

## Abschlussbericht CONMAR-Mapping

Zuwendungsempfänger: GEOMAR	Förderkennzeichen: 03F0912A
Vorhabenbezeichnung:	CONMAR-MAPPING - CONcepts for conventional MARine Munition Remediation in the German North and Baltic Sea - Acoustic, Optical & Chemical Mapping of Marine Munition Areas
Laufzeit des Vorhabens:	01.12.2021-30.11.2024
Berichtszeitraum	01.12.2021-30.11.2024



*Bomblets und Streubomben-Abwurfbehälter in der Lübecker Bucht (© CONMAR@GEOMAR)*

## Kurzbericht

### Ursprüngliche Aufgabenstellung sowie wissenschaftlicher und technischer Stand an den Angeknüpft wurde

In deutschen Gewässern lagern schätzungsweise 1,6 Mio. Tonnen überwiegend konventioneller Munition, hauptsächlich in Munitionsversenkungsgebieten oder bekannten munitionsbelasteten Flächen. Das Vorhandensein von Munition im Meer ist eine latente Bedrohung für die Schifffahrt und die Offshore-Industrie. Es ist aber auch ein ökologisches Problem, da sprengstofftypische Verbindungen als Quelle toxischer/karzinogener Schadstoffe im Wasser und im Sediment vorkommen können. Aus diesen Herausforderungen und den daraus abgeleiteten gesellschaftlichen und politischen Debatten, ergaben sich zwei übergeordnete Fragen in CONMAR.

*Wie stark und gefährlich ist der Einfluss mariner Munition auf die marine Umwelt und den Menschen zurzeit und in der Zukunft?*

*Welche Sanierungsmaßnahmen und Strategien müssen jetzt entwickelt und eventuell umgehend umgesetzt werden?*

Das Vorhaben knüpfte an die Vorarbeiten der Projektpartner aus den Projekten UDEMM, BASTA, ExPloTect, ProBaNNt und weitere an. Dieser Stand stellte sich wie nachfolgend aufgelistet dar. In Klammern wird auf Projekte verwiesen in denen Vorarbeiten stattfanden.

- Es existierte keine deutschland- oder europaweite föderierte Dateninfrastruktur zum Thema Munition im Meer. Bestehende Daten waren verteilt und schwer zugänglich (keine Vorarbeiten)
- Es existierte keine ganzheitliche Methode zur Priorisierung der Munition für die anstehende Räumung auf Basis der Bewertung von Risiken, Potenzialen und Kosten (ProBaNNt)
- Moderne Kartierungsverfahren wie Multibeam-Sonar wurden zunehmend erfolgreich zur Detektion von Munitionsobjekten eingesetzt (UDEMM und BASTA)
- Visuelle Verfahren (z. B. 3D-Rekonstruktionen) ergänzten diese Kartierungen zur Untersuchung von Objektzuständen (BASTA)
- Die chemische Belastung durch sprengstofftypische Verbindungen (STVs) wie TNT, RDX und DNB ist räumlich und zeitlich sehr variabel (UDEMM, ExPloTect)
- Es besteht nachweislich ein Zusammenhang zwischen der Zersetzung von Munition und der Freisetzung giftiger Verbindungen ins Wasser und Sediment (UDEMM, ExPloTect)
- Organismen wie Muscheln und Fische zeigten eindeutige Anzeichen von Aufnahme, Akkumulation und Gesundheitsschäden durch STVs (UDEMM, ExPloTect)

### Ablauf des Vorhabens

Alle im Antrag aufgeführten Ziele wurden innerhalb der Projektlaufzeit erreicht und häufig die zu Beginn angedachten Tätigkeiten übererfüllt (mehr Ausfahrten, Proben, Workshops, Outreach- und Transferaktivitäten).

## Wesentliche Ergebnisse sowie Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen

Im Teilprojekt CONMAR-Mapping des CONMAR Projekts der DAM Mission sustainMare wurden Kartierungen von Munitionsversenkungsgebieten, sowie Beprobungen und Analysen von STVs im Meer durchgeführt, die als Datengrundlage dienten, um eine Prioritätenliste zur Bäumung von Munitionshaufen in der deutschen Ostsee zu erstellen. Unterstützt wurde dies durch die Umsetzung eines föderierten Datenmanagements. Detaillierter wurden dabei folgende Arbeiten durchgeführt.

*Initiieren und Weiterführen eines Stakeholder-Dialogs über Probleme, Herausforderungen und Lösungen zum Thema mariner Munition:* Der Dialog wurde einerseits zum direkten Nutzen des Projekts weitergeführt, um einen transdisziplinären Austausch zur Entwicklung eines Entscheidungsmodells für die Priorisierung von Munitionshaufen zu ermöglichen. Andererseits suchte GEOMAR auf verschiedensten öffentlichen und nicht-öffentlichen Veranstaltungen mit Experten, Stakeholdern sowie interessierten Bürgerinnen und Bürgern den Austausch (AP1). GEOMAR engagierte sich zudem in der Weiterführung des Stakeholder-Dialogs mit Regierungsstellen und Geldgebern und nahm als Wissensträger eine herausragende Stellung bei der Beratung des BMUV-Sofortprogramms ein.

*Entwicklung eines Datenmanagementkonzepts und Etablierung der Marine Munition Data Compilation (MMDC):* Um der komplexen und fragmentierten Datenlandschaft rund um das Thema „Munition im Meer“ gerecht zu werden, hat das CONMAR-Projekt eine Reihe integrierter Datenmanagement-Komponenten entwickelt, die auf die Anforderungen föderierter, kollaborativer Forschung abgestimmt sind. Seit November 2022 steht mit MMDC der zentrale Einstiegspunkt zu dezentralen Daten zum Thema „Munition im Meer“ bereit (AP2).

*Beprobungen und Kartierungen von Munition und STVs:* Insgesamt fanden sechs GEOMAR koordinierte Ausfahrten in der Ostsee statt. GEOMAR war zudem an zwei Ausfahrten in der Nordsee beteiligt. Der Fokus der Kartierung lag auf der Ergänzung bestehender Daten in den Versenkungsgebieten Falshöft, Kolberger Heide, Haffkrug und Pelzerhaken Neben der weitverbreiteten und wiederholten Wasserbeprobung und STV-Analytik in der deutschen Ostsee wurden Labor- und Feldexperimente durchgeführt, um Auflösungs- und Umbauprozesse der verschiedene Sprengstofftypen zu verstehen und verwandte Chemikalien im Meerwasser zu untersuchen (AP3). Die Ausfahrten galten zudem der Untersuchungen zur Korrosion, Lösung und Verteilung von Munitionsobjekten sowie der Unterstützung anderer Partner bei ihren Arbeiten. Hierzu zählen die Beprobungen unterschiedlicher Faunengruppen auf eine STV-Kontamination, die Untersuchung der Biodiversität in Munitionsversenkungsgebieten, die Herstellung der Vergleichbarkeit von Probenaufbereitung und Probenanalyse (alle AP4), die Parametrisierung der STV-Freisetzung und die Vorhersage der STV-Ausbreitung unter Klimawandelszenarien (beide AP5).

*Erstellung einer Prioritätenliste von Munitionsversenkungs- und munitionsbelasteten Gebieten:* Die Priorisierung von Munitionshaufen erfolgte mithilfe des neuen Modells MCA-DuMP in AP7. Insgesamt wurden 487 Munitionshaufen mit dem Modell bewertet. Drei Haufen im Gebiet Pelzerhaken wiesen besonders hohe Priorisierungswerte auf. Wir empfehlen die Räumung dieser Munitionshaufen in naher Zukunft.

Zusammenfassend hat das Projekt CONMAR-Mapping sämtliche Arbeitspakete erfolgreich bearbeitet und einige Ziele wurden teilweise übererfüllt. Die Arbeiten werden in Phase-II weitergehen, sich mit den Entwicklungen im BMUV-Sofortprogramm beschäftigen und die Versenkungsgebiete in der Nordsee verstärkt untersuchen.

