

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 aus den Kernwaffenversuchen 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 2011 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 der radioaktiven Isotope des Edelgases Xenon 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 hinsichtlich der resultierenden 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 Messstation Schauinsland des BFS (Radionuklidstation, RN 33) etwa 1000 m oberhalb von Freiburg im Schwarzwald gelegen. Dort sind automatische Messsysteme für den Nachweis an Luftstaub gebundener Radionuklide 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. Wegen dieser Eigenschaft sind sie einerseits schwierig zu messen und tragen andererseits aber auch nur sehr gering zur Strahlenbelastung bei. Da die radioaktiven Edelgase so schwer zurückzuhalten sind, legt das CTBT-Messnetz gerade auf diese - speziell auf 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. Emissionen aus diesen Anlagen werden über große Distanzen transportiert und zeigen Auswirkungen auf die Messungen auch an weitab gelegenen Stationen. Auf Grund des ständig steigenden Bedarfs an Tc-99m werden weltweit immer wieder neue Produktionsanlagen in Betrieb genommen oder sind in Planung.

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. Derzeit besteht zwischen den Radionuklidexperten der CTBTO und der Mitgliederstaaten ein sehr produktiver Informationsaustausch, sowohl über die Belange beider Seiten als auch über Möglichkeiten weiterer Emissionsreduzierung.

Während man für das Jahr 2005 noch davon ausgehen musste, dass radiopharmazeutische Anlagen eine Größenordnung mehr Xe-133 (ca. 10000 TBq/a) freisetzen als alle Kernkraftwerke weltweit, beobachtet man seit 2008 einen deutlichen Rückgang des Untergrundpegels von Xe-133 an der Station auf dem Schauinsland. Die Ursache hierfür sind 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 2011. Die maximale Xe-133-Aktivitätskonzentration im Jahr 2011 lag am 30.03.2011 bei $2,7 \text{ Bq/m}^3$, dieser Wert ist auf die Reaktorkatastrophe in Fukushima zurückzuführen. Der höchste in 2011 gemessene

Wert, der nicht eine Folge von Fukushima war, lag knapp unter 50 mBq/m³ und damit fünfmal niedriger als der höchste bisher gemessene Wert von 260 mBq/m³ in 2005. Der Jahresmittelwert der Xe-133-Aktivitätskonzentration sank von 5,3 mBq/m³ im Jahr 2005 auf 1,5 mBq/m³ im Jahr 2011 (ohne die Messwerte, die auf Fukushima zurückzuführen sind). Berücksichtigt man die Emissionen aus Fukushima, ergibt sich eine mittlere Aktivitätskonzentration von 53,2 mBq/m³. Die Auswirkungen der Emissionsreduzierungen in Nordamerika und Europa lassen sich auch an anderen Messstationen der Nordhemisphäre in ähnlicher Form nachweisen.

Als Folge der Reaktorkatastrophe in Fukushima wurden große Mengen künstlicher Radionuklide in die Atmosphäre freigesetzt und anschließend über die gesamte Nordhemisphäre verteilt. Das Radionuklidmessnetz der CTBTO ist das einzige weltweite Messnetz zur Erfassung von Radionukliden in der Atmosphäre. Mit seiner globalen Verteilung der Stationen lieferte es nach der Katastrophe in Fukushima wichtige Daten und Informationen sowohl über die Aktivitätskonzentrationen der emittierten Radionuklide als auch über deren Ausbreitung auf der nördlichen Hemisphäre. Die mit diesem Messnetz gewonnenen Informationen waren für die Einschätzung der Lage wichtig. So zeigte das Messnetz der CTBTO auch nach dieser Katastrophe den Nutzen der Daten für zivile Anwendungen, wie den Katastrophenschutz, die Notfallvorsorge und auch wissenschaftliche Zwecke auf.

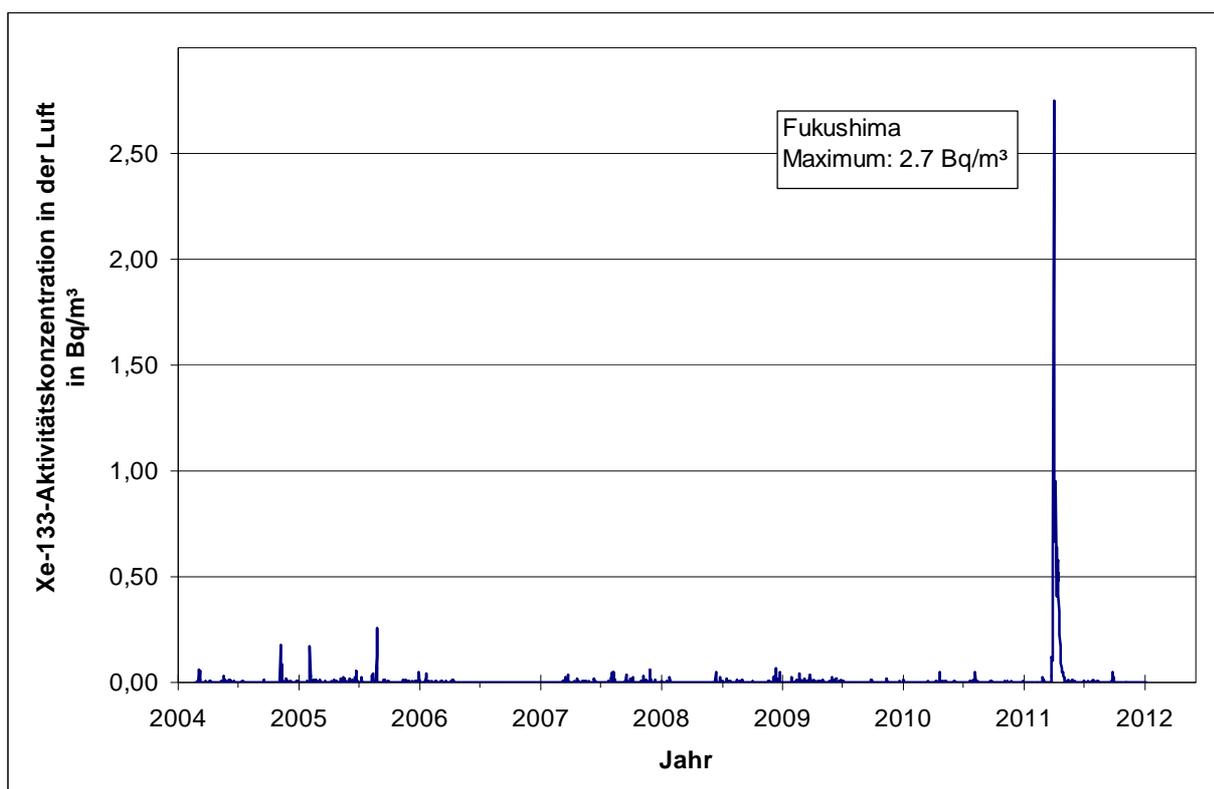


Abbildung 1.1-1 Zeitreihe der Xe-133-Aktivitätskonzentration in den Jahren 2004 bis 2011 an der IMS-Station RN33 auf dem Schauinsland
(Time series of Xe-133-activity concentration at IMS-station RN33 at Schauinsland mountain for the years 2004 to 2011)

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

Im Jahr 2011 sind Grundnahrungsmittel wie Milch, Gemüse, Getreide, Obst und Fleisch durch radioaktives Cäsium aus dem Reaktorunfall nur noch geringfügig belastet. In einem umfangreichen Messprogramm nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz im Rahmen des Integrierten Mess- und Informationssystems (IMIS) werden jährlich mehrere tausend Lebensmittelproben auf ihren Radioaktivitätsgehalt untersucht. Dadurch wird eine bundesweite Überwachung der Radioaktivitätspegel 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, z. B. Maronenröhrlingen (71 Messungen) bis 1200 Bq/kg und bei Birkenpilzen (21 Messungen) bis 1360 Bq/kg. Bei Fischen treten in Binnenseen bis zu 99 Bq/kg bei Flussbarsch auf (13 Messungen).

Bei Wildschweinen werden nach wie vor 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. Im Berichtsjahr wurden in den hochbelasteten Gebieten Süddeutschlands verstärkt Proben genommen. Diese zeigten erwartungsgemäß in einigen Fällen Überschreitungen. Entgegen den Vorjahren wurden 2011 auch in nördlichen Bundesländern Überschreitungen des Höchstwertes gefunden.

In Bayern lag der Mittelwert von 98 Messungen an Wildschweinen bei 670 Bq/kg, die Werte reichen bis 10 200 Bq/kg. Für Rehe lag der Mittelwert von 94 Messungen bei 38 Bq/kg mit einem Höchstwert von 1350 Bq/kg. In allen anderen Bundesländern gab es 2011 keine Überschreitung des Höchstwertes bei Rehfleisch.

106 Messungen an Wildschweinfleisch in Nordrhein-Westfalen ergaben einen Mittelwert von 166 Bq/kg bei einem Höchstwert von 1470 Bq/kg. In Baden-Württemberg lag der Mittelwert bei 518 Bq/kg (3 Messungen), der Maximalwert bei 1330 Bq/kg. In Sachsen-Anhalt wurde mit 808 Bq/kg der Höchstwert in einem Fall überschritten. 14 Messungen ergaben hier einen Mittelwert von 124 Bq/kg. In Niedersachsen wurde ein Mittelwert von 47 Bq/kg und ein Maximalwert von 398 Bq/kg bei Wildschweinfleisch gemessen (30 Messungen). In allen anderen Bundesländern wurde bei keiner Messung der Höchstwert von 600 Bq/kg überschritten.

Cs-137 wird von Wild über das Futter aufgenommen. Bei Schwarzwild spielen Hirschtrüffel eine besondere Rolle, da diese sehr viel höher belastet sind als Speisepilze und von Wildschweinen besonders gerne gefressen werden. Die höchsten Aktivitäten weist das Fleisch von Wildschweinen aus großen geschlossenen Waldgebieten auf, da die Tiere hier weniger auf landwirtschaftliche Flächen ausweichen können. Aus demselben 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 (10 200 Bq/kg Cs-137) hätte bei Erwachsenen zu einer effektiven Dosis von 0,07 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).

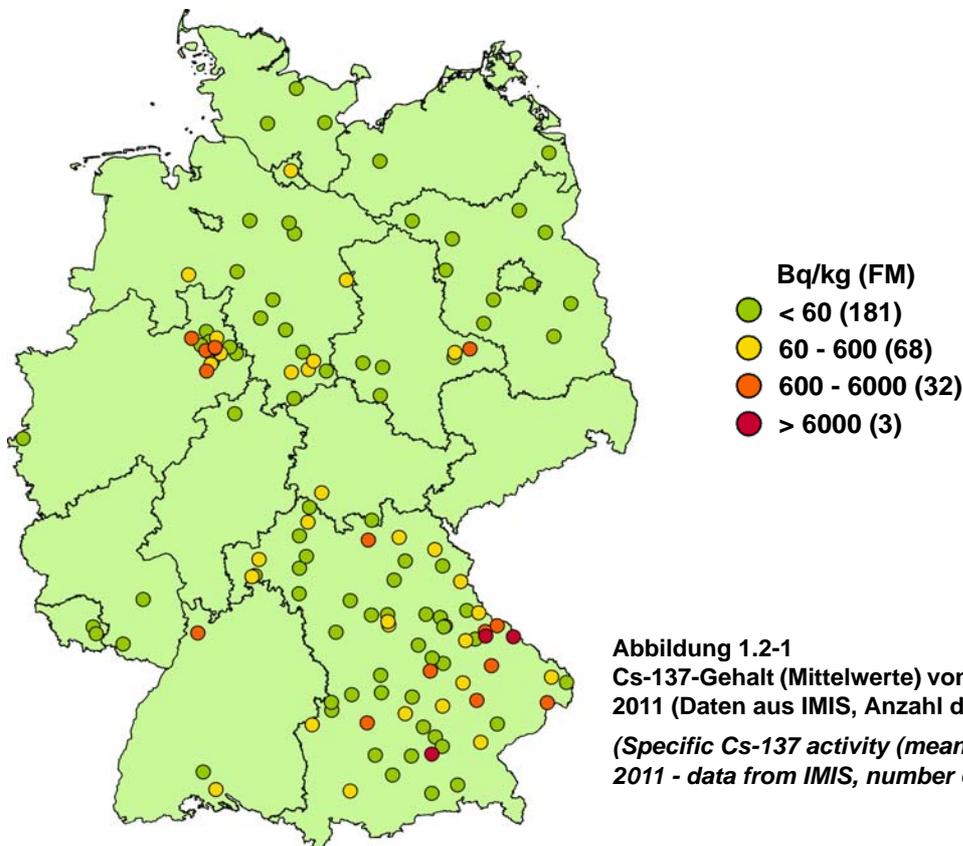


Abbildung 1.2-1
Cs-137-Gehalt (Mittelwerte) von Wildschweinen im Jahr 2011 (Daten aus IMIS, Anzahl der Werte in Klammern)
(Specific Cs-137 activity (means) in wild boar - year 2011 - data from IMIS, number of values in brackets)

1.3 Anlagen nach Atomgesetz (Facilities according to the Atomic Energy Act)

Allgemeine Angaben

In der Bundesrepublik Deutschland existierten im Jahr 2011 folgende kerntechnische Anlagen:

- 17 in Betrieb befindliche Kernkraftwerke (Tabelle 1.3-1) mit einer elektrischen Bruttoleistung von insgesamt 21517 MW, einer Gesamtstromerzeugung von 108 TWh und einem Anteil von 17,6 % an der Gesamt-Brutto-Stromerzeugung und von rund 19,2 % an der Stromerzeugung der öffentlichen Versorgung im Jahr 2011. Ursache des Rückgangs um etwa 32 TWh gegenüber dem Vorjahr ist das endgültige Abschalten von acht Kernkraftwerken im Berichtsjahr (bzw. bereits im Vorjahr) auf Grund des Reaktorunglücks im März 2011 in Fukushima (Japan). Davon betroffen waren die Kernkraftwerke Biblis A und B, Neckarwestheim 1, Brunsbüttel, Isar 1, Unterweser, Philippsburg 1 und Krümmel. Die Reaktoren MZFR Karlsruhe, AVR Jülich, KNK Karlsruhe, das Versuchsatomkraftwerk Kahl sowie die Leistungskraftwerke Rheinsberg, Gundremmingen A, Würgassen, Lingen, Greifswald, Hamm-Uentrop, Mülheim-Kärlich, Stade und Obrigheim hatten den Betrieb bereits vorher 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 II (Tabelle 1.3-4).

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 Schachanlage Asse II für das Jahr 2011 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 2011 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 2011 in Grenznähe bis zu einer Entfernung von 30 km zur deutschen Grenze die in Tabelle 1.3-5 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 2011 des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI veröffentlicht (www.ensi.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. Tabelle 1.3-3 zeigt eine Übersicht über die in Betrieb befindlichen Zwischenlager in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2011. 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.

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

**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. Brutto- leistung (MW)	Bruttostrom- erzeugung 2011* (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	1225	255	1974/2011	Rhein
Biblis B	KWB B	DWR	1300	198	1976/2011	Rhein
Neckarwestheim 1	GKN 1	DWR	840	167	1976/2011	Neckar
Brunsbüttel	KKB	SWR	806	0	1976/2011	Elbe
Isar 1	KKI 1	SWR	912	185	1977/2011	Isar
Unterweser	KKU	DWR	1410	284	1978/2011	Weser
Philippsburg 1	KKP 1	SWR	926	169	1979/2011	Rhein
Grafenrheinfeld	KKG	DWR	1345	1032	1981	Main
Krümmel	KKK	SWR	1402	0	1983/2011	Elbe
Hamm-Uentrop	THTR-300	HTR	307	0	1983/1988	Lippe
Gundremmingen B	KRB-II-B	SWR	1344	1239	1984	Donau
Grohnde	KWG	DWR	1430	1161	1984	Weser
Gundremmingen C	KRB-II-C	SWR	1344	1134	1984	Donau
Philippsburg 2	KKP 2	DWR	1468	1292	1984	Rhein
Mülheim-Kärlich	KMK	DWR	1302	0	1986/1988	Rhein
Brokdorf	KBR	DWR	1480	1166	1986	Elbe
Isar 2	KKI 2	DWR	1485	1405	1988	Isar
Emsland	KKE	DWR	1400	1320	1988	Ems
Neckarwestheim 2	GKN 2	DWR	1400	1319	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 2012, Kernkraftwerke in Deutschland Betriebsergebnisse 2011

**Tabelle 1.3-2 Forschungsreaktoren (ausgenommen Nullleistungsreaktoren) in der Bundesrepublik Deutschland
(Research reactors - not including reactors with zero output - in the Federal Republic of Germany)**

Standort	Betreiber	Bezeichnung des Reaktors	therm. Leistung * (MW)	Beginn / Ende des nuklearen Betriebes
Garching	Technische Universität München, Forschungs- Neutronenquelle Heinz-Maier-Leibnitz	FRM I	4	1957/2000
		FRM II	20	2004
Rosendorf	Forschungszentrum Dresden-Rosendorf, Ver- ein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Ros- endorf (VKTA)	RFR	10	1957/1991
Geesthacht	GKSS-Forschungszentrum	FRG 1	5	1958/2010
		FRG 2	15	1963/1993
Karlsruhe	Forschungszentrum Karlsruhe (KIT)	FR 2	44	1961/1981
Jülich	Forschungszentrum Jülich	FRJ 1	10	1962/1985
		FRJ 2	23	1962/2006

Standort	Betreiber	Bezeichnung des Reaktors	therm. Leistung * (MW)	Beginn / Ende des nuklearen Betriebes
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 2011 belegt)	Stellplätze gesamt (Ende 2010 belegt)
SZL Biblis	22.09.2003	18.05.2006	135 (51)	135 (46)
SZL Brokdorf	28.11.2003	05.03.2007	100 (14)	100 (13)
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 (13)
SZL Gundremmingen	19.12.2003	25.08.2006	192 (34)	192 (31)
SZL Isar	22.09.2003	12.03.2007	152 (22)	152 (22)
SZL Krümmel	19.12.2003	14.11.2006	80 (19)	80 (19)
SZL Lingen	06.11.2002	10.12.2002	125 (32)	125 (32)
SZL Neckarwestheim	22.09.2003	06.12.2006	151 (41)	151 (36)
SZL Philippsburg	19.12.2003	19.03.2007	152 (36)	152 (36)
SZL Unterweser	22.09.2003	18.06.2007	80 (8)	80 (7)
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 (56)	420 (56)*
TBL Gorleben	05.09.1983	25.04.1995	420 (113)	420 (102)
ZLN Rubenow	05.11.1999	11.12.1999	80 (74)	80 (69)
SZL Obrigheim (beantragt)	Antragstellung 22.04.2005	-	15	15

* Berichtigung: Im Transportbehälterlager Ahaus waren im Berichtsjahr wie auch im Vorjahr 329 Behälter auf 56 Stellplätzen deponiert

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 ^{1,2} (Stand 31.12.2011)	Inventar ² (Stand 31.12.2010)
Morsleben	Bundesamt für Strahlenschutz	ERAM	1971	36 998 m ³ / 1,02 E14 Bq	36 984 m ³ / 1,07 E14 Bq
Remlingen	Bundesamt für Strahlenschutz (bis 2009 Helmholtz Zentrum München)	Schachtanlage Asse II	1967	2,7 E15 Bq	2,8 E15 Bq

1 Die Volumendifferenz zum Vorjahr ergibt sich aus der Einlagerung radioaktiver Betriebsabfälle, die im ERAM angefallen sind. Ohne Berücksichtigung des Abklingverhaltens seit Beginn der Einlagerung ergibt sich für die Gesamtaktivität ein Wert von 3,8 E14 Bq.

2 Die Änderung der Aktivität ergibt sich aus dem radioaktiven Zerfall der eingelagerten Radionuklide.

Tabelle 1.3-5 Grenznahe kerntechnische Anlagen im benachbarten Ausland
(Nuclear facilities in neighbouring countries located close to the German border)

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

1.3.1 Strahlenexposition durch Anlagen nach Atomgesetz

(Radiation exposure from facilities according to the Atomic Energy Act)

Die für das Jahr 2011 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 der „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV): 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 1800 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 2011 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der **Fortluft**. Angegeben ist die effektive Dosis für Erwachsene (Altersgruppe >17 Jahre) und Kleinkinder (Altersgruppe von >1 bis 2 Jahre) sowie die Schilddrüsendosis für Kleinkinder. Tabelle 1.3.1-1 zeigt als größten berechneten Wert der effektiven Dosis für Erwachsene 3 µSv (1 % des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) beim Standort Gundremmingen, sowie für Kleinkinder 6 µSv (2 % des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV). Der größte berechnete Wert der Schilddrüsendosis für Kleinkinder ergibt sich mit 6 µSv (unter 1 % des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) ebenfalls bei Gundremmingen. Diese maximalen Werte sind gegenüber dem Vorjahr teilweise geringfügig zurückgegangen.

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 Verzehrs- und Lebensgewohnheiten angenommen, insbesondere für Erwachsene ein hoher Konsum an Flussfisch, der in der Kühlwasserfahne gefangen wird, und für beide Personengruppen eine Aufenthaltszeit von 1000 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 1,7 µSv für Kleinkinder (entsprechen ca. 0,6 % 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 0,2 µSv bzw. 0,3 µSv berechnet; am Main liegen die effektiven Jahresdosen bei 0,2 µSv bzw. 0,3 µSv, am Rhein bei 0,1 µSv und an der Donau bei 0,3 bzw. 0,6 µSv. Diese Dosiswerte ergeben sich auch für das kritische Organ (rotes Knochenmark). Zu diesen Werten trägt vor allem die äußere Bestrahlung auf Überschwemmungsgebieten bei, die im Wesentlichen durch Ablagerungen aus früheren Jahren bedingt ist.

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 2011 als höchsten Wert 14 μSv (unter 5 % des Grenzwertes) für Erwachsene beim Forschungszentrum Jülich aus und 9 μSv (3 % des Grenzwertes) für Kleinkinder beim Forschungszentrum Karlsruhe (KIT). Der höchste Wert der Schilddrüsendosis für Kleinkinder ergibt sich mit 13 μSv (unter 2 % des Grenzwertes) beim Forschungszentrum Jülich. Die gegenüber den Vorjahren deutlich angestiegenen Dosiswerte beim KIT bei vergleichbaren Abgaben rühren von der erstmaligen Anwendung eines konservativen Verfahrens der Bestimmung der Gammasubmersion aus der AVV an diesem Standort. Vormalig wurde die Dosis durch Gammasubmersion mit einem numerischen Verfahren standortspezifisch realitätsnäher berechnet. Die größeren Dosiswerte beim Forschungszentrum Jülich liegen an der größeren Ableitung von C-14 in Form von Kohlenstoffdioxid.

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 2011 0,11 μSv , für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 0,27 μSv und für mit Muttermilch ernährte Säuglinge 0,7 μSv ; dies sind ca. 0,03 %, 0,09 % bzw. 0,23 % 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 0,21 μSv für Erwachsene, 0,74 μSv für Kleinkinder (Altersgruppe 1 - 2 Jahre) und 2,2 μSv für mit Muttermilch ernährte Säuglinge (ca. 0,07 %, 0,25 % bzw. 0,73 % 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. Die aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem **Abwasser** resultierenden oberen Werte der effektiven Dosis liegen auch im Berichtsjahr 2011 unterhalb von 0,1 Mikrosievert für Erwachsene und Kleinkinder. Bei den Berechnungen wurde für nicht identifizierte Betastrahler der ungünstigste Fall, dass es sich um Sr-90 handelt, angenommen.

Schachanlage Asse II

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

Die errechnete potenzielle Strahlenexposition in der Umgebung der Schachanlage Asse II war im Jahr 2011 wegen ungünstigerer Ausbreitungsbedingungen höher 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 2011 für Erwachsene 18 μSv , für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 26 μSv und für Säuglinge 32 μSv . Dies sind ca. 6 %, 9 % und 11 % des Grenzwertes gemäß Strahlenschutzverordnung. 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 63 μSv für Säuglinge, 37 μSv für Kleinkinder und 88 μSv für Erwachsene ermittelt. Dies sind ca. 21 %, 12 % und 5 % des zulässigen Grenzwertes.

Die potenzielle Strahlenexposition wird in der Schachanlage Asse II insbesondere durch das radioaktive Edelgas Radon-222 (11 μSv bei allen Altersgruppen) und das Radionuklid Pb-210 (15 μSv bei Säuglingen, 7,9 μSv bei Kleinkindern und 2,6 μSv bei Erwachsenen) verursacht. Das Radionuklid Pb-210 entsteht durch radioaktiven Zerfall aus Radon-222 und wird zum Teil bereits mit den Frischwetterern in die Grube eingebracht. Radon-222 ist ebenfalls bereits in den Frischwetterern vorhanden, wird aber auch aus den in der Schachanlage Asse II eingelagerten radioaktiven Abfällen freigesetzt. Bei der Berechnung der potenziellen Strahlenexposition wurde nicht zwischen natürlichen und abfallbürtigen Radionukliden unterschieden, sondern konservativ angenommen, dass die in der Fortluft vorhandenen Radionuklide vollständig aus den eingelagerten Abfällen freigesetzt werden. Die berechneten potenziellen Strahlenexpositionen sind in Tabelle 1.3.1-7 aufgeführt.

Zentrale Zwischenlager Ahaus, Nord, Gorleben

Für das zentrale Zwischenlager Nord und die zentralen Transportbehälterlager Ahaus und Gorleben ist die Strahlenexposition durch Direktstrahlung in Tabelle 1.3.1-8 aufgeführt. Die Messwerte zur Direktstrahlung beinhalten den natürlichen Untergrund. Dieser lag im Fall von Gorleben zurzeit der Beweissicherungsmessungen 1983 - 1989 am Messpunkt 2 zwischen 0,48 und 0,68 mSv/a (Gammaortsdosis) bzw. zwischen 0,09 und 0,1 mSv/a (Neutronenortsdosis).

Bewertung

Die für 2011 aus den Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV berechneten Werte der Strahlenexposition haben die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Dosisgrenzwerte nicht überschritten. Sie liegen im Bereich der entsprechenden Werte des Vorjahres und betragen bei der effektiven Dosis und bei den einzelnen Organdosen weniger als 10 % des jeweiligen Dosisgrenzwertes mit Ausnahme der Schachanlage Asse II, wo auf Grund der konservativen Abschätzung der potenziellen Strahlenexposition (kein Abzug der Radioaktivität natürlichen Ursprungs in der Fortluft) in Verbindung mit ungünstigen Ableitungsbedingungen 21 % des Organdosisgrenzwertes 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 2011 deutlich unter 10 μ Sv 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 Schilddrüsens dosis	
	für Erwachsene in μ Sv		für Kleinkinder in μ Sv		für Kleinkinder in μ Sv	
	2011	2010	2011	2010	2011	2010
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	0,1	0,3	0,2	0,5	0,2	0,5
KKS Stade	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
KWW Würgassen	< 0,1	0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	0,1
KGR Greifswald ^b	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
KWB Biblis A, B	0,4	0,3	0,6	0,6	0,6	0,5
GKN Neckarwestheim 1, 2	0,7	0,5	1	0,9	1	0,8
KKB Brunsbüttel	< 0,1	0,2	< 0,1	0,3	< 0,1	0,3
KKI Isar 1, 2	1	3	2	5	2	5
KKU Unterweser	< 0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2
KKP Philippsburg 1, 2	1	4	2	6	2	7
KKG Grafenrheinfeld	0,3	0,4	0,5	0,7	0,5	0,7
KKK Krümmel	< 0,1	0,3	< 0,1	0,5	< 0,1	0,4
KRB Gundremmingen A, B, C	3	2	6	4	6	4
KWG Grohnde	0,6	0,4	1	0,7	1	0,7
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	1	0,8	2	1	2	1
KKE Emsland	0,4	0,4	0,8	0,6	0,7	0,6

a Berechnet für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen

b Die Strahlenexposition konnte für Expositionspfade, bei denen Radionuklide in den Vorjahren akkumuliert wurden, nur unvollständig berechnet werden, da bei diesen Kernkraftwerken Werte für die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus den Jahren vor 1990 (Greifswald) bzw. vor 1984 (Rheinsberg) nicht vorliegen

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

Kerntechnische Anlagen	Oberer Wert der effektiven Dosis für Erwachsene in μSv		Oberer Wert der effektiven Dosis für Kleinkinder in μSv	
	2011	2010	2011	2010
	KRB Gundremmingen A, B und C	0,2	0,4	0,2
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	0,6	0,5	1,1	0,9
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	< 0,1	0,2
KKP Philippsburg 1 und 2	< 0,1	< 0,1	0,2	0,2
KKG Grafenrheinfeld	0,3	0,3	0,5	0,6
KKK Krümmel	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
KWG Grohnde	0,2	0,3	0,4	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	1,0	1,7	1,8
KKR Rheinsberg *	0,2	0,2	0,3	0,3
KGR Greifswald *	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

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

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

Forschungseinrichtung	Oberer Wert					
	der effektiven Dosis in μSv				der Schilddrüsendosis in μSv	
	für Erwachsene		für Kleinkinder		für Kleinkinder	
	2011	2010	2011	2010	2011	2010
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) früheres Forschungszentrum Karlsruhe (einschl. Wiederaufarbeitungsanlage) *	10	1,9	9	2,2	9	2,5
Forschungszentrum Jülich (einschl. Versuchsreaktor AVR) *	14	1,5	8	2,3	13	2,0
Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD) Gesamtstandort *	0,7	0,4	2	0,8	3	1,2
GKSS-Forschungszentrum Geesthacht *	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (früher Hahn-Meitner-Institut Berlin, HMI), (einschl. Zentralstelle für radioaktive Abfälle)*	0,4	0,3	0,7	0,5	0,6	0,5
Garching, FRM I und FRM II	0,2	0,6	0,4	1	0,3	1

* Entnommen aus den Jahresberichten 2011 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	
	2011	2010
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (einschl. Wiederaufarbeitungsanlage)	< 0,1	< 0,1
Forschungszentrum Jülich (einschl. Versuchsreaktor AVR)	4,6	2,0
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 der effektiven Dosis in μSv						Gamma-Ortsdosis in mSv/a	Neutronen-Ortsdosis in mSv/a
	für Erwachsene		für Kleinkinder		für Kleinkinder			
	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	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	0,2	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	
	2011	2010
ANF GmbH (Lingen)	< 0,1	< 0,1
URENCO D (Gronau)	< 0,1	< 0,1

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

	Fortluft				Abwasser	
	Oberer Wert in μSv				Oberer Wert in μSv der effektiven Dosis	
	der effektiven Dosis		der Organdosis*		2011	2010
	2011	2010	2011	2010	2011	2010
Morsleben						
Erwachsene	0,11	0,14	0,21	0,25	< 0,1	< 0,1
Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre)	0,27	0,34	0,74	0,91	< 0,1	< 0,1
mit Muttermilch ernährte Säuglinge	0,7	0,89	2,2	2,77	< 0,1	< 0,1
Schachtanlage Asse II						
Erwachsene	18	12	88	55	< 0,1	< 0,1
Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre)	26	16	37	22	< 0,1	< 0,1
Säuglinge (≤ 1 Jahr)	32	20	63	39	< 0,1	< 0,1

* Knochenoberfläche für Erwachsene, rotes Knochenmark für Säuglinge und Kleinkinder

**Tabelle 1.3.1-8 Strahlenexposition durch Direktstrahlung* aus zentralen Zwischenlagern
(Radiation exposure due to direct radiation from interim storage facilities)**

Zwischenlager	Gamma-Ortsdosis in mSv/a		Neutronen-Ortsdosis in mSv/a	
	2010	2011	2010	2011
Transportbehälterlager Ahaus	0,48 (MP 3,9)	0,48 (MP 3)	< 0,1 (alle MP)	< 0,100 (alle MP)
Zentrales Zwischenlager Nord (Rubenow)	0,81 (MP 17)	0,86 (MP 15)	0,13 (MP 17)	0,102 (MP 17)
Transportbehälterlager Gorleben	-	0,99 (MP 2)	-	0,297 (MP 2)

* Die Messwerte zur Direktstrahlung beinhalten den natürlichen Untergrund
MP Messpunkt

1.4 Sonderthema Fukushima (Special topic Fukushima)

Am 11. März 2011 um 14:46 Ortszeit wurde Japan von einem Erdbeben der Stufe 9,0 mit Epizentrum vor der Küste der Präfektur Miyagi erschüttert. Als Folge des dadurch ausgelösten Tsunamis wurde die Küstenregion verwüstet. Hierbei wurde auch die Strom- und Notstromzufuhr für die Blöcke 1 - 3 des Kernkraftwerks unterbrochen, so dass in der Folge die Reaktorkerne dieser Blöcke zerstört wurden. Durch den Unfall wurden große Mengen radioaktiver Stoffe freigesetzt und teilweise durch den Wind in Richtung Pazifik, teilweise aber auch ins Landinnere transportiert. Weiterhin wurden radioaktive Stoffe in großem Maße in den Pazifik abgeleitet. Der Unfall wurde auf der Internationalen Bewertungsskala für Nukleare Ereignisse INES in Stufe 7, der höchsten Stufe, eingeordnet [1].

Die Auswirkungen des Ereignisses waren in Deutschland mit Mitteln der Spurenanalytik kurzzeitig messbar, die Aktivitätswerte in Luft, Niederschlag und Nahrungsmitteln fielen aber schon im Jahr 2011 wieder unter die Nachweisgrenzen. Insgesamt liegt die Kontamination durch den Unfall in Fukushima drei bis vier Größenordnungen (d. h. um den Faktor tausend bis zehntausend) unter den als Folge des Unfalls in Tschernobyl gemessenen Werten [2].

Radionuklide in der Luft

Um Messergebnisse mit hoher zeitlicher Auflösung zu erhalten, wurde der Zeittakt für die Probenahme der aerosolgebundenen Radionuklide an den vier Spurenmessstellen, die auch Bestandteil des EU-Sparse Network sind (s. Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz Teil II, Kapitel 5 [3]), ab dem 23.03.11 von wöchentlich auf tägliche Probenahme umgestellt. Die PTB (Braunschweig) und das BfS (Schauinsland/Freiburg) verfügen über einen zweiten Hochvolumenssammler am jeweiligen Probenahmeort, der DWD (Potsdam und Offenbach) an seiner Station in Offenbach. Diese wurden weiterhin im wöchentlichen Rhythmus betrieben. Dies hatte den Vorteil, dass neben Messungen mit einer hohen zeitlichen Auflösung und einer höheren Nachweisgrenze (NWG bezogen auf Co-60: ca. 20 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ bis 30 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) auch zusätzlich solche mit der gewohnten Empfindlichkeit (NGW bezogen auf Co-60: ca. 0,3 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) durchgeführt werden konnten.

In den Proben vom 23.03.11 wurde zunächst I-131 an den Spurenmessstellen in Braunschweig, Potsdam und Offenbach nachgewiesen, am darauf folgenden Tag dann auch an der Messstation Schauinsland. Der zeitliche Versatz des ersten Anstiegs der Aktivitätskonzentrationen belegt die Durchzugsrichtung der kontaminierten Luftmasse von Nordwesten nach Südosten. Durch Auswaschung der an den Luftstaub gebundenen Radionuklide durch Niederschläge auf dem Transportweg variierten die maximalen Aktivitätskonzentrationen von I-131 in den Proben Ende März zwischen 3,7 mBq/m^3 (Potsdam) und 1,1 mBq/m^3 (Schauinsland). Mit den automatischen nuklidspezifisch messenden Monitor-systemen wurden an 19 Messstellen des DWD an den Tagen vom 27.03.11 bis zum 30.03.11 Aktivitätskonzentrationen von bis zu 7,7 mBq/m^3 für I-131 gemessen. Für Cs-134 und Cs-137 wurden in Potsdam und Offenbach maximale Aktivitätskonzentrationen von ca. 0,4 mBq/m^3 gemessen. In Braunschweig und auf dem Schauinsland lagen die Maximalwerte bei ca. 0,1 mBq/m^3 . Im weiteren zeitlichen Verlauf glichen sich durch die Vermischung der Luftmassen die Zeitverläufe an den verschiedenen Standorten weiter an. So wurde ein zweites Maximum der Aktivitätskonzentrationen am 05.04.11 an allen Stationen zeitgleich mit ähnlichen Aktivitätskonzentrationen nachgewiesen. Die Aktivitätskonzentrationen der Radionuklide in der Luft nahmen in der Folge u. a. durch Verdünnung und radioaktiven Zerfall kontinuierlich ab, wobei die Aktivitätskonzentration von I-131, bedingt durch dessen recht kurze Halbwertszeit von 8 Tagen, am schnellsten abnahm. Zur Verdeutlichung sind in Abbildung 1.4-1 der zeitliche Verlauf der Aktivitätskonzentrationen von I-131 und Cs-137 an den Spurenmessstellen in Braunschweig, Potsdam, Offenbach und auf dem Schauinsland dargestellt.

In Ergänzung zu den Messungen der aerosolgebundenen Radionuklide wurden, ebenfalls auf der Basis verkürzter Probenahmezeiträume, an der Messstation Offenbach (DWD) und auf dem Schauinsland (BfS) die Aktivitätskonzentrationen des Edelgases Xenons bestimmt. Hier zeigte sich ebenfalls im Zeitraum vom 23.03.11 bis zum 01.04.11 eine signifikante Erhöhung, in den folgenden Wochen sanken die Aktivitätskonzentrationen wieder auf das Niveau vor dem Unfall in Fukushima.

Eine zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Spurenmessstellen im Rahmen der Ereignisse von Fukushima befindet sich in Teil III im „Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz“ [3].

Neben den Messungen der bodennahen Luft wurden auf der Basis der meteorologischen Prognosen am 23. und am 30.03.11 im deutschen Luftraum Messflüge durch den DWD durchgeführt. Der erste Messflug ergab keine Messwerte oberhalb der Nachweisgrenzen. Während des zweiten Messfluges am 30.03.11 wurden für I-131 Aktivitätskonzentrationen von $1,7 \text{ mBq/m}^3$ in einer Flughöhe von 10 000 m und $2,6 \text{ mBq/m}^3$ in einer Flughöhe von 6000 m festgestellt, also ähnliche Werte wie in der bodennahen Luft (s. o.).

Ergänzend zu den täglichen direkten Messungen der Luftfilter wurden in der PTB ausgewählte Tagesproben aus den beiden Maxima der Luftkontamination in Braunschweig von Ende März und Anfang April 2011 der nach Routine-Messprogramm vorgesehenen, zeitaufwändigen Probenbearbeitung unterzogen. Dieses zeitaufwändige Verfahren ermöglicht die Bestimmung von Radionukliden, deren Aktivitätskonzentrationen unter den Nachweisgrenzen liegen, die bei der direkten Messung einer frischen Luftstaubprobe erreichbar sind. Die Ergebnisse dieser ergänzenden Messungen zeigt die Abbildung 1.4-2. Darin sind die schwerer flüchtigen künstlichen Radionuklide, die nur mit diesem Verfahren nachgewiesen werden konnten, durch ein nachgestelltes "#" gekennzeichnet. Die Aktivitätskonzentrationen sind sehr gering und liegen teilweise weit unterhalb der Aktivitätskonzentrationen der übrigen nachgewiesenen künstlichen Radionuklide, jedoch deutlich über den jeweils erreichten Nachweisgrenzen. Im Vergleich zu den Aktivitätskonzentrationen der im Luftstaub enthaltenen natürlichen Radionuklide sind sie radiologisch bedeutungslos.

Neben den Proben, die im Rahmen der Ereignisse von Fukushima mit einem verkürzten Probenahmeintervall an der Messstation Schauinsland des BfS genommen wurden, wurden auch dort zusätzlich Wochenproben mit einem zweiten Hochvolumensammler entnommen. Auf Grund des - gegenüber den Tagesproben - höheren Luftvolumens und längeren Messzeiten wurde für diese Proben eine höhere Nachweismempfindlichkeit erreicht. Mit diesem Verfahren konnten so, wie bei den zusätzlichen Messungen der PTB, weitere Radionuklide nachgewiesen werden (z. B. Te-129m, Cs-136), die in den „Schnellmessungen“ für tagesaktuelle Messwerte nicht zugänglich waren.

Auch am Helmholtz Zentrum München (München-Neuherberg) wurde ebenfalls eine erhöhte Aktivitätskonzentration von I-131 in der bodennahen Luft gemessen. Der zeitliche Verlauf der Messergebnisse von aerosolgebundenen Radionukliden entspricht denen der anderen Spurenmessstellen. Die höchste Konzentration wurde für I-131 mit $0,6 \text{ mBq/m}^3$ Ende März gemessen. Zusätzlich zu der aerosolgebundenen Iodfraktion wurde der Anteil des gasförmigen Iods bestimmt, das in der Periode des Durchzugs der ersten kontaminierten Luftmasse etwa 60 % der Gesamtradioiodkonzentration ausmachte (Abbildung 1.4-3).

Radionuklide im Niederschlag

Ein Einfluss auf den Jahresmittelwert durch deponierte Radionuklide resultierend aus der Freisetzung in Fukushima/Japan zeigte sich in Niederschlagsproben nicht.

Radionuklide im Meerwasser

Bei den Untersuchungen im Jahr 2011 konnte ein Eintrag aus dem Fukushima-Unfall in Nord- und Ostsee nicht nachgewiesen werden. Der Eintrag aus den Emissionen aus Fukushima in Nord- und Ostsee ist sehr gering, so dass ein Nachweis im Meerwasser, Schwebstoff oder Sediment von vornherein sehr unwahrscheinlich war.

Radionuklide in Binnengewässern

Aus radiologischer Sicht ist der Gütezustand der Binnengewässer in 2011 mit dem der letzten Jahre vergleichbar. Relevante Auswirkungen des Reaktorunfalls von Fukushima waren nicht zu verzeichnen: Lediglich in einer Schwebstoff- und in einer Sedimentprobe wurde Cs-134 mit unter 1 Bq/kg TM nachgewiesen. Bei anderen Radionukliden, insbesondere I-131 und Cs-137, ist ein diesbezüglicher Einfluss wegen der anderweitigen Einträge nicht explizit aufzeigbar.

Radionuklide in Blattgemüse, Milch und Weidenbewuchs

Als wahrscheinliche Folge des Reaktorunfalls von Fukushima wurden vereinzelt Cs-134- und I-131-Messwerte in den verschiedenen Umweltbereichen gefunden, wobei die Mehrzahl der Messwerte in Weide- u. Wiesenbewuchs zu finden sind. Leitstelleneigene Messungen bestätigen die in IMIS aufgezeigten Messwerte und ergeben für den Umweltbereich Blattgemüse (ungeschützter Anbau) in Bezug auf Cs-134 Messwerte bis $0,05 \text{ Bq/kg FM}$ und für I-131 bis zu $0,55 \text{ Bq/kg FM}$. Hofmilch liegt im Rahmen dieser Untersuchungen für Cs-134 und I-131 bei jeweils bis zu $0,01 \text{ Bq/l}$. Weide- u. Wiesenbewuchs liefern die höchsten Messwerte, die für Cs-134 bei $0,24 \text{ Bq/kg FM}$ und für I-131 bei $3,84 \text{ Bq/kg FM}$ liegen.

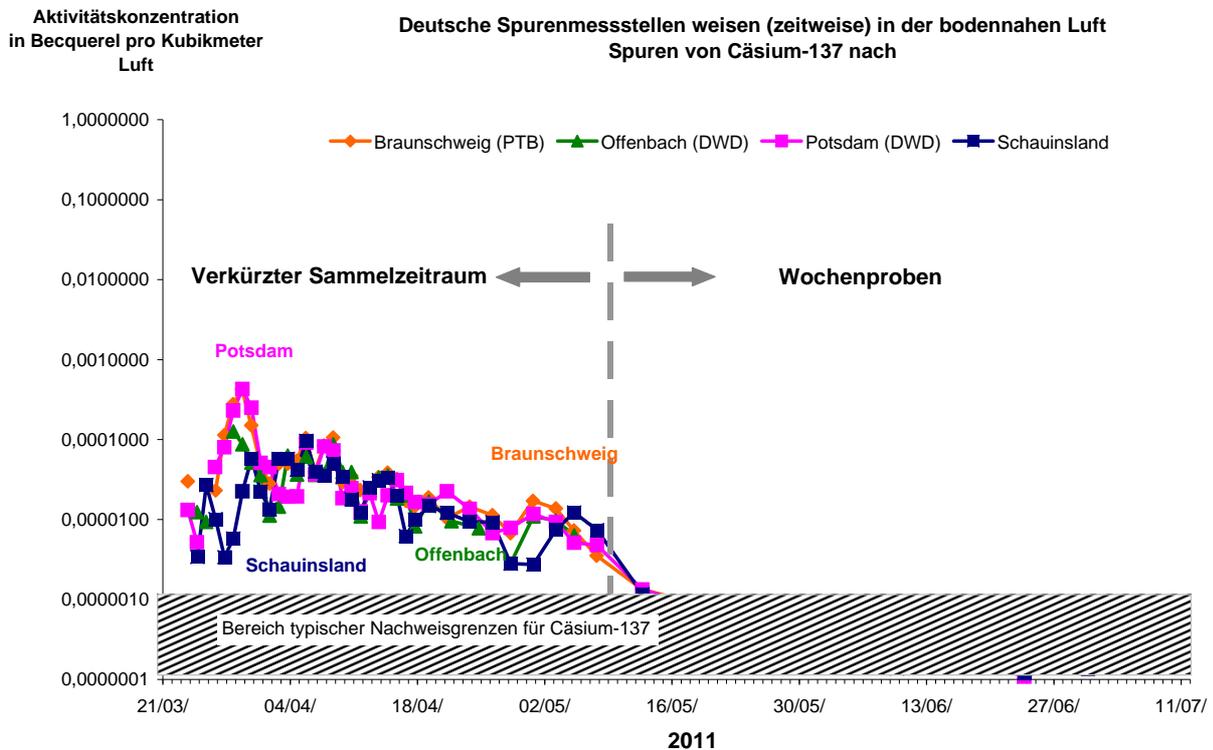
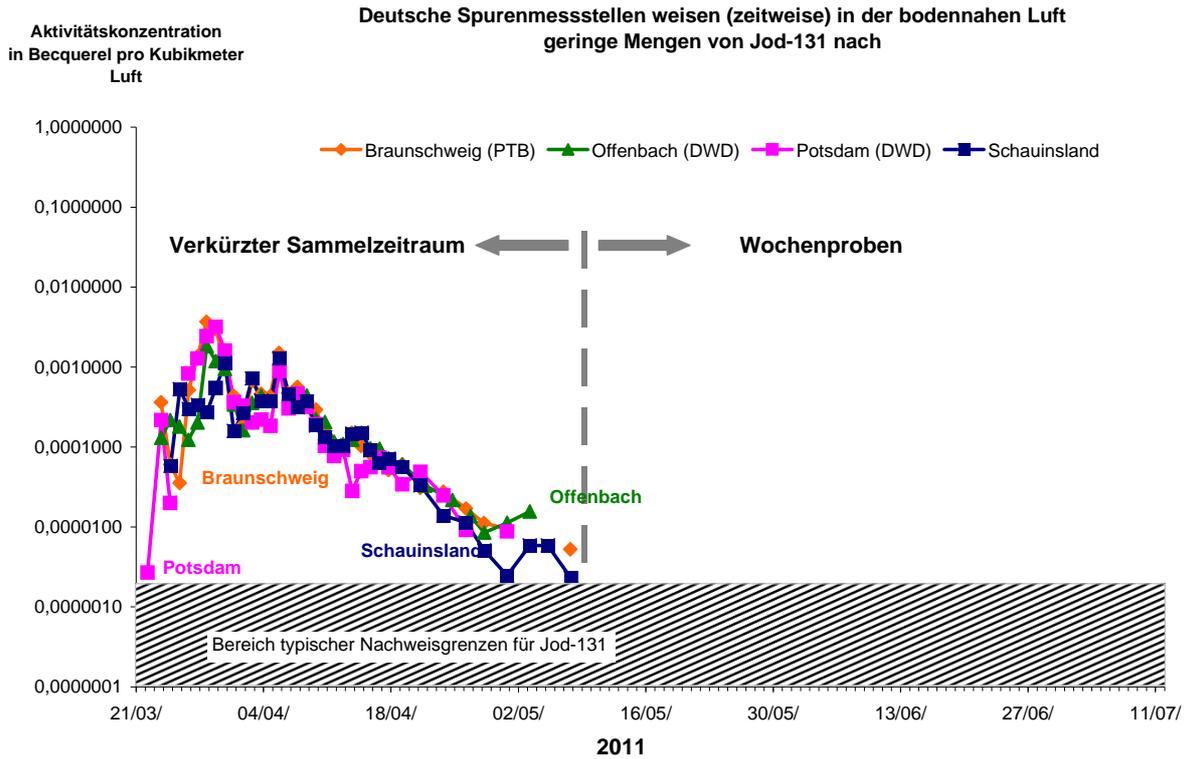


Abbildung 1.4-1 Aktivitätskonzentrationen von I-131 und Cs-137 an den deutschen Spurenmessstellen, die Bestandteil des EU-Sparse Network sind
(Activity concentrations of I-131 and Cs-137 in ground-level air at those German sampling sites, which are part of the EU-Sparse Network)

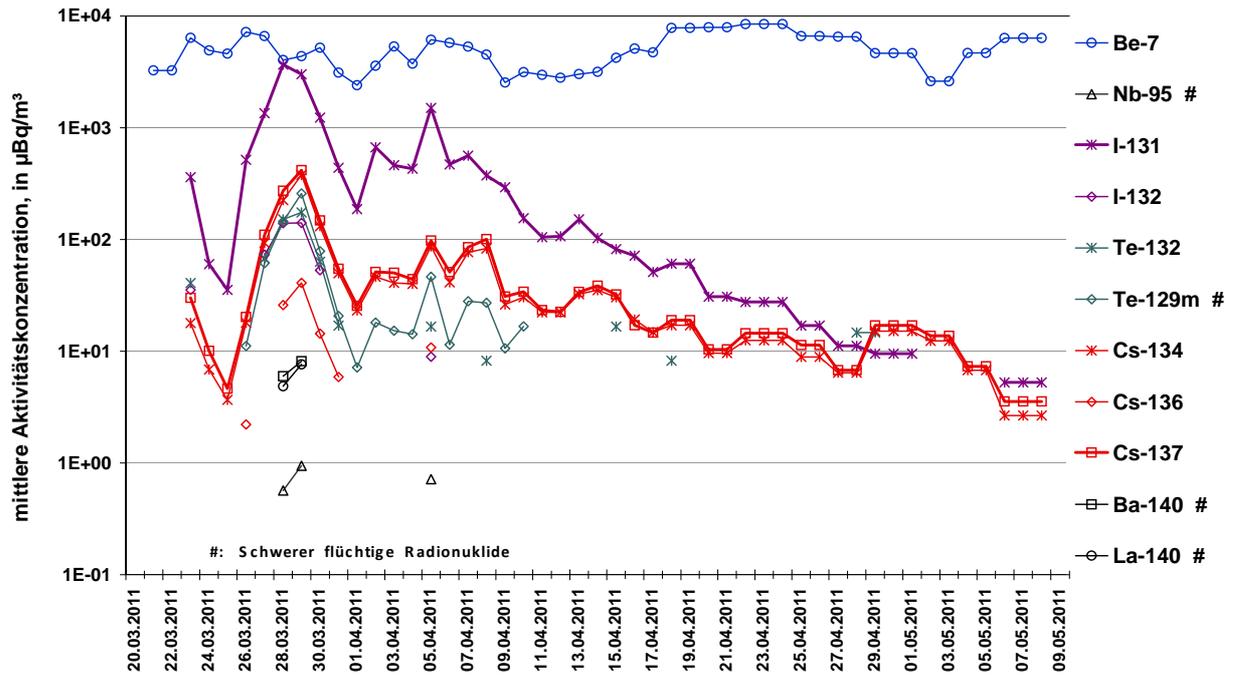


Abbildung 1.4-2 Aktivitätskonzentrationen künstlicher Radionuklide aus Fukushima in der bodennahen Luft im Zeitraum März 2011 bis Mai 2011 am Probenahmeort Braunschweig
(Activity concentrations of artificial radionuclides from Fukushima in ground-level air at the sampling site Braunschweig in the period March 2011 to May 2011)

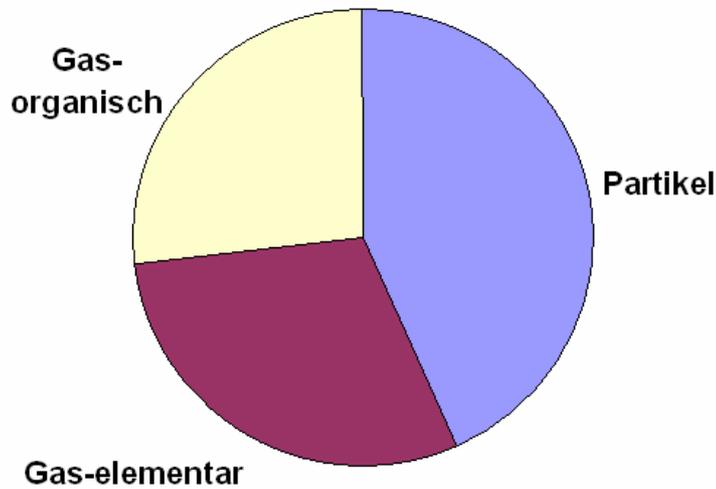


Abbildung 1.4-3 Anteil der I-131-Aktivität in München-Neuherberg in den Fraktionen partikelgebunden, gasförmig-elementar und gasförmig-organisch in der Periode 28. bis 31. März 2011
(Composition of the I-131 activity concentration in München-Neuherberg in the fractions aerosol bound, gaseous elementary and gaseous organic for the timer period 28./31.03.2011)

Radionuklide in importierten Fischereierzeugnissen

Nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima im März 2011 wurde ein europaweites Schnellwarnsystem zur Überwachung der Radioaktivität aus dem pazifischen Raum importierter Lebensmittel eingerichtet. Danach werden in die EU eingeführte Waren aus Japan stichprobenartig auf die Aktivitäten von Cs-134 und Cs-137 kontrolliert und die ermittelten Werte mit denen verglichen, die in Japan vor dem Export erhoben wurden und für jede Sendung zu dokumentieren sind. Die Ergebnisse der Untersuchungen der deutschen Landesmessstellen auf Cs-137 sind in Tabelle 1.4-1 zusammen-

gestellt. Die Werte für Cs-134 an denselben Proben lagen alle unterhalb der Nachweisgrenze. Die in Seefisch aus Japan nachgewiesenen Aktivitäten von Cs-137 waren mit einem Median von 0,14 Bq/kg in derselben Größenordnung wie die von Seefisch in der Nordsee, allerdings sind die Maximalwerte der Proben aus der Nordsee deutlich höher (vgl. Tabelle 1.4-1 und Teil B-II-Tabelle 2.4.5-3). In Krusten- und Schalentieren sowie Fischereierzeugnissen konnten keine Cs-137-Aktivitäten oberhalb der Nachweisgrenze ermittelt werden.

Tabelle 1.4-1 Spezifische Cs-137-Aktivität in Importproben von Fisch, Krusten- u. Schalentieren sowie Fischereierzeugnissen aus Japan im Jahr 2011
(Specific Cs-137 activity in samples of imported fish, crustaceans and fishery products from Japan - year 2011)

Probenart	spez. Cs-137-Aktivität in Bq/kg FM				
	N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert
Seefisch	42	38	0,09	0,37	0,14
Krusten- u. Schalentiere	5	5	< 0,26	< 0,56	< 0,36
Fischereierzeugnisse	3	3	< 0,23	< 0,77	< 0,44

N Anzahl der Messung

nn nicht nachgewiesen

Radionuklide im Klärschlamm

Obwohl nur sehr geringe Mengen Cs-134 und Cs-137 aus den Freisetzungen beim Kraftwerksunfall in Fukushima in den Niederschlägen in Deutschland festgestellt wurden, konnte in einigen Klärschlammproben erstmals auch wieder Cs-134 nachgewiesen werden. Der Maximalwert 1,4 Bq/kg wurde am 11.07.2012 in der Kläranlage Meerbusch festgestellt.

Inkorporationsmessungen an aus Japan eingereisten Personen

Ab März 2011 wurde den aus Japan einreisenden Personen angeboten, sich in Deutschland auf durch Inhalation oder über die Nahrung in den Körper aufgenommene („inkorporierte“) radioaktiver Stoffe untersuchen lassen. Diese Untersuchungen wurden von einigen der behördlich bestimmten Inkorporationsmessstellen durchgeführt. Die Ergebnisse wurden von den Messstellen an die Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS weitergeleitet.

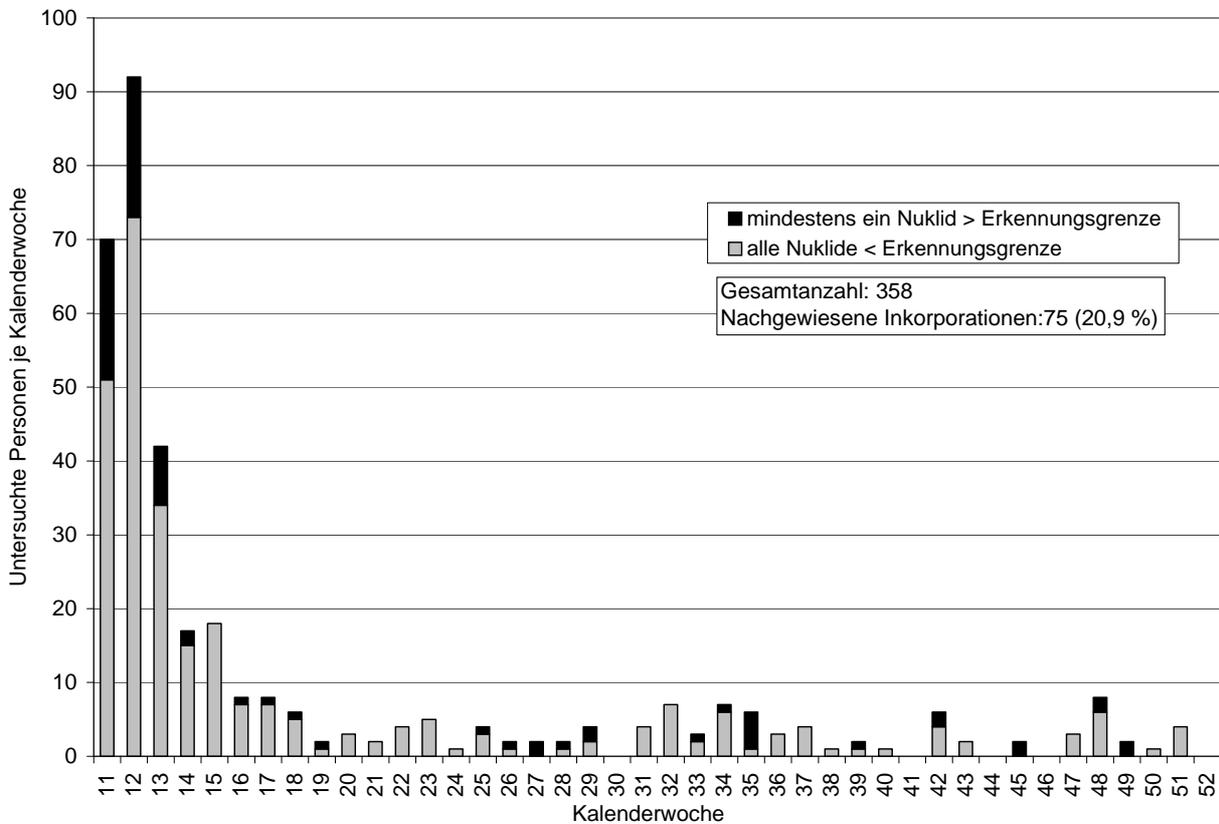


Abbildung 1.4-4 Anzahl der in Deutschland in 2011 untersuchten, aus Japan eingereisten Personen
(Number of persons examined in Germany in 2011 after having entered from Japan)

Dem BfS lagen bis Ende 2011 die Ergebnisse von 358 Ganzkörper- und Schilddrüsenmessungen vor. Bei insgesamt 75 Personen (20,9 %) konnten radioaktive Stoffe nachgewiesen werden, die dem Unfall in Japan zuzuordnen sind. Anfangs handelte es sich vor allem um die Radionuklide I-131 und Te-132, später um Cs-137 und Cs-134.

Die aus den Inkorporationen resultierende effektive Dosis war gering und lag meist unter 0,1 mSv. Die höchste effektive Dosis betrug in einem Ausnahmefall ca. 0,5 mSv, die höchste Schilddrüsendosis ca. 80 µSv. Die nachgewiesenen Inkorporationen stellen keine gesundheitliche Gefährdung der betroffenen Personen dar. Abbildung 1.4-4 gibt einen Überblick über die Anzahl der im Jahr 2011 in Deutschland durchgeführten Untersuchungen und die Häufigkeit des Nachweises von inkorporierten radioaktiven Stoffen.

Bewertung des in Deutschland beobachteten Einflusses der Freisetzungen in Fukushima

Die Messergebnisse künstlicher Radionuklide aus den Freisetzungen der zerstörten Reaktoren des Kraftwerks Fukushima stellen keine gesundheitliche Gefährdung für die Menschen und die Umwelt in Deutschland und Europa dar, da sie ein Vielfaches unterhalb der Strahlenbelastung durch natürliche Radionuklide lagen. Auch in Importproben von Krusten- und Schalentieren aus Japan konnten keine Cs-137-Aktivitäten oberhalb der Nachweisgrenze ermittelt werden. Japanischer Seefisch wies Cs-137-Aktivitäten in der gleichen Größenordnung wie Seefisch aus der Nordsee auf.

Konsequenzen aus dem Reaktorunglück in Fukushima

Gestützt auf die Verordnung (EG) Nr. 178/2002 hat die Europäische Kommission Sondervorschriften für die Einfuhr von Lebens- und Futtermittel auf Japan erlassen. Nach der EU-Durchführungsverordnung Nr. 284/2012 vom April 2012 dürfen Milch und Molkereierzeugnisse sowie Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder maximal 50 Bq/kg an Cs-137 und Cs-134 enthalten. Für sonstige Lebensmittel gilt ein Grenzwert von 100 Bq/kg.

Literatur

- [1] Bejdakic E et al: Die Katastrophe im Kernkraftwerk Fukushima nach dem Seebeben vom 11. März 2011, BfS-SK-Bericht BfS-SK-18/12, urn:nbn:de:0221-20120302761, Salzgitter, März 2012
- [2] Masson O, Baeza A, Bieringer J, Brudecki K, Bucci S, Cappai M, Carvalho FP, Connan O, Cosma C, Dalheimer A, Depuydt G, De Geer L.E, De Vismes A, Gini L., Groppi F, Guðnason K., Gurriaran R, Hainz D, Halldórsson O, Hammond D, Holý K, Homoki ZS, Ioannidou A, Isajenko K, Katzlberger C, Kettunen M, Kierepko R, Kontro R, Kwakman PJM, Lecomte M, Leppäne, AP. Lind B, Lujanieni G, Mc Ginnity P, Mc Mahon C, Malá H, Manenti S, Manolopoulou M, Mattila A, Mairing A, Mietelski JW, Møller B, Nielsen SP, Overwater R.M.W., Pálsson S.E., Papastefanou C., Penev I., Pham, M., Povinec P.P., Ramebäck H., Reis M.C., Ringer W, Rodriguez A, Rulík P, Saey PRJ, Samsonov V, Schlosser C, Sgorbati G, Silobritiene BV, Söderström C, Sogni R, Solier L., Sonck M, Steinhäuser G, Steinkopff T, Steinmann P, Stoulos S, Sýkora I, Tooloutalaie N, Tositti L., Tschiersch J, Ugron A, Vagena E, Vargas A, Wershofen H, Zhukova O: Tracking of airborne radionuclides from the damaged Fukushima Dai-Ichi nuclear reactors by European networks. *Environ. Sci. Technol.*, 45 (18), pp 7670-7677, 2011 (DOI: 10.1021/es2017158).
- [3] Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland, Stand 2011. Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz ISSN 1864-2810 <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-201204188048>

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.

Ergebnisse der Routinemessungen

Die Messwerte der γ -Ortsdosisleistung sind auch im Jahr 2011, verglichen mit denen des Vorjahres, weitgehend unverändert geblieben. Die ermittelten Aktivitätskonzentrationen künstlicher Radionuklide in Luft und Niederschlag lagen überwiegend im Bereich des Pegels, der vor dem Reaktorunfall von Tschernobyl gemessen wurde. Lediglich in dem Zeitraum, in dem die Luftmassen von den Emissionen aus Fukushima (siehe auch Sonderthema Fukushima Teil B-II-1.4) beeinflusst waren, wurden erhöhte Aktivitätskonzentrationen künstlicher Radionuklide nachgewiesen.

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 2011 ein Wert von 0,6 mBq/m³ (2010: 0,5 mBq/m³). Der Wert liegt innerhalb des Schwankungsbereichs der Aktivitätskonzentrationen der natürlichen Radionuklide in der Luft.

Edelgase

Auch im Jahr 2011 wurden am BfS Messungen des radioaktiven Xenons und des Kr-85 durchgeführt. Die Messwerte der Aktivitätskonzentrationen von Xe-133 an den sieben deutschen Probenahmestationen lagen, wie schon in den vergangenen Jahren, in der Regel zwischen 1 und 100 mBq/m³ Luft. Höhere Aktivitätskonzentrationen mit bis zu 2,7 Bq/m³ in Tagesproben (Messstation Schauinsland) und 1,7 Bq/m³ in Wochenproben (DWD-Station Potsdam) wurden kurzzeitig Ende März/Anfang April in Zusammenhang mit den Emissionen aus Fukushima beobachtet. Ab dem 21. März wurden auch direkt an der DWD-Station Offenbach erhöhte Messwerte von bis zu 2,6 Bq/m³ in Proben mit einem Sammelzeitraum von 2 Tagen für Xe-133 festgestellt. Als Beispiel ist in Abbildung 2.1.1-1 die Zeitreihe der Aktivitätskonzentration des radioaktiven Xe-133 an der Messstation auf dem Schauinsland bei 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 leicht 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 2011 den eher rückläufigen Trend der Kr-85-Emissionen aus Wiederaufarbeitungsanlagen wider. So wurde von dem Hauptemittenten, der Wiederaufarbeitungsanlage La Hague, im Jahre 2011 eine Aktivität von $1,92 \cdot 10^{17}$ Bq Kr-85 in die Atmosphäre entlassen. Die bisher maximale jährliche Aktivität von $3,2 \cdot 10^{17}$ Bq wurde im Jahre 1998 emittiert.

Der Medianwert für die Aktivitätskonzentration von Kr-85 für den Probenahmeort 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 Wiederaufarbeitungsanlagen 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 durch die Emissionen aus Fukushima, unter 30 nSv/a und ist gegenüber den durchschnittlichen Werten der γ -Ortsdosisleistung in Deutschland sehr klein.

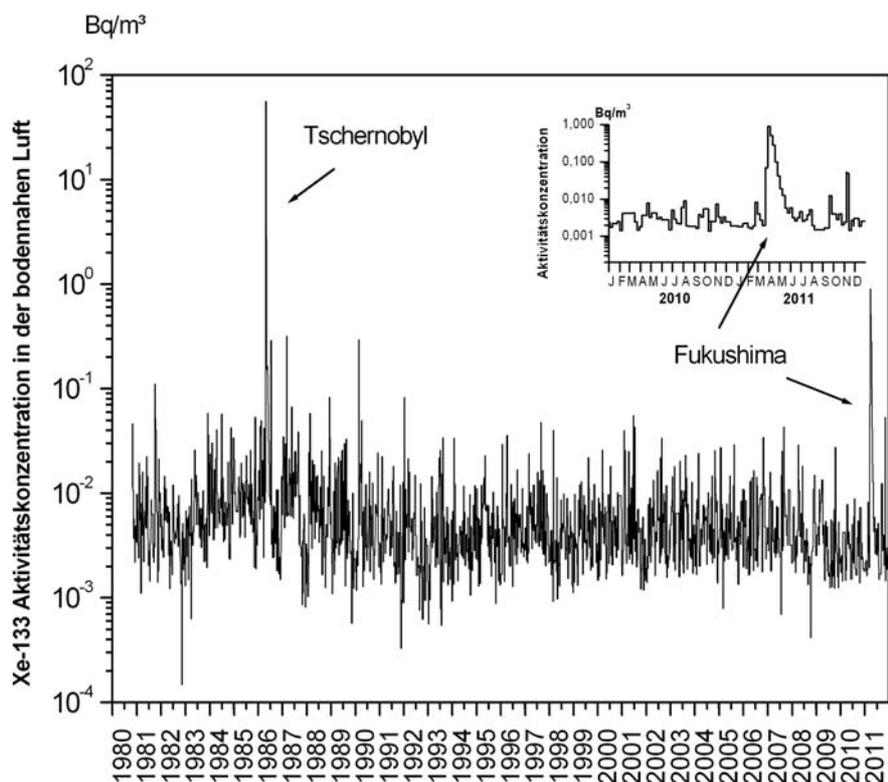


Abbildung 2.1.1-1 Xe-133-Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft am Probenahmeort Freiburg (Xe-133-activity concentration in air close to ground level at the sampling location Freiburg)

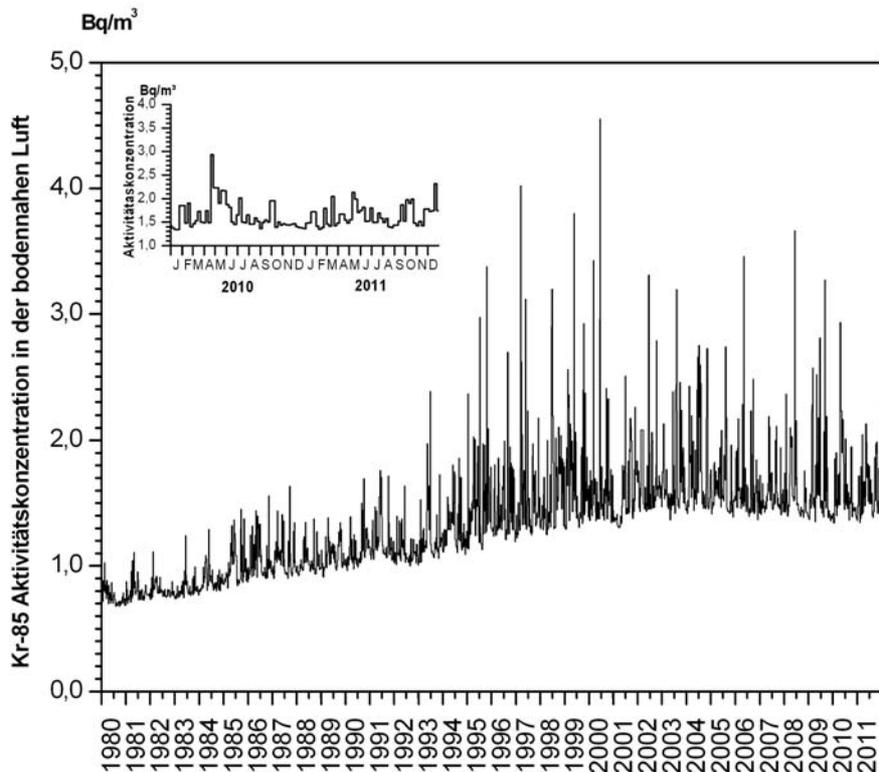


Abbildung 2.1.1-2 Kr-85-Aktivitätskonzentrationen in der bodennahen Luft am Probenahmeort Freiburg (Kr-85-activity concentrations of in air close to ground level at the sampling location Freiburg)

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 Potsdam werden in Abbildung 2.1.1-3 grafisch dargestellt. Das Radionuklid Cs-137 ließ sich in Potsdam mit Werten zwischen 0,28 und 94 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft und in Offenbach mit Werten zwischen 0,2 und 35 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, das kosmogene Be-7 in Potsdam mit Werten zwischen 2,2 und 4,1 mBq/m^3 Luft und in Offenbach mit Werten zwischen 2,2 und 5,3 mBq/m^3 Luft nachweisen, das heißt, die Werte liegen in den Monaten Januar und Februar und von Juni bis Dezember im üblichen Schwankungsbereich und sind vergleichbar mit Ergebnissen aus dem Jahr 2010. Die erhöhten Werte für Cs-137 in den Monaten März, April und Mai resultierten aus den Freisetzungen von Fukushima. An den Messstationen zeigten sich in den Monaten April, Mai, Juni und Juli teilweise höhere 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 2,7 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft (vgl. Abbildung 2.1.1-4, Tabelle 2.1.1-1d). Die Erhöhung des Jahresmittelwerts gegenüber denen der vorangegangenen Jahre resultiert aus den erhöhten Messwerten im Zeitraum von Ende März bis Ende Mai, die durch die Freisetzungen bei der Reaktorkatastrophe in Fukushima hervorgerufen wurden. Dadurch wurden in diesem Zeitraum weitere künstliche Radionuklide, wie z. B. I-131 und Cs-134 nachgewiesen. Der Höchstwert der mittleren wöchentlichen Aktivitätskonzentration des Cs-137 als Folge des Unfalls in Fukushima wurde in der 14. Kalenderwoche mit 44 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ermittelt, die höchste Aktivitätskonzentration in einer Tagesprobe wurde mit 96 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ registriert. Im übrigen Zeitraum lagen die Aktivitätskonzentrationen im Rahmen der üblichen Schwankungen der Werte der vergangenen Jahre. Weitere 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. Die Messwerte für Be-7 in den Wochenproben lagen zwischen 1,3 und 10 mBq/m^3 Luft innerhalb des für diese Station üblichen Rahmens.

In Braunschweig lagen die Routine-Aktivitätskonzentrationen von K-40 und Cs-137 im Berichtszeitraum im üblichen Bereich der vorangegangenen Jahre (vgl. auch Abbildung 2.1.1-5). Neben dem Cs-137 aus dem Reaktorunfall in Fukushima zeigt das Diagramm den im Frühjahr üblichen Anstieg der Aktivitätskonzentration des K-40 durch Pollenflug, der eintrat, als die Cs-137-Kontamination aus Fukushima bereits zurückging. Der in den meisten Jahren beobachtbare Einfluss der Getreiderente ist auf Grund der regnerischen Witterung so gut wie nicht zu erkennen. Der Verlauf der Aktivitätskonzentration von Cs-137 zeigt außer der Kontamination aus Fukushima die üblichen jährlichen Schwankungen.

Besondere Vorkommnisse

Nachweis künstlicher Radionuklide aus den Freisetzungen von Fukushima siehe Kapitel Teil B -II-1.4.

Großräumiger Nachweis von I-131 Ende Oktober / Anfang November 2011

Im der ersten Novemberwoche 2011 wurden an den Spurenmessstellen im Nord-Osten Deutschlands Spuren von I-131 im Bereich einiger zehn Millionstel Becquerel pro Kubikmeter Luft nachgewiesen. So wurde z. B. in Braunschweig in den beiden Wochenproben der 44. Kalenderwoche (31.10.2011 bis 07.11.2011) folgende Aktivitätskonzentrationen ermittelt:

Probe 1: 9,6 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3 \pm 1,3 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (NWG = 2,7 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) und

Probe 2: 9,0 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3 \pm 1,1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (NWG = 1,8 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$).

In der gleichen Woche wurde an der Station Potsdam des DWD eine ähnlich hohe Aktivitätskonzentration an I-131 gefunden:

DWD-Potsdam: 10,9 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3 \pm 2,6 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (NWG = 2,1 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$).

Andere künstliche Radionuklide wurden an keiner der Spurenmessstellen detektiert. An den beiden Spurenmessstellen des BfS auf dem Schauinsland und in Freiburg wurden auf Grund der vorherrschenden Luftströmung keine auffälligen Werte festgestellt. Auch in Schweden, Dänemark, Norwegen, der Tschechischen Republik, Österreich und Frankreich war in diesem Zeitraum I-131 nachgewiesen worden, in Polen und in Österreich bereits auch in den beiden vorhergehenden Wochen. Da die Quelle des I-131 zunächst unbekannt war, stellte die Internationale Atomenergiebehörde (IAEA, International Atomic Energy Agency, www.iaea.org) eine entsprechende Anfrage an die Mitgliedstaaten. Es stellte sich heraus, dass in einer Firma in Ungarn zur Herstellung von Radioisotopen für medizinische Zwecke in diesem Zeitraum I-131 freigesetzt worden war.

Die gemessenen Aktivitätskonzentrationen lagen weit unter denen, die nach Fukushima in Europa gemessen worden waren, und waren daher ebenfalls nicht von radiologischer Bedeutung. Dennoch zeigt dieses Ereignis, wie wichtig die Zusammenarbeit und der Datenaustausch im internationalen Rahmen sind. Nur durch eine Übersicht über die Messergebnisse in Europa konnten bereits früh die Herkunftsregion und Art der Quelle eingegrenzt werden.

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, Probenahmestelle: Braunschweig

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$				
	Be-7	Na-22	K-40	Cs-137	Pb-210
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
2011 *	3556	0,4	10	5,27	416
Januar	2268	0,2	4,7	0,27	184
Februar	4030	0,3	11,9	0,97	692
März	4055	0,4	10,1	33,2**	440
April	5464	0,7	15,7	23,8**	377
Mai	4311	0,6	13,6	2,7**	301
Juni	4014	0,6	9,9	0,38	249
Juli	3487	0,4	10,7	0,23	225
August	3894	0,4	8,1	0,18	335
September	3335	0,3	7,5	0,18	419
Oktober	2635	0,2	7,9	0,31	461
November	2925	0,2	12,2	0,82	1188
Dezember	2248	0,2	7,6	0,14	122

* Jahresmittelwerte: aus den Monatsmittelwerten berechnet ** Monatsmittelwerte, durch Emissionen aus Fukushima beeinflusst

b) Messungen des Helmholtz Zentrum München, Probenahmestelle: München-Neuherberg

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$				
	Be-7	Na-22	Cs-134	Cs-137	Pb-210
2002	3040	< 0,31	k. A.	1,44	475
2003	3250	< 0,30	< 0,07	1,61	476
2004 *	2590	< 0,28	< 0,07	0,96	352
2005 *	2970	< 0,40	< 0,07	1,03	494
2006 *	3010	< 0,29	< 0,07	1,06	431
2007 *	3010	< 0,32	k. A.	0,93	357
2008 *	3050	< 0,28	k. A.	0,87	328
2009 *	3180	0,28	k. A.	0,97	373
2010 *	3640	< 0,34	k. A.	1,30	499
2011 *	3940	< 0,38		3,02	676
Januar	2480	0,24	<	2,22	543
Februar	3590	0,26	<	1,99	1016
März	3960	< 0,61	3,5**	5,53**	724
April	5740	< 0,69	14,7**	18,32**	508
Mai	5480	0,60	0,9**	1,90**	432
Juni	4190	0,50	<	0,34	383
Juli	4270	0,49	<	0,22	411
August	4710	0,33	<	0,46	630
September	4340	0,32	<	0,51	754
Oktober	3350	< 0,15	<	1,05	874
November	3080	0,21	<	2,73	1482
Dezember	2130	< 0,12	<	0,95	359

< Messwert kleiner Nachweisgrenze , * Jahresmittelwerte: aus den Monatsmittelwerten berechnet und gerundet
k. A. keine Angaben ** Monatsmittelwerte, durch Emissionen aus Fukushima beeinflusst

- c) Messungen des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach/Main
 Probenahmestellen: Schleswig, Offenbach/Main, Potsdam und Aachen

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$							
	Schleswig		Offenbach am Main		Berlin/Potsdam ***		Aachen	
	Be-7	Cs-137	Be-7	Cs-137	Be-7	Cs-137	Be-7	Cs-137
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
2011 *	2618	< 10,45	3592	5,72	3299	11	3374	< 5,56
Januar	1924	< 1,01	2310	0,33	2160	0,3	2590	< 2,1
Februar	3570	1,45	3736	0,79	3527	1,9	3465	< 2,5
März	2858	74,5**	3801	35**	4099	94**	4098	29,2**
April	3272	35,2**	4950	26**	4088	28**	4930	22,9**
Mai	3072	4,81**	5304	3,7**	3862	3,7**	4195	5,2**
Juni	2299	< 1,18	3977	0,3	3488	0,4	3138	< 0,7
Juli	1901	< 1,09	3348	< 0,2	3008	0,3	2608	< 0,6
August	2795	< 0,68	4020	< 0,2	3978	0,3	3240	< 0,7
Sept.	2692	< 1,21	4022	< 0,2	3468	0,3	3396	< 0,9
Oktober	2249	< 1,28	2680	0,5	2736	1,3	3210	< 0,7
November	2663	1,74	2738	1,1	2892	1,2	3152	< 0,8
Dezember	2127	< 1,32	2220	0,3	2282	0,9	2472	< 0,8

< Messwert kleiner Nachweisgrenze, * Jahresmittelwerte: aus den Monatsmittelwerten berechnet und gerundet

** Monatsmittelwerte, durch Emissionen aus Fukushima beeinflusst

*** Im Mai 2010 wurde die DWD-Station Berlin nach Potsdam verlegt

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

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$		
	Be-7	Na-22	Cs-137
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
2011 *	5310	0,47	2,7
Januar	3250	0,19	< 0,23
Februar	4650	0,33	0,25
März	4940	0,46	8,73**
April	6770	0,65	18,90**
Mai	7250	0,91	2,42**
Juni	5970	0,77	0,22
Juli	4950	0,51	0,21
August	6630	0,54	0,23
September	6550	0,44	0,19
Oktober	5310	0,31	0,21
November	5310	0,35	0,23
Dezember	2180	0,19	< 0,13

< Messwert kleiner Nachweisgrenze

* Jahresmittelwerte: aus den Monatsmittelwerten berechnet und gerundet

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

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in mBq/m ³			
	Freiburg		Schauinsland	
	Kr-85	Xe-133	Kr-85	Xe-133
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
2011 *	1610	42,7	1620	39,7
Januar	1550	1,8	1570	1,9
Februar	1480	4,3	1480	3,4
März	1610	208,2**	1560	195,7**
April	1620	267,4**	1560	232,8**
Mai	1800	12,1**	1840	10,5**
Juni	1610	2,3	1680	3,9
Juli	1540	2,9	1560	3,6
August	1460	2,0	1470	1,5
September	1570	4,5	1560	4,1
Oktober	1790	1,9	1830	3,1
November	1480	2,8	1530	14,0
Dezember	1780	1,7	1830	2,4

* Jahresmittelwerte: aus den Monatsmittelwerten berechnet und gerundet

** Monatsmittelwerte, durch Emissionen aus Fukushima beeinflusst

< Messwert kleiner Nachweisgrenze

Radiochemie

Im Labor des DWD in Offenbach wurden Luftfilter der Messstationen 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 0,039 bis zu einem Wert von 0,37 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ermittelt. Für U-238 wurden Aktivitätskonzentrationen zwischen 0,034 und einem Wert von 0,37 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ festgestellt. Diese Messwerte spiegeln die natürlich vorkommenden Aktivitätskonzentrationen wider. Beide Isotope befinden sich in der Regel im radioaktiven Gleichgewicht.

In Potsdam wurden in den Monaten März bis Juli Aktivitätskonzentrationen an Pu-(239+240) zwischen 0,0013 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ bis zu einem Wert von 0,0061 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ gefunden. Dies erklärte sich durch Resuspension von Pu-(239+240) aus dem Boden. In Schleswig wurden Aktivitätskonzentrationen an Am-241 zwischen 0,001 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ bis zu 0,042 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ gemessen. Die Aktivitätskonzentration von Pu-(239+240) lag im April und Mai bei 0,006 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

Die Aktivitätskonzentration des Sr-90 lag unterhalb der Nachweisgrenze. Diese betrug zwischen 0,04 und 0,6 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft. In Abbildung 2.1.1-6 sind die entsprechenden Monatswerte für U-234, U-238 und U-235 exemplarisch für die Messstation Potsdam dargestellt. Gemäß den Vorgaben des Routinemessprogramms werden für die Alphastrahler in der Luft Nachweisgrenzen von 0,1 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und für Sr-90 1 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ gefordert. Diese wurden eingehalten.

In der PTB konnten für den Berichtszeitraum keine plausiblen Messergebnisse für α - oder β -Teilchen emittierende Radionuklide ermittelt werden. Bei der Validierung des radiochemischen Trennungsganges mit Ionenchromatographie-Harzen, zu der Luftstaubaschen des Jahres 2010 eingesetzt wurden, stellte sich heraus, dass die bisweilen hohen Aktivitäten von Po-210 im Luftstaub nur unzureichend abgetrennt werden. Ursache für die bisher zu geringen Sr- und Pu-Ausbeuten ist vermutlich der relativ hohe Silicatgehalt als Folge des Totalaufschlusses der Proben.

Beim BfS in Freiburg wurden die Modernisierungsmaßnahmen im Radiochemielabor im Berichtsjahr abgeschlossen und der Betrieb wieder aufgenommen. Durch die zunächst erforderlichen Maßnahmen zur Qualitätssicherung liegen zum Zeitpunkt der Berichterstattung noch keine Daten für den Berichtszeitraum vor.

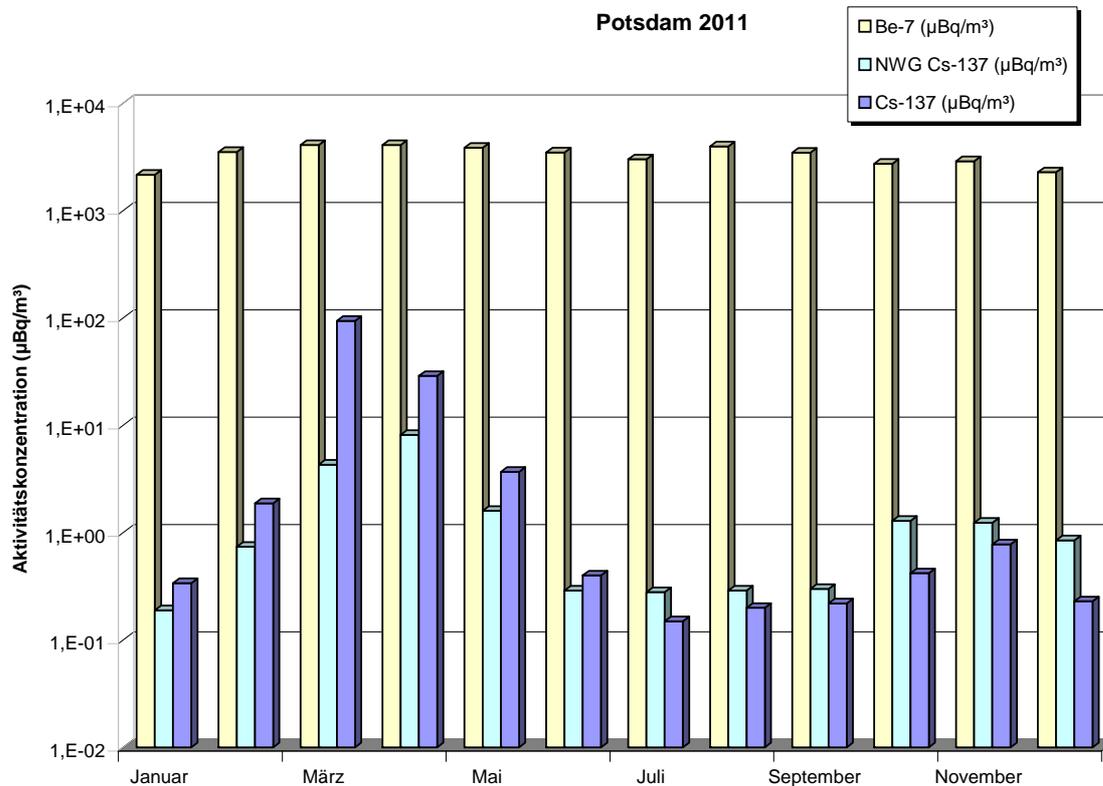
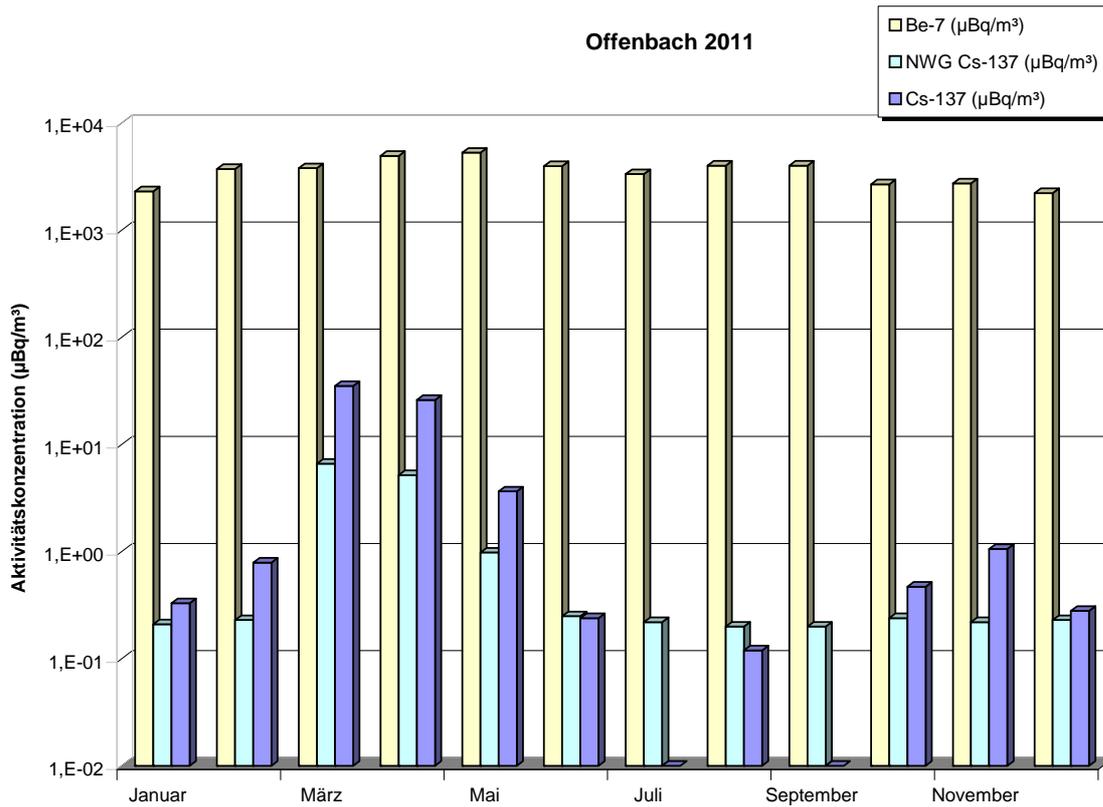


Abbildung 2.1.1-3 Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 und Be-7 in der bodennahen Luft im Jahr 2011 - DWD-Stationen Berlin/Potsdam und Offenbach
(Activity concentration of Cs-137 and Be-7 in air close to ground level in 2011 at the DWD stations in Berlin/Potsdam and Offenbach)

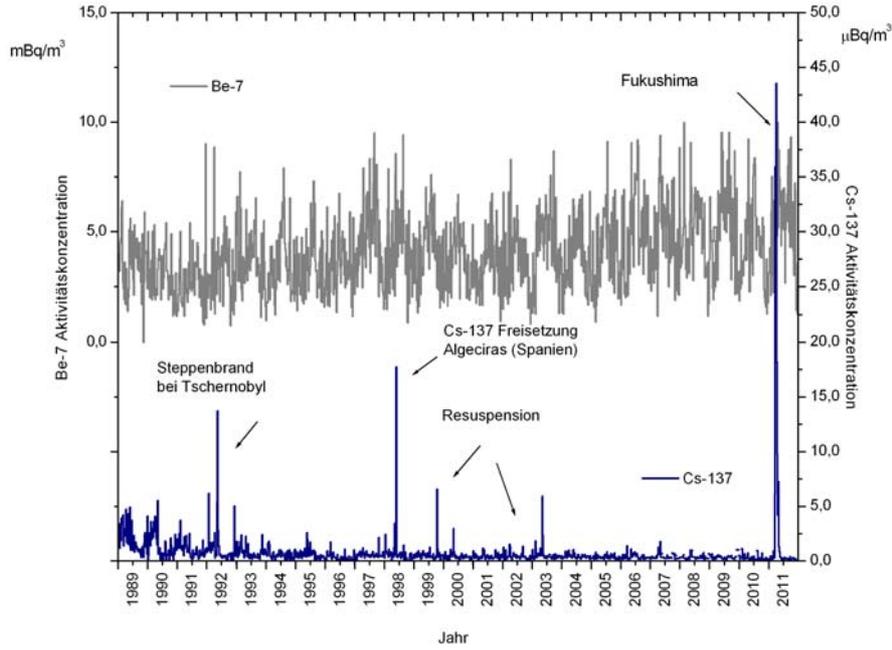


Abbildung 2.1.1-4: Aktivitätskonzentration von Cs-137 und Be-7 in der bodennahen Luft am Probenahmeort Schauinsland
(Activity concentration of Cs-137 and Be-7 in ground level air at Schauinsland measuring station)

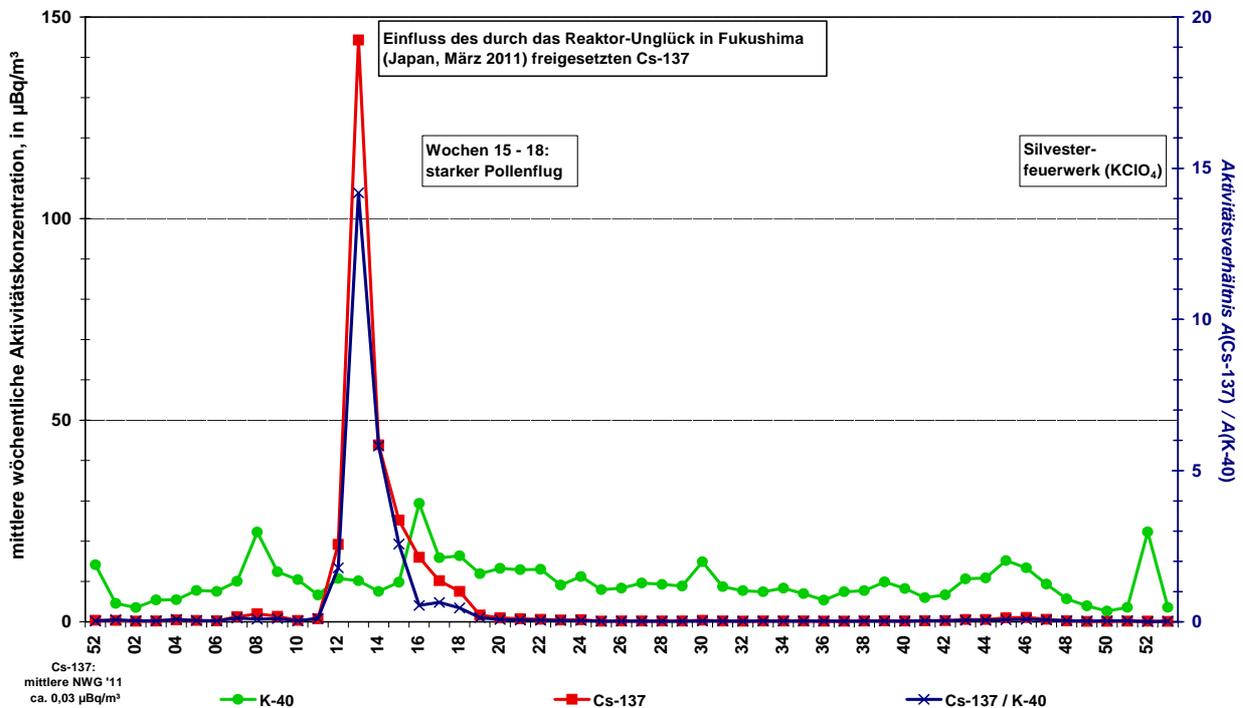


Abbildung 2.1.1-5: Aktivitätskonzentrationen und Aktivitätsverhältnis von K-40 und Cs-137 in der bodennahen Luft 2011 am Probenahmeort Braunschweig
(Activity concentrations and activity ratio of K-40 and Cs-137 in ground-level air at the sampling site Braunschweig in 2011)

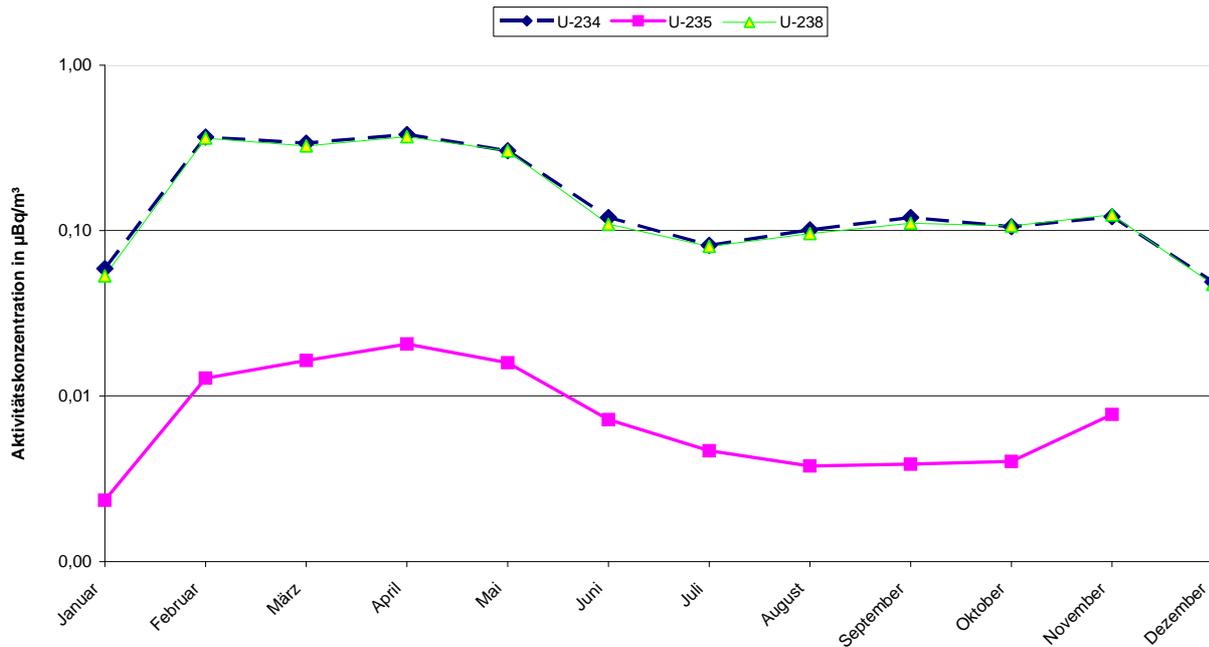


Abbildung 2.1.1-6 Aktivitätskonzentrationen in der bodennahen Luft von Uranisotopen für das Jahr 2011 am Probenahmeort Potsdam
(Activity concentrations and activity ratio of Uranium isotopes in ground-level air at the sampling site Potsdam from 2011)

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

Gesamt-β-Aktivität

Zur Fortsetzung der langjährigen Messreihe wurde die Gesamt-β-Aktivität im Niederschlag (Gesamtdeposition) ermittelt. Der stationsspezifische Jahreswert der Deposition errechnet sich aus der Summe der Tagesproben. Für das Jahr 2011 resultiert ein über alle Mess- und Sammelstationen des DWD arithmetisch gemittelter Jahreswert für die Deposition von 58 Bq/m² (2010: 70 Bq/m²).

Der Messwert liegt im Schwankungsbereich der Messunsicherheiten, 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 2011 in Bq/m². Die stationsspezifischen Depositionen im Berichtsjahr als Jahressummenwerte in Bq/m² zeigt Abbildung 2.1.2-2. Hier heben sich besonders die niederschlagsreichen Bergstationen hervor.

Gammaskpektrometrie

Monatssammelproben von 40 Messstationen wurden γ-spektrometrisch analysiert. Die Nachweisgrenzen für die Aktivitätskonzentration von Cs-137 lagen zwischen 0,4 und 129 mBq/l in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Niederschlagsmenge. Exemplarisch sind die Messwerte der Radionuklide Be-7 und Cs-137 für die Messstellen Aachen, Potsdam, 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 2011 ähnlich denen im Jahr 2010. Die Abbildung 2.1.2-3 zeigt für die Messstationen Offenbach und Potsdam 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 Bq/m² und 0,26 Bq/m². Für kosmogenes Be-7 wurden Messwerte zwischen 0,7 und 163 Bq/m² (Offenbach) und Messwerte zwischen 1,5 und 11 Bq/m² (Potsdam) anhand von Monatsproben ermittelt.

Radiochemie

Im Labor des DWD in Offenbach wurden Niederschlagsproben der Messstationen 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. 0,21 bis 110,0 mBq/l, für Pu-(239+240) und Am-241 ca. 0,003 bis 1,45 mBq/l und für H-3 zwischen 0,5 und 1,6 Bq/l bei der elektrolytischen Anreicherung. Natürlich vorkommendes aerosolgebundenes U-234 und U-238 wurde ausgewaschen.

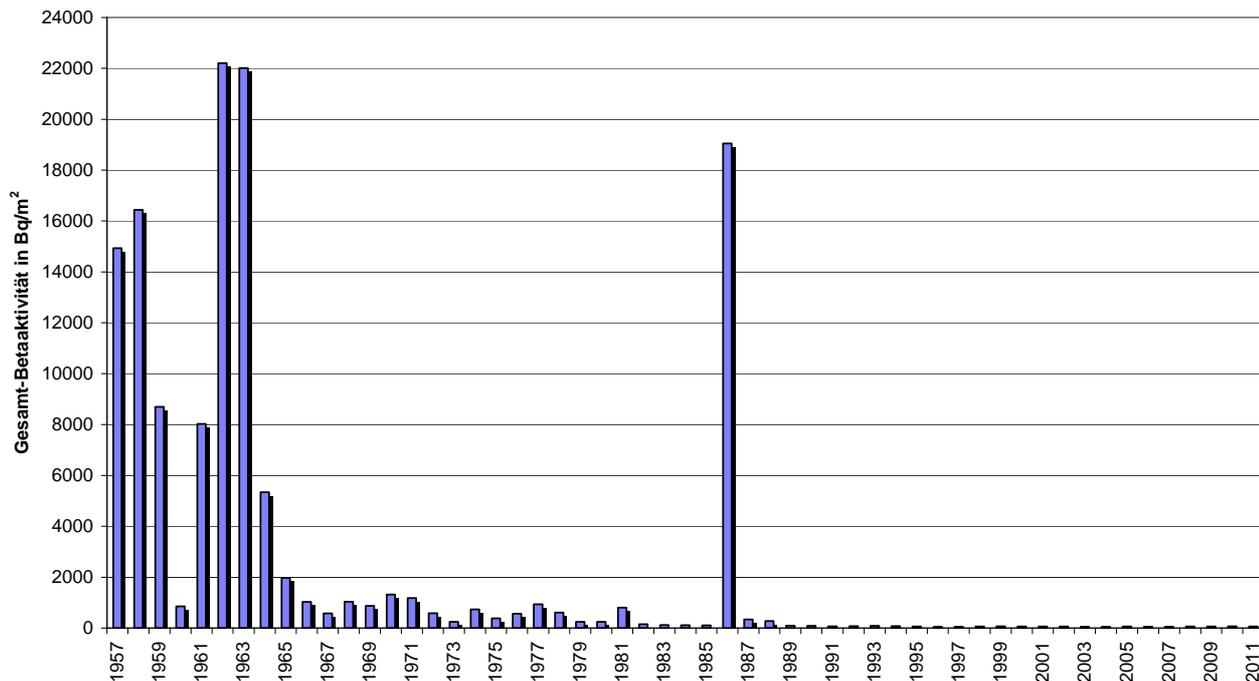


Abbildung 2.1.2-1 Langlebige Gesamt- β -Aktivität im Niederschlag – Jahresmittelwerte der Jahressummen an den DWD-Messstationen von 1957 bis 2011
(Long-lived total β activity in precipitation – Annual mean value for the total annual levels determined at the DWD measuring stations, 1957 - 2011)

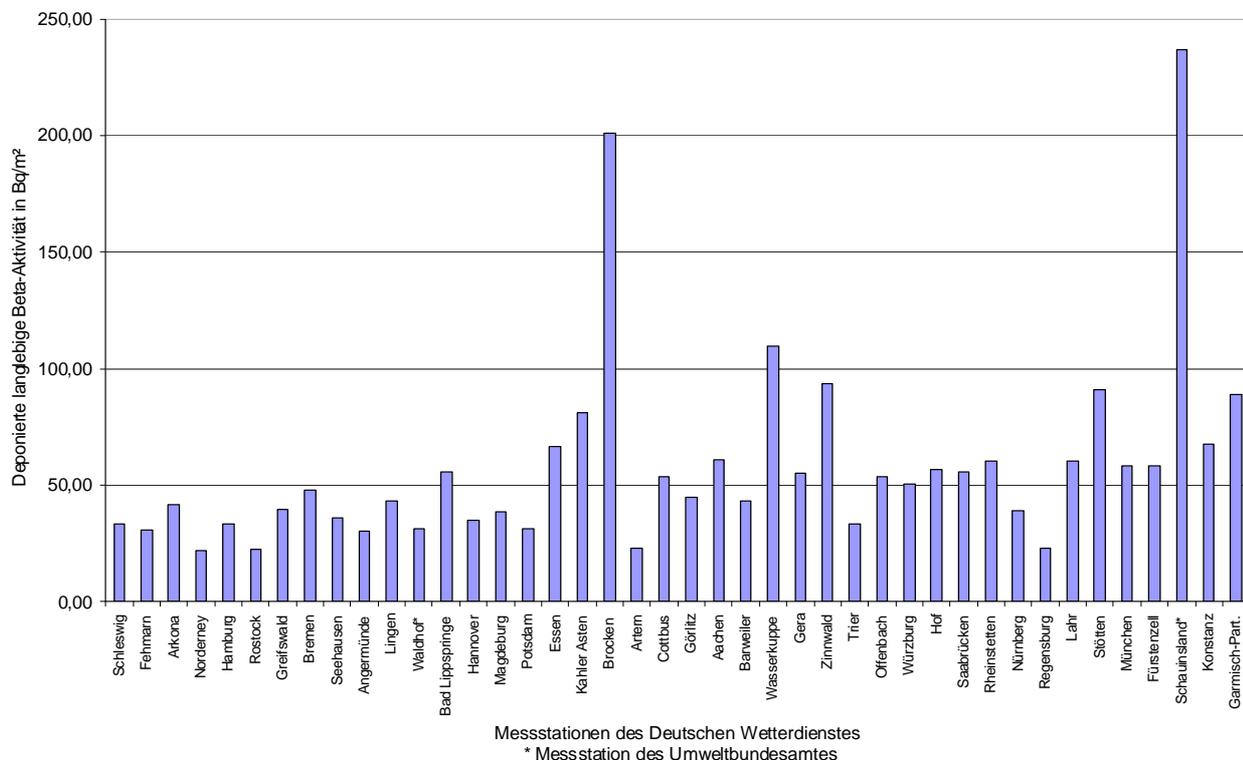


Abbildung 2.1.2-2 Dem Erdboden durch Niederschläge im Jahr 2011 zugeführte langlebige Gesamt- β -Aktivität – stationsspezifische Jahressummen
(Deposition of additional long-lived total β activity due to precipitation - station specific annual total values in the year 2011)

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

a) Messungen des Deutschen Wetterdienstes

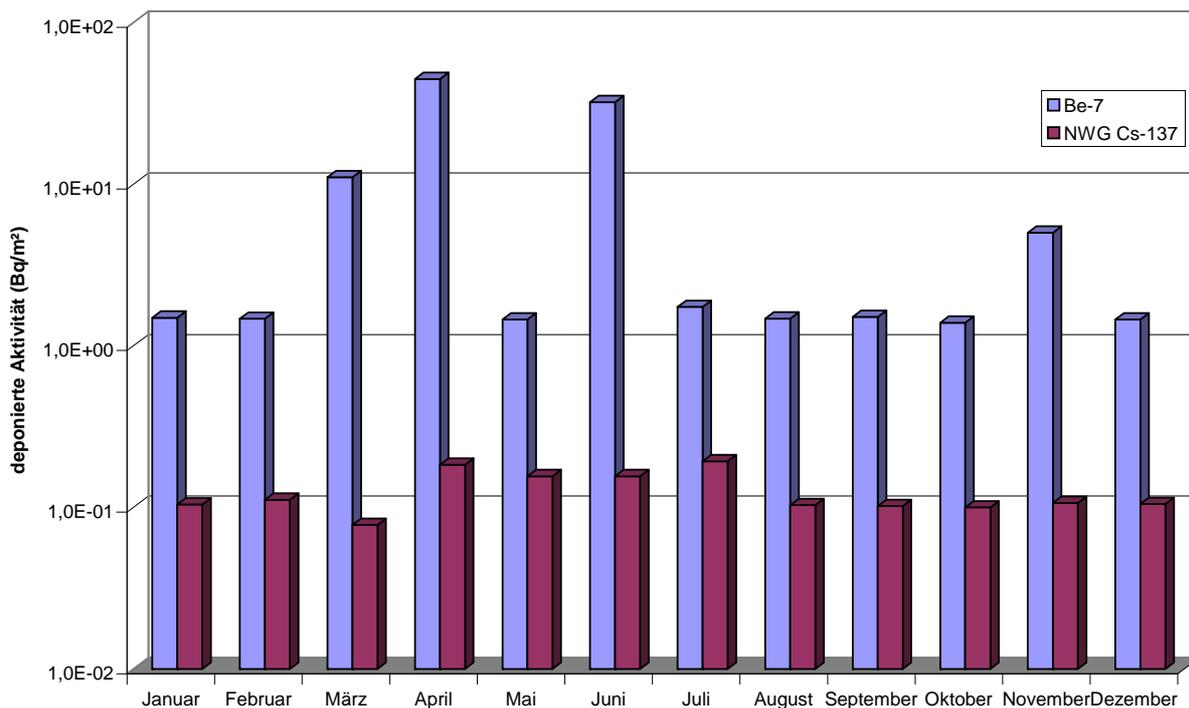
Zeitraum	Offenbach am Main			Potsdam		
	l/m ²	Deposition in Bq/m ²		l/m ²	Deposition in Bq/m ²	
		Be-7	Cs-137		Be-7	Cs-137
2002	735,9	718	< 0,82	736,8	608	< 1,83
2003	239,9	162	< 0,56	212,9	74	< 0,77
2004	617,6	567	< 0,92	533,2	363	< 1,38
2005	559,2	639	< 0,46	590,2	308	< 1,37
2006	620,3	860	< 0,56	451,5	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
2011	584,0	< 468,2	< 1,0	606,7	< 101,9	< 1,5
Januar	41,1	< 0,91	< 0,06	35,0	< 1,5	< 0,10
Februar	22,9	< 0,93	< 0,07	18,4	< 1,5	< 0,11
März	12,5	< 1,19	< 0,11	17,3	11,0	< 0,08
April	22,2	< 1,32	< 0,11	37,9	< 44,7	< 0,18
Mai	28,7	< 0,74	< 0,26	17,5	1,5	< 0,06
Juni	70,0	0,68	< 0,05	47,5	< 32,2	< 0,06
Juli	89,7	163,0	< 0,05	193,0	1,7	< 0,19
August	92,6	< 195	< 0,04	67,5	< 1,5	< 0,10
September	32,7	< 0,63	< 0,05	59,3	< 1,5	< 0,10
Oktober	31,1	< 1,18	< 0,08	39,2	< 1,4	< 0,10
November	0,5	< 0,94	< 0,06	1,8	< 5	< 0,11
Dezember	140,0	101,0	< 0,08	72,4	< 1,5	< 0,11

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
2002	945,0	1019	< 1,08	1083,3	771	0,81 - < 2,06
2003	467,6	286	< 0,68	377,4	304	< 0,64
2004	888,8	1013	< 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	1004,7	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
2011	715,9	< 375,6	< 0,9	1071,8	< 192,0	< 0,8
Januar	95,8	< 0,56	< 0,04	51,1	< 1,09	< 0,05
Februar	49,1	0,64	< 0,04	56,7	< 1,32	< 0,08
März	15,5	< 12,2	< 0,06	23,5	1,16	< 0,08
April	31,7	< 66,9	< 0,12	9,8	< 11,4	< 0,09
Mai	26,4	< 21,0	< 0,11	72,2	1,13	< 0,09
Juni	86,4	< 1,10	< 0,11	91,4	< 1,16	< 0,08
Juli	47,5	108	< 0,10	137,0	53,8	< 0,08
August	139,0	< 161	< 0,08	247,9	< 1,18	< 0,08
September	39,2	< 0,95	< 0,07	128,0	< 0,87	< 0,09
Oktober	46,8	< 1,10	< 0,08	100,1	< 34,8	< 0,07
November	3,1	< 0,76	< 0,06	19,0	14,8	< 0,08
Dezember	135,4	0,92	< 0,05	135,1	< 69,3	0,00

< Messwert kleiner Nachweisgrenze

Niederschlag Potsdam 2011



Niederschlag Offenbach 2011

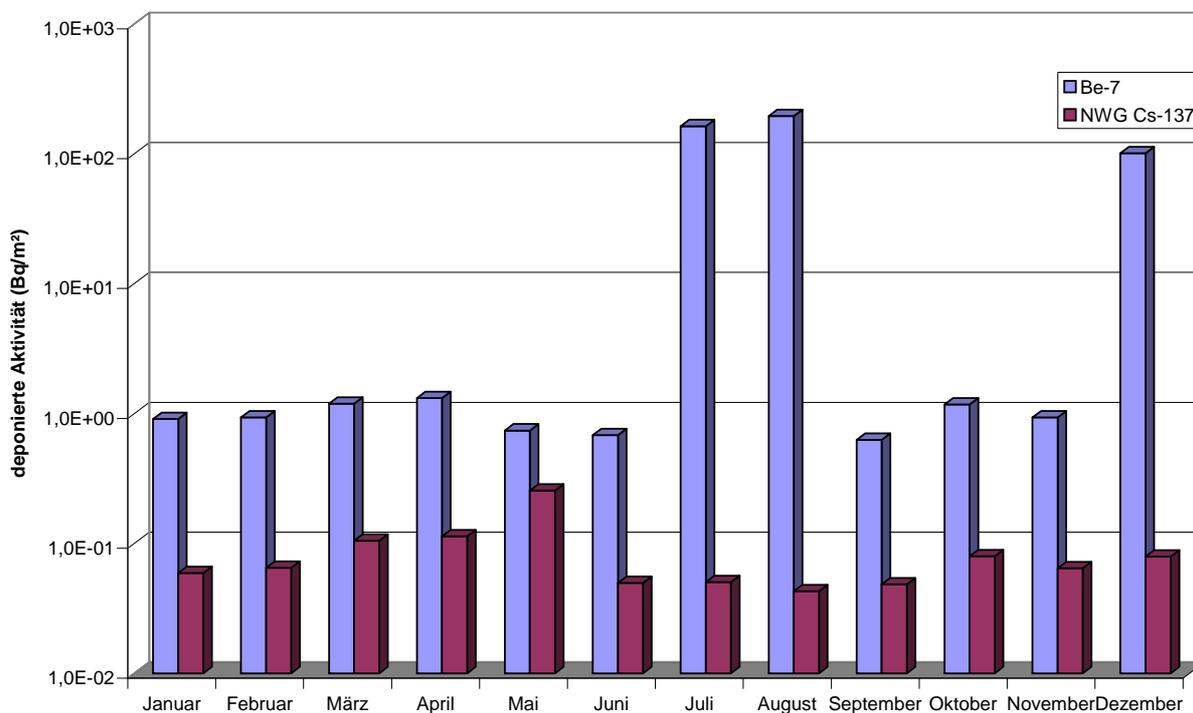


Abbildung 2.1.2-3 Deposition von Radionukliden mit dem Niederschlag im Jahr 2011
 DWD-Stationen Berlin/Potsdam und Offenbach
 (Deposition of radionuclides with precipitation in the year 2011 -
 DWD stations in Berlin/Potsdam and Offenbach)

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 nSv/h und 105 nSv/h, entsprechend einer Jahresdosis von 0,5 mSv 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 1500 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 1986 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.

Die durch den Reaktorunfall in Fukushima 2011 in Japan atmosphärisch freigesetzten radioaktiven Stoffe erreichten auf Grund der großen Entfernung Deutschland nur in sehr geringen Konzentrationen: In der bodennahen Luft wurden hauptsächlich Spuren der Radionuklide I-131, Cs-137 und Cs-134 sowie Xe-133 nachgewiesen, die maximale gemessene Konzentration lag z. B. für I-131 bei wenigen Millibecquerel pro Kubikmeter Luft (mBq/m^3). Die Ergebnisse dieser nuklidspezifischen Messungen an Tages- bzw. Wochenproben der deutschen Spurenmessstellen auf dem Schauinsland (BfS), in Offenbach und Potsdam (DWD) sowie in Braunschweig (PTB) sind in Teil B – II – 1.4 und 2.1.1 und im Leitstellenbericht 2011 [1] zusammengestellt. Darüber hinaus wurde die durch Niederschlag abgelagerte Aktivität gemessen. Hier wurden im März 2011 in Deutschland für I-131 mehrere zehn Becquerel pro Quadratmeter (Bq/m^2) nachgewiesen (vgl. Leitstellenbericht 2011), also durchgehend Werte, die unterhalb der in IMIS geforderten Nachweisgrenze der In-situ-Gamma-Spektrometrie lagen. Die aus den gemessenen Spuren der Radionuklide resultierende Erhöhung der Ortsdosisleistung war zu niedrig um im ODL-Messnetz sichtbar zu werden.

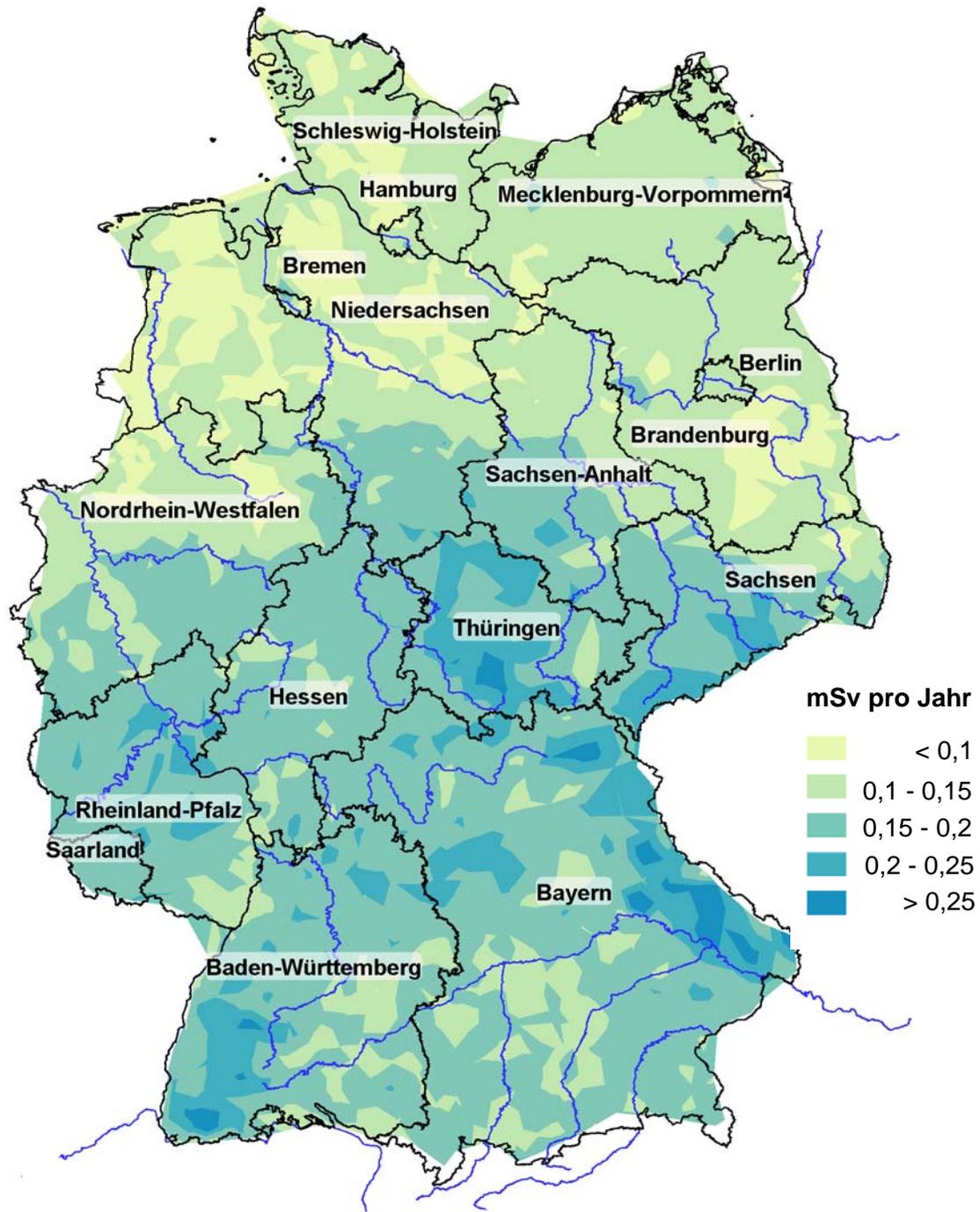
Kurzzeitige, meist lokal auftretende Erhöhungen der γ -Ortsdosisleistung, die insbesondere bei starken Niederschlägen in den Sommermonaten zu beobachten sind, sind auf das Auswaschen von natürlichen Radon-Folgeprodukten aus der Luft zurückzuführen. Üblicherweise sind dabei nur wenige Messstellen betroffen 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 2011 ebenfalls fortgesetzt werden. Durch den Einsatz der neuen Technik konnten bisher 106 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. Durch die Ausdünnung des ODL-Messnetzes ergibt sich daher ab Ende 2010 eine reduzierte Gesamtanzahl von ODL-Messstellen in Deutschland von rund 1700.

Literatur

- [1] Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland, Stand 2011. Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz ISSN 1864-2810 (www.bmu.de/strahlenschutz/ueberwachung_der_umweltradioaktivitaet/leitstellen/doc/39554.php)



mSv pro Jahr

- < 0,1
- 0,1 - 0,15
- 0,15 - 0,2
- 0,2 - 0,25
- > 0,25

0 50 100 150km

Daten aus dem Messnetz des Bundes
 Bundesamt für Strahlenschutz

Abbildung 2.1.3-1 Externe Strahlenexposition im Jahr 2011 in Deutschland bei täglich 5 Stunden Aufenthalt im Freien
(External radiation exposure 2011, spending 5 hours per day outdoors)

2.1.4 Radioaktivität in Luft und Niederschlag in der Umgebung der Anlagen nach Atomgesetz (Radioactivity in air and deposition in the surroundings of facilities according to the Atomic Energy Act)

Luft

Gemäß der REI (Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen) sind die Aktivitätskonzentrationen von gasförmigem I-131 und von schwebstoffpartikelgebundenen Radionukliden gammaspektrometrisch zu ermitteln. Die geforderten Nachweisgrenzen liegen für I-131 bei 5 mBq/m^3 und bei den schwebstoffpartikelgebundenen Radionukliden, bezogen auf Co-60, bei $0,4 \text{ mBq/m}^3$.

Für das gasförmige I-131 wurden im Allgemeinen nur Nachweisgrenzen gemessen. Im Berichtsjahr wurden aber in den Monaten März und April an einzelnen Messstellen der Umgebungsüberwachung auch Konzentrationen von wenigen Millibecquerel des gasförmigen I-131 festgestellt, das durch den Unfall in Fukushima/Japan freigesetzt wurde. Auch an den Spurenmessstellen im Rahmen der allgemeinen Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt wurden Aktivitätskonzentrationen des I-131 in dieser Größenordnung gemessen. Insgesamt hat sich die Konzentration des emittierten I-131 nicht verändert. (Tabelle 2.1.4-1a). Die einzelnen erhöhten Messwerte zeigt Tabelle 2.1.4-1b.

Die Aktivitätskonzentrationen der schwebstoffpartikelgebundenen Radionuklide lagen 2011, wie im Vorjahr, an allen Messstellen unterhalb der jeweils erreichten Nachweisgrenzen. Die geringen Aktivitätskonzentrationen der durch den Reaktorunfall freigesetzten und nach Europa verfrachteten aerosolpartikelgebundenen Radionuklide waren nur an den Spurenmessstellen im Rahmen der allgemeinen Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt messbar. Die Messergebnisse sind in Tabelle 2.1.4-2 für das Bezugsnuklid Co-60 zusammengefasst.

Die Veränderungen der Jahresmittelwerte der kontinuierlich gemessenen γ -Dosisleistung (Tabelle 2.1.4-3) sind im Vergleich zum Vorjahr im Allgemeinen gering und entsprechen den natürlichen Schwankungen. Durch den Austausch von Messsystemen können durch die verschiedene Bauart und den unterschiedlichen Empfindlichkeitsbereich der Messgeräte Veränderungen des gemessenen Grundpegels der Umgebungs-Äquivalentdosisleistung auftreten. Durch die kontinuierliche Registrierung der Messwerte sind jedoch Veränderungen des Pegels unabhängig vom jeweiligen gemessenen Absolutwert jederzeit erkennbar.

Seit dem 1. August 2011 gilt verbindlich die neue dosimetrische Messgröße Umgebungs-Äquivalentdosisleistung $dH^*(10)/dt$.

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 $0,05 \text{ Bq/l}$ gefordert. Die Niederschlagsmenge liegt im Durchschnitt je nach Jahreszeit und Standort zwischen 10 und 100 Liter pro Quadratmeter und Monat, so dass für die Deposition Nachweisgrenzen zwischen $0,5 \text{ Bq/m}^2$ und 5 Bq/m^2 resultieren können. Es liegen keine Messwerte oberhalb der Nachweisgrenzen vor. Ein Einfluss auf den Jahresmittelwert durch deponierte Radionuklide resultierend aus der Freisetzung in Fukushima/Japan zeigte sich nicht. 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 2.1.4-1a Jahresmittelwerte der Aktivitätskonzentrationen des gasförmigen I-131
(Annual mean values for activity concentrations of gaseous I-131)**

(in mBq/m^3 , Messwerte der Betreiber)

Probenahmestelle	N	I-131 (mBq/m^3)						
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
BER Berlin	2	[< 0,32] ⁹	< 0,26	[< 0,40] ⁹	< 0,4	< 0,5	< 0,38	< 0,38
KKB Brunsbüttel	2	[< 0,29] ⁹	< 0,3	< 0,31	< 0,29	< 0,29	< 0,29	< 0,3
KBR Brokdorf	2	[< 0,36] ⁹	< 0,39	< 0,50	< 0,57	< 0,39	< 0,35	< 0,7
KKK Krümmel	3	[< 0,39] ⁹	< 0,36	< 0,35	< 0,33	< 0,31	< 0,27	< 0,26
GKSS Geesthacht	1	[< 0,24] ⁹	< 0,24	< 0,23	< 0,20	< 0,19	< 0,19	< 0,19
KKS Stade	1	[< 0,28] ⁹	*	*	*	*	*	*
KKU Unterweser	2	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	-
KWG Grohnde	3	< 0,61	< 0,65	< 0,80	< 0,82	< 1,7	< 1,4	-
KKE Emsland	2	< 0,32	< 0,33	< 0,30	< 0,32	< 0,35	< 0,32	-
KWW Würgassen	3	*	*	*	*	*	*	*
FZ Jülich	3	0,36**	0,47**	0,11**	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
THTR Hamm-Uentrop	2	*	*	*	*	*	*	*

Probenahmestelle	N	I-131 (mBq/m ³)						
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
KWB Biblis	2	[< 0,7] ³	< 0,66	< 0,80	< 0,66	< 0,63	< 0,61	< 0,58
KKP Philippsburg	4	< 0,49	< 0,5	< 0,49	< 0,49	< 0,5	< 0,48	< 0,53
KWO Obrigheim	3	< 0,34	< 0,18	< 0,16	< 0,22	*	*	*
GKN Neckarwestheim	2	< 0,73	< 0,68	< 0,66	< 0,66	< 0,64	< 0,72	< 0,64
FZ Karlsruhe		*	-	-	-	-	-	*
KKI Isar	3	-	[< 0,29] ⁹	< 0,30	[< 0,29] ⁹	< 0,25	< 0,27	< 0,26
KKG Grafenrheinfeld					[< 0,54] ⁹	[< 0,48] ⁹	< 0,45	< 0,61
KRB Gundremmingen II	3	-	[< 0,5] ⁹	< 0,52	[< 0,26] ⁹	[< 0,34] ⁹	< 0,37	< 0,36
KGR Greifswald	2	*	*	*	*	*	*	*
VKTA Rossendorf	1	[< 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 2.1.4-1b Messwerte der Aktivitätskonzentrationen des gasförmigen I-131 als Folge des Unfalls in Fukushima/Japan
(Measurement results for activity concentrations of gaseous I-131 related to the accident in Fukushima/Japan)

(in mBq/m³, Messwerte der Betreiber)

Probenahmestelle	N	I-131 (mBq/m ³)	
		März 2011	April 2011
BER Berlin	2	14	3,0
		0,95	7,7
KKB Brunsbüttel	2	8,3	4,0
		4,9	2,8
KBR Brokdorf	2	-	1,5
		-	1,1
KKK Krümmel	3	3,3	0,54
		2,6	0,61
		3,0	0,65
GKSS Geesthacht	1	3,8	1,1
FZ Jülich	2	1,6	1,5
		1,7	1,5
KWB Biblis	3	3,1	0,84
		2,1	1,5
		2,0	-
GKN Neckarwestheim	2	1,5	0,94
		1,3	0,71
KKI Isar	3	-	0,98
		-	1,2
		-	1,2
KRB Gundremmingen II	2	-	0,61
		-	0,64
VKTA Rossendorf	1	0,11	-

N Zahl der Messstationen

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)

Probenahmestelle	N	Co-60 (mBq/m ³)						
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
BER Berlin	2	[< 0,02] ⁹	< 0,02	[< 0,25] ⁹	< 0,3	< 0,29	< 0,28	< 0,27
KKB Brunsbüttel	2	[< 0,05] ⁹	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,06	< 0,08
KBR Brokdorf	2	[< 0,17] ⁹	< 0,18	< 0,18	< 0,21	< 0,18	< 0,18	< 0,24
KKK Krümmel	3	[< 0,06] ⁹	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,07	< 0,03	< 0,03
GKSS Geesthacht	1	[< 0,06] ⁹	< 0,05	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
KKS Stade	1	[< 0,15] ⁹	< 0,26	< 0,31	< 0,23	< 0,2	< 0,21	-
KKU Unterweser	2	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,4	< 0,4	-
KWG Grohnde	3	< 0,12	< 0,11	< 0,11	< 0,12	< 0,14	< 0,13	-
KKE Emsland	2	< 0,18	< 0,21	< 0,18	< 0,20	< 0,19	< 0,18	-
KWW Würgassen	2	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,1	< 0,1	< 0,1
FZ Jülich	3	< 0,4	< 0,4	< 0,40	< 0,40	< 0,4	< 0,4	< 0,4
THTR Hamm-Uentrop	2	*	*	*	*	*	*	*
KWB Biblis	3	[< 0,18] ³	< 0,2	< 0,22	< 0,18	< 0,19	< 0,19	< 0,17
KKP Philippsburg	4	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
KWO Obrigheim	3	< 0,05	< 0,06	< 0,05	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
GKN Neckarwestheim	2	< 0,15	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,12	< 0,14	< 0,11
FZ Karlsruhe	3	< 0,008	< 0,008	< 0,007	< 0,006	< 0,007	< 0,006	< 0,007
KKI Isar	3	-	[< 0,21] ⁹	< 0,22	[< 0,21] ⁹	< 0,21	< 0,23	< 0,21
KKG Grafenrheinfeld	3	-	[< 0,062] ⁹	< 0,064	[< 0,067] ⁹	[< 0,06] ⁹	< 0,058	< 0,066
KRB Gundremmingen II	3	-	[< 0,14] ⁶	< 0,18	[< 0,14] ⁹	[< 0,18] ⁹	< 0,2	< 0,19
KGR Greifswald	2	< 0,002	[< 0,002] ⁹	< 0,28	[< 0,25] ⁹	[< 0,08] ⁹	< 0,0007	[< 0,0008] ⁹
VKTA Rossendorf	3	[< 0,002] ⁶	< 0,002	< 0,016	< 0,01	< 0,013	< 0,015	< 0,011
KKR Rheinsberg	2	< 0,08	< 0,08	< 0,09	< 0,09	< 0,10	< 0,1 +	*
KMK Mülheim-Kärlich	2	[< 0,2] ⁶	< 0,14	< 0,12	< 0,18	< 0,19	< 0,19	< 0,21

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)

Probenahmestelle	N	γ-Ortsdosisleistung in nSv/h						
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
BER Berlin	2	72	72	73	a	[73] ⁹	70	70
KKB Brunsbüttel	2	82	84	82	85	83	91	88
KBR Brokddorf	2	60	59	58	59	58	56	74 ^{MT}
KKK Krümmel	3	57	58	61	57	53	54	64 ^{MT}
GKSS Geesthacht	1	84	85	86	89	88	84	84
KKS Stade	1	87 ^{MT}	97	99	107	104	104	a
KKU Unterweser	2	94	98	101	102	104	101	a
KWG Grohnde	3	83	86	80	77	84	92 ^{MT}	a
KKE Emsland	2	75	75	75	76	76	74	a
KWW Würgassen	3	*	*	*	*	*	*	*
FZ Jülich	12	62 ^{MT}	79	83	84	97 ^{MT}	109	111
THTR Hamm-Uentrop	2	85	86	88	100 ^l	103 ^l	101 ^l	99 ^l
KWB Biblis	3	[95] ³	96	103	106	106	105	105
KKP Philippsburg	4	106	105	99	100	100	98	95
KWO Obrigheim	2	101	102	115	120	120	119	120

Probenahmestelle	N	γ -Ortsdosisleistung in nSv/h						
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
GKN Neckarwestheim	2	119 ^{MT}	119	113	111	121	126	130
FZ Karlsruhe	6	83	83	83	83	84	102 ^{MT}	104
KKI Isar	3	a	99	97	[96] ⁹	[94] ⁹	92	93
KKG Grafenrheinfeld	3	a	104	105	[104] ⁹	[105] ⁹	102	105
KRB Gundremmingen II	3	a	65	64	[67] ⁹	[66] ⁹	65	78 ^{MT}
KGR Greifswald	20	81	84 ^j	83 ^j	83 ^j	83 ^j	81 ^j	[82] ^{9j}
VKTA Rossendorf	3	111	[115] ⁹	[112] ^{6 k}	115 ^k	119 ^k	111 ^k	112 ^k
KKR Rheinsberg	4	87 ^z	84	90 ^z	85 ^z	99 ^z	98 ^z	*
KMK Mülheim-Kärlich	2	[125] ^{6MT}	127	125 ^{MT}	113	115	114	[113] ³

- Zahl der Messstationen *Messungen eingestellt
 []i unvollständige Messreihe (i: Anzahl der Monate) MT Austausch 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)

Probenahmestelle	N	Aktivität in Bq/m ² oder in Bq/l							
		2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011
		(Bq/l)	(Bq/m ²)	(Bq/l)	(Bq/m ²)	(Bq/l)	(Bq/m ²)	(Bq/l)	(Bq/m ²)
BER Berlin	1		< 1,4		[< 0,36] ⁹		< 0,36		< 0,39
KKB Brunsbüttel	2		< 0,87		< 0,8		< 0,79		< 0,84
KBR Brokddorf	2		< 1,6		< 1,5		< 1,4		< 1,5
KKK Krümmel	4		< 0,56		< 0,48		< 0,51		< 0,5
GKSS Geesthacht	2		< 1,6		< 1,4		< 1,5		< 1,4
KKS Stade	2		< 1,7		< 1,7		< 2,0		-
KKU Unterweser	2		< 0,61		< 0,52		< 0,53		-
KWG Grohnde	2		< 2,3		< 1,6		< 2,0		-
KKE Emsland	2		< 0,70		< 0,64		< 0,66		-
KWW Würgassen	2	< 0,007		< 0,006		< 0,005		< 0,003	
FZ Jülich	1	< 0,05		< 0,05		< 0,05		< 0,05	
THTR Hamm-Uentrop	*		*		*		*		*
KWB Biblis	2		< 0,92		< 1,1		< 1,3		< 1,1
KKP Philippsburg	4		< 1,4		< 1,4		< 1,4		< 1,0
KWO Obrigheim	2		< 2,7		< 2,4		< 2,7		< 2,6
GKN Neckarwestheim	2		< 1,8		< 1,8		< 2,2		< 1,5
FZ Karlsruhe	3		< 2,6		< 2,7		< 2,7		< 2,7
KKI Isar	3		[< 2,8] ⁹		[< 2,9] ⁹		< 3,0		< 2,5
KKG Grafenrheinfeld	2		[< 0,51] ⁹		[< 0,59] ⁹		< 0,62		< 0,61
KRB Gundremmingen II	2		[< 2,0] ⁹		[< 2,3] ⁹		< 2,1		< 1,7
KGR Greifswald	2		[< 1,9] ⁹		< 1,8		< 1,8		< 1,6
VKTA Rossendorf	2		< 0,54		< 0,51		< 0,69		*
KKR Rheinsberg	2		< 0,20		< 0,2		< 0,2		< 0,18
KMK Mülheim-Kärlich	2		< 0,68		< 0,92		< 0,98		< 0,51

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

2.1.5 Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Anlagen nach Atomgesetz (Discharges of radioactive substances with exhaust air from facilities according to the Atomic Energy Act)

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 2011 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 der Reaktoren MZFR, KNK und AVR (siehe Tabelle 1.3-1) sind in den Ableitungswerten der Forschungszentren Karlsruhe und Jülich enthalten (Tabelle 2.1.5-5). Die einzelnen in einer Radionuklidgruppe zusammengefassten Radionuklide zeigen entsprechend ihrer chemisch-physikalischen Natur in den Umweltmedien und im menschlichen Körper unterschiedliches Verhalten. Daher ist für die Berechnung der Strahlendosis die Kenntnis der Zusammensetzung des abgeleiteten Radionuklidgemisches erforderlich. Die auf Grund von Einzelnuklidmessungen ermittelte Zusammensetzung der 2011 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+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 gebundene Radionuklide und I-131 mit der Fortluft und die Gesamt-Bruttostromerzeugung der Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland. Die Summe der Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Edelgase war 2011 mit $1,9 \cdot 10^{13}$ Becquerel (Bq) kleiner als 2010 mit $2,3 \cdot 10^{13}$ Bq, die Summe der Jahresaktivitätsableitungen von an Schwebstoffen gebundenen Radionukliden war mit $3,4 \cdot 10^7$ Bq kleiner als im Vorjahr mit $4,6 \cdot 10^7$ Bq. Die Gesamtaktivitätsableitung von I-131 lag 2011 mit $3,9 \cdot 10^7$ Bq unter dem Vorjahreswert von $8,7 \cdot 10^7$ Bq. Diese jährlichen Schwankungen sind abhängig von den Betriebsbedingungen der Kernkraftwerke.

In Tabelle 2.1.5-5 sind die Angaben über die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus den Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich, Dresden-Rossendorf, Geesthacht, Berlin und den Forschungsreaktoren in Garching und Mainz im Jahr 2011 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 2011 abgeleitete Gesamt-Alpha-Aktivität der Anlagen in Lingen und Gronau betrug $< 9,4 \cdot 10^4$ Becquerel.

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

Die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus der Schachanlage Asse II ist in der Tabelle 2.1.5-7 für gasförmige Verbindungen von H-3, C-14 und Rn-222 sowie für die an Schwebstoffen gebundenen Radionuklide zusammengestellt.

Die für das Jahr 2011 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 2011 beträgt an den in Tabelle 2.1.5-1 aufgeführten Standorten etwa $4,0 \cdot 10^{12}$ Bq.

Tabelle 2.1.5-1 Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2011 (Discharges of radioactive substances with exhaust air from nuclear power plants in the year 2011)

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)}	-	8,0 E05	-	-	-
KRB Gundremmingen A ^{d)}	-	7,5 E03	-	-	2,9 E08
KWL Lingen ^{d)}	-	nn	-	nn	nn
KWO Obrigheim ^{h)}	-	nn	-	6,5 E08	4,2 E09
KKS Stade ^{g)}	-	nn	-	nn	1,3 E10
KWW Würgassen ^{e)}	-	4,3 E06	-	4,3 E08	2,4 E07
KGR Greifswald ^{c)}	-	1,4 E06	-	-	-
KWB Biblis A	9,8 E09	nn	2,3 E04	1,4 E10	3,2 E11
KWB Biblis B	1,6 E11	1,5 E05	2,3 E04	3,6 E10	5,2 E11
GKN Neckarwestheim 1	9,7 E10	3,1 E04	9,8 E04 ¹⁾	4,0 E09	8,2 E10
KKB Brunsbüttel	nn	4,6 E06	nn	1,5 E09	2,3 E09
KKI Isar 1	2,4 E11	nn	2,3 E06	1,1 E11	3,6 E10
KKU Unterweser	3,8 E12	1,2 E05	1,7 E05	1,8 E10	2,1 E11
KKP Philippsburg 1	8,0 E11	6,3 E06	1,8 E07 ²⁾	1,1 E11	2,2 E10
KKG Grafenrheinfeld	1,0 E11	1,5 E07	5,4 E04	7,0 E10	1,9 E11
KKK Krümmel	nn	5,4 E05	nn	5,4 E09	nn
KRB Gundremmingen B, C	1,0 E13	9,8 E04	9,5 E06	1,0 E12	6,4 E11
KWG Grohnde	1,5 E12	1,8 E05	2,1 E06	7,2 E10	3,4 E11
THTR Hamm-Uentrop ^{f)}	-	nn	-	nn	6,8 E07
KKP Philippsburg 2	3,8 E11	1,2 E05	1,6 E05 ²⁾	4,8 E10	1,2 E12
KMK Mülheim-Kärlich ^{f)}	-	nn	-	1,3 E08	nn
KBR Brokdorf	9,7 E11	nn	6,1 E06	2,1 E11	4,0 E11
KKI Isar 2	3,4 E11	nn	nn	1,3 E11	2,3 E11
KKE Emsland	1,5 E11	nn	nn	2,1 E11	9,9 E11
GKN Neckarwestheim 2	3,2 E11	6,0 E03	6,4 E04 ¹⁾	1,2 E11	7,7 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)

1) Dieser Wert wird auf den Reaktorunfall in Fukushima (Japan) zurückgeführt.

2) Dieser Wert enthält Aktivitätsableitungen, die auf den Reaktorunfall in Fukushima (Japan) zurückgeführt werden

Tabelle 2.1.5-2 Aktivitätsableitung radioaktiver Edelgase mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2011
(Discharges of radioactive noble gases with exhaust air from nuclear power plants in the year 2011)

Radio-nuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Kahl/ Rheins- berg	Gundremmingen A / Lingen	Obrigheim	Würgas- sen	Stade	Greifswald	Biblis A	Biblis B
Ar-41	-	-	-	-	-	-	7,2 E09	9,2 E09
Kr-85m	-	-	-	-	-	-	nn	nn
Kr-85	-	-	-	-	-	-	nn	1,5 E11
Kr-87	-	-	-	-	-	-	nn	nn
Kr-88	-	-	-	-	-	-	nn	nn
Kr-89	-	-	-	-	-	-	nn	nn
Xe-131m	-	-	-	-	-	-	1,1 E09	nn
Xe-133m	-	-	-	-	-	-	2,1 E08	nn
Xe-133	-	-	-	-	-	-	2,7 E08	6,0 E07
Xe-135m	-	-	-	-	-	-	1,3 E08	nn
Xe-135	-	-	-	-	-	-	8,8 E08	nn
Xe-137	-	-	-	-	-	-	nn	nn
Xe-138	-	-	-	-	-	-	nn	nn

Radionu- klid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Neckar- westheim 1	Brunsbüttel	Isar 1	Unter- weser	Philippsburg 1	Grafen- rheinfeld	Krümmel	Gundrem- mingen B, C
Ar-41	9,6 E10	nn	2,4 E08	3,4 E10	2,3 E08	8,3 E10	nn	3,5 E11
Kr-85m	nn	nn	1,7 E07	nn	1,9 E09	nn	nn	9,5 E07
Kr-85	nn	nn	4,4 E10	1,2 E12	7,9 E10	2,0 E10	nn	1,3 E12
Kr-87	nn	nn	nn	nn	1,5 E10	nn	nn	1,8 E08
Kr-88	nn	nn	7,2 E10	nn	2,2 E08	nn	nn	nn
Kr-89	nn	nn	5,0 E08	nn	1,7 E10	nn	nn	1,9 E10
Xe-131m	nn	nn	9,8 E08	1,5 E12	nn	nn	nn	3,9 E11
Xe-133m	nn	nn	1,7 E08	4,0 E09	1,4 E09	nn	nn	9,9 E10
Xe-133	nn	nn	6,8 E09	1,1 E12	1,5 E11	nn	nn	7,1 E12
Xe-135m	nn	nn	5,3 E10	nn	1,6 E11	nn	nn	3,4 E11
Xe-135	1,3 E09	nn	1,7 E10	3,7 E10	1,6 E11	nn	nn	2,2 E11
Xe-137	nn	nn	3,4 E10	nn	1,1 E11	nn	nn	3,4 E11
Xe-138	nn	nn	8,8 E09	nn	1,1 E11	nn	nn	1,0 E11

Radio- nuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Grohnde	Hamm- Uentrop	Philippsburg 2	Mülheim- Kärlich	Brokdorf	Isar 2	Emsland	Neckar- westheim 2
Ar-41	2,5 E10	-	1,6 E11	-	1,3 E11	1,2 E11	1,5 E11	8,2 E10
Kr-85m	nn	-	2,2 E07	-	2,4 E10	2,2 E07	nn	nn
Kr-85	8,5 E10	-	7,2 E10	-	nn	2,0 E11	nn	2,0 E11
Kr-87	nn	-	7,6 E08	-	1,3 E10	4,0 E07	nn	1,2 E08
Kr-88	nn	-	5,4 E08	-	nn	1,2 E08	nn	7,6 E07
Kr-89	nn	-	1,6 E09	-	nn	nn	nn	nn
Xe-131m	3,3 E10	-	1,4 E11	-	6,1 E09	1,4 E10	nn	4,1 E10
Xe-133m	1,4 E10	-	2,7 E09	-	3,8 E08	8,6 E08	nn	8,7 E07
Xe-133	1,3 E12	-	2,0 E09	-	7,7 E11	1,1 E09	nn	3,6 E07
Xe-135m	nn	-	9,9 E07	-	nn	nn	nn	6,7 E07
Xe-135	6,3 E10	-	1,0 E09	-	3,1 E10	3,3 E08	nn	6,0 E07
Xe-137	nn	-	6,5 E08	-	nn	nn	nn	8,9 E08
Xe-138	nn	-	8,8 E08	-	nn	4,5 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 2011 (I-131: Tabelle 2.1.5-1)
(Discharges of radioactive particulates with exhaust air from nuclear power plants in the year 2011 - 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
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	-	4,1 E04	7,5 E03	nn	nn	2,4 E06	nn	1,2 E06	nn
Zn-65	-	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sr-89	-	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sr-90	-	1,8 E05	nn	nn	nn	2,1 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
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	-	2,9 E05	nn	nn	nn	1,7 E06	nn	2,1 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	-	1,8 E05	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-154	-	3,4 E04	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-155	-	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-238	-	nn	nn	nn	nn	3,7 E03	nn	nn	nn
Pu-(239 +240)	-	nn	nn	nn	nn	1,9 E03	nn	nn	nn
Am-241	-	nn	nn	nn	nn	1,1 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	2,5 E03	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
Cr-51	nn	nn	nn	nn	nn	6,4 E05	nn	nn	nn
Mn-54	nn	nn	1,5 E05	nn	nn	8,1 E04	7,5 E04	7,8 E03	3,5 E04
Fe-59	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Co-57	nn	nn	nn	nn	nn	nn	8,5 E03	nn	nn
Co-58	nn	nn	nn	nn	nn	4,8 E03	1,6 E05	nn	nn
Co-60	nn	3,1 E04	3,3 E06	nn	1,2 E05	4,2 E05	1,5 E07	5,3 E05	1,9 E04
Zn-65	nn	nn	2,0 E05	nn	nn	4,0 E04	nn	nn	nn
Sr-89	nn	nn	nn	nn	nn	3,0 E06	nn	nn	2,7 E04
Sr-90	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	1,8 E04
Zr-95	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Nb-95	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ru-103	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ru-106	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ag-110m	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sn-113	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sb-124	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sb-125	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Te-123m	1,5 E05	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cs-134	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cs-137	nn	nn	1,0 E06	nn	nn	1,1 E05	nn	nn	nn
Ba-140	nn	nn	nn	nn	nn	1,3 E06	nn	nn	nn
La-140	nn	nn	nn	nn	nn	8,0 E05	nn	nn	nn
Ce-141	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ce-144	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-152	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-154	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-155	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-238	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-(239+240)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Am-241	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-241	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cm-242	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cm-244	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn

- Messung / Angabe nicht erforderlich

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

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	6,2 E03	nn	nn	nn	nn	nn
Fe-59	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Co-60	nn	nn	4,5 E04	nn	nn	nn	nn	6,0 E03
Zn-65	nn	nn	1,7 E04	nn	nn	nn	nn	nn
Sr-89	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sr-90	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Zr-95	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Nb-95	4,6 E04	nn	2,7 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	1,3 E05	nn	1,1 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	8,4 E03	nn	nn	nn	nn	nn
Ba-140	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
La-140	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ce-141	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ce-144	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-152	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-154	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-155	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-238	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-(239+240)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Am-241	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-241	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cm-242	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cm-244	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn

- Messung / Angabe nicht erforderlich
 nn nicht nachgewiesen (Messwerte der Aktivitätskonzentration bzw. Aktivitätsableitung unter der Erkennungsgrenze)

Tabelle 2.1.5-4 Aktivitätsableitung von radioaktiven Edelgasen, I-131 und an Schwebstoffen gebundenen Radionukliden (ohne I-131, einschließlich Strontiumisotope und Alphastrahler) mit der Fortluft und Gesamt-Bruttostromerzeugung der Kernkraftwerke in den Jahren 2001 bis 2011 (*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 2001 to 2011*)

Jahr	Aktivitätsableitung in Bq			Bruttostrom-erzeugung in MWa
	radioaktive Edelgase	I-131	an Schwebstoffen gebundene Radionuklide	
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*

Jahr	Aktivitätsableitung in Bq			Bruttostrom- erzeugung in MWa
	radioaktive Edelgase	I-131	an Schwebstoffen gebundene Radio- nuklide	
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*
2011	1,9 E13	3,9 E07	3,3 E07	12.325*

* 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 2011
(Discharges of radioactive substances with exhaust air from research centres and research reactors from universities in the year 2011)

Forschungszentrum	Aktivitätsableitung in Bq					
	Radioak- tive Edel- gase	an Schwebstof- fen gebundene Radionuklide ^{a)}	I-131	I-129	C-14	H-3
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage)	1,1 E12	1,5 E07 ^{b)}	1,4 E05 ¹⁾	4,2 E05	5,1 E10	1,5 E12
Forschungszentrum Jülich (einschließlich Versuchsreaktor AVR)	1,8 E09	2,0 E06	nn	-	9,2 E11	2,7 E12
Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD)	2,2 E10	3,9 E05	1,5 E07	nn	1,4 E09	1,3 E11
Helmholtz-Zentrum Geesthacht (früher GKSS-Forschungszentrum Geesthacht)	nn	5,2 E03	1,4 E04 ²⁾	-	1,8 E08	1,6 E10
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (früher Hahn-Meitner-Institut Berlin, HMI), (einschließlich Zentralstelle für radioaktive Abfälle)	nn	3,3 E03	nn	-	2,1 E09	1,7 E10
Garching, FRM I	-	nn	nn	-	1,9 E07	9,7 E08
Garching, FRM II	4,8 E10	nn	nn	-	2,2 E09	6,3 E11
Forschungsreaktor Mainz	1,5 E11	nn	nn	-	-	3,0 E06

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

b) davon Alphastrahler: 7,4 E04 Bq - Messung / Angabe nicht erforderlich

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

1) Dieser Wert enthält Aktivitätsableitungen, die auf den Reaktorunfall in Fukushima (Japan) zurückgeführt werden

2) Dieser Wert wird auf den Reaktorunfall in Fukushima (Japan) zurückgeführt

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	
	2011	2010
ANF GmbH (Lingen)	< 1,5 E04	< 1,5 E04
URENCO D (Gronau)	7,9 E04	7,2 E04

< Messwert kleiner Erkennungsgrenze; der angegebene Wert entspricht der Erkennungsgrenze

Tabelle 2.1.5-7 Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus den Endlagern Morsleben und Schachtanlage Asse II
(Discharges of radioactive substances with exhaust air from the Morsleben and the Asse final disposal facilities)

Radionuklid	Aktivitätsableitung in Bq	
	2011	2010
Morsleben		
H-3	8,4 E09	1,2 E10
C-14	7,1 E08	6,4 E08
Rn-222 ^{a)}	3,3 E09	8,9 E09
an Schwebstoffen gebundene Radionuklide	1,7 E06	1,8 E06
Schachtanlage Asse II		
H-3	4,2 E10	3,8 E10
C-14	1,3 E09	9,0 E08
Rn-222 (Gas)	1,1 E11	1,1 E11
an Schwebstoffen gebundene Radionuklide	2,3 E06 ¹⁾	2,0 E06

a) gleichgewichtsäquivalente Radon-222-Aktivitätskonzentration

1) Dieser Wert enthält Aktivitätsableitungen, die auf den Reaktorunfall in Fukushima (Japan) zurückgeführt werden

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. Bei den Untersuchungen im Jahr 2011 konnte ein Eintrag aus dem Fukushima-Unfall nicht nachgewiesen werden. Der Eintrag aus dem Fukushima-Unfall in Nord- und Ostsee ist sehr gering, so dass ein Nachweis im Meerwasser, Schwebstoff oder Sediment von vornherein sehr unwahrscheinlich war.

Meerwasser in der Nordsee

Die Probenahme zur Überwachung der Nordsee erfolgte 2011 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 Wiederaufarbeitungsanlagen 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 Rückstände des Fallouts der oberirdischen Kernwaffentests der sechziger Jahre gekennzeichnet. Ein Eintrag von Cs-137 aus der Elbe ist nicht festzustellen, wie auch in den Abbildungen 2.2.1-3 und 2.2.1-4 zu erkennen ist. Der Fallout von Tschernobyl mit seinem charakteristischen Nuklidverhältnis Cs-134/Cs-137 war in der deutschen Bucht zwei bis drei Jahre nach dem Unfall nicht mehr zu messen. Cs-134 ist im Wasser der Nordsee ebenfalls nicht mehr nachweisbar (NWG ca. $0,2 \text{ Bq/m}^3$).

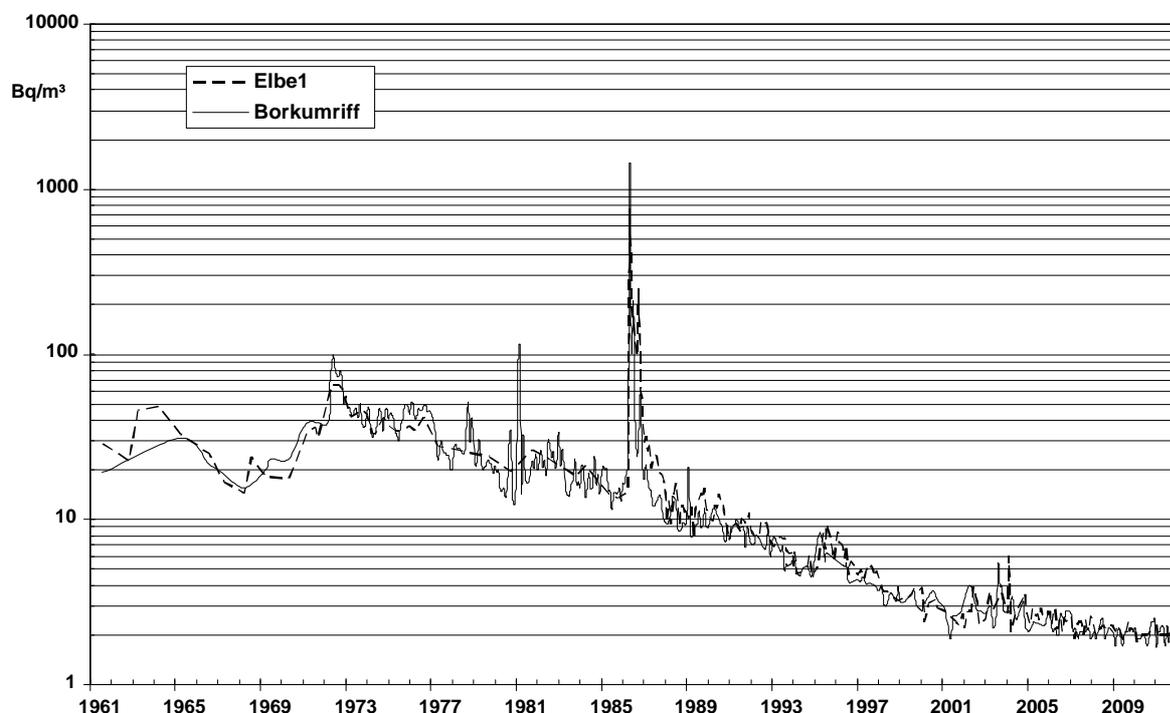


Abbildung 2.2.1-1 Der zeitliche Verlauf der Aktivitätskonzentration von Cs-137 (Bq/m^3) an zwei Positionen in der Deutschen Bucht seit 1961
(*Temporal trend of the activity concentration of Cs-137 (Bq/m^3) at two positions in the German Bight since 1961*)

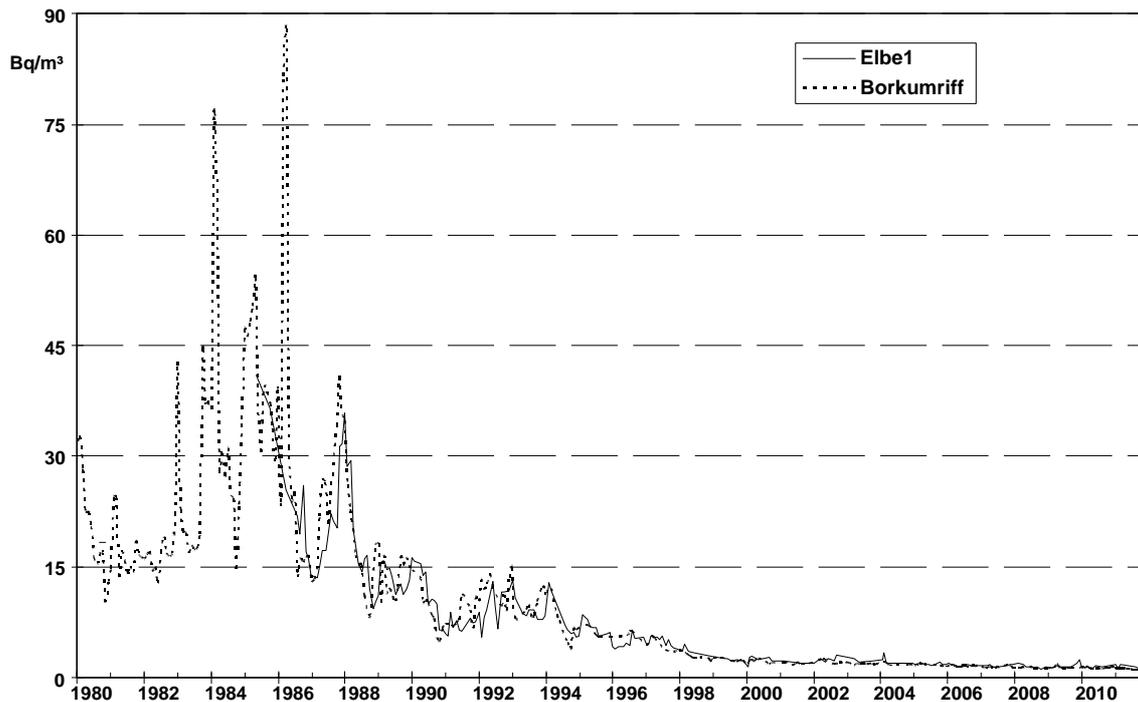


Abbildung 2.2.1-2 Der zeitliche Verlauf der Aktivitätskonzentration von Sr-90 (Bq/m^3) an zwei Positionen in der Deutschen Bucht seit 1980

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

In den Abbildung 2.2.1-3 und 2.2.1-4 wird die Verteilung der Aktivitätskonzentration von Cs-137 an der Wasseroberfläche der Nordsee vom Englischen Kanal bis nördlich der Shetlandinseln in den Jahren 2010 und 2011 dargestellt. Im Jahre 2010 wurden dabei Proben zu Vergleichszwecken aus Tiefen bis 1000 m genommen.

Insgesamt befinden sich die Konzentrationen dieses Radionuklids für die gesamte Nordsee auf einem sehr niedrigen Niveau. Die höchsten Aktivitätskonzentrationen an Cs-137 werden seit Jahren im Skagerrak und dem darauf folgenden norwegischen Küstenstrom nachgewiesen, mit bis zu $10,6 \text{ Bq/m}^3$ im Jahr 2011. Ursache ist der Ausstrom relativ hoch kontaminierten Ostseewassers durch das Kattegat (siehe Kapitel Meerwasser in der Ostsee weiter unten im Text). In der westlichen und südlichen Nordsee finden sich Aktivitätskonzentrationen um 4 Bq/m^3 , die gegenüber den Messwerten im Atlantik nördlich Schottlands (ca. $1,5 \text{ Bq/m}^3$) leicht erhöht sind. Ursache sind in diesem Fall nicht die aktuellen Einleitungen der Wiederaufarbeitungsanlagen für Kernbrennstoffe in Sellafield und La Hague, sondern die Resuspension vor allem aus dem Sediment der Irischen See, welches in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts massiv durch damals legale Einleitungen kontaminiert wurde.

In Abbildung 2.2.1-5 wird die Verteilung der Aktivitätskonzentration von Sr-90 im Oberflächenwasser der Nordsee bis $62^\circ 30'$ nördlicher Breite im Jahr 2010 dargestellt. Insgesamt sind auch hier die Konzentrationen sehr gering mit minimalen Erhöhungen im Skagerrak als Resultat des aus der Ostsee fließenden Oberflächenwassers. Die Vergleichsprobe aus der Elbe bei Stade zeigt für dieses Radionuklid, wie auch in allen Vorjahren, ebenfalls eine minimale Erhöhung, die als Spätfolge der atmosphärischen Nukleartests zu sehen ist. Sr-90 ist in der Umwelt relativ mobil und wird auch heutzutage noch im Einzugsgebiet der Elbe ausgewaschen. Während bei den bisher behandelten Nukliden, Cs-137 und Sr-90, keine aktuellen Einleitungen der Wiederaufarbeitungs- oder anderer Nuklearanlagen zu erkennen sind, ist dies im Fall des Tritiums anders.

In Abbildung 2.2.1-6 ist die Verteilung der Aktivitätskonzentration von Tritium (H-3) im Oberflächenwasser der Nordsee im August 2010 dargestellt. Während an der englischen Ostküste nur eine geringfügige Erhöhung der Konzentration gegenüber den Hintergrundwerten im Atlantik festzustellen ist, lässt sich an der Festlandsküste der Einfluss der Einleitungen der WAA La Hague deutlich sehen. Hier treten Werte bis zu $3,6 \text{ Bq/L}$ auf. Obwohl Tritium bei diesen Aktivitätskonzentrationen als radiologisch unbedenklich angesehen wird, strebt die grundsätzliche Strategie für radioaktive Substanzen im Geltungsbereich der OSPAR-Kommission eine Verminderung auch dieser legalen Einleitungen an.

Zum Redaktionsschluss waren die Analysen aus dem Jahr 2011 für die Radionuklide Sr-90, Tritium und der Transurane nur zu einem geringen Grad fertiggestellt, so dass eine Darstellung hier nicht sinnvoll ist. Die bisher vorliegenden Messwerte lassen jedoch nichts Ungewöhnliches erkennen.

Es ist festzuhalten, dass es sich wie bei allen hier dargestellten Messwerten um extrem geringe Aktivitätskonzentrationen handelt, von denen keine Gefahr für Mensch oder Umwelt ausgeht.

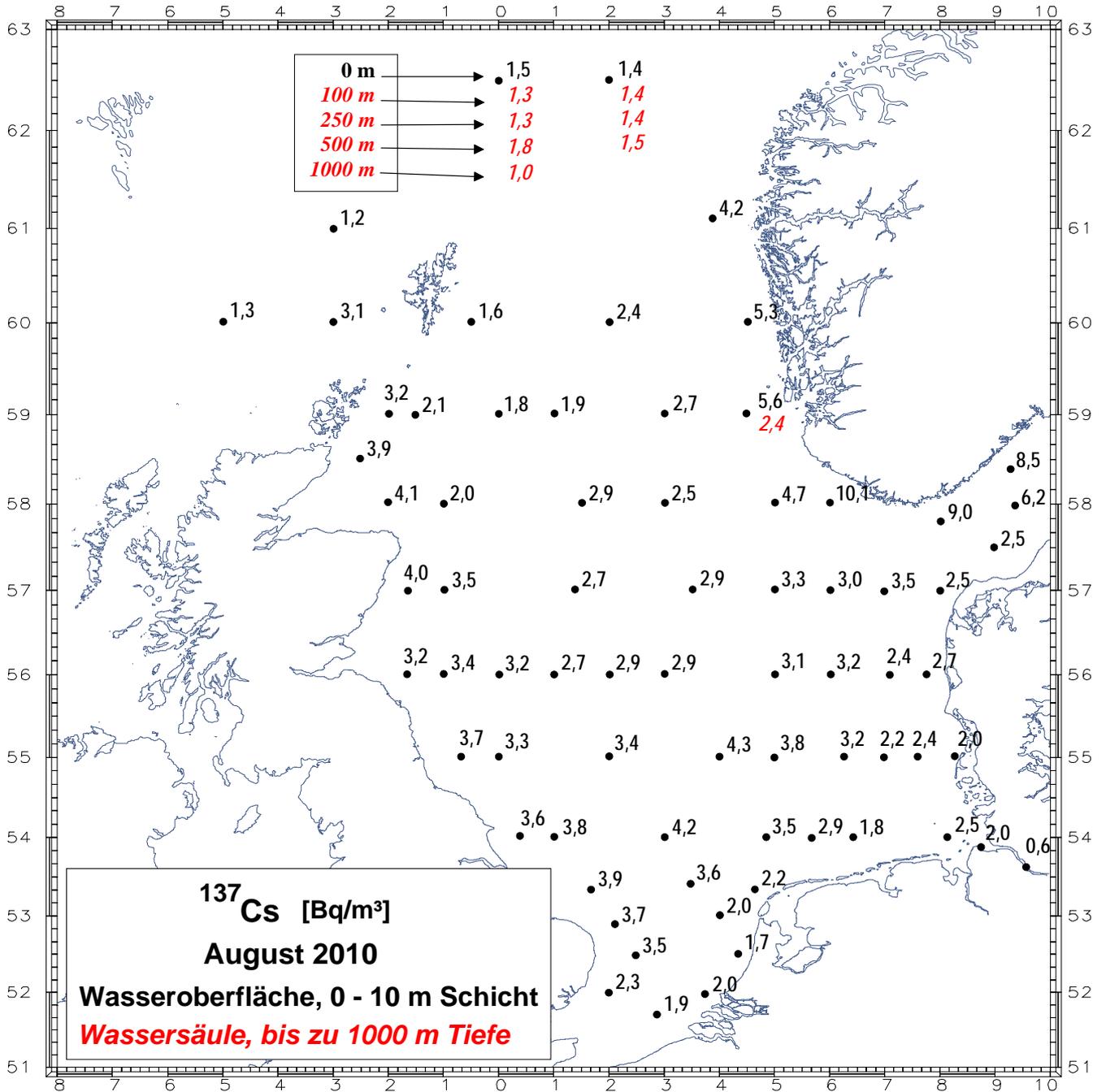


Abbildung 2.2.1-3 Die Verteilung der Aktivitätskonzentration von Cs-137 (Bq/m³) im Wasser der Nordsee im August 2010
(Distribution of the activity concentration of Cs-137 (Bq/m³) in seawater of the North Sea in August 2010)

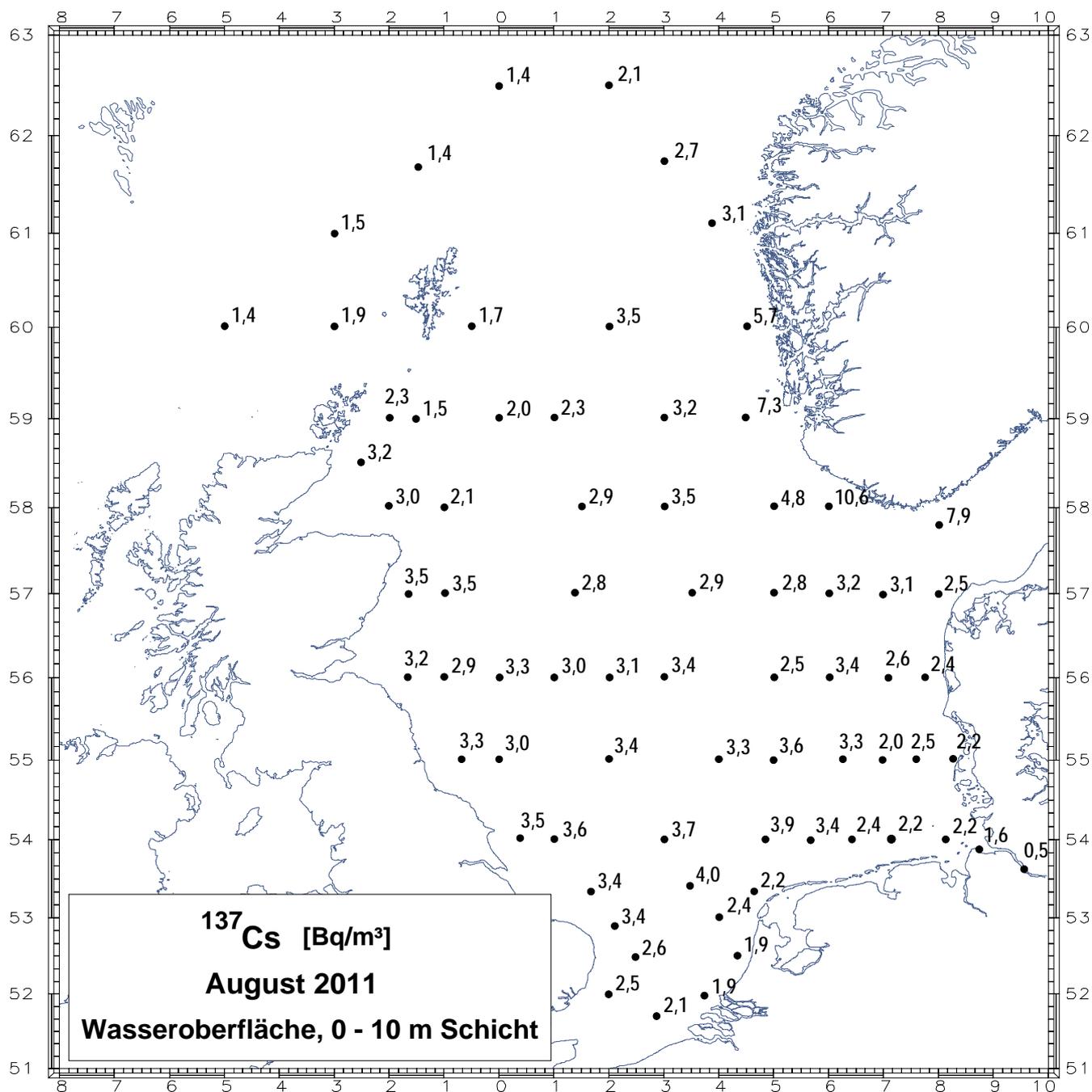


Abbildung 2.2.1-4 Die Verteilung der Aktivitätskonzentration von Cs-137 (Bq/m³) im Wasser der Nordsee im August 2011
(Distribution of the activity concentration of Cs-137 (Bq/m³) in seawater of the North Sea in August 2011)

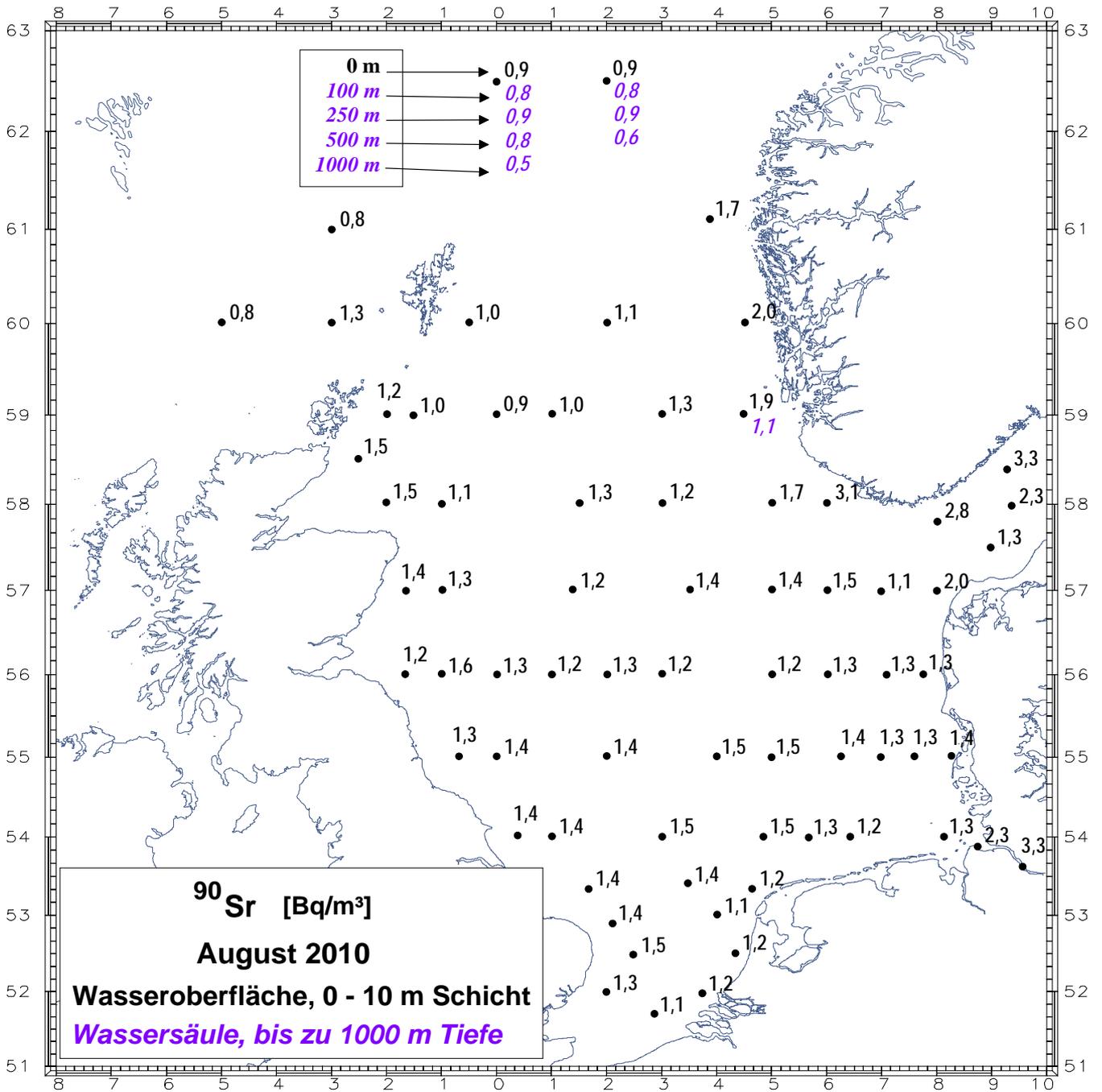


Abbildung 2.2.1-5 Die Verteilung der Aktivitätskonzentration von Sr-90 (Bq/m³) im Wasser der Nordsee im August 2010
(Distribution of the activity concentration of Sr-90 (Bq/m³) in seawater of the North Sea in August 2010)

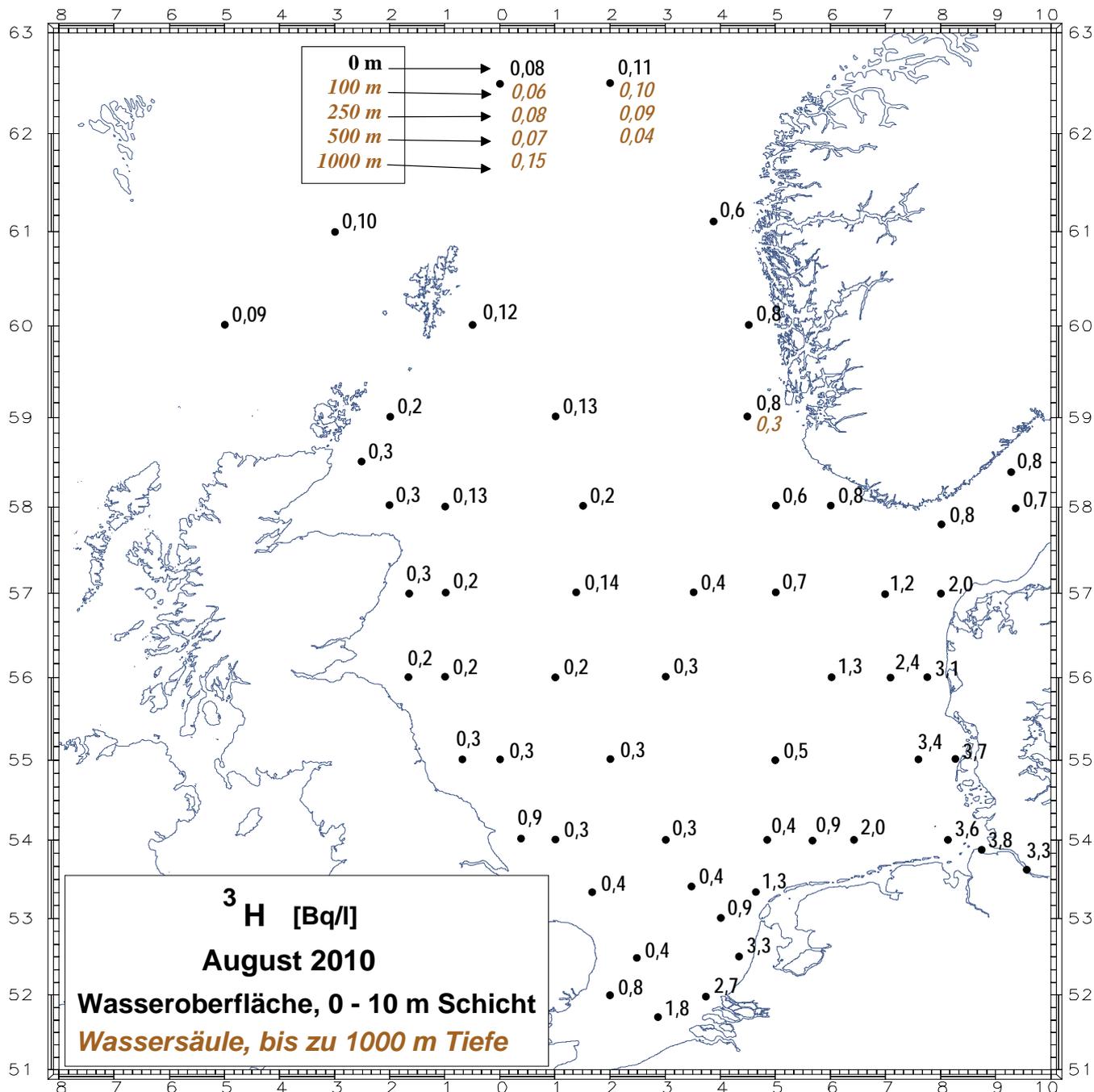


Abbildung 2.2.1-6 Die Verteilung der Aktivitätskonzentration von H-3 (Bq/L) im Wasser der Nordsee im August 2010
 (Distribution of the activity concentration of H-3 (Bq/L) in seawater of the North Sea in August 2010)

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 sich durchweg niedrigere Konzentrationen bei höherem Salzgehalt.

Abbildung 2.2.1-7 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 Schwankungen der Cs-137-Konzentrationen sind durch den jahreszeitlich bedingten 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 22 Bq/m³ im westlichen und 34 Bq/m³ im östlichen Teil des im Juli 2011 überwachten Gebietes (Abbildung 2.2.1-8). 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 Bereich des Fehmarnbelt zeigen die Messwerte die größten Unterschiede in der Cs-137-Konzentration zwischen Oberflächen- und Bodenwasser.

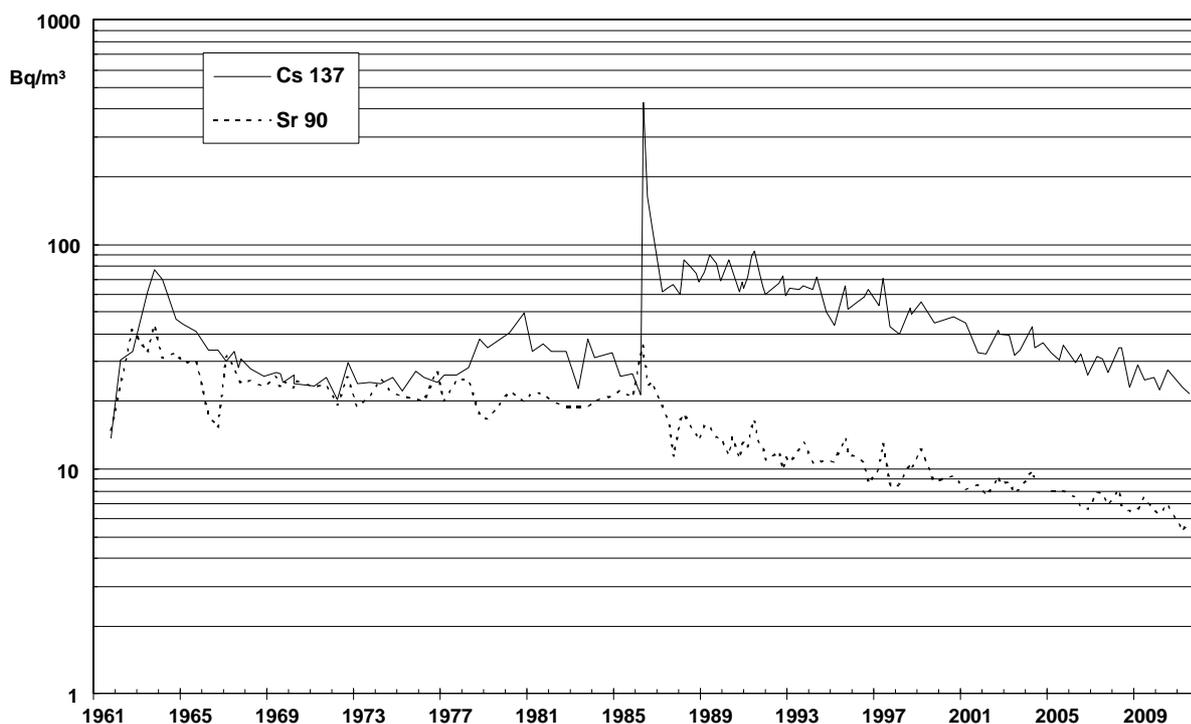


Abbildung 2.2.1-7 Der zeitliche Verlauf der Cs-137- und Sr-90 -Aktivitätskonzentrationen (Bq/m³) an der Position „Schleimündung“ (54°40'N, 010°05'O) seit 1961

(Temporal trend of the activity concentration of Cs-137 and Sr-90 (Bq/m³) at the position „Schleimündung“ (54°40'N, 010°05'E) since 1961)

Durch den im langjährigen Mittel sehr geringen Wasseraustausch der Ostsee mit der Nordsee durch die dänischen Meerengen ist die durch den Tschernobylunfall 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

ser, wurden in Abbildung 2.2.1-9 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 auch in 2011 im Bodenwasser des Fehmarnbelt eine Cs-137-Aktivitätskonzentration von unter 15 Bq/m^3 gemessen wurde. Diese Konzentrationsgrenze wurde von HELCOM als ökologisches Qualitätsziel für die Ostsee festgelegt und wird bislang in kaum einem Untergebiet der Ostsee erreicht.

Die räumliche Verteilung der Aktivitätskonzentration von Sr-90 (Bq/m^3) im Oberflächenwasser auf einigen ausgewählten Stationen im Untersuchungsgebiet im Juli 2011 ist in Abbildung 2.2.1-10 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 2.2.1-11 dargestellte Verteilung der Aktivitätskonzentration von H-3 (kBq/m^3) im Jahr 2011. Die im Verhältnis zur Nordsee geringen H-3-Messwerte zeigen, dass in der Ostsee H-3 nur in sehr geringem Maße von kerntechnischen Anlagen eingeleitet wird. Die relativ hohen Sr-90-Aktivitätskonzentrationen sind ausschließlich auf Kernwaffenfallout zurückzuführen.

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

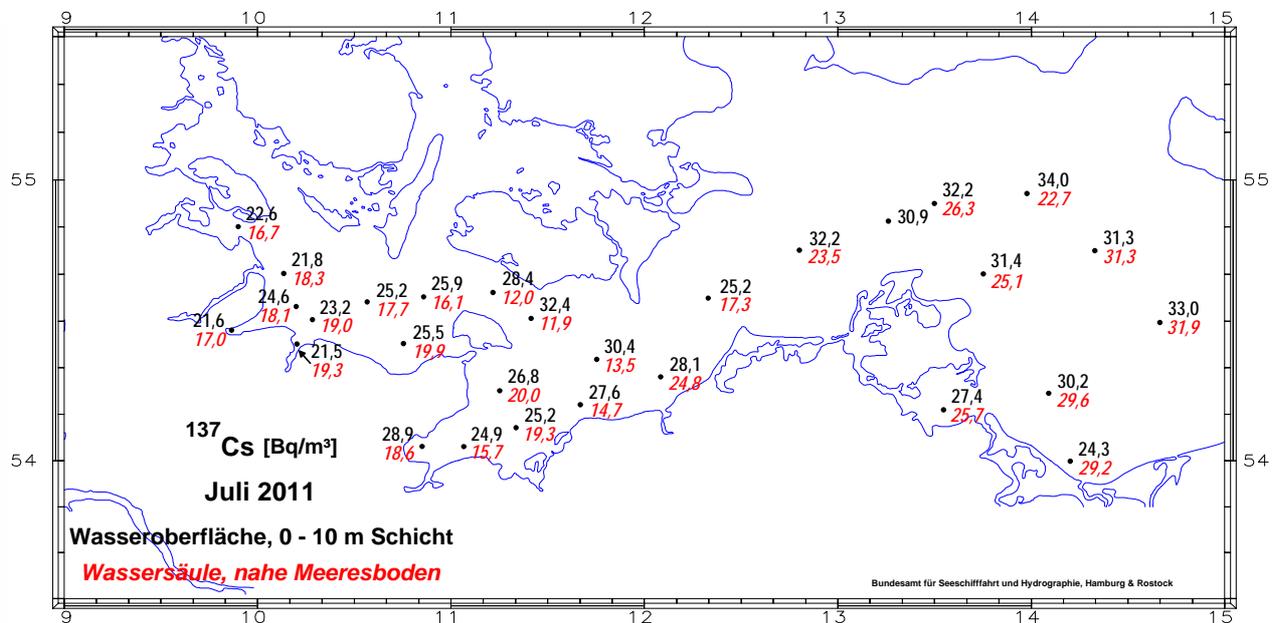


Abbildung 2.2.1-8 Verteilung der Aktivitätskonzentration von Cs-137 (Bq/m^3) im Oberflächen- und Bodenwasser der westlichen Ostsee im Juli 2011

(Spatial distribution of the activity concentration of Cs-137 (Bq/m^3) in surface and bottom sea water of the western Baltic Sea in July 2011)

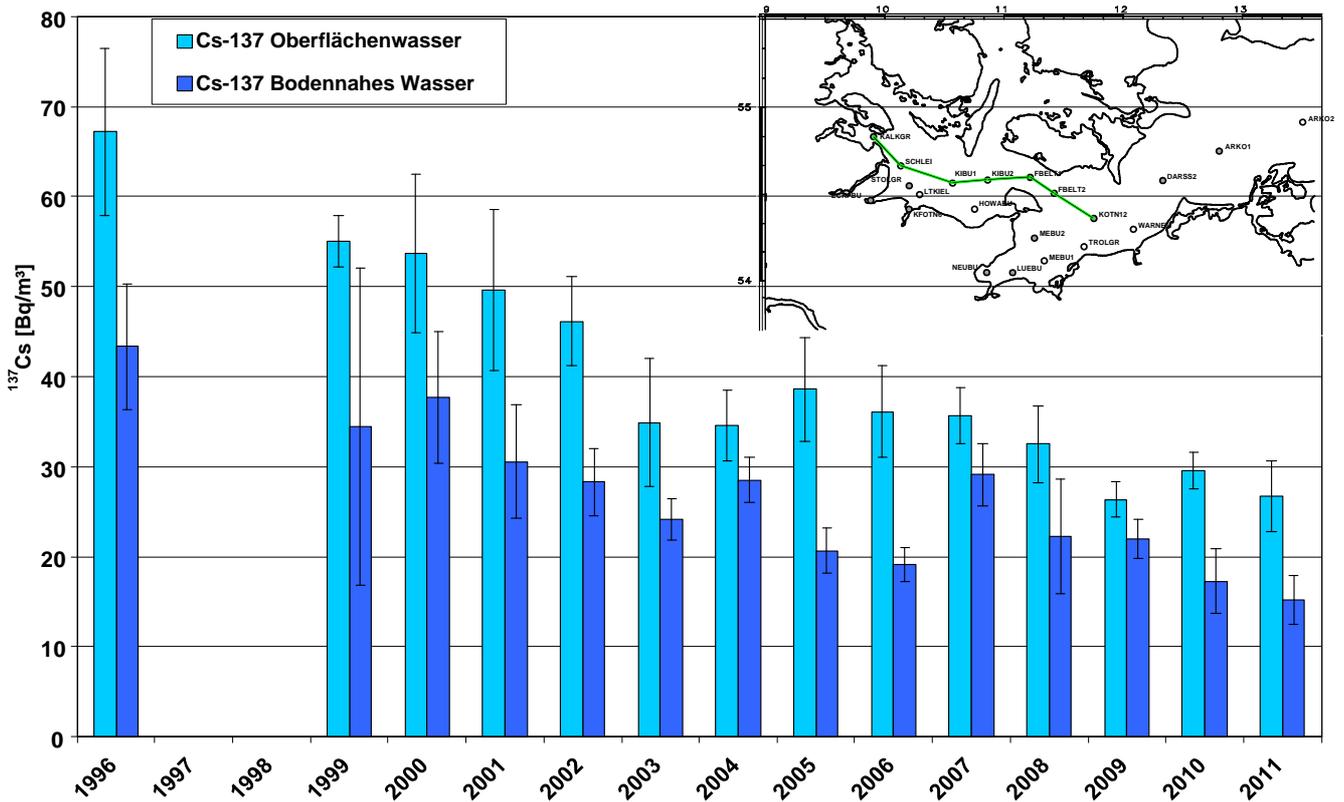


Abbildung 2.2.1-9 Zeitreihe der Mittelwerte der Cs-137-Aktivitätskonzentrationen an 7 Indikatorstationen in der westlichen Ostsee
(Timeseries of mean values of Cs-137-activity concentrations from 7 indicator stations in the western Baltic Sea)

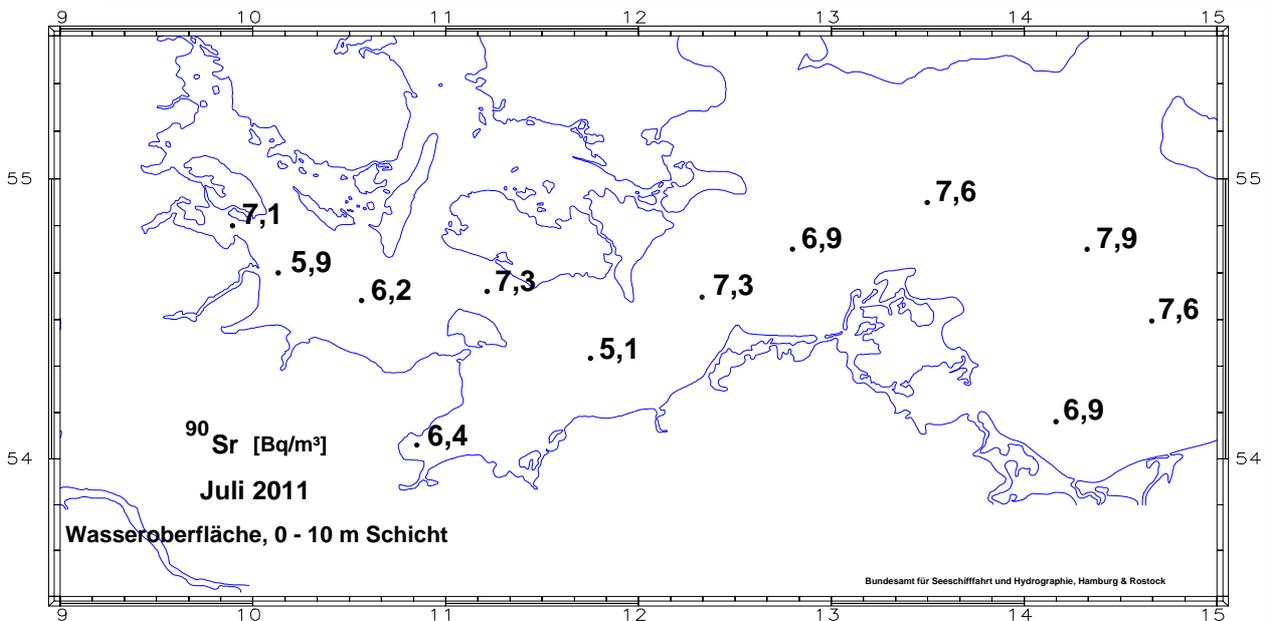


Abbildung 2.2.1-10 Verteilung der Aktivitätskonzentration von Sr-90 (Bq/m³) im Oberflächenwasser der westlichen Ostsee im Juli 2011
(Spatial distribution of the activity concentration of Sr-90 (Bq/m³) in surface sea water of the western Baltic Sea in July 2011)

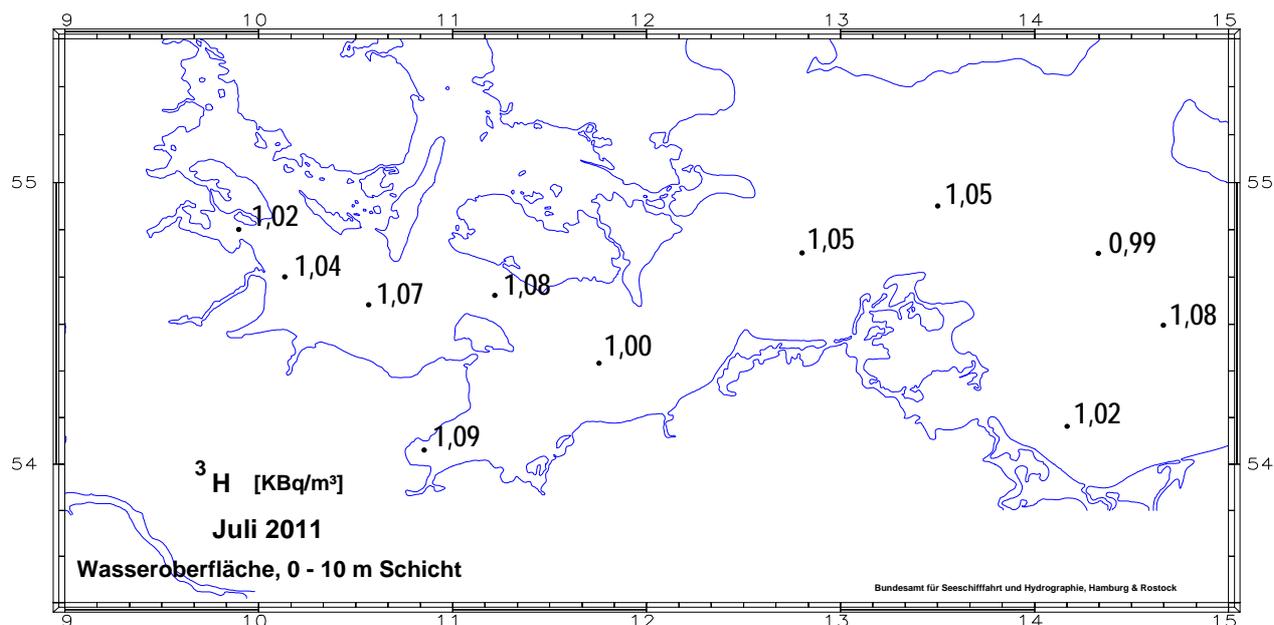


Abbildung 2.2.1-11 Verteilung der Aktivitätskonzentration von H-3 (kBq/m³) im Oberflächenwasser der westlichen Ostsee im Juli 2011
(Spatial distribution of the activity concentration of H-3 (kBq/m³) in surface sea water of the western Baltic Sea in July 2011)

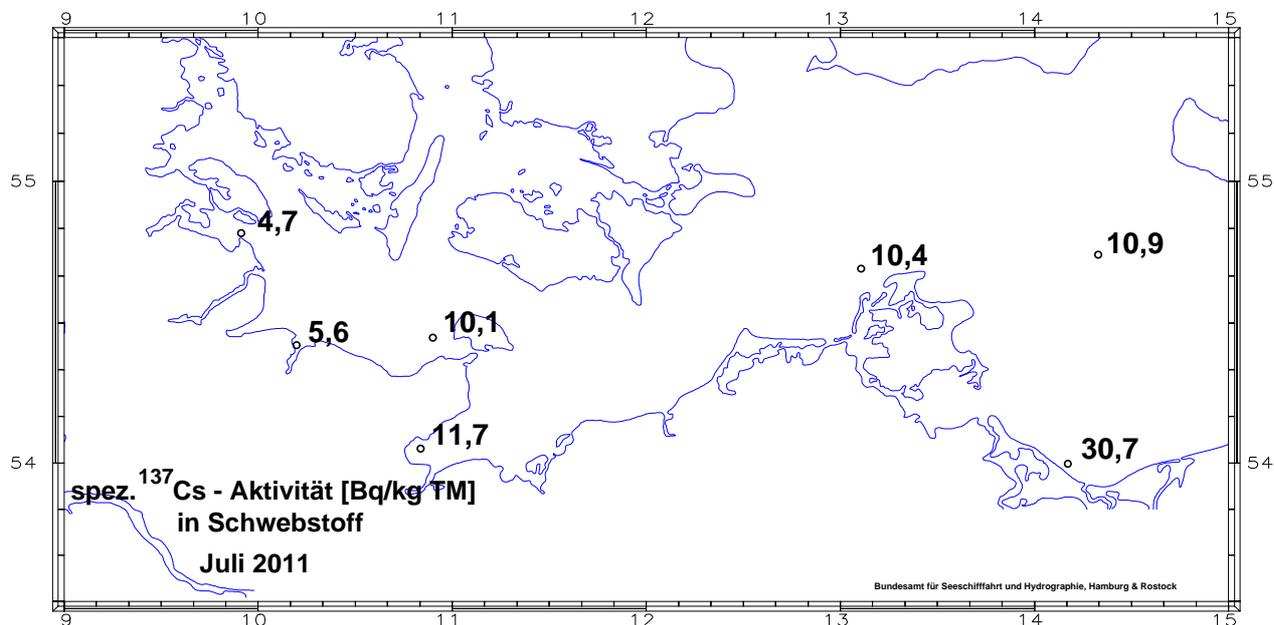


Abbildung 2.2.1-12 Verteilung der spezifischen Aktivität von Cs-137 (Bq/kg TM) in Schwebstoffproben aus der westlichen Ostsee im Juli 2011
(Spatial distribution of the specific activity of Cs-137 (Bq/kg DW) in suspended matter from the western Baltic Sea in July 2011)

Schwebstoffe

In Abbildung 2.2.1-12 ist die spezifische Aktivität von Cs-137 (Bq/kg Trockenmasse) in Schwebstoff an einigen ausgewählten Stationen der westlichen Ostsee dargestellt. Die Schwebstoffproben wurden mittels einer Durchflusszentrifuge aus jeweils ca. 8 m³ Meerwasser gewonnen. Die in 2011 gefundenen Aktivitäten im Bereich von 5 - 30 Bq/kg TM sind im langjährig gefundenen Schwankungsbereich der Cs-137-Konzentrationen im Schwebstoff, der sich bis ca. 50 Bq/kg TM erstreckt. Falls ein nennenswerter Eintrag aus dem Fukushima-Unfall in der westlichen Ostsee stattgefunden hätte, hätte das Nuklid Cs-134 nachweisbar sein müssen. Dies war bei keiner der gewonnenen Schwebstoffproben der Fall.

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 2.2.1-13 ist das Inventar in kBq/m² einiger ausgewählter Sedimentstationen der westlichen Ostsee bis in 24 cm Tiefe im Jahre 2011 dargestellt. Die höchsten Werte mit bis zu 4,7 kBq/m² (Eckernförder Bucht) sind in den wasseraustauscharmen Buchten, Bodden und dem als Senke fungierenden Arkonabekken 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 124 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.

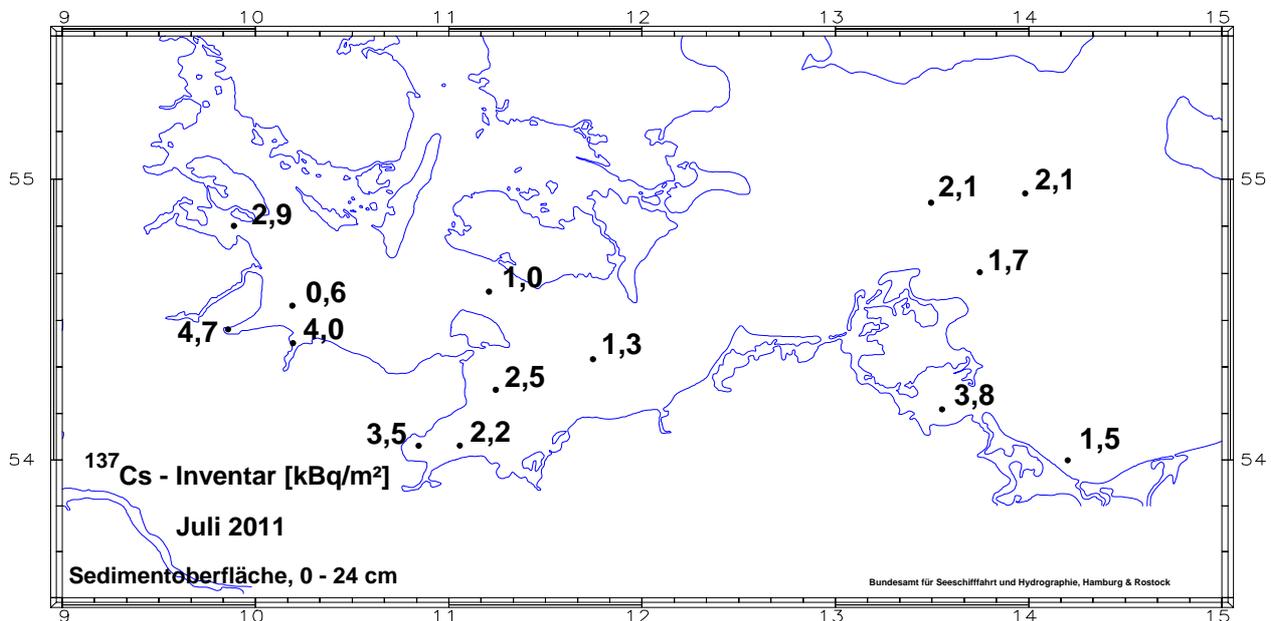


Abbildung 2.2.1-13 Cs-137 Inventar (kBq/m²) in Sedimentkernen der westlichen Ostsee im Juli 2011
 Das Inventar wird bis 24 cm Sedimenttiefe erfasst
(Cs-137 Inventory (kBq/m²) in sediment cores of the western Baltic Sea in July 2011
The inventory is calculated down to 24 cm depth)

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 2011 berichtet.

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

Hinweise zu den insgesamt erhaltenen Ergebnissen von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentmessungen nach StrVG bzw. REI können der Tabelle 2.2.2-1 entnommen werden.

Im Rahmen der Überwachung nach dem StrVG wurden im Berichtsjahr Messungen von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentproben aus 159 Gewässern - davon 79 Flüsse und 80 Seen bzw. Talsperren - mit insgesamt ca. 20 700 Einzelwerten durchgeführt. Zur Auswertung wurden für repräsentative Entnahmestellen 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 2011 erhaltenen Messergebnisse ergibt für den radiologischen Gütezustand der Binnengewässer folgendes Bild:

Oberflächenwasserproben wiesen H-3-Konzentrationen im Jahresmittel überwiegend unterhalb der geforderten Nachweisgrenze des RMP von 10 Bq/l auf. Selbst in Flüssen, in die H-3 aus kerntechnischen Anlagen eingeleitet wurde, betragen die Jahresmittelwerte bis höchstens 32 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 0,12 Bq/l. Die Bestimmungen von Alpha-Strahlern ergaben für U-234, U-235 und U-238 durchweg Werte, die den natürlichen Gehalten der Binnengewässer entsprechen: für U-238 schwankten die Werte beispielsweise regional zwischen 0,0002 und 0,11 Bq/l.

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 lag bei 255 Bq/kg TM (Steinhuder Meer, Niedersachsen). Co-58 und Co-60 konnten in Main, Mosel und Rhein nachgewiesen werden, wobei die Werte im Mittel bis 7,2 Bq/kg TM betragen und damit geringfügig über der geforderten Nachweisgrenze des RMP. Für I-131 wurden Einzelwerte bis 52 Bq/kg TM (Naab) 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 211 Bq/kg TM (Wittensee, Schleswig-Holstein). Co-60 - in Mosel und Weser (Unterweser) gemessen - lag jeweils deutlich unter der Nachweisgrenze des RMP von 5 Bq/kg TM.

Aus radiologischer Sicht ist der Gütezustand der Binnengewässer in 2011 mit dem der letzten Vorjahre vergleichbar. Relevante Auswirkungen des Reaktorunfalls von Fukushima waren nicht zu verzeichnen: Lediglich in einer Schwebstoff- und in einer Sedimentprobe wurde Cs-134 mit unter 1 Bq/kg TM nachgewiesen. Ansonsten können die Schwankungen der mittleren spezifischen Aktivitäten bzw. Aktivitätskonzentrationen der langlebigen künstlichen Radionuklide - vom radioaktiven Zerfall abgesehen - mit den in Gewässern ablaufenden dynamischen Austausch- und Transportprozessen erklärt werden. Diese können zu sehr inhomogenen und instationären Verteilungen der Radionuklide innerhalb der Gewässer führen. 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 $\mu\text{Sv/a}$, 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 $\mu\text{Sv/a}$. Allein der von dem natürlichen Radionuklid K-40 für einen mittleren Gehalt von 0,4 Bq/l zu erwartende Dosisbeitrag liegt mit ca. 0,87 bzw. 4,2 $\mu\text{Sv/a}$ deutlich darüber.

Insbesondere Cs-137 war auch 2011 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 $\mu\text{Sv/a}$ abgeschätzt werden. Im Vergleich hierzu liegt der Dosisbeitrag der natürlichen Radionuklide K-40, Th-nat und U-nat bei typischen Gehalten von 500, 40 und 40 Bq/kg TM für diesen Expositionspfad mit insgesamt ca. 28 $\mu\text{Sv/a}$ wesentlich höher.

Tabelle 2.2.2-1 Übersicht über die für 2011 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 2011, in accordance with the StrVG and REI, along with the respective maximal measured values and the corresponding water sources and reference times*)

Kompartiment	Nuklid	Anzahl der Werte	Maximalwert	Gewässer	Ort / KT-Anlage	Datum / Zeitraum	Überwachungsprogramm
Oberflächenwasser (Bq/l)	$G\alpha^1$ -Aktivität	192	0,19	Oder	Schwedt, km 690,55	Februar	StrVG
	$G\beta^2$ / $R\beta^3$ -Aktivität	111	5,3	Salzbach	ERAM Morsleben	Juli	REI
	H-3	1627	3000	Ems	KKE Emsland, Auslaufbauwerk	I. Quartal	REI
	Co-60	1621	0,185	Isar	HML München, Garching, km 130,3	18.10.	REI
	Sr-90	299	0,02	Marbach-Talsperre	Erbach	04.10.	StrVG
	I-131	653	0,12	Sauer	Bollendorf, km 80,0	15.11.	StrVG
	Cs-137	1557	0,062	Arendsee	Arendsee	05.05.	StrVG
	Pu-(239+240)	108	0,000004	Elbe	HH (Bunthaus), km 609,8	März	StrVG
CSchwebstoff (Bq/kg TM)	Co-58	50	10,2	Mosel	Perl, km 241,96	November	StrVG
	Co-60	505	35,6	Mosel	Perl, km 241,96	November	StrVG
	I-131	290	52,1	Naab	Wernberg-Köblitz, km 87,2	I. Quartal	StrVG
	Cs-134	505	0,6	Teschendorfer See	Teschendorf	20.06.	StrVG
	Cs-137	505	373	Steinhuder Meer	Wunstorf	III. Quartal	StrVG
Sediment (Bq/kg TM)	$G\alpha$ -Aktivität	4	601	Hirschkanal	KIT Karlsruhe	I. Quartal	REI
	$G\beta$ -Aktivität	4	2220	Hirschkanal	KIT Karlsruhe	III. Quartal	REI
	Co-58	28	1,42	Rhein	KKP Philippsburg, Auslaufbauwerk	II. Quartal	REI
	Co-60	1026	6,27	Donau	KRB Gundremmingen, Auslaufbauwerk	I. Quartal	REI
	I-131	643	150	Rhein	KKP Philippsburg, Auslaufbauwerk	I. Quartal	REI
	Cs-134	901	0,88	Geestezufluss	Bremerhaven	07.07.	StrVG
	Cs-137	1026	278	Hirschkanal	KIT Karlsruhe	12.05.	REI
	Am-241	20	19,4	Hirschkanal	KIT Karlsruhe	12.05.	REI

- 1) Gesamt-Alpha-Aktivität
- 2) Gesamt-Beta-Aktivität
- 3) Rest-Beta-Aktivität

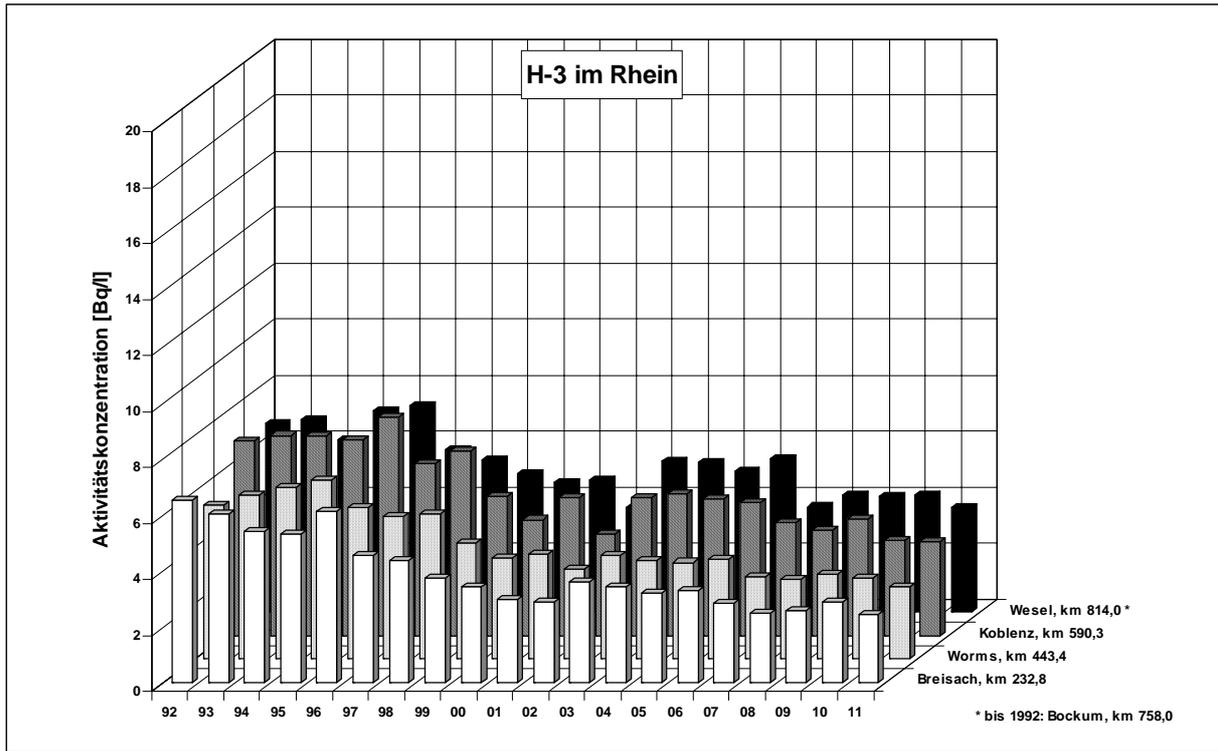


Abbildung 2.2.2-1 H-3-Gehalte (Bq/l) in Oberflächenwasser aus dem Rhein (Jahresmittelwerte)
 (Contents of H-3 (Bq/l) in surface water from the Rhine - annual mean values)

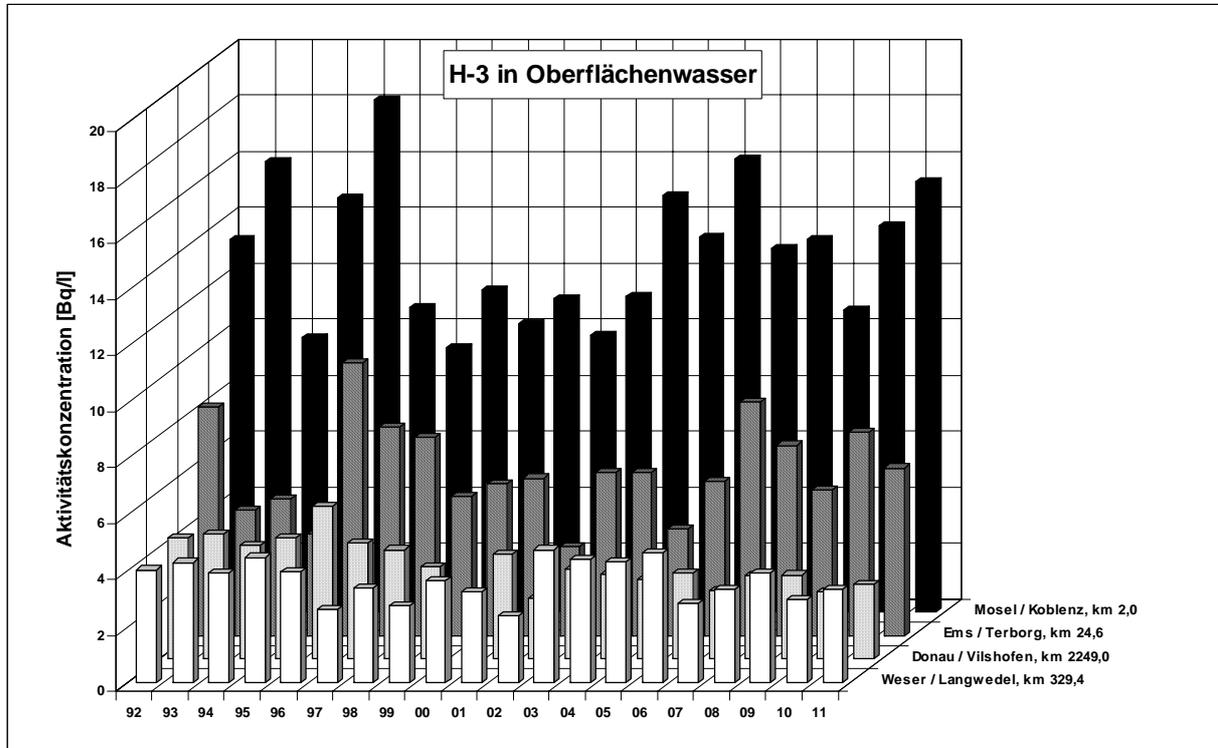


Abbildung 2.2.2-2 H-3-Gehalte (Bq/l) in Oberflächenwasser ausgewählter Binnengewässer
 (Jahresmittelwerte)
 (Contents of H-3 (Bq/l) in surface water from selected inland waters - annual mean values)

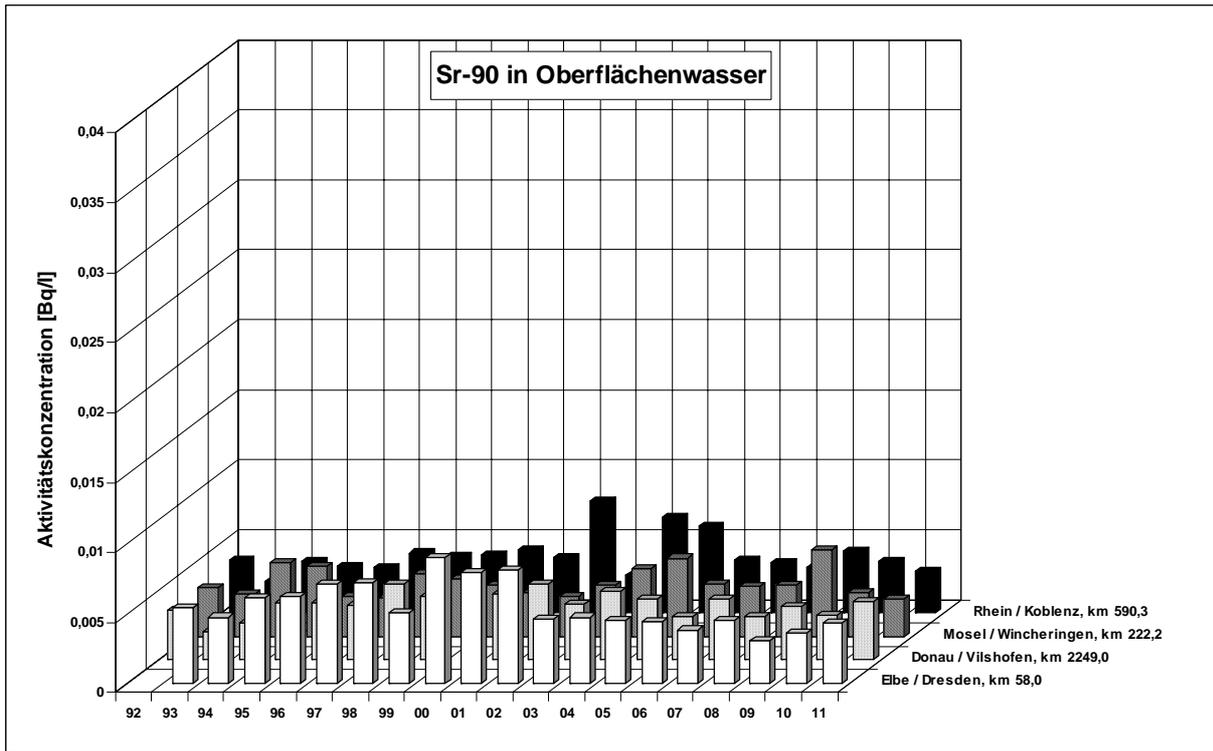


Abbildung 2.2.2-3 Aktivitätskonzentrationen (Bq/l) von Sr-90 in Oberflächenwasser ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)
(Sr-90 activity concentrations (Bq/l) in surface water from selected inland waters - annual mean values)

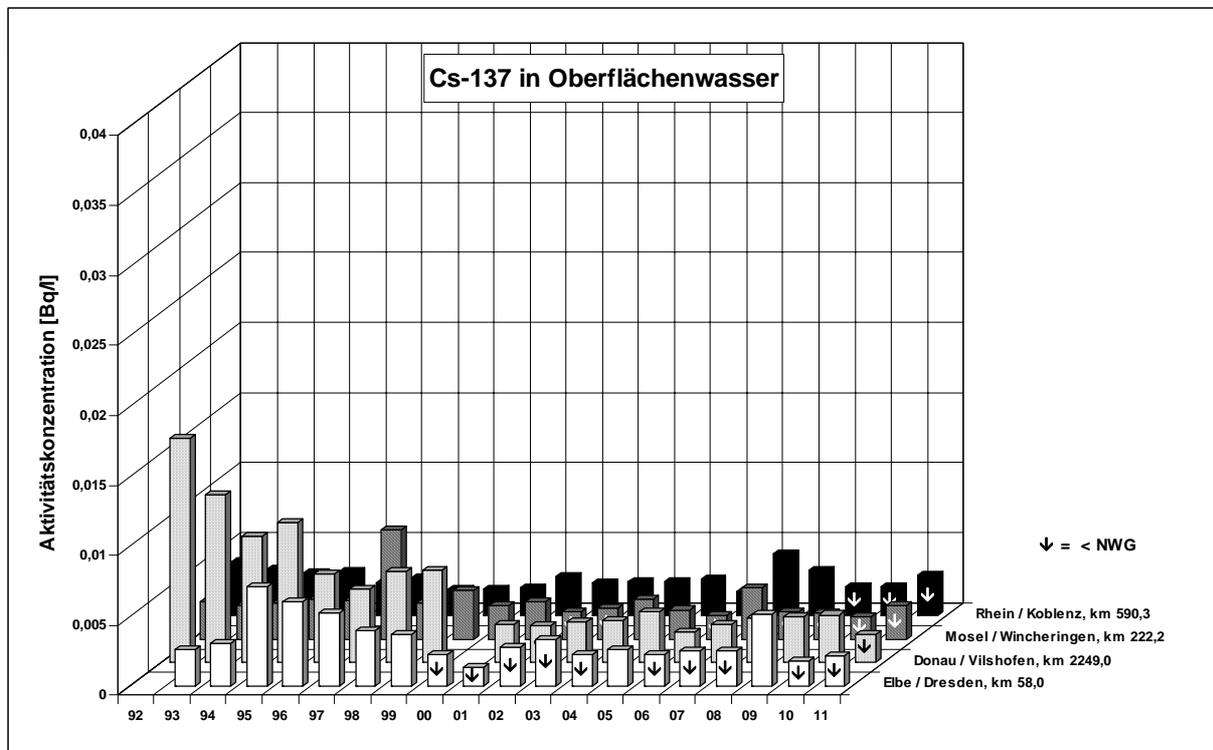


Abbildung 2.2.2-4 Aktivitätskonzentrationen (Bq/l) von Cs-137 in Oberflächenwasser ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)
(Cs-137 activity concentrations (Bq/l) in surface water from selected inland waters - annual mean values)

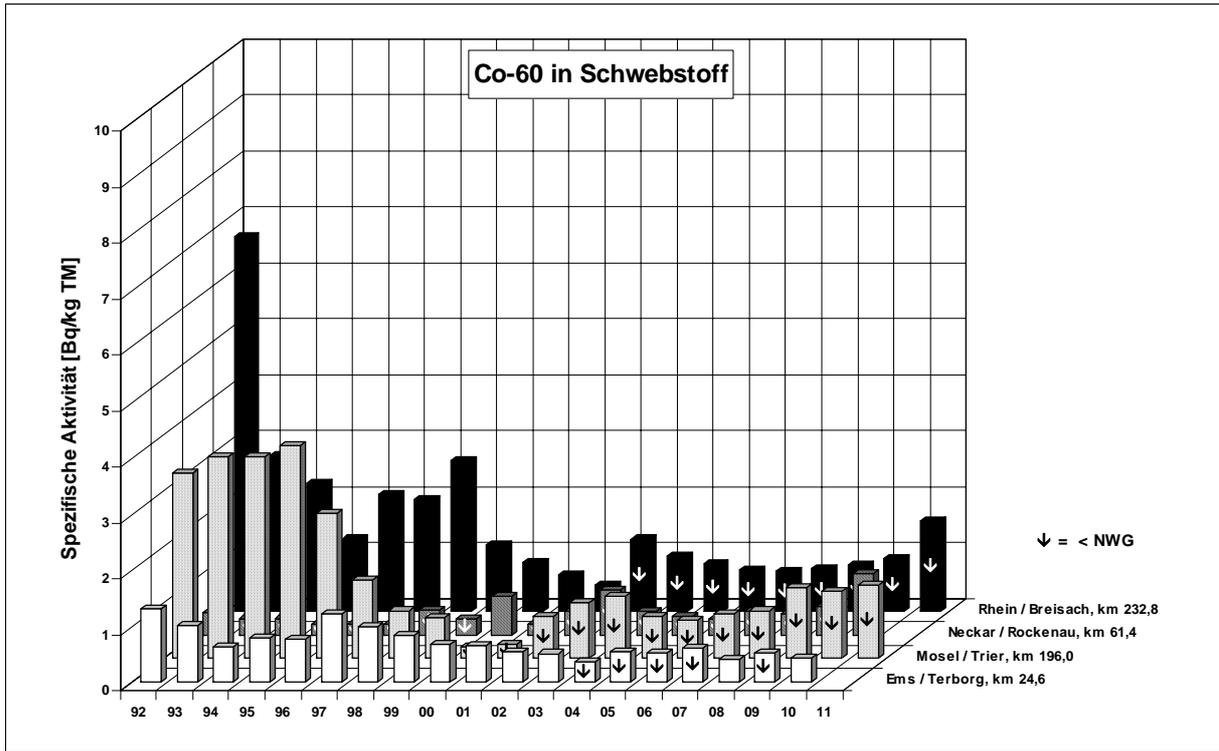


Abbildung 2.2.2-5 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Co-60 in Schwebstoffproben ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)
 (Co-60 specific activities for samples of suspended matter in Bq/kg TM from selected inland waters - annual mean values)

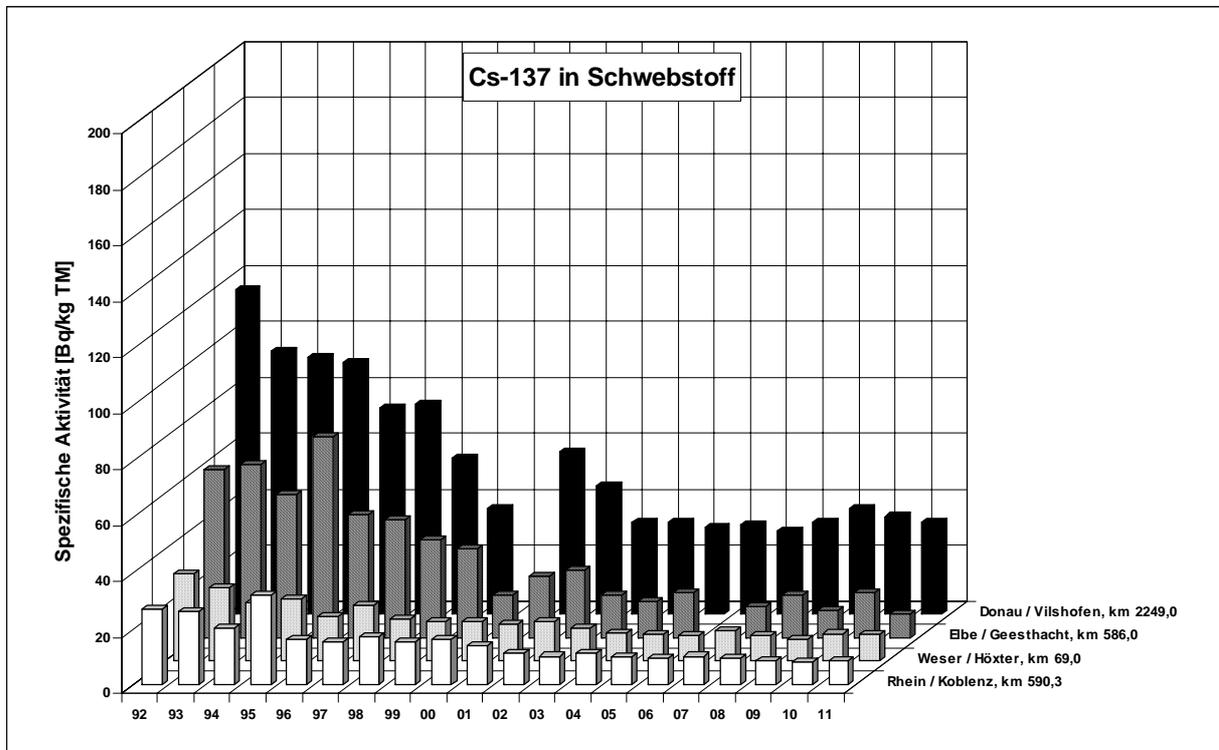


Abbildung 2.2.2-6 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Cs-137 in Schwebstoffproben ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)
 (Cs-137 specific activities for samples of suspended matter in Bq/kg TM from selected inland waters - annual mean values)

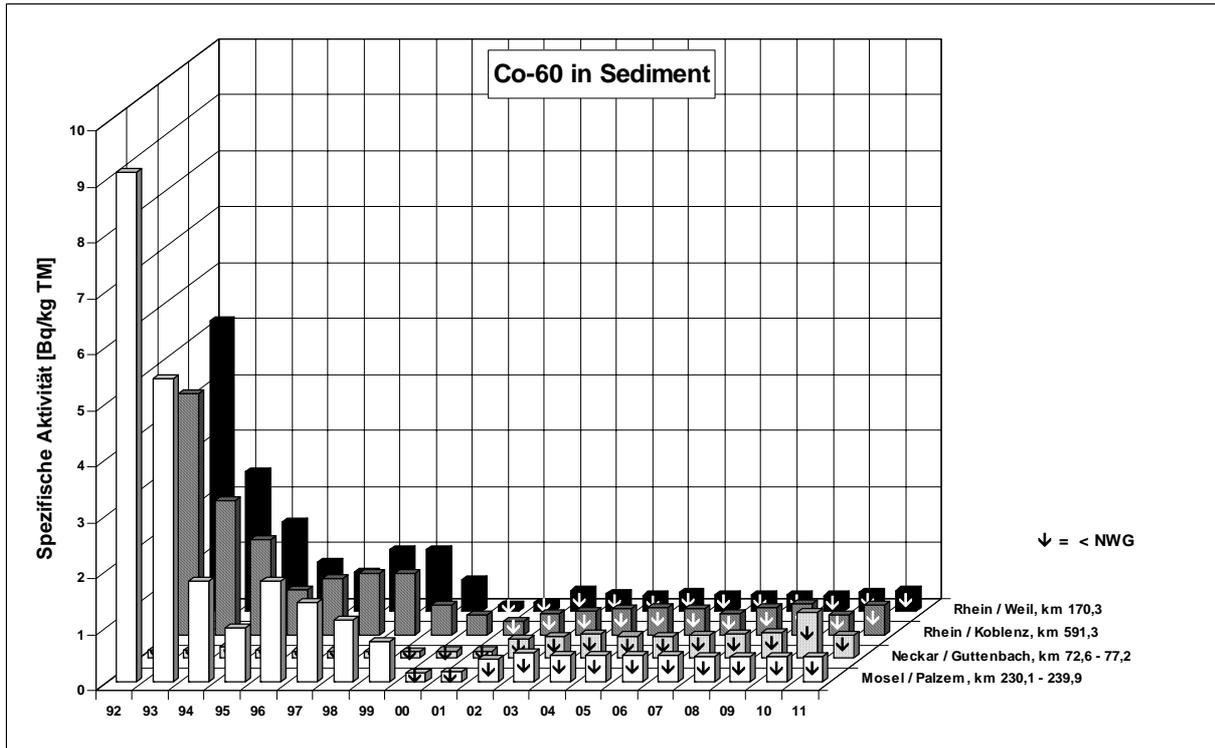


Abbildung 2.2.2-7 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Co-60 in Sedimentproben ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)
(Co-60 specific activities for sediment samples in Bq/kg TM from selected inland waters - annual mean values)

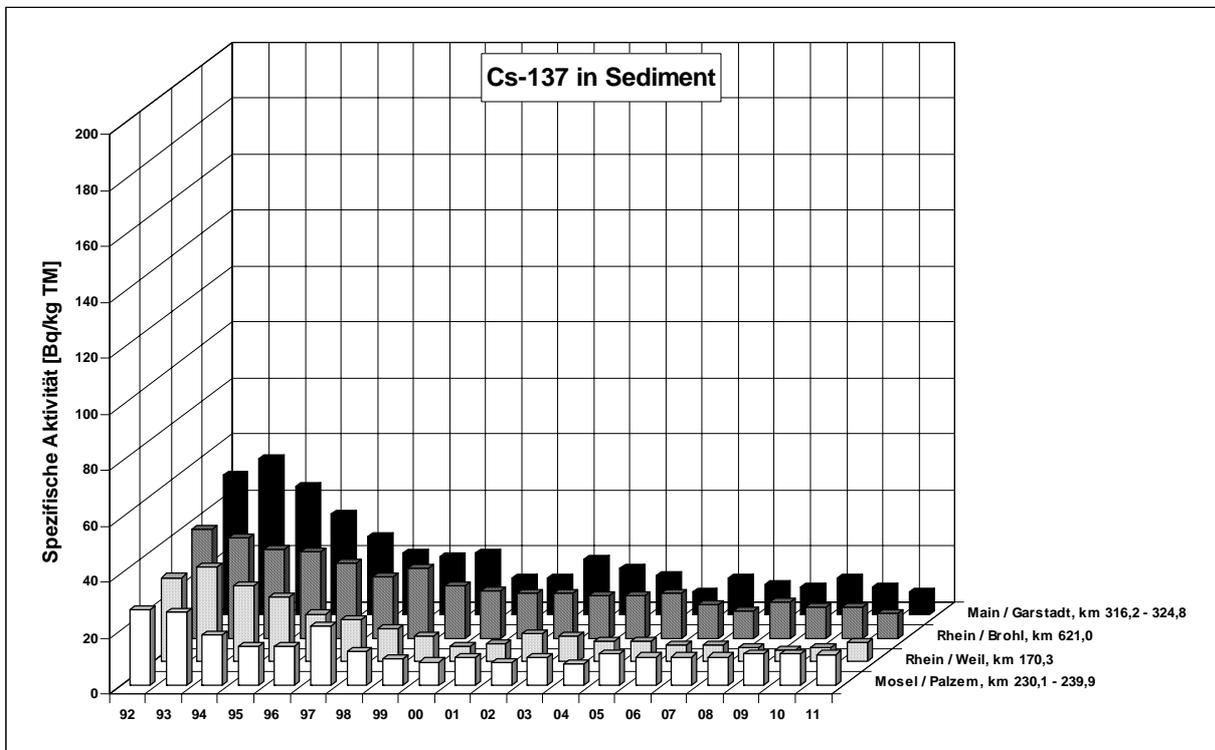


Abbildung 2.2.2-8 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Cs-137 in Sedimentproben ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)
(Cs-137 specific activities for sediment samples in Bq/kg TM from selected inland waters annual mean values)

