

Thünen à la carte

*Umweltkontamination:  
Quecksilber in Fischen*

Ulrike Kammann,  
Marc-Oliver Aust,  
Pedro Nogueira,  
Klaus Wysujack  
Januar 2023



# Umweltkontamination: Quecksilber in Fischen

Ulrike Kammann, Marc-Oliver Aust, Pedro Nogueira, Klaus Wysujack

Quecksilber gehört zu den giftigsten Elementen auf unserem Planeten und ist weltweit verbreitet. Die Gehalte von Quecksilber in Fischen aus deutschen Meeresgebieten werden im Rahmen des Umwelt-Monitorings des Thünen-Instituts für Fischereiökologie regelmäßig überwacht, u. a. um regionale und zeitliche Unterschiede in der Kontamination zu erfassen. Die Ergebnisse fließen in nationale und europäische Umweltbewertungen ein.

## HINTERGRUND

Wieviel Quecksilber (Hg) ist in Meeresfisch aus Nord- und Ostsee enthalten? Quecksilber ist ein besonderes Metall: es ist nicht nur besonders giftig, sondern wird im Gegensatz zu vielen anderen Schadstoffen vorwiegend über die Luft verbreitet und erreicht das Meer mit dem Regen (atmosphärische Deposition). Im Meer angekommen kann Hg etwa über Mikroorganismen in Methyl-Hg umgewandelt werden – eine Substanz, die sich in der Umwelt nicht wie ein Metall, sondern wie ein organischer Schadstoff verhält und sich im Fettgewebe von Meeresfischen anreichert. Die überwiegende Menge des Hg in Meeresfischen liegt daher als Methyl-Hg vor (Lang et al., 2017) und zeigt eine starke Tendenz zur Bioakkumulation. Das heißt, dass ältere Tiere derselben Art und Herkunft regelmäßig höher mit Quecksilber belastet sind als jüngere.

Im Thünen-Institut für Fischereiökologie untersuchen wir Fische aus der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) Deutschlands (bis zu 200 Seemeilen von der Küste entfernt; rote Linie in Abb. 2) immer aus den gleichen Meeresregionen, deren Lage sich an der natürlichen Verbreitung der jeweiligen Fischart orientiert. Diese Aufgabe erfüllt das Thünen-Institut im Rahmen seiner hoheitlichen Verpflichtungen für die Europäische Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL, 2008) in Zusammenarbeit mit dem Internationalen Rat für Meeresforschung (ICES), der Oslo-Paris-Konvention zum Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks (OSPAR) sowie der Helsinki-Konvention zum Schutz der Meeresumwelt der Ostsee (HELCOM).

## MATERIAL UND METHODEN

Die Fische werden auf unseren regelmäßigen Forschungsfahrten mit der Walther Herwig III in der AWZ von Nord- und Ostsee in den Monaten August und September gefangen. Jeweils 15 Fische definierter Größe pro Station und Jahr werden im Labor unter Reinraumbedingungen seziiert, um Kontaminationen aus der Luft zu vermeiden. Ein kleiner Teil des Muskelgewebes wird danach gefriergetrocknet und zu einem feinen Pulver verrieben. Wenige Milligramm des trockenen Fischmuskelpulvers werden zur Messung in einem »Direct Mercury Analyzer« (DMA 80 evo, Abb. 1) eingesetzt.



Abbildung 1: Analytisches Messgerät für Quecksilber: Direct Mercury Analyzer (DMA 80 evo).