## Inhalt

Zusammenfassung.....	5
Summary .....	6
1) Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ergebnisse .....	8
AP 1: Stakeholder-Dialog, Verwaltung und Kommunikation gegenüber der Öffentlichkeit.....	8
Task 1.1: Stakeholder-Dialog und -Kooperation .....	8
Task 1.3: Gesellschaftliche Wahrnehmung und Kommunikationsstrategie.....	10
AP 2: Konzept für ein förderiertes Datenmanagement zu Mariner Munition in Deutschland.....	10
Task 2.1: Initiierung und Etablierung eines förderierten, nachhaltigen Konzepts zum Datenmanagement von „Munition im Meer“ .....	11
Task 2.2: Organisation und Unterstützung des Datenmanagements mit/für Stakeholder .....	11
Task 2.3: Datenmanagement im Projekt/der Mission .....	12
AP 3: Verteilung von Munitionsobjekten und STVs im Feld, Untersuchung von Umwelteinflüssen auf chemische Quellstärken, Alterungsprozesse und Umlagerung von Munitionsobjekten .....	13
Task 3.1: Kartierung von Munitionsverklappungsgebieten und Referenzflächen; Dichte/Zustand/Migration von Munition und geologische Charakterisierung .....	13
Task 3.3: Chemische Analysen von gelösten Munitionsbestandteilen in der Wassersäule, im Sediment und im Porenwasser .....	16
Task 3.4 - Kenngrößen für die Löslichkeit und den Zerfall von Sprengstoffen.....	27
AP 4: Ökologische und biologische Untersuchungen in Referenz- und Munitions-versenkungsgebieten .....	29
Task 4.1 Gebietsauswahl und Benthosuntersuchungen .....	29
Task 4.2 Habitatkartierung und -modellierung .....	30
AP 5: Modellierung von Verbreitungsmustern und Umwandlungsprozessen von sprengstofftypischen Verbindungen .....	30
Task 5.1: Erweiterung und Anpassung des hydrodynamischen Ozean-Modells zur Aufnahme von STV .....	30
AP 7: Prioritätenlisten für Hotspots und effiziente Managementstrategien .....	30
Task 7.1: Wirtschaftliche Bewertung von Managementstrategien.....	31
Task 7.2: Identifizierung von Hotspots und Erstellung einer Prioritätenliste für das Management... 31	
Task 7.3: Entwicklung von Managementstrategien für ausgewählte munitionsbelastete Gebiete.....	35
Task 7.4: Beispielhafte Implementierung einer Managementstrategie für ein ausgewähltes munitionsbelastetes Gebiet.....	35
Task 7.5: Ausblick auf Managementmaßnahmen für die nächste Projektphase .....	36
AP 8: Projektkoordination und Missionsmitgestaltung .....	37
Task 8.1: Administrative Projektkoordination und Kommunikation mit dem PTJ.....	37
Task 8.2: Koordination von/zwischen Projektpartnern, den Missionsprojekten, dem Koordinierungs- und Transfervorhaben, der DAM und anderen .....	37

Task 8.3: Öffentlichkeitsarbeit ermöglichen und unterstützen.....	38
Task 8.4: Planung, Durchführung und Moderation von Workshops, Informationsveranstaltungen und Training/Wissenstransfer .....	39
2) Vergleich des Vorhabenstandes mit der ursprünglichen Arbeits-, Zeit- und Ausgabenplanung.....	39
3) Haben sich die Aussichten für das Erreichen der Vorhabensziele gegenüber dem ursprünglichen Antrag geändert.....	39
4) Sind inzwischen von dritter Seite Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind?.....	39
5) Sind oder werden Änderungen in der Zielsetzung notwendig?.....	39
6) Fortschreibung des Verwertungsplans.....	39

## Zusammenfassung

Im Teilprojekt CONMAR-Mapping des CONMAR Projekts der DAM Mission sustainMare wurden Kartierungen von Munitionsversenkungsgebieten, sowie Beprobungen und Analysen von STVs im Meer durchgeführt, die als Datengrundlage dienten, um eine Prioritätenliste zur Bäumung von Munitionshaufen in der deutschen Ostsee zu erstellen. Unterstützt wurde dies durch die Umsetzung eines föderierten Datenmanagements. Detaillierter wurden dabei folgende Arbeiten durchgeführt.

*Initiieren und Weiterführen eines Stakeholder-Dialogs über Probleme, Herausforderungen und Lösungen zum Thema mariner Munition:* Der Dialog wurde einerseits zum direkten Nutzen des Projekts weitergeführt, um einen transdisziplinären Austausch zur Entwicklung eines Entscheidungsmodells für die Priorisierung von Munitionshaufen zu ermöglichen. Andererseits suchte GEOMAR auf verschiedensten öffentlichen und nicht-öffentlichen Veranstaltungen mit Experten, Stakeholdern sowie interessierten Bürgerinnen und Bürgern den Austausch (AP1). GEOMAR engagierte sich zudem in der Weiterführung des Stakeholder-Dialogs mit Regierungsstellen und Geldgebern und nahm als Wissensträger eine herausragende Stellung bei der Beratung des BMUV-Sofortprogramms ein.

*Entwicklung eines Datenmanagementkonzepts und Etablierung der Marine Munition Data Compilation (MMDC):* Um der komplexen und fragmentierten Datenlandschaft rund um das Thema „Munition im Meer“ gerecht zu werden, hat das CONMAR-Projekt eine Reihe integrierter Datenmanagement-Komponenten entwickelt, die auf die Anforderungen föderierter, kollaborativer Forschung abgestimmt sind. Seit November 2022 steht mit MMDC der zentrale Einstiegspunkt zu dezentralen Daten zum Thema „Munition im Meer“ bereit (AP2).

*Beprobungen und Kartierungen von Munition und STVs:* Insgesamt fanden sechs GEOMAR koordinierte Ausfahrten in der Ostsee statt. GEOMAR war zudem an zwei Ausfahrten in der Nordsee beteiligt. Der Fokus der Kartierung lag auf der Ergänzung bestehender Daten in den Versenkungsgebieten Falshöft, Kolberger Heide, Haffkrug und Pelzerhaken Neben der weitverbreiteten und wiederholten Wasserbeprobung und STV-Analytik in der deutschen Ostsee wurden Labor- und Feldexperimente durchgeführt, um Auflösungs- und Umbauprozesse der verschiedene Sprengstofftypen zu verstehen und verwandte Chemikalien im Meerwasser zu untersuchen (AP3). Die Ausfahrten galten zudem der Untersuchungen zur Korrosion, Lösung und Verteilung von Munitionsobjekten sowie der Unterstützung anderer Partner bei ihren Arbeiten. Hierzu zählen die Beprobungen unterschiedlicher Faunengruppen auf eine STV-Kontamination,

die Untersuchung der Biodiversität in Munitionsversenkungsgebieten, die Herstellung der Vergleichbarkeit von Probenaufbereitung und Probenanalyse (alle AP4), die Parametrisierung der STV-Freisetzung und die Vorhersage der STV-Ausbreitung unter Klimawandelszenarien (beide AP5).

*Erstellung einer Prioritätenliste von Munitionsversenkungs- und munitionsbelasteten Gebieten:* Die Priorisierung von Munitionshaufen erfolgte mithilfe des neuen Modells MCA-DuMP in AP7. Insgesamt wurden 487 Munitionshaufen mit dem Modell bewertet. Drei Haufen im Gebiet Pelzerhaken wiesen besonders hohe Priorisierungswerte auf. Wir empfehlen die Räumung dieser Munitionshaufen in naher Zukunft.

Zusammenfassend hat das Projekt CONMAR-Mapping sämtliche Arbeitspakete erfolgreich bearbeitet und einige Ziele wurden teilweise übererfüllt. Die Arbeiten werden in Phase-II weitergehen, sich mit den Entwicklungen im BMUV-Sofortprogramm beschäftigen und die Versenkungsgebiete in der Nordsee verstärkt untersuchen.

## Summary

In the CONMAR-Mapping sub-project of the CONMAR project of the DAM sustainMare mission, mapping of munitions dumpsites as well as sampling and analysis of STVs in the sea were carried out. This served as a data basis for drawing up a priority list for the clearance of munitions dumps in the German Baltic Sea. This was supported by the implementation of a federated data management system. The following work was carried out.

*Initiation and continuation of a stakeholder dialogue on problems, challenges and solutions regarding marine munitions:* On the one hand, the dialog was continued for the direct benefit of the project to enable transdisciplinary exchange for the development of a decision model for the prioritization of munitions piles. On the other hand, GEOMAR sought exchange with experts, stakeholders and interested citizens at various public and non-public events (WP1). GEOMAR was also involved in the continuation of the stakeholder dialog with government agencies and donors and played a prominent role as a knowledge carrier in advising the BMUV immediate action program.

*Development of a data management concept and establishment of the Marine Munition Data Compilation (MMDC):* In order to address the complex and fragmented data landscape surrounding the topic of marine munitions, the CONMAR project has developed a series of integrated data management components tailored to the requirements of federated, collaborative research. Since November 2022, MMDC has been the central entry point to decentralized data on the topic of “Munitions in the Sea” (WP2).

*Sampling and mapping of munitions and STVs:* A total of six GEOMAR-coordinated cruises took place in the Baltic Sea. GEOMAR was also involved in two cruises in the North Sea. The focus of the mapping was on supplementing existing data in the Falshöft, Kolberger Heide, Haffkrug and Pelzerhaken dumping areas. In addition to the widespread and repeated water sampling and STV analysis in the German Baltic Sea, laboratory and field experiments were carried out to understand the dissolution and degradation processes of the various types of explosives and to investigate related chemicals in seawater (WP3). The field trips were also used to investigate the corrosion, dissolution and distribution of munitions objects and to support other partners in their work. This includes the sampling of different fauna groups for STV contamination, the investigation of

biodiversity in ammunition dumping areas, the establishment of comparability of sample preparation and sample analysis (all WP4), the parameterization of STV release and the prediction of STV spread under climate change scenarios (both WP5).

*Creation of a priority list of munitions dumping and munitions contaminated areas:* Munitions piles were prioritized using the new MCA-DuMP model in WP7. A total of 487 munitions piles were evaluated using the model. Three piles in the Pelzerhaken area had particularly high prioritization values. We recommend clearing these munitions piles in the near future.

In summary, the CONMAR mapping project has successfully completed all work packages, and some objectives have been partially exceeded. The work will continue in Phase II, which will address the developments in the BMUV immediate action program and intensify the investigation of the dumping areas in the North Sea.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Forschung, Technologie  
und Raumfahrt

Das Projekt wurde durch das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt BMFTR (BMBF) unter der Zuwendungsnummer 03F0912A gefördert. Für die Möglichkeit die hier dargestellte Forschung durchführen zu können, bedanken wir uns recht herzlich. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen / den Autoren.

## 1) Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ergebnisse

Im Folgenden werden einzelne wichtige Ergebnisse zu den einzelnen Arbeitspaketen (hiernach AP) von *CONMAR-Mapping* beschrieben. Auf erzielte Milestones und fertige Deliverables wird speziell eingegangen.

### AP 1: Stakeholder-Dialog, Verwaltung und Kommunikation gegenüber der Öffentlichkeit

**Zusammenfassung:** In AP1 war GEOMAR primär mit der Vorbereitung, Organisation, Durchführung und Nachbereitung von Workshops befasst. Diese dienten der Erreichung der in AP7 gesteckten Ziele. Hervorzuheben ist die expertengestützte Erstellung eines Hierarchiebaums mit Kriterien für die Priorisierung von Munitionshaufen für die Kampfmittelräumung in der deutschen Ostsee und die Gewichtung dieser Kriterien durch Stakeholder und Experten. Für manche Kriterien (etwa Munitionseigenschaften) konnte auf das bestehende wissenschaftlich-technische Stakeholdernetzwerk des GEOMAR zurückgegriffen werden. Andere Kriterien (Risiko für die Wirtschaft) erforderten die Identifikation neuer Partner, insbesondere von Behörden, die mit der maritimen Wirtschaft befasst sind. Zusätzlich unterstützte GEOMAR GCF in diesem AP durch zu Projektbeginn vorhandene Daten und Wissen.

#### *Task 1.1: Stakeholder-Dialog und -Kooperation*

CONMAR (und insbesondere AP7) wurden durch einen Co-Creation-Prozess unterstützt. Zunächst wurde zusammen mit dem GCF eine Liste relevanter Stakeholder erstellt. Bei einem Co-Design-Workshop wurden den Stakeholdern der Ablauf und die Ziele von CONMAR vorgestellt. Zudem wurden erste Hinweise für die Arbeit im weiteren Projektverlauf gesammelt und dokumentiert. Die Ergebnisse des Co-Design-Workshops (Tabelle 1) wurden anschließend aufbereitet und bildeten in Form der ersten Fassung eines Hierarchiebaums die Grundlage für die anstehende multikriterielle Entscheidungsanalyse (MKA; siehe AP7). (M1.1-1)

Tabelle 1 Überblick über die im Rahmen von CONMAR durchgeführten Stakeholder- und Experten-Workshops

Workshop-Name	Thematischer Fokus
Co-Design-Workshop	Überblick über MKA Kriterien
1. Typ A Co-Development Workshop	Risiko für Flora, Fauna und Meeresfrüchtekonsumenten
2. Typ A Co-Development Workshop	Risiko für Flora, Fauna und Meeresfrüchtekonsumenten
3. Typ A Co-Development Workshop	Munitionseigenschaften und Risiko für die Menschliche Gesundheit
4. Typ A Co-Development Workshop	Kosteneffizienz der Kampfmittelbeseitigung
5. Typ A Co-Development Workshop	Risiko für die Wirtschaft und Sozioökonomisches Potenzial der Räumung
6. Typ A Co-Development Workshop	Risiko für die Wirtschaft und Sozioökonomisches Potenzial der Räumung
7. Typ A Co-Development Workshop	Risiko für die Wirtschaft und Sozioökonomisches Potenzial der Räumung
1. Typ B Co-Development Workshop	Gewichtung
2. Typ B Co-Development Workshop	Gewichtung
3. Typ B Co-Development Workshop	Gewichtung

An den ersten von insgesamt zehn Co-Development-Workshops nahmen ausschließlich Experten aus dem CONMAR-Konsortium teil. Während des Workshops wurde ermittelt, welche Daten für die Durchführung der MKA relevant sind und im Konsortium vorliegen. Hintergrund der internen Durchführung war es, sich mit dem Workshop-Format vertraut zu machen. So konnten nachfolgende, an externe Stakeholder gerichtete Veranstaltungen optimiert werden und reibungslos ablaufen.

Insgesamt fanden sieben Typ A Co-Development-Workshops statt. Diese Workshops dienten der weiteren Spezifizierung des Hierarchiebaums für die MKA (siehe **Task 7.2**). Zu jedem Workshop wurden Experten für die jeweiligen in **Error! Reference source not found.** aufgelisteten thematischen Fokusse eingeladen. Auf jedem der Workshops wurden die folgenden Fragen adressiert:

- Welche Kriterien sind für die MKA relevant?
- Welche Daten sind nötig, um Kriterien zu quantifizieren?
- Welche Daten sind wo verfügbar?
- Können die Daten für verschiedene Munitionshaufen/Versenkungsgebiete erhoben werden?

Eine Ausnahme bildete der 4. Typ A Co-Development-Workshop. Die anderen thematischen Fokusse betrachteten die Risiken der Munitionsvorkommen bzw. den Nutzen von deren Beräumung. Für die Bewertung der Kosteneffizienz wurde jedoch der im Altlastenmanagement übliche Ansatz der Kostenwirkungsfaktoren (KWFs) als methodische Grundlage gewählt. Folglich wurden die adressierten Fragen angepasst:

- Welche KWFs sind für einen Vergleich der Kosteneffizienz der Räumung verschiedener Munitionshaufen geeignet?

- Für welche Phasen der Kampfmittelräumung sind die KWFs relevant?
- Wie wirken sich die KWFs auf Personalkosten, Gerätekosten und Bearbeitungszeit aus?

Des Weiteren wurden drei Typ B Co-Development Workshops ausgerichtet. Diese dienten der Gewichtung der in der MKA genutzten Kriterien für die Aggregation der Ergebnisse. Normative Fragen wurden durch alle Stakeholder gewichtet (Abfrage der Meinung). Fachwissen erfordernde Kriterien wurden ausschließlich durch Experten gewichtet (Abfrage der fachlichen Einschätzung). Insgesamt nahmen über 30 Experten und Stakeholder aus verschiedenen Bereichen – unter anderem aus Wissenschaft, Behörden, Naturschutz und Wirtschaft – an den Workshops für die Gewichtung der Kriterien teil.

Entgegen der Antragsplanung wurden also mehr als nur zwei Co-Development-Workshops durchgeführt (**M1.1-2** und **M1.1-3**). Ebenfalls entgegen der Erwartungen im Projektantrag kam es durch die Workshops zu keinen Anpassungen des Arbeitsplans anderer Arbeitspakete (**D1.1-1**). Wie die Aufweitung von zwei auf insgesamt zehn Co-Development-Workshops zeigt, wurde der immer klarer werdenden Komplexität der Priorisierung von Munitionshaufen Rechnung getragen. Eine Unterteilung der Expertisen in spezifischere Gruppen führte zu konkreteren Workshop-Ergebnissen. Die Ergebnisse der Workshops wurden regelmäßig ausgewertet und für die MKA nutzbar gemacht (siehe **AP7**). Alle Stakeholder- und Experten-Workshops wurden von GEOMAR- und GCF-Kollegen gemeinsam organisiert, durchgeführt und evaluiert. Der im Antrag beschriebene Co-Evaluation-Workshop (**M1.1.4**) ist noch ausstehend und wird in der zweiten Projektphase zusammen mit einer Ergebnispräsentation durchgeführt.

#### *Task 1.2: Governance*

Auf Anfrage des GCF wurden vom GEOMAR Kontakte zu Stakeholdern für die Interviews im Zuge der Governance-Analyse zur Verfügung gestellt. Zudem unterstützte GEOMAR GCF bei der Bearbeitung der Frage wie und warum das Thema der Munitionsbeseitigung in Versenkungsgebieten auf die politische Agenda in Deutschland gelangte.

#### *Task 1.3: Gesellschaftliche Wahrnehmung und Kommunikationsstrategie*

GEOMAR unterstützte GCF bei der Zusammenstellung von Zeitungsartikeln, Fernsehbeiträgen und sonstigen Medienberichten, damit diese durch GCF analysiert werden können.

## **AP 2: Konzept für ein föderiertes Datenmanagement zu Mariner Munion in Deutschland**

**Zusammenfassung:** Um der komplexen und fragmentierten Datenlandschaft rund um das Thema „Munion im Meer“ gerecht zu werden, hat das CONMAR-Projekt eine Reihe integrierter Datenmanagement-Komponenten entwickelt, die gezielt auf die Anforderungen föderierter, kollaborativer Forschung abgestimmt sind. Institutionelle Hürden in der Datenbereitstellung zu überwinden, eine frühzeitige und sichere Bereitstellung von Daten zu ermöglichen und die FAIR-Prinzipien (**F**indable, **A**ccessible, **I**nteroperable, **R**eusable) bestmöglich umzusetzen, ist durch Erreichen der formulierten Meilensteine und Deliverables und nicht zuletzt durch die Implementierung eines „Interim-Datenraums“ und dessen intensive Nutzung durch die Projektpartner, gelungen. Seit November 2022 steht mit der Marine Munion Data Compilation (MMDC) der zentraler Einstiegspunkt zu dezentralen Daten zum Thema „Munion im Meer“ bereit. Sie vereinigt bereits existierende und im Projekt neu geschaffene

Daten, die zur Beantwortung der zentralen Forschungsfragen CONMARs benötigt werden auf der von der DAM koordinierten Infrastruktur, dem Portal Deutsche Meeresforschung – nicht als Neuentwicklung, sondern als Nachnutzung bereits vorhandener Strukturen. Die Grundlage dafür bilden das Konzeptpapier „Konzept eines föderierten Datenmanagements im Projekt CONMAR“, die mit den Partnerinstituten abgestimmte CONMAR Data Policy sowie die vertrauensvolle Zusammenarbeit im Projekt.

Folgende Meilensteine und Deliverables sind erreicht:

- M2.1.1 Generelle Einigung darüber eine föderierte “Marine Munition Data Compilation - Germany”-Datenbank zu etablieren
- D2.1.1 Erstes Konzept für die föderierte MMDC-GER
- D2.2.1 MMDC-GER prototypisch entwickelt und nutzbar
- M2.3.1 Gemeinsame CONMAR Data Policy
- D2.3-2 Projektdaten gespeichert in WDCs wie PANGAEA und verlinkt mit MMDC-GER

#### *Task 2.1: Initiierung und Etablierung eines föderierten, nachhaltigen Konzepts zum Datenmanagement von „Munition im Meer“*

Im Berichtszeitraum wurden im Projekt CONMAR sowohl technische als auch konzeptionelle Weiterentwicklungen im föderierten Datenmanagement umgesetzt. Bereits Mitte 2023 wurde das DSM Data Portal (<https://dsm-dataportal.geomar.de>) – ursprünglich für die Arbeitsgruppe DeepSea Monitoring am GEOMAR entwickelt – auch für externe Nutzer\*innen geöffnet. Das Portal ermöglicht registrierten Nutzer\*innen das Hochladen, Recherchieren und Bereitstellen von Datensätzen samt standardisierter Metadaten und Kartendiensten im Rahmen des im Projekt abgestimmten Rechte-Rollenkonzepts. Da bestehende Plattformen wie OSIS am GEOMAR oder das Marine-Data-Portal als DAM-Infrastruktur die spezifischen Anforderungen von CONMAR nur teilweise erfüllen, wird das DSM Data Portal in seiner Funktion als „Interims-Datenraum“ seither als zentrale Bereitstellungs- und Katalogkomponente für CONMAR-Datenprodukte und -Metadaten genutzt.

Die daraus resultierenden Anpassungen im Datenworkflow wurden im Konzeptpapier „Konzept eines föderierten Datenmanagements im Projekt CONMAR“ in einer Version 2.0 festgehalten (**D2.1.1**). Die finale Fassung erscheint mit DOI in einer GEOMAR-Publikationsreihe auf Englisch. Eine generelle Einigung die „Marine Munition Data Compilation - Germany“ mit den Projektpartnern als föderierte Infrastruktur aufzubauen (**M2.1-1**), sowie eine gemeinsam abgestimmte Data Policy (**M2.3.1**) konnte bereits in den ersten CONMAR-Meetings erzielt werden.

#### *Task 2.2: Organisation und Unterstützung des Datenmanagements mit/für Stakeholder*

Die enge Zusammenarbeit mit dem Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) ist wieder hervorzuheben. Die dort entwickelten Datenprodukte zur räumlichen Modellierung sprengstofftypischer Verbindungen (STV) im Wasserkörper der Ostsee werden kontinuierlich über institutseigene Infrastrukturen aktualisiert und dem CONMAR-Projektraum zur Verfügung gestellt. Vergleichbare, technisch fortschrittliche Bereitstellungswege bestehen auch am Thünen-Institut und am Alfred-Wegener-Institut. Für Projektpartner ohne eigene Infrastruktur oder entsprechendes technisches Know-how bietet das DSM Data Portal eine moderne und praxisnahe

Lösung zur Bereitstellung ihrer Daten und Metadaten. So ist beispielsweise die intensive Nutzung des Portals durch die CONMAR-Projektpartner der Toxikologie des Universitätsklinikum Schleswig-Holstein (UKSH) zu betonen. Das CONMAR-Datenmanagement führt die auf dem Portal hochgeladenen Projektdaten thematisch zusammen und integriert die zugehörigen Metadaten in das Portal Deutsche Meeresforschung (DAM). Die Marine Munition Data Compilation als zentraler Einstieg für Daten zum Thema Munition im Meer, ist seit Anfang 2023 über die persistente URL <https://marine-data.de/?site=viewer&id=mmdc> zu erreichen und umfasst Stand 05/2025 insgesamt 67 Layer wovon 19 dem Projekt CONMAR entstammen (**D2.2.1**).

### *Task 2.3: Datenmanagement im Projekt/der Mission*

Im Projekt werden qualitätsgesicherte Daten und Datenprodukte gemäß des DAM-Forschungsdatenmanagementkonzeptes nach den FAIR-Prinzipien behandelt: Findable, Accessible, Interoperable und Reusable. Diese Prinzipien bestimmen das Management und die Bereitstellung von Daten, um deren effektive Nutzung durch die weltweite Forschungsgemeinschaft zu gewährleisten. Alle Wissenschaftler\*innen, die am CONMAR-Projekt beteiligt sind, müssen ihre Forschungsdaten – sofern nach Sicherheitsbelangen möglich – nach diesen Richtlinien veröffentlichen. Als zertifiziertes Datenrepositorium wird dabei auf das am Marum und AWI betriebene PANGAEA – Data Publisher for Earth & Environmental Science zurückgegriffen. Da die Veröffentlichung der Daten in PANGAEA teilweise langen zeitlichen Vorlauf bedarf, werden die Wissenschaftlerinnen an den Partnerinstituten seitens des Datenmanagements CONMARs angehalten, frühzeitig mit der Datenpublikation in PANGAEA zu beginnen. Das Projekt-Datenmanagement unterstützt die Wissenschaftlerinnen beim Publikationsprozess und bewirbt aktiv die regelmäßig stattfindenden PANGAEA-Community-Workshops. Unterstützung wurde für das AWI, UKSH, Thünen sowie dem GEOMAR selber geleistet. **D2.3-2**, in dem Projektdaten in WDCs wie PANGAEA gespeichert und mit der Marine Munition Data Compilation verlinkt werden sollen, wird bereits Großteils erfüllt in dem die Projektdaten aus Wasser-, Muschel- und Fischanalytik sowie der hydroakustischen Kartierung Einzug in das Archivsystem von PANGAEA erhalten haben. Weitere Daten werden planmäßig auch nach Ende der Laufzeit in PANGAEA integriert.

Im Rahmen des sustainMare-Midterm-Meetings im August 2023 organisierte das CONMAR-Datenmanagement eine zweistündige Breakout-Session, in der neben einem praxisorientierten Workshop zur dienstebasierten Geodatenbereitstellung auch gemeinsame Zielsetzungen für ein missionsweites Datenmanagement innerhalb von sustainMare erarbeitet wurden. Diese Zielsetzungen flossen später in den Antrag für die zweite Projektphase ein und unterstreichen den aktiven Beitrag von CONMAR zur Weiterentwicklung des Datenmanagements innerhalb der gesamten Forschungsmission. Auch beim sustainMare-Endterm-Meeting im September 2024 brachte sich das CONMAR-Datenmanagement erneut aktiv ein: In einem gemeinsamen Vortrag mit Flavia Höring vom PANGAEA-Team wurde das Zusammenspiel zwischen dem DSM Data Portal als Interims Datenraum und dem Marine Data Portal der DAM als langfristiger Infrastruktur erläutert. Darüber hinaus erhielten die Teilnehmenden eine Einführung in den Datenveröffentlichungsprozess bei PANGAEA. Damit leistet CONMAR nicht nur einen Beitrag zur eigenen Projektarbeit, sondern trägt auch zur nachhaltigen Etablierung gemeinsamer Standards und Infrastrukturen im Rahmen von sustainMare bei.

### **AP 3: Verteilung von Munitionsobjekten und STVs im Feld, Untersuchung von Umwelteinflüssen auf chemische Quellstärken, Alterungsprozesse und Umlagerung von Munitionsobjekten**

**Zusammenfassung:** CONMAR-Mapping setzte in seiner 1. Phase wichtige Meilensteine bezüglich der weiteren Inventarisierung von Munitionsobjekten sowie der chemischen Untersuchung und Verbreitung von munitionstypischen Verbindungen im Wasser und im Sediment. Zahlreiche Ausfahrten zur Kartierung und Identifizierung von Munitionsobjekten sowie die Wasser- und Sedimentbeprobung wurden in der Ost- und Nordsee durchgeführt. Insgesamt fanden sechs GEOMAR koordinierte Ausfahrten in der Ostsee (AL583, AL590, AL603, AL609, AL615, AL622), GEOMAR war an zwei Ausfahrten in der Nordsee beteiligt (HE622, HE628). Der Fokus der Kartierung lag auf der Ergänzung bestehender Kartierungsdaten in den Versenkungsgebieten Falshöft, Kolberger Heide, Haffkrug und Pelzerhaken mittels hochauflösendem Multibeam. Insbesondere in den Gebieten in der Lübecker Bucht (Haffkrug und Pelzerhaken) wurden dadurch neue Verdachtspunkte gefunden, auch außerhalb der ausgewiesenen Versenkungsgebiete. Neben der weitverbreiteten und wiederholten Wasserbeprobung und STV Analytik in der deutschen Ostsee wurden Labor- und Feldexperimente durchgeführt, um Auflösungs- und Umbauprozesse der verschiedenen Sprengstofftypen zu verstehen und verwandten Chemikalien im Meerwasser zu untersuchen.

Alle Ziele dieses Arbeitspakets wurden erreicht, obwohl während der Projektphase deutlich mehr Proben gesammelt wurden als ursprünglich geplant. Infolgedessen wurden einige chemische Analysen erst am Ende des Projekts abgeschlossen, die jetzt in CONMAR-II zur Veröffentlichung vorbereitet werden. Die Ergebnisse von AP3 fließen in die Modellierungsarbeiten von AP5 ein, und das Monitoring bildet zudem die Grundlage für künftige Bewertungen zur Veränderung der Freisetzung von STVs über längere Zeiträume, insbesondere in der Ostsee. Die Ergebnisse der Untersuchungen in der Nordsee deuten darauf hin, dass sich künftige Anstrengungen in Phase-II eher auf identifizierte Hotspots als auf ein großräumiges Monitoring konzentrieren sollten.

#### *Task 3.1: Kartierung von Munitionsverklappungsgebieten und Referenzflächen; Dichte/Zustand/Migration von Munition und geologische Charakterisierung*

##### *Fahrt AL590: 17. bis 31. März 2023:*

Der Fokus der Kartierung lag auf der Ergänzung bestehender Kartierungsdaten in den Versenkungsgebieten Falshöft, Kolberger Heide, Haffkrug und Pelzerhaken mittels hochauflösendem Multibeam. Insbesondere in den Gebieten in der Lübecker Bucht (Haffkrug und Pelzerhaken) wurden dadurch neue Verdachtspunkte gefunden; auch außerhalb der ausgewiesenen Versenkungsgebiete. Aufnahmen mit einem BlueROV (Tauchroboter) helfen Verdachtspunkte zu verifizieren und detailliert zu betrachten. Auffällig war, dass Munitionshaufen in der Lübecker Bucht häufig von Dorschen als Rückzugsorte genutzt wurden. Das Gebiet in Falshöft wurde auf dieser Ausfahrt vollständig kartiert. Allerdings gibt es in den Daten nur wenige Hinweise auf mögliche Munitionskörper. Darüber hinaus wurde ein AUV von der Wehrtechnischen Dienststelle 71 (WTD71) mit einem SAS (Synthetic Aperture Sonar) eingesetzt um vergrabene Objekte zu detektieren.

##### *Fahrt HE622: 6-19 Juni 2023:*

Ziel war es die Kartierungen auf die Nordsee zu erweitern. Mittels geschleppten Sidescan Sonars (SSS), Multibeam (MBES) und Sediment Echosounder (SES) wurden die folgenden Gebiete kartiert (Tabelle 2).

Tabelle 2 Mit Sidescan Sonars (SSS), Multibeam (MBES) und Sediment Echosounder (SES) beprobten Gebiete.

Area	SSS	MBES	SES
Area 1	X	X	
Ariadne		X	
Mainz		X	
V812		X	
Vigo		X	
Reference Area	X	X	
Sylt	X	X	X
Steingrund	X	X	
Tiefe Rinne	X	x	X

Lediglich in der Tiefen Rinne gab es innerhalb der Sidescan Daten Munitionskontakte. Der Form der Objekte nach handelt es sich um Granaten (Abbildung 1).

*Fahrt AL603: 3-16 Oktober 2023:*

Auf der Fahrt wurden zum einen die Versenkungsgebiete Haffkrug und Pelzerhaken ergänzend per Multibeam kartiert. Basierend auf den neuen und bestehenden Daten wurden gezielt Verdachtspunkte mit dem BlueROV und AUVs angetaucht und verifiziert. Insgesamt entstanden so 11 Fotomosaike in Pelzerhaken und 2 in Haffkrug. Die Arbeiten auf der Fahrt dienen dazu Munitionsobjekte zu identifizieren und daraus eine Massenabschätzung für die Lübecker Bucht zu bestimmen. Nach derzeitigem Stand gibt es in Haffkrug 608 Verdachtspunkte, wovon 40% bisher untersucht wurden. In Pelzerhaken wurden bisher 2102 Verdachtspunkte identifiziert, von denen nur rund 4% verifiziert werden konnten. Hierbei handelt es sich bei den Verdachtspunkten nicht nur um einzelne Munitionsobjekte, als auch um Munitionshaufen, die wiederum aus einer Vielzahl einzelner Objekte bestehen. Anhand der Multibeamdaten lassen sich Munitionshaufen relativ sicher identifizieren, doch deren Inhalt kann sehr variabel sein, was eine Massenabschätzung schwierig macht.

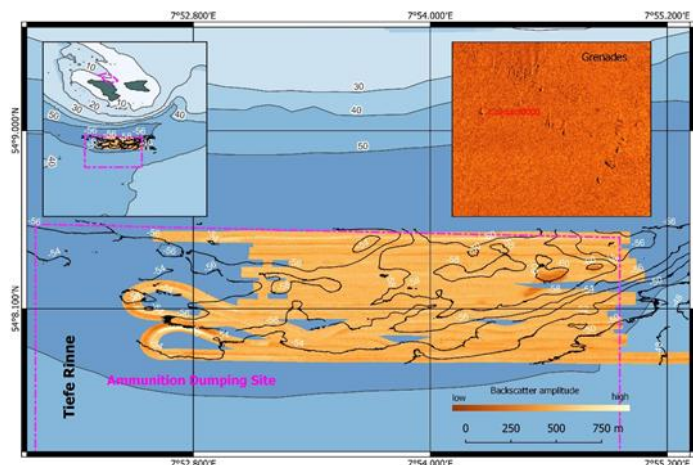
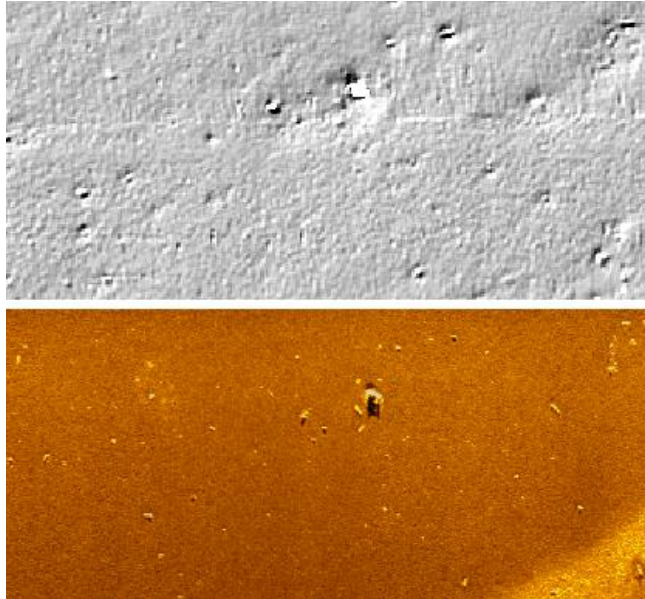


Abbildung 1 Kartierter Bereich der Tiefen Rinne südlich von Helgoland. In den Backscatter Daten ist ein Cluster aus ca. 16 Granaten sichtbar.

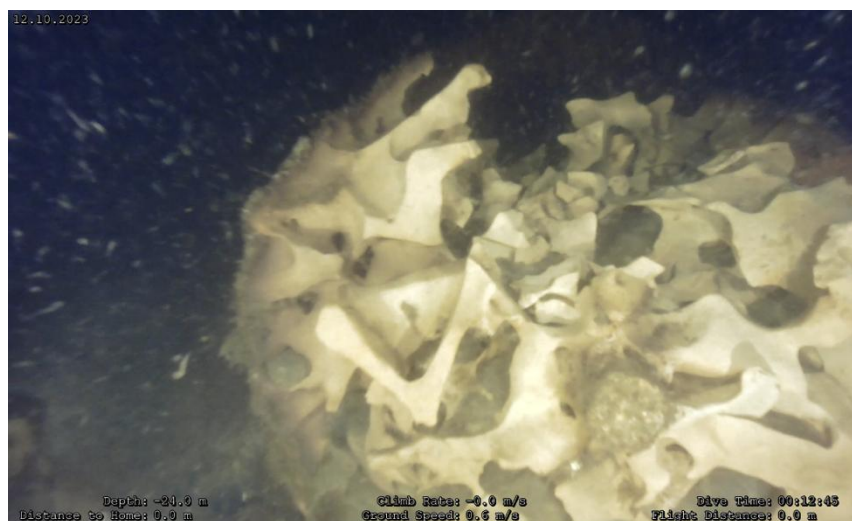
Auf der Fahrt AL603 wurde zusätzlich zur Multibeamkartierung ein geschlepptes Sidescan Sonar eingesetzt. Das Gerät wurde vom AWI auf Sylt ausgeliehen. Der Vorteil ist, dass die Daten noch

höher aufgelöst sind, als im Multibeam. Allerdings ist die genaue Georeferenzierung schwierig, da die exakte Position des Sidescans hinter dem Schiff nur geschätzt wurde. Dennoch zeigt sich, dass auf dem Meeresboden wahrscheinlich noch mehr kleine Einzelobjekte liegen, als bislang anhand der Multibeamdaten vermutet wurde (Abbildung 2).



*Abbildung 2 Oben ist der s.g. Hillshade dargestellt, der aus den bathymetrischen Daten errechnet wird. Größere Munitionsobjekte sind hier erkennbar. Im unteren Bild ist von der gleichen Region eine Backscatter Karte dargestellt. Hier sind auch kleinere Objekte sichtbar, die im Hillshade nur als kleine Unebenheit auf dem Meeresboden auftreten*

Im Gebiet Pelzerhaken gibt es einen V1-Gefechtskopf, dessen Außenhülle fast vollständig korrodiert ist und der enthaltene Sprengstoff offen liegt. Zur Dokumentation des fortschreitend Lösungprozesses wurde dieser Gefechtskopf mit dem BlueROV detailliert gefilmt (Abbildung 3).



*Abbildung 3 Offenliegender Sprengstoff eines V1-Gefechtskopfes, der sukzessive in Lösung geht.*

Weitere Arbeiten fanden zum ersten Mal außerhalb der deutschen Gewässer, in Dänemark statt. In Kooperation mit der Aarhus Universität wurden zwei Gebiete (nördlich von Aarhus und in der Jammerland Bucht) kartiert, in denen Munition vermutet wird. Allerdings ergaben die Multibeamkartierungen keine eindeutigen Hinweise auf Munitionsvorkommen. In der Jammerland Bucht stellten sich torpedo-ähnliche Objekte im UW-Video als Baumstämme heraus.

*Task 3.3: Chemische Analysen von gelösten Munitionsbestandteilen in der Wassersäule, im Sediment und im Porenwasser*

Einzelheiten zu den in AP3 abgeschlossenen Aktivitäten:

*Ausfahrt AL583, 18.-23. Oktober 2022:*

Die im Rahmen von AL583 im Jahr 2022 (AL583, 18.-23. Oktober 2022) entnommenen Wasserproben, wurden im Jahr 2023 verarbeitet (M3.3.1, M3.3.2, M3.3.3). Ein Teil die Ergebnisse der Analyse der Wasserproben von der AL583-Fahrt sind in Tabelle 3 und Abb. 5 zusammengefasst.

Die Munitionsverbindung (aus dem Englischen ‘Munition Compound‘ hiernach ‘MC‘) mit den höchsten Konzentrationen im Meerwasser war 1,3-Dinitrobenzol (DNB). RDX (1,3,5-Trinitroperhydro-1,3,5-Triazin) und DNB waren in den Wasserproben aus der Lübecker Bucht am stärksten konzentriert. TNT (2,4,6-Trinitrotoluol) und seine Umwandlungsprodukte 2-ADNT und 4-ADNT (2-Amino-4,6-dinitrolool bzw. 4-Amino-2,6-dinitrolool) waren im Gebiet Kolberger Heide - Falshöft relativ stärker konzentriert als in der Lübecker Bucht. Diese Beobachtung deutet auf einen Unterschied in der Zusammensetzung der verklappten Munition in diesen beiden kontrastreichen Gebieten der Ostsee hin. Weitere Wasser- und Sedimentproben wurden im Jahr 2023 während drei Fahrten in der Ost- und Nordsee gesammelt:

*Tabelle 3 Zusammengefasste deskriptive Statistiken für MC-Messungen in Wasserproben der AL583-Fahrt. "n.d." steht für "not detected". HMX = Octahydro-1,3,5,7-Tetranitro-1,3,5,7-Tetrazocin; RDX = 1,3,5-Trinitroperhydro-1,3,5-Triazin, DNB = 1,3-Dinitrobenzol; TNT = 2,4,6-Trinitrotoluol; 4-ADNT = 4-Amino-2,6-dinitrolool; 2-ADNT = 2-Amino-4,6-dinitrolool.*

		HMX	RDX	DNB	TNT	4-ADNT	2-ADNT
Surface	<i>Average</i>	0.00	0.62	0.41	0.61	0.59	0.33
	<i>Range</i>	nd - 0.05	nd- 18.97	nd -57.30	nd - 9.20	0.01 - 3.35	0.04 - 0.33
Midway	<i>Average</i>	0.01	0.77	01. Feb	0.78	0.57	0.26
	<i>Range</i>	nd - 0.12	nd - 27.83	nd - 75.67	nd - 9.78	0.05 - 2.85	0.04 - 1.18
Bottom	<i>Average</i>	0.01	Jan 20	01. Mrz	0.77	0.60	0.26
	<i>Range</i>	nd - 0.07	nd - 34.42	nd - 73.26	nd - 8.97	0.08 - 2.85	0.05 - 1.11
N		62	62	62	62	62	62

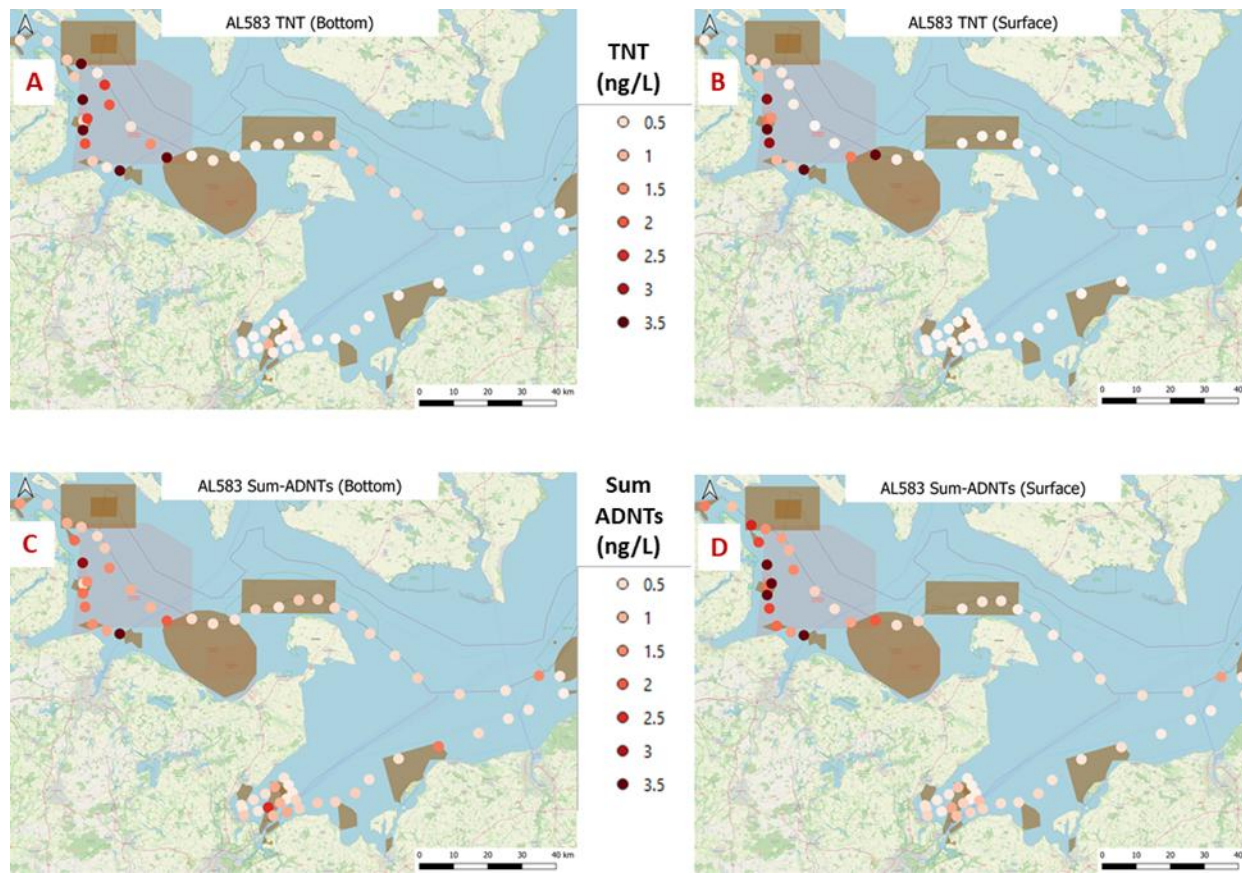


Abbildung 4 Räumliche Profile von TNT und seinen Umwandlungsprodukten in Meerwasserproben von der Fahrt AL583. Boden- (A und C) und Oberflächenprofile (B und D) von TNT bzw. -ADNTs (2-ADNT + 4-ADNT) sind für den Konzentrationsbereich von nicht nachgewiesen bis 3,5 ng/L oder höher dargestellt.

*Fahrt AL590: 17. bis 31. März 2023:*

Wasser- und Sedimentproben wurden entlang der gesamten Länge der deutschen Gewässer gesammelt. Tiefe (Boden-) und oberflächennahe Wasserproben wurden an 94 Stationen mit einer CTD-Niskin-Flaschen-Rosette entnommen (Abbildung 5). Zusätzliche Tiefenwasserproben wurden an 11 Stationen in unmittelbarer Nähe von Versenkungsgebieten mit Niskin-Flaschen entnommen, die an einem geschleppten Ozeanboden-Beobachtungssystem (XOFOS) befestigt waren. Die Proben wurden gefiltert und auf Festphasenextraktionskartuschen (SPE) an Bord des Forschungsschiffes extrahiert. Die Proben wurden weiterverarbeitet und auf MCs analysiert. Die Analyse dieser Daten ist im Gange. Dieser Datensatz liefert die erste und bisher detaillierteste Bewertung von MCs in der Wassersäule entlang der gesamten Länge der deutschen Gewässer der Ostsee.

Oberflächensedimentproben, einschließlich Sedimentproben für die Analyse zur Unterstützung der Bewertung der mikrobiellen Gemeinschaften, wurden ebenfalls an 92 Stationen entnommen. Außerdem wurden auch Wasserproben entnommen, die sich über die gleiche Länge der deutschen Gewässer erstreckten. Die Proben wurden mit einem van Veen-Greifer entnommen und dann verarbeitet und analysiert. Die Datenauswertung ist noch nicht abgeschlossen. Dies ist die derzeit umfassendste Untersuchung von MCs im Sediment der deutschen Ostseegewässer.

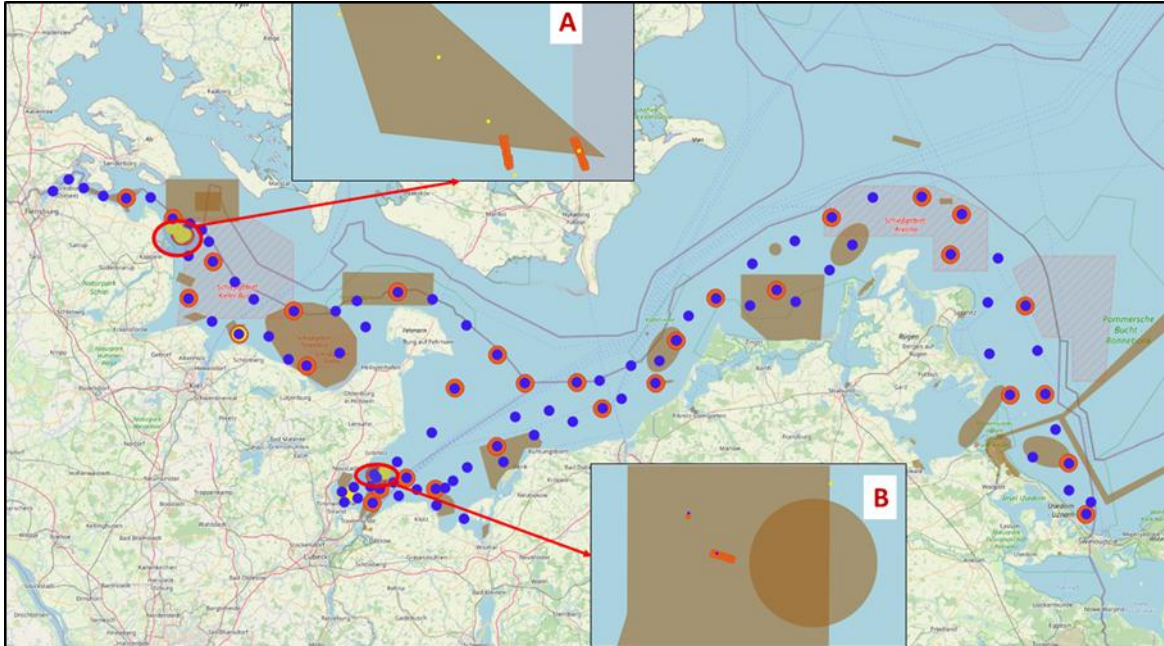


Abbildung 5 Wasser- und Sedimentproben in der Ostsee im März 2023 (Blau: Wasserprobenahme mit CTD-Niskin-Rosette; Gelb: Wasserprobenahme mit Unterwasserfahrzeug; Rot: Probenahmestellen für Oberflächensedimente; Braun: Gebiete mit verflappter Munition. Sedimentprobenahmestellen im Gebiet Falshöft (Inset A) und in der Lübecker Bucht (Inset B) für die Analyse zur Unterstützung der Bewertung der mikrobiellen Gemeinschaften.

*Fahrt AL603: 3-16 Oktober 2023:*

Wasser- und Sedimentproben wurden in den deutschen und dänischen Gewässern gesammelt. Die Fahrtroute führte von Kiel durch den Kleinen Belt nach Aarhus und zurück nach Kiel durch den Großen Belt, das Arkonabecken und die Lübecker Bucht (Abbildung 6). Proben aus der Tiefe (ca. 1-4 m über dem Sediment) und aus dem oberflächennahen Bereich (ca. 1-3 m unter der Oberfläche) wurden an 99 Messstationen mit einer CTD-Niskin-Rosette entnommen. Auch hier wurden an 13 Stellen in der Aarhusbucht, der Jammerlandbucht und der Lübecker Bucht zusätzliche Tiefwasserproben mit dem (XOFOS) und/oder einem ferngesteuerten Fahrzeug (ROV) entnommen. An 36 Stationen wurden Oberflächensedimentproben mit einem van-Veen-Greifer entnommen, um ein räumliches Profil der MCs zu erstellen. Alle Wasser- und Sedimentproben wurden zur weiteren Verarbeitung zum GEOMAR zurückgebracht. Die Proben wurden verarbeitet und die Datenanalyse ist im Gange.

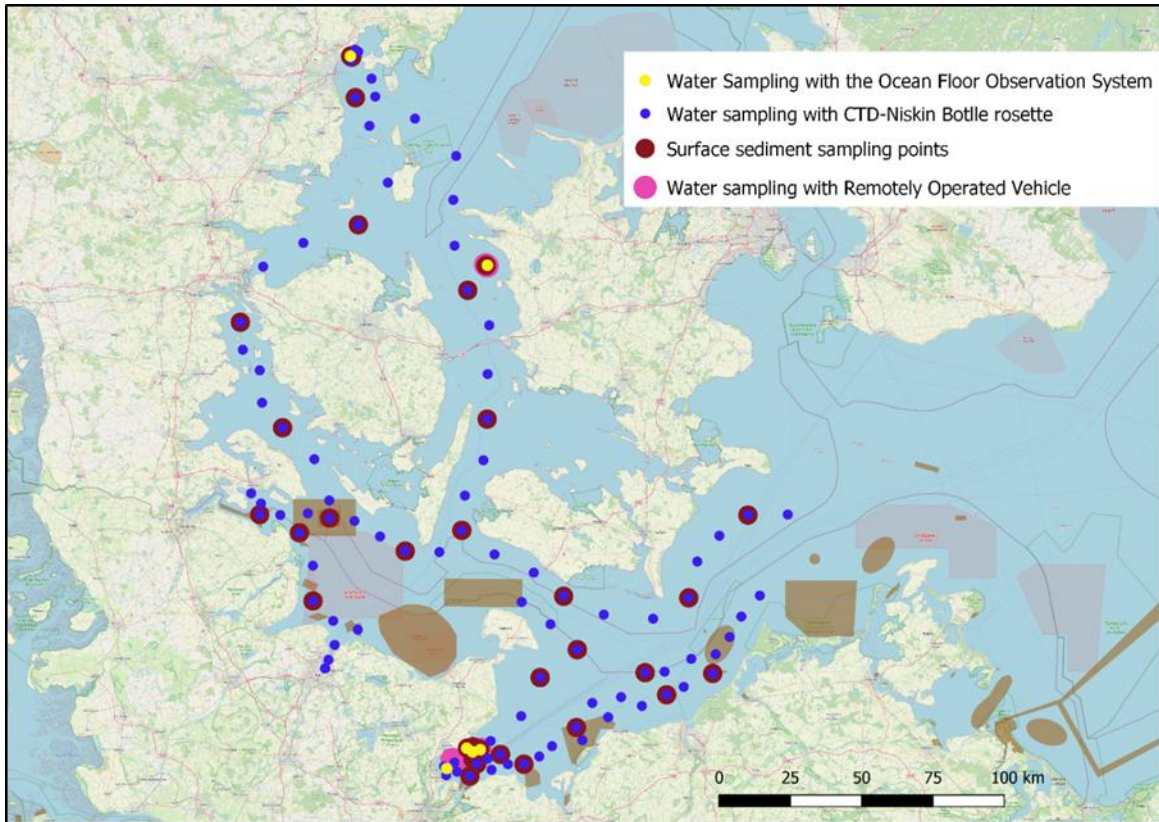


Abbildung 6 Wasser- und Sedimentprobenahmestellen während der AL603-Fahrt im Oktober 2023 in deutschen und dänischen Gewässern der Ostsee. Probengruppen: Wasserproben, die mit XOFOS (gelb), CTD\_ 'Niskin Bottle rosetter' (blau), ROV (rosa) und Sedimentproben, die mit einem van Veen-Greifer (braun) entnommen wurden.

#### *On-board Nachweis von MCs in Wasserproben:*

In der ersten Woche AL603 wurden Tiefwasserproben von 64 Probenahmestationen mit dem verbesserten Xplotector LC-MS System analysiert (Abbildung 7; M3.3.4). Das ursprüngliche System basierte auf einem Microsaic MiD Kompakt-Massenspektrometer, um Nachweisgrenzen in der Größenordnung von 2 ng für Trinitrotoluol (TNT) zu erreichen. Dieses Massenspektrometer konnte Dinitrobenzol (DNB), einen wichtigen Sprengstoff in verklappter Munition, nicht nachweisen und hatte relativ hohe Nachweisgrenzen für andere Zielverbindungen. Aus diesem Grund wurde ein UV-Spektrometer für den Nachweis von DNB eingesetzt. Allerdings störten die im Meerwasser reichlich vorhandenen organischen Stoffe die UV-Analyse, so dass diese weniger empfