

14 RADIOAKTIVE STOFFE IN NORD- UND OSTSEE

J. Herrmann

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
Leitstelle für Meerwasser, Meeresschwebstoff und -sediment

In diesem Kapitel wird der aktuelle Zustand von Nord- und Ostsee hinsichtlich der Kontamination durch künstliche Radionuklide beschrieben. Grundlage der Bewertung sind jährlich zwei Überwachungsfahrten mit eigenen und gecharterten Forschungsschiffen durch das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie sowie zahlreiche Wasserproben, die regelmäßig auch von an-

deren Schiffen des Bundes an festgelegten Positionen entnommen werden. Damit ist sowohl eine Beschreibung der räumlichen Verteilung als auch des zeitlichen Trends der Kontamination möglich.

Grundsätzliche Betrachtungen können dem Vorbericht entnommen werden[52]

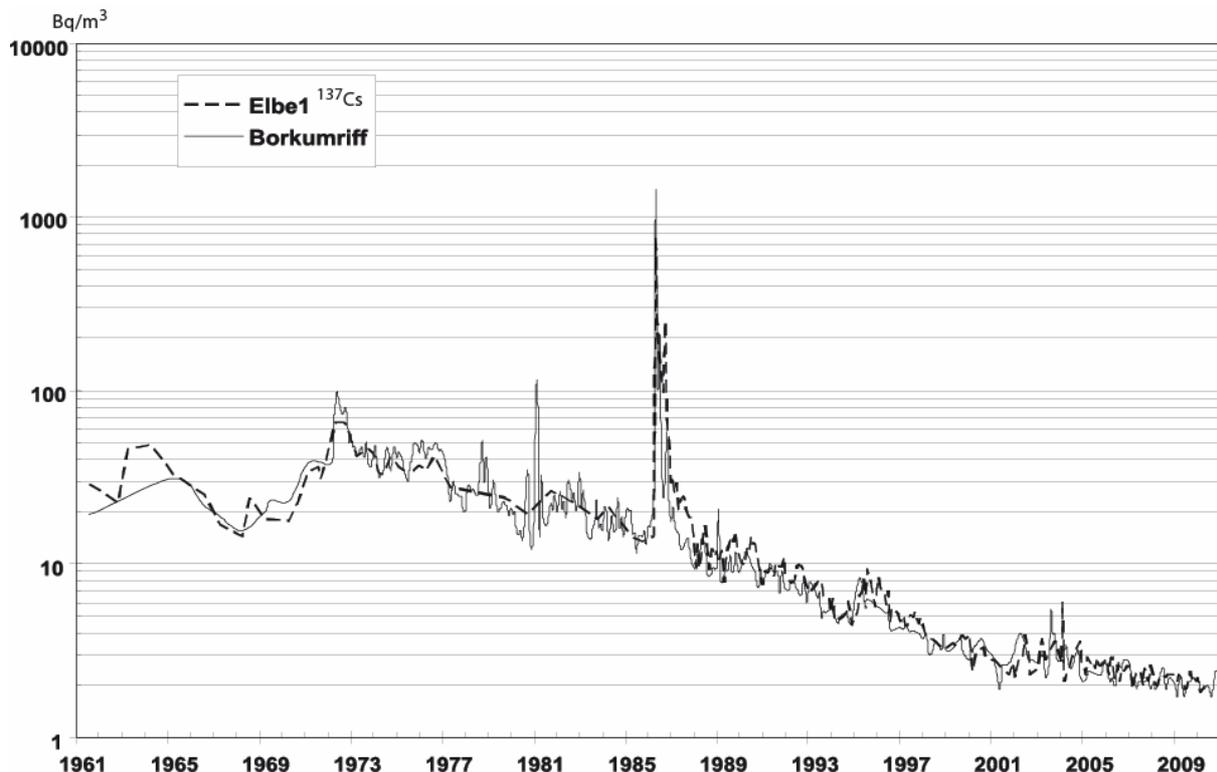


Abbildung 14.1
Zeitlicher Verlauf der ^{137}Cs -Aktivitätskonzentration (Bq/m^3) an den Positionen der ehemaligen Feuerschiffe „Borkumriff“ und „Elbe 1“ in der Deutschen Bucht

Meerwasser in der Nordsee

Die Probenentnahme zur Überwachung der Deutschen Bucht bzw. Nordsee erfolgte 2008 auf Fahrten im März und Oktober und 2009 auf einer Fahrt im August. Zusätzlich werden an den Positionen der früheren Feuerschiffe *Borkumriff* und *Elbe 1* in der Deutschen Bucht Proben möglichst monatlich entnommen.

Die Zeitreihen der Aktivitätskonzentration von ^{137}Cs und ^{90}Sr an den beiden Stationen seit 1961 bzw. 1980 (Abbildung 14.1 und Abbildung 14.2) lassen seit einigen Jahren nur noch sehr niedrige Werte er-

kennen. Der Grund dafür ist, dass aus den Wiederaufbereitungsanlagen Sellafield und La Hague nur noch sehr niedrige Ableitungen dieser beiden Radionuklide zu verzeichnen sind. Zeitverzögert infolge des Reststroms innerhalb der europäischen Schelfmeere liegen die Konzentrationen nur noch wenig über den Kontaminationswerten des Oberflächenwassers des Atlantiks. Dieses ist im Wesentlichen durch die Reste des Fallouts der oberirdischen Kernwaffentests der sechziger Jahre gekennzeichnet. Ein Eintrag von ^{137}Cs aus der Elbe ist nicht zu erkennen. Der Fallout von Tschernobyl mit seinem charakteristischen Verhältnis der Radionuklide ^{134}Cs zu ^{137}Cs

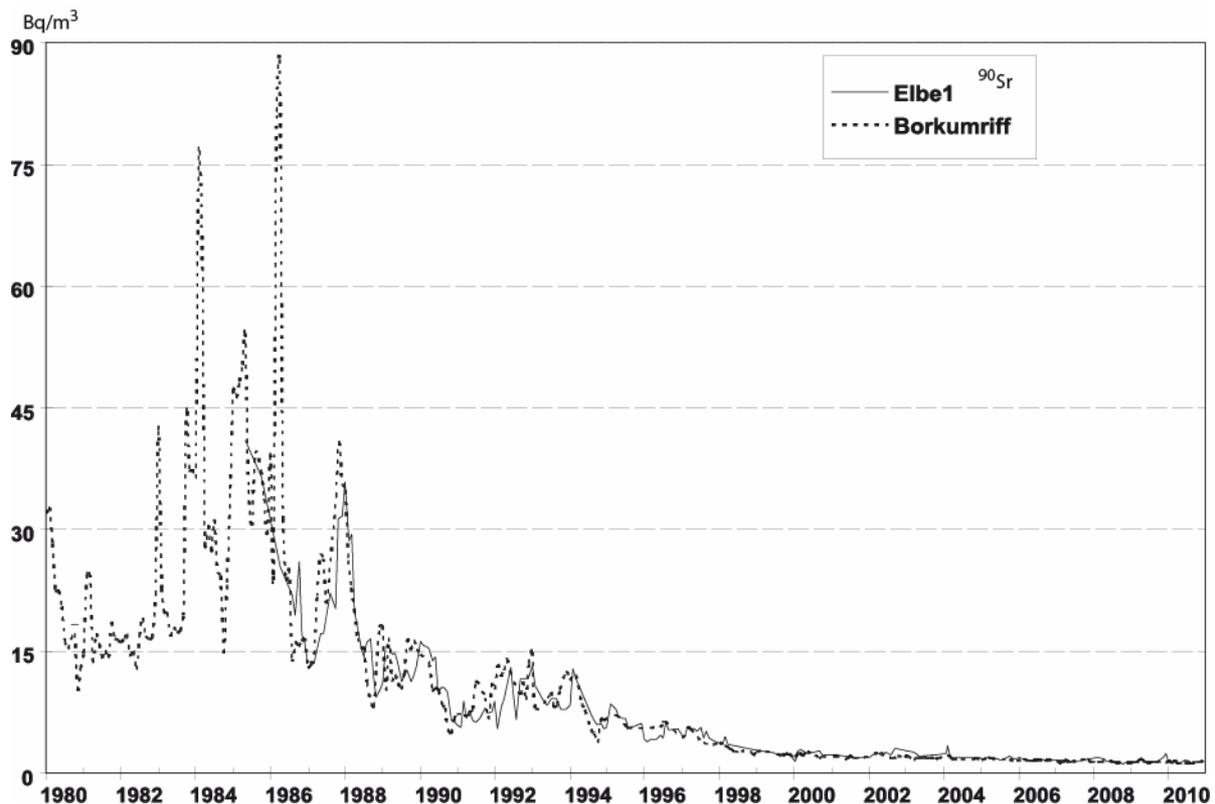


Abbildung 14.2
Zeitlicher Verlauf der ^{90}Sr -Aktivitätskonzentration (Bq/m^3) an den Positionen der ehemaligen Feuerschiffe „Borkumriff“ und „Elbe 1“ in der Deutschen Bucht

war in der deutschen Bucht zwei bis drei Jahre nach dem Unfall nicht mehr zu messen. ^{134}Cs ist im Wasser der Nordsee ebenfalls nicht mehr nachweisbar (NWG ca. $0,2 \text{ Bq}/\text{m}^3$).

Die Aktivitätskonzentration von ^{137}Cs in der Deutschen Bucht liegt zwischen $1,3 \text{ Bq}/\text{m}^3$ an der Elbemündung bis $4,4 \text{ Bq}/\text{m}^3$ in der äußeren Deutschen Bucht. Im Vergleich mit früheren Jahren sind die Konzentrationen von ^{137}Cs sehr niedrig. Eine eindeutige Zuordnung zu einer Quelle ist bei diesen geringen Werten kaum noch möglich. Dagegen ist die Aktivitätskonzentration von $5,9 \text{ Bq}/\text{m}^3$, die am Ausgang des Skagerrak nachzuweisen war, eindeutig dem Ausfluss aus der Ostsee zuzuordnen. Wie die Vergleichsproben aus der Elbe bei Stade ($0,5$ bis $0,8 \text{ Bq}/\text{m}^3$) zeigen, ist der Beitrag aus dem Elbwasserabfluss vernachlässigbar. Die geringe Höhe der Einträge aus der Elbe ist darauf zurückzuführen, dass ^{137}Cs im Vergleich zu ^{90}Sr an den Tonmineralen der Böden stärker adsorbiert wird und deshalb über die Flüsse weniger eingetragen wird als das aus dem Kernwaffenfallout stammende ^{90}Sr .

Die Aktivitätskonzentration von ^{90}Sr an der Wasseroberfläche der Deutschen Bucht beträgt in den Jahren 2008 und 2009 zwischen $1,3$ und $3,2 \text{ Bq}/\text{m}^3$ und

unterscheidet sich nur geringfügig vom Hintergrund aus dem Oberflächenwasser des Atlantiks (ca. $1,2 \text{ Bq}/\text{m}^3$).

Für $(^{239}+^{240})\text{Pu}$ ergeben sich, ähnlich wie in vergangenen Jahren, sehr geringe Aktivitätskonzentrationen im Meerwasser der Nordsee von 3 bis $32 \text{ mBq}/\text{m}^3$. Karten mit den gemessenen Verteilungen der Transurane in der Nordsee finden sich im Jahresbericht 2009 über Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung des BMU [49]. Die gefundenen $^{238}\text{Pu}/(^{239}+^{240})\text{Pu}$ -Aktivitätsverhältnisse zeigen für das Gebiet der gesamten Nordsee vom Englischen Kanal bis auf die Höhe der Shetlandinseln, dass die dominierende Quelle nicht der Kernwaffenfallout ist, sondern die Einleitungen der Wiederaufarbeitungsanlagen. Interessant ist jedoch, dass sich die Nuklid-signatur in der Nordsee in den letzten Jahren verändert hat. Während für viele Jahre ein $^{238}\text{Pu}/(^{239}+^{240})\text{Pu}$ -Aktivitätsverhältnis von $0,15$ bis $0,20$ charakteristisch war, findet man jetzt in der zentralen und nordwestlichen Nordsee Verhältnisse von bis zu $0,8$. Nach Rücksprache mit britischen Kollegen (CE-FAS) wird diese Signatur auf geringfügige Freisetzen im Rahmen von Rückbauarbeiten an der Anlage Dounreay zurückgeführt [50]. Einerseits ist dieses Aktivitätsverhältnis charakteristisch für Einleitun-

gen von Dounreay, andererseits tritt diese Signatur nur im Jahr 2009 auf. Im Jahr 2010 sind die $^{238}\text{Pu}/(^{239+240})\text{Pu}$ -Aktivitätsverhältnisse im betreffenden Seegebiet wieder zu den Vorjahreswerten zurückgekehrt [51].

Meerwasser in der Ostsee

Die Ostsee erfuhr aus dem Unfall von Tschernobyl einen hohen Eintrag von Fallout. Der Schwerpunkt des Eintrages lag in der südlichen Bottenensee, dem Finnischen Meerbusen und – in geringerem Maße – in der Lübecker Bucht. Auf Grund des nur geringen Wasseraustausches mit dem Weltozean dauert es Jahrzehnte, bis Schadstoffe aus der Ostsee entfernt werden. Dies ist seit über 20 Jahren auch mit dem ^{137}Cs aus Tschernobyl zu beobachten. Die Ostsee ist das größte Brackwassermeer der Welt. Insgesamt besteht ein Süßwasserüberschuss, der mit dem salzarmen Oberflächenwasser über die Beltsee in die Nordsee ausgetragen wird. In der salzarmen und dichteren Tiefenschicht findet der Einstrom salzreichen Ozeanwassers statt. Dieses Wechselspiel spiegelt sich auch in den Konzentrationen des Radionuklids ^{137}Cs wider. Im Oberflächenwasser befinden sich die höheren Konzentrationen aus dem Tschernobylfallout, im Tiefenwasser finden wir meist etwas niedrigere Konzentrationen bei höherem Salzgehalt. Besonders deutlich ist dies im Bereich des großen Belts zu sehen. Aktuelle Berechnungen zeigen, dass das Vor-Tschernobyl-Niveau der ^{137}Cs -Aktivitätskonzentration von 15 Bq/m^3 voraussichtlich zwischen 2020 und 2030 wieder erreicht werden wird.

Abbildung 14.3 stellt den zeitlichen Verlauf der Aktivitätskonzentrationen von ^{137}Cs und ^{90}Sr im Oberflächenwasser an der Position Schleimündung in der Ostsee dar. Deutlich zu erkennen sind die höheren Konzentrationen beider Nuklide in den sechziger Jahren und des ^{137}Cs seit dem Tschernobyl-Unfall. Die jahreszeitlichen Schwankungen der ^{137}Cs -Konzentrationen sind durch den jahreszeitlich schwankenden Ein- und Ausstrom des Ostseewassers bestimmt.

Die Aktivitätskonzentration von ^{137}Cs an der Wasseroberfläche in der westlichen Ostsee lag in den Jahren 2008 und 2009 etwa zwischen 24 Bq/m^3 im westlichen und 44 Bq/m^3 im östlichen Teil des überwachten Gebietes. Die Konzentrationen nehmen nach Osten 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 um den Faktor 10 über derjenigen der Deutschen Bucht. Während die Wassersäule der Ostsee

im überwiegenden Teil bis hinunter zum Meeresboden eine große Homogenität der Kontamination zeigt, lässt sich im Bodenwasser der Beltsee der Einstrom des Nordseewassers durch den deutlich geringeren Gehalt von ^{137}Cs nachweisen. Dabei weisen die Proben im Bereich der Mecklenburger Bucht den größten Unterschied in der ^{137}Cs -Aktivitätskonzentration zwischen Oberflächen- und Bodenwasser auf. Die Mittelwerte von ^{137}Cs an sieben ausgewählten Stationen in der westlichen Ostsee von 1996 bis 2009 zeigen neben dem grundsätzlich abnehmenden Trend der Aktivitätskonzentration eine hohe Variabilität der Kontamination in diesem Übergangsbereich zwischen Nord- und Ostsee ([49], Seite 138).

Die Konzentrationen von ^{90}Sr lagen in der westlichen Ostsee im Berichtszeitraum zwischen 6 und 9 Bq/m^3 und damit bis um den Faktor 5 höher als in der Deutschen Bucht. Die Quelle des ^{90}Sr ist nahezu ausschließlich der globale Fallout aus den sechziger Jahren. Die Kombination aus hoher Mobilität des ^{90}Sr mit dem sehr umfangreichen Einzugsgebiet der Ostsee und dem damit verbundenen hohen Süßwasserzufluss führen schon lange zu einem vergleichsweise höheren Gehalt an Radiostrontium.

Sedimente in der Nordsee

Die Sedimente der Nordsee sind zum überwiegenden Teil stark sandig, nur lokal finden sich Schlickablagerungen, die nennenswerte Konzentrationen von Radionukliden beeinhalteten. Im BMU-Jahresbericht sind in die Profile der $^{238}\text{Pu}/(^{239+240})\text{Pu}$ -Aktivitätsverhältnisse in zwei Sedimentkernen aus der Deutschen Bucht wiedergegeben ([49], Seite 140). Der unregelmäßige Verlauf deutet auf starke Umlagerungen des Sedimentes durch Sturmereignisse hin. Während sich auf der Station KS 11 südöstlich Helgoland das Pu-Verhältnis als nahezu reines Falloutverhältnis ($0,04 - 0,08$) zeigt, findet sich auf der Station WB5 in der mittleren Deutschen Bucht die klassische Sellafeldsignatur mit einem Verhältnis von $0,15$ bis $0,20$. Nur an der Oberfläche zeigt sich die Veränderung des Pu-Verhältnisses, wie es sich auch im Wasser der zentralen und nordwestlichen Nordsee manifestiert.

Sedimente in der Ostsee

Das ^{137}Cs 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 . Das Inventar an ^{137}Cs betrug in den Jahren 2008/2009 zwischen 1 und 6 kBq/m^2 , wobei die höchsten Werten in den wasseraustauscharmen

Buchten zu finden sind. Die Inventare hängen stark von der Körnigkeit der Sedimente und nicht direkt von den umgebenden Wasserkonzentrationen ab.

Dabei sind die in diesem Teil der Ostsee gefundenen Inventare wesentlich geringer als z. B. im Finnischen oder Bottnischen Meerbusen (>100 kBq/m²).

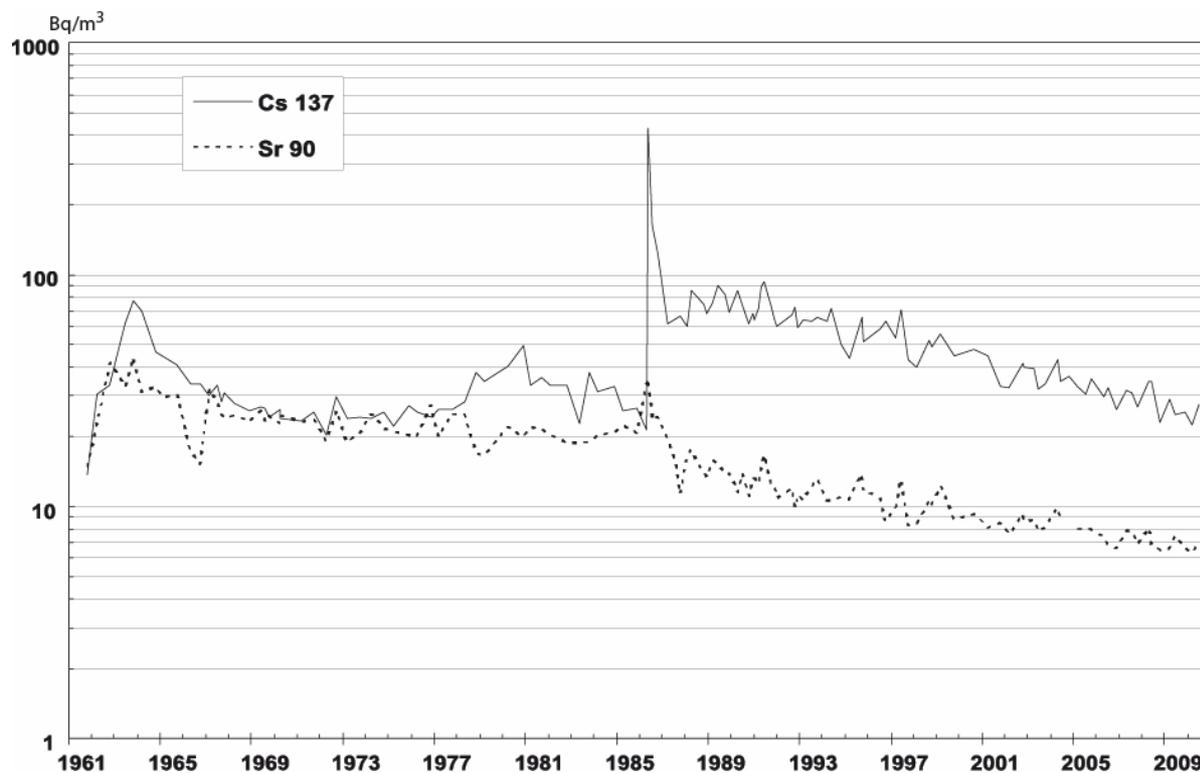


Abbildung 14.3

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