Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland

Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz

Stand 2021

Daten und Bewertung

bfg Bundesanstalt für Gewässerkunde

PTB Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig und Berlin

MRI Max Rubner-Institut

Bundesamt für Strahlenschutz

THÜNEN

BSH Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

DWD

Impressum

Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)
Postfach 12 06 29
53048 Bonn

Redaktion: Bundesamt für Strahlenschutz
Postfach 10 01 49
38201 Salzgitter

Josef Peter
Angelika Löbke-Reinl
Claudia Bernhard-Ströl
Angela Trugenberger-Schnabel

Stand: 2021

ISSN 1864-2810

10 RADIOAKTIVE STOFFE IN FISCHEN

M.-O. Aust, P. Nogueira

Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Fischereiökologie
Leitstelle für Fisch und Fischereierzeugnisse, Krustentiere, Schalentiere, Meereswasserpflanzen (Leitstelle G)

Fische und Fischereiprodukte sowie Krusten- und Schalentiere aus deutschen Binnengewässern werden durch die amtlichen Messstellen der Bundesländer auf radioaktive Stoffe untersucht und die Messwerte in das Integrierte Mess- und Informationssystem des Bundes (IMIS) übertragen. Das Thünen-Institut für Fischereiökologie als zuständige Leitstelle des Bundes nimmt sowohl die Plausibilisierung als auch die Zusammenführung und Bewertung dieser Messwerte vor. Zusätzlich ist das Thünen-Institut für Fischereiökologie mit der Überwachung der Radionuklidkonzentrationen in Organismen auf der hohen See betraut. Die Probenentnahme in Nord- und Ostsee erfolgt im Rahmen zweier jährlich stattfindender Fischereiforschungsausfahrten an Bord von FFS Walther Herwig III. Zusätzliche Proben, zum Teil auch aus anderen Meeresgebieten wie der Grönlandsee, werden u. a. von den Thünen-Instituten für Seefischerei und Ostseefischerei bereitgestellt.

Binnenseen

Die mittlere spezifische Aktivität von ^{137}Cs in Fischen aus Binnenseen ist seit 1986, als die Messwerte in Süddeutschland (Baden-Württemberg und Bayern) 200 Bq/kg Feuchtmasse (FM) überstiegen, im Jahr 2019 auf weniger als 0,5 Bq/kg FM zurückgegangen (siehe Abbildung 10.1a). Im selben Zeitraum verringerte sich die mittlere spezifische Aktivität von ^{137}Cs in Binnenseen Norddeutschlands (Schleswig-Holstein, Hamburg, Niedersachsen, Bremen, ab 1991 auch Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern) von 90 Bq/kg FM auf unter 1,0 Bq/kg FM. Das Maximum im Jahr 1986 und die hohen Messwerte der nachfolgenden Jahre sind auf den Eintrag aus dem Reaktorunfall in Tschernobyl zurückzuführen. Süddeutschland war damals wesentlich stärker betroffen als die norddeutschen Bundesländer. Durch das physikalische Abklingen des Cäsiums mit seiner Halbwertszeit von 30,2 Jahren und die Verdünnung in einigen der Seen verringerte sich die spezifische Aktivität auch in Fischen deutlich. Dieses Abklingen fand in zwei Phasen statt [17]. Die erste Phase war geprägt durch eine effektive Halbwertszeit von 0,7 Jahren, die zweite von 7 Jahren.

Fließgewässer

Die mittleren spezifischen Aktivitäten von ^{137}Cs in Fischen aus Fließgewässern Nord- und Süddeutschlands sind seit den 1980er Jahren von maximal 30 Bq/kg FM, bedingt durch das Ereignis in Tschernobyl, auf Werte stabil unter 0,2 Bq/kg FM (inklusive Mitteldeutschland; siehe Abbildung 10.1c) zurückgegangen. Damit sind die ermittelten spezifischen Aktivitäten von ^{137}Cs in Fischen aus Fließgewässern etwa um eine Größenordnung niedriger als jene aus Binnenseen Nord- und Süddeutschlands.

Fischteiche

In Fischen aus Teichhaltung in Nord- und Süddeutschland wurden in den 1980er Jahren mittlere spezifische ^{137}Cs-Aktivitäten von maximal 22 Bq/kg FM ermittelt, während die heutigen mittleren Messwerte maximal 0,3 Bq/kg FM betragen (inklusive Mitteldeutschland; siehe Abbildung 10.1b). Der zeitliche Verlauf der mittleren spezifischen ^{137}Cs-Aktivität in Fischen aus Teichhaltung (Fischwirtschaften, Angelteiche, Baggerseen) verhält sich damit qualitativ ähnlich der Entwicklung in Fließgewässern (siehe Abbildung 10.1c). Bis 1989 waren die in Fischteichen gefundenen Mittelwerte etwa um die Hälfte niedriger als in Fließgewässern. Seit 1990 ist praktisch kein Unterschied mehr nachweisbar.

Karpfen und Forellen

Eine Einzelbetrachtung der beiden wirtschaftlich bedeutendsten in Aquakultur erzeugten Fischarten Karpfen und Forelle ist in Abbildung 10.1d dargestellt. Die mittleren spezifischen Aktivitäten von ^{137}Cs nahmen seit ihrem Maximum von etwa 16 Bq/kg bzw. 7 Bq/kg in den Jahren 1986 und 1987 kontinuierlich ab und liegen seit dem Jahr 2012 unterhalb 0,2 Bq/kg. Die Werte betrugen im Jahr 2019 im Mittel 0,12 Bq/kg (Forellen) bzw. 0,15 Bq/kg (Karpfen). Da jeweils Forellen und Karpfen aus verschiedenen Binnengewässern gemeinsam ausgewertet wurden, zeigen sich in der Zeitreihe der Karpfen gelegentlich höhere Messwerte, wenn die Fische vermehrt aus Binnenseen entnommen wurden.

Nord- und Ostsee

Die mittlere spezifische Aktivität von ^{137}Cs in Fischen aus der Nordsee ist im Zeitraum 1987 bis

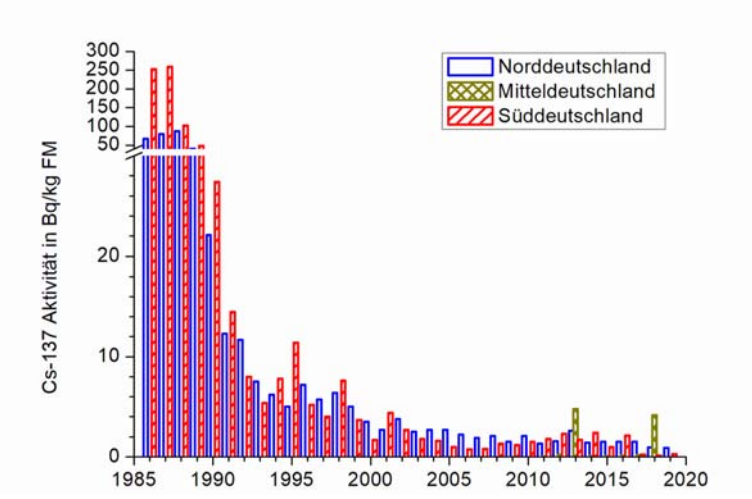

Abbildung 10.1a
Jahresmittelwerte der ^{137}Cs-Aktivität in Fischen aus Binnenseen in Bq/kg FM