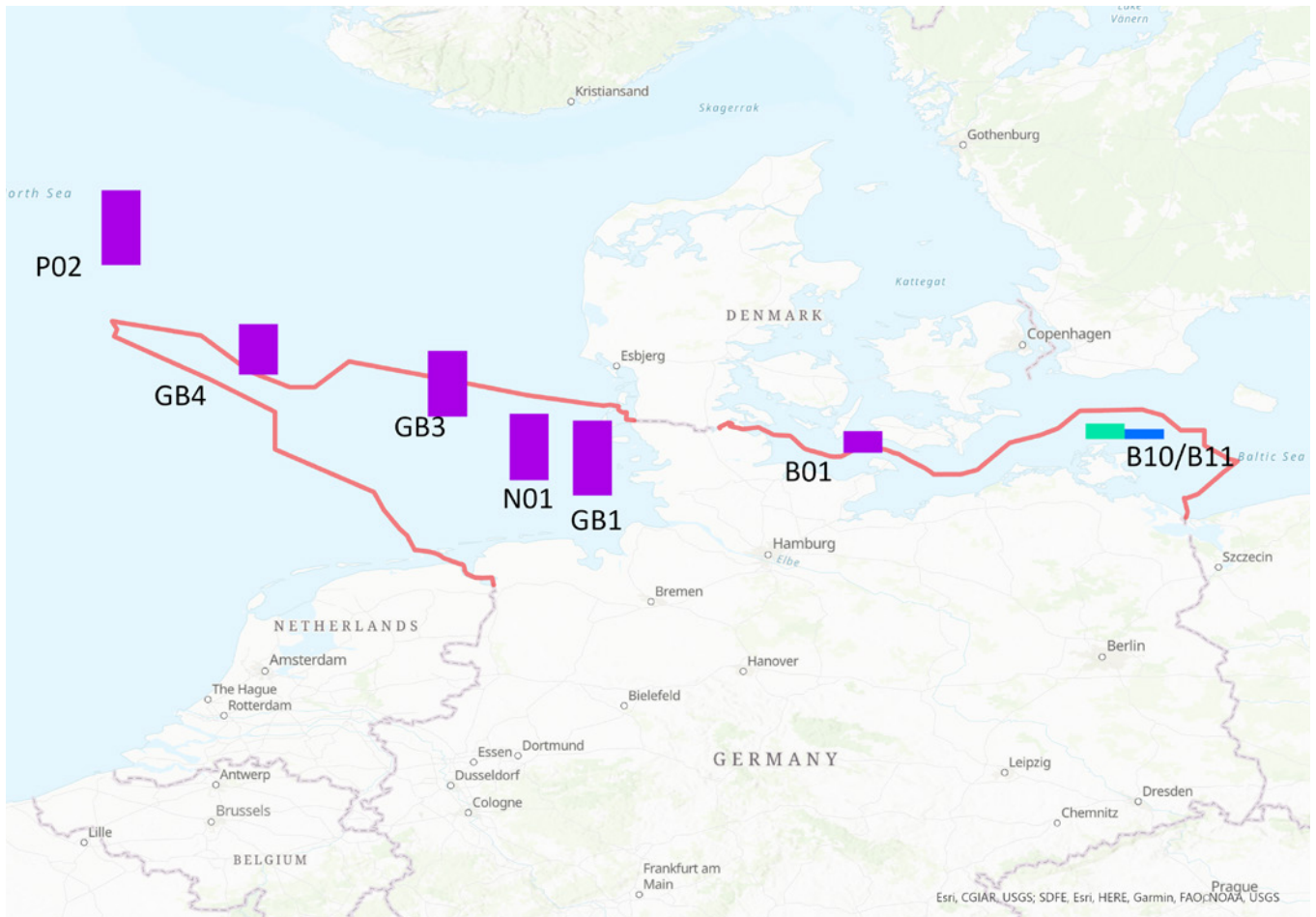


Abbildung 2: Übersicht über die regionalen Unterschiede in der Quecksilberbelastung [ $\mu\text{g Hg/kg}$  Feuchtgewicht] von drei Fischarten Kliesche (violett), Dorsch (grün) und Hering (blau).

### QUALITÄTSSICHERUNG UND DATENABGABE

Im spurenanalytischen Labor sind wir täglich mit der Qualitätssicherung unserer Messdaten befasst. Für die Untersuchung von Hg werden kommerziell erhältliche Proben mit zertifiziertem Gehalt (Referenzmaterial) im Labor mitgeführt und damit etwa die analytische Nachweisgrenze von  $0,067 \mu\text{g Hg/kg}$  Feuchtgewicht überprüft. Das Thünen-Institut für Fischereiökologie nimmt auch regelmäßig an internationalen Laborvergleichsuntersuchungen teil. Hier werden Proben mit unbekanntem Gehalt verwendet, um die Leistungsfähigkeit jedes teilnehmenden Labors zu bewerten. Wir geben ausschließlich Daten mit einwandfreier Qualitätssicherung weiter. Die Abgabe der Daten erfolgt jährlich an die deutsche Meeresumweltdatenbank (MUDAB) und wird von dort an die Umweltdatenbank des ICES (DOME) weitergeleitet. So gehen die Daten in regelmäßige, nationale und internationale Umweltbewertungen nach MSRL ein (BMU, 2018a; 2018b).

### BASISDATEN

Unter Basisdaten verstehen wir die typische Kontamination einer Fischart eines Seegebietes in einem Zeitraum z. B. mit Quecksilber. Sie dienen als Basis für die Bewertung des Zustands der Meeresumwelt, z. B. nach EU-MSRL. Das betrachtete Seegebiet ist

die AWZ in Nord- und Ostsee. Der gewählte Zeitraum von 2010 bis 2020 ist lang genug, um mit hohen Probenzahlen repräsentative Mittelwerte zu berechnen. In Tabelle 1 sind die Basisdaten zur Hg-Kontamination unterschiedlicher Fischarten zusammengefasst: Die höchsten Werte finden wir im Mittel in Klieschen aus der AWZ in der Nordsee. Klieschen, Dorsche und Heringe aus der Ostsee sind alle geringer belastet.

Die Mittelwerte basieren auf Einzelmessungen im Muskel von 121 Dorschen, 139 Heringen und 151 Klieschen aus der Ostsee sowie von 577 Klieschen aus der Nordsee, die zwischen 2010 und 2020 in der AWZ gefangen wurden.

Tabelle 1: Quecksilberbelastung im Muskel [ $\mu\text{g Hg/kg}$  Feuchtgewicht] von Meeresfischen aus der deutschen AWZ in Nord- und Ostsee; Mittelwerte aus den Jahren 2010-2020.

AWZ	Fischart	Hg [ $\mu\text{g/kg FG}$ ]
Nordsee	Kliesche	127,8
Ostsee	Kliesche	43,3
Ostsee	Hering	20,3
Ostsee	Dorsch	31,5

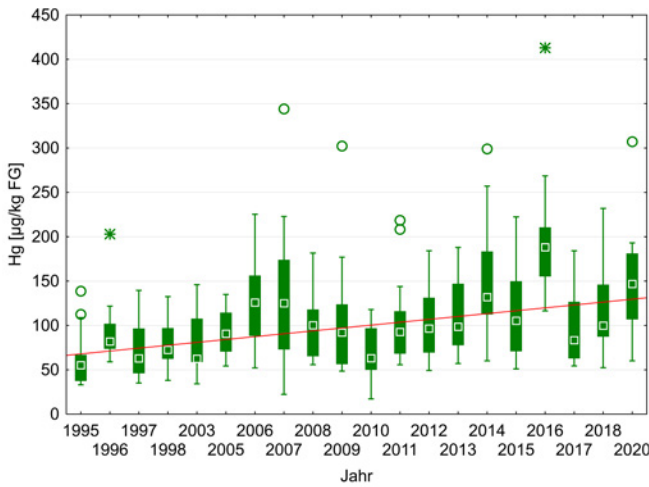


Abbildung 3: Zeitlicher Trend der Quecksilberbelastung [µg Hg/kg Feuchtwicht] in Klieschen an der Station N01 in der Nordsee über 25 Jahre.

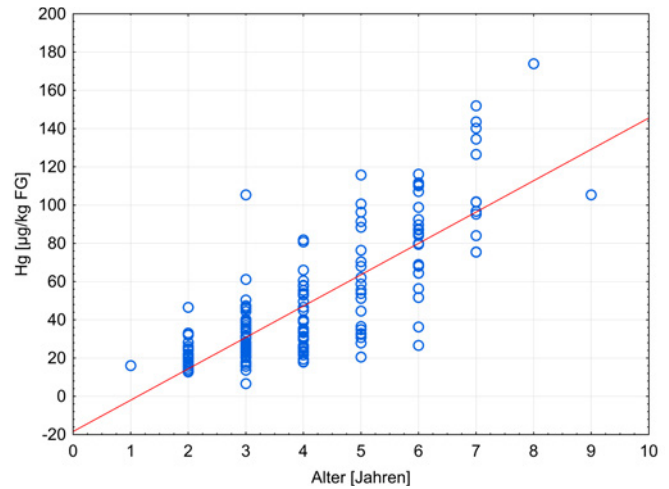


Abbildung 4: Bioakkumulation: Änderung des Quecksilbergehalts [µg Hg/kg Feuchtwicht] von Klieschen mit dem Alter in der »Kolberger Heide« und Umgebung in der südwestlichen Ostsee.

## BEWERTUNG DER BASISDATEN

Sind die gemessenen Gehalte an Quecksilber in Meeresfischen bedenklich? Die MSRL betrachtet die Hg-Kontamination in Meeresfischen unter zwei Aspekten: Einerseits ist der Fisch ein Indikator für den Zustand des Ökosystems und soll nicht unter Auswirkungen der Umweltbelastung leiden (MSRL D8), andererseits sollen Fische als Lebensmittel für Verbraucher sicher zu verzehren sein (MSRL D9).

Die Bewertung unserer Basisdaten als Umweltbelastung (D8) wird in Anlehnung an die aktuellen nationalen Zustandsberichte für Nordsee und Ostsee (BMU, 2018a; 2018b) unter der Verwendung der Umweltqualitätsnorm von 20 µg/kg Feuchtwicht für Biota durchgeführt. Die mittleren Belastungen in Klieschen und Dorschen (Tabelle 1) überschreiten diesen Grenzwert. Der Hering in der Ostsee liegt im Mittel genau auf der Höhe des Grenzwertes. Nach Maßgaben der MSRL für D8 ist damit der gute Umweltzustand für Klieschen und Dorsche in der AWZ von Nordsee und Ostsee noch nicht erreicht.

Betrachtet man die Meeresfische als Lebensmittel (D9), so ist ihre Hg-Belastung als unbedenklich einzustufen, da sie im Mittel deutlich unterhalb des EU-Grenzwertes von 500 µg Hg/kg Feuchtwicht für Fisch als Lebensmittel liegt (EC, 2016). Kein einziger der zwischen 2010 und 2020 gefangenen Fische hat diesen Grenzwert überschritten. Diese Fische aus der deutschen AWZ können also bedenkenlos verzehrt werden.

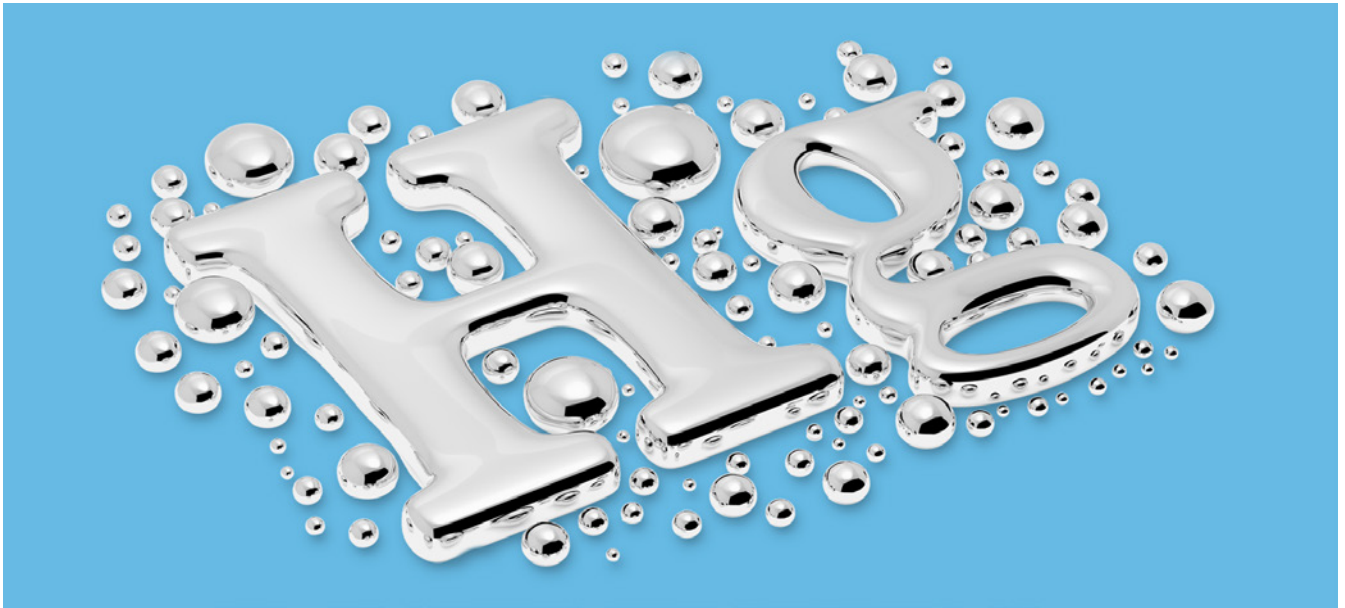
## REGIONALE UNTERSCHIEDE IN DEN BASISDATEN

Gibt es auch regionale Unterschiede in der Hg-Belastung von Meeresfischen innerhalb der AWZ? Aufgeschlüsselt nach Stationen

in der Nordsee-AWZ finden sich die höchsten Werte tendenziell in der inneren Deutschen Bucht auf der küstennahen Station GB1 (Abb. 2). Die Mittelwerte nehmen in der Nordsee-AWZ von der Küste in Richtung offene Nordsee ab – zumindest in der Tendenz. In der Nordsee unterscheiden sich die Stationen kaum in ihrer Belastung voneinander (Abb. 2). Ein signifikanter Unterschied besteht dagegen zwischen dem Ostsee-Gebiet B01 und jeder einzelnen Nordsee-Station. Die Hg-Belastung in Nord- und Ostsee stellt eine Altlast dar – das heißt, sie spiegelt eher die Summe der Einträge aus den letzten Dekaden wider als neue Einträge. Das zeigt sich auch in Sediment-Bohrkernen, in deren Schichten man wie in einem Archiv die Hg-Belastung über mehr als 100 Jahre zurückverfolgen kann (Taylor et al., 2022).

## ZEITLICHE TRENDS

Wird die Hg-Konzentration in Klieschen aus der inneren Deutschen Bucht (N01, Abb. 2) betrachtet, so kann man einen ansteigenden zeitlichen Trend in der Hg-Belastung der letzten 25 Jahre erkennen (Abb. 3). Dieser signifikante Trend ist nicht durch Effekte wie Bioakkumulation zu erklären und wird auch nicht in den Hg-Konzentrationen des Sediments widerspiegelt. Diese überraschende Beobachtung kann ein möglicher Effekt der Klimaveränderung sein, der etwa zu einer Verschiebung im Nahrungsangebot für die Fische in dieser Region oder einer erhöhten Freisetzung von Hg aus dem Sediment parallel zum Temperaturanstieg im Wasser führt (Kammann et al., 2023). Dieser zeitliche Trend in Abb. 3 führt zu einer klaren Erhöhung der Hg-Belastung in Fischen um 1,4 % pro Jahr in den letzten 25 Jahren. Das ergibt einen Anstieg von insgesamt 41 % in der Hg-Belastung in dieser Zeitspanne. Dieses Phänomen betrifft nur den flacheren und daher am Meeresboden wärmeren Küstenbereich der Nordsee.



### EXKURS: VERSENKTE MUNITION ALS MÖGLICHE QUELLE FÜR HG?

In einem Munitions-Versenkungsgebiet in der Kieler Bucht, der »Kolberger Heide« lagern 30.000 Tonnen konventionelle Munition, die dort nach dem zweiten Weltkrieg versenkt wurden und langsam korrodieren. Forschende des Thünen-Instituts konnten nachweisen, dass Abbauprodukte des Explosivstoffs TNT aus der Munition austraten und in Fischen nachweisbar waren (Koske et al., 2020). Die Vermutung lag nahe, dass möglicherweise auch Hg aus den Zündern versenkter Munition austritt und sich in den dort lebenden Fischen anreichert.

Die Ergebnisse der Untersuchung von Kammann et al. (2021) konnten die Anreicherung von Hg aus den Munitionszündern neben der Hg-Belastung aus anderen Quellen aber nicht bestätigen. Dennoch konnte eine deutliche Bioakkumulation von Hg in Klieschen nachgewiesen werden (Abb. 4). Aus dem Zusammenhang zwischen Alter und Hg-Gehalt der Fische aus der Kolberger Heide und Umgebung wird klar gefolgert, dass das Alter der Tiere bzw. die Bioakkumulation einen deutlichen Einfluss auf die Höhe der Hg-Belastung hat und daher in zukünftigen Studien berücksichtigt werden sollte.

### WEITERFÜHRENDE LITERATUR

BMU (2018a) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU, Hrsg.). [https://www.meeresschutz.info/berichte-art-8-10.html?file=files/meeresschutz/berichte/art8910/zyklus18/Zustandsbericht\\_Nordsee\\_2018.pdf](https://www.meeresschutz.info/berichte-art-8-10.html?file=files/meeresschutz/berichte/art8910/zyklus18/Zustandsbericht_Nordsee_2018.pdf)

BMU (2018b) Zustand der deutschen Ostseegewässer 2018, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU, Hrsg.). [https://www.meeresschutz.info/berichte-art-8-10.html?file=files/meeresschutz/berichte/art8910/zyklus18/Zustandsbericht\\_Ostsee\\_2018.pdf](https://www.meeresschutz.info/berichte-art-8-10.html?file=files/meeresschutz/berichte/art8910/zyklus18/Zustandsbericht_Ostsee_2018.pdf)

EC (2006). Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. <https://www.beuth.de/de/verordnung/egv-1881-2006/96804528>

Kammann U, Aust M-O, Siegmund M, Schmidt N, Straumer K, Lang T (2021) Deep impact? Is mercury in dab (*Limanda limanda*) a marker for dumped munition? Results from munition dump site Kolberger Heide (Baltic Sea). *Environ Monit Assessm* 193:788, DOI:10.1007/s10661-021-09564-3

Kammann U, Nogueira P, Siegmund M, Schmidt N, Schmolke S, Kirchgeorg T, Hasenbein M, Wysujack K (2023) Temporal trends of mercury levels in fish (dab, *Limanda limanda*) and sediment from the German Bight (North Sea) in the period 1995-2020. *Environ Monit Assess* 195:73. DOI:10.1007/s10661-022-10655-y

Koske D, Straumer K, Goldenstein N, Hanel R, Lang T, Kammann U (2020) First evidence of explosives and their degradation products in dab (*Limanda limanda* L.) from a munition dumpsite in the Baltic Sea. *Mar Pollut Bull* 155:111131, DOI:10.1016/j.marpollbul.2020.111131

Lang T, Kruse R, Haarich M, Wosniok W (2017) Mercury species in dab (*Limanda limanda*) from the North Sea, Baltic Sea and Icelandic waters in relation to host-specific variables. *Mar. Environ. Res.* 124:32-40. DOI:10.1016/j.marenvres.2016.03.001

MSRL (2008) Europäische Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL 2008/56/EG) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0056&rid=1>

Taylor VF, Landis JD, Janssen SE (2022) Tracing the sources and depositional history of mercury to coastal northeastern U.S. lakes. *Environ. Sci.: Processes Impacts.* 24:1805-1820. DOI:10.1039/d2em00214k

Zitationsvorschlag – *Suggested citation:*

**Kammann U, Aust M-O,  
Nogueira P, Wysujack L (2023)**

Umweltkontamination: Quecksilber  
in Fischen. Braunschweig: Johann  
Heinrich von Thünen-Institut, 6 p,  
Thünen à la carte 11,  
DOI:10.3220/CA1671025394000



THÜNEN

## Thünen à la carte 11

Januar 2023

### Herausgeber/Redaktionsanschrift

Thünen-Institut  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
Germany

thuenenalacarte@thuenen.de  
www.thuenen.de

ISSN 2363-8052  
DOI:10.3220/CA1671025394000

Fotos: Thünen-Institut/Pedro Nogueira; Thünen-Institut/Christina Waitkus; Thünen-Institut/Ulrike Kammann  
Grafiken: Ulrike Kammann/Marc-Oliver Aust/Esri, HERE, Garmin, FAO, NOAA, USGS, © OpenStreetMap contributors,  
and the GIS User Community; alexus - stock.adobe.com