



## **Bericht**

der Landesregierung

### **Munitionsaltlasten in Nord- und Ostsee**

Drucksache 19/2861

**Federführend ist das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt,  
Natur und Digitalisierung**

## Inhalt

Einleitung.....	3
Hintergrund.....	3
Aktuelle Gesamtbewertung.....	4
Gefahrenpotential von Kampfmitteln im Meer.....	5
Meeresumwelt .....	7
Mensch und Meeresnutzungen .....	11
Forschung und Entwicklung.....	14
Nationales Munitionskataster-See .....	15
Konzept für das weitere Vorgehen .....	16
Literaturverzeichnis .....	22

## Einleitung

Zur Darstellung des aktuellen Wissensstandes hinsichtlich der Belastung der schleswig-holsteinischen Teile von Nord- und Ostsee durch alte Munition werden unterschiedliche Forschungsprojekte sowie deren veröffentlichte Ergebnisse beschrieben. Zusätzlich wird die stoffliche Belastung der Meeresumwelt durch sprengstofftypische Verbindungen im Vergleich zu weiteren chemischen Schadstoffen betrachtet.

## Hintergrund

Im Grundlagenbericht „Munitionsbelastung deutscher Meeresgewässer – Bestandsaufnahme und Empfehlungen“ aus dem Jahr 2011 (Böttcher et al. 2011) hatten Experten des Bundes und der Küstenländer den damaligen Kenntnisstand zusammengefasst. Seitdem wird davon ausgegangen, dass bis zu 1,6 Mio. Tonnen konventionelle Munition in 71 munitionsbelasteten Gebieten in der deutschen Nord- und Ostsee vorhanden sind. Bund und Länder bewerten „Munition im Meer“ seitdem einheitlich als „latente Gefahr“. Zusammenfassend kamen die Autoren zu folgender Gesamtbewertung:

*„Derzeit ist nicht erkennbar, dass eine großräumige Gefährdung der marinen Umwelt über den lokalen Bereich der munitionsbelasteten Flächen hinaus vorhanden oder zukünftig zu erwarten ist. Eine Gefährdung besteht jedoch punktuell für Personengruppen, die im marinen Bereich der Nord- und Ostsee mit Grundberührung tätig sind.“*

Des Weiteren wurde eine Reihe von Empfehlungen gegeben, um das Lagebild weiter zu konkretisieren und die Auswirkungen von Munition im Meer weiter zu untersuchen. Über Fortschritte und Entwicklungen wurde jährlich durch den Expertenkreis Munition im Meer der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Nord- und Ostsee (BLANO) berichtet. Mit dem Ministerium für Inneres, ländliche Räume, Integration und Gleichstellung und dem Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung (Sonderstelle Munition im Meer) beteiligt sich die Landesregierung aktiv an diesem Expertenkreis. Vorsitz und Geschäftsführung werden von den Mitarbeitern der Sonderstelle Munition im Meer (MELUND) wahrgenommen.

Zahlreiche Ereignisse mit „Munition im Meer“ im Rahmen menschlicher Nutzungen von Meeresgebieten, etwa für die erforderliche Anpassung der Fahrwasser an die moderne Seeschifffahrt, die Errichtung von Offshore-Anlagen, die Fischerei und den Tourismus, sind dokumentiert. Die im Jahr 2013 eingerichtete zentrale Meldestelle für Ereignisse mit Munition im Meer beim Maritimen Sicherheitszentrum ist ein sichtbares Beispiel der Umsetzung der Empfehlungen aus dem oben genannten Bericht. Seit ihrer Einrichtung wurden der „Zentralen Meldestelle“ Ereignisse mit Munition gemeldet (2013-2020: 1.630 Meldungen mit 26.737 Objekten). Diese Ereignisse sind im Zusammenhang mit den 2011 abgeschätzten Risiken zu sehen. Die entsprechenden Übersichten zu den einzelnen Jahren werden in den Jahresberichten des Expertenkreises veröffentlicht<sup>1</sup>.

Munitionsfunde ließen sich bis zum Vorliegen des Berichts des Jahres 2011 oft nicht in einen räumlichen Zusammenhang zu bekannten Versenkungsgebieten bringen. Die fortlaufenden Archivrecherchen liefern heute in vielen Fällen Belege zu Seekriegshandlungen oder anderen dokumentierten Ereignissen des Munitionseintrags. So müssen vormals als unbelastet geführte Meeresgebiete nach heutigem Kenntnisstand als munitionsbelastet angesehen werden.

Insbesondere im vergangenen Jahrzehnt sind auf nationaler und internationaler Ebene wissenschaftliche Vorhaben zum Themenkomplex Munition im Meer durchgeführt worden. Deren Bandbreite erstreckt sich von der Fundlokalisierung über analytische, methodische und toxikologische Forschung bis zu Entwicklungen in der Meerestechnologie.

## Aktuelle Gesamtbewertung

Vor dem Hintergrund der seit dem Bericht 2011 erfolgten Forschung und technologischen Entwicklungen war die zuvor zitierte Gesamtbewertung nicht mehr aktuell. Sie war anzupassen und zu aktualisieren. Der Expertenkreis „Munition im Meer“ hat Erkenntnisse über die in den Forschungsprojekten untersuchten Gebiete, die Erhaltungszustände beschriebener Munitionskörper, die damit verbundenen umweltrelevanten Aspekte sowie anderweitige Sachstände in diese Aktualisierung einbezogen. Die

---

<sup>1</sup> [https://www.schleswig-holstein.de/DE/UXO/Themen/Fachinhalte/textekarten\\_Berichte.html](https://www.schleswig-holstein.de/DE/UXO/Themen/Fachinhalte/textekarten_Berichte.html)

nachfolgende Gesamtbewertung zur Munitionsbelastung der deutschen Meeresgewässer wurde von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Nord- und Ostsee (BLANO) am 30.10.2020 beschlossen. Wie von der Umweltministerkonferenz im November 2019 erbeten, wurde die aktualisierte Gesamtbewertung der Umweltministerkonferenz im Februar 2021 vom BLANO-Vorsitz zugeleitet und von der UMK zur Kenntnis genommen:

*„Von Munition in Nord- und Ostsee gehen vielfältige Gefahren für Mensch und Umwelt aus. Das Risiko ergibt sich aus Art und Dichte der Kampfmittelbelastung und der Form der Nutzung der Meeresgebiete, Ufer und Strände.*

*Aus jetzt vorliegenden Forschungsergebnissen ist abzuleiten, dass im Bereich munitionsbelasteter Meeresgebiete von einem erhöhten Gefährdungspotential für die Meeresumwelt auszugehen ist. Unter Berücksichtigung der erheblichen Munitionsmengen sowie der fortschreitenden Korrosion sind Beeinträchtigungen der Meeresumwelt einschließlich des marinen Nahrungsnetzes nicht mehr auszuschließen und müssen weiter untersucht werden.*

*Vor dem Hintergrund der weiter zunehmenden Meeresnutzung besteht eine besondere Gefährdung für Personengruppen, die im marinen Bereich mit Grundberührung tätig sind.*

*In der Konsequenz sollten Forschung und Technologieentwicklung verstärkt werden, um die von den Kampfmitteln tatsächlich ausgehenden Risiken rechtzeitig zu erfassen. Darüber hinaus besteht erkennbarer Bedarf an sachgerechten Optionen zur Vorsorge und zum Umgang bis hin zur Bergung und umweltgerechten Entsorgung.“*

## Gefahrenpotential von Kampfmitteln im Meer

Aufgrund ihrer weiten Verteilung und der eingebrachten Menge (ca. 1,6 Mio. Tonnen insbesondere durch gezielte Versenkung nach dem 2. Weltkrieg) überwiegen in deutschen Meeresgebieten Risiken aus konventioneller Munition im Vergleich zu chemischer Munition (ca. 5.000 Tonnen). Der aktuelle Zustand der Munition in deutschen

Meeresgewässern kann je nach örtlichen Umweltbedingungen und dem Zeitpunkt sowie der Art der Einbringung von „sehr gut erhalten“ bis „vollständig korrodiert“ variieren. Es ist schwierig, konkrete Prognosen zum Korrosionsverhalten der Munitionshüllen anzustellen, da die Korrosion von vielen unterschiedlichen Faktoren abhängen kann. Mögliche Einflussfaktoren sind zum Beispiel Eigenschaften des Wassers (Salzgehalt, Sauerstoffgehalt, Temperatur), Materialeigenschaften der Munitionshülle (metallische Zusammensetzung, Materialstärke, Grad der Anfangskorrosion) oder auch die mechanische Belastung (Strömung, Sediment).

Munitionssprengungen zeigen, dass die Sprengwirkung von Kampfmitteln trotz langer Verweildauer unter Wasser nicht abnimmt. Dies wurde durch stichprobenartige Untersuchungen geborgener Kampfmittel aus dem Fahrwasser der Kieler Förde und entlang des Kiel-Ostsee-Weges bestätigt. Die Gefahren einer Explosion bestehen also weiter fort. Sprengstoffe verlieren durch Alterungsprozesse zudem an chemischer Stabilität (Pfeiffer 2017); die Schlagempfindlichkeit nimmt zu (Abbondanzieri et al. 2018). Die sensitiven Sprengstoffe im Zünder sind von dieser Entwicklung besonders betroffen, die vergleichsweise stabilen Wirkladungen aber nicht ausgenommen.

Mit einer verringerten mechanischen Stabilität der Munitionshüllen (z. B. durch Korrosion) können auch Optionen einer mechanischen Behandlung bei einer Bergung verloren gehen. Das Risiko einer ungewollten Umsetzung infolge mechanischer Einwirkungen von außen steigt, sowohl bei bezünderter als auch bei unbezünderter Munition. Weiter ist zu beachten, dass mit zunehmender Korrosion das Auffinden von Munition im Meer deutlich erschwert wird, da alle gängigen Sondierungsverfahren auf der Detektion der Metallhüllen basieren. „Offener“ Sprengstoff kann unter Wasser derzeit nicht direkt geortet werden. Eine intakte Munitionshülle bietet zudem einen gewissen Schutz gegen mechanische Belastung. Die zunehmende Korrosion nimmt diesen Schutz und trägt damit auch zu einer Erhöhung des Risikos mechanisch bedingter Umsetzung des Sprengstoffs bei.

Punktuell kommt es zu Funden von Kampfmitteln, losem Sprengstoff und Brandmittelresten (vor allem weißer Phosphor) an Stränden. Der u.a. in Brandbomben enthaltene weiße Phosphor bleibt langfristig intakt und entzündungsfähig. Das besondere Risiko liegt hier in den chemischen Eigenschaften des weißen Phosphors. Im trockenen Zustand verbindet sich weißer Phosphor mit Sauerstoff der Umgebungsluft und kann sich

bereits bei Temperaturen von ca. 34°C entzünden. Er brennt dann mit einer Temperatur von etwa 1300°C ab und bildet dabei eine zähflüssige Masse, die sich nur sehr schlecht löschen lässt. Tiefe Gewebeerstörungen sind bei Phosphorverbrennungen typische Verletzungsbilder. Direktkontakte mit Personen werden in seltenen Fällen beobachtet (Preuß-Wössner et al., 2020). Personen, die bei Strandbesuchen Bernstein sammeln wollen, sind dem Risiko besonders ausgesetzt, da weißer Phosphor nur schwer von Bernstein zu unterscheiden ist. Vor diesem Hintergrund entwickelt das Landesamt für soziale Dienste in enger Zusammenarbeit mit der Sonderstelle Munition im Meer aktuell ein Faltblatt zu Munitionsfunden am Strand mit Informationen zum Gesundheitsschutz, um der Bevölkerung und insbesondere den Strandbesucherinnen und Strandbesuchern einen Leitfaden zu diesem Thema an die Hand geben zu können.

## Meeresumwelt

Mit zunehmender Korrosion der Metallhüllen setzen Kampfmittel ihre toxischen Inhaltsstoffe frei (Beck et al. 2019). Diese verteilen sich in der Meeresumwelt und reichern sich unter Umständen entlang der Nahrungskette an.

Die bisher durchgeführten Forschungsprojekte lassen sich zwei unterschiedlichen Phasen zuordnen. Bis 2016 dienten sie überwiegend der Problemanalyse, der Methodenentwicklung und ihrer Validierung. Der internationale Austausch und die Projekte [MERCW](#), [CHEMSEA](#) und [MODUM](#) schufen wesentliche Grundlagen für die umfassenderen Vorhaben [UDEMM](#), [RoBEMM](#) und [DAIMON](#). Diese drei letztgenannten Projekte liefern umfangreiche Erkenntnisse zum Zustand und erste Hinweise auf mögliche Umweltauswirkungen von konventioneller Munition in deutschen Meeressgewässern.

Umfangreiche Studien durch das Geomar Helmholtz-Institut für Ozeanforschung in Kiel, durch das Institut für Toxikologie und Pharmakologie für Naturwissenschaftler des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein sowie durch das Thünen-Institut für Fischereiökologie im Versenkungsgebiet Kolberger Heide am Ausgang der Kieler Förde verdeutlichen die Verbreitung von TNT und anderen sprengstofftypischen Verbindungen (STV), ihrer Abbauprodukte und Metabolite bis hinein in das marine Nahrungsnetz. Eingehende Untersuchungen ergaben, dass die Korrosion von Munitionskörpern z.T. stark fortgeschritten ist und dort Sprengstoffe teilweise bereits offen am Meeresgrund

liegen (Kampmeier et al. 2020). STV und deren Abbauprodukte und Metabolite konnten zudem im Wasser, im Sediment und in Meeresorganismen (u.a. Miesmuscheln, Plattfische (Klieschen)) in erhöhter Konzentration nachgewiesen werden (Appel et al. 2018; Beck et al. 2018; Gledhill et al. 2019; Koske et al. 2020; Maser & Strehse 2020; Strehse et al. 2017; Strehse & Maser 2020). Am Rande des Versenkungsgebiets Kolberger Heide lebende Klieschen zeigen im Vergleich zu Referenzstandorten signifikant erhöhte Lebertumorraten (Lang et al. 2019). Dies ist ein korrelativer Hinweis darauf, dass STV und ihre Abbauprodukte und Metabolite sich negativ auf die Gesundheit von Meeresorganismen auswirken können. Aktuelle Forschungsergebnisse bestätigen zudem, dass Quecksilber unter anderem aus Zündern eine weitere mögliche Belastungsquelle für die Meeresumwelt darstellt (Bełdowski et al. 2019; Siedlewicz et al. 2019).

Weit über den lokalen Bereich der munitionsbelasteten Flächen hinaus sind heute Spuren von STV im Wasser der westlichen Ostsee nachweisbar (Greinert et al. 2019). Durchgeführte Transportmodellierungen geben zudem erste Aufschlüsse über die zu Grunde liegenden räumlichen Verteilungsmechanismen der STV nach ihrer Freisetzung aus dem Munitionskörper (Beck et al. 2019; [UDEMM Homepage 2019: AP 2 IOW](#)).

Das Projekt „[North Sea Wrecks](#)“ versucht erstmals, gezielt die Belastung der Nordsee mit STV zu untersuchen. In diesem Projekt werden Wracks in der Nordsee untersucht, die auch eine Munitionslast in sich tragen.

Aus den vorliegenden Forschungsergebnissen ist abzuleiten, dass im Bereich von Versenkungsgebieten und sonstigen munitionsbelasteten Flächen von einem erhöhten Gefährdungspotential für die Meeresumwelt auszugehen ist. Unter dem Gesichtspunkt der zwangsläufig fortschreitenden Korrosion ist ein weiterer Anstieg der freigesetzten STV zu erwarten und kann zu erhöhten Belastungen führen. Langfristige Effekte der freigesetzten STV und ihrer Abbauprodukte und Metabolite auf marine Organismen, die marine Nahrungskette sowie Effekte auf den Menschen unter dem Gesichtspunkt der Lebensmittelsicherheit werden derzeit weiter untersucht.

Anders als noch im Bericht 2011 bewertet, sind auf Grundlage der nun vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse und unter Berücksichtigung der in Nord- und Ostsee



befindlichen erheblichen Munitionsmengen großräumige Beeinträchtigungen der Meeresumwelt nicht mehr auszuschließen und müssen weiter untersucht werden. Dies war Anlass der o.g. Aktualisierung der Gesamtbewertung 2021.

Beeinträchtigungen durch STV sind dabei auch im Kontext des Gesamtzustandes der Meeresumwelt und der auf diese einwirkenden Belastungen zu betrachten. Die aktualisierte Anfangsbewertung gemäß der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (2008/56/EU, MSRL) bzw. § 45c WHG im Jahre 2018 zeigt, dass der gute Umweltzustand in den deutschen Meeresgewässern von Nord- und Ostsee nicht erreicht wird und die Meeresökosysteme auch im Zeitraum 2011–2016 zu hohen Belastungen ausgesetzt waren. Eine Vielzahl anthropogener Belastungen drückt sich in Beeinträchtigungen der Gewässerqualität, der Qualität und des Vorkommens von Lebensräumen sowie der Verbreitung und Häufigkeit von Arten aus. Stoffliche Belastungen sind dabei wesentliche Faktoren. Die Belastung speziell durch Munition bzw. STV wird aktuell durch die Bewertungen im Rahmen der MSRL nicht erfasst und ist daher in Relation zu den anderen Belastungen bzw. als Teil dieser Belastungen zu betrachten.

Wesentliche Belastungen entstehen durch den Eintrag von Nährstoffen, der zur Eutrophierung der Meeresgewässer führt, sowie von Schadstoffen mit spezifischer Verschmutzungswirkung.

Die Eutrophierungsbewertung hat aufgezeigt, dass nur 6% der deutschen Nordseeegewässer den guten Zustand hinsichtlich Eutrophierung erreichen und 100% der deutschen Ostseeegewässer weiterhin eutrophiert sind. Die Einträge von Nährstoffen über Flüsse, die Atmosphäre und andere Meeresgebiete sind weiterhin zu hoch.

Die Bewertung der Schadstoffbelastung der Nord- und Ostsee erfolgt im Rahmen der MSRL auf der Basis der Bewertungen, die zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie vorgenommen werden, sowie anhand regionaler im Rahmen der Oslo-Paris Konvention zum Schutz der Meeresumwelt des Nordost-Atlantiks (OSPAR) bzw. der Helsinki-Konvention zum Schutz der Meeresumwelt des Ostseegebietes (HELCOM) abgestimmter Schadstoffindikatoren und Schwellenwerte. Die Bewertung im Jahr 2018 ergab, dass die deutschen Küsten- und Hoheitsgewässer der Nord- und Ostsee den guten Umweltzustand hinsichtlich der Belastung mit Schadstoffen nicht erreichen.

So liegt eine Überschreitung der Umweltqualitätsnormen gemäß der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) für die ubiquitären Schadstoffe Quecksilber und polybromierte Diphenylether (PBDE) vor. Die Konzentrationen der nicht-ubiquitären Substanz Blei überschreitet in Sediment und Biota (nur Ostsee) die regional abgestimmten Schwellenwerte. Das gleiche gilt für PCB in Sediment und Biota der Nordsee und Biota der Ostsee. Für die Gewässer der deutschen AWZ ergeben die HELCOM-Bewertungen darüber hinaus Schwellenüberschreitungen für Cadmium in Muscheln und Sediment und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Sediment. Für den neuen prioritären Stoff Perfluorooctansulfonsäure (PFOS), der in die Bewertung nach WRRL für 2015 noch nicht einbezogen werden konnte, zeigt der HELCOM-Indikator in den Küstengewässern der Ostsee eine deutliche Überschreitung der PFOS-Konzentrationen in der Wasserphase. Auch in der Nordsee liegen die PFOS-Konzentrationen in allen untersuchten Wasserproben der Stationen der FGE Eider und der FGG Elbe deutlich über der Umweltqualitätsnorm. Dies zeigt deutlich die ubiquitäre Verteilung von PFOS in den deutschen Küstengewässern. Zum Zeitpunkt der Erstellung des MSRL Zustandsberichtes 2018 lagen für die deutsche AWZ keine Daten vor. Mittlerweile wird vom BSH ein Monitoring durchgeführt.

Weitere Belastungen der Meeresgewässer, insbesondere der marinen Arten und Lebensräume, entstehen durch die verschiedenen Nutzungen der Meere und Aktivitäten in den Meeren. Zu nennen sind hier u.a. physikalische Beeinträchtigungen der Lebensräume des Meeresbodens durch die grundberührende Fischerei oder die Abgrabung oder Ablagerung von Sedimenten. Vor allem für marine Säugetiere stellt Unterwasserschall einen bedeutenden Belastungsfaktor dar. Dieser entsteht zum einen in Form von Dauerschall, der u.a. durch die Schifffahrt verursacht wird, und zum anderen in Form von Impulsschall, der durch Rammungen z.B. für die Gründung der Fundamente von Offshore-Windenergieanlagen oder bei Vernichtungssprengungen von Munition entstehen kann. Die Schallwellen können zu einer Schädigung des Gehörs und / oder zu erheblichen Störungen von Meeressäugtieren, insbesondere Schweinswalen, führen. Weiterhin ist Müll am Strand, am Meeresboden und in der Wassersäule weit verbreitet und belastet die deutschen Nordsee- und Ostseegewässer. Auch hier ist der gute Umweltzustand nicht erreicht.

## Mensch und Meeresnutzungen

Durch die vielfältige Nutzung der Meere ergeben sich Risiken durch alte Kampfmittel. Aus diesem Grunde ist sorgfältige Prävention (Gefahrenanalyse, Gefährdungsbeurteilung, ggf. Maßnahmen zum Risikomanagement) in deutschen Meeresgebieten und Küsten geboten.

Im Sektor Seeschifffahrt sind nach wie vor Gefährdungen durch Munition erkennbar. In den zurückliegenden Jahren wurden Besonderheiten einiger Seegebiete erkannt, die hier zur Verdeutlichung der nach wie vor bestehenden oder ggf. erweiterten Gefährdungslage erwähnt werden. Die weiter andauernden Untersuchungen des Verkehrstrennungsgebiets Kiel-Leuchtturm seewärts entlang des Kiel-Ostsee-Wegs (Kieler Bucht) ergaben eine erhebliche Munitionsbelastung mit entsprechendem operativen Handlungsbedarf. So wurden im Jahr 2018 insgesamt 221 Munitionskörper aus dem Fahrwasser der Kieler Förde geräumt (Böttcher et al. 2018). Internationale Archivrecherchen haben ergeben, dass zwischen den Jahren 1940 und 1945 3.896 britische Grundminen in die Kieler Bucht eingebracht wurden. Während und nach dem Krieg wurde der überwiegende Teil dieser Minen geräumt. Der Umfang und die Verteilung des angenommenen Restbestandes von etwa 20% der eingebrachten Menge bleibt zunächst ungeklärt. In den letzten Jahren wurden 192 dieser Grundminen, überwiegend entlang der heute genutzten Schifffahrtsrouten, lokalisiert, verlagert oder gesprengt.

Aktuelle Gutachten zur Schlagempfindlichkeit gealterten Sprengstoffs weisen diesbezüglich auf eine erhöhte Gefährdung durch britische Grundminen hin. Diese Blindgänger am Meeresgrund können durch mechanische Einwirkungen von Ankern, Schleppnetzen oder Kabellegewerkzeugen zur Detonation gebracht werden. Darüber hinaus stellt die erhöhte Schlagempfindlichkeit derzeit ein Bergungshindernis dar (Pfeiffer 2017), weshalb diese Kampfmittel in aller Regel vor Ort gesprengt werden müssen.

Untersuchungen zum Verkehrstrennungsgebiet „Kiel-Leuchtturm“ zeigen, dass es in unmittelbarer Nähe zu einem Versenkungsgebiet zu einer erhöhten Anzahl von Funden kommen kann, die dann auch außerhalb des in der Seekarte eingezeichneten Versenkungsgebietes liegen können.

Im Zuge von Baumaßnahmen kommt es bei den gezielten Voruntersuchungen immer wieder zu Kampfmittelfunden. Weit überwiegend betrifft dies bisher Flächen außerhalb der schleswig-holsteinischen Küstengewässer. Es besteht kein räumlicher Bezug zu bekannten Versenkungsgebieten. Diese Funde sind vielmehr Überreste von Kriegshandlungen wie etwa Minensperren und Notabwürfe von Bomben (Nordsee) oder von Schießgebieten (Ostsee), wie durch Archivrecherchen bestätigt wurde. Die jeweiligen Funde sind in der Regel verbunden mit anschließenden Räummaßnahmen durch Firmen, um die notwendige Kampfmittelfreiheit herzustellen. Vergleichbare Funde wurden zuletzt im Rahmen der weiteren Sondierung zum Bau der festen Fehmarnbeltquerung gemacht. Auch hier gibt es keinen direkten Zusammenhang zu Versenkungsgebieten. Vielmehr ist auch in diesem Bereich davon auszugehen, dass die gemeldeten Funde auf Notabwürfe alliierter Flugzeuge oder auf Kampfhandlungen zurückzuführen sind.

Die für die Fischerei und die Nassbaggerei im Bericht des Jahres 2011 beschriebenen Risiken bestehen grundsätzlich fort. Dies belegt unter anderem eine Meldung vom 10.10.2020, gemäß der eine 250kg Bombe im Saugbagger Boney River während Baggerarbeiten in der Elbe direkt vor Brunsbüttel festgestellt wurde. Die Bombe wurde vom Kampfmittelräumdienst Schleswig-Holstein entschärft und an Land verbracht. Ferner belegen aktuelle Forschungsergebnisse zum Beispiel in der Lübecker Bucht, dass ursprünglich kumuliert eingebrachte Munition räumlich auf dem Meeresgrund ausgebreitet wurde (DAIMON, Måseskär, 2019, BASTA).

Technische Vorkehrungen in Baggerschiffen haben sich als Vorsorgemaßnahme bewährt (Böttcher, et al. 2016, 2017 und 2018). Ein weiteres Beispiel für technischen Fortschritt ist die Erweiterung der Handlungsoptionen der Kampfmittelräumung in Häfen. Neue Sensoren, ferngesteuerte Manipulatoren und Anpassungen der Tauchtechnik tragen hier zu einem hohen Standard der Arbeitssicherheit bei (Bodes, KRD FHH 2019).

Munitionsfunde im Kontext des Tourismus behalten an Nord- und Ostsee ihre Aktualität. Strandbesuchende werden zum Beispiel durch Warnschilder in Strandnähe sowie durch Faltblätter auf die von Munition ausgehenden Gefahren hingewiesen. In der Probstei findet dies bereits seit 2014 statt. In Einzelfällen kommt es zu Funden von weißem Phosphor auch in Schleswig-Holstein (Rudolph 2015). Verlässliche Zahlen liegen hierzu jedoch nicht vor. Auch von Sporttauchern werden vereinzelt Munitionsfunde im Rahmen ihrer Tauchgänge gemeldet wie beispielsweise am 23.05.2020 vor dem Hafen von Schilksee.

Wie bereits erwähnt zeigen erste Befunde, dass sich STV in Meeresorganismen anreichern können. Weitere Untersuchungen im Rahmen eines vom MELUND finanzierten Pilotprojekts in der Lübecker Bucht zeigen vergleichbare Ergebnisse wie die Untersuchung in der Kolberger Heide. Erste, auf diesen Ergebnissen basierende humantoxikologische Bewertungen der Belastung von Meeresfrüchten zeigen, dass in einem theoretisch zugrundgelegten Worst-Case-Szenario der Verzehr von Muscheln, die direkt an offenliegendem Sprengstoff ausgesetzt waren, ein deutlich erhöhtes Krebsrisiko mit sich bringen würde und nicht mehr zu empfehlen wäre (Maser & Strehse 2021). Hierbei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass für die Analysen Muscheln im Rahmen eines aktiven Muschelmonitorings bewusst direkt im Bereich der Munition ausgebracht wurden. Die Muscheln waren später nicht für den Verzehr vorgesehen. Die dargestellten Ergebnisse lassen sich daher nicht auf freigelegene Muscheln oder Muscheln aus Aquakulturen übertragen. Weitere Analysen und humantoxikologische Bewertungen sind auch zukünftig notwendig, um die Erkenntnislage auf eine breitere Datenbasis stellen zu können. Im Muskelfleisch von Fischen konnten STV bislang nicht nachgewiesen werden. Ob und in welchem Maße eine Akkumulation der STV entlang der Nahrungskette stattfindet, wird Gegenstand weiterer Untersuchungen und Forschungsprojekte sein.

Zusammenfassend sind insbesondere Menschen, die Meeresnutzungen mit Grundberührung betreiben, einem erhöhten Risiko ausgesetzt. In geringerem Maße zeigen sich Risiken beim Sammeln von vermeintlichem Bernstein (weißer Phosphor) oder schwer erkennbaren Explosivstoffen (Schießwolle, Treibladungen) und beim Sporttauchen.

## Forschung und Entwicklung

Wissenschaftliche Projekte der vergangenen zehn Jahre haben deutliche Fortschritte in zahlreichen Themenfeldern mit Bezug zu Munition im Meer hervorgebracht. So wurden unter anderem im Projekt UDEMM Methoden entwickelt, aus denen Empfehlungen für ein Monitoring abgeleitet werden können. Neben einer Methode für die Aufbereitung und Analyse von Wasserproben (Beck et al. 2019) wurde auch eine Methode für das Biota-Monitoring mittels Muscheln entwickelt (Strehse et al. 2017). Für beide Methoden konnten die Nachweisgrenzen für STV gesenkt werden. Im Rahmen eines vom MELUND finanzierten Pilotprojekts des Instituts für Toxikologie und Pharmakologie für Naturwissenschaftler des UKSH in der Lübecker Bucht wurden zusätzlich zu den Muscheln Passivsammler eingesetzt. Auf Basis der hier gesammelten Daten können öko- und humantoxikologische Bewertungen angestellt werden.

Moderne Messinstrumente unterstützen heute die Detektion und Klassifikation von Kampfmitteln. Dadurch konnte in der Lübecker Bucht festgestellt werden, dass ursprünglich kumuliert eingebrachte Munition teilweise räumlich verteilt wurde. Die Munition liegt mithin nicht zwingend in den Grenzen der in den Seekarten eingezeichneten munitionsbelasteten Flächen. Dies zeigen auch Kartierungen vergangener Projekte. Modernere Messinstrumente liefern in aller Regel auch Bilder und Ergebnisse in der Detektion mit höherer Auflösung, was wiederum zu größeren Datenmengen führt. Die zusammenfassende Auswertung von Sondierungsergebnissen mittels computergestützter Verfahren (Big data/neuronale Netze/künstliche Intelligenz) ist aktueller Forschungsgegenstand zum Beispiel im Projekt [BASTA](#) am GEOMAR Helmholtz-Zentrum in Kiel.

Da eine umfassende und vollständige Kartierung der deutschen Meeresgewässer in einer hinreichenden Auflösung zur Identifikation von Kampfmitteln nicht realistisch ist, bilden Archivrecherchen immer noch die Grundlage für das Wissen über die räumliche Verteilung der Munition in unseren Gewässern. In den vergangenen Jahren wurden mit Finanzierung des MELUND zahlreiche Archivrecherchen im Bundesarchiv-Militärarchiv in Freiburg, aber auch in weiteren regionalen und kommunalen Archiven in Schleswig-Holstein sowie in Archiven im europäischen Ausland durchgeführt. Im Ergebnis bestätigen die Recherchen die bisher angenommenen Zahlen. Vielfach konn-

ten aufgrund der Archivrecherchen Munitionsfunde einem konkreten historischen Ereignis zugeordnet werden, was die Identifizierung und damit die Gefahrenbewertung der Kampfmittel erheblich erleichtert. Künstliche Intelligenz kann bei der Auswertung der Archivadokumente helfen.

Im Rahmen eines durch das Umweltbundesamt finanzierten Projekts untersuchen Toxikologen des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein in Kiel aktuell Proben der Umweltprobenbank auf sprengstofftypische Verbindungen. Die untersuchten Proben reichen zurück bis in die 1980er Jahre. Durch die Analyse alter konservierter Proben mit neuen feineren Messmethoden ist es möglich, eine Belastungsentwicklung entlang der Zeitachse abzuschätzen. Eine abschließende Bewertung steht noch aus. Hier wird der Abschlussbericht des Projektes weitere Erkenntnisse liefern.

Technologieprojekte wie [ROBEMM](#) zeigen, dass die automatisierte Kampfmittelbeseitigung und -entsorgung grundsätzlich möglich ist – auch im industriellen Maßstab. Auch wenn in diesem Projekt noch kein marktreifes Produkt vorgestellt wurde, ist zu erkennen, dass entsprechende Ideen in der Industrie vorhanden sind. Die gezielte Weiterentwicklung zur Markt- und Serienreife, aber auch die Weiterentwicklung bereits vorhandener serienreifer Gerätschaften für die automatisierte Kampfmittelbeseitigung setzen die Nachfrage solcher Technologien durch den Markt voraus.

Außerhalb von Technologieprojekten sind Unternehmen der maritimen Wirtschaft bereits dabei, Lösungen für eine umweltgerechte Entsorgung zu entwickeln. Dabei setzen diese Ideen in aller Regel auf bereits vorhandene Technologie, die im Rahmen einer industriellen Prozessierung zu einer Funktionskette zusammengeschlossen werden. Neben der reinen Bergung von Munition, die bereits bei Offshore-Projekten durchgeführt wird, werden auch die aktuell noch sehr begrenzten Entsorgungs- und Vernichtungskapazitäten für geborgene Kampfmittel adressiert.

## Nationales Munitionskataster-See

Der Aufbau eines nationalen, behördlichen Munitionskatasters-See kann Synergien erzeugen. Hierfür sind bereits bestehende Systeme mit möglichst geringem Aufwand zu integrieren. Auf Initiative Schleswig-Holsteins und des Umweltbundesamtes wurde

im Expertenkreis Munition im Meer eine Unterarbeitsgruppe „Datenaustausch“ eingerichtet, um die Interessen und Bedarfe der beteiligten Behörden abzuklären, aber auch bereits vorhandene Ressourcen und Systeme zu bewerten. Die Diskussionen hierzu sind noch nicht abgeschlossen und werden grundsätzlich ergebnisoffen geführt. Es zeigt sich aber bereits, dass die mit der Gefahrenabwehr beauftragten Behörden (z.B. Länderräumdienste, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrografie (BSH)) über Systeme und Datenbanken verfügen, die allgemein die für ihren Verantwortungsbereich notwendigen Informationen verfügbar halten. Zur Bewertung des Vorkommens und Zustandes von Munition im Meer ist ein gemeinsames Munitionskataster-See für die Umweltbehörden schon deswegen zielführend, weil die Thematik nicht an Länder- und Zuständigkeitsgrenzen Halt macht, sondern eine gemeinsame Verantwortung von Bund und Ländern besteht. Eine gemeinsame Datenbasis erleichtert hier eine gemeinsame Bewertung. Gleichzeitig müssen insbesondere aber auch die Interessen bezüglich Integrität und Sensitivität der Daten und Informationen berücksichtigt werden. Zugriffsrechte und Nutzungs- bzw. Informationsbedarfe müssen individuell festlegbar und kontrollierbar sein. Diese und weitere grundlegenden Fragen gilt es zu klären, bevor man in eine Systementwicklung einsteigt. Spätestens mit dem Einstieg in die großflächige geordnete Beräumung kommt einem behördenübergreifenden nationalen Munitionskataster-See eine besondere Bedeutung zu, um eine mögliche Priorisierung bei der Beräumung gemeinsam über Verantwortungsgrenzen hinweg auf einer gemeinsamen Datenlage basierend festlegen zu können.

## Konzept für das weitere Vorgehen

Der zukünftige Umgang mit Munition im Meer und den Gefahren, die davon für Mensch, Umwelt und Wirtschaft in Nord- und Ostsee ausgehen, ist eine gemeinsame Aufgabe der Bundesregierung zusammen mit den fünf Küstenländern. Schleswig-Holstein hat zwar mindestens seit 2011 zahlreiche Initiativen angestoßen und mit der Federführung im Expertenkreis Munition im Meer der BLANO eine herausgehobene Verantwortung für die Wissensgenerierung und die Abstimmung zwischen Bund und Ländern übernommen. Bei den anstehenden Aufgaben insbesondere der Bergung von Kampfmitteln aus dem Meer und der umweltgerechten Entsorgung der Sprengstoffe sieht die Landesregierung den Bund aber in der Federführung. Der ressortübergrei-



fenden Zusammenarbeit auf Bundes- wie Landesebene kommt eine besondere Bedeutung zu, um gemeinsam die Aufgabe angehen zu können. Die Landesregierung Schleswig-Holstein ist bereit, im Rahmen der zur Verfügung gestellten Haushaltsmittel und Personalressourcen ihren Beitrag zur Lösung des Problems zu leisten.

Die oben dargestellten Nachweise sprengstofftypischer Verbindungen aus Munition im Meer in der Meeresumwelt sowie deren mögliche Auswirkungen, Erkenntnisse zur fortschreitenden Korrosion der Metallhüllen und Folgen der Alterung von Sprengstoffen verdeutlichen den dringenden Handlungsbedarf. Die maritime Technologieentwicklung hat in diesem Kontext deutliche Fortschritte erzielt. Die Methoden zur Entwicklung von Kriterien für die Priorisierung von Maßnahmen stehen in weiten Teilen zur Verfügung. Der zeitnahe Einstieg in vorsorgendes Handeln verlängert das Zeitfenster, in dem sicher und wirtschaftlich gehandelt werden kann.

Für die Landesregierung ist wichtig, dass bei aller gebotenen Dringlichkeit des Handelns die gesamte Prozesskette von der Archivrecherche, Detektion und Identifikation über eine umfassende Risikobewertung für die einzelnen Schutzgüter einschließlich des Menschen bis hin zur Bergung und Entsorgung im Blick behalten wird. Grundlegende Voraussetzung des Einstiegs in eine geordnete Bergung ist die Schaffung in sich geschlossener Verfahrensketten, von der Archivrecherche und Detektion über die automatisierte Delaborierung bis zur sicheren und umweltgerechten Entsorgung. Insbesondere die Kapazitäten zur umweltgerechten Entsorgung sind hier zu erhöhen.

Archivrecherchen werden auch in Zukunft die Grundlage für die Beurteilung der räumlichen Verteilung der Munitionsaltlasten bilden. Diese werden daher weiterhin von der Landesregierung wie bisher im Rahmen der bestehenden Haushaltsmittel und Personalressourcen durchgeführt. Des Weiteren wird die Landesregierung Projekte im Rahmen der bestehenden Haushaltsmittel und Ressourcen begleiten und beraten, die darauf aufbauend gezielt Munitionsverdachtsflächen kartieren und Munitionsobjekte detektieren. Dabei wird sich die Landesregierung im Rahmen der Beratungen auch dafür einsetzen, dass der standortspezifische Zustand der Munition ebenfalls erhoben wird. Dies ist wichtig, um das Lagebild aktuell zu halten und im Rahmen einer Strategie zur industriellen Bergung Priorisierungen in der Bergungsnotwendigkeit vornehmen zu können.

Um die Auswirkungen von sprengstofftypischen Verbindungen auf die Meeresumwelt bewerten zu können, ist die Datenbasis zu verbessern. Gemäß Beschluss der 93. UMK vom 10. Dezember 2019 ist die BLANO beauftragt, im Rahmen ihres Bund/Länder-Messprogramms (BLMP) in Nord- und Ostsee ein „Screening“ auf kampfmitteltypische Schadstoffe innerhalb und außerhalb von munitionsbelasteten Flächen in den deutschen Küstengewässern und in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) vorzunehmen. Basierend auf den Ergebnissen des Screenings wird die BLANO einen Vorschlag über weitere möglicherweise notwendige „Monitoring“-Aktivitäten vorlegen. Schleswig-Holstein wird sich hier aktiv im Rahmen der Facharbeitsgruppen der BLANO einbringen.

Die Entwicklung technologischer Lösungen für eine möglichst automatisierte Bergung und Entsorgung im industriellen Maßstab ist wichtig, um über die erwartbaren Skaleneffekte die relativen Kosten möglichst gering halten zu können. Hier gibt es bereits erste Ideen von in Schleswig-Holstein ansässiger Industrie. Die hier gesammelten Erfahrungen und vorhandenen Ideen können durch diese Unternehmen bei einer Bewerbung auf eine mögliche zukünftige Ausschreibung genutzt werden. Dabei ist es wichtig, frühzeitig die Anforderungen an solche Anlagen zu formulieren, um gerade den Aspekt der umweltgerechten Entsorgung bereits in der Entwicklungsphase zu berücksichtigen. Es müssen die Voraussetzungen dafür geschaffen werden, dass die Munition, die aus unseren Meeresgewässern geborgen wird, auch umweltgerecht entsorgt werden kann. Hier sind unterschiedliche Ansätze denkbar. In einer Expertenanhörung im Umweltausschuss des Deutschen Bundestages am 17. Mai 2021 wurde darauf hingewiesen, dass die vorliegende Aufgabe der industriellen Munitionsräumung in den deutschen Meeresgewässern als eine gemeinsame Aufgabe des Bundes und der Küstenländer unter Federführung des Bundes gesehen werde. Dort wurde der Bau einer mobilen Entsorgungsplattform auf See als mögliche Lösung vorgestellt. Dabei sahen die Experten die Initiative für eine entsprechende Ausschreibung beim Bund. Gleichzeitig merkten sie an, dass die Munitionsräumung in den jeweiligen Küstengewässern auch eine Beteiligung der Küstenländer notwendig machen dürfte. Die Landesregierung wird sich in den Gesprächen zum weiteren Vorgehen mit dem Bund und den Küstenländern dafür einsetzen, dass die Interessen Schleswig-Holsteins Berücksichtigung finden. Eine Beteiligung Schleswig-Holsteins mit Personal- oder Finanzressourcen ist bislang noch nicht konkretisiert und steht unter dem Haushaltsvorbehalt. Vorteil

einer mobilen Lösung zur Entsorgung ist, dass Transportwege für geborgene Munition nicht mehr über Land führen. Die Mobilität der Plattform gewährleistet zudem, dass die Wege vom Bergungsort zur Entsorgungsstelle so gering wie möglich gehalten werden können, was wiederum zu einer Erhöhung der Sicherheit führt und Pendelverkehr und damit den Ausstoß von Treibhausgasen reduziert.

Deutsche Werften mit Standorten in Schleswig-Holstein arbeiten hier bereits an umsetzbaren Plänen. Die Wertschöpfung liegt damit in Deutschland und in Teilen auch in Schleswig-Holstein. In der Expertenanhörung wurde ebenfalls eine Summe von etwa 100 Millionen Euro genannt, die den Bau einer solchen Plattform und den Start in die industrielle Bergung und Entsorgung im Rahmen eines Pilotprojekts sicherstellen würde. Es wurde vorgeschlagen, diese Mittel aus dem Bundeshaushalt zu entnehmen und der Gesellschaft zur Entsorgung von chemischen Kampfstoffen und Rüstungsaltslasten mbH (GEKA) zweckgebunden zur Verfügung zu stellen. Die GEKA ist bereits in der Munitionsentsorgung tätig und hat somit die entsprechende Erfahrung, um die Empfehlung zielgerichtet umsetzen zu können. Eine Kostenteilung allein unter den Küstenländern lehnt die Landesregierung ab. Sie sieht auch hier den Bund in der Federführung.

Die Landesregierung wird darauf hinwirken, dass bei Vorliegen der notwendigen Voraussetzungen inklusive einer operativ einsetzbaren Entsorgungsanlage Organisationsstrukturen geschaffen werden, mithilfe derer eine Räumung und umweltverträgliche Entsorgung koordiniert werden kann. Die Landesregierung wird sich zudem dafür einsetzen, dass diese Strukturen dazu mit entsprechenden Finanzmitteln, Kompetenzen und Zuständigkeiten auszustatten sind, so dass nachträgliche Zuständigkeitsdebatten vermieden werden können. Da die Munitionsräumung in den schleswig-holsteinischen Küstengewässern zu den Aufgaben des Landes gehört, wird in weiteren Gesprächen ein möglicher personeller wie finanzieller Beitrag Schleswig-Holsteins hierbei zu erörtern sein. Unter dem Vorbehalt der Bereitstellung entsprechender Ressourcen wird sich die Landesregierung dafür einsetzen, dass die Lastenverteilung den Aufgaben und Zuständigkeiten folgt. Konkrete Summen können hier noch nicht genannt werden, da die Gespräche noch nicht begonnen haben.

Für die Landesregierung ist es dabei wichtig, dass die Bergung und Entsorgung der Munitionsaltslasten sicher und umweltverträglich abläuft. Dies ist beim Bau und bei der

Zulassung entsprechender Plattformen zu berücksichtigen. Da die Landesregierung grundsätzlich den Bund in Federführung sieht, ist eine entsprechende Vergabe und Ausschreibung auch von dort zu initiieren. Die Landesregierung wird sich dafür einsetzen, dass die Bedarfe der Küstenländer ebenfalls Berücksichtigung finden. Die Landesregierung wird weiterhin fordern, dass im Rahmen einer Zulassung einer mobilen Entsorgungsplattform unter Federführung des Bundes die Zulassungsbedingungen der Länder mit umgesetzt werden. Daher sollten bei einer möglichen öffentlichen Vergabe für den Bau einer solchen Plattform die betroffenen Ressorts des Bundes und der Länder von Beginn an eingebunden werden. Hier müssen Bund und Küstenländer auch ressortübergreifend zusammen agieren, da eine mobile Plattform sowohl in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) als auch in den Küstengewässern einsetzbar sein sollte.

Betrachtet man die Menge an Munition, die in den deutschen Meeresgewässern insgesamt vermutet wird, ist der Umgang mit Munition im Meer als gemeinsame Aufgabe der Bundesregierung und der Küstenländer zu betrachten. Die aktuellen Beschlüsse sowohl im Bundestag als auch im Europäischen Parlament und bei der Ostseeparlamentarierkonferenz verdeutlichen die Dringlichkeit des Handelns. Insofern sind gemeinsame, auch internationale Finanzierungsmodelle zu diskutieren. Letztlich ist das Problem nicht auf die schleswig-holsteinischen Küstengewässer begrenzt.

Der Einstieg in die Beräumung wird bei Vorliegen der Voraussetzungen mit einem ersten Pilotprojekt starten müssen. Bei der Auswahl eines geeigneten Gebietes aber auch bei der noch ausstehenden Priorisierung der zu räumenden Gebiete wird die Landesregierung mit der vorhandenen Expertise aktiv dazu beitragen. Eine zukünftige industrielle Bergung sollte wissenschaftlich begleitet werden, um den Erfolg, aber auch noch zu behebbende Mängel und Risiken für die Umwelt rechtzeitig bewerten zu können.

Unter Vorsitz Schleswig-Holsteins wird der Expertenkreis Munition im Meer der BLANO aktiv daran mitwirken, zielführende Lösungen zum Umgang mit Munitionsaltlasten voranzubringen. Der Austausch mit den nationalen Partnern garantiert hier eine koordinierte Abstimmung und einen breit angelegten Blick auf das Thema.

Die Landesregierung wird sich weiterhin dafür einsetzen, dass die Diskussionen zum Thema Munition im Meer im nationalen und internationalen Rahmen fortgesetzt werden. Der HELCOM-Vize-Vorsitz des MELUND 2020/2021 hat hier mit der Einbringung von „Munition im Meer“ als Schwerpunktthema einen wichtigen Meilenstein gesetzt. Im Rahmen des Vize-Vorsitzes hat sich das MELUND dafür eingesetzt, dass die Arbeit, die bislang in der Arbeitsgruppe SUBMERGED bei HELCOM geleistet wurde, in Form eines Expertennetzwerkes fortgesetzt und intensiviert wird. Hierzu sollen weitere Partner zur Mitarbeit ermuntert werden. Eine abschließende Entscheidung zur Fortführung steht noch in diesem Jahr an.

Der Landesregierung ist es wichtig, dass die Einwohner an den Küsten, die im Wesentlichen durch die Munitionsaltlasten betroffen sind, frühzeitig über Erkenntnisse und angedachte weitere Schritte informiert werden. Daher hat das MELUND zuletzt am 01. Juni 2021 in einer Online-Veranstaltung Kommunalpolitik, Wirtschaft, Verbände und Einwohner über die aktuellen Erkenntnisse zur Lübecker Bucht informiert. Der Veranstaltung folgten mehr als 130 Personen.

Initiatoren aus Wirtschaft und Wissenschaft aus Schleswig-Holstein haben sich zusammengeschlossen und führen im September 2021 die Kiel Munition Clearance Week durch. Unter der Schirmherrschaft des Ministerpräsidenten wird hier ein internationales Podium etabliert, auf dem unterschiedliche Aspekte zum Thema Munition im Meer beraten und nachhaltige Lösungsansätze entwickelt werden. Die Veranstaltung verdeutlicht die in Schleswig-Holstein vorhandene Expertise und die von den unterschiedlichsten Akteuren aus Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Wissenschaft ausgehenden Initiativen, die Schleswig-Holstein auch international eine Vorreiterrolle zusichern. Das Land fördert die Veranstaltung daher und berät im Rahmen der vorhandenen personellen Ressourcen bezüglich der inhaltlichen Ausgestaltung.

## Literaturverzeichnis

- Abbondanzieri et al. (2018): RoBEMM - Entwicklung und Erprobung eines robotischen Unterwasser-Bergungs- und Entsorgungsverfahrens inklusive Technik zur Delaboration von Munition im Meer im Küsten- und Flachwasserbereich. - [https://www.researchgate.net/publication/330764080\\_RoBEMM\\_-\\_Entwicklung\\_und\\_Erprobung\\_eines\\_robotischen\\_Unterwasser-Bergungs-\\_und\\_Entsorgungsverfahrens\\_inklusive\\_Technik\\_zur\\_Delaboration\\_von\\_Munition\\_im\\_Meer\\_im\\_Kuesten-\\_und\\_Flachwasserbereich](https://www.researchgate.net/publication/330764080_RoBEMM_-_Entwicklung_und_Erprobung_eines_robotischen_Unterwasser-Bergungs-_und_Entsorgungsverfahrens_inklusive_Technik_zur_Delaboration_von_Munition_im_Meer_im_Kuesten-_und_Flachwasserbereich)
- Agarius (2019): Ergebnisse der Technischen Erkundung des Projektes Minsener Oog - Fachtagung Kampfmittelräumung, DFAB/BDFWT - <http://dfabgmbh.de/wp-content/uploads/11-J.-Agarius-Minsener-Oog.pdf>
- Appel et al. (2018): Bioaccumulation of 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) and its metabolites leaking from corroded munition in transplanted blue mussels (*M. edulis*) – ELSVIER, Marine Pollution Bulletin – <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.08.028>
- Beck et al. (2018): Spread, Behavior, and Ecosystem Consequences of Conventional Munitions Compounds in Coastal Marine Waters – Frontier in Marine Science <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00141>
- Beck et al. (2019): In Situ Measurements of Explosive Compound Dissolution Fluxes from Exposed Munition Material in the Baltic Sea – Environmental Science & Technology - <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b06974>
- Beldowski et al. (2019). Seadumped ammunition as a possible source of mercury to the Baltic Sea sediments. *Sci. Total Environ.* 674 - <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.058>.
- Böttcher et al. (2011): Munitionsbelastung der deutschen Meeresgewässer – Bestandsaufnahme und Empfehlungen (Jahr 2011), Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) Hamburg und Rostock, Meeresumwelt Aktuell Nord- und Ostsee, 2011/3
- Böttcher et al. (2013 bis 2020) Jahresberichte 2012 bis 2019 – <http://www.munition-im-meer.de>
- Bodes, KRD FHH (2019) mdl. Bericht in der Sitzung des Expertenkreises „Munition im Meer“
- Bünning et al. (2021) A Toolbox for the Determination of Nitroaromatic Explosives in Marine Water, Sediment, and Biota Samples on Femtogram Levels by GC-MS/MS. *Toxics* 2021, 9, 60. <https://doi.org/10.3390/toxics9030060>
- DAIMON, Måseskär (2019): Vortag in Bremerhaven über die Spuren der Grundschieppnetzscherei und ihre Folgen in einem Gebiet mit hoher Objektdichte von Kampfstoffmunition am Meeresboden
- Frey et al. (2019): Qualitätsleitfaden Offshore-Kampfmittelbeseitigung – Logos-Verlag, Studien zu Infrastruktur und Ressourcenmanagement, Bd. 10 - <https://www.logos-verlag.de/cgi-bin/engbuchmid?isbn=4889&lng=deu&id>
- Gäbe (2019): Projekt Minsener Oog im Allgemeinen aus der Sicht des WSA - <http://dfab-gmbh.de/wp-content/uploads/10-G%C3%A4be.pdf>

- Gledhill et al. (2019): Quantification of munition compounds in the marine environment by solid phase extraction – ultra high performance liquid chromatography with detection by electrospray ionisation – mass spectrometry – ELSEVIER Talanta <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2019.03.050>
- Greinert et al. (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 Ocean Report, NS 54 2019 - <http://oceanrep.geomar.de/id/eprint/48842>
- Kampmeier et al. (2020): Exploration of the munition dumpsite Kolberger Heide in Kiel Bay, Germany: Example for a standardised hydroacoustic and optic monitoring approach - Continental Shelf Research, Volume 198, 15 July 2020 - <https://doi.org/10.1016/j.csr.2020.104108>
- Koske et al. (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, Volume 155 - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X20302496?via%3DI-hub>
- Lang et al. (2019): Ressortbesprechung am 8.11.2019 im BSH, Hamburg
- Lehtonen (2019): Bioeffects, impact assessment and toolbox, DAIMON open day, [https://www.daimonproject.com/uploads/1/4/1/9/14191186/daimon\\_bremerhaven\\_open\\_day\\_bioeffects\\_impact\\_assessment\\_and\\_toolbox\\_kk\\_lehtonen.pdf](https://www.daimonproject.com/uploads/1/4/1/9/14191186/daimon_bremerhaven_open_day_bioeffects_impact_assessment_and_toolbox_kk_lehtonen.pdf); Ergänzend: <https://www.daimonproject.com/ecotox-toolbox.html>
- Maser & Strehse (2020): “Don’t Blast”: blast-in-place (BiP) operations of dumped World War munitions in the oceans significantly increase hazards to the environment and the human seafood consumer; Springer-Verlag, Nature - *Arch Toxicol* (2020). <https://doi.org/10.1007/s00204-020-02743-0>
- Maser, E., Strehse, J.S. (2021): Can seafood from marine sites of dumped World War relicts be eaten?. *Arch Toxicol* (2021). <https://doi.org/10.1007/s00204-021-03045-9>
- Menzel et al. (2018): Towards a general prediction-model for the current-induced mobilisation of objects on the sea floor - *Ocean Engineering*, Volume 164, 15 September 2018, Pages 160-167 - <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.06.047>
- Müller (2018): Untersuchung alterungsbedingter Eigenschaftsveränderungen bei Explosivstoffen – Fachtagung Kampfmittelräumung, DFAB/BDFWT - <http://dfabgmbh.de/wp-content/uploads/17-Untersuchung-alterungsbedingter-M%C3%BCller.pdf>
- Noth-Sea-Wrecks, INTTERREG-Nordsee, Deutsches Schifffahrtsmuseum: <https://www.dsm.museum/forschung/forschungsprojekte/north-sea-wrecks/>
- Pfeiffer (2017), NICHT öffentlich: Gefahrenbewertung Grundmine MK. 1-7 [UK] – Büro für Sicherheitsforschung, Marburg
- Preuß-Wössner et al. (2020): Altlasten des Krieges – Verbrennungen durch weißen Phosphor. *Rechtsmedizin* 30, 31–37 - <https://doi.org/10.1007/s00194-019-00361-4>
- Reuter (2019): DSS –Decision Support System - [https://www.daimonproject.com/uploads/1/4/1/9/14191186/daimon\\_presentation\\_bremerhaven\\_open\\_day\\_tuc.pdf](https://www.daimonproject.com/uploads/1/4/1/9/14191186/daimon_presentation_bremerhaven_open_day_tuc.pdf)

- Rudolph Hrsg. (2015): Gefährliche Strandfunde, Wachholtz Kompakt
- Schuster et al. (2021): Exposure to dissolved TNT causes multilevel biological effects in Baltic mussels (*Mytilus* spp.), *Marine Environmental Research*, Volume 167, 2021, 105264, ISSN 0141-1136, <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105264>.
- Siedlewicz et al. (2019): Concentration of methylmercury in marine sediments collected in munition dumpsites - [https://www.daimonproject.com/uploads/1/4/1/9/14191186/siedlewicz\\_poster\\_2.3\\_2.pdf](https://www.daimonproject.com/uploads/1/4/1/9/14191186/siedlewicz_poster_2.3_2.pdf)
- Strehse et al. (2017): Biomonitoring of 2,4,6-trinitrotoluene and degradation products in the marine environment with transplanted blue mussels (*M. edulis*), *ELSEVIER, Toxicology* Vol. 390, Seiten 117 – 123 - <https://doi.org/10.1016/j.tox.2017.09.004>
- Strehse et al. (2019): Monitoring von Giftstoffen im Meer. *Biospektrum* 25, 26–28 (2019) - <https://doi.org/10.1007/s12268-019-0998-x>
- Strehse & Maser (2020): Marine bivalves as bioindicators for environmental pollutants with focus on dumped munitions in the sea: A review, *Marine Environmental Research*, Volume 158 - <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105006>
- TI-FÖ (2019): Untersuchungen zur Bedeutung der Schadstoffbelastung aus versenkter Munition in der Ostsee für Bodenfischerte - [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_external/dn063347.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_external/dn063347.pdf)
- UBA (2019): Ressortforschung “Trends und Daten zur Verbreitung von Munitionsresten in der Meeresumwelt” 2020 – 2022 [FKZ 3719 25 299 0]
- UDEMM Homepage 2019, AP2 IOW: <https://udemmm.geomar.de/de/ap2-modells>
- Wendt (2019): Visualization of the DSS – Decision Support System - [https://www.daimonproject.com/uploads/1/4/1/9/14191186/2019-02-07\\_daimon\\_openday\\_egeos.pdf](https://www.daimonproject.com/uploads/1/4/1/9/14191186/2019-02-07_daimon_openday_egeos.pdf)