

Earth System Knowledge Platform - die Wissensplattform des Forschungsbereichs Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft, www.eskp.de

Schadstoffe · Wasser

WIE WEITER MIT DEN KAMPFMITTELALTLASTEN IM MEER?

Jens Greinert¹, Torsten Frey¹

¹ GEOMAR - Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

Zuerst publiziert: 18. November 2020, 7. Jahrgang

Digitaler Objektbezeichner (DOI): <https://doi.org/10.2312/eskp.043>

Teaser

Kampfmittel im Meer sind eine Bedrohung für die Meeresumwelt und ein Nachhaltigkeitsrisiko für die Bewirtschaftung der Meere. Zum Ausmaß dieser Bedrohung und dem zukünftigen Umgang mit der Altlast wird seit einigen Jahren mit zunehmender Intensität geforscht. Zeit für eine Betrachtung des Status Quo.

Keywords

Kampfmittel, Kampfmittelaltlasten, Meeresumwelt, Nachhaltigkeit, Umweltrisiko, Weltkrieg, Minen, Fliegerbomben, Wasserbomben, Torpedos, Artilleriegeschosse, Munitionsversenkung, Kolberger Heide, TNT, ADNT

Kampfmittelaltlasten, ob an Land oder im Meer, gehören zu den vielfältigen negativen Langzeitfolgen beider Weltkriege. Natürlich haben auch die bewaffneten Konflikte nach 1945 weltweit Blindgänger als ungebetene Hinterlassenschaft produziert. Im seither jedoch weitgehend friedlichen West- und Mitteleuropa geht das Problem in erster Linie auf die in industriellem Maßstab geführten Weltkriege zurück. Während wir im Alltag eher von Blindgängerräumungen an Land erfahren, liegt die überwältigend größere Menge europäischer Kampfmittelaltlasten im Meer. Allein die Menge in deutschen Hoheitsgewässern in Nord- und Ostsee wird auf rund 1,6 Millionen Tonnen geschätzt (Böttcher et al., 2011).

Die Einbringung von Kampfmitteln in Nord- und Ostsee ist auf vielfältige Waffensysteme zurückzuführen. Nur der historische Rahmen der Einbringung von Kampfmitteln setzt hier Grenzen. Da wären zunächst Waffen, die in der maritimen Kriegsführung eingesetzt

wurden. In beiden Weltkriegen wurden große Gebiete der europäischen Meeresgewässer vermint. Nach den Kriegen wurden die ausgebrachten Minen jedoch häufig nicht vollständig geräumt. Speziell im Zweiten Weltkrieg kam es dann zu einer dynamischeren Kriegsführung auf dem Meer. Dies führte zu Gefechten, bei denen Kriegsschiffe, U-Boote, Flugzeuge und Geschütze an der Küste verwendet wurden. Bis heute verbleibendes Resultat sind nicht zur Detonation gekommene Fliegerbomben, Wasserbomben, Torpedos und Artilleriegeschosse, die in kaum nachvollziehbarer Art und Menge auf dem gesamten Meeresboden verteilt sind. Abstürze bewaffneter Flugzeuge und die Versenkung von Kriegsschiffen trugen weitere Munition in die Meere ein.

Die größten Belastungsschwerpunkte stellen allerdings die Munitionsversenkungsgebiete dar, die besonders in den Nachkriegsjahren des 2. Weltkriegs entstanden. Hier wurden sowohl konventionelle (also explosive) als auch chemische Kampfmittel entweder über Bord geworfen oder gleich mitsamt den Transportschiffen versenkt (Böttcher et al., 2011; Koch, 2009). Das europaweit wohl besterforschte Versenkungsgebiet - die Kolberger Heide - befindet sich an der Ausfahrt der Kieler Förde (Kampmeier et al., 2020). Die Kolberger Heide versank 1625 bei einer Sturmflut im Meer, das neue Seegebiet behielt aber den alten Namen.