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	Probenahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2011		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2011		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2011	2010
RHEIN								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Weil, km 172,97	6	0	1,11	1,80	1,49	1,85
		Koblenz, km 590,3	11	0	1,71	5,70	3,37	3,40
		Wesel, km 814,0	10	0	2,72	4,75	3,75	4,18
	Sr-90	Weil, km 172,97	4	0	0,0015	0,0051	0,0030	0,0041
		Koblenz, km 590,3	4	0	0,0017	0,0049	0,0030	0,0037
		Wesel, km 814,0	3	0	0,0021	0,0033	0,0026	0,0040
	Cs-137	Weil, km 172,97	8	8	<0,0011	<0,0028	nn	<0,0024
		Koblenz, km 590,3	12	11	<0,0011	0,015	<0,0029	<0,0021
		Wesel, km 814,0	12	12	<0,0011	<0,0033	nn	<0,0020
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Weil, km 172,97	9	9	<0,27	<3,14	nn	<3,04
		Koblenz, km 590,3	12	12	<0,32	<0,94	nn	<0,45
		Wesel, km 814,0	10	10	<1,37	<9,25	nn	nn
	Cs-137	Weil, km 172,97	9	0	3,09	12,0	6,1	8,9
		Koblenz, km 590,3	12	0	4,71	11,5	8,6	8,0
		Wesel, km 814,0	10	4	<4,60	11,5	9,0	9,2
	I-131	Weil, km 172,97	9	6	<2,00	<13,8	<7,0	6,3
Koblenz, km 590,3		12	3	<1,53	20,2	8,8		
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Weil, km 170,3	6	6	<0,34	<0,44	nn	nn
		Worms, km 444,50-446,60	12	12	<0,19	<0,53	nn	nn
		Koblenz, km 591,3	4	4	<0,48	<0,62	nn	nn
	Cs-137	Düsseldorf, km 740,3-748,9	16	16	<0,19	<2,38	nn	nn
		Weil, km 170,3	6	0	6,13	7,46	6,66	5,23
		Worms, km 444,50-446,60	12	3	0,31	8,19	3,47	3,25
		Koblenz, km 591,3	4	0	6,57	8,36	7,75	8,35
		Düsseldorf, km 740,3-748,9	16	0	0,54	25,6	7,2	8,1
NECKAR								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Lauffen, km 125,2	12	0	2,57	28,8	16,6	7,0
		Rockenau, km 61,4	-	-				6,25
	Sr-90	Lauffen, km 125,2	4	0	0,0028	0,0039	0,0035	0,0036
		Rockenau, km 61,4	-	-				0,0034
	Cs-137	Lauffen, km 125,2	11	9	<0,0011	<0,0035	<0,0022	<0,0022
Rockenau, km 61,4		-	-				<0,0017	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Rockenau, km 61,4	-	-				1,13
	Cs-137	Obertürkheim, km 189,5	1	0	9,41	9,41	9,41	8,50
		Rockenau, km 61,4	-	0				4,95
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Guttenbach, km 72,0-77,2	13	11	0,12	<0,72	<0,42	<0,82
	Cs-137	Lauffen, km 125,2-130,1	22	0	1,68	7,77	5,26	8,00
		Neckarzimmern, km 85,8-86,2	6	0	6,49	7,07	6,77	7,70
		Guttenbach, km 72,0-77,2	13	0	0,57	10,1	5,3	6,31
MAIN								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Wipfeld, km 316,1	11	0	0,76	5,17	1,99	4,4
		Eddersheim, km 15,3	10	0	1,07	2,98	1,80	2,69
	Sr-90	Wipfeld, km 316,1	3	0	0,0030	0,0043	0,0037	0,0035
		Eddersheim, km 15,3	4	0	0,0028	0,0048	0,0034	0,0025
	Cs-137	Wipfeld, km 316,1	12	7	0,0016	0,0040	<0,0024	0,0031
		Eddersheim, km 15,3	11	11	<0,0012	<0,0030	nn	<0,0022
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Garstadt, km 323,7	4	3	<0,44	0,92	<0,72	4,33
	Cs-137	Hallstadt, km 388,3	4	0	18,2	22,4	20,2	17,4
		Garstadt, km 323,7	4	0	7,23	15,5	11,1	12,9

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2011		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2011		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2011	2010
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Garstadt, km 316,2-324,8	10	10	<0,16	<0,71	nn	<0,97
	Cs-137	Hallstadt, km 388,2	4	0	6,91	25,5	14,1	9,7
		Garstadt, km 316,2-324,8	10	1	0,23	16,9	8,1	9,9
MOSEL								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Wincheringen, km 222,2	12	0	12,9	50,6	32,3	32,6
		Koblenz, km 2,0	11	0	7,19	25,7	15,4	13,8
	Sr-90	Wincheringen, km 222,2	3	0	0,0023	0,0031	0,0027	0,0031
		Koblenz, km 2,0	4	0	0,0033	0,0051	0,0043	0,0041
	Cs-137	Wincheringen, km 222,2	11	8	<0,0010	<0,0039	<0,0024	<0,0016
Koblenz, km 2,0		10	8	<0,0011	0,0080	<0,0023	<0,0017	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-58	Perl, km 241,96	5	0	3,42	10,2	5,5	3,16
	Co-60	Perl, km 241,96	11	4	<0,44	35,6	7,2	1,96
		Trier, km 196,3	8	8	<0,38	<1,40	nn	-
	Cs-137	Perl, km 241,96	11	0	6,23	12,6	9,7	12,9
		Trier, km 196,3	8	0	4,22	12,9	9,0	-
	I-131	Perl, km 241,96	11	5	3,90	25,2	11,9	13,5
Trier, km 196,3		8	8	<1,46	<9,40	nn	-	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Perl, km 239,7-242,0	15	15	<0,20	<0,68	nn	<0,45
		Trier, km 184,1-196,1	8	8	<0,23	<0,71	nn	nn
		Koblenz/Güls km 4,05	4	4	<0,46	<0,53	nn	nn
	Cs-137	Perl, km 239,7-242,0	15	0	7,94	15,0	11,1	14,0
		Trier, km 184,1-196,1	8	0	3,55	10,6	7,2	9,5
		Koblenz/Güls, km 4,05	4	0	8,44	11,3	10,0	9,5
SAAR								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Kanzem, km 5,0	11	0	0,76	1,79	1,10	1,04
	Sr-90		4	0	0,0022	0,0033	0,0027	0,0037
	Cs-137		11	10	<0,0011	<0,0023	<0,0019	<0,0024
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Kanzem, km 5,0	12	0	7,45	21,9	13,5	13,1
	I-131		12	8	7,12	<50,2	<21,8	-
DONAU								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Ulm-Wiblingen, km 2590,8	4	4	<8,0	<8,0	nn	nn
		Regensburg, km 2381,3	12	0	0,89	1,90	1,44	1,34
		Vilshofen, km 2249,0	12	0	1,60	4,92	2,67	2,39
	Sr-90	Regensburg, km 2381,3	4	1	<0,0015	0,0041	0,0036	0,0032
		Vilshofen, km 2249,0	4	1	<0,0015	0,0047	0,0042	0,0032
	Cs-137	Ulm-Wiblingen, km 2590,8	4	4	<0,0043	<0,012	nn	nn
Regensburg, km 2381,3		11	11	<0,0012	<0,0028	nn	<0,0023	
Vilshofen, km 2249,0		12	9	<0,0013	0,0028	<0,0020	0,0034	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Ulm-Böfingen, km 2582,4	4	0	44,4	71,2	54,3	61,9
		Regensburg, km 2381,3	4	0	25,5	51,1	39,1	38,5
		Vilshofen, km 2249,0	12	0	19,3	50,2	32,5	35,4
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Ulm-Böfingen, km 2582,4	4	0	19,0	47,0	33,7	35,0
		Regensburg, km 2379,1-2381,4	6	0	3,08	38,2	18,3	24,6
		Straubing, km 2326,7	4	0	27,9	38,0	35,0	40,8
		Grünau, km 2205,5	2	0	27,7	33,9	30,8	16,1
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	nn
	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	4	<0,0043	<0,022	nn	nn
		Platting, km 9,1	4	4	<0,0041	<0,0060	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	0	19,7	24,3	22,1	20,1
		Platting, km 9,1	4	0	15,3	46,0	37,0	36,6
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Pullach, km 162,0	5	0	20,0	35,7	29,3	23,0
		Platting, km 9,1	2	0	3,86	33,2	18,5	19,1

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2011		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2011		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2011	2010
EMS								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Geeste, km 106,3	10	0	0,97	43,9	17,8	18,5
		Terborg, km 24,64	6	0	2,21	12,9	6,0	7,3
	Co-60	Terborg, km 24,64	6	5	<0,0016	<0,0022	<0,0019	nn
		Sr-90	Geeste, km 106,3	4	1	<0,0015	0,0068	0,0055
	Cs-137	Terborg, km 24,64	2	1	<0,0015	0,0030	0,0030	0,0039
		Geeste, km 106,3	12	9	<0,0013	0,0086	<0,0027	<0,0021
		Terborg, km 24,64	6	0	0,0069	0,028	0,016	0,0060
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Terborg, km 24,64	-					0,42
	Cs-137	Geeste, km 106,3	4	0	9,14	22,2	15,5	17,2
		Terborg, km 24,64	-					4,55
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Herbrum, km 212,75	2	0	3,65	4,72	4,19	5,13
WESER / UNTERWESER / JADEBUSEN								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Rinteln, km 163,2	12	0	1,28	8,95	5,44	4,43
		Langwedel, km 329,4	12	0	1,19	5,89	3,33	2,95
		Blexen, km 430,00	12	0	1,05	4,80	3,21	4,68
	Sr-90	Rinteln, km 163,2	4	1	<0,0015	0,0031	0,0027	0,0034
		Langwedel, km 329,4	3	0	0,0033	0,0038	0,0036	0,0033
		Blexen, km 430,0	4	0	0,0022	0,0042	0,0030	0,0029
	Cs-137	Rinteln, km 163,2	12	10	<0,0015	0,0058	<0,0024	<0,0017
		Langwedel, km 329,4	11	9	<0,0014	0,0052	<0,0025	<0,0023
		Blexen, km 430,0	12	4	0,0012	0,0085	0,0034	0,0021
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Wilhelmshaven/Jadebusen	4	4	<0,25	<0,53	nn	<0,35
	Cs-137	Rinteln, km 163,2	4	0	4,32	12,0	8,2	7,19
		Langwedel, km 329,4	11	0	5,26	14,0	7,9	8,4
		Wilhelmshaven/Jadebusen	4	0	1,13	2,45	2,05	2,13
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Nordenham, km 422,9	5	3	0,23	<0,66	<0,38	-
	Cs-137	Minden, km 204,40	4	0	3,04	6,94	5,54	10,1
		Bremen, km 373,97	4	0	4,51	5,93	5,22	6,2
		Nordenham, km 422,9	5	0	3,83	5,21	4,54	-
ELBE								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Dresden, km 58,0	8	0	2,39	9,08	4,39	4,19
		Tangermünde, km 389,10	11	0	1,40	5,46	2,93	3,01
		HH (Bunthaus), km 609,8	4	0	3,90	4,99	4,43	3,24
		Cuxhaven, km 724,5	12	0	1,37	3,84	2,77	3,38
	Sr-90	Dresden, km 58,0	3	0	0,0033	0,0049	0,0043	0,0036
		Tangermünde, km 389,10	4	0	0,0034	0,0051	0,0043	0,0046
		HH (Bunthaus), km 609,8	4	0	0,0027	0,0039	0,0031	0,0032
		Cuxhaven, km 724,5	4	0	0,0019	0,0036	0,0026	0,0027
	Cs-137	Dresden, km 58,0	8	7	<0,0013	0,0031	<0,0021	<0,0018
		Tangermünde, km 389,10	10	10	<0,0016	<0,0031	nn	<0,0024
		HH (Bunthaus), km 609,8	4	2	0,0010	0,0019	0,0014	<0,0019
		Cuxhaven, km 724,5	10	9	<0,0012	<0,0032	<0,0020	nn
	Pu-(239+240)	HH (Bunthaus), km 609,8	2	1	<0,000002	0,000004	0,000004	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	I-131	HH (Bunthaus), km 609,8	4	3	<1,27	<7,04	<3,88	nn
	Cs-137	Dresden, km 58,0	6	0	14,0	20,7	17,5	19,2
		Geesthacht, km 586,0	4	0	4,95	15,4	8,4	16,4
		HH (Bunthaus), km 609,8	4	0	9,34	27,8	17,1	24,6
		Cuxhaven, km 724,5	4	0	0,37	0,42	0,39	0,36
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Dresden, km 58,0	4	0	7,32	15,7	11,6	22,8
		Arneburg, km 403,5	5	0	1,09	32,6	16,0	20,9
		HH (Bunthaus), km 609,8	4	0	15,5	24,7	20,6	21,0
		Cuxhaven, km 726,3	3	0	2,76	6,96	4,58	4,28

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2011		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2011		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2011	2010
ODER								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Eisenhüttenstadt, km 553,20	9	0	0,57	1,38	0,98	1,03
		Schwedt, km 690,55	9	0	0,69	1,41	1,01	0,94
	Sr-90	Eisenhüttenstadt, km 553,20	2	0	0,0031	0,0051	0,0041	0,0037
		Schwedt, km 690,55	4	0	0,0051	0,0063	0,0056	0,0046
	Cs-137	Eisenhüttenstadt, km 553,20	11	8	0,0014	<0,0040	<0,0023	nn
Schwedt, km 690,55		11	3	<0,0015	0,0097	0,0049	0,005	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Eisenhüttenstadt, km 553,20	4	0	9,68	16,9	13,8	12,2
		Schwedt, km 690,55	1	0	11,4	11,4	11,4	15,5
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Hohensaaten, km 667,5	3	0	9,48	11,1	10,6	10,8
SPREE								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Berlin-Sophienwerder, km 0,60	4	4	<2,10	<4,00	nn	nn
		Berlin-Schöneeweide, km 27,2	10	0	0,49	1,28	0,86	0,73
	Sr-90	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	4	0	0,0039	0,0049	0,0043	0,0045
		Berlin-Sophienwerder, km 0,60	4	0	0,0010	0,0017	0,0014	0,0015
Cs-137	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	12	7	<0,0019	0,0079	<0,0031	0,0022	
	I-131	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	10	8	<9,73	<150	<44	-
Berlin, km 9,20 (Einmündung Landwehrkanal)			4	4	<1,15	<11,6	nn	<1,03
	Cs-137	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	10	0	14,9	31,2	22,2	20,2
Berlin, km 9,20 (Einmündung Landwehrkanal)		4	0	4,41	17,0	9,9	6,5	
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Fürstenwalde, km 74,7	-					3,67
		Berlin, km 9,20 (Einmündung Landwehrkanal)	4	0	11,5	21,1	16,7	19,6
HAVEL								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Zehdenick, km 15,1	9	0	0,76	1,66	0,96	0,80
	Sr-90		4	0	0,0027	0,0047	0,0035	0,0031
		Cs-137		10	5	<0,0011	0,0058	<0,0030
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Zehdenick, km 15,1	4	0	34,9	49,9	43,3	38,9
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Zehdenick, km 15,1	5	0	27,0	33,0	29,4	33,8
SAALE								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Halle/Planena, km 104,5	11	0	0,50	3,96	1,15	0,89
		Camburg, km 187,0	4	4	<3,7	<4,0	nn	nn
	Sr-90	Halle/Planena, km 104,5	4	0	0,0030	0,0048	0,0038	0,0041
		Camburg, km 187,0	4	2	<0,0026	<0,0039	0,0035	0,0045
	Cs-137	Halle/Planena, km 104,5	11	9	<0,0011	0,0046	<0,0021	nn
Camburg, km 187,0		4	4	<0,015	<0,018	nn	nn	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Halle/Planena, km 104,5	4	0	10,2	11,9	10,9	11,2
		Camburg, km 187,0	4	0	14,8	25,9	21,1	26,7
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Halle/Planena, km 105,5	5	0	3,0	9,01	6,51	8,5
		Dorndorf-Stednitz, km 192,0	4	0	10,5	14,4	11,8	14,9
PEENE								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Anklam, km 96,1	11	0	0,65	1,30	0,86	0,78
	Sr-90		4	0	0,0020	0,0061	0,0046	0,0034
		Cs-137		10	6	<0,0017	0,015	<0,0038
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Anklam, km 96,1	4	0	34,6	39,5	29,8	36,1
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Anklam, km 96,1	5	0	30,6	87,9	43,3	31,9

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2011		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2011		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2011	2010
TRAVE / UNTERTRAVE								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Travemünde, km 26,9	11	0	0,53	1,44	0,95	1,10
	Sr-90		4	0	0,0027	0,0056	0,0045	0,0045
	Cs-137		12	3	<0,0015	0,019	0,0096	0,007
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Travemünde, km 26,9	4	0	25,7	69,6	49,3	40,3
NORD-OSTSEE-KANAL								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	10	0	0,76	1,44	1,14	1,04
	Sr-90		3	0	0,0039	0,0058	0,0046	0,0062
	Cs-137		12	2	0,0013	0,018	0,0078	0,0050
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	4	0	7,18	27,1	19,5	44,9

nn nicht nachweisbar/nachgewiesen

- Messung/Angabe nicht erforderlich

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	Probe- nahmeort	Anzahl 2011		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2011		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2011	2010
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	<0,0043	<0,0083	nn	nn
		Nonnenhorn	4	4	<0,0043	<0,0063	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Nonnenhorn	4	2	<0,94	2,63	1,90	6,4
BAYERN / Chiemsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Seeon-See- bruck	4	4	<5,2	<5,2	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,0030	0,0052	0,0042	0,0044
	Cs-137		4	4	<0,0059	<0,0070	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Seeon-See- bruck	4	0	28,6	42,9	36,6	39,0
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Seeon-See- bruck	5	0	4,74	23,4	11,3	9,5
Starnberger See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Starnberg	4	4	<5,2	<5,2	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,0072	0,0081	0,0075	0,0085
	Cs-137		4	4	<0,0058	<0,0073	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Starnberg	4	0	129	166	148	166
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Starnberg	4	0	109	133	126	103
BERLIN / Müggelsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	PE-Stelle41035	4	4	<2,10	<4,00	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,0039	0,0063	0,0050	0,0040
	Cs-137		4	3	<0,0016	0,0031	<0,0022	0,0017
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	PE-Stelle41035	4	0	0,30	4,01	1,90	1,84
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	PE-Stelle41035	4	0	18,9	30,3	23,7	28,7

LAND/Gewässer Kompartiment	Nuklid	Probe- nahmeort	Anzahl 2011		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2011		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2011	2010
Stößensee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Siemenswerder	4	4	<2,10	<4,00	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,0036	0,0056	0,0046	0,0042
	Cs-137		4	2	0,0015	<0,0026	0,0020	0,0019
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Siemenswerder	4	0	2,29	10,6	5,4	6,2
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Siemenswerder	4	0	60,1	99,8	78,4	76,6
BRANDENBURG / Stechlinsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Neuglobsow	4	4	<6,14	<7,32	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,0012	0,016	0,014	0,013
	Cs-137		4	4	<0,0053	<0,0091	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Neuglobsow	4	0	11	17	14	14
Neuendorfer See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Alt-Schadow	4	4	<8,95	<9,95	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,004	0,005	0,005	0,006
	Cs-137		4	4	<0,0098	<0,019	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Alt-Schadow	3	0	18	20	19	21
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Alt-Schadow	4	0	0,80	1,0	0,9	1,1
HESSEN / Marbach-Talsperre								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Erbach	4	4	<5,15	<5,36	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,007	0,020	0,014	0,009
	Cs-137		4	4	<0,005	<0,007	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Erbach	4	0	15,0	25,4	21,0	16,5
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Erbach	4	0	3,11	5,25	4,00	5,21
MECKLENBURG-VORPOMMERN / Borgwallsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Lüssow	4	4	<4,53	<4,67	nn	<4,33
	Cs-137		4	4	<0,0060	<0,082	nn	<0,010
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Lüssow	3	0	1,58	4,47	3,46	12,3
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Lüssow	4	0	3,18	7,77	4,95	8,5
Schweriner See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Schwerin	4	4	<4,57	<5,22	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,0039	0,0146	0,010	0,011
	Cs-137		4	2	0,0047	<0,010	0,0065	<0,008
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Schwerin	4	0	28,3	61,1	39,7	49,7
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Schwerin	4	0	27,9	48,6	37,4	47,2
NIEDERSACHSEN / Sösetalsperre								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Osterode am Harz	4	4	<1,58	<1,63	nn	<1,67
	Sr-90		4	0	0,0016	0,0023	0,0020	0,0022
	Cs-137		4	4	<0,0008	<0,0014	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Osterode am Harz	4	0	31,4	36,6	33,9	32,6
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Osterode am Harz	4	0	38,4	48,8	44,6	57,0

LAND/Gewässer Kompartiment	Nuklid	Probe- nahmeort	Anzahl 2011		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2011		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2011	2010
Steinhuder Meer								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Wunstorf	4	3	<1,53	<1,56	<1,54	<1,52
	Cs-137		4	0	0,0036	0,017	0,010	0,008
Schwabstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Wunstorf	4	0	207	373	255	216
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Wunstorf	4	0	97,6	121	110	183
NORDRHEIN-WESTFALEN / Möhne-Stausee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Möhnesee	4	4	<3,20	<3,23	nn	nn
	Sr-90		1	0	0,016	0,016	0,016	nn
	Cs-137		4	4	<0,0023	<0,0030	nn	nn
Dreilägerbach-Talsperre								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Roetgen	4	4	<10	<10	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0002	<0,0004	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Roetgen	4	0	5,0	12,6	8,7	6,6
RHEINLAND-PFALZ / Laacher See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Maria Laach	4	4	<3,3	<3,0	nn	<1,9
	Cs-137		4	0	0,027	0,030	0,028	0,030
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Maria Laach	4	0	57	67	63	69
SACHSEN / Talsperre Pöhl								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Thoßfell	4	4	<5,0	<5,0	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0049	<0,0058	nn	nn
Schwabstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Thoßfell	4	1	<9,26	34,6	23,0	28,1
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Thoßfell	4	0	45,2	50,3	47,4	56,7
SACHSEN-ANHALT / Arendsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Arendsee	4	4	<5,0	<5,0	nn	nn
	Cs-137		4	0	0,042	0,062	0,048	0,054
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Arendsee	4	0	47,5	80,6	61,2	61,6
Schollener See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Schollene	4	4	<5,0	<5,0	nn	nn
	Cs-137		4	0	0,013	0,023	0,017	0,025
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Schollene	4	0	151	251	209	268
SCHLESWIG-HOLSTEIN / Schaalsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Seedorf	4	4	<10	<10	nn	nn
	Sr-90		4	4	<0,01	<0,01	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,013	<0,026	nn	<0,014
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Seedorf	4	0	29,1	155	118	100
Wittensee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Groß Wittensee	4	4	<10	<10	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,015	<0,027	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Groß Wittensee	4	0	186	254	211	109
THÜRINGEN / Talsperre Ohra								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Luisenthal	4	4	<3,7	<4,2	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,017	<0,021	nn	nn

2.2.3 Oberflächenwasser und Sediment der Binnengewässer in der Umgebung der Anlagen nach Atomgesetz (*Surface water and sediment from inland waters in the surroundings of facilities according to the Atomic Energy Act*)

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 2011. Insgesamt lagen ca. 4800 Einzelwerte von Messungen an Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentproben vor. Zur Auswertung wurden für repräsentative Entnahmestellen 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.

Die Auswirkungen kerntechnischer Anlagen waren in Oberflächenwasserproben aus dem Nahbereich der jeweiligen Standorte in Einzelfällen nachweisbar (Tabelle 2.2.3-1). Erhöhte H-3-Konzentrationen wurden in Proben gemessen, die direkt an Auslaufbauwerken genommen wurden: Die Werte betragen hier im Mittel ca. 1900 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 in der Isar (Forschungsneutronenquelle HML München, Auslauf) mit 0,11 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 nicht nachgewiesen.

In **Sedimentproben** – und vereinzelt Schwebstoffproben - aus dem Nahbereich kerntechnischer Anlagen lagen die mittleren spezifischen Aktivitäten der anlagentypischen Radionuklide unterhalb der Nachweisgrenze der REI von 5 Bq/kg TM. I-131, Cs-134 und Cs-137 wurden nachgewiesen. Einflüsse der jeweiligen kerntechnischen Anlagen waren auf Grund anderweitiger Vorbelastung praktisch nicht aufzuzeigen bzw. auszuschließen. Für Alpha-Strahler wurden im Hirschkanal (FZ Karlsruhe) etwas erhöhte mittlere Werte der Gesamt-Alpha-Aktivität (Ges α) mit 494 und für Am-241 mit 13 Bq/kg TM im Mittel gemessen. Ansonsten wurden Transurane 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.

Co-60 wurde vereinzelt in Sedimentproben gemessen. Für den Fall, dass Sediment mit 10 Bq/kg TM Co-60 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. 3,1 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 Komparti- ment	Nuklid	Probenahmestelle	Anzahl 2011		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2011		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2011	2010
RHEIN / KKW Beznau und KKW Leibstadt (Schweiz)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Aare-Einmündung	4	4	<8,0	<8,0	nn	nn
		vor KKW Leibstadt	4	4	<8,0	<8,0	nn	nn
		nach KKW Leibstadt	4	4	<8,0	<8,0	nn	nn
	Co-60	vor Aare-Einmündung	4	4	<0,0072	<0,011	nn	nn
		vor KKW Leibstadt	4	4	<0,018	<0,024	nn	nn
		nach KKW Leibstadt	4	4	<0,015	<0,025	nn	nn
	Cs-137	vor Aare-Einmündung	4	4	<0,0060	<0,010	nn	nn
		vor KKW Leibstadt	4	4	<0,015	<0,022	nn	nn
		nach KKW Leibstadt	4	4	<0,013	<0,026	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Aare-Einmündung	2	2	<0,40	<0,53	nn	nn
		vor KKW Leibstadt	2	2	<0,45	<0,49	nn	nn
		nach KKW Leibstadt	2	2	<0,41	<0,71	nn	0,13
	Cs-137	vor Aare-Einmündung	2	0	4,98	5,15	5,07	3,71
		vor KKW Leibstadt	2	0	4,32	8,02	6,17	4,64
		nach KKW Leibstadt	2	0	3,13	4,03	3,58	3,10
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	<0,010	<0,026	nn	nn
		Neuf Brisach	13	13	<0,0081	<0,030	nn	nn
	Cs-137	Weil	13	13	<0,010	<0,025	nn	nn
		Neuf Brisach	13	13	<0,0082	<0,026	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Neuenburg/Grißheim km 206,5	2	2	<0,21	<0,54	nn	nn
		Breisach, km 232,0	2	2	<0,35	<0,45	nn	0,23
	Cs-137	Neuenburg/Grißheim km 206,5	2	0	1,24	2,26	1,75	4,64
		Breisach, km 232,0	2	0	3,84	6,32	5,08	4,9
RHEIN / HIRSCHKANAL / Forschungszentrum Karlsruhe								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Ges- α	Hirschkanal	51	0	0,017	0,051	0,035	0,034
	Ges- β		51	11	0,060	0,165	0,100	0,107
	H-3		63	61	1,68	<8,0	<3,7	<3,9
	Co-60		4	4	<0,0043	<0,0086	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0038	<0,0072	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Ges- α	Hirschkanal	4	0	216	601	494	639
	Ges- β		4	0	1240	2220	1810	1980
	Co-60		8	6	0,21	<2,91	<1,41	<1,49
	Cs-137		8	0	58,1	278	145	273
	Am-241		5	0	6,22	19,4	13,1	27,0
RHEIN / KKP Philippsburg								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	16	15	<2,8	8,3	<7,1	<7,5
		Auslaufbauwerke I u. II	32	13	4,9	148	29	<20
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0058	<0,029	nn	nn
		Auslaufbauwerke I u. II	16	16	<0,0053	<0,029	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0054	<0,032	nn	nn
Auslaufbauwerke I u. II	16	16	<0,0046	<0,033	nn	nn		
Sediment (Bq/kg TM)	Co-58	Auslaufbauwerk	2	1	<0,81	1,42	1,42	1,43
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,32	<0,63	nn	<0,69
		Auslaufbauwerk	4	0	0,37	3,76	1,46	1,21
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	10,2	11,7	10,8	11,9
Auslaufbauwerk	4	0	7,50	13,3	10,2	9,2		
RHEIN / KWB Biblis und BE-Zwischenlager								

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenahmestelle	Anzahl 2011		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2011		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2011	2010
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	5	<4,63	10,0	<6,7	<6,39
		Auslaufbauwerke A u. B	16	2	<4,60	137	65	81
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,016	<0,044	nn	nn
		Auslaufbauwerke A u. B	16	16	<0,017	<0,049	nn	nn
		Auslaufbauwerke A u, B	16	16	<0,015	<0,053	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,50	<0,56	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	2	2	<0,37	<0,40	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2	0	7,5	7,9	7,7	12
		nach Auslaufbauwerk	2	0	7,3	12	10	16
RHEIN / KMK Mülheim-Kärlich (außer Betrieb)								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	4	2	7,1	9,5	8,3	8,7
		Auslaufbauwerk	6	3	2,6	<8,7	4,2	4,7
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,019	<0,023	nn	nn
		Auslaufbauwerk	6	6	<0,0093	<0,023	nn	nn
		Auslaufbauwerk	6	6	<0,017	<0,021	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,42	<0,58	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	2	2	<0,52	<0,53	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2	0	12	13	12,5	7,8
		nach Auslaufbauwerk	2	0	9,0	12	10,5	12
NECKAR / GKN Neckarwestheim								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	12	10	<4,8	17	<7,6	<5,8
		Auslaufbauwerk	12	1	4,1	410	190	93
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	12	12	<0,0051	<0,043	nn	nn
		Auslaufbauwerk	12	12	<0,0065	<0,049	nn	nn
		Auslaufbauwerk	12	12	<0,0051	<0,048	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,27	<0,36	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,27	<0,44	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2	0	3,89	4,44	4,17	6,69
		nach Auslaufbauwerk	4	0	3,00	7,98	5,46	7,7
NECKAR / KKO Obrigheim (außer Betrieb)								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	4	<7,4	24,5	15,1	12,7
		Auslaufbauwerk	8	3	<7,4	28,7	15,4	126
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0051	<0,018	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	5	0,0032	<0,016	<0,010	0,078
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,0045	<0,022	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,23	<0,27	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,41	<0,45	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2	0	0,20	0,90	0,55	0,66
		nach Auslaufbauwerk	4	0	4,88	7,56	6,08	7,42
MAIN / KKG Grafenrheinfeld								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	8	<5,8	<10	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	2	<5,9	263	166	182
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,035	<0,049	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,044	<0,050	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,043	<0,048	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,043	<0,048	nn	nn
		Auslaufbauwerk	4	4	<0,047	<0,062	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,39	<2,4	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	3	<0,53	<2,5	<1,6	11,9
Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	21,4	28,7	26,0	19,6	
	nach Auslaufbauwerk	4	0	24,3	26,9	25,5	24,2	
MAIN / AREVA NP GmbH Karlstein								

GEWÄSSER/ KT-Anlage Komparti- ment	Nuklid	Probenahmestelle	Anzahl 2011		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2011		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2011	2010
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	oberhalb Kläranl. Schleifbach	1	1	<0,71	<0,71	nn	nn
		unterhalb Kläranl. Schleifbach	1	1	<0,73	<0,73	nn	nn
	Cs-137	oberhalb Kläranl. Schleifbach	1	0	1,30	1,30	1,30	nn
		unterhalb Kläranl. Schleifbach	1	0	1,25	1,25	1,25	nn
MOSEL / KKW Cattenom (Frankreich)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Palzem, km 230	9	0	18	49	36	36
	Co-60		9	9	<0,016	<0,032	nn	nn
	Cs-137		9	9	<0,015	<0,029	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Palzem, km 230	1	1	<0,36	<0,36	nn	nn
	Cs-137		1	0	7,1	7,1	7,1	12,0
DONAU / KRB Gundremmingen								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	8	<3,12	<7,24	nn	nn
		Auslaufbauwerk I	8	0	103	166	141	145
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0031	<0,035	nn	nn
		Auslaufbauwerk I	8	4	0,0056	<0,032	0,0069	0,010
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0032	<0,035	nn	nn
Auslaufbauwerk I		8	6	<0,0024	<0,037	<0,020	<0,020	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,31	<0,40	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	0	2,70	6,27	4,22	1,28
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	68,1	81,8	76,4	79,2
		nach Auslaufbauwerk	4	0	44,2	49,9	47,0	36,4
ISAR / KKI Isar 1 und 2								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	8	<3,05	<8,2	nn	nn
		Auslaufbauwerke	16	7	<2,93	340	196	167
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0032	<0,042	nn	nn
		Auslaufbauwerke	16	16	<0,0026	<0,043	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,0033	<0,0037	nn	nn
Auslaufbauwerke		8	8	<0,0026	<0,0039	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,27	<0,30	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,18	<0,23	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	41,1	44,6	42,5	34,6
		nach Auslaufbauwerk	4	0	33,9	37,0	35,6	28,1
ISAR / FRM II Forschungsneutronenquelle HML München								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	nach FRM II, km 130,3	8	2	<3,63	59,0	40,4	20,8
	C-14		7	7	<0,091	<5,79	nn	nn
	Co-60		8	3	<0,0019	0,185	0,107	nn
	Cs-137		4	4	<0,0046	<0,016	nn	nn
	U-235		2	2	<0,0043	<0,0062	nn	nn
	Pu-238		2	2	<0,0038	<0,0098	nn	nn
	Am-241		2	2	<0,0024	<0,0097	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	nach FRM II, km 124,6	4	4	<0,31	<1,21	nn	nn
	Cs-137		4	0	22,7	30,8	27,0	28,1
	U-235		1	0	1,23	1,23	1,23	nn
	Pu-238		1	1	<0,084	<0,084	nn	nn
	Am-241		1	1	<0,13	<0,13	nn	nn
EMS / KKE Emsland								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	5	5	<1,5	<7,0	nn	nn
		Auslaufbauwerk	5	0	890	3000	1910	2230
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	5	5	<0,011	<0,033	nn	nn
		Auslaufbauwerk	5	5	<0,011	<0,031	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	1	1	<0,0091	<0,0091	nn	nn
Auslaufbauwerk		1	1	<0,011	<0,011	nn	nn	

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenahmestelle	Anzahl 2011		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2011		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2011	2010
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 84,7	1	1	<0,45	<0,45	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 106,3	1	1	<0,70	<0,70	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 84,7	1	0	17	17	17	27
		nach Auslaufbauwerk, km 106	1	0	29	29	29	32
WESER / KWW Würgassen (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	a					nn
		Auslaufbauwerk	a					nn
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	a					nn
		Auslaufbauwerk	a					nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Herstelle, km 47,2	a					nn
		Auslaufbauwerk	a					42
	Cs-137	Wehrden, km 60,2	a					nn
		Herstelle, km 47,2	a					18
		Auslaufbauwerk	a					69
		Wehrden, km 60,2	a					13
WESER / KWG Grohnde								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	5	2	<1,5	6,8	5,5	<3,86
		Auslaufbauwerk	5	0	6,6	130	48	45
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	5	5	<0,010	<0,037	nn	nn
		Auslaufbauwerk	5	5	<0,0072	<0,033	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	5	5	<0,010	<0,030	nn	nn
		Auslaufbauwerk	5	5	<0,0063	<0,032	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Grohnde, km 122	1	1	<0,24	<0,24	nn	nn
		Hess. Oldendorf, km 147	1	1	<0,19	<0,19	nn	nn
	Cs-137	Grohnde, km 122	1	0	9,3	9,3	9,3	11
		Hess. Oldendorf, km 147	1	0	5,8	5,8	5,8	7,6
UNTERWESER / KKU Unterweser								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	5	4	3,6	<10	<8,7	<7,2
		Auslaufbauwerk	5	3	4,2	17	<10	19
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	5	5	<0,0057	<0,050	nn	nn
		Auslaufbauwerk	5	7	<0,0064	<0,050	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	1	1	<0,0050	<0,0050	nn	nn
		Auslaufbauwerk	1	1	<0,0062	<0,0062	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 44,1	1	1	<2,5	<2,5	nn	0,32
		nach Auslaufbauwerk, km 60,0	1	1	<0,17	<0,17	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 44,1	1	0	5,8	5,8	5,8	6,4
		nach Auslaufbauwerk, km 60,0	1	0	5,7	5,7	5,7	4,6
RUR / Forschungszentrum Jülich								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Selhausen	4	4	<10	<10	nn	nn
		Jülich-Süd	4	2	<10	97	63	nn
	Co-60	Selhausen	4	5	<0,05	<0,05	nn	nn
		Jülich-Süd	4	4	<0,05	<0,05	nn	nn
	Ges-α	Selhausen	-					nn
		Jülich-Süd	-					nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Selhausen	a					
		Jülich-Süd	a					
	Cs-137	Selhausen	a					
		Jülich-Süd	a					
GOORBACH / Urananreicherungsanlage Gronau								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Ges-α	Hauptentwässerungsleitungen	2	2	<0,22	<0,24	nn	nn
		Retentionsanlage	-					nn
		Goorbach ,unterhalb der Straßenkreuzung	-					nn
Sediment (Bq/kg TM)	Uran	Dinkel, nach Kläranlage Gronau	2	0	15	19	17	19

GEWÄSSER/ KT-Anlage Komparti- ment	Nuklid	Probenahmestelle	Anzahl 2011		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2011		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2011	2010
AHAUSER AA / Brennelement-Zwischenlager Ahaus								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Ges- α Rest- β H-3 Co-60	Ahauser Aa	a					nn
			a					nn
			a					nn
			a					nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Einleitung Moorbach	a					nn
		Ahauser Aa	a					nn
	Cs-137	Einleitung Moorbach	a					22
		Ahauser Aa	a					25
		Retentionsbecken	4	0	9,49	11,0	9,6	11,5
Ra-226	Retentionsbecken	4	0	8,8	17,4	12,4	7,9	
ELBE / Forschungszentrum Geesthacht								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	8	8	<5,4	<10	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	8	8	<5,4	<10	nn	nn
	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	8	8	<0,012	<0,032	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	8	8	<0,012	<0,026	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	8	8	<0,013	<0,036	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	8	8	<0,012	<0,031	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	6	6	<0,47	<1,1	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	6	6	<0,49	<1,1	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	6	6	<0,46	<1,0	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	6	6	<0,45	<1,1	nn	nn
ELBE / KKK Krümmel								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	16	16	<5,3	<6,5	nn	nn
		Auslaufbauwerk	16	16	<5,3	<6,5	nn	nn
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	24	24	<0,0056	<0,045	nn	nn
		Auslaufbauwerk	24	24	<0,0058	<0,045	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	24	24	<0,0061	<0,045	nn	nn
		Auslaufbauwerk	24	24	<0,0058	<0,043	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,15	<1,1	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,14	<0,9	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	2	0,57	1,8	1,0	0,9
		Auslaufbauwerk	8	4	0,38	<0,96	0,56	0,5
ELBE / KBR Brokdorf								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	16	16	<5,3	<5,81	nn	<5,5
		Auslaufbauwerk	16	3	<5,57	54,3	21,6	21,4
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	16	16	<0,0107	<0,036	nn	nn
		Auslaufbauwerk	16	16	<0,0104	<0,045	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	16	16	<0,012	<0,042	nn	nn
		Auslaufbauwerk	16	16	<0,012	<0,047	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,93	<1,2	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,89	<1,6	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<1,1	<1,3	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	0	1,4	3,6	2,3	2,2
ELBE / KKS Stade (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk, km 628,9	13	0	1,8	4,7	3,9	3,28
		Auslaufbauwerk	-					3,5
	Co-60	Grauerort, km 660,6	1	0	1,8	1,8	1,8	-
		vor Auslaufbauwerk, km 628,9	13	13	<0,0009	<0,0049	nn	nn
	Cs-137	Auslaufbauwerk	-					nn
		Grauerort, km 660,6	1	1	<0,001	<0,001	nn	-
		vor Auslaufbauwerk, km 628,9	13	8	<0,0009	<0,0051	<0,0019	0,0029
		Auslaufbauwerk	-					nn
Grauerort, km 660,6	1	1	<0,0008	<0,0008	nn	-		

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenahmestelle	Anzahl 2011		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2011		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2011	2010
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 654	1	1	<0,21	<0,21	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 660	4	4	<0,90	<1,3	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 654	1	0	4,5	4,5	4,5	4,9
		nach Auslaufbauwerk, km 660	4	1	0,92	2,1	1,7	3,3
ELBE / KKB Brunsbüttel								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	24	24	<3,74	<5,5	nn	nn
		Auslaufbauwerk	24	24	<3,74	<5,5	nn	nn
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	24	24	<0,0089	<0,021	nn	nn
		Auslaufbauwerk	24	24	<0,0094	<0,023	nn	nn
	Sr-90	vor Auslaufbauwerk	12	0	0,0028	0,0043	0,0034	0,0036
		Auslaufbauwerk	12	0	0,0028	0,0048	0,0036	0,0036
Cs-137	vor Auslaufbauwerk	24	24	<0,0099	<0,026	nn	nn	
	Auslaufbauwerk	24	24	<0,0091	<0,026	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,83	<1,6	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,63	<1,1	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	1	<0,9	3,4	3,3	3,8
		nach Auslaufbauwerk	4	2	0,51	1,2	0,9	3,3
ELBE / GNS Gorleben								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Schnackenburg, km 474,6	a					4,0
		Dömitz, km 504,4	a					3,2
	Co-60	Schnackenburg, km 474,6	a					nn
		Dömitz, km 504,4	a					nn
	Cs-137	Schnackenburg, km 474,6	a					<0,0007
		Dömitz, km 504,4	a					0,0008
	Pu-238	Schnackenburg, km 474,6	a					nn
		Dömitz, km 504,4	a					nn
Pu-(239 +240)	Schnackenburg, km 474,6	a					nn	
	Dömitz, km 504,4	a					nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Schnackenburg, km 474,6	a					nn
		Dömitz, km 504,4	a					nn
	Cs-137	Schnackenburg, km 474,6	a					11
		Dömitz, km 504,4	a					12
	Pu-238	Schnackenburg, km 474,6	a					nn
		Dömitz, km 504,4	a					nn
Pu-(239 +240)	Schnackenburg, km 474,6	a					nn	
	Dömitz, km 504,4	a					nn	
ELBE / KALTER BACH / WESENITZ / Forschungsstandort Rossendorf								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Kalter Bach	24	22	3,5	7,3	<5,1	<5,1
		Wesenitz	2	2	<5,0	<5,0	nn	nn
	Co-60	Kalter Bach	24	21	<0,0013	<0,019	<0,010	<0,009
		Wesenitz	2	2	<0,0073	<0,0076	nn	nn
	Cs-137	Kalter Bach	17	14	<0,0013	<0,016	<0,011	<0,008
		Wesenitz	2	2	<0,0066	<0,0067	nn	nn
Pu-238 Pu-(239 +240)	Kalter Bach	-					nn	
	Kalter Bach	-					<0,000030	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Kalter Bach	3	2	<0,16	0,49	<0,33	1,2
		Wesenitz	2	2	<0,33	<0,48	nn	nn
		Elbe, unterhalb d. Wesenitz	2	2	<0,32	<0,36	nn	nn
	Cs-137	Kalter Bach	3	0	4,9	19	10	15
		Wesenitz	2	0	2,8	3,1	3,0	3,8
		Elbe, unterhalb d. Wesenitz	2	0	1,8	2,4	2,1	7,2
ALLER / Endlager Morsleben								

GEWÄSSER/ KT-Anlage Komparti- ment	Nuklid	Probenahmestelle	Anzahl 2011		Aktivitätskonzentration / spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2011		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2011	2010
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Salzbach	4	4	<5,0	<6,0	nn	nn
		nach Salzbach	4	4	<5,0	<6,0	nn	nn
	Co-60	vor Salzbach	4	4	<0,006	<0,007	nn	nn
		nach Salzbach	4	4	<0,006	<0,007	nn	nn
	Cs-137	vor Salzbach	4	4	<0,005	<0,006	nn	nn
		nach Salzbach	4	4	<0,005	<0,006	nn	nn
Ges-β	vor Salzbach	12	0	0,27	0,41	0,35	0,37	
	nach Salzbach	12	0	0,34	0,54	0,40	0,42	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Belsdorf	1	1	<0,19	<0,19	nn	nn
		Schwanefeld	1	1	<0,23	<0,23	nn	nn
	Cs-137	Belsdorf	1	0	3,6	3,6	3,6	4,4
		Schwanefeld	1	0	2,4	2,4	2,4	3,5
Diverse Vorfluter / Schachtanlage Asse II								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Rest-β	Vorfluter b. Vahlberg	4	1	<0,09	0,17	0,14	nn
		Vorfluter b. Wittmar	4	4	<0,29	<0,43	nn	nn
		Vorfluter b. Denkte	4	2	0,12	<0,72	0,13	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Vorfluter b. Bansleben	1	1	<0,19	<0,19	nn	nn
		Vorfluter b. Denkte	1	1	<0,25	<0,25	nn	nn
	Cs-137	Vorfluter b. Bansleben	1	0	2,0	2,0	2,0	3,9
		Vorfluter b. Denkte	1	0	4,2	4,2	4,2	3,1
HAVEL / KKR Rheinsberg (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	50m vor Auslauf	5	5	<5,2	<8,3	nn	nn
		50m nach Auslauf	5	5	<5,4	<8,3	nn	nn
	Co-60	50m vor Auslauf	16	16	<0,0012	<0,018	nn	nn
		50m nach Auslauf	16	16	<0,0014	<0,018	nn	nn
	Cs-137	50m vor Auslauf	16	9	0,0020	<0,017	<0,008	<0,005
		50m nach Auslauf	16	10	<0,0025	<0,017	<0,007	0,005
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	50m vor Auslauf	2	2	<0,097	<0,097	nn	nn
		50m nach Auslauf	2	2	<0,91	<0,11	nn	nn
	Cs-137	50m vor Auslauf	2	0	13	13	13	9
		50m nach Auslauf	2	0	1,3	7,0	4,2	10
GREIFSWALDER BODDEN / KGR Greifswald (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslauf	12	12	<4,63	<10	nn	nn
		nach Auslauf (Hafenbecken)	12	12	<4,59	<10	nn	nn
	Co-60	vor Auslauf	12	12	<0,0038	<0,047	nn	nn
		nach Auslauf (Hafenbecken)	12	12	<0,0043	<0,048	nn	nn
	Cs-137	vor Auslauf	12	9	0,0077	<0,049	<0,033	<0,032
		nach Auslauf (Hafenbecken)	12	9	<0,014	<0,069	<0,038	<0,034
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufkanal	2	2	<0,19	<0,21	nn	nn
		nach Auslauf (Hafenbecken)	2	2	<0,14	<0,20	nn	nn
	Cs-137	vor Auslauf	2	0	6,3	27	16,6	4,1
		nach Auslauf (Hafenbecken)	2	0	2,5	4,2	3,3	3,9

a Daten lagen nicht vor

nn nicht nachgewiesen/nachweisbar

- Messung/Angabe nicht erforderlich

2.2.4 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Anlagen nach Atomgesetz

(Discharges of radioactive substances with waste water from facilities according to the Atomic Energy Act)

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 2011 mit dem Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffe zusammengestellt. Im Jahr 2011 wurden aus dem Kontrollbereich des ERAM insgesamt 9 m³ Abwasser abgeleitet (Vorjahr: 14 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.

Aus Druck- und Siedewasserreaktoren wurden mit dem Abwasser insgesamt 0,4 GBq bzw. 0,8 GBq Spalt- und Aktivierungsprodukte abgegeben. Die H-3-Abgaben lagen für die Druckwasserreaktoren bei 152 TBq und für die Siedewasserreaktoren bei 4 TBq.

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

Im Jahr 2011 wurden aus der Schachtanlage Asse II keine radioaktiven Stoffe mit dem Abwasser abgeleitet. Die Strahlenexposition in der Umgebung der Schachtanlage Asse II resultiert daher ausschließlich aus Ableitungen über den Luftpfad (vgl. Teil B -II- 2.1.5). Für die dem Endlager aus dem Nebengestein zutretende Salzlösung wurde das Lösungsmanagement der Schachtanlage Asse II 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 2011 (Summenwerte, H-3 und Alphastrahler)
(Discharges of radioactive substances with waste water from nuclear power plants in Germany in the year 2011 - summation values, H-3 and alpha sources)

Kernkraftwerk	Aktivität in Bq		
	Spalt und Aktivierungsprodukte (außer H-3)	H-3	α-Strahler
Siedewasserreaktoren			
KWL Lingen ^b	7,9 E05	2,9 E06	6,4 E03
KWW Würgassen ^b	9,6 E05	1,3 E08	nn
KKB Brunsbüttel	1,3 E07	3,3 E09	nn
KKI Isar 1	2,3 E07	2,5 E11	nn
KKP Philippsburg 1	6,8 E07	3,6 E11	nn
KKK Krümmel	nn	7,3 E09	nn
KRB Gundremmingen	7,4 E08	3,6 E12	nn
Druckwasserreaktoren			
KWO Obrigheim ^b	1,1 E08	3,5 E09	1,3 E04
KKS Stade ^b	1,8 E07	2,2 E09	4,5 E03
KWB Biblis Block A	1,6 E07	7,1 E12	nn
KWB Biblis Block B	9,4 E07	1,2 E13	nn
GKN Neckar 1	nn	6,0 E12	nn
KKU Unterweser	3,2 E07	1,3 E12	nn
KKG Grafenrheinfeld	6,6 E07	1,5 E13	nn
KWG Grohnde	5,3 E06	1,8 E13	nn
KKP Philippsburg 2	2,9 E07	1,5 E13	nn
KMK Mülheim-Kärlich ^b	2,0 E06	3,1 E07	nn
KBR Brokdorf	2,6 E06	1,4 E13	nn
KKI Isar 2	nn	2,4 E13	nn
KKE Emsland	7,9 E05	1,8 E13	nn
GKN Neckar 2	5,6 E04	2,3 E13	nn
KGR Greifswald Block 1 bis 5 ^b	2,2 E05	4,2 E08	nn
KKR Rheinsberg ^b	6,4 E06	5,5 E07	6,6 E04

^b Anlage stillgelegt

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	
	2011	2010	2011	2010	2011	2010
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage)	1,9 E08	5,9 E08	3,9 E11	8,6 E10	2,1 E06	2,5 E06
Forschungszentrum Jülich (einschließlich Versuchsreaktor AVR)	1,3 E08	1,9 E08	1,0 E12	5,6 E11	nn	nn
GKSS Forschungszentrum Geesthacht	8,1 E06	7,8 E06	4,5 E08	1,8 E08	2,4 E04	3,9 E04
Helmholtz-Zentrum Berlin (früher Hahn-Meitner-Institut Berlin, HMI)	1,7 E05	4,5 E04	2,2 E08	4,3 E08	1,5 E04	1,2 E04
Garching FRM I	-	-	-	-	-	-
Garching FRM II	1,4 E08	4,1 E08	8,0 E09	1,2 E10	nn	nn
Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD)	2,0 E06	1,8 E06	3,1 E08	9,0 E08	7,3 E04	1,6 E05

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	
	2011	2010
ANF GmbH (Lingen)	nn	nn
URENCO (Gronau)	4,6 E03	4,1 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	
	2011	2010
H-3	3,1 E03	5,6 E04
Nuklidgemisch (außer H-3)	1,3 E02	1,2 E02

2.3 Böden (Soil)

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

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 Probenahmeprobleme zurück. Die Kontamination des Bodens mit Cs-137 war natürlich auch im Jahr 2011 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 2011 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	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
	2011	0 - 10	11	26,4	64,2	8	1,7	2,6
Bayern	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
	2011	0 - 10	20	87,3	379,4	17	3,8	6,7
Berlin	2009	0 - 10	4	12,9	16,8	1	1,0	
	2010	0 - 10	4	8,2	15,0	1	0,6	
	2011	0 - 10	3	6,0	6,8	1	0,6	
Brandenburg	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
	2011	0 - 10	9	15,7	56,0	4	1,3	2,0
Bremen	2009	0 - 10	2	17,4	25,7	-	-	-
	2010	0 - 10	2	14,3	18,7	-	-	-
	2011	0 - 10	2	19,6	32,1	-	-	-
Hamburg	2009	0 - 10	1	4,8	-	-	-	-
	2010	0 - 10	a	a	a	-	-	-
	2011	0 - 10	1	5,3	-	-	-	-

Bundesland	Jahr	Entnahmetiefe (cm)	Aktivität in Bq/kg TM					
			Cs-137			Sr-90		
			N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Hessen	2009	0 - 10	2	9,3	10,9	-	-	-
	2010	0 - 10	2	17,4	25,9	-	-	-
	2011	0 - 10	2	14,5	16,0	-	-	-
Mecklenburg-Vorpommern	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
	2011	0 - 10	10	10,6	26,5	3	0,5	0,9
Niedersachsen	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
	2011	0 - 10	16	19,7	36,4	13	1,9	4,1
Nordrhein-Westfalen	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
	2011	0 - 10	12	11,1	35,0	4	1,1	2,8
Rheinland-Pfalz	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
	2011	0 - 10	7	13,4	24,2	3	1,0	1,0
Saarland	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
	2011	0 - 10	4	19,6	36,9	2	3,0	3,0
Sachsen	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
	2011	0 - 10	8	11,6	39,1	5	0,9	2,1
Sachsen-Anhalt	2009	0 - 10	a	a	a	a	a	a
	2010	0 - 10	a	a	a	a	a	a
	2011	0 - 10	a	a	a	a	a	a
Schleswig-Holstein	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
	2011	0 - 10	8	10,5	17,1	6	0,8	1,0
Thüringen	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
	2011	0 - 10	7	18,9	30,3	3	1,0	1,3

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	2009	0 - 30	13	22,2	73,5	3	2,3	2,9
	2010	0 - 30	9	18,6	74,9	1	<0,2	-
	2011	0 - 30	12	19,4	73,3	1	0,9	-
Bayern	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
	2011	0 - 30	30	26,8	168,4	3	4,8	10,5
Berlin	2009	0 - 30	2	6,6	7,6	1	0,6	-
	2010	0 - 30	2	6,7	7,7	1	0,7	-
	2011	0 - 30	2	6,2	7,4	1	0,4	-
Brandenburg	2009	0 - 30	a	a	a	a	a	a
	2010	0 - 30	9	6,9	16,0	3	0,5	0,7
	2011	0 - 30	9	6,7	21,0	3	0,4	0,4
Bremen	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
	2011	0 - 30	3	6,8	9,3	2	2,0	2,4
Hamburg	2009	0 - 30	1	6,6	-	1	0,6	-
	2010	0 - 30	a	a	a	a	a	a
	2011	0 - 30	1	6,3	-	1	0,8	-
Hessen	2009	0 - 30	6	8,8	18,9	1	1,5	-
	2010	0 - 30	6	9,0	22,0	2	<0,6	0,9
	2011	0 - 30	6	8,0	14,3	2	0,3	0,4
Mecklenburg-Vorpommern	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
	2011	0 - 30	7	7,7	15,3	2	0,9	1,5
Niedersachsen	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
	2011	0 - (25/30)	24	8,2	28,4	3	1,0	1,4
Nordrhein-Westfalen	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
	2011	0 - 30	9	8,1	12,5	4	<1,4	3,7
Rheinland-Pfalz	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
	2011	0 - (25/30)	8	7,3	16,2	2	0,7	0,9
Saarland	2009	0 - 30	1	13,8	-	a	a	a
	2010	0 - 30	1	16,2	-	a	a	a
	2011	0 - 30	1	10,2	-	a	a	a
Sachsen	2009	0 - 30	7	8,0	20,1	a	a	a
	2010	0 - 30	7	7,4	16,6	a	a	a
	2011	0 - 30	7	6,9	17,1	a	a	a

Bundesland	Jahr	Entnahmetiefe (cm)	Aktivität in Bq/kg TM					
			Cs-137			Sr-90		
			N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Sachsen-Anhalt	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
	2011	0 - 30	15	9,7	37,5	5	<1,0	1,8
Schleswig-Holstein	2009	0 - 30	5	7,9	10,7	a	a	a
	2010	0 - 30	5	7,0	8,6	a	a	a
	2011	0 - 30	5	6,7	9,2	a	a	a
Thüringen	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
	2011	0 - 30	6	7,5	12,6	2	0,9	0,9

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	2009	0 - 10	4	34,2	56,1	2	3,0	5,5
	2010	0 - 10	4	40,9	67,2	1	0,8	-
	2011	0 - 10	4	57,0	126,0	1	2,8	-
Niedersachsen	2009	0 - 10	2	24,3	30,5	1	3,6	-
	2010	0 - 10	2	98,6	119,0	1	9,0	-
	2011	0 - 10	2	119,5	131,0	1	23,0	-
Nordrhein-Westfalen	2009	0 - 10	a	a	a	a	a	a
	2010	0 - 10	a	a	a	a	a	a
	2011	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	2009	22	<0,3	0,7	11	0,3	0,5
	2010	20	<0,5	2,8	6	0,3	0,4
	2011	25	<0,14	0,5	13	0,2	0,6
Bayern	2009	57	<0,8	12,2	29	0,5	1,6
	2010	57	<0,7	5,2	28	<0,5	1,7
	2011	57	<0,6	6,8	30	0,4	2,0
Berlin	2009	4	<0,6	1,2	1	0,6	-
	2010	4	<0,3	0,5	1	0,3	-
	2011	3	0,4	0,6	1	2,2	-
Brandenburg	2009	17	<1,6	11,0	8	0,4	0,8
	2010	17	<1,1	6,1	9	0,5	1,2
	2011	18	<1,1	6,6	9	0,3	0,4

Bundesland	Jahr	Aktivität in Bq/kg FM					
		Cs-137			Sr-90		
		N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Bremen	2009	2	0,4	0,6	1	2,4	-
	2010	2	0,3	0,3	1	0,4	-
	2011	2	<0,3	0,4	1	0,3	-
Hamburg	2009	1	0,1	-	a	a	a
	2010	1	0,1	-	a	a	a
	2011	2	<0,1	0,2	a	a	a
Hessen	2009	15	<0,5	2,1	8	0,4	1,0
	2010	15	<0,3	0,8	8	0,4	1,3
	2011	15	<0,3	0,4	8	0,3	1,2
Mecklenburg-Vorpommern	2009	20	<0,4	5,1	8	0,3	0,5
	2010	20	<1,5	26,1	8	0,3	1,0
	2011	23	<0,3	2,6	8	0,3	0,6
Niedersachsen	2009	42	<1,4	13,8	21	0,3	2,2
	2010	42	<0,8	7,5	21	0,3	1,0
	2011	45	<0,7	5,2	21	1,2	2,6
Nordrhein-Westfalen	2009	21	<0,3	0,9	10	0,5	2,0
	2010	27	<0,7*	<5,9**	10	0,7	2,5
	2011	8	<0,5	1,5	3	0,3	0,7
Rheinland-Pfalz	2009	14	<0,2	0,4	7	0,4	0,7
	2010	14	<0,2	0,6	7	0,3	0,4
	2011	14	<0,2	0,6	7	0,5	0,9
Saarland	2009	4	<0,5	<0,5	2	0,3	0,4
	2010	5	<0,5	<0,5	2	0,5	0,7
	2011	4	<0,5	<0,5	2	0,4	0,6
Sachsen-Anhalt	2009	10	<0,5	2,1	5	<0,1	0,5
	2010	10	<0,5	2,0	5	0,1	0,2
	2011	10	<0,5	2,2	5	0,1	0,2
Sachsen	2009	14	<0,7	6,2	6	0,2	0,3
	2010	14	<0,3	1,5	6	0,2	0,3
	2011	14	<0,5	4,1	6	0,2	0,4
Schleswig-Holstein	2009	22	<0,3	1,6	12	0,4	0,7
	2010	22	<0,4	2,5	11	0,3	0,6
	2011	21	<0,3	0,8	11	0,3	0,5
Thüringen	2009	17	<0,1	0,5	5	0,2	0,3
	2010	17	<0,2	0,4	5	0,2	0,3
	2011	17	<0,1	0,2	5	0,1	0,2

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	2009	251	<0,4	5,3	2	3,2	6,3
	2010	236	<0,6	10,7	1	0,3	-
	2011	211	<0,5	4,8	-	-	-
Futterrüben	2009	27	<0,6	2,4	-	-	-
	2010	24	<0,6	1,7	-	-	-
	2011	21	<0,4	1,5	-	-	-
Futtergetreide	2009	143	<0,2	0,7	1	0,1	-
	2010	131	<0,2	<0,8	-	-	-
	2011	124	<0,2	1,9	-	-	-
Grünfütterpflanzen (ohne Mais)	2009	6	<1,8	9,5	1	1,1	-
	2010	6	<0,3	<0,4	-	-	-
	2011	5	<0,2	<0,3	-	-	-
Futterkartoffeln	2009	72	<0,5	2,4	-	-	-
	2010	76	<0,5	2,4	-	-	-
	2011	65	<0,5	3,9	-	-	-
Erbsen	2009	4	<0,2	<0,3	-	-	-
	2010	1	<0,2		-	-	-
	2011	3	<0,2	<0,3	-	-	-
Raps	2009	34	<0,2	0,5	-	-	-
	2010	36	<0,3	1,3	-	-	-
	2011	20	<0,3	1,0	-	-	-
Ölkuchen/ Ölschrote	2009	11	<0,3	<0,5	-	-	-
	2010	7	<0,3	0,4	-	-	-
	2011	7	<0,3	0,6	-	-	-
Sonnenblumen	2009	2	<0,3	<0,3	-	-	-
	2010	1	0,9		-	-	-
	2011	a	a	a	-	-	-
Krafftutter- mischung	2009	a	a	a	-	-	-
	2010	a	a	a	-	-	-
	2011	1	<0,2		-	-	-
Silage	2011	14	<0,3	0,5	-	-	-

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	2009	13	<0,4	1,8
	2010	16	<0,3	1,4
	2011	12	<0,4	1,9
Mais, Maisprodukte	2009	12	<0,5	3,3
	2010	7	<0,2	<0,4
	2011	11	<0,2	<0,5
Heu, Cobs	2009	2	<0,4	0,5
	2010	a	a	a
	2011	1	<0,5	-
Maniok, Tapioka	2009	a	a	a
	2010	1	<0,1	-
	2011	a	a	a
Ölkuchen, Ölschrote	2009	46	<0,3	<0,9
	2010	45	<0,3	0,8
	2011	37	<0,3	0,7
Sonnenblumen	2009	3	<0,2	0,4
	2010	4	<0,3	0,4
	2011	1	<0,1	
Sojabohnen	2009	9	<0,4	0,8
	2010	6	<0,4	1,0
	2011	8	<0,4	1,0
Krafftuttermischung	2009	1	<0,1	-
	2010	a	a	a
	2011	3	<0,2	<0,5
Mühlennachprodukte	2010	4	<0,2	<0,2
	2011	a	a	a
Citrustrester	2009	a	a	a
	2010	1	<0,2	-
	2011	1	0,6	-

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	2009	107	<8,8	392,1
	2010	108	<10,9	491,9
	2011	106	<11,8	705,6

Pflanzenindikator	Jahr	N	Aktivität in Bq/kg TM	
			Cs-137	
			Mittelwert	max. Wert
Nadeln	2009	54	<39,1*	1274,0**
	2010	54	<40,7*	1126,0**
	2011	54	<32,7*	1010,0**
Gras	2009	105	<13,3	222,6
	2010	106	<13,3*	568,5**
	2011	103	<7,6	120,4
Farne (Thüringen)	2009	2	36,9	73,1
	2010	2	33,6	66,4
	2011	2	37,6	73,8

* Der Wert ist nicht repräsentativ

Mittelwert ohne den höchsten Wert bei Nadeln: <15,8 in 2009; <20,2 in 2010; <14,2 in 2011

Mittelwert ohne den höchsten Wert bei Gras: <7,0 in 2010

** Der Wert ist nicht repräsentativ

2.3.2 Boden und Bewuchs in der Umgebung der Anlagen nach Atomgesetz (Soil and vegetation from the surroundings of facilities according to the Atomic Energy Act)

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 der Anlagen nach Atomgesetz
(Radioactivity of the soil in the vicinity of facilities according to the Atomic Energy Act)**

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg TM					
		2009		2010		2011	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
BADEN-WÜRTTEMBERG							
FZ Karlsruhe	Cs-137	9	12,8	8	12,4	8	12,0 (4,0 - 41,0)
	Pu-238	8	<0,69	6	<0,95	6	<1,1 (<1,3 - <1,6)
	Pu-(239+240)	8	<0,44	6	<0,58	6	<0,7 (<0,3 - 1,9)
	Sr-90	3	0,8	2	0,3	2	1,2 (0,3 - 2,1)
KWO Obrigheim	Cs-137	4	5,9	6	6,1	4	5,3 (2,3 - 7,9)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	4	6,2	6	7,4	4	7,8 (3,1 - 11,0)
KKP Philippsburg	Cs-137	6	11,1	6	11,1	6	11,5 (1,1 - 21,0)
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	6	15,4	6	16,3	6	15,3 (10,9 - 20,6)
KKW Fessenheim (Frank- reich)	Cs-137	2	11,0	2	17,7	2	14,1 (12,1 - 16,0)
BAYERN							
KRB Gundremmingen	Cs-137	10	38,5	10	33,8	10	36,7 (25,3 - 54,9)
KKI Isar	Cs-137	12	51,3	12	37,6	12	47,5 (8,6 - 80,9)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg TM					
		2009		2010		2011	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	10	7,8	10	5,1	10	5,9 (3,7 - 10,1)
Forschungsreaktor München	Cs-137	4	118,3	3	39,5	4	38,4 (32,3 - 43,9)
Framatome ANP Erlangen KWU	Cs-137	4	13,6	4	15,2	4	13,1 (5,2 - 21,3)
	Pu-238	4	<0,05	4	<0,13	4	<0,05 (<0,04 - <0,05)
	Pu-(239+240)	4	<0,31	4	<0,21	4	<0,14 (<0,06 - 0,18)
	U-235	4	<0,26	4	<0,25	4	0,37 (0,06 - 0,61)
	U-238	4	5,5	4	5,1	4	7,2 (0,9 - 12,0)
	Am-241	4	<0,08	4	<0,1	4	<0,1 (<0,07 - <0,18)
Framatome ANP Karlstein KWU	Cs-137	a		2	11,0	a	
	Pu-238	a		a		a	
	Pu-(239+240)	a		a		a	
	U-235	a		a		a	
	U-238	a		a		a	
SBWK Karlstein	Gesamt- α	a		a		a	
BERLIN							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	4	10,1	6	9,4	4	7,5 (6,9 - 8,4)
BRANDENBURG							
KKR Rheinsberg	Cs-137	8	8,6	8	8,4	8	7,2 (4,1 - 12,0)
HESSEN							
KWB Biblis	Cs-137	6	7,0	6	6,3	10	6,2 (3,0 - 7,6)
MECKLENBURG-VORPOMMERN							
KGR Greifswald	Cs-137	8	<8,4	8	11,2	4	8,7 (6,0 - 13,9)
	U-235					2	0,55 (0,41 - 0,69)
Zwischenlager Nord	Cs-137	12	7,9	12	7,1	6	6,4 (0,9 - 9,8)
	U-235					6	0,64 (0,51 - 0,80)
NIEDERSACHSEN							
KKS Stade	Cs-137	6	10,3	5	12,4	4	10,9 (5,9 - 16,0)
	Sr-90	a		a		a	
KKU Unterweser	Cs-137	12	13,4	10	10,7	6	13,0 (8,8 - 16,8)
	Sr-90	a		a		a	
KWG Grohnde	Cs-137	8	13,2	8	15,7	4	6,3 (4,0 - 9,6)
	Sr-90	a		a		a	
KKE Emsland	Cs-137	10	12,1	10	13,2	4	15,8 (11,7 - 20,8)
	Sr-90	a		a		a	
Zwischenlager Gorleben	Cs-137	26	24,2	23	20,4	4	21,6 (10,7 - 29,5)
	Sr-90	4	<0,8	4	6,1	a	

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg TM					
		2009		2010		2011	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
FMRB Braunschweig Schacht Konrad II ^c Advanced Nuclear Fuels Lingen Schachtanlage Asse	Pu-238	2	^b <0,10; <0,12	2	^b <0,10; <0,10	a	
	Pu-(239+240)	2	^b <0,10; <0,12	2	^b <0,10; <0,10	a	
	Cs-137						
	Gesamt- α						
	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
	Cs-137	a		12	6,7	a	
	U-234	a		a		a	
	U-235	a		a		a	
	U-238	a		a		a	
Cs-137	4	8,2	8	15,0	4	20,5 (7,8 - 33,0)	
NORDRHEIN-WESTFALEN							
FZ Jülich	Cs-137	8	9,6	8	11,3	8	7,5 (3,4 - 20,3)
	Sr-90	6	0,5	6	0,5	6	0,3 (0,08 - 0,56)
KWW Würgassen	Cs-137	18	12,6	18	12,0	14	12,0 (5,2 - 27,4)
THTR Uentrop	Cs-137	6	18,2	6	16,2	4	17,8 (13,4 - 24,1)
	Sr-90	a		a			
Zwischenlager Ahaus	Cs-137	5	8,5	5	8,8	5	9,6 (8,3 - 11,9)
	Sr-90	5	0,6	5	0,5	5	0,7 (0,5 - 0,8)
UAG Gronau	U-238	10	<0,2	10	<0,1	a)	
RHEINLAND-PFALZ							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	4	9,2 (2,8 - 13,0)	4	7,1	3	4,9 (3,3 - 5,7)
KKW Cattenom (Frankreich)				11	9,3	11	7,6 (1,7 - 12,1)
SACHSEN							
VKTA Dresden-Rosendorf	Cs-137	10	4,7	10	5,6	8	4,8 (1,8 - 11,0)
	Sr-90	2	8,9	a			
SACHSEN-ANHALT							
Endlager Morsleben	Cs-137	2	3,8	8	5,9	4	5,1 (3,9 - 6,1)
	Sr-90	a		4	0,2	4	0,2 (0,1 - 0,3)
	Gesamt- β	a		4	595	2	580 (570 - 590)
SCHLESWIG-HOLSTEIN							
GKSS Geesthacht	Cs-137	6	6,7	6	6,8	6	7,6 (6,1 - 9,0)
	Sr-90	2	0,3	2	0,3	2	0,2 (0,2 - 0,3)
KKB Brunsbüttel	Cs-137	6	21,7	6	22,4	6	20,4 (7,8 - 37,5)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg TM					
		2009		2010		2011	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KKK Krümmel	Sr-90	1	3,4	1	2,6	1	3,3
	Cs-137	8	5,4	10	5,9	8	5,7 (5,3 - 6,1)
	Sr-90	6	0,6	5	0,6	4	0,7 (0,6 - 0,9)
KBR Brokdorf	Cs-137	13	13,0	10	11,5	10	11,8 (2,4 - 24,0)
	Sr-90	5	1,9	4	1,8	4	2,0 (1,8 - 2,4)

a Messwerte lagen nicht vor

b Mittelwertberechnung nicht sinnvoll

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

**Tabelle 2.3.2-2 Radioaktivität des Bewuchses in der näheren Umgebung der Anlagen nach Atomgesetz
(Radioactivity of vegetation in the vicinity of facilities according to the Atomic Energy Act)**

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2009		2010		2011	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
BADEN-WÜRTTEMBERG							
FZ Karlsruhe	Cs-137	10	<0,18	9	<0,12	10	<0,16 (0,1 - <0,3)
	Pu-238	4	<0,05	4	<0,04	4	<0,05 (<0,03 - <0,07)
	Pu-(239+240)	4	<0,02	4	<0,01	4	<0,02 (<0,01 - <0,03)
KWO Obrigheim	Cs-137	4	<0,41	4	<0,20	6	<0,22 (0,03 - <0,33)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	4	<0,32	6	<0,39	6	<0,25 (0,06 - 0,39)
KKP Philippsburg	Cs-137	6	<0,36	6	<0,40	6	<0,44 (0,04 - 0,86)
	Sr-90	a		a			
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	6	0,75	6	0,21	6	0,32 (0,07 - 0,83)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	2	0,12	2	0,28	2	0,41 (0,16 - 0,65)
BAYERN							
KRB Gundremmingen	Cs-137	10	<0,40	10	<0,31	10	<0,35 (0,07 - 0,7)
KKI Isar	Cs-137	12	0,44	12	0,46	12	0,64 (0,07 - 1,99)
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	10	<0,17	10	<0,17	10	<0,22 (<0,11 - <0,36)
Forschungsreaktor München	Cs-137	4	0,71	4	1,78	4	1,30 (0,98 - 1,61)
Framatome ANP Erlangen KWU	Cs-137	4	<1,22	4	<0,89	4	<0,47 (<0,04 - 1,2)
	Pu-238	4	<0,02	4	<0,01	4	<0,01 (<0,01 - <0,01)
	Pu-(239+240)	4	<0,02	4	<0,03	4	<0,03 (<0,01 - <0,04)
	U-235	4	<0,06	4	<0,04	4	<0,03 (<0,01 - <0,07)
	U-238	4	<0,08	4	<0,04	4	<0,03 (<0,03 - 0,09)
	Am-241	4	<0,02	4	<0,02	4	<0,03 (<0,01 - <0,04)
Framatome ANP Karlstein	Cs-137	a		2	<0,16	a	
	Pu-238	a		a		a	

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2009		2010		2011	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
SBWK Karlstein	Pu-(239+240)	a		a		a	
	U-235	a		a		a	
	U-238	a		a		a	
	Am-241	a		a		a	
	Gesamt- α	a		a		a	
BERLIN							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	4	1,1	6	<0,72	4	0,83 (0,39 - 1,03)
	Sr-90	a		a		a	
BRANDENBURG							
KKR Rheinsberg	Cs-137	8	2,13	8	2,4	8	3,51 (0,1 - 9,8)
HESSEN							
KWB Biblis	Cs-137	6	<0,13	6	<0,15	6	<0,11 (<0,04 - <0,2)
MECKLENBURG-VORPOMMERN							
KGR Greifswald	Cs-137	8	<0,39	8	<0,19	4	<0,18 (<0,1 - 0,27)
Zwischenlager Nord	Cs-137	12	<0,20	12	<0,25	6	<0,16 (0,07 - 0,41)
NIEDERSACHSEN							
KKS Stade	Cs-137	6	<0,11	6	<0,07	2	<0,16 (<0,1 - 0,21)
KKU Unterweser	Cs-137	12	<0,19	12	<0,21	6	<0,19 (0,12 - 0,29)
	Sr-90	a		a		a	
KWG Grohnde	Cs-137	8	<0,12	8	<0,10	4	<0,18 (<0,18 - <0,18)
Zwischenlager Grohnde	Cs-137	1	0,18	a		a	
KKE Emsland	Cs-137	10	<0,24	10	<0,25	4	<0,29 (<0,26 - 0,33)
Zwischenlager Lingen	Cs-137	a		a		a	
Zwischenlager Gorleben	Cs-137	20	3,96	20	2,65	4	3,15 (1,53 - 5,63)
	Sr-90	4	2,8	4	1,73	a	
FMRB Braunschweig	Cs-137						
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		4	0,1	a	
	Pu-238 ^d	a		a		a	
	Pu-(239+240)	a		a		a	
	U-234 ^d	1	0,013	5	0,11	a	
	U-235 ^d	1	<0,002	5	<0,01	a	

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2009		2010		2011	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Schachtanlage Asse	U-238 ^d	1	0,016	5	0,09	a	
	Cs-137	4	<0,06	10	<0,51	4	<0,26 (<0,11 - 0,69)
NORDRHEIN-WESTFALEN							
FZ Jülich	Cs-137	8	<0,31	8	<0,11	8	<0,06 (0,04 - 0,09)
	Sr-90	a		a		a	
KWW Würgassen	Cs-137	10	<0,06*	10	<0,06	6	<0,15 (<0,06 - 0,29)
	Sr-90	a		a			
THTR Uentrop	Cs-137	6	<0,31*	6	<0,51*	4	<0,24*(0,02 - 0,69)
	Sr-90	a		a			
Zwischenlager Ahaus	Cs-137	10	0,76	5	<0,10	10	0,19 (0,06 - 0,48)
	Sr-90	10	0,43	5	0,23	10	0,86 (0,15 - 2,58)
UAG Gronau	U-238	4	<0,4*	5	<0,5*	a	
	Uran	12	<0,22*	12	<0,16*	a	
	Fluor (mg/kg TM)	12	<1,5	12	<2,3	a	
RHEINLAND-PFALZ							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	4	<0,24	4	<0,22	3	<0,21 (<0,07 - 0,48)
KKW Cattenom (Frankreich)	Cs-137			6	<0,10	6	<0,09 (<0,07 - 0,13)
SACHSEN							
VKTA Rossendorf	Cs-137	10	0,21*	10	<0,27*	10	0,16*(0,04 - <0,49)
SACHSEN-ANHALT							
Endlager Morsleben	Cs-137	2	<0,45	4	<0,30	4	<0,28 (<0,1 - <0,47)
	Gesamt-β	a		4	190	2	255 (250 - 260)
SCHLESWIG-HOLSTEIN							
GKSS Geesthacht	Cs-137	4	<0,25	4	<0,15	4	<0,24 (<0,15- 0,35)
KKB Brunsbüttel	Cs-137	6	<0,16	6	<0,12	6	<0,08 (0,05 - 0,13)
	Sr-90						
KKK Krümmel	Cs-137	4	0,30	4	0,18	4	0,25 (0,16 - 0,35)
	Sr-90	4	0,63	4	0,40	4	0,37 (0,27 - 0,48)
KBR Brokdorf	Cs-137	10	<0,48	10	<0,46	10	<0,48 (<0,06 - 1,99)
	Sr-90						

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 Bq/kg Feuchtmasse (FM)

* 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 2011 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 47 Probenahmestellen vorgenommen.

Die Aktivitätskonzentrationen für Cs-137 liegen ausschließlich unterhalb der bei den Messungen ermittelten Nachweisgrenzen (NWG) von 0,97 mBq/l bis 49 mBq/l, die im Wesentlichen vom Volumen des zur Messung aufbereiteten Wassers abhängen. Der Median sämtlicher Werte beträgt <6,5 mBq/l (2010: <6,7 mBq/l).

In 23 % der gemessenen Proben konnte Sr-90 mit Aktivitätskonzentrationen von 0,3 mBq/l bis 25 mBq/l (2010: 0,70 bis 17 mBq/l) nachgewiesen werden. Der Median aller Werte liegt bei <2,3 mBq/l (2010: <3,1 mBq/l).

In den auf H-3 untersuchten Grundwasserproben wurden ebenfalls ausschließlich Messwerte unterhalb der Nachweisgrenzen zwischen 1,1 Bq/l und 10 Bq/l (55 Proben) ermittelt.

Trinkwasser

Die Überwachung von Roh- und Reinwässern wurde an 81 bzw. 83 Probenahmestellen 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 99 % aller Messwerte unterhalb der bei den Messungen erreichten Nachweisgrenzen von 0,098 mBq/l bis 53 mBq/l, die tatsächlich gemessenen Werte liegen bei 1,3 und 4,4 mBq/l (2010: 5,8 mBq/l). Der Median aller mitgeteilten Werte liegt bei <6,2 mBq/l (2010: <7,0 mBq/l).

In 56 % der untersuchten Proben konnte Sr-90 nachgewiesen werden. Die Aktivitätskonzentrationen liegen zwischen 0,047 mBq/l und 12 mBq/l (2010: 0,046 und 12 mBq/l), der Median sämtlicher Werte liegt bei <2,8 mBq/l (2010: <3,0 mBq/l). Diese Messwerte zeigen den aus dem Fallout der Kernwaffenversuche in den 60er Jahren herrührenden Einfluss auf Oberflächenwässer, oberflächennahe Grundwässer und damit auch auf Trinkwässer.

Im Rahmen des Routinemessprogramms für Grundwasser und Trinkwasser wurden auch alpha-spektrometrische Messungen von Uran- und Plutoniumisotopen durchgeführt. Die Messwerte für die Uranisotope liegen in dem für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland bekannten Schwankungsbereich (Normalbereich) von bis zu etwa 90 mBq/l. In der Wasserversorgungsanlage Friedland (Mecklenburg-Vorpommern) wurden noch etwas höhere Maximalwerte gefunden, U-234: 290 mBq/l, U-238: 170 mBq/l. Es handelt sich um geogenes Uran, das durch den Eintrag an Nitrat in den Boden mobilisiert wird. Dieser Effekt wurde in den letzten Jahren intensiv untersucht und ist auch an anderer Stelle in Mecklenburg-Vorpommern zu beobachten. Plutoniumisotope konnten nicht nachgewiesen werden.

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 klein. Legt man die Maximalwerte für Cs-137 von 4,4 mBq/l und für Sr-90 von 12 mBq/l zu Grunde, ergeben sich bei einem angenommenen jährlichen Trinkwasserverzehr von 700 Liter (für die Referenzperson gemäß StrlSchV Anlage VII Teil B) für den Erwachsenen Ingestionsdosen von 0,040 bzw. 0,24 μ Sv/a. Für den Säugling (0 bis 1 Jahr) errechnen sich bei einem angenommenen jährlichen Trinkwasserverzehr von 340 Liter Ingestionsdosen von 0,031 bzw. 0,094 μ Sv/a 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	2011						2010
		Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ^a	Maximal- wert ^a	Mittel- einzel- wert ^a	Median	Median
Grundwasser (mBq/l)								
	K-40	94	49	25	1100		< 160	160
	Cs-137	94	94				< 6,5	< 6,7
	Sr-90	44	34	0,3	25		2,3	< 3,1
	H-3	55	55				< 4600	< 4200
Trinkwasser (mBq/l)								
Rohwasser	K-40	105	68	21	820		< 150	< 160
	Cs-137	110	105	2,5	10		<4,9	<6,0
	Sr-90	52	27	0,045	9		3	3,0
	H-3	63	53	560	14 000		< 3500	4400
Reinwasser	K-40	239	171	20	980		150	< 160
	Cs-137	239	237	1,3	4,4		< 6,2	< 7,0
	Sr-90	72	32	0,047	12	0,0031	< 2,8	< 3,0
	H-3	79	68	170	8200		< 3700	4300

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 von Anlagen nach Atomgesetz

(Groundwater and drinking water from the surroundings of facilities according to the Atomic Energy Act)

Die von den amtlichen Messstellen der Länder nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen im Jahr 2011 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 der Leitstelle Messwerte von 99 Grundwassermessstellen mitgeteilt.

Für Cs-137 liegt (von 170 untersuchten Wasserproben) ein Messwert über den angegebenen Nachweisgrenzen von 5,3 mBq/l bis 49 mBq/l. Der Messwert liegt bei 18 mBq/l, der Median aller angegebenen Werte liegt bei <24 mBq/l (2010: <21 mBq/l).

Die Werte für die Sr-90-Aktivitätskonzentrationen liegen alle unter den Nachweisgrenzen von 3,4 mBq/l bis 10 mBq/l. Der Median liegt bei 4,5 mBq/l (2010: 3,6 mBq/l).

Die Gesamt-Alpha-Aktivitätskonzentrationen liegen zwischen 19 mBq/l und 200 mBq/l (2010: 9 bis 83 mBq/l), mit einem Median sämtlicher Werte von <36 mBq/l (2010: <47 mBq/l).

In 11 % der untersuchten Wasserproben wurde H-3 im Konzentrationsbereich von 1,6 Bq/l bis 17 Bq/l nachgewiesen (2010: 1,6 Bq/l bis 21 Bq/l), der Median aller Werte liegt bei <5,5 Bq/l (2010: <7,1 Bq/l). Einige Werte liegen damit teilweise deutlich über den derzeitigen Aktivitätskonzentrationen im Niederschlag in der Größenordnung zwischen 1 Bq/l und 2 Bq/l.

Die höchsten H-3-Konzentrationen bis 17 Bq/l (2010: 31 Bq/l) wurden auf dem Gelände des Freilagers für radioaktive Abfälle des Forschungszentrums Dresden-Rossendorf sowie bei der Überwachung des Kernkraftwerkes Philippsburg gemessen. In Dresden-Rossendorf wurden auch wieder geringe Co-60-Kontaminationen von bis zu 94 mBq/l (2010: 120 mBq/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 Forschungsstandortes Dresden-Rossendorf und des Kernkraftwerkes Philippsburg weisen H-3-Werte unterhalb der Nachweisgrenze von 10 Bq/l auf.

Trinkwasser

Im Jahr 2011 wurden im Rahmen der Umgebungsüberwachung der Anlagen nach Atomgesetz Messwerte von 19 Rohwasser- und 31 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 im Reinwasser (und auch im Rohwasser) keine Messwerte oberhalb der angegebenen Nachweisgrenzen von 0,64 mBq/l bis 57 mBq/l (2010: ebenfalls keine Messwerte oberhalb der Nachweisgrenzen) ermittelt. Der Median aller Cs-137-Werte lag bei <8,6 mBq/l (2010: <9 mBq/l).

Die Aktivitätskonzentration für Sr-90 (von 18 Proben ein Messwert über der Nachweisgrenze) lag bei 3 mBq/l (2010: 0,22 bis 3,3 mBq/l), mit einem Median aller Werte von <2,2 mBq/l.

In 2 von 120 gemessenen Proben wurde H-3 in Konzentrationen bei 20 Bq/l und 22 Bq/l (2010: 26 bis 34 Bq/l) nachgewiesen, der Median aller Werte lag bei <3,5 Bq/l (2010: <8 Bq/l). Werte über den derzeitigen Aktivitätskonzentrationen im Niederschlag zwischen 1 und 2 Bq/l 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 wies 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	2011						2010
		Anzahl gesamt ^a	Anzahl <NWG	Minimal- wert ^b	Maximal- wert ^b	Mittel- wert ^b	Median	Median
Grundwasser (mBq/l)								
	K-40	161	102	18	2800		<480	< 460
	Co-60	248	240	11	94		<31	< 28
	Cs-137	170	169	18	18		<24	< 21
	H-3	270	241	1600	17 000		< 5500	< 7100
	Sr-90	8	8				4,5	3,6
	R-Beta							< 70
	G-Alpha	23	0	19	200	4,3	36	< 47
Trinkwasser (mBq/l)								
Rohwasser	K-40	55	41	31	460		< 350	< 250
	Co-60	53	53				< 14	< 15
	Cs-137	55	55				< 11	< 9,2
	H-3	61	57	7700	9000		< 3200	< 3100
	Sr-90	7	2	0,14	6,2	3	4	4,5
	G-Alpha	6	0	46	65	56	58	54
Reinwasser	K-40	108	74	36	2100		< 140	< 120
	Co-60	109	109				< 11	< 8,7
	Cs-137	108	108				< 8,6	< 7,2
	H-3	122	120	20 000	22 000		< 3500	< 8000
	Sr-90	18	17	3	3		< 2,2	< 2

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 Sammel tanks von Molkereien, so dass aus dieser Sicht eine Mittelung sinnvoll erschien. Allerdings fehlten zu den Messwerten in der Regel ergänzende Angaben, so dass bei der Mittelwertbildung keinerlei Wichtung durchgeführt werden konnte. Darüber hinaus überschätzen die Mittelwerte, die mit dem Zeichen „<“ gekennzeichnet sind, die Realität, weil in die Berechnungen zahlreiche Werte von Nachweisgrenzen eingegangen sind, die über den realen Werten lagen. Es verbleiben also einige Unsicherheiten, die es zu beachten gilt, wenn die in der Tabelle enthaltenen Jahresmittelwerte interpretiert werden. Die Mittelwerte für das Radionuklid Sr-90, die für Rohmilch in Tabelle 2.4.3-1 angegeben werden, basieren auf Messergebnissen der 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 2011.

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.

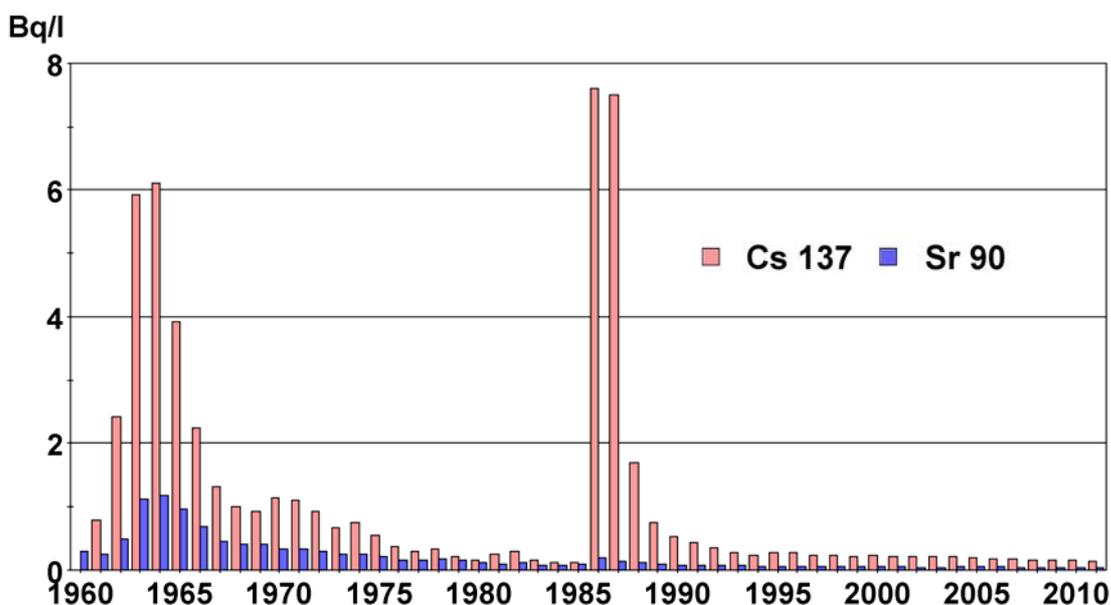


Abbildung 2.4.3-1 Jahresmittelwerte der Sr-90- und Cs-137-Aktivitäten der Rohmilch in der Bundesrepublik Deutschland
(Annual mean values of Sr-90 and Cs-137 activities of raw milk in the Federal Republic of Germany)

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	2009	21	0,06	85	< 0,12
	2010	8	<0,06	82	<0,11
	2011	22	0,06 (0,01 - 0,11)	77	< 0,12 (< 0,02 - 0,29)
Bayern	2009	33	<0,05	223	<0,16
	2010	24	<0,04	214	<0,15
	2011	30	< 0,04 (< 0,01 - 0,06)	214	< 0,15 (0,04 - < 0,35)

Bundesland	Jahr	Sr-90 (Bq/l)		Cs-137 (Bq/l)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Berlin	2009	12	0,02	24	<0,59
	2010	12	0,02	24	<0,50
	2011	12	0,02 (0,01 - 0,03)	24	0,29 (0,02 - 1,63)
Brandenburg	2009	18	0,03	50	<0,23
	2010	17	0,03	51	<0,16
	2011	16	0,02 (0,01 - 0,03)	51	< 0,16 (< 0,05 - 0,60)
Bremen	2009	12	0,03	12	<0,63
	2010	12	<0,02	12	<0,34
	2011	12	< 0,12 (0,01 - 0,91)	12	< 0,32 (0,07 - 1,59)
Hamburg	2009	12	0,02	12	<0,07
	2010	6	0,02	12	<0,07
	2011	12	0,01 (0,01 - 0,02)	12	< 0,06 (< 0,05 - < 0,07)
Hessen	2009	18	0,05	50	<0,09
	2010	15	0,03	50	<0,08
	2011	21	0,03 (0,01 - 0,05)	48	< 0,08 (0,05 - < 0,15)
Mecklenburg-Vorpommern	2009	12	<0,02	48	<0,17
	2010	12	0,02	48	<0,14
	2011	12	< 0,02 (< 0,01 - 0,07)	48	< 0,12 (0,05 - 0,27)
Niedersachsen	2009	46	0,03	190	<0,23
	2010	29	0,04	198	<0,26
	2011	65	< 0,05 (0,02 - <1,00)	154	< 0,19 (< 0,06 - 1,14)
Nordrhein-Westfalen	2009	18	0,04	107	<0,12
	2010	13	<0,03	116	<0,12
	2011	23	0,03 (0,02 - 0,11)	94	< 0,11 (< 0,03 - 0,51)
Rheinland-Pfalz	2009	20	0,03	49	<0,06
	2010	11	0,03	50	<0,06
	2011	22	0,02 (0,01 - 0,03)	39	< 0,06 (0,02 - < 0,10)
Saarland	2009	12	<0,04	17	<0,20
	2010	12	<0,05	15	<0,20
	2011	10	< 0,08 (< 0,02 - 0,20)	13	< 0,20 (< 0,20 - < 0,20)
Sachsen	2009	12	0,02	60	<0,09
	2010	12	0,02	60	<0,09
	2011	12	0,02 (0,02 - 0,03)	60	< 0,09 (0,04 - 0,21)
Sachsen-Anhalt	2009	12	<0,02	72	<0,54
	2010	12	<0,02	72	<0,37

Bundesland	Jahr	Sr-90 (Bq/l)		Cs-137 (Bq/l)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Schleswig-Holstein	2011	12	< 0,02 (< 0,02 - 0,35)	71	< 0,39 (< 0,07 - 5,18)
	2009	18	0,03	93	< 0,13
	2010	12	0,04	88	< 0,15
	2011	24	0,03 (0,02 - 0,05)	84	< 0,13 (< 0,06 - 0,22)
Thüringen	2009	12	0,01	36	< 0,10
	2010	12	0,01	36	< 0,09
	2011	12	< 0,01 (0,01 - 0,02)	36	< 0,09 (< 0,06 - < 0,12)
Bundesrepublik (gesamt)	2009	288	< 0,03	1128	< 0,19
	2010	219	< 0,03	1128	< 0,17
	2011	317	< 0,04 (< 0,01 - < 1,00)	1037	< 0,16 (< 0,02 - 5,18)

Tabelle 2.4.3-2 Bereiche der radioaktiven Kontamination von Milch und Milchprodukten im Jahr 2011
(Areas of radioactive contamination of milk and milk products in the year 2011)

Produkt	N	Cs-134 (Bq/kg)		Cs-137 (Bq/kg)	
		max. Wert	min. Wert	max. Wert	min. Wert
Rohmilch	1037	< 0,25	< 0,01	5,18	< 0,02
Käse	5	< 0,23	< 0,10	< 0,27	< 0,11
Sauermilcherzeugnisse	3	< 0,07	< 0,06	< 0,18	< 0,09
Importe					
Käse	49	< 0,27	< 0,06	0,60	< 0,06
Frischkäse	7	< 0,19	< 0,04	< 0,30	< 0,09
Schafskäse	7	< 0,20	< 0,05	< 0,20	< 0,05
Ziegenkäse	4	0,14	< 0,06	25,72	< 0,14
Lakenkäse	4	< 0,15	< 0,07	< 0,23	< 0,11

2.4.4 Milch in der Umgebung von Anlagen nach Atomgesetz (Milk from the surroundings of facilities according to the Atomic Energy Act)

Wie bei Boden und Bewuchs ist die Situation in der Umgebung der Anlagen nach Atomgesetz 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			
		2010		2011	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
BADEN-WÜRTTEMBERG					
FZ Karlsruhe	Cs-137	2	< 0,08	2	< 0,02 (< 0,02 - < 0,02)
	Sr-90	2	0,04	2	0,03 (0,02 - 0,03)
	I-131 (nur Bereich)	2	< 0,14 - < 0,27	2	< 0,039 - 0,07
KWO Obrigheim	Cs-137	4	< 0,05	4	< 0,03 (< 0,03 - < 0,04)
	Sr-90	4	0,02	4	0,02 (0,02 - 0,04)

LAND/ Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/l			
		2010		2011	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
GKN Neckarwestheim	I-131 (nur Bereich)	10	< 0,003 - < 0,008	10	< 0,005 - < 0,013
	Cs-137	4	< 0,03	4	< 0,06 (< 0,02 - 0,15)
	Sr-90	4	0,02	4	0,02 (0,02 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	10	< 0,003 - < 0,009	10	< 0,005 - < 0,009
KKP Philippsburg	Cs-137	4	< 0,07	4	< 0,04 (0,01 - 0,12)
	Sr-90	4	0,02	4	0,02 (0,02 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	11	< 0,005 - < 0,008	11	< 0,004 - < 0,008
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	8	< 0,11	7	< 0,04 (0,02 - < 0,07)
	Sr-90	5	0,03	5	0,03 (0,02 - 0,03)
	I-131 (nur Bereich)	12	< 0,004 - < 0,008	11	< 0,004 - < 0,012
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	5	< 0,03	4	< 0,04 (< 0,03 - < 0,07)
	Sr-90	4	0,02	4	0,03 (0,03 - 0,04)
	I-131 (nur Bereich)	8	< 0,005 - < 0,011	10	< 0,008 - < 0,098
BAYERN					
KRB Gundremmingen	Cs-137	6	< 0,02	6	< 0,02 (< 0,02 - 0,04)
	Sr-90	6	< 0,01	6	< 0,02 (< 0,01 - 0,04)
	I-131 (nur Bereich)	18	< 0,003 - < 0,007	18	< 0,004 - < 0,007
KKI Isar	Cs-137	4	0,05	4	0,07 (0,05 - 0,08)
	Sr-90	4	< 0,01	4	< 0,02 (0,01 - 0,05)
	I-131 (nur Bereich)	12	< 0,004 - < 0,008	12	< 0,004 - < 0,007
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	6	< 0,18	6	< 0,18 (< 0,14 - < 0,25)
	Sr-90	6	< 0,02	6	< 0,02 (< 0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	18	< 0,004 - < 0,008	18	< 0,004 - < 0,009
FRM II	Cs-137	2	< 0,08	2	0,030 (0,24 - 0,35)
	Sr-90	2	< 0,02	2	< 0,01 (< 0,01 - 0,01)
BRANDENBURG					
KKR Rheinsberg	Cs-137	4	< 0,09	4	< 0,09 (< 0,07 - < 0,12)
	Sr-90	4	0,03	4	0,02 (0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	4	< 0,08 - < 0,10	4	0,07 - 0,23
HESSEN					
KWB Biblis	Cs-137	8	< 0,09	10	< 0,07 (< 0,02 - < 0,14)
	Sr-90	8	0,01	6	0,01 (0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	24	< 0,004 - < 0,008	31	< 0,003 - < 0,14
MECKLENBURG-VORPOMMERN					
KGR Greifswald	Cs-137	4	0,13	2	< 0,12 (0,09 - < 0,14)

LAND/ Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/l			
		2010		2011	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
	Sr-90	4	0,02	2	0,02 (0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)			2	< 0,088 - < 0,138
NIEDERSACHSEN					
KKS Stade	Cs-137	a		a	
	Sr-90	a		a	
	I-131 (nur Bereich)	a		a	
KKU Unterweser	Cs-137	4	< 0,12	a	
	Sr-90	4	0,03	a	
	I-131 (nur Bereich)	12	< 0,002 - < 0,012	a	
KWG Grohnde	Cs-137	4	< 0,07	a	
	Sr-90	4	0,03	a	
	I-131 (nur Bereich)	12	< 0,005 - < 0,011	a	
KKE Emsland	Cs-137	4	< 0,06	a	
	Sr-90	4	0,03	a	
	I-131 (nur Bereich)	12	< 0,004 - < 0,017	a	
Zwischenlager Gorleben	Cs-137	24	0,27	a	
	Sr-90	12	0,03	a	
	I-129 (µBq/l)	a		a	
Schacht Konrad II ^b	Cs-137	a		a	
	Sr-90	a		a	
	I-131 (nur Bereich)	a		a	
Forschungsbergwerk Asse	Cs-137			1	< 0,11
NORDRHEIN-WESTFALEN					
FZ Jülich	Cs-137	4	< 0,05	4	< 0,2 (< 0,1 - < 0,2)
	Sr-90	4	0,03	4	0,03 (0,03 - 0,03)
	I-131 (nur Bereich)	32	< 0,005 - < 0,010	50	< 0,003 - 0,078
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	a	
	Fluor (mg/l)	12	< 0,42	a	
RHEINLAND-PFALZ					
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	2	< 0,07	1	< 0,09

LAND/ Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/l			
		2010		2011	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
KKW Cattenom	Sr-90	a			
	I-131 (nur Bereich)	a			
	Cs-137	6	<0,02	2	< 0,02 (< 0,02 - < 0,02)
	Sr-90	6	<0,03	2	0,02 (0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	12	< 0,006 - < 0,009	6	< 0,008 - < 0,008
SACHSEN					
VKTA Rossendorf	Cs-137	2	<0,08	2	< 0,09 (0,05 - < 0,13)
	Sr-90	2	0,02	2	0,03 (0,02 - 0,04)
	I-131 (nur Bereich)	2	< 0,078 - < 0,079	2	< 0,067 - < 0,097
SACHSEN-ANHALT					
Endlager Morsleben	Cs-137	2	0,39	2	< 0,11 (< 0,1 - < 0,12)
	Sr-90	a		a	
SCHLESWIG-HOLSTEIN					
GKSS Geesthacht	Cs-137	4	<0,13	4	< 0,14 (< 0,13 - < 0,15)
	Sr-90	4	0,03	4	0,03 (0,03 - 0,04)
	I-131 (nur Bereich)	12	< 0,003 - < 0,008	10	< 0,004 - < 0,01
KKB Brunsbüttel	Cs-137	4	0,04	4	< 0,05 (0,02 - 0,07)
	Sr-90	4	0,03	4	0,03 (0,03 - 0,04)
	I-131 (nur Bereich)	32	< 0,007 - < 0,010	28	< 0,006 - < 0,02
KKK Krümmel	Cs-137	8	<0,06	6	< 0,05 (0,02 - 0,08)
	Sr-90	8	0,03	6	0,03 (0,01 - 0,04)
	I-131 (nur Bereich)	24	< 0,008 - < 0,010	20	< 0,005 - < 0,01
KBR Brokdorf	Cs-137	8	<0,06	4	< 0,06 (0,03 - 0,11)
	Sr-90	8	0,03	4	0,02 (0,02 - 0,03)
	I-131 (nur Bereich)	24	< 0,007 - < 0,010	20	< 0,006 - < 0,01
Zwischenlager Brokdorf	Cs-137			1	< 0,05
	Sr-90			1	0,02
	I-131 (nur Bereich)			5	< 0,009 - < 0,01

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

Im Folgenden werden Messergebnisse über Radionuklidkonzentrationen in Fischen, Krusten- und Schalentieren der Binnengewässer und der Meere für das Jahr 2011 vorgestellt und diskutiert. 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, bei Fischen, Krusten- und Schalentieren auf die Feuchtmasse (FM) des jeweiligen Fleisches. 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 oft größeren Ähnlichkeit der gefundenen Messwert-Verteilungen zur Lognormalverteilung wurde (ab 1995) der Medianwert als repräsentativer Mittelwert-

schätzer 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-Routineprogramm 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 2011 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					
		2011					2010
		N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert
Binnenseen	Süddeutschland	53	5	0,04	20,0	1,30	2,10
	Mitteldeutschland	6	3	< 0,10	98,7	0,06	0,14
	Norddeutschland	27	1	0,11	14,7	1,80	1,50
Fischteiche	Süddeutschland	12	2	0,10	0,59	0,21	0,14
	Mitteldeutschland	24	7	0,09	0,52	0,14	0,17
	Norddeutschland	11	7	0,13	0,19	0,14	0,15
Fließgewässer	Süddeutschland	5	1	< 0,14	0,78	0,22	0,40
	Mitteldeutschland	24	16	< 0,10	1,60	0,04	0,14
	Norddeutschland	6	2	< 0,13	1,10	0,35	0,15
nicht spezifizierte Gewässer	Süddeutschland	1	0	1,28	1,28	1,28	
	Mitteldeutschland	0	0				
	Norddeutschland	10	4	0,05	0,50	0,13	0,14

Der in der Region „Mitteldeutschland“ berichtete Maximalwert geht auf eine Flussbarschprobe aus dem Arendsee in Sachsen-Anhalt zurück, während die übrigen Werte maximal 0,49 Bq/kg FM betragen. Die Ergebnisse der Messungen von Fischen aus Sachsen-anhaltinischen Seen, die im Jahr 2007 begonnen wurden und höhere Cs-137-Werte zeigten, wurden im entsprechenden Kapitel des Jahresberichts 2007 [2] bereits erörtert und bewertet.

In Fischen aus den 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 Fischteichen zugeordnet wurden. Die ab 1994 in genügender Anzahl vorliegenden Cs-137-Werte von Proben 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 Forellen und Karpfen, die in den Binnengewässern die bedeutsamsten wirtschaftlich genutzten Fischarten sind, wurden die mittleren Cs-137-Aktivitäten (zusammengefasst aus allen Gewässern, Messungen aller Bundesländer) in Tabelle 2.4.5-2 zusammengestellt. Der Vergleich der Cs-137-Werte ergibt, dass bis 1999 (vgl. Abbildung 2.4.5-4) Forellen weniger Cäsium enthielten als Karpfen, der Unterschied jedoch seitdem nicht mehr signifikant ist.

**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					
	2011					2010
	N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert
Forellen	30	11	< 0,10	0,50	0,14	0,14
Karpfen	31	8	0,05	1,30	0,20	0,10

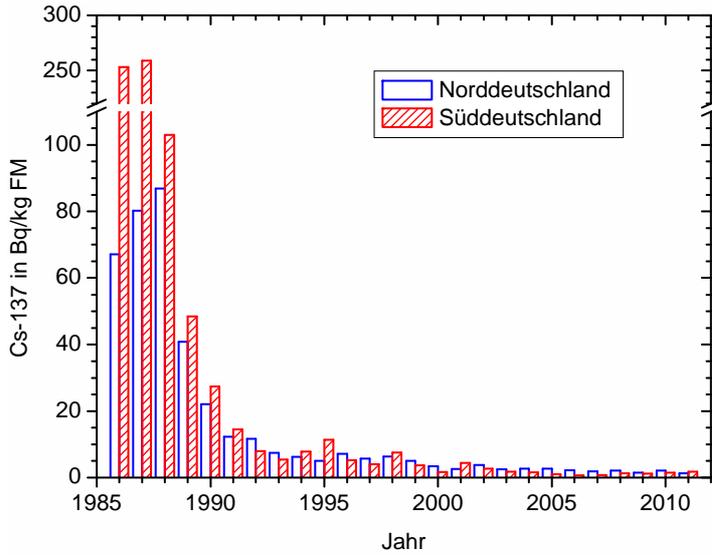


Abbildung 2.4.5-1
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in Fischen aus Binnenseen in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity in fish from lakes in Bq/kg WW)

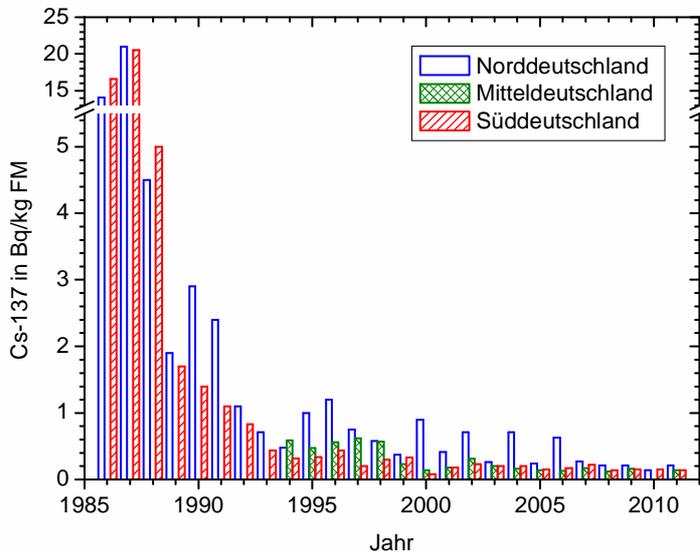


Abbildung 2.4.5-2
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in Fischen aus Fischteichen in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity in fish from fish farms in Bq/kg WW)

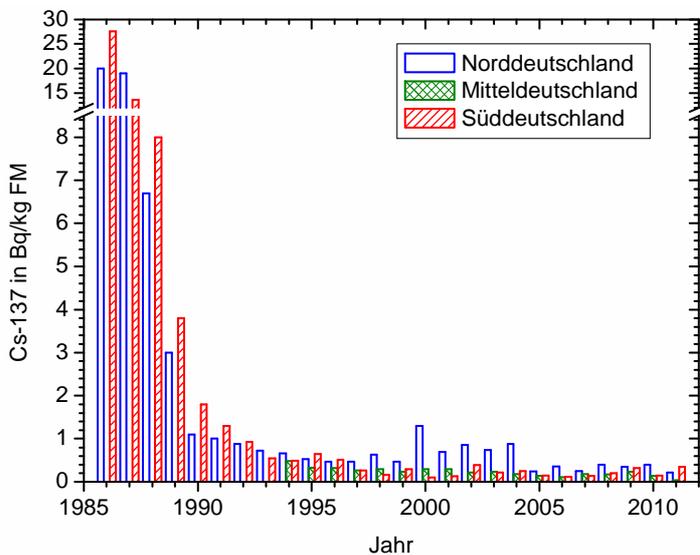


Abbildung 2.4.5-3
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in Fischen aus Fließgewässern in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity in fish from rivers in Bq/kg WW)

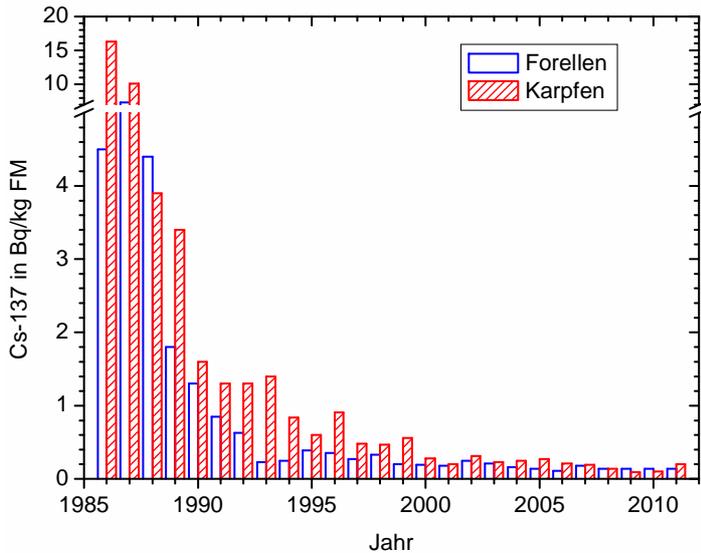


Abbildung 2.4.5-4
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in Karpfen und Forellen in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity in trout and carp in Bq/kg WW)

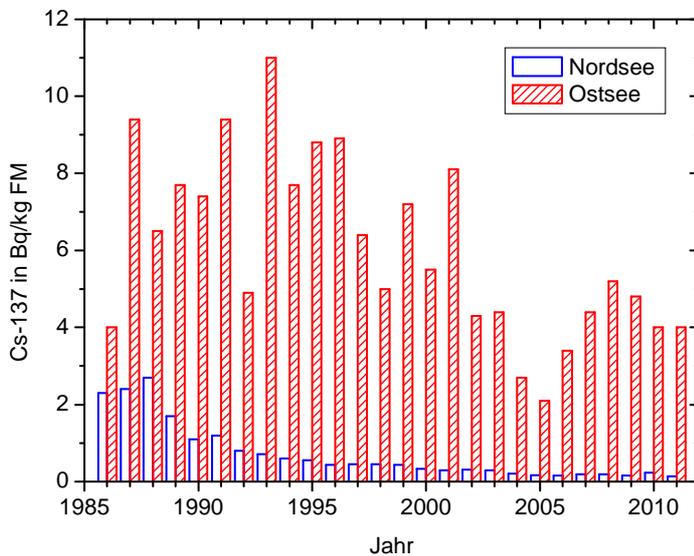


Abbildung 2.4.5-5
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in Fischen aus Nord- und Ostsee in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity in fish from the North and Baltic Seas in Bq/kg WW)

In Tabelle 2.4.5-3 sind die mittleren Cs-137-Aktivitätswerte für Fische aus der Nord- und der Ostsee zusammengestellt. In Fischen aus der Nordsee, die vor der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl im Jahr 1986 bereits durch Cs-137 aus europäischen Wiederaufarbeitungsanlagen höhere Aktivitäten aufwiesen, blieben die Messwerte im Jahr 2011 bis auf eine Probe unter 1 Bq/kg. Der Median liegt bei etwa 0,14 Bq/kg. Der Maximalwert von 8,3 Bq/kg (Kabeljau) ist wahrscheinlich eher der Ostsee bzw. dem Übergangsbereich zwischen Nord- und Ostsee zuzuordnen, bzw. der Fisch aus der Ostsee ist in die Nordsee gewandert. Diese Vermutung liegt nahe, weil die Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 in der Ostsee noch immer wesentlich höher sind als in der Nordsee (Tabelle 2.4.5-3). Das liegt daran, dass in Fischen aus der Nordsee der Eintrag von Cs-137 aus dem Reaktorunglück von Tschernobyl, bedingt durch den höheren Wasseraustausch, seit Mitte der 1990er Jahre nicht mehr nachweisbar ist (siehe Abbildung 2.4.5-5), während er praktisch vollständig die ermittelten Cs-137-Aktivität in Fischen aus der Ostsee dominiert. Die in Abbildung 2.4.5-5 festzustellende Variation der Jahresmittelwerte ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass der Anteil der Fischproben aus der östlichen Ostsee, in denen eine höhere Cs-137-Aktivität nachgewiesen wurde, zwischen den einzelnen Jahren stark schwankt.

In Proben von Garnelen- und Miesmuschelfleisch, die an der Nordseeküste entnommen und deren Messwerte von den Landesmessstellen übermittelt wurden, konnte im Jahr 2011 kein Cs-137 nachgewiesen werden, weil sämtliche Einzelwerte unterhalb der Nachweisgrenze lagen (vgl. Tabelle 2.4.5-3). Eine Abnahme der Cs-137 Aktivitäten in Fleisch der Krusten- und Schalentiere wird bereits seit Jahren beobachtet, und ist wahrscheinlich auf einen ähnlichen Konzentrationsverlauf im Meerwasser der Nordsee zurück zu führen (siehe Kapitel 2.2.1).

Die im Jahr 2011 in Proben aus Importen ermittelten Jahresmedianwerte für Cs-137 (Tabelle 2.4.5-4) lagen bei etwa 0,04 Bq/kg (Süßwasserfisch), 0,09 Bq/kg (Seefisch) und 0,08 Bq/kg (Fischereierzeugnisse); für Krusten- und Schalentiere wurde, ähnlich denen aus der Nordsee, in 15 Proben kein 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					
		2011					2010
		N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert
Nordsee	Fische	30	13	0,10	8,3	0,14	0,24
	Garnelen	12	12	< 0,11	< 0,18	< 0,14	< 0,15
	Miesmuscheln	13	13	< 0,10	< 0,16	< 0,14	< 0,15
Ostsee	Fische	44	3	< 0,11	8,7	4,0	4,0

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					
	2011					2010
	N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert
Süßwasserfisch	28	19	< 0,10	3,50	0,04	0,05
Seefisch	110	63	0,04	8,30	0,09	0,11
Krusten- u. Schalentiere	15	15	< 0,10	< 0,18	< 0,14	< 0,12
Fischereierzeugnisse	32	25	< 0,10	0,27	0,08	0,11

Die Ergebnisse der von den Ländermessstellen durchgeführten Sr-90-Analysen sind in Tabelle 2.4.5-6 aufgeführt. Bei Fischen aus dem Süßwasserbereich zeigte sich, dass die mittlere Sr-90-Aktivität der Fische aus Binnenseen zwar mehr als doppelt so hoch war wie in Fischen aus Fließgewässern und Fischteichen, sich aber alle Werte insgesamt auf einem sehr niedrigen Niveau bewegen. 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 2011 noch keine Ergebnisse von Sr-90-Messungen der Leitstelle vor.

Routineprogramm der Leitstelle

Fischproben aus Ostsee, Nordsee, Barentssee und der Grönlandsee wurden während diverser Fahrten mit dem FFS „Walther-Herwig-III“ genommen. Zusätzlich wurden vom Institut für Ostseefischerei 32 Fischproben aus der Ostsee zur Verfügung gestellt, die das Institut über das Jahr verteilt u. a. von Fahrten kommerzieller Fischkutter beschaffte. Die gammaspektrometrischen Messungen des größeren Teils der Proben aus dem Berichtsjahr 2011 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.-7 summarisch dargestellt, unterschieden zwischen Fischfleisch- und Gesamtfischproben.

Die zur Barentssee und zur Grönlandsee gehörenden Werte sind dabei als Hintergrundwerte des Nordostatlantiks anzusehen. 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 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					
		2011					2010
		N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert
Fisch	Binnenseen	14	0	0,01	0,20	0,031	0,030
	Fischteiche	8	2	0,0050	0,083	0,014	0,004
	Fließgewässer	6	5	< 0,0066	0,020	< 0,020	< 0,012
Garnelen	Nordsee	10	4	0,020	0,041	0,025	0,013
Miesmuscheln	Nordsee	11	6	0,020	0,039	0,016	0,017

Tabelle 2.4.5-7 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 2007 bis 2011; Messungen der Leitstelle-vTI

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	Sr-90	2010	10	8	0,00033	< 0,00073	< 0,0007
	Cs-137	2010	23	0	0,056	0,38	0,20
südlich Grönland							
Fischfleisch	Cs-137	2011	4	0	0,19	0,26	0,21
Nordsee							
Fischfleisch	Cs-137	2011	4	0	0,095	0,25	0,13
	Sr-90	2008	10	5	0,00043	< 0,0024	0,00044
Gesamtfisch	Cs-137	2011	16	0	0,072	0,35	0,17
	Sr-90	2010	1	0	0,0024	0,0024	0,0024
		2009	4	0	0,0014	0,0098	0,0076
Ostsee (südliche und westliche)							
Fischfleisch	Cs-137	2011	46	0	0,62	8,7	5,0
		2010	47	0	0,75	10	5,5
Gesamtfisch	Sr-90	2010	17	3	< 0,00082	0,021	0,0015
		2009	7	0	0,0010	0,025	0,0029
	Cs-137	2011	15	0	0,79	4,4	3,8
		2010	20	0	0,77	5,6	3,9
Gesamtfisch	Sr-90	2010	8	0	0,0078	0,047	0,016
		2009	18	0	0,0069	0,221	0,034
	Pu-(239+240)	2010	3	0	0,000070	0,0003	0,00012
		2007	4	0	0,00023	0,0011	0,00069
	Pu-238	2010	3	2	0,000039	< 0,000051	< 0,000047
		2007	4	2	0,000082	< 0,00029	0,000084
Am-241	2007	5	1	< 0,00012	0,00028	0,00018	

Literatur

- [1] Kanisch G, Kirchoff 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 von Anlagen nach Atomgesetz

(Fish and aquatic plants from the surroundings of facilities according to the Atomic Energy Act)

Im Berichtsjahr 2011 wurden für 23 kerntechnische Anlagen Werte γ -spektrometrischer Messungen (vor allem Cs-137) an 97 Fischfleischproben und 9 Proben von Wasserpflanzen gemeldet. Sr-90-Messungen wurden an 17 Fischfleischproben durchgeführt. Hinsichtlich der Fischarten ergab sich, dass Proben von 11 Süßwasserfischarten, von Mischungen verschiedener Süßwasserfischarten inkl. „Friedfisch“ und „Raubfisch“, sechs marine Arten 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 Einfluss der Ostsee im Greifswalder Bodden weisen die dort im Überwachungsprogramm des außer Betrieb befindlichen Kernkraftwerks Greifswald genommenen Proben ebenfalls höhere Cs-137-Aktivitäten auf.

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

Tabelle 2.4.6-1 Aktivität von Fischen und Wasserpflanzen
(im Rahmen der Umgebungsüberwachung der Anlagen nach Atomgesetz)
(*Activity in fish and aquatic plants*
- *within the framework of ambient surveillance for facilities according to the Atomic Energy Act*)

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

Gewässer	Anlage	Radio-nuklid	2011					2010	
			N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert	
Fisch (Bq/kg FM)									
Donau	KRB Gundremmingen	Cs-137	6	3	< 0,13	3,5	0,13	0,20	
Elbe	GKSS Geesthacht	Cs-137	6	0	0,13	0,39	0,23	0,23	
	KKK Krümmel	Cs-137	4	0	0,20	0,26	0,24	0,31	
	PKA Gorleben	Cs-137	4	0	0,22	0,50	0,25	0,26	
	KKS Stade	Cs-137	4	0	0,16	0,44	0,29	0,24	
	KBR Brokdorf		Sr-90	6	6	< 0,0057	< 0,017	< 0,011	< 0,010
			Cs-137	6	0	0,055	0,69	0,31	0,29
	KKB Brunsbüttel	Cs-137	6	0	0,14	0,48	0,31	0,46	
Ems	KKE Emsland	Cs-137	4	0	0,19	1,2	0,47	0,19	
Greifswalder Bodden	KGR Greifswald	Cs-137	4	0	0,71	7,6	3,1	1,5	
Havel (Griebnitzsee)	HMI Berlin	Cs-137	1	0	0,94	0,94	0,94	0,43	
Sacrower See		Cs-137	1	0	22	22	22	30	
Isar	KKI 1/2 Isar	Cs-137	4	1	< 0,15	0,28	0,28	< 0,16	
	FRM II Garching	Cs-137	1	0	0,08	0,08	0,08	0,17	
Main	KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	4	2	< 0,18	0,32	0,20	< 0,19	
	VAK Kahl	Cs-137							
Mosel	Cattenom (Frankreich)	Sr-90	2	1	< 0,02	0,036	< 0,028	0,024	
		Cs-137	2	0	0,11	0,52	0,32	< 0,06	
Neckar	GKN Neckarwestheim	Cs-137	1	1	< 0,049	< 0,049	< 0,049	< 0,04	
	KWO Obrigheim	Cs-137	2	0	0,087	2,7	1,4	< 0,098	
Rhein	KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	2	0	0,089	0,11	0,099	0,18	
	KWB Biblis	Sr-90	8	1	< 0,0049	0,028	0,016	0,014	
		Cs-137	8	1	< 0,080	0,78	0,11	0,10	
		KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	6	1	0,054	0,11	0,070	0,10
		KKP Philippsburg	Cs-137	6	1	0,055	0,23	0,12	0,10
		FZ Karlsruhe	Cs-137						
Rur	FZ Jülich	Cs-137						0,21	
Stechlinsee	KKR Rheinsberg	Cs-137	2	0	37	43	40	39	
Ellbogensee	KKR Rheinsberg	Cs-137	1	0	10	10	10	7,5	

Gewässer	Anlage	Radio-nuklid	2011					2010
			N	nn	min. Wert	max. Wert	Medianwert	Medianwert
Weser	KKU Unterweser	Cs-137	6	0	0,081	0,65	0,17	0,20
	KWG Grohnde	Cs-137	6	2	< 0,033	0,11	0,044	0,053
Wasserpflanzen (Bq/kg TM)								
Ahauser Aa	Ahaus	Co-60*						< 0,22
		Cs-137*						0,35
Moorbach	Ahaus	Co-60*						< 0,34
Donau	KRB Gundremmingen	Co-60	2	2	< 0,7	< 0,8	< 0,75	1,5
		Cs-137	2	1	< 0,79	10	< 4,6	7,0
Isar	FRM II Garching	Co-60	4	4	< 0,37	< 0,99	< 0,59	< 0,76
		I-131	2	0	0,89	3,9	2,4	7,7
		Cs-137	4	0	3,7	9,6	6,3	4,5
		I-131	1	0	29	29	29	81
Main	KKI 1/2 Isar	Cs-137	1	0	12	12	12	18
		Co-60	2	1	< 0,46	0,53	< 0,5	1,6
		I-131	2	0	2,3	31	17	1,7
	KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	2	0	1,0	4,7	2,9	1,2

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. 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 (Tabellen 2.4.7-15 und 2.4.7-16).

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 "<" gekennzeichnet 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	2010	30	< 0,14 (< 0,06 - < 0,20)	2	0,26 (0,14 - 0,37)
	2011	24	< 0,13 (< 0,03 - < 0,20)	3	0,17 (0,08 - 0,24)
Bayern	2010	47	< 0,15 (< 0,06 - < 0,29)	7	0,25 (0,08 - 0,37)
	2011	51	< 0,16 (< 0,08 - < 0,26)	9	< 0,16 (< 0,04 - 0,34)
Berlin	2010	1	< 0,09	1	0,07

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		Sr-90 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
	2011	1	< 0,11	1	0,1
Brandenburg	2010	24	< 0,12 (< 0,05 - < 0,16)	1	0,29
	2011	17	< 0,10 (< 0,05 - < 0,18)	-	
Bremen	2010	3	< 0,08 (< 0,04 - < 0,10)	-	
	2011	2	< 0,13 (< 0,10 - < 0,16)	-	
Hamburg	2010	3	< 0,07 (< 0,05 - < 0,07)	-	
	2011	2	< 0,10 (< 0,07 - < 0,14)	1	0,08
Hessen	2010	16	< 0,09 (< 0,06 - < 0,14)	-	
	2011	18	< 0,10 (< 0,06 - < 0,14)	-	
Mecklenburg- Vorpommern	2010	35	< 0,12 (0,08 - < 0,17)	3	0,16 (0,10 - 0,21)
	2011	36	< 0,11 (< 0,08 - < 0,14)	2	0,09 (0,05 - 0,13)
Niedersachsen	2010	41	< 0,18 (0,07 - 0,38)	3	< 0,06 (< 0,02 - 0,09)
	2011	37	< 0,17 (< 0,09 - < 0,60)	3	0,18 (0,10 - 0,30)
Nordrhein-Westfalen	2010	27	< 0,12 (< 0,06 - < 0,29)	3	0,13 (0,05 - 0,17)
	2011	26	< 0,11 (< 0,04 - < 0,19)	4	0,13 (0,05 - 0,20)
Rheinland-Pfalz	2010	18	< 0,10 (< 0,04 - < 0,14)	3	0,07 (0,06 - 0,09)
	2011	19	< 0,08 (< 0,04 - < 0,12)	2	0,17 (0,06 - 0,27)
Saarland	2010	2	< 0,20 (< 0,20 - < 0,20)	1	0,24
	2011	2	< 0,20 (< 0,20 - < 0,20)	1	0,18
Sachsen	2010	27	< 0,10 (< 0,08 - < 0,14)	3	0,13 (0,12 - 0,13)
	2011	30	< 0,10 (< 0,08 - 0,18)	3	0,08 (0,06 - 0,10)
Sachsen-Anhalt	2010	31	< 0,13 (< 0,07 - 0,37)	3	0,12 (0,10 - 0,13)
	2011	31	< 0,13 (< 0,08 - 0,39)	3	0,15 (0,06 - 0,26)
Schleswig-Holstein	2010	34	< 0,13 (< 0,09 - 0,18)	3	0,13 (0,12 - 0,14)
	2011	38	< 0,14 (< 0,06 - < 0,19)	4	0,14 (0,08 - 0,20)
Thüringen	2010	34	< 0,11 (< 0,08 - < 0,15)	1	0,04
	2011	34	< 0,11 (< 0,08 - < 0,13)	1	0,03
Bundesrepublik (gesamt)	2010	373	< 0,13 (< 0,04 - 0,38)	34	< 0,16 (< 0,02 - 0,37)
	2011	368	< 0,13 (< 0,03 - < 0,60)	37	< 0,14 (0,03 - 0,34)

- Messung / Angabe nicht erforderlich bzw. nicht vorhanden

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

Importe	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Dänemark	2011	2	< 0,20 (< 0,20 - < 0,20)
Frankreich	2010	1	< 0,20
	2011	1	< 0,20
Kanada	2010	1	< 0,10
	2011	1	< 0,10
Polen	2010	1	< 0,13
	2011	2	< 0,09 (< 0,06 - < 0,12)
Slowakei	2011	1	< 0,11
Tschechische Republik	2010	7	< 0,08 (< 0,06 - < 0,11)
	2011	3	< 0,09 (< 0,07 - < 0,10)
Türkei	2010	2	< 0,15 (< 0,10 - < 0,20)
	2011	1	< 0,04

**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	2010	1	< 0,13				
	2011	2	< 0,10	(< 0,09 - < 0,04)	-		
Gerste	2010	112	< 0,17	(< 0,01 - < 2,28)	8	0,19	(0,06 - 0,33)
	2011	97	< 0,14	(< 0,05 - 0,47)	4	0,18	(0,03 - 0,49)
Hafer	2010	17	< 0,24	(< 0,09 - 1,07)	-		
	2011	19	< 0,25	(< 0,11 - 1,58)	1	0,19	(0,19 - 0,19)
Hirse	2010	3	< 0,12	(< 0,11 - < 0,13)	1	0,23	
	2011	7	< 0,15	(< 0,09 - 0,27)	-		
Mais	2010	1	< 0,05		-		
	2011	3	< 0,11	(0,08 - < 0,14)	-		
Reis	2010	13	< 0,10	(< 0,02 - < 0,25)	-		
	2011	7	< 0,16	(< 0,07 - 0,35)	-		
Roggen	2010	156	< 0,18	(< 0,01 - 2,20)	19	< 0,16	(0,01 - 0,36)
	2011	153	< 0,16	(< 0,04 - 1,70)	17	0,15	(0,04 - 0,44)
Triticalen	2010	7	< 0,11	(< 0,06 - < 0,16)	1	0,15	

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)			Sr-90 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
	2011	15	< 0,13	(0,08 - < 0,23)	1	0,06	(0,06 - 0,06)

- 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	2010	5	< 0,20	(< 0,16 - 0,23)
	2011	6	< 0,33	(< 0,14 - 1,03)
Bayern	2010	8	< 0,47	(< 0,12 - 0,82)
	2011	9	< 0,29	(< 0,11 - 0,61)
Berlin	2010	1	0,64	
	2011	0		
Brandenburg	2010	4	9,68	(0,20 - 25,80)
	2011	4	6,22	(0,20 - 20,10)
Bremen	2010	3	0,46	(0,44 - 0,50)
	2011	3	0,40	(0,26 - 0,49)
Hamburg	2010	3	0,63	(0,53 - 0,78)
	2011	3	0,66	(0,29 - 1,38)
Hessen	2010	4	< 0,10	(< 0,08 - < 0,12)
	2011	3	< 0,14	(< 0,09 - 0,19)
Mecklenburg-Vorpommern	2010	4	1,08	(0,24 - 2,89)
	2011	2	0,96	(0,21 - 1,71)
Niedersachsen	2010	12	< 1,22	(< 0,10 - 6,10)
	2011	13	< 1,36	(< 0,10 - 10,00)
Nordrhein-Westfalen	2010	15	< 0,35	(< 0,06 - 0,59)
	2011	16	< 0,23	(< 0,04 - 0,58)
Rheinland-Pfalz	2010	1	< 0,07	
	2011	1	0,11	
Saarland	2010	2	< 0,20	(< 0,20 - < 0,20)
	2011	2	< 0,20	(< 0,20 - < 0,20)
Sachsen	2010	3	< 0,15	(< 0,12 - 0,21)
	2011	3	< 0,22	(0,14 - 0,37)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Sachsen-Anhalt	2010	3	0,41 (0,31 - 0,52)
	2011	3	0,45 (0,38 - 0,60)
Schleswig-Holstein	2010	3	< 0,40 (< 0,17 - 0,60)
	2011	3	< 0,39 (< 0,20 - 0,55)
Thüringen	2010	2	< 0,10 (< 0,09 - < 0,12)
	2011	3	< 0,13 (< 0,10 - 0,17)
Bundesrepublik (gesamt)	2010	73	< 1,03 (< 0,06 - 25,80)
	2011	74	< 0,82 (< 0,04 - 20,10)

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

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg	2010	45	< 0,32 (< 0,09 - 3,86)
	2011	50	< 0,31 (< 0,10 - 3,96)
Bayern	2010	87	< 0,44 (< 0,08 - 6,57)
	2011	92	< 0,62 (< 0,07 - 7,79)
Berlin	2010	6	0,99 (0,38 - 3,11)
	2011	6	< 0,79 (0,14 - 1,50)
Brandenburg	2010	13	< 8,73 (< 0,09 - 95,0)
	2011	11	< 1,65 (< 0,10 - 7,20)
Bremen	2010	6	0,53 (0,07 - 1,03)
	2011	6	< 0,33 (< 0,09 - 0,91)
Hamburg	2010	6	< 1,22 (< 0,08 - 3,29)
	2011	6	0,79 (0,28 - 1,79)
Hessen	2010	12	< 0,18 (0,06 - 0,44)
	2011	12	< 0,15 (0,05 - 0,36)
Mecklenburg-Vorpommern	2010	15	< 2,20 (< 0,08 - 10,70)
	2011	13	3,29 (0,07 - 14,60)
Niedersachsen	2010	50	< 0,71 (< 0,10 - 7,30)
	2011	49	< 0,71 (< 0,10 - 4,87)
Nordrhein-Westfalen	2010	50	< 0,19 (< 0,06 - 1,21)
	2011	54	< 0,26 (< 0,06 - 3,88)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Rheinland-Pfalz	2010	10	< 0,1 (< 0,07 - 0,18)
	2011	13	< 0,12 (< 0,07 - 0,26)
Saarland	2010	6	< 0,20 (< 0,20 - < 0,20)
	2011	6	< 0,20 (< 0,20 - < 0,20)
Sachsen	2010	11	< 0,17 (0,07 - 0,62)
	2011	11	< 0,36 (0,08 - 1,44)
Sachsen-Anhalt	2010	12	< 1,50 (< 0,11 - 4,01)
	2011	10	< 0,37 (< 0,10 - 1,98)
Schleswig-Holstein	2010	26	< 0,58 (0,10 - 2,90)
	2011	26	< 0,45 (< 0,12 - 2,67)
Thüringen	2010	10	< 0,11 (< 0,07 - 0,19)
	2011	10	< 0,11 (< 0,08 - 0,18)
Bundesrepublik (gesamt)	2010	365	< 0,83 (0,06 - 95,00)
	2011	375	< 0,58 (0,05 - 14,60)

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

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg	2010	25	< 0,17 (< 0,09 - < 0,38)
	2011	24	< 0,20 (< 0,10 - 0,51)
Bayern	2010	40	< 0,22 (< 0,05 - 0,74)
	2011	42	< 0,93 (< 0,09 - 19,50)
Berlin	2010	6	< 0,24 (< 0,09 - 0,48)
	2011	6	< 0,44 (< 0,07 - 1,55)
Brandenburg	2010	13	< 0,14 (< 0,08 - 0,40)
	2011	13	< 0,14 (< 0,07 - 0,40)
Bremen	2010	8	< 0,25 (0,08 - 0,89)
	2011	9	< 0,21 (< 0,08 - 0,77)
Hamburg	2010	6	< 0,15 (< 0,06 - 0,35)
	2011	6	0,14 (0,10 - 0,20)
Hessen	2010	11	< 0,11 (< 0,08 - < 0,14)
	2011	12	< 0,11 (< 0,08 - < 0,19)
Mecklenburg-Vorpommern	2010	20	< 0,10 (0,04 - 0,22)
	2011	20	< 0,13 (0,04 - 0,37)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Niedersachsen	2010	70	< 0,29 ($< 0,06 - 4,70$)
	2011	71	< 0,17 ($< 0,08 - 0,29$)
Nordrhein-Westfalen	2010	94	< 0,21 ($< 0,04 - 2,60$)
	2011	100	< 0,13 ($< 0,01 - 1,07$)
Rheinland-Pfalz	2010	11	< 0,11 ($< 0,07 - 0,23$)
	2011	13	< 0,10 ($< 0,07 - 0,29$)
Saarland	2010	6	< 0,20 ($< 0,20 - < 0,20$)
	2011	6	< 0,18 ($0,08 - < 0,20$)
Sachsen	2010	11	< 0,18 ($0,09 - 0,78$)
	2011	11	< 0,12 ($0,08 - 0,18$)
Sachsen-Anhalt	2010	24	< 0,12 ($< 0,06 - 0,38$)
	2011	24	< 0,12 ($< 0,07 - 0,40$)
Schleswig-Holstein	2010	12	< 0,17 ($< 0,10 - 0,40$)
	2011	12	< 0,14 ($< 0,11 - < 0,20$)
Thüringen	2010	14	< 0,14 ($< 0,07 - 0,53$)
	2011	14	< 0,13 ($< 0,08 - 0,48$)
Bundesrepublik (gesamt)	2010	371	< 0,20 ($0,04 - 4,70$)
	2011	383	< 0,24 ($< 0,01 - 19,50$)

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	2010	21	< 0,57 ($< 0,06 - 4,80$)
	2011	17	< 0,26 ($< 0,06 - 1,10$)
Geflügel	Ente	2010	< 0,12 ($< 0,05 - 0,27$)
		2011	< 0,13 ($< 0,06 - < 0,24$)
Gans	2010	20	< 0,17 ($< 0,04 - 0,38$)
	2011	22	< 0,20 ($< 0,09 - 0,99$)
Huhn	2010	122	< 0,17 ($0,04 - < 2,70$)
	2011	122	< 0,13 ($< 0,04 - < 0,29$)
Pute	2010	47	< 0,02 ($< 0,05 - < 2,27$)
	2011	42	< 0,13 ($< 0,06 - < 0,22$)

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	2010	2	< 0,29 ($< 0,11 - 0,46$)
	2011	4	< 0,11 ($< 0,07 - 0,20$)
Haarwildfleisch Damwild	2010	16	< 3,44 ($< 0,09 - 25,7$)
	2011	20	< 5,10 ($< 0,11 - 28,7$)
Hirsch	2010	18	< 10,2 ($< 0,10 - 92,7$)
	2011	36	< 26,61 ($< 0,08 - 277,9$)
Reh	2010	124	< 16,9 ($< 0,11 - 176$)
	2011	181	< 25,91 ($< 0,07 - 1353$)
Wildschwein	2010	96	< 58,7 ($< 0,05 - 2264$)
	2011	168	< 422,3 ($< 0,08 - 10\ 200$)
Sonstiges Wildfleisch	2011	6	< 6,58 ($< 0,11 - 25,00$)

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	2010	14	< 0,17 ($< 0,05 - < 0,39$)	1	0,03
	2011	4	< 0,08 ($< 0,05 - < 0,16$)	1	0,02
Bayern	2010	24	< 0,44 ($< 0,09 - 5,18$)	4	0,04 (0,02 - 0,05)
	2011	32	< 0,22 ($< 0,08 - 2,14$)	4	0,04 (0,02 - 0,08)
Berlin	2010	2	< 0,15 ($< 0,15 - < 0,16$)	1	0,01
	2011	2	< 0,15 ($< 0,12 - 0,18$)	1	0,01
Brandenburg	2010	6	< 0,15 ($< 0,11 - 0,30$)	1	0,02
	2011	7	< 0,13 ($< 0,09 - < 0,16$)	1	0,02
Bremen	2010	2	< 0,13 ($< 0,12 - 0,14$)	-	-
	2011	2	< 0,15 ($< 0,10 - < 0,20$)	-	-
Hamburg	2010	2	< 0,08 ($< 0,07 - < 0,09$)	-	-
	2011	2	< 0,10 ($< 0,08 - < 0,12$)	-	-
Hessen	2010	5	< 0,14 ($< 0,09 - < 0,18$)	1	0,02
	2011	5	< 0,09 ($< 0,07 - < 0,13$)	1	0,03
Mecklenburg- Vorpommern	2010	11	< 0,08 ($< 0,06 - < 0,09$)	1	0,03
	2011	12	< 0,08 (0,05 - 0,16)	1	0,01

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		Sr-90 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Niedersachsen	2010	79	< 0,18 (< 0,08 - 0,60)	8	< 0,27 (< 0,02 - < 1,00)
	2011	63	< 0,16 (< 0,01 - 0,91)	7	< 0,44 (0,01 - < 1,00)
Nordrhein-Westfalen	2010	23	< 0,24 (< 0,03 - < 1,71)	5	< 0,05 (< 0,01 - 0,16)
	2011	20	< 0,13 (< 0,06 - < 0,23)	5	< 0,02 (< 0,01 - 0,05)
Rheinland-Pfalz	2010	6	< 0,07 (< 0,03 - < 0,10)	2	0,03 (0,02 - 0,03)
	2011	12	< 0,08 (< 0,03 - < 0,12)	2	0,02 (0,02 - 0,02)
Saarland	2010	2	< 0,20 (< 0,20 - < 0,20)		
	2011	2	< 0,20 (< 0,20 - < 0,20)		
Sachsen	2010	6	< 0,11 (< 0,07 - 0,21)	1	0,02
	2011	6	< 0,10 (< 0,08 - < 0,13)	1	0,02
Sachsen-Anhalt	2010	8	< 0,13 (< 0,11 - < 0,15)	2	< 0,02 (< 0,02 - < 0,02)
	2011	9	< 0,14 (< 0,11 - < 0,19)	2	< 0,02 (< 0,02 - < 0,02)
Schleswig-Holstein	2010	6	< 0,15 (< 0,13 - < 0,18)	1	< 0,04
	2011	5	< 0,13 (< 0,10 - < 0,14)	1	< 0,04
Thüringen	2010	3	< 0,09 (< 0,08 - < 0,09)	1	0,01
	2011	3	< 0,10 (< 0,10 - < 0,11)	1	< 0,01
Bundesrepublik (gesamt)	2010	199	< 0,20 (< 0,03 - 5,18)	29	< 0,10 (0,01 - < 1,00)
	2011	186	< 0,14 (< 0,01 - 2,14)	28	< 0,13 (< 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	2010	741	< 0,16 (< 0,002 - < 2,90)	70	< 0,13 (0,01 - 0,59)
	2011	652	< 0,14 (< 0,01 - 1,00)	69	< 0,15 (< 0,02 - 0,59)
Fruchtgemüse	2010	219	< 0,14 (< 0,03 - 2,0)	13	0,08 (0,02 - 0,22)
	2011	207	< 0,13 (< 0,02 - < 1,12)	11	< 0,05 (< 0,01 - 0,14)
Sprossgemüse	2010	229	< 0,13 (< 0,03 - 0,30)	16	< 0,05 (0,01 - 0,15)
	2011	252	< 0,13 (< 0,02 - < 0,33)	18	< 0,07 (0,01 - 0,31)
Wurzelgemüse	2010	173	< 0,14 (< 0,02 - 0,55)	17	0,13 (0,03 - 0,39)
	2011	186	< 0,14 (< 0,01 - 0,38)	20	< 0,12 (< 0,01 - 0,34)

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	2010	3	< 0,17	(< 0,08 - < 0,24)
	2011	6	< 0,15	(< 0,08 - < 0,20)
Wild-Blätterpilze	2010	24	< 27,6	(< 0,003 - 267)
	2011	45	< 31	(< 0,11 - 191)
Wild-Leisten- u. Trompetenpilze	2010	47	< 71,3	(0,73 - 321)
	2011	29	43,9	(0,25 - 387)
Wild-Röhrenpilze	2010	160	< 125	(< 0,14 - 1046)
	2011	132	132,5	(0,33 - 1360)
Sonstige Wildpilze	2010	11	< 14,1	(< 0,15 - 82,5)
	2011	16	< 99,9	(0,17 - 1147)
Wildpilzmischungen	2010	12	128	(8,81 - 332)
	2011	8	< 28,4	(< 0,07 - 104)

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	2010	15	< 0,14	(<0,06 - < 0,24)	-		
	2011	9	< 0,12	(0,01 - < 0,22)	1	0,05	(0,05 - 0,05)
Erdbeeren	2010	131	< 0,14	(< 0,01 - < 1,0)	9	0,03	(0,01 - 0,08)
	2011	97	< 0,12	(< 0,01 - < 0,20)	6	0,04	(0,02 - 0,05)
Johannisbeere	2010	28	< 0,13	(<0,05 - < 0,26)	2	0,03	(0,03 - 0,03)
	2011	20	< 0,12	(<0,07 - < 0,20)	2	0,05	(0,04 - 0,06)
Stachelbeere	2010	7	< 0,11	(<0,05 - < 0,20)	-		
	2011	3	< 0,11	(<0,08 - < 0,16)	-		
Tafelweintruben	2010	20	< 0,09	(<0,06 - < 0,20)	-		
	2011	16	< 0,10	(<0,07 - < 0,20)	-		
Wald- u. Wildbeeren	2010	16	< 0,73	(<0,84 - 5,58)	-		
	2011	19	< 7,79	(0,45 - 84,8)	-		
Kernobst	2010	205	< 0,13	(<0,03 - < 0,42)	15	< 0,02	(0,006 - 0,14)
	2011	213	< 0,13	(<0,02 - 0,35)	20	< 0,02	(0,001 - 0,05)

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		Sr-90 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Rhabarber	2010	16	< 0,09 (<0,04 - < 0,17)	-	
	2011	16	< 0,12 (<0,05 - < 0,20)	2	0,19 (0,04 - 0,34)
Steinobst	2010	112	< 0,13 (<0,03 - < 0,30)	11	0,03 (0,01 - 0,06)
	2011	109	< 0,12 (<0,01 - < 0,26)	11	< 0,04 (0,01 - 0,12)
Zitrusfrüchte	2010	11	< 0,12 (<0,06 - < 0,26)	-	
	2011	11	< 0,12 (<0,07 - < 0,15)	-	
Sonstige Obstarten	2010	7	< 0,14 (<0,08 - < 0,20)	-	
	2011	10	< 0,15 (<0,09 - < 0,22)	-	

- 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)
Bier	2011	3	< 0,19 (< 0,12 - < 0,30)
Gewürze	2010	1	< 0,93
	2011	1	< 0,13
Honig	2010	35	< 8,15 (< 0,08 - 89,1)
	2011	40	< 9,84 (< 0,01 - 113,00)
Schalenobst (Nüsse)	2010	6	< 0,39 (< 0,09 - 1,59)
	2011	4	< 0,15 (< 0,13 - < 0,17)
Ölsamen	2011	1	8,93
Sojasoße (Japan)	2011	2	< 0,15 (< 0,14 - < 0,16)
Tee	2010	1	3,60
	2011	2	< 47,53 (< 2,55 - 92,50)*

- Messung / Angabe nicht erforderlich bzw. nicht vorhanden

* Bei dem Maximalwert handelt es sich um eine Importprobe aus Japan

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

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

Jahr	Sr-90 (Bq/kg FM)			Cs-137 (Bq/kg FM)					
	Weizen	Kartoffeln	Kernobst	Rindfleisch	Schweinefleisch	Kalb- fleisch	Weizen	Kartoffeln	Kernobst
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 *
2011	< 0,14	< 0,13	< 0,02 *	< 0,58	< 0,24	< 0,82	< 0,13	< 0,14	< 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 2011 mit 0,23 Bq/(d • p) (d = Tag; p = 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 Bq/(d • 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 Bq/(a • p) [Vorjahr: 29 Bq/(a • p)]

Cs-137 : 84 Bq/(a • p) [Vorjahr: 91 Bq/(a • 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 Bq/(d • p) (d = Tag und p = Person)			Aktivitätszufuhr Sr-90 in Bq/(d • p) (d = Tag und p = Person)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
Januar	2010	60	< 0,33	(0,06 - 4,70)	15	0,08	(0,01 - 0,15)
	2011	64	< 0,19	(0,02 - < 0,43)	18	< 0,09	(0,03 - 0,39)
Februar	2010	58	< 0,27	(0,03 - 4,80)	6	< 0,06	(< 0,02 - 0,20)
	2011	53	< 0,18	(< 0,03 - < 0,44)	6	< 0,08	(0,04 - 0,19)
März	2010	69	< 0,24	(< 0,03 - 2,53)	6	0,06	(0,03 - 0,09)
	2011	65	< 0,19	(< 0,01 - 0,50)	4	0,11	(0,04 - 0,18)
April	2010	59	< 0,17	(< 0,03 - < 0,55)	15	< 0,09	(0,02 - 0,21)
	2011	59	< 0,45	(< 0,04 - 16,60)	18	0,07	(0,02 - 0,25)
Mai	2010	56	< 0,18	(< 0,02 - < 0,51)	5	< 0,05	(< 0,02 - 0,09)
	2011	63	< 0,17	(< 0,03 - < 0,48)	7	< 0,07	(0,03 - 0,12)
Juni	2010	57	< 0,22	(< 0,05 - 1,60)	4	0,13	(0,05 - 0,16)
	2011	53	< 0,25	(< 0,02 - 2,32)	3	0,15	(0,05 - 0,30)
Juli	2010	65	< 0,20	(< 0,01 - 0,87)	18	< 0,06	(0,02 - 0,18)
	2011	58	< 0,21	(< 0,03 - 1,00)	19	< 0,08	(0,02 - 0,19)
August	2010	60	< 0,20	(< 0,04 - 0,72)	6	< 0,06	(< 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)
September	2011	60	< 0,23 (< 0,03 - 2,12)	4	0,16 (0,04 - 0,36)
	2010	52	< 0,17 (0,03 - < 0,43)	2	0,07 (0,07 - 0,07)
	2011	56	< 0,23 (< 0,02 - 2,60)	6	0,06 (0,02 - 0,11)
Oktober	2010	61	< 0,20 (< 0,01 - 0,90)	17	< 0,10 (0,01 - 0,49)
	2011	61	< 0,26 (0,01 - 3,15)	15	0,07 (0,01 - 0,14)
November	2010	56	< 0,24 (0,04 - 2,00)	7	< 0,15 (< 0,02 - 0,27)
	2011	57	< 0,26 (< 0,05 - 3,30)	6	< 0,07 (< 0,02 - 0,12)
Dezember	2010	58	< 0,27 (< 0,06 - 3,40)	2	0,10 (0,08 - 0,13)
	2011	56	< 0,18 (0,02 - 0,54)	3	0,06 (0,02 - 0,09)
Jahr (gesamt)	2010	711	< 0,23 (< 0,01 - 4,80)	103	< 0,08 (0,01 - 0,49)
	2011	705	< 0,23 (< 0,01 - 16,60)	109	< 0,08 (0,01 - 0,39)

**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	2010	21	< 0,22 (< 0,02 - 2,40)	10	0,03 (0,01 - 0,07)
	2011	19	< 0,11 (< 0,02 - 0,27)	8	0,03 (0,01 - 0,07)
Februar	2010	22	< 0,25 (< 0,02 - 2,40)	5	< 0,02 (0,01 - < 0,02)
	2011	20	< 0,10 (< 0,02 - 0,27)	5	< 0,03 (0,02 - 0,07)
März	2010	20	< 0,11 (0,02 - < 0,24)	4	0,07 (0,03 - 0,11)
	2011	19	< 0,11 (< 0,01 - < 0,22)	6	< 0,04 (< 0,01 - 0,16)
April	2010	15	< 0,08 (< 0,01 - < 0,13)	6	< 0,02 (0,01 - 0,03)
	2011	19	< 0,12 (< 0,03 - 0,22)	6	< 0,04 (< 0,01 - 0,10)
Mai	2010	22	< 0,12 (0,02 - < 0,21)	1	0,02 (0,02 - 0,02)
	2011	24	< 0,12 (< 0,03 - 0,27)	1	0,02 (0,02 - 0,02)
Juni	2010	18	< 0,14 (< 0,02 - 0,60)	1	0,02 (0,02 - 0,02)
	2011	16	< 0,09 (< 0,03 - < 0,22)	1	0,04 (0,04 - 0,04)
Juli	2010	19	< 0,10 (< 0,02 - < 0,30)	6	0,02 (0,02 - 0,04)
	2011	21	< 0,13 (0,02 - 0,58)	6	0,03 (0,01 - 0,04)
August	2010	21	< 0,11 (< 0,01 - < 0,20)	3	< 0,02 (< 0,02 - 0,02)
	2011	27	< 0,15 (< 0,02 - 0,40)	6	< 0,03 (0,02 - 0,04)
September	2010	20	< 0,12 (0,02 - 0,33)	7	0,06 (0,02 - 0,14)
	2011	17	< 0,12 (< 0,01 - < 0,25)	4	0,05 (0,02 - 0,11)

Monat	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)			Sr-90 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
Oktober	2010	19	< 0,09	(< 0,02 - < 0,20)	2	0,02	(0,01 - 0,02)
	2011	21	< 0,09	(< 0,01 - < 0,21)	4	< 0,02	(0,01 - 0,05)
November	2010	21	< 0,15	(< 0,01 - 0,88)	1	0,02	(0,02 - 0,02)
	2011	21	< 0,12	(< 0,02 - 0,35)			
Dezember	2010	20	< 0,10	(< 0,02 - < 0,24)	1	0,02	(0,02 - 0,02)
	2011	15	< 0,11	(< 0,03 - < 0,21)	1	0,02	(0,02 - 0,02)
Jahr (gesamt)	2010	238	< 0,13	(< 0,01 - 2,40)	47	< 0,03	(0,01 - 0,14)
	2011	239	< 0,11	(< 0,01 - 0,58)	49	< 0,03	(0,01 - 0,16)

2.4.8 Pflanzliche Nahrungsmittel in der Umgebung von Anlagen nach Atomgesetz

(Foodstuffs of vegetable origin from the surroundings of facilities according to the Atomic Energy Act)

Die Aktivitätskonzentrationen in Pflanzen in der Umgebung Anlagen nach Atomgesetz 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 von Anlagen nach Atomgesetz: Gemüse
(Radioactivity of food of vegetable origin in the vicinity of facilities according to the Atomic Energy Act: vegetables)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2009		2010		2011	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
BADEN-WÜRTTEMBERG							
FZ Karlsruhe	Cs-137	14	< 0,05	24	< 0,07	21	< 0,05 (< 0,02 - < 0,11)
	Sr-90	2	0,08	8	< 0,05	4	< 0,04 (0,01 - 0,09)
KWO Obrigheim	Cs-137	9	< 0,07	8	< 0,06	9	< 0,05 (< 0,03 - < 0,08)
	Sr-90	7	0,12	4	0,09	6	0,09 (0,02 - 0,20)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	9	< 0,06	13	< 0,06	10	< 0,05 (< 0,02 - < 0,09)
	Sr-90	8	0,10	5	0,07	6	0,07 (0,02 - 0,12)
KKP Philippsburg	Cs-137	1	< 0,3	6	< 0,07	7	< 0,05 (< 0,03 - < 0,06)
	Sr-90	1	0,05	4	0,04	3	0,05 (0,02 - 0,07)
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	14	< 0,06	11	< 0,06	8	< 0,06 (< 0,05 - < 0,08)
	Sr-90	6	0,09	7	0,21	5	0,12 (0,03 - 0,45)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	4	< 0,04	6	< 0,04	9	< 0,05 (< 0,04 - < 0,09)
	Sr-90	2	0,13	4	< 0,12	5	0,12 (0,01 - 0,38)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2009		2010		2011	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
BAYERN							
KRB Gundremmingen	Cs-137	1	< 0,03	1	< 0,04	1	< 0,04
	Sr-90	1	0,11	1	0,15	1	0,05
KKI Isar	Cs-137	1	< 0,02	1	< 0,02	1	< 0,02
	Sr-90	1	0,09	1	0,13	1	0,07
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	3	< 0,06	3	< 0,04	3	< 0,05 (< 0,05 - < 0,06)
	Sr-90	3	< 0,07	4	< 0,13	3	< 0,08 (< 0,04 - 0,17)
Forschungsreaktor München	Cs-137	1	0,03	1	0,06	1	< 0,06
	Sr-90	1	0,09	1	0,05	1	< 0,03
BERLIN							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	13	< 0,19	17	< 0,14	16	< 0,18 (0,04 - 0,58)
	Sr-90	2	0,12	3	0,05	6	0,07 (0,03 - 0,16)
BRANDENBURG							
KKR Rheinsberg	Cs-137	17	< 0,14	10	< 0,17	12	< 0,15 (< 0,10 - < 0,18)
	Sr-90	17	0,23	10	0,29	12	0,22 (0,03 - 0,58)
HESSEN							
KWB Biblis	Cs-137	9	< 0,05	9	< 0,04	11	< 0,05 (< 0,02 - < 0,11)
	Sr-90	9	0,03	9	0,03	2	0,01 (0,01 - 0,01)
MECKLENBURG-VORPOMMERN							
KGR Greifswald	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
NIEDERSACHSEN							
KKS Stade	Cs-137	4	< 0,10	2	< 0,07	a	
	Sr-90	a		a		a	
KKU Unterweser	Cs-137	7	< 0,9	7	< 0,08	a	
	Sr-90	7	< 0,05	7	< 0,07	a	
KWG Grohnde	Cs-137	4	< 0,09	5	< 0,08	a	
	Sr-90	4	0,10	5	0,09	a	
KKE Emsland	Cs-137	6	< 0,11	7	< 0,10	a	
	Sr-90	6	0,09	7	0,09	a	

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2009		2010		2011	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Schacht Konrad II ^b	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
Schachtanlage Asse	Cs-137	3	< 0,07	3	< 0,17	a	
NORDRHEIN-WESTFALEN							
FZ Jülich	Cs-137	4	< 0,13	4	< 0,09	4	< 0,1 (< 0,09 - < 0,1)
	Sr-90	4	0,06	4	0,05	4	0,06 (0,02 - 0,09)
UAG Gronau	Fluor (mg/kg TM)	4	16,9	4	6,2	a	
	Uran (Bq/kg TM)	4	2,2	4	1,1	a	
	U-238 (Bq/kg TM)	1	< 0,3	a		a	
RHEINLAND-PFALZ							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90						
SACHSEN							
VKTA Rossendorf	Cs-137	1	< 0,13	1	< 0,14	1	< 0,14
	Sr-90	1	0,16	1	0,12	1	0,14
SACHSEN-ANHALT							
Endlager Morsleben	Cs-137	2	< 0,16	3	< 0,13	2	< 0,15 (< 0,14 - < 0,16)
	Sr-90	1	< 0,04	1	0,10	1	0,14
SCHLESWIG-HOLSTEIN							
GKSS Geesthacht	Cs-137	1	< 0,10	1	< 0,09	1	< 0,05
	Sr-90	1	0,13	1	0,10	1	0,05
KKB Brunsbüttel	Cs-137	1	< 0,05	1	< 0,04		
	Sr-90						
KKK Krümmel	Cs-137	1	< 0,08	1	< 0,07	1	< 0,05
	Sr-90	1	0,10	1	0,12	1	0,08

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 von Anlagen nach Atomgesetz: Getreide
(Radioactivity of foodstuffs of vegetable origin in the vicinity off facilities according to the Atomic Energy Act: cereals)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM						
		2009		2010		2011		
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)	
BADEN-WÜRTTEMBERG								
FZ Karlsruhe	Cs-137	7	<0,08	4	< 0,06	4	<0,07	(< 0,06 - < 0,07)
	Sr-90	4	0,17	2	0,10	2	0,15	(0,12 - 0,18)
KWO Obrigheim	Cs-137	4	<0,07	4	< 0,07	4	< 0,06	(< 0,04 - < 0,08)
	Sr-90	2	0,11	2	0,16	2	0,12	(0,10 - 0,14)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	4	< 0,06	4	< 0,06	4	<0,06	(< 0,05 - < 0,08)
	Sr-90	2	0,15	2	0,14	2	0,11	(0,09 - 0,13)
KKP Philippsburg	Cs-137	3	<0,08	2	<0,07	5	<0,07	(< 0,04 - < 0,12)
	Sr-90	2	0,09	1	0,09	4	0,10	(0,04 - 0,17)
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	5	<0,06	5	< 0,06	6	<0,06	(< 0,04 - < 0,07)
	Sr-90	2	0,19	2	0,17	2	0,26	(0,11 - 0,41)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	4	< 0,04	3	< 0,06	2	<0,06	(< 0,05 - < 0,06)
	Sr-90	1	0,15	2	0,14	1	0,13	
BAYERN								
KRB Gundremmingen	Cs-137	4	< 0,03	4	< 0,15	4	<0,03	(< 0,02 - 0,06)
	Sr-90	4	< 0,02	4	<0,04	4	<0,03	(< 0,01 - 0,10)
KKI Isar	Cs-137	5	< 0,05	5	< 0,08	5	<0,03	(< 0,02 - 0,05)
	Sr-90	5	<0,02	5	< 0,10	5	<0,08	(< 0,01 - 0,14)
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	2	< 0,04	2	< 0,04	2	<0,03	(< 0,03 - < 0,04)
	Sr-90	2	< 0,04	2	< 0,03	2	<0,04	(< 0,04 - 0,05)
Forschungsreaktor München	Cs-137	1	< 0,05	1	0,37	1	< 0,06	
	Sr-90	1	0,09	1	0,08	1	0,12	
BERLIN								
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	a		a		a		
HESSEN								
KWB Biblis	Cs-137	1	< 0,12	1	< 0,08	1	< 0,08	
	Sr-90	1	0,05	1	0,06			
MECKLENBURG-VORPOMMERN								
KGR Greifswald	Cs-137	5	< 0,11	8	< 0,13	5	<0,12	(< 0,08 - < 0,15)
	Sr-90	5	0,14	5	0,14	5	0,12	(0,07 - 0,14)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2009		2010		2011	
		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	< 0,14	2	< 0,08	a	
	Sr-90	2	0,14	2	0,16	a	
KKE Emsland	Cs-137	1	0,17	a		a	
	Sr-90	1	0,21	a		a	
Schacht Konrad II ^b	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
Schachtanlage Asse II	Cs-137			2	<0,16	a	
	Sr-90			2	0,07	a	
NORDRHEIN-WESTFALEN							
Zwischenlager Ahaus	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
FZ Jülich	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
UAG Gronau	Fluor (mg/kg TM)	20	<1,5	21	<1,6	a	
	Uran (Bq/kg TM)	21	< 0,23	21	< 0,23	a	
	U-238 (Bq/kg TM)	5	<0,3	6	< 0,2	a	
RHEINLAND-PFALZ							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
KKW Cattenom (Frankreich)	Cs-137			2	<0,06	1	< 0,03
	Sr-90			2	0,04	1	< 0,06
SACHSEN							
VKTA Rossendorf	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
SACHSEN-ANHALT							
Endlager Morsleben	Cs-137	3	< 0,15	4	< 0,18	4	<0,14 (< 0,11 - < 0,16)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2009		2010		2011	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
	Sr-90	1	0,08	2	0,14	2	0,10 (0,08 - 0,11)
SCHLESWIG-HOLSTEIN							
GKSS Geesthacht	Cs-137	1	< 0,13	1	< 0,13	1	< 0,15
	Sr-90	1	0,15	1	0,23	1	0,18
KKB Brunsbüttel	Cs-137	2	< 0,15	2	< 0,10	2	< 0,13 (< 0,12 - < 0,13)
	Sr-90	2	0,11	2	0,09	2	0,06 (0,03 - 0,09)
KKK Krümmel	Cs-137	2	< 0,12	2	< 0,09	2	< 0,06 (< 0,05 - < 0,08)
	Sr-90	2	0,32	2	0,20	2	0,27 (0,14 - 0,40)

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 von Anlagen nach Atomgesetz: Obst
(Radioactivity of foodstuffs of vegetable origin in the vicinity of facilities according to the Atomic Energy Act: fruit)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2009		2010		2011	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
BADEN-WÜRTTEMBERG							
FZ Karlsruhe	Cs-137	4	< 0,03	2	< 0,02	3	< 0,03 (< 0,02 - < 0,04)
	Sr-90	a		a		1	0,06
KWO Obrigheim	Cs-137	4	< 0,6	4	< 0,06	4	< 0,06 (< 0,03 - < 0,08)
	Sr-90	2	0,05	2	0,06	2	0,14 (0,12 - 0,16)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	3	< 0,05	3	< 0,05	3	< 0,06 (< 0,03 - < 0,08)
	Sr-90	2	0,15	2	0,06	1	0,23
KKP Philippsburg	Cs-137	3	< 0,08	3	< 0,08	4	< 0,06 (< 0,03 - < 0,1)
	Sr-90	1	0,02	1	0,02	1	0,01
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	4	< 0,04	5	< 0,04	4	< 0,03 (< 0,02 - < 0,04)
	Sr-90	4	0,02	4	0,03	4	< 0,02 (0,01 - 0,02)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	2	< 0,05	3	< 0,04	1	< 0,09
	Sr-90	1	0,11	1	0,07	a	
BAYERN							
KRB Gundremmingen	Cs-137	2	< 0,02	2	< 0,02	2	< 0,03 (< 0,03 - < 0,03)
	Sr-90	2	< 0,01	2	< 0,01	2	< 0,01 (< 0,01 - < 0,01)
KKI Isar	Cs-137	a		a			
	Sr-90	a		a			

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2009		2010		2011	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	2	<0,03	2	<0,04	2	<0,04 (<0,03 - <0,04)
	Sr-90	2	<0,03	2	<0,03	2	<0,04 (<0,04 - <0,04)
BERLIN							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	15	<0,10	7	<0,12	10	<0,12 (0,04 - <0,25)
	Sr-90	2	0,06	2	0,07	1	0,16
BRANDENBURG							
KKR Rheinsberg	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
HESSEN							
KWB Biblis	Cs-137	8	<0,04	11	<0,06	7	<0,05 (<0,01 - <0,11)
	Sr-90	8	0,04	9	0,03	2	0,12 (0,03 - 0,21)
MECKLENBURG-VORPOMMERN							
KGR Greifswald	Cs-137	4	<0,07	6	<0,07	4	<0,06 (<0,04 - <0,06)
	Sr-90	4	0,01	5	<0,03	4	0,02 (0,01 - 0,04)
NIEDERSACHSEN							
KKS Stade	Cs-137	6	<0,07	7	<0,06	4	0,06 (<0,04 - <0,07)
	Sr-90	a		a		a	
KKU Unterweser	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
KWG Grohnde	Cs-137	1	<0,05	a		a	
	Sr-90	1	0,02	a		a	
KKE Emsland	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
Schacht Konrad II ^c	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
Schachtanlage Asse II	Cs-137			4	<0,12	a	
	Sr-90			1	0,03	a	
NORDRHEIN-WESTFALEN							
FZ Jülich	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
UAG Gronau	Fluor (mg/kg TM)	2	b 1,5; 1,6	2	b <1,5; <1,5	a	

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2009		2010		2011	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
	Uran (Bq/kg TM)	2	b < 0,23; < 0,23	2	b < 0,23; < 0,23	a	
	U-238 (Bq/kg TM)	4	< 0,3 (Rha- barber)	4	< 0,2 (Rha- barber)	a	
RHEINLAND-PFALZ							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	1	< 0,02	5	< 0,02	5	< 0,02 (< 0,01 - < 0,03)
	Sr-90	a		a		a	
KKW Cattenom (Frankreich)	Cs-137			3	< 0,03	1	0,02
	Sr-90			3	< 0,01	1	0,01
SACHSEN							
VKTA Rossendorf	Cs-137	1	< 0,15	1	< 0,13	1	< 0,12
	Sr-90	1	0,02	1	0,02	a	
SACHSEN-ANHALT							
Endlager Morsleben	Cs-137	4	< 0,13	4	< 0,15	4	< 0,14 (< 0,12 - < 0,17)
	Sr-90	1	< 0,02	1	< 0,04	1	< 0,02
SCHLESWIG-HOLSTEIN							
KKK Krümmel	Cs-137	2	< 0,04	2	< 0,06	2	< 0,28 (< 0,07 - < 0,48)
	Sr-90	2	0,03	2	0,03	2	0,04 (0,03 - 0,05)

- 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 von Anlagen nach Atomgesetz: Kartoffeln
(Radioactivity of food stuffs of vegetable origin in the vicinity of facilities according to the Atomic Energy Act: potatoes)

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2009		2010		2011	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
BADEN-WÜRTTEMBERG							
FZ Karlsruhe	Cs-137	4	< 0,06	3	< 0,05	3	< 0,06 (< 0,04 - < 0,10)
	Sr-90	3	< 0,04	1	0,02	1	0,02
KWO Obrigheim	Cs-137	1	< 0,04	1	< 0,08	1	< 0,03
	Sr-90	1	0,02	1	0,04	a	
GKN Neckarwestheim	Cs-137	2	< 0,08	2	< 0,06	2	< 0,09 (< 0,06 - < 0,12)
	Sr-90	2	0,03	2	0,03	a	
KKP Philippsburg	Cs-137	a		2	< 0,08	1	< 0,06
	Sr-90	a		a		1	0,01

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2009		2010		2011	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	3	< 0,04	2	< 0,04	2	< 0,05 (< 0,04 - < 0,06)
	Sr-90	2	0,04	2	0,05	2	0,10 (0,05 - 0,12)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	3	< 0,03	2	< 0,03	2	< 0,04 (< 0,04 - < 0,05)
	Sr-90	3	0,04	2	0,02	a	
KKW Cattenom (Frankreich)	Cs-137			1	< 0,03	1	< 0,04
	Sr-90			1	0,03	1	0,32
BAYERN							
KRB Gundremmingen	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	1	< 0,05	a		a	
	Sr-90	1	< 0,02	a		a	
BERLIN							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	2	< 0,13	1	0,23	4	< 0,08 (< 0,06 - < 0,11)
	Sr-90	1	0,04	a		1	0,02
BRANDENBURG							
KKR Rheinsberg	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
HESSEN							
KWB Biblis	Cs-137	11	< 0,09	8	< 0,07	10	< 0,07 (< 0,03 - < 0,11)
	Sr-90	11	< 0,02	3	0,02	3	< 0,01 (< 0,01 - 0,02)
MECKLENBURG-VORPOMMERN							
KGR Greifswald	Cs-137	a		a		a	
	Sr-90	a		a		a	
NIEDERSACHSEN							
KKS Stade	Cs-137	a		1	< 0,08	a	
	Sr-90	a		a		a	
KKU Unterweser	Cs-137	1	< 0,14	1	< 0,13	a	
	Sr-90	1	< 0,02	1	< 0,02	a	
KWG Grohnde	Cs-137	1	< 0,07	1	< 0,08	a	
	Sr-90	1	0,04	1	0,03	a	
KKE Emsland	Cs-137	1	< 0,07	1	0,10	a	
	Sr-90	1	0,02	1	< 0,06	a	

LAND / Kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2009		2010		2011	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Schachtanlage Asse II	Cs-137	1	< 0,13	a		a	
NORDRHEIN-WESTFALEN							
FZ Jülich	Cs-137	2	< 0,1	2	< 0,1	2	< 0,1) (< 0,09 - < 0,1
	Sr-90	2	0,14	2	0,03	2	0,01 (0,01 - 0,02)
RHEINLAND-PFALZ							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	4	< 0,03	a		a	
	Sr-90	a		a		a	

a Messwerte lagen nicht vor

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

Die Leitstelle für Arzneimittel und deren Ausgangsstoffe sowie Bedarfsgegenstände überwacht routinemäßig vor allem Arzneimittelpflanzen bzw. Pflanzen, die als Ausgangsstoffe für Arzneimittel und Tees dienen. Im Jahr 2011 wurden die am höchsten belasteten Arzneimittelproben wie Island-Moos, Bitterkleeblätter und Gänsefingerkraut stichprobenartig untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2.5-1 zusammengefasst. Gewürze wie Honig, verschiedene Kerne und Samen wurden aus den handelsüblichen Läden gekauft.

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

Die Messdaten von pflanzlichen Ausgangsstoffen aus europäischen Ländern der Jahre 1998 - 2011 sind in den Tabellen 2.5-2 - 2.5-4 dargestellt. Bitterkleeblätter und Island-Moos zählten in den vergangenen Jahren zu den pflanzlichen Ausgangsstoffen mit den höchsten Cs-137-Kontaminationen.

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

Die spezifischen Aktivitäten des natürlich vorkommenden Radionuklids K-40 lagen mit maximal 960 Bq/kg (TM) bei Birkenkleeblättern und minimal 58 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.

In der Leitstelle wurden zusätzlich auch stichprobenartig verschiedene Nüsse und Kerne als Gewürze untersucht; die Ergebnisse sind in Tabelle 2.5-5 zusammengefasst.

Tabelle 2.5-1 Ermittelte Werte der spezifischen Aktivitäten von Cs-137 und K-40 in ausgewählten Arzneimittelpflanzen für das Jahr 2011
(Measured values of Cs-137 and K-40 specific activities in selected medicinal plants for the year 2011)

Artikel	Ursprungsland	K-40 in Bq/kg TM	Cs-137 in Bq/kg TM
Bitterkleeblätter, geschnitten	Polen	961 ± 22	81 ± 2,2
Gänsefingerkraut, geschnitten	Polen	793 ± 21	30 ± 1,1
Island-Moos, geschnitten	Serbien	58 ± 3,6	27 ± 0,1

Tabelle 2.5-2 Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Cs-137 und K-40 in Island-Moos für die Jahre 1998 bis 2011 mit Angabe des jeweiligen Herkunftslandes
(Annual mean value of Cs-137 and K-40 specific activities in iceland moss for the years 1998 - 2011 and indication of their country of origin)

Probenjahr	Ursprungsland	K-40 in Bq/kg TM	Cs-137 in 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
2011	Serbien	58 ± 3,6	27 ± 0,1

Tabelle 2.5-3 Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Cs-137 und K-40 in Bitterkleeblättern für die Jahre 1998 bis 2011 mit Angabe des jeweiligen Herkunftslandes
(Annual mean value of Cs-137 and K-40 specific activities in buckbean leaves for the years 1998 - 2011 and indication of their country of origin)

Probenjahr	Ursprungsland	K-40 in Bq/kg TM	Cs-137 in Bq/kg TM
1998	Rumänien	712 ± 44	42 ± 1,6
2005	Polen	925 ± 24	550 ± 15

Probenjahr	Ursprungsland	K-40 in Bq/kg TM	Cs-137 in Bq/kg TM
2006	Polen	794 ± 25	321 ± 8,3
2007	Polen	791 ± 51	225 ± 8,2
2009	Polen	859 ± 24	472 ± 11,8
2011	Polen	961 ± 22	81 ± 2,2

Tabelle 2.5-4 Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Cs137 und K-40 in Gänsefingerkraut für die Jahre 2000 bis 2011 mit Angabe des jeweiligen Herkunftslandes
(*Annual mean value of Cs-137 and K-40 specific activities in silverweed for the years 1998 - 2011 and indication of their country of origin*)

Probenjahr	Ursprungsland	K-40 in Bq/kg TM	Cs-137 in Bq/kg TM
2000	Polen	510 ± 15	52 ± 1,3
2001	Polen	535 ± 13	52 ± 1,1
2002	Polen	540 ± 16	58 ± 1,4
2003	Polen	659 ± 39	53 ± 2,8
2004	Polen	815 ± 35	37 ± 1,8
2005	Polen	478 ± 10	27 ± 1,0
2011	Polen	793 ± 21	30 ± 1,1

Tabelle 2.5-5 Ermittelte Werte der spezifischen Aktivitäten von Cs-137 und K-40 in verschiedenen ausgewählten Artikelproben für das Jahr 2011 durch den Einkauf in Deutschland
(*Measured values of Cs-137 and K-40 specific activities in different selected samples of articles for the year 2011*)

Artikel	Ursprungsland	K-40 in Bq/kg TM	Cs-137 in Bq/kg TM
Paranuskerne, gemahlen	Einkauf Deutschland	210 ± 16	< 1,15
Muskatnuss, gemahlen	Einkauf Deutschland	190 ± 5,5	0,35 ± 0,2
Macadamianuss, gemahlen	Einkauf Deutschland	115 ± 3,6	< 0,2
Pinienkerne, gemahlen	Einkauf Deutschland	300 ± 10,5	< 0,6

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 2011 liegen die Messergebnisse aus 91 Abwasserreinigungsanlagen zu Grunde. Die Messwerte für Abwässer beziehen sich auf gereinigte kommunale Abwässer (Klarwässer) aus den Abläufen der Kläranlagen und die Messwerte für Klärschlämme auf konditionierte oder stabilisierte Schlämme in der Form, in der sie die Kläranlagen verlassen, z. B. auf teilentwässerte Schlämme oder Faulschlämme.

In Tabelle 2.6-1 sind die ausgewerteten Daten zusammengefasst. Angegeben werden jeweils die Anzahl der untersuchten Proben, die Anzahl der untersuchten Proben mit Werten unterhalb der Nachweisgrenze, Minimal- und Maximalwerte, arithmetische Mittel- und zusätzlich die Medianwerte der Gehalte an K-40, Co-60, Cs-137, I-131, Sr-90 und den Uranisotopen. Zum Vergleich werden die Medianwerte des Vorjahres ebenfalls mit 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 von regionalen geologischen Gegebenheiten in weiten Grenzen. Die Messwerte im Jahr 2011 lagen im üblichen Bereich, z. B. im Klärschlamm für K-40 bis 1000 Bq/kg TM (Vorjahr bis 660 Bq/kg TM) und für U-234 und U-238 bis 160 bzw. 150 Bq/kg TM (Vorjahr 210 bzw. 200 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 1200 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: 33 Bq/kg TM; Maximalwert: 500 Bq/kg TM, Vorjahr 39 bzw. 1700 Bq/kg TM), in Einzelfällen auch das sehr kurzlebige Technetium-99m (Tc-99m; Maximalwert Klärschlamm: 480 Bq/kg TM) sowie Thallium-201 (Tl-201; Maximalwert: 40 Bq/kg TM), Thallium-202 (Tl-202; Maximalwert: 4,0 Bq/kg TM) und Indium-111 (In-111; Maximalwert: 5,9 Bq/kg TM). Im Klärschlamm der Kläranlage Stade wurde wie in den Vorjahren in einem Fall in geringer Konzentration Co-60 festgestellt (2,0 Bq/kg TM), in der Kläranlage Kaiserslautern sehr geringe Spuren von Plutonium-239 (0,03 Bq/kg TM). Dieser Wert liegt im zu erwar-

tenden Bereich und ist eine Folge der allgegenwärtigen Kontamination der Erdoberfläche durch den Fallout in der Zeit der atmosphärischen Kernwaffenversuche von 1945 bis etwa 1975. Anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass die nach dem Routinemessprogramm geforderte Nachweisgrenze 0,1 Bq/kg TM beträgt.

Von den infolge des Atomkraftwerkunfalls 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 bedingt sind. Das kurzlebige Cs-134 (Halbwertszeit ca. 2 Jahre), welches 1986 im Verhältnis zu Cs-137 von 0,5:1 freigesetzt worden war, war bis 2010 nicht mehr nachzuweisen. Durch den schweren kerntechnischen Unfall im Kernkraftwerk Fukushima Daiichi am 12.03.2011 wurden wiederum u. a. Cs-137 und Cs-134 freigesetzt, wobei das Isotopenverhältnis etwa 1:1 betrug. Obwohl nur sehr geringe Mengen dieser Isotope in den Niederschlägen in Deutschland festgestellt wurden, konnte in einigen Klärschlammproben erstmals auch wieder Cs-134 nachgewiesen werden. Der Maximalwert von 1,4 Bq/kg TM wurde am 11.07.2012 in der Kläranlage Meerbusch festgestellt.

Die im Vergleich zu der Zeit vor dem Atomkraftwerkunfall 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 99 % unterhalb der bei den Messungen erreichten Nachweisgrenzen. Als Nachweisgrenze dieses Radionuklids im Abwasser werden im Messprogramm für den Normalbetrieb (Routinemessprogramm) 0,1 Bq/l gefordert. Die für Cs-137 ermittelten Messwerte lagen im Jahr 2011 zwischen 0,019 und 0,12 Bq/l, bei einem Median von < 0,024 Bq/l (2010: zwischen 0,002 und 0,18 Bq/l). Die Messwerte für Sr-90 oberhalb der erreichten Nachweisgrenzen (54 % der Messwerte) lagen zwischen 0,00058 und 0,061 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 Atomkraftwerksunfall 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 2011 - wie seit bereits mehr als 15 Jahren - die Klärschlämme aus der Kläranlage Tannheim (Baden-Württemberg) mit 43 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, 47 und 43 Bq/kg TM. Bemerkenswerterweise wurde in zwei Proben auch Cs-134 festgestellt, Mittelwert 0,5 Bq/kg.

In Abbildung 2.6-1 sind für alle Bundesländer die Cs-137-Gehalte der Klärschlämme der letzten fünf 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 Thüringen. Im Zeitraum von 1988 bis 2011 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, 15 und 19 Bq/kg TM. Der zwischenzeitliche Anstieg des Jahresmittelwerts auf 21 Bq/kg TM im Jahr 2009 war bedingt durch einen Ausreißerwert in der Kläranlage Garching. 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 43 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 etwa 7 Bq/m² 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 0,04 %. 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.

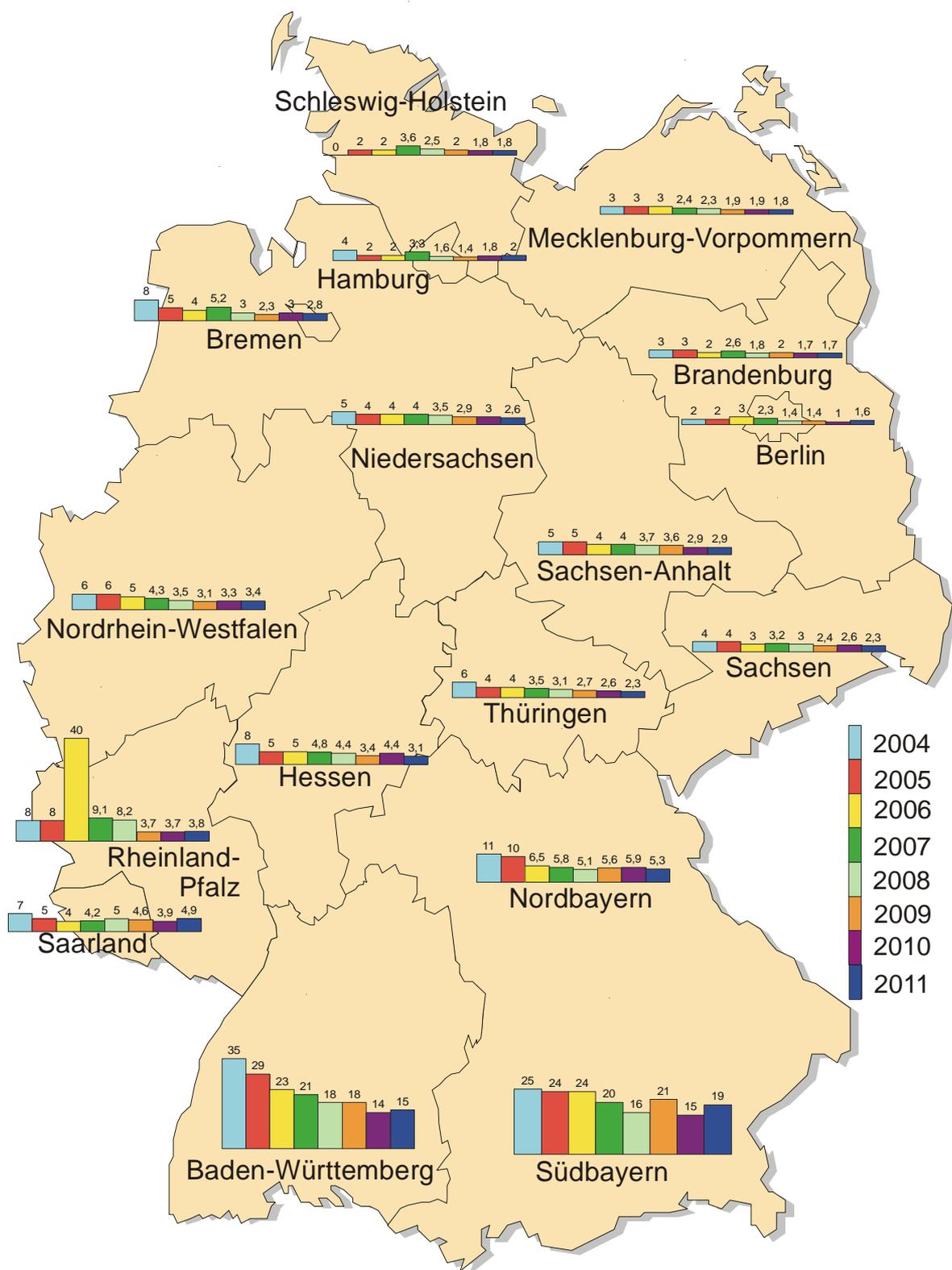


Abbildung 2.6-1 Cs-137 im Klärschlamm in Bq/kg TM (Jahresmittelwerte in den Bundesländern)
 (Cs-137 in sewage sludge in Bq/kg dry weight, annual mean values in the Federal states)

Tabelle 2.6-1 Allgemeine Überwachung von Abwasser und Klärschlamm im Jahr 2011 - Minimal-, Maximal- und Mittelwerte
(General surveillance of waste water and sewage sludge in the year 2011 - minimum, maximum, and mean values)

Land	Nuklid	2011						2010
		Anzahl Gesamt	Anzahl <NWG	Minimalwert ¹	Maximalwert ¹	Mittel-/ Einzelwert ¹	Median	Median
Abwasser aus Kläranlagen, Ablauf (Bq/l)								
Schleswig-Holstein	K-40	20	3	2,1	11	7	6,8	<0,75
	Co-60	20	20				<0,081	<0,089
	I-131	20	13	0,058	0,4		<0,12	<0,12
	Cs-137	20	20				<0,087	<0,087
	Sr-90	4	4				<0,1	<0,055
	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				<1,2	<1,9
	Co-60	4	4				<0,045	<0,059
	I-131	4	1	0,14	0,43	0,27	0,2	0,2
	Cs-137	4	4				<0,046	<0,064
	Sr-90	4	0	0,00058	0,001	0,00077	0,00073	0,0012
	U-234	1	1				<0,00016	0,00018
	U-235	1	1				<0,00012	<0,00009
	U-238	1	1				<0,00016	<0,00013
Niedersachsen	K-40	48	17	0,42	1	0,66	<0,65	0,68
	Co-60	48	48				<0,024	<0,026
	I-131	48	17	0,035	1,4	0,24	0,081	<0,08
	Cs-137	48	48				<0,02	<0,021
	Sr-90	6	5	0,011	0,011		<0,0076	0,0079
	U-234	4	2	0,001	0,0056	0,0033	0,001	0,0029
	U-235	4	4				<0,00051	<0,00056
	U-238	4	2	0,00094	0,0053	0,0031	0,00094	0,0011
Bremen	K-40	8	4	0,84	1,6	1,2	<0,95	0,84
	Co-60	8	8				<0,05	<0,052
	I-131	8	0	0,069	0,31	0,23	0,24	0,23
	Cs-137	8	8				<0,055	<0,065
	Sr-90	4	3	0,0082	0,0082		<0,027	<0,019
	U-234	4	0	0,0021	0,0051	0,0036	0,0036	0,013
	U-235	4	2	0,00033	0,00042	0,00038	<0,00098	<0,0066
	U-238	4	0	0,0029	0,005	0,0035	0,0031	0,0085
Nordrhein-Westfalen	K-40	40	29	0,5	2,6		<1,1	<1,2
	Co-60	40	40				<0,049	<0,053
	I-131	40	24	0,04	2,4		<0,13	<0,16
	Cs-137	40	39	0,12	0,12		<0,044	<0,053
	Sr-90	4	1	0,0038	0,061	0,042	0,061	0,02
	U-234	4	1	0,01	0,013	0,011	0,01	<0,0033
	U-235	4	4				<0,0031	<0,0027
	U-238	4	1	0,0055	0,0088	0,0075	0,0068	0,003
Hessen	K-40	20	19	0,67	0,67		<0,75	<0,98
	Co-60	20	20				<0,03	<0,039
	I-131	20	17	0,074	0,38		<0,1	<0,15
	Cs-137	20	20				<0,037	<0,037
	Sr-90	4	3	0,01	0,01		0,01	<0,039

Land	Nuklid	2011						2010
		Anzahl Gesamt	Anzahl <NWG	Minimalwert ¹	Maximalwert ¹	Mittel-/Einzelwert ¹	Median	Median
Abwasser aus Kläranlagen, Ablauf (Bq/l)								
Rheinland-Pfalz	K-40	20	10	0,49	3	1,4	0,72	0,83
	Co-60	20	20				<0,019	<0,027
	I-131	20	4	0,026	0,18	0,084	0,054	0,062
	Cs-137	20	20				<0,02	<0,025
	Sr-90	4	1	0,0019	0,0024	0,0022	0,0021	0,0018
	U-234	4	0	0,0017	0,02	0,014	0,017	0,012
	U-235	4	4				<0,0057	<0,028
	U-238	4	0	0,0018	0,019	0,013	0,015	0,011
Baden-Württemberg	K-40	73	7	0,21	0,79	0,45	0,46	0,5
	Co-60	73	73				<0,015	<0,018
	I-131	44	38	0,033	0,32		0,066	<0,039
	Cs-137	73	73				<0,013	<0,016
	Sr-90	4	4				<0,003	<0,002
	U-234	4	0	0,0027	0,014	0,006	0,0038	0,0012
	U-235	4	4				<0,00051	<0,00034
	U-238	4	0	0,0019	0,0084	0,0043	0,0034	0,001
Bayern	K-40	33	32	2	2		<1,5	<1,4
	Co-60	33	33				<0,091	<0,092
	I-131	33	27	0,23	0,35		0,26	<0,2
	Cs-137	33	33				<0,089	<0,09
	Sr-90	4	2	0,0032	0,004	0,0036	<0,0094	0,0038
	U-234	4	0	0,0053	0,019	0,011	0,01	0,013
	U-235	4	2	0,00037	0,00071	0,00054	<0,0044	0,0011
	U-238	4	0	0,0052	0,013	0,0094	0,0099	0,01
Saarland	K-40	8	0	0,45	1,1	0,76	0,76	0,71
	Co-60	8	8				<0,0075	<0,0097
	Cs-137	8	8				<0,0075	<0,01
	Sr-90	4	0	0,003	0,016	0,008	0,0066	0,0035
	U-234	4	0	0,0015	0,0044	0,0027	0,0025	0,0029
	U-235	4	4				<0,00029	<0,00021
	U-238	4	0	0,00092	0,0033	0,002	0,0018	0,0018
	Berlin	K-40	4	0	0,81	0,86	0,84	0,85
Co-60		4	4				<0,0016	<0,0013
I-131		4	4				<0,019	<0,017
Cs-137		4	3	0,0019	0,0019		<0,0019	<0,0016
Sr-90		4	0	0,002	0,0041	0,0028	0,0026	0,0025
U-234		4	0	0,0023	0,0051	0,0036	0,0036	0,0031
U-235		4	0	0,000096	0,00036	0,0002	0,00017	0,00018
U-238		4	0	0,0022	0,0053	0,0034	0,003	0,0031
Brandenburg	K-40	32	7	0,6	5	1,4	0,83	0,83
	Co-60	32	32				<0,021	<0,017
	I-131	32	18	0,03	0,73		<0,056	<0,068
	Cs-137	32	29	0,002	0,0029		<0,02	<0,017
	Sr-90	12	0	0,002	0,01	0,004	0,0036	0,0028
	U-234	12	1	0,0007	0,008	0,0029	0,002	0,0013
	U-235	12	6	0,000076	0,0006	0,00027	<0,00022	<0,0002
	U-238	12	1	0,0004	0,008	0,0025	0,0015	<0,001
Mecklenburg-Vorpommern	K-40	20	0	0,2	1,1	0,66	0,64	0,7
	Co-60	20	20				<0,011	<0,01
	I-131	20	6	0,016	1,3	0,25	0,12	0,073
	Cs-137	20	20				<0,0078	<0,0075
	Sr-90	4	0	0,0026	0,023	0,0095	0,0061	<0,0032
	U-234	4	2	0,0084	0,01	0,0092	0,0084	<0,017
	U-235	4	4				<0,0032	<0,0055
	U-238	4	2	0,0077	0,015	0,011	0,0077	<0,013

Land	Nuklid	2011						2010
		Anzahl Gesamt	Anzahl <NWG	Minimalwert ¹	Maximalwert ¹	Mittel-/ Einzelwert ¹	Median	Median
Sachsen	K-40	20	7	0,51	1,7	0,8	0,77	0,76
	Co-60	20	20				<0,065	<0,068
	I-131	18	6	0,094	0,38	0,17	0,12	<0,083
	Cs-137	20	20				<0,06	<0,059
	Sr-90	4	3	0,008	0,008		<0,013	<0,013
	U-234	4	0	0,0036	0,021	0,014	0,015	0,012
	U-235	4	4				<0,0019	0,0022
	U-238	4	0	0,0029	0,019	0,012	0,013	0,012
Sachsen-Anhalt	K-40	20	3	0,31	1,8	0,77	0,7	0,53
	Co-60	20	20				<0,0097	<0,0097
	I-131	20	5	0,015	0,41	0,098	0,041	0,049
	Cs-137	20	20				<0,0097	<0,0095
	Sr-90	4	4				<0,055	<0,1
	U-234	4	0	0,0082	0,029	0,019	0,02	0,016
	U-235	6	1	0,0013	0,028	0,0076	<0,0015	<0,0006
	U-238	4	0	0,0068	0,37	0,085	0,017	0,014
Thüringen	K-40	20	12	0,92	2,5		1,1	<1,1
	Co-60	20	20				<0,069	<0,063
	I-131	20	15	0,16	0,96		<0,0194	<0,013
	Cs-137	20	20				<0,072	<0,069
	Sr-90	4	4				<0,0029	0,0036
	U-234	4	0	0,021	0,075	0,047	0,046	0,037
	U-235	4	2	0,0015	0,0038	0,0027	<0,002	<0,0022
	U-238	4	0	0,012	0,044	0,027	0,025	0,018
Bundesrepublik Deutschland	K-40	390	154	0,2	11	1,2	<0,75	<0,79
	Co-60	390	390				<0,027	<0,032
	I-131	351	195	0,015	2,4		0,098	<0,099
	Cs-137	390	385	0,0019	0,12		<0,024	<0,028
	Sr-90	74	34	0,00058	0,061	0,0077	0,0048	<0,0044
	U-234	65	11	0,0007	0,075	0,011	0,0051	0,0051
	U-235	67	46	0,000076	0,028		<0,00062	<0,001
	U-238	66	11	0,0004	0,37	0,015	0,0048	0,0043
Klärschlamm (Bq/kg TM)								
Schleswig-Holstein	K-40	20	0	56	150	91	84	74
	Co-60	20	20				<0,56	<0,6
	I-131	20	1	0,84	130	41	23	25
	Cs-134	20	20				<0,53	
	Cs-137	20	3	0,65	4,8	1,8	1,2	1,2
	Sr-90	4	0	2,9	3,9	3,3	3,3	3,1
	U-234	4	0	13	16	15	15	13
	U-235	4	4				<5	<5
Hamburg	K-40	8	0	91	540	290	270	290
	Co-60	8	8				<1,2	<1,1
	I-131	8	0	14	59	34	33	31
	Cs-134	8	8				<1,1	
	Cs-137	8	2	0,79	3,3	2	2,2	2,1
	Sr-90	4	0	0,94	1,4	1,1	1,1	1,2
	U-234	3	0	15	19	17	16	17
	U-235	3	0	0,71	3,6	1,7	0,76	0,74
U-238	3	0	14	17	15	15	16	

Land	Nuklid	2011						2010
		Anzahl Gesamt	Anzahl <NWG	Minimalwert ¹	Maximalwert ¹	Mittel-/Einzelwert ¹	Median	Median
Niedersachsen	K-40	40	0	41	1000	240	94	99
	Co-60	40	39	2	2		<1,1	<0,39
	I-131	40	0	3,9	1500	180	62	83
	Cs-134	40					<0,95	
	Cs-137	40	7	0,84	8,9	2,6	1,7	1,9
	Sr-90	4	1	2,1	2,3	2,2	2,1	1,5
	U-234	4	0	13	32	23	23	22
	U-235	4	1	0,25	1,2	0,72	0,48	0,93
	U-238	4	0	12	26	19	19	19
Bremen	K-40	8	0	200	430	320	320	390
	Co-60	8	8				<2,1	<2,5
	I-131	8	0	16	160	73	56	81
	Cs-134	8	8				<2	
	Cs-137	8	5	2,4	3,3	2,8	2,8	3,5
	Sr-90	4	2	1,3	2,3	1,8	<1,7	<1,8
	U-234	4	0	15	18	17	17	13
	U-235	4	2	1	4,2	2,6	<2,5	<2,5
	U-238	4	0	10	17	13	13	11
Nordrhein-Westfalen	K-40	40	0	48	480	190	120	120
	Co-60	40	40				<0,33	<0,3
	I-131	40	1	2,2	370	80	45	41
	Cs-134	40	35	0,3	1,4		0,4	
	Cs-137	40	2	0,94	8,8	3,4	2,7	2,7
	Sr-90	4	0	1,1	4,4	2,9	3,1	1,8
	U-234	4	0	36	44	41	42	40
	U-235	4	0	1,2	1,9	1,6	1,6	1,5
	U-238	4	0	28	38	33	33	30
Hessen	K-40	20	0	59	150	110	120	130
	Co-60	20	20				<0,92	<0,97
	I-131	20	1	3,6	200	50	29	46
	Cs-134	20	20				<0,92	
	Cs-137	20	6	1,5	5,7	3,1	<2	2,5
	U-234	4	0	27	150	85	82	96
	U-235	4	0	0,89	5,9	3,2	3	2,9
	U-238	4	0	21	100	58	56	64
	Rheinland-Pfalz	K-40	20	0	100	240	170	180
Co-60		20	20				<0,61	<0,65
I-131		20	1	1,1	210	38	17	19
Cs-134		20	20				<0,63	
Cs-137		20	4	1,2	8,5	3,8	3,2	2,7
Sr-90		4	0	0,73	2,1	1,3	1,1	1,2
U-234		4	0	44	100	78	84	90
U-235		4	0	1,6	13	5,7	4,2	2,8
U-238		4	0	34	61	51	55	55
Baden-Württemberg	K-40	40	0	59	420	170	160	160
	Co-60	40	40				<0,43	<0,5
	I-131	40	100	2,5	680	70	13	17
	Cs-134	40	31	0,3	0,68		0,46	
	Cs-137	40	0	1,8	58	15	6,9	8,4
	Sr-90	2	0	1,3	1,6	1,5	1,5	1
	U-234	4	0	29	55	41	40	75
	U-235	4	1	0,96	2,5	1,8	2	2,8
	U-238	4	0	22	52	35	32	58
Baden-Württemberg (West ²)	Co-60	28	28				<0,39	<0,46
	Cs-137	28	0	1,8	58	8,7	5	4,5
	Sr-90	1	0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,2
Baden-Württemberg (Ost ³)	Co-60	12	12				<0,58	<0,57
	Cs-137	12	0	7,9	51	31	33	31
	Sr-90	1	0	1,3	1,3	1,3	1,3	1

Land	Nuklid	2011						2010
		Anzahl Gesamt	Anzahl <NWG	Minimalwert ¹	Maximalwert ¹	Mittel-/ Einzelwert ¹	Median	Median
Bayern	K-40	33	0	71	680	240	190	220
	Co-60	33	33				<1,7	<1,4
	I-131	33	3	4,3	210	48	38	40
	Cs-134	33	33				<1,5	
	Cs-137	33	4	3,2	85	15	7,4	7,5
	Sr-90	4	0	3	11	5,1	3,5	2,6
	U-234	4	0	27	120	73	72	33
	U-235	4	1	1,3	4,7	3,4	2,7	4
U-238	4	0	28	100	67	69	31	
Bayern (Nord ²)	Co-60	13	13				<2,1	<1,7
	Cs-137	13	4	3,2	7,7	5,3	4,7	5,2
	Sr-90	2	0	3,2	11	6,9	6,9	4
Bayern (Süd ³)	Co-60	20	20				<1,6	<1,3
	Cs-137	20	0	4	85	19	15	15
	Sr-90	2	0	3	3,7	3,3	3,3	2,6
Saarland	K-40	8	0	120	380	230	210	200
	Co-60	8	8				<0,36	<0,4
	I-131	8	0	1,5	56	19	20	11
	Cs-134	8	8				<0,35	
	Cs-137	8	0	1,1	10	4,9	4,5	3,7
	Sr-90	2	0	2	2,8	2,4	2,4	2,6
	U-234	4	0	57	100	71	63	65
	U-235	4	0	1,7	3	2,2	2,1	2,1
U-238	4	0	39	79	52	46	49	
Berlin	K-40	4	0	57	110	80	78	64
	Co-60	4	4				<0,87	<0,75
	I-131	4	0	88	160	120	110	72
	Cs-134	4	4				<0,85	
	Cs-137	4	2	1,4	1,8	1,6	1,5	0,76
	Sr-90	2	0	0,55	1,2	0,88	0,88	1,4
	U-234	2	0	17	18	17	17	14
	U-235	2	0	0,75	0,95	0,85	0,85	0,49
U-238	2	0	15	16	15	15	12	
Brandenburg	K-40	32	0	29	200	92	84	98
	Co-60	32	32				<0,28	<0,28
	I-131	32	1	4,2	350	79	40	50
	Cs-134	31	31				<0,34	
	Cs-137	32	0	0,63	6,4	1,7	1,3	1
	Sr-90	10	0	1	4	2,7	2,6	2
	U-234	10	0	8	50	31	26	20
	U-235	10	0	0,4	3	1,5	1,1	0,9
U-238	10	0	8	40	28	19	19	
Mecklenburg-Vorpommern	K-40	20	0	52	160	110	110	120
	Co-60	20	20				<0,25	<0,23
	I-131	20	1	12	400	130	89	78
	Cs-134	20	17	0,11	0,24		<0,26	
	Cs-137	20	0	0,24	5,4	1,8	1,5	1,7
	Sr-90	4	0	1,9	18	9,9	9,9	3,1
	U-234	4	0	14	34	22	19	18
	U-235	4	0	0,58	1,4	1	1	1,2
U-238	4	0	14	33	21	18	16	
Sachsen	K-40	20	0	68	190	130	120	130
	Co-60	20	20				<0,54	<0,52
	Cs-134	20	19	0,21	0,21		<0,58	
	Cs-137	20	3	1	5,6	2,3	<1,7	2,3
	Sr-90	4	0	1	1,8	1,4	1,3	1,8
	U-234	4	0	71	160	110	100	63
	U-235	4	0	1,6	5,2	3,3	3,2	2,1
U-238	4	0	54	130	86	80	60	

Land	Nuklid	2011						2010
		Anzahl Gesamt	Anzahl <NWG	Minimalwert ¹	Maximalwert ¹	Mittel-/Einzelwert ¹	Median	Median
Sachsen-Anhalt	K-40	20	0	39	400	180	140	140
	Co-60	20	20				<0,22	<0,2
	I-131	20	0	0,62	220	41	15	3
	Cs-134	20	20				<0,21	
	Cs-137	20	0	0,88	8,4	2,9	1,9	2,1
	Sr-90	4	3	3,5	3,5		3,5	<5
	U-234	4	0	40	90	75	86	98
	U-235	17	1	1,9	7,6	4,6	4	4,5
	U-238	19	0	23	150	80	68	69
Thüringen	K-40	20	0	100	320	210	220	210
	Co-60	20	20				<0,42	<0,48
	I-131	20	3	0,99	220	70	36	44
	Cs-134	20	20				<0,46	
	Cs-137	20	0	0,95	4,5	2,3	2,1	2,4
	Sr-90	4	0	0,94	1,7	1,2	1,1	1,1
	U-234	4	0	53	120	72	59	84
	U-235	4	0	1,8	2,7	2	1,8	2,7
	U-238	4	0	32	60	41	36	49
Bundesrepublik Deutschland	K-40	353	0	29	1000	180	130	140
	Co-60	353	352	2	2		<0,54	<0,49
	I-131	333	22	0,62	1500	80	33	39
	Cs-134	352	334	0,11	1,4		<0,53	
	Cs-137	353	37	0,24	85	5,3	2,7	2,6
	Sr-90	60	6	0,55	18	2,9	2	<2
	U-234	67	0	8	160	49	36	34
	U-235	80	10	0,25	13	2,8	1,9	2
	U-238	82	0	8	150	47	33	30
Bundesrepublik Deutschland (Nord ²)	Co-60	321	320	2	2		<0,52	<0,45
	Cs-137	321	304	0,24	58	3,3	2,4	2,4
	Sr-90	57	6	0,55	18	2,9	1,9	1,8
Bundesrepublik Deutschland (Süd ³)	Co-60	32	32				<1,1	<0,99
	Cs-137	32	0	4	85	23	18	16
	Sr-90	3	0	1,3	3,7	2,7	3	2,5

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 wird auf Teil A - II - 2.7 verwiesen. Unter dem Begriff „Abfälle“ werden an dieser Stelle nicht nur Abfälle (zur Beseitigung) sondern auch wieder verwertbare Reststoffe verstanden, da Abfälle je nach Art der Behandlung auch wieder einer Nutzung zugeführt werden können. Zu überwachen sind nach dem Messprogramm für den Normalbetrieb folgende Medien:

- Sickerwasser und oberflächennahes Grundwasser von Hausmülldeponien,
- Asche, Schlacke, feste und flüssige Rückstände aus Rauchgasreinigungen von Verbrennungsanlagen für Klärschlamm und Hausmüll, sowie
- in den Handel gelangender Kompost aus Kompostierungsanlagen.

Die im Jahr 2011 von den amtlichen Messstellen der Bundesländer übermittelten und in der Leitstelle ausgewerteten Daten sind in Tabelle 2.7-1 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 Cs-137, I-131, K-40 und H-3. Bei der Auswertung von Cs-137 wurde zwischen Probenahmeorten 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 Bay-

ern 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 anders als im Vorjahr noch Unterschiede zwischen dem nördlichen und dem südlichen Teil Deutschlands zu bemerken. Die Maximalwerte liegen bei 0,48 Bq/l bzw. 0,32 Bq/l (2010: 0,30 Bq/l bzw. 0,34 Bq/l), der Median für die gesamte Bundesrepublik beträgt 0,047 Bq/l (2010: 0,054 Bq/l).

Bei dem natürlich vorkommenden Nuklid K-40 liegt die Konzentration im Bereich von 0,084 Bq/l bis 100 Bq/l, der Median bei 13 Bq/l (2010: 0,11 bis 72 Bq/l, Median: 16 Bq/l).

H-3 wurde in 78 % der untersuchten Proben mit Werten zwischen 5 Bq/l und 580 Bq/l (2010: 5,6 bis 220 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 310 Bq/kg TM (2010: 280 Bq/kg TM), für das Gebiet der übrigen Bundesrepublik liegt er bei 110 Bq/kg TM (2010: 71 Bq/kg TM).

Die spezifische Aktivität des natürlich vorkommenden Nuklids K-40 liegt im Bereich von 31 Bq/kg TM bis 3200 Bq/kg TM, der Median bei 1000 Bq/kg TM (2010: 140 bis 3500 Bq/kg TM, Median: 1200 Bq/kg TM).

Co-60 wurde in sehr geringer spezifischer Aktivität in einer Probe aus der MVA Büddenstedt (Niedersachsen, 0,58 Bq/kg TM) gemessen (2010: Nieders.: 0,30 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 0,3 Bq/kg TM bis 39 Bq/kg TM (2010: 0,28 bis 640 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 40 Bq/kg TM (2010: 37 Bq/kg TM). Der gemessene Wert südlich/östlich liegt bei 14 Bq/kg TM (2010: 9,5 Bq/kg TM).

Für K-40 wurden Messwerte von 36 Bq/kg TM bis 1700 Bq/kg TM (2010: 60 bis 1600 Bq/kg TM) angegeben, für I-131 wurden Werte von 0,65 Bq/kg TM bis 41 Bq/kg TM (2010: 0,48 bis 43 Bq/kg TM) mitgeteilt.

Auch in einer Probe Rohschlacke aus der o.g. MVA wurden Spuren von Co-60 (0,48 Bq/kg TM) festgestellt (2010: 0,33 Bq/kg TM).

Bei den **festen Rückständen aus Rauchgasreinigungsanlagen** (Gips und Sorptionsprodukte) liegt der Median des Cs-137-Gehaltes für die Gebiete südlich/östlich der Linie Radolfzell-Eichstätt-Regensburg-Zwiesel bei 44 Bq/kg TM (2010: 27 Bq/kg TM). Für die Länder nördlich dieser Linie konnte in 69 % der untersuchten Proben Cs-137 nachgewiesen werden, bei einem Median von 2 Bq/kg TM (2010: 2,2 Bq/kg TM).

Die K-40-Messwerte liegen im Bereich von 3,1 Bq/kg TM bis 1800 Bq/kg TM (2010: 3,1 bis 1600 Bq/kg TM) mit einem Median von 100 Bq/kg TM (2010: 120 Bq/kg TM). Für I-131 wurden Messwerte von 0,27 Bq/kg TM bis 520 Bq/kg TM (2010: 0,37 bis 1100 Bq/kg TM) ermittelt.

Bei den **flüssigen Rückständen aus Rauchgasreinigungsanlagen** liegen die ermittelten Wert für Cs-137 im Bereich von 0,067 Bq/l bis 1,4 Bq/l, in den höher belasteten Gebieten unterhalb der gefundenen Nachweisgrenze (2010: ebenfalls alle Werte kleiner Nachweisgrenze), für das Gebiet der Bundesrepublik wurde ein Median von <0,081 Bq/l (2010: <0,092 Bq/l) berechnet.

I-131 wurde in 25 von 28 untersuchten Proben mit Werten zwischen 0,27 Bq/l und 1300 Bq/l (2010: 0,19 und 1300 Bq/l) angegeben, der Median liegt bei 3,1 Bq/l (2010: 7,4 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 15 Bq/kg TM bis 52 Bq/kg TM (2010: 22 bis 48 Bq/kg TM) mit einem Median von 30 Bq/kg TM (2010: 39 Bq/kg TM). In den Gebieten nördlich davon liegen die ermittelten Werte zwischen 2 Bq/kg TM und 19 Bq/kg TM (2010 1,9 bis 14 Bq/kg TM), der Median liegt bei 6,1 Bq/kg TM (2010: 5,8 Bq/kg TM).

Die spezifische Aktivität des natürlich vorkommenden Nuklids K-40 liegt im Bereich von 290 Bq/kg TM bis 750 Bq/kg TM, der Median bei 480 Bq/kg TM (2010: 200 bis 980 Bq/kg TM, Median: 490 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 von Abfällen im Jahr 2011
(*Monitoring of wastes in the year 2011*)

Land	Nuklid	Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ¹	Maximal- wert ¹	Mittel- ¹ einzelwert	Median	Median 2010
Sickerwasser (Bq/l)								
Nord ²	Cs-137	58	31	0,0058	0,48		0,04	<0,047
Süd ³	Cs-137	6	0	0,09	0,32	0,17	0,14	0,11
Alle Länder	K-40	64	7	0,084	100	19	13	16
	H-3	64	14	5	580	61	20	23
Flugasche / Filterstaub (Bq/kg TM)								
Nord ²	Cs-137	43	1	0,39	110	20	15	15
Süd ³	Cs-137	3	0	170	310	250	290	260
Alle Länder	K-40	46	0	31	3200	1200	1000	1200
	Co-60	46	45			0,58	<0,27	<0,81
	I-131	42	22	0,3	39		0,88	<1,3
Schlacke (Bq/kg TM)								
Nord ²	Cs-137	63	2	0,16	40	3,2	1,5	1,2
Südl ³	Cs-137	3	0	7,5	14	10	9,6	6,8
Alle Länder	K-40	66	0	36	1700	360	290	280
	Co-60	66	65			0,48	<0,2	<0,16
	I-131	60	54	0,65	41		<0,34	<0,27
Feste Rückstände der Rauchgasreinigung (Bq/kg TM)								
Nord ²	Cs-137	39	12	0,23	38	14	2	2,2
Süd ³	Cs-137	3	0	4,9	110	54	44	27
Alle Länder	K-40	42	5	3,1	1800	530	100	120
	I-131	40	10	0,27	520	64	3,5	3,1
Flüssige Rückstände der Rauchgasreinigung (Bq/l)								
Nord ²	Cs-137	26	19	0,067	1,4		<0,079	<0,092
Süd ³	Cs-137	2	2				<0,11	<0,097
Alle Länder	K-40	28	8	0,64	46	11	4	5,0
	I-131	28	3	0,27	1300	110	3,1	7,4
Kompost (Bq/kg TM)								
Nord ²	Cs-137	70	0	2	19	6,5	6,1	5,8
Süd ³	Cs-137	4	0	15	52	32	30	39
Alle Länder	K-40	74	0	290	750	480	480	490

- 1 Liegen mehr als 50 % der gemessenen Werte unterhalb der Nachweisgrenze, werden nur der Minimalwert und 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 zw. westliche der Linie Radolfzell-Eichstätt-Regensburg-Zwiesel
- 3 Südlich bzw. östlich der Linie Radolfzell-Eichstätt-Regensburg-Zwiesel

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 Körperaktivitäten von Cs-137 und Cs-134 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 verstanden, in denen Messwerte vorliegen. Dargestellt sind die Ergebnisse der Ganzkörpermessstelle der Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS am Standort Neuherberg für die Referenzgruppe München sowie der Messstelle des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Die übrigen Messstellen haben die Messungen an Referenzgruppen größtenteils eingestellt. Ein Trend für den Gehalt an Cs-137 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 (getrennt für Frauen und Männer) an verschiedenen Orten in Deutschland zusammengefasst dargestellt. Es ist die bis zu einem bestimmten Zeitpunkt erreichte kumulierte Dosis aus inkorporiertem Cs-137 angegeben. Dieser Dosiswert ergibt sich aus der fortlaufenden Summierung der monatlichen effektiven Dosen. Allerdings liegen die Messergebnisse in den letzten Jahren überwiegend unterhalb der Erkennungsgrenze der Messanlagen, so dass die effektiven Dosen Maximalwerte darstellen. Für Männer aus dem Raum München z. B. beträgt diese kumulierte Dosis für die 25 Jahre seit dem Unfall in Tschernobyl maximal 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
2011	322	53	1,13	282	56	0,9
Monatsmittelwerte für 2011						
Januar	24	53	1,2	19	53	1,0
Februar	32	58	1,1	26	60	0,9
März	32	56	1,1	32	56	1,0
April	30	51	1,1	26	56	0,9
Mai	30	54	1,2	25	56	0,9
Juni	24	50	1,1	27	56	0,9
Juli	26	51	1,1	20	55	0,9
August	25	53	1,2	23	55	0,9
September	30	51	1,1	23	55	0,9
Oktober	12	50	1,1	14	53	1,0
November	24	49	1,2	19	54	0,9
Dezember	33	52	1,1	28	58	0,9

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

Messstelle: Forschungszentrum Karlsruhe

Jahr Monat	Frauen			Männer		
	Zahl der Personen	spezifische Aktivität in Bq/kg		Zahl der Personen	spezifische Aktivität in Bq/kg	
		K-40	Cs-137		K-40	Cs-137
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
2011	70	47	0,10	91	65	0,10
Monatsmittelwerte für 2011						
Januar	5	46	0,07	6	69	0,09
Februar	7	48	0,03	7	66	0,10
März	6	51	0,14	9	67	0,18
April	8	48	0,14	6	69	0,09
Mai	6	48	0,08	8	66	0,06
Juni	2	41	0,04	6	61	0,05
Juli	5	45	0,06	8	65	0,05
August	5	46	0,11	9	64	0,09
September	7	47	0,14	9	62	0,11
Oktober	6	45	0,07	8	65	0,14
November	8	46	0,18	9	62	0,10
Dezember	5	48	0,12	6	60	0,09

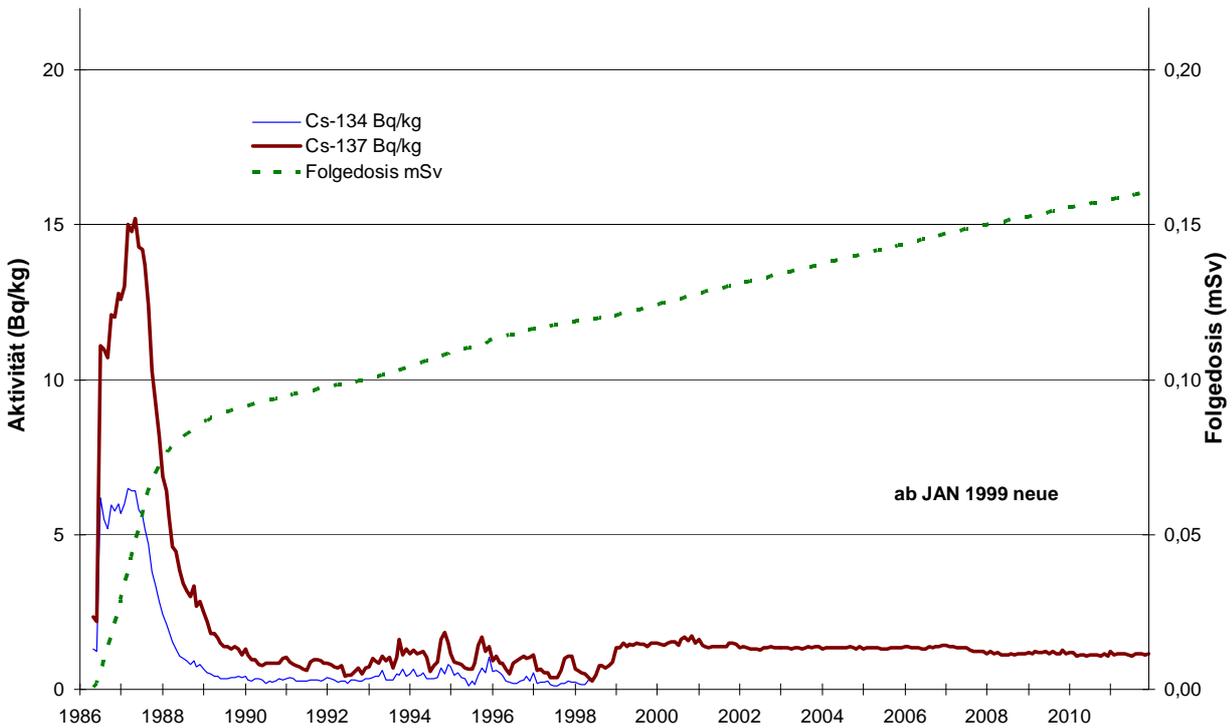


Abbildung 2.8-1 Inkorporiertes Cs-134, Cs-137 und resultierende Strahlenexposition
 Referenzgruppe: BfS-München, Frauen
*(Incorporated radiocesium and resulting radiation exposure
 Reference group: BfS Munich, women)*

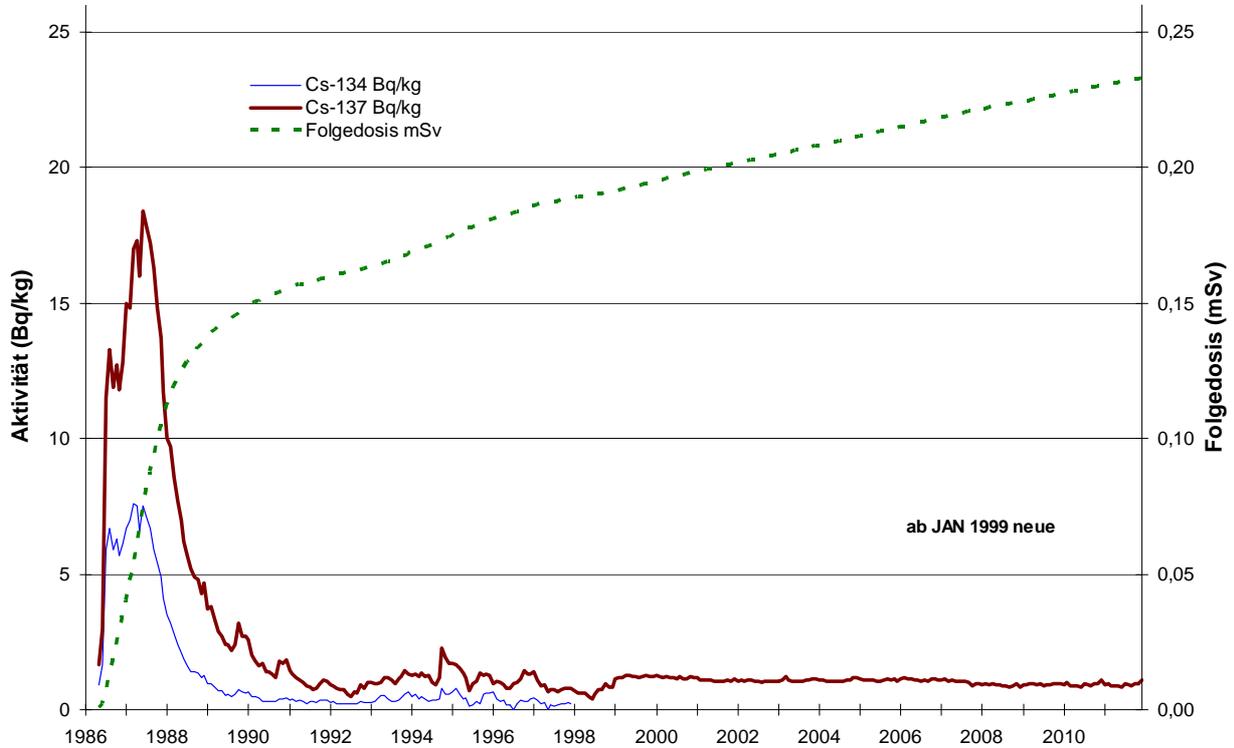


Abbildung 2.8-2 Inkorporiertes Cs-134, Cs-137 und resultierende Strahlenexposition
 Referenzgruppe: BfS-München, Männer
*(Incorporated radiocesium and resulting radiation exposure
 Reference group: BfS Munich, men)*

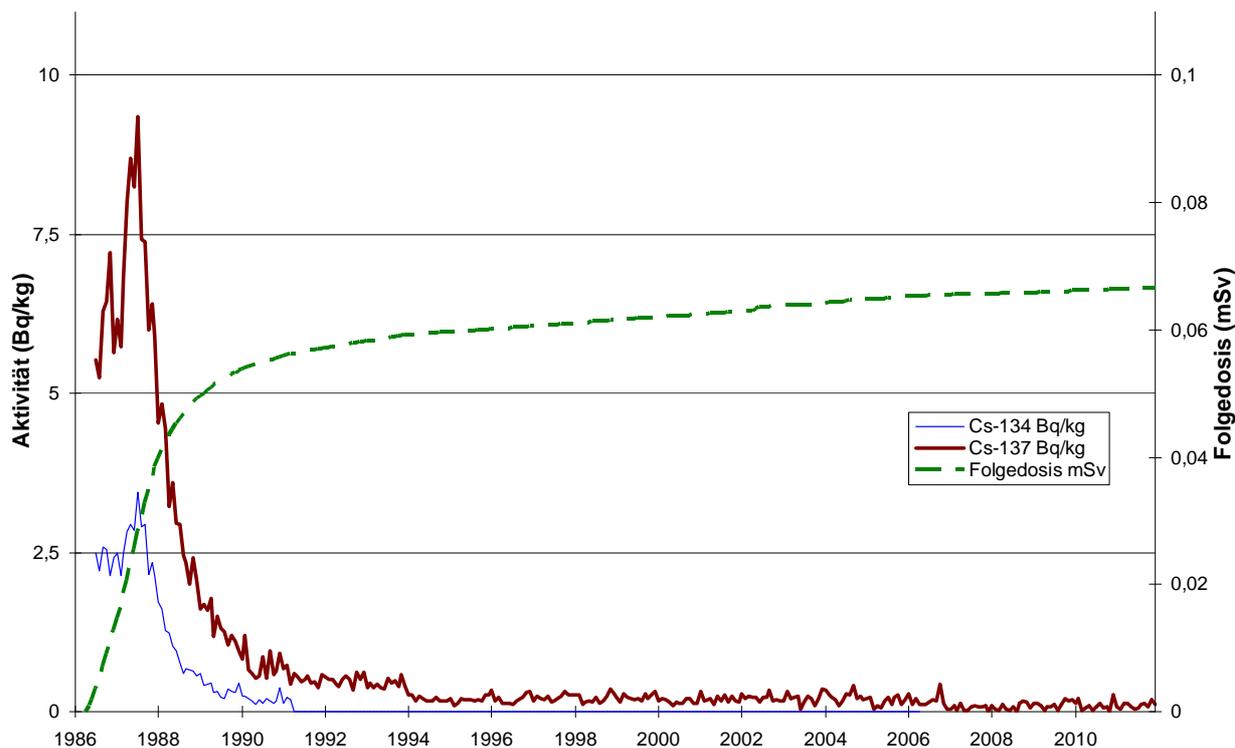


Abbildung 2.8-3 Inkorporiertes Cs-134, Cs-137 und resultierende Strahlenexposition
Referenzgruppe: Karlsruhe, Frauen
*(Incorporated radiocesium and resulting radiation exposure
Reference group: Karlsruhe, women)*

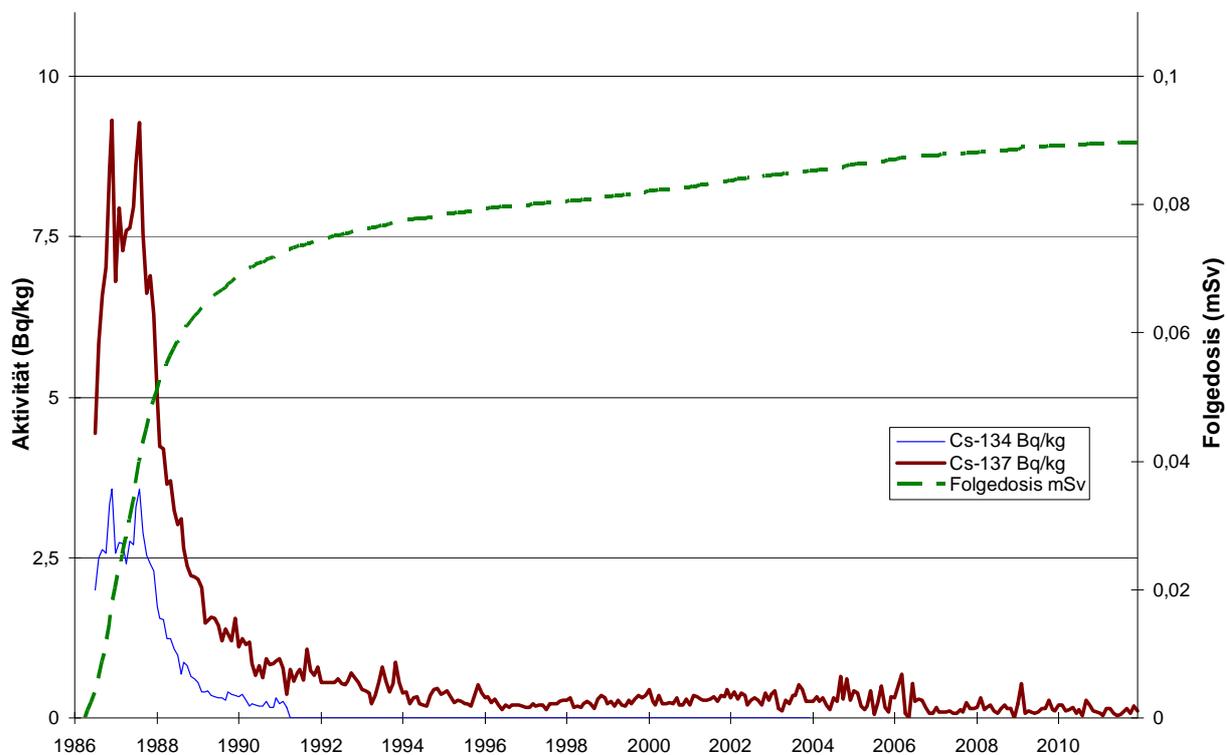


Abbildung 2.8-4 Inkorporiertes Cs-134, Cs-137 und resultierende Strahlenexposition
Referenzgruppe: Karlsruhe, Männer
*(Incorporated radiocesium and resulting radiation exposure
Reference group: Karlsruhe, men)*

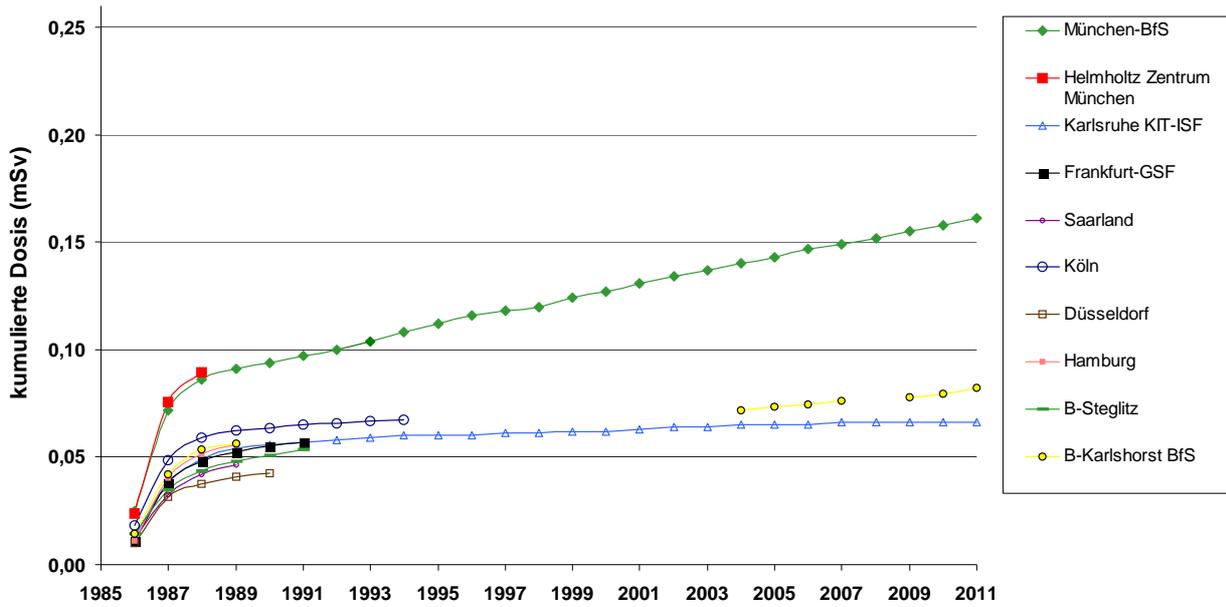


Abbildung 2.8-5 Strahlenexposition aus inkorporiertem radioaktivem Cäsium
 Vergleich der Referenzgruppen: Frauen
*(Radiation exposure from incorporated radioactive cesium
 Comparison of reference groups: women)*

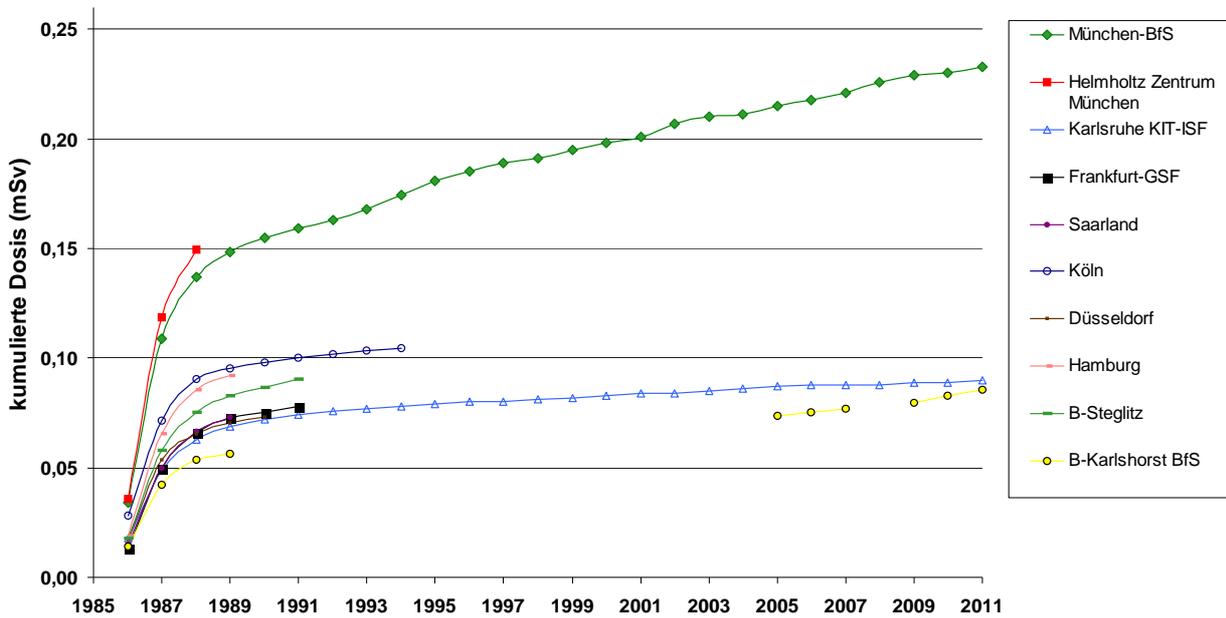


Abbildung 2.8-6 Strahlenexposition aus inkorporiertem radioaktivem Cäsium
 Vergleich der Referenzgruppen: Männer
*(Radiation exposure from incorporated radioactive cesium
 Comparison of reference groups: men)*

