

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 Routine-messprogramm (RMP) zum Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) für das Jahr 2002 berichtet. Die, bezüglich der Umgebungsüberwachung von kerntechnischen Anlagen gemäß der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI), von den Messstellen der Länder und den Betreibern mitgeteilten Ergebnisse 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 15.026 Einzelwerten (2001: 15.721) von 450 (2001: 451) Probenentnahmestellen an Gewässern ausgewertet. Für ausgewählte Entnahmestellen wurden Jahresmittelwerte (JMW) der Radionuklidkonzentrationen berechnet und zusammen mit den jeweiligen minimalen und maximalen Einzelwerten in Tabelle 3.3.1-2 (Fließgewässer) bzw. Tabelle 3.3.1-3 (Seen und Talsperren) den Mittelwerten des Vorjahres gegenübergestellt. Daneben 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 überschätzen. Waren alle Werte als Nachweisgrenzen mitgeteilt worden, ist in der Auftragung "nn" angegeben.

Mit der Überwachung der dynamischen Kompartimente Oberflächenwasser und Schwebstoff können Einträge und Veränderungen radioaktiver Kontaminationen in Gewässern relativ kurzzeitig und empfindlich erfasst 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. Die Sedimente sind als das eigentliche Langzeitspeichermedium in den Gewässern zu betrachten. Hieran lassen sich die langfristigen Auswirkungen radioaktiver Kontaminationen aufzeigen. Infolge einer Remobilisierung von Sedimenten - beispielsweise bei Hochwassersituationen - ist eine spätere Weiterverfrachtung bereits abgelagerter Radionuklide in andere Bereiche 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 Kobalt-60 (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 und Messergebnisse

Eine Bewertung der bei der großräumigen Überwachung nach dem StrVG im Berichtsjahr 2002 erhaltenen Messergebnisse ergibt für den radiologischen Gütezustand der Binnengewässer folgendes Bild:

Oberflächenwasser

Oberflächenwasser wies H-3-Gehalte im Jahresmittel überwiegend unterhalb der geforderten Nachweisgrenze des Routinemessprogramms (RMP) von 10 Bq/l auf. Selbst in Flüssen, in die von kerntechnischen Anlagen H-3 eingeleitet wurde, betrug die Jahresmittelwerte nur bis ca. 24 Bq/l (Mosel). 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 – außer H-3 – waren im Fernbereich der Emittenten i. Allg. nicht mehr nachweisbar. Lediglich in der Ems (Terborg) wurde Co-60 in geringfügigen Konzentrationen unter 0,01 Bq/l gemessen. I-131 trat 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.

Schwebstoff

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 300 und Starnberger See 280 Bq/kg TM im Jahresmittel. Co-58 konnte in Rhein und Mosel über große Fließstrecken verfolgt werden: die Jahresmittelwerte betrug bis ca. 5 Bq/kg TM. In Ems, Jadebusen, Mosel und Rhein gemessene Co-60-Gehalte lagen im Mittel unter 3 Bq/kg TM und damit unter der Nachweisgrenze des RMP. Für I-131-Konzentrationen wurden Einzelwerte von meist bis 50 Bq/kg TM gemessen; höhere Werte bis 155 Bq/kg TM stammten von der Spree (Berlin).

Zur Darstellung der langfristigen Kontamination von Gewässern sind Untersuchungen von Sedimenten besonders angezeigt. Cs-137 trat hier 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) 244, Schaalsee und Lanker See (Schleswig-Holstein) 212 bzw. 247 Bq/kg TM. Co-58 und Co-60 wurden in Sedimenten – hauptsächlich aus 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 2002 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 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 werden.

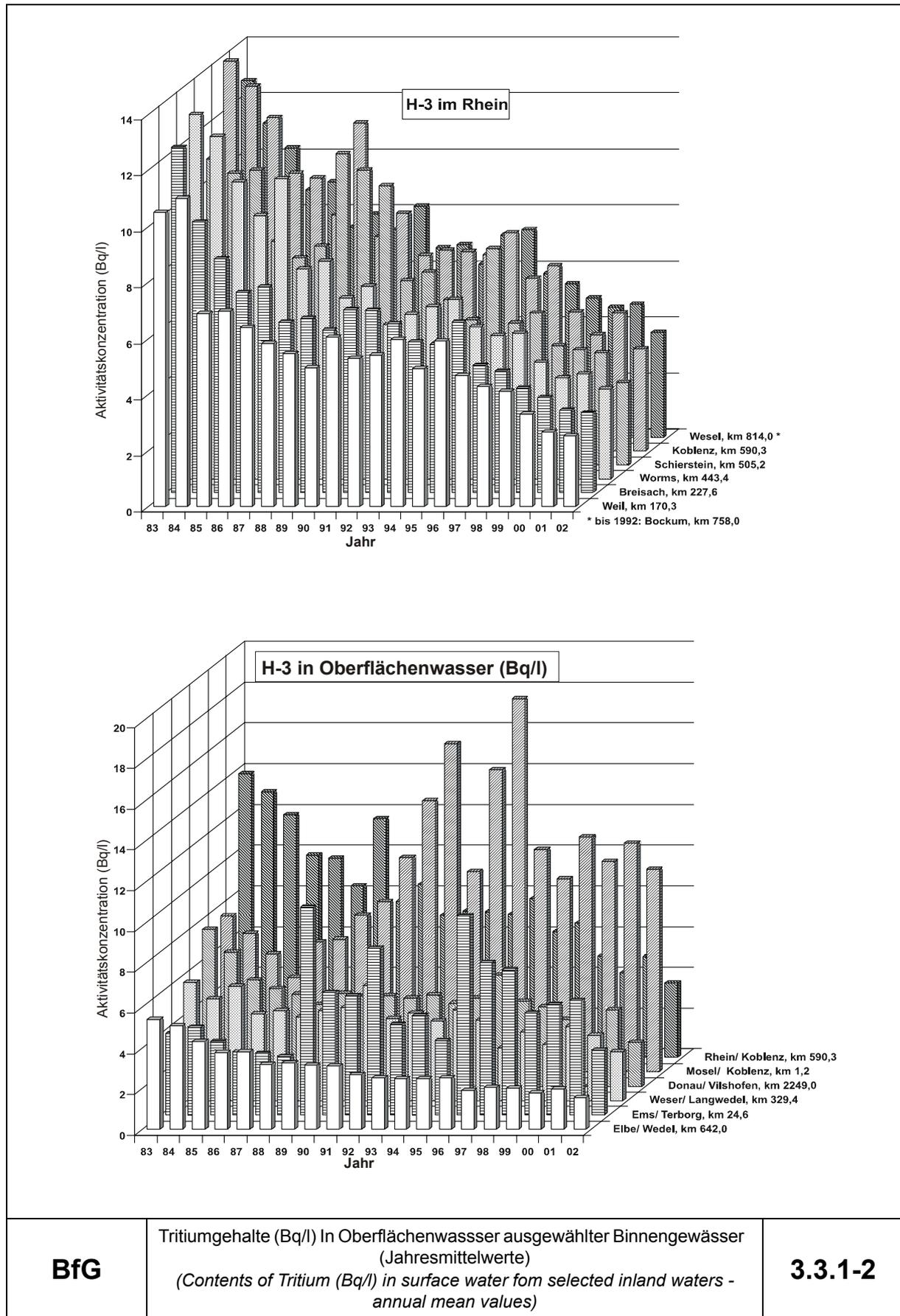
Strahlenexposition

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 2002 noch in Sedimenten deutlich nachweisbar. So konnten in Sedimenten aus der Donau noch mittlere Cs-137-Gehalte von 107 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. 11,4 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.

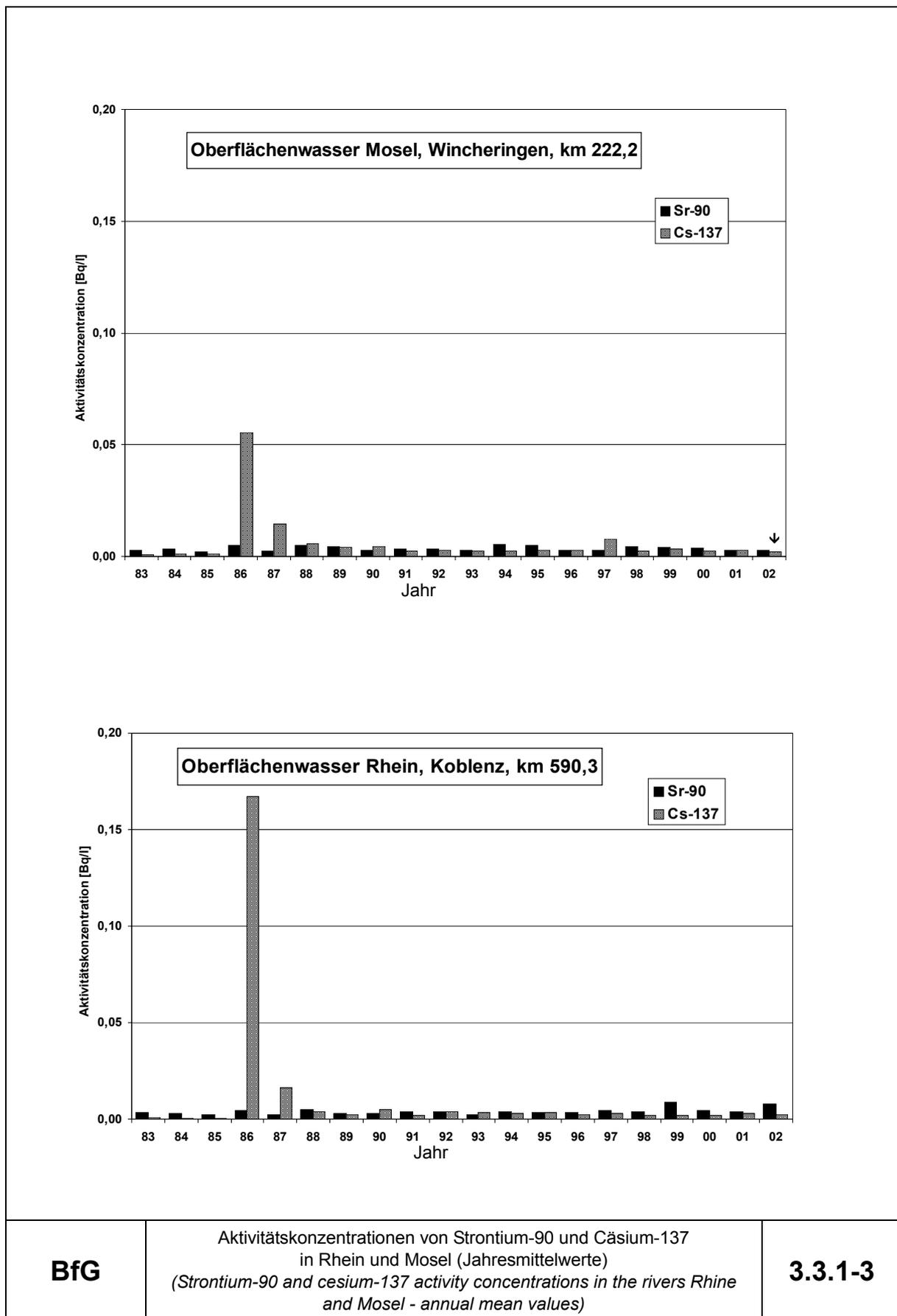


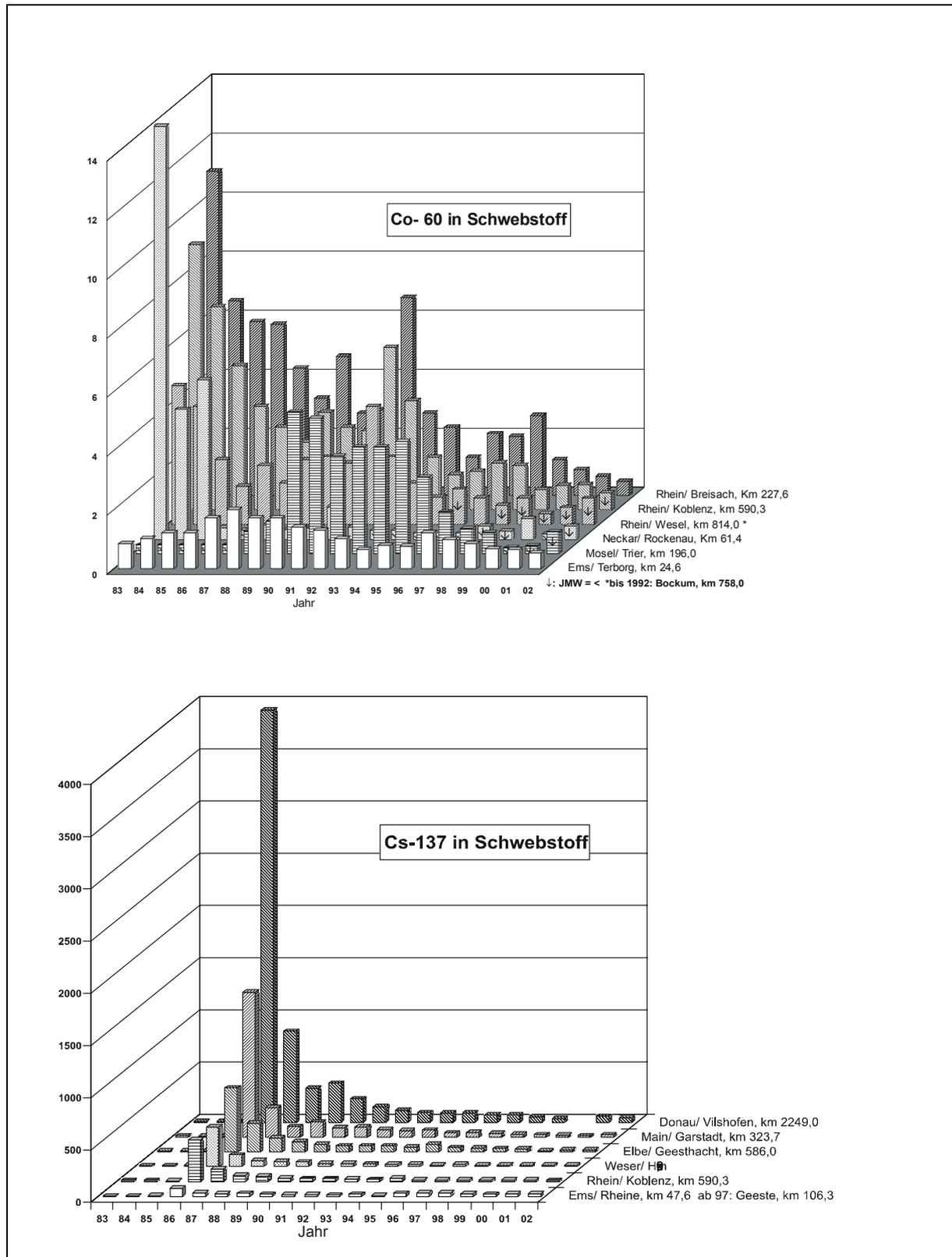


BfG

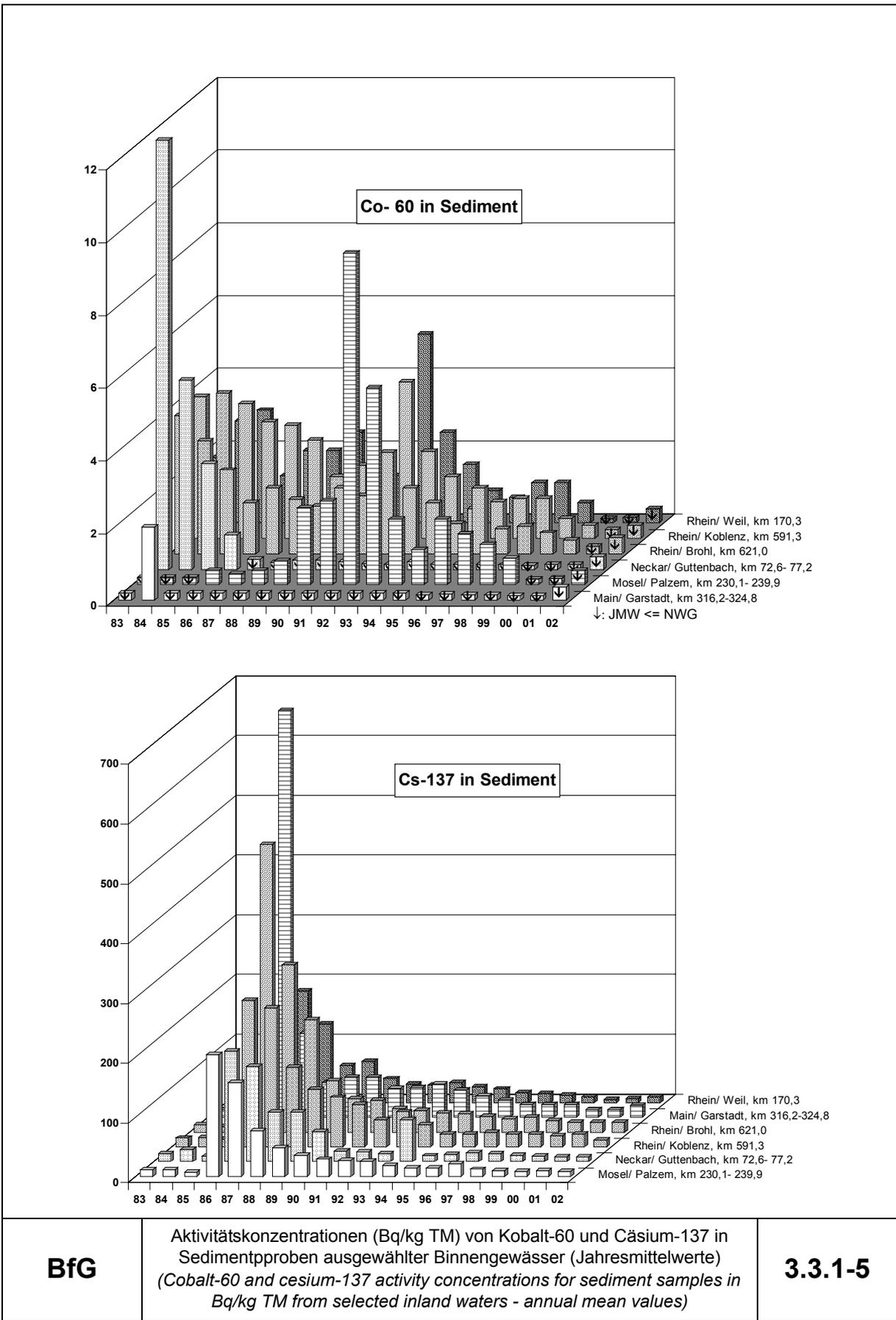
Tritiumgehalte (Bq/l) In Oberflächenwasser ausgewählter Binnengewässer
 (Jahresmittelwerte)
 (Contents of Tritium (Bq/l) in surface water fom selected inland waters -
 annual mean values)

3.3.1-2





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

3.3.1-5

Tabelle 3.3.1-1 Übersicht über die für 2002 insgesamt ausgewerteten Ergebnisse von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentmessungen nach StrVG und REI für 717 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 2002, in accordance with the StrVG and REI, for 710 sampling positions along with the respective maximal measured values and the corresponding water sources and reference times)

Umweltmedium	Nuklid	Anzahl der Werte	Maximalwert (Bq/l bzw. Bq/kg TM)	Gewässer	Ort/Anlage	Datum/ Zeitraum in 2002
Oberflächenwasser	G α -Aktivität	131	0,66	Ems, km 24,64	Terborg	Mai
	G β -Aktivität	59	7,5	Salzbach	Endlager Morsleben	Januar
	H-3	1412	6700	Ems	KKW Emsland, am Auslaufbauwerk	I. Quartal
	Sr-90	307	0,021	Stechlinsee	Neuglobsow	7.10.
	I-131	168	0,092	Ems, km 106,3	KKW Emsland, Dalum	16.4
	Cs-137 Sonstige	1339 4499	0,11 -	Arendsee	Arendsee -	6.2. -
Schwebstoff	Co-58	64	7,21	Mosel, km 241,96	Perl	September
	Co-60	474	4,71	Mosel, km 241,96	Perl	Juli
	I-131	133	155	Spree, km 27,2	Berlin-Schöneweide	Januar
	Cs-137	476	320	Steinhuder Meer	Wunstorf	III. Quartal
	Sonstige	2112	-	-	-	-
Sediment	G α -Aktivität	3	630	Hirschkanal	Forschungszentrum Karlsruhe	I. Quartal
	G β -Aktivität	3	1400	Hirschkanal	Forschungszentrum Karlsruhe	I. Quartal
	Co-58	56	5,0	Rhein	KKW Philippsburg, am Auslaufbauwerk	III. Quartal
	Co-60	1205	18	Weser	KKW Würgassen, am Auslaufbauwerk	11.12.
	Sr-90	5	0,27	Elbe	KKW Brunsbüttel, am Auslaufbauwerk	12.2.
	Cs-137	1203	383	Schollensee	Schollene	13.8
	Pu-238	8	0,047	Elbe	KKW Brunsbüttel, am Auslaufbauwerk	12.2.
	Pu-239/240	8	0,25	Elbe	KKW Brunsbüttel, am Auslaufbauwerk	12.2.
	Sonstige	4951	-	-	-	-

- 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 Umweltmedien	Nuklid	Ort, Fluss-km	Anzahl 2002		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwert 2002		Jahresmittelwerte	
					Min.-Wert	Max.-Wert	2000	2001
RHEIN								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Weil, km 172,97	12		1,4	6,0	2,5	2,6
		Koblenz, km 590,3	12		2,5	4,6	3,6	4,9
		Wesel, km 814,0	12		3,2	4,6	3,7	6,5
	Sr-90	Weil, km 172,97	4		0,0009	0,010	0,005	0,0051
		Koblenz, km 590,3	3		0,0034	0,014	0,008	0,0040
		Wesel, km 814,0	4		0,0036	0,0089	0,0064	0,0044
	Cs-137	Weil, km 172,97	11	8	0,0017	<0,0048	<0,0026	0,0026
		Koblenz, km 590,3	11	3	<0,0014	<0,0036	0,0024	0,0028
		Wesel, km 814,0	12	8	<0,0019	0,0049	<0,0026	0,0019
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-58	Weil, km 172,97	4		0,48	4,41	2,36	9,1
		Koblenz, km 590,3	4		0,22	3,16	1,63	1,41
		Wesel, km 172,97	1		2,81	2,81	2,81	0,46
	Co-60	Weil, km 172,97	4	2	<0,23	0,91	<0,47	1,51
		Koblenz, km 590,3	11	10	<0,14	0,77	<0,57	<0,44
		Wesel, km 814,0	4	4	<0,69	<0,89	nn	nn
	Cs-137	Weil, km 172,97	4		5,55	16,7	9,28	12,4
		Koblenz, km 590,3	11		4,78	14,3	11,4	14,2
		Wesel, km 814,0	4		11,0	22,3	16,7	15,4
Sediment (Bq/kg TM)	Co-58	Weil, km 170,3	10		0,33	1,35	0,73	0,69
		Worms, km 445,0-446,6	7		0,52	1,95	1,07	0,33
		Koblenz, km 591,3	9		0,36	0,69	0,54	0,30
		Düsseldorf, km 740,3-748,9	-		-	-	-	0,38
	Co-60	Weil, km 170,3	22	14	0,22	0,67	<0,38	<0,16
		Worms, km 445,0-446,6	35	31	0,15	<0,63	<0,35	0,45
		Koblenz, km 591,3	9	8	<0,15	0,54	<0,37	<0,25
		Düsseldorf, km 740,3-748,9	11	11	<0,25	<0,71	nn	<0,19
	Cs-137	Weil, km 170,3	22		7,34	12,4	10,2	6,6
		Worms, km 445,0-446,6	35		0,99	16,2	8,07	8,8
		Koblenz, km 591,3	9		11,0	14,3	12,2	21,1
		Düsseldorf, km 740,3-748,9	11		3,65	20,0	13,9	13,6
NECKAR								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Lauffen, km 125,2	12		2,0	15,9	8,6	11,7
		Rockenau, km 61,4	11		4,1	9,3	7,2	9,7
	Sr-90	Lauffen, km 125,2	3		0,0022	0,0071	0,0045	0,0038
		Rockenau, km 61,4	3		0,0048	0,0050	0,0050	0,0047
	Cs-137	Lauffen, km 125,2	9	6	<0,0014	0,0051	<0,0026	<0,0019
		Rockenau, km 61,4	9	6	<0,0020	0,0031	<0,0025	0,0013
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Obertürkheim, km 189,5	4		9,43	11,7	10,2	13,6
		Rockenau, km 61,4	4		5,86	8,79	7,07	9,9
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Lauffen, km 125,2-130,1	16		4,78	27,0	10,1	15,3
		Neckarzimmern, km 85,8-110,6	12		4,82	20,9	11,1	9,9
		Guttenbach, km 72,0-77,0	14		2,82	13,7	8,1	8,3

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umweltmedien	Nuklid	Ort, Fluss-km	Anzahl 2002		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwert 2002		Jahresmittelwerte	
					Min.- Wert	Max.- Wert	2000	2001
MAIN								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Wipfeld, km 316,1	12		1,6	11,3	3,5	10,0
		Eddersheim, 15,3	12		1,2	6,0	2,8	3,6
	Sr-90	Wipfeld, km 316,1	3		0,0027	0,0060	0,0040	0,0038
		Eddersheim, km 15,3	3		0,0034	0,0069	0,0053	0,0033
	Cs-137	Wipfeld, km 316,1	12	7	0,0020	0,014	<0,005	0,0030
		Eddersheim, km 15,3	12	6	<0,0020	0,0063	0,0039	0,0023
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Hallstadt, km 388,2	2		37,2	41,1	39,2	32,6
		Garstadt, km 323,7	4		21,3	26,8	23,7	16,0
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Hallstadt, km 388,2	3		10,5	22,0	15,8	11,5
		Garstadt, km 316,2-324,8	9		1,41	94,9	19,6	13,1
MOSEL								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Wincheringen, km 222,2	12		11,0	33,6	24,2	22,6
		Lehmen, km 20,83	11		5,0	14,5	9,9	11,6
	Sr-90	Wincheringen, km 222,2	4		0,0021	0,0040	0,0029	0,0030
		Lehmen, km 20,83	-					0,0046
	Cs-137	Wincheringen, km 222,2	11	7	<0,0014	0,0043	<0,0020	0,0027
		Lehmen, km 20,83	6	5	<0,0014	0,0060	<0,0024	0,0027
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-58	Perl, km 241,96	4		1,17	7,21	4,61	1,15
		Trier, km 196,0	1		0,95	0,95	0,95	0,30
	Co-60	Perl, km 241,96	10	4	<0,61	4,71	2,84	1,18
		Trier, km 196,0	11	11	<0,10	<1,36	nn	<0,26
	Cs-137	Perl, km 241,96	10		11,5	30,3	17,7	20,9
		Trier, km 196,0	11		9,73	20,4	13,8	13,5
		Lehmen, km 20,83	-				4,70	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-58	Perl, km 239,7-242,0	1		0,43	0,43	0,43	0,07
		Trier, km 184,1-196,1	-					-
		Koblenz, km 4,05	-					0,28
	Co-60	Perl, km 239,7-242,0	20	18	<0,18	0,60	<0,32	n.n
		Trier, km 184,1-196,1	24	23	<0,84	<0,77	<0,44	n.n
		Koblenz, km 4,05	9	7	<0,17	<0,49	<0,33	<0,16
	Cs-137	Perl, km 239,7-242,0	20		0,97	17,2	6,6	9,1
		Trier, km 184,1-196,1	24		3,64	141	18,4	14,3
		Koblenz, km 4,05	9		6,97	153	40,7	36
SAAR								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Kanzem, km 5,0	8		1,1	1,8	1,4	1,6
	Sr-90	Kanzem, km 5,0	3		0,0057	0,018	0,010	0,0036
	Cs-137	Kanzem, km 5,0	7	7	<0,0019	0,0083	<0,0038	0,0016
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Kanzem, km 5,0	9		9,73	23,9	18,4	22,9
DONAU								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Ulm, km 2590,8	4	4	<8,0	<8,0	nn	nn
		Geisling, km 2354,28	12		1,4	2,0	1,7	2,4
		Vilshofen, km 2249,0	12		1,4	2,8	2,2	3,7
	Sr-90	Geisling, km 2354,28	3		0,0049	0,0057	0,0054	0,0047
		Vilshofen, km 2249,0	4		0,0025	0,0075	0,0054	0,0072
	Cs-137	Ulm, km 2490,8	4	4	<0,0053	<0,0095	nn	nn
		Geisling, km 2354,28	12	11	<0,0014	0,0033	<0,0021	<0,0029
		Vilshofen, km 2249,0	11	6	<0,0020	0,0046	<0,0026	<0,0028

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umweltmedien	Nuklid	Ort, Fluss-km	Anzahl 2002		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwert 2002		Jahresmittelwerte	
					Min.- Wert	Max.- Wert	2000	2001
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Ulm, km 2590,8	3		106	155	124	145
		Regensburg, km 2381,3	4		41,0	55,1	50,1	53
		Vilshofen, km 2249,0	4		41,3	56,3	46,1	58,2
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Ulm, km 2590,8	3		73,0	130	107	125
		Regensburg, 2400,1-2379,1	13		1,67	79,3	33,3	46,7
		Straubing, km 2320,93	2		53,4	63,5	58,5	74,4
		Jochenstein, km 2202,7	4		13,5	16,7	13,5	12,5
ISAR								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Pullach, km 162,0	4		1,2	1,5	1,4	2,1
		Plattling, km 9,1	4	3	<5,2	19,8	<8,9	<12,4
	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	4	<0,0004	<0,0011	nn	0,0008
		Plattling, km 9,1	4	4	<0,0037	<0,0064	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Pullach, km 162,0	4		19,1	22,3	20,6	23,2
		Plattling, km 9,1	3		61,8	73,6	65,9	82,8
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Pullach, km 162,0	4		27,7	34,0	32,0	34,9
		Plattling, km 9,1	3		5,05	14,2	10,0	9,4
EMS								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Geeste, km 106,3	12		1,6	27,9	7,2	10,2
		Terborg, km 24,7	12		1,4	9,4	3,2	5,6
	Co-60	Geeste, km 106,3	11	11	<0,0010	<0,0017	nn	nn
		Terborg, km 24,7	10	3	<0,0015	0,0074	0,0041	0,0042
	Sr-90	Geeste, km 106,3	4		0,0014	0,0080	0,0051	0,0042
		Terborg, km 24,7	3		0,0032	0,015	0,010	0,012
	Cs-137	Geeste, km 106,3	11	7	<0,0020	0,0038	<0,0025	0,0032
		Terborg, km 24,7	10		<0,0061	0,048	0,022	0,021
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Geeste, km 106,3	4	4	0,23	<1,0	nn	nn
		Terborg, km 24,7	4		0,43	0,64	0,53	0,65
	Cs-137	Geeste, km 106,3	4		20,5	32,3	25,5	26,1
		Terborg, km 24,7	4		3,57	4,72	4,33	3,45
WESER / JADEBUSEN								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Höxter, km 69,0	12		1,1	1,7	1,4	2,00
		Rinteln, km 163,2	12		1,3	17,2	3,9	4,0
		Langwedel, km 329,4	12		1,4	5,7	2,4	3,2
		Blexen, km 63,3	12		1,7	6,4	3,1	4,8
	Sr-90	Höxter, km 69,0	4		0,0028	0,0064	0,0044	0,0044
		Rinteln, km 163,2	4		0,0036	0,0093	0,0058	0,0043
		Langwedel, km 329,4	4		0,0018	0,0053	0,0043	0,0052
		Blexen, km 63,3	4		0,0033	0,012	0,007	0,0073
	Cs-137	Höxter, km 69,0	12	3	0,0020	0,0072	0,0038	0,0019
		Rinteln, km 163,2	12	3	0,0022	<0,0071	0,0039	0,0034
		Langwedel, km 329,4	12	3	0,0019	0,0070	0,0038	0,0047
		Blexen, km 63,3	12	-	0,0044	0,023	0,008	0,0091
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Höxter, km 69,0	4	4	<0,35	<0,69	nn	nn
		Rinteln, km 163,2	3	3	<0,38	<0,87	nn	nn
		Langwedel, km 329,4	4	4	<0,37	<0,83	nn	nn
		Wilhelmshaven/Jadebusen	3	1	1,60	<2,58	<2,04	1,76
	Cs-137	Höxter, km 69,0	4		12,2	17,0	13,8	12,9
		Rinteln, km 163,2	3		8,83	15,5	12,9	10,0
		Langwedel, km 329,4	4		13,5	24,3	18,7	16,4
		Wilhelmshaven/Jadebusen	3		5,73	15,2	9,4	6,60

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umweltmedien	Nuklid	Ort, Fluss-km	Anzahl 2002		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwert 2002		Jahresmittelwerte	
					Min.-Wert	Max.-Wert	2000	2001
ELBE								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Dresden, km 58,0	11		1,3	3,1	2,0	2,1
		Geesthacht, km 586,0	12		1,2	1,9	1,6	1,8
		HH (Bunthaus), km 609,8	4		0,92	1,5	1,2	1,1
		Cuxhaven, km 724,5	6		2,1	2,9	2,5	3,6
	Sr-90	Dresden, km 58,0	3		0,0050	0,013	0,0081	0,0079
		Geesthacht, km 586,0	3		0,0043	0,0061	0,0053	0,0093
		HH (Bunthaus), km 609,8	4		0,0048	0,0063	0,0058	-
		Cuxhaven, km 724,5	2		0,0039	0,0063	0,0051	0,0029
	Cs-137	Dresden, km 58,0	10	6	<0,0022	0,0046	<0,0028	<0,0013
		Geesthacht, km 586,0	12	11	<0,0016	0,0050	<0,0025	0,0028
		HH (Bunthaus), km 609,8	4	1	<0,0017	0,0084	0,0044	0,0033
		Cuxhaven, km 724,5	4	1	<0,0021	0,0078	0,0054	0,0039
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Dresden, km 58,0	9		23,1	35,1	28,2	30,3
		Geesthacht, km 586,0	4		12,2	32,4	24,1	22,2
		Wedel, km 642,0	4		5,39	13,6	9,27	6,84
		Cuxhaven, km 724,5	2		0,86	26,2	13,5	1,69
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Dresden, km 58,0	10		21,1	44,6	33,9	31,4
		HH (Bunthaus), km 609,8	4		32,9	43,5	38,4	51,1
ODER								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Eisenhüttenstadt, km 553,2	10		1,2	1,7	1,4	1,6
		Hohensaaten, km 667,5	11		1,1	1,5	1,3	1,5
	Sr-90	Eisenhüttenstadt, km 553,2	4		0,0068	0,011	0,009	0,0082
		Hohensaaten, km 667,5	4		0,0059	0,012	0,009	0,010
	Cs-137	Eisenhüttenstadt, km 553,2	9	5	<0,0023	0,0071	<0,0035	0,0025
		Hohensaaten, km 667,5	11	2	<0,0023	0,0087	0,0046	0,0045
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Eisenhüttenstadt, km 553,2	8		22,1	36,8	29,5	-
		Hohensaaten, km 667,5	9		18,1	50,2	27,3	27,2
SPREE								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Berlin-Sophienwerder, km 0,60	4	4	<4,1	<4,2	nn	nn
		Berlin-Schöneweide, km 27,2	10		0,98	1,6	1,2	1,5
	Sr-90	Berlin-Schöneweide, km 27,2	3		0,0042	0,010	0,007	0,0074
		Berlin-Sophienwerder, km 0,60	4	1	0,0018	<1,10	0,0022	0,0020
	Cs-137	Berlin-Schöneweide, km 27,2	10	6	<0,0015	0,0037	<0,0026	<0,0008
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Berlin-Schöneweide, km 27,2	9		17,1	41,6	32,7	42,0
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Berlin-Schöneweide, km 27,2	2		18,5	19,6	19,1	19,5
HAVEL								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Zehdenick, km 15,1	12		0,93	1,2	1,1	1,4
	Sr-90	Zehdenick, km 15,1	4		0,0042	0,016	0,0075	0,0078
		Cs-137	Zehdenick, km 15,1	10	3	<0,0022	0,011	0,0060
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Zehdenick, km 15,1	9		54,8	194	79,8	80,0
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Zehdenick, km 15,1	11		14,5	77,1	47,5	39,9

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umweltmedien	Nuklid	Ort, Fluss-km	Anzahl 2002		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwert 2002		Jahresmittelwerte	
					Min.- Wert	Max.- Wert	2000	2001
SAALE								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Merseburg, km 104,5	11		1,0	3,2	1,4	1,6
		Camburg, km 187,0	4	4	<3,4	<3,9	nn	<3,6
	Sr-90	Merseburg, km 104,5	3		0,0068	0,012	0,009	0,0062
		Camburg, km 187,0	2		0,0057	0,0065	0,0061	0,0053
Cs-137	Merseburg, km 104,5	8	7	<0,0016	0,0059	<0,0027	0,0015	
	Camburg, km 187,0	4	4	<0,0061	<0,0065	nn	nn	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Merseburg, km 104,5	10		12,5	19,8	15,1	13,3
		Camburg, km 187,0	2		27,9	33,2	30,6	
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Merseburg, km 104,5	8		10,0	17,1	14,1	13,1
PEENE								
Oberflächen- wasser (Bq/l).	H-3	Anklam, km 96,1	8		0,93	1,2	1,1	1,3
	Sr-90	Anklam, km 96,1	3		0,0044	0,0098	0,0070	0,0068
		Cs-137	Anklam, km 96,1	7	4	<0,0022	0,0075	<0,0033
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Anklam, km 96,1	7		37,1	57,5	43,8	38,2
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Anklam, km 96,1	8		32,9	47,8	42,4	46,8
TRAVE								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Travemünde, km 26,9	6		1,5	1,9	1,6	2,0
	Sr-90	Travemünde, km 26,9	1		0,011	0,011	0,011	0,0040
		Cs-137	Travemünde, km 26,9	5		0,012	0,022	0,015
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Travemünde, km 26,9	1		4,42	4,42	4,42	55,0
NORD-OSTSEE-KANAL								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	12		1,4	2,0	1,6	2,1
	Sr-90	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	4		0,0022	0,0053	0,0039	0,0046
		Cs-137	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	12		0,0064	0,058	0,0025
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	4		17,8	77,3	48,1	38,5

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 Umweltmedium	Nuklid	Proben- entnahmeort	Anzahl 2002		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwerte 2002		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2002	2001
BADEN-WÜRTTEMBERG / Bodensee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Langenargen	3	3	<8,0	<8,0	nn	nn
	Cs-137		3	3	<0,0076	<0,0091	nn	nn
BAYERN / Chiemsee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Seeon-Seebruck	4		0,84	1,2	1,0	1,8
	Sr-90		4		0,0036	0,0050	0,0041	0,0045
	Cs-137		4	3	<0,0002	0,0005	<0,0003	0,0004
Schwebstoff (Bq/kgTM)	Cs-137	Seeon-Seebruck	4		50,0	104	72,3	81,3
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Seeon-Seebruck	5		12,9	71,3	46,8	36,4
Starnberger See								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Starnberg	3		1,7	2,3	2,0	3,3
	Sr-90		3		0,0079	0,0099	0,0091	0,0090
	Cs-137		3		0,0024	0,0027	0,0026	0,0025
Schwebstoff (Bq/kgTM)	Cs-137	Starnberg	4		252	307	280	327
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Starnberg	5		34,6	54,0	45,0	45,6
BERLIN / Müggelsee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	PE-Stelle 41035	4	4	<4,1	<4,2	nn	nn
	Sr-90		4		0,0049	0,0056	0,0052	0,0048
	Cs-137		4		0,0016	0,0039	0,0025	0,0033
Schwebstoff (Bq/kgTM)	Cs-137	PE-Stelle 41035	4		1,2	15,0	6,23	4,43
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	PE-Stelle 41035	4		17,7	87,0	50,9	82,5
Stössensee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Siemenswerder	4	4	<4,1	<4,2	nn	nn
	Sr-90		4		0,0050	0,0065	0,0059	0,0047
	Cs-137		4		0,0019	0,0028	0,0023	0,0027
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Siemenswerder	4		3,1	11,3	6,5	6,1
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Siemenswerder	4		79,0	140	100	92,0
BRANDENBURG / Stechlinsee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Neuglobsow	4	4	<5,7	<6,4	nn	nn
	Sr-90		4		0,019	0,021	0,020	0,023
	Cs-137		4		0,0070	0,010	0,0093	0,0088
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Neuglobsow	4		12,0	23,0	18,6	18,5
Neuendorfer See								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Alt-Schadow	4	4	<5,9	<6,2	nn	nn
	Sr-90		4		0,0050	0,0070	0,0063	0,0050
	Cs-137		4	3	<0,0040	0,0060	<0,0047	nn
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Alt-Schadow	4		0,20	3,0	1,3	2,08

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umweltmedium	Nuklid	Proben- entnahmeort	Anzahl 2002		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwerte 2002		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2002	2001
HESSEN / Marbach-Talsperre								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Erbach	4	4	<10	<10	nn	nn
	Sr-90		4	4	<0,010	<0,010	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0069	<0,0077	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kgTM)	Cs-137	Erbach	4		18,0	21,7	19,9	23,3
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Erbach	4		17,9	27,7	22,0	24,8
MECKLENBURG-VORPOMMERN / Borgwallsee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Lüssow	4	4	<3,6	<3,8	nn	3,6
	Cs-137		4	3	<0,0041	<0,0064	<0,0054	nn
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Lüssow	4		8,82	10,5	9,42	9,59
Schweriner See								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Schwerin	4	4	<3,8	<4,3	nn	nn
	Sr-90		4		0,0050	0,0080	0,0063	0,0068
	Cs-137		4		0,0089	0,016	0,013	0,017
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Schwerin	4		22,5	54,8	32,0	29,4
NIEDERSACHSEN / Sösetalsperre								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Osterode am Harz	4		0,95	1,5	1,2	1,2
	Sr-90		4		0,0024	0,0031	0,0028	0,0034
	Cs-137		4	4	<0,0007	<0,0015	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kgTM)	Cs-137	Osterode am Harz	4		39,9	50,0	43,5	52,5
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Osterode am Harz	4		46,0	110	71	63,5
Steinhuder Meer								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Wunstorf	4		1,1	1,4	1,2	1,1
	Cs-137		4		0,0032	0,011	0,0067	0,0098
Schwebstoff (Bq/kgTM)	Cs-137	Wunstorf	4		260	320	300	423
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Wunstorf	4		42	83	68	171
NORDRHEIN-WESTFALEN / Möhne-Stausee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Möhnesee	4	4	<5,0	<6,0	nn	nn
	Sr-90		1	1	<0,010	<0,010	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0036	<0,0097	nn	nn
Dreilägerbach-Talsperre								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Roetgen	4	4	<10	<10	nn	nn
	Cs-137		4	2	<0,0002	0,0011	<0,0005	0,0004
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Roetgen	4		6,82	8,64	7,79	8,5
RHEINLAND-PFALZ / Laacher See								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Maria Laach	4	4	<1,5	<2,9	nn	<2,5
	Cs-137		4		0,035	0,041	0,039	0,042
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Maria Laach	4		65,0	130	104	102
SACHSEN / Talsperre Pöhl								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Thoßfell	4	2	3,2	<9,0	<5,6	nn
	Cs-137		4	2	0,0016	<0,0026	<0,0022	<0,0024

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umweltmedium	Nuklid	Proben- entnahmeort	Anzahl 2002		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwerte 2002		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2002	2001
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Thoßfell	4		5,98	17,9	12,1	10,8
SACHSEN-ANHALT / Arendsee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Arendsee	4	4	<5,0	<5,0	nn	nn
	Cs-137		4		0,090	0,11	0,10	0,083
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Arendsee	4		69,0	79,3	69,0	75,6
Schollener See								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Schollene	4	4	<5,0	<5,0	nn	nn
	Cs-137		4		0,025	0,054	0,041	0,030
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Schollene	4		105	383	244	380
SCHLESWIG-HOLSTEIN / Schaalsee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Seedorf	4	4	<10	<10	nn	nn
	Sr-90		4		0,010	0,012	0,011	0,013
	Cs-137		4		0,0013	0,020	0,012	0,015
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Seedorf	4		184	243	212	205
Wittensee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Gr. Wittensee	4	4	<10	<10	nn	nn
	Cs-137		4	2	<0,0090	0,011	<0,010	0,012
Sediment Bq/kg TM)	Cs-137	Gr. Wittensee	4		12,0	16,1	13,3	18,8
THÜRINGEN / Talsperre Schmalwasser								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Tambach-Dietharz	4	3	<3,2	4,1	<3,8	3,6
	Cs-137		4	4	<0,0060	<0,0066	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 im Jahr 2002 beschrieben. Grundlage der Bewertung sind drei 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. Schwerpunktmäßig werden die Radionuklide Tritium, Cäsium-137 bzw. -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 2002 analysiert, so dass der Beitrag 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. Ableitungen aus kerntechnischen Einrichtungen wie Kernkraftwerke und Forschungsreaktoren.

Seit Beginn der siebziger Jahre bestimmten die kontrollierten und genehmigten Einleitungen radioaktiver Abwässer aus den europäischen Wiederaufbereitungsanlagen La Hague (Frankreich) in den Englischen Kanal und Sellafield (Großbritannien) in die Irische See die Aktivitätskonzentration langlebiger künstlicher Radionuklide in der Nordsee. Auf Grund der vorherrschenden Meeresströmungen konnten diese Einleitungen auch in großen Entfernungen entsprechend der Transportzeit der kontaminierten Wassermassen später nachgewiesen werden. Die künstliche Radioaktivität in der Ostsee wurde bis zum Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl im Wesentlichen durch den Fallout der atmosphärischen Kernwaffentests der sechziger Jahre sowie den Einstrom kontaminierten Nordseewassers aus dem Skagerrak und Kattegat durch die Beltsee bestimmt. Die Einleitungen aus Kernkraftwerken oder anderen kerntechnischen Einrichtungen spielen für das Aktivitätsinventar des Meeres keine Rolle. Sie sind gegebenenfalls nur in der unmittelbaren Umgebung nachzuweisen. Dies gilt auch für Versenkungen radioaktiver Abfälle im Nordost Atlantik, in der Barents- und Karasee, sowie für das gesunkene russische Atom-U-Boot "Komsomolets" in der Norwegensee.

Die Einleitungen aus den Wiederaufbereitungsanlagen La Hague und Sellafield lagen in den 70er Jahren erheblich höher. Seit vielen Jahren führten internationale Anstrengungen dazu, dass die Einleitungen beider Wiederaufbereitungsanlagen stark reduziert wurden. Dies führt auch im Wasser der Nordsee zu geringen Konzentrationen der meisten künstlichen Radionuklide. So nahm auch bis Ende der neunziger Jahre die Aktivitätskonzentration an Cs-137 in der mittleren Nordsee mit einer durch die Strömung bedingten Zeitverzögerung von zwei bis drei Jahren kontinuierlich ab. Eine Ausnahme bildet das Tritium. Da dieses Radionuklid aber praktisch in Meeresorganismen nicht angereichert wird, ist es für eine Strahlenexposition des Menschen oder der Meeresorganismen von geringerer Bedeutung.

In den Abbildungen 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 praktisch nicht mehr nachzuweisen. Der Einfluss der WAA Sellafield ist auch nur noch 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. Cäsium-134 ist im Wasser der Nordsee nicht mehr nachweisbar (NWG ca. 0,2 Bq/m³).

Ein signifikanter Anteil der Konzentrationen des Cs-137 und der Transurannuklide stammt aus der Resuspension des Sedimentes und nicht aus den gegenwärtigen Einleitungen der Wiederaufbereitungsanlagen Sellafield und La Hague. Das Sediment der Irischen See ist durch Einleitungen vor allem in den siebziger Jahren stark kontaminiert. Dies gilt in geringerer 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.

Abbildung 3.3.2-3 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.

In die Ostsee werden die kontaminierten Wassermassen aus der Nordsee nur zu einem geringen Teil durch besondere Wetterlagen und hydrographische Bedingungen verfrachtet. Die Aktivitätskonzentration an Cs-137 nahm vor dem Reaktorunfall von Tschernobyl entsprechend dem abnehmenden Salzgehalt in Richtung Bottnischer Meerbusen ab, so dass in der Bottenwiek 1983 nur eine Konzentration von 6 bis 10 Bq/m³ bestimmt wurde. Die Abbildung 3.3.2-4 zeigt die Salzgehaltsabhängigkeit der Cs-137 und Sr-90-Aktivitätskonzentration in der Ostsee für die Jahre 1983 und 2001. Im Jahre 1983 – vor dem Fallout von Tschernobyl – nahmen die Konzentrationen für Cs-137 und in geringerem Maße auch für Sr-90 mit zunehmenden Salzgehalt zu, da der Eintrag aus der Nordsee erfolgte; ab 1986 drehte sich diese Abhängigkeit um, da die höchsten Werte auf Grund des Tschernobyl Fallouts in der nördlichen Ostsee gemessen wurden, wo der Salzgehalt geringer ist. In den Abbildungen sind die Tiefenproben für Cs-137 gesondert dargestellt. Sie unterscheiden sich jedoch in der Korrelation nur unwesentlich von den Oberflächenproben. Dies zeigt die Durchmischung kontaminierter Oberflächenwasser mit dem Tiefenwasser.

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.

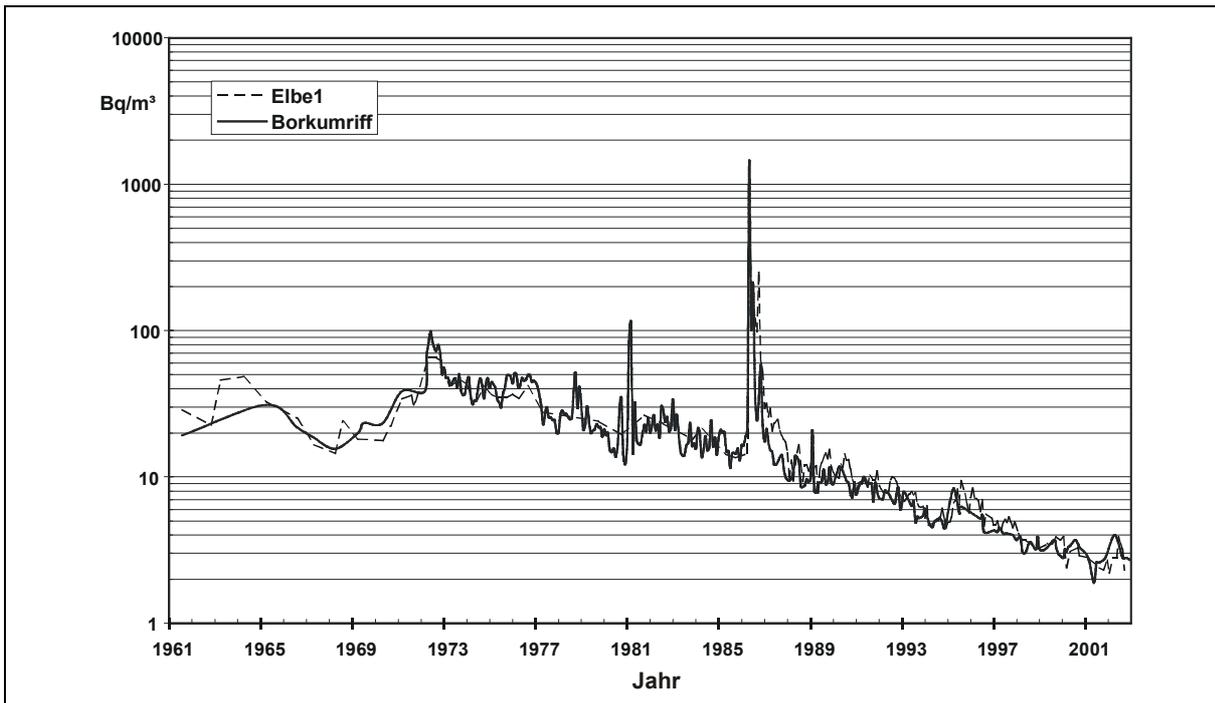
Die Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 liegt in der westlichen Ostsee etwa zwischen 12 und 60 Bq/m³. Die Konzentrationen nehmen nach Osten und Norden nach wie vor zu – in Richtung des Schwerpunktes des Tschernobyl-Fallouts. Obwohl die Kontamination der westlichen Ostsee sich gegenüber den Vorjahren 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 Bodenwasser des Kattegat und der Beltsee der Einstrom des Nordseewassers mit deutlich geringerem Gehalt an Cs-137 und Sr-90 nachweisen. Die Tritiumkonzentrationen in der Ostsee lassen keine signifikant erhöhten Messwerte erkennen, was in dieser Beziehung auf einen ordnungsgemäßen Betrieb der dort arbeitenden Nuklearanlagen schließen lässt.

Sedimente

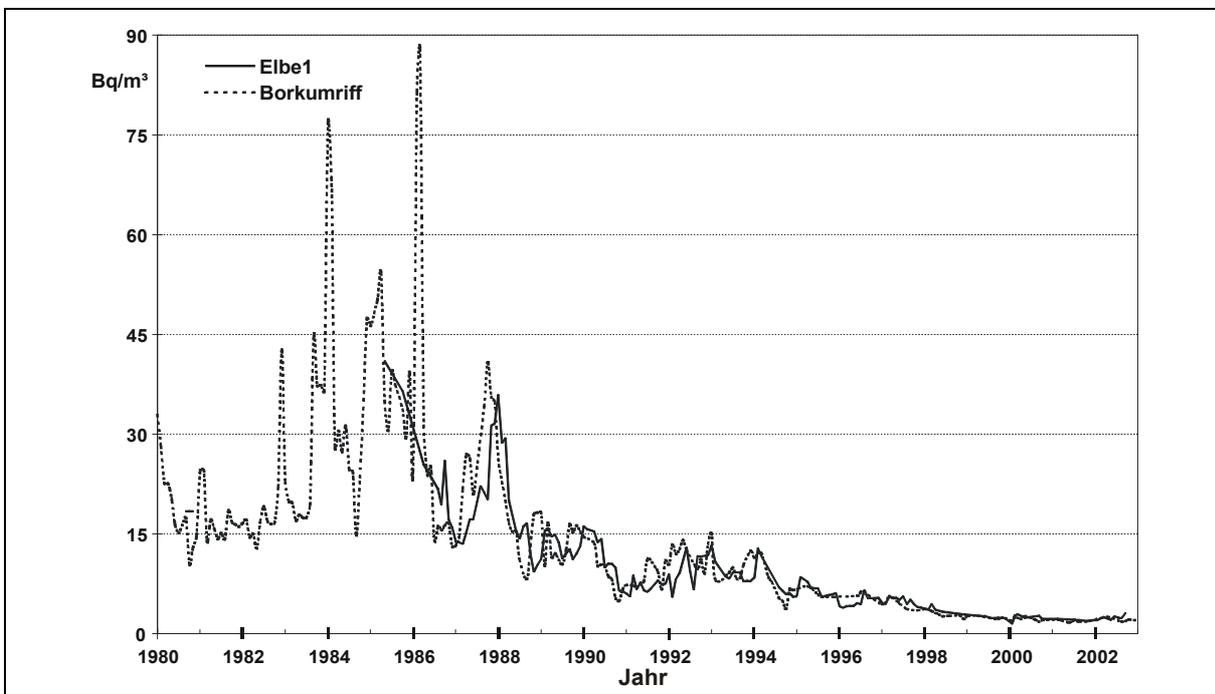
Das Sediment ist eine wesentliche Senke für den Verbleib von in das Meer eingetragenen Schadstoffen. Je nach chemischen Eigenschaften der Elemente und je nach Schwebstoffbeschaffenheit reichern sich die radioaktiven Nuklide durch Sedimentation am Meeresboden an. Für eine Reihe von Nukliden bedeutet diese Anreicherung einen weitgehend irreversiblen Prozess, durch den die Radioaktivität der Wassersäule "ausgekämmt" und in der Meeresbodenoberfläche konzentriert wird. Jedoch muss man auch je nach chemischen und physikalischen Gegebenheiten mit Resuspension, d. h. Wiederfreisetzung der abgelagerten Radionuklide in die Wassersäule rechnen.

Die Oberflächensedimente der Ostsee weisen 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 meist schlickigen Sedimente der Ostsee kleiner ist, andererseits ist dies auch darin begründet, dass die geringere Turbulenz im Wasser der Ostsee zur Ablagerung der feineren Partikel führt. Auch die höhere Flächendeposition des Tschernobyl-Eintrags auf das Gebiet der westlichen Ostsee spiegelt sich in den erhöhten Aktivitäten wider.

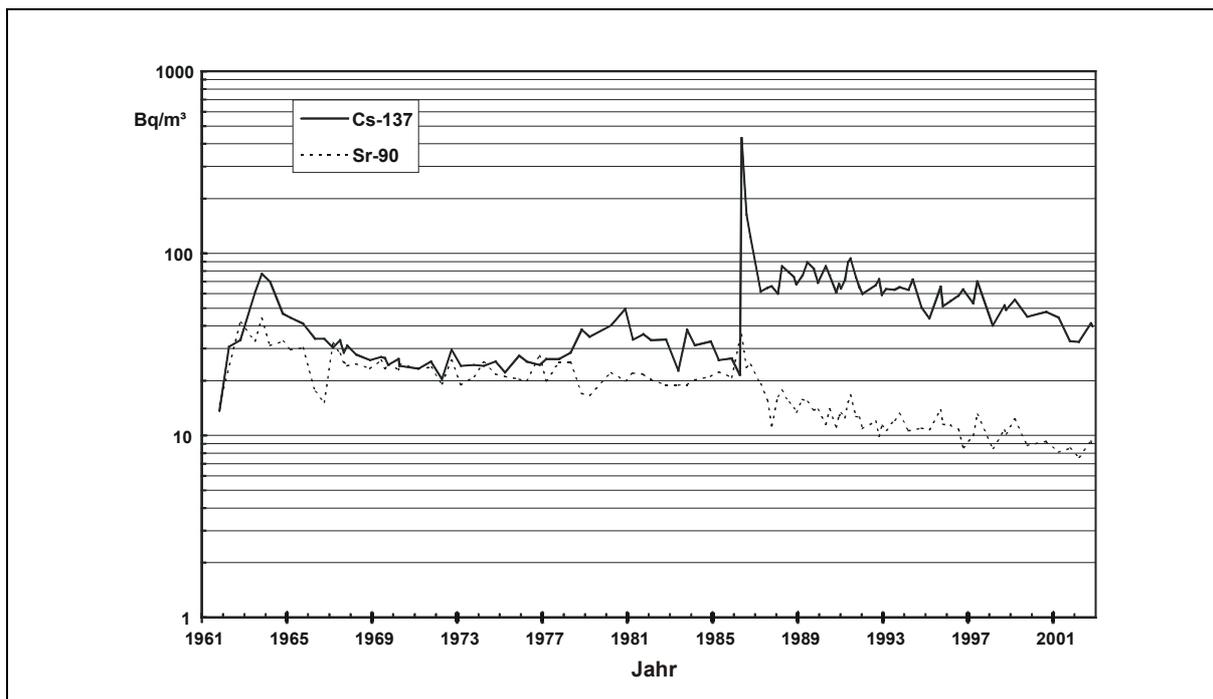
Das Cs-137 aus dem Tschernobyl-Unfall wurde in den Sedimenten der westlichen und zentralen Ostsee regional sehr unterschiedlich deponiert. Infolge der kontinuierlichen Sedimentation findet sich heutzutage die höchste Konzentration nicht mehr an der Sedimentoberfläche, sondern je nach Lokalität in Tiefen von zwei bis acht cm.



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 <i>(Temporal trend of the activity concentration of Sr-90 (Bq/m³) at two positions in the German Bight since 1980)</i>	3.3.2-2
------------	---	----------------



BSH	<p>Der zeitliche Verlauf der Cs-137- und Sr-90-Aktivitätskonzentrationen (Bq/m³) an der Position "Schleimündung" seit 1961 <i>(Temporal trend of the activity concentration of Cs-137 and Sr-90 (Bq/m³) at the position "Schleimündung" in the western Baltic Sea since 1961)</i></p>	3.3.2-3
------------	--	----------------