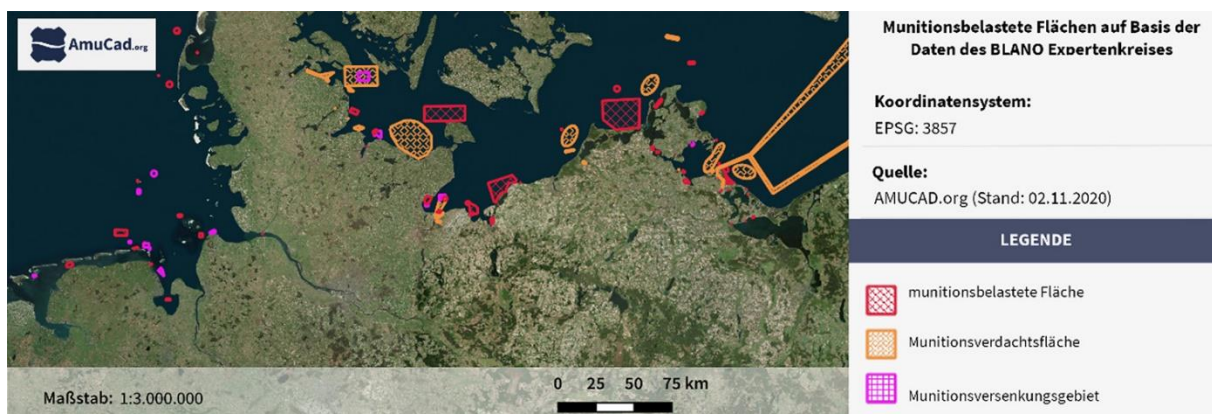


Abb. 1: Die Karte zeigt Schwerpunkte der Kampfmittelbelastung vor der deutschen Küste. Aufgrund der unübersichtlichen Dynamik der Kriegshandlungen muss jedoch auch außerhalb dieser Gebiete mit einzelnen Objekten gerechnet werden. (Karte: EGEOS GmbH)

Kampfmittelaltlasten als Umweltrisiko

Welche Gefahren von den Kampfmitteln ausgehen, ist Gegenstand kontroverser Debatten und wird unter anderem in diesem Gebiet untersucht. Unzweifelhaft ist, dass Kampfmittelaltlasten im Fall einer geplanten oder einer versehentlichen Detonation in Abhängigkeit von ihrer Nettoexplosivstoffmasse enorme Schäden anrichten können. Im Falle der Detonation eines Großkampfmittels (etwa einer Ankertaumine) entsteht eine Schockwelle, die zum Tod sämtlicher Meereslebewesen in der näheren Umgebung führt und auch über weite Distanzen zur Ruptur der Blutgefäße und Lungenbläschen von

Meeressäugern führen kann. Lebensgefahr besteht somit auch für Taucher, die in der Umgebung einer solchen Detonation im Wasser sind (Koschinski & Kock, 2009).

Bei der Bewertung der Gefahren, die von der Aufnahme von sprengstofftypischen Verbindungen durch alle Arten von marinen Organismen ausgehen, ist das Bild jedoch weniger eindeutig. Teile der Kampfmittel sind bereits heute so weit korrodiert, dass der enthaltene Explosivstoff durch den Kontakt mit Meerwasser darin gelöst wird. Im Versenkungsgebiet Kolberger Heide wurden Konzentrationen von bis zu 10 Nanogramm pro Liter im Wasser nachgewiesen (Beck et al., 2018). TNT (das einen Bestandteil des Explosivstoffs darstellt) sowie seine Abbauprodukte 2-ADNT und 4-ADNT können Veränderungen im genetischen Material von Zellen hervorrufen. Diese genotoxischen Stoffe wurden in Fischen im Versenkungsgebiet nachgewiesen. Die gleichen Fische wiesen zudem Lebertumore auf, was auf eine gesundheitsschädliche Wirkung der Explosivstoffe für Fische schließen lässt (Koske et al., 2019; Koske et al., 2020).

Auch in Miesmuscheln, die ausgebracht und später wieder eingesammelt und beprobt wurden, konnte eine TNT-Akkumulation nachgewiesen werden (Strehse et al., 2017). Trotz dieser Forschungsergebnisse, ist jedoch völlig unklar, wie sich der Eintrag der sprengstofftypischen Verbindungen und ihrer Abbauprodukte in Meerwasser und Sediment auf einzelne Populationen, Nahrungsnetze oder gar das gesamte marine Ökosystem auswirkt. Es ist daher keine seriöse Abschätzung darüber möglich, was passieren wird, sollten die Kampfmittel bis auf weiteres ungeborgen am Meeresboden verbleiben.



