

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 2001 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 Kapitel 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 15 721 Einzelwerten (2000: 16 004) von 451 (2000: 454) Probenentnahmestellen an Gewässern ausgewertet. Für ausgewählte Entnahmestellen wurden Jahresmittelwerte 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. Als maximaler Einzelwert ist bei gemischten Datenreihen (Messwerte und Angaben der Nachweisgrenze) der maximale gemessene Wert angegeben. Mittelwerte bei gemischten Datenreihen sind 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. Waren alle Werte als Nachweisgrenzen mitgeteilt worden, ist in der jeweiligen Auftragung "nn" angegeben.

Zur Darstellung langfristiger Trendentwicklungen der Radionuklidkonzentrationen in Binnengewässern sind die Jahresmittelwerte repräsentativer Entnahmestellen in den Abbildungen 3.3.1-2 bis 3.3.1-5 beispielhaft aufgezeigt.

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 sowie das kurzlebige Iod-131 (I-131) aus meist nuklearmedizinischen Anwendungen auf.

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, Bühnenfelder, Altarme, Stauhaltungen und Uferböschungen darstellen, und können dort zu einer Kontamination des Sediments führen. Die Sedimente sind als das eigentliche Langzeitspeichermedium zu betrachten; hier lassen sich die langfristigen Auswirkungen radioaktiver Kontaminationen aufzeigen. Infolge Resuspension von Sedimenten - beispielsweise bei Hochwassersituationen - ist eine spätere Weiterverfrachtung bereits abgelagerter Radionuklide möglich.

Bewertung und Messergebnisse

Eine Bewertung der bei der großräumigen Überwachung nach dem StrVG im Berichtsjahr 2001 erhaltenen Messergebnisse ergibt für den radiologischen Gütezustand der Binnengewässer folgendes Bild:

Oberflächenwasser

Oberflächenwasser wies H-3-Gehalte im Jahresmittel überwiegend unterhalb von 5 Bq/l auf; sie unterschritten so die Nachweisgrenze des Routinemessprogramms (RMP) von 10 Bq/l. Selbst in Flüssen, in die von kerntechnischen Anlagen H-3 eingeleitet wurde, betrug die Jahresmittelwerte nur bis 23 Bq/l (Mosel). Die mittleren Konzentrationen von Sr-90 und Cs-137 lagen meist unter 0,01 Bq/l und somit unter der Nachweisgrenze des RMP. Die von kerntechnischen Anlagen eingeleiteten Spalt- und Aktivierungsprodukte - außer H-3 - waren im Fernbereich der Emittenten im Allgemeinen nicht nachweisbar. Lediglich in der Ems (Terborg) wurde Co-60 in geringfügigen Konzentrationen bis 0,01 Bq/l gemessen. I-131 trat sporadisch auf mit Gehalten (Einzelwerte) bis 0,03 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 unter 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.

Schwebstoffe

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 423 und Starnberger See 327 Bq/kg TM im Jahresmittel. Co-58 konnte in Rhein und Mosel über große Fließstrecken verfolgt werden: die Jahresmittelwerte betrug bis 9,1 Bq/kg TM. In Elbe, Ems, Jadebusen, Mosel und Rhein gemessene Co-60-Gehalte lagen im Mittel unter 3 Bq/kg TM und damit unter der Nachweisgrenze des RMP von 5 Bq/kg TM. Für I-131-Konzentrationen wurden Einzelwerte von meist bis 50 Bq/kg TM gemessen; höhere Werte bis mehrere hundert Bq/kg TM stammten von der Spree (Berlin).

Sedimente

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), Schaalsee und Lanker See (Schleswig-Holstein) 380, 205 bzw. 275 Bq/kg TM. Co-58 und Co-60 wurden in Sedimenten aus Elbe, Mosel, Neckar, Rhein und Weser in mittleren Konzentrationen unterhalb von 2 Bq/kg TM bestimmt und unterschritten die Nachweisgrenze des RMP von 5 Bq/kg TM.

Der radiologische Gütezustand der Binnengewässer ist 2001 mit dem des Vorjahres insgesamt vergleichbar. Die langlebigen künstlichen Radionuklide werden nur in größeren Zeiträumen merklich abnehmen. Die Veränderungen können - von radioaktivem Zerfall und Statistik abgesehen - mit den in Gewässern ablaufenden strömungsabhängigen Austausch- und Transportprozessen erklärt werden, die zu sehr inhomogenen 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.

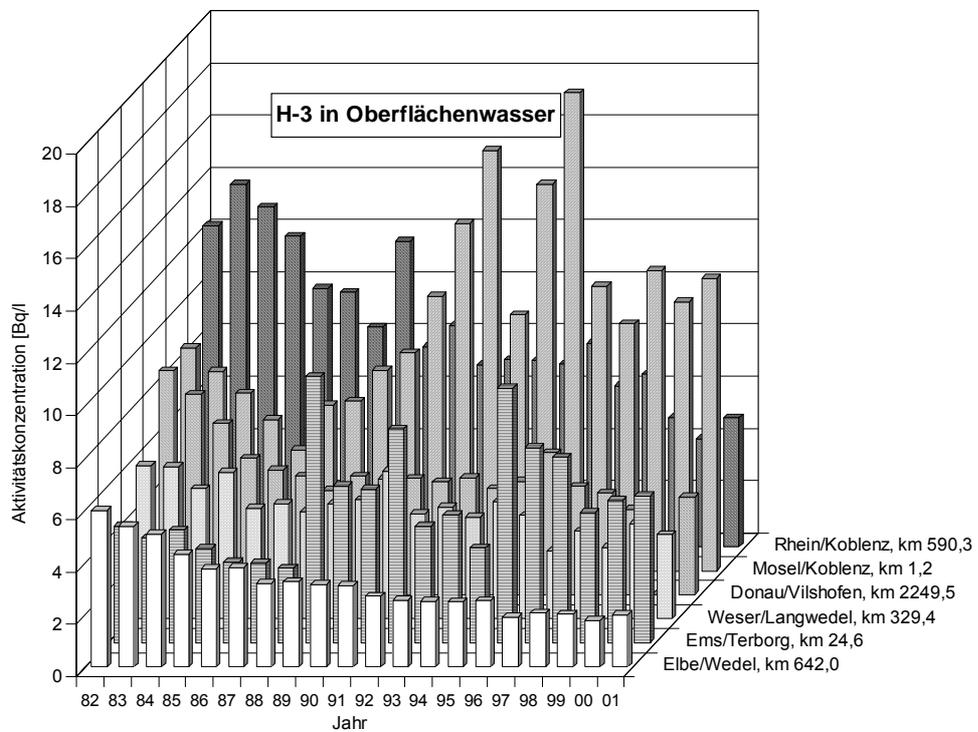
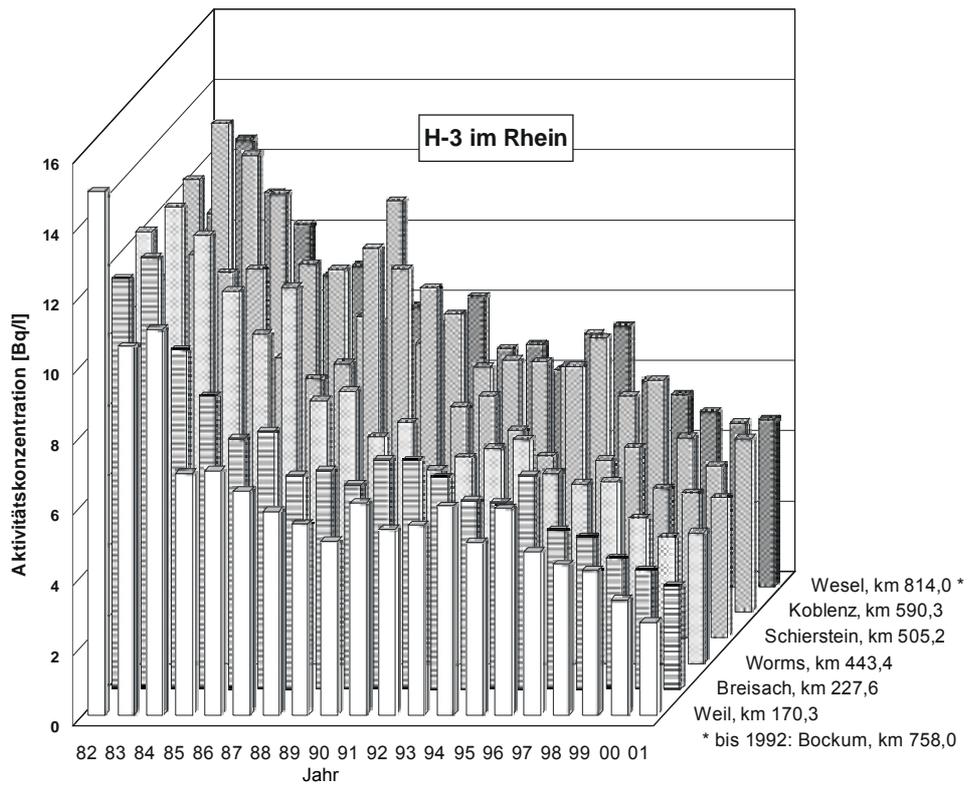
Oberflächenwasser

Nimmt man eine Kontamination von Oberflächenwasser mit H-3 von 5 Bq/l sowie mit Sr-90 und Cs-137 von jeweils 0,005 Bq/l an, so errechnet sich die zusätzliche effektive Dosis für Erwachsene (> 17 a; 700 l/a Konsum) auf dem "Trinkwasser"-Pfad zu ca. 0,21 μ Sv/a, falls derartiges Wasser unaufbereitet als Trinkwasser genutzt würde. Allein der von dem natürlichen Radionuklid Kalium-40 (K-40) für einen typischen Gehalt von 0,4 Bq/l zu erwartende Dosisbeitrag liegt mit ca. 1,7 μ Sv/a fast eine Größenordnung höher.

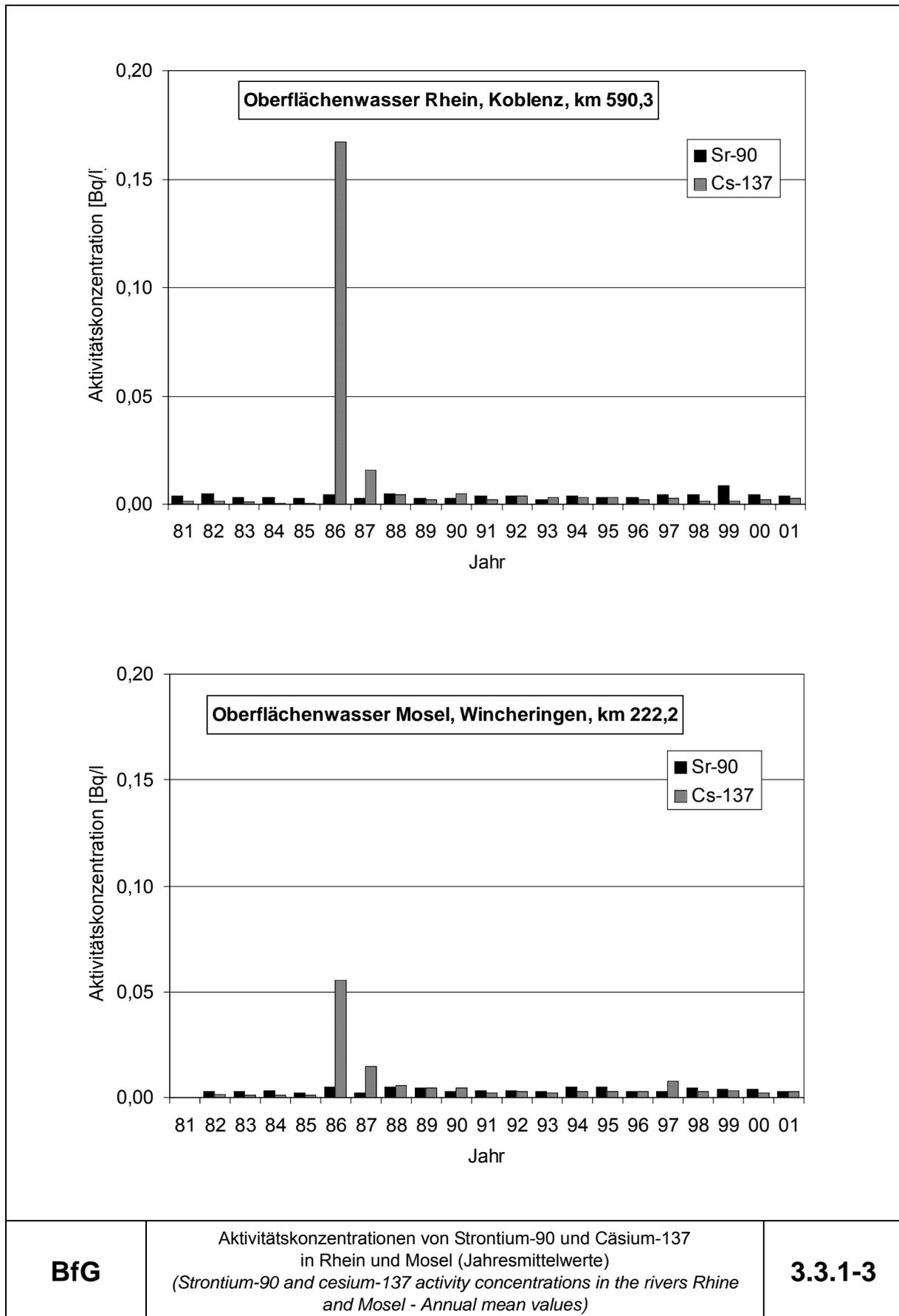
Sedimente

Insbesondere Cs-137 war auch 2000 noch in Sedimenten aus deutschen Binnengewässern deutlich nachweisbar. So konnten in Sedimenten aus der Donau immer noch mittlere Cs-137-Gehalte von 125 Bq/kg TM gemessen werden. Unter Zugrundelegung dieses Wertes kann die auf dem Expositionspfad "Aufenthalt auf Spülfeldern" für Standardbedingungen für Erwachsene zu erwartende zusätzliche effektive Dosis zu ca. 13 $\mu\text{Sv/a}$ abgeschätzt werden. Im Vergleich hierzu liegt der Dosisbeitrag für diesen Expositionspfad der natürlichen Radionuklide K-40, Radium-226 (Ra-226) und Thorium-232 (Th-232) für typische Gehalte mit insgesamt ca. 45 $\mu\text{Sv/a}$ deutlich höher.





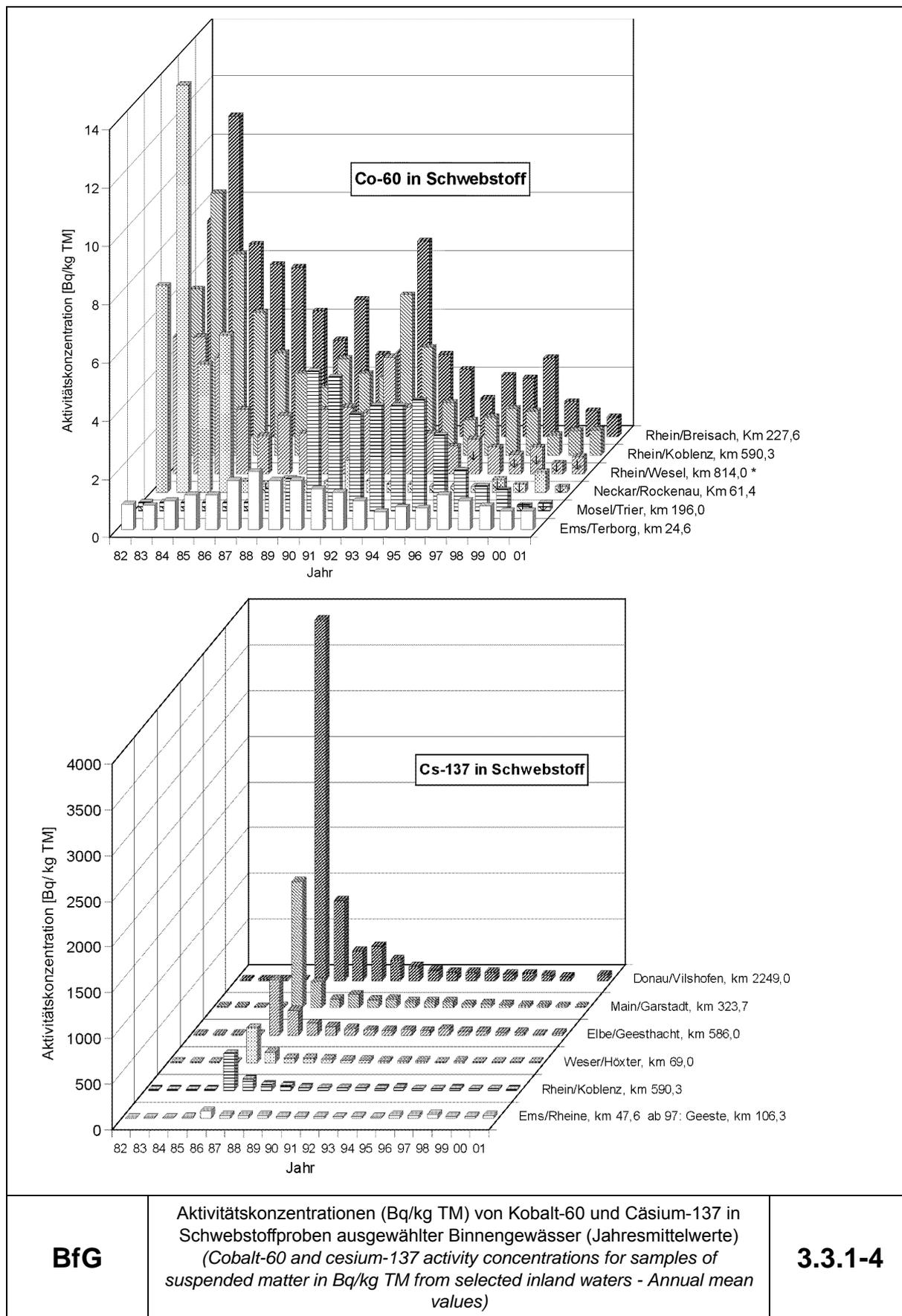
BfG	<p>Tritiumgehalt (Bq/l) in Oberflächenwasser ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte) <i>(Tritium content (Bq/l) in samples from selected inland waters - Annual mean values)</i></p>	3.3.1-2
------------	--	----------------



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

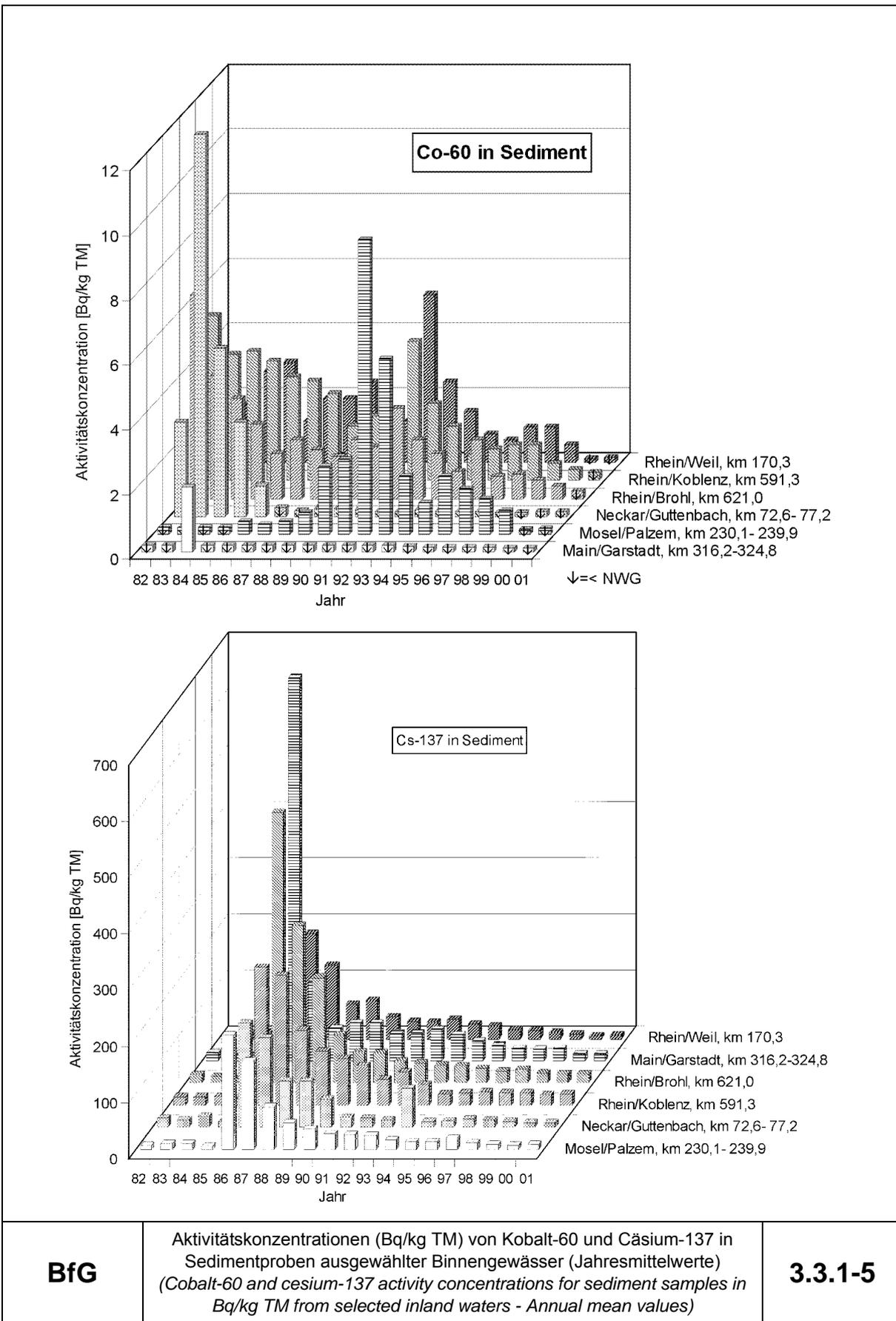


Tabelle 3.3.1-1 Übersicht über die für 2001 insgesamt ausgewerteten Ergebnisse von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentmessungen nach StrVG und REI für 710 Entnahmestellen sowie die jeweiligen maximalen Messwerte mit den zugehörigen Gewässern und Bezugszeiten
(Overview of all measuring results for water, suspended matter, and sediment evaluated in 2001, 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 2001
Oberflächenwasser	α-Aktivität	111	0,19 (Gα)	Spree, km 74,7	Fürstenwalde	August
	β-Aktivität	69	9,6 (Gβ)	Salzbach	Endlager Morsleben	August
	H-3	1471	10000	Ems	KKW Emsland, am Auslaufbauwerk	I. Quartal
	Sr-90	267	0,026	Stechlinsee	Neuglobsow	20.3.
	I-131	163	0,027	Elbe, km 628,8	Hamburg, Seemannshöft	November
	Cs-137	1340	0,11	Arendsee	Arendsee	7.2. u. 21.8.
	Sonstige	4665	-	-	-	-
Schwebstoff	Co-58	38	18,1	Rhein, km 172,97	Weil	III. Quartal
	Co-60	455	2,54	Jadebusen	Wilhelmshaven	II. Quartal
	I-131	143	946	Spree, km 27,2	Berlin-Schöneeweide	Januar
	Cs-137	455	440	Steinhuder Meer	Wunstorf	I. Quartal
	Sonstige	1821	-	-	-	-
Sediment	α-Aktivität	9	660 (Gα)	Hirschkanal	Forschungszentrum Karlsruhe	I. Quartal
	β-Aktivität	9	1300 (Gβ)	Hirschkanal	Forschungszentrum Karlsruhe	I. Quartal
	Co-58	58	6,6	Rhein	KKW Philippsburg, am Auslaufbauwerk	III. Quartal
	Co-60	1239	29,0	Weser, km 49,6	KKW Würgassen, am Auslaufbauwerk	18.4.
	Sr-90	5	0,26	Elbe, km 693	KKW Brunsbüttel, am Auslaufbauwerk	6.3.
	Cs-137	1247	530	Hirschkanal	Forschungszentrum Karlsruhe	4.1.
	Pu-238	8	0,14	Rheinniederungskanal	Forschungszentrum Karlsruhe	II. Quartal
	Pu-239/240	8	0,40	Rheinniederungskanal	Forschungszentrum Karlsruhe	II. Quartal
	Sonstige	2583	-	-	-	-

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 2001		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwerte 2001		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2001	2000
RHEIN								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Weil, km 172,97	11	-	1,9	4,5	2,6	3,3
		Koblenz, km 590,3	11	-	3,6	6,9	4,9	4,1
		Wesel, km 814,0	12	-	3,6	6,5	6,5	4,6
	Sr-90	Weil, km 172,97	4	-	0,0016	0,0094	0,0051	0,0064
		Koblenz, km 590,3	4	-	0,0026	0,0050	0,0040	0,0045
		Wesel, km 814,0	4	-	0,0029	0,0064	0,0044	0,0035
	Cs-137	Weil, km 172,97	9	3	0,0007	0,0075	0,0026	0,0020
		Koblenz, km 590,3	12	1	0,0009	0,0063	0,0028	0,0020
		Wesel, km 814,0	12	6	<0,0008	0,0031	0,0019	0,0015
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-58	Weil, km 172,97	4	-	1,27	18,1	9,1	8,8
		Koblenz, km 590,3	6	-	0,33	4,66	1,41	1,65
		Wesel, km 172,97	1	-	0,46	0,46	0,46	0,46
	Co-60	Weil, km 172,97	4	1	0,45	2,14	1,51	1,17
		Koblenz, km 590,3	9	6	<0,15	1,11	<0,44	0,83
		Wesel, km 814,0	4	4	<0,18	<1,34	nn	nn
	Cs-137	Weil, km 172,97	4	-	6,83	14,9	12,4	10,9
		Koblenz, km 590,3	9	-	10,5	20,2	14,2	16,0
		Wesel, km 814,0	4	-	13,9	17,1	15,4	16,9
Sediment (Bq/kg TM)	Co-58	Weil, km 170,3	17	-	0,12	1,52	0,69	0,41
		Worms, km 445,0-446,6	21	-	0,062	1,01	0,33	0,18
		Koblenz, km 591,3	2	-	0,29	0,32	0,30	0,34
		Düsseldorf, km 740,3-748,9	1	-	0,38	0,38	0,38	-
	Co-60	Weil, km 170,3	24	18	<0,059	0,47	<0,16	<0,13
		Worms, km 445,0-446,6	36	20	<0,063	2,90		<0,18
		Koblenz, km 591,3	7	5	<0,14	0,44	0,45	<0,24
		Düsseldorf, km 740,3-748,9	16	14	<0,066	0,51	<0,25	<0,34
	Cs-137	Weil, km 170,3	24	-	3,46	12,2	6,6	5,4
		Worms, km 445,0-446,6	36	-	2,28	18,4	8,8	9,9
		Koblenz, km 591,3	7	-	11,7	51,1	21,1	18,9
		Düsseldorf, km 740,3-748,9	16	-	5,08	19,6	13,6	15,5
NECKAR								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Lauffen, km 125,2	12	-	3,2	40,2	11,7	11,7
		Rockenau, km 61,4	12	-	4,2	61,4	9,7	9,5
	Sr-90	Lauffen, km 125,2	3	-	0,0018	0,0050	0,0038	0,0030
		Rockenau, km 61,4	4	-	0,0015	0,0060	0,0047	0,0034
	Cs-137	Lauffen, km 125,2	12	6	<0,0009	0,0030	<0,0019	0,0016
		Rockenau, km 61,4	12	2	0,0007	0,0022	0,0013	0,0029
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Obertürkheim, km 189,5	4	4	<0,098	<0,34	nn	nn
		Rockenau, km 61,4	4	4	<0,068	<0,42	nn	0,70
	Cs-137	Obertürkheim, km 189,5	4	-	10,4	18,3	13,6	15,3
		Rockenau, km 61,4	4	-	6,28	18,8	9,9	9,3

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umweltmedium	Nuklid	Ort, Fluss-km	Anzahl 2001		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwerte 2001		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2001	2000
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Lauffen, km 125,2-130,1	18	-	4,47	49,0	15,3	9,4
		Neckarzimmern, km 85,8-110,6	18	-	4,14	15,8	9,9	10,5
		Guttenbach, km 72,0-77,0	11	-	1,68	13,7	8,3	8,6
MAIN								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Wipfeld, km 316,1	12	-	1,7	30,9	10,0	5,4
		Eddersheim, km 15,3	12	-	1,5	10,6	3,6	3,6
	Sr-90	Wipfeld, km 316,1	4	-	0,0015	0,0062	0,0038	0,0074
		Eddersheim, km 15,3	3	-	0,0026	0,0040	0,0033	0,0038
	Cs-137	Wipfeld, km 316,1	12	4	<0,0007	0,0051	0,0030	0,0022
Eddersheim, km 15,3		12	3	0,0007	0,0055	0,0023	0,0024	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Hallstadt, km 388,2	3	3	<1,19	<2,74	nn	nn
		Garstadt, km 323,7	4	4	<0,090	<0,30	nn	<0,36
	Cs-137	Hallstadt, km 388,2	3	-	21,9	41,3	32,6	36,5
		Garstadt, km 323,7	4	-	8,26	22,3	16,0	21,0
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Hallstadt, km 388,2	4	-	5,71	15,4	11,5	10,4
		Garstadt, km 316,2-324,8	11	-	2,99	31,4	13,1	12,6
MOSEL								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Wincheringen, km 222,2	12	-	15,6	32,5	22,6	19,1
		Lehmen, km 20,83	7	-	10,6	13,6	11,6	10,5
	Sr-90	Wincheringen, km 222,2	4	-	0,0019	0,0047	0,0030	0,0037
		Lehmen, km 20,83	4	-	0,0022	0,0085	0,0046	0,0041
	Cs-137	Wincheringen, km 222,2	12	2	<0,0007	0,0048	0,0027	0,0024
Lehmen, km 20,83		11	3	<0,0065	0,0043	0,0027	0,0017	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-58	Perl, km 241,96	5	-	0,22	2,33	1,15	1,62
		Trier, km 196,0	4	-	0,12	0,41	0,30	0,14
		Lehmen, km 20,83	-	-	-	-	-	0,34
	Co-60	Perl, km 241,96	12	6	<0,18	2,03	-	<1,42
		Trier, km 196,0	12	11	<0,070	1,21	1,18	nn
		Lehmen, km 20,83	1	1	<0,94	<0,94	<0,26	nn
	Cs-137	Perl, km 241,96	12	-	16,4	33,5	20,9	19,3
		Trier, km 196,0	12	-	9,41	19,3	13,5	12,0
Lehmen, km 20,83		1	-	24,7	24,7	4,70	29,1	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-58	Perl, km 239,7-242,0	1	1	0,07	0,07	0,07	0,18
		Trier, km 184,1-196,1	-	-	-	-	-	0,13
		Koblenz, km 4,05	1	-	0,28	0,28	0,28	-
	Co-60	Perl, km 239,7-242,0	20	20	<0,077	<0,21	nn	<0,13
		Trier, km 184,1-196,1	23	23	<0,071	<0,29	nn	nn
		Koblenz, km 4,05	7	6	<0,069	0,35	<0,16	nn
	Cs-137	Perl, km 239,7-242,0	20	-	3,67	15,7	9,1	8,5
		Trier, km 184,1-196,1	23	-	9,55	20,4	14,3	14,5
Koblenz, km 4,05	7	-	10,7	109	36	35,5		
SAAR								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Kanzem, km 5,0	10	-	1,3	1,9	1,6	1,7
	Sr-90	Kanzem, km 5,0	3	-	0,0014	0,0053	0,0036	0,0047
	Cs-137	Kanzem, km 5,0	10	2	0,0005	0,0030	0,0016	0,0018
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Kanzem, km 5,0	9	-	18,8	26,9	22,9	20,4

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umweltmedium	Nuklid	Ort, Fluss-km	Anzahl 2001		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwerte 2001		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2001	2000
DONAU								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3 Cs-137	Ulm, km 2590,8	4	4	<8,0	<8,0	nn	nn
		Geisling, km 2354,28	12	-	1,6	3,9	2,4	2,5
		Vilshofen, km 2249,0	5	-	3,0	5,1	3,7	-
		Ulm, 2590,8	4	4	<0,0063	<0,0093	nn	nn
		Geisling, km 2354,28	12	4	0,0009	0,0069	0,0029	0,0018
		Vilshofen, km 2249,0	5	1	0,0017	0,0050	0,0027	-
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Ulm, km 2590,8	4	-	101	180	145	142
		Regensburg, km 2381,3	4	-	47,1	61,9	53,0	67,9
		Vilshofen, km 2249,0	2	-	39,2	77,2	58,2	-
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Ulm, km 2590,8	4	-	100	152	125	132
		Regensburg, 2400,1-2379,1	12	-	0,73	186	46,7	28,3
		Straubing, km 2320,93	4	-	70,2	81,0	74,4	69,4
		Jochenstein, km 2202,7	4	-	9,49	17,0	12,5	-
ISAR								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Pullach, km 162,0	4	-	1,3	3,6	2,1	1,9
		Plattling, km 9,1	4	2	<5,2	24,0	<12,4	<7,3
	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	3	<0,0005	0,0006	<0,0008	0,0019
		Plattling, km 9,1	4	4	<0,0046	<0,0052	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	-	20,3	27,8	23,1	22,2
		Plattling, km 9,1	3	-	73,6	87,6	82,8	76,0
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	-	29,7	43,4	34,9	34,1
		Plattling, km 9,1	4	-	5,77	17,5	9,4	10,0
EMS								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Geeste, km 106,3	12	-	2,5	27,2	10,2	10,1
		Terborg, km 24,7	11	-	1,9	13,4	5,6	5,4
	Co-60	Geeste, km 106,3	12	12	<0,0004	<0,0036	nn	nn
		Terborg, km 24,7	12	1	<0,0010	0,0082	0,0042	0,0062
	Sr-90	Geeste, km 106,3	4	-	0,0018	0,0065	0,0042	0,0046
		Terborg, km 24,7	4	-	0,0049	0,021	0,012	0,0070
	Cs-137	Geeste, km 106,3	12	1	<0,0008	0,0068	0,0032	0,0029
		Terborg, km 24,7	12	-	0,013	0,040	0,021	0,028
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Geeste, km 106,3	4	4	<0,16	<0,25	nn	nn
		Terborg, km 24,7	4	-	0,52	0,99	0,65	0,66
	Cs-137	Geeste, km 106,3	4	-	17,5	33,2	26,1	25,8
		Terborg, km 24,7	4	-	3,28	3,85	3,45	4,04
WESER / JADEBUSEN								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Höxter, km 69,0	12	-	1,3	4,1	2,0	1,7
		Rinteln, km 163,2	12	-	1,4	19,3	4,0	5,1
		Langwedel, km 329,4	12	-	1,3	11,8	3,2	3,6
		Blexen, km 63,3	9	-	2,3	13,1	4,8	4,9
	Sr-90	Höxter, km 69,0	4	-	0,0022	0,010	0,0044	0,0050
		Rinteln, km 163,2	4	-	0,0015	0,0076	0,0043	0,0033
		Langwedel, km 329,4	4	-	0,0029	0,0067	0,0052	0,0028
		Blexen, km 63,3	3	-	0,0026	0,013	0,0073	0,0053
	Cs-137	Höxter, km 69,0	12	2	0,0008	0,0041	0,0019	0,0025
		Rinteln, km 163,2	11	-	0,0014	0,010	0,0034	0,0021
		Langwedel, km 329,4	12	4	<0,0008	0,012	0,0047	0,0022
		Blexen, km 63,3	8	-	0,0058	0,014	0,0091	0,0083

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umweltmedium	Nuklid	Ort, Fluss-km	Anzahl 2001		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwerte 2001		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2001	2000
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Höxter, km 69,0	4	4	<0,14	<0,24	nn	nn
		Rinteln, km 163,2	4	4	<0,11	<0,30	nn	nn
		Langwedel, km 329,4	4	4	<0,13	<0,29	nn	nn
		Wilhelmshaven/Jadebusen	4	-	1,38	2,54	1,76	2,11
	Cs-137	Höxter, km 69,0	4	-	10,9	15,0	12,9	14,0
		Rinteln, km 163,2	4	-	8,77	11,9	10,0	11,9
		Langwedel, km 329,4	4	-	11,4	24,0	16,4	17,8
		Wilhelmshaven/Jadebusen	4	-	4,93	7,78	6,60	5,42
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Unterweseraltarm, Schweiburg, km 49	2	-	1,60	1,60	1,60	1,45
	Cs-137	Hann. Münden, km 0,0	2	-	4,10	4,80	4,45	7,15
		Intschede, km 329,3	2	-	25,0	28,0	26,5	23,5
		Habenhausen, km 361,0	1	-	27,0	27,0	27,0	31,0
		Unterweseraltarm, Schwei- burg, km 49	2	-	14,0	15,0	14,5	14,0
ELBE								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Dresden, km 58,0	12	-	1,4	2,8	2,1	1,6
		Geesthacht, km 586,0	12	-	1,5	2,2	1,8	1,8
		HH (Bunthaus), km 609,8	4	-	1,0	1,2	1,1	-
		Cuxhaven, km 724,5	9	-	2,8	4,9	3,6	3,7
	Sr-90	Dresden, km 58,0	3	-	0,0055	0,012	0,0079	0,009
		Geesthacht, km 586,0	4	-	0,0032	0,017	0,0093	0,0037
		Cuxhaven, km 724,5	2	-	0,0028	0,0031	0,0029	0,0041
	Cs-137	Dresden, km 58,0	12	9	<0,0008	0,0043	<0,0013	<0,0022
		Geesthacht, km 586,0	11	2	<0,0009	0,0054	0,0028	0,0014
		HH (Bunthaus), km 609,8	3	-	0,0023	0,0043	0,0033	-
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Dresden, km 58,0	11	-	24,1	36,3	30,3	31,2
		Geesthacht, km 586,0	4	-	19,8	24,5	22,2	14,8
		Wedel, km 642,0	4	-	4,42	8,60	6,84	7,6
		Cuxhaven, km 724,5	3	-	0,55	3,94	1,69	0,91
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Dresden, km 58,0	11	-	25,2	46,3	31,4	34,2
		HH (Bunthaus), km 609,8	4	-	33,7	69,1	51,1	-
ODER								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Eisenhüttenstadt, km 553,2	11	-	1,3	1,9	1,6	1,5
		Hohensaaten, km 667,5	11	-	1,5	1,8	1,5	1,5
	Sr-90	Eisenhüttenstadt, km 553,2	4	-	0,0051	0,0096	0,0082	0,007
		Hohensaaten, km 667,5	4	-	0,0080	0,012	0,010	0,0087
	Cs-137	Eisenhüttenstadt, km 553,2	11	5	<0,0008	0,0030	0,0025	0,0054
		Hohensaaten, km 667,5	11	4	<0,0008	0,012	0,0045	0,0035
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Eisenhüttenstadt, km 553,2	-	-	-	-	-	41,0
		Hohensaaten, km 667,5	-	-	-	-	-	49
SPREE								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Berlin-Sophienwerder, km 0,60	4	4	<4,1	<4,6	nn	nn
		Berlin-Schöneeweide, km 27,2	12	-	1,1	2,3	1,5	1,3
	Sr-90	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	4	-	0,0057	0,0090	0,0074	0,0065

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umweltmedium	Nuklid	Ort, Fluss-km	Anzahl 2001		Aktivitätskonzentration			
					Einzelwerte 2001		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	Min. Wert	Max. Wert	2001	2000
	Cs-137	Berlin-Sophienwerder, km 0,60	4	-	0,0009	0,0032	0,0020	0,0019
		Berlin-Schöneeweide, km 27,2	12	11	<0,0007	0,0012	<0,0008	<0,0020
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Berlin-Sophienwerder, km 0,60	-	-	-	-	-	14,5
		Berlin-Schöneeweide, km 27,2	12	-	21,2	179	42,0	33,1
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Berlin-Sophienwerder, km 0,60	-	-	-	-	-	12,2
		Berlin-Schöneeweide, km 27,2	4	-	16,1	22,2	19,5	16,2
HAVEL								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Zehdenick, km 15,1	12	-	1,0	1,9	1,4	1,2
	Sr-90	Zehdenick, km 15,1	4	-	0,0043	0,010	0,0078	0,009
	Cs-137	Zehdenick, km 15,1	12	2	<0,0008	0,0072	0,0048	0,006
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Zehdenick, km 15,1	10	-	56,0	102	80,0	90
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Zehdenick, km 15,1	10	-	12,1	67,1	39,9	36
SAALE								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Merseburg, km 104,5	4	-	1,2	1,8	1,6	1,5
		Camburg, km 187,0	4	3	3,5	3,5	<3,6	-
	Sr-90	Merseburg, km 104,5	4	-	0,0049	0,0079	0,0062	0,0055
		Camburg, km 187,0	3	-	0,0050	0,0056	0,0053	-
	Cs-137	Merseburg, km 104,5	12	10	<0,0008	0,0053	<0,0015	0,0036
		Camburg, km 187,0	4	4	<0,0046	<0,0063	nn	-
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Merseburg, km 104,5	11	-	11,0	17,4	13,3	13,6
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Merseburg, km 104,5	11	-	9,92	1 7,1	13,1	16,0
PEENE								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Anklam, km 96,1	12	-	0,92	1,9	1,3	1,2
	Sr-90	Anklam, km 96,1	4	-	0,0032	0,0095	0,0068	0,0059
	Cs-137	Anklam, km 96,1	12	9	<0,0008	0,0035	<0,0014	0,0025
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Anklam, km 96,1	11	-	26,9	48,9	38,2	36,9
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Anklam, km 96,1	12	-	31,3	82,5	46,8	37,9
TRAVE								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Travemünde, km 26,9	11	-	1,7	2,4	2,0	-
	Sr-90	Travemünde, km 26,9	4	-	0,0030	0,0050	0,0040	-
	Cs-137	Travemünde, km 26,9	11	-	0,012	0,047	0,034	-
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Travemünde, km 26,9	4	-	34,4	72,5	55,0	-
NORD-OSTSEE-KANAL								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	12	-	1,6	2,7	2,1	-
	Sr-90	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	4	-	0,0038	0,0059	0,0046	-
	Cs-137	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	11	-	0,0066	0,047	0,029	-
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	4	-	30,1	51,8	38,5	-

- Messung / Angabe nicht erforderlich

nn nicht nachgewiesen / nachweisbar

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 2001		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwerte 2001		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2001	2000
BADEN-WÜRTTEMBERG / Bodensee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Langenargen	4	4	<8,0	<8,0	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0038	<0,0089	nn	nn
BAYERN / Chiemsee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Seeon-Seebruck	4	-	1,6	2,0	1,8	1,7
	Sr-90		4	-	0,0038	0,0054	0,0045	0,0045
	Cs-137		4	1	0,0002	0,0007	0,0004	0,0005
Schwebstoff (Bq/kgTM)	Cs-137	Seeon-Seebruck	4	-	75,1	89,4	81,3	96
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Seeon-Seebruck	3	-	19,4	69,2	36,4	45,3
Starnberger See								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Starnberg	4	-	2,8	4,3	3,3	3,3
	Sr-90		4	-	0,0083	0,0099	0,0090	0,010
	Cs-137		4	-	0,0022	0,0030	0,0025	0,0043
Schwebstoff (Bq/kgTM)	Cs-137	Starnberg	4	-	278	373	327	344
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Starnberg	3	-	35,9	56,3	45,6	39,7
BERLIN / Müggelsee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	PE-Stelle 41035	4	4	<4,1	<4,6	nn	nn
	Sr-90		4	-	0,0038	0,0060	0,0048	0,0048
	Cs-137		4	-	0,0025	0,0047	0,0033	0,0034
Schwebstoff (Bq/kgTM)	Cs-137	PE-Stelle 41035	4	-	2,00	7,10	4,43	1,80
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	PE-Stelle 41035	4	-	59,0	99,0	82,5	101
Stössensee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Siemenswerder	4	4	<4,1	<4,6	nn	nn
	Sr-90		4	-	0,0044	0,0054	0,0047	0,0048
	Cs-137		4	-	0,0016	0,0040	0,0027	0,0026
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Siemenswerder	4	-	2,70	14,5	6,1	8,80
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Siemenswerder	4	-	64,0	126	92,0	67,6
BRANDENBURG / Stechlinsee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Neuglobsow	4	4	<4,7	<6,1	nn	nn
	Sr-90		4	-	0,020	0,026	0,023	0,020
	Cs-137		4	-	0,0080	0,010	0,0088	0,010
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Neuglobsow	4	-	12,0	30,0	18,5	21,3
Neuendorfer See								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Alt-Schadow	4	4	<6,0	<6,0	nn	nn
	Sr-90		4	-	0,0040	0,0060	0,0050	0,0060
	Cs-137		4	4	<0,0042	<0,0052	nn	nn
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Alt-Schadow	4	-	1,80	2,40	2,08	1,70

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umweltmedium	Nuklid	Proben- entnahmeort	Anzahl 2001		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwerte 2001		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2001	2000
HESSEN / Marbach-Talsperre								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Erbach	2	2	<10,0	<10,0	nn	nn
	Sr-90		3	3	<0,010	<0,010	nn	nn
	Cs-137		2	2	<0,0070	<0,012	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kgTM)	Cs-137	Erbach	4	-	21,2	25,8	23,3	26,0
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Erbach	4	-	21,5	30,3	24,8	25,0
MECKLENBURG-VORPOMMERN / Borgwallsee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Lüssow	4	3	2,9	2,9	<3,6	3,7
	Cs-137		4	4	<0,0059	<0,0071	nn	nn
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Lüssow	4	4	8,85	10,8	9,59	12,6
Schweriner See								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Schwerin	4	4	<3,7	<4,3	nn	3,5
	Sr-90		4	-	0,0020	0,013	0,0068	0,013
	Cs-137		4	-	0,016	0,019	0,017	0,019
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Schwerin	4	-	27,9	30,7	29,4	44,6
NIEDERSACHSEN / Sösetalsperre								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Osterode am Harz	4	-	0,86	1,7	1,2	1,0
	Sr-90		4	-	0,0014	0,0065	0,0034	0,0026
	Cs-137		4	4	<0,0004	<0,0011	nn	<0,0005
Schwebstoff (Bq/kgTM)	Cs-137	Osterode am Harz	4	-	45,0	59,0	52,5	44,8
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Osterode am Harz	4	-	40,0	88,0	63,5	69,0
Steinhuder Meer								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Wunstorf	4	-	0,75	1,6	1,1	1,1
	Cs-137		4	-	0,0048	0,016	0,0098	0,013
Schwebstoff (Bq/kgTM)	Cs-137	Wunstorf	3	-	390	440	423	403
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Wunstorf	4	-	89,0	260	171	106
NORDRHEIN-WESTFALEN / Möhne-Stausee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Möhnesee	4	4	<6,0	<6,0	nn	nn
	Sr-90		1	1	<0,010	<0,010	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0038	<0,018	nn	nn
Dreilägerbach-Talsperre								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Roetgen	4	4	<10,0	<10,0	nn	-
	Cs-137	Roetgen	4	1	<0,0002	0,0007	0,0004	-
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Roetgen	4	-	6,23	10,5	8,5	-
RHEINLAND-PFALZ / Laacher See								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Maria Laach	4	3	1,9	1,9	<2,5	nn
	Cs-137		4	-	0,038	0,044	0,042	0,040
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Maria Laach	4	-	86,0	120	102	125
SACHSEN / Talsperre Pöhl								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Thoßfell	4	4	<4,4	<5,7	nn	nn
	Cs-137		4	1	0,0016	0,0027	0,0024	<0,0046
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Thoßfell	4	-	6,97	16,9	10,8	8,54

(Fortsetzung Tabelle)

GEWÄSSER Umweltmedium	Nuklid	Proben- entnahmeort	Anzahl 2001		Aktivitätskonzentration			
			N	<NWG	Einzelwerte 2001		Jahresmittelwerte	
					Min. Wert	Max. Wert	2001	2000
SACHSEN-ANHALT / Arendsee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Arendsee	4	4	<5,0	<5,0	nn	nn
	Cs-137		4	-	0,040	0,11	0,083	0,10
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Arendsee	4	-	52,4	90,3	75,6	72,1
Schollener See								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Schollene	4	4	<5,0	<5,0	nn	nn
	Cs-137		4	-	0,030	0,030	0,030	0,053
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Schollene	4	-	204	521	380	240
SCHLESWIG-HOLSTEIN / Schaalsee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Seedorf	4	4	<10,0	<10,0	nn	nn
	Sr-90		4	-	0,012	0,014	0,013	0,019
	Cs-137		4	1	<0,010	0,018	0,015	0,013
Sediment (Bq/kgTM)	Cs-137	Seedorf	4	-	162	242	205	228
Wittensee								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Gr. Wittensee	4	4	<10,0	<10,0	nn	nn
	Cs-137		4	1	0,0090	0,015	0,012	0,014
Sediment Bq/kg TM	Cs-137	Gr. Wittensee	4	-	11,0	31,0	18,8	18,8
THÜRINGEN / Talsperre Schmalwasser								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Tambach-Dietharz	4	3	<3,4	3,7	<3,6	-
	Cs-137	Tambach-Dietharz	4	4	<0,0054	<0,0069	nn	-

- Messung / Angabe nicht erforderlich

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 2001 beschrieben. Grundlage der Bewertung sind drei Forschungsreisen mit dem Forschungsschiff GAUSS des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie mit insgesamt ca. 90 Probeentnahmepositionen. Untersucht wurden die Radionuklide Tritium, Cäsium-137 bzw. -134, Strontium-90, Plutonium-239/240, Plutonium-238, Plutonium-241, Americium-241 sowie Curium-244

Künstliche Radionuklide in Nord- und Ostsee stammen hauptsächlich aus folgenden Quellen:

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

Die Aktivitätskonzentrationen langlebiger künstlicher Radionuklide in der Nordsee waren über viele Jahre überwiegend durch 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 bestimmt. Auf Grund der vorherrschenden Wasserströmungen und deren Wassermassentransport konnten diese Einleitungen auch in großen Entfernungen entsprechend der Transportzeit 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 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.

Die Einleitungen aus den Wiederaufbereitungsanlagen La Hague und Sellafield waren in den 70er Jahren erheblich höher. Seit vielen Jahren haben allerdings internationale Anstrengungen dazu geführt, dass die Einleitungen beider Wiederaufbereitungsanlagen auf niedrigem Niveau liegen. Dies führt auch im Wasser der Nordsee zu geringen Konzentrationen der meisten künstlichen Radionuklide. So nahm 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. Beide Wiederaufbereitungsanlagen erhöhen seit Jahren ihre Einleitungen an Tritium. Da dieses Radionuklid aber praktisch in Meeresorganismen nicht angereichert wird, ist es für eine Strahlenexposition des Menschen weitgehend irrelevant.

Das Monitoring der künstlichen Radioaktivität durch das BSH erstreckt sich in der Nordsee seit Jahren schwerpunktmäßig auf die Nuklide Tritium, Cs-137, Sr-90 und einige Transurane (Pu-238, Pu-239/240 und Pu-241, Am-241 und Curium-244). Diese Radionuklide werden als radiologisch relevant für eine Strahlenbelastung des Menschen aus der Meeresumwelt angesehen. Darüber hinaus wird in geringerer Häufigkeit die Verteilung von Technetium-99 ermittelt.

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 lässt sich in der Nordsee praktisch nicht mehr nachweisen. Lediglich im Skagerrak entlang der norwegischen Küste kann man noch Spuren aus dieser Quelle in dem Ausstromwasser aus der Ostsee erkennen.

In den Abbildungen 3.3.2-3 und 3.3.2-4 sind die räumliche Verteilung der Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 und Sr-90 in der Deutschen Bucht im März 2001 und in Abb. 3.3.2-5 die Verteilung von Cs-137 im September 2001 dargestellt. In der äußeren Deutschen Bucht weisen die Konzentrationen von 6 Bq/m^3 auf den nur noch geringen Einfluss der Ableitungen von Sellafield hin. In der Deutschen Bucht liegen die Konzentrationen beider Nuklide inzwischen nur noch geringfügig über den Fallout-Konzentrationen atlantischen Meerwassers. Cs-134 ist im Wasser der Nordsee nicht mehr nachweisbar (NWG ca. $0,2 \text{ Bq/m}^3$).

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.

Zusammenfassend kann man für die Nordsee festhalten:

- Trotz der Einleitungen der Wiederaufarbeitungsanlagen treten die höchsten Aktivitätskonzentrationen an Cs-137 im Skagerrak durch abfließendes Ostseewasser auf. Die Ostsee stellt derzeit, und für die nächsten Jahre, die stärkste Quelle für Cs-137 in der Nordsee dar. Im Jahre 2001 wurden in diesem Bereich allerdings keine Untersuchungen durchgeführt.
- Das Sediment der Irischen See stellt die zweitstärkste Quelle für Cs-137 dar. Vergleichende Betrachtungen mit anderen konservativen Nukliden ergeben, dass zwischen 50 und 70 TBq/Jahr an Cs-137 resuspendiert werden. Dies ist das 5 – 7-fache der derzeitigen Einleitungen. Die in der Irischen See im Wasser befindlichen Radionuklide gelangen zu einem großen Teil in die Nordsee.
- Die Einleitungen an Sr-90 der WAA La Hague sind gegenüber den Erhöhungen der Jahre 1991/92 wieder stark zurückgegangen.

Tritium ist eines der Radionuklide, das von beiden Wiederaufarbeitungsanlagen in den letzten Jahren verstärkt eingeleitet wurde. Die Tritiumkonzentrationen in der Deutschen Bucht und in der westlichen Ostsee im Jahr 2001 sind in Abbildung 3.3.2-6 dargestellt. Die langjährige Entwicklung der mittleren Tritiumgehalte der Deutschen Bucht und der westlichen Ostsee (Abb. 3.3.2-7) zeigt für die Ostsee einen stark rückläufigen Trend, der auf die abnehmende Konzentration im Süßwassereintrag zurückzuführen ist. Die Ursache für ansteigende Tritiummesswerte in der Deutschen Bucht in den Jahren 1993 bis 2000 sind die deutlich höheren Einleitungen der WAA La Hague. Da in der marinen Nahrungskette keine Anreicherung von Tritium stattfindet, werden höhere Tritiumkonzentration im Meer nicht als radiologisch relevant für den Menschen angesehen.

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.

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.

Abbildung 3.3.2-8 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, 10°05'E) sind durch den jahreszeitlich schwankenden Ein- und Ausstrom des Ostseewassers bestimmt.

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.

In den Abbildungen 3.3.2-9, 3.3.2-10 und 3.3.2-11 sind die Aktivitätskonzentrationen von Cs-137, Sr-90 und Tritium in der westlichen Ostsee bis zum Bornholmbecken im Juni 2001 dargestellt.

Die Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 lagen im untersuchten Gebiet der Ostsee zwischen 12 und 60 Bq/m³ (Abb. 3.3.2-9). Höhere Konzentrationen finden sich in der Wassersäule in der weiter östlichen und nördlichen Ostsee, wo der Schwerpunkt des Tschernobyl Fallouts lag. Obwohl die Kontamination der westlichen Ostsee sich gegenüber den Vorjahren verringert hat, liegt sie immer noch deutlich über derjenigen der Deutschen Bucht. Während die Wassersäule der Ostsee im überwiegenden Teil bis hinunter zum Mee-

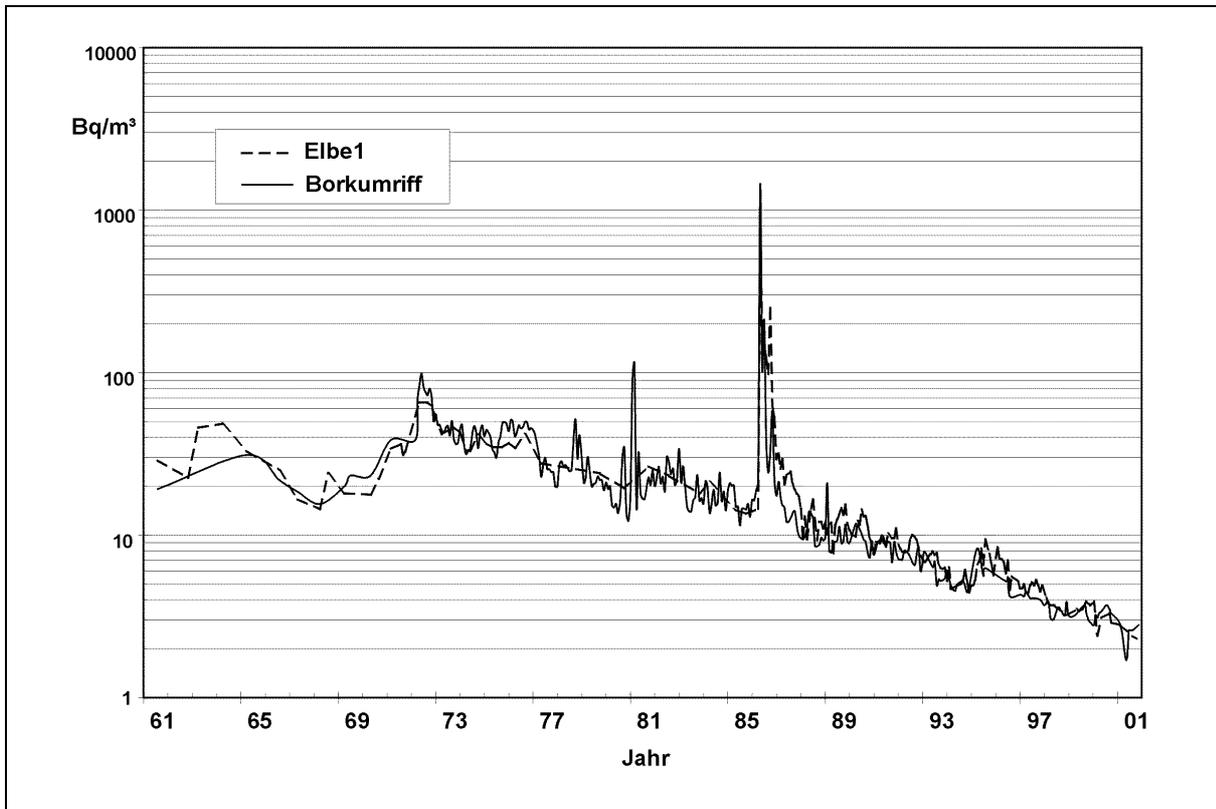
resboden eine sehr homogene Kontamination zeigt, lässt sich im Bodenwasser des Kattegat und der Beltsee der Einstrom des Nordseewassers mit deutlich geringerem Gehalt an Cs-137 und Sr-90 nachweisen. Die Tritiumkonzentrationen in der Ostsee lassen keine signifikant erhöhten Messwerte erkennen, was in dieser Beziehung auf einen ordnungsgemäßen Betrieb der dort arbeitenden Nuklearanlagen schließen lässt.

Sedimente

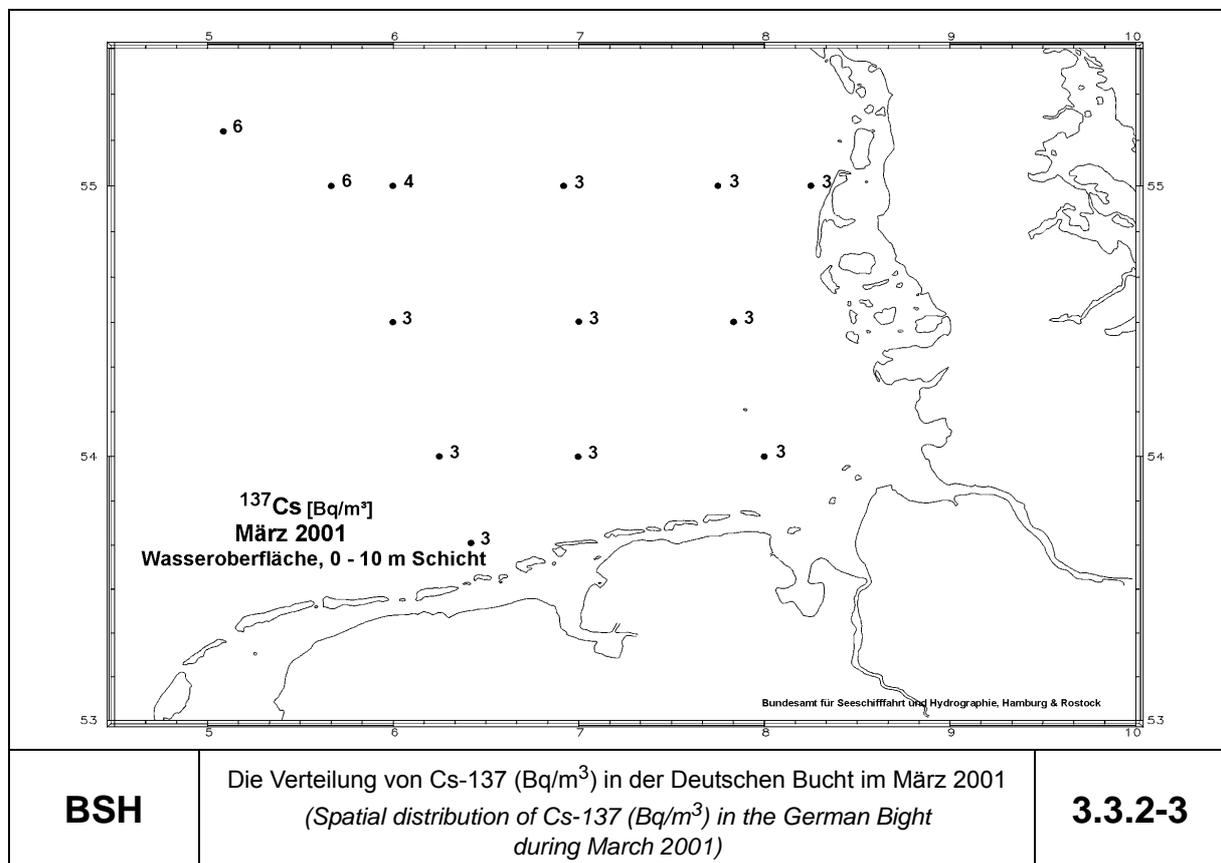
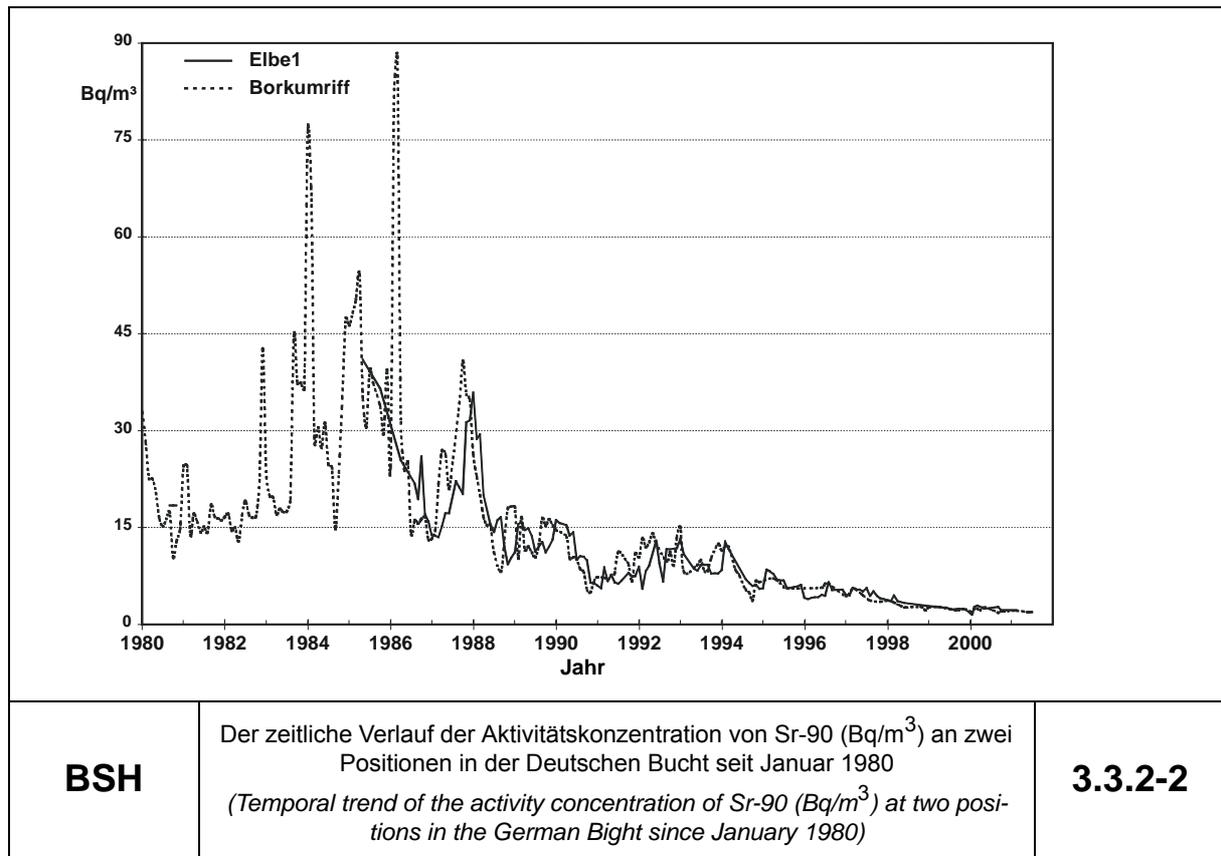
Das Sediment ist eine wesentliche Senke für den Verbleib von in das Meer eingetragenen Schadstoffen. Je nach chemischen Eigenschaften der Elemente und je nach Schwebstoffbeschaffenheit reichern sich die radioaktiven Nuklide durch Sedimentation am Meeresboden an. Für eine Reihe von Nukliden bedeutet diese 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.

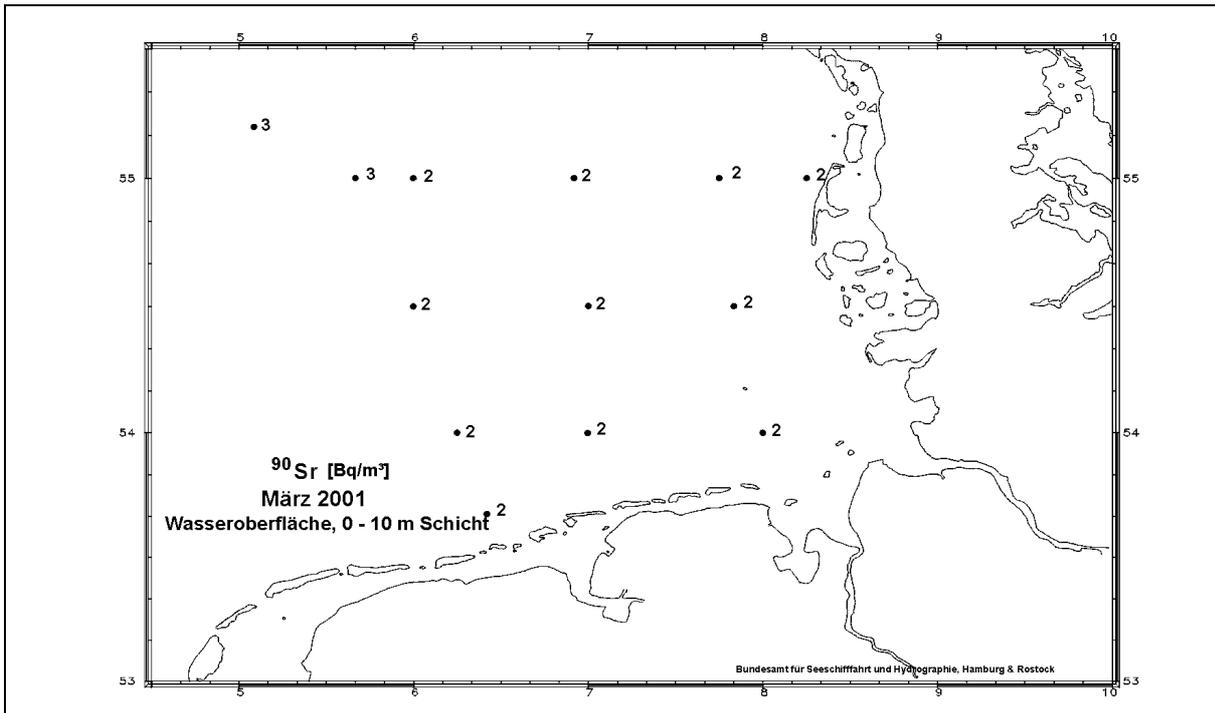
Die Oberflächensedimente der Ostsee weisen höhere spezifische Aktivitäten als diejenigen der Nordsee auf. Diese Aussage gilt in den meisten Fällen auch für natürliche Radionuklide. Einerseits ist dieser Effekt darauf zurückzuführen, dass die Korngröße der meist schlickigen Sedimente der Ostsee kleiner ist, andererseits liegt 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. Die höchste Konzentration findet sich vielfach nicht mehr an der Sedimentoberfläche, sondern je nach Ort in Tiefen von 2 bis 8 cm.

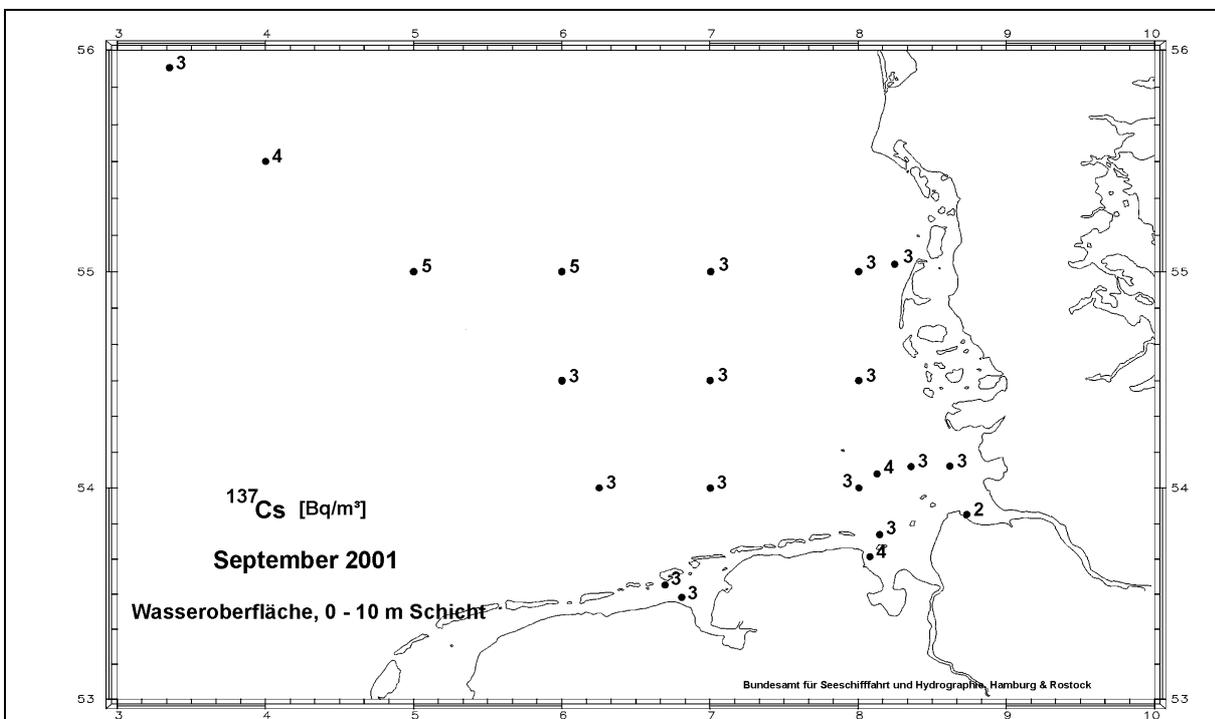


BSH	Der zeitliche Verlauf der Aktivitätskonzentration von Cäsium-137 (Bq/m ³) an zwei Positionen in der Deutschen Bucht seit 1961 <i>(Temporal trend of the activity concentration of Cs-137 (Bq/m³) at two positions in the German Bight since 1961)</i>	3.3.2-1
------------	---	----------------

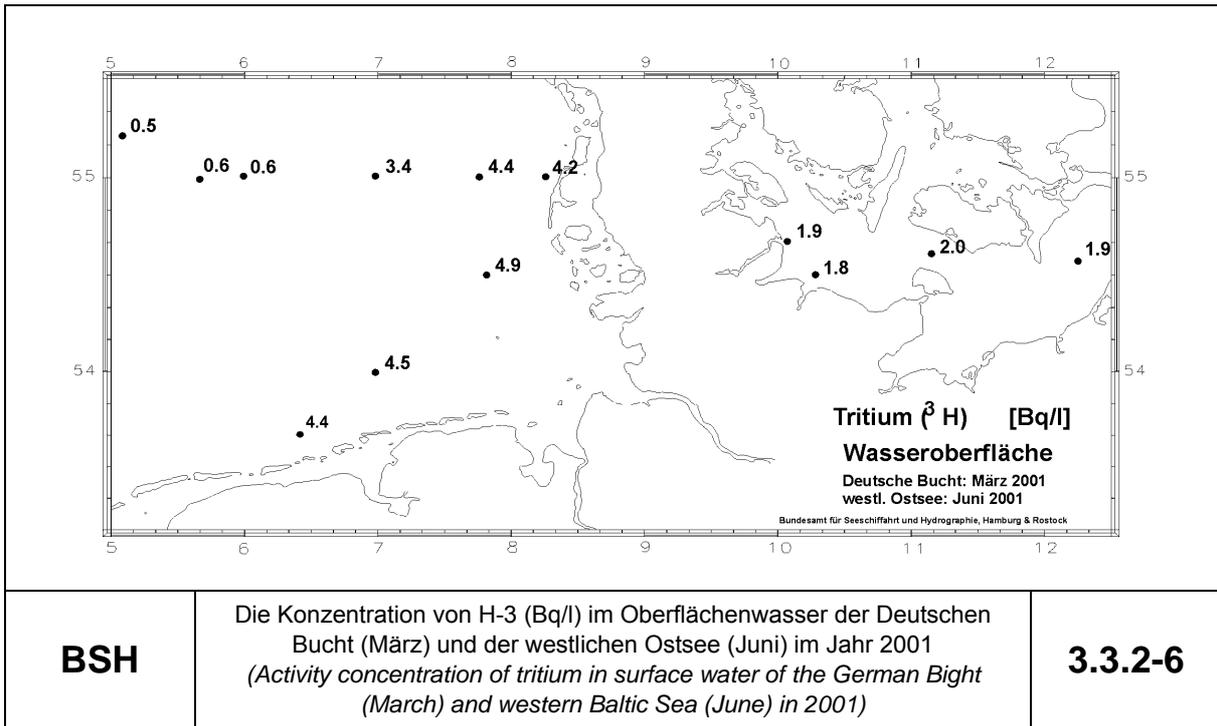




BSH	Die Verteilung von Sr-90 (Bq/m^3) in der Deutschen Bucht im März 2001 <i>(Spatial distribution of Sr-90 (Bq/m^3) in the German Bight during March 2001)</i>	3.3.2-4
------------	---	----------------



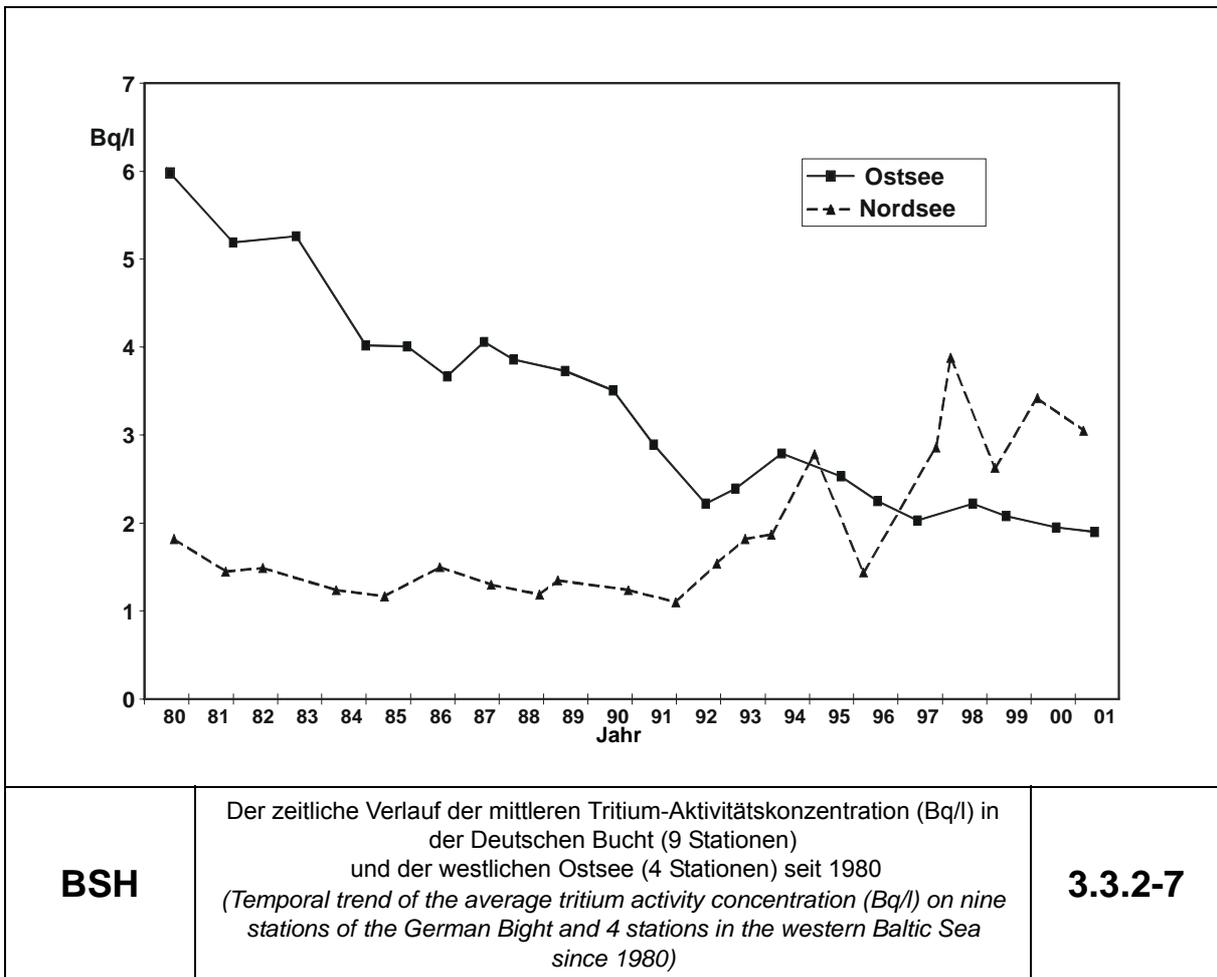
BSH	Die Verteilung von Cs-137 (Bq/m^3) in der deutschen Bucht im September 2001 <i>(Spatial distribution of Cs-137 (Bq/m^3) in the German Bight during September 2001)</i>	3.3.2-5
------------	---	----------------



BSH

Die Konzentration von H-3 (Bq/l) im Oberflächenwasser der Deutschen Bucht (März) und der westlichen Ostsee (Juni) im Jahr 2001
(Activity concentration of tritium in surface water of the German Bight (March) and western Baltic Sea (June) in 2001)

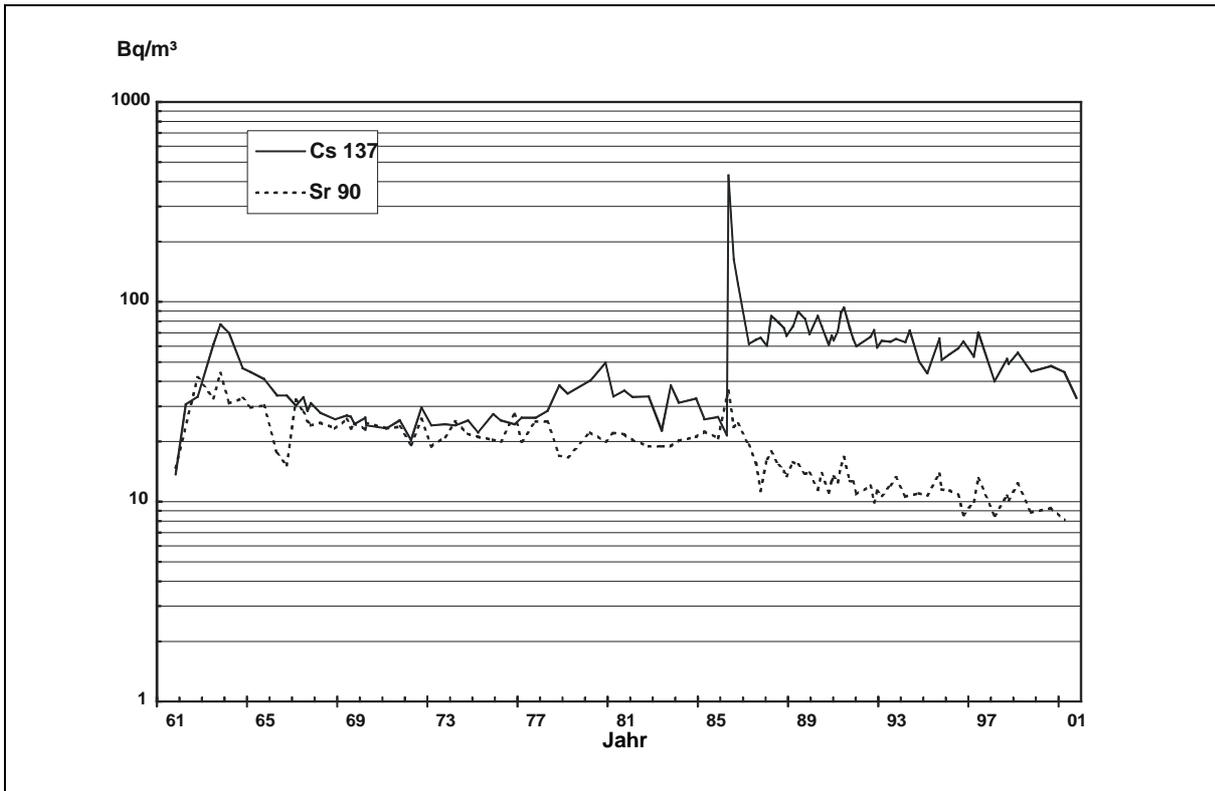
3.3.2-6



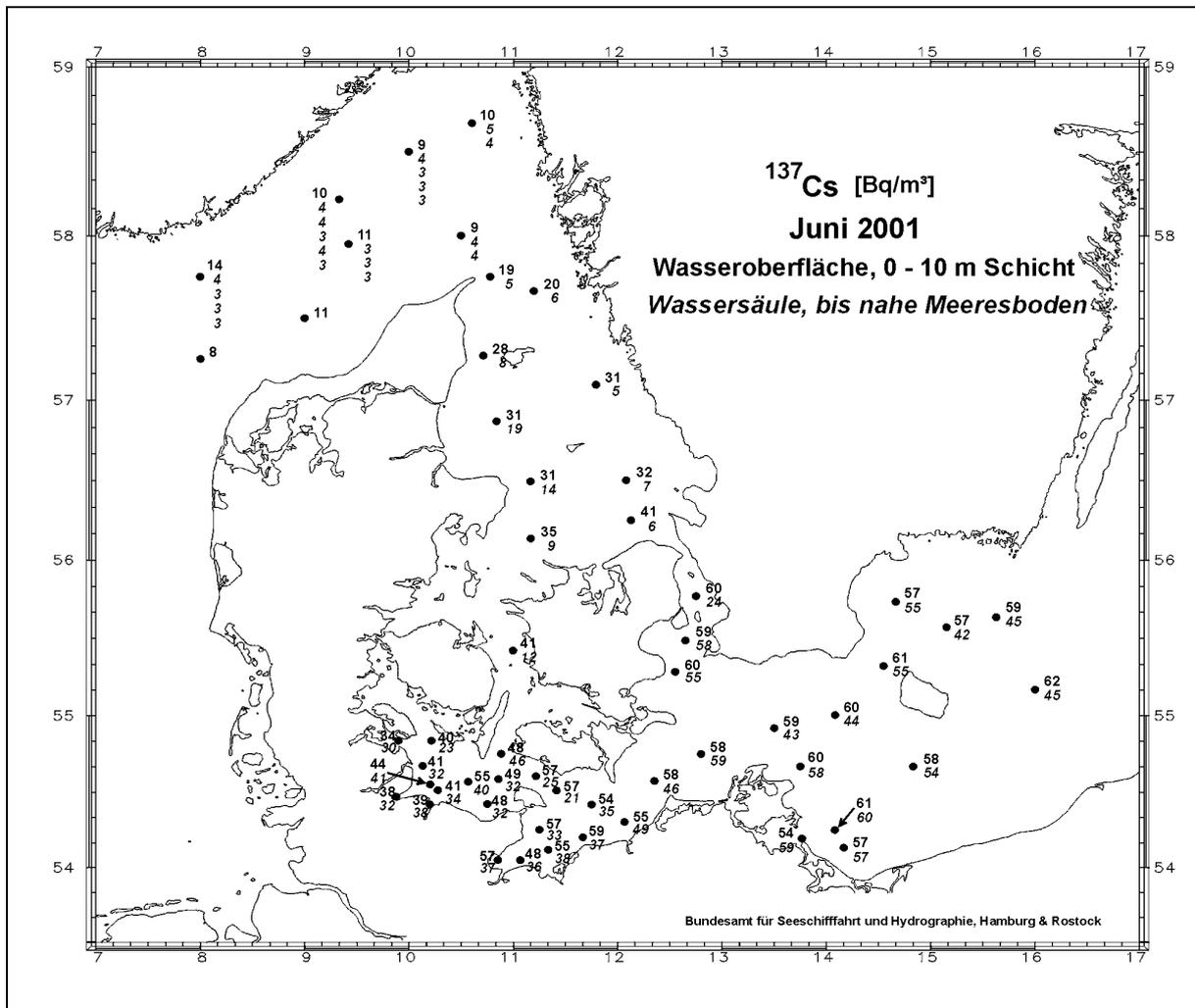
BSH

Der zeitliche Verlauf der mittleren Tritium-Aktivitätskonzentration (Bq/l) in der Deutschen Bucht (9 Stationen) und der westlichen Ostsee (4 Stationen) seit 1980
(Temporal trend of the average tritium activity concentration (Bq/l) on nine stations of the German Bight and 4 stations in the western Baltic Sea since 1980)

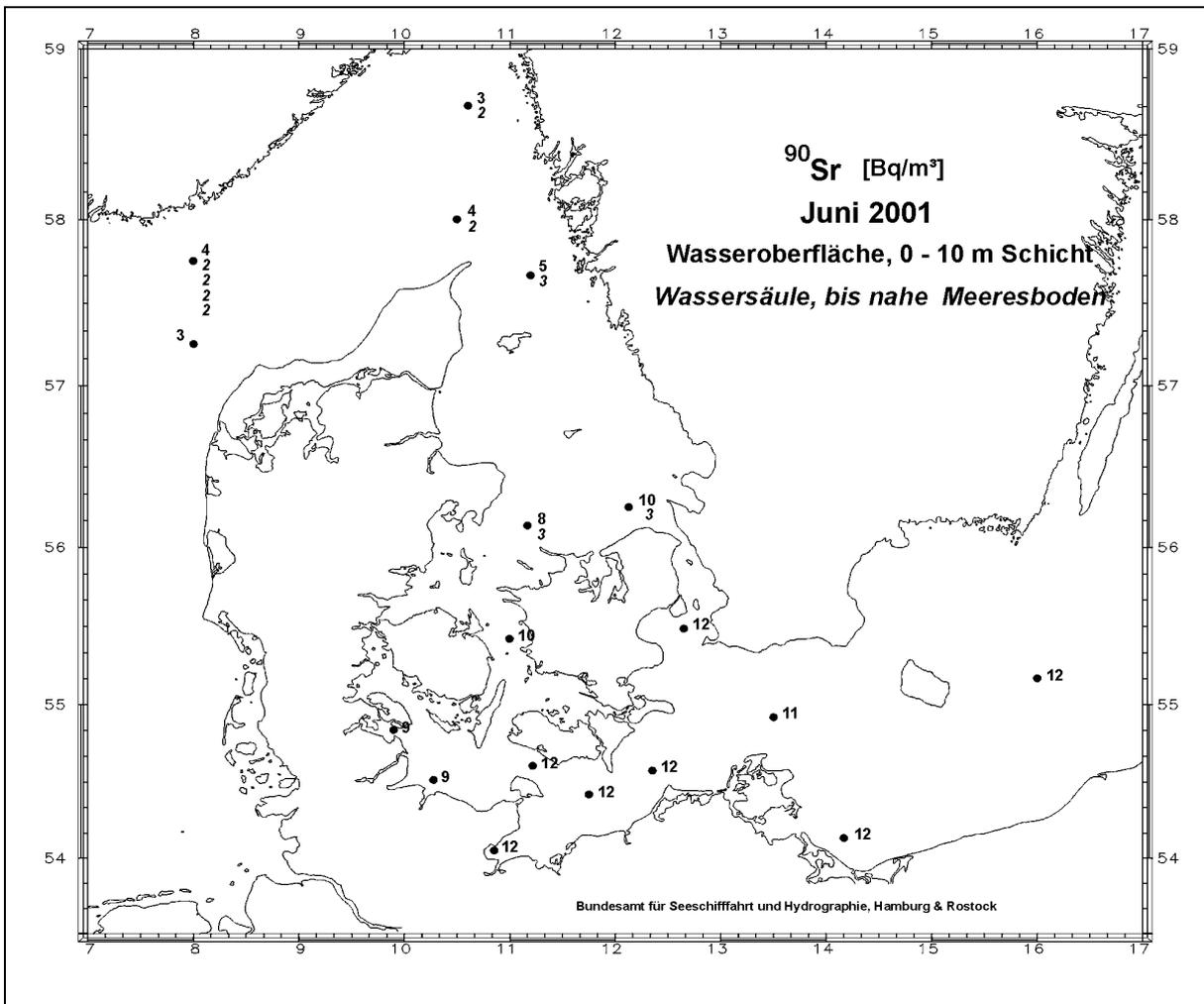
3.3.2-7



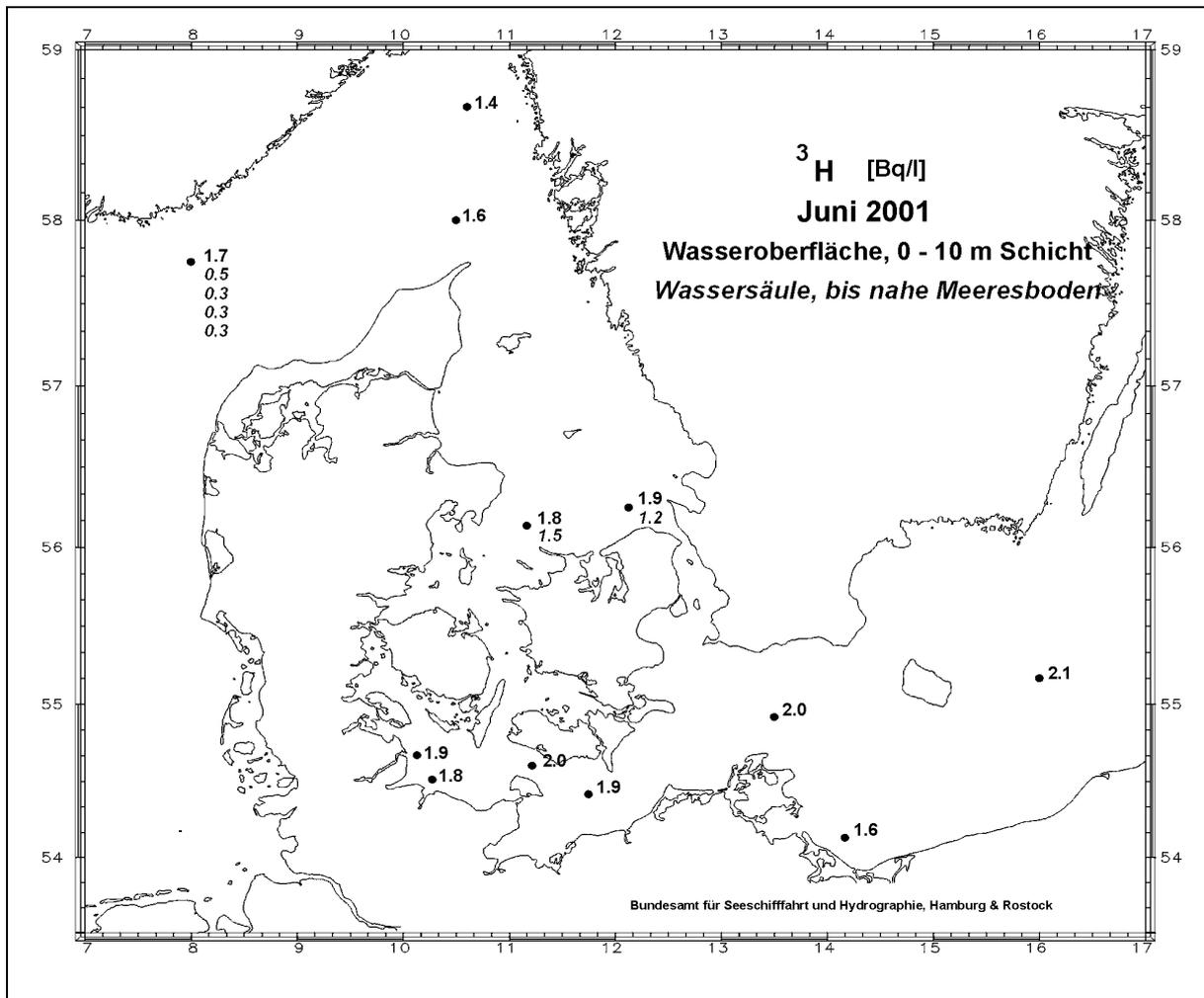
<p>BSH</p>	<p>Der zeitliche Verlauf der Cs-137- und Sr-90-Aktivitätskonzentrationen (Bq/m³) an der Position "Schleimündung" seit 1961 <i>(Temporal trend of the activity concentration of Cs-137 and Sr-90 (Bq/m³) at the position "Schleimündung" in the western Baltic Sea since 1961)</i></p>	<p>3.3.2-8</p>
-------------------	--	-----------------------



<p>BSH</p>	<p>Die Verteilung von Cs-137 (Bq/m³) im Wasser der westlichen Ostsee sowie Kattegat und Skagerrak im Juni 2001. Tiefenprofile sind kursiv dargestellt <i>(Spatial distribution of Cs-137 (Bq/m³) in the water column of the western Baltic Sea as well as in the Kattegat and Skagerrak. Depth profiles are given in italic)</i></p>	<p>3.3.2-9</p>
-------------------	---	-----------------------



<p>BSH</p>	<p>Die Verteilung von Sr-90 (Bq/m³) im Wasser der westlichen Ostsee sowie Kattegat und Skagerrak im Juni 2001. Tiefenproben sind kursiv dargestellt <i>(Spatial distribution of Sr-90 (Bq /m³) in the water column of the western Baltic Sea as well as in the Kattegat and Skagerrak. Depth profiles are given in italic)</i></p>	<p>3.3.2-10</p>
-------------------	---	------------------------



BSH	Die Verteilung von H-3 (Bq/l) im Wasser der westlichen Ostsee sowie Kattegat und Skagerrak im Juni 2001. Tiefenproben sind kursiv dargestellt <i>(Spatial distribution of H-3 (Bq/l) in the water column of the western Baltic Sea as well as in the Kattegat and Skagerrak)</i> <i>Depth profiles are given in italic)</i>	3.3.2-11
------------	---	-----------------