

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 2010 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. Diese 80 Stationen verfügen dann über Systeme, die den Nachweis an den Luftstaub gebundener Radionuklide ermöglichen, zusätzlich werden 40 von ihnen mit Systemen zur Detektion radioaktiven Xenons ausgestattet. 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, RN 33) oberhalb von Freiburg. Dort sind automatische Messsysteme für den Nachweis an Luftstaub gebundener Radionukliden 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 derzeit 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 (radioaktives Xenon) 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 zu dem weltweiten Untergrundpegel 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 in den letzten beiden Jahren einen deutlichen Rückgang. Die Ursache hierfür ist die vorübergehende Stilllegung einer der größten und ältesten Produktionsanlagen für radiopharmazeutisches Mo-99 in Chalk River, Kanada, sowie bestimmte emissionsreduzierende Maßnahmen in anderen Anlagen. 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 2010. Die maximale Xe-133-Aktivitätskonzentration im Jahr 2010 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 1,7 mBq/m³ im Jahr 2010. Die Auswirkungen der Emissionsreduzierungen in Nordamerika und Europa lassen sich auch an praktisch allen Messstationen der Nordhemisphäre in ähnlicher Form nachweisen.

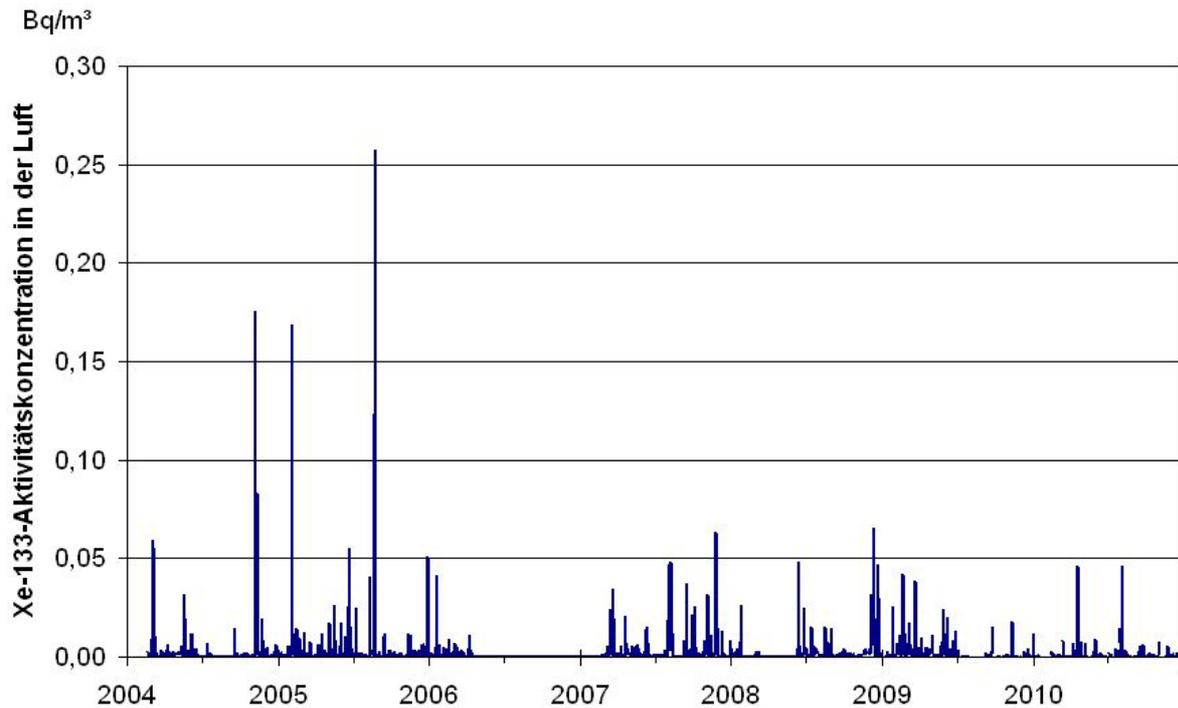


Abbildung 1.1-1 **Zeitreihe der Xe-133-Aktivitätskonzentration in den Jahren 2004 bis 2010 an der IMS-Station RN33 auf dem Schauinsland**
(Time series of Xe-133-activity concentration at IMS-station RN33 at Schauinsland mountain for the years 2004 to 2010)

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

Im Jahr 2010 sind Grundnahrungsmittel wie Milch, Gemüse, Getreide, Obst und Fleisch durch radioaktives Cäsium aus dem Reaktorunfall nur noch geringfügig belastet. 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. 0,23 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 bei einigen Arten von Wildpilzen (Maronenröhrlinge, 118 Messungen) bis zu 1.050 Bq/kg. Bei Fischen treten in Binnenseen bis zu 84 Bq/kg bei Flussbarsch auf.

Gelegentlich werden noch bei Wildschweinen Überschreitungen des Höchstwertes von 600 Bq pro kg für Cs-137 gemessen; diese dürfen dann 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 den hochbelasteten Gebieten Süddeutschlands wurden keine Proben genommen.

In Bayern liegt der Mittelwert von 11 Messungen an Wildschweinen bei 34 Bq/kg, die Werte reichen bis 164 Bq/kg. Für Rehe liegt der Mittelwert von 28 Messungen bei 25 Bq/kg mit einem Höchstwert von 173 Bq/kg (vgl. „Tabelle 2.4.7-8 Wild, Inland und Einfuhr“ auf Seite 200). Hier und auch in allen anderen Bundesländern gab es 2010 keine Überschreitungen des Höchstwertes bei Rehfleisch.

In Niedersachsen wurde ein Mittelwert von 119 Bq/kg und ein Maximalwert von 2.264 Bq/kg bei Wildschweinfleisch gemessen (27 Messungen). In allen anderen Bundesländern wurde bei keiner Messung der Höchstwert von 600 Bq/kg überschritten. In Baden-Württemberg liegt der Mittelwert bei 63 Bq/kg (9 Messungen), der Maximalwert bei 405 Bq/kg. Werte bis 277 Bq/kg fanden sich in Hessen bei einem Mittelwert von 67 Bq/kg (22 Messungen) in Wildschweinfleisch.

Zwei Messungen von Wildschweinfleisch in Nordrhein-Westfalen ergaben einen Mittelwert von 39 Bq/kg.

Cs-137 wird von Wild über das Futter aufgenommen. Bei Schwarzwild spielen Hirschrüffel eine besondere Rolle, da diese sehr viel höher belastet sind als Speisepilze und von Wildschweinen besonders gerne gefressen werden. Die höchsten Aktivitäten weist das Fleisch von Wildschweinen aus großen geschlossenen Waldgebieten auf, da die Tiere hier weniger auf landwirtschaftliche Flächen ausweichen können. Aus dem selben Grund sind Wildschweine aus Gehegen, die ausschließlich mit landwirtschaftlichen Erzeugnissen gefüttert werden nur geringfügig belastet.

Der einmalige Verzehr von 500 g Wildschweinfleisch des am höchsten kontaminierten Tieres (2.264 Bq/kg Cs-137) hätte bei Erwachsenen zu einer unbedenklichen effektiven Dosis von 0,016 mSv geführt. 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).

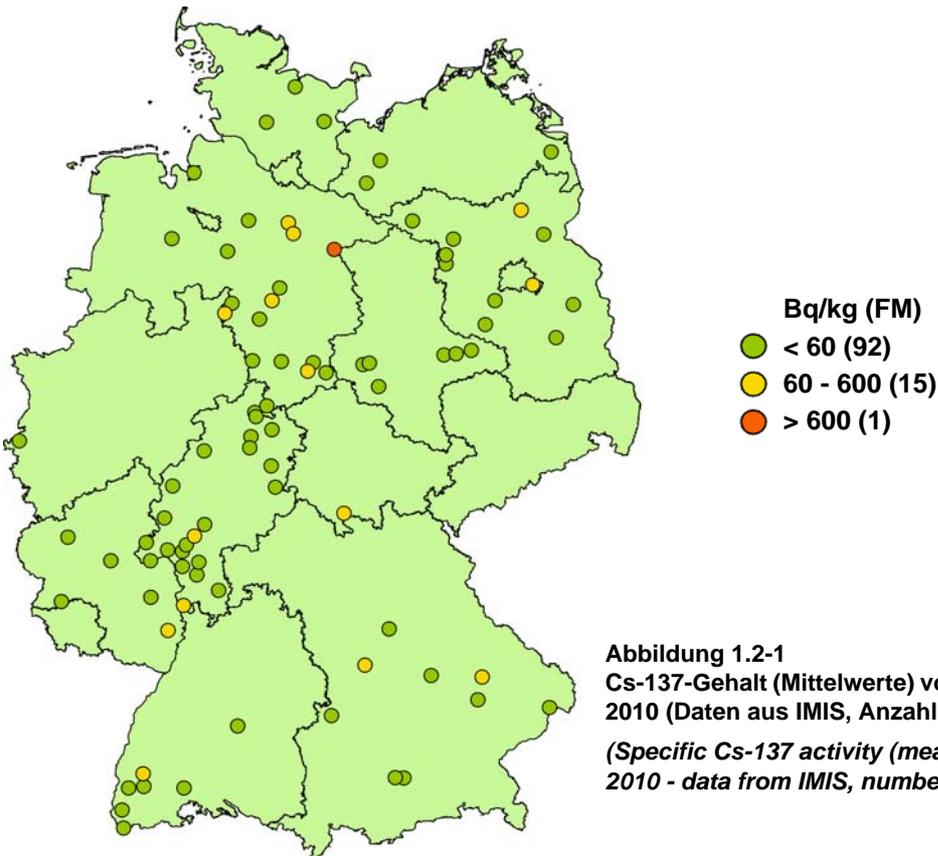


Abbildung 1.2-1
Cs-137-Gehalt (Mittelwerte) von Wildschweinen im Jahr 2010 (Daten aus IMIS, Anzahl der Werte in Klammern)
(*Specific Cs-137 activity (means) in wild boar - year 2010 - data from IMIS, number of values in brackets*)

1.3 Kerntechnische Anlagen (*Nuclear facilities*)

Allgemeine Angaben

In der Bundesrepublik Deutschland existierten im Jahr 2010 folgende kerntechnische Anlagen:

- 17 in Betrieb befindliche Kernkraftwerke (Tabelle 1.3-1) mit einer elektrischen Bruttoleistung von insgesamt 21.507 MW, einer Gesamtstromerzeugung von 140,5 TWh und einem Anteil von 22,6% an der Gesamt-Brutto-Stromerzeugung und von rund 24,6% an der Stromerzeugung der öffentlichen Versorgung im Jahr 2010. Die Reaktoren MZFR Karlsruhe, AVR Jülich, KNK Karlsruhe, das Versuchatomkraftwerk Kahl sowie die Leistungskraftwerke Rheinsberg, Gundremmingen A, Würgassen, Lingen, 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 Schachanlage Asse (Tabelle 1.3-5).

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 verarbeitenden Betriebe, der Forschungsreaktoren, des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben und der Schachtanlage Asse für das Jahr 2010 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 2010 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 2010 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“ (<http://ec.europa.eu>). Die jährlichen Emissionen der Schweizer Anlagen werden im Strahlenschutzbericht 2010 des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI veröffentlicht (www.bag.admin.ch).

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. Sie wird zusammen mit der Direktstrahlung der entsprechenden Kernkraftwerksanlage erfasst. 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 ebenfalls 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 2010* (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	576	1974	Rhein
Biblis B	KWB B	DWR	1.300	1.177	1976	Rhein
Neckarwestheim 1	GKN 1	DWR	840	252	1976	Neckar
Brunsbüttel	KKB	SWR	806	0	1976	Elbe
Isar 1	KKI 1	SWR	912	747	1977	Isar
Unterweser	KKU	DWR	1.410	1.283	1978	Weser
Philippsburg 1	KKP 1	SWR	926	775	1979	Rhein
Grafenrheinfeld	KKG	DWR	1.345	906	1981	Main
Krümmel	KKK	SWR	1.402	0	1983	Elbe
Hamm-Uentrop	THTR-300	HTR	307	0	1983/1988	Lippe

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 2010* (MWa)	Beginn / Ende des nuklearen Betriebes	Vorfluter
Gundremmingen B	KRB-II-B	SWR	1.344	1.136	1984	Donau
Grohnde	KWG	DWR	1.430	1.303	1984	Weser
Gundremmingen C	KRB-II-C	SWR	1.344	1.248	1984	Donau
Philippsburg 2	KKP 2	DWR	1.458	1.347	1984	Rhein
Mülheim-Kärlich	KMK	DWR	1.302	0	1986/1988	Rhein
Brokdorf	KBR	DWR	1.480	1.364	1986	Elbe
Isar 2	KKI 2	DWR	1.485	1.371	1988	Isar
Emsland	KKE	DWR	1.400	1.320	1988	Ems
Neckarwestheim 2	GKN 2	DWR	1.400	1.241	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 2011, Kernkraftwerke in Deutschland Betriebsergebnisse 2010

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 FRM II	4 20	1957/2000 2004
Rosendorf	Forschungszentrum Dresden-Rosendorf, Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rosendorf (VKTA)	RFR	10	1957/1991
Geesthacht	GKSS-Forschungszentrum	FRG 1 FRG 2	5 15	1958 1963/1993
Karlsruhe	Forschungszentrum Karlsruhe (KIT)	FR 2	44	1961/1981
Jülich	Forschungszentrum Jülich	FRJ 1 FRJ 2	10 23	1962/1985 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 2010 belegt)	Stellplätze gesamt (Ende 2009 belegt)
SZL Biblis	22.09.2003	18.05.2006	135 (46)	135 (41)
SZL Brokdorf	28.11.2003	05.03.2007	100 (13)	100 (12)
SZL Brunsbüttel	28.11.2003	05.02.2006	80 (6)	80 (6)
SZL Grafenrheinfeld	12.02.2003	27.02.2006	88 (13)	88 (13)
SZL Grohnde	20.12.2002	27.04.2006	100 (13)	100 (12)
SZL Gundremmingen	19.12.2003	25.08.2006	192 (31)	192 (25)
SZL Isar	22.09.2003	12.03.2007	152 (22)	152 (16)
SZL Krümmel	19.12.2003	14.11.2006	80 (19)	80 (17)
SZL Lingen	06.11.2002	10.12.2002	125 (32)	125 (28)
SZL Neckarwestheim	22.09.2003	06.12.2006	151 (36)	151 (32)
SZL Philippsburg	19.12.2003	19.03.2007	152 (36)	152 (31)
SZL Unterweser	22.09.2003	18.06.2007	80 (7)	80 (5)
AVR-Behälterlager Jülich	17.06.1993	23.08.1993	158 (152)	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 (102)	420 (91)
ZLN Rubenow	05.11.1999	11.12.1999	80 (69)	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 31.12.2010)	Inventar (Stand 31.12.2009)
Morsleben	Bundesamt für Strahlenschutz	ERAM	1971	36.984 m ³ / 3,8 E14 Bq	36.964 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 1,02 E14 Bq (Vorjahr: 1,07 E14 Bq)

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

Standort	Betreiber	Bezeichnung	Beginn des Betriebes	Inventar (Stand 31.12.2010)	Inventar (Stand 31.12.2009)
Remlingen	Bundesamt für Strahlenschutz (bis 2009 Helmholtz Zentrum München)	Schachanlage Asse	1967	2,8 E15 Bq	2,9 E15 Bq

Die Änderung des Inventars ergibt sich aus dem radioaktiven Zerfall der eingelagerten Radionuklide.

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) Urananreicherungsanlage Almelo	ca. 20 km ca. 15 km
-------------	---	------------------------

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

Die für das Jahr 2010 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.

Kernkraftwerke

Tabelle 1.3.1-1 enthält die Ergebnisse aus der Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung im Jahr 2010 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 4 µSv (unter 2% des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) beim Standort Philippsburg, sowie für Kleinkinder 6 µSv (2% des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV). Der größte berechnete Wert der Schilddrüsendosis für Kleinkinder ergibt sich mit 7 µSv (unter 1% des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) ebenfalls bei Philippsburg. Diese maximalen Werte haben sich gegenüber dem Vorjahr nur geringfügig erhöht.

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 1,8 µSv für Kleinkinder (entsprechen ca. 0,5% des Grenzwertes) am Standort des Kernkraftwerkes Emsland.

Entsprechend der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV 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 0,8 µSv für Erwachsene und 1,3 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 0,2 µSv bzw. 0,4 µSv, am Rhein bei 0,1 µSv und an der Donau bei 0,4 bzw. 0,7 µSv. Diese Dosiswerte ergeben sich auch für das kritische Organ (rotes Knochenmark). Zu diesen Werten trägt vor allem die äußere Bestrahlung von auf Überschwemmungsgebieten abgelagerten Sedimenten bei, die im Wesentlichen in früheren Jahren abgelagert wurden.

Forschungszentren

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 Ergebnisse können von der Fortluft-Leitstelle ggf. plausibilisiert werden. Die Tabelle weist für die effektive Dosis im Jahr 2010 als höchsten Wert 1,9 µSv (unter 1% des Grenzwertes) für Erwachsene beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT) aus und 2,3 µSv (unter 1% des Grenzwertes) für Kleinkinder beim Forschungszentrum Jülich. Der höchste Wert der Schilddrüsendosis für Kleinkinder ergibt sich mit 2,5 µSv (unter 1% des Grenzwertes) beim KIT.

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.

Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe

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** und die Direktstrahlung angegeben. Die Messwerte zur Direktstrahlung beinhalten den natürlichen Untergrund.

Die durch die Ableitungen von Alphastrahlern mit dem **Abwasser** bedingten oberen 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 $\mu\text{Sv}/\text{Jahr}$.

Endlager Morsleben

Die Strahlenexposition in Folge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft 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 2010 0,14 μSv , für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 0,34 μSv und für mit Muttermilch ernährte Säuglinge 0,89 μSv ; dies sind ca. 0,05%, 0,11% bzw. 0,30% des Grenzwertes nach der Strahlenschutzverordnung. Die Dosis des kritischen Organs (rotes Knochenmark für Säuglinge unter einem Jahr und Kleinkinder im Alter von 1 bis 2 Jahren; Knochenoberfläche für Erwachsene) errechnete sich zu 0,25 μSv für Erwachsene, 0,91 μSv für Kleinkinder (Altersgruppe 1 - 2 Jahre) und 2,77 μSv für mit Muttermilch ernährte Säuglinge (ca. 0,08%, 0,30% bzw. 0,92% des Grenzwertes). Die höheren Dosiswerte für mit Muttermilch ernährte Säuglinge gegenüber Kleinkindern sind darauf zurückzuführen, dass durch die Mutter aufgenommene Radionuklide an das gestillte Kind weitergegeben werden. Der durch die Ableitung radioaktiver Stoffe im Jahr 2010 mit dem **Abwasser** ermittelte Wert der effektiven Dosis liegt unterhalb von 0,0001 mSv für Erwachsene, Kleinkinder und Säuglinge. Bei den Berechnungen wurde für nicht identifizierte Betastrahler der ungünstigste Fall, dass es sich um Sr-90 handelt, angenommen.

Asse

Am 1. Januar 2009 ging die Betreiberschaft der Schachtanlage Asse II vom Helmholtz Zentrum München (HMGU) auf das Bundesamt für Strahlenschutz über. Seitdem wird die Anlage verfahrensrechtlich als Endlager für radioaktive Abfälle behandelt.

Die errechnete potenzielle Strahlenexposition in der Umgebung der Schachtanlage Asse II war im Jahr 2010 wegen günstigerer Ausbreitungsbedingungen etwas niedriger als im Vorjahr trotz der in etwa gleichgebliebenen Ableitung von radioaktiven Stoffen mit der Fortluft.

Der durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der **Fortluft** ermittelte obere Wert der effektiven Dosis betrug 2010 für Erwachsene 12 μSv , für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 16 μSv und für Säuglinge 20 μSv . Dies sind ca. 4,0%, 5,3% und 6,7% des Grenzwertes gemäß Strahlenschutzverordnung. Der relativ große Anteil der durch Radon verursachten Dosis (z. B. 8,2 μSv bei der effektiven Dosis bei Erwachsenen) führt zu einem höheren Wert der Strahlenexposition als in der Umgebung von 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 39 μSv für Säuglinge, 22 μSv für Kleinkinder und 55 μSv für Erwachsene ermittelt. Dies sind ca. 13%, 7,3% und 3,1% des zulässigen Grenzwertes.

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

Zentrale Zwischenlager Ahaus, Nord, Gorleben

Für die zentralen Zwischenlager Ahaus und Nord ist die Strahlenexposition durch Direktstrahlung in Tabelle 1.3.1-9 aufgeführt. Die Messwerte zur Direktstrahlung beinhalten den natürlichen Untergrund. Die Daten für das Transportbehälterlager Gorleben werden zurzeit noch geprüft.

Bewertung

Die für 2010 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 Organosen weniger als 10% des jeweiligen Dosisgrenzwertes mit Ausnahme der Schachtanlage Asse II, wo größtenteils bedingt durch Radon 13% des Organodosisgrenzwertes erreicht werden können. 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 einer Person der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland lag auch im Jahr 2010 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	
	2010	2009	2010	2009	2010	2009
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	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5
KKS Stade	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
KWW Würgassen	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2
KGR Greifswald ^b	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
KWB Biblis A, B	0,3	0,8	0,6	1	0,5	1
GKN Neckarwestheim 1, 2	0,5	2	0,9	3	0,8	3
KKB Brunsbüttel	0,2	< 0,1	0,3	< 0,1	0,3	< 0,1
KKI Isar 1, 2	3	3	5	5	5	5
KKU Unterweser	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
KKP Philippsburg 1, 2	4	3	6	5	7	4
KKG Grafenrheinfeld	0,4	0,4	0,7	0,8	0,7	0,7
KKK Krümmel	0,3	0,1	0,5	0,2	0,4	0,2
KRB Gundremmingen A, B, C	2	3	4	5	4	5
KWG Grohnde	0,4	0,4	0,7	0,6	0,7	0,6
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	0,8	0,5	1	0,9	1	0,9
KKE Emsland	0,4	0,4	0,6	0,7	0,6	0,7

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	
	2010	2009	2010	2009
	KRB Gundremmingen A, B und C	0,4	0,4	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	0,5	0,7	0,9	1,3
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	0,3	0,5	0,6	0,8
KKK Krümmel	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
KWG Grohnde	0,3	0,3	0,5	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	1,0	0,8	1,8	1,4

Kerntechnische Anlagen	Oberer Wert der effektiven Dosis für Erwachsene in μSv		Oberer Wert der effektiven Dosis für Kleinkinder in μSv	
	2010	2009	2010	2009
	KKR Rheinsberg *	0,2	0,2	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 Schilddrüsendosis in μSv	
	für Erwachsene		für Kleinkinder		für Kleinkinder	
	2010	2009	2010	2009	2010	2009
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) früher Forschungszentrum Karlsruhe (einschl. Wiederaufarbeitungsanlage) *	1,9	1,9	2,2	2,4	2,5	2,4
Forschungszentrum Jülich (einschl. Versuchsreaktor AVR) *	1,5	1,3	2,3	1,8	2,0	1,4
Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD) Gesamtstandort *	0,4	0,8	0,8	1,7	1,2	1,0
GKSS-Forschungszentrum Geesthacht *	< 0,1	0,1	< 0,1	0,2	0,1	0,2
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (früher Hahn-Meitner-Institut Berlin, HMI), (einschl. Zentralstelle für radioaktive Abfälle)*	0,3	0,2	0,5	0,4	0,5	0,5
Garching, FRM I und FRM II	0,6	0,5	1	0,9	1	0,9

* Entnommen aus den Jahresberichten 2010 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	
	2010	2009
	Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (einschl. Wiederaufarbeitungsanlage)	0,1
Forschungszentrum Jülich (einschl. Versuchsreaktor AVR)	2,0	1,2
GKSS-Forschungszentrum Geesthacht	< 0,1	< 0,1

* Nach Angaben der Forschungszentren

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

Betrieb	Ableitung mit der Fortluft						Direktstrahlung	
	Oberer Wert						Gamma-Ortsdosis mSv/a	Neutronen-Ortsdosis mSv/a
	der effektiven Dosis in μSv				der Knochenoberfläche in μSv			
	für Erwachsene		für Kleinkinder		für Kleinkinder			
	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2010
ANF GmbH (Lingen)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,73 (MP 4)	< 0,1 (alle MP)
URENCO D (Gronau)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2	< 0,1	0,8 (MP 3)	< 0,3 (alle MP)

MP Messpunkt

* Die Messwerte zur Direktstrahlung beinhalten den natürlichen Untergrund

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	
	2010	2009
ANF GmbH (Lingen)	< 0,1	< 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		2010	2009
	2010	2009	2010	2009		
Erwachsene	0,14	0,12	0,25	0,23	< 0,1	< 0,1
Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre)	0,34	0,31	0,91	0,84	< 0,1	< 0,1
mit Muttermilch ernährte Säuglinge	0,89	0,82	2,77	2,56	< 0,1	< 0,1

Tabelle 1.3.1-8 Strahlenexposition in der Umgebung der Schachtanlage 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 *		2010	2009
	2010	2009	2010	2009		
Erwachsene	12	16	55	64	< 0,1	< 0,1
Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre)	16	22	22	26	< 0,1	< 0,1
Säuglinge (≤ 1 Jahr)	20	26	39	46	< 0,1	< 0,1

* Knochenoberfläche für Erwachsene, rotes Knochenmark für Säuglingen und Kleinkinder

Tabelle 1.3.1-9 Strahlenexposition durch Direktstrahlung* aus zentralen Zwischenlagern
(Radiation exposure due to direct radiation from interim storage facilities)

Zwischenlager	Gamma-Ortsdosis	Neutronen-Ortsdosis
	mSv/a	mSv/a
Transportbehälterlager Ahaus	0,48 (MP 3,9)	< 0,1 (alle MP)
Zentrales Zwischenlager Nord (Rubenow)	0,81 (MP 17)	0,13 (MP 17)

* Die Messwerte zur Direktstrahlung beinhalten den natürlichen Untergrund

MP Messpunkt

Die Daten für das Transportbehälterlager Gorleben werden zurzeit noch geprüft

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 den Leitstellen verfügbar. Im Mai 2010 wurde die DWD-Station Berlin nach Potsdam verlegt, dies ist in den Abbildungen entsprechend gekennzeichnet.

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 2010, verglichen mit denen des Vorjahres, weitgehend unverändert geblieben. Die Werte lagen in der Regel im Bereich des Pegels, 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 16 Messstationen des DWD errechneter arithmetischer Mittelwert der langlebigen Gesamt- β -Aktivitätskonzentration der Luft resultierte für das Jahr 2010 ein Wert von 0,5 mBq/m³ (2009: 0,6 mBq/m³). Der Wert liegt innerhalb des Schwankungsbereichs der Aktivitätskonzentrationen der natürlichen Radionuklide in der Luft.

Edelgase

Auch im Jahr 2010 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. Auch hier wird, wie an der deutschen Radionuklidmessstation des BfS für die CTBTO auf dem Schauinsland, in den letzten beiden Jahren eine Abnahme der mittleren Aktivitätskonzentration beobachtet (siehe Kapitel II 1.1 Kernwaffenversuche).

Nachdem der Grundpegel von Kr-85 in der Luft über lange Zeit mit ca. 30 mBq/m³ pro Jahr angestiegen ist, ist seit 2003 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 Freisetzungsrate von Kr-85 größer war als seine durch die Halbwertszeit von 10,76 Jahren bestimmte Zerfallsrate. Die aktuellen Messdaten spiegeln auch für 2010 den eher rückläufigen Trend der Kr-85-Emissionen aus Wiederaufarbeitungsanlagen wider. So wurde von dem Hauptemittenten, der Wiederaufarbeitungsanlage La Hague, im Jahre 2010 eine Aktivität von 2,25·E17 Bq Kr-85 in die Atmosphäre entlassen. Die bisher maximale jährliche Aktivität von 3,2·E17 Bq wurde im Jahre 1998 emittiert.

Der Medianwert für die Aktivitätskonzentration von Kr-85 für den Probenentnahmeort Freiburg – er ist repräsentativ für die 10 mitteleuropäischen Stationen – betrug im letzten Jahr 1,54 Bq/m³. 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.

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

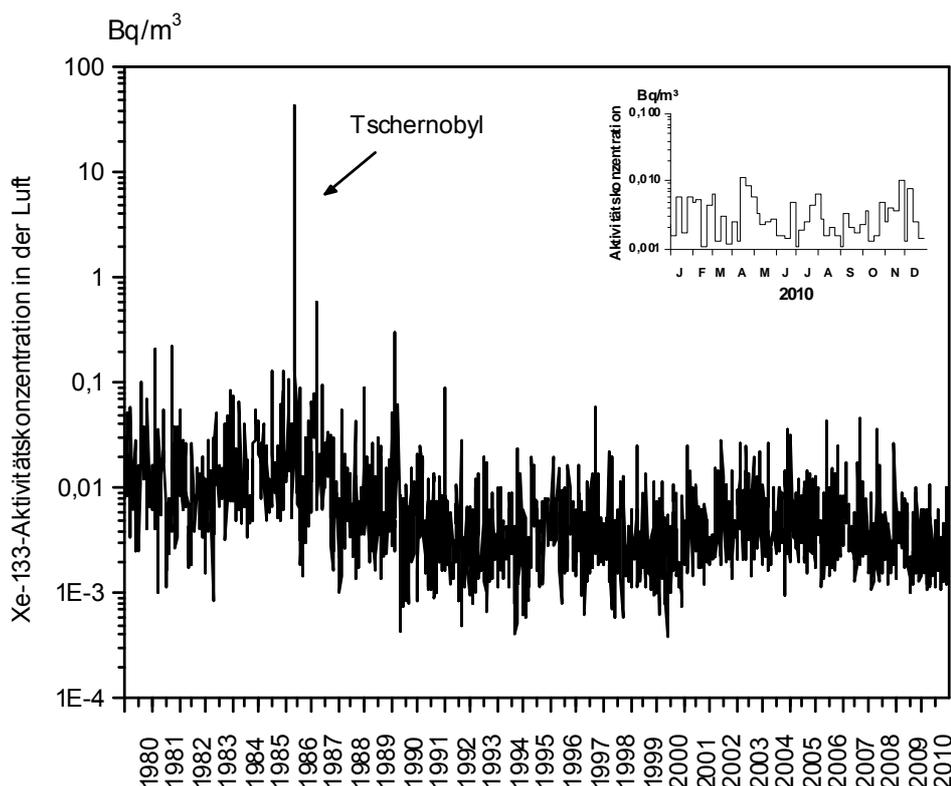


Abbildung 2.1.1-1 Xe-133-Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft am Probenentnahmeort Freiburg
(Xe-133-activity concentration in air close to ground level at the sampling location Freiburg)

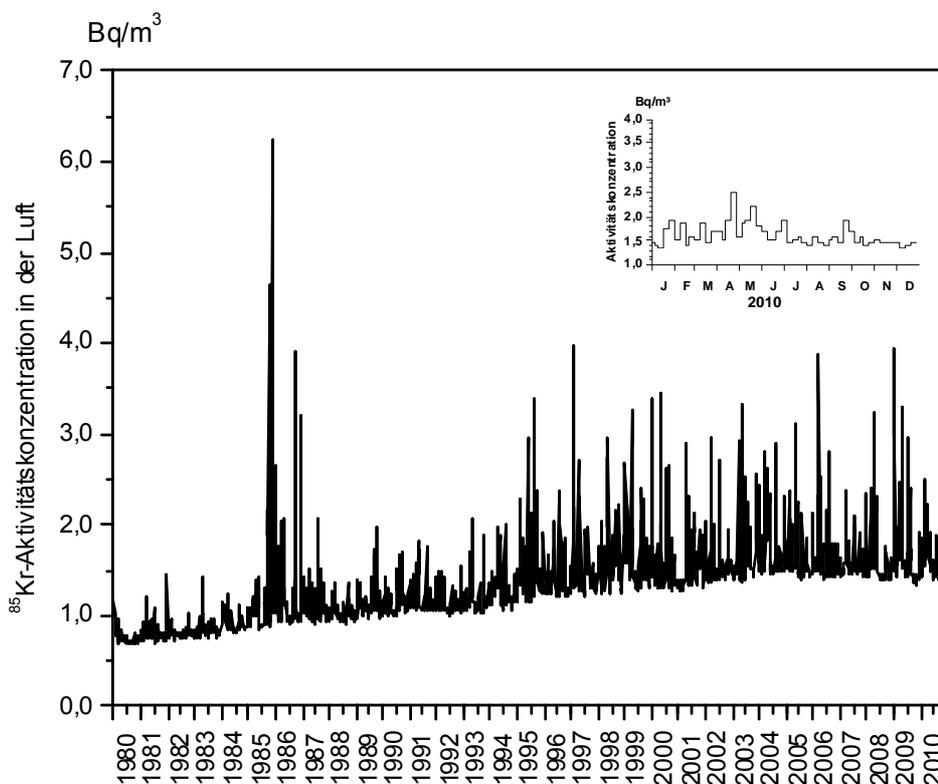


Abbildung 2.1.1-2 Aktivitätskonzentrationen von Kr-85 in der bodennahen Luft am Probenentnahmeort Freiburg
(Activity concentrations of Kr-85 in air close to ground level at the sampling location Freiburg)

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/Potsdam, Offenbach und Schleswig dargestellt. Weiterhin sind die Ergebnisse des Helmholtz Zentrums München (München-Neuherberg), 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 bzw. Potsdam werden in Abbildung 2.1.1-3 grafisch dargestellt. Das Radionuklid Cs-137 ließ sich in Berlin, bzw. Potsdam mit Werten zwischen 1,4 und 2,0 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft und in Offenbach mit Werten zwischen 0,2 und 1,1 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, das kosmogene Be-7 in Berlin mit Werten zwischen 1,8 und 3,9 mBq/m^3 Luft und in Offenbach mit Werten zwischen 2,2 und 5,4 mBq/m^3 Luft nachweisen, das heißt, im üblichen Schwankungsbereich und vergleichbar mit Ergebnissen aus dem Jahr 2009. An den Messstationen zeigten sich in den Monaten April, Mai, Juni und Juli teilweise erhöhte Werte für die Aktivitätskonzentration des Be-7. 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 0,3 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 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 etwa 0,15 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft. Außer Cs-137 wurden keine künstlichen Radionuklide nachgewiesen. Die Messwerte für Be-7 in den Wochenproben lagen zwischen 1,3 und 9,2 mBq/m^3 Luft innerhalb des für diese Station üblichen Rahmens. Im November 2009 wurde an der Station Schauinsland ein neuer Hochvolumensammler installiert und 2010 in den Routinebetrieb überführt. Dieser besitzt einen höheren Luftdurchsatz als der alte, seit 1989 betriebene Sammler und ermöglicht daher das Erreichen niedrigerer Nachweisgrenzen und somit auch die quantitative Bestimmung der Aktivitätskonzentrationen weiterer natürlicher Radionuklide wie z. B. Na-22.

In Braunschweig lagen die Messergebnisse im Berichtszeitraum im üblichen Bereich der vorangegangenen Jahre (vgl. auch Abbildung 2.1.1-5). Die Abbildung zeigt zum Jahresbeginn (Silvester 2009) keinen Einfluss des Silvesterfeuerwerks, wie er in den vergangenen Jahren schon öfter zu beobachten war, während sich die leichte Erhöhung der Aktivitätskonzentration des K-40 zu Silvester 2010 im Schwankungsbereich des Jahresganges bewegt. Der Einfluss des Silvesterfeuerwerks macht sich mehr im Absinken des Aktivitätsverhältnisses $A(\text{Cs-137})/A(\text{K-40})$ im Vergleich zu den Vorwochen und der Folgeweche bemerkbar. Der Wert von 0,029 entspricht allerdings noch immer etwa dem Aktivitätsverhältnis, das für lokalen Bodestaub typisch ist. Im übrigen Verlauf des Jahres fallen der im Frühjahr übliche Anstieg der Aktivitätskonzentration des K-40 durch Pollenflug und der Einfluss der Getreiderente auf. Der Höchstwert der Aktivitätskonzentration des Cs-137 als Folge von Ostwind-Wetterlagen trat in der Kalenderwoche 3 mit 2,1 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ auf. Das Aktivitätsverhältnis $A(\text{Cs-137})/A(\text{K-40})$ steigt i. A. durch den Eintrag von Bodestaub aus Osteuropa an, der stärker mit Cs-137 aus dem Tschernobyl-Unfall kontaminiert ist als der Boden in Norddeutschland. Seit wenigen Jahren ist bekannt, dass auch geringe Beträge von Cs-137 aus Holzpellet-Heizungen vorliegen können, wenn die verheizten Pellets aus Hölzern hergestellt wurden, die mit Cs-137 belastet sind.

Besondere Vorkommnisse: Waldbrände in Russland

Im August des Berichtsjahres gab es große Wald- und Torfbrände in Russland, bei denen auch durch die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl kontaminierte Gebiete betroffen waren. Weiterhin bestand die Gefahr, dass die Brände auf Gebiete übergreifen, in denen sich kerntechnische Anlagen befinden. Um schnell Informationen über eine eventuelle Verfrachtung kontaminierten Luftstaubs zu erhalten, wurden im Zeitraum vom 12. bis 23. August 2010 Tagesproben auf dem Schauinsland genommen. Es wurden keine erhöhten Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 nachgewiesen, was durch die in dieser Zeit vorherrschende Windrichtung bedingt war. Durch den verkürzten Sammelzeitraum und die damit verbundene geringere Probenmenge lagen bei diesen Proben die Nachweisgrenzen für die Aktivitätskonzentration von Cs-137 bei etwa 1 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft.

Auch in Braunschweig wurden auf Grund der in dieser Zeit vorherrschenden Wetter- und Ausbreitungsbedingungen keine Auswirkungen der Waldbrände in Russland auf die Messergebnisse beobachtet. Daher ist der im Sommer und Frühjahr beobachtete Verlauf der Aktivitätskonzentration des Cs-137 in Braunschweig praktisch der gleiche wie im Vorjahr.

An den Spurenmessstellen des DWD wurden ebenfalls keine Erhöhungen der Aktivitätskonzentration von Cs-137 in diesem Zeitraum festgestellt.

Tabelle 2.1.1-1 Einzelnuklid-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
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
2010 *	3347	0,3	9,1	0,43	338
Januar	2341	0,2	8,4	1,2	554
Februar	2284	0,2	5,6	0,76	557
März	3367	0,3	7,7	0,34	198
April	4183	0,5	11,8	0,47	262
Mai	3735	0,5	6,7	0,23	188
Juni	4444	0,6	8,9	0,24	229
Juli	5574	0,7	19,4	0,40	375
August	3085	0,3	10,4	0,09	241
September	3342	0,2	7,0	0,22	284
Oktober	3479	0,2	10,2	0,41	481
November	2054	0,1	4,8	0,25	262
Dezember	2278	0,2	8,1	0,47	429

* 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
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	a	0,93	357
2008 *	3050	< 0,28	a	0,87	328
2009	3180	0,28	a	0,97	373
2010	3640	< 0,34	a	1,30	499
Januar	2200	< 0,19		2,37	725
Februar	2940	0,20		2,70	859
März	3520	0,34		1,13	322
April	4710	0,55		0,99	365
Mai	3510	0,45		0,53	296
Juni	5240	0,69		0,55	385
Juli	5090	0,46		0,83	480
August	4490	0,37		0,51	406
September	3880	0,28		0,82	449
Oktober	3650	0,22		1,44	686
November	2110	< 0,15		1,45	433
Dezember	2370	< 0,16		2,28	585

< 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
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
2010	2570	< 1,4	3530	< 0,4	2580	3,7	3490	< 2,7
Januar	2590	< 0,7	2800	1,1	2770	0,7	1958	< 2,8
Februar	1380	< 0,6	1930	0,6	1810	0,5	2558	< 2,4
März	2190	< 0,6	3300	0,3	2630	0,4	3420	< 2,5
April	3840	< 1,0	4490	0,4	6120	0,8	4614	< 2,6
Mai	3160	< 0,7	5580	0,2	4590	0,4	3890	< 2,8
Juni	2490	< 0,6	5670	< 0,2	4250	< 0,2	4768	< 3,0
Juli	3580	< 0,9	5010	0,1	4520	0,2	5110	< 2,8
August	3350	< 1,1	4790	< 0,2	5170	0,3	3175	< 2,9
Sept.	3340	< 1,2	3620	0,2	4650	0,5	3772	< 2,7
Oktober	1880	< 1,0	3200	0,6	2520	0,5	4130	< 3,2
November	2420	< 1,2	3160	0,4	3300	0,4	2405	< 2,6
Dezember	2280	< 1,2	2410	0,5	2480	0,6	2050	< 2,7

< 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	Na-22	Cs-137
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
2010 *	4350	< 0,4	< 0,30
Januar	3000	< 0,3	0,28
Februar	3410	0,3	0,42
März	4260	0,4	0,32
April	6760	0,7	0,41
Mai	3590	0,4	0,17
Juni	5430	0,6	0,28
Juli	6870	0,7	0,24
August	5140	< 0,5	< 0,61
September	4290	0,3	0,15
Oktober	5000	0,3	0,35
November	1910	< 0,2	0,15
Dezember	2580	< 0,2	0,17

< 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
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
2010	1610	3,3	1600	3,1
Januar	1490	2,9	1480	2,0
Februar	1690	4,3	1590	2,4
März	1600	3,8	1560	2,8
April	1880	5,0	1970	3,6
Mai	1900	3,4	1900	3,7
Juni	1630	1,8	1660	2,1
Juli	1640	2,9	1660	3,7
August	1490	3,2	1490	3,6
September	1600	2,0	1570	3,1
Oktober	1520	2,2	1440	1,6
November	1490	3,7	1450	4,1
Dezember	1440	4,6	1400	3,9

* Jahresmittelwerte: aus den Monatsmittelwerten berechnet und gerundet

< Messwert kleiner Nachweisgrenze

Radiochemie

Im Labor des DWD in Offenbach wurden Luftfilter der Messstationen Berlin/Potsdam, München, Offenbach und Schleswig zur Bestimmung von Sr-90, Uran-, Plutonium- und Americium-Isotopen in Monatsmischproben radiochemisch analysiert. Für das aerosolgebundene U-234 wurden Aktivitätskonzentrationen im Bereich von einer Nachweisgrenze von 0,005 bis zu einem Wert von 0,42 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ermittelt. Für U-238 wurden Aktivitätskonzentrationen zwischen einer Nachweisgrenze von 0,10 und einem Wert von 0,40 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ festgestellt. Diese Messwerte lagen im Bereich der natürlichen Schwankungen. Die Aktivitätskonzentration des Sr-90 wurde mit Werten zwischen 0,04 und 0,56 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft bestimmt. In Abbildung 2.1.1-6 sind die entsprechenden Werte für die Messstation Berlin/Potsdam dargestellt. Gemäß der 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.

Im Radiochemielabor des BfS in der Dienststelle Freiburg konnten im Jahr 2010 wegen umfangreicher Umbau- und Modernisierungsmaßnahmen keine Analysen durchgeführt werden.

In der PTB konnten im Jahr 2010 keine plausiblen Messergebnisse für α - oder β -Teilchen emittierende Radionuklide ermittelt werden. Die Arbeiten zur Validierung des dazu erforderlichen radiochemischen Trennungsganges für Luftstaubaschen auf der Basis der Ionenchromatographie konnten wegen Gerätedefekten und unerwarteter matrixspezifischer Probleme bei der ionenchromatographischen Reinigung bisher nicht abgeschlossen werden.

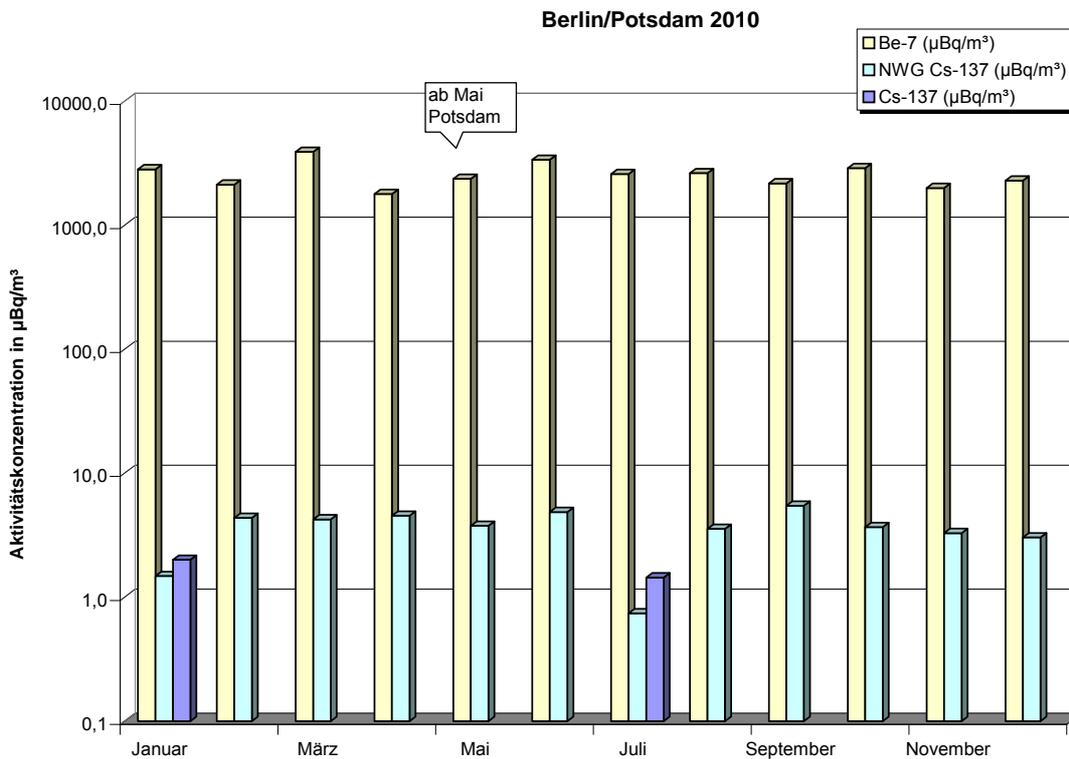
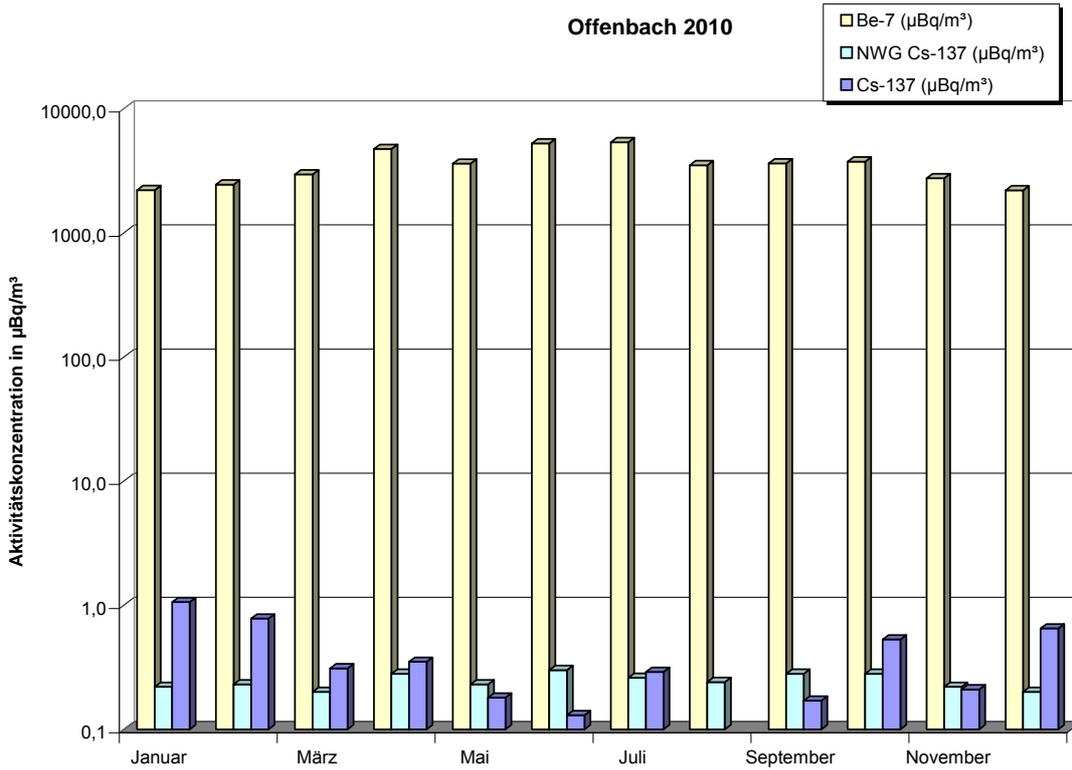


Abbildung 2.1.1-3 Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 und Be-7 in der bodennahen Luft im Jahr 2010 -
 DWD-Stationen Berlin/Potsdam und Offenbach
*(Activity concentration of Cs-137 and Be-7 in air close to ground level in 2010 at the
 DWD stations in Berlin/Potsdam and Offenbach)*

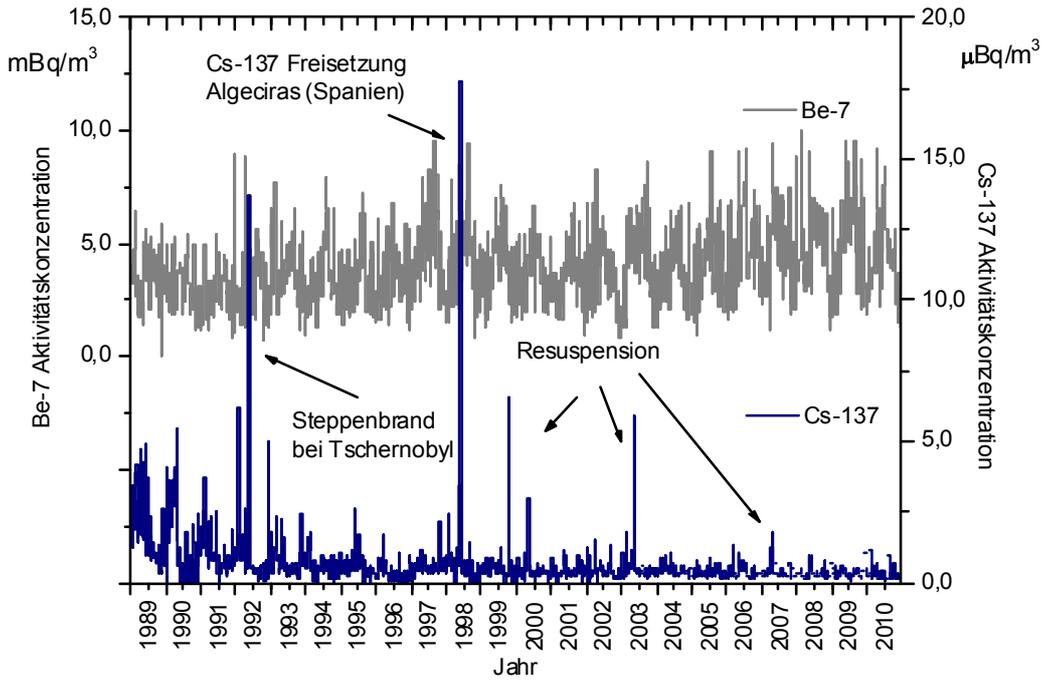


Abbildung 2.1.1-4: Aktivitätskonzentration von Cs-137 und Be-7 in der bodennahen Luft am Probenentnahmeort Schauinsland
(Activity concentration of Cs-137 and Be-7 in ground level air at Schauinsland measuring station)

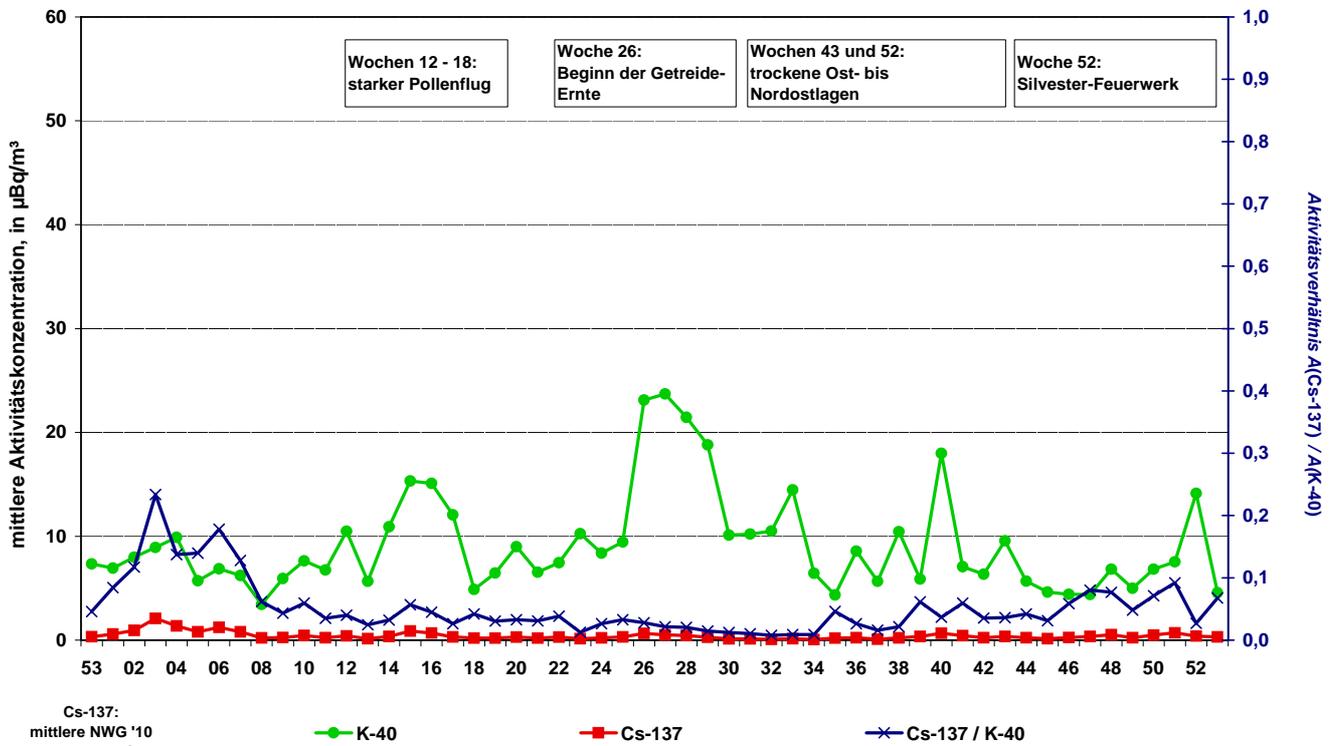


Abbildung 2.1.1-5: Aktivitätskonzentrationen und Aktivitätsverhältnis von K-40 und Cs-137 in der bodennahen Luft 2010 am Probenentnahmeort Braunschweig
(Activity concentrations and activity ratio of K-40 and Cs-137 in ground-level air at the sampling site Braunschweig in 2010)

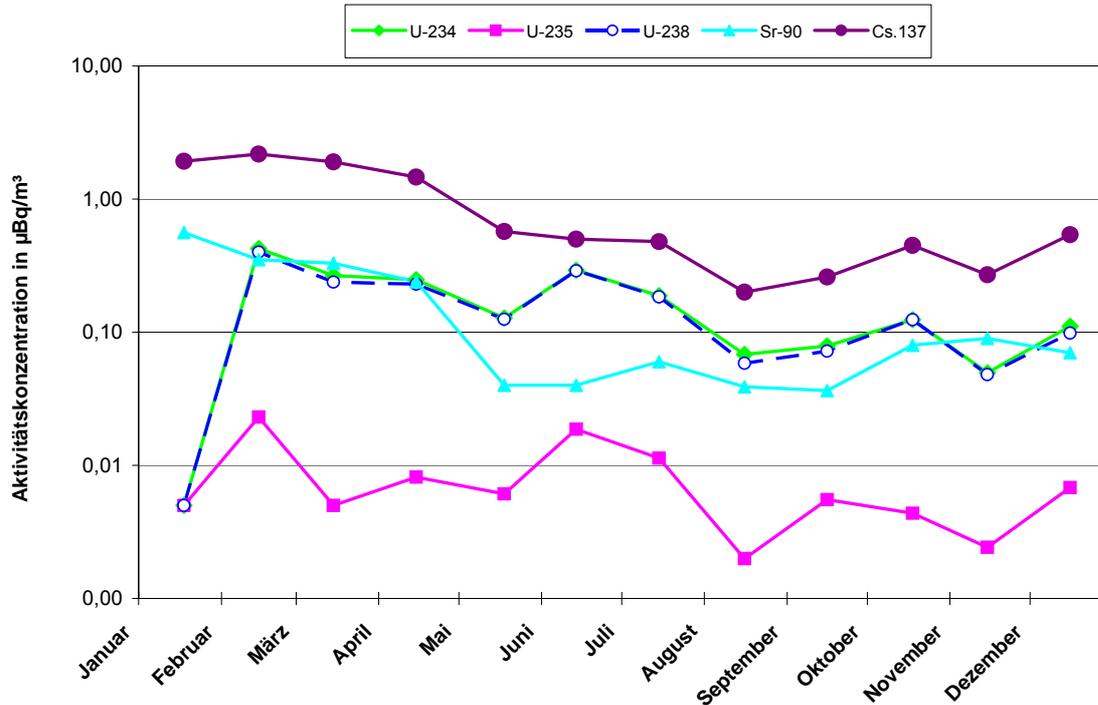


Abbildung 2.1.1-6 Aktivitätskonzentrationen in der bodennahen Luft für das Jahr 2010 am Probenentnahmeort Berlin/Potsdam
(Activity concentrations and activity ratio in ground-level air at the sampling site Berlin/Potsdam from 2010)

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 stationspezifische Jahreswert der Deposition errechnet sich aus der Summe der Tagesproben. Für das Jahr 2010 resultiert ein über alle Mess- und Sammelstationen des DWD arithmetisch gemittelter Jahreswert für die Deposition von 70 Bq/m^2 (2009: 65 Bq/m^2).

Der Messwert liegt im Schwankungsbereich der Messunsicherheiten, so dass der erhöhte Wert gegenüber 2009 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 2010 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.

Gammaspektrometrie

Monatssammelproben von 40 Messstationen wurden γ -spektrometrisch analysiert. Die Nachweisgrenzen für die Aktivitätskonzentration von Cs-137 lagen zwischen $0,5$ und 13 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 2.1.2-1a) und 1b) als Monatswerte und als aufsummierte Jahreswerte zusammengefasst. Diese Daten dienen als Vergleichsgrößen, um Veränderungen gegenüber den Vorjahren festzustellen. Die Werte waren im Jahr 2010 ähnlich denen im Jahr 2009. 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 $0,05 \text{ Bq/m}^2$ und $0,15 \text{ Bq/m}^2$. Für kosmogenes Be-7 wurden Messwerte zwischen $1,0$ und 142 Bq/m^2 (Offenbach) und Messwerte zwischen $1,1$ und $34,6 \text{ Bq/m}^2$ (Berlin) anhand von Monatsproben ermittelt.

Radiochemie

Im Labor des DWD in Offenbach wurden Niederschlagsproben der Messstationen Berlin/Potsdam, 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. $0,5$ bis $10,5 \text{ mBq/l}$, für Pu-(239+240) und Am-241 ca. $0,004$ bis $0,1 \text{ mBq/l}$ und für H-3 zwischen $0,25$ und $0,39 \text{ Bq/l}$ der elektrolytischen Anreicherung. Natürlich vorkommendes aerosolgebundenes U-234 und U-238 wurde ausgewaschen

und im Niederschlag mit Werten von 0,01 mBq/l (Schleswig, November 2010, 127 Liter Niederschlag) bis 1,2 mBq/l (Berlin, Januar 2010, 11,7 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 zum Teil und für Pu-(239+240) mit 0,02 mBq/l wurden meistens eingehalten. Die Nachweisgrenzen sind bei einer mittleren Niederschlagsmenge von 70 l/m² und Monat erreichbar.

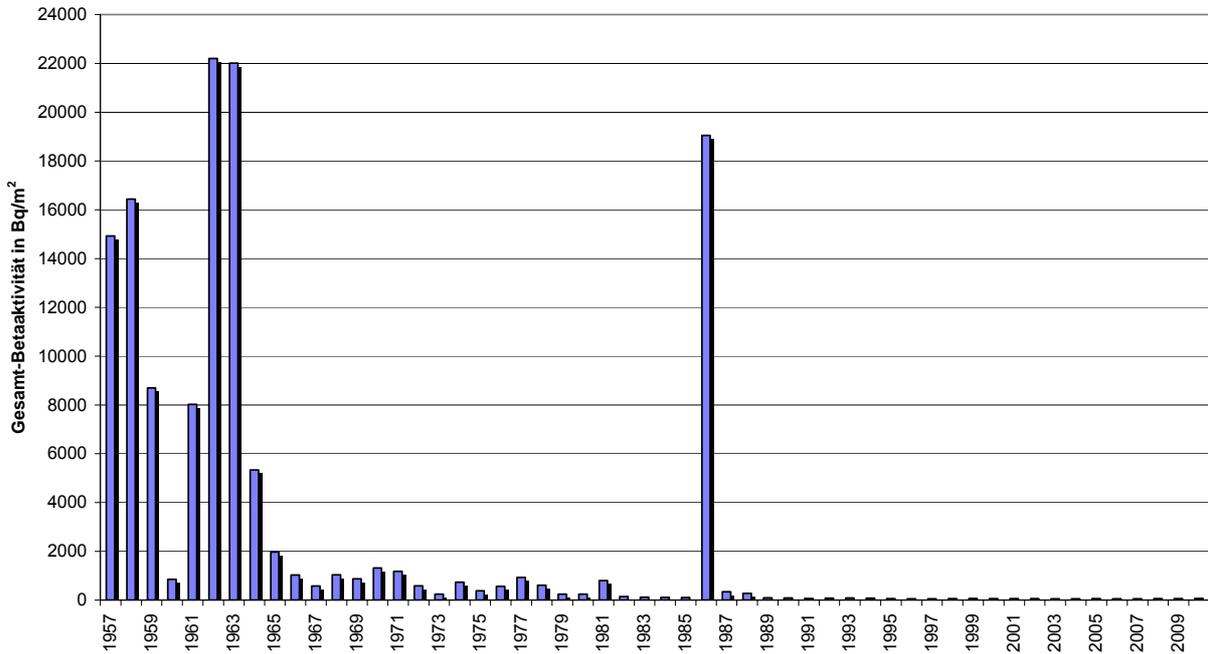


Abbildung 2.1.2-1 Langlebige Gesamt-β-Aktivität im Niederschlag – Jahresmittelwerte der Jahressummen an den DWD-Messstationen von 1957 bis 2010
(Long-lived total β activity in precipitation – Annual mean value for the total annual levels determined at the DWD measuring stations, 1957 - 2010)

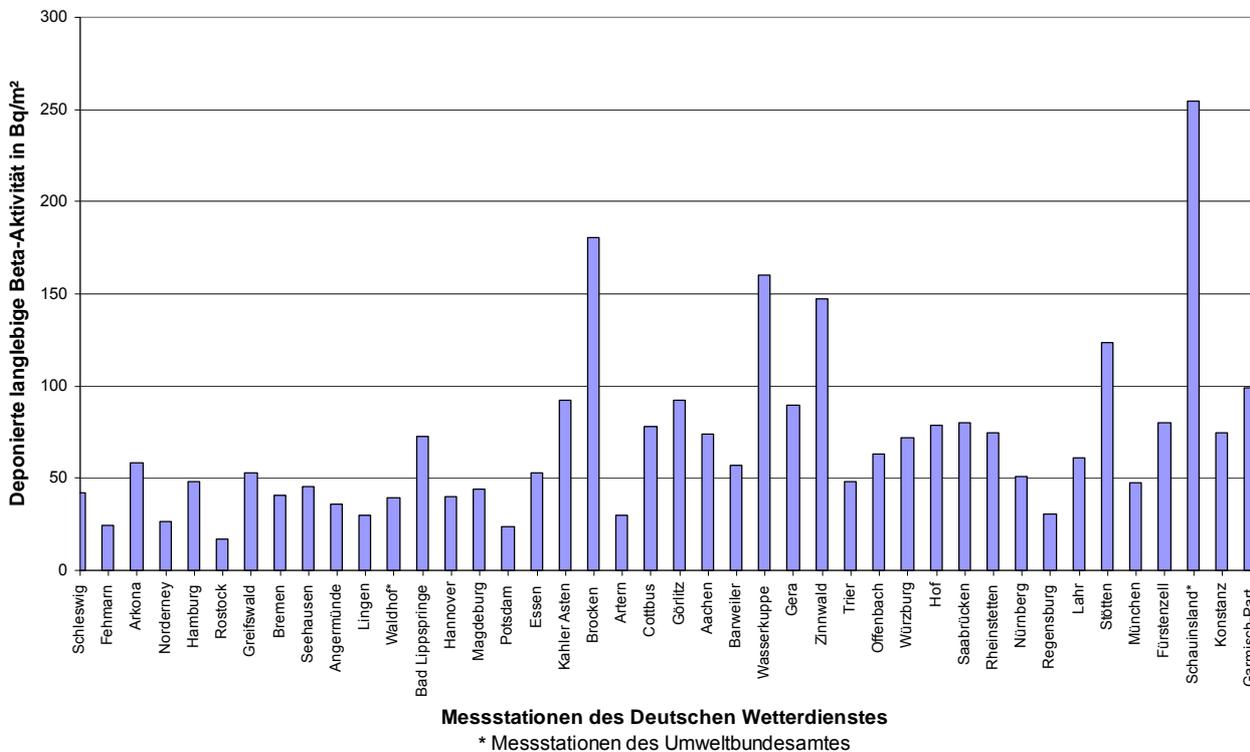


Abbildung 2.1.2-2 Dem Erdboden durch Niederschläge im Jahr 2010 zugeführte langlebige Gesamt-β-Aktivität – stationsspezifische Jahressummen
(Deposition of additional long-lived total β activity due to precipitation - station specific annual total values in the year 2010)

**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
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
2010	807,2	365	< 0,91	623,5	68,3	< 1,26
Januar	52,1	< 1,40	< 0,09	20,9	2,01	< 0,15
Februar	51,7	45,44	< 0,08	23,1	1,61	< 0,12
März	27,9	< 1,03	< 0,07	39,2	10,54	< 0,10
April	21,0	< 1,09	< 0,07	15,4	1,17	< 0,10
Mai	129,3	< 1,21	< 0,07	81,1	34,55	< 0,09
Juni	61,4	90,87	< 0,07	6,5	1,13	< 0,08
Juli	123,0	141,45	< 0,11	39,2	10,23	< 0,10
August	123,0	< 0,58	< 0,07	97,0	1,18	< 0,09
September	58,0	< 1,24	< 0,08	122,5	1,30	< 0,09
Oktober	21,5	< 1,20	< 0,08	17,3	1,35	< 0,10
November	59,9	< 1,29	< 0,08	88,0	1,53	< 0,11
Dezember	78,4	78,40	< 0,05	73,3	1,65	< 0,12

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
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
2010	780,0	313	< 0,84	930,1	412,3	< 0,97
Januar	49,1	< 1,26	< 0,08	46,7	< 0,75	< 0,05
Februar	72,5	< 1,28	< 0,08	68,3	< 1,17	< 0,08
März	55,8	< 1,24	< 0,08	67,2	14,51	< 0,08
April	16,3	41,24	< 0,07	43,5	24,43	< 0,09
Mai	96,8	< 1,13	< 0,05	58,8	32,74	< 0,09
Juni	20,5	< 1,14	< 0,07	57,5	40,78	< 0,08
Juli	41,0	< 1,29	< 0,09	37,1	31,85	< 0,08
August	138,6	< 0,55	< 0,04	136,2	67,16	< 0,08
September	46,2	85,47	< 0,08	122,9	91,40	< 0,09
Oktober	46,2	32,76	< 0,07	75,3	32,08	< 0,07
November	103,3	60,22	< 0,06	176,1	74,31	< 0,09
Dezember	93,2	85,28	< 0,07	40,5	< 1,11	< 0,08

< Messwert kleiner Nachweisgrenze

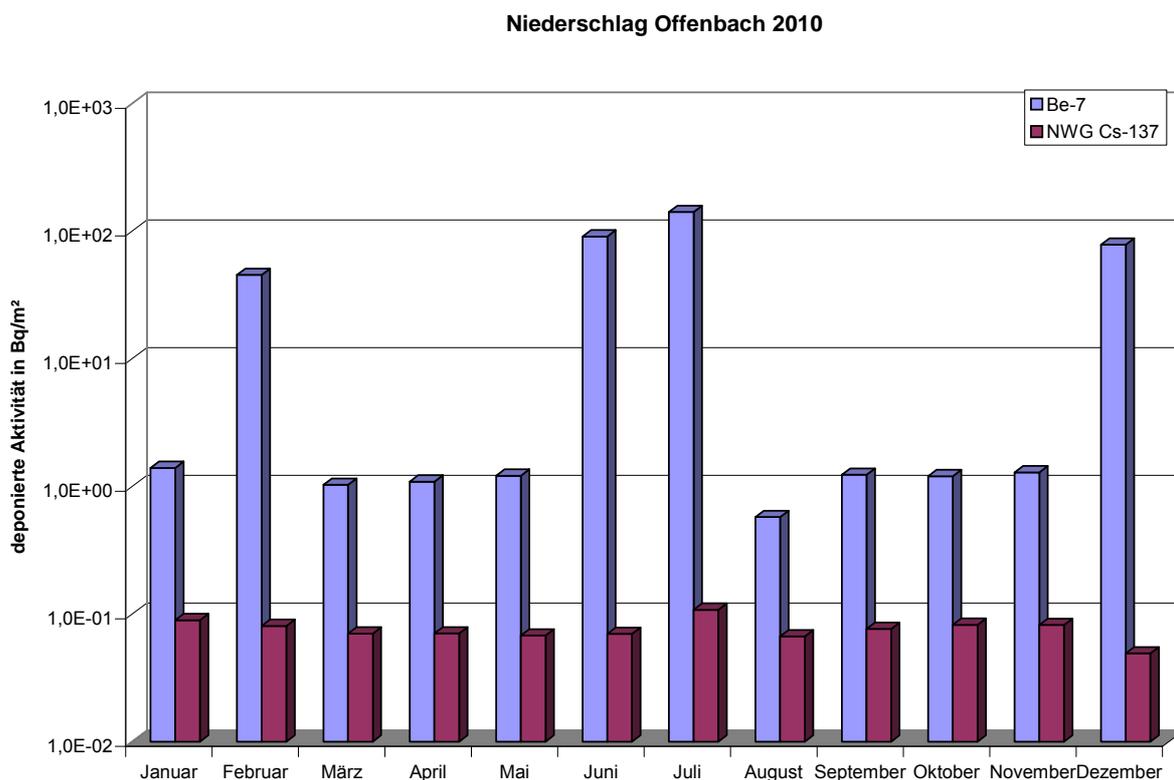
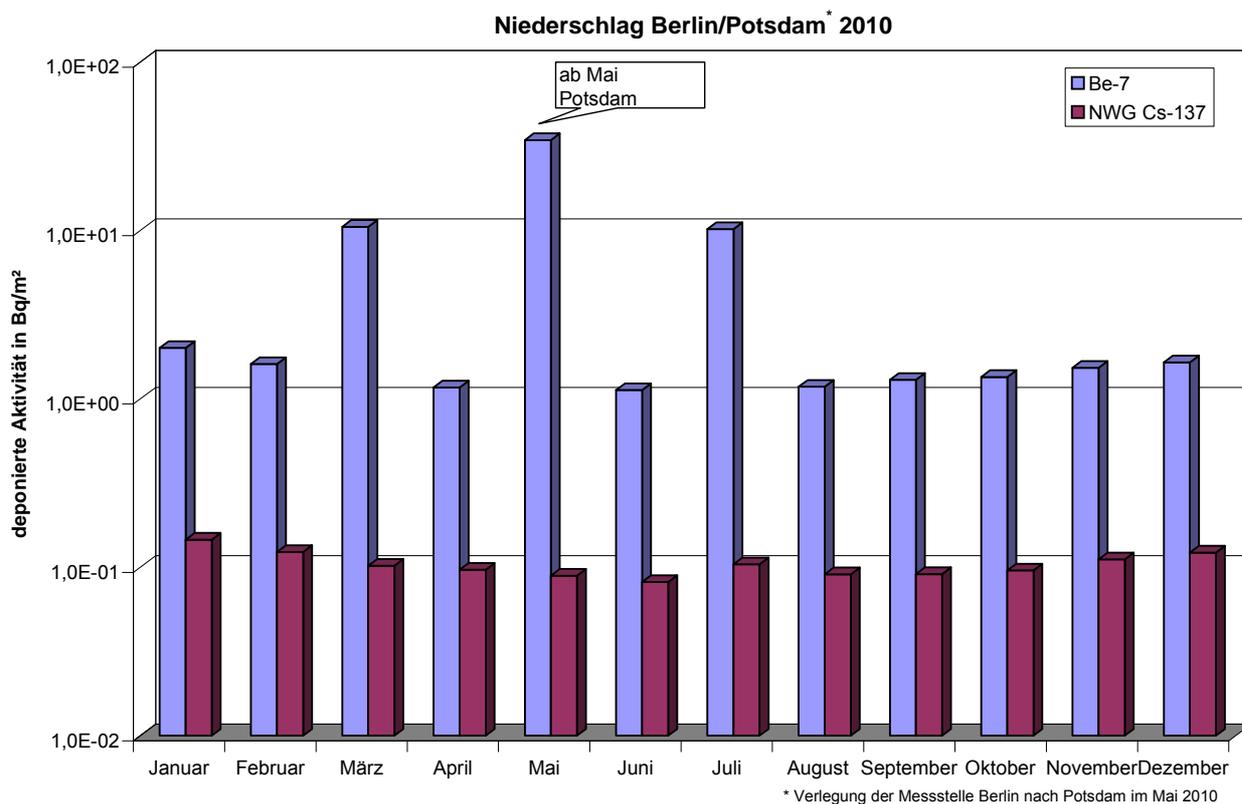


Abbildung 2.1.2-3 Deposition von Radionukliden mit dem Niederschlag im Jahr 2010
 DWD-Stationen Berlin/Potsdam und Offenbach
*(Deposition of radionuclides with precipitation in the year 2010 -
 DWD stations in Berlin/Potsdam and Offenbach)*

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 wieder mehrere hundert Messstellen umgerüstet. Die Integration einer kleinen Anzahl von autarken Sonden ohne Strom- und festem Telekommunikationsanschluss in den operationellen Betrieb des ODL-Messnetzes konnte in 2010 ebenfalls fortgesetzt werden. Durch den Einsatz der neuen Technik konnten bisher einhundert ODL-Messstellen an Liegenschaften des DWD kostenneutral durch Nutzung des DWD-WAN integriert werden. Diese Messstellen liefern ihre Daten im Routinebetrieb alle 10 Minuten.

Gemäß BMU-Erlass wurde seit dem zweiten Halbjahr 2007 die Messstellendichte im ODL-Messnetz reduziert. Die mit den Ländern abgestimmte Abbaumaßnahme von Messstellen war zeitlich bis 2010 gestaffelt und konnte im Berichtsjahr beendet werden. Durch die Ausdünnung des ODL-Messnetzes ergibt sich eine reduzierte Gesamtanzahl von ODL-Messstellen in Deutschland von rund 1.700.

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 gammaskopimetrisch 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 2010, 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 -Ortsdosisleistung (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 Umgebungs-Äquivalentdosisleistung auf. Zum Einen können stark differierende Eigennulleffekte der Messgeräte oder die Überschätzung der kosmischen Komponente des Strahlungsfeldes hierfür der Grund sein oder zum Anderen 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.

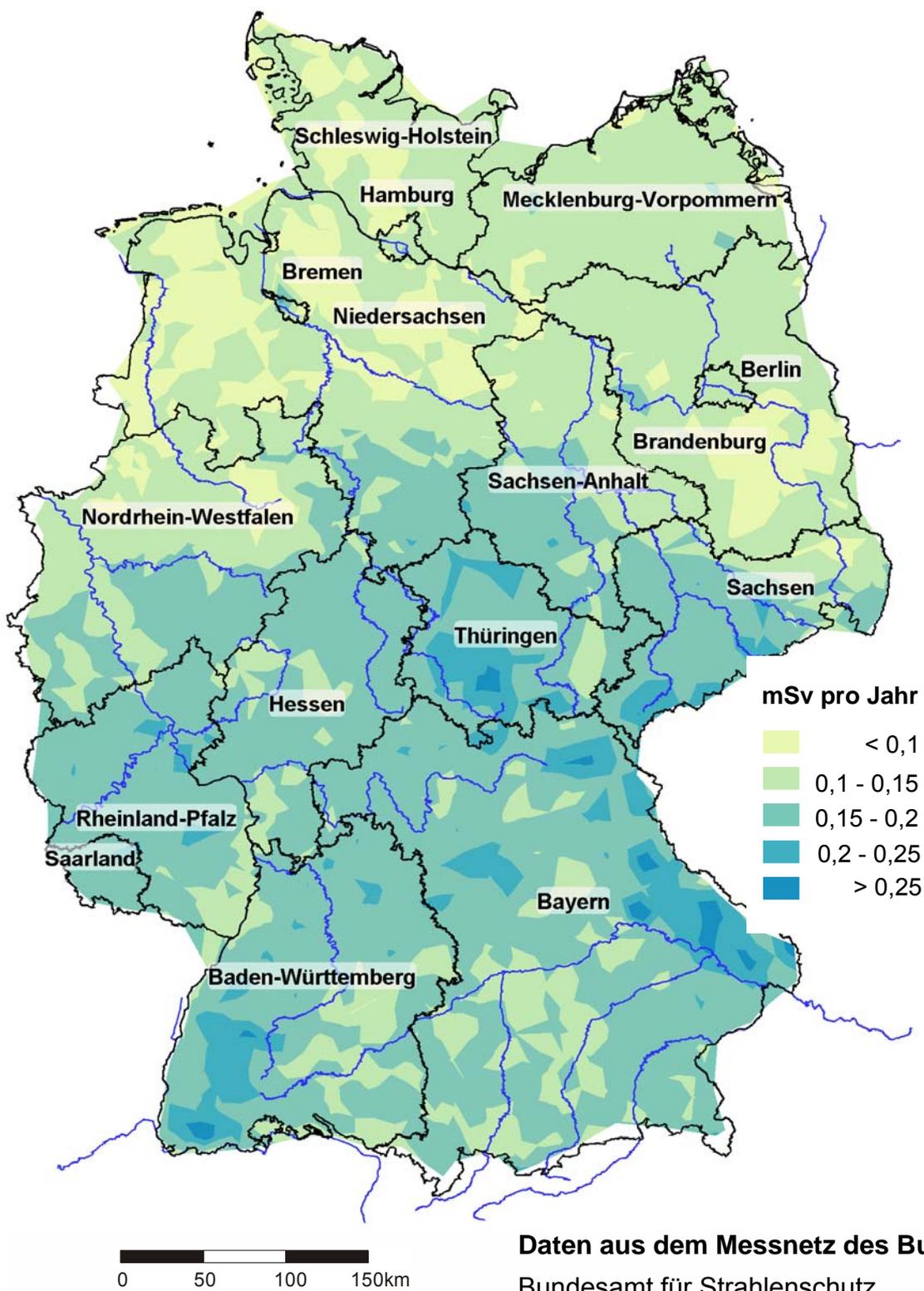


Abbildung 2.1.3-1 Externe Strahlenexposition im Jahr 2010 in Deutschland bei täglich 5 Stunden Aufenthalt im Freien
 (External radiation exposure 2010, spending 5 hours per day outdoors)

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)						
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
BER Berlin	2	< 0,33	[< 0,32] ⁹	< 0,26	[< 0,40] ⁹	< 0,4	< 0,5	< 0,38
KKB Brunsbüttel	2	< 0,32	[< 0,29] ⁹	< 0,3	< 0,31	< 0,29	< 0,29	< 0,29
KBR Brokdorf	2	< 0,39	[< 0,36] ⁹	< 0,39	< 0,50	< 0,57	< 0,39	< 0,35
KKK Krümmel	3	< 0,37	[< 0,39] ⁹	< 0,36	< 0,35	< 0,33	< 0,31	< 0,27
GKSS Geesthacht	1	< 0,24	[< 0,24] ⁹	< 0,24	< 0,23	< 0,20	< 0,19	< 0,19
KKS Stade	1	[< 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	< 0,59	< 0,61	< 0,65	< 0,80	< 0,82	< 1,7	< 1,4
KKE Emsland	2	< 0,3	< 0,32	< 0,33	< 0,30	< 0,32	< 0,35	< 0,32
KWW Würgassen	3	*	*	*	*	*	*	*
FZ Jülich	3	< 2,0	0,36**	0,47**	0,11**	< 0,2	< 0,2	< 0,2
THTR Hamm-Uentrop	2	*	*	*	*	*	*	*
KWB Biblis	2	[< 0,56] ⁶	[< 0,7] ³	< 0,66	< 0,80	< 0,66	< 0,63	< 0,61
KKP Philippsburg	4	< 0,49	< 0,49	< 0,5	< 0,49	< 0,49	< 0,5	< 0,48
KWO Obrigheim	3	< 0,37	< 0,34	< 0,18	< 0,16	< 0,22	*	*
GKN Neckarwestheim	2	< 0,65	< 0,73	< 0,68	< 0,66	< 0,66	< 0,64	< 0,72
FZ Karlsruhe		*	*	-	-	-	-	-
KKI Isar	3	-	-	[< 0,29] ⁹	< 0,30	[< 0,29] ⁹	< 0,25	< 0,27
KKG Grafenrheinfeld	3	-	-	[< 0,5] ⁹	< 0,52	[< 0,54] ⁹	[< 0,48] ⁹	< 0,45
KRB Gundremmingen II	3	-	-	[< 0,27] ⁹	< 0,33	[< 0,26] ⁹	[< 0,34] ⁹	< 0,37
KGR Greifswald	2	*	*	*	*	*	*	*
VKTA Rossendorf	1	< 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)						
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
BER Berlin	2	< 0,02	[< 0,02] ⁹	< 0,02	[< 0,25] ⁹	< 0,3	< 0,29	< 0,28
KKB Brunsbüttel	2	< 0,06	[< 0,05] ⁹	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,06
KBR Brokdorf	2	< 0,18	[< 0,17] ⁹	< 0,18	< 0,18	< 0,21	< 0,18	< 0,18
KKK Krümmel	3	< 0,07	[< 0,06] ⁹	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,07	< 0,03
GKSS Geesthacht	1	< 0,06	[< 0,06] ⁹	< 0,05	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
KKS Stade	1	[< 0,18] ⁹	[< 0,15] ⁹	< 0,26	< 0,31	< 0,23	< 0,2	< 0,21
KKU Unterweser	2	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,4	< 0,4
KWG Grohnde	3	< 0,11	< 0,12	< 0,11	< 0,11	< 0,12	< 0,14	< 0,13
KKE Emsland	2	< 0,18	< 0,18	< 0,21	< 0,18	< 0,20	< 0,19	< 0,18
KWW Würgassen	2	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,1	< 0,1
FZ Jülich	3	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,40	< 0,40	< 0,4	< 0,4
THTR Hamm-Uentrop	2	*	*	*	*	*	*	*
KWB Biblis	3	[< 0,17] ⁶	[< 0,18] ³	< 0,2	< 0,22	< 0,18	< 0,19	< 0,19
KKP Philippsburg	4	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
KWO Obrigheim	3	< 0,05	< 0,05	< 0,06	< 0,05	< 0,04	< 0,04	< 0,04
GKN Neckarwestheim	2	< 0,14	< 0,15	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,12	< 0,14
FZ Karlsruhe	3	[< 0,01] ⁶	< 0,008	< 0,008	< 0,007	< 0,006	< 0,007	< 0,006
KKI Isar	3	-	-	[< 0,21] ⁹	< 0,22	[< 0,21] ⁹	< 0,21	< 0,23
KKG Grafenrheinfeld	3	-	-	[< 0,062] ⁹	< 0,064	[< 0,067] ⁹	[< 0,06] ⁹	< 0,058
KRB Gundremmingen II	3	-	-	[< 0,14] ⁶	< 0,18	[< 0,14] ⁹	[< 0,18] ⁹	< 0,2
KGR Greifswald	2	< 0,002	< 0,002	[< 0,002] ⁹	< 0,28	[< 0,25] ⁹	[< 0,08] ⁹	< 0,0007
VKTA Rossendorf	3	< 0,002	[< 0,002] ⁶	< 0,002	< 0,016	< 0,01	< 0,013	< 0,015
KKR Rheinsberg	2	< 0,09	< 0,08	< 0,08	< 0,09	< 0,09	< 0,10	< 0,1 +
KMK Mülheim-Kärlich	2	< 0,15	[< 0,2] ⁶	< 0,14	< 0,12	< 0,18	< 0,19	< 0,19

N Zahl der Messstationen

- keine Messwerte

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

* Messungen eingestellt

+ ab Q2 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						
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
BER Berlin	2	72	72	72	73	a	[73] ⁹	70
KKB Brunsbüttel	2	84	82	84	82	85	83	91
KBR Brokdorf	2	59	60	59	58	59	58	56
KKK Krümmel	3	59	57	58	61	57	53	54
GKSS Geesthacht	1	[82] ⁶	84	85	86	89	88	84
KKS Stade	1	[59] ^{9 y}	87 ^{MT}	97	99	107	104	104
KKU Unterweser	2	93	94	98	101	102	104	101
KWG Grohnde	3	85	83	86	80	77	84	92 ^{MT}
KKE Emsland	2	74	75	75	75	76	76	74
KWW Würgassen	3	*	*	*	*	*	*	*
FZ Jülich	12	56	62 ^{MT}	79	83	84	97 ^{MT}	109
THTR Hamm-Uentrop	2	85	85	86	88	100 ^l	103 ^l	101 ^l
KWB Biblis	3	94	[95] ³	96	103	106	106	105
KKP Philippsburg	4	103	106	105	99	100	100	98
KWO Obrigheim	2	103	101	102	115	120	120	119

Probennahmestelle	N	γ -Ortsdosisleistung in nSv/h						
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
GKN Neckarwestheim	2	53	119 ^{MT}	119	113	111	121	126
FZ Karlsruhe	6	[81] ⁶	83	83	83	83	84	102 ^{MT}
KKI Isar ^c	3	a	a	99	97	[96] ⁹	[94] ⁹	92
KKG Grafenrheinfeld ^c	3	a	a	104	105	[104] ⁹	[105] ⁹	102
KRB Gundremmingen II ^c	3	a	a	65	64	[67] ⁹	[66] ⁹	65
KGR Greifswald	20	81	81	84 ^j	83 ^j	83 ^j	83 ^j	81 ^j
VKTA Rossendorf	3	112	111	[115] ⁹	[112] ^{6 k}	115 ^k	119 ^k	111 ^k
KKR Rheinsberg	4	94 ^z	87 ^z	84	90 ^z	85 ^z	99 ^z	98 ^z
KMK Mülheim-Kärlich	2	119	[125] ^{6MT}	127	125 ^{MT}	113	115	114

- N Zahl der Messstationen *Messungen eingestellt
 []ⁱ unvollständige Messreihe (i: Anzahl der Monate) MTAustausch des Messsystems
 a Daten liegen nicht vor
 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							
		2007		2008		2009		2010	
		(Bq/l)	(Bq/m ²)	(Bq/l)	(Bq/m ²)	(Bq/l)	(Bq/m ²)	(Bq/l)	(Bq/m ²)
BER Berlin	1		[< 0,35] ⁹		< 1,4		[< 0,36] ⁹		< 0,36
KKB Brunsbüttel	2		< 0,8		< 0,87		< 0,8		< 0,79
KBR Brokddorf	2		< 1,6		< 1,6		< 1,5		< 1,4
KKK Krümmel	4		< 0,75		< 0,56		< 0,48		< 0,51
GKSS Geesthacht	2		< 2,1		< 1,6		< 1,4		< 1,5
KKS Stade	2		< 2,4		< 1,7		< 1,7		< 2,0
KKU Unterweser	2		< 1,4		< 0,61		< 0,52		< 0,53
KWG Grohnde	2		< 3,6		< 2,3		< 1,6		< 2,0
KKE Emsland	2		< 0,74		< 0,70		< 0,64		< 0,66
KWW Würgassen	2	< 0,006	+	< 0,007		< 0,006		< 0,005	
FZ Jülich	1	< 0,05	+	< 0,05		< 0,05		< 0,05	
THTR Hamm-Uentrop	*		*		*		*		*
KWB Biblis	2		< 1,2		< 0,92		< 1,1		< 1,3
KKP Philippsburg	4		< 1,5		< 1,4		< 1,4		< 1,4
KWO Obrigheim	2		< 3,6		< 2,7		< 2,4		< 2,7
GKN Neckarwestheim	2		< 2,0		< 1,8		< 1,8		< 2,2
FZ Karlsruhe	3		< 2,6		< 2,6		< 2,7		< 2,7
KKI Isar	3		< 2,8		[< 2,8] ⁹		[< 2,9] ⁹		< 3,0
KKG Grafenrheinfeld	2		< 0,51		[< 0,51] ⁹		[< 0,59] ⁹		< 0,62
KRB Gundremmingen II	2		< 3,0		[< 2,0] ⁹		[< 2,3] ⁹		< 2,1
KGR Greifswald	2		< 2,5		[< 1,9] ⁹		< 1,8		< 1,8
VKTA Rossendorf	2		< 0,46		< 0,54		< 0,51		< 0,69
KKR Rheinsberg	2		< 0,18		< 0,20		< 0,2		< 0,2
KMK Mülheim-Kärlich	2		< 0,59		< 0,68		< 0,92		< 0,98

- []ⁱ unvollständige Messreihe (i: Anzahl der Monate) N Zahl der Messstationen
 + nur Konzentrationsangaben * Messungen eingestellt

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 2.1.5-8).

Die bilanzierten Jahreswerte der Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft der Kernkraftwerke im Jahr 2010 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 Einzelnuclidmessungen ermittelte Zusammensetzung der 2010 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 2010 mit $2,3 \cdot 10^{13}$ Becquerel (Bq) größer als 2009 mit $1,3 \cdot 10^{13}$ Bq, die Summe der Jahresaktivitätsableitungen von an Schwebstoffen gebundene Radionuklide war mit $4,6 \cdot 10^7$ Bq kleiner als im Vorjahr mit $6,8 \cdot 10^7$ Bq. Die Gesamtaktivitätsableitung von I-131 lag 2010 mit $8,7 \cdot 10^7$ Bq über dem Vorjahreswert von $6,6 \cdot 10^7$ 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 2010 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 2010 abgeleitete Gesamt-Alpha-Aktivität der Anlagen in Lingen und Gronau beträgt $<8,7 \cdot 10^4$ 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 (Abwetterluten) nach Übertage gefördert und in die Umgebung abgegeben.

Die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus der Schachtanlage Asse 2 ist in der Tabelle 2.1.5-8 für gasförmige Verbindungen von H-3, C-14 und Rn-222 sowie für die an Schwebstoffen gebundenen Radionuklide zusammengestellt.

Die für das Jahr 2010 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. Auch zusätzlich auftretende Strahlenexposition z. B. durch Direktstrahlung führt nicht zu einer Überschreitung des Dosisgrenzwertes von 1 mSv nach §46 StrlSchV.

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 2010 beträgt an den in Tabelle 2.1.5-1 aufgeführten Standorten etwa $4,1 \cdot 10^{12}$ Bq.

Tabelle 2.1.5-1 Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2010
(Discharges of radioactive substances with exhaust air from nuclear power plants in the year 2010)

Kernkraftwerk	Aktivitätsableitung in Bq				
	Radioaktive Edelgase	An Schwebstoffen gebundene Radionuklide ^{a)}	I-131	C-14 (als Kohlenstoffdioxid)	H-3
VAK Kahl ^{b)}	-	-	-	-	-
KKR Rheinsberg ^{c)}	-	2,8 E05	-	-	-
KRB Gundremmingen A ^{d)}	-	2,5 E04	-	3,7 E07	3,9 E08
KWL Lingen ^{d)}	-	nn	-	nn	nn
KWO Obrigheim ^{h)}	-	3,1 E05	-	1,2 E09	6,0 E09
KKS Stade ^{g)}	-	6,0 E03	-	4,0 E08	2,4 E10
KWW Würgassen ^{e)}	-	5,3 E06	-	1,0 E09	2,7 E09
KGR Greifswald ^{c)}	-	2,0 E06	-	-	-
KWB Biblis A	1,0 E11	nn	6,5 E05	1,7 E10	3,4 E11
KWB Biblis B	1,1 E11	nn	1,5 E06	2,0 E10	1,8 E11
GKN Neckarwestheim 1	2,1 E11	2,2 E04	nn	5,0 E09	1,7 E11
KKB Brunsbüttel	nn	1,3 E07	nn	1,4 E10	4,8 E09
KKI Isar 1	2,8 E12	nn	1,5 E07	3,0 E11	7,1 E10
KKU Unterweser	3,1 E12	4,5 E05	1,4 E04	2,6 E10	1,7 E11
KKP Philippsburg 1	1,8 E12	1,7 E07	4,1 E07	4,1 E11	6,2 E10
KKG Grafenrheinfeld	4,9 E12	6,5 E06	9,1 E05	1,4 E11	2,3 E11
KKK Krümmel	nn	1,2 E06	nn	2,9 E10	2,5 E09
KRB Gundremmingen B, C	5,0 E12	nn	2,1 E07	8,4 E11	5,6 E11
KWG Grohnde	2,4 E12	8,1 E04	6,3 E06	6,1 E10	2,2 E11
THTR Hamm-Uentrop ^{f)}	-	nn	-	nn	8,1 E07
KKP Philippsburg 2	1,1 E12	1,2 E05	8,3 E05	2,4 E10	1,2 E10
KMK Mülheim-Kärlich ^{f)}	-	nn	-	nn	nn
KBR Brokdorf	4,8 E11	3,4 E04	1,7 E05	1,8 E11	3,4 E11
KKI Isar 2	4,0 E11	nn	nn	9,0 E10	2,9 E11
KKE Emsland	2,5 E11	nn	nn	2,1 E11	1,1 E12
GKN Neckarwestheim 2	3,1 E11	4,3 E04	nn	7,6 E10	8,8 E10

a) Halbwertszeit > 8 Tage, ohne I-131, einschließlich Sr-89, Sr-90 und Alphastrahler

b) Betrieb beendet 1985; wurde im Mai 2010 aus dem Atomgesetz entlassen

c) Betrieb beendet 1990

f) Betrieb beendet 1988

d) Betrieb beendet 1977

g) Betrieb beendet 2003

e) Betrieb beendet 1994

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 2010
(Discharges of radioactive noble gases with exhaust air from nuclear power plants in the year 2010)

Radionuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Kahl/Rheinsberg	Gundremmingen A / Lingen	Obrigheim	Würgassen	Stade	Greifswald	Biblis A	Biblis B
Ar-41	-	-	-	-	-	-	2,2 E10	6,7 E10
Kr-85m	-	-	-	-	-	-	4,9 E07	2,8 E07
Kr-85	-	-	-	-	-	-	4,7 E09	5,2 E09
Kr-87	-	-	-	-	-	-	3,7 E07	nn
Kr-88	-	-	-	-	-	-	1,0 E08	1,8 E08
Kr-89	-	-	-	-	-	-	1,2 E08	1,3 E08

Radio-nuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Kahl/ Rheins- berg	Gundremmingen A / Lingen	Obrigheim	Würgas- sen	Stade	Greifswald	Biblis A	Biblis B
Xe-131m	-	-	-	-	-	-	nn	7,3 E09
Xe-133m	-	-	-	-	-	-	2,3 E08	nn
Xe-133	-	-	-	-	-	-	5,0 E10	2,2 E09
Xe-135m	-	-	-	-	-	-	4,7 E08	1,1 E10
Xe-135	-	-	-	-	-	-	2,6 E10	2,0 E10
Xe-137	-	-	-	-	-	-	nn	nn
Xe-138	-	-	-	-	-	-	5,9 E07	3,7 E08

Radionu- klid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Neckar- westheim 1	Brunsbüttel	Isar 1	Unter- waser	Philippsburg 1	Grafen- rheinfeld	Krümmel	Gundrem- mingen B, C
Ar-41	2,0 E11	nn	1,2 E09	5,5 E11	6,1 E09	2,3 E11	nn	2,7 E11
Kr-85m	nn	nn	3,3 E09	nn	1,8 E09	2,8 E09	nn	3,3 E08
Kr-85	nn	nn	9,6 E10	9,7 E10	1,4 E11	1,3 E12	nn	6,0 E11
Kr-87	nn	nn	2,1 E08	nn	1,8 E10	nn	nn	5,4 E08
Kr-88	nn	nn	2,4 E11	nn	6,3 E08	nn	nn	1,1 E09
Kr-89	nn	nn	3,9 E09	nn	3,2 E10	nn	nn	2,3 E10
Xe-131m	4,7 E09	nn	9,2 E09	1,1 E12	1,1 E09	8,5 E09	nn	2,4 E11
Xe-133m	nn	nn	2,8 E10	nn	7,0 E09	3,6 E09	nn	5,8 E10
Xe-133	nn	nn	1,7 E12	7,8 E11	4,9 E11	3,3 E12	nn	2,7 E12
Xe-135m	nn	nn	2,7 E11	nn	3,3 E11	nn	nn	2,2 E11
Xe-135	1,2 E09	nn	2,0 E11	5,3 E11	3,5 E11	8,8 E10	nn	2,9 E11
Xe-137	nn	nn	1,3 E11	nn	2,0 E11	nn	nn	4,1 E11
Xe-138	nn	nn	6,9 E10	nn	1,8 E11	nn	nn	1,3 E11

Radio- nuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Grohnde	Hamm- Uentrop	Philippsburg 2	Mülheim- Kärlich	Brokdorf	Isar 2	Emsland	Neckar- westheim 2
Ar-41	6,4 E10	-	1,5 E11	-	1,5 E11	9,5 E10	1,5 E11	8,1 E10
Kr-85m	1,4 E10	-	4,2 E08	-	5,1 E09	3,7 E07	nn	nn
Kr-85	1,3 E11	-	5,1 E11	-	nn	3,0 E11	nn	2,1 E11
Kr-87	nn	-	5,2 E08	-	nn	2,0 E07	nn	5,5 E07
Kr-88	nn	-	1,1 E09	-	nn	1,2 E08	nn	1,5 E08
Kr-89	nn	-	1,6 E09	-	nn	2,7 E08	nn	nn
Xe-131m	2,3 E10	-	2,3 E11	-	nn	7,8 E09	nn	1,4 E10
Xe-133m	1,6 E10	-	4,4 E09	-	nn	2,2 E08	1,2 E09	nn
Xe-133	2,0 E12	-	2,0 E11	-	3,0 E11	6,2 E08	9,8 E10	nn
Xe-135m	nn	-	8,1 E08	-	nn	1,2 E07	nn	3,6 E07
Xe-135	6,9 E10	-	9,1 E09	-	3,6 E10	5,6 E08	1,9 E09	3,7 E07
Xe-137	nn	-	1,4 E09	-	nn	5,1 E07	nn	1,0 E08
Xe-138	nn	-	4,4 E08	-	nn	2,4 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 2010 (I-131: Tabelle 2.1.5-1)
(Discharges of radioactive particulates with exhaust air from nuclear power plants in the year 2010 - I-131: Table 2.1.5-1)

Radio- nuklid	Aktivitätsableitung in Bq								
	Kahl	Rheins- berg	Gundrem- mingen A	Lingen	Obrig- heim	Würgas- sen	Stade	Greifs- wald	Biblis A
Cr-51	-	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
Mn-54	-	nn	nn	nn	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	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Co-60	-	1,2 E04	nn	nn	2,9 E05	3,2 E06	nn	1,7 E06	nn
Zn-65	-	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sr-89	-	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sr-90	-	1,6 E04	nn	nn	nn	2,2 E05	nn	nn	nn
Zr-95	-	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Nb-95	-	nn	nn	nn	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	nn	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	-	1,1 E05	2,5 E04	nn	1,9 E04	1,8 E06	6,0 E03	2,8 E05	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	-	7,7 E04	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	9,1 E03	nn	nn	nn
Pu-(239 +240)	-	nn	nn	nn	nn	4,8 E03	nn	nn	nn
Am-241	-	nn	nn	nn	nn	1,7 E04	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	4,6 E03	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	6,1 E06	nn	nn	nn
Mn-54	nn	nn	7,0 E05	nn	nn	3,8 E05	nn	3,2 E04	nn
Fe-59	nn	nn	nn	nn	nn	9,3 E03	nn	nn	nn
Co-57	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Co-58	nn	nn	nn	nn	nn	2,2 E05	2,3 E05	nn	nn
Co-60	nn	2,2 E04	9,0 E06	nn	4,5 E05	1,6 E06	6,0 E06	1,1 E06	nn
Zn-65	nn	nn	1,3 E06	nn	nn	1,0 E06	nn	nn	nn
Sr-89	nn	nn	nn	nn	nn	4,9 E06	nn	nn	nn
Sr-90	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Zr-95	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Nb-95	nn	nn	nn	nn	nn	nn	1,9 E05	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

Radio-nuklid	Aktivitätsableitung in Bq								
	Bibilis B	Neckar-westheim 1	Brunsbüt-tel	Isar 1	Unter-weser	Philipps-burg 1	Grafen-rheinfeld	Krüm-mel	Gundrem-mingen B, C
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	nn
Cs-134	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cs-137	nn	nn	2,2 E06	nn	nn	2,0 E05	nn	nn	nn
Ba-140	nn	nn	nn	nn	nn	1,8 E06	nn	nn	nn
La-140	nn	nn	nn	nn	nn	1,1 E06	nn	nn	nn
Ce-141	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ce-144	nn	nn	nn	nn	nn	2,1 E04	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)

Radio-nuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Grohnde	Hamm-Uen-trop	Philippsburg 2	Mülheim-Kärlich	Brokdorf	Isar 2	Emsland	Neckar-westheim 2
Cr-51	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Mn-54	nn	nn	nn	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	1,7 E04	nn	nn	nn	nn	nn
Co-60	8,1 E04	nn	5,1 E04	nn	nn	nn	nn	4,3 E04
Zn-65	nn	nn	nn	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	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Nb-95	nn	nn	1,2 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	4,3 E04	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	nn	nn	3,4 E04	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

Radio-nuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Grohnde	Hamm-Uen-trop	Philippsburg 2	Mülheim-Kärlich	Brokdorf	Isar 2	Emsland	Neckar-westheim 2
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 2000 bis 2010
(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 2000 to 2010)

Jahr	Aktivitätsableitung in Bq			Bruttostrom-erzeugung in MWa
	radioaktive Edelgase	I-131	an Schwebstoffen gebundene Radionuklide	
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
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*
2010	2,3 E13	8,7 E07	4,6 E07	16.045*

* 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 2010
(Discharges of radioactive substances with exhaust air from research centres and research reactors from universities in the year 2010)

Forschungszentrum	Aktivitätsableitung in Bq					
	Radioaktive Edelgase	an Schwebstoffen gebundene Radionuklide ^{a)}	I-131	I-129	C-14	H-3
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage)	1,0 E12	2,1 E08 ^{b)}	1,2 E06	1,6 E06	1,6 E10	1,9 E12
Forschungszentrum Jülich (einschließlich Versuchsreaktor AVR)	2,6 E09	3,0 E06	nn	-	2,0 E11	2,8 E12
Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD)	2,2 E10	5,9 E05	1,4 E07	nn	1,0 E09	1,1 E11

Forschungszentrum	Aktivitätsableitung in Bq					
	Radioaktive Edelgase	an Schwebstoffen gebundene Radionuklide ^{a)}	I-131	I-129	C-14	H-3
GKSS-Forschungszentrum Geesthacht	4,2 E10	1,3 E04	2,8 E05	-	3,1 E08	5,8 E10
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (früher Hahn-Meitner-Institut Berlin, HMI), (einschließlich Zentralstelle für radioaktive Abfälle)	4,7 E11	2,6 E03	4,6 E05	-	2,6 E09	6,3 E10
Garching, FRM I	-	nn	nn	-	8,1 E06	1,2 E09
Garching, FRM II	1,9 E11	nn	1,8 E03	-	1,1 E10	5,2 E11
Forschungsreaktor Mainz	1,4 E11	nn	nn	-	-	3,1 E06

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

b) davon Alphastrahler: 2,3 E06 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
(Discharges of alpha emitting radioactive substances with exhaust air from processing facilities for nuclear fuels)

Betrieb	Aktivitätsableitung in Bq	
	2010	2009
ANF GmbH (Lingen)	< 1,5 E04	< 1,5 E04
URENCO D (Gronau)	7,2 E04	3,0 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	
	2010	2009
H-3	1,2 E10	1,3 E10
C-14	6,4 E08	6,6 E08
an Schwebstoffen gebundene Radionuklide	1,8 E06	8,5 E05
Rn-222 ^{a)}	8,9 E09	6,0 E09

a) gleichgewichtsäquivalente Radon-222-Aktivitätskonzentration

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

Nuklid	Aktivitätsableitung in Bq	
	2010	2009
H-3	3,8 E10	3,5 E10
C-14	9,0 E08	8,6 E08
Rn-222 (Gas)	1,1 E11	1,0 E11
an Schwebstoffen gebundene Radionuklide	2,0 E06	1,7 E06*

* Im Jahresbericht 2009 wurde versehentlich ein Wert von 4,3 E05 Bq angegeben

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 H-3 untersucht.

Meerwasser in der Nordsee

Die Probennahme zur Überwachung der Nordsee erfolgte 2010 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. 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. $0,2 \text{ Bq/m}^3$).

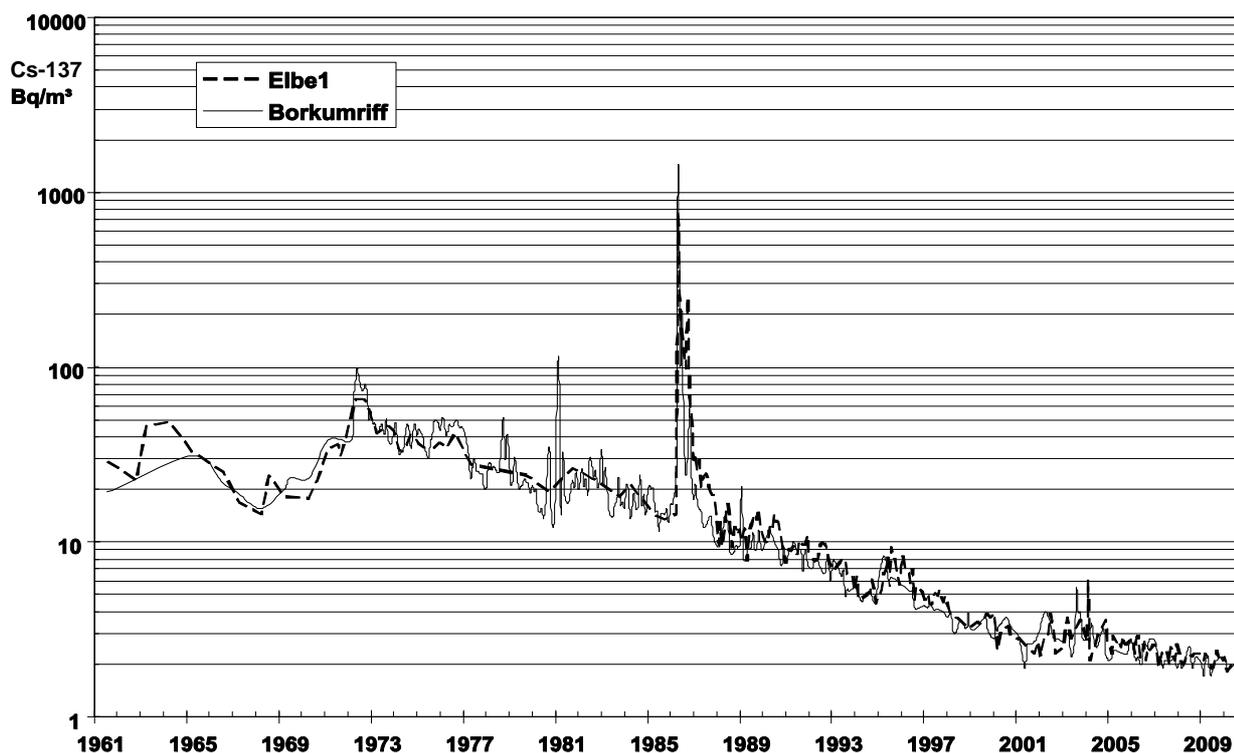


Abbildung 2.2.1-1 Der zeitliche Verlauf der Aktivitätskonzentration von Cs-137 (Bq/m^3) an zwei Positionen in der Deutschen Bucht seit 1961

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

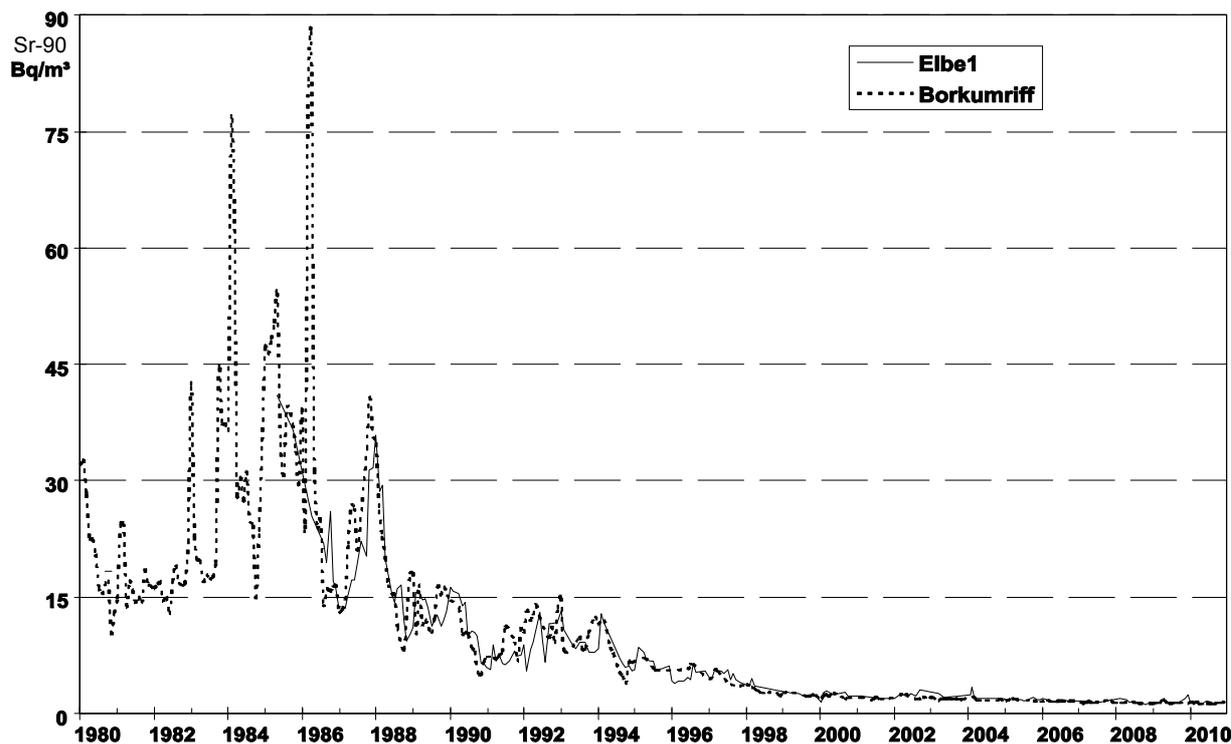


Abbildung 2.2.1-2 Der zeitliche Verlauf der Aktivitätskonzentration von Sr-90 (Bq/m^3) an zwei Positionen in der Deutschen Bucht seit 1980

(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 Sr-90 an der Wasseroberfläche der Nordsee vom Englischen Kanal bis auf Höhe der Shetlandinseln im August 2009 dargestellt. Zum Redaktionsschluss des Berichtes 2009 lag dieser Datensatz nicht vollständig vor und wird daher hier nachgereicht.

Die Aktivitätskonzentrationen überstreichen einen Bereich von $1,1 \text{ Bq/m}^3$ im Englischen Kanal bis zu $2,3 \text{ Bq/m}^3$ im Skagerrak. Insgesamt befinden sich die Konzentrationen dieses Radionuklids für die gesamte Nordsee auf einem gleichmässigen und sehr niedrigem Niveau. Einleitungen der Wiederaufarbeitungs- oder anderer Nuklearanlagen sind nicht mehr zu erkennen. Die geringfügig höheren Konzentrationen in der Elbe und ihrem Ästuar entsprechen der langjährigen Charakteristik der Elbe, in deren Einzugsgebiet Sr-90 aus dem Kernwaffenfallout ausgewaschen wird.

Zum Redaktionsschluss waren die Analysen aus dem Jahr 2010 für die Radionuklide Cs-137, Sr-90 und H-3 nur zu einem geringen Grad fertiggestellt, so dass eine Darstellung hier nicht sinnvoll ist. Die bisher vorliegenden Messwerte lassen jedoch nichts Ungewöhnliches feststellen.

In den Abbildungen 2.2.1-4 und 2.2.1-5 sind die Verteilungen von Plutonium-(239+240) und des Pu-238/Pu-(239+240)-Aktivitätsverhältnis in der Nordsee und im südlichen Teil des Europäischen Nordmeers im Jahr 2010 dargestellt. Die relativ höchsten Aktivitätskonzentrationen finden sich an der schottischen Ostküste mit bis zu 32 mBq/m^3 für Pu-(239+240) und mit bis zu 7 mBq/m^3 für Am-241. Dies entspricht den Konzentrationsverteilungen, wie sie sich im Jahr 2009 darstellten. Das Pu-238/Pu-(239+240)-Aktivitätsverhältnis der Anlage Sellafield war für viele Jahre sehr konstant bei 0,15 - 0,20. Während im letzten Jahr für große Teile der nordwestlichen Nordsee eine signifikante Erhöhung des Verhältnisses auf 0,3 bis 0,4 festzustellen war, hat sich in 2010 wieder das altbekannte Aktivitätsverhältnis eingestellt. Die zwischenzeitliche Veränderung wird auf Reinigungsaktionen an der Anlage Dounreay in Nordschottland und damit verbundenen geringfügigen Einleitungen zurückgeführt.

Zu Vergleichszwecken wurden im Seegebiet nördlich der Shetlandinseln und vor der norwegischen Küste grossvolumige Wasserproben aus der Wassersäule bis zu Tiefen von 1000 m entnommen. Dabei bestätigte sich, dass die Aktivitätskonzentration von Pu(239+240) in der Wassersäule höher ist als an der Oberfläche. Dieser Sachverhalt wurde bereits bei einer Beprobung des Europäischen Nordmeers im Jahr 1995 festgestellt [1] und ist offensichtlich anhaltend.

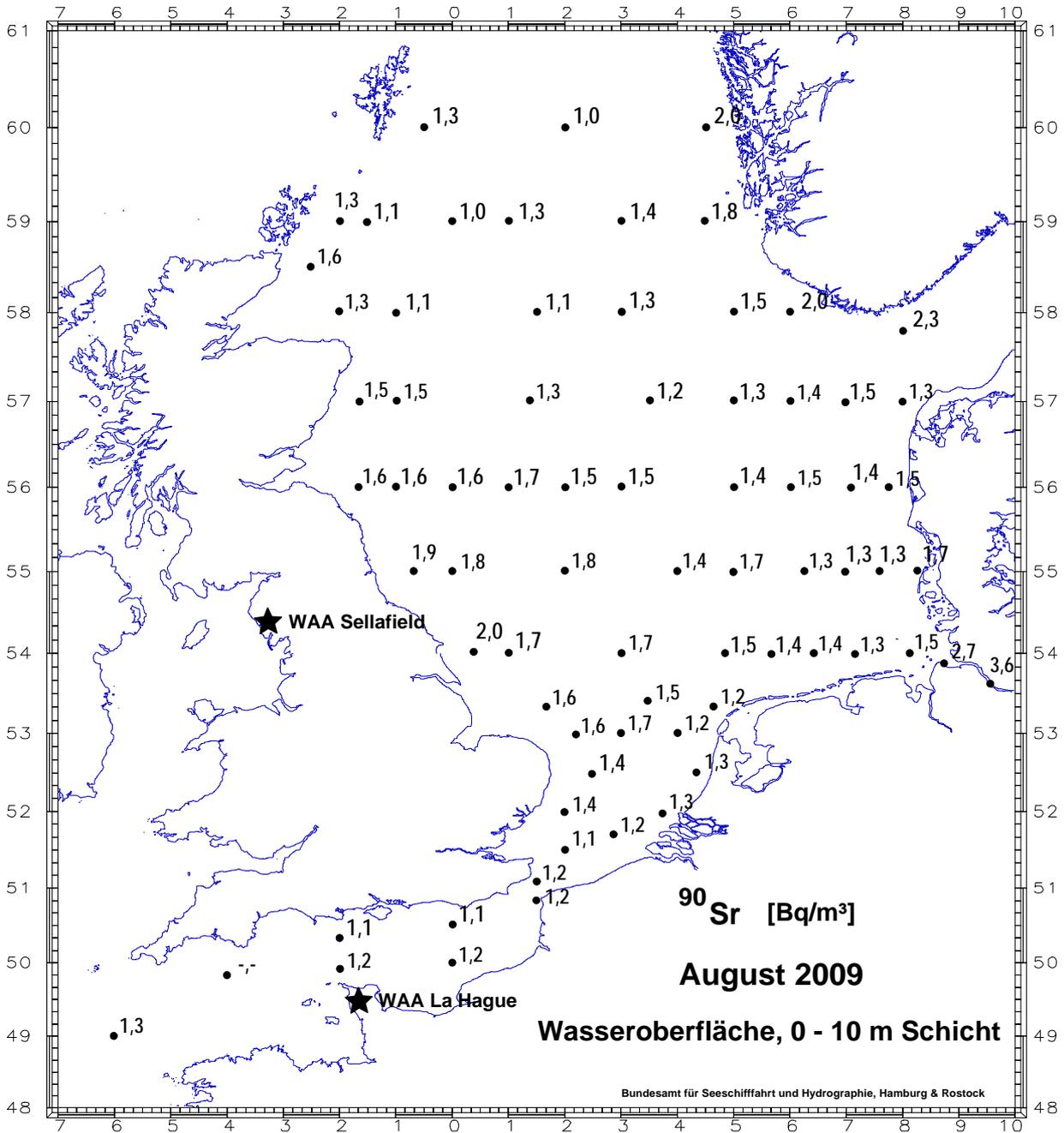


Abbildung 2.2.1-3 Die Verteilung der Aktivitätskonzentration von Sr-90 (Bq/m^3) im Wasser der Nordsee im August 2009
(Distribution of Sr-90 (Bq/m^3) in seawater of the North Sea in August 2009)

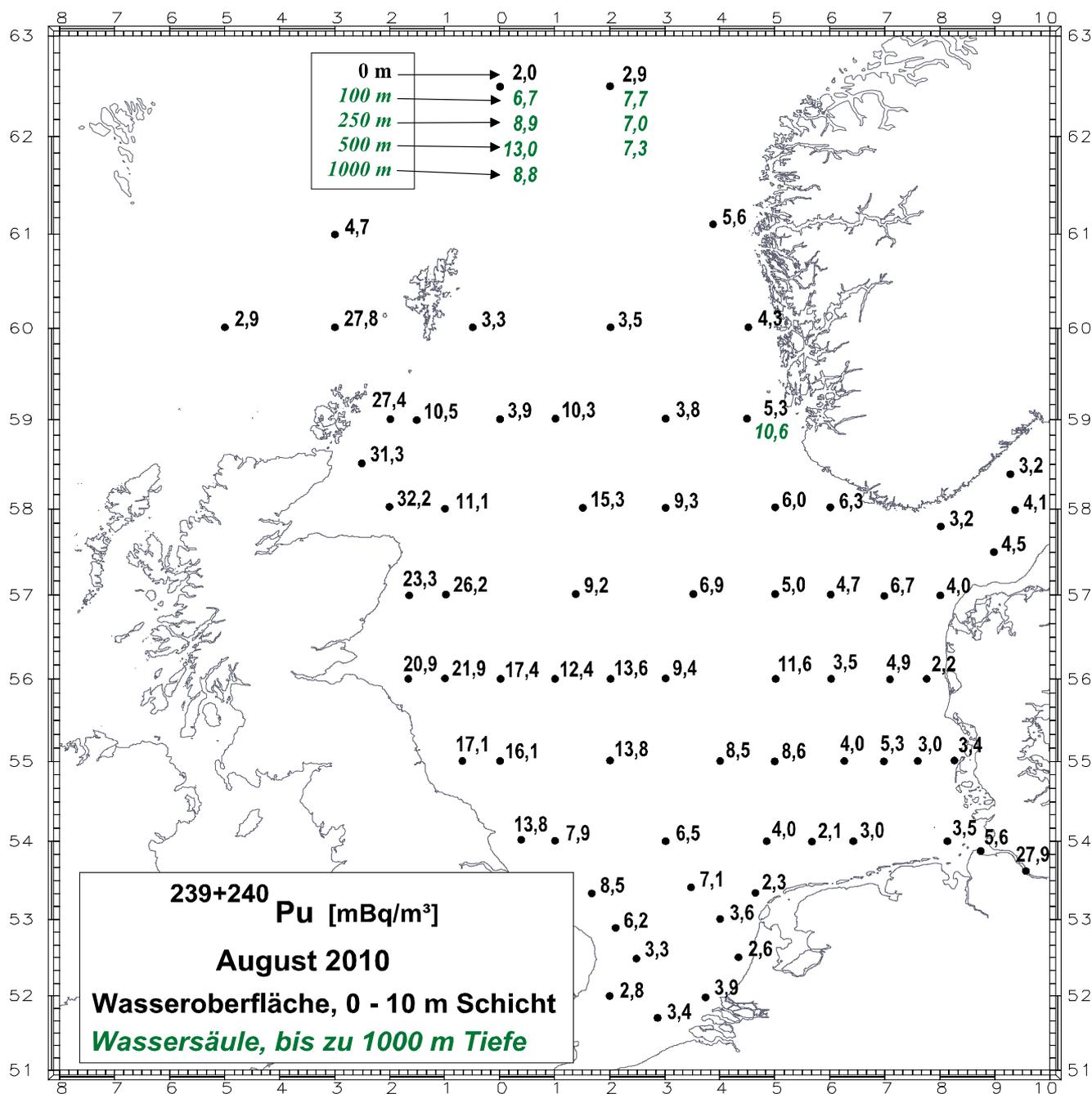


Abbildung 2.2.1-4 Die Verteilung der Aktivitätskonzentration von Pu-(239+240) (Bq/m³) im Wasser der Nordsee im August 2010
 (Distribution of Pu-(239+240) (Bq/m³) in seawater of the North Sea in August 2010)

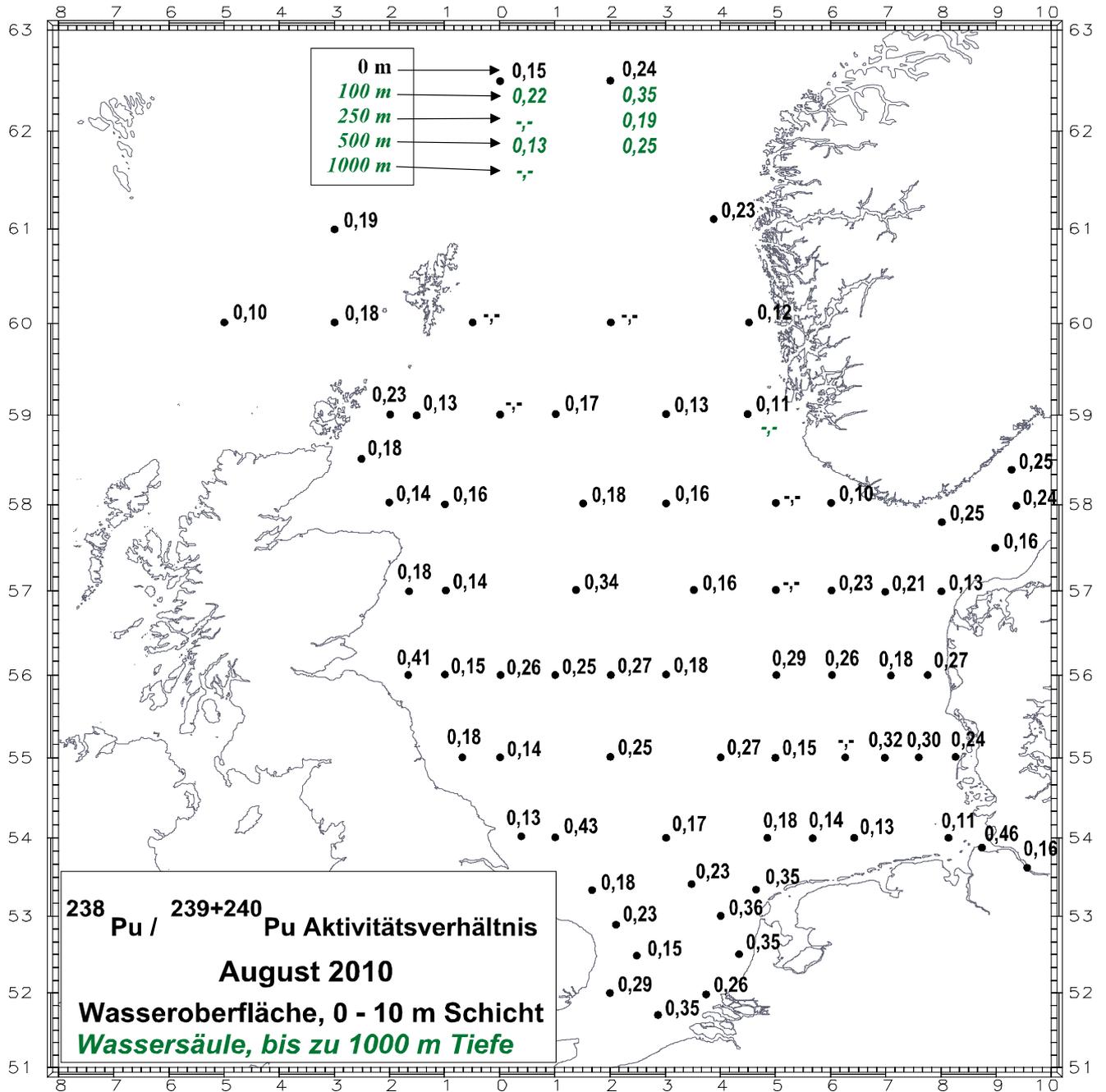


Abbildung 2.2.1-5 Die Verteilung des Aktivitätsverhältnisses Pu-238 / Pu-(239+240) im Wasser der Nordsee im August 2010
(Distribution of the activity ratio of Pu-238/ Pu-(239+240) in seawater of the North Sea in August 2010)

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 2.2.1-6 stellt den zeitlichen Verlauf der Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 und Sr-90 im Oberflächenwasser an der Position Schleimündung in der westlichen 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 27 Bq/m^3 im westlichen und 35 Bq/m^3 im östlichen Teil des im Juli 2010 überwachten Gebietes (Abbildung 2.2.1-7). 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.

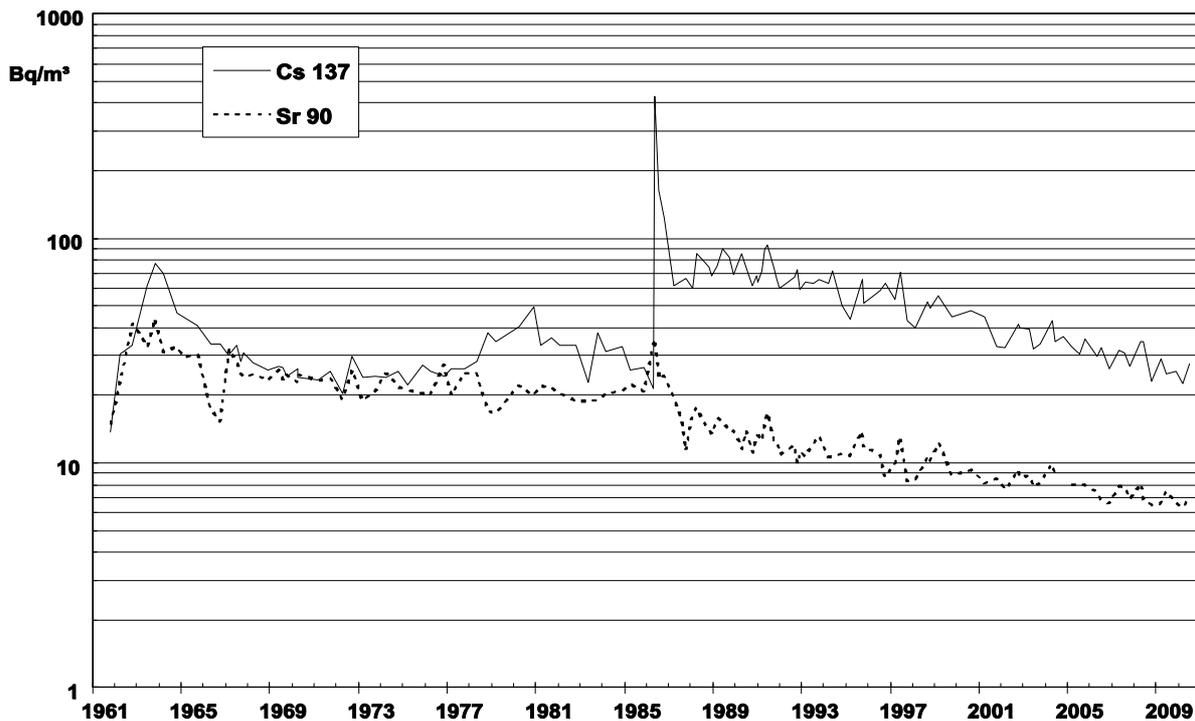


Abbildung 2.2.1-6 Der zeitliche Verlauf der Cs-137- und Sr-90 -Aktivitätskonzentrationen (Bq/m^3) an der Position „Schleimündung“ ($54^\circ 40' \text{N}$, $010^\circ 05' \text{E}$) seit 1961

(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 Abbil-

dung 2.2.1-8 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. Festzuhalten ist, dass in 2010 erstmalig seit Tschernobyl im Bodenwasser des Fehmarnbelt eine Cs-137-Aktivitätskonzentration von unter 15 Bq/m³ gemessen wurde. Diese Konzentrationsgrenze wurde von HELCOM als ökologisches Qualitätsziel für die Ostsee festgelegt und wird bislang in kaum einem Untergebiet der Ostsee erreicht.

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/m³) im Oberflächenwasser auf einigen ausgewählten Stationen im Untersuchungsgebiet im Juni 2009 ist in Abbildung 2.2.1-9 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 2.2.1-10 dargestellte Verteilung der Aktivitätskonzentration von H-3. In Abbildung 2.2.1-11 ist die Verteilung der Aktivitätskonzentration von Pu-(239+240) an einigen ausgewählten Stationen in der westlichen Ostsee im Juli 2010 dargestellt. Die Konzentrationen sind sehr gering, im Bodenwasser des Fehmarnbelt läßt sich ein geringer Einfluss des aus dem Kattegat zugeströmten Nordseewassers feststellen.

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.

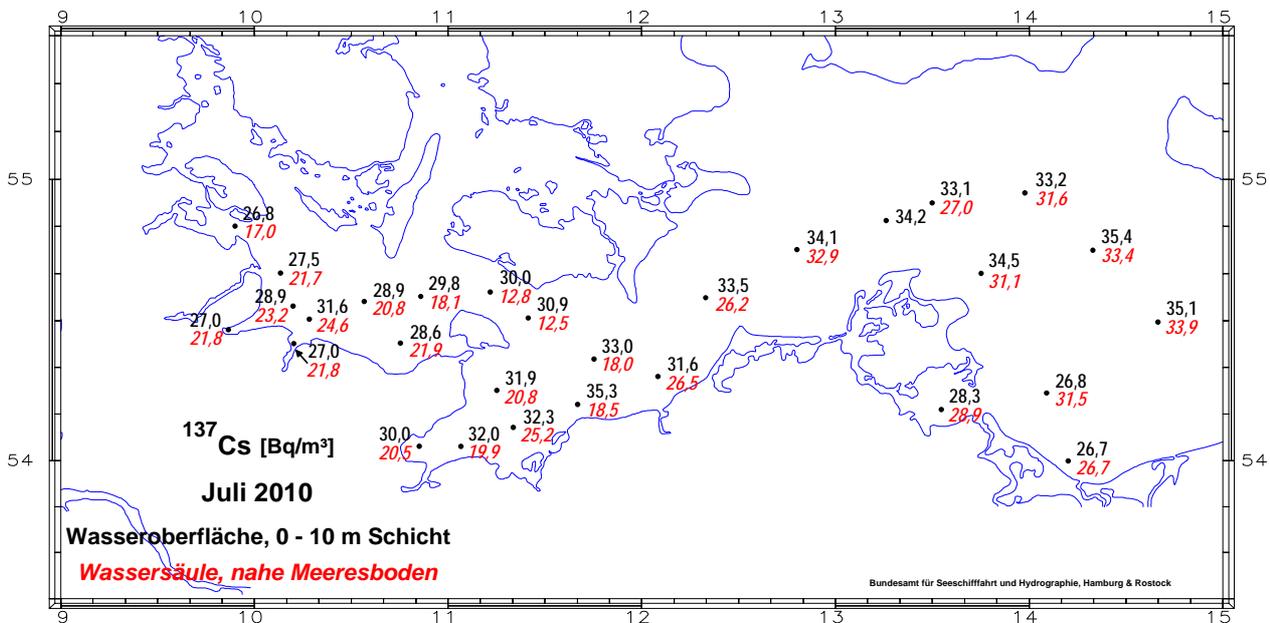


Abbildung 2.2.1-7 Verteilung der Aktivitätskonzentration von Cs-137 (Bq/m³) im Oberflächen- und Bodenwasser der westlichen Ostsee im Juli 2010
(Spatial distribution of the activity concentration of Cs-137 (Bq/m³) in surface and bottom sea water of the western Baltic Sea in July 2010)

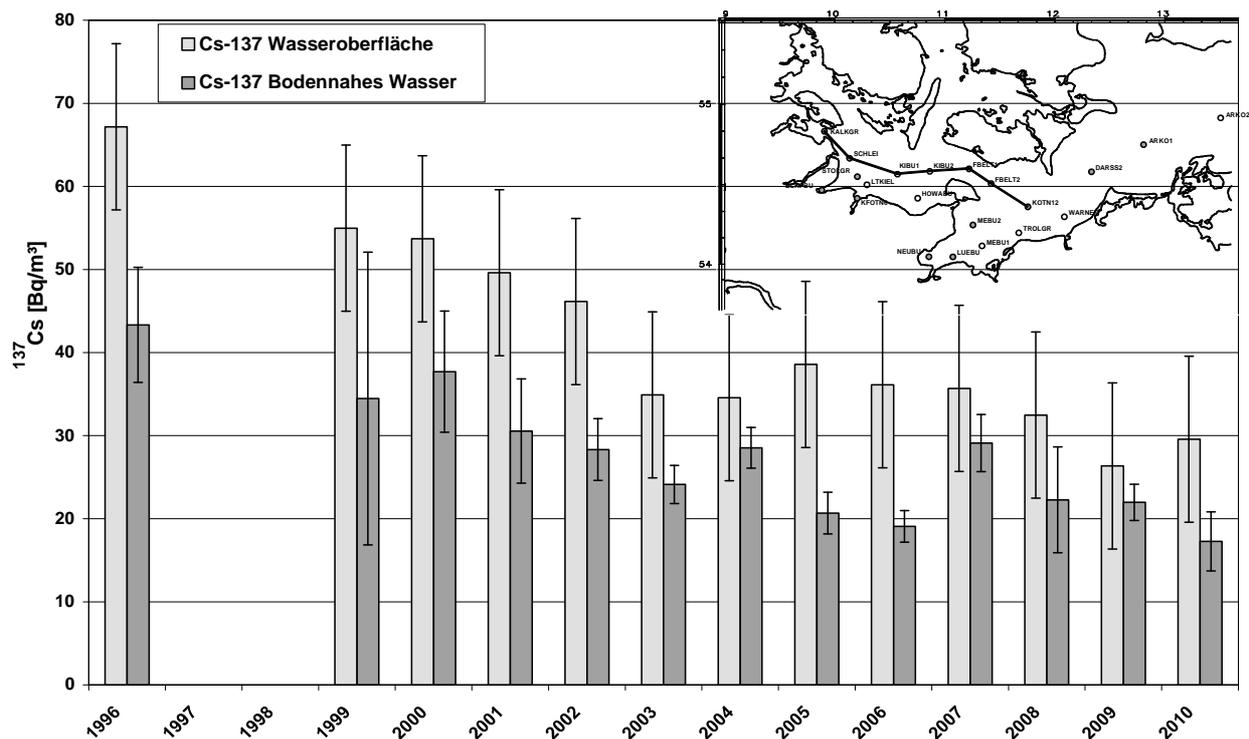


Abbildung 2.2.1-8 Zeitreihe der Mittelwerte der Cs-137-Aktivitätskonzentrationen an 7 Indikatorstationen in der westlichen Ostsee
 (Timeseries of mean values of Cs-137-activity concentrations from 7 indicator stations in the western Baltic Sea)

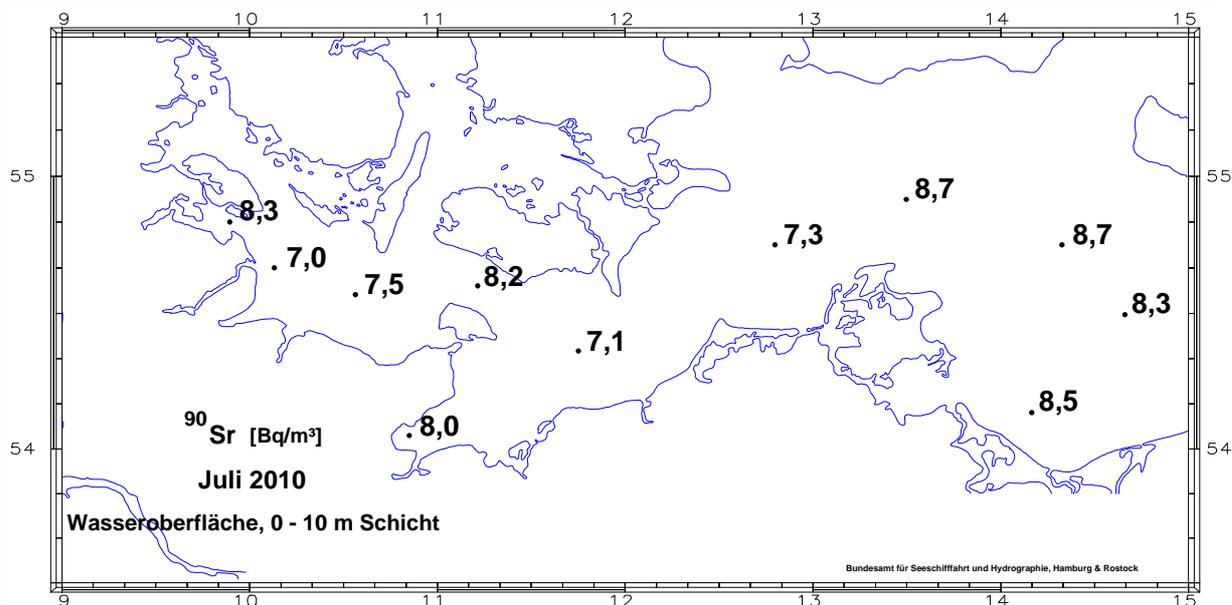


Abbildung 2.2.1-9 Verteilung der Aktivitätskonzentration von Sr-90 (Bq/m³) im Oberflächenwasser der westlichen Ostsee im Juli 2010
 (Spatial distribution of the activity concentration of Sr-90 (Bq/m³) in surface sea water of the western Baltic Sea in July 2010)

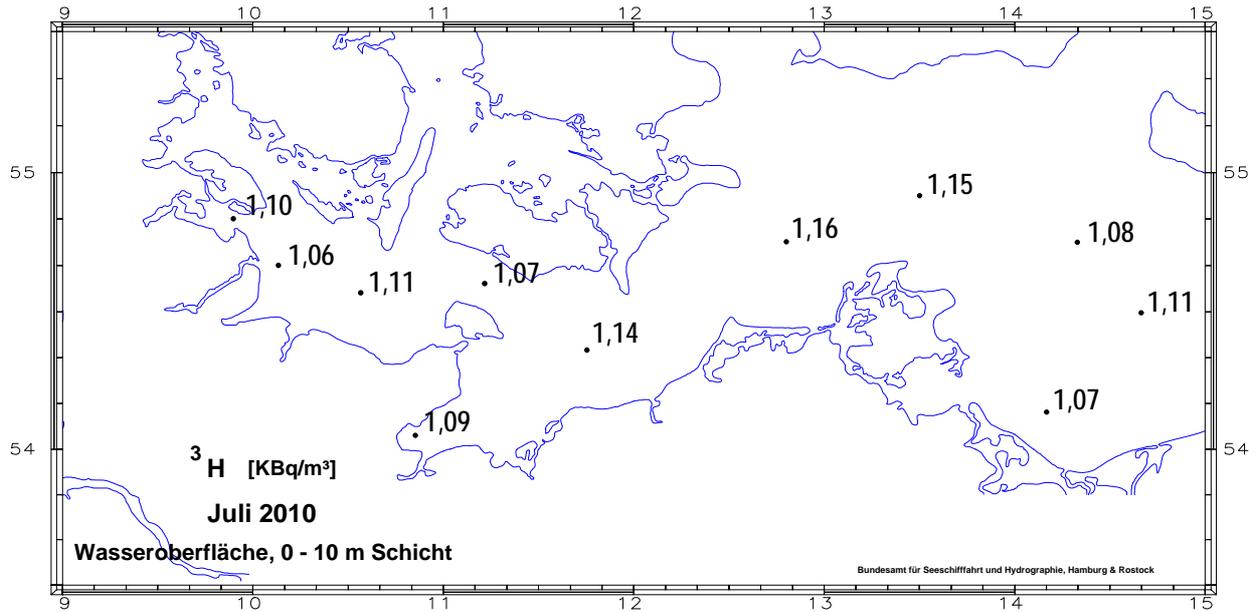


Abbildung 2.2.1-10 Verteilung der Aktivitätskonzentration von H-3 (kBq/m³) im Oberflächenwasser der westlichen Ostsee im Juli 2010
 (Spatial distribution of the activity concentration of H-3 (kBq/m³) in surface sea water of the western Baltic Sea in July 2010)

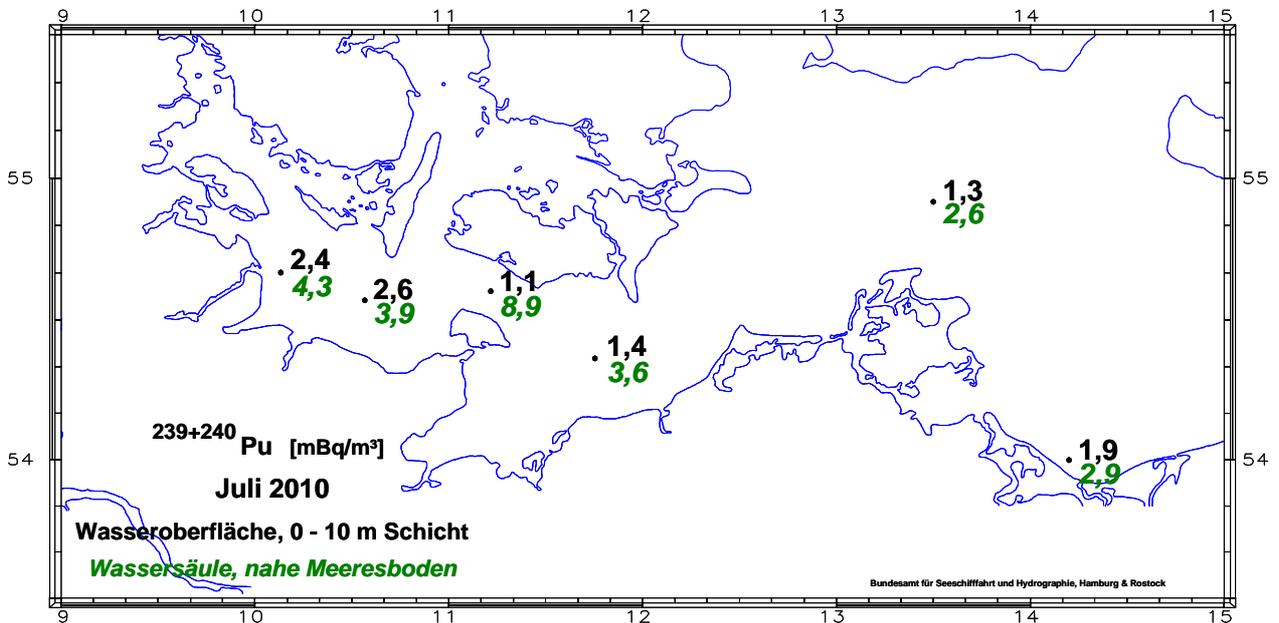


Abbildung 2.2.1-11 Verteilung der Aktivitätskonzentration von Pu-(239+240) (kBq/m³) im Oberflächenwasser der westlichen Ostsee im Juli 2010
 (Spatial distribution of the activity concentration of Pu-(239+240) (kBq/m³) in surface sea water of the western Baltic Sea in July 2010)

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 der Abbildung 2.2.1-12 ist das Inventar in kBq/m^2 einiger ausgewählter Sedimentstationen der westlichen Ostsee bis in 24 cm Tiefe im Jahr 2010 dargestellt. Die höchsten Werte mit bis zu $5,5 \text{ kBq/m}^2$ (Arkonabecken) sind in den wasseraustauscharmen Buchten, Bodden 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 126 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.

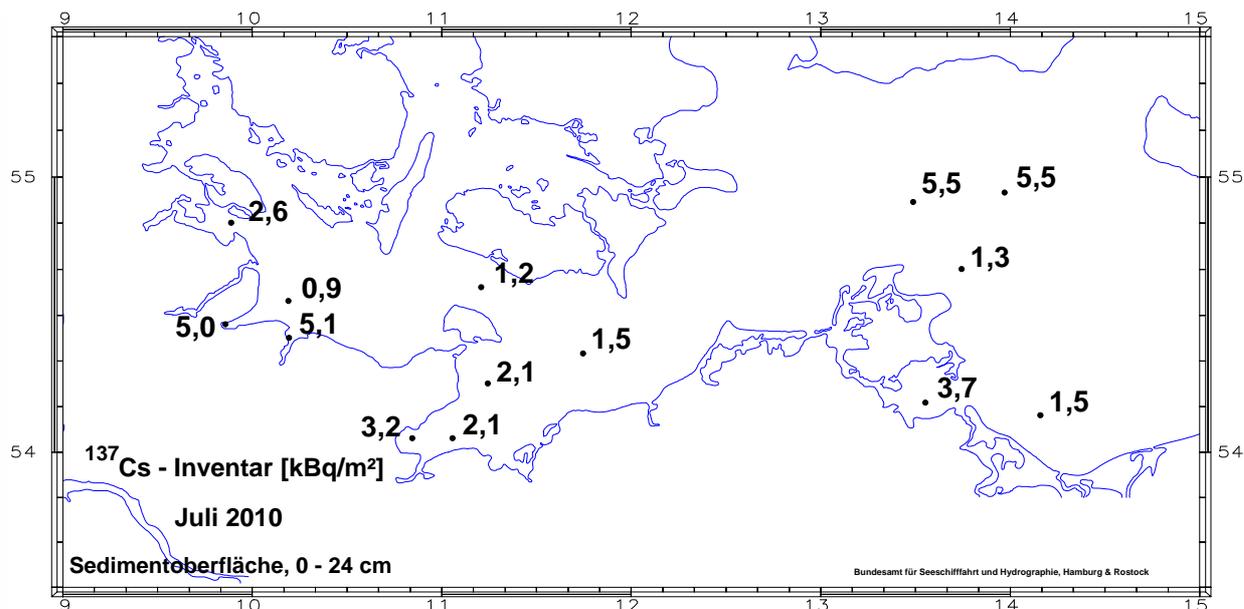


Abbildung 2.2.1-12 Cs-137 Inventar (kBq/m^2) in Sedimentkernen der westlichen Ostsee im Juli 2010.
Das Inventar wird bis 24 cm Sedimenttiefe erfasst
(Cs-137 Inventory (kBq/m^2) in sediment cores of the western Baltic Sea in July 2010.
The inventory is calculated down to 24 cm depth)

Literatur

- [1] Herrmann, J. and I. Goroncy, Plutonium in the deep layers of the Norwegian and Greenland Seas. Radiation Protection Dosimetry, 1998. 75(1-4): p. 237-245.

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 2010 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 Ergebnissen 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 82 Fließgewässer und 80 Seen bzw. Talsperren - mit insgesamt ca. 18.500 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 2010 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 höchstens 33 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. 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 0,11 Bq/l. Transurane wurden bei den Messungen gem. RMP 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 216 Bq/kg TM (Steinhuder Meer, Niedersachsen). Co-58 und Co-60 konnten in Ems, Jadebusen, Main, Mosel, Neckar und Rhein 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 191 Bq/kg TM (Neckar) 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 268 Bq/kg TM (Schollener See, Sachsen-Anhalt). Co-60 - in Main, Mosel und Neckar gemessen - lag jeweils deutlich unter der Nachweisgrenze des RMP von 5 Bq/kg TM.

Aus radiologischer Sicht ist der Gütezustand der Binnengewässer in 2010 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 µSv/a deutlich darüber.

Insbesondere Cs-137 war auch 2010 in Sedimenten noch deutlich nachweisbar. Würde 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 µSv/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 µSv/a wesentlich höher.

Tabelle 2.2.2-1 Übersicht über die für 2010 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 2010, 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)	Gα-Aktivität	187	0,22	Ems	Terborg, km 24,64	November	StrVG
	Gβ/Rβ-Aktivität	59	0,51	Aller	ERAM Morsleben	Juli	REI
	H-3	1.704	4.120	Ems	KKE Emsland, Auslaufbauwerk	I. Quartal	REI
	Co-60	1.668	0,162	Neckar	KWO Obrigheim, Auslaufbauwerk	I. Quartal	REI
	Sr-90	324	0,042	Emmersee	Schieder-Schwalenberg	02.08.	StrVG
	I-131	490	0,17	Weschnitz	KWB Biblis	23.11.	REI
	Cs-137	1.609	0,066	Arendsee	Arendsee	22.03.	StrVG
	Pu-(239+240)	113	0,000036	Kalter Bach	FS Rossendorf	III. Quartal	REI
	Sonstige	ca. 5.580					
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-58	82	5,34	Mosel	Perl, km 241,96	April	StrVG
	Co-60	550	6,72	Main	Garstadt, km 323,7	II. Quartal	StrVG
	I-131	281	191	Neckar	Wendlingen, km 208,0	I. Quartal	StrVG
	Cs-137	550	265	Steinhuder Meer	Wunstorf	I. Quartal	StrVG
	Sonstige	ca. 3.230					
Sediment (Bq/kg TM)	Gα-Aktivität	3	656	Hirschkanal	FZ Karlsruhe	I. Quartal	REI
	Gβ-Aktivität	3	2.100	Hirschkanal	FZ Karlsruhe	II. Quartal	REI
	Co-58	94	1,43	Rhein	KKP Philippsburg, Auslaufbauwerk	II. Quartal	REI
	Co-60	1.084	42	Weser	KKW Würgassen, Auslaufbauwerk	27.04.	REI
	I-131	542	250	Rhein	KKP Philippsburg, Auslaufbauwerk	I. Quartal	REI
	Cs-137	1.084	552	Hirschkanal	FZ Karlsruhe	12.08.	REI
	Am-241	19	50,3	Hirschkanal	FZ Karlsruhe	12.08.	REI
	Sonstige	ca. 5.910					

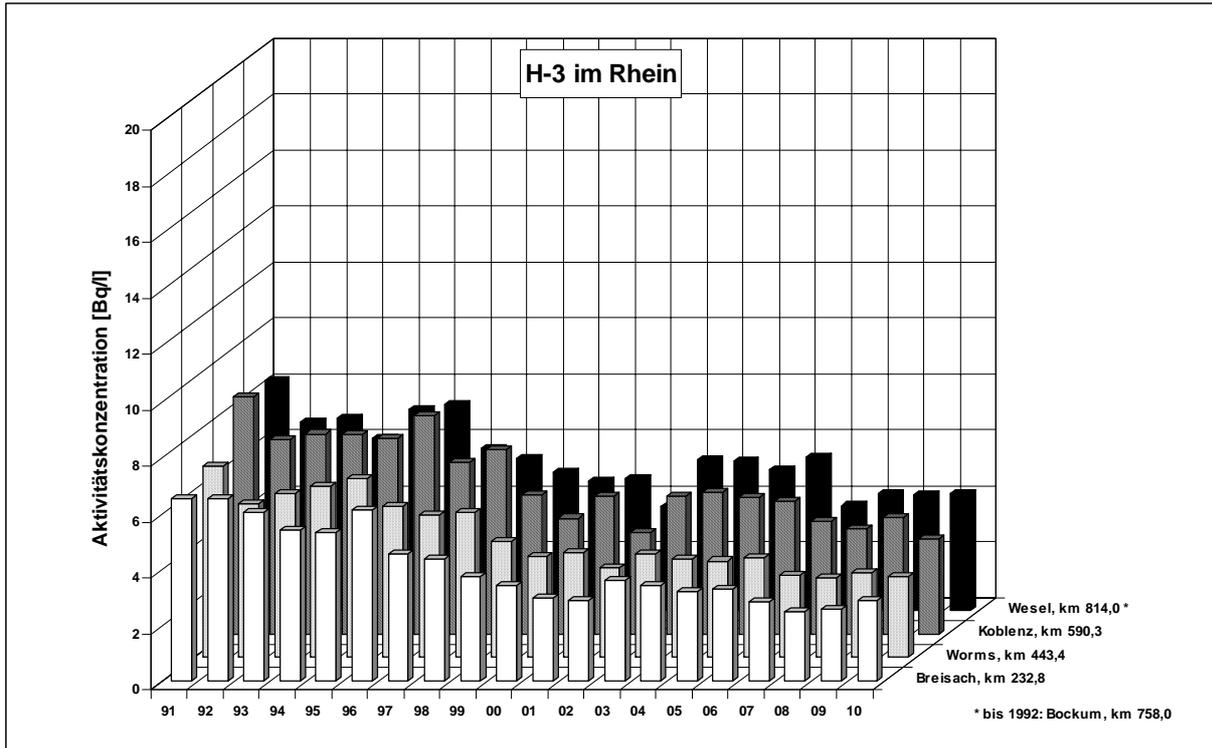


Abbildung 2.2.2-1 H-3-Gehalte (Bq/l) in Oberflächenwasser aus dem Rhein (Jahresmittelwerte)
(Contents of H-3 (Bq/l) in surface water from the Rhine - annual mean values)

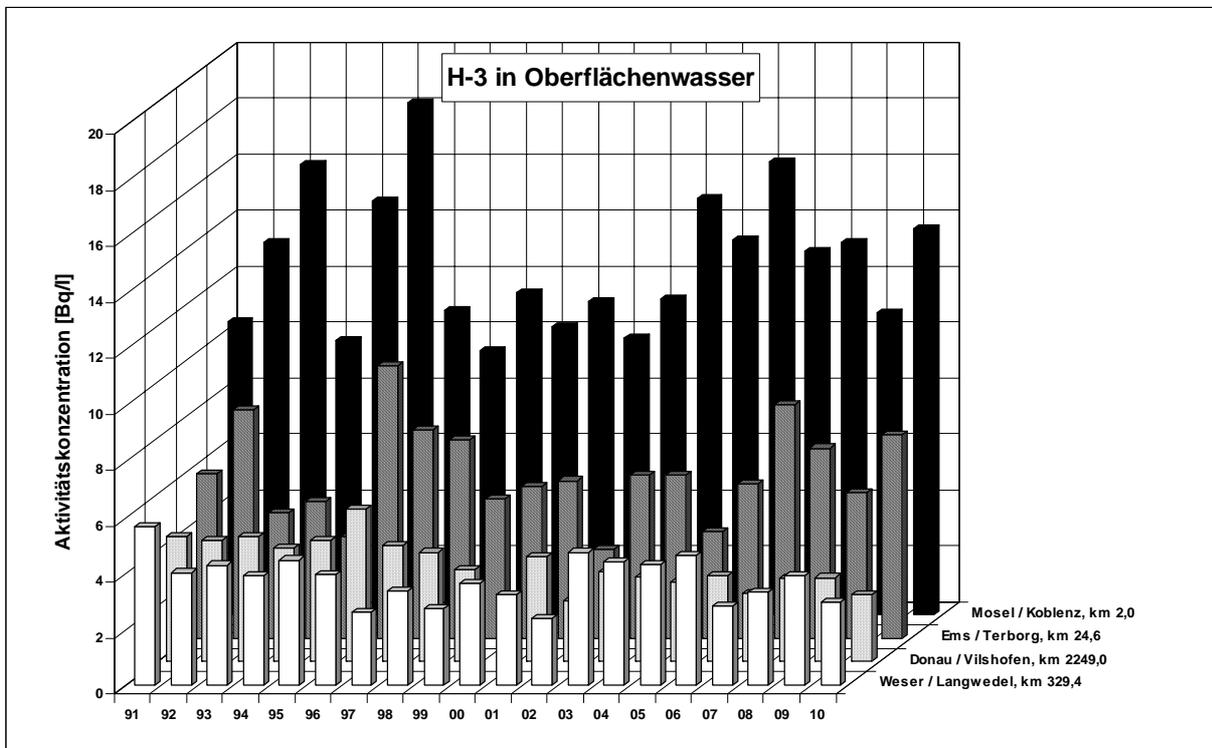


Abbildung 2.2.2-2 H-3-Gehalte (Bq/l) in Oberflächenwasser ausgewählter Binnengewässer
(Jahresmittelwerte)
(Contents of H-3 (Bq/l) in surface water from selected inland waters - annual mean values)

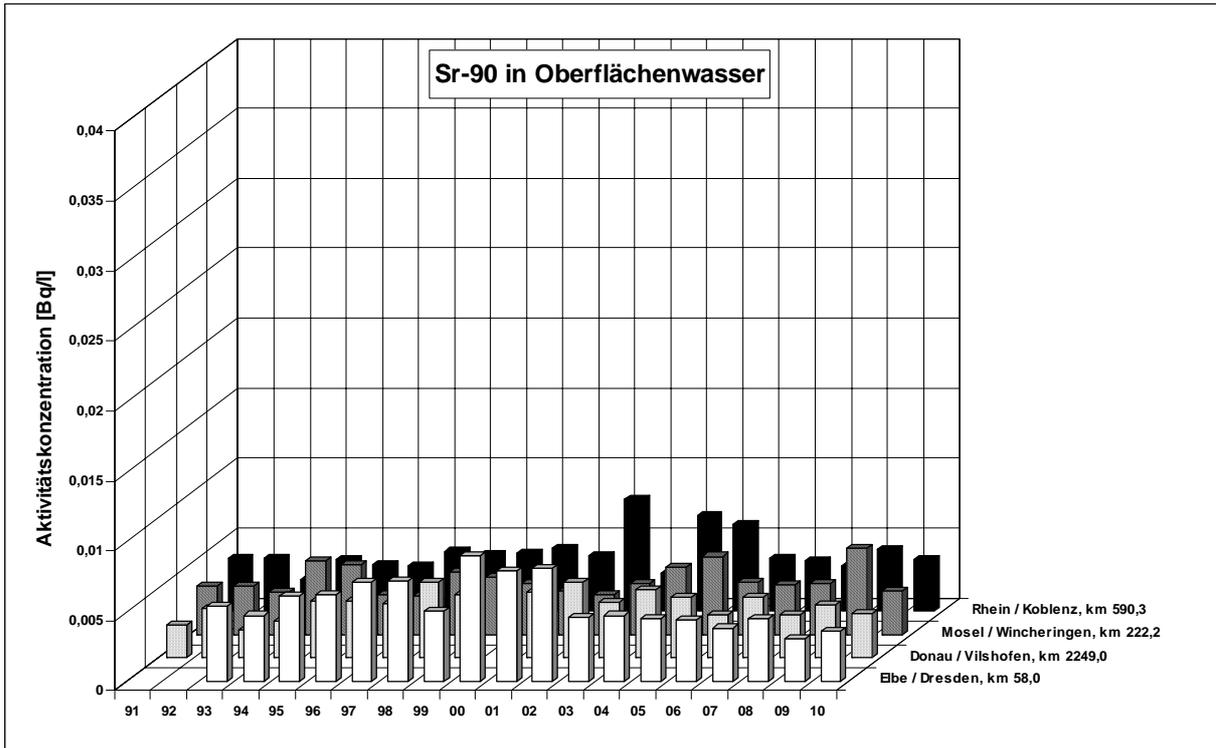


Abbildung 2.2.2-3 Aktivitätskonzentrationen (Bq/l) von Sr-90 in Oberflächenwasser ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)
(*Sr-90 activity concentrations (Bq/l) in surface water from selected inland waters - annual mean values*)

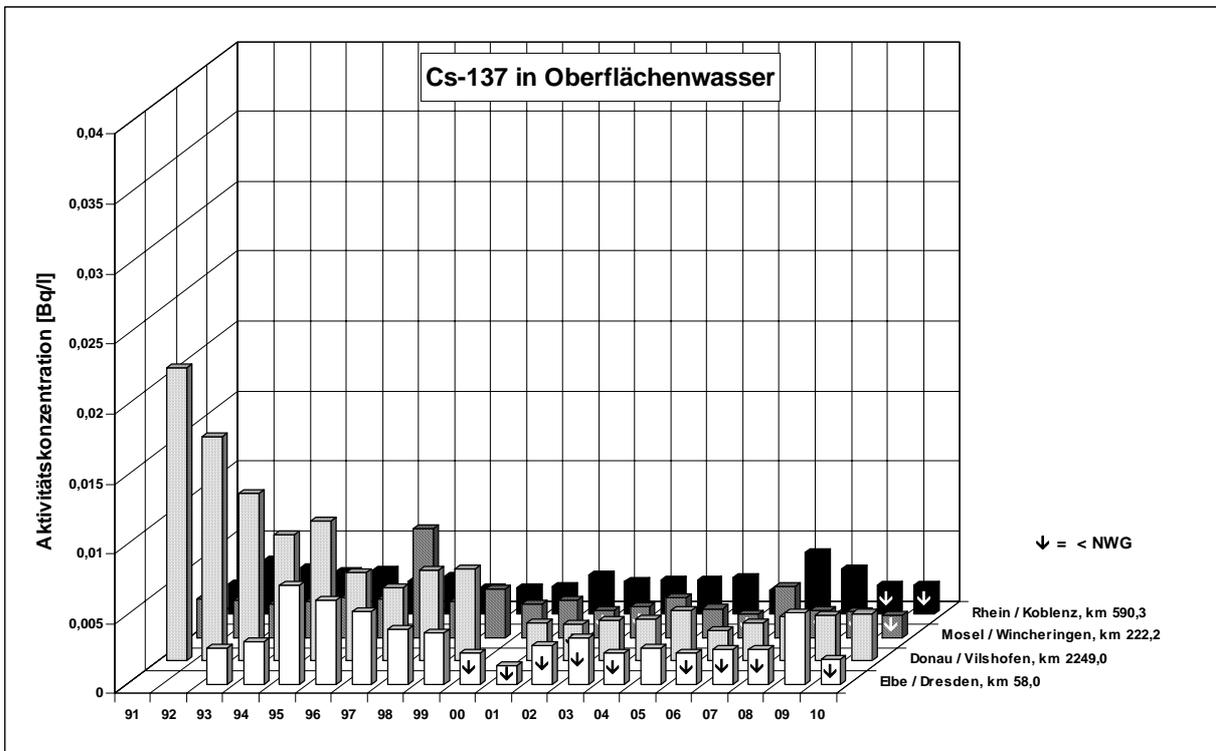


Abbildung 2.2.2-4 Aktivitätskonzentrationen (Bq/l) von Cs-137 in Oberflächenwasser ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)
(*Cs-137 activity concentrations (Bq/l) in surface water from selected inland waters - annual mean values*)

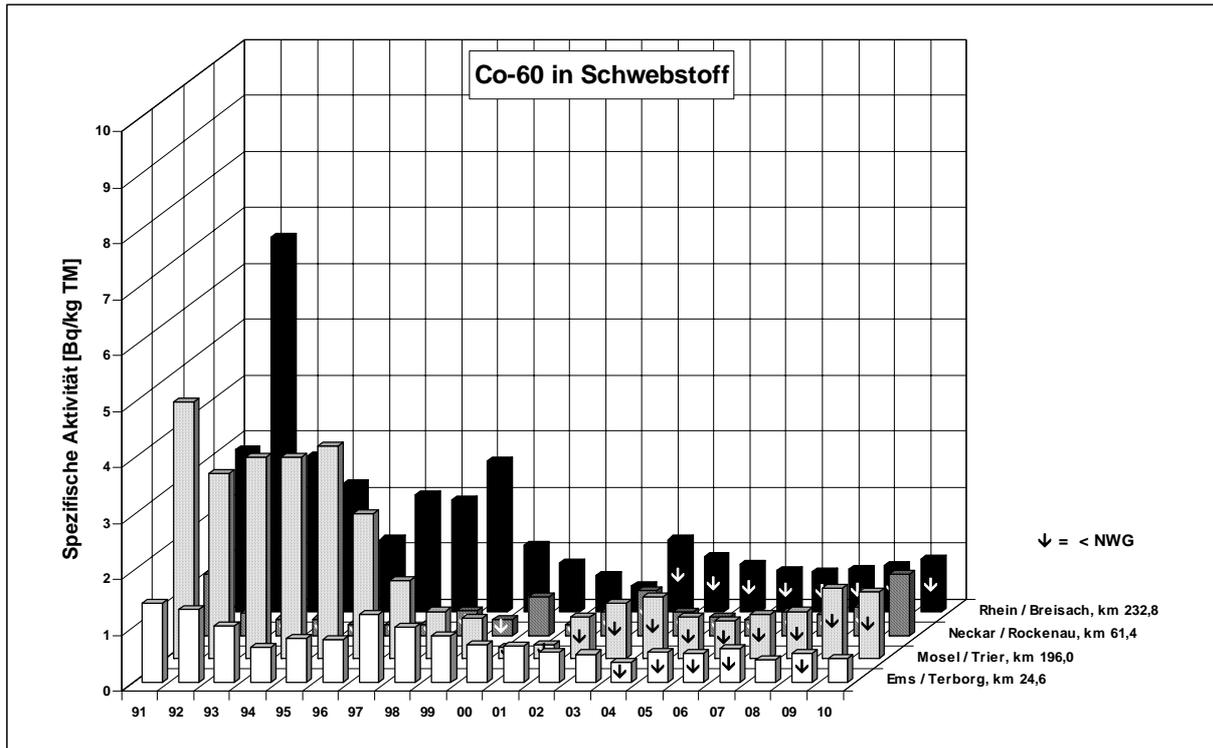


Abbildung 2.2.2-5 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Co-60 in Schwebstoffproben ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)

(Co-60 specific activities for samples of suspended matter in Bq/kg TM from selected inland waters - annual mean values)

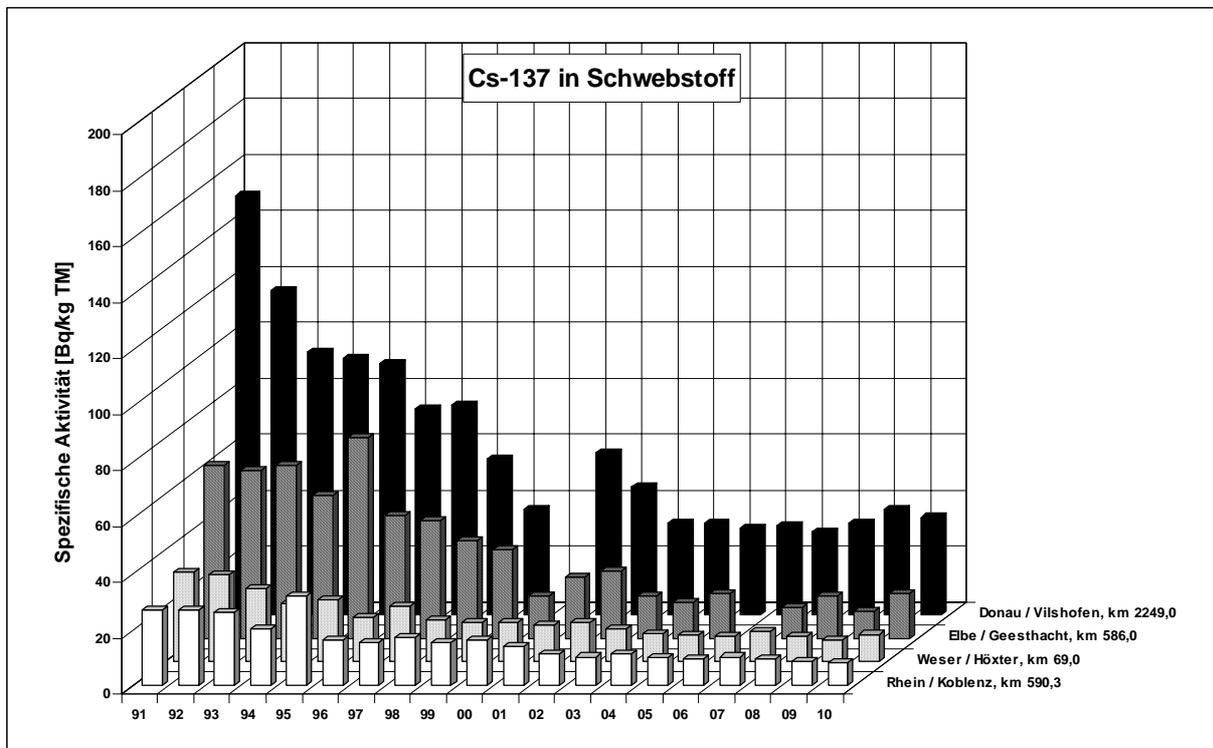


Abbildung 2.2.2-6 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Cs-137 in Schwebstoffproben ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)

(Cs-137 specific activities for samples of suspended matter in Bq/kg TM from selected inland waters - annual mean values)

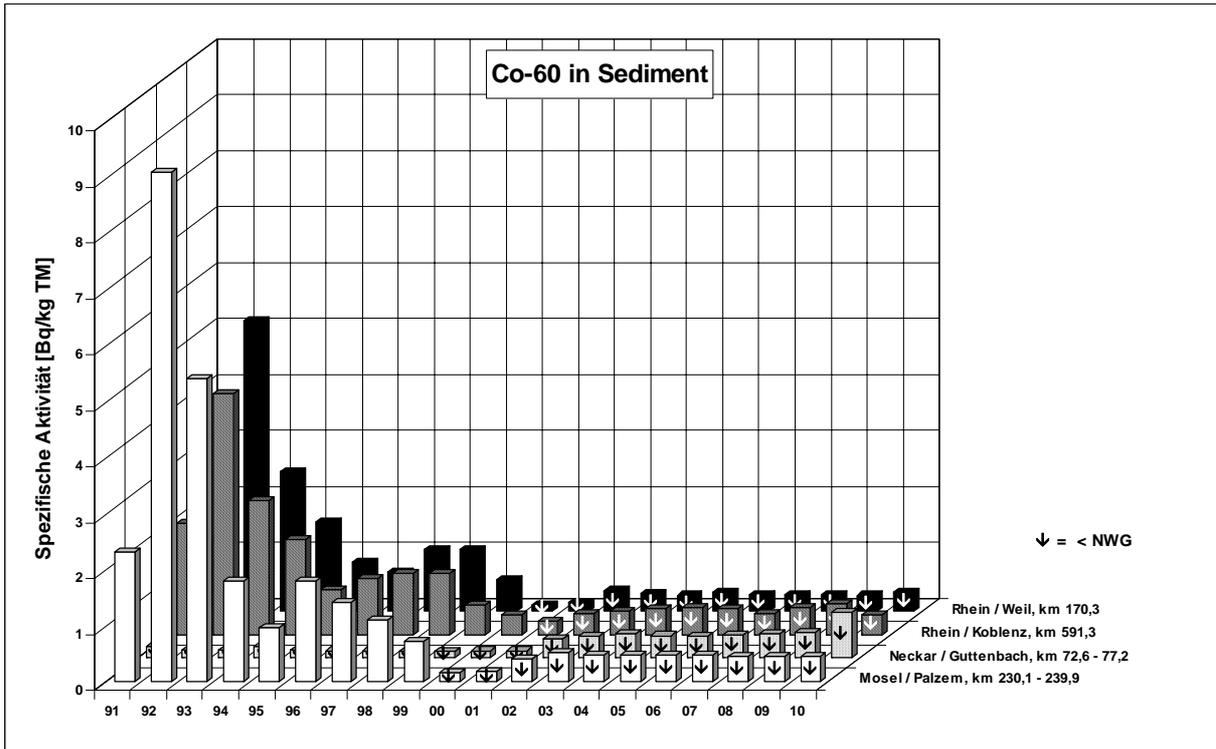


Abbildung 2.2.2-7 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Co-60 in Sedimentproben ausgewählter Binnen-
gewässer (Jahresmittelwerte)

*(Co-60 specific activities for sediment samples in Bq/kg TM from selected inland waters -
annual mean values)*

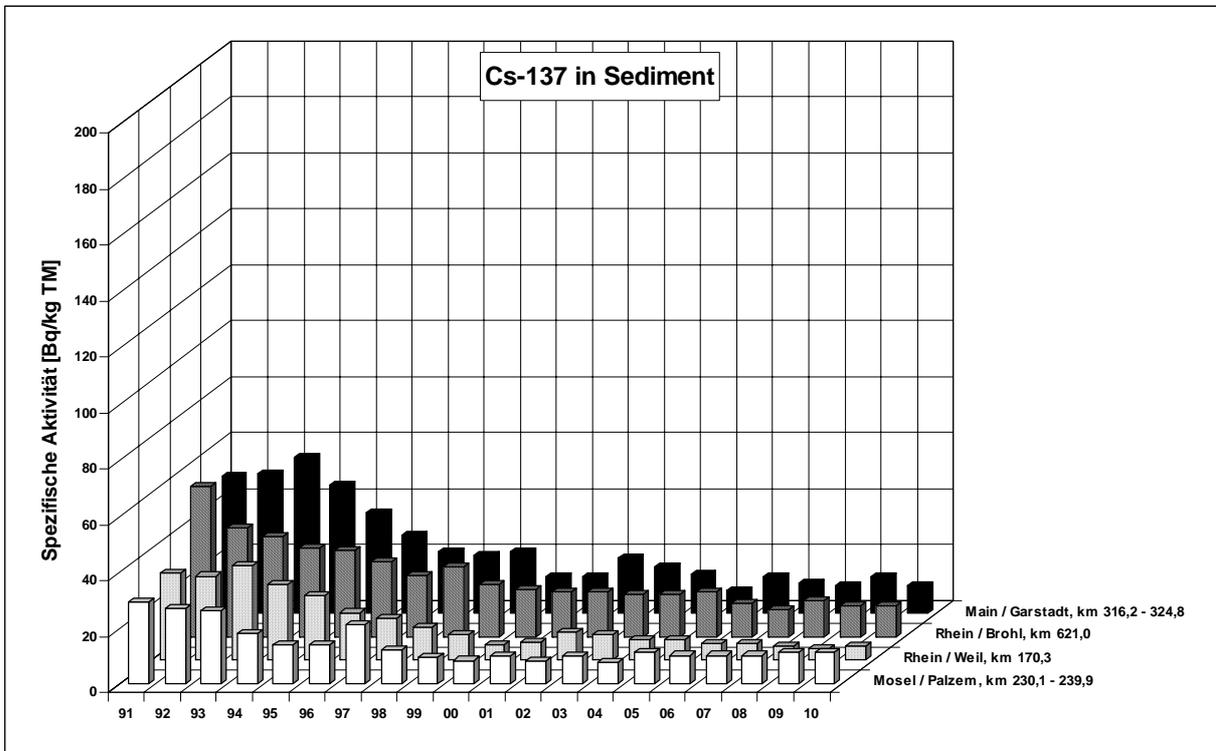


Abbildung 2.2.2-8 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Cs-137 in Sedimentproben ausgewählter Binnen-
gewässer (Jahresmittelwerte)

*(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 2010		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
					Einzelwerte 2010		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2010	2009
RHEIN								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Weil, km 172,97	12	0	1,13	3,44	1,85	2,16
		Koblenz, km 590,3	12	0	2,07	5,06	3,40	4,19
		Wesel, km 814,0	11	0	2,68	5,74	4,18	4,15
	Sr-90	Weil, km 172,97	4	1	<0,0015	0,0049	0,0041	0,0033
		Koblenz, km 590,3	4	0	0,0024	0,0053	0,0037	0,0044
		Wesel, km 814,0	4	0	0,0035	0,0050	0,0040	0,0033
	Cs-137	Weil, km 172,97	11	7	<0,0013	0,0056	<0,0024	<0,0036
		Koblenz, km 590,3	12	7	<0,0011	0,0041	<0,0021	<0,0021
		Wesel, km 814,0	11	10	<0,0012	<0,0034	<0,0020	<0,0020
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Weil, km 172,97	9	8	<0,89	<9,97	<3,04	nn
		Koblenz, km 590,3	12	11	<0,28	<0,63	<0,45	nn
		Wesel, km 814,0	12	12	<0,88	<5,28	nn	nn
	Cs-137	Weil, km 172,97	9	0	3,67	19,7	8,9	8,2
		Koblenz, km 590,3	12	0	6,84	9,44	8,0	8,6
		Wesel, km 814,0	12	0	4,69	12,2	9,2	9,1
	I-131	Koblenz, km 590,3	12	4	<1,92	11,6	6,3	6,2
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Weil, km 170,3	8	8	<0,16	<0,45	nn	nn
		Worms, km 444,50-446,60	11	11	<0,17	<0,41	nn	nn
		Koblenz, km 591,3	3	3	<0,24	<0,48	nn	nn
		Düsseldorf, km 740,3-748,9	12	12	<0,17	<0,66	nn	nn
	Cs-137	Weil, km 170,3	8	0	4,60	6,17	5,23	4,06
		Worms, km 444,50-446,60	11	0	0,28	7,38	3,25	2,33
		Koblenz, km 591,3	3	0	7,71	9,15	8,35	8,9
		Düsseldorf, km 740,3-748,9	12	0	1,25	12,9	8,1	7,9
NECKAR								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Lauffen, km 125,2	12	0	2,43	16,4	7,0	14,7
		Rockenau, km 61,4	10	0	4,01	9,90	6,25	8,5
	Sr-90	Lauffen, km 125,2	4	0	0,0032	0,0045	0,0036	0,0037
		Rockenau, km 61,4	3	0	0,0030	0,0040	0,0034	0,0039
	Cs-137	Lauffen, km 125,2	11	8	0,0011	<0,0047	<0,0022	<0,0037
Rockenau, km 61,4	10	9	<0,0011	<0,0023	<0,0017	<0,0022		
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Rockenau, km 61,4	4	2	<0,35	<1,85	1,13	-
	Cs-137	Obertürkheim, km 189,5	4	0	6,80	10,40	8,50	8,19
		Rockenau, km 61,4	4	0	3,84	6,23	4,95	5,22
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Guttenbach, km 72,0-77,2	17	14	<0,23	3,65	<0,82	-
	Cs-137	Lauffen, km 125,2-130,1	21	0	5,38	12,7	8,00	6,68
		Neckarzimmern, km 85,8-86,2	6	0	6,58	9,66	7,70	8,16
		Guttenbach, km 72,0-77,2	17	0	0,35	8,61	6,31	6,55
MAIN								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Wipfeld, km 316,1	12	0	1,31	10,8	4,4	7,0
		Eddersheim, km 15,3	12	0	1,07	4,86	2,69	4,1
	Sr-90	Wipfeld, km 316,1	4	0	0,0016	0,0048	0,0035	0,0042
		Eddersheim, km 15,3	4	1	<0,0015	0,0028	0,0025	0,0035
	Cs-137	Wipfeld, km 316,1	12	6	<0,0014	0,0046	0,0031	0,0030
		Eddersheim, km 15,3	12	9	<0,0015	<0,0049	<0,0022	<0,0020
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Garstadt, km 323,7	4	2	<0,45	6,72	4,33	-
	Cs-137	Hallstadt, km 388,3	4	0	14,4	21,3	17,4	19,9
		Garstadt, km 323,7	4	0	9,39	19,1	12,9	12,9

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2010		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2010		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2010	2009
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Garstadt, km 316,2-324,8	10	7	<0,20	3,13	<0,97	-
	Cs-137	Hallstadt, km 388,2	4	0	5,17	14,9	9,7	9,6
		Garstadt, km 316,2-324,8	10	0	0,77	21,0	9,9	12,8
MOSEL								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Wincheringen, km 222,2	12	0	11,2	54,8	32,6	24,3
		Koblenz, km 2,0	12	0	5,40	20,8	13,8	10,8
	Sr-90	Wincheringen, km 222,2	4	1	<0,0015	0,0034	0,0031	0,0062
		Koblenz, km 2,0	4	0	0,0029	0,0050	0,0041	0,0038
	Cs-137	Wincheringen, km 222,2	12	9	<0,0011	0,0036	<0,0016	<0,0019
Koblenz, km 2,0		12	9	<0,0011	0,0034	<0,0017	<0,0017	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-58	Perl, km 241,96	6	0	2,21	5,34	3,16	1,79
		Co-60	Perl, km 241,96	12	4	0,40	4,53	1,96
	Cs-137	Trier, km 196,3	12	12	<0,65	<2,37	nn	nn
		Perl, km 241,96	12	0	10,1	26,4	12,9	12,9
		Trier, km 196,3	12	0	8,54	12,4	10,3	12,6
	I-131	Perl, km 241,96	12	3	<4,42	35,9	13,5	14,5
		Trier, km 196,3	12	4	<4,56	<23,7	11,4	16,6
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Perl, km 239,7-242,0	10	9	0,30	<0,58	<0,45	nn
		Trier, km 184,1-196,1	8	8	<0,22	<1,16	nn	nn
		Koblenz/Güls km 4,05	3	3	<0,30	<0,46	nn	nn
	Cs-137	Perl, km 239,7-242,0	10	0	7,97	20,5	14,0	12,6
		Trier, km 184,1-196,1	8	0	3,57	20,8	9,5	9,2
		Koblenz/Güls, km 4,05	3	0	8,09	11,9	9,5	10,0
SAAR								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Kanzem, km 5,0	9	0	0,69	1,24	1,0,4	1,15
	Sr-90		3	0	0,0028	0,0050	0,0037	0,0036
	Cs-137		9	6	<0,0014	<0,0049	<0,0024	<0,0034
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Kanzem, km 5,0	9	0	10,3	16,9	13,1	14,1
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	1,08	1,84	1,34	1,30
		Vilshofen, km 2249,0	12	0	1,49	3,81	2,39	3,00
	Sr-90	Regensburg, km 2381,3	4	0	0,0028	0,0036	0,0032	0,0038
		Vilshofen, km 2249,0	4	0	0,0023	0,0042	0,0032	0,0038
	Cs-137	Ulm-Wiblingen, km 2590,8	4	4	<0,0028	<0,012	nn	nn
		Regensburg, km 2381,3	10	8	<0,0015	<0,0030	<0,0023	<0,0023
		Vilshofen, km 2249,0	12	5	0,0011	0,0096	0,0034	0,0033
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Ulm-Böfingen, km 2582,4	4	0	38,5	93,9	61,9	66,5
		Regensburg, km 2381,3	4	0	26,5	51,8	38,5	45,1
		Vilshofen, km 2249,0	12	0	25,5	59,7	35,4	37,5
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Ulm-Böfingen, km 2582,4	4	0	26,1	42,8	35,0	34,8
		Regensburg, km 2379,1-2381,4	6	0	9,99	40,7	24,6	71
		Straubing, km 2326,7	4	0	36,4	45,5	40,8	42,6
		Grünau, km 2205,5	2	0	13,7	18,4	16,1	5,61
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	<5,2	nn	<7,2
	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	4	<0,0064	<0,0075	nn	nn
		Platting, km 9,1	4	4	<0,0057	<0,0066	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	0	15,4	28,6	20,1	18,1
		Platting, km 9,1	4	0	32,5	41,3	36,6	47,3
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Pullach, km 162,0	3	0	22,1	24,7	23,0	28,2
		Platting, km 9,1	3	0	9,38	27,4	19,1	27,9

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2010		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2010		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2010	2009
EMS								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Geeste, km 106,3	12	0	1,26	38,5	18,5	13,5
		Terborg, km 24,64	8	0	1,12	11,3	7,3	5,2
	Co-60	Terborg, km 24,64	8	8	<0,0011	<0,0019	nn	nn
		Sr-90	Geeste, km 106,3	4	0	0,0033	0,0076	0,0053
	Cs-137	Terborg, km 24,64	3	0	0,0025	0,0049	0,0039	0,0023
		Geeste, km 106,3	12	10	<0,0014	0,0037	<0,0021	<0,0023
		Terborg, km 24,64	8	2	<0,0015	<0,012	0,0060	<0,0030
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Terborg, km 24,64	3	1	0,42	0,42	0,42	nn
	Cs-137	Geeste, km 106,3	4	0	14,5	20,1	17,2	17,5
		Terborg, km 24,64	3	0	3,40	5,15	4,55	4,18
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Herbrum, km 212,75	3	0	3,97	7,03	5,13	4,72
WESER / UNTERWESER / JADEBUSEN								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Rinteln, km 163,2	12	0	1,76	9,29	4,43	7,4
		Langwedel, km 329,4	12	0	1,23	5,18	2,95	3,90
		Blexen, km 430,00	6	0	2,86	7,33	4,68	4,60
	Sr-90	Rinteln, km 163,2	3	0	0,0023	0,0045	0,0034	0,0040
		Langwedel, km 329,4	4	0	0,0020	0,0048	0,0033	0,0029
		Blexen, km 430,0	2	0	0,0022	0,0035	0,0029	0,0032
	Cs-137	Rinteln, km 163,2	11	8	0,0011	<0,0021	<0,0017	<0,0023
		Langwedel, km 329,4	12	7	0,0015	0,0047	<0,0023	<0,0020
		Blexen, km 430,0	6	1	0,0011	0,0027	0,0021	<0,0030
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Wilhelmshaven/Jadebusen	4	3	0,24	<0,52	<0,35	-
	Cs-137	Rinteln, km 163,2	4	0	6,68	7,57	7,19	9,4
		Langwedel, km 329,4	12	0	5,72	12,5	8,4	8,4
		Wilhelmshaven/Jadebusen	4	0	1,48	3,17	2,13	4,53
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Wilhelmshaven/Vorhafen	-	-	-	-	-	nn
	Cs-137	Minden, km 204,40	4	0	6,39	16,6	10,1	11,2
		Bremen, km 373,97	4	0	1,75	12,1	6,2	6,3
		Wilhelmshaven/Vorhafen	-	-	-	-	-	2,31
ELBE								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Dresden, km 58,0	8	0	2,88	6,04	4,19	5,06
		Tangermünde, km 389,10	10	0	1,50	4,21	3,01	3,02
		Geesthacht, km 586,0	12	0	0,97	4,20	2,58	2,78
		HH (Bunthaus), km 609,8	4	0	2,42	5,08	3,24	2,79
	Sr-90	Cuxhaven, km 724,5	6	0	2,27	4,48	3,38	-
		Dresden, km 58,0	2	0	0,0036	0,0037	0,0036	0,0030
		Tangermünde, km 389,10	3	0	0,0039	0,0059	0,0046	0,0042
		Geesthacht, km 586,0	4	0	0,0025	0,0057	0,0042	0,0031
	Cs-137	HH (Bunthaus), km 609,8	3	0	0,0032	0,0032	0,0032	0,0030
		Cuxhaven, km 724,5	2	0	0,0025	0,0029	0,0027	-
		Dresden, km 58,0	8	6	<0,0014	<0,0024	<0,0018	0,0051
		Tangermünde, km 389,10	9	5	0,0014	0,0055	<0,0024	<0,0025
		Geesthacht, km 586,0	11	9	<0,0011	<0,0033	<0,0023	0,0022
		HH (Bunthaus), km 609,8	4	3	0,0017	0,0023	<0,0019	0,0021
		Cuxhaven, km 724,5	6	6	<0,0010	<0,0028	nn	-
Schwebstoff (Bq/kg TM)	I-131	HH (Bunthaus), km 609,8	3	3	<2,15	<6,43	nn	2,84
	Cs-137	Dresden, km 58,0	6	0	12,9	24,8	19,2	25,7
		Geesthacht, km 586,0	4	0	14,0	21,6	16,4	10,0
		HH (Bunthaus), km 609,8	3	0	14,6	33,3	24,6	15,2
		Cuxhaven, km 724,5	3	0	0,28	0,50	0,36	-
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Dresden, km 58,0	3	0	18,9	25,9	22,8	21,3
		Arneburg, km 403,5	4	0	18,1	27,7	20,9	29,4
		HH (Bunthaus), km 609,8	3	0	21,0	21,0	21,0	21,0
		Cuxhaven, km 726,3	2	0	4,11	4,44	4,28	3,56

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2010		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2010		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2010	2009
ODER								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Eisenhüttenstadt, km 553,20	10	0	0,91	1,20	1,03	0,99
		Schwedt, km 690,55	12	0	0,74	1,18	0,94	0,97
	Sr-90	Eisenhüttenstadt, km 553,20	3	0	0,0034	0,0040	0,0037	0,0055
		Schwedt, km 690,55	4	0	0,0039	0,0056	0,0046	0,0055
	Cs-137	Eisenhüttenstadt, km 553,20	10	10	<0,0011	<0,0031	nn	0,0026
Schwedt, km 690,55		11	4	<0,0021	0,010	0,005	<0,0037	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Eisenhüttenstadt, km 553,20	4	0	4,37	19,8	12,2	18,1
		Schwedt, km 690,55	3	0	13,6	17,6	15,5	
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Hohensaaten, km 667,5	4	0	9,15	12,8	10,8	12,4
SPREE								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Berlin-Sophienwerder, km 0,60	4	4	<2,00	<2,45	nn	nn
		Berlin-Schöneeweide, km 27,2	6	0	0,54	1,04	0,73	0,80
	Sr-90	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	4	0	0,0033	0,0055	0,0045	0,0023
		Berlin-Sophienwerder, km 0,60	4	0	0,0012	0,0019	0,0015	0,0022
	Cs-137	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	12	6	<0,0012	0,0030	0,0022	0,0028
Schwebstoff (Bq/kg TM)	I-131	Berlin, km 9,20 (Einmündung Landwehrkanal)	4	3	<0,51	<1,64	<1,03	2,8
		Cs-137	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	10	0	10,2	36,6	20,2
	Cs-137	Berlin, km 9,20 (Einmündung Landwehrkanal)	4	0	2,34	10,5	6,5	6,7
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Fürstenwalde, km 74,7	1	0	3,67	3,67	3,67	-
		Berlin, km 9,20 (Einmündung Landwehrkanal)	4	0	10,0	25,3	19,6	20,6
HAVEL								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Zehdenick, km 15,1	12	0	0,56	1,12	0,80	0,87
	Sr-90		4	0	0,0021	0,0035	0,0031	0,0035
	Cs-137		12	10	<0,0013	0,0031	<0,0020	<0,0022
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Zehdenick, km 15,1	4	0	10,6	51,0	38,9	43,3
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Zehdenick, km 15,1	5	0	25,8	41,6	33,8	25,8
SAALE								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Halle/Planena, km 104,5	12	0	0,70	1,08	0,89	0,91
		Camburg, km 187,0	4	4	<3,7	<4,9	nn	nn
	Sr-90	Halle/Planena, km 104,5	4	0	0,0034	0,0051	0,0041	0,0038
		Camburg, km 187,0	4	1	0,0035	0,0053	0,0045	0,0042
	Cs-137	Halle/Planena, km 104,5	11	11	<0,0011	<0,0023	nn	<0,0019
Camburg, km 187,0		4	4	<0,015	<0,019	nn	nn	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Halle/Planena, km 104,5	4	0	10,5	12,0	11,2	13,5
		Camburg, km 187,0	4	0	21,1	31,4	26,7	34,7
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Halle/Planena, km 105,5	5	0	5,89	12,5	8,5	9,0
		Dorndorf-Stuednitz, km 192,0	4	0	14,3	16,3	14,9	14,9
PEENE								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Anklam, km 96,1	12	0	0,62	1,11	0,78	0,94
	Sr-90		4	0	0,0023	0,0060	0,0034	0,0030
	Cs-137		12	10	<0,0011	<0,0026	<0,0019	0,0035
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Anklam, km 96,1	4	0	30,4	38,5	36,1	36,8
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Anklam, km 96,1	4	0	23,6	43,4	31,9	23,7
TRAVE / UNTERTRAVE								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Travemünde, km 26,9	12	0	0,78	1,62	1,10	1,23
	Sr-90		4	0	0,0027	0,0056	0,0045	0,0059
	Cs-137		11	3	<0,0014	0,017	0,007	0,008

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2010		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2010		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2010	2009
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Travemünde, km 26,9	4	0	20,6	73,7	40,3	31,2
NORD-OSTSEE-KANAL								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	12	0	0,87	1,27	1,04	1,15
	Sr-90		3	0	0,0045	0,0071	0,0062	0,0045
	Cs-137		12	2	0,0017	0,0091	0,0050	0,014
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	4	0	30,7	64,5	44,9	27,0

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 2010		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2010		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2010	2009
BADEN-WÜRTTEMBERG/BAYERN / 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	<0,0055	<0,011	nn	nn
		Nonnenhorn	4	4	<0,0070	<0,0077	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Nonnenhorn	4	0	2,30	12,4	6,4	5,13
BAYERN / Chiemsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Seeon-See- bruck	4	4	<5,2	<5,2	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,0042	0,0046	0,0044	0,0050
	Cs-137		4	4	<0,0061	<0,0097	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Seeon-See- bruck	4	0	36,3	41,3	39,0	39,9
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Seeon-See- bruck	3	0	8,62	10,7	9,5	11,0
Starnberger See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Starnberg	4	4	<5,2	<5,2	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,0076	0,0091	0,0085	0,0098
	Cs-137		4	4	<0,0057	<0,0074	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Starnberg	4	0	146	193	166	118
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Starnberg	4	0	64,6	152	103	87
BERLIN / Müggelsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	PE-Stelle41035	4	4	<2,00	<2,45	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,0033	0,0050	0,0040	0,0040
	Cs-137		4	3	<0,0012	0,0022	<0,0017	0,0021
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	PE-Stelle41035	4	0	1,47	2,63	1,84	3,86
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	PE-Stelle41035	4	0	14,0	42,7	28,7	43,5
Stößensee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Siemenswerder	4	4	<2,00	<2,45	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,0037	0,0055	0,0042	0,0037
	Cs-137		4	0	0,0016	0,0025	0,0019	0,0029

LAND/Gewässer Kompartiment	Nuklid	Proben- entnahmeort	Anzahl 2010		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2010		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2010	2009
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Siemenswerder	4	0	1,76	15,6	6,2	4,9
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Siemenswerder	4	0	59,2	97,8	76,6	85
BRANDENBURG / Stechlinsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Neuglobsow	4	4	<5,41	<6,21	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,0012	0,014	0,013	0,013
	Cs-137		4	4	<0,0069	<0,011	nn	0,008
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Neuglobsow	4	0	8,3	16	14	16
Neuendorfer See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Alt-Schadow	3	3	<7,24	<8,73	nn	<8,46
	Sr-90		3	0	0,005	0,007	0,006	0,005
	Cs-137		3	3	<0,0095	<0,014	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Alt-Schadow	4	0	20	25	21	22
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Alt-Schadow	3	0	0,86	1,4	1,1	1,1
HESSEN / Marbach-Talsperre								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Erbach	4	4	<5,40	<5,68	nn	nn
	Sr-90		4	2	<0,005	0,011	0,009	<0,011
	Cs-137		4	4	<0,004	<0,006	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Erbach	1	0	16,5	16,5	16,5	18,3
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Erbach	4	0	3,25	9,37	5,21	11,0
MECKLENBURG-VORPOMMERN / Borgwallsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Lüssow	4	3	3,40	<4,79	<4,33	3,72
	Cs-137		4	3	0,0064	<0,013	<0,010	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Lüssow	4	0	5,09	24,3	12,3	8,3
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Lüssow	4	0	0,71	13,5	8,5	8,6
Schweriner See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Schwerin	4	4	<4,34	<4,76	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,0073	0,014	0,011	0,0030
	Cs-137		4	3	0,0067	<0,012	<0,008	<0,0123
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Schwerin	4	0	35,3	68,6	49,7	68,2
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Schwerin	4	0	34,6	60,7	47,2	37,6
NIEDERSACHSEN / Sösetalsperre								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Osterode am Harz	4	3	<1,64	1,70	<1,67	nn
	Sr-90		4	0	0,0012	0,0030	0,0022	0,0015
	Cs-137		4	4	<0,0006	<0,0013	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Osterode am Harz	4	0	27,9	37,3	32,6	28,1
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Osterode am Harz	4	0	49,7	69,4	57,0	53
Steinhuder Meer								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Wunstorf	4	3	<1,33	1,75	<1,52	nn
	Cs-137		4	0	0,0037	0,010	0,008	0,0057

LAND/Gewässer Kompartiment	Nuklid	Proben- entnahmeort	Anzahl 2010		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2010		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2010	2009
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Wunstorf	4	0	178	265	216	240
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Wunstorf	4	0	112	300	183	100
NORDRHEIN-WESTFALEN / Möhne-Stausee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Möhnesee	4	4	<3,11	<3,23	nn	nn
	Sr-90		1	1	<0,0066	<0,0066	nn	0,018
	Cs-137		4	4	<0,0027	<0,0033	nn	nn
Dreilägerbach-Talsperre								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Roetgen	4	4	<10	<10	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0001	<0,0005	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Roetgen	4	0	4,8	7,6	6,6	7,6
RHEINLAND-PFALZ / Laacher See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Maria Laach	4	3	1,4	<3,0	<1,9	nn
	Cs-137		4	0	0,027	0,031	0,030	0,029
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Maria Laach	4	0	61	77	69	76
SACHSEN / Talsperre Pöhl								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Thoßfell	4	4	<3,5	<5,5	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0055	<0,0061	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Thoßfell	4	0	23,6	33,4	28,1	71,0
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Thoßfell	4	0	50,5	62,7	56,7	62,7
SACHSEN-ANHALT / Arendsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Arendsee	4	4	<5,0	<5,0	nn	nn
	Cs-137		4	0	0,046	0,066	0,054	0,058
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Arendsee	4	0	37,3	85,3	61,6	60,5
Schollener See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Schollene	4	4	<5,0	<5,0	nn	nn
	Cs-137		4	0	0,013	0,045	0,025	0,024
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Schollene	4	0	167	381	268	222
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	3	0,007	<0,024	<0,014	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Seedorf	4	0	63,6	125	100	151
Wittensee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Groß Wittensee	4	4	<10	<10	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,012	<0,024	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Groß Wittensee	4	0	10,3	229	109	247
THÜRINGEN / Talsperre Ohra								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Luisenthal	4	4	<3,5	<4,6	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,012	<0,019	nn	nn

2.2.3 Oberflächenwasser und Sediment der Binnengewässer in der Umgebung kerntechnischer Anlagen (*Surface water and sediment from inland waters 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 2010. In die Auswertung wurden insgesamt ca. 6.700 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 H-3-Konzentrationen wurden in Proben gemessen, die direkt an Auslaufbauwerken genommen wurden: Die Werte betragen hier im Mittel bis ca. 2.200 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 meist die Nachweisgrenze der REI von 0,05 Bq/l. Maximal wurde Co-60 im Neckar (KWO Obrigheim, Auslauf) mit 0,078 Bq/l im Mittel gemessen. Insbesondere Sr-90 und Cs-137 waren wegen der Vorbelastung aus anderen Quellen (Kernwaffen-Fallout und Reaktorunfall in Tschernobyl) nicht explizit aufzeigbar. Dies gilt auch für I-131, das auf nuklearmedizinische Anwendungen zurückgeführt wurde. Transurane wurden mit Ausnahme von Pu-(239+240) nicht nachgewiesen; dieses wurde im Kalten Bach (FS Rossendorf) einmal mit 0,000036 Bq/l bestimmt.

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 direkt am Auslauf entnommenen Sedimentproben wurden etwas höhere Gehalte an Co-60 gemessen: bis 42 Bq/kg TM in der Weser (KWW Würzgassen). 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 (Ges α) mit 639 und für Am-241 mit 27 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. 36 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. 0,5 μ Sv/a. Für Kleinkinder (\leq 1 a; 340 l/a Konsum) beträgt der entsprechende Wert 0,8 μ Sv/a. Hierdurch würde der Dosisgrenzwert von 300 μ Sv/a nach § 47 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) zu ca. 0,1 bzw. 0,3% ausgeschöpft werden.

Gehalte an Co-60 von 42 Bq/kg TM wurden in Sedimentproben aus der Weser (KKW Würzgassen) 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. 13 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 2010		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
					Einzelwerte 2010		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	Min. Wert	Max. Wert	2010	2009
RHEIN / KKW Beznau und KKW Leibstadt (Schweiz)								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	vor Aare-Einmündung	4	4	<8,0	<8,0	nn	nn
		vor KKW Leibstadt	4	4	<8,0	<8,0	nn	nn
		nach KKW Leibstadt	4	4	<8,0	<8,0	nn	nn
	Co-60	vor Aare-Einmündung	4	4	<0,0047	<0,014	nn	nn
		vor KKW Leibstadt	4	4	<0,015	<0,039	nn	nn
		nach KKW Leibstadt	4	4	<0,021	<0,033	nn	nn
	Cs-137	vor Aare-Einmündung	4	4	<0,0039	<0,015	nn	nn
		vor KKW Leibstadt	4	4	<0,012	<0,037	nn	nn
		nach KKW Leibstadt	4	4	<0,018	<0,030	nn	nn

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2010		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2010		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2010	2009
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Aare-Einmündung	2	2	<0,19	<0,40	nn	nn
		vor KKW Leibstadt	3	3	<0,22	<0,35	nn	nn
		nach KKW Leibstadt	2	1	0,13	<0,47	0,13	nn
	Cs-137	vor Aare-Einmündung	2	0	3,25	4,16	3,71	3,60
		vor KKW Leibstadt	3	0	4,51	4,86	4,64	6,53
		nach KKW Leibstadt	2	0	2,83	3,36	3,10	3,95
RHEIN / KKW Fessenheim (Frankreich)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Weil	13	13	<8,0	<8,0	nn	nn
		Neuf Brisach	13	13	<8,0	<8,0	nn	nn
	Co-60	Weil	13	13	<0,0060	<0,030	nn	nn
		Neuf Brisach	13	13	<0,0010	<0,027	nn	nn
		Weil	13	13	<0,0052	<0,030	nn	nn
Cs-137	Neuf Brisach	13	13	<0,0096	<0,021	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Neuenburg/Grißheim km 206,5	2	2	<0,53	<0,69	nn	nn
		Breisach, km 232,0	2	1	0,23	<0,47	0,23	nn
	Cs-137	Neuenburg/Grißheim km 206,5	2	0	3,96	5,33	4,64	2,34
		Breisach, km 232,0	2	0	4,54	5,28	4,91	3,49
RHEIN / HIRSCHKANAL / Forschungszentrum Karlsruhe								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Ges- α	Hirschkanal	40	0	0,018	0,048	0,034	0,033
			40	9	0,060	0,183	0,107	0,099
	H-3		52	42	1,71	<8,0	<3,9	<3,75
	Co-60		2	2	<0,0039	<0,014	nn	nn
	Cs-137		2	2	<0,0036	<0,013	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Ges- α	Hirschkanal	3	0	618	656	639	643
			3	0	1830	2100	1980	2370
	Co-60		7	5	0,45	<3,62	<1,49	nn
	Cs-137		7	0	113	552	273	187
	Am-241		5	0	8,26	50,3	27,0	14,7
RHEIN / KKP Philippsburg								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	14	13	4,3	<8,0	<7,5	<7,2
		Auslaufbauwerke I u. II	28	16	<4,7	202	<20	29
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	3	3	<0,0069	<0,027	nn	nn
		Auslaufbauwerke I u. II	6	6	<0,0058	<0,029	nn	nn
		vor Auslaufbauwerk	3	3	<0,0066	<0,028	nn	nn
Cs-137	Auslaufbauwerke I u. II	6	6	<0,0060	<0,032	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-58	vor Auslaufbauwerk	-	-	-	-	-	-
		Auslaufbauwerk	1	0	1,43	1,43	1,43	1,58
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	3	0,29	<0,96	<0,69	<0,59
		Auslaufbauwerk	4	0	0,45	2,89	1,21	1,45
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	9,41	13,9	11,9	12,0
	Auslaufbauwerk	4	0	6,40	12,9	9,2	8,7	
RHEIN / KWB Biblis und BE-Zwischenlager								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	5	<4,75	<7,60	<6,39	<6,5
		Auslaufbauwerke A u. B	16	4	<4,75	250	81	135
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,020	<0,047	nn	nn
		Auslaufbauwerke A u. B	16	16	<0,018	<0,043	nn	nn
		vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,017	<0,046	nn	nn
Cs-137	Auslaufbauwerke A u. B	16	16	<0,015	<0,045	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,49	<0,64	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	2	2	<0,58	<0,58	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2	0	10	14	12	10
		nach Auslaufbauwerk	2	0	14	17	16	11
RHEIN / KMK Mülheim-Kärlich (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	6	2	5,3	9,9	8,7	7,5
		Auslaufbauwerk	6	2	2,2	<8,7	4,7	<6,9
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	6	6	<0,013	<0,023	nn	nn
		Auslaufbauwerk	6	6	<0,012	<0,021	nn	nn
		vor Auslaufbauwerk	6	6	<0,012	<0,021	nn	nn
Cs-137	Auslaufbauwerk	6	6	<0,012	<0,019	nn	nn	

GEWÄSSER/ KT-Anlage Komparti- ment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2010		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2010		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2010	2009
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,43	<0,44	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	2	2	<0,53	<0,71	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2	0	6,2	9,4	7,8	9,3
		nach Auslaufbauwerk	2	0	9,6	15	12	13
NECKAR / GKN Neckarwestheim								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	12	10	3,8	<8,0	<5,8	4,2
		Auslaufbauwerk	12	1	2,9	240	93	65
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	12	12	<0,013	<0,049	nn	nn
		Auslaufbauwerk	12	12	<0,013	<0,047	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	12	12	<0,011	<0,074	nn	nn
		Auslaufbauwerk	12	12	<0,012	<0,067	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,27	<0,61	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,26	<0,59	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2	0	5,43	7,95	6,69	7,16
		nach Auslaufbauwerk	4	0	3,57	10,5	7,7	4,11
NECKAR / KKO Obrigheim (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	7	3	<8,0	18,8	12,7	14,9
		Auslaufbauwerk	7	2	7,9	255	126	15,3
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	7	7	<0,0039	<0,045	nn	nn
		Auslaufbauwerk	7	2	<0,0053	0,162	0,078	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	7	7	<0,0033	<0,056	nn	nn
		Auslaufbauwerk	7	7	<0,0047	<0,056	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,43	<0,44	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,33	<0,59	nn	0,98
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2	0	0,32	1,00	0,66	0,648
		nach Auslaufbauwerk	4	0	6,79	8,12	7,42	7,9
MAIN / KKG Grafenrheinfeld								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	8	<6,4	<10	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	0	54,3	410	182	211
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,036	<0,049	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,044	<0,049	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,039	<0,065	nn	nn
		Auslaufbauwerk	4	4	<0,041	<0,050	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,19	<3,4	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	1	1,23	30,4	11,9	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	0,80	28,9	19,6	24,1
		nach Auslaufbauwerk	4	0	17,8	29,1	24,2	28,5
MAIN / GUSTAVSEE / Versuchsatomkraftwerk Kahl (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Gustavsee/Kahl a. Main	a					a
	Co-60							
	Cs-137							
MOSEL / KKW Cattenom (Frankreich)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Palzem, km 230	12	0	20	51	36	27
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	12	12	<0,017	<0,037	nn	nn
		Auslaufbauwerk	12	12	<0,016	<0,034	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Palzem, km 230	2	2	<0,38	<0,60	nn	0,53
	Cs-137		2	0	11,0	13,0	12,0	7,7
DONAU / KRB Gundremmingen								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	8	<2,96	<7,84	nn	nn
		Auslaufbauwerk I	8	0	107	195	145	129
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0032	<0,032	nn	<0,020
		Auslaufbauwerk I	8	4	0,0056	<0,033	0,010	<0,023
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0034	<0,035	nn	nn
		Auslaufbauwerk I	8	5	<0,0031	<0,035	<0,020	<0,021
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,267	<0,348	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	0	0,563	2,15	1,28	5,39
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	68,8	87,0	79,2	89,5
		nach Auslaufbauwerk	4	0	16,4	56,6	36,4	61,8

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2010		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2010		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2010	2009
ISAR / KKI Isar 1 und 2								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	8	<2,93	<8,1	nn	nn
		Auslaufbauwerke	16	6	<2,93	303	167	187
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0033	<0,043	nn	nn
		Auslaufbauwerke	16	16	<0,0023	<0,043	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,0032	<0,0041	nn	nn
	Auslaufbauwerke	8	8	<0,0023	<0,0043	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,066	<0,23	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,134	<0,268	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	20,3	44,7	34,6	40,7
		nach Auslaufbauwerk	4	0	17,7	39,7	28,1	35,0
ISAR / FRM II Forschungsneutronenquelle München								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	nach FRM II, km 130,3	8	1	<3,31	33,0	20,8	15,5
	C-14		8	8	<0,048	<5,80	nn	nn
	Co-60		8	8	<0,0032	<0,047	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0026	<0,0053	nn	nn
	U-235		2	2	<0,0023	<0,029	nn	0,0009
	Pu-238		2	2	<0,0090	<0,0099	nn	nn
	Am-241		2	2	<0,0067	<0,0090	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	nach FRM II, km 124,6	4	4	<0,32	<0,65	nn	nn
	Cs-137		4	0	23,6	31,7	28,1	20,1
	U-235		1	1	<0,43	<0,43	nn	1,1
	Pu-238		1	1	<0,80	<0,80	nn	nn
	Am-241		1	1	<0,93	<0,93	nn	nn
EMS / KKE Emsland								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	8	<1,6	<7,0	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	0	1200	4210	2230	2300
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0066	<0,031	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	7	<0,0050	<0,031	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,0060	<0,0087	nn	nn
	Auslaufbauwerk	4	4	<0,0044	<0,0077	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 84,7	4	4	<0,21	<0,66	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 106,3	4	4	<0,48	<0,76	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 84,7	4	0	21	34	27	14
		nach Auslaufbauwerk, km 106	4	0	21	38	32	34
WESER / KWW Würgassen (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	2	2	<10	<10	nn	nn
		Auslaufbauwerk	7	7	<10	<10	nn	nn
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,0026	<0,050	nn	nn
		Auslaufbauwerk	7	7	<0,0019	<0,050	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Herstelle, km 47,2	1	1	<1,9	<1,9	nn	nn
		Auslaufbauwerk	1	0	42	42	42	55
		Wehrden, km 60,2	1	1	<2,0	<2,0	nn	nn
	Cs-137	Herstelle, km 47,2	1	0	18	18	18	18
		Auslaufbauwerk	1	0	69	69	69	74
		Wehrden, km 60,2	1	0	13	13	13	17
WESER / KWG Grohnde								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	7	<1,4	<7,21	<3,86	3,6
		Auslaufbauwerk	8	0	19,3	100	45	46
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0045	<0,035	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,0071	<0,038	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0039	<0,036	nn	nn
	Auslaufbauwerk	8	8	<0,0059	<0,038	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Grohnde, km 122	4	4	<0,39	<0,47	nn	nn
		Hess. Oldendorf, km 147	4	4	<0,15	<0,47	nn	nn
	Cs-137	Grohnde, km 122	4	0	9,6	12	11	9
		Hess. Oldendorf, km 147	4	0	5,2	9,1	7,6	5,8

GEWÄSSER/ KT-Anlage Komparti- ment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2010		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2010		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2010	2009
UNTERWESER / KKU Unterweser								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	7	4	2,3	<10	<7,2	3,8
		Auslaufbauwerk	7	1	<10	26	19	20
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	7	7	<0,0064	<0,050	nn	nn
		Auslaufbauwerk	7	7	<0,0048	<0,050	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	3	3	<0,0054	<0,0060	nn	nn
Auslaufbauwerk		3	3	<0,0043	<0,0095	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 44,1	4	2	0,30	0,34	0,32	<0,46
		nach Auslaufbauwerk, km 60,0	4	4	<0,24	<0,38	nn	<0,36
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 44,1	4	0	4,8	8,1	6,4	7,1
		nach Auslaufbauwerk, km 60,0	4	0	2,8	6,3	4,6	5,1
RUR / Forschungszentrum Jülich								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Selhausen	5	5	<10	<10	nn	nn
		Jülich-Süd	5	5	<10	<10	nn	nn
	Co-60	Selhausen	5	5	<0,05	<0,05	nn	nn
		Jülich-Süd	5	5	<0,05	<0,05	nn	nn
	Ges- α	Selhausen	2	2	<0,05	<0,05	nn	nn
		Jülich-Süd	2	2	<0,05	<0,05	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Selhausen	a				nn	
		Jülich-Süd					nn	
	Cs-137	Selhausen					18	
		Jülich-Süd					13	
GOORBACH / Urananreicherungsanlage Gronau								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Ges- α	Retentionsanlage	5	5	<0,20	<0,396	nn	0,065
		Goorbach, unterhalb der Straßenkreuzung	2	2	<0,20	<0,20	nn	0,065
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Retentionsanlage	a				nn	
		Dinkel, nach Kläranlage Gronau					nn	
	Cs-137	Retentionsanlage					15	
		Dinkel, nach Kläranlage Gronau					26	
	Ra-226	Retentionsanlage					58	
Dinkel, nach Kläranlage Gronau						90		
U-238	Dinkel, nach Kläranlage Gronau					19		
AHAUSER AA / Brennelement-Zwischenlager Ahaus								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Ges- α	Ahauser Aa	2	2	<0,07	<0,20	nn	nn
		Rest- β	2	2	<0,11	<0,11	nn	nn
	H-3		2	2	<10	<10	nn	nn
			2	2	<0,05	<0,05	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Einleitung Moorbach	2	2	<1,3	<2,8	nn	nn
		Ahauser Aa	2	2	<1,6	<2,0	nn	nn
	Cs-137	Einleitung Moorbach	2	0	21	22	22	26
		Ahauser Aa	2	0	20	30	25	35
ELBE / Forschungszentrum Geesthacht								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	8	8	<5,5	<10	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	8	8	<5,5	<10	nn	nn
	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	8	8	<0,014	<0,040	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	8	8	<0,015	<0,045	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	8	8	<0,012	<0,046	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	8	8	<0,015	<0,048	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	6	6	<0,65	<1,1	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	6	6	<0,58	<1,1	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	6	6	<0,73	<1,2	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	6	6	<0,66	<1,3	nn	nn
ELBE / KKK Krümmel								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	16	16	<5,5	<6,5	nn	nn
		Auslaufbauwerk	16	16	<5,5	<6,5	nn	nn
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	24	24	<0,0053	<0,037	nn	nn
		Auslaufbauwerk	24	24	<0,0056	<0,045	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	24	24	<0,0067	<0,040	nn	nn
		Auslaufbauwerk	24	24	<0,0059	<0,050	nn	nn

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2010		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2010		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2010	2009
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,15	<0,99	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,14	<1,0	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	2	0,57	1,4	0,9	1,3
		Auslaufbauwerk	8	4	0,30	<1,0	0,5	0,61
ELBE / KBR Brokdorf								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	16	15	<5,26	<5,85	<5,5	<5,7
		Auslaufbauwerk	16	1	<5,42	50,6	21,4	22,7
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	16	16	<0,0105	<0,038	nn	nn
		Auslaufbauwerk	16	16	<0,0102	<0,041	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	16	16	<0,0108	<0,042	nn	nn
Auslaufbauwerk		16	16	<0,0089	<0,047	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,98	<1,6	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,99	<1,8	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<1,1	<1,7	nn	<1,4
		nach Auslaufbauwerk	4	2	<1,0	2,6	2,2	1,0
ELBE / KKS Stade (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk, km 628,9	16	1	<1,70	5,49	3,28	3,22
		Auslaufbauwerk	6	3	2,5	<5,6	3,5	5,6
	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 628,9	16	16	<0,0010	<0,011	nn	nn
		Auslaufbauwerk	6	6	<0,0041	<0,032	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 628,9	16	8	<0,0012	<0,0099	0,0029	0,0026
Auslaufbauwerk		6	6	<0,0041	<0,035	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 654	4	4	<0,087	<0,33	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 660	4	4	<0,95	<1,4	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 654	4	0	2,8	6,0	4,9	6,3
		nach Auslaufbauwerk, km 660	4	1	0,97	5,6	3,3	3,05
ELBE / KKB Brunsbüttel								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	24	24	<4,05	<5,6	nn	nn
		Auslaufbauwerk	24	24	<4,05	<5,6	nn	nn
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	24	24	<0,0085	<0,024	nn	nn
		Auslaufbauwerk	24	24	<0,0098	<0,119	nn	nn
	Sr-90	vor Auslaufbauwerk	12	0	0,0028	0,0042	0,0036	0,0036
		Auslaufbauwerk	12	0	0,0026	0,0049	0,0036	0,0036
Cs-137	vor Auslaufbauwerk	24	24	<0,0098	<0,025	nn	nn	
	Auslaufbauwerk	24	24	<0,0097	<0,142	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<1,0	<1,4	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<1,3	<1,6	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	1	<1,1	4,6	3,8	2,5
		nach Auslaufbauwerk	4	0	1,9	4,3	3,3	2,3
ELBE / GNS Gorleben								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Schnackenburg, km 474,6	4	1	<1,6	5,1	4,0	3,6
		Dömitz, km 504,4	4	0	2,0	3,7	3,2	3,5
	Co-60	Schnackenburg, km 474,6	4	4	<0,0008	<0,0016	nn	nn
		Dömitz, km 504,4	4	4	<0,0007	<0,0015	nn	nn
	Cs-137	Schnackenburg, km 474,6	8	5	<0,0002	<0,0008	<0,0007	0,0006
		Dömitz, km 504,4	8	3	<0,0002	<0,0015	0,0008	0,0006
	Pu-238	Schnackenburg, km 474,6	2	2	<0,0005	<0,0005	nn	nn
		Dömitz, km 504,4	2	2	<0,0005	<0,0007	nn	nn
	Pu-(239 +240)	Schnackenburg, km 474,6	2	2	<0,0005	<0,0005	nn	nn
		Dömitz, km 504,4	2	2	<0,0005	<0,0007	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Schnackenburg, km 474,6	4	4	<0,11	<0,25	nn	nn
		Dömitz, km 504,4	4	4	<0,15	<0,29	nn	nn
	Cs-137	Schnackenburg, km 474,6	4	0	8,4	12	11	8,4
		Dömitz, km 504,4	4	0	7,6	22	12	13
	Pu-238	Schnackenburg, km 474,6	2	2	<0,10	<0,13	nn	nn
		Dömitz, km 504,4	2	2	<0,10	<0,12	nn	nn
	Pu-(239 +240)	Schnackenburg, km 474,6	2	2	<0,10	<0,13	nn	nn
		Dömitz, km 504,4	2	2	<0,10	<0,12	nn	nn

GEWÄSSER/ KT-Anlage Komparti- ment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2010		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2010		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2010	2009
ELBE / KALTER BACH / WESENITZ / Forschungsstandort Rossendorf								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Kalter Bach	24	16	3,2	7,7	<5,1	<6,1
		Wesenitz	2	2	<3,7	<4,0	nn	nn
	Co-60	Kalter Bach	24	22	<0,0015	<0,017	<0,009	<0,009
		Wesenitz	2	2	<0,0066	<0,0067	nn	nn
	Cs-137	Kalter Bach	24	20	0,0013	<0,016	<0,008	<0,010
		Wesenitz	2	2	<0,0065	<0,0068	nn	nn
Pu-238 Pu-(239 +240)	Kalter Bach	4	4	<0,000013	<0,000047	nn	nn	
	Kalter Bach	4	3	<0,000014	<0,000052	<0,000030	0,000066	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Kalter Bach	2	1	<0,41	1,2	1,2	1,1
		Wesenitz	2	2	<0,35	<0,58	nn	nn
		Elbe, unterhalb d. Wesenitz	2	2	<0,51	<0,79	nn	nn
	Cs-137	Kalter Bach	2	0	8,1	22	15	10
		Wesenitz	2	0	2,3	5,3	3,8	3,2
		Elbe, unterhalb d. Wesenitz	2	0	6,9	7,4	7,2	1,9
ALLER / Endlager Morsleben								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Salzbach	3	3	<5,0	<5,0	nn	a
		nach Salzbach	3	3	<5,0	<5,0	nn	
	Co-60	vor Salzbach	3	3	<0,006	<0,007	nn	
		nach Salzbach	3	3	<0,006	<0,007	nn	
	Cs-137	vor Salzbach	3	3	<0,005	<0,006	nn	
		nach Salzbach	3	3	<0,005	<0,006	nn	
Ges-β	vor Salzbach	9	0	0,33	0,41	0,37		
	nach Salzbach	9	0	0,37	0,51	0,42		
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Belsdorf	1	1	<0,22	<0,22	nn	a
		Schwanefeld	1	1	<0,29	<0,29	nn	
	Cs-137	Belsdorf	1	0	4,4	4,4	4,4	
		Schwanefeld	1	0	3,5	3,5	3,5	
Diverse Vorfluter / Schachtanlage Asse II								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Rest-β	Vorfluter b. Vahlberg	8	8	<0,09	<0,10	nn	a
		Vorfluter b. Wittmar	4	4	<0,35	<0,62	nn	
		Vorfluter b. Denkte	7	7	<0,11	<0,18	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Vorfluter b. Bansleben	1	1	<0,23	<0,23	nn	a
		Vorfluter b. Denkte	1	0	<0,15	<0,15	nn	
	Cs-137	Vorfluter b. Bansleben	1	1	3,9	3,9	3,9	
		Vorfluter b. Denkte	1	0	3,1	3,1	3,1	
HAVEL / KKR Rheinsberg (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	50m vor Auslauf	8	8	<4,8	<8,7	nn	nn
		50m nach Auslauf	8	8	<5,5	<8,7	nn	nn
	Co-60	50m vor Auslauf	16	16	<0,0013	<0,017	nn	nn
		50m nach Auslauf	16	16	<0,0014	<0,018	nn	nn
	Cs-137	50m vor Auslauf	16	6	0,0019	<0,018	0,005	<0,007
		50m nach Auslauf	16	5	0,0010	<0,017	0,005	0,007
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	50m vor Auslauf	2	2	<0,078	<0,14	nn	nn
		50m nach Auslauf	2	2	<0,11	<0,12	nn	nn
	Cs-137	50m vor Auslauf	2	0	2,9	15	9	8
		50m nach Auslauf	2	0	0,5	20	10	9
GREIFSWALDER BODDEN / KGR Greifswald (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslauf	11	11	<4,36	<10	nn	nn
		nach Auslauf (Hafenbecken)	12	12	<4,32	<10	nn	<8,6
	Co-60	vor Auslauf	11	16	<0,0049	<0,048	nn	nn
		nach Auslauf (Hafenbecken)	12	12	<0,0052	<0,049	nn	nn
	Cs-137	vor Auslauf	11	8	0,012	<0,044	<0,032	<0,036
		nach Auslauf (Hafenbecken)	12	8	0,015	<0,050	<0,034	<0,039

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2010		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2010		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2010	2009
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufkanal	2	2	<0,24	<0,26	nn	nn
		nach Auslauf (Hafenbecken)	2	2	<0,15	<0,27	nn	nn
	Cs-137	vor Auslauf	2	0	3,1	5,2	4,1	5,7
		nach Auslauf (Hafenbecken)	2	0	1,6	6,2	3,9	2,9

a Daten lagen nicht vor

nn nicht nachgewiesen/nachweisbar

- Messung/Angabe nicht erforderlich

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 2010 mit dem Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffe zusammengestellt. Im Jahr 2010 wurden aus dem Kontrollbereich des ERAM insgesamt 13,6 m³ Abwasser abgegeben (Vorjahr: 13,2 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 2,7 GBq bzw. 1,4 GBq. Die H-3-Abgaben lagen für die Druckwasserreaktoren bei 192 TBq und für die Siedewasserreaktoren bei 5 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 Endlager Morsleben (Tabelle 2.2.4-4) liegen bezüglich der einzelnen Radionuklidgruppen ebenfalls in der Größenordnung der Abgaben der letzten Jahre.

Im Jahr 2010 wurden aus der Schachanlage Asse keine radioaktiven Stoffe mit dem Abwasser abgeleitet. Die Strahlenexposition in der Umgebung der Schachanlage Asse resultiert daher ausschließlich aus Ableitungen über den Luftpfad (vgl. Teil B -II- 2.1.5). Für die der Schachanlage aus dem Nebengestein zutretende Salzlösung wurde das Lösungsmanagement der Schachanlage 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 2010 (Summenwerte, H-3 und Alphastrahler)
(Discharges of radioactive substances with waste water from nuclear power plants in Germany in the year 2010 - summation values, H-3 and alpha sources)**

Kernkraftwerk	Aktivität in Bq		
	Spalt und Aktivierungsprodukte (außer H-3)	H-3	α-Strahler
Siedewasserreaktoren			
VAK Kahl ^c	-	-	-
KWL Lingen ^b	1,7 E06	4,7 E05	1,3 E03
KWW Würgassen ^b	2,9 E06	5,1 E08	nn
KKB Brunsbüttel	1,6 E07	7,4 E09	nn
KKI Isar 1	5,6 E07	7,1 E11	nn
KKP Philippsburg 1	1,4 E08	6,7 E11	nn
KKK Krümmel	nn	1,9 E10	nn
KRB Gundremmingen	1,2 E09	3,6 E12	nn
Druckwasserreaktoren			
KWO Obrigheim ^b	2,0 E09	1,5 E11	1,8 E05
KKS Stade ^b	2,0 E07	7,8 E09	2,7 E04
KWB Biblis Block A	3,6 E07	4,9 E12	nn
KWB Biblis Block B	3,1 E07	1,5 E13	nn
GKN Neckar 1	nn	4,4 E12	nn
KKU Unterweser	8,8 E07	2,0 E13	nn
KKG Grafenrheinfeld	4,9 E08	1,7 E13	nn

KWG Grohnde	7,4 E06	2,2 E13	nn
KKP Philippsburg 2	5,6 E07	1,4 E13	nn
KMK Mülheim-Kärlich ^b	9,8 E06	4,8 E07	nn
KBR Brokdorf	2,1 E06	2,2 E13	nn
KKI Isar 2	2,1 E06	2,7 E13	nn
KKE Emsland	nn	2,5 E13	nn
GKN Neckar 2	nn	2,0 E13	nn
KGR Greifswald Block 1 bis 5 ^b	3,6 E05	4,7 E08	nn
KKR Rheinsberg ^b	9,2 E06	1,4 E09	1,6 E05

b Anlage stillgelegt - Keine Ableitung von Abwasser

c im Mai 2010 aus dem Atomgesetz entlassen

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 H-3)		H-3		α-Strahler	
	2010	2009	2010	2009	2010	2009
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (einschließlich Wiederaufbereitungsanlage)	5,9 E08	2,0 E07	8,6 E10	7,5 E10	2,5 E06	2,0 E06
Forschungszentrum Jülich (einschließlich Versuchsreaktor AVR)	1,9 E08	1,1 E08	5,6 E11	1,9 E11	nn	nn
GKSS Forschungszentrum Geesthacht	7,8 E06	8,3 E06	1,8 E08	3,3 E07	3,9 E04	8,8 E03
Helmholtz-Zentrum Berlin (früher Hahn-Meitner-Institut Berlin, HMI)	4,5 E04	1,2 E05	4,3 E08	3,6 E08	1,2 E04	1,9 E04
Garching FRM I	-	4,6 E04	-	5,1 E08	-	nn
Garching FRM II	4,1 E08	4,9 E07	1,2 E10	1,9 E10	nn	nn
Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD)	1,8 E06	1,4 E06	9,0 E08	nn	1,6 E05	nn

nn nicht nachgewiesen (Aktivitätsableitung liegt unterhalb der Nachweisgrenze)

- Keine Ableitung von Abwasser

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	Aktivität in Bq	
	α-Strahler	
	2010	2009
ANF GmbH (Lingen)	nn	nn
URENCO (Gronau)	4,1 E03	4,6 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	
	2010	2009
H-3	5,6 E04	4,4 E04
Nuklidgemisch (außer H-3)	1,2 E02	5,1 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 auch im Jahr 2010 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 2010 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	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
	2010	0 - 10	6	32,2	77,7	7	2,2	3,5
Bayern	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
	2010	0 - 10	20	83,8	374,1	17	3,0	5,9
Berlin	2008	0 - 10	5	9,5	15,6	1	0,6	
	2009	0 - 10	4	12,9	16,8	1	1,0	
	2010	0 - 10	4	8,2	15,0	1	0,6	
Brandenburg	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
	2010	0 - 10	9	15,7	46,0	4	2,1	4,1
Bremen	2008	0 - 10	2	17,8	26,1	-	-	-
	2009	0 - 10	2	17,4	25,7	-	-	-
	2010	0 - 10	2	14,3	18,7	-	-	-
Hamburg	2008	0 - 10	1	5,2	-	-	-	-
	2009	0 - 10	1	4,8	-	-	-	-
	2010	0 - 10	a	a	a	-	-	-

Bundesland	Jahr	Entnahmetiefe (cm)	Aktivität in Bq/kg TM					
			Cs-137			Sr-90		
			N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Hessen	2008	0 - 10	2	26,6	39,4	-	-	-
	2009	0 - 10	2	9,3	10,9	-	-	-
	2010	0 - 10	2	17,4	25,9	-	-	-
Mecklenburg-Vorpommern	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
	2010	0 - 10	10	11,2	41,5	3	0,5	0,9
Niedersachsen	2008	0 - 10	19	<23,2	78,8	-	-	-
	2009	0 - 10	14	<23,4	62,8	11	2,8	6,3
	2010	0 - 10	15	21,2	60,2	11	1,8	3,7
Nordrhein-Westfalen	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
	2010	0 - 10	14	15,1	42,0	4	1,7	5,3
Rheinland-Pfalz	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
	2010	0 - 10	7	14,5	20,9	3	1,0	1,3
Saarland	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
	2010	0 - 10	4	22,4	33,7	2	1,3	1,7
Sachsen	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
	2010	0 - 10	8	11,7	28,2	5	1,1	2,3
Sachsen-Anhalt	2008	0 - 10	a	a	a	a	a	a
	2009	0 - 10	a	a	a	a	a	a
	2010	0 - 10	a	a	a	a	a	a
Schleswig-Holstein	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
	2010	0 - 10	7	11,6	16,3	5	0,8	1,1
Thüringen	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
	2010	0 - 10	7	18,5	28,2	3	1,2	1,6

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	2008	0 - 30	13	23,9	84,0	1	<0,2	
	2009	0 - 30	13	22,2	73,5	3	2,3	2,9
	2010	0 - 30	9	18,6	74,9	1	<0,2	
Bayern	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
	2010	0 - 30	30	27,4	174,9	3	<3,7	10,4
Berlin	2008	0 - 30	2	6,9	7,6	1	0,7	
	2009	0 - 30	2	6,6	7,6	1	0,6	
	2010	0 - 30	2	6,7	7,7	1	0,7	
Brandenburg	2008	0 - 30	9	12,2	32,0	3	0,3	0,4
	2009	0 - 30	a	a	a	a	a	a
	2010	0 - 30	9	6,9	16,0	3	0,5	0,7
Bremen	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
	2010	0 - 30	3	8,3	11,6	2	1,0	1,4
Hamburg	2008	0 - 30	1	5,9	-	1	0,8	-
	2009	0 - 30	1	6,6	-	1	0,6	-
	2010	0 - 30	a	a	a	a	a	a
Hessen	2008	0 - 30	6	10,0	22,6	2	0,8	1,3
	2009	0 - 30	6	8,8	18,9	1	1,5	-
	2010	0 - 30	6	9,0	22,0	2	<0,6	0,9
Mecklenburg-Vorpommern	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
	2010	0 - 30	7	7,5	13,4	2	0,5	0,6
Niedersachsen	2008	0 - (25/30)	23	13,5	95,7	-	-	-
	2009	0 - (25/30)	21	10,5	38,1	4	1,7	3,3
	2010	0 - (25/30)	24	9,3	50,8	4	1,0	1,3
Nordrhein-Westfalen	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
	2010	0 - 30	10	8,3	15,4	5	<1,4	4,0
Rheinland-Pfalz	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
	2010	0 - (25/30)	8	8,3	30,1	2	0,9	1,2
Saarland	2008	0 - 30	1	7,8	-	a	a	a
	2009	0 - 30	1	13,8	-	a	a	a
	2010	0 - 30	1	16,2		a	a	a
Sachsen	2008	0 - 30	7	8,3	17,7	a	a	a
	2009	0 - 30	7	8,0	20,1	a	a	a
	2010	0 - 30	7	7,4	16,6	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	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
	2010	0 - 30	15	10,5	46,8	5	<0,6	1,4
Schleswig-Holstein	2008	0 - 30	5	6,9	8,9	a	a	a
	2009	0 - 30	5	7,9	10,7	a	a	a
	2010	0 - 30	5	7,0	8,6	a	a	a
Thüringen	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
	2010	0 - 30	6	8,3	11,5	2	0,9	1,0

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	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
	2010	0 - 10	4	40,9	67,2	1	0,8	
Niedersachsen	2008	0 - 10	2	63,5	73,8	a	a	a
	2009	0 - 10	2	24,3	30,5	1	3,6	
	2010	0 - 10	2	98,6	119,0	1	9,0	
Nordrhein-Westfalen	2008	0 - 10	a	a	a	a	a	a
	2009	0 - 10	a	a	a	a	a	a
	2010	0 - 10	a	a	a	a	a	a

a Messwerte lagen nicht vor

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	2008	26	<0,3	1,1	11	0,3	0,7
	2009	22	<0,3	0,7	11	0,3	0,5
	2010	20	<0,5	2,8	6	0,3	0,4
Bayern	2008	55	<0,7	8,1	28	<0,6	3,0
	2009	57	<0,8	12,2	29	0,5	1,6
	2010	57	<0,7	5,2	28	<0,5	1,7
Berlin	2008	4	<0,5	0,7	1	0,5	
	2009	4	<0,6	1,2	1	0,6	
	2010	4	<0,3	0,5	1	0,3	
Brandenburg	2008	17	<0,8	3,5	9	0,4	0,7
	2009	17	<1,6	11,0	8	0,4	0,8
	2010	17	<1,1	6,1	9	0,5	1,2

Bundesland	Jahr	Aktivität in Bq/kg FM					
		Cs-137			Sr-90		
		N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Bremen	2008	2	1,4	2,5	1	2,0	
	2009	2	0,4	0,6	1	2,4	
	2010	2	0,3	0,3	1	0,4	
Hamburg	2008	1	0,2		a	a	a
	2009	1	0,1		a	a	a
	2010	1	0,1		a	a	a
Hessen	2008	14	<0,4	1,4	7	0,5	1,6
	2009	15	<0,5	2,1	8	0,4	1,0
	2010	15	<0,3	0,8	8	0,4	1,3
Mecklenburg-Vorpommern	2008	20	<0,6	5,4	8	<0,2	0,3
	2009	20	<0,4	5,1	8	0,3	0,5
	2010	20	<1,5	26,1	8	<0,3	1,0
Niedersachsen	2008	48	<1,1	11,1	a	a	a
	2009	42	<1,4	13,8	21	0,3	2,2
	2010	42	<0,8	7,5	21	0,3	1,0
Nordrhein-Westfalen	2008	20	<0,3	1,4	10	0,3	1,1
	2009	21	<0,3	0,9	10	0,5	2,0
	2010	27	<0,7*	<5,9**	10	0,7	2,5
Rheinland-Pfalz	2008	14	<0,2	1,1	7	0,4	0,9
	2009	14	<0,2	0,4	7	0,4	0,7
	2010	14	<0,2	0,6	7	0,3	0,4
Saarland	2008	4	<0,5	<0,5	2	0,5	0,6
	2009	4	<0,5	<0,5	2	0,3	0,4
	2010	5	<0,5	<0,5	2	0,5	0,7
Sachsen-Anhalt	2008	10	<0,3	0,4	5	0,2	0,6
	2009	10	<0,5	2,1	5	<0,1	0,5
	2010	10	<0,5	2,0	5	0,1	0,2
Sachsen	2008	14	<0,4	3,9	6	0,3	0,5
	2009	14	<0,7	6,2	6	0,2	0,3
	2010	14	<0,3	1,5	6	0,2	0,3
Schleswig-Holstein	2008	22	<0,3	0,7	12	0,4	0,7
	2009	22	<0,3	1,6	12	0,4	0,7
	2010	22	<0,4	2,5	11	0,3	0,6
Thüringen	2008	17	<0,2	1,0	5	0,2	0,3
	2009	17	<0,1	0,5	5	0,2	0,3
	2010	17	<0,2	0,4	5	0,2	0,3

a Messwerte lagen nicht vor

* Der Wert ist nicht repräsentativ. Mittelwert ohne hohe Nachweisgrenzen < 0,3

** Der Wert ist nicht repräsentativ

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	2008	242	<0,5	7,2	-	-	-
	2009	251	<0,4	5,3	2	3,2	6,3
	2010	236	<0,6	10,7	1	0,3	
Futterrüben	2008	31	<0,6	2,2	-	-	-
	2009	27	<0,6	2,4	-	-	-
	2010	24	<0,6	1,7	-	-	-
Futtergetreide	2008	144	<0,2	2,1	-	-	-
	2009	143	<0,2	0,7	1	0,1	
	2010	131	<0,2	<0,8	-	-	-
Grünfütterpflanzen (ohne Mais)	2008	6	<0,3	<0,5	-	-	-
	2009	6	<1,8	9,5	1	1,1	
	2010	6	<0,3	<0,4	-	-	-
Futterkartoffeln	2008	78	<0,5	2,0	-	-	-
	2009	72	<0,5	2,4	-	-	-
	2010	76	<0,5	2,4	-	-	-
Erbsen	2008	2	<0,2	<0,2	-	-	-
	2009	4	<0,2	<0,3	-	-	-
	2010	1	<0,2		-	-	-
Raps	2008	43	<0,3	2,2	-	-	-
	2009	34	<0,2	0,5	-	-	-
	2010	36	<0,3	1,3	-	-	-
Ölkuchen/ Ölschrote	2008	1	<0,5		-	-	-
	2009	11	<0,3	<0,5	-	-	-
	2010	7	<0,3	0,4	-	-	-
Sonnenblumen	2008	2	<0,6	0,7	-	-	-
	2009	2	<0,3	<0,3	-	-	-
	2010	1	0,9		-	-	-
Krafftutter- mischung	2008	1	<0,2	-			
	2009	a	a	a			
	2010	a	a	a			

a Messwerte lagen nicht vor

- Messung / Angabe nicht erforderlich

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	2008	8	<0,34	1,3
	2009	13	<0,4	1,8
	2010	16	<0,3	1,4
Mais , Maisprodukte	2008	12	<0,12	0,2
	2009	12	<0,5	3,3
	2010	7	<0,2	<0,4
Heu, Cobs	2008	1	<0,3	
	2009	2	<0,4	0,5
	2010	a	a	a
Maniok, Tapioka	2008	1	<0,2	
	2009	a	a	a
	2010	1	<0,1	
Ölkuchen, Ölschrote	2008	52	<0,4	1,7
	2009	46	<0,3	<0,9
	2010	45	<0,3	0,8
Sonnenblumen	2008	3	<0,3	0,4
	2009	3	<0,2	0,4
	2010	4	<0,3	0,4
Hirse	2008	6	<0,2	<0,4
	2009	a	a	a
	2010	a	a	a
Sojabohnen	2009	9	<0,4	0,8
	2010	6	<0,4	1,0
Krafftuttermischung	2008	4	<0,2	0,3
	2009	1	<0,1	
	2010	a	a	a
Molkenpulver	2008	1	0,2	
	2009	a	a	a
	2010	a	a	a
Mühlennachprodukte	2010	4	<0,2	<0,2
Citrustrester	2008	1	0,7	
	2009	a	a	
	2010	1	<0,2	

a Messwerte lagen nicht vor

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	2008	102	<7,7	306,3
	2009	107	<8,8	392,1
	2010	108	<10,9	491,9
Nadeln	2008	52	<30,0*	741,0**
	2009	54	<39,1*	1274,0**
	2010	54	<40,7*	1126,0**
Gras	2008	102	<13,2*	407,9**
	2009	105	<13,3	222,6
	2010	106	<13,3*	568,5**
Farne (Thüringen)	2008	2	28,9	54,5
	2009	2	36,9	73,1
	2010	2	33,6	66,4

* Der Wert ist nicht repräsentativ

Mittelwert ohne den höchsten Wert bei Nadeln: <16,1 in 2008; <15,8 in 2009; <20,2 in 2010

Mittelwert ohne den höchsten Wert bei Gras: <9,3 in 2008; <7,0 in 2010

** 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					
		2008		2009		2010	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
BADEN-WÜRTTEMBERG							
FZ Karlsruhe	Cs-137	12	8,7	9	12,8	8	12,4 (3,9 - 32,0)
	Pu-238	7	<0,63	8	<0,69	6	<0,95 (0,05-<1,5)
	Pu-(239+240)	7	<0,37	8	<0,44	6	<0,58 (0,12 - 0,7)
	Sr-90	3	0,5	3	0,8	2	0,3 (0,3 - 0,3)
KWO Obrigheim	Cs-137	8	7,0	4	5,9	6	6,1 (3,0 - 6,4)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	8	8,7	4	6,2	6	7,4 (2,5 - 11,0)
KKP Philippsburg	Cs-137	8	10,1	6	11,1	6	11,1 (3,2 - 20,0)
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	8	17,6	6	15,4	6	16,3 (11,0 - 31,6)
KKW Fessenheim (Frank- reich)	Cs-137	4	11,3	2	11,0	2	17,7 (16,9 - 18,5)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg TM					
		2008		2009		2010	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
TRIGA Heidelberg	Cs-137	a		a			
BAYERN							
VAK Kahl ^d	Cs-137	2	37,0	a		a	
KRB Gundremmingen	Cs-137	10	37,9	10	38,5	10	33,8 (17,0 - 49,6)
KKI Isar	Cs-137	12	38,0	12	51,3	12	37,6 (8,8 - 78,7)
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	10	6,4	10	7,8	10	5,1 (4,0 - 8,6)
Forschungsreaktor München	Cs-137	4	74,5	4	118,3	3	39,5 (16,5 - 73,0)
Framatome ANP Erlangen KWU	Cs-137	4	15,0	4	13,6	4	15,2 (11,5 - 19,8)
	Pu-238	2	b) 0,18; 0,24	4	<0,05	4	<0,13 (<0,03-<0,39)
	Pu-(239+240)	4	<0,19	4	<0,31	4	<0,21 (<0,1-<0,39)
	U-235	4	<0,76	4	<0,26	4	<0,25 (<0,08-0,36)
	U-238	4	7,8	4	5,5	4	5,1 (1,3 - 7,5)
	Am-241	4	<0,07	4	<0,08	4	<0,1 (<0,1 - <0,1)
Framatome ANP Karlstein KWU	Cs-137	2	11	a		2	11,0 (10,2 - 11,7)
	Pu-238	2	b) <0,12; 0,15	a		a	
	Pu-(239+240)	1	<0,11	a		a	
	U-235	2	b) 0,16; <0,3	a		a	
	U-238	2	b) 3,4; 6,0	a		a	
SBWK Karlstein	Gesamt- α	a		a		a	
BERLIN							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	9	11,7	4	10,1	6	9,4 (5,6 - 13,1)
BRANDENBURG							
KKR Rheinsberg	Cs-137	8	10,0	8	8,6	8	8,4 (5,2 - 12,0)
HESSEN							
KWB Biblis	Cs-137	10	7,5	6	7,0	6	6,3 (4,5 - 7,9)
MECKLENBURG-VORPOMMERN							
KGR Greifswald	Cs-137	8	9,5	8	<8,4	4	11,9 (6,6 - 22,0)
	U-235	a		a			
Zwischenlager Nord	Cs-137	12	9,7	12	7,9	6	6,5 (1,6 - 11,6)
NIEDERSACHSEN							
KKS Stade	Cs-137	8	10,4	6	10,3	5	12,4 (4,8 - 20,0)
	Sr-90			a		a	
KKU Unterweser	Cs-137	18	13,4	12	13,4	10	10,7 (2,9 - 22,0)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg TM					
		2008		2009		2010	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KWG Grohnde	Sr-90			a		a	
	Cs-137 Sr-90	10	16,6	8 a	13,2	8 a	15,7 (5,7 - 33,0)
KKE Emsland	Cs-137 Sr-90	10	16,2	10 a	12,1	10 a	13,2 (3,7 - 19,0)
Zwischenlager Gorleben	Cs-137	26	25,9	26	24,2	23	20,4 (9,4 - 50,0)
	Sr-90	4	4,6	4	<0,8	4	6,1 (2,4 - 9,9)
	Pu-238	2	<0,12; <0,13 ^b	2	<0,10; <0,12 ^b	2	<0,10; <0,10 ^b
	Pu-(239+240)	2	0,12; <0,13 ^b	2	<0,10; <0,12 ^b	2	<0,10; <0,10 ^b
FMRB Braunschweig	Cs-137	a		a			
	Gesamt- α	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		12	6,7 (3,2 - 9,7)
	U-234	a		a		a	
	U-235	a		a		a	
	U-238	a		a		a	
Schachanlage Asse	Cs-137	4	9,2	4	8,2	8	15,0 (7,4 - 30,0)
NORDRHEIN-WESTFALEN							
FZ Jülich	Cs-137	10	9,2	8	9,6	8	11,3 (4,9 - 25,2)
	Sr-90	6	0,9	6	0,5	6	0,5 (0,1 - 1,45)
KWW Würgassen	Cs-137	20	11,7	18	12,6	18	12,0 (5,4 - 30,0)
THTR Uentrop	Cs-137	8	13,9	6	18,2	6	16,2 (5,7 - 26,9)
	Sr-90	a		a		a	
Zwischenlager Ahaus	Cs-137	4	10,5	5	8,5	5	8,8 (7,7 - 10,8)
	Sr-90	4	0,5	5	0,6	5	0,5 (0,3 - 0,7)
UAG Gronau	U-238	10	<0,1	10	<0,2	a	
RHEINLAND-PFALZ							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	4	8,9	4	9,2	4	7,1 (3,2 - 11,0)
KKW Cattenom (Frankreich)						11	9,3 (1,9 - 18,1)
SACHSEN							
VKTA Dresden-Rossendorf	Cs-137	12	5,4	10	4,7	8	4,8 (1,7 - 13,0)
	Sr-90			2	8,9	a	

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg TM					
		2008		2009		2010	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
SACHSEN-ANHALT							
Endlager Morsleben	Cs-137	8	7,2	2	3,8	8	5,9 (3,3 - 7,7)
	Sr-90	4	0,2	a		4	0,2 (0,2 - 0,3)
	Gesamt-β	4	575	a		4	595 (540 - 670)
SCHLESWIG-HOLSTEIN							
GKSS Geesthacht	Cs-137	10	9,7	6	6,7	6	6,8 (5,1 - 9,5)
	Sr-90	2	0,3	2	0,3	2	0,3 (0,2 - 0,3)
KKB Brunsbüttel	Cs-137	8	25,1	6	21,7	6	22,4 (12,0 - 34,9)
	Sr-90	2	2,5	1	3,4	1	2,6
KKK Krümmel	Cs-137	12	6,0	8	5,4	10	5,9 (4,3 - 10,2)
	Sr-90	6	0,7	6	0,6	5	0,6 (0,5 - 0,9)
KBR Brokdorf	Cs-137	16	14,4	13	13,0	10	11,5 (2,8 - 21,0)
	Sr-90	8	1,7	5	1,9	4	1,8 (1,7 - 1,9)

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 Im Mai 2010 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					
		2008		2009		2010	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
BADEN-WÜRTTEMBERG							
FZ Karlsruhe	Cs-137	12	<0,42	10	<0,18	9	<0,12 (<0,1 - 0,2)
	Pu-238	4	<0,09	2	<0,05	4	<0,04 (<0,02 - <0,07)
	Pu-(239+240)	4	<0,05	2	<0,02	4	<0,01 (<0,01 - <0,02)
KWO Obrigheim	Cs-137	8	<0,33	4	<0,41	4	<0,20 (0,05 - <0,34)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	9	<0,92	4	<0,32	6	<0,39 (0,11 - <0,57)
KKP Philippsburg	Cs-137	8	<0,5	6	<0,36	6	<0,40 (0,02 - 0,91)
	Sr-90	a		a		a	
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	8	1,8	6	0,75	6	0,21 (0,04 - 0,60)
KKW Fessenheim (Frank- reich)	Cs-137	4	0,56	2	0,12	2	0,28 (0,27 - 0,29)
TRIGA Heidelberg	Cs-137	a		a		a	
BAYERN							
VAK Kahl ^d	Cs-137	2	0,92*	a		a	
KRB Gundremmingen	Cs-137	10	<0,39	10	<0,40	10	<0,31 (0,05 - 0,71)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2008		2009		2010	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KKI Isar	Cs-137	12	1,1	12	0,44	12	0,46 (0,05 - 1,60)
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	10	<0,24	10	<0,17	10	<0,17 (<0,05-<0,24)
Forschungsreaktor Mün- chen	Cs-137	4	0,63	4	0,71	4	1,78 (0,44 - 3,90)
Framatome ANP Erlangen KWU	Cs-137	4	<0,35	4	<1,22	4	<0,89 (0,17 - 3,0)
	Pu-238	2	<0,04	4	<0,02	4	<0,01 (<0,01 - <0,01)
	Pu-(239+240)	4	<0,02	4	<0,02	4	<0,03 (<0,01 - <0,06)
	U-235	4	<0,03	4	<0,06	4	<0,04 (<0,01 - <0,07)
	U-238	4	<0,06	4	<0,08	4	<0,04 (<0,01 - <0,06)
	Am-241	4	<0,02	4	<0,02	4	<0,02 (<0,01 - <0,05)
	Framatome ANP Karlstein KWU	Cs-137	2	<0,39*	a		2
Pu-238		2	<0,006; <0,07* ^b	a		a	
Pu-(239+240)		1	<0,008	a		a	
U-235		2	<0,006; <0,05* ^b	a		a	
U-238		2	<0,09; 0,026* ^b	a		a	
Am-241		2	<0,005; 0,05* ^b	a		a	
SBWK Karlstein	Gesamt- α	a		a		a	
BERLIN							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	8	<0,39	1	1,1	6	<0,72 (<0,20 - 1,4)
	Sr-90	a		a		a	
BRANDENBURG							
KKR Rheinsberg	Cs-137	8	1,69	8	2,13	8	2,4 (0,2 - 12,0)
HESSEN							
KWB Biblis	Cs-137	10	<0,16	6	<0,13	6	<0,15 (<0,01 - 0,30)
MECKLENBURG-VORPOMMERN							
KGR Greifswald	Cs-137	8	<0,14	8	<0,39	4	<0,10 (<0,05 - 0,11)
Zwischenlager Nord	Cs-137	12	<0,20	12	<0,20	6	<0,15 (<0,07 - 0,41)
NIEDERSACHSEN							
KKS Stade	Cs-137	8	0,12	6	<0,11	6	<0,07 (<0,01 - 0,14)
KKU Unterweser	Cs-137	12	<0,15	12	<0,19	11	<0,21(0,03 - <0,59)
	Sr-90					a	

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2008		2009		2010	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KWG Grohnde	Cs-137	10	<0,14	8	<0,12	8	<0,10 (<0,03 - <0,22)
Zwischenlager Grohnde	Cs-137	1	<0,35	1	0,18	a	
KKE Emsland	Cs-137	10	<0,38	10	<0,24	10	<0,25 (0,08 - 0,5)
Zwischenlager Lingen	Cs-137	a				a	
Zwischenlager Gorleben	Cs-137	20	3,01	20	3,96	20	2,65 (0,002 - 25,0)
	Sr-90	4	2,4	4	2,8	4	1,73 (0,6 - 3,40)
FMRB Braunschweig	Cs-137	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		4	0,1 (0,02 - 0,18)
	Pu-238	a		a		a	
	Pu-(239+240)	a		a		a	
	U-234	1	0,008	1	0,013	5	0,11 (0,03 - 0,15)
	U-235	1	<0,003	1	<0,002	5	<0,01 (<0,004 - <0,13)
	U-238	1	0,007	1	0,016	5	0,09 (0,02 - 0,14)
Schachtanlage Asse	Cs-137	4	<0,08	4	<0,06	10	<0,51 (<0,2 - 1,3)
NORDRHEIN-WESTFALEN							
FZ Jülich	Cs-137	10	<0,24*	8	<0,31	8	<0,11 (0,02 - <0,5)
	Sr-90					a	
KWW Würgassen	Cs-137	12	<0,18*	10	<0,06*	10	<0,06 (<0,02 - 0,11)
	Sr-90	a				a	
THTR Uentrop	Cs-137	8	<0,82*	6	<0,31*	6	<0,51* (0,32 - <0,94)
	Sr-90	a		a		a	
Zwischenlager Ahaus	Cs-137	10	1,07	10	0,76	5	<0,10 (<0,04 - 0,17)
	Sr-90	10	1,61	10	0,43	5	0,23 (0,09 - 0,4)
UAG Gronau	U-238	5	<0,1*	4	<0,4*	a	
	Uran	12	<0,17*	12	<0,22*	12	<0,16* (0,05* - <0,23)
	Fluor (mg/kg TM)	12	<1,7	12	<1,5	12	<2,3 (<1,5 - 3,3)
RHEINLAND-PFALZ							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	4	<0,22	4	<0,24	4	<0,22 (<0,07 - 0,42)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2008		2009		2010	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KKW Cattenom (Frankreich)	Cs-137					6	<0,10 (<0,06 - <0,13)
SACHSEN							
VKTA Rossendorf	Cs-137	12	<0,39*	10	0,21*	10	<0,27* (0,04 - <0,84)
SACHSEN-ANHALT							
Endlager Morsleben	Cs-137	8	<0,26	a	<0,45	4	<0,30 (<0,24 - <0,39)
	Gesamt-β	4	230	a		4	190 (150 - 230)
SCHLESWIG-HOLSTEIN							
GKSS Geesthacht	Cs-137	8	<0,47	4	<0,25	4	<0,15 (<0,13 - <0,18)
KKB Brunsbüttel	Cs-137	8	<0,11	6	<0,16	6	<0,12 (0,06 - <0,19)
	Sr-90	a		a			
KKK Krümmel	Cs-137	8	0,35	4	0,30	4	0,18 (0,12 - 0,26)
	Sr-90	6	0,51	4	0,63	4	0,40 (0,34 - 0,51)
KBR Brokdorf	Cs-137	14	<0,42	10	<0,48	10	<0,46 (0,07 - 1,53)
	Sr-90	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
d Im Mai 2010 aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen
* 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 2010 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 0,79 mBq/l bis 33 mBq/l, die im Wesentlichen vom Volumen des zur Messung aufbereiteten Wassers abhängen. Der Median sämtlicher Werte beträgt <6,7 mBq/l (2009: <6,6 mBq/l).

In 28% der gemessenen Proben konnte Sr-90 mit Aktivitätskonzentrationen von 0,70 mBq/l bis 17 mBq/l (2009: 0,32 bis 40 mBq/l) nachgewiesen werden. Der Median aller Werte liegt bei <3,1 mBq/l (2009: <2,5 mBq/l).

Bei H-3 wurden keine Werte über den Nachweisgrenzen bestimmt, die gefundenen Nachweisgrenzen liegen zwischen 1,5 Bq/l und 10 Bq/l.

Trinkwasser

Die Überwachung von Roh- und Reinwässern wurde an 85 bzw. 82 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 alle Messwerte unterhalb der bei den Messungen erreichten Nachweisgrenzen von 0,16 mBq/l bis 36 mBq/l, die in erster Linie von der Menge des eingesetzten Wassers und der Messzeit abhängen. Der Median aller mitgeteilten Werte liegt bei <7,0 mBq/l (2009: <8,2 mBq/l).

In 56% der untersuchten Proben konnte Sr-90 nachgewiesen werden. Die Aktivitätskonzentrationen liegen zwischen 0,046 mBq/l und 12 mBq/l (2009: 1,0 und 24 mBq/l), der Median sämtlicher Werte liegt bei <3,0 mBq/l (2009: <3,2 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 an.

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 vernachlässigbar klein. Legt man die größte Nachweisgrenze für Cs-137 von 36 mBq/l und den Maximalwert für Sr-90 von 12 mBq/l zu Grunde, ergeben sich bei einem angenommenen jährlichen Trinkwasserverzehr von 700 Liter für den Erwachsenen Ingestionsdosen von 0,000328 bzw. 0,00024 Millisievert pro Jahr. Für den Säugling (0 bis 1 Jahr) errechnen sich bei einem angenommenen jährlichen Trinkwasserverzehr von 340 Liter Ingestionsdosen von 0,000256 bzw. 0,00094 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	2010						2009
		Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ^a	Maximal- wert ^a	Mittel- einzel- wert ^a	Median	Median
Grundwasser (mBq/l)								
	K-40	90	52	62	2000		160	160
	Cs-137	90	90				<6,7	<6,6
	Sr-90	46	33	0,70	17		<3,1	<2,5
	H-3	52	52				<4.200	<4.600
Trinkwasser (mBq/l)								
Rohwasser	K-40	107	75	24	880		<160	<150
	Cs-137	113	110	3,0	4,0		<6,0	<5,5
	Sr-90	52	26	1,0	22	4,0	3,0	3,5
	H-3	65	56	560	5.400		4.400	4.400
Reinwasser	K-40	215	150	26	640		<160	<160
	Cs-137	215	215				<7,0	<8,2
	Sr-90	72	32	0,046	12	3,2	<3,0	<3,2
	H-3	67	66	7.000	7.000		<4.300	<4.500

- 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 2010 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 H-3, 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 0,39 mBq/l bis 64 mBq/l (2009: 0,39 bis 870 mBq/l). Der Messwert liegt bei 31 mBq/l, der Median aller mitgeteilten Werte liegt bei <21 mBq/l (2009: <20 mBq/l).

Die Werte für die Sr-90-Aktivitätskonzentrationen (57% der Messwerte über der Nachweisgrenze) liegen zwischen 2,1 mBq/l und 5,4 mBq/l (2009: 2,6 bis 5,0 mBq/l). Der Median liegt bei 3,6 mBq/l (2009: 3,8 mBq/l).

Die Gesamt-Alpha-Aktivitätskonzentrationen liegen zwischen 19 mBq/l und 83 mBq/l (2009: 29 bis 160 mBq/l), mit einem Median sämtlicher Werte von <47 mBq/l (2009: <70 mBq/l).

Die Rest-Beta-Aktivitätskonzentrationen wurden in 12 Proben gemessen. Alle Werte lagen unter den gefundenen Nachweisgrenzen von 50 mBq/l bis 80 mBq/l. Der Median aller Werte beträgt <70 mBq/l (2009: <100 mBq/l).

In 11% der untersuchten Wasserproben wurde H-3 im Konzentrationsbereich von 1,7 Bq/l bis 29 Bq/l nachgewiesen (2009: 1,6 Bq/l bis 21 Bq/l), der Median aller Werte liegt bei <7,1 Bq/l (2009: <7,3 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 H-3-Konzentrationen bis 29 Bq/l (2009: 21 Bq/l) wurden bei der Überwachung des Kernkraftwerkes Philippsburg 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 0,096 Bq/l (2009: 0,120 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 Philippsburg und des Forschungsstandortes Dresden-Rossendorf weisen H-3-Werte unterhalb der Nachweisgrenze von 10 Bq/l auf.

Trinkwasser

Im Jahr 2010 wurden im Rahmen der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen 32 Rohwasser- und 30 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 0,3 mBq/l bis 60 mBq/l (2009: keine Messwerte oberhalb der Nachweisgrenzen) ermittelt. Der Median aller Cs-137-Werte liegt bei <7,2 mBq/l (2009: <9 mBq/l).

Die Aktivitätskonzentrationen für Sr-90 liegen zwischen 0,22 mBq/l und 3,0 mBq/l (2009: 0,22 bis 3,3 mBq/l), mit einem Median aller Werte von <2,0 mBq/l (2009: <3,0 mBq/l).

In 2 von 85 gemessenen Proben wurde H-3 in Konzentrationen bei 19 Bq/l und 39 Bq/l (2009: 26 bis 34 Bq/l) nachgewiesen, der Median aller Werte liegt bei <8 Bq/l (2009: <8 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 H-3-Konzentrationen 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	2010						2009
		Anzahl gesamt ^a	Anzahl <NWG	Minimal- wert ^b	Maximal- wert ^b	Mittel- wert ^b	Median	Median
Grundwasser (mBq/l)								
	K-40	199	110	18	25.000		<460	460
	Co-60	352	344	11	96		<28	<29
	Cs-137	221	220		31		<21	<20
	H-3	374	334	1.700	29.000		<7.100	<7.300
	Sr-90	21	9	2,1	5,4	3,2	3,6	3,8
	R-Beta	12	12				<70	<100
	G-Alpha	35	12	19	83	39	<47	<70
Trinkwasser (mBq/l)								
Rohwasser	K-40	62	36	34	750		<250	<320
	Co-60	86	86				<15	<17
	Cs-137	64	64				<9,2	<13
	H-3	93	88	1.700	9.000		<3.100	<5.400
	Sr-90	18	11	0,23	5		4,5	<20
	G-Alpha	6	0	47	66	55	54	50
Reinwasser	K-40	74	49	23	190		<120	150
	Co-60	75	75				<8,7	<10
	Cs-137	75	75				<7,2	<9
	H-3	91	89	19.000	39.000		<8.000	<8.000
	Sr-90	21	16	0,22	3		<2	<3

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- und der Maximalwert 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 Sammeltanks 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 Ländermessstellen 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 2010.

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.

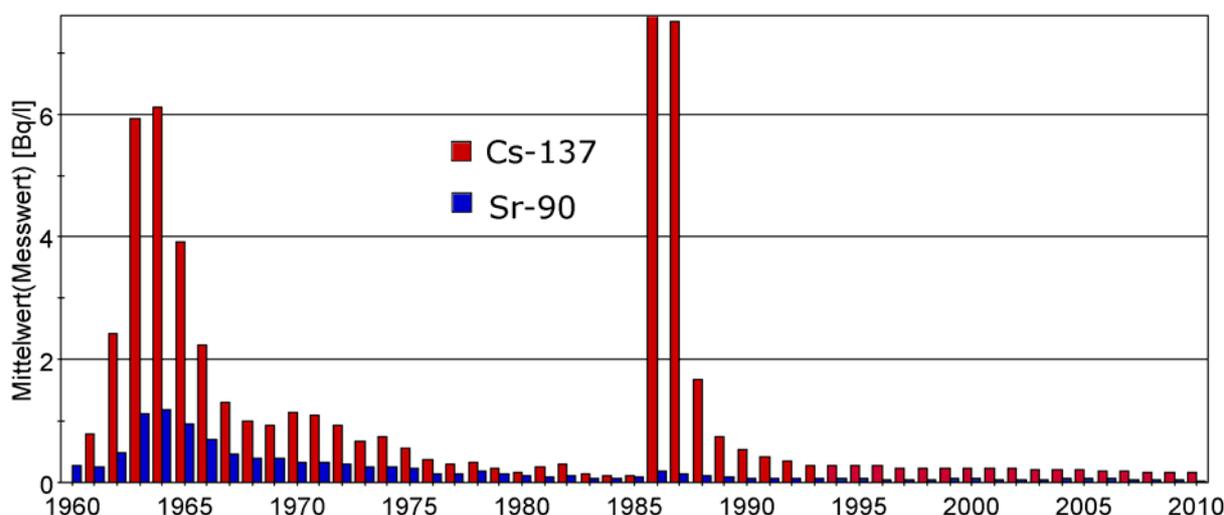


Abbildung 2.4.3-1 Jahresmittelwerte der Sr-90- und Cs-137-Aktivitäten der Rohmilch in der Bundesrepublik Deutschland
(Annual mean values of Sr-90 and Cs-137 activities of raw milk in the Federal Republic of Germany)

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	2008	20	0,06	82	<0,12
	2009	21	0,06	85	<0,12
	2010	8	<0,06 (<0,01 - 0,12)	82	<0,11 (0,01 -<0,32)
Bayern	2008	32	0,05	216	<0,17
	2009	33	<0,05	223	<0,16
	2010	24	<0,04 (<0,01 - 0,06)	214	<0,15 (0,04 - 0,90)

Bundesland	Jahr	Sr-90 (Bq/l)		Cs-137 (Bq/l)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Berlin	2008	12	0,02	27	<0,38
	2009	12	0,02	24	<0,59
	2010	12	0,02 (0,01 - 0,04)	24	<0,50 (0,04 - 2,29)
Brandenburg	2008	15	0,03	53	<0,18
	2009	18	0,03	50	<0,23
	2010	17	0,03 (0,02 - 0,05)	51	<0,16 (<0,04 - 0,50)
Bremen	2008	12	0,03	12	0,57
	2009	12	0,03	12	<0,63
	2010	12	<0,02 (0,01 - 0,05)	12	<0,34 (0,04 - 2,13)
Hamburg	2008	12	0,02	12	<0,06
	2009	12	0,02	12	<0,07
	2010	6	0,02 (0,01 - 0,04)	12	<0,07 (<0,05 - <0,09)
Hessen	2008	19	0,06	50	<0,08
	2009	18	0,05	50	<0,09
	2010	15	0,03 (0,02 - 0,05)	50	<0,08 (0,04 - <0,17)
Mecklenburg- Vorpommern	2008	12	<0,02	48	<0,13
	2009	12	<0,02	48	<0,17
	2010	12	0,02 (0,01 - 0,03)	48	<0,14 (0,05 - 0,69)
Niedersachsen	2008	62	0,03	194	<0,21
	2009	46	0,03	190	<0,23
	2010	29	0,04 (0,02 - 0,11)	198	<0,26 (<0,04 - 5,8)
Nordrhein-Westfalen	2008	25	0,04	108	<0,12
	2009	18	0,04	107	<0,12
	2010	13	<0,03 (<0,02 - 0,07)	116	<0,12 (<0,02 - 1,41)
Rheinland-Pfalz	2008	24	<0,03	50	<0,06
	2009	20	0,03	49	<0,06
	2010	11	0,03 (0,01 - 0,04)	50	<0,06 (0,01 - <0,12)
Saarland	2008	12	<0,05	15	<0,20
	2009	12	<0,04	17	<0,20
	2010	12	<0,05 (<0,02 - 0,14)	15	<0,20 (<0,2 - <0,2)
Sachsen	2008	12	0,02	60	<0,10
	2009	12	0,02	60	<0,09
	2010	12	0,02 (0,02 - 0,04)	60	<0,09 (0,04 - 0,39)
Sachsen-Anhalt	2008	12	<0,02	72	<0,32
	2009	12	<0,02	72	<0,54
	2010	12	<0,02 (<0,01 - 0,02)	72	<0,37 (0,06 - 2,66)

Bundesland	Jahr	Sr-90 (Bq/l)		Cs-137 (Bq/l)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Schleswig-Holstein	2008	16	0,03	88	<0,14
	2009	18	0,03	93	<0,13
	2010	12	0,04 (0,03 - 0,05)	88	<0,15 (0,09 - 0,39)
Thüringen	2008	12	0,02	36	<0,10
	2009	12	0,01	36	<0,10
	2010	12	0,01 (0,01 - 0,02)	36	<0,09 (<0,07 - <0,11)
Bundesrepublik (gesamt)	2008	309	<0,03	1123	<0,17
	2009	288	<0,03	1128	<0,19
	2010	219	<0,03 (<0,01 - 0,14)	1128	<0,17 (<0,01 - 5,8)

Tabelle 2.4.3-2 Bereiche der radioaktiven Kontamination von Milch und Milchprodukten im Jahr 2010
(Areas of radioactive contamination of milk and milk products in the year 2010)

Produkt	N	Cs-134 (Bq/kg)		Cs-137 (Bq/kg)	
		max. Wert	min. Wert	max. Wert	min. Wert
Rohmilch	1128	<0,6	<0,01	5,8	<0,01
Käse	6	<0,19	<0,08	<0,26	<0,09
Lakenkäse	1	<0,08		<0,1	
Sauermilcherzeugnisse	5	<0,2	<0,04	<0,24	<0,04
Importe					
Käse	60	<0,2	<0,05	<0,42	0,05
Frischkäse	5	<0,3	<0,05	0,3	<0,06
Schafskäse	5	<0,19	<0,06	<0,26	<0,07
Ziegenkäse	1	<0,05		<0,05	
Lakenkäse	2	<0,13	<0,04	<0,15	<0,04

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			
		2009		2010	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
BADEN-WÜRTTEMBERG					
FZ Karlsruhe	Cs-137	2	0,02	2	<0,08 (<0,03 - 0,13)
	Sr-90	2	0,02	2	0,04 (0,03 - 0,04)
	I-131 (nur Bereich)	1	<0,04	2	<0,14 - <0,27
KWO Obrigheim	Cs-137	4	<0,05	4	<0,05 (<0,04 - <0,06)
	Sr-90	4	0,02	4	0,02 (0,01 - 0,02)

LAND/ Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/l			
		2009		2010	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
GKN Neckarwestheim	I-131 (nur Bereich)	10	<0,005 - <0,009	10	<0,003 - <0,008
	Cs-137	4	<0,05	4	<0,03 (<0,03 - <0,04)
	Sr-90	4	0,02	4	0,02 (0,02 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	10	<0,005 - <0,009	10	<0,003 - <0,009
KKP Philippsburg	Cs-137	4	<0,02	4	<0,07 (<0,02 - <0,16)
	Sr-90	4	0,02	4	0,02 (0,01 - 0,03)
	I-131 (nur Bereich)	11	<0,05 - <0,01	11	<0,005 - <0,008
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	5	<0,03	8	<0,11 (0,01 - 0,61)
	Sr-90	5	0,03	5	0,03 (0,02 - 0,05)
	I-131 (nur Bereich)	11	<0,003 - <0,009	12	<0,004 - <0,008
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	8	<0,03	5	<0,03 (0,01 - <0,04)
	Sr-90	4	0,03	4	0,02 (0,02 - 0,03)
	I-131 (nur Bereich)	10	<0,005 - <0,011	8	<0,005 - <0,011
BAYERN					
KRB Gundremmingen	Cs-137	6	0,02	6	<0,02 (<0,01 - 0,03)
	Sr-90	6	<0,01	6	<0,01 (<0,01 - <0,01)
	I-131 (nur Bereich)	18	<0,004 - <0,009	18	<0,003 - <0,007
KKI Isar	Cs-137	4	0,07	4	0,05 (0,04 - 0,09)
	Sr-90	4	<0,01	4	<0,01 (0,01 - 0,01)
	I-131 (nur Bereich)	12	<0,004 - <0,007	12	<0,004 - <0,008
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	6	<0,14	6	<0,18 (<0,16 - <0,19)
	Sr-90	6	<0,02	6	<0,02 (<0,02 - <0,04)
	I-131 (nur Bereich)	18	<0,004 - <0,010	18	<0,004 - <0,008
FRM II	Cs-137	2	<0,11	2	<0,08 (0,06 - <0,09)
	Sr-90	2	<0,02	2	<0,02 (0,01 - <0,02)
BRANDENBURG					
KKR Rheinsberg	Cs-137	4	<0,08	4	<0,09 (<0,08 - 0,1)
	Sr-90	4	0,01	4	0,03 (0,02 - 0,04)
	I-131 (nur Bereich)	a		4	<0,08 - <0,10
HESSEN					
KWB Biblis	Cs-137	10	<0,07	8	<0,09 (<0,02 - <0,17)
	Sr-90	10	0,02	8	0,01 (0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	30	<0,004 - <0,01	24	<0,004 - <0,008
MECKLENBURG-VORPOMMERN					
KGR Greifswald	Cs-137	4	<0,14	2	0,11 (0,05 - 0,18)

LAND/ Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/l			
		2009		2010	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
	Sr-90 I-131 (nur Bereich)	4	<0,03	2	0,02 (0,02 - 0,02)
NIEDERSACHSEN					
KKS Stade	Cs-137	a		a	
	Sr-90	a		a	
	I-131 (nur Bereich)	a		a	
KKU Unterweser	Cs-137	4	<0,07	4	<0,12 (<0,05 - 0,29)
	Sr-90	4	0,03	4	0,03 (0,03 - 0,03)
	I-131 (nur Bereich)	12	<0,005 - <0,082	12	<0,002 - <0,012
KWG Grohnde	Cs-137	4	<0,07	4	<0,07 (<0,06 - <0,07)
	Sr-90	4	0,03	4	0,03 (0,02 - 0,03)
	I-131 (nur Bereich)	12	<0,006 - <0,018	12	<0,005 - <0,011
KKE Emsland	Cs-137	4	<0,07	4	<0,06 (<0,04 - 0,09)
	Sr-90	4	<0,04	4	0,03 (0,02 - 0,05)
	I-131 (nur Bereich)	12	<0,005 - <0,019	12	<0,004 - <0,017
Zwischenlager Gorleben	Cs-137	24	0,27	24	0,27 (0,07 - 0,45)
	Sr-90	12	<0,04	12	0,03 (0,02 - 0,05)
	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	<0,05 (<0,02 - <0,07)
	Sr-90	4	0,03	4	0,03 (0,02 - 0,03)
	I-131 (nur Bereich)	40	<0,005 - <0,01	32	<0,005 - <0,010
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 - <0,023)
	Fluor (mq/l)	12	<0,42	12	<0,42 (<0,42 - <0,42)
RHEINLAND-PFALZ					
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	2	<0,09	2	<0,07 (<0,06 - <0,07)
	Sr-90	a		a	
	I-131 (nur Bereich)	a		a	

LAND/ Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/l			
		2009		2010	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
KKW Cattenom	Cs-137	a		6	<0,02 (<0,02 - <0,02)
	Sr-90	a		6	<0,03 (<0,01 - 0,05)
	I-131 (nur Bereich)	a		12	<0,006 - <0,009
SACHSEN					
VKTA Rossendorf	Cs-137	2	<0,09	2	<0,08 (0,07 - <0,09)
	Sr-90	2	0,03	2	0,02 (0,02 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	1	<0,084	2	<0,078 - <0,079
SACHSEN-ANHALT					
Endlager Morsleben	Cs-137	2	<0,12	2	0,39 (0,37 - 0,41)
	Sr-90	a		a	
SCHLESWIG-HOLSTEIN					
GKSS Geesthacht	Cs-137	4	<0,12	4	<0,13 (<0,12 - <0,14)
	Sr-90	4	0,04	4	0,03 (0,03 - 0,04)
	I-131 (nur Bereich)	12	<0,005 - <0,008	12	<0,003 - <0,008
KKB Brunsbüttel	Cs-137	4	<0,08	4	0,04 (0,02 - 0,05)
	Sr-90	4	0,03	4	0,03 (0,03 - 0,04)
	I-131 (nur Bereich)	32	<0,008 - <0,010	32	<0,007 - <0,010
KKK Krümmel	Cs-137	8	<0,07	8	<0,06 (0,03 - 0,13)
	Sr-90	8	0,03	8	0,03 (0,02 - 0,05)
	I-131 (nur Bereich)	24	<0,007 - <0,01	24	<0,008 - <0,010
KBR Brokdorf	Cs-137	8	<0,05	8	<0,06 (<0,02 - 0,08)
	Sr-90	8	0,03	8	0,03 (0,02 - 0,04)
	I-131 (nur Bereich)	24	<0,008 - <0,010	24	<0,007 - <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 2010 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, Rheinland-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 2010 etwa eine Größenordnung höher als die aus Fischteichen und aus Fließgewässern (Tabelle 2.4.5-1).

**Tabelle 2.4.5-1 Cs-137-Aktivität in Süßwasserfischen
(Cs-137 activity in freshwater fish)**

Messungen der Bundesländer

Gewässer	Region	Cs-137-Aktivität in Bq/kg FM					
		2010					2009
		N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert
Binnenseen	Süddeutschland	25	1	0,15	17	1,5	1,32
	Mitteldeutschland	6	2	<0,12	84	0,14	<0,2
	Norddeutschland	49	7	<0,1	37	2,1	1,5
Fischteiche	Süddeutschland	15	10	0,14	0,24	0,15	0,15
	Mitteldeutschland	27	11	0,12	0,97	0,17	0,16
	Norddeutschland	11	5	<0,1	0,87	0,14	0,21
Fließgewässer	Süddeutschland	7	3	<0,1	1,9	0,15	0,32
	Mitteldeutschland	26	10	0,075	4,1	0,14	0,23
	Norddeutschland	7	0	0,26	0,91	0,40	0,35
nicht spezifizierte Gewässer	Süddeutschland	2	1	<0,22	0,49	0,14	
	Mitteldeutschland	2	1	<0,12	0,18	<0,15	
	Norddeutschland	0	0				

Der in der Region „Mitteldeutschland“ berichtete Maximalwert geht auf eine Flussbarschprobe aus dem Arendsee in Sachsen-Anhalt zurück, während die anderen Werte unter 0,19 Bq/kg FM lagen. Die Ergebnisse der Messungen von Fischen aus Seen in diesem Gebiet Sachsen-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 Cs-137-Aktivität in Forellen und Karpfen
(Cs-137 activity in trout and carp)**

Messungen der Bundesländer (aus Binnenseen, Fischteichen und Fließgewässern)

Fisch	Cs-137-Aktivität in Bq/kg FM					
	2010					2009
	N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert
Forellen	39	20	0,01	0,64	0,14	0,14
Karpfen	22	11	< 0,1	4,5	0,10	0,09

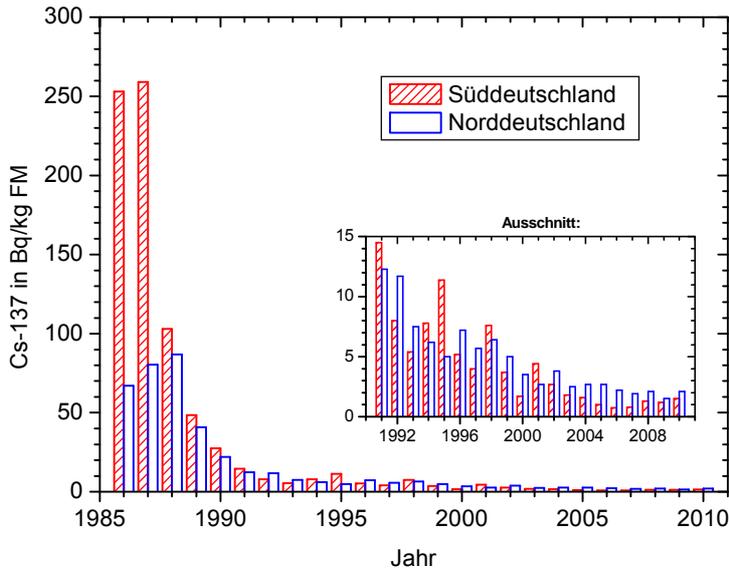


Abbildung 2.4.5-1
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in
Fischen aus Binnenseen in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity
in fish from lakes in Bq/kg WW)

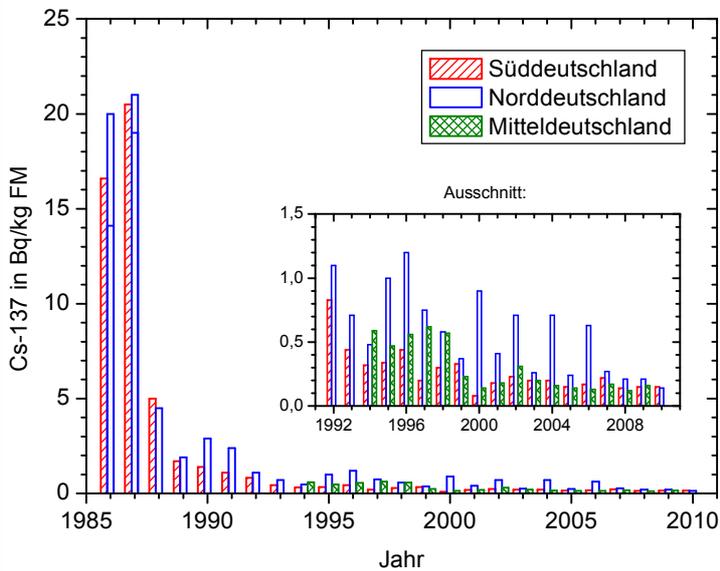


Abbildung 2.4.5-2
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in
Fischen aus Fischteichen in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity
in fish from fish farms in Bq/kg WW)

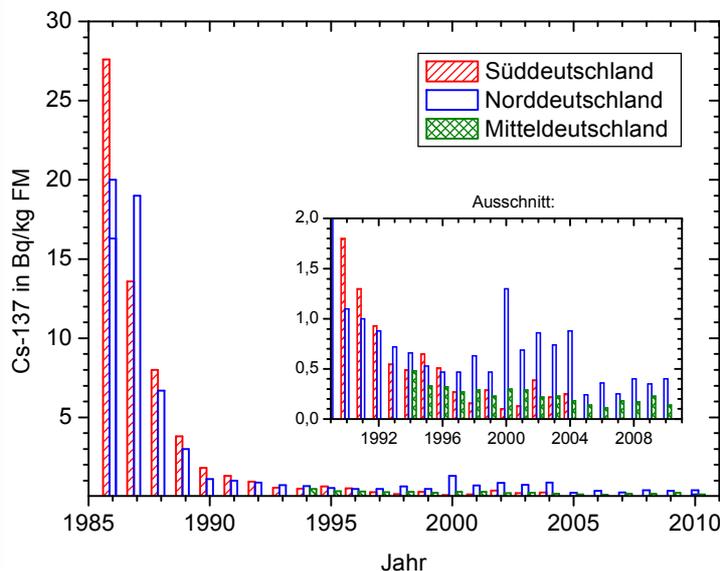


Abbildung 2.4.5-3
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in
Fischen aus Fließgewässern in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity
in fish from rivers in Bq/kg WW)

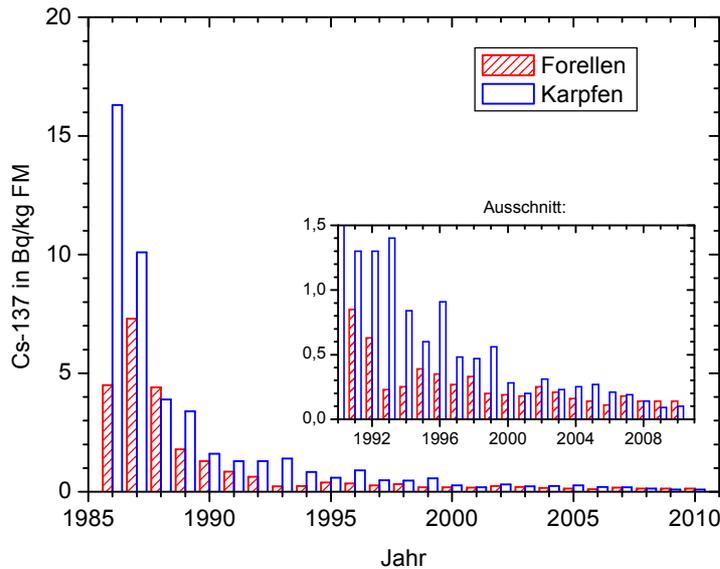


Abbildung 2.4.5-4
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in Karpfen und Forellen in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity in trout and carp in Bq/kg WW)

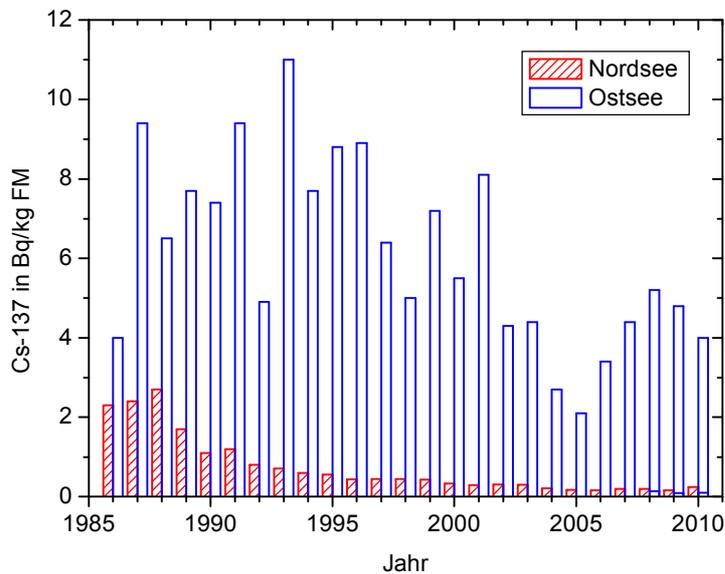


Abbildung 2.4.5-5
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in Fischen aus Nord- und Ostsee in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity in fish from the North and Baltic Seas in Bq/kg WW)

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 2010 die Cs-137-Werte bis auf zwei Proben unter 1 Bq/kg. Der Median liegt bei etwa 0,24 Bq/kg, ähnlich wie im Vorjahr. Die beiden höheren Werte von 4,8 und 9,3 Bq/kg (Kabeljauproben) sind vermutlich eher der Ostsee bzw. dem Übergangsbereich zwischen Nord- und Ostsee zuzurechnen, oder aus der Ostsee in die Nordsee gewandert.

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 0,12 Bq/kg auf; vgl. Tabelle 2.4.5-3. Nahezu alle Einzelwerte lagen unterhalb der Nachweisgrenze.

Die im Jahr 2010 für Proben aus Importen bestimmten Jahresmedianwerte für Cs-137 (Tabelle 2.4.5-4) lagen bei etwa 0,052 Bq/kg (Süßwasserfisch), 0,1 Bq/kg (Seefisch) und 0,11 Bq/kg (Fischereierzeugnisse); für Krusten- und Schalentiere wurde von 12 Proben nur ein signifikanter Wert gefunden.

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

Gewässer	Probenart	Cs-137-Aktivität in Bq/kg FM					
		2010					2009
		N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert
Nordsee	Fische	27	5	<0,11	9,3	0,24	0,16
	Garnelen	14	13	<0,11	0,14	<0,15	<0,15
	Miesmuscheln	12	11	<0,11	0,16	<0,15	<0,13
Ostsee	Fische	49	2	<0,13	10	4,0	4,8

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

Probenart	Cs-137-Aktivität in Bq/kg FM					
	2010					2009
	N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert
Süßwasserfisch	35	23	0,038	1,7	0,052	0,056
Seefisch	121	53	0,049	9,3	0,11	0,11
Krusten- u. Schalentiere	12	11	<0,1	0,20	<0,12	<0,11
Fischereierzeugnisse	19	11	<0,1	0,28	0,11	0,045

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 2010 noch keine Ergebnisse von Sr-90-Messungen der Leitstelle vor.

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

Probenart	Gewässer	Sr-90-Aktivität in Bq/kg FM					
		2010					2009
		N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert
Fisch	Binnenseen	15	1	<0,013	0,27	0,030	0,017
	Fischteiche	7	4	<0,0048	0,167	0,004	0,012
	Fließgewässer	11	8	<0,0075	0,095	<0,012	0,0059
Garnelen	Nordsee	12	7	<0,020	0,058	0,013	0,018
Miesmuscheln	Nordsee	12	6	0,020	0,050	0,017	0,011

Routineprogramm der Leitstelle

Fischproben aus Ostsee, Nordsee, Barentssee und der Grönlandsee wurden während der 334., 336., 338. und 339. Reise mit dem FFS „Walther-Herwig-III“ genommen. Zusätzlich wurden vom Institut für Ostseefischerei 30 Ostsee-Fischproben zur Verfügung gestellt, die das Institut über das Jahr verteilt u. a. von Reisen kommerzieller Fischkutter beschaffte. Die gammaspektrometrischen Messungen des größeren Teils der Proben aus dem Berichtsjahr 2010 wurden in die obigen Auswertungen bereits einbezogen.

Zusammen mit den für frühere Jahre nachzureichenden Messwerten, insbesondere von alphaspektrometrischen Plutonium- und Americium-Analysen, sind diese in der Tabelle 2.4.5-6 summarisch dargestellt, unterschieden zwischen Fischfleisch- und Gesamtfischproben. Die zur Barentssee und zur Grönlandsee gehörenden Werte können als Hintergrundwerte des Nordostatlantiks betrachtet werden; dies gilt auch für den Atlantik bei Island, wo im vergangenen Jahr im Mittel 0,13 Bq/kg im Fischfleisch gefunden wurden. Die Nordsee-Werte unterscheiden sich von den genannten Werten kaum; 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.

Tabelle 2.4.5-6 Radionuklid-Aktivitäten von Fischen aus verschiedenen Meeresgebieten inkl. Nachtrag zu früheren Jahren
(Radionuclide activities fish from different marine areas incl. supplement to earlier years)
 Ergebnisse von „Walther-Herwig-III“-Fahrten in den Jahren 2006 bis 2010; Messungen der Leitstelle

Meer / Probe	Radionuklid	Jahr	N	nn	Aktivitätskonzentration (Bq/kg FM)		
					min. Wert	max. Wert	Medianwert
Barentssee (71,5°N - 79,5°N; 8,5°E - 25,5°E)							
Fischfleisch	Cs-137	2010	18	0	0,056	0,26	0,19
Grönland							
Fischfleisch							
östlich Grönl.:	Cs-137	2010	2	0	0,18	0,21	0,20
westlich Grönl.:	Cs-137	2010	2	0	0,28	0,31	0,29
Nordsee							
Fischfleisch	Cs-137	2010	5	0	0,18	0,38	0,28
	Pu-239,240	2006	4	4	<0,0001	<0,00049	<0,00035
		2007	4	3	<0,000014	0,000073	<0,000017
	Pu-238	2006	4	4	<0,00006	<0,00028	<0,0002
		2007	4	4	<0,000012	<0,000019	<0,000017
	Am-241	2006	3	3	<0,000060	<0,00026	<0,00013
		2007	6	2	<0,000009	0,000078	0,000023
Gesamtfisch	Pu-239,240	2006	7	2	0,00019	0,0068	0,00023
		2007	8	0	0,000037	0,00050	0,00013
	Pu-238	2006	7	4	0,000029	0,0012	0,00022
		2007	8	6	<0,000022	<0,00018	<0,00004
	Am-241	2006	7	2	<0,000088	0,0048	0,00023
		2007	6	0	0,000028	0,00018	0,000069
Ostsee (südliche und westliche)							
Fischfleisch	Cs-137	2010	360	0	0,75	10	5,5
	Pu-239,240	2006	7	4	<0,000045	0,00032	0,000030
		2007	4	2	<0,000019	0,00072	0,00026
	Pu-238	2006	7	5	0,000023	0,000098	0,000023
		2007	4	3	<0,000018	0,000051	<0,000020
	Am-241	2006	6	6	<0,000036	<0,00027	<0,000098
		2007	6	4	<0,000009	0,000070	0,000015
Gesamtfisch	Cs-137	2010	150	0	0,77	5,3	3,9
	Sr-90	2009	5	0	0,011	0,041	0,029
	Pu-239,240	2006	3	0	0,00072	0,0019	0,0010
	Pu-238	2006	3	1	<0,000072	0,00031	0,00018
	Am-241	2006	2	0	0,00021	0,00034	0,00027

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, Bonn 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 2010 wurden für 23 kerntechnische Anlagen Werte γ -spektrometrischer Messungen (vor allem Cs-137) an 82 Fischfleischproben und 9 Proben von Wasserpflanzen gemeldet; Sr-90-Messungen wurden an 9 Fischfleischproben durchgeführt. Hinsichtlich der Fischarten ergab sich, dass Proben von 17 Süßwasserfischarten, von Mischungen verschiedener Süßwasserfischarten inkl. „Friedfisch“ und „Raubfisch“, 1 marine Art aus Flussunterläufen bzw. Ästuaren sowie Fische ohne Artenbezeichnung untersucht wurden. 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 Aktivität von Fischen und Wasserpflanzen
(im Rahmen der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen)
(Activity in fish and aquatic plants
- within the framework of ambient surveillance for nuclear facilities)**

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

Gewässer	Anlage	Radio-nuklid	2010					2009
			N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert
Fisch (Bq/kg FM)								
Donau	KRB Gundremmingen	Cs-137	6	2	<0,14	0,39	0,20	0,23
Elbe	GKSS Geesthacht	Cs-137	6	0	0,19	0,32	0,23	0,21
	KKK Krümmel	Cs-137	4	0	0,29	0,36	0,31	0,23
	PKA Gorleben	Cs-137	3	0	0,23	0,28	0,26	0,21
	KKS Stade	Cs-137	4	0	0,14	0,33	0,24	0,50
	KBR Brokdorf	Sr-90	6	6	<0,009	<0,02	<0,010	<0,011
			Cs-137	6	0	0,15	0,56	0,29
	KKB Brunsbüttel	Cs-137	6	0	0,18	0,54	0,46	0,16
Ems	KKE Emsland	Cs-137	3	0	0,16	0,70	0,19	0,23
Greifswalder Bodden	KGR Greifswald	Cs-137	4	0	0,92	2,7	1,5	0,76
Havel (Griebnitzsee)	HMI Berlin	Cs-137	1	0	0,43	0,43	0,43	
Sacrower See		Cs-137	1	0	30	30	30	
Isar	KKI 1/2 Isar	Cs-137	4	3	<0,14	0,21	<0,16	0,25
	FRM II Garching	Cs-137	1	0	0,17	0,17	0,17	0,55
Main	KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	4	3	<0,17	0,41	<0,19	<0,17
	VAK Kahl	Cs-137						
Mosel	Cattenom (Frankreich)	Sr-90	1	0	0,024	0,024	0,024	<0,02
		Cs-137	1	1	<0,06	<0,06	<0,06	0,088
Neckar	GKN Neckarwestheim	Cs-137	2	1	<0,031	0,052	<0,04	<0,078
	KWO Obrigheim	Cs-137	2	1	0,098	<0,098	<0,098	<0,092
Rhein	KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	2	0	0,17	0,19	0,18	0,12
		Sr-90	2	0	0,022	0,042	0,014	0,014
	KWB Biblis	Cs-137	6	0	0,062	0,15	0,10	0,091

Gewässer	Anlage	Radio-nuklid	2010					2009	
			N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert	
Rur Stechlinsee Ellbogensee Weser	KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	6	2	0,075	0,12	0,10	0,12	
	KKP Philippsburg	Cs-137	3	1	0,099	0,12	0,10	0,13	
	FZ Karlsruhe	Cs-137							
	FZ Jülich	Cs-137	2	0	0,19	0,22	0,21	0,37	
	KKR Rheinsberg	Cs-137	1	0	39	39	39	40	
	KKR Rheinsberg	Cs-137	1	0	7,5	7,5	7,5	12	
	KKU Unterweser	Cs-137	3	0	0,18	0,36	0,20	0,15	
	KWG Grohnde	Cs-137	4	0	0,038	0,086	0,053	0,072	
Wasserpflanzen (Bq/kg TM); * in Bq/kg FM									
Ahauser Aa	Ahaus	Co-60*	1	1	<0,22	<0,22	<0,22	<0,19	
		Cs-137*	1	0	0,35	0,35	0,35	0,56	
Moorbach	Ahaus	Co-60*	1	1	<0,34	<0,34	<0,34	<0,23	
Donau	KRB Gundremmingen	Mn-54	1	0	1,2	1,2	1,2		
		Co-60	2	1	<0,69	3,7	1,5	<0,34	
		Cs-137	3	0	3,0	11	7,0	1,8	
Isar	FRM II Garching	Co-60	2	2	<0,69	<0,83	<0,76	<0,53	
		I-131	2	0	5,4	10	7,7	22	
		Cs-137	2	0	3,3	5,7	4,5	7,6	
		I-131	1	0	81	81	81	23	
Main	KKI 1/2 Isar	Cs-137	1	0	18	18	18	14	
		KKG Grafenrheinfeld	Co-60	2	0	1,1	2,1	1,6	0,84
			I-131	2	0	1,5	1,8	1,7	1,0
		Cs-137	2	0	1,1	1,2	1,2	0,87	

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 in diesem Jahr 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	2009	28	< 0,13 (< 0,04 - < 0,27)	5	0,35 (0,07 - 1,29)
	2010	30	< 0,14 (< 0,06 - < 0,20)	2	0,26 (0,14 - 0,37)
Bayern	2009	43	< 0,17 (< 0,08 - < 0,36)	9	0,19 (0,12 - 0,28)
	2010	47	< 0,15 (< 0,06 - < 0,29)	7	0,25 (0,08 - 0,37)
Berlin	2009	2	< 0,13 (< 0,09 - < 0,16)	1	0,16
	2010	1	< 0,09	1	0,07
Brandenburg	2009	22	< 0,13 (< 0,07 - 0,40)	1	0,24
	2010	24	< 0,12 (< 0,05 - < 0,16)	1	0,29
Bremen	2009	3	< 0,06 (< 0,04 - < 0,09)		
	2010	3	< 0,08 (< 0,04 - < 0,10)		
Hamburg	2009	2	< 0,08 (< 0,07 - 0,08)	1	0,08
	2010	3	< 0,07 (< 0,05 - < 0,07)		
Hessen	2009	17	< 0,10 (< 0,06 - < 0,15)		
	2010	16	< 0,09 (< 0,06 - < 0,14)		
Mecklenburg- Vorpommern	2009	36	< 0,13 (< 0,09 - 0,66)	2	0,15 (0,12 - 0,18)
	2010	35	< 0,12 (0,08 - < 0,17)	3	0,16 (0,10 - 0,21)
Niedersachsen	2009	49	< 0,19 (< 0,10 - 0,54)	3	< 0,08 (< 0,02 - 0,15)
	2010	41	< 0,18 (0,07 - 0,38)	3	< 0,06 (< 0,02 - 0,09)
Nordrhein-Westfalen	2009	30	< 0,11 (< 0,03 - < 0,20)	4	0,10 (0,03 - 0,23)
	2010	27	< 0,12 (< 0,06 - < 0,29)	3	0,13 (0,05 - 0,17)
Rheinland-Pfalz	2009	20	< 0,10 (< 0,04 - < 0,14)	3	0,08 (0,05 - 0,09)
	2010	18	< 0,10 (< 0,04 - < 0,14)	3	0,07 (0,06 - 0,09)
Saarland	2009	2	< 0,20 (< 0,20 - < 0,20)	1	0,13
	2010	2	< 0,20 (< 0,20 - < 0,20)	1	0,24
Sachsen	2009	31	< 0,10 (< 0,08 - < 0,16)	3	0,14 (0,11 - 0,18)
	2010	27	< 0,10 (< 0,08 - < 0,14)	3	0,13 (0,12 - 0,13)
Sachsen-Anhalt	2009	31	< 0,13 (< 0,06 - < 0,19)	3	0,17 (0,08 - 0,29)
	2010	31	< 0,13 (< 0,07 - 0,37)	3	0,12 (0,10 - 0,13)
Schleswig-Holstein	2009	32	< 0,14 (< 0,08 - < 0,17)	3	0,11 (0,09 - 0,14)
	2010	34	< 0,13 (< 0,09 - 0,18)	3	0,13 (0,12 - 0,14)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		Sr-90 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Thüringen	2009	34	< 0,12 (< 0,09 - < 0,14)	1	0,06
	2010	34	< 0,11 (< 0,08 - < 0,15)	1	0,04
Bundesrepublik (gesamt)	2009	382	< 0,14 (< 0,03 - 0,66)	40	< 0,16 (< 0,02 - 1,29)
	2010	373	< 0,13 (< 0,04 - 0,38)	34	< 0,16 (< 0,02 - 0,37)

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

Importe	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Frankreich	2009	1	< 0,20
	2010	1	< 0,20
Kanada	2009	1	< 0,07
	2010	1	< 0,10
Polen	2009	1	< 0,09
	2010	1	< 0,13
Tschechische Republik	2009	4	< 0,09 (0,05 - < 0,12)
	2010	7	< 0,08 (< 0,06 - < 0,11)
Türkei	2010	2	< 0,15 (< 0,10 - < 0,20)

**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	2009	1	< 0,17		-		
	2010	1	< 0,13				
Gerste	2009	106	< 0,15	(< 0,03 - 0,72)	7	0,15	(0,06 - 0,25)
	2010	112	< 0,17	(< 0,01 - < 2,28)	8	0,19	(0,06 - 0,33)
Hafer	2009	24	< 0,34	(< 0,08 - 3,42)	1	0,12	
	2010	17	< 0,24	(< 0,09 - 1,07)	-		
Hirse	2009	6	< 0,10	(< 0,09 - < 0,11)	-		
	2010	3	< 0,12	(< 0,11 - < 0,13)	1	0,23	
Mais	2009	3	< 0,09	(< 0,08 - < 0,10)	-		
	2010	1	< 0,05		-		
Reis	2009	9	< 0,11	(< 0,08 - < 0,16)	-		
	2010	13	< 0,10	(< 0,02 - < 0,25)	-		
Roggen	2009	160	< 0,18	(< 0,05 - 1,92)	15	0,13	(0,04 - 0,30)
	2010	156	< 0,18	(< 0,01 - 2,20)	19	< 0,16	(0,01 - 0,36)

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)			Sr-90 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
Triticalen	2009	12	< 0,17	(< 0,12 - < 0,28)	-		
	2010	7	< 0,11	(< 0,06 - < 0,16)	1	0,15	

- 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	2009	6	< 0,32	(< 0,11 - < 0,56)
	2010	5	< 0,20	(< 0,16 - 0,23)
Bayern	2009	8	< 0,30	(< 0,13 - 0,74)
	2010	8	< 0,47	(< 0,12 - 0,82)
Berlin	2009			
	2010	1	0,64	
Brandenburg	2009	5	4,42	(1,00 - 13,00)
	2010	4	9,68	(0,20 - 25,80)
Bremen	2009	3	0,43	(0,26 - 0,61)
	2010	3	0,46	(0,44 - 0,50)
Hamburg	2009	3	0,91	(0,71 - 1,06)
	2010	3	0,63	(0,53 - 0,78)
Hessen	2009	3	0,50	(0,15 - 1,15)
	2010	4	< 0,10	(< 0,08 - < 0,12)
Mecklenburg-Vorpommern	2009	3	0,24	(0,12 - 0,31)
	2010	4	1,08	(0,24 - 2,89)
Niedersachsen	2009	11	< 1,29	(< 0,18 - 4,90)
	2010	12	< 1,22	(< 0,10 - 6,10)
Nordrhein-Westfalen	2009	16	< 0,28	(< 0,06 - 0,64)
	2010	15	< 0,35	(< 0,06 - 0,59)
Rheinland-Pfalz	2009			
	2010	1	< 0,07	
Saarland	2009	4	< 0,20	(< 0,20 - < 0,20)
	2010	2	< 0,20	(< 0,20 - < 0,20)
Sachsen	2009	3	< 0,29	(< 0,15 - 0,41)
	2010	3	< 0,15	(< 0,12 - 0,21)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Sachsen-Anhalt	2009	3	0,64 (0,56 - 0,70)
	2010	3	0,41 (0,31 - 0,52)
Schleswig-Holstein	2009	3	< 0,25 (< 0,14 - 0,45)
	2010	3	< 0,40 (< 0,17 - 0,60)
Thüringen	2009	1	0,37
	2010	2	< 0,10 (< 0,09 - < 0,12)
Bundesrepublik (gesamt)	2009	72	< 0,78 (< 0,06 - 13,00)
	2010	73	< 1,03 (< 0,06 - 25,80)

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

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg	2009	44	< 0,27 (< 0,09 - 1,29)
	2010	45	< 0,32 (< 0,09 - 3,86)
Bayern	2009	92	< 0,52 (0,09 - 6,50)
	2010	87	< 0,44 (< 0,08 - 6,57)
Berlin	2009	6	< 1,71 (< 0,20 - 4,61)
	2010	6	0,99 (0,38 - 3,11)
Brandenburg	2009	12	< 0,61 (< 0,09 - 3,20)
	2010	13	< 8,73 (< 0,09 - 95,0)
Bremen	2009	6	< 0,65 (< 0,19 - 1,49)
	2010	6	0,53 (0,07 - 1,03)
Hamburg	2009	6	1,50 (0,07 - 5,03)
	2010	6	< 1,22 (< 0,08 - 3,29)
Hessen	2009	72	< 0,25 (< 0,09 - 1,32)
	2010	12	< 0,18 (0,06 - 0,44)
Mecklenburg-Vorpommern	2009	15	0,94 (0,08 - 3,17)
	2010	15	< 2,20 (< 0,08 - 10,70)
Niedersachsen	2009	46	< 1,00 (< 0,06 - 10,10)
	2010	50	< 0,71 (< 0,10 - 7,30)
Nordrhein-Westfalen	2009	53	< 0,25 (< 0,05 - 4,80)
	2010	50	< 0,19 (< 0,06 - 1,21)
Rheinland-Pfalz	2009	14	< 0,17 (< 0,08 - 0,52)
	2010	10	< 0,11 (< 0,07 - 0,18)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Saarland	2009	6	< 0,30 (< 0,20 - 0,80)
	2010	6	< 0,20 (< 0,20 - < 0,20)
Sachsen	2009	11	< 0,18 (0,07 - 0,58)
	2010	11	< 0,17 (0,07 - 0,62)
Sachsen-Anhalt	2009	9	< 0,82 (< 0,11 - 2,75)
	2010	12	< 1,50 (< 0,11 - 4,01)
Schleswig-Holstein	2009	26	< 0,50 (0,11 - 2,16)
	2010	26	< 0,58 (0,10 - 2,90)
Thüringen	2009	10	< 0,12 (< 0,10 - < 0,16)
	2010	10	< 0,11 (< 0,07 - 0,19)
Bundesrepublik (gesamt)	2009	428	< 0,49 (< 0,05 - 10,10)
	2010	365	< 0,83 (< 0,06 - 95,00)

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

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg	2009	24	< 0,29 (< 0,11 - 3,17)
	2010	25	< 0,17 (< 0,09 - < 0,38)
Bayern	2009	43	< 0,28 (< 0,08 - 2,85)
	2010	40	< 0,22 (< 0,05 - 0,74)
Berlin	2009	6	< 0,42 (< 0,08 - 1,05)
	2010	6	< 0,24 (< 0,09 - 0,48)
Brandenburg	2009	14	< 0,11 (< 0,07 - 0,20)
	2010	13	< 0,14 (< 0,08 - 0,40)
Bremen	2009	8	< 0,18 (0,13 - 0,26)
	2010	8	< 0,25 (0,08 - 0,89)
Hamburg	2009	6	< 0,11 (0,07 - 0,19)
	2010	6	< 0,15 (< 0,06 - 0,35)
Hessen	2009	12	< 0,14 (< 0,10 - < 0,21)
	2010	11	< 0,11 (< 0,08 - < 0,14)
Mecklenburg-Vorpommern	2009	18	< 0,15 (0,05 - 0,77)
	2010	20	< 0,10 (0,04 - 0,22)
Niedersachsen	2009	68	< 0,43 (< 0,08 - < 16,0)
	2010	70	< 0,29 (< 0,06 - 4,70)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Nordrhein-Westfalen	2009	94	< 0,13 (< 0,04 - 0,47)
	2010	94	< 0,21 (< 0,04 - 2,60)
Rheinland-Pfalz	2009	14	< 0,10 (0,06 - 0,13)
	2010	11	< 0,11 (< 0,07 - 0,23)
Saarland	2009	6	< 0,17 (< 0,01 - < 0,20)
	2010	6	< 0,20 (< 0,20 - < 0,20)
Sachsen	2009	11	< 0,12 (0,09 - < 0,14)
	2010	11	< 0,18 (0,09 - 0,78)
Sachsen-Anhalt	2009	24	< 0,13 (< 0,09 - 0,22)
	2010	24	< 0,12 (< 0,06 - 0,38)
Schleswig-Holstein	2009	12	< 0,18 (0,11 - 0,53)
	2010	12	< 0,17 (< 0,10 - 0,40)
Thüringen	2009	14	< 0,13 (< 0,09 - 0,36)
	2010	14	< 0,14 (< 0,07 - 0,53)
Bundesrepublik (gesamt)	2009	374	< 0,22 (< 0,01 - < 16,0)
	2010	371	< 0,20 (0,04 - 4,70)

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)
Lamm	2009	19	< 0,24 (< 0,07 - 1,20)
	2010	21	< 0,57 (< 0,06 - 4,80)
Geflügel Ente	2009	14	< 0,15 (< 0,07 - < 0,28)
	2010	16	< 0,12 (< 0,05 - 0,27)
Gans	2009	16	< 0,18 (< 0,05 - 0,39)
	2010	20	< 0,17 (< 0,04 - 0,38)
Huhn	2009	118	< 0,15 (0,04 - < 0,32)
	2010	122	< 0,17 (0,04 - < 2,70)
Pute	2009	50	< 0,13 (< 0,05 - < 0,24)
	2010	47	< 0,02 (< 0,05 - < 2,27)

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	2009	1	< 0,08	
	2010	2	< 0,29 (< 0,11 - 0,46)	
Haarwildfleisch Damwild	2009	16	15,0 (1,0 - 118)	
	2010	16	< 3,44 (< 0,09 - 25,7)	
Hirsch	2009	21	< 10,0 (< 0,11 - 66,0)	
	2010	18	< 10,2 (< 0,10 - 92,7)	
Reh	2009	130	< 21,2 (< 0,08 - 342)	
	2010	124	< 16,9 (< 0,11 - 176)	
Wildschwein	2009	76	< 98,9 (< 0,05 - 1721)	
	2010	96	< 58,7 (< 0,05 - 2264)	
Sonstiges	2010	9	< 11,9 (< 0,07 - 94,3)	

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	2009	8	< 0,12 (< 0,04 - < 0,17)		1	0,04	
	2010	14	< 0,17 (< 0,05 - < 0,39)		1	0,03	
Bayern	2009	32	< 0,18 (< 0,09 - 0,42)		4	< 0,04 (< 0,01 - 0,06)	
	2010	24	< 0,44 (< 0,09 - 5,18)		4	0,04 (0,02 - 0,05)	
Berlin	2009	3	< 0,12 (< 0,08 - 0,16)		1	0,03	
	2010	2	< 0,15 (< 0,15 - < 0,16)		1	0,01	
Brandenburg	2009	7	< 0,12 (< 0,09 - < 0,17)		1	< 0,02	
	2010	6	< 0,15 (< 0,11 - 0,30)		1	0,02	
Bremen	2009	2	< 0,07 (< 0,05 - < 0,09)				
	2010	2	< 0,13 (< 0,12 - 0,14)				
Hamburg	2009	2	< 0,10 (< 0,09 - < 0,11)				
	2010	2	< 0,08 (< 0,07 - < 0,09)				
Hessen	2009	5	< 0,10 (< 0,09 - < 0,13)		1	0,04	
	2010	5	< 0,14 (< 0,09 - < 0,18)		1	0,02	
Mecklenburg- Vorpommern	2009	11	< 0,08 (< 0,06 - < 0,10)		2	0,02 (0,02 - 0,02)	
	2010	11	< 0,08 (< 0,06 - < 0,09)		1	0,03	
Niedersachsen	2009	59	< 0,21 (< 0,06 - 1,00)		16	< 0,08 (0,01 - 0,50)	

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		Sr-90 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
	2010	79	<0,18 (< 0,08 - 0,60)	8	< 0,27 (< 0,02 - < 1,00)
Nordrhein-Westfalen	2009	18	<0,14 (< 0,05 - < 0,23)	5	< 0,04 (0,01 - 0,11)
	2010	23	<0,24 (< 0,03 - < 1,71)	5	< 0,05 (< 0,01 - 0,16)
Rheinland-Pfalz	2009	5	<0,07 (< 0,03 - < 0,10)	2	0,02 (0,02 - 0,02)
	2010	6	<0,07 (< 0,03 - < 0,10)	2	0,03 (0,02 - 0,03)
Saarland	2009	2	<0,20 (< 0,20 - < 0,20)		
	2010	2	<0,20 (< 0,20 - < 0,20)		
Sachsen	2009	6	<0,09 (< 0,07 - < 0,12)	1	0,02
	2010	6	<0,11 (< 0,07 - 0,21)	1	0,02
Sachsen-Anhalt	2009	9	<0,12 (< 0,10 - 0,16)	2	< 0,02 (< 0,02 - < 0,02)
	2010	8	<0,13 (< 0,11 - < 0,15)	2	< 0,02 (< 0,02 - < 0,02)
Schleswig-Holstein	2009	5	<0,13 (< 0,10 - < 0,17)	1	< 0,04
	2010	6	<0,15 (< 0,13 - < 0,18)	1	< 0,04
Thüringen	2009	3	<0,10 (< 0,08 - < 0,12)	1	0,01
	2010	3	<0,09 (< 0,08 - < 0,09)	1	0,01
Bundesrepublik (gesamt)	2009	177	< 0,16 (< 0,03 - 1,00)	38	< 0,05 (0,01 - 0,50)
	2010	199	< 0,20 (< 0,03 - 5,18)	29	< 0,10 (0,01 - < 1,00)

- 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	2009	685	< 0,15 (< 0,02 - 6,30)	71	< 0,13 (0,01 - 0,81)
	2010	741	< 0,16 (< 0,002 - < 2,90)	70	< 0,13 (0,01 - 0,59)
Fruchtgemüse	2009	217	< 0,19 (< 0,03 - 12)	15	< 0,04 (< 0,01 - 0,16)
	2010	219	< 0,14 (< 0,03 - 2,0)	13	0,08 (0,02 - 0,22)
Sprossgemüse	2009	246	< 0,13 (0,04 - 0,46)	20	< 0,06 (0,01 - 0,33)
	2010	229	< 0,13 (< 0,03 - 0,30)	16	< 0,05 (0,01 - 0,15)
Wurzelgemüse	2009	183	< 0,14 (< 0,03 - < 0,39)	18	0,11 (0,01 - 0,36)
	2010	173	< 0,14 (< 0,02 - 0,55)	17	0,13 (0,03 - 0,39)

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	2009	2	< 0,17	(< 0,15 - < 0,19)
	2010	3	< 0,17	(< 0,08 - < 0,24)
Wild-Blätterpilze	2009	60	< 18,5	(< 0,11 - 215)
	2010	24	< 27,6	(< 0,003 - 267)
Wild-Leisten- u. Trompetenpilze	2010	20	< 49	(< 0,20 - 382)
	2009	47	< 71,3	(0,73 - 321)
Wild-Röhrenpilze	2009	73	177	(0,90 - 1384)
	2010	160	< 125	(< 0,14 - 1046)
Sonstige Wildpilze	2009	10	< 19,8	(0,19 - 74,7)
	2010	11	< 14,1	(< 0,15 - 82,5)
Wildpilzmischungen	2009	13	< 138	(< 0,13 - 939)
	2010	12	128	(8,81 - 332)

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	2009	9	< 0,11	(<0,07 - < 0,20)	1	0,07	
		2010	15	< 0,14	(<0,06 - <0,24)	-		
Erdbeeren	2009	95	< 0,12	(<0,03 - < 0,25)	7	0,05	(0,03 - 0,08)	
	2010	131	< 0,14	(<0,01 - < 1,0)	9	0,03	(0,01 - 0,08)	
Johannisbeere	2009	25	< 0,12	(<0,07 - < 0,23)	2	0,04	(0,03 - 0,04)	
	2010	28	< 0,13	(<0,05 - < 0,26)	2	0,03	(0,03 - 0,03)	
Stachelbeere	2009	5	< 0,10	(<0,03 - < 0,14)	-			
	2010	7	< 0,11	(<0,05 - < 0,20)	-			
Tafelweintrauben	2009	19	< 0,10	(<0,03 - < 0,20)	-			
	2010	20	< 0,09	(<0,06 - < 0,20)	-			
Wald- u. Wildbeeren	2009	21	< 13,6	(<0,11 - 101)	-			
	2010	16	< 0,73	(<0,84 - 5,58)	-			
Kernobst	2009	203	< 0,12	(<0,02 - < 0,39)	21	< 0,02	(0,005 - 0,08)	

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)			Sr-90 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
Rhabarber	2010	205	< 0,13	(<0,03 - < 0,42)	15	< 0,02	(0,006 - 0,14)
	2009	19	< 0,12	(<0,06 - < 0,19)	1	0,29	
	2010	16	< 0,09	(<0,04 - < 0,17)	-		
Steinobst	2009	122	< 0,12	(0,04 - 0,30)	7	0,03	(0,02 - 0,04)
	2010	112	< 0,13	(<0,03 - < 0,30)	11	0,03	(0,01 - 0,06)
Zitrusfrüchte	2009	9	< 0,11	(<0,06 - < 0,20)	-		
	2010	11	< 0,12	(<0,06 - < 0,26)	-		
Obstprodukte	2010	5	< 0,57	(<0,09 - 2,23)	-		
Sonstige Obstarten	2009	8	< 0,14	(<0,05 - < 0,19)	-		
	2010	7	< 0,14	(<0,08 - < 0,20)	-		

- 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)	
Gewürze	2010	1	< 0,93	
Honig	2009	36	< 2,53	(0,08 - 71,8)
	2010	35	< 8,15	(< 0,08 - 89,1)
Schalenobst (Nüsse)	2009	6	< 0,93	(< 0,20 - 4,91)
	2010	6	< 0,39	(< 0,09 - 1,59)
Tee	2010	1	3,60	

- 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

Jahr	Sr-90 (Bq/kg FM)			Cs-137 (Bq/kg FM)					
	Weizen	Kartoffeln	Kernobst	Rindfleisch	Schweinefleisch	Kalb- fleisch	Weizen	Kartoffeln	Kernobst
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
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 *
2010	< 0,16	< 0,10	< 0,02 *	< 0,83	< 0,20	< 1,03	< 0,13	< 0,20	< 0,13 *

* 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 verzehrsfertige 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 2010 mit $0,23 \text{ Bq}/(\text{d} \cdot \text{p})$ ($\text{d} = \text{Tag}$; $\text{p} = \text{Person}$) 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:

Sr-90 : $29 \text{ Bq}/(\text{a} \cdot \text{p})$ [Vorjahr: $29 \text{ Bq}/(\text{a} \cdot \text{p})$]

Cs-137 : $84 \text{ Bq}/(\text{a} \cdot \text{p})$ [Vorjahr: $91 \text{ Bq}/(\text{a} \cdot \text{p})$]

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 $\text{Bq}/(\text{d} \cdot \text{p})$ ($\text{d} = \text{Tag}$ und $\text{p} = \text{Person}$)			Aktivitätszufuhr Sr-90 in $\text{Bq}/(\text{d} \cdot \text{p})$ ($\text{d} = \text{Tag}$ und $\text{p} = \text{Person}$)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
Januar	2009	64	< 0,20	(0,02 - < 0,74)	18	< 0,06	(0,01 - 0,13)
	2010	60	< 0,33	(0,06 - 4,70)	15	0,08	(0,01 - 0,15)
Februar	2009	55	< 0,27	(< 0,03 - 3,11)	6	< 0,09	(< 0,02 - 0,26)
	2010	58	< 0,27	(0,03 - 4,80)	6	< 0,06	(< 0,02 - 0,20)
März	2009	67	< 0,26	(< 0,03 - 3,30)	6	0,15	(0,05 - 0,46)
	2010	69	< 0,24	(< 0,03 - 2,53)	6	0,06	(0,03 - 0,09)
April	2009	60	< 0,29	(0,04 - 4,23)	15	< 0,06	(0,01 - 0,17)
	2010	59	< 0,17	(< 0,03 - < 0,55)	15	< 0,09	(0,02 - 0,21)
Mai	2009	59	< 0,19	(0,02 - 0,94)	5	0,14	(0,03 - 0,31)
	2010	56	< 0,18	(< 0,02 - < 0,51)	5	< 0,05	(< 0,02 - 0,09)
Juni	2009	65	< 0,24	(< 0,04 - 3,23)	5	0,11	(0,06 - 0,27)
	2010	57	< 0,22	(< 0,05 - 1,60)	4	0,13	(0,05 - 0,16)
Juli	2009	60	< 0,29	(0,02 - 2,99)	13	< 0,06	(0,03 - 0,19)
	2010	65	< 0,20	(< 0,01 - 0,87)	18	< 0,06	(0,02 - 0,18)
August	2009	59	< 0,21	(0,04 - < 0,63)	6	0,09	(0,04 - 0,16)
	2010	60	< 0,20	(< 0,04 - 0,72)	6	< 0,06	(< 0,02 - 0,10)
September	2009	62	< 0,23	(< 0,05 - 0,98)	7	0,17	(0,03 - 0,58)
	2010	52	< 0,17	(0,03 - < 0,43)	2	0,07	(0,07 - 0,07)
Oktober	2009	64	< 0,22	(0,02 - 0,90)	16	< 0,07	(0,04 - 0,14)
	2010	61	< 0,20	(< 0,01 - 0,90)	17	< 0,10	(0,01 - 0,49)
November	2009	61	< 0,19	(0,03 - < 0,44)	5	< 0,05	(0,02 - 0,10)

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	2010	56	< 0,24	(0,04 - 2,00)	7	< 0,15	(< 0,02 - 0,27)
	2009	54	< 0,42	(0,03 - 4,80)	6	0,07	(0,03 - 0,14)
	2010	58	< 0,27	(< 0,06 - 3,40)	2	0,10	(0,08 - 0,13)
Jahr (gesamt)	2009	730	< 0,25	(0,02 - 4,80)	108	< 0,08	(0,01 - 0,58)
	2010	711	< 0,23	(< 0,01 - 4,80)	103	< 0,08	(0,01 - 0,49)

**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	2009	21	< 0,11	(< 0,03 - < 0,20)	9	0,04	(0,02 - 0,09)
	2010	21	< 0,22	(< 0,02 - 2,40)	10	0,03	(0,01 - 0,07)
Februar	2009	19	< 0,12	(< 0,02 - < 0,30)	4	< 0,02	(< 0,01 - 0,02)
	2010	22	< 0,25	(< 0,02 - 2,40)	5	< 0,02	(0,01 - 0,02)
März	2009	21	< 0,21	(< 0,02 - 1,79)	9	< 0,04	(< 0,02 - 0,08)
	2010	20	< 0,11	(0,02 - < 0,24)	4	0,07	(0,03 - 0,11)
April	2009	20	< 0,12	(< 0,03 - 0,29)	4	0,05	(0,02 - 0,08)
	2010	15	< 0,08	(< 0,01 - < 0,13)	6	< 0,02	(0,01 - 0,03)
Mai	2009	20	< 0,10	(0,03 - < 0,22)	2	< 0,02	(< 0,02 - 0,02)
	2010	22	< 0,12	(0,02 - < 0,21)	1	0,02	
Juni	2009	20	< 0,18	(< 0,04 - 0,62)	1	0,02	
	2010	18	< 0,14	(< 0,02 - 0,60)	1	0,02	
Juli	2009	21	< 0,10	(< 0,03 - < 0,20)	7	< 0,03	(< 0,01 - 0,05)
	2010	19	< 0,10	(< 0,02 - < 0,30)	6	0,02	(0,02 - 0,04)
August	2009	17	< 0,14	(0,03 - 0,74)	3	< 0,07	(< 0,02 - 0,17)
	2010	21	< 0,11	(< 0,01 - < 0,20)	3	< 0,02	(< 0,02 - 0,02)
September	2009	20	< 0,12	(< 0,02 - < 0,23)	6	< 0,04	(0,02 - 0,12)
	2010	20	< 0,12	(0,02 - 0,33)	7	0,06	(0,02 - 0,14)
Oktober	2009	20	< 0,16	(< 0,03 - 0,87)	3	0,08	(0,02 - 0,19)
	2010	19	< 0,09	(< 0,02 - < 0,20)	2	0,02	(0,01 - 0,02)
November	2009	22	< 0,10	(0,03 - < 0,25)	2	0,04	(0,02 - 0,06)
	2010	21	< 0,15	(< 0,01 - 0,88)			
Dezember	2009	19	< 0,11	(0,03 - 0,20)	1	0,03	
	2010	20	< 0,10	(< 0,02 - < 0,24)	1	0,02	

Monat	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)			Sr-90 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
Jahr (gesamt)	2009	240	< 0,13	(< 0,02 - 1,79)	51	< 0,04	(< 0,01 - 0,19)
	2010	238	< 0,13	(< 0,01 - 2,40)	47	< 0,03	(0,01 - 0,14)

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						
		2008		2009		2010		
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)	
BADEN-WÜRTTEMBERG								
FZ Karlsruhe	Cs-137	19	<0,05	14	<0,05	24	<0,07	(<0,03 - 0,24)
	Sr-90	4	0,13	2	0,08	8	<0,05	(<0,01 - 0,21)
KWO Obrigheim	Cs-137	12	<0,08	9	<0,07	8	<0,06	(<0,02 - <0,11)
	Sr-90	10	0,12	7	0,12	4	0,09	(0,06 - 0,12)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	11	<0,08	9	<0,06	13	<0,06	(<0,03 - <0,09)
	Sr-90	11	0,08	8	0,10	5	0,07	(0,02 - 0,15)
KKP Philippsburg	Cs-137	10	<0,06	1	<0,3	6	<0,07	(<0,03 - 0,17)
	Sr-90	3	0,14	1	0,05	4	0,04	(0,02 - 0,07)
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	11	<0,05	14	<0,06	11	<0,06	(0,02 - 0,11)
	Sr-90	5	0,16	6	0,09	7	0,21	(0,03 - 0,65)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	8	<0,05	4	<0,04	6	<0,04	(<0,03 - <0,07)
	Sr-90	3	0,08	2	0,13	4	<0,12	(0,04 - 0,18)
BAYERN								
KRB Gundremmingen	Cs-137	1	0,04	1	<0,03	1	<0,04	
	Sr-90	1	0,1	1	0,11	1	0,15	
KKI Isar	Cs-137	1	<0,04	1	<0,02	1	<0,02	
	Sr-90	1	0,13	1	0,09	1	0,13	
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	3	<0,03	3	<0,06	3	<0,04	(<0,04 - <0,06)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2008		2009		2010	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Forschungsreaktor München	Sr-90	3	<0,05	3	<0,07	4	<0,13 (<0,01 - 0,46)
	Cs-137	1	<0,06	1	0,03	1	0,06
	Sr-90	1	0,04	1	0,09	1	0,05
BERLIN							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	16	<0,14	13	<0,19	17	<0,14 (0,05 - <0,5)
	Sr-90	2	0,02	2	0,12	3	0,05 (0,02 - 0,08)
BRANDENBURG							
KKR Rheinsberg	Cs-137	18	<0,16	17	<0,14	10	<0,17 (<0,11 - <0,32)
	Sr-90	17	0,24	17	0,23	10	0,29 (0,06 - 0,63)
HESSEN							
KWB Biblis	Cs-137	5	<0,09	9	<0,05	9	<0,04 (<0,01 - <0,09)
	Sr-90	5	0,05	9	0,03	9	0,03 (0,01 - 0,08)
MECKLENBURG-VORPOMMERN							
KGR Greifswald	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
NIEDERSACHSEN							
KKS Stade	Cs-137	4	<0,08	4	<0,10	2	<0,07 (<0,07 - <0,07)
	Sr-90					a	
KKU Unterweser	Cs-137	7	<0,07	7	<0,9	7	<0,08 (<0,04 - <0,15)
	Sr-90	5	0,07	7	<0,05	7	<0,07 (<0,02 - 0,27)
KWG Grohnde	Cs-137	5	<0,07	4	<0,09	5	<0,08 (<0,07 - <0,11)
	Sr-90	5	0,10	4	0,10	5	0,09 (0,03 - 0,14)
KKE Emsland	Cs-137	6	<0,09	6	<0,11	7	<0,10 (<0,05 - 0,2)
	Sr-90	6	0,11	6	0,09	7	0,09 (0,05 - 0,14)
Schacht Konrad II ^b	Cs-137	b		b		b	
	Sr-90	b		b		b	
Schachtanlage Asse	Cs-137	3	<0,09	3	<0,07	3	<0,17 (<0,16 - <0,18)
NORDRHEIN-WESTFALEN							
FZ Jülich	Cs-137	4	<0,12	4	<0,13	4	<0,09 (<0,08 - <0,1)
	Sr-90	4	0,09	4	0,06	4	0,05 (0,02 - 0,08)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2008		2009		2010	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
UAG Gronau	Fluor (mg/kg TM)	7	<2,2	4	16,9	4	6,2 (1,5 - 11,7)
	Uran (Bq/kg TM)	7	<0,30	4	2,2	4	1,1 (0,23 - 3,0)
	U-238 (Bq/kg TM)	a		1	<0,3	a	
RHEINLAND-PFALZ							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137 Sr-90	3	<0,14	a		a	
SACHSEN							
VKTA Rossendorf	Cs-137	1	<0,16	1	<0,13	1	<0,14
	Sr-90	1	0,17	1	0,16	1	0,12
SACHSEN-ANHALT							
Endlager Morsleben	Cs-137	2	<0,18	2	<0,16	3	<0,13 (<0,11 - <0,15)
	Sr-90	1	0,04	1	<0,04	1	0,10
SCHLESWIG-HOLSTEIN							
GKSS Geesthacht	Cs-137	1	<0,07	1	<0,10	1	<0,09
	Sr-90	1	0,09	1	0,13	1	0,10
KKB Brunsbüttel	Cs-137	1	<0,09	1	<0,05	1	<0,04
	Sr-90						
KKK Krümmel	Cs-137	3	<0,11	1	<0,08	1	<0,07
	Sr-90	3	0,05	1	0,10	1	0,12

a Messwerte lagen nicht vor

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

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	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2008		2009		2010	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
BADEN-WÜRTTEMBERG							
FZ Karlsruhe	Cs-137	9	<0,08	7	<0,08	4	<0,06 (<0,05 - <0,07)
	Sr-90	4	0,15	4	0,17	2	0,10 (0,08 - 0,11)
KWO Obrigheim	Cs-137	6	<0,08	4	<0,07	4	<0,07 (<0,05 - <0,09)
	Sr-90	a		2	0,11	2	0,16 (0,05 - 0,27)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	6	<0,08	4	<0,06	4	<0,06 (<0,04 - <0,11)
	Sr-90	a		2	0,15	2	0,14 (0,12 - 0,17)
KKP Philippsburg	Cs-137	5	<0,08	3	<0,08	2	<0,07 (<0,05 - <0,1)
	Sr-90	3	0,07	2	0,09	1	0,09
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	6	<0,06	5	<0,06	5	<0,06 (<0,03 - <0,12)
	Sr-90	2	0,26	2	0,19	2	0,17 (0,10 - 0,24)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	6	<0,06	4	<0,04	3	<0,06 (<0,04 - <0,07)
	Sr-90	4	0,10	1	0,15	2	0,14 (0,08 - 0,21)
BAYERN							
KRB Gundremmingen	Cs-137	4	<0,3	4	<0,03	4	<0,15 (<0,02 - 0,52)
	Sr-90	4	<0,01	4	<0,02	4	<0,04 (<0,01 - 0,12)
KKI Isar	Cs-137	5	<0,09	5	<0,05	5	<0,08 (<0,02 - 0,29)
	Sr-90	3	<0,01	5	<0,02	5	<0,10 (<0,01 - 0,20)
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	2	<0,05	2	<0,04	2	<0,04 (<0,04 - <0,05)
	Sr-90	2	0,05	2	<0,04	2	<0,03 (<0,01 - 0,05)
Forschungsreaktor München	Cs-137	1	<0,02	1	<0,05	1	0,37
	Sr-90	1	0,15	1	0,09	1	0,08
BERLIN							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	a		a		a	
HESSEN							
KWB Biblis	Cs-137	8	<0,13	1	<0,12	1	<0,08
	Sr-90	8	0,14	1	0,05	1	0,06
MECKLENBURG-VORPOMMERN							
KGR Greifswald	Cs-137	5	<0,11	5	<0,11	8	<0,13 (<0,09 - <0,17)
	Sr-90	5	0,17	5	0,14	5	0,14 (0,08 - 0,23)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2008		2009		2010	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
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	<0,07	2	<0,14	2	<0,08 (<0,08 - <0,09)
	Sr-90	2	0,23	2	0,14	2	0,16 (0,14 - 0,17)
KKE Emsland	Cs-137	1	0,17	1	0,17	a	
	Sr-90	1	0,93	1	0,21	a	
Schacht Konrad II ^b	Cs-137	b		b		b	
	Sr-90	b		b		b	
Schachtanlage Asse	Cs-137	a		a		2	<0,16 (<0,14 - <0,17)
	Sr-90	a		a		2	0,07 (0,07 - 0,08)
NORDRHEIN-WESTFALEN							
Zwischenlager Ahaus	Cs-137	a		a		a	0,07 (0,07 - 0,08)
	Sr-90	a		a		a	
FZ Jülich	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
UAG Gronau	Fluor (mg/kg TM)	18	<1,7	20	<1,5	21	<1,6 (<1,5 - 4,5)
	Uran (Bq/kg TM)	18	<0,24	21	<0,23	21	<0,23 (<0,23 - <0,23)
	U-238 (Bq/kg TM)	a		5	<0,3	a	
RHEINLAND-PFALZ							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
KKW Cattenom (Frankreich)	Cs-137	a		a		2	<0,06 (<0,04 - <0,08)
	Sr-90	a		a		2	0,04 (0,02 - 0,07)
SACHSEN							
VKTA Rossendorf	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
SACHSEN-ANHALT							
Endlager Morsleben	Cs-137	4	<0,14	3	<0,15	4	<0,18 (<0,16 - <0,19)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2008		2009		2010	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
	Sr-90	2	0,21	1	0,08	2	0,14 (0,14 - 0,14)
SCHLESWIG-HOLSTEIN							
GKSS Geesthacht	Cs-137	1	<0,12	1	<0,13	1	<0,13
	Sr-90	1	0,19	1	0,15	1	0,23
KKB Brunsbüttel	Cs-137	2	<0,15	2	<0,15	2	<0,10 (<0,09 - <0,12)
	Sr-90	2	0,09	2	0,11	2	0,09 (0,09 - 0,09)
KKK Krümmel	Cs-137	2	<0,08	2	<0,12	2	<0,09 - (<0,05 - <0,13)
	Sr-90	2	0,21	2	0,32	2	0,20 - (0,18 - 0,22)

a Messwerte lagen nicht vor

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

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					
		2008		2009		2010	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
BADEN-WÜRTTEMBERG							
FZ Karlsruhe	Cs-137	3	<0,04	4	<0,03	2	<0,02 (<0,02 - <0,02)
	Sr-90	1	0,03	a		a	
KWO Obrigheim	Cs-137	6	<0,07	4	<0,6	4	<0,06 (<0,04 - <0,08)
	Sr-90	3	0,10	2	0,05	2	0,06 (0,05 - 0,08)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	6	<0,08	3	<0,05	3	<0,05 (<0,03 - <0,07)
	Sr-90	3	0,17	2	0,15	2	0,06 (0,05 - 0,07)
KKP Philippsburg	Cs-137	4	<0,06	3	<0,08	3	<0,08 (<0,07 - <0,10)
	Sr-90	2	0,03	1	0,02	1	0,02
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	5	<0,06	4	<0,04	5	<0,04 (<0,03 - <0,08)
	Sr-90	4	0,13	4	0,02	4	0,03 (0,01 - 0,08)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	4	<0,07	2	<0,05	3	<0,04 (<0,03 - <0,05)
	Sr-90	a		1	0,11	1	0,07
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)
KKI Isar	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM						
		2008		2009		2010		
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)	
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	2	<0,02	2	<0,03	2	<0,04	(<0,03 - <0,05)
	Sr-90	2	<0,04	2	<0,03	2	<0,03	(<0,01 - <0,04)
BERLIN								
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	10	<0,09	1	0,17	7	<0,12	(<0,05 - <0,23)
	Sr-90	4	0,08	1	0,11	2	0,07	(0,02 - 0,12)
BRANDENBURG								
KKR Rheinsberg	Cs-137	a		a		a		
	Sr-90	a		a		a		
HESSEN								
KWB Biblis	Cs-137	10	<0,05	8	<0,04	11	<0,06	(<0,01 - <0,13)
	Sr-90	10	0,02	8	0,04	9	0,03	(0,01 - 0,17)
MECKLENBURG-VORPOMMERN								
KGR Greifswald	Cs-137	4	<0,07	4	<0,07	6	<0,07	(<0,05 - <0,10)
	Sr-90	4	0,03	4	0,01	5	<0,03	(<0,01 - 0,06)
NIEDERSACHSEN								
KKS Stade	Cs-137	1	<0,07	6	<0,07	7	<0,06	(<0,04 - <0,09)
	Sr-90	a		a		a		
KKU Unterweser	Cs-137	a		a		a		
	Sr-90	a		a		a		
KWG Grohnde	Cs-137	a		1	<0,05	a		
	Sr-90	a		1	0,02	a		
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		
Schachanlage Asse	Cs-137	a		a		4	<0,12	(<0,11 - <0,14)
	Sr-90	a		a		1	0,03	
NORDRHEIN-WESTFALEN								
FZ Jülich	Cs-137	3	<0,08	a		a		
	Sr-90	3	0,03	a		a		
UAG Gronau	Fluor (mg/kg TM)	2	<1,5; <1,5	2	1,5; 1,6 ^b	2	<1,5; <1,5 ^b	

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2008		2009		2010	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
	Uran (Bq/kg TM)	2	<0,23;<0,2 3 ^b	2	<0,23;<0,23 b	2	<0,23; <0,23 ^b
	U-238 (Bq/kg TM)	a		4	<0,3 (Rhabarber)	a	
RHEINLAND-PFALZ							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	1	<0,04	1	<0,02	5	<0,02 (<0,02 - <0,03)
	Sr-90	a		a		a	
KKW Cattenom (Frankreich)	Cs-137	a		a		3	<0,03 (<0,02 - <0,04)
	Sr-90	a		a		3	<0,01 (<0,01 - <0,01)
SACHSEN							
VKTA Rossendorf	Cs-137	1	<0,15	1	<0,15	1	<0,13
	Sr-90	1	0,02	1	0,02	1	0,02
SACHSEN-ANHALT							
Endlager Morsleben	Cs-137	4	<0,14	4	<0,13	4	<0,15 (<0,14 - <0,16)
	Sr-90	1	0,13	1	<0,02	1	<0,04
SCHLESWIG-HOLSTEIN							
KKK Krümmel	Cs-137	2	<0,04	2	<0,04	2	<0,06 (<0,06 - <0,06)
	Sr-90	2	0,06	2	0,03	2	0,03 (0,03 - 0,04)

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					
		2008		2009		2010	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
BADEN-WÜRTTEMBERG							
FZ Karlsruhe	Cs-137	4	<0,07	4	<0,06	3	<0,05 (<0,03 - <0,09)
	Sr-90	2	0,08	3	<0,04	1	0,02
KWO Obrigheim	Cs-137	3	<0,06	1	<0,04	1	<0,08
	Sr-90	3	0,04	1	0,02	1	0,04
GKN Neckarwestheim	Cs-137	2	<0,05)	2	<0,08	2	<0,06 (<0,06 - <0,07)
	Sr-90	2	0,02)	2	0,03	2	0,03 (0,03 - 0,03)
KKP Philippsburg	Cs-137	1	<0,08	a		2	<0,08 (<0,08 - <0,09)
	Sr-90	1	0,07	a		a	

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM						
		2008		2009		2010		
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)	
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	5	<0,04	3	<0,04	2	<0,04	(<0,03 - <0,05)
	Sr-90	2	0,03	2	0,04	2	0,05	(0,04 - 0,06)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	3	<0,05	3	<0,03	2	<0,03	(<0,03 - <0,04)
	Sr-90	2	0,03	3	0,04	2	0,02	(0,01 - 0,02)
BAYERN								
KRB Gundremmingen	Cs-137	a		a		a		
	Sr-90	a		a		a		
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	1	<0,04	1	<0,05	a		
	Sr-90	1	<0,02	1	<0,02	a		
BERLIN								
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	4	<0,15	a		1	0,23	
	Sr-90	1	0,02	a		a		
BRANDENBURG								
KKR Rheinsberg	Cs-137	a		a		a		
	Sr-90	a		a		a		
HESEN								
KWB Biblis	Cs-137	6	<0,10	11	<0,09	8	<0,07	(<0,02 - <0,12)
	Sr-90	6	0,04	11	<0,02	3	0,02	(0,02 - 0,03)
MECKLENBURG-VORPOMMERN								
KGR Greifswald	Cs-137	a		a		a		
	Sr-90	a		a		a		
NIEDERSACHSEN								
KKS Stade	Cs-137	1	<0,08	a		1	<0,08	
	Sr-90	a		a		a		
KKU Unterweser	Cs-137	1	<0,09	1	<0,14	1	<0,13	
	Sr-90	1	0,03	1	<0,02	1	<0,02	
KWG Grohnde	Cs-137	1	<0,09	1	<0,07	1	<0,08	
	Sr-90	1	0,1	1	0,04	1	0,03	
KKE Emsland	Cs-137	1	0,09	1	<0,07	1	0,10	
	Sr-90	1	0,02	1	0,02	1	<0,06	
Schachtanlage Asse	Cs-137	1	<0,08	1	<0,13	a		
NORDRHEIN-WESTFALEN								
FZ Jülich	Cs-137	2	<0,09	2	<0,1	2	<0,1	(<0,1 - <0,1)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2008		2009		2010	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
	Sr-90	2	0,03	2	0,14	2	0,03 (0,02 - 0,04)
RHEINLAND-PFALZ							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	1	0,06	4	<0,03	a	
	Sr-90	a		a		a	
KKW Cattenom (Frankreich)	Cs-137					1	<0,03
	Sr-90					1	0,03

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, Tees und Gewürze dienen.

Der Schwerpunkt der Überwachung liegt bei gammastrahlenden Radioisotopen, insbesondere Cs-137, einem Falloutbestandteil der oberirdischen Kernwaffenversuche sowie des Reaktorunfalls von Tschernobyl.

Die untersuchten Ausgangsstoffe für Arzneimittel pflanzlicher Herkunft stammen überwiegend aus mittel- und südosteuropäischen Ländern.

Wegen personeller Engpässe im Labor konnten im Jahr 2010 keine eigenen Messungen an solchen Proben durchgeführt werden. Ersatzweise wird an dieser Stelle ein Überblick über die Ergebnisse der Messungen der letzten Jahre gegeben. Die Messdaten von pflanzlichen Ausgangsstoffen aus diesen Ländern der Jahre 1998 - 2009 sind in Tabelle 2.5-1 zusammengefasst.

Bitterkleeblätter und Island Moos zählten weiterhin zu den pflanzlichen Ausgangsstoffen mit den höchsten Cs-137-Kontaminationen.

Die höchsten spezifischen Aktivitäten des Cs-137 wurden mit bis zu 550 Bq/kg (TM) bei Bitterkleeblättern aus Polen und bis zu 460 Bq/kg (TM) bei Island Moos aus Rumänien, bezogen auf die Trockenmasse (TM), gemessen.

Die spezifischen Aktivitäten des natürlich vorkommenden Radionuklids K-40 lagen mit maximal 1.340 Bq/kg (TM) bei Melissenblättern und minimal 57 Bq/kg (TM) bei Island Moos im Rahmen der natürlichen Schwankungsbreite.

Die Aktivitäten von K-40 schwanken im Wesentlichen entsprechend dem Kaliumgehalt der untersuchten Pflanzenproben, da der Gehalt dieses Elements in der Pflanze geregelt wird.

Die gemessenen spezifischen Aktivitäten des Radionuklids Cs-137 können je nach Art und lokalen Gegebenheiten, z. B. der Bodenbeschaffenheit oder -kontamination in den Anbaugebieten, erhebliche Variabilitäten aufweisen.

In Tabelle 2.5-2 und 2.5-3 sind die von der Leitstelle gemessenen Gehalte von Cs-137 in ausgewählten Proben von Island Moos und Bitterkleeblättern, beide vergleichsweise höher kontaminierte pflanzliche Ausgangsstoffe, für verschiedene europäische Herkunftsgebiete der Jahre 1998 bis 2009 zusammengestellt.

Tabelle 2.5-1 Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Cs-137 und K-40 in verschiedenen Arzneimittelpflanzen bzw. Ausgangsstoffen für Arzneimittel für die Jahre 1998 - 2009 aus europäischen und nichteuropäischen Ländern
(Annual mean value of Cs-137 and K-40 specific activities in different medicinal plants and products for pharmaceuticals for the years 1998 - 2009 from european and non-european countries)

Artikel	Ursprungsland	K-40 (Bq/kg)		K-40 (Bq/kg) Mittelwert	Cs-137 (Bq/kg)		Cs-137 (Bq/kg) Mittelwert
		Min	Max		Min	Max	
Bitterkleeblätter	Polen, Rumänien	712	925	816	42	550	322
Island Moos geschnitten	Mittel- und südosteuropäische Länder *	57	107	75	22,5	456	148
Johanniskraut geschnitten	Polen	378	543	442	0,14	4,44	0,57
Lindenblüten silber ganz	Bulgarien	550	610	570	1,10	1,90	1,60
Melissenblätter geschnitten	Serbien, Bulgarien	710	1.344	955	0,46	1,42	0,88
Pfefferminzblätter fein geschnitten	Mittel- und südosteuropäische Länder *	587,5	888	685	0,54	2,14	1,10
Salbei KBA ganz	Kroatien, Türkei	283	576	444	0,26	1,15	0,68
Thymian gerebelt	Polen	284	1.013	560	0,31	2,34	1,02

* Mittel- und südosteuropäische Länder (Deutschland, Polen, Ungarn, Rumänien, Bulgarien, Bosnien-Herzegovina, Kroatien, Mazedonien)

Tabelle 2.5-2 Aktivität von Cs-137 und K-40 in Islandmoos für die Jahre 1998 - 2009 mit Angabe des jeweiligen Herkunftslandes
(*Activity of Cs-137 and K-40 in iceland moss for the years 1998 - 2009 and indication of their country of origin*)

Probenjahr	Ursprungsland	K-40 (Bq/kg TM)	Cs-137 (Bq/kg TM)
1998	Polen	69 ± 5,6	239 ± 3,3
2000	Ungarn	71,5 ± 5,9	376 ± 4,7
2001	Bosnien-Herzegowina	66 ± 3,5	87 ± 1,2
2002	Polen	86 ± 6,2	360 ± 4,6
2003	Bosnien-Herzegowina	74 ± 4,3	101 ± 1,5
2004	Rumänien	87 ± 7,3	456 ± 17,7
2005	Rumänien	107 ± 3,4	203 ± 7,1
2006	Bosnien-Herzegowina	63 ± 4,8	31 ± 1,0
2007	Bosnien-Herzegowina	57 ± 7,0	23 ± 0,8
2009	Kroatien	66 ± 2,3	26 ± 0,7

Tabelle 2.5-3 Aktivität von Cs-137 und K-40 in Bitterkleblättern für die Jahre 1998 - 2009 mit Angabe des jeweiligen Herkunftslandes
(*Activity of Cs-137 and K-40 in marsh trefoil for the years 1998 - 2009 and indication of their country of origin*)

Probenjahr	Ursprungsland	K-40 Bq/kg (TM)	Cs-137 Bq/kg (TM)
1998	Rumänien	712 ± 44	42 ± 1,6
2005	Polen	925 ± 24	550 ± 15
2006	Polen	794 ± 25	321 ± 8,3
2007	Polen	791 ± 51	225 ± 8,2
2009	Polen	859 ± 24	472 ± 11,8

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 2010 liegen die Messergebnisse aus 90 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 werden 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 2010 lagen im üblichen Bereich, z. B. im Klärschlamm für K-40 bis 660 Bq/kg TM (Vorjahr bis 790 Bq/kg TM) und für U-234 und U-238 bis 210 bzw. 200 Bq/kg TM (Vorjahr 250 bzw. 280 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 1.400 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: 39 Bq/kg TM; Maximalwert: 1.700 Bq/kg TM, Vorjahr 40 bzw. 1.200 Bq/kg TM), in Einzelfällen auch das sehr kurzlebige Technetium-99m (Tc-99m; Maximalwert Abwasser: 14 Bq/l, Maximalwert Klärschlamm: 550 Bq/kg TM) sowie Thallium-201 (Tl-201; Maximalwert: 40 Bq/kg TM), Thallium-202 (Tl-202; Maximalwert: 4,8 Bq/kg TM) und Indium-111 (In-111; Maximalwert: 38 Bq/kg TM). Im Klärschlamm der Kläranlage Stade wurde wie in den Vorjahren in zwei Fällen in sehr geringer Konzentration Co-60 festgestellt (Maximalwert: 1,4 Bq/kg TM).

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 kurzlebige 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. Die im Messprogramm (Routinemessprogramm) für dieses Radionuklid im Abwasser geforderte Nachweisgrenze beträgt 0,1 Bq/l. Die für Cs-137 ermittelten Messwerte lagen im Jahr 2010 zwischen 0,002 und 0,18 Bq/l, bei einem Median von < 0,028 Bq/l (2009: zwischen 0,0017 und 0,051 Bq/l). Die Messwerte für Sr-90 oberhalb der erreichten Nachweisgrenzen (50% der Messwerte) lagen zwischen 0,00078 und 0,097 Bq/l, bei einem Median von < 0,0044 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 2010 - wie seit bereits mehr als 15 Jahren - die Klärschlämme aus der Kläranlage Tannheim (Baden-Württemberg) mit 47 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, 56 und 47 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 2010 wurden im südlichen Bayern anfangs noch stark abnehmende Jahresmittelwerte ermittelt, die sich auch in den letzten Jahren tendenziell weiterhin verringerten: 970, 520, 330, 220, 140, 130, 108, 89, 75, 68, 63, 43, 38, 37, 44, 30, 25, 24, 24, 20, 16, 21 und 15 Bq/kg TM. Der zwischenzeitliche Anstieg des Jahresmittelwerts auf 21 Bq/kg TM im Jahr 2009 ist bedingt durch zwei Ausreißerwerte in den Kläranlagen Augsburg und Garching, der relativ hohe Jahresmittelwert von 40 Bq/kg für Rheinland-Pfalz im Jahr 2006 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 47 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 8 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.

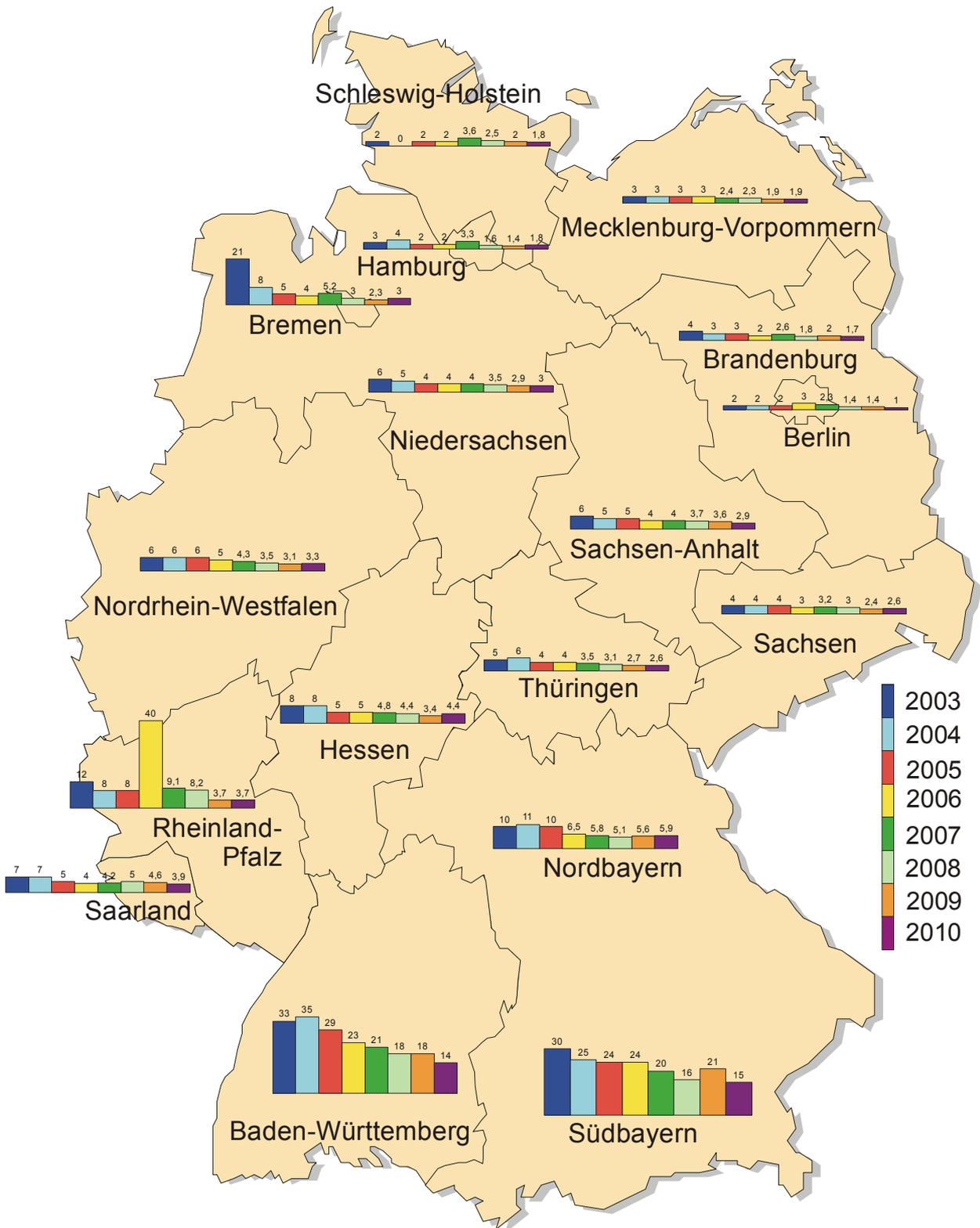


Abbildung 2.6-1 Cs-137 im Klärschlamm in Bq/kg TM (Jahresmittelwerte in den Bundesländern)
(Cs-137 in sewage sludge in Bq/kg dry weight, annual mean values in the Federal states)

Tabelle 2.6-1 Allgemeine Überwachung von Abwasser und Klärschlamm im Jahr 2010 - Minimal-, Maximal- und Mittelwerte
(General surveillance of waste water and sewage sludge in the year 2010 - minimum, maximum, and mean values)

Land	Nuklid	2010						2009
		Anzahl Gesamt	Anzahl <NWG	Minimalwert ¹	Maximalwert ¹	Mittel-/ Einzelwert ¹	Medianwert	Medianwert
Abwasser aus Kläranlagen, Ablauf (Bq/l)								
Schleswig-Holstein	K-40	20	19	2,9	2,9		<0,75	<0,65
	Co-60	20	20				<0,089	<0,076
	I-131	20	11	0,084	1,3		<0,12	0,14
	Cs-137	20	20				<0,087	<0,078
	Sr-90	4	4				<0,055	<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	4	4				<1,9	<1,4
	Co-60	4	4				<0,059	<0,067
	I-131	4	1	0,13	0,35	0,25	0,2	0,22
	Cs-137	4	4				<0,064	<0,062
	Sr-90	2	0	0,00078	0,0015	0,0012	0,0012	0,00075
	U-234	2	0	0,00017	0,00018	0,00018	0,00018	0,00016
	U-235	2	2				<0,00009	<0,000074
	U-238	2	2				<0,00013	<0,00011
Niedersachsen	K-40	48	22	0,37	1	0,69	0,68	0,65
	Co-60	48	48				<0,026	<0,025
	I-131	48	15	0,046	0,87	0,17	<0,08	<0,083
	Cs-137	48	47	0,013	0,013		<0,021	<0,021
	Sr-90	6	3	0,0079	0,012	0,0098	0,0079	0,0081
	U-234	4	2	0,0029	0,0031	0,003	0,0029	0,0013
	U-235	4	4				<0,00056	<0,00058
	U-238	4	1	0,00063	0,0025	0,0016	0,0011	0,0012
Bremen	K-40	8	4	0,68	0,85	0,8	0,84	1,1
	Co-60	8	8				<0,052	<0,051
	I-131	8	1	0,09	0,52	0,28	0,23	0,24
	Cs-137	8	8				<0,065	<0,059
	Sr-90	4	4				<0,019	<0,007
	U-234	4	3	0,0098	0,0098		0,013	0,0044
	U-235	4	4				<0,0066	0,00061
	U-238	4	0	0,0058	0,012	0,0086	0,0085	0,0042
Nordrhein-Westfalen	K-40	40	31	0,62	10		<1,2	<1,2
	Co-60	40	40				<0,053	<0,059
	I-131	38	27	0,051	1,2		<0,16	<0,11
	Cs-137	40	39	0,18	0,18		<0,053	<0,06
	Sr-90	4	2	0,02	0,097	0,059	0,02	0,064
	U-234	4	2	0,003	0,0087	0,0059	<0,0033	<0,0032
	U-235	4	4				<0,0027	<0,0025
	U-238	4	2	0,0027	0,0043	0,0035	0,003	0,0037
Hessen	K-40	20	19	0,79	0,79		<0,98	<1,2
	Co-60	20	20				<0,039	<0,045
	I-131	20	15	0,072	0,21		<0,15	<0,21
	Cs-137	20	20				<0,037	<0,044
	Sr-90	4	3	0,017	0,017		<0,039	<0,015
	U-234	4	1	0,008	0,026	0,019	0,015	0,012
	U-235	4	4				<0,005	<0,005
	U-238	4	1	0,006	0,015	0,012	0,01	0,012

Land	Nuklid	2010						2009
		Anzahl Gesamt	Anzahl <NWG	Minimalwert ¹	Maximalwert ¹	Mittel-/ Einzelwert ¹	Medianwert	Medianwert
Abwasser aus Kläranlagen, Ablauf (Bq/l)								
Rheinland-Pfalz	K-40	20	11	0,52	2		0,83	0,84
	Co-60	20	20				<0,027	<0,028
	I-131	20	7	0,024	0,28	0,12	0,062	<0,049
	Cs-137	20	20				<0,025	<0,027
	Sr-90	4	0	0,0011	0,0022	0,0017	0,0018	0,0019
	U-234	4	0	0,0024	0,018	0,011	0,012	0,021
	U-235	4	4				<0,028	<0,0041
	U-238	4	0	0,0033	0,02	0,012	0,011	0,023
Baden-Württemberg	K-40	41	2	0,13	0,78	0,45	0,5	0,46
	Co-60	41	41				<0,018	<0,018
	I-131	41	38	0,019	0,63		<0,039	<0,032
	Cs-137	41	41				<0,016	<0,018
	Sr-90	4	3	0,0014	0,0014		<0,002	0,0027
	U-234	4	1	0,00092	0,0022	0,0015	0,0012	0,0061
	U-235	4	4				<0,00034	<0,00082
	U-238	4	1	0,00065	0,0017	0,0012	0,001	0,0044
Bayern	K-40	35	33	1,2	5,4		<1,4	<1,4
	Co-60	35	35				<0,092	<0,093
	I-131	35	30	0,17	0,56		<0,2	<0,21
	Cs-137	35	35				<0,09	<0,094
	Sr-90	4	2	0,0036	0,004	0,0038	0,0038	0,0041
	U-234	3	0	0,0092	0,013	0,012	0,013	0,0056
	U-235	3	2	0,0011	0,0011		0,0011	<0,00065
	U-238	3	0	0,0069	0,012	0,0098	0,01	0,0056
Saarland	K-40	10	0	0,56	1	0,76	0,71	0,89
	Co-60	10	10				<0,0097	<0,0084
	Cs-137	10	10				<0,01	<0,0089
	Sr-90	4	1	0,0026	0,0071	0,0047	0,0035	0,0037
	U-234	4	0	0,0016	0,0078	0,0038	0,0029	0,0022
	U-235	4	4				<0,00021	<0,00033
	U-238	4	0	0,0011	0,0054	0,0025	0,0018	0,0015
	Berlin	K-40	5	0	0,68	0,85	0,79	0,81
Co-60		5	5				<0,0013	<0,0012
I-131		5	5				<0,017	<0,023
Cs-137		5	5				<0,0016	0,0021
Sr-90		5	0	0,0023	0,0028	0,0025	0,0025	0,0024
U-234		5	0	0,0018	0,0051	0,0035	0,0031	0,0028
U-235		5	0	0,00013	0,0008	0,00033	0,00018	0,00016
U-238		5	0	0,0019	0,0053	0,0033	0,0031	0,0027
Brandenburg	K-40	33	13	0,7	3	1	0,83	1
	Co-60	33	33				<0,017	<0,023
	I-131	33	17	0,04	0,7		<0,068	0,08
	Cs-137	33	27	0,002	0,0035		<0,017	<0,019
	Sr-90	13	1	0,002	0,008	0,0036	0,0028	0,0027
	U-234	13	1	0,0008	0,006	0,0022	0,0013	0,0008
	U-235	13	12	0,00013	0,00013		<0,0002	<0,00025
	U-238	13	1	0,0004	0,005	0,0018	<0,001	0,001
Mecklenburg-Vorpommern	K-40	20	0	0,42	1	0,7	0,7	0,77
	Co-60	20	20				<0,01	<0,0097
	I-131	20	8	0,025	0,39	0,13	0,073	<0,046
	Cs-137	20	20				<0,0075	<0,0071
	Sr-90	4	3	0,0061	0,0061		<0,0032	0,0029
	U-234	4	3	0,0054	0,0054		<0,017	<0,0065
	U-235	4	4				<0,0055	<0,0029
	U-238	4	4				<0,013	0,0052

Land	Nuklid	2010						2009
		Anzahl Gesamt	Anzahl <NWG	Minimalwert ¹	Maximalwert ¹	Mittel-/ Einzelwert ¹	Medianwert	Medianwert
Abwasser aus Kläranlagen, Ablauf (Bq/l)								
Sachsen	K-40	20	5	0,43	0,94	0,71	0,76	1
	Co-60	20	20				<0,068	<0,071
	I-131	20	11	0,043	0,76		<0,083	0,14
	Cs-137	20	20				<0,059	<0,061
	Sr-90	4	4				<0,013	0,012
	U-234	4	0	0,0012	0,029	0,014	0,012	0,0055
	U-235	4	3	0,0022	0,0022		0,0022	<0,0014
	U-238	4	0	0,0016	0,03	0,014	0,012	0,0055
Sachsen-Anhalt	K-40	20	3	0,39	1	0,64	0,53	0,62
	Co-60	20	20				<0,0097	<0,0097
	I-131	20	6	0,011	0,37	0,11	0,049	0,058
	Cs-137	20	20				<0,0095	<0,0097
	Sr-90	4	4				<0,1	<0,1
	U-234	4	0	0,006	0,032	0,017	0,016	0,011
	U-235	4	3	0,0013	0,0013		<0,0006	<0,0004
	U-238	4	0	0,005	0,022	0,014	0,014	0,0077
Thüringen	K-40	20	17	0,83	1,2		<1,1	<2,2
	Co-60	20	20				<0,063	<0,083
	I-131	20	12	0,11	0,3		<0,013	<0,1
	Cs-137	20	20				<0,069	<0,089
	Sr-90	4	3	0,0036	0,0036		0,0036	<0,0028
	U-234	4	0	0,015	0,053	0,035	0,037	0,049
	U-235	4	4				<0,0022	<0,002
	U-238	4	0	0,0088	0,028	0,018	0,018	0,026
Bundesrepublik Deutschland	K-40	364	183	0,13	10		<0,79	0,85
	Co-60	364	364				<0,032	<0,035
	I-131	352	204	0,011	1,3		<0,099	<0,095
	Cs-137	364	356	0,002	0,18		<0,028	<0,031
	Sr-90	74	37	0,00078	0,097	0,0071	<0,0044	0,0044
	U-234	71	17	0,00017	0,053	0,0092	0,0051	0,004
	U-235	71	62	0,00013	0,0022		<0,001	<0,00065
	U-238	71	16	0,0004	0,03	0,0071	0,0043	0,0036
Klärschlamm (Bq/kg TM)								
Schleswig-Holstein	K-40	20	0	43	130	80	74	75
	Co-60	20	20				<0,6	<0,67
	I-131	20	0	7,7	180	38	25	31
	Cs-137	20	20	0,72	4,5	1,8	1,2	1,4
	Sr-90	4	3	2,7	3,8	3,2	3,1	1,6
	U-234	4	0	11	13	13	13	13
	U-235	4	4				<5	<5
	U-238	4	0	11	12	12	12	11
Hamburg	K-40	8	0	110	480	290	290	230
	Co-60	8	8				<1,1	<1,3
	I-131	8	0	7,2	89	40	31	43
	Cs-137	8	2	0,84	2,4	1,8	2,1	<1,7
	Sr-90	1	0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1
	U-234	2	0	16	19	17	17	15
	U-235	2	0	0,65	0,82	0,74	0,74	0,68
	U-238	2	0	14	17	16	16	14
Niedersachsen	K-40	40	0	33	660	220	99	98
	Co-60	40	38	0,21	1,4		<0,39	<0,45
	I-131	33	0	0,78	1700	210	83	93
	Cs-137	40	2	0,66	13	3	1,9	2,2
	Sr-90	4	1	1,4	1,6	1,5	1,5	2,1
	U-234	4	0	9,8	38	23	22	22
	U-235	4	0	0,2	1,5	0,89	0,93	0,89
	U-238	4	0	9,3	29	19	19	19

Land	Nuklid	2010						2009
		Anzahl Gesamt	Anzahl <NWG	Minimalwert ¹	Maximalwert ¹	Mittel-/ Einzelwert ¹	Medianwert	Medianwert
Klärschlamm (Bq/kg TM)								
Bremen	K-40	8	0	290	430	380	390	370
	Co-60	8	8				<2,5	<2,2
	I-131	8	0	14	190	86	81	62
	Cs-137	8	2	1,2	4,7	3	3,5	2,4
	Sr-90	4	1	1,4	2,1	1,7	<1,8	1,5
	U-234	2	0	12	13	13	13	11
	U-235	2	2				<2,5	<1,7
	U-238	2	0	11	12	11	11	10
Nordrhein-Westfalen	K-40	40	0	49	500	180	120	120
	Co-60	40	40				<0,3	<0,22
	I-131	40	3	0,51	190	51	41	3,4
	Cs-137	40	3	0,7	9,2	3,3	2,7	2,6
	Sr-90	4	0	1,5	2,4	1,9	1,8	2,4
	U-234	4	0	36	42	39	40	36
	U-235	4	0	1,4	1,7	1,5	1,5	1,6
	U-238	4	0	29	37	32	30	29
Hessen	K-40	20	0	82	150	130	130	140
	Co-60	20	20				<0,97	<1,1
	I-131	19	4	6,9	29	66	46	34
	Cs-137	20	8	1,6	7,6	4,4	2,5	2,7
	Sr-90	4	4			1,3	<1,5	<1,1
	U-234	4	0	26	210	110	96	94
	U-235	4	0	1	5,7	3,1	2,9	3,2
	U-238	4	0	22	120	67	64	66
Rheinland-Pfalz	K-40	20	0	99	250	170	160	170
	Co-60	20	20				<0,65	<0,55
	I-131	20	2	3,1	120	37	19	22
	Cs-137	20	4	1	9,8	3,7	2,7	3,3
	Sr-90	4	0	1	1,7	1,3	1,2	1,1
	U-234	4	0	52	140	93	90	91
	U-235	4	0	1,7	8,1	3,8	2,8	2,5
	U-238	4	0	40	77	57	55	53
Baden-Württemberg	K-40	40	0	53	400	160	160	160
	Co-60	40	40				<0,5	<0,76
	I-131	40	130	2	190	58	17	37
	Cs-137	40	0	2	59	14	8,4	7,1
	Sr-90	4	0	0,99	1,4	1,1	1	1,3
	U-234	4	0	30	180	90	75	37
	U-235	4	0	0,98	7,5	3,5	2,8	1,5
	U-238	4	0	21	160	75	58	32
Baden-Württemberg (West ²)	Co-60	28	28				<0,46	<0,7
	Cs-137	28	0	2	22	6,4	4,5	5,9
	Sr-90	2	0	0,99	1,4	1,2	1,2	1,1
Baden-Württemberg (Ost ³)	Co-60	12	12				<0,57	<0,81
	Cs-137	12	0	9,5	59	31	31	31
	Sr-90	2	0	0,99	1	1	1	1,3
Bayern	K-40	37	0	57	630	250	220	230
	Co-60	37	37				<1,4	<1,5
	I-131	35	4	5,3	180	57	40	45
	Cs-137	37	5	3,6	31	12	7,5	7
	Sr-90	5	0	2,3	5,7	3,2	2,6	3,5
	U-234	4	0	28	140	58	33	73
	U-235	6	2	1,2	6,1	2,7	4	<4
	U-238	4	0	29	120	53	31	69
Bayern (Nord ²)	Co-60	17	17				<1,7	<1,5
	Cs-137	17	5	3,6	12	5,9	5,2	5,1
	Sr-90	2	0	2,3	5,7	4	4	4,3

Land	Nuklid	2010						2009
		Anzahl Gesamt	Anzahl <NWG	Minimalwert ¹	Maximalwert ¹	Mittel-/ Einzelwert ¹	Medianwert	Medianwert
Klärschlamm (Bq/kg TM)								
Bayern (Süd ³)	Co-60	20	20				<1,3	<1,5
	Cs-137	20	0	4,7	31	15	15	15
	Sr-90	3	0	2,5	2,8	2,6	2,6	3,5
Saarland	K-40	8	0	140	300	200	200	190
	Co-60	8	8				<0,4	<0,35
	I-131	8	1	1,7	29	15	11	8
	Cs-137	8	0	1,3	6,8	3,9	3,7	4,6
	Sr-90	4	0	1,7	2,8	2,4	2,6	2,4
	U-234	4	0	63	81	68	65	69
	U-235	4	0	1,5	2,9	2,1	2,1	2,2
	U-238	4	0	44	62	51	49	47
Berlin	K-40	4	0	52	73	63	64	71
	Co-60	4	4				<0,75	<0,82
	I-131	4	0	42	120	76	72	110
	Cs-137	4	2	0,76	1,3	1	0,76	1,4
	Sr-90	2	0	1,2	1,6	1,4	1,4	1,5
	U-234	2	0	11	17	14	14	12
	U-235	2	0	0,38	0,59	0,49	0,49	0,49
	U-238	2	0	8,8	15	12	12	11
Brandenburg	K-40	32	0	40	150	90	98	99
	Co-60	32	32				<0,28	<0,29
	I-131	32	0	4	200	72	50	68
	Cs-137	32	2	0,62	5,7	1,7	1	1,7
	Sr-90	10	0	1	3,1	2,1	2	2
	U-234	10	0	3,4	30	19	20	19
	U-235	10	1	0,1	2	0,89	0,9	0,8
	U-238	10	0	3,1	30	18	19	18
Mecklenburg-Vorpommern	K-40	20	0	44	240	120	120	110
	Co-60	20	20				<0,23	<0,22
	I-131	20	2	3,2	540	120	78	61
	Cs-137	20	1	0,3	5,4	1,9	1,7	1,9
	Sr-90	4	0	1,4	5,6	3,3	3,1	1,6
	U-234	4	0	14	21	18	18	17
	U-235	6	2	0,8	1,3	1	1,2	2,2
	U-238	4	0	14	19	16	16	16
Sachsen	K-40	20	0	90	230	140	130	120
	Co-60	20	20				<0,52	<0,61
	Cs-137	20	1	0,84	5,9	2,6	2,3	1,5
	Sr-90	4	0	1,2	2,6	1,8	1,8	2,5
	U-234	4	0	34	89	62	63	67
	U-235	4	0	0,92	4,9	2,5	2,1	2,9
	U-238	4	0	29	90	60	60	62
	Sachsen-Anhalt	K-40	20	0	90	380	180	140
Co-60		20	20				<0,2	<0,2
I-131		20	6	0,64	120	36	3	29
Cs-137		20	0	0,7	8,2	2,9	2,1	2,6
Sr-90		4	4				<5	<5
U-234		4	0	50	160	100	98	130
U-235		18	0	1,4	9,2	4,8	4,5	5,5
U-238		19	0	24	200	81	69	97
Thüringen	K-40	20	0	150	360	220	210	210
	Co-60	20	20				<0,48	<0,45
	I-131	20	4	1,5	450	110	44	17
	Cs-137	20	0	1,1	6,4	2,6	2,4	2,6
	Sr-90	4	0	0,97	1,4	1,2	1,1	0,95
	U-234	4	0	50	160	94	84	110
	U-235	4	0	1,4	4,2	2,7	2,7	3,1
	U-238	4	0	29	81	52	49	60

Land	Nuklid	2010						2009
		Anzahl Gesamt	Anzahl <NWG	Minimalwert ¹	Maximalwert ¹	Mittel-/ Einzelwert ¹	Medianwert	Medianwert
Klärschlamm (Bq/kg TM)								
Bundesrepublik Deutschland	K-40	357	0	33	660	180	140	130
	Co-60	357	355	0,21	1,4		<0,49	<0,56
	I-131	327	39	0,51	1700	79	39	40
	Cs-137	357	35	0,3	59	5	2,6	2,7
	Sr-90	66	10	0,97	5,7	2,1	<2	1,7
	U-234	64	0	3,4	210	52	34	31
	U-235	82	11	0,1	9,2	2,7	2	2
	U-238	79	0	3,1	200	48	30	32
Bundesrepublik Deutschland (Nord ²)	Co-60	325	323	0,21	1,4		<0,45	<0,5
	Cs-137	325	35	0,3	22	3,2	2,4	2,6
	Sr-90	61	10	0,97	5,7	2,1	1,8	1,7
Bundesrepublik Deutschland (Süd ³)	Co-60	32	32				<0,99	<1,1
	Cs-137	32	0	4,7	59	21	16	20
	Sr-90	5	0	0,99	2,8	2	2,5	2,3

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 2010 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 0,30 Bq/l bzw. 0,34 Bq/l (2009: 0,39 Bq/l bzw. 0,45 Bq/l), der Median für die gesamte Bundesrepublik beträgt 0,054 Bq/l (2009: 0,054 Bq/l).

Bei dem natürlich vorkommenden Nuklid K-40 liegt die Konzentration im Bereich von 0,11 Bq/l bis 72 Bq/l, der Median bei 16 Bq/l (2009: 0,17 bis 69 Bq/l, Median: 15 Bq/l).

H-3 wurde in 80% der untersuchten Proben mit Werten zwischen 5,6 und 220 Bq/l (2009: 5,4 bis 240 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 280 Bq/kg TM (2009: 340 Bq/kg TM), für das Gebiet der übrigen Bundesrepublik liegt er bei 71 Bq/kg TM (2009: 140 Bq/kg TM).

Die spezifische Aktivität des natürlich vorkommenden Nuklids K-40 liegt im Bereich von 140 Bq/kg TM bis 3.500 Bq/kg TM, der Median bei 1.200 Bq/kg TM (2009: 160 bis 3.200 Bq/kg TM, Median: 920 Bq/kg TM).

Co-60 wurde in einer Probe aus Niedersachsen (0,30 Bq/kg TM) gemessen (2009: Niedersachsen: 0,26 Bq/kg TM und Rheinland-Pfalz: 1,1 Bq/kg TM).

In zahlreichen Proben konnte das in der Nuklearmedizin angewandte Nuklid I-131 mit Werten von 0,28 Bq/kg TM bis 640 Bq/kg TM (2009: 0,22 bis 28 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 37 Bq/kg TM (2009: 7,2 Bq/kg TM). Der gemessene Wert südlich/östlich liegt bei 9,5 Bq/kg TM (2009: 12 Bq/kg TM).

Für K-40 wurden Messwerte von 60 Bq/kg TM bis 1.600 Bq/kg TM (2009: 37 bis 1.900 Bq/kg TM) angegeben, für I-131 wurden Werte von 0,48 Bq/kg TM bis 43 Bq/kg TM (2009: 0,25 bis 4,3 Bq/kg TM) mitgeteilt.

Co-60 wurde in einer Probe aus Niedersachsen (0,33 Bq/kg TM) gemessen (2009: kein Messwert).

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 27 Bq/kg TM (2009: 4,6 Bq/kg TM). Für die Länder nördlich dieser Linie wurde ein Median von 2,2 Bq/kg TM (2009: 4,1 Bq/kg TM) berechnet.

Die K-40-Messwerte liegen im Bereich von 3,1 Bq/kg TM bis 1.600 Bq/kg TM (2009: 2,5 bis 2.500 Bq/kg TM) mit einem Median von 120 Bq/kg TM (2009: 230 Bq/kg TM). Für I-131 wurden Messwerte von 0,37 Bq/kg TM bis 1.100 Bq/kg TM (2009: 0,10 bis 1.100 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 (2009: alle Werte kleiner Nachweisgrenze), für das Gebiet der Bundesrepublik wurde ein Median von <0,092 Bq/l (2009: <0,10 Bq/l) berechnet.

I-131 wurde in 20 Proben mit Werten zwischen 0,19 Bq/l und 1.300 Bq/l (2009: 0,045 und 640 Bq/l) angegeben, der Median liegt bei 7,4 Bq/l (2009: 4,5 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 22 Bq/kg TM bis 48 Bq/kg TM (2009: 19 bis 50 Bq/kg TM) mit einem Median von 39 Bq/kg TM (2009: 29 Bq/kg TM). In den Gebieten nördlich davon liegen die ermittelten Werte zwischen 1,9 Bq/kg TM und 14 Bq/kg TM (2009: 1,8 bis 18 Bq/kg TM), der Median liegt bei 5,8 Bq/kg TM (2009: 5,9 Bq/kg TM).

Die spezifische Aktivität des natürlich vorkommenden Nuklids K-40 liegt im Bereich von 200 Bq/kg TM bis 980 Bq/kg TM, der Median bei 490 Bq/kg TM (2009: 140 bis 860 Bq/kg TM, Median: 470 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 2010
(Monitoring of wastes in the year 2010)

Land	Nuklid	Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ^a	Maximal- wert ^a	Mittel- werte ^a	Median 2010	Median 2009
Sickerwasser (Bq/l)								
Nördlich *	Cs-137	58	32	0,013	0,3		<0,047	<0,046
Südlich *	Cs-137	6	2	0,11	0,34	0,18	0,11	0,13
Alle Länder	K-40	64	6	0,11	72	17	16	15
	H-3	64	13	5,6	220	46	23	28
Filterstaub (Bq/kg TM)								
Nördlich *	Cs-137	44	0	0,33	71	19	15	13
Südlich *	Cs-137	4	0	200	280	250	260	280
Alle Länder	K-40	48	0	140	3.500	1.200	1.200	920
	Co-60	48	47		0,3		<0,81	<0,28
	I-131	43	25	0,28	640		<1,3	<1,3
Schlacke (Bq/kg TM)								
Nördlich *	Cs-137	62	1	0,23	37	2,5	1,2	1,6
Südlich *	Cs-137	4	0	6,3	9,5	7,3	6,8	5,3
Alle Länder	K-40	66	1	60	1.600	340	280	290
	Co-60	66	65		0,33		<0,16	<0,18
	I-131	60	52	0,48	43		<0,27	<0,35
Feste Rückstände der Rauchgasreinigung (Bq/kg TM)								
Nördlich *	Cs-137	40	11	0,19	48	13	2,2	4,1
Südlich *	Cs-137	4	0	1,6	49	26	27	4,6
Alle Länder	K-40	44	2	3,1	1.600	450	120	230
	I-131	42	11	0,37	1.100	110	3,1	5,3
Flüssige Rückstände der Rauchgasreinigung / Prozesswasser (Bq/l)								
Nördlich *	Cs-137	24	17	0,12	1,3		<0,092	<0,094
Südlich *	Cs-137	2	2				<0,097	<0,1
Alle Länder	K-40	26	7	0,73	38	10	5,0	2,8
	I-131	26	6	0,19	1.300	180	7,4	4,5
Kompost (Bq/kg TM)								
Nördlich *	Cs-137	70	0	1,9	14	6,6	5,8	5,9
Südlich *	Cs-137	4	0	22	48	37	39	29
Alle Länder	K-40	74	0	200	980	510	490	470

* 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 und der Maximalwert 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. Seit 1998 konnte bei den Messungen kein Cs-134 mehr nachgewiesen werden. 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 Institut für Strahlenforschung des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT-ISF). Die übrigen Messstellen verfolgen nicht mehr regelmäßig ihre Referenzgruppen. Ein Trend für den Gehalt an Radiozäsium 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 Zäsium angegeben. Dieser Do-

siswert ergibt sich aus der fortlaufenden Summierung der monatlichen effektiven Dosen. Für Männer aus dem Raum München z. B. beträgt diese kumulierte Dosis für die 24 Jahre seit dem Unfall in Tschernobyl etwa 0,23 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
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
2010	392	49	1,1	294	53	< 1,0
Monatsmittelwerte für 2010						
Januar	34	50	< 1,2	28	50	0,9
Februar	31	49	< 1,2	27	53	< 1,0
März	40	49	1,1	34	52	< 0,9
April	42	46	1,1	31	53	0,9
Mai	39	50	1,1	26	51	< 0,9
Juni	33	48	< 1,1	22	51	< 0,9
Juli	32	49	1,1	25	52	< 1,0
August	34	50	1,1	23	52	0,9
September	17	50	1,1	14	54	< 0,9
Oktober	29	50	< 1,1	22	54	< 1,0
November	41	51	< 1,2	26	54	< 1,0
Dezember	20	49	< 1,1	16	56	1,1

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
1996	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
2010	69	49	0,09	97	65	0,15
Monatsmittelwerte für 2010						
Januar	5	47	0,13	9	66	0,17
Februar	7	51	0,20	8	61	0,32
März	7	48	0,02	9	61	0,13
April	8	47	0,05	9	61	0,17
Mai	6	49	0,09	7	62	0,20
Juni	6	48	0,02	8	63	0,11
Juli	8	49	0,08	9	63	0,08
August	6	50	0,13	9	64	0,14
September	1	49	0,06	4	63	0,20
Oktober	6	49	0,07	8	64	0,15
November	4	49	0,00	9	67	0,14
Dezember	5	49	0,27	8	68	0,01

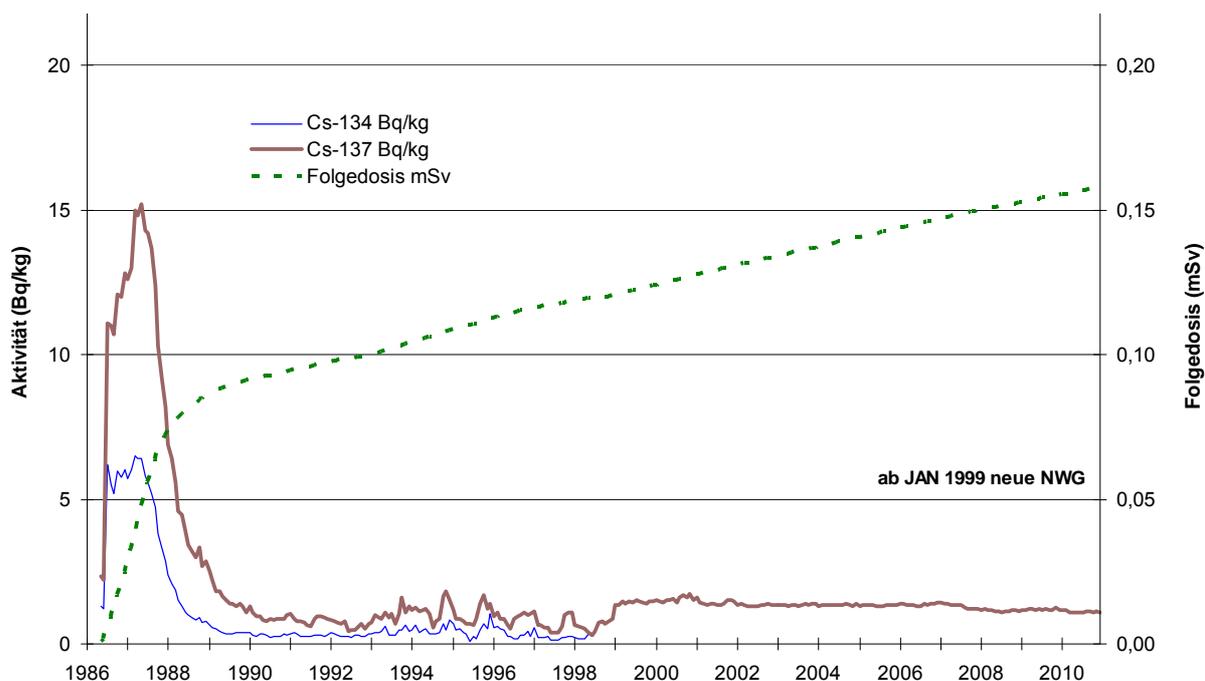


Abbildung 2.8-1 Inkorporiertes Cs-134, Cs-137 und resultierende Strahlenexposition
Referenzgruppe: BfS-München, Frauen
*(Incorporated radiocesium and resulting radiation exposure
Reference group: BfS Munich, women)*

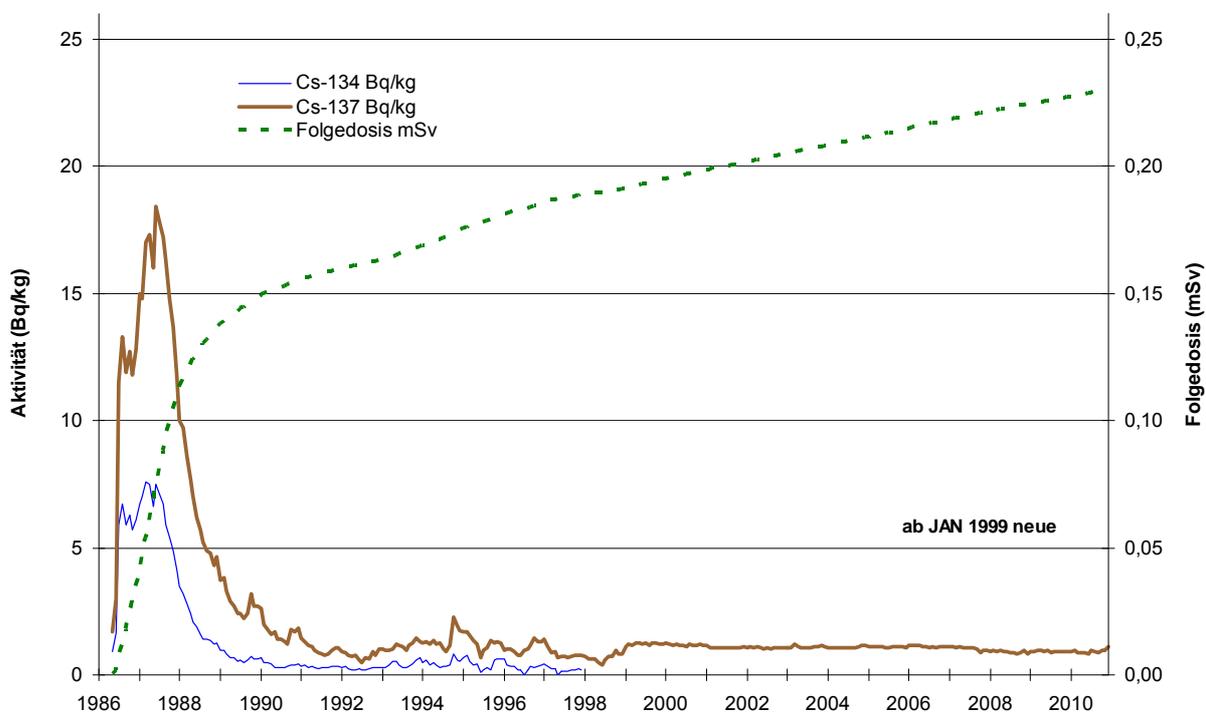


Abbildung 2.8-2 Inkorporiertes Cs-134, Cs-137 und resultierende Strahlenexposition
Referenzgruppe: BfS-München, Männer
*(Incorporated radiocesium and resulting radiation exposure
Reference group: BfS Munich, men)*

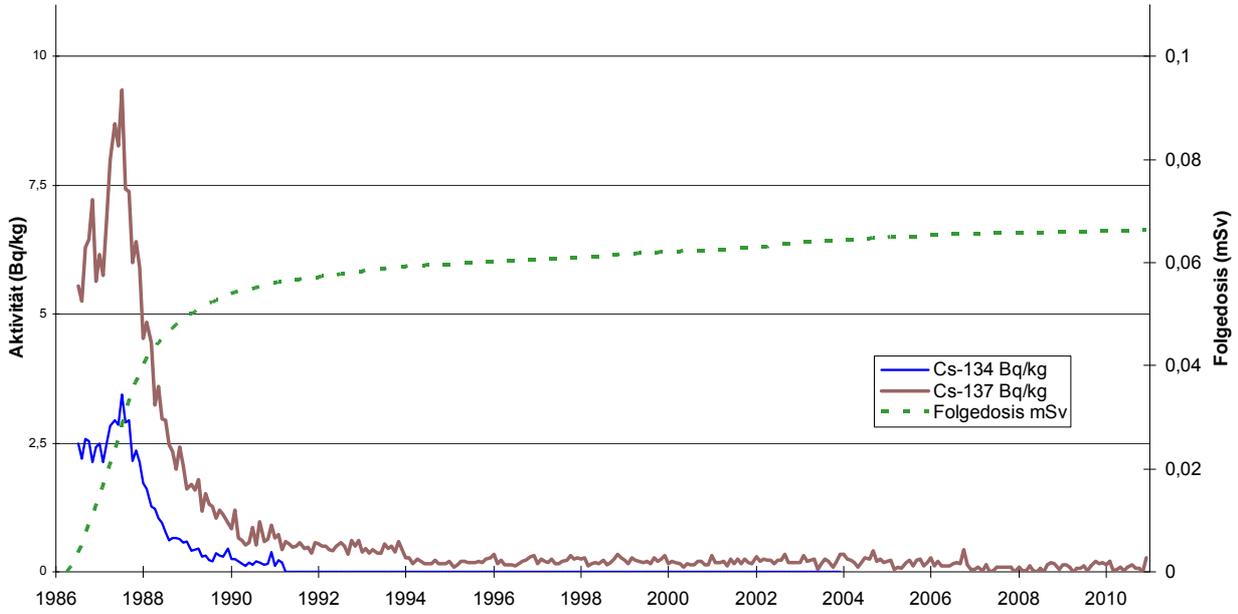


Abbildung 2.8-3 Inkorporiertes Cs-134, Cs-137 und resultierende Strahlenexposition
 Referenzgruppe: Karlsruhe, Frauen
*(Incorporated radiocesium and resulting radiation exposure
 Reference group: Karlsruhe, women)*

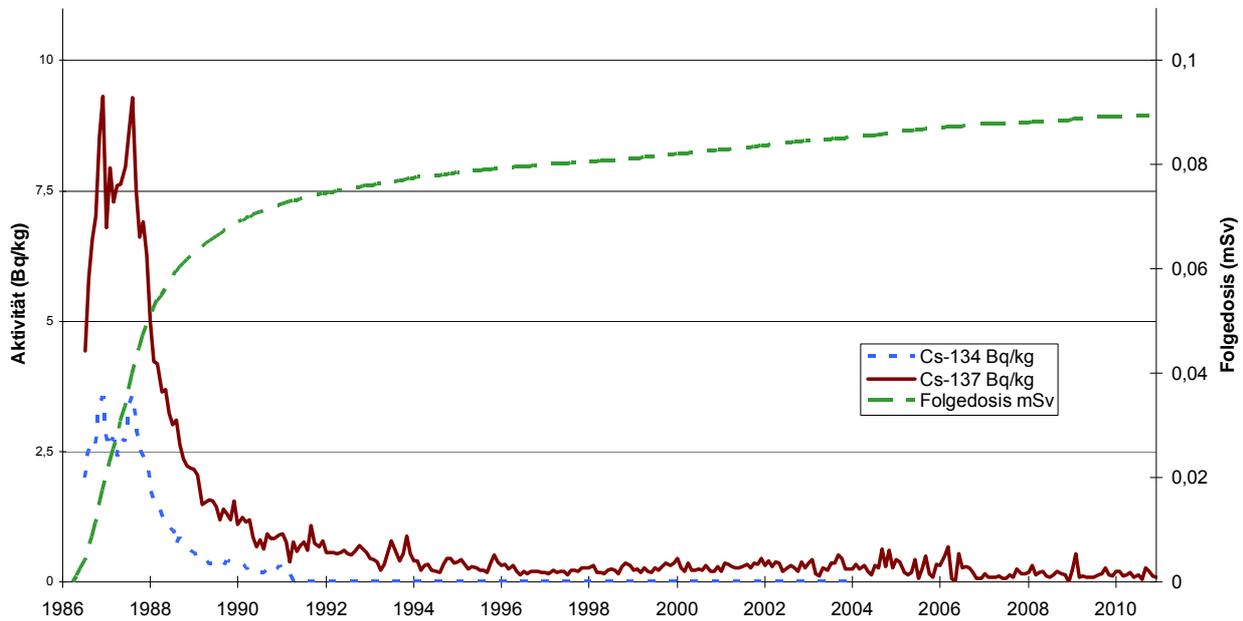


Abbildung 2.8-4 Inkorporiertes Cs-134, Cs-137 und resultierende Strahlenexposition
 Referenzgruppe: Karlsruhe, Männer
*(Incorporated radiocesium and resulting radiation exposure
 Reference group: Karlsruhe, men)*

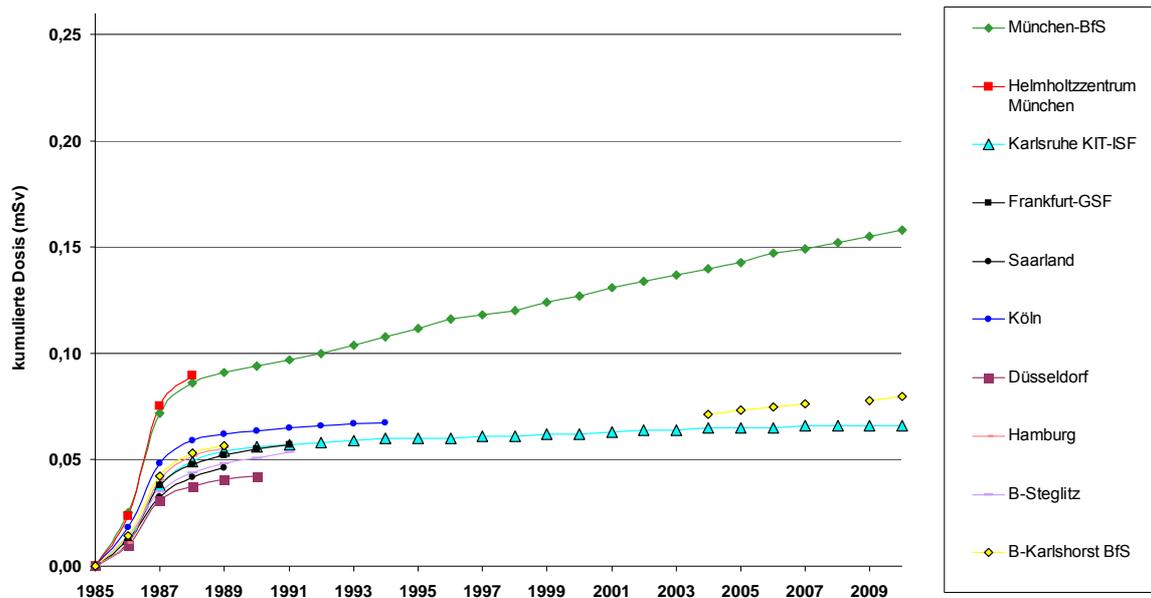


Abbildung 2.8-5 Strahlenexposition aus inkorporiertem radioaktivem Cäsium
Vergleich der Referenzgruppen: Frauen
(Radiation exposure from incorporated radioactive cesium
Comparison of reference groups: women)

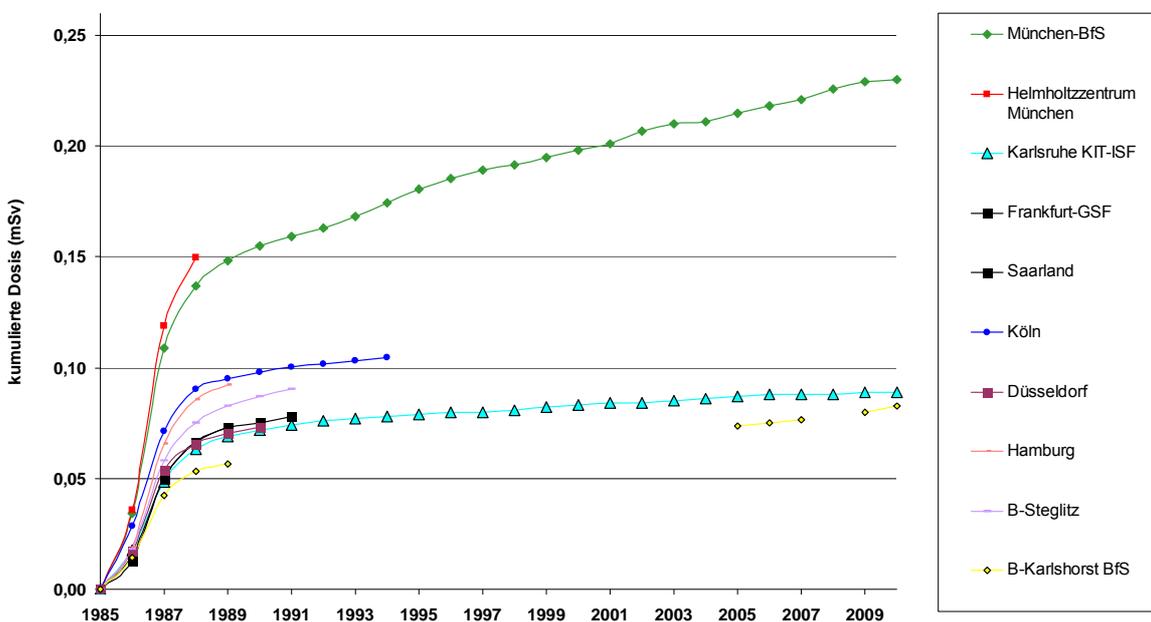


Abbildung 2.8-6 Strahlenexposition aus inkorporiertem radioaktivem Cäsium
Vergleich der Referenzgruppen: Männer
(Radiation exposure from incorporated radioactive cesium
Comparison of reference groups: men)