Abb. 2: Ein Torpedokopf in der Kolberger Heide, der durch eine Taucherin fotografiert wurde. Aufnahmen dieser Qualität sind aufgrund schwieriger Sichtverhältnisse nur selten möglich. (Foto: Jana Ulrich)

Strategien zum Umgang mit der Altlast

Da es sich bei Explosivstoffen unzweifelhaft um Schadstoffe handelt, ist die Etablierung eines langfristig angelegten Monitoringprogramms zur Überwachung der Belastungsschwerpunkte (also der Versenkungsgebiete) wichtig. So ließe sich beispielsweise feststellen, wie sich die Konzentrationen der Explosivstoffe nach Extremwetterereignissen verhält oder es könnte bewertet werden, ob sich die Mengen im Verlauf mehrere Jahre konstant verhalten, steigen oder gar sinken. Ein derartiges Überwachungsprogramm kann zudem als Input bei der Priorisierung einer eventuellen Räumung der munitionsbelasteten Gebiete dienen (Greinert, 2019).

Eine großflächige Räumung ist derzeit allerdings nicht durchführbar. Während sich die öffentliche Debatte primär um die Erkundung und Beräumung der Versenkungsgebiete dreht, findet die Arbeit mit Kampfmitteln im Meer fast ausschließlich im Zusammenhang mit Offshore-Bauprojekten statt. Die Errichtung von Offshore-Windparks, das Verlegen von Kabeln oder der Bau von Pipelines erfordern eine technische Erkundung des Baugrunds, um Kampfmittel zu detektieren und anschließend zu beseitigen. Um die kostspielige Beseitigung zu vermeiden, kommt es auch vor, dass die Routen von Kabeln und Pipelines angepasst werden. Da diese Bauvorhaben in der Regel nicht an den Belastungsschwerpunkten durchgeführt werden, kümmern sich mit der Räumung beauftragte private Unternehmen in erster Linie um die eingangs erwähnten, zufällig verteilten Objekte. Eine Ausnahme stellt in Deutschland die Verbreiterung der Schifffahrtsrinne nördlich der Insel Wangeroge dar, die zum Eingriff in ein bekanntes Versenkungsgebiet führt.

Bevor es zur Beseitigung von Kampfmitteln kommt, müssen diese zunächst aufgefunden werden. Begonnen wird mit der historischen Recherche, um festzustellen, mit welchen Kampfmitteln in einem bestimmten Gebiet gerechnet werden muss. Hierfür werden Archive aufgesucht und historische Dokumente überprüft, um den Kriegsverlauf oder die Versenkungsaktivitäten zu rekonstruieren. Allein im Militärarchiv Freiburg befinden sich 51 Kilometer potenziell relevanter Akten. Diese Dokumente liegen in überwältigender Mehrheit nicht in digitaler Form vor. Während weitere Informationen beispielsweise aus dem Vereinigten Königreich gewonnen werden können, ist es derzeit nicht möglich, auf die Akten der ehemaligen Sowjetunion zuzugreifen. Bis auf Weiteres wird daher ein nur unvollständiges Bild des Munitionseintrags in die Meeresgewässer vorhanden sein (HELCOM SUBMERGED, o.D.).

Herausforderungen bei der Kampfmittelbeseitigung im Meer

Um die Kampfmittel im Baugrund zu detektieren, verfolgen Unternehmen und Forschungsinstitute einen sogenannten Multisensoransatz, denn mit keinem einzelnen der

zur Verfügung stehenden Methoden ist man in der Lage, effizient jeden Kampfmitteltyp zu finden. So sind hydroakustische Verfahren wie ein Fächerecholot oder Seitensichtsonar prinzipiell für das Absuchen der Meeresbodenoberfläche geeignet. Sie ermöglichen es jedoch nicht, Objekte zu detektieren, die im Sediment eingegraben sind. Um diesem Problem zu begegnen, werden zusätzlich Magnetometer hinter dem Vermessungsschiff geschleppt, um die Kampfmittel als Anomalien im Erdmagnetfeld zu finden. Doch mit diesem Verfahren lassen sich die Kampfmittel nur schwer von anderem Schrott oder natürlich-geogenen magnetischen Anomalien unterscheiden. Als Resultat der Vermessung entsteht also eine Verdachtspunktliste mit all jenen Orten, an denen sich nach Analyse der erhobenen Daten ein Kampfmittel befinden könnte (Frey, 2020).

