

# Meidung und Minderung von Umweltschäden bei der Beseitigung von Munition im Meer

Bericht zur Online-Fachveranstaltung am 17. Juni 2021

Eine Fachveranstaltung des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) unter  
Mitwirkung von Sven Koschinski, Meereszoologie, Nehnten und  
Katrin Wollny-Goerke, meeresmedien, Hamburg

Mai 2022



© Fjord & Belt, Kerteminde DK

## Programm Online-Fachveranstaltung "Meidung und Minderung von Umweltschäden bei der Beseitigung von Munition im Meer"

Uhrzeit	Programm
09:00–09:10	<b>Begrüßung</b> Dr. Britta Knepfelkamp, BfN Vilm
09:10–09:15	<b>Technische Informationen für die Teilnehmende</b> Katrin Wollny-Goerke, meeresmedien
09:15–09:35	Prof. Dr. Ursula Siebert, Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung an der Tierärztlichen Hochschule Hannover <b>Untersuchungen von gestrandeten Schweinswalen auf Sprengtraumata</b>
09:35–09:55	Prof. Dr. Edmund Maser, Institut für Toxikologie und Pharmakologie für Naturwissenschaftler, Kiel <b>Mögliche Auswirkungen von Munitionsbelastungen auf Habitate, absehbare und potenzielle Effekte auf das Ökosystem</b>
09:55–10:15	Sven Koschinski, Meereszoologie: <b>Minderungsmaßnahmen bei Sprengungen und verbleibende Unsicherheiten</b>
10:15–10:45	Fragen, Diskussion (30 min)
10:45–11:05	<i>Pause (20 min)</i>
11:05–11:25	Thomas Bleicher, Kampfmittelbeseitigungsdienst Niedersachsen <b>Verzieren von Altmunition und Sprengung an der Luft</b>
11:25–11:45	Oliver Kinast, Kampfmittelräumdienst Schleswig-Holstein <b>Behandlung britischer Grundminen mit sprengtechnischer Entschärfung – Aktueller Stand der Technik</b>
11:45–12:05	Alexander Bach, Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein <b>Industrielle Sanierung von Munitionsaltlasten, Perspektiven, Hindernisse, Umweltanforderungen</b>
12:05–12:35	Fragen, Diskussion (30 min)
12:35–12:45	Verabschiedung und Fazit

## Einleitung

Auf dem Meeresboden der deutschen Nord- und Ostsee liegen ca. 1,6 Millionen Tonnen konventionelle Altmunition aus den beiden vergangenen Weltkriegen. Abhängig von den lokalen Bedingungen sind viele Munitionshüllen bereits stark korrodiert oder geöffnet, so dass Sprengstoff austreten kann. Bei fortschreitender und perspektivisch vollständiger Korrosion wird der verbleibende Sprengstoff mit gängigen Methoden nicht mehr aus dem Meer zu entfernen sein. Die durch Munition im Meer entstehenden Belastungen sowie die Folgen für Nord- und Ostsee wurden lange vernachlässigt. Für den Umwelt- und Naturschutz sind hierbei vor allem folgende Aspekte relevant:

- Kontamination der Meeresumwelt mit giftigen, mutagenen und kanzerogenen Substanzen durch den korrosionsbedingten Zerfall von Altmunition und die unvollständige Verbrennung bei Sprengungen. Dies hat u. a. Auswirkungen auf die marinen Arten und Nahrungsnetze.
- Gefahr der Tötung und Verletzung von Meerestieren noch in großen Entfernungen durch die von Sprengungen ausgehenden Schockwellen sowie Zerstörung von geschützten bzw. ökologisch wertvollen Habitaten.

Nach Jahren der Stagnation herrscht in der Politik auf Bundes- und Landesebene inzwischen eine große Einigkeit, dass die Bergung ein wesentlicher Bestandteil für den Umgang mit konventioneller Munition im Meer ist. Eine Bergung und endgültige Beseitigung der Kriegsaltslasten wird jedoch voraussichtlich viele Jahre in Anspruch nehmen und erfordert die Integration vorhandener und neuer Technologien in die gesamte Prozesskette von der Detektion bis zur Entsorgung. Der Robotertechnologie wird dabei eine besondere Bedeutung zukommen. Zunächst wird sich die Bergung vermutlich auf Bereiche konzentrieren müssen, in denen die Munitionsbelastung besonders hoch ist. Dies sind insbesondere die Munitionsversenkungsgebiete (MVG) wie z. B. das MVG Kolberger Heide in der Kieler Außenförde, das in den letzten Jahren ein Schwerpunktgebiet zur Erforschung der Auswirkungen von sprengstofftypischen Verbindungen im Wasser und in marinen Arten war. Aus naturschutzfachlicher Sicht sollte die Beräumung der MVG sprengungsfrei und ohne Schadstofffreisetzung erfolgen.

Vor dem Hintergrund des fortschreitenden Ausbaus der Offshore-Windenergie ist jedoch auch vermehrt mit Einzelfunden, die kurzfristig beseitigt werden müssen, zu rechnen. Bei diesen Funden muss, neben der Sicherheit der Schifffahrt, von Fischern oder Tauchern sowie dem Betrieb von Offshore-Anlagen, der Meeresnaturschutz berücksichtigt werden. Es ist eine Herausforderung, diese Aspekte in Einklang zu bringen. Die Beräumung der Munitionsfunde im Rahmen der Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen, Verkehrsprojekten sowie Leitungstrassen muss so gelöst werden, dass auf Sprengungen möglichst verzichtet werden kann. Bei unverzichtbaren Sprengungen müssen zwingend effektive Minderungsmaßnahmen vorgenommen werden. Die Ziele der Veranstaltung sind daher neben der Beschreibung der Auswirkungen von Sprengungen auf marines Leben, die Vorstellung von Beispielen aus der aktuellen Munitionsbeseitigungspraxis sowie ein Ausblick auf die Zukunftsvision einer umweltfreundlichen Bergung und Beseitigung.

Die folgenden Zusammenfassungen der Beiträge sind die Meinungen und Darstellungen der jeweiligen Autoren.

## Untersuchungen von gestrandeten Schweinswalen auf Sprengtraumata

**Prof. Prof. h. c. Dr. Ursula Siebert, Dr. Maria Morell, Dr. Tobias Schaffeld, Dr. Joseph Schnitzler, Dr. Jan Lakemeyer, Dr. Julian Stürznickel, PD Dr. Ralf Oheim und Prof. Dr. Michael Ameling, Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover**

Der nach FFH-Richtlinie und BNatSchG in der EU besonders geschützte Schweinswal ist einer Reihe von Belastungen ausgesetzt und insgesamt in einem schlechten Erhaltungszustand. Aufgrund seiner Körpergröße und des hohen Metabolismus ist der Schweinswal auf eine konstante Nahrungszufuhr angewiesen. Schweinswale orientieren sich und finden Beute mithilfe ihres Biosonars und sind somit unmittelbar auf ein funktionales Gehör angewiesen. Auch für die Kommunikation und die Vermeidung von Hindernissen ist das Gehör wichtig. Unterwasserlärm stellt somit ein ernstes Problem dar. Schall kann je nach Intensität zu Maskierung und Stress, Verhaltensreaktionen, Hörbeeinträchtigungen/Hörverlust oder sogar zu tödlichen Verletzungen führen.

Starker impulshafter Schall und die Druckwellen von Explosionen können Explosionstraumata auslösen. Unter diesem Begriff fasst man eine Reihe von Verletzungen zusammen, die im Zusammenhang mit Explosionen stehen: z. B. Frakturen oder Verschiebung der Mittelohrknochen; Blutungen und Hämatome in den Ohren, akustischen Fett, Gehirn oder Lunge; Gewebsrisse in den Wänden der Lungenbläschen; Zerreißen von größeren Lungenteilen; Gewebsrisse im Magen-Darm-Trakt usw. Im Innenohr kann es zu Beschädigung der Haarzellen sowie Abnahme der Spiralganglionneuronen und afferenten Nervensynapsen kommen. Infolge von 42 Unterwassersprengungen britischer Grundminen im Zeitraum vom 28. bis 31. August 2019 durch eine NATO Einheit im NSG Fehmarnbelt wurden 24 entlang der deutschen Ostseeküste zwischen September und November 2019 tot aufgefundene Schweinswale mit forensisch-pathologischen und bildgebenden Verfahren auf Sprengtraumata hin untersucht. In den durchgeführten Obduktionen wurden weiterhin Daten zu Histologie, Mikrobiologie/Virologie, Parasitologie, Alter und Reproduktionsbiologie, Nahrungsökologie und Genetik sowie Toxikologie gesammelt, um ein umfassendes Bild über die Schweinswale zu erhalten.

Die Befunde der Explosionstrauma-Untersuchungen zeigten Blutungen und Hämatome im akustischen Fett im Unterkiefer, der Melone und um das Ohr umgebenden akustischen Fett. Weitere gefundene typische Explosionstraumata waren Fraktur und Verschiebung der Mittelohrknochen. Von den 24 untersuchten Tieren starben 8 Tiere am Explosions-/akustischen Trauma. Ein weiteres Tier zeigte zusätzlich noch ein stumpfes Trauma (z. B. von einer Kollision) und ein weiteres Tier mit Explosionstrauma war als Beifang gestorben (Siebert et al. 2020; Siebert et al. submitted.). Letzteres ist ein Indiz, dass die beiden Tiere das Explosionstrauma zunächst überlebt haben aber aufgrund der Schädigung des Gehörs Probleme mit der Orientierung/Wahrnehmung bekommen hatten. Schon in einer früheren Untersuchung von beigefangenen Schweinswalen waren Schädigungen durch Explosionen aufgefallen (Wohlsein et al. 2019). Das mittlere Todesalter von weiblichen Schweinswalen in der deutschen Ostsee liegt mit  $3,67 \pm 0,3$  Jahren im Bereich des Eintritts der Geschlechtsreife bei diesen Tieren (Kesselring et al. 2017). Durch diese viel zu kurze Lebenserwartung sind Auswirkungen auf die Population zu erwarten. Explosionen während militärischer Aktivitäten oder Beseitigung von Munitionsaltlasten sind eine große Bedrohung für Schweinswale und andere Meerestiere sowohl aufgrund der direkten wie auch der indirekten Effekte. Die Anwendung von Lärmreduzierungsmaßnahmen und Abschreckung/Warnung von Tieren wird ohne Ausnahme dringend benötigt. Auch andere Belastungen für Schweinswale müssen dringend reduziert werden.

## Mögliche Auswirkungen von Munitionsbelastungen auf Habitate, absehbare und potentielle Effekte auf das Ökosystem

**Prof. Dr. Edmund Maser, Dr. Jennifer Strehse und Tobias Bünning, Institut für Toxikologie und Pharmakologie für Naturwissenschaftler, Kiel**

Mögliche Auswirkungen auf das Ökosystem und auf Menschen als Konsumenten belasteter Meeresfrüchte bestehen durch die Toxizität von Explosivstoffen. TNT und dessen Derivate sind humantoxisch und können zu Hautausschlägen führen sowie Blut, Leber, Augen und Nerven schädigen. Sie sind vor allem mutagen und kanzerogen. Im Rahmen verschiedener Verbundforschungsvorhaben wurde die Analytik dieser Stoffe in Meerestieren entwickelt, so dass erhobene Daten eine toxikologische Bewertung (Beeinträchtigung des Ökosystems, Eintrag in die Nahrungskette und Gefährdungspotential für den Menschen) ermöglichen. In einem Expositionsexperiment im Munitionsversenkungsgebiet Kolberger Heide wurde die Anreicherung von TNT und verschiedenen Abbauprodukten in Miesmuscheln belegt. An einem Minenhaufen fand sich eine Konzentration in der Größenordnung um 4 ng/g Muschelgewebe. In einem aus „low-order“-Sprengungen resultierenden Explosionstrichter, in dem Schießwollebrocken offen liegen, wurden um ein Vielfaches höhere Konzentrationen von TNT Derivaten gefunden (Maser & Strehse 2020). Nach einer humantoxikologischen Bewertung mit Standardmethoden können Muscheln von rostenden Munitionsteilen (noch) verzehrt werden während Muscheln, die in Kontakt mit frei liegendem Sprengstoff waren, ein krebserzeugendes Risiko für Konsumenten bergen (Maser & Strehse 2021). Historisches Material aus der Umweltprobenbank (nicht verfügbar aus munitionsbelasteten Gebieten) ermöglicht die Untersuchung einer Zeitreihe von Miesmuscheln wodurch man sich eine Aussage über die Entwicklung der Freisetzung von TNT in die Meeresumwelt erhofft. Biomarker erlauben eine Aussage über toxikologische Effekte auf Muscheln selbst. Carbonylreduktase ist z. B. ein Bioindikator, der oxidativen Stress durch Schadstoffbelastung anzeigt, der die Fitness der Muscheln beeinträchtigt und ihre Populationsdynamik beeinträchtigen kann. Dieser Biomarker ist bei Muscheln aus der Freilandstudie signifikant erhöht (Strehse et al. 2020).

Bei verschiedenen Tierarten (Fische, Muscheln, Borstenwürmer, Krebse) sind letale Konzentrationen (50 % sterben im Laborexperiment) sowie Effektkonzentrationen (Beeinträchtigung des Verhaltens, Wachstums etc.) bekannt. Letale Konzentrationen (z. B. 3 mg/l bei Jungfischen) können an der Oberfläche von Schießwolle erreicht werden. In durchgerosteten Munitionshüllen, die von Organismen besiedelt oder zur Eiablage genutzt werden können, wurden entsprechende Konzentrationen gemessen. Geringere Konzentrationen können sich auf die Gesundheit von Fischen auswirken. So wurden an mit TNT belasteten Plattfischen in der Kolberger Heide bei einem Viertel der Tiere Lebertumore nachgewiesen, deutlich mehr als in einem weniger belasteten Vergleichsgebiet. Das humantoxikologische Risiko ist vermutlich gering, da die Explosivstoffe in der Galle, nicht aber im Muskelfleisch nachgewiesen werden konnten (Kammann et al. 2021). Die verringerte Fitness kann sich auf die örtliche Fischpopulation auswirken.

Explosivstoffe aus versenkter Kriegsmunition sind toxisch und krebserregend. Sie gefährden die marine Ökologie und Diversität. Sie können über den Eintritt in die marine Nahrungskette auch den Menschen gefährden. Das weitere Wegrosten der Metallhüllen wird das Problem zukünftig vergrößern. Eine Räumung muss sofort beginnen und durch ein aktives (Bio)-monitoring begleitet werden. Unterwassersprengungen sollten nur noch im äußersten Notfall unter Anwendung von effektiven Blasenschleiern erfolgen. Low-order Sprengungen erhöhen das toxikologische Risiko.

## Minderungsmaßnahmen bei Sprengungen und verbleibende Unsicherheiten

**Sven Koschinski, Meereszoologie, Nehnten**

Bei Unterwassersprengungen finden Artenschutz und Gebietsschutz Anwendung (§ 44 bzw. 34 BNatSchG). Maßgeblich ist dabei ein signifikant erhöhtes Verletzungs- und Tötungsrisiko (nicht die tatsächliche Verletzung) und die Anwendung gebotener fachlich anerkannter Schutzmaßnahmen. Eine erhebliche Beeinträchtigung von Schutzgebieten muss vermieden werden. Der Gebietsschutz setzt gegenüber dem Artenschutz noch erhöhte Maßstäbe.

Die beim Sprengen entstehende Schockwelle zeichnet sich durch eine extrem kurze Signalanstiegszeit und sehr hohe Drücke aus. Die Schockwelle pflanzt sich auch durch Gewebe fort und kann zu schweren oder gar tödlichen Verletzungen führen. Bei einem SEL von 164 dB für einen Einzelimpuls wurde bei Schweinswalen eine temporäre Hörschwellenverschiebung nachgewiesen (Lucke et al. 2009), was als Beginn einer Verletzung interpretiert wird. Die Wirkradien auf zu schützende Tiere liegen im Bereich vieler Kilometer. Durch einen geeigneten Blasenschleier lässt sich der Wirkradius deutlich verkleinern. Die Eignung eines Blasenschleiers hängt u. a. vom Radius und der verwendeten Luftmenge sowie der Ladungsgröße und Art der Umsetzung (high-order als worst case) ab. Am besten untersucht sind Blasenschleier bei Sprengungen in einer Wassertiefe von 12 m aus einer Reihenuntersuchung der WTD71. Die am Meeresgrund aus dem Düsenrohr austretende Luftmenge ist maßgeblich für die Dämpfung, die abhängig vom Umgebungsdruck ist und somit mit steigender Wassertiefe abnimmt. Bei größeren Wassertiefen müssen daher mehr Kompressoren vorgehalten werden. Die benötigte Luftmenge steigt auch mit dem Radius des Düsenrohres, der abhängig von der Ladungsgröße ist. Es hat sich gezeigt, dass bei einer Mine mit ca. 300 kg Ladungsgewicht ein Blasenschleier mit Radius von ca. 70 m eine hohe Dämpfung erzielt. Bei einem Radius von 22 m wirkt sich die Gasblase der Explosion negativ auf die Dämpfung aus. In geeigneten Forschungsprojekten könnte auf eine Optimierung (auch unter Kostengesichtspunkten) hingearbeitet werden. Bis dahin muss ein Blasenschleier mit dem besten Wissensstand konfiguriert werden. Begleitende Schallmessungen könnten genutzt werden, um den Wissensstand zu verbessern.

In der Planungsphase einer Sprengung sollten Alternativen zur Sprengung, zum Sprengzeitpunkt und zum Sprengort geprüft werden. Analysen des Wirkungsbereichs auf empfindliche Arten bzw. Habitate sollten durchgeführt werden und bei nicht vermeidbaren Sprengungen prozedurale und technische Minderungsmaßnahmen geplant werden. Minderungsmaßnahmen bestehen neben der technischen Schallminderung aus gezielten Beobachtungen durch „Walbeobachter“, die bei einer Sichtung die Sprengung abbrechen können und einer Vergrämung mit geeigneten Methoden. Im Einzelfall ist ein Vergrämungskonzept unter Verwendung akustischer Methoden, z. B. Pinger und Seal Scarer, zu erstellen. Nach einer Sprengung sollte eine gezielte Nachsuche nach verletzten oder getöteten Tieren erfolgen. Das Strandungsnetzwerk (z. B. Seehundjäger) sollte über Sprengungen informiert werden.

Aufgrund der Größe der Gefahrenzone bei einer ungedämpften Sprengung ist eine vollständige Überwachung durch Beobachter nicht möglich. Die Vergrämung stellt daher keinen vollständigen Schutz dar, da Vergrämungsradien die Gefahrenzone nicht vollständig abdecken. Nur in Kombination mit einem Blasenschleier deckt der Vergrämungsradius die Gefahrenzone ab. Auf „Vorsprengungen“ ist unbedingt zu verzichten, da die Wirksamkeit nicht dokumentiert ist und schon von kleinen Ladungen ein Verletzungsrisiko ausgeht.

## Verziehen von Altmunition und Sprengung an der Luft

### Thomas Bleicher, Leiter des Kampfmittelbeseitigungsdienstes Niedersachsen

Bei einem Kampfmittelfund wird als erstes eine Gefährdungsbeurteilung erstellt. Wichtige Unterschiede bezüglich der Handhabungs- und Transportsicherheit bestehen z. B. zwischen verklappter Munition und verschossener Munition, zu der Blindgänger und noch „einsatzfähige“ Munition wie z. B. verbliebene Ankertauminen zählen. Die Beurteilung der Zündkette und der Zustand eines Kampfmittels sind dabei zentrale Aspekte.

Die Beurteilungsergebnisse bestimmen die Handlungsoptionen. Nicht transportfähige und nicht verlagerungsfähige Kampfmittel müssen direkt am Fundort gesprengt werden. Nicht transportsichere aber verlagerungsfähige Kampfmittel können an einem anderen Ort gesprengt werden. Einzelne nicht transportsichere Munition kann entschärft und dann an Land entsorgt werden. Handhabungs- und transportsichere Munition wird geborgen und an Land entsorgt. Letzteres betrifft (nach Stückzahl) den größten Teil der Kampfmittelfunde.

Um Unterwassersprengungen zu vermeiden, verfolgt der Kampfmittelbeseitigungsdienst Niedersachsen seit dem Baubeginn der Kabeltrasse Riffgat in der Osterems im Jahr 2012 das Verziehen verlagerungsfähiger Munition und die für Meerestiere weniger schädliche Sprengung an der Luft nach dem Trockenfallen auf einer Sandbank. Unterwassersprengungen sollen die absolute Ausnahme darstellen.

Innerhalb der niedersächsischen Küstengewässer erfolgt die Gefährdungsbeurteilung durch den zuständigen Kampfmittelbeseitigungsdienst. Im Auftrag tätige Firmen werden hier vom Kampfmittelbeseitigungsdienst beratend überwacht, so dass sichergestellt wird, dass wirtschaftliche Gesichtspunkte bei der Entscheidung der Behandlung des Kampfmittels keine Rolle spielen und der bestmögliche Ausbildungsstand bei der Identifizierung und Beurteilung zum Tragen kommen. Bei in der AWZ tätigen Firmen gibt es i. d. R. keine Kontrolle der Gefährdungsbeurteilung durch eine unabhängige Stelle. Grundsätzlich wird nur transportfähige Munition an den Kampfmittelbeseitigungsdienst zur Weiterbehandlung übergeben. Sichere Transportboxen und eine gute Kennzeichnung der Kampfmittel sind dabei unabdingbare Voraussetzungen, die leider nicht immer gegeben sind.

Anforderungen an die Sprengung an der Luft sind, dass Kampfmittel verlagerungsfähig sind, ferngesteuert (d. h. ohne Risiko für das Personal, z. B. mit Hebesack) angehoben und sicher transportiert werden können (gesicherte Transporteinheit, sichere Schleppverbindung, geeignete Wetterverhältnisse). Weiterhin muss sichergestellt sein, dass die Sandbank bei Niedrigwasser auch tatsächlich trockenfällt (je nach Wetterbedingungen oder Mondzyklus ist der Gezeitenunterschied variabel, Seekartenangaben können veraltet sein). Das Verziehen erfolgt über eine möglichst kurze Distanz. Im Einzelfall (wie einer im Januar 2017 treibend aufgefundenen Ankertaumine) wurden jedoch Kampfmittel schon 100 km weit geschleppt, um sie an einem Sprengplatz auf einer Sandbank zu beseitigen.

Die Sprengung auf einer Sandbank stellt noch keine optimale Lösung dar. Noch ist die Bergung durch den Kampfmittelbeseitigungsdienst und eine fachgerechte Entsorgung an Land die beste Option.

## Umgang mit britischen Grundminen: „Der schleswig-holsteinische Weg“

**Oliver Kinast, Leiter des Kampfmittelräumdienstes des Landes Schleswig-Holstein**

Bei der Gefährdungsbeurteilung von Munition im Meer ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen verklappter Munition und der im Umgang um ein Vielfaches gefährlicheren Einsatzmunition mit kompletter Zündkette (Zünder-Detonator-Übertragungsladung-Wirkladung). Englische Grundminen, die vermehrt in schleswig-holsteinischen Küstengewässern gefunden wurden, gelten aufgrund ihrer besonderen Zündvorrichtungen (Wasserdruckschalter, Zündung durch Geräusche oder Erschütterungen) als besonders gefährlich.



Entschärfte britische Grundmine © Kampfmittelräumdienst Schleswig-Holstein

Unter der Annahme, dass die Akkumulatoren, die die Zündung einleiten, nicht mehr ausreichend Spannung liefern, kann die Zündkette unter Wasser durch Absprengung des Gerätekastens (siehe Abbildung) mittels Schneidladung unterbrochen werden, indem Zünder und Detonator von der Übertragungsladung getrennt werden.

Durch den Druckimpuls kann es bei starken chemischen Veränderungen (Pikratbildung in der noch vorhandenen Übertragungsladung) ungewollt zu einer Umsetzung kommen, so dass von einer Bergung des Ladungskastens und einer anschließenden Verbringung an Land abgesehen wird. Dieser kann jedoch unter besonderen Sicherheitsvorkehrungen für eine spätere Behandlung an einen Ablageplatz unter Wasser verlegt werden. Das in der Übertragungsladung enthaltene Tetryl ist durch chemische Umwandlungsprodukte empfindlicher geworden und sollte nur in nassem Zustand transportiert werden.

Die aktuelle Vorgehensweise zur Entschärfung englischer Grundminen sieht vor, nach der Überprüfung des Ist-Zustandes der Zündkette durch einen Taucher und der Vergrämung von Schweinswalen mittels DDD-Pingern und einem Seal Scarer, den Gerätekasten mittels einer Sprengschnur abzutrennen. Die um die Mine gelegte Sprengschnur enthält ca. 240 g Sprengstoff. Frühestens 30 Minuten nach der Absprengung überprüft ein Taucher die Trennung der Zündkette. Im Regelfall wird der Ladungskasten am nächsten Einsatztag mittels Kran in waagerechter Lage an Bord gehievt und in einer wassergefüllten Transportwanne abgelegt und mit einem Gestell gegen Verlagerung gesichert.



Im Sperrgebiet Kolberger Heide wird der Ladungskasten vorsichtig so abgelegt, dass um die Mine herum genügend Platz ist, damit ein Roboter ihn später weiterbearbeiten kann, um ihn der Entsorgung zuzuführen, sobald die technischen Voraussetzungen dafür vorliegen.

## **Industrielle Bergung von Munitionsaltlasten, Perspektiven, Hindernisse, Umweltanforderungen**

**Alexander Bach, Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein, Kiel**

In den letzten Jahren hat sich die Technologie zur Beseitigung von Altmunition im Meer deutlich weiterentwickelt. Einen wesentlichen Anteil daran hatten Forschungsprojekte und das Innovationspotenzial von Unternehmen der Branche. Als Lösung für konzentriert z. B. in Munitionsversenkungsgebieten liegende Munition, aus der durch zum Teil fortgeschrittene Korrosion gefährliche Stoffe austreten, wird eine seegestützte Bergungsplattform diskutiert, mit der die gesamte Entsorgungskette abgebildet werden soll. Von der Auffindung über Transport, Hebung, Delabrierung, Zerlegung bis zur (thermischen) Entsorgung sollen alle Prozesse robotergestützt ferngesteuert oder autonom ablaufen, damit Menschen nicht gefährdet werden. Ein entsprechendes Konzept wurde im Forschungsprojekt ROBEMM erarbeitet: <https://vimeo.com/320259541>. Eine Plattformlösung für eine industrielle Bergung könnte die Menge der beräumbaren kampfmittebelasteten Flächen innerhalb weniger Jahre deutlich erhöhen.

Ideen für eine Lösung sind vorhanden. Die Technologie der Einzelkomponenten steht grundsätzlich zur Verfügung. Der Zusammenschluss zu einer Prozesskette erfordert jedoch noch weitere Ingenieurleistung sowie den Bau einer Pilotanlage. Die zu erwartenden Skaleneffekte können erst im Rahmen eines Pilotprojektes konkretisiert werden. Ein Erhalt der Wertschöpfung im eigenen Land setzt Anreize für heimische Unternehmen.

Herausforderungen im Bereich der Verwaltung sind die Zusammenführung von Kompetenzen und Zuständigkeiten von Behörden aus verschiedenen Ressorts sowie zwischen Bund und Ländern. Dies betrifft zum Beispiel Genehmigung und Betrieb einer Anlage. Die Finanzierung muss geklärt und rechtliche Sicherheit gegeben sein. Ggf. muss der Gesetzesrahmen jetzt schon auf diese zukünftige Aufgabe vorbereitet werden. Relevante Gesetze und Verordnungen sind u. a. SprengG, ChemG, SeeUmwVerhVO, GGVSee, KampfM-VO, BImSchG, HoheSeeEinbrG (gilt in der AWZ). Im Bereich der notwendigen Umweltauflagen sind Umweltgesetze und Naturschutzgesetze (z. T. in Konkurrenz) zu beachten. Die Bergung würde Punkt-Emissionsquellen beseitigen, führt aber möglicherweise zu Beeinträchtigungen im Naturschutz (NATURA 2000). Auch die Entsorgung des Prozesswassers und möglicher Reststoffe am Ende der Prozesskette ist zu betrachten. Relevant ist dabei z. B. das verschiedene Gesetze umfassende Abfallrecht.

Im Bereich der Politik und Gesellschaft ist ein breiter Konsens nötig und zum Teil schon gegeben. Eine offene Kommunikation mit Anwohnern der betroffenen Regionen und frühzeitige Einbindung der Kommunen in die Planungen sind erforderlich, um vor Ort die notwendige Akzeptanz zu schaffen (auch Aufgabe der Verwaltungen, s. o.). Parlamente und Regierungen müssen auf verschiedenen Ebenen (Ressorts, Bund/Länder) den Weg bereiten. Multilaterale Kooperationen auf internationaler Ebene (Europäische Union, OSPAR, HELCOM usw.) sind langfristig anzustreben.

Auswirkungen auf Wirtschaftszweige können positiv aber auch negativ sein, so dass eine vorausschauende Vorgehensweise erforderlich ist. Die (Weiter-)Entwicklung entsprechender Lösungen durch Unternehmen erfolgt nur bei lohnendem Business-Case. Eine langfristige Perspektive muss durch entsprechenden politischen Willen erkennbar sein. Mögliche negative Auswirkungen auf einzelne Wirtschaftszweige (z. B. Tourismus, Seeverkehr) sind zu beachten. Die Nähe von Verkehrswegen und Badestränden/Erholungsgebieten zum MVG Kolberger Heide, einem viel diskutierten möglichen Pilotstandort, macht dies deutlich.

## Fazit und Ausblick

Der Umgang mit dem Thema Munition im Meer hat sich in den letzten 15 Jahren stark gewandelt. Munition im Meer zu belassen, galt bislang als die erste Handlungsoption. Für die Schifffahrt sicherheitsrelevante Munition wurde oft ohne Beteiligung von Naturschutzbehörden und ohne Minderungsmaßnahmen gesprengt. Intensive Forschung in nationalen und internationalen Projekten hat jedoch neues Wissen zutage gebracht und einen dringenden Handlungsbedarf sowie Handlungsalternativen aufzeigt. So wird die Belastung heute anders bewertet, als z. B. im ersten Bericht der Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Nord- und Ostsee (Böttcher et al. 2011). Die Forschung hat gezeigt, dass Pflanzen und Tiere sprengstofftypische Verbindungen (STV) wie z. B. TNT und weitere „Umbauprodukte“ aufnehmen. Darüber hinaus belegen Biomarker für oxidativen Stress (Carbonylreduktase) in Abhängigkeit der TNT Konzentration Auswirkungen z. B. auf die Gesundheit oder Reproduktion von Meerestieren. Unmittelbar an freiliegender Schießwolle wurden sogar für viele Lebewesen tödliche Konzentrationen gemessen. Die Deflagration von Munition, also ein schneller Abbrand, ist trotz besserer Lärmbilanz und damit geringerem Verletzungsrisiko für Meereswirbeltiere wie die Schweinswal keine umweltgerechte Lösung, da bei diesem Verfahren Schadstoffe vermehrt freigesetzt werden, die in das Nahrungsnetz gelangen können. Zudem kann eine Deflagration wieder in eine Explosion umschlagen.

Dass Unterwasserexplosionen das Potential haben, Meerestiere zu töten oder zu verletzen, ist lange bekannt. Die aktuellen Forschungsergebnisse der Tierärztlichen Hochschule Hannover sind ein Meilenstein, denn mit innovativen Methoden gelang der Nachweis, welche massiven Verletzungen (z. B. Frakturen und starke Blutungen im Gehör) bei Schweinswalen tatsächlich auftreten können. Zudem zeigen sich Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang von sprengungsbedingten Hörschäden und Beifängen in Stellnetzen. Dieses Forschungsergebnis muss bei der Bewertung von Meeressäugerbeifängen zukünftig stärker berücksichtigt werden. Da mögliche Verletzungsradien sehr groß sind und eine großräumige vollständige Vergrämung nicht möglich ist, stellt eine Vergrämung durch akustische Geräte allein keine geeignete Maßnahme dar, um Verletzungen durch Explosionen zu vermeiden.

Auch die Möglichkeiten einer technischen Minderung der Auswirkungen z. B. durch den Blaseschleier sollte weiterentwickelt werden. So kann die Dämpfungswirkung des Blaseschleiers in Abhängigkeit der Wassertiefe, der Luftmenge und weiteren technischen Parametern sehr unterschiedlich sein. Die Bereitschaft innovative Methoden zur Vermeidung von Umweltschäden zu entwickeln und in der Praxis anzuwenden (immer unter der Voraussetzung, dass die Methode für die beteiligten Menschen sicher ist), scheint sehr hoch. Die Zündkette von „Einsatzmunition“ stellt dabei die Kampfmittelräumdienste vor große Herausforderungen. Zwei Methoden wurden vorgestellt, die weniger bedenklich für die Umwelt sind. Auch wenn die Sprengung trockenfallender Munition ggf. zu Störungen im Nationalpark führen kann und die Wirkladung von Grundminen nach dem Absprengen des Gerätekastens im Wasser verbleiben, stellen diese Methoden

gute Ansätze dar, Naturschutz und Sicherheit bei der Beseitigung von Altmunition in Einklang zu bringen.

Es besteht die Hoffnung, dass mit der Entwicklung einer Bergungsplattform auch die ins Sperrgebiet Kolberger Heide verzogene Munition in wenigen Jahren im Rahmen eines Pilotprojekts geborgen werden kann. Hierfür sind aber noch verschiedene Voraussetzungen zu klären wie u. a. die Finanzierung, die Zuständigkeiten und ggf. die Anpassung des Rechtsrahmens.

Unter den Teilnehmern herrschte Einigkeit, dass auf Unterwassersprengungen soweit irgend möglich verzichtet werden sollte. Trotz vielleicht unterschiedlicher Einschätzung, was heute schon technisch möglich ist, ist es erforderlich, die Entwicklung umweltverträglicher Technologien weiter voranzubringen. Nicht zuletzt aufgrund der identifizierten Probleme für die Meeresumwelt ist es keine Option, die Munition am Meeresboden zu belassen. Die Veranstaltung offenbarte den großen Wunsch vieler, dass Munition endlich geborgen wird, zeigte aber auch, dass es bis zu einer großflächigen Bergung noch ein langer, nicht leichter Weg ist und dieser nur gelingen kann, wenn alle Akteure an einem Strang ziehen.

## Literatur

- Böttcher, C., Knobloch, T., Rühl, N. P., Sternheim, J., Wichert, U. & Wöhler, J. (2011): Munitionsbelastung der deutschen Meeresgewässer - Bestandsaufnahme und Empfehlungen (Stand 2011) / Munitions in German Marine Waters - Stocktaking and Recommendations (Effective 2011). In Bund- Länder Messprogramm Meeresumwelt, Hamburg, Germany, 172 S.
- Kammann, U., Koske, D. & Schmidt, N. (2021). Investigations on the importance of contamination from dumped munitions in the Baltic Sea for bottom-dwelling fish species. Project brief Thünen Institute of Fisheries Ecology 2021/06a.
- Kesselring, T., Viquerat, S., Brehm, R. & Siebert, U. (2017): Coming of age: - Do female harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) from the North Sea and Baltic Sea have sufficient time to reproduce in a human influenced environment? *PLoSone* 12(10): e0186951. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186951>, 02.11.2017.
- Lucke, K., Siebert, U., Lepper, P. A. & Blanchet, M. A. (2009). Temporary shift in masked hearing thresholds in a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) after exposure to seismic airgun stimuli. *J. Acoust. Soc. Am* 125(6): 4060-4070.
- Maser, E. & Strehse, J. S. (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. *Archives of Toxicology* published online 18 April 2020: 13.
- Maser, E. & Strehse, J. S. (2021). Can seafood from marine sites of dumped World War relicts be eaten? *Archives of Toxicology* 95: 2255–2261.
- Siebert, U., Morell, M., Lakemeyer, J. & Schaffeld, T. (2020): Untersuchungen von Schweinswalen aus der Ostsee auf mögliche Effekte durch Sprengungen. In Bericht an das Bundesamt für Naturschutz, Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung, Büsum, Germany, 86 S.
- Strehse, J. S., Brenner, M., Kisiela, M. & Maser, E. (2020). The explosive trinitrotoluene (TNT) induces gene expression of carbonyl reductase in the blue mussel (*Mytilus* spp.): a new promising biomarker for sea dumped war relicts? *Archives of Toxicology* 94: 4043–4054.
- Wohlsein, P. (2019): Untersuchungen des Gehörapparates von beigefangenen Schweinswalen aus der Ostsee. Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung, Büsum, 23 S.

## Anhang - Kurzvorstellung der Referenten

**Prof. Prof. h.c. Dr. Ursula Siebert** ist spezialisiert in der Pathologie und Ökotoxikologie und ist europäische Expertin im Bereich Wildtierpopulationsgesundheit und Meerestiergesundheit. Sie ist Professorin an der Tierärztlichen Hochschule Hannover und leitet das Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung. An dem Standort in Büsum beschäftigt sie sich gemeinsam mit ihrem Team seit 1992 im Rahmen ihrer Forschungstätigkeiten mit Kleinwalen im Bereich von Verbreitung und Habitatnutzung, Unterwasserschall, Ökologie, Gesundheit und Management.

**Prof. Dr. Edmund Maser** ist Direktor des Instituts für Toxikologie u. Pharmakologie für Naturwissenschaftler am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein in Kiel. Seit seiner Berufung im Jahr 2002 beschäftigen ihn immer wieder verschiedene humantoxikologische und ökotoxikologische Fragestellungen. In den letzten Jahren fokussierte er auch sich auf das Ökosystem Ostsee. Mit Munitio n im Meer beschäftigen er und sein Team sich seit 2016, unter anderem in nationalen und internationalen Verbundforschungsvorhaben wie DAIMON, UDEMM und North Sea Wrecks. Für die Untersuchung von sprengstofftypischen Verbindungen in Miesmuscheln haben er und sein Team eigens neue Methoden entwickelt und damit neue Meilensteine gesetzt.

**Sven Koschinski** arbeitet als selbständiger Diplom-Biologe im Bereich Meeresnaturschutz. Seine Hauptinteressen sind Meeressäugtiere und Unterwasserschall. Diese beiden Disziplinen sind gefragt, wenn es um die Beseitigung von Munition durch Sprengungen geht. Fragen rund um Munition beschäftigen ihn seit rund 15 Jahren als im Munitionsversenkungsgebiet Kolberger Heide eine große Anzahl von Minen gesprengt werden sollten.

**Thomas Bleicher** ist seit 2006 Leiter des Kampfmittelbeseitigungsdienstes Niedersachsen mit Hauptsitz in Hannover. Davor war er 28 Jahre bei der Bereitschaftspolizei Hannover als Polizeitaucher und Technischer Einsatzleiter tätig und hat im Rahmen polizeilicher Einsatzlagen fast alle niedersächsischen Gewässer und große Teile der Nordsee kennen gelernt. Der Kampfmittelbeseitigungsdienst Niedersachsen ist seit 2012 dem Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen angegliedert und ist für die Beseitigung von Weltkriegsmunition auf der gesamten Landesfläche, einschließlich der Küstengewässer (12 Seemeilenzone zuständig).

**Oliver Kinast** ist Leiter des Kampfmittelräumdienstes Schleswig-Holstein (KRD SH). Er ist ausgebildeter Entschärfer und mit dem Kampfmittelräumdienst SH seit 2008 mit der Beseitigung von Kampfmitteln aus dem Meer beauftragt. Der Kampfmittelräumdienst SH war bereits damals an Versuchsreihen zur Minimierung des Unterwasserschalldruckers mittels Blasenschleier zusammen mit der WTD 71 der Bundeswehr, MELUND, NABU und anderen Akteuren federführend beteiligt.

**Alexander Bach** ist Referent in der Sonderstelle Munition im Meer im Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein. Er beschäftigt sich seit etwa 15 Jahren mit Munition in den Weltmeeren, vor allem aber in den küstennahen Bereichen. Seit letztem Jahr ist er Vorsitzender des Expertenkreises Munition im Meer der Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Nord- und Ostsee.