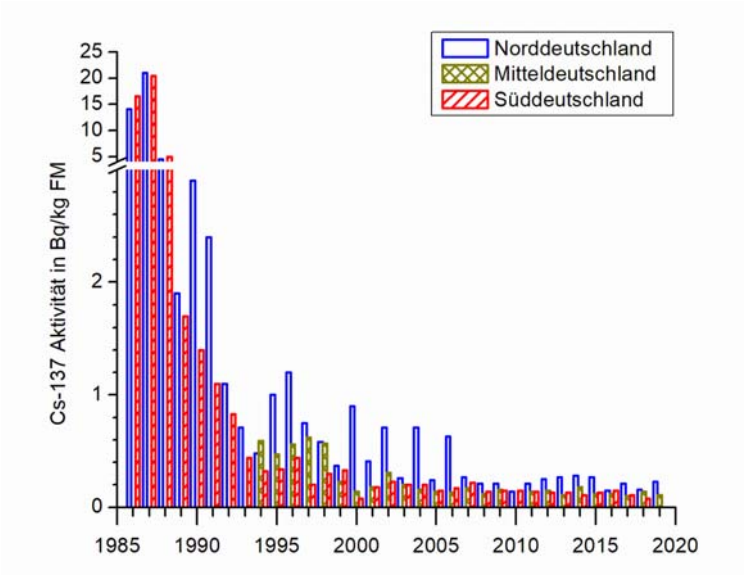

Abbildung 10.1b
Jahresmittelwerte der ^{137}Cs-Aktivität in Fischen aus Fischteichen in Bq/kg FM

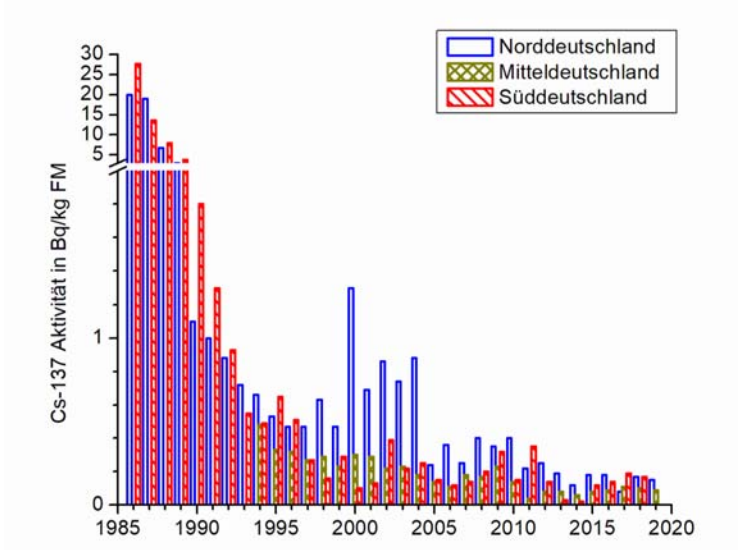

Abbildung 10.1c
Jahresmittelwerte der ^{137}Cs-Aktivität in Fischen aus Fließgewässern in Bq/kg FM

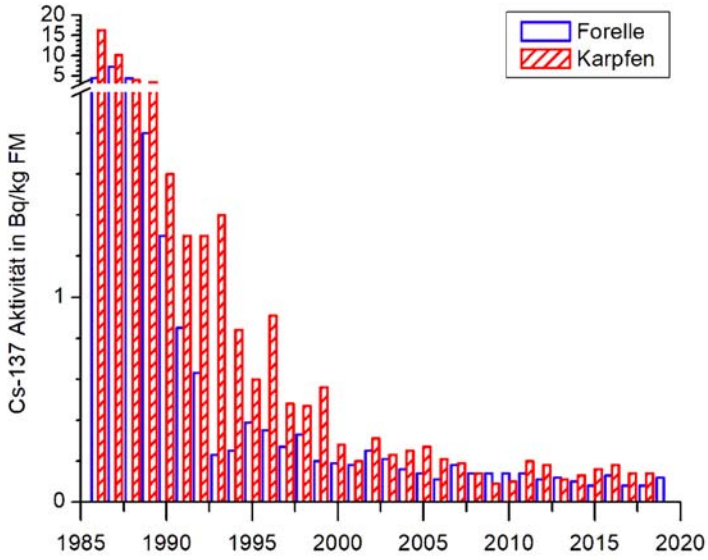

Abbildung 10.1d
Jahresmittelwerte der ^{137}Cs-Aktivität in Karpfen und Forellen in Bq/kg FM

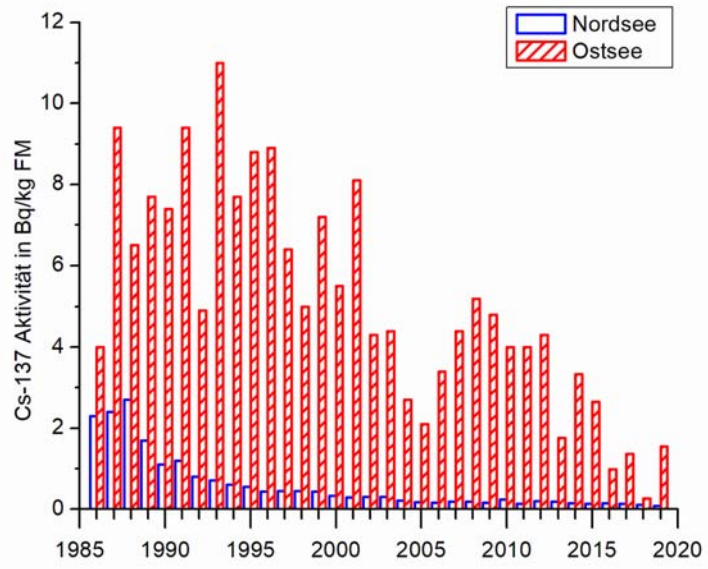

Abbildung 10.1e
Jahresmittelwerte der ^{137}Cs-Aktivität in Fischen aus Nord- und Ostsee in Bq/kg FM

Quelle: Johann Heinrich von Thünen-Institut

2019 von knapp 3 Bq/kg FM auf Werte um 0,1 Bq/kg FM zurückgegangen (siehe Abbildung 10.1e), wobei der Maximalwert im Jahr 1987 wiederum dem Reaktorunfall von Tschernobyl geschuldet ist. Allerdings wurde in Fischen der Nordsee bereits vor dem Reaktorunfall von Tschernobyl eine spezifische ^{137}Cs-Aktivität von etwa 2 Bq/kg gemessen, weil ein Teil der Ableitungen der europäischen Wiederaufarbeitungsanlagen durch die Nordsee transportiert wird [19]; insgesamt ist der Einfluss des Fallouts aus dem Reaktorunfall von Tschernobyl wegen des raschen Abtransports der Radionuklide mit dem Wasser der Nordsee gering. Von 1988 bis Mitte der 1990er Jahre wurde in der Nordsee eine Aktivitätsabnahme verzeichnet, während die Messwerte der spezifischen ^{137}Cs-Aktivität in Fischen anschließend nahezu stagnierten. Die Abnahme über den gesamten Zeitraum ist im Wesentlichen mit der kontinuierlichen Verringerung der Ableitungen aus der englischen Wiederaufarbeitungsanlage Sellafield verbunden [18]. Seit der zweiten Hälfte der 1990er Jahre stagniert die spezifische ^{137}Cs-Aktivität, weil seitdem das ^{137}Cs, das vorher an das Sediment der Irischen See angelagert wurde, auf Grund der reduzierten Ableitungen wieder freigesetzt wird [25]. Dieses remobilisierte ^{137}Cs gelangt zusammen mit den Resten des sogenannten „globalen Fallouts“ (siehe auch Kapitel „Radioaktive Stoffe in Nord- und Ostsee“) mit den Meeresströmungen in die Nordsee und damit, angereichert um einen Faktor von etwa 100, in den dort lebenden Fisch.

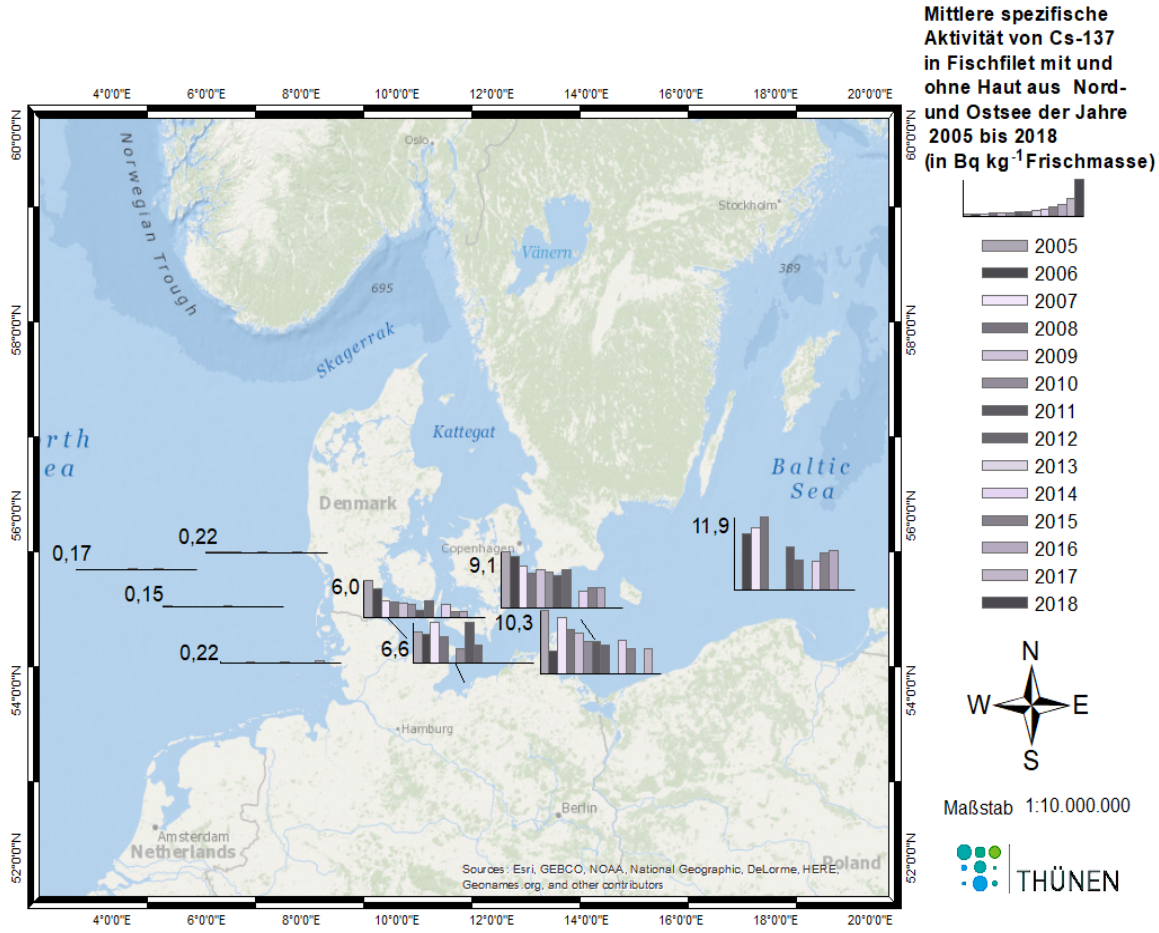

Abbildung 10.2
Mittlere spezifische Aktivität von ^{137}Cs der Jahre 2005 bis 2018, ermittelt in Fischfilet mit und ohne Haut in verschiedenen Untersuchungsgebieten von Nord- und Ostsee. Die Zahlen an den Achsen geben den Maximalwert des Beobachtungszeitraumes an.

Die ermittelte mittlere spezifische Aktivität von ^{137}Cs in Fischen der Ostsee ist mit bis zu 11 Bq/kg deutlich höher als jene der Nordsee (siehe Abbildung 10.1e). Grund dafür sind etwa 4700 TBq ^{137}Cs -Fallout aus dem Reaktorunfall von Tschernobyl [23]. Damit war und ist die Ostsee deutlich stärker von dem Reaktorunfall in Tschernobyl betroffen als die Nordsee. Im Vergleich zum Maximalwert hat sich die spezifische ^{137}Cs-Aktivität in der Ostsee bis zum Jahr 2019 mehr als halbiert. Der deutlich langsamere Anstieg, die starken Schwankungen wie auch die deutlich langsamere Abnahme haben verschiedene Ursachen. Zuallererst wurde der Fallout sehr ungleichmäßig über die Ostsee verteilt. Die Bottnische See und der Golf von Finnland waren damals am stärksten betroffen. Eine Konzentrationsabnahme durch Verdünnung geht aber nur sehr langsam vonstatten, weil die Wasserbewegung innerhalb der Ostsee wie auch der Austausch des Wassers mit der Nordsee wesentlich geringer sind als vergleichbare Prozesse in der Nordsee. Im Rahmen des Untersuchungsprogrammes des Thünen-Instituts für Fischereiökologie wurden in den östlich gelegenen Untersuchungsgebieten der Ostsee innerhalb der Deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone maximale spezifische ^{137}Cs-Aktivitäten knapp über 29 Bq/kg FM im Jahr 1991 im Fischfilet gefunden; im Jahr 2017 waren es nur noch maximal 6 Bq/kg FM. Im Gegensatz dazu wurden in der Kieler Bucht seit 1986 Maximalwerte bis 9 Bq/kg FM ermittelt, während diese aktuell etwa 2 Bq/kg FM betragen. Damit liegen die aktuellen Messwerte von Fischen aus der Kieler Bucht im Bereich der vor dem Reaktorunfall in Tschernobyl gemessenen Werte [20]. Abbildung 10.2 zeigt die jährlichen Mittelwerte der in Filets von Dorsch/Kabeljau, Wittling, Scholle, Flunder und Makrele ermittelten spezifischen Aktivitäten der Jahre 2005 bis 2018. Sie geben sowohl die unterschiedlichen Niveaus der spezifischen Aktivität von ^{137}Cs in Nord- und Ostsee als auch die Verteilung der Cs-Werte innerhalb der Ostsee wieder.

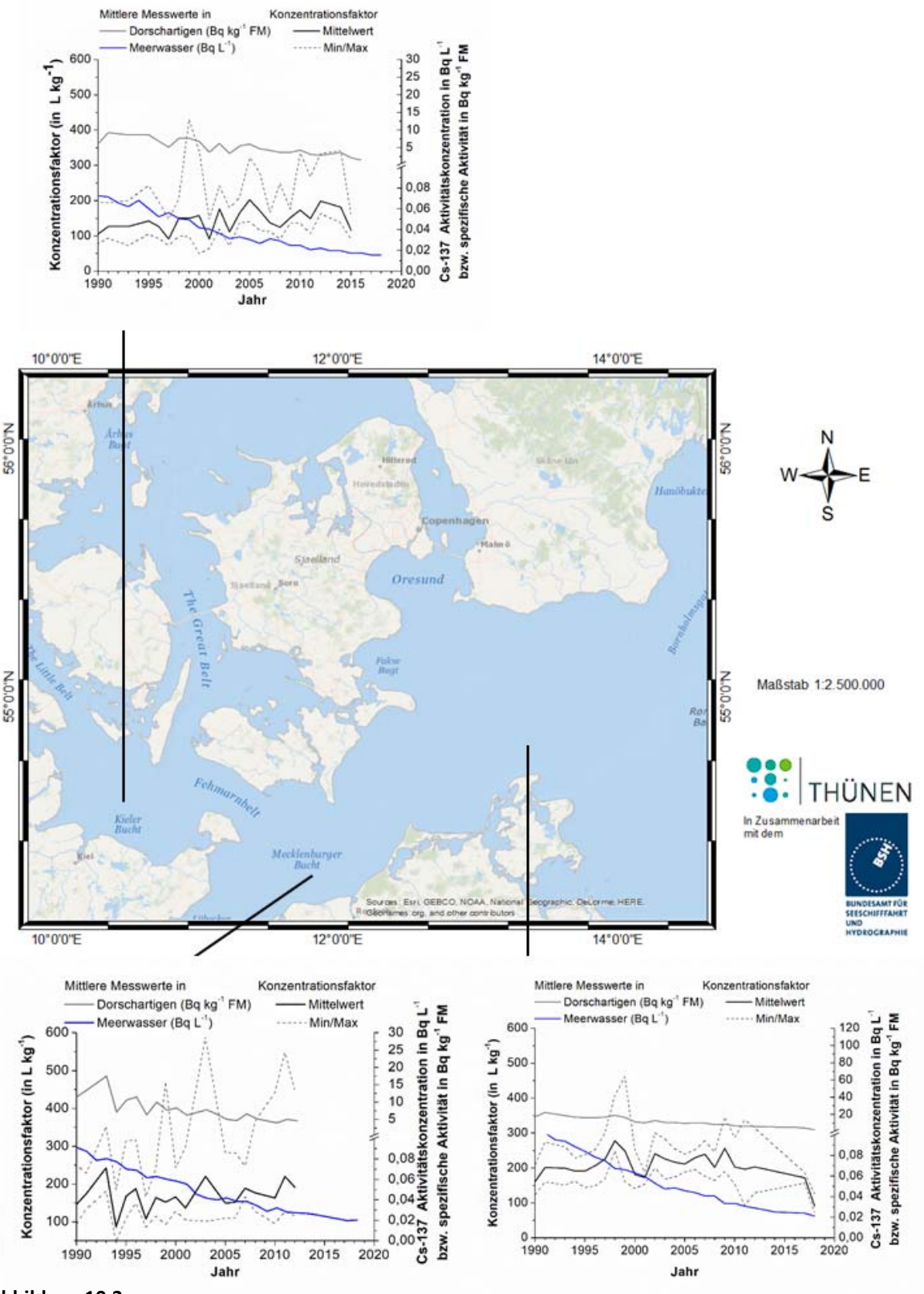

Abbildung 10.3
Mittlere Aktivitätskonzentrationen von ^{137}Cs in Wasser (in Bq/l; Daten des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie; siehe dazu BMU-Jahresbericht 2019 [52] , Teil B, Kapitel 2.2.1) und der spezifischen ^{137}Cs-Aktivität in Dorschfilet mit und ohne Haut (in Bq/kg FM; eigene Messdaten) in drei Untersuchungsgebieten der Ostsee der Jahre 1990 bis 2019 (sowie daraus berechnete Konzentrationsfaktoren der Aufnahme in das Dorschfilet (in Bq/l / Bq/kg)

Konzentrationsfaktoren von ^{137}Cs in Dorschartigen aus der Ostsee

Über den Konzentrationsfaktor kann die Aufnahme radioaktiver Stoffe in den Fisch über die Menge radioaktiver Ableitungen abgeschätzt werden. Daher ist er ein wichtiger Parameter für Ausbreitungsrechnungen und die Dosisabschätzung im Falle von Ereignissen mit möglichen nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen. Liegt ein Gleichgewicht (stationärer Fall) zwischen der Aktivitätskonzentration im Wasser und der spezifischen Aktivität in Fisch vor, darf der Konzentrationsfaktor aus dem Verhältnis der spezifischen ^{137}Cs-Aktivität in Fisch (Bq/kg) zur ^{137}Cs-Aktivitätskonzentration in Meerwasser berechnet werden. Dieser stationäre Fall ist in der Ostsee seit Anfang der 1990er Jahre gegeben. Abbildung 10.3 zeigt die Verläufe der mittleren Aktivitätskonzentration in Wasser und der mittleren spezifischen Aktivität in Fisch sowie die daraus berechneten Konzentrationsfaktoren in drei Gebieten der Ostsee (Kieler Bucht, Mecklenburger Bucht und Rügen/Arkonasee) im Zeitraum 1990 bis 2018. Die mittleren Konzentrationsfaktoren in Dorschartigen (Kabeljau und Wittling) betrugen zwischen etwa 90 und 300. Diese Schwankungsbreite ist geringer als jene, die Steele [24] zwischen 1978 und 1985 in Dorschfilet der Nordsee ermitteln konnte (8 bis 1100). Die mittleren Konzentrationsfaktoren im Zeitraum 1990 bis 2018 betragen für die Kieler Bucht 140, für die Mecklenburger Bucht 142 sowie 205 in der Arkonasee (Abbildung 10.3). Die in der Ostsee ermittelten mittleren Anreicherungsfaktoren sind damit höher als der Wert 100, den die IAEA als mittleren Anreicherungsfaktor für Fisch empfiehlt [21]. Dagegen sind die hier angegebenen Konzentrationsfaktoren in derselben Größenordnung wie sie Steele [24] in Dorschfilet aus der Nordsee ermittelte. Ähnlich den spezifischen Aktivitäten in Fisch der Ostsee stiegen auch die mittleren Konzentrationsfaktoren von West nach Ost an (Vergleich Abbildung 10.2 und 10.3). Das liegt hauptsächlich an der von West nach Ost abnehmenden Salinität der Ostsee und der damit einhergehenden Verringerung des Kalium-Angebotes. Ereignisse wie Tschernobyl sind aus den Verläufen nur schlecht erkennbar, weil sich i.d.R. innerhalb des Beobachtungszeitraumes sowohl die Aktivitätskonzentration im Wasser aber auch die spezifischen Aktivitäten in Fisch in ähnlicher Weise ändern. Ob Wanderungen der Fische, Beprobung unterschiedlicher Fischbestände (wie in der Arkonasee Vermischung des östlichen und westlichen Dorschbestandes der Ostsee) oder Süßwassereinbrüche für die kurzfristigen Schwankungen der ermittelten Konzentrationsfaktoren verantwortlich sind, wird zukünftig weiter zu evaluieren sein.

Fazit

Die Ergebnisse machen deutlich, dass der Fallout aus der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl die dominierende Quelle der Kontamination von Fischen der Ostsee und der Deutschen Binnengewässer mit Radionukliden war und ist. Die mittleren ^{137}Cs-Werte in Fischen aus der Ostsee sind auch 2018 weiterhin höher als in Fischen aus Binnenseen. Die effektive Halbwertszeit für die Abnahme in Wasser und Fisch ist mit 9 bis 11 Jahren in der Ostsee [20] etwas größer als diejenige in Binnengewässern mit etwa 7 Jahren [17]. Dass auch die Abnahme in Binnengewässern relativ langsam erfolgt liegt daran, dass bis heute kontinuierlich ^{137}Cs aus den Böden der Wassereinzugsgebiete in die Gewässer eingetragen wird. Dabei war der Einfluss des Fallouts aus der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl in den Binnengewässern zunächst höher, wobei hier die größten Auswirkungen auf Fische aus Binnenseen beobachtet wurden. Bis 2019 wurde in den Binnenseen allerdings ein deutlicher Rückgang der mittleren spezifischen Aktivität von ^{137}Cs auf unter 0,5 Bq/kg FM festgestellt. Im Vergleich dazu war die Kontamination von Fischen aus Teichen und Fließgewässern nur etwa halb so groß. Die spezifischen ^{137}Cs-Aktivitäten in Fischen aus Fließgewässern und Teichen nahmen von den 1990er Jahren bis etwa zum Jahr 2005 nur noch langsam ab und schwanken seitdem geringfügig auf dem erreichten niedrigen Niveau.

Ein wichtiger Parameter zur Einschätzung der aktuellen Kontaminationssituation ist zudem die Strahlenexposition der Bevölkerung, beispielsweise durch den Verzehr von Fisch und Produkten des Meeres. Diese wurde im Jahr 2010 für einen überdurchschnittlich hohen Verzehr von jährlich 90 kg Meeresfisch aus der Ostsee (im Mittel 8 Bq/kg FM für ^{137}Cs) mit einem Wert von etwa 10 µSv im Jahr angegeben [20]. Dieses entspricht weniger als 0,04% der mittleren natürlichen Strahlenexposition der Bevölkerung. Unter Verwendung der oben angegebenen Mittelwerte der Aktivitätskonzentration von ^{137}Cs sind durch Verzehr von Fischen aus Binnengewässern noch niedrigere Strahlenexpositionen zu erwarten. Für den Verzehr von Fisch, Krusten- und Weichtieren aus der zentralen Nordsee wurde für 2012 mit Hilfe eines Kompartimentmodells [22] eine Strahlenexposition der Bevölkerung von etwa 0,05 µSv im Jahr abgeschätzt, was etwa 0,0022% der mittleren natürlichen Strahlenexposition entspricht. Dabei wurde ein Fischverzehr von 5,6 kg im Jahr und ein mittlerer Konsum von Krusten- und Weichtieren von je 0,55 kg im Jahr zugrunde gelegt, was den mittleren Verzehrsraten der vergangenen Jahre entspricht.