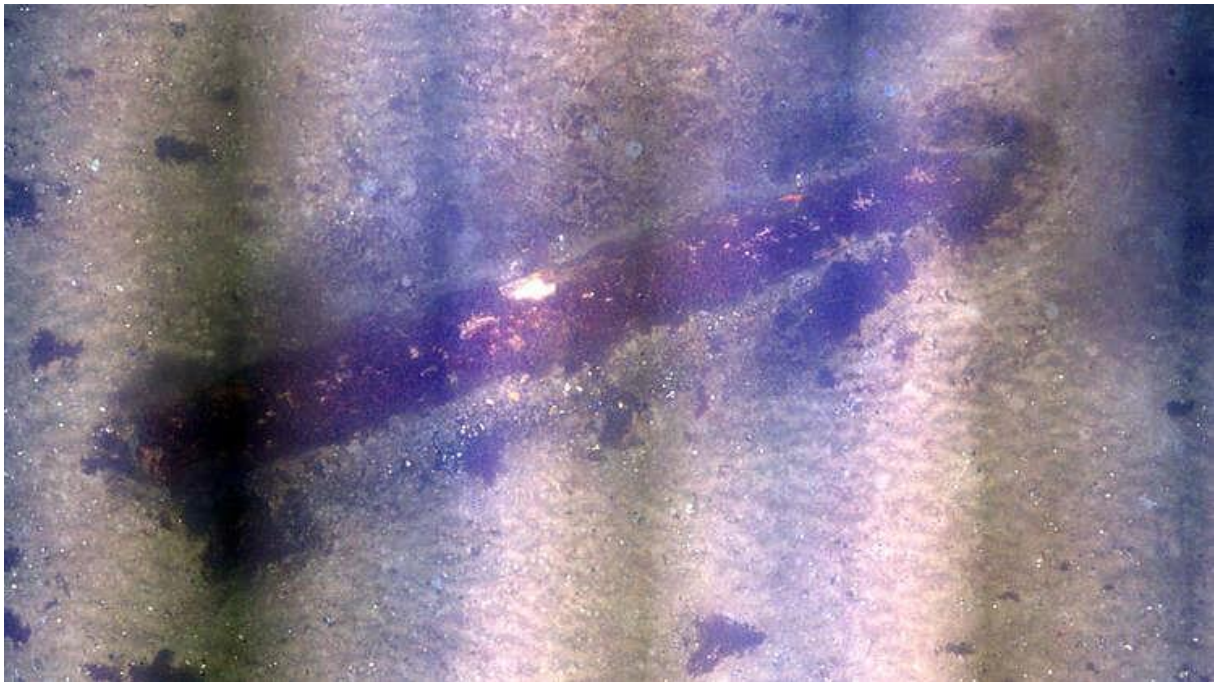


Abb. 3: Dieser Torpedo in der Kolberger Heide kann aufgrund seiner Länge von 4,5 m unter Wasser nicht mit einem einzigen Foto erfasst werden. Daher wird ein Fotomosaik erstellt, in dem eine Vielzahl von Aufnahmen automatisiert zusammengefügt wird. (Foto: GEOMAR)

Diese Orte werden anschließend erneut auf- und genauer untersucht. Dabei können sowohl Taucher als auch ferngesteuerte (ROV) oder autonome (AUV) Unterwasserfahrzeuge zum Einsatz kommen. Ist das Verdachtsobjekt vergraben, muss es zunächst freigelegt werden. Während es keine empirische Studie zum Kampfmittel-Schrott-Verhältnis gibt, das sich bei dieser genauen Untersuchung ergibt, ist dennoch klar, dass der Großteil der aufgefundenen Objekte ungefährlich ist.

Handelt es sich allerdings um ein Kampfmittel, muss eine fachkundige Person festlegen, wie damit umgegangen wird. Ist es handhabungs- und transportfähig kann es an Bord des Räumschiffs geholt werden, um später der Vernichtung an Land zugeführt werden. Ist es jedoch nicht handhabungsfähig, bleibt zur Beseitigung nur der Weg der Vernichtung - also

Sprengung - vor Ort. Ein Verfahren, um diese Kampfmittel im Meer zu entschärfen und somit handhabungssicher zu machen, existiert derzeit nicht. Aufgrund der oben dargelegten Gefahren, sollte eine solche Sprengung nur durchgeführt werden, wenn es unbedingt notwendig ist. Um die Konsequenzen der Detonation abzuschwächen, sollte um den Sprengort ein Blasenschleier ausgelegt werden, der die Schockwelle abmindert (Frey, 2020). Ein solcher Blasenschleier ist ein Vorhang aus Luftblasen, die aus einem um das Kampfmittel herum am Meeresboden ausgelegten Schlauch austreten und in Form eines Vorhangs aufsteigen. Die Luftblasen brechen die Schallwellen der Detonation unter Wasser und verringern so deren Lautstärke.

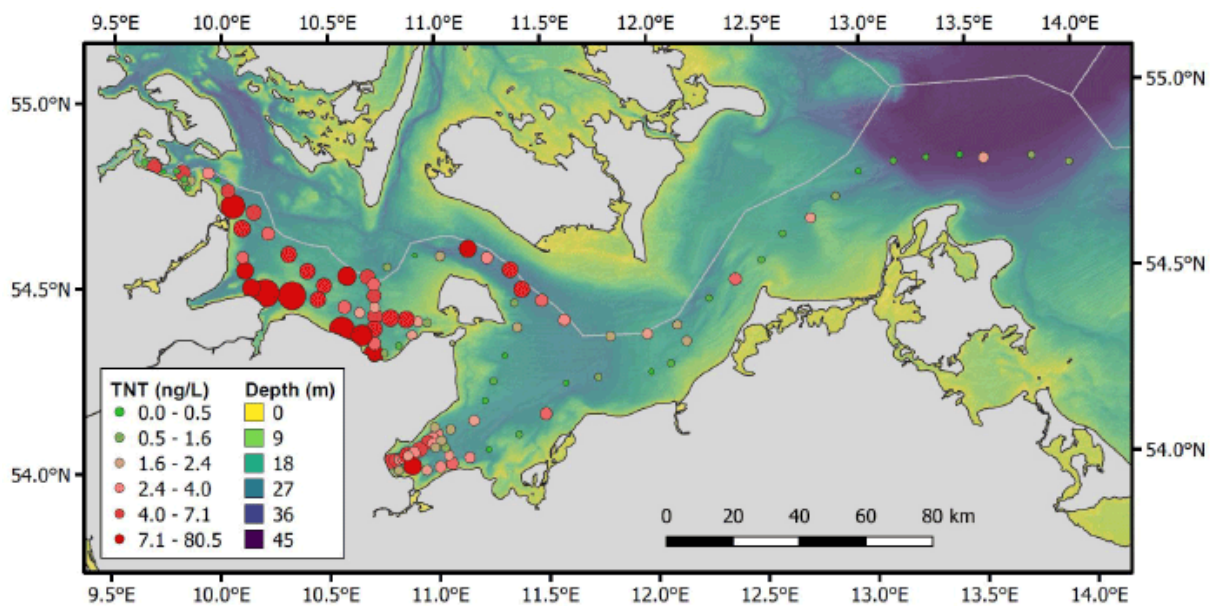


Abb. 4: Eine Übersicht über die räumliche Verteilung von TNT im Bodenwasser der Ostsee. Die Farbe und Größe des Symbols stellen die Konzentration dar. (Karte: GEOMAR)

Es besteht weiterhin Bedarf an Forschung und Entwicklung

Da die Erfahrungen in der Offshore-Kampfmittelbeseitigung fast ausschließlich außerhalb der Versenkungsgebiete gemacht werden, existiert derzeit keine seriöse Abschätzung über die Kosten der Beräumung von diesen sehr stark kontaminierten Belastungsschwerpunkten. Zudem ist fraglich, was nach der Bergung mit einer größeren Menge an Kampfmitteln passieren soll. Die Vernichtungskapazitäten an Land sind schon jetzt stark ausgelastet und der Transport großer Mengen von Kampfmitteln von der Küste ins Inland ist riskant. Eine Vernichtungsanlage auf See existiert nicht.

Der Themenkomplex findet politisch und medial zuletzt größere Beachtung. Künftige Forschungsprojekte sollten daher einerseits vor allem Informationen bereitstellen, um die anstehenden Entscheidungen über den Umgang mit einzelnen Munitionsobjekten und ganzen Versenkungsgebieten zu unterstützen. Andererseits werden aber auch neue

Technologien benötigt, um notwendige Räumungen dann auch sicher und effizient durchführen zu können.

Text: Torsten Frey, Prof. Dr. Jens Greinert (GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel)



Abb. 5: Eine Ankertaumine in der Kolberger Heide, die mit einer an einem AUV installierten Kamera erfasst wurde. Bis heute werden derartige Kampfmittel vom Kampfmittelräumdienst des Landes Schleswig-Holstein in das Versenkungsgebiet verschleppt, um Sprengungen zu vermeiden. (Foto: GEOMAR)

Referenzen

Beck, A. J., Gledhill, M., Schlosser, C., Stamer, B., Böttcher, C., Sternheim, J., Greinert, J. & Achterberg, E. P. (2018). Spread, Behavior, and Ecosystem Consequences of Conventional Munitions Compounds in Coastal Marine Waters. *Frontiers in Marine Science*, 5:141. doi:10.3389/fmars.2018.00141

Böttcher, C., Knobloch, T., Rühl, N.-P., Sternheim, J., Wichert, U. & Wöhler, J. (2011). [Munitionsbelastung der deutschen Meeresgewässer - Bestandsaufnahme und Empfehlungen](#). Hamburg: Sekretariat Bund/Länder-Messprogramm für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee (BLMP) im Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH).

Frey, T. (2020). *Quality Guideline for Offshore Explosive Ordnance Disposal*. Berlin, Zurich, Vienna: Beuth Verlag.

Greinert, J. (Hrsg.). (2019). *Practical Guide for Environmental Monitoring of Conventional Munitions in the Seas. Results from the BMBF funded project UDEMM "Umweltmonitoring für die Delaboration von Munition im Meer" Version 1.1* (GEOMAR Report, N. Ser. 054). Kiel: GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research. doi:10.3289/GEOMAR_REP_NS_54_2019

Helsinki Commission SUBMERGED - HELCOM SUBMERGED. (o.D.). *Warfare Materials in the Baltic Sea. Report of the Expert Group on Environmental Risks of Hazardous Submerged Objects* (unpublished).

Kampmeier, M., van der Lee, E. M., Wichert, U. & Greinert, J. (2020). Exploration of the munition dumpsite Kolberger Heide in Kiel Bay, Germany: Example for a standardised

hydroacoustic and optic monitoring approach. *Continental Shelf Research*, 198:104108. doi:10.1016/j.csr.2020.104108

Koch, M. (2009). *Subaquatische Kampfmittelaltlasten in der Ostsee. Neubewertung des Status Quo, Risikopotenziale und resultierende Handlungsszenarien* (Dissertation, Umwelt und Technik). Verfügbar auf dem [Hochschulschriftenserver der Leuphana Universität Lüneburg](#).

Koschinski, S. & Kock, K. (2009). [Underwater unexploded ordnance - methods for a cetacean-friendly removal of explosives as alternatives to blasting](#). Marine Zoology, Institut für Seefischerei des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (vTi).

Koske, D., Goldenstein, N. & Kammann, U. (2019). Nitroaromatic compounds damage the DNA of zebrafish embryos (*Danio rerio*). *Aquatic Toxicology*, 217:105345. doi:10.1016/j.aquatox.2019.105345

Koske, D., Straumer, K., Goldenstein, N. I., 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. *Marine pollution bulletin*, 155:111131. doi:10.1016/j.marpolbul.2020.111131

Strehse, J. S., Appel, D., Geist, C., Martin, H-J. & Maser, E. (2017). Biomonitoring of 2,4,6-trinitrotoluene and degradation products in the marine environment with transplanted blue mussels (*M. edulis*). *Toxicology*, 390, 117-123. doi:10.1016/j.tox.2017.09.004

Weiterführende Informationen

BASTA: [Boost Applied munition detection through Smart data inTegration and AI workflows](#)

ExploTect: [Ex-situ, near-real-time exPlosive compound deTection in seawater](#)

HELCOM: [Webseite der Baltic Marine Environment Protection Commission, Helsinki Commission](#)

[Munitionsbelastung der deutschen Meeresgewässer](#)

UDEM: [Umweltmonitoring für die DElaboration von Munition im Meer](#)

Zitiervorschlag

Frey, T & Greinert, J. (2020, 18. November). Wie weiter mit den Kampfmittelaltlasten im Meer? *Earth System Knowledge Platform* [eskp.de], 7. doi:10.2312/eskp.043



Text, Fotos und Grafiken soweit nicht andere Lizenzen betroffen: [eskp.de](#) | [CC BY 4.0](#)

eskp.de | Earth System Knowledge Platform - die Wissensplattform des Forschungsbereichs Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft