

3.3 Gewässer *(Bodies of water)*

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

Bearbeitet von der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

Im vorliegenden Beitrag 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 2003 berichtet.

Die gemäß der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) von den Messstellen der Länder und den Betreibern ermittelten Ergebnisse bezüglich der Umgebungsüberwachung von kerntechnischen Anlagen sind in Teil II Abschnitt 1.4.3 zusammengefasst und bewertet.

Hinweise zu den insgesamt erhaltenen Ergebnissen von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentmessungen nach StrVG und REI können der Tabelle 3.3.1-1 entnommen werden.

Im Rahmen der Überwachung nach dem StrVG wurden im Berichtsjahr Messungen mit insgesamt 14.659 Einzeldaten (2002: 15.026) ausgewertet. Für ausgewählte Entnahmestellen wurden Jahresmittelwerte (JMW) der Radionuklidkonzentrationen berechnet und zusammen mit den jeweiligen minimalen und maximalen Einzelwerten den Mittelwerten des Vorjahres gegenübergestellt: Tabelle 3.3.1-2 für Fließgewässer bzw. Tabelle 3.3.1-3 für Seen und Talsperren. Weiterhin sind die Anzahl der Werte (N) und ggf. die der Werte unterhalb der Nachweisgrenze (<NWG) aufgelistet. Bei gemischten Datenreihen sind die Jahresmittelwerte stets derart ermittelt 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 Werte obere Grenzen dar, die die tatsächliche mittlere Aktivitätskonzentration eher überschätzen. Waren alle Werte als Nachweisgrenzen mitgeteilt worden, ist in der Auftragung "nn" angegeben. Einen Überblick über die Warn- und Probenentnahmestellen der BfG für Bundeswasserstraßen gibt Abb. 3.3.1-1.

Mit der Überwachung der dynamischen Kompartimente (Umweltmedien) Oberflächenwasser und Schwebstoff können Einträge und Veränderungen radioaktiver Kontaminationen in Gewässern relativ kurzzeitig und empfindlich erfasst und verfolgt werden. Bei Fließgewässern ist zu beachten, dass Radionuklide - in gelöster Form oder partikular gebunden - mit Wasser bzw. Schwebstoffen über weite Strecken verfrachtet werden können. Schwebstoffe sedimentieren bevorzugt in Stillwasserbereichen, wie sie z. B. Häfen, Buhnenfelder, Altarme, Stauhaltungen und Uferböschungen darstellen, und können dort zu einer Kontamination des Sediments führen. Sedimente sind als das eigentliche Langzeitspeichermedium (Senke) für radioaktive und andere Kontaminationen in den Gewässern zu betrachten. Zur Darstellung der langfristigen Kontamination von Gewässern sind Untersuchungen von Sedimenten daher besonders angezeigt. Durch eine Remobilisierung von Sedimenten - beispielsweise bei Hochwassersituationen - ist eine spätere Weiterverfrachtung bereits abgelagerter Radionuklide in andere Gewässerbereiche möglich.

Bei den in Binnengewässern derzeit nachweisbaren künstlichen Radionukliden handelt es sich im Wesentlichen um Tritium (H-3), Strontium-90 (Sr-90) und Cäsium-137 (Cs-137). H-3 stammt (neben einem natürlichen Anteil) aus dem Fallout der Kernwaffenversuche der 50er und 60er Jahre sowie aus Ableitungen kerntechnischer Anlagen und Isotopen verarbeitender Betriebe. Die langlebigen Spaltprodukte Sr-90 und Cs-137 wurden hauptsächlich durch den Fallout der Kernwaffenversuche und als Folge des Reaktorunfalls von Tschernobyl in 1986 - hier insbesondere Cs-137 - in die Gewässer eingetragen. In geringerem Ausmaß treten die Aktivierungsprodukte Kobalt-58 (Co-58) und Co-60 aus kerntechnischen Anlagen auf sowie sporadisch das kurzlebige Iod-131 (I-131) aus meist nuklearmedizinischen Anwendungen. Zur Darstellung langfristiger Trendentwicklungen der Konzentrationen künstlicher Radionuklide in Binnengewässern sind die Jahresmittelwerte repräsentativer Entnahmestellen in den Abbildungen 3.3.1-2 bis 3.3.1-5 beispielhaft aufgezeigt.

Bewertung

Eine Bewertung der bei der großräumigen Überwachung nach dem StrVG im Berichtsjahr 2003 erhaltenen Messergebnisse ergibt für den radiologischen Gütezustand der Binnengewässer folgendes Bild:

Oberflächenwasser wies H-3-Gehalte im Jahresmittel überwiegend unterhalb der geforderten Nachweisgrenze des Routinemessprogramms (RMP) von 10 Bq/l auf. Selbst bei Flüssen, in die von kerntechnischen Anlagen H-3 eingeleitet wurde, betrug die Jahresmittelwerte nur bis ca. 27 Bq/l (Mosel bzw. Neckar). Die mittleren Konzentrationen von Sr-90 und Cs-137 lagen meist unter 0,01 Bq/l und somit unter den Nachweisgrenzen des RMP. Die von kerntechnischen Anlagen eingeleiteten Spalt- und Aktivierungsprodukte waren - von H-3 abgesehen -

im Fernbereich der Emittenten im Allgemeinen nicht mehr nachweisbar. Lediglich in der Ems wurde Co-60 in geringfügigen Konzentrationen unter 0,01 Bq/l gemessen. I-131 trat nur sporadisch auf mit Gehalten (Einzelwerte) bis 0,04 Bq/l. Die Bestimmungen von Alpha-Strahlern ergaben für Uran-234 (U-234), U-235 und U-238 durchweg mittlere Werte, die den natürlichen Gehalten der Binnengewässer entsprechen: für U-238 schwankten die Werte beispielsweise regional zwischen 0,0005 und 0,1 Bq/l. Plutonium-238 (Pu-238) und Pu-239/240 konnten oberhalb der Nachweisgrenze des RMP von 0,01 Bq/l nicht nachgewiesen werden.

In Schwebstoffen erreichte Cs-137 überwiegend mittlere Konzentrationen von unter 100 (meist unter 50) Bq/kg TM. Von einzelnen Seen wurden - wie in den vergangenen Jahren - höhere Werte für Cs-137 berichtet, z. B. Steinhuder Meer 333 und Starnberger See 294 Bq/kg TM im Jahresmittel. Co-58 konnte in Rhein und Mosel nachgewiesen werden: die Jahresmittelwerte betragen bis ca. 10 Bq/kg TM. In Ems, Mosel und Rhein gemessene Co-60-Gehalte lagen im Mittel unter 3 Bq/kg TM und damit deutlich unter der Nachweisgrenze des RMP von 5 Bq/kg TM. Für I-131-Konzentrationen wurden Einzelwerte von meist bis 50 Bq/kg TM gemessen; Werte bis 107 Bq/kg TM stammten von der Mosel bzw. Saale.

In Sedimenten trat Cs-137 überwiegend in mittleren Gehalten bis 100 Bq/kg TM auf. In einzelnen Seen lagen auch hier immer noch höhere mittlere Konzentrationen an Cs-137 vor: z. B. Schollener See (Sachsen-Anhalt) 262, Schaalsee und Lanker See (Schleswig-Holstein) 180 bzw. 231 Bq/kg TM. Co-58 und Co-60 wurden in Sedimenten - hauptsächlich aus Ems, Jadebusen, Mosel und Rhein - in mittleren Konzentrationen unterhalb von 2 Bq/kg TM bestimmt und unterschritten somit die Nachweisgrenze des RMP von 5 Bq/kg TM.

Der radiologische Gütezustand der Binnengewässer ist 2003 mit dem der letzten Jahre vergleichbar. Die Schwankungen der Jahresmittelwerte der langlebigen künstlichen Radionuklide können - vom radioaktiven Zerfall abgesehen - mit den in Gewässern ablaufenden dynamischen Austausch- und Transportprozessen erklärt werden, die zu sehr inhomogenen und auch instationären Verteilungen der Radionuklide innerhalb der Gewässer führen können. In Sedimenten variieren die Radionuklidkonzentrationen - wie bei anderen Schadstoffen auch - zudem mit der Korngrößenverteilung. Zu beachten ist außerdem, dass Radionuklide aus kerntechnischen Anlagen und 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 interne bzw. externe Strahlenexposition von Personen bewirken.

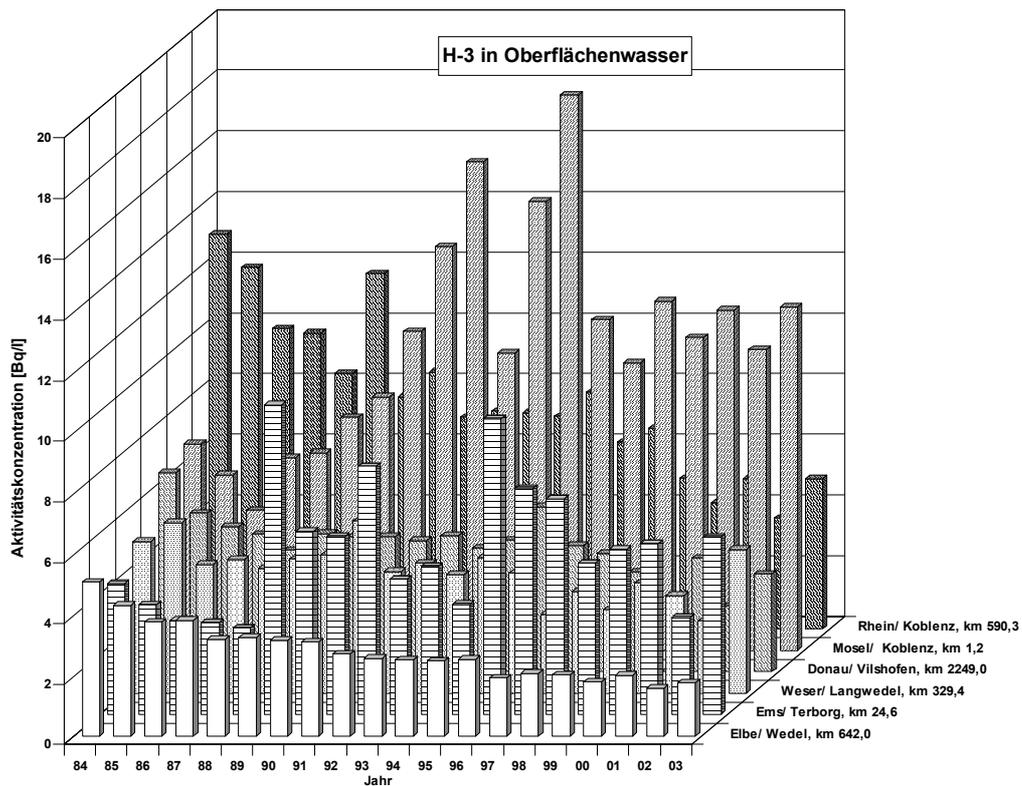
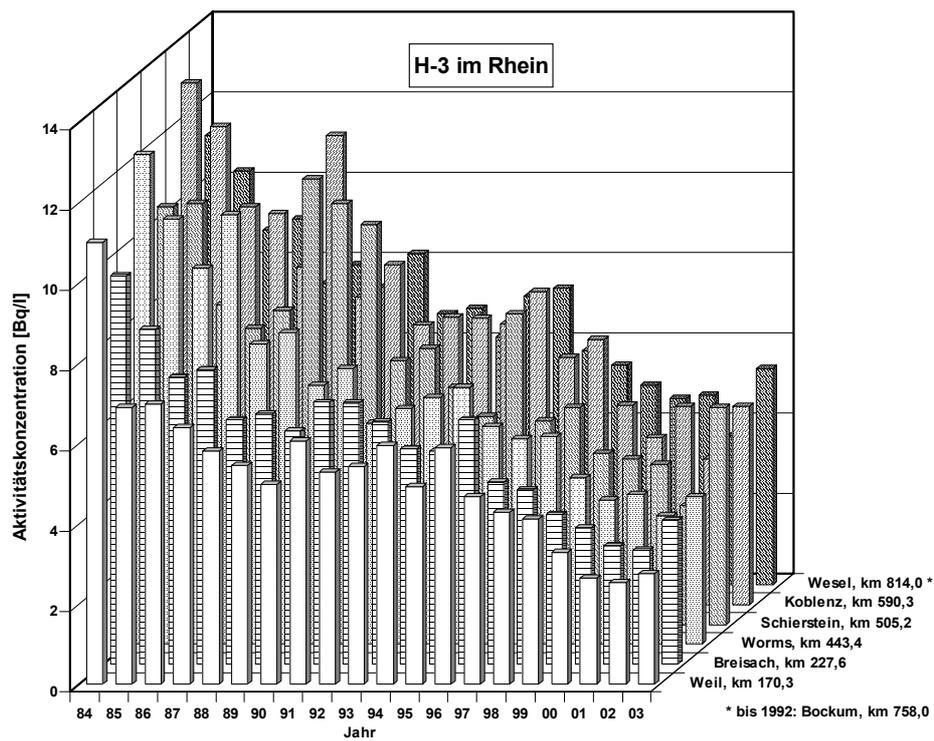
Nimmt man eine Kontamination von Oberflächenwasser mit H-3 von 10 Bq/l sowie mit Sr-90 und Cs-137 von jeweils 0,01 Bq/l an, so errechnet sich die zusätzliche effektive Dosis für Erwachsene (> 17 a; 350 l/a Konsum) auf dem „Trinkwasser“-Pfad zu ca. 0,21 μ Sv/a, falls derartiges Wasser unaufbereitet als Trinkwasser genutzt würde. Für Kleinkinder (\leq 1 a; 170 l/a Konsum) beträgt die zusätzliche effektive Dosis hier ca. 0,54 μ Sv/a. Allein der von dem natürlichen Radionuklid Kalium-40 (K-40) für einen mittleren Gehalt von 0,4 Bq/l zu erwartende Dosisbeitrag liegt mit ca. 0,87 bzw. 4,2 μ Sv/a deutlich darüber.

Insbesondere Cs-137 war auch 2003 noch in Sedimenten deutlich nachweisbar. So konnten in Sedimenten aus der Donau noch mittlere Cs-137-Gehalte von 109 Bq/kg TM gemessen werden. Würde dieses Sediment 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. 11,6 μ Sv/a abgeschätzt werden. Im Vergleich hierzu liegt der Dosisbeitrag für diesen Expositionspfad der natürlichen Radionuklide K-40, Thorium-232 (Th-232) und U-238 für typische Gehalte mit insgesamt ca. 35 μ Sv/a wesentlich höher.



● Wasser ◌ Schwebstoff ◌ Sediment
 ⊕ Warnstelle, in Vorbereitung
 ⊕ Warnstelle, in Betrieb

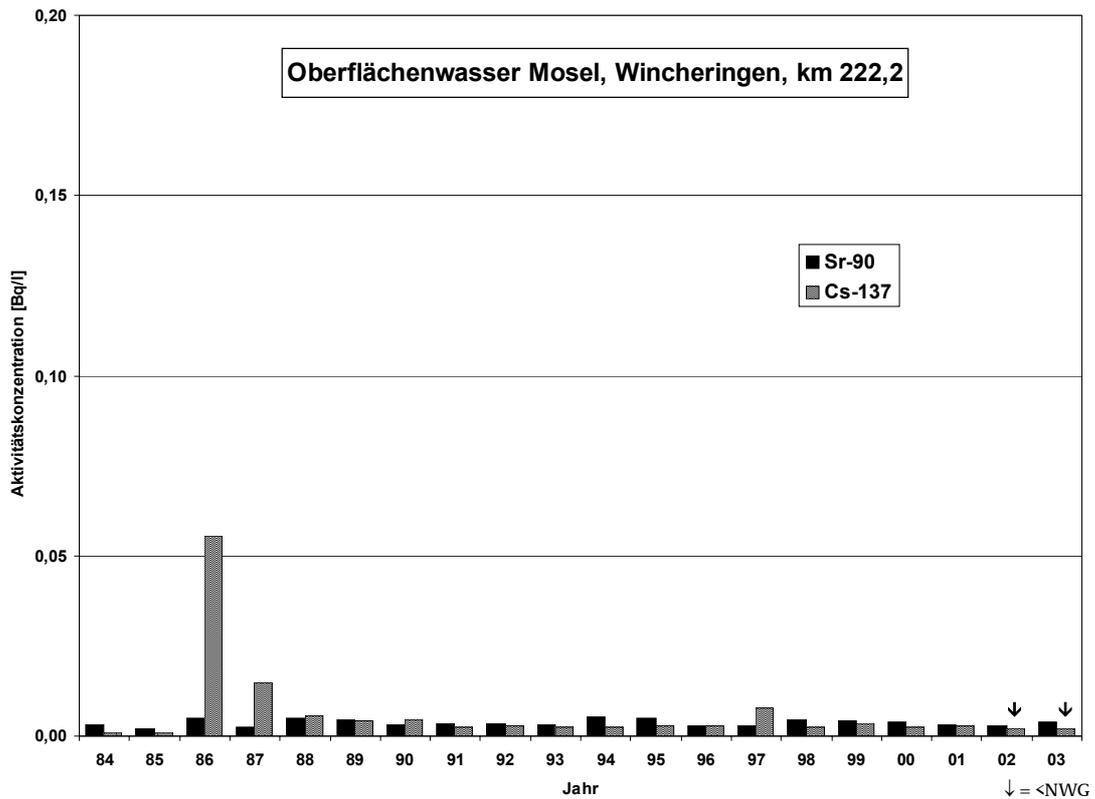
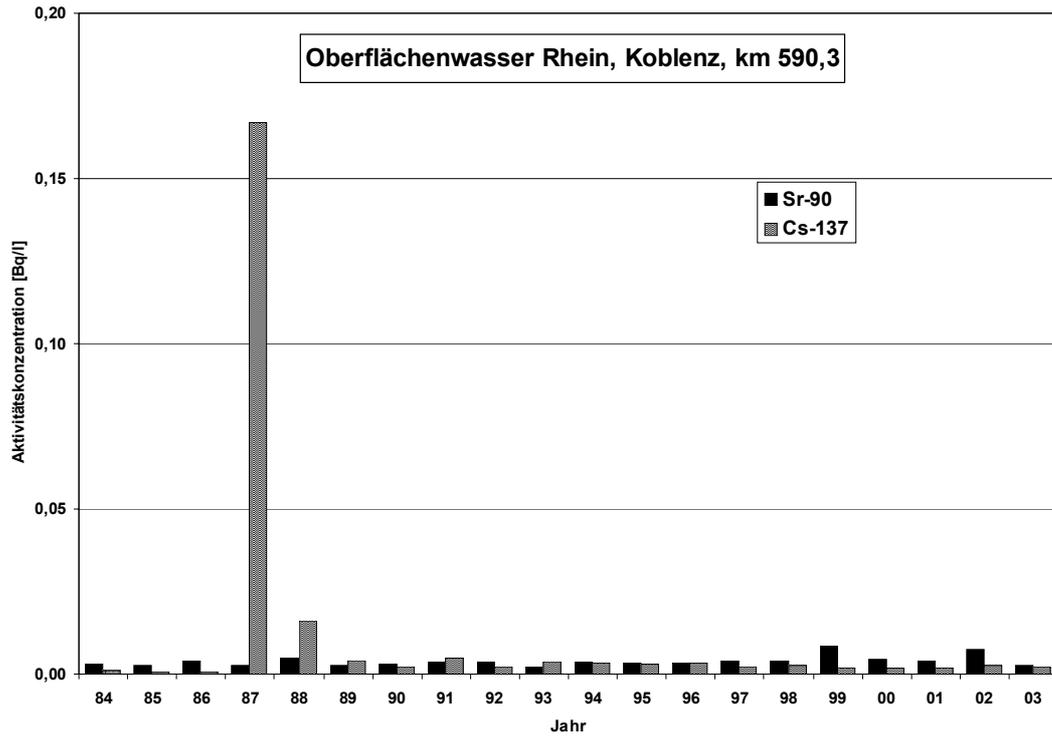
BfG	Warn- und Probenentnahmestellen der BfG an Bundeswasserstraßen <i>(Locations of the warning system and sampling stations of the BfG on federal waterways)</i>	3.3.1-1
------------	--	----------------



BfG

Tritiumgehalte (Bq/l) in Oberflächenwasser ausgewählter Binnengewässer
 (Jahresmittelwerte)
 (Contents of Tritium (Bq/l) in surface water fom selected inland waters -
 annual mean values)

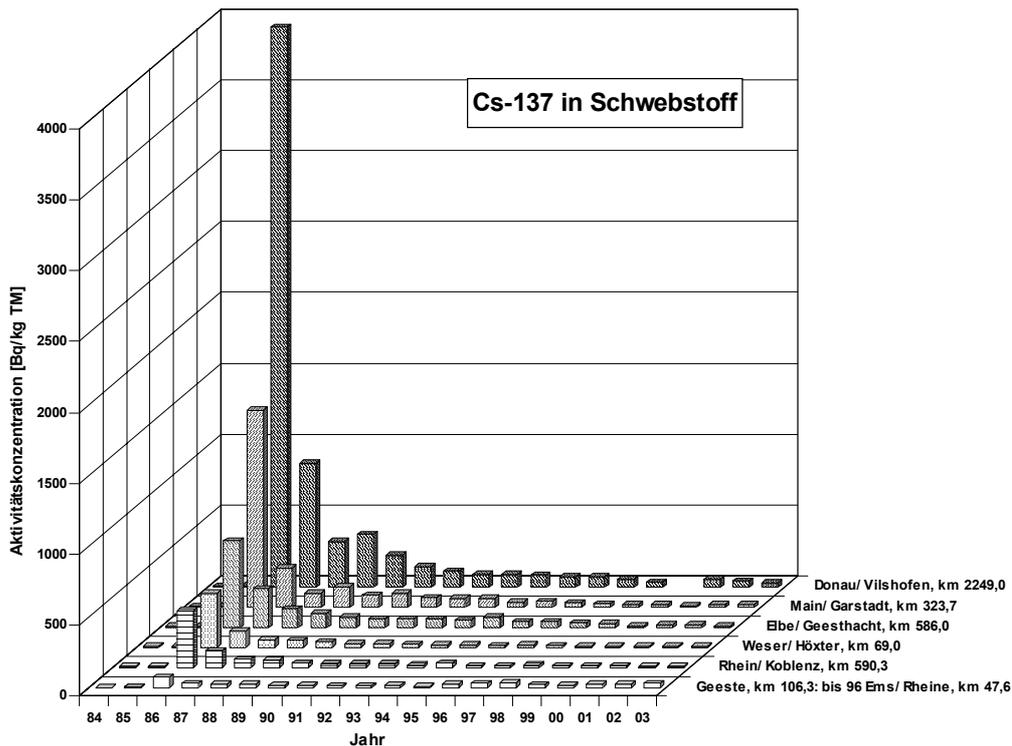
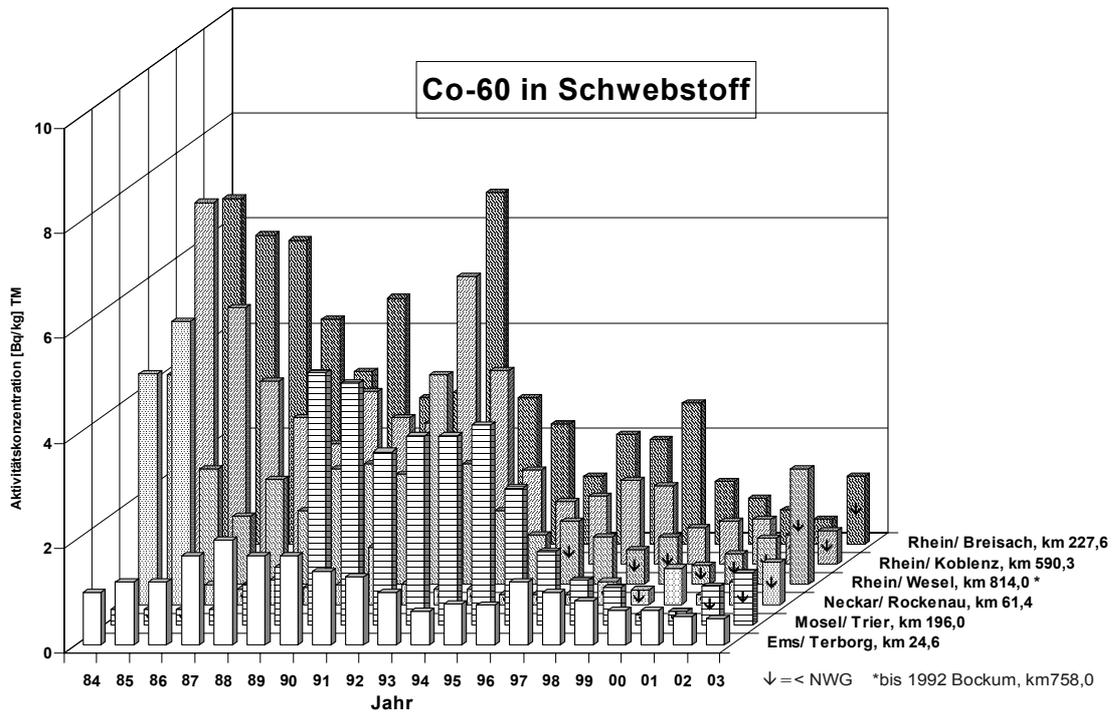
3.3.1-2



BfG

Aktivitätskonzentrationen von Strontium-90 und Cäsium-137
in Rhein und Mosel (Jahresmittelwerte)
*(Strontium-90 and cesium-137 activity concentrations in the rivers Rhine and
Mosel - annual mean values)*

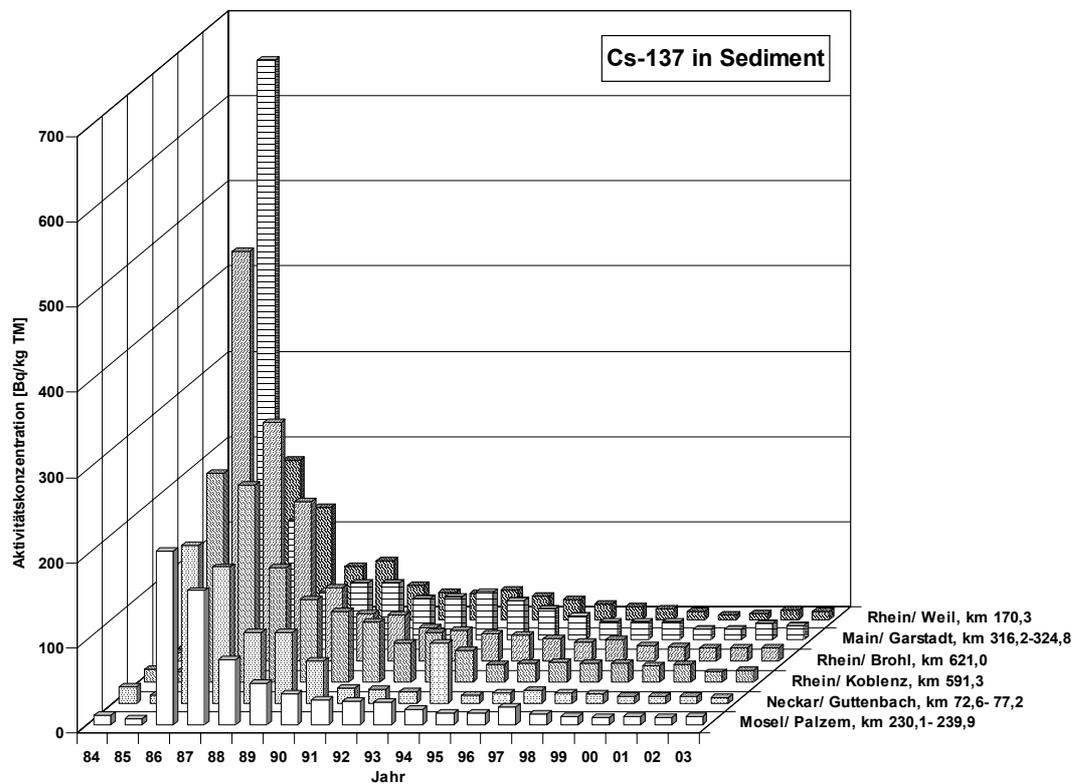
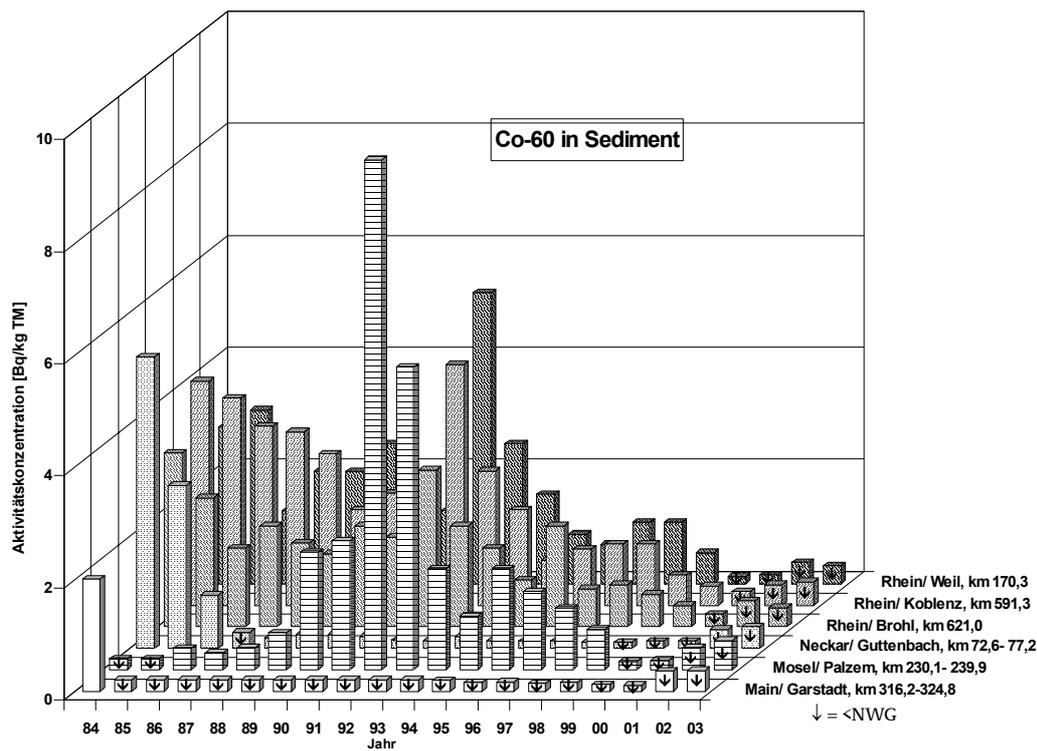
3.3.1-3



BfG

Aktivitätskonzentrationen (Bq/kg TM) von Kobalt-60 und Cäsium-137 in Schwebstoffproben ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)
(Cobalt-60 and cesium-137 activity concentrations for samples of suspended matter in Bq/kg TM from selected inland waters - annual mean values)

3.3.1-4



BfG

Aktivitätskonzentrationen (Bq/kg TM) von Kobalt-60 und Cäsium-137 in Sedimentproben ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)
 (Cobalt-60 and cesium-137 activity concentrations for sediment samples in Bq/kg TM from selected inland waters - annual mean values)

3.3.1-5

Tabelle 3.3.1-1 Übersicht über die für 2003 insgesamt ausgewerteten Ergebnisse von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentmessungen nach StrVG und REI für 755 Entnahmestellen sowie die jeweiligen maximalen Messwerte mit den zugehörigen Gewässern und Bezugszeiten (Overview of all measuring results for water, suspended matter, and sediment evaluated in 2003, in accordance with the StrVG and REI, for 755 sampling positions along with the respective maximal measured values and the corresponding water sources and reference times)

Umweltmedium	Nuklid	Anzahl der Werte	Max. Messwert in Bq/l bzw. Bq/kg TM	Gewässer	Ort/KT-Anlage	Datum/Zeitraum in 2003
Oberflächenwasser	G α -Aktivität	160	0,65	Ems, km 24,64	Terborg	November
	G β -Aktivität	97	9,5	Salzbach	Endlager Morsleben	September
	H-3	1418	4900	Ems	KKW Emsland, am Auslaufbauwerk	I. Quartal
	Co-60	1484	0,014	Kalter Bach	FZ Rossendorf	III. Quartal
	Sr-90	323	0,022	Möhne-Stausee	Möhnesee	5.5.
	I-131	244	0,13	Rur	FZ Jülich	August
	Cs-137	1419	0,09	Arendsee	Arendsee	19.8.
Sonstige	2881	-	-	-	-	
Schwebstoff		61	27,5	Rhein, km 170,97	Weil	August
		491	3,3	Rhein	KKW Biblis, unterhalb	15.2.
		157	107	Saale, km 106,9	Auslaufbauwerk	7.11.
		491	370	Steinhuder Meer	Hohenweiden	I. Quartal
	2129	-	-	Wunstorf	-	
Sediment	G α -Aktivität	3	680	Hirschkanal	FZ Karlsruhe	III. Quartal
	G β -Aktivität	3	1500	Hirschkanal	FZ Karlsruhe	III. Quartal
	Co-58	107	4,8	Rheinseitenkanal	KKW Fessenheim	IV. Quartal
	Co-60	1159	45	Hauptentwässerungskanal	FZ Jülich	8.10.
	Sr-90	5	0,42	Elbe, km 693	KKW Brunsbüttel	12.2.
	Cs-137	1162	330	Schollensee	Schollene	20.5.
	Pu-238	9	0,041	Elbe	KKW Brunsbüttel, am Auslaufbauwerk	12.2.
	Pu-239/240	9	0,25	Elbe, km 693	KKW Brunsbüttel,	12.2.
	Sonstige	4653	-	-	-	-

- Messung / Angabe nicht erforderlich

Tabelle 3.3.1-2 Überwachung von Oberflächenwasser, Schwebstoff und Sediment aus Fließgewässern nach StrVG (Monitoring of surface waters, suspended matter, and sediment from rivers in accordance with the StrVG)

GEWÄSSER Umweltmedium	Nuklid	Ort, Fluss-km	Anzahl 2003		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwerte 2003		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2003	2002
RHEIN								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Weil, km 172,97	12	0	1,61	8,48	2,76	2,5
		Koblenz, km 590,3	11	0	3,07	7,19	4,94	3,6
		Wesel, km 814,0	11	0	3,33	8,95	5,39	3,7
	Sr-90	Weil, km 172,97	4	0	0,0025	0,0043	0,0036	0,0005
		Koblenz, km 590,3	4	0	0,0019	0,0036	0,0027	0,0008
		Wesel, km 814,0	3	0	0,0044	0,0088	0,0062	0,0064
	Cs-137	Weil, km 172,97	12	5	<0,0011	0,0059	0,0031	<0,0026
		Koblenz, km 590,3	12	4	<0,0011	0,0052	0,0025	0,0024
		Wesel, km 814,0	10	4	<0,0010	0,0053	0,0037	<0,0026

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umwelt- medium	Nuklid	Ort, Fluss-km	Anzahl 2003		Aktivitätskonzentration					
			N	<NWG	Einzelwerte 2003		Jahresmittelwerte			
					Min. Wert	Max. Wert	2003	2002		
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-58	Weil, km 172,97	3	0	3,56	27,5	11,9	2,36		
		Koblenz, km 590,3	3	0	0,313	0,82	0,60	1,63		
		Wesel, km 814,0	-	-	-	-	-	2,81		
	Co-60	Weil, km 172,97	6	4	1,07	<9,39	<3,34	<0,47		
		Koblenz, km 590,3	10	8	0,220	<1,60	<0,64	<0,57		
		Wesel, km 814,0	5	5	<0,685	<4,93	nn	nn		
	Cs-137	Weil, km 172,97	6	0	8,76	20,8	15,8	9,28		
		Koblenz, km 590,3	10	1	<2,12	14,1	10,2	11,4		
		Wesel, km 814,0	5	0	7,15	17,0	11,3	16,7		
	Sediment (Bq/kg TM)	I-131	Koblenz, km 590,3	10	2	<3,36	35,7	20,9	-	
			Co-58	Weil, km 170,3	2	0	0,300	0,439	0,370	0,73
				Worms, km 444,50-446,60	1	0	1,30	1,30	1,30	1,07
		Koblenz, km 591,3		-	-	-	-	-	0,54	
		Co-60	Weil, km 170,3	22	17	0,166	<0,614	<0,333	<0,38	
			Worms, km 444,50-446,60	33	30	<0,184	<0,621	<0,332	<0,35	
			Koblenz, km 591,3	9	8	<0,311	0,563	<0,422	<0,37	
Cs-137		Düsseldorf, km 740,3-748,9	19	16	<0,343	<1,16	nn	nn		
		Weil, km 170,3	22	0	7,08	15,0	9,0	10,2		
		Worms, km 444,50-446,60	33	3	<0,343	14,6	7,0	8,07		
	Koblenz, km 591,3	9	0	9,43	18,7	13,9	12,2			
		Düsseldorf, km 740,3-748,9	16	0	6,01	21,6	13,7	13,9		
NECKAR										
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Lauffen, km 125,2	12	0	9,39	79,7	26,9	8,6		
		Rockenau, km 61,4	11	0	7,68	30,2	16,8	7,2		
	Sr-90	Lauffen, km 125,2	4	0	0,0026	0,0049	0,0039	0,0045		
		Rockenau, km 61,4	4	0	0,0011	0,0031	0,0022	0,0050		
	Cs-137	Lauffen, km 125,2	12	11	<0,0011	0,0087	<0,0024	<0,0026		
Rockenau, km 61,4		10	8	<0,0011	0,0064	<0,0023	<0,0025			
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Obertürkheim, km 189,5	4	0	7,25	14,5	11,5	10,2		
		Rockenau, km 61,4	4	0	8,25	10,5	9,2	7,07		
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Lauffen, km 125,2-130,1	16	0	5,00	49,4	10,6	10,1		
		Neckarzimmern, km 85,8-110,6	6	0	4,62	53,5	24,0	11,1		
		Guttenbach, km 72,0-77,0	14	0	0,851	10,7	7,4	8,1		
MAIN										
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Wipfeld, km 316,1	12	0	2,38	31,3	8,5	3,5		
		Eddersheim, km 15,3	12	0	1,18	16,9	5,3	2,8		
	Sr-90	Wipfeld, km 316,1	4	1	<0,0010	0,0049	0,0041	0,0040		
		Eddersheim, km 15,3	3	0	0,0037	0,0058	0,0044	0,0053		
	Cs-137	Wipfeld, km 316,1	12	5	0,0015	0,0049	0,0028	<0,005		
Eddersheim, km 15,3		11	4	0,0014	0,0060	0,0036	0,0039			
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Hallstadt, km 388,3	4	0	16,1	40,2	29,1	39,2		
		Garstadt, km 323,7	1	-	25,1	25,1	25,1	23,7		
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Hallstadt, km 388,2	4	0	7,91	25,8	14,7	15,8		
		Garstadt, km 316,2-324,8	10	0	0,786	55,6	16,6	19,6		
MOSEL										
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Wincheringen, km 222,2	12	0	13,6	42,8	25,8	24,2		
		Lehmen, km 20,83	11	0	6,05	18,5	11,3	9,9		
	Sr-90	Wincheringen, km 222,2	4	0	0,0029	0,0045	0,0037	0,0029		
		Lehmen, km 20,83	2	0	0,0033	0,0069	0,0051	-		
	Cs-137	Wincheringen, km 222,2	11	6	<0,0011	0,0058	<0,0022	<0,0020		
Lehmen, km 20,83		9	7	<0,0011	<0,0039	<0,0021	<0,0024			
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-58	Perl, km 241,96	4	0	0,888	1,23	1,07	4,61		
		Trier, km 196,0	-	-	-	-	-	0,95		
	Co-60	Perl, km 241,96	12	2	<0,519	2,32	1,61	2,84		
		Trier, km 196,0	12	12	<0,355	<2,89	nn	nn		
	Cs-137	Perl, km 241,96	12	0	7,58	26,1	18,9	17,7		
		Trier, km 196,0	12	0	7,30	20,9	14,9	13,8		
I-131	Perl, km 241,96	11	0	4,78	70,7	22,2	-			

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umwelt- medium	Nuklid	Ort, Fluss-km	Anzahl 2003		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwerte 2003		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2003	2002
Sediment (Bq/kg TM)	Co-58	Perl, km 239,7-242,0	-					0,43
	Co-60	Perl, km 239,7-242,0	24	21	<0,209	<0,703	<0,427	<0,32
		Trier, km 184,1-196,1	24	22	<0,225	<0,992	<0,470	<0,44
		Koblenz, km 4,05	10	10	<0,179	<0,445	nn	<0,33
	Cs-137	Perl, km 239,7-242,0	24	0	1,30	23,4	9,0	6,6
		Trier, km 184,1-196,1	24	0	3,91	23,1	12,4	18,4
		Koblenz, km 4,05	10	0	4,4	290	66	40,7
SAAR								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Kanzem, km 5,0	10	0	1,13	2,02	1,52	1,4
	Sr-90	Kanzem, km 5,0	3	0	0,0024	0,0084	0,0057	0,010
	Cs-137	Kanzem, km 5,0	9	5	<0,0017	0,0097	<0,0035	<0,0038
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Kanzem, km 5,0	12	0	17,7	29,2	22,1	18,4
DONAU								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Ulm-Wiblingen, km 2590,8	4	4	<8	<8	nn	nn
		Geisling, km 2354,28	12	0	1,44	3,47	2,29	1,7
		Vilshofen, km 2249,0	12	0	2,08	5,30	3,22	2,2
	Sr-90	Geisling, km 2354,28	4	0	0,0023	0,0053	0,0042	0,0054
		Vilshofen, km 2249,0	4	0	0,003	0,005	0,004	0,0054
	Cs-137	Ulm-Wiblingen, km 2590,8	4	4	<0,0066	<0,0109	nn	nn
Geisling, km 2354,28		12	7	<0,0012	0,0046	<0,0022	<0,0021	
Vilshofen, km 2249,0		12	3	<0,0012	0,0090	0,0029	<0,0026	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Ulm-Wiblingen, km 2590,8	3	0	94,4	138	122	124
		Regensburg, km 2381,3	4	0	46,4	51,0	48,8	50,1
		Vilshofen, km 2249,0	7	0	29,6	42,1	33,5	46,1
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Ulm-Wiblingen, km 2590,8	4	0	72,4	128	109	107
		Regensburg, km 2400,1-2379,1	4	0	19,4	73,2	48,7	33,3
		Straubing, km 2320,93	4	0	3,48	82,3	37,6	58,5
		Grünau, km 2055	2	0	16,6	20,3	18,5	-
ISAR								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Pullach, km 162,0	4	1	0,94	<5,20	1,33	1,4
		Platting, km 9,1	4	3	<5,20	13,6	<7,3	<8,9
	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	4	<0,0009	<0,0067	nn	nn
		Platting, km 9,1	4	4	<0,0041	<0,0051	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	0	21,7	30,0	26,4	20,6
		Platting, km 9,1	4	0	65,9	71,7	69,2	65,9
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	0	20,4	33,7	27,2	32,0
		Platting, km 9,1	4	0	3,29	45,3	17,7	10,0
EMS								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Geeste, km 106,3	12	0	1,20	50,9	12,7	7,2
		Terborg, km 24,64	12	0	1,39	34,7	5,9	3,2
		Geeste, km 106,3	12	12	<0,0010	<0,0018	nn	nn
	Co-60	Terborg, km 24,64	9	2	<0,0016	0,0058	0,0037	0,0041
		Geeste, km 106,3	4	0	0,0041	0,0077	0,0051	0,0051
	Sr-90	Terborg, km 24,64	3	0	0,0051	0,0095	0,0066	0,010
Cs-137		Geeste, km 106,3	12	7	<0,0011	0,0142	<0,0032	<0,0025
		Terborg, km 24,64	9	0	0,0097	0,0366	0,0225	0,022
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Geeste, km 106,3	4	4	<0,637	<1,550	nn	nn
		Terborg, km 24,64	4	1	0,345	0,599	0,503	0,53
	Cs-137	Geeste, km 106,3	4	0	24,0	36,3	31,3	25,5
		Terborg, km 24,64	4	0	3,57	4,24	3,91	4,33
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Herbrum, km 212,75	2	0	0,504	1,01	0,76	-
	Cs-137	Herbrum, km 212,75	2	0	4,18	8,16	6,17	-

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umwelt- medium	Nuklid	Ort, Fluss-km	Anzahl 2003		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwerte 2003		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2003	2002
WESER / UNTERWESER/ JADEBUSEN								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Höxter, km 69,0	12	0	0,890	1,54	1,12	1,4
		Rinteln, km 163,2	12	0	1,05	32,2	8,5	3,9
		Langwedel, km 329,4	12	0	1,09	13,4	4,7	2,4
		Blexen, km 430,00	11	0	1,47	9,13	5,0	-
	Sr-90	Höxter, km 69,0	4	0	0,0012	0,0051	0,0033	0,0044
		Rinteln, km 163,2	4	0	0,0027	0,0074	0,0043	0,0058
		Langwedel, km 329,4	3	0	0,0036	0,0056	0,0046	0,0043
	Sr-90	Blexen, km 430,0	2	0	0,004	0,005	0,004	0,0007
	Cs-137	Höxter, km 69,0	11	4	<0,0016	0,0083	0,0038	0,0039
		Rinteln, km 163,2	12	3	<0,0018	0,0052	0,0036	0,0038
Langwedel, km 329,4		12	7	<0,0012	0,0036	<0,0021	0,008	
Blexen, km 430,0		7	0	0,0048	0,0128	0,0075	-	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Höxter, km 69,0	4	0	9,72	14,6	12,2	13,8
		Rinteln, km 163,2	4	0	9,87	13,2	11,4	12,9
		Langwedel, km 329,4	8	0	8,84	17,2	12,4	18,7
	Wilhelmshaven/Jadebusen	-	-	-	-	-	9,4	
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Minden, km 204,40	3	0	4,59	14,8	9,0	-
ELBE								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Dresden, km 58,0	8	0	1,33	2,94	2,13	2,0
		Tangermünde, km 389,10	9	0	1,23	2,17	1,67	-
		Geesthacht, km 586,0	12	0	1,11	2,41	1,58	1,6
		HH (Bunthaus), km 609,8	4	0	0,82	2,56	1,48	1,2
		Cuxhaven, km 724,5	3	0	2,80	3,94	3,53	2,5
	Sr-90	Dresden, km 58,0	2	0	0,0024	0,0068	0,0046	0,0081
		Tangermünde, km 389,10	1	0	0,0061	0,0061	0,0061	-
		Geesthacht, km 586,0	3	0	0,0016	0,0044	0,0031	0,0053
		HH (Bunthaus), km 609,8	3	0	0,0009	0,0048	0,0033	0,0058
	Cs-137	Cuxhaven, km 724,5	2	0	0,0031	0,0041	0,0037	0,0051
		Dresden, km 58,0	7	4	<0,0017	0,0074	<0,0033	<0,0028
		Tangermünde, km 389,10	8	1	<0,0020	0,0187	0,0060	-
		Geesthacht, km 586,0	11	8	<0,0011	0,0038	<0,0020	<0,0025
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	HH (Bunthaus), km 609,8	4	0	0,0016	0,0050	0,0036	0,0044
		Cuxhaven, km 724,5	3	0	0,0021	0,0055	0,0033	0,0054
		Dresden, km 58,0	7	0	16,8	28,4	21,3	28,2
		Geesthacht, km 586,0	4	0	7,88	18,4	14,9	24,1
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Wedel, km 642,0	3	0	6,17	8,71	7,28	9,27
		Cuxhaven, km 724,5	2	0	0,461	0,556	0,509	13,5
		Dresden, km 58,0	3	0	22,9	35,3	28,2	33,9
HH (Bunthaus), km 609,8	4	0	40,7	114	68	38,4		
ODER								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Eisenhüttenstadt, km 553,2	4	0	1,06	1,54	1,25	1,4
		Hohensaaten, km 667,5	-	-	-	-	-	1,3
	Sr-90	Eisenhüttenstadt, km 553,2	1	0	0,0063	0,0063	0,0063	0,009
		Hohensaaten, km 667,5	-	-	-	-	-	0,009
Cs-137	Eisenhüttenstadt, km 553,2	4	0	0,0015	0,0083	0,0034	<0,0035	
	Hohensaaten, km 667,5	-	-	-	-	-	0,0046	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Eisenhüttenstadt, km 553,20	3	0	21,9	33,0	28,6	-
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Eisenhüttenstadt, km 553,2	-	-	-	-	-	29,5
		Hohensaaten, km 667,5	3	0	19,3	35,8	28,4	27,3
SPREE								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Berlin-Sophienwerder, km 0,60	4	4	<2,2	<2,7	nn	nn
		Berlin-Schöneweide, km 27,2	12	0	0,77	1,53	1,07	1,2
	Sr-90	Berlin-Schöneweide, km 27,2	3	0	0,0030	0,0056	0,0041	0,007
		Berlin-Sophienwerder, km 0,60	4	0	0,0011	0,0024	0,0020	-
Cs-137	Berlin-Schöneweide, km 27,2	11	2	<0,0017	0,0067	0,0032	<0,0026	
	Berlin-Sophienwerder, km 0,60	4	0	0,0011	0,0024	0,0020	-	
Schwebstoffe (Bq/kg TM)	Cs-137	Berlin-Schöneweide, km 27,2	10	0	22,9	44,3	32,6	32,7

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umwelt- medium	Nuklid	Ort, Fluss-km	Anzahl 2003		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwerte 2003		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2003	2002
Sediment (Bq/kg TM) HAVEL	Cs-137	Berlin (Landwehrkanal), km 9,20	4	0	8,90	15,6	12,7	-
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Zehdenick, km 15,1	11	0	0,97	1,52	1,21	1,1
	Sr-90	Zehdenick, km 15,1	3	0	0,0023	0,0070	0,0042	0,0075
	Cs-137	Zehdenick, km 15,1	12	6	<0,0014	0,0096	0,0050	0,0060
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Zehdenick, km 15,1	6	0	44,1	105	69	79,8
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Zehdenick, km 15,1	7	0	25,4	54,5	37,3	47,5
SAALE								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Merseburg, km 104,5	6	0	0,99	1,33	1,14	1,4
	Sr-90	Camburg, km 187,0	4	4	<3,43	<3,64	nn	nn
		Merseburg, km 104,5	2	0	0,0085	0,0086	0,0086	0,009
	Cs-137	Camburg, km 187,0	4	0	0,0037	0,0046	0,0042	0,0061
Merseburg, km 104,5		6	4	<0,0011	<0,0038	0,0023	<0,0027	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Camburg, km 187,0	4	4	<0,0046	<0,0061	nn	nn
	Cs-137	Merseburg, km 104,5	4	0	9,38	12,8	11,2	15,1
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Camburg, km 187,0	4	0	15,3	23,5	20,0	30,6
		Merseburg, km 105,5	5	0	5,78	10,8	7,4	14,1
PEENE								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Anklam, km 96,1	11	0	0,80	1,67	1,17	1,1
	Sr-90	Anklam, km 96,1	2	0	0,0035	0,0090	0,0063	0,0070
	Cs-137	Anklam, km 96,1	9	4	<0,0014	<0,0048	0,0030	<0,0033
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Anklam, km 96,1	4	0	^21,0	47,7	31,8	43,8
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Anklam, km 96,1	3	0	31,8	42,8	38,5	42,4
TRAVE								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Travemünde, km 26,9	12	0	1,28	1,78	1,51	1,6
	Sr-90	Travemünde, km 26,9	3	0	0,0021	0,0064	0,0037	0,011
	Cs-137	Travemünde, km 26,9	11	0	0,0067	0,0328	0,0210	0,015
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Travemünde, km 26,9	3	0	32,0	48,2	41,4	44,2
NORD-OSTSEE-KANAL								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	12	0	1,19	2,09	1,44	1,6
	Sr-90	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	4	0	0,0020	0,0047	0,0030	0,0039
	Cs-137	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	12	0	0,0069	0,0351	0,0207	0,0025
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	4	0	34,8	53,7	42,0	48,1

nn nicht nachgewiesen / nachweisbar
- Messung / Angabe nicht erforderlich

Tabelle 3.3.1-3 Überwachung von Oberflächenwasser, Schwebstoff und Sediment aus Seen und Talsperren nach StrVG
(Monitoring of surface waters, suspended matter, and sediment from lakes and dams in accordance with the StrVG)

GEWÄSSER Umwelt- medium	Nuklid	Probenentnahmeort	Anzahl 2003		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwerte 2003		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2003	2002
BADEN-WÜRTTEMBERG								
Bodensee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3 Cs-137	Langenargen	4	4	<8,0	<8,0	nn	nn
			4	4	<0,0033	<0,0122	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Nonnenhorn	4	1	1,21	8,58	3,68	-
BAYERN								
Chiemsee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3 Sr-90 Cs-137	Seeon-Seebruck	4	0	1,26	1,70	1,41	1,0
			4	0	0,0042	0,020	0,009	0,0041
			4	3	0,0007	<0,0068	<0,0041	<0,0003
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Seeon-Seebruck	4	0	47,6	80,8	64,4	72,3
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Seeon-Seebruck	4	0	5,94	20,8	13,7	46,8
Starnberger See								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3 Sr-90 Cs-137	Starnberg	4	0	2,00	2,14	2,09	2,0
			4	0	0,0023	0,0097	0,0074	0,0091
			4	3	<0,0030	<0,0057	<0,0038	0,0026
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Starnberg	4	0	237	340	294	280
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Starnberg	4	0	25,6	43,7	35,9	45,0
BERLIN								
Müggelsee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3 Sr-90 Cs-137	PE-Stelle 41035	4	4	<2,20	<2,70	nn	nn
			4	0	0,0044	0,0059	0,0051	0,0052
			4	1	0,0014	0,0034	0,0023	0,0025
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	PE-Stelle 41035	4	1	1,10	4,40	2,70	6,23
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	PE-Stelle 41035	4	0	32,4	39,0	34,6	50,9
Stössensee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3 Sr-90 Cs-137	Siemenswerder	4	4	<2,2	<2,7	nn	nn
			4	0	0,0037	0,0058	0,005	0,0059
			4	0	0,0015	0,0033	0,0023	0,0023
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Siemenswerder	4	0	1,7	12,5	6,7	6,5
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Siemenswerder	4	0	62,0	108	90	100
BRANDENBURG								
Stechlinsee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3 Sr-90 Cs-137	Neuglobsow	4	4	<5,49	<5,71	nn	nn
			4	0	0,017	0,020	0,018	0,020
			4	0	0,006	0,010	0,008	0,0093
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Neuglobsow	4	0	8,4	12,0	10,6	18,6
Neuendorfer See								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3 Sr-90 Cs-137	Alt-Schadow	4	4	<5,86	<8,30	nn	nn
			4	0	0,0020	0,0054	0,0036	0,0063
			4	3	<0,0043	0,0080	<0,0053	<0,0047
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Alt-Schadow	4	0	1,10	2,30	1,80	1,3

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umwelt- medium	Nuklid	Probenentnahmeort	Anzahl 2003		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwerte 2003		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2003	2002
HESSEN								
Marbach-Talsperre								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Erbach	4	4	<10,0	<10,0	nn	nn
	Sr-90		4	4	<0,01	<1,0	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0030	<0,0080	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Erbach	4	0	18,7	26,4	23,3	19,9
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Erbach	4	0	11,4	27,4	20,1	22,0
MECKLENBURG-VORPOMMERN								
Borgwallsee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Lüssow	4	4	<4,15	<4,58	nn	nn
	Cs-137		4	3	0,0019	<0,0054	<0,0040	<0,0054
			4	0	4,11	18,3	12,2	-
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Lüssow	4	0	4,11	18,3	12,2	-
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Lüssow	4	1	<0,223	25,7	15,8	9,42
SchwerinerSee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Schwerin	4	4	<4,32	<4,52	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,003	0,006	0,005	0,0063
	Cs-137		4	0	0,0088	0,0148	0,0124	0,013
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Schwerin	3	0	47,2	119	81	-
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Schwerin	4	0	27,5	34,8	31,4	32,0
NIEDERSACHSEN								
Sösetalsperre								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Osterode am Harz	4	0	0,690	1,40	1,15	1,2
	Sr-90		4	0	0,0016	0,0035	0,0025	0,0028
	Cs-137		4	4	<0,0004	<0,0011	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Osterode am Harz	4	0	19,0	72,0	41,8	43,5
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Osterode am Harz	4	0	47,0	72,0	61,8	71
Steinhuder Meer								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Wunstorf	4	0	1,20	2,10	1,75	1,2
	Cs-137		4	4	0,0029	0,0150	0,0084	0,0067
			4	0	320	370	333	300
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Wunstorf	4	0	320	370	333	300
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Wunstorf	4	0	40,0	97,0	57,5	68
NORDRHEIN-WESTFALEN								
Möhne-Stausee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Möhnesee	4	4	<6	<6	nn	nn
	Sr-90		1	0	0,0224	0,0224	0,0224	nn
	Cs-137		4	4	<0,0036	<0,0054	nn	nn
Dreilägerbach-Talsperre								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Roetgen	4	4	<10	<10	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0003	<0,0007	nn	<0,0005
			4	0	5,60	9,58	8,26	7,79
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Roetgen	4	0	5,60	9,58	8,26	7,79
RHEINLAND-PFALZ								
Laacher See								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Maria Laach	4	4	<1,6	<3,4	nn	nn
	Cs-137		4	0	0,034	0,039	0,037	0,039
			4	0	30,0	120	87	104
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Maria Laach	4	0	30,0	120	87	104

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umwelt- medium	Nuklid	Probenentnahmeort	Anzahl 2003		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwerte 2003		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2003	2002
SACHSEN								
Talpserre Pöhl								
Oberflächen- wasser(Bq/l)	H-3	Thoßfell	4	2	5,61	<8,75	<7,20	<5,6
	Cs-137		4	3	<0,0018	0,0040	<0,0028	<0,0022
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Thoßfell	4	0	8,77	40,1	23,6	12,1
SACHSEN-ANHALT								
Arendsee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Arendsee	4	4	<5,00	<5,00	nn	nn
	Cs-137		4	0	0,0599	0,0934	0,0795	0,10
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Arendsee	4	0	74,2	86,7	81,1	69,0
SchollenerSee								
Oberflächen- wasser(Bq/l)	H-3	Schollene	4	4	<5,0	<5,0	nn	nn
	Cs-137		4	0	0,0177	0,0517	0,0325	0,041
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Schollene	4	0	180	330	262	244
SCHLESWIG-HOLSTEIN								
Schaalsee								
Oberflächen- wasser(Bq/l)	H-3	Seedorf	4	4	<10,0	<10,0	nn	nn
	Sr-90		4	0	0,008	0,017	0,012	0,011
	Cs-137		4	1	0,011	0,018	0,015	0,012
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Seedorf	4	0	156	199	180	212
Wittensee								
Oberflächen- wasser(Bq/l)	H-3	Gr. Wittensee	4	4	<10,0	<10,0	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,008	<0,009	nn	<0,010
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Gr. Wittensee	4	0	11,9	20,0	15,4	13,3
THÜRINGEN								
Talsperre Schmalwasser								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Tambach-Dietharz	4	4	<3,35	<3,60	nn	<3,8
	Cs-137		4	4	<0,0054	<0,0068	nn	nn

nn: nicht nachgewiesen / nachweisbar

3.3.2 Meerwasser, Schwebstoff, Sediment (Seawater, suspended matter, and sediment)

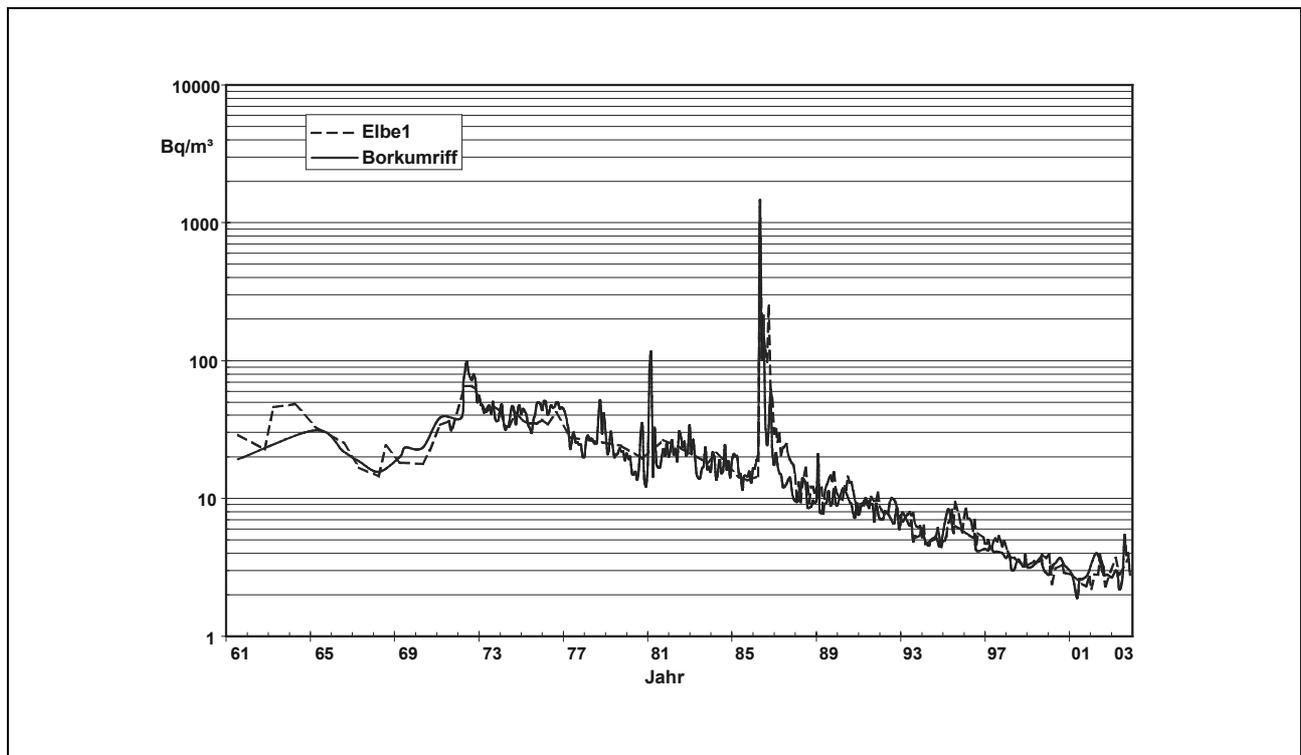
Bearbeitet vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Hamburg

In diesem Kapitel wird der Zustand von Nord- und Ostsee hinsichtlich der Kontamination durch künstliche Radionuklide der letzten Jahre beschrieben. Grundlage der Bewertung sind mehrere Überwachungsfahrten mit dem Forschungsschiff GAUSS des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie sowie zahlreiche Wasserproben, die regelmäßig auch von anderen Schiffen des Bundes an festgelegten Positionen entnommen werden. Schwerepunktmäßig werden die Radionuklide Tritium, Cäsium-137 bzw. Cäsium-134, Strontium-90, Plutonium-239/240, Plutonium-238 und Americium-241 untersucht. Auf Grund des eingeleiteten Laborneubaus und unzureichender Laborprovisorien sind jedoch zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes noch nicht alle Proben des Jahres 2003 analysiert, so dass der Berichtsteil auch dieses Jahr einen geringeren Umfang aufweist.

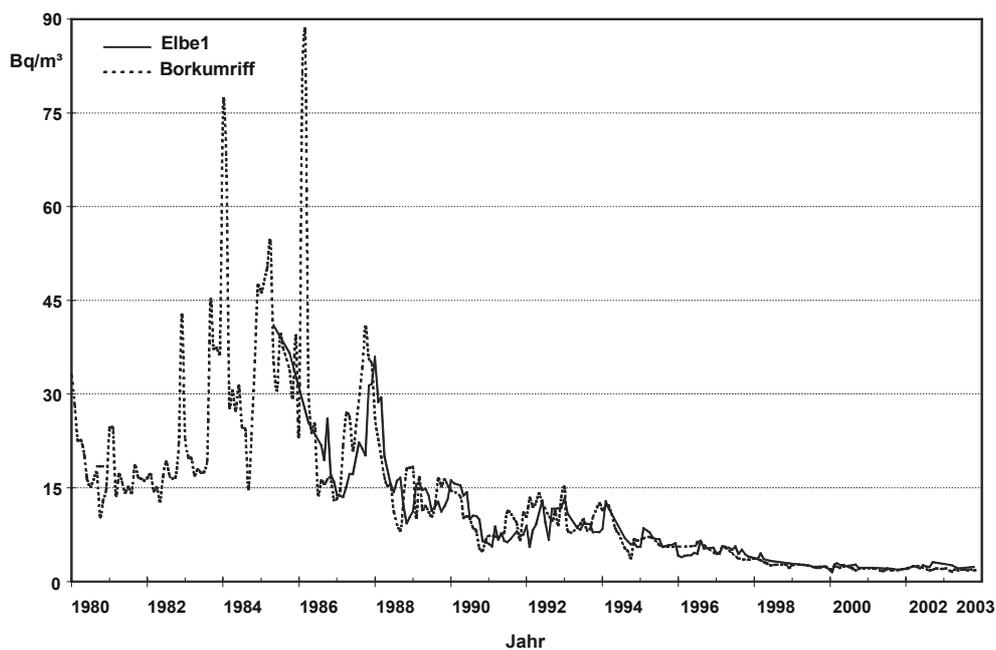
In Nord- und Ostsee können Radionuklide aus folgenden Quellen nachgewiesen werden:

1. globaler Fallout aus den atmosphärischen Kernwaffentests der 50er und 60er Jahre,
2. Ableitungen aus den Wiederaufbereitungsanlagen in Sellafield (UK), und La Hague (F),
3. Fallout aus dem Reaktorunfall von Tschernobyl 1986
4. und Ableitungen aus kerntechnischen Einrichtungen wie Kernkraftwerke und Forschungsreaktoren.

In den Abbildung 3.3.2-1 und 3.3.2-2 ist der zeitliche Verlauf der Cs-137- bzw. Sr-90-Aktivitätskonzentration an den Positionen der früheren Feuerschiffe "Elbe 1" und "Borkumriff" seit 1961 bzw. 1980 dargestellt. Der Fallout von Tschernobyl ist in der Nordsee nicht mehr nachzuweisen. Die Ableitungen aus der WAA Sellafield sind auch nur noch durch leicht erhöhte Werte in der äußeren Deutschen Bucht nachzuweisen. In der Deutschen Bucht liegen die Konzentrationen beider Nuklide inzwischen nur noch geringfügig über den Fallout-Konzentrationen atlantischen Meerwassers (Abbildung 3.3.2-3.) Cs-137 ist im Wasser der Nordsee nicht mehr nachweisbar (NWG ca. 0,2 Bq/m³).



BSH	Der zeitliche Verlauf der Aktivitätskonzentration von Cs-137 (Bq/m ³) an zwei Positionen in der Deutschen Bucht seit 1961 <i>(Temporal trend of the activity concentration of Cs-137 (Bq/m³) at two positions in the German Bight since 1961)</i>	3.3.2-1
------------	---	----------------

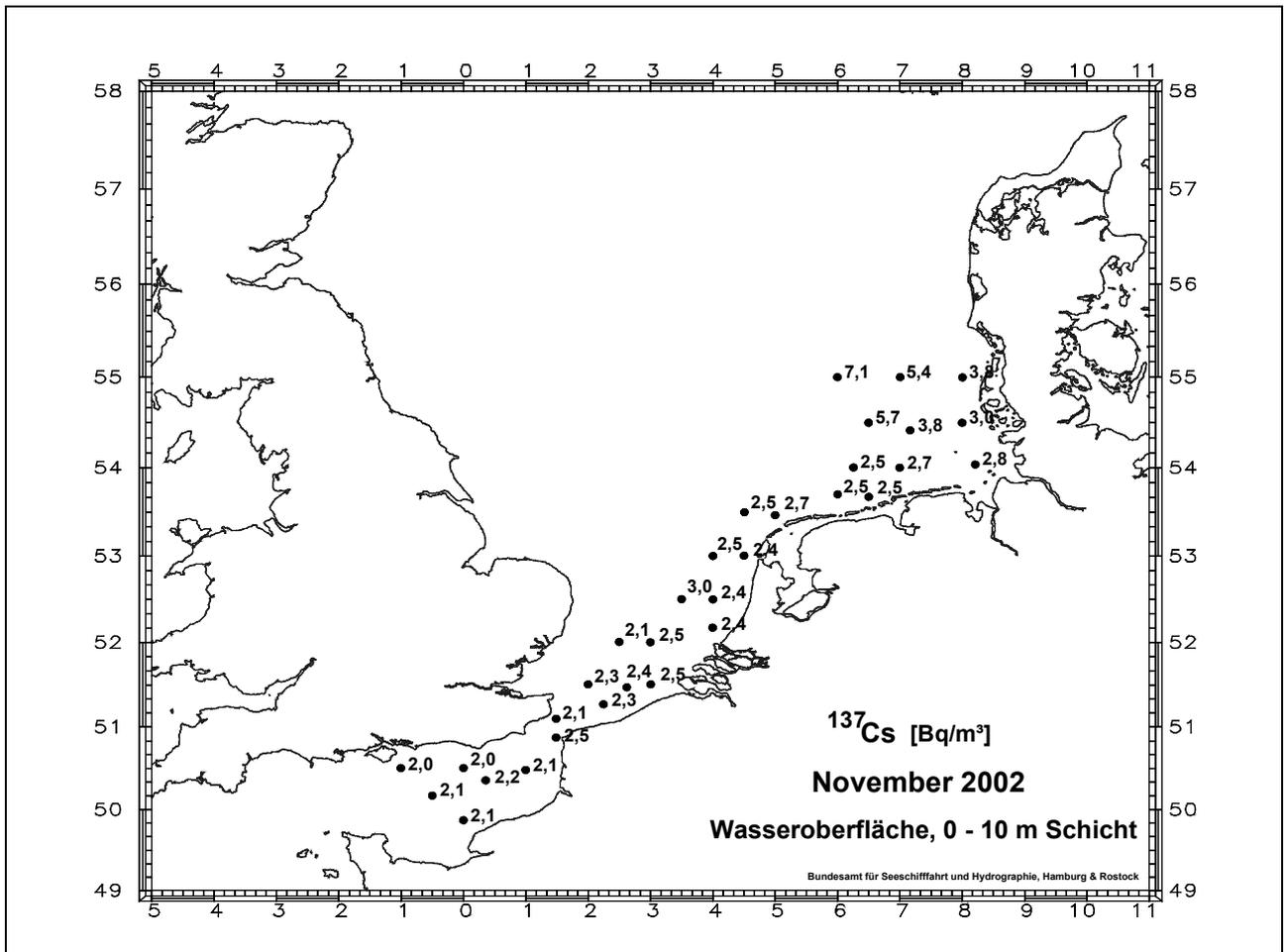


BSH

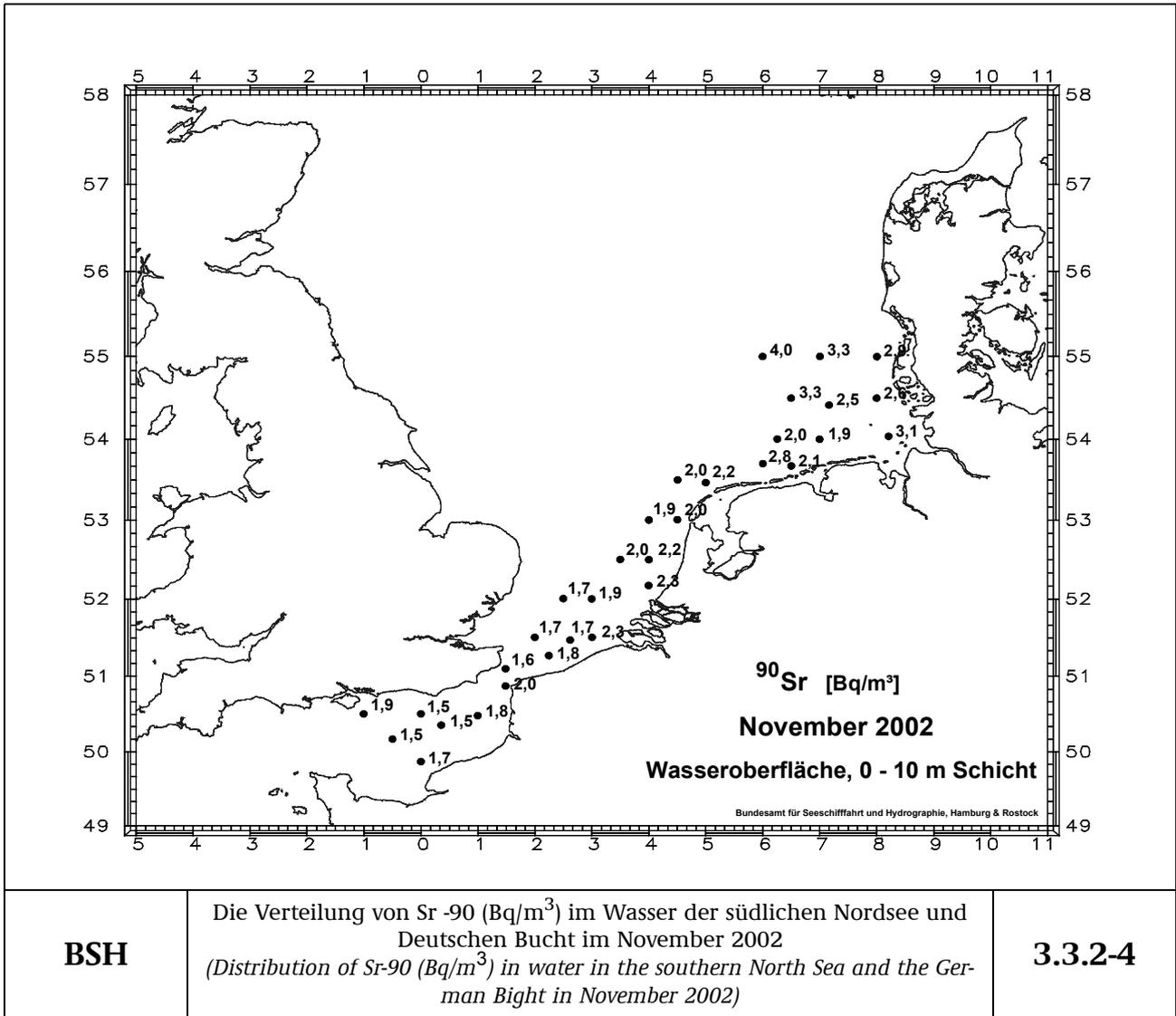
Der zeitliche Verlauf der Aktivitätskonzentration von Sr-90 (Bq/m^3) an zwei Positionen in der Deutschen Bucht seit 1980
(Temporal trend of the activity concentration of Sr-90 (Bq/m^3) at two positions in the German Bight since 1980)

3.3.2-2

Ein signifikanter Anteil der Konzentrationen des Cs-137 und der Transurannuklide stammt aus der Resuspension des Sedimentes und nicht aus den gegenwärtigen Einleitungen der Wiederaufarbeitungsanlagen Sellafield und La Hague. Das Sediment der Irischen See ist durch Einleitungen vor allem in den siebziger Jahren stark kontaminiert. Dies gilt in geringerem Maße auch für das Sediment der kontinentalen Küste. Die Resuspension wird sowohl durch natürliche Ereignisse wie Stürme als auch durch menschliche Einflüsse wie Grundnetz- und Baumkurrenfischerei hervorgerufen. In den Abbildungen 2.3.2-3 und 2.3.2-4 wird die derzeit aktuellste Verteilung der Aktivitätskonzentration der Radionuklide Cs-137 und Sr-90 in der südlichen Nordsee und der Deutschen Bucht im November 2002 dargestellt (Entsprechende Daten für das Jahr 2003 liegen noch nicht vor). Nur im nordwestlichen Teil der Deutschen Bucht sind noch leicht höhere Werte an Cs-137 festzustellen. Die anderen Seegebiete weisen eine weitgehend homogene Verteilung der Konzentration an Radiocäsium auf. Eine ganz ähnliche räumliche Verteilung ist auch bei Sr-90 festzustellen, wobei die Konzentrationen insgesamt etwas niedriger liegen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Fallout an Sr-90 aus den oberirdischen Kernwaffentests der sechziger Jahre ebenfalls geringere Sr-90-Werte aufweist im Verhältnis zu Cs-137. Der Grund dafür liegt im unterschiedlichen Verhältnis von Isotopen mit Atomgewichten bei 137 und 90 beim Reaktorunfall von Tschernobyl im Gegensatz zu den Kernwaffenexplosionen.



<p>BSH</p>	<p>Die Verteilung von Cs-137 (Bq/m³) im Wasser der südlichen Nordsee und Deutschen Bucht im November 2002 <i>(Distribution of Cs-137 (Bq/m³) in water in the southern North Sea and the German Bight in November 2002)</i></p>	<p>3.3.2-3</p>
-------------------	---	-----------------------

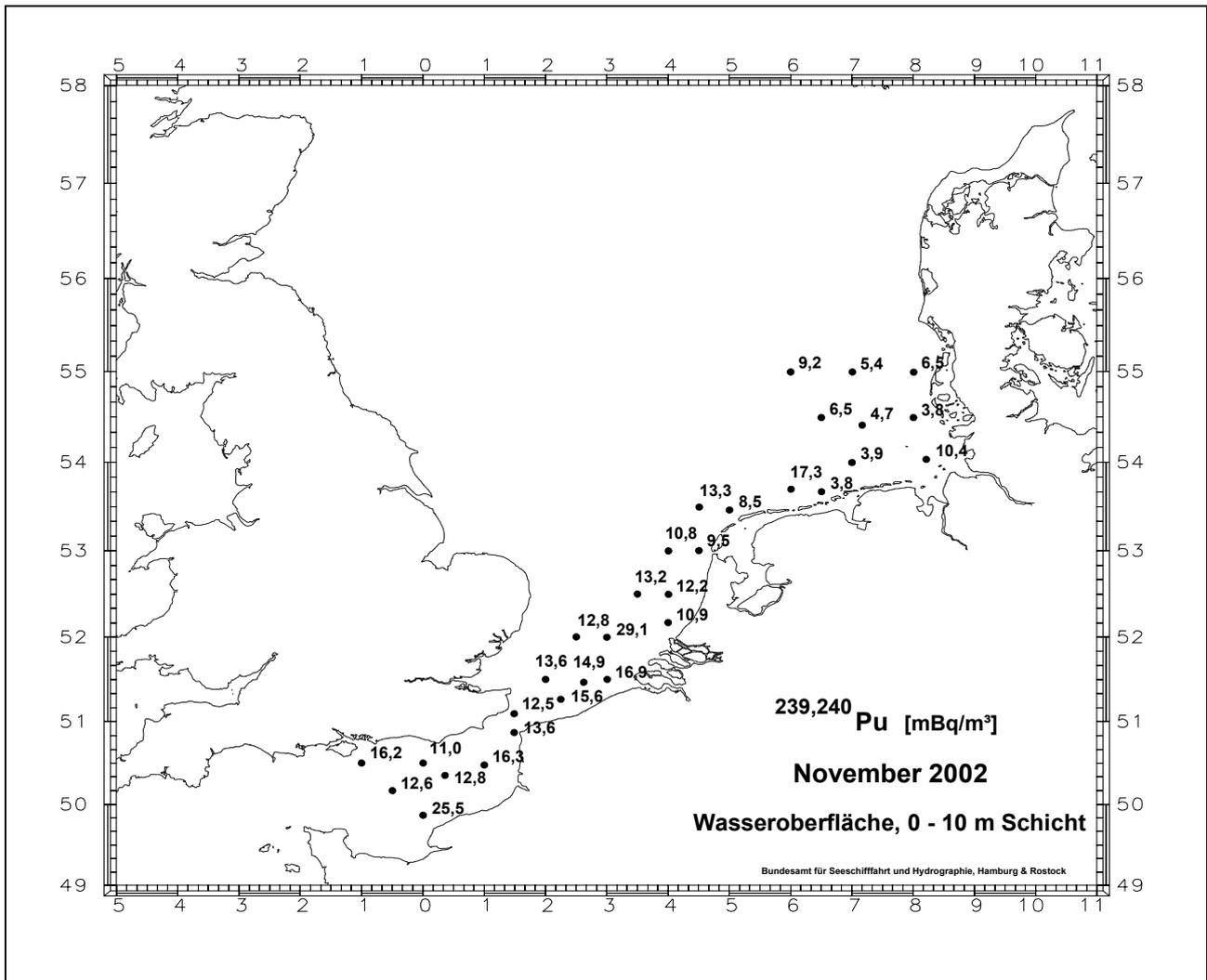


BSH

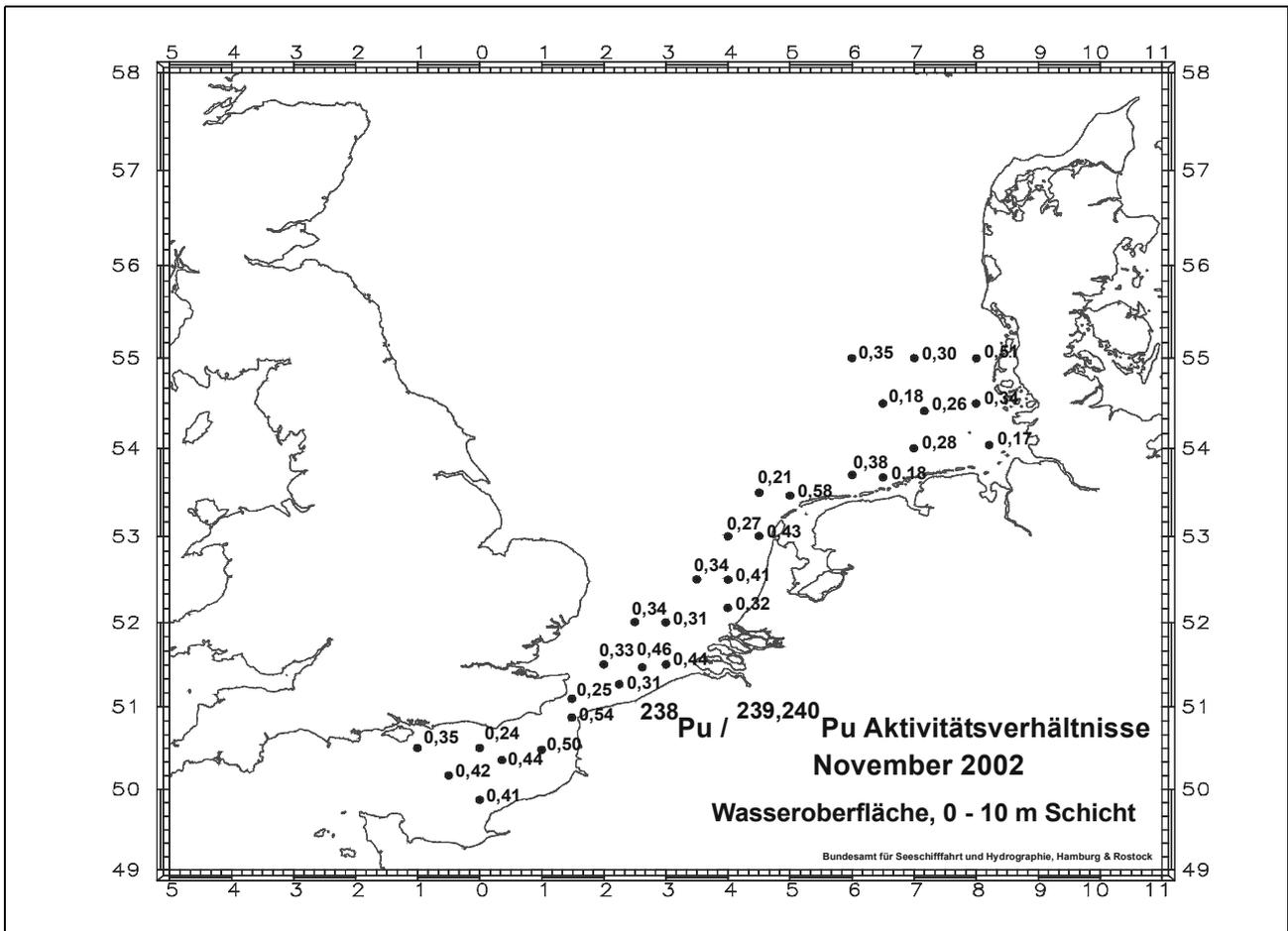
Die Verteilung von Sr-90 (Bq/m³) im Wasser der südlichen Nordsee und Deutschen Bucht im November 2002
(Distribution of Sr-90 (Bq/m³) in water in the southern North Sea and the German Bight in November 2002)

3.3.2-4

In den Abbildung 3.3.2-5 bis 3.3.2-7 sind Ergebnisse der Untersuchungen zur Verteilung der Transurane Pu-239/240, Pu-238 und Am-241 dargestellt, wobei Abbildung 3.3.2-6 das Aktivitätsverhältnis der beiden Plutoniumisotope wiedergibt. Aus diesem Verhältnis kann man die Herkunft dieser Nuklide erkennen. Der globale Fallout weist ein Verhältnis von etwa 0,02 bis 0,06 auf, Pu-Isotope aus den Wiederaufbereitungsanlagen liegen mit Verhältnissen bis über 0,5 deutlich darüber. Die gefundenen Verhältnisse lassen daher darauf schließen, dass der überwiegende Teil der in der Nordsee vorhandenen Plutoniumisotope aus den Anlagen Sellafield oder La Hague stammt. Dies ist bereits an den Werten im Englischen Kanal auffällig. Die Konzentrationen sind jedoch außerordentlich gering und liegen weitgehend auf dem Niveau des globalen Fallouts des Nordatlantikoberflächenwassers. In der Wasserphase vorhandenes Plutonium wird durch Partikel sehr stark aufgenommen und im Sediment deponiert. Dies gilt im Übrigen auch für Am-241, das noch stärker durch Partikel adsorbiert wird. Deswegen Verteilung ist in Abbildung 3.3.2-7 dargestellt. Das in der Nordsee nachgewiesene Plutonium und Americium stellt damit eine Mischung aus globalem Fallout und demjenigen dar, das aus europäischen Wiederaufbereitungsanlagen eingeleitet wurde, wobei inzwischen Gleichgewichte zwischen der Wasserphase und resuspendiertem Sediment vorliegen sollten. Diese resuspendierten Partikel werden durch Meeresströmungen weiterverfrachtet. Dadurch können diese Transurane aus den Wiederaufbereitungsanlagen in der gesamten Nordsee oder auch darüber hinaus nachgewiesen werden. Neben den genannten Transuranen Plutonium und Americium kann auch in der südlichen Nordsee das Curium-244 nachgewiesen werden.



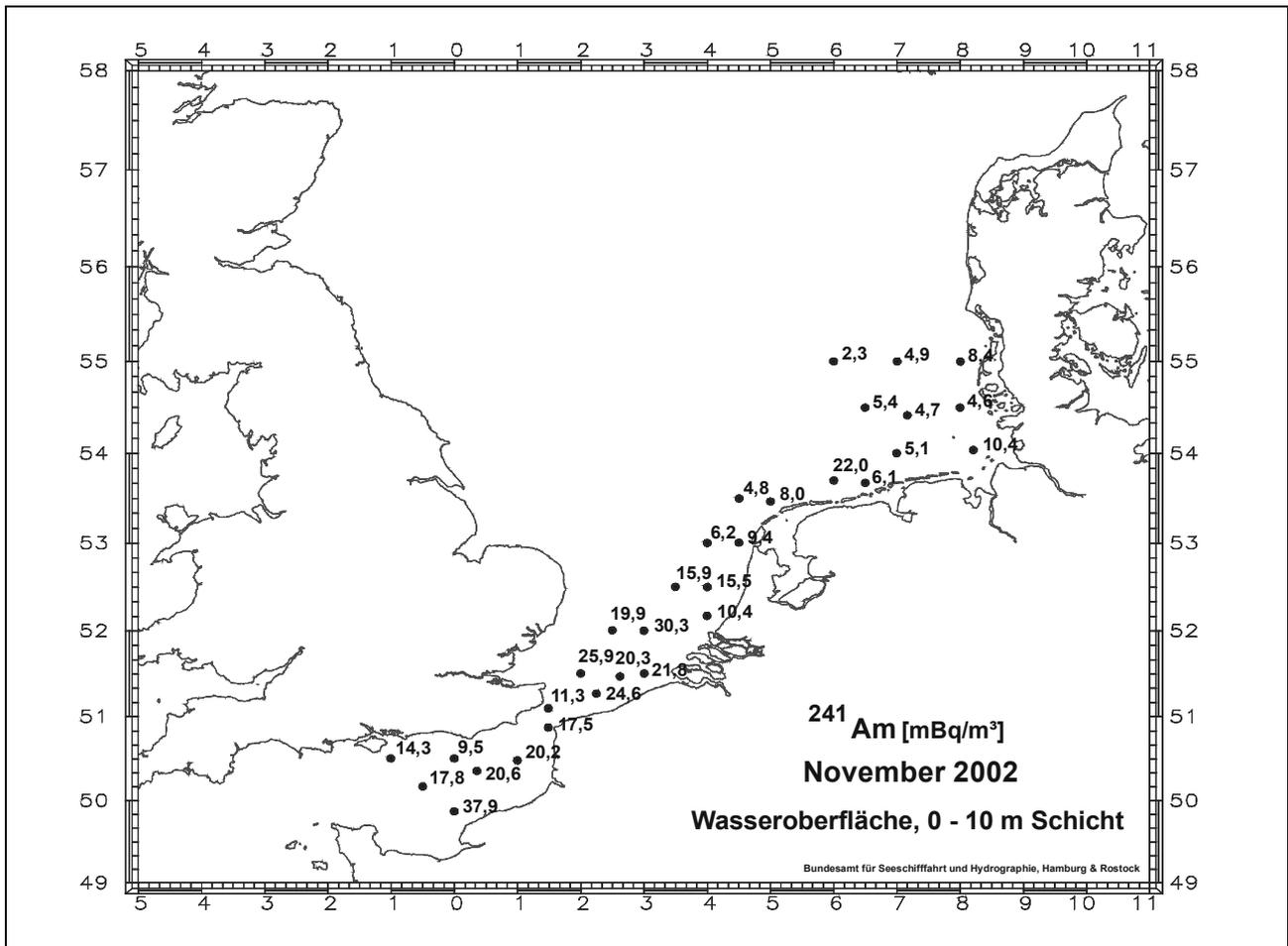
<p>BSH</p>	<p>Verteilung der Konzentration an Pu-239/240 (mBq/m³) im Wasser der südlichen Nordsee und der deutschen Bucht im November 2002. <i>(Distribution of the Activity Concentration of Pu-239/240 (mBq/m³) in water of the southern North Sea and the German Bight in November 2002)</i></p>	<p>3.3.2-5</p>
-------------------	---	-----------------------



BSH

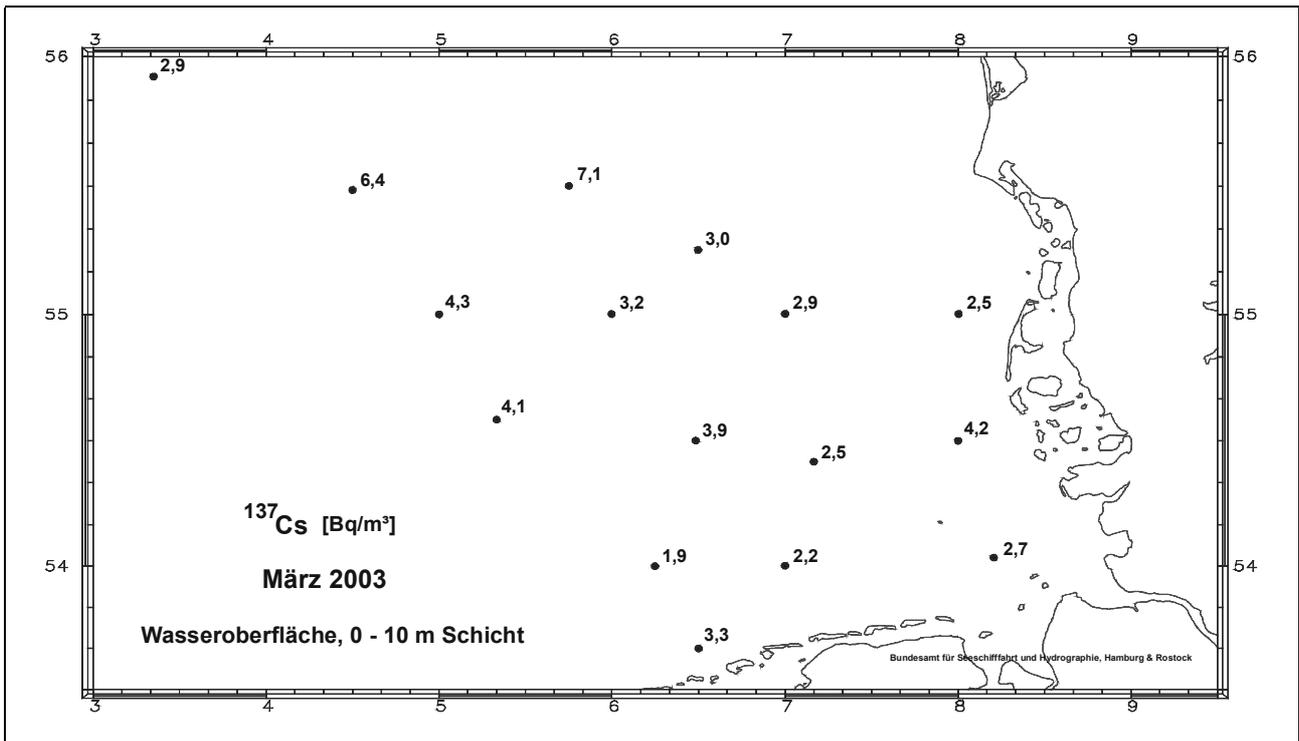
Verteilung der Aktivitätsverhältnisse zwischen Pu-238 und Pu-239/240 im Wasser der südlichen Nordsee und der deutschen Bucht im November 2002
(Distribution of the Activity ratios of Pu-238 and Pu-239/240 in water of the southern North Sea and the German Bight in November 2002)

3.3.2-6



BSH	Verteilung der Konzentration an A- ²⁴¹ m (mBq/m ³) im Wasser der südlichen Nordsee und der deutschen Bucht im November 2002 <i>(Distribution of the Activity Concentration of Am-241 (mBq/m³) in water of the southern North Sea and the German Bight in November 2002)</i>	3.3.2-7
------------	--	----------------

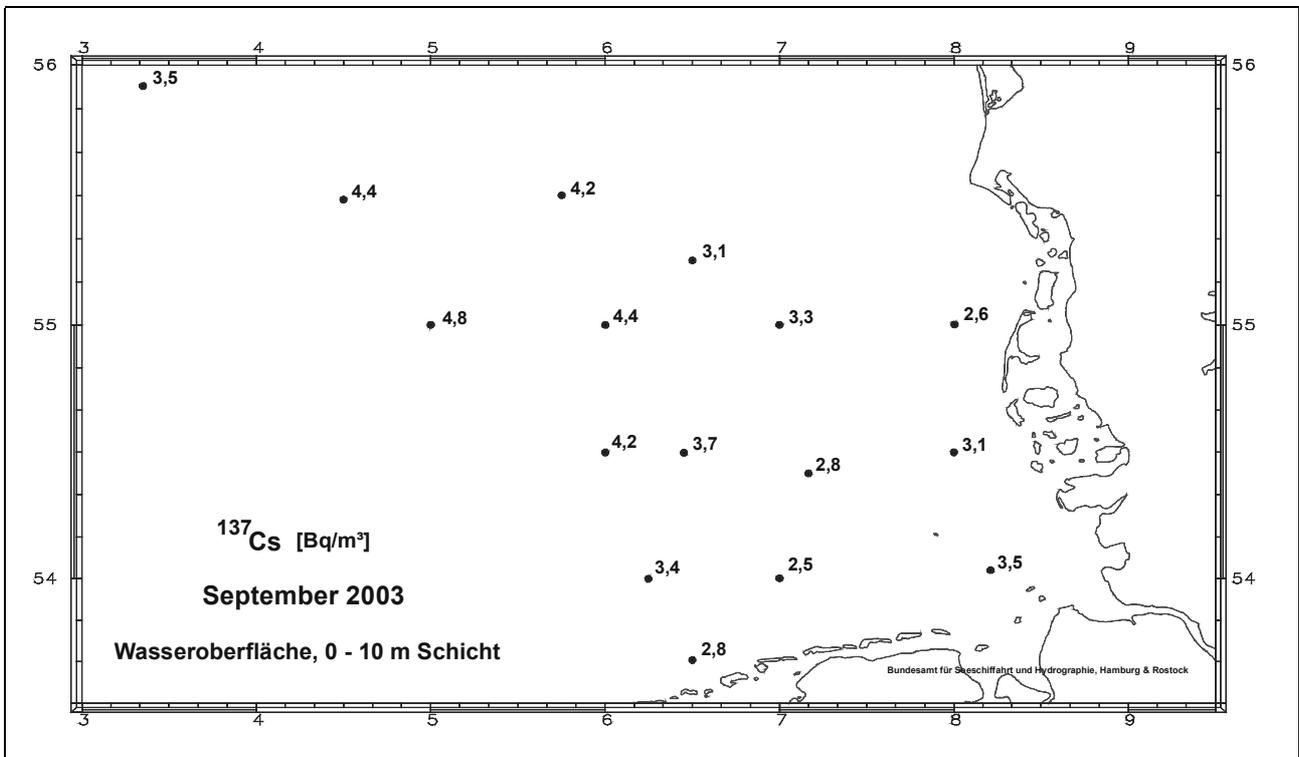
Die Verteilung von Cs-137 in der Deutschen Bucht während zweier Überwachungsfahrten im März und September 2003 ist in den Abbildungen 3.3.2-8 und 3.3.2-9 dargestellt. Im Küstenbereich unter dem Einfluss der Flüsse liegen etwas geringere Konzentrationen vor als im äußeren Teil der Deutschen Bucht, wo noch Reste der Ableitungen aus der Anlage Sellafield zu finden sind. Insgesamt ist die Konzentration inzwischen sehr niedrig und gibt zu keinerlei Besorgnis Anlass.



BSH

Verteilung der Cs-137-Konzentration (Bq/m^3) im Wasser der Deutschen Bucht im März 2003
(Distribution of the activity concentration of Cs-137 (Bq/m^3) in surface water of the German Bight in March 2003)

3.3.2-8

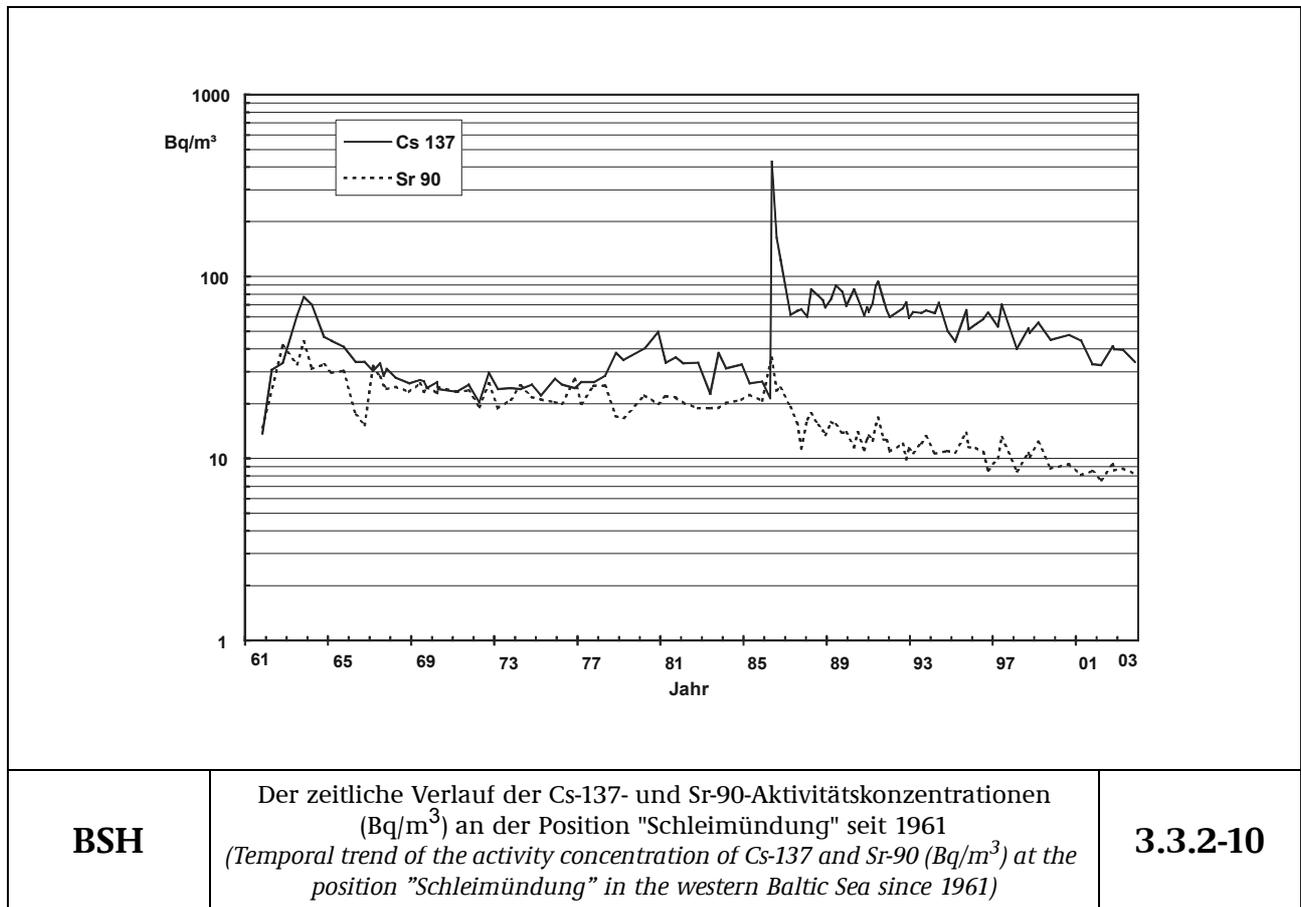


BSH

Verteilung der Cs-137-Konzentration (Bq/m^3) im Wasser der Deutschen Bucht im September 2003
(Distribution of the activity concentration of Cs-137 (Bq/m^3) in surface water of the German Bight in September 2003)

3.3.2-9

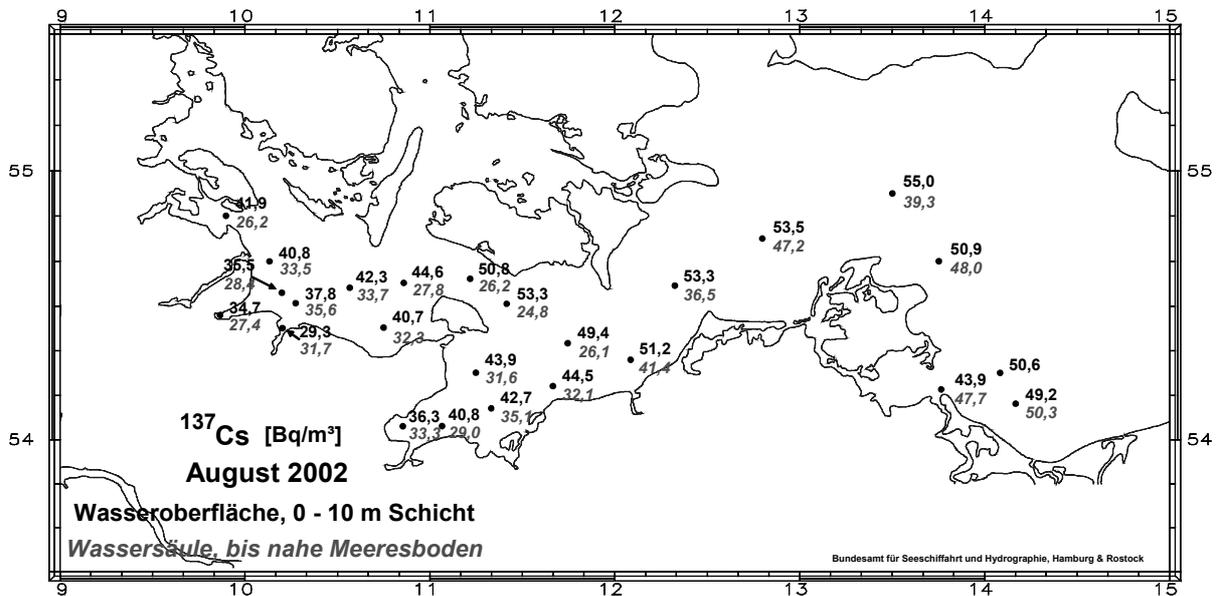
Abbildung 3.3.2-10 stellt den Verlauf der Aktivitätskonzentration von Cs-137 und Sr-90 an der Position Schleimündung in der Ostsee seit 1961 dar. Deutlich zu erkennen sind die höheren Konzentrationen beider Nuklide in den sechziger Jahren und an Cs-137 seit dem Tschernobyl-Unfall. Die jahreszeitlichen Schwankungen der Cs-137-Konzentration an der Position "Schleimündung" (54° 40'N, 010° 05'E) sind durch den jahreszeitlich schwankenden Ein- und Ausstrom des Ostseewassers bestimmt.



Der Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl am 26. April 1986 hat das Inventar an künstlichen Radionukliden in der Ostsee drastisch erhöht. Langfristig sind - wie auch an Land - im Meeresbereich nur die Nuklide Cs-134 und Cs-137 von größerem Interesse, die bei dem Unfall 1986 in einem Aktivitätsverhältnis von etwa 0,5 freigesetzt wurden. Die Ostsee ist noch heute, neben dem Schwarzen Meer und der Irischen See, das Seegebiet mit den höchsten Konzentrationen an Cs-137 in der Welt.

Durch den im Jahresmittel sehr geringen Wasseraustausch der Ostsee mit der Nordsee durch die dänischen Meerengen ist die durch Tschernobyl eingetragene Aktivität im Wasser der Ostsee über einen längeren Zeitraum verblieben. Die Zeit für einen vollständigen Wasseraustausch der Ostsee wird mit 20 bis 30 Jahren angenommen. Inzwischen nimmt jedoch auch hier die Cs-137-Aktivitätskonzentration deutlich ab.

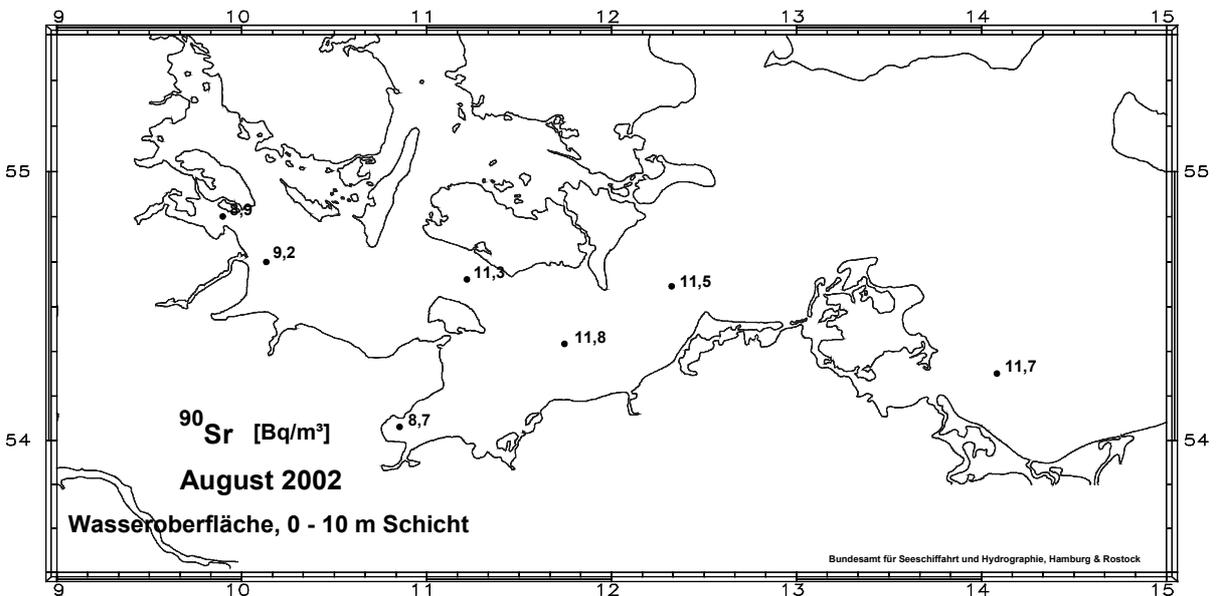
Die Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 liegt in der westlichen Ostsee etwa zwischen 20 im westlichen und 50 Bq/m³ im östlichen Teil des überwachten Gebietes im August 2002 (Abbildung 3.3.2-11). Die Konzentrationen nehmen nach Osten und Norden nach wie vor leicht zu - in Richtung des Schwerpunktes des Tschernobyl-Fallout. Obwohl die Kontamination der westlichen Ostsee sich gegenüber den Vorjahren verringert hat, liegt sie immer noch über derjenigen der Deutschen Bucht. Während die Wassersäule der Ostsee im überwiegenden Teil bis hinunter zum Meeresboden eine sehr homogene Kontamination zeigt, lässt sich im salzreicheren und dichterem Bodenwasser des Kattegat und der Beltsee der Einstrom des Nordseewassers mit deutlich geringerem Gehalt an Cs-137 (Abbildung 3.3.2-11, Abbildung 3.3.2-13) und Sr-90 (Abbildung 3.3.2-12) nachweisen. Die Tritiumkonzentrationen in der Ostsee lassen keine signifikant erhöhten Messwerte erkennen.



BSH

Verteilung von Cs-137 (Bq/m⁻³) im Oberflächen- und Tiefenwasser der westlichen Ostsee im August 2002
(Spatial distribution of Cs-137 (Bq/m³) in surface and bottom water of the western Baltic Sea in August 2002)

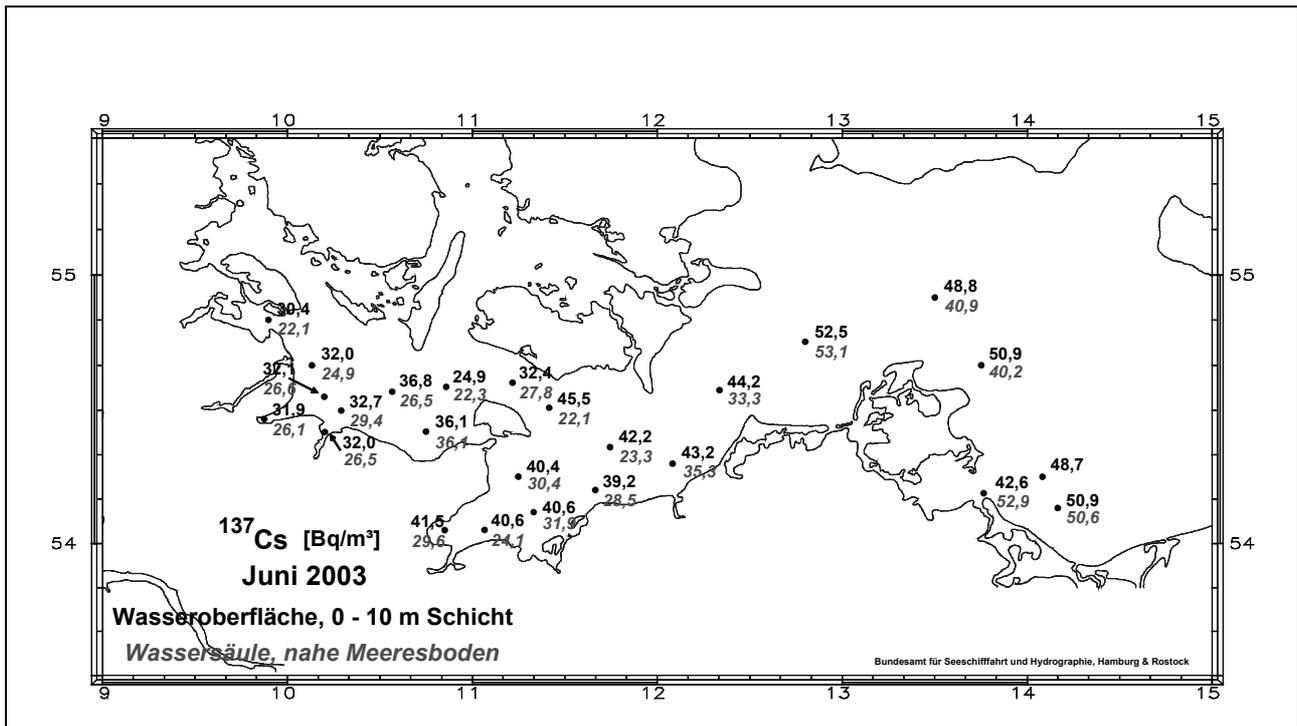
3.3.2-11



BSH

Verteilung von Sr-90 (Bq/m⁻³) im Oberflächen- und Tiefenwasser der westlichen Ostsee im August 2002
(Spatial distribution of Sr-90 (Bq/m³) in surface and bottom water of the western Baltic Sea in August 2002)

3.3.2-12



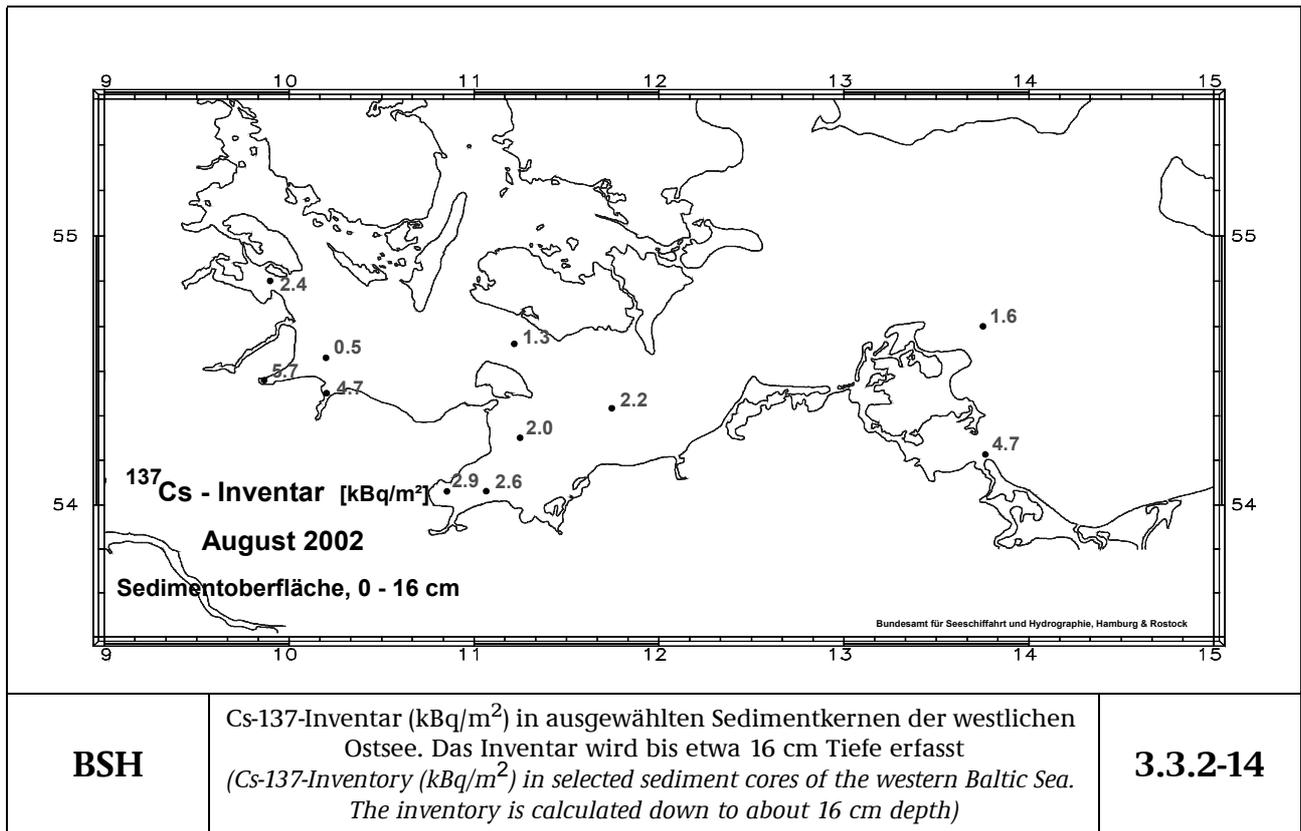
BSH	Verteilung von Cs-137 (Bq/m ³) im Oberflächen- und Tiefenwasser der westlichen Ostsee im Juni 2003 (Spatial distribution of Cs-137 (Bq/m ³) in surface and bottom water of the western Baltic Sea in June 2003)	3.3.2-13
------------	--	-----------------

Sedimente

Sedimente reichern Stoffe aus der Wassersäule an. Sie sind damit eine wesentliche Senke für den Verbleib von in das Meer eingetragenen Schadstoffen. Je nach chemischen Eigenschaften der Elemente und je nach Schwebstoffbeschaffenheit reichern sich auch radioaktive Stoffe durch Sedimentation am Meeresboden an. Für eine Reihe von Nukliden bedeutet diese Anreicherung einen weitgehend irreversiblen Prozess, durch den die Radioaktivität der Wassersäule "ausgekämmt" und in der Meeresbodenoberfläche konzentriert wird. Man muss jedoch je nach chemischen und physikalischen Gegebenheiten auch mit Resuspension, d. h. Wiederfreisetzung der abgelagerten Radionuklide in die Wassersäule rechnen.

Die Oberflächensedimente der Ostsee weisen deutlich höhere spezifische Aktivitäten als diejenigen der Nordsee auf. Diese Aussage gilt in den meisten Fällen auch für natürliche Radionuklide. Einerseits ist dieser Effekt darauf zurückzuführen, dass die Korngröße der mehr schlickigen und damit feinkörnigeren Sedimente der Ostsee kleiner ist, andererseits liegt dies auch darin begründet, dass die geringere Turbulenz im Wasser der Ostsee zu einem Sedimentieren der feineren Partikel führt. Auch die höhere Flächendeposition des Tschernobyl-Eintrags auf das Gebiet der westlichen Ostsee spiegelt sich in den erhöhten Aktivitäten wider.

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 heutzutage infolge der Sedimentation vielfach nicht mehr an der Sedimentoberfläche, sondern je nach Ort in Tiefen von 2 bis 8 cm. In Abbildung 3.3.2-14 ist das Inventare in kBq/m² einiger ausgewählter Sedimentstationen der westlichen Ostsee bis in etwa 20 cm Tiefe dargestellt. Die höchsten Werte mit bis zu 5,7 kBq/m² (Eckernförder Bucht) sind in den wasseraustauscharmen Buchten zu finden. Die Inventare hängen stark von der Korngröße der Sedimente ab.



BSH

Cs-137-Inventar (kBq/m²) in ausgewählten Sedimentkernen der westlichen Ostsee. Das Inventar wird bis etwa 16 cm Tiefe erfasst
 (Cs-137-Inventary (kBq/m²) in selected sediment cores of the western Baltic Sea. The inventory is calculated down to about 16 cm depth)

3.3.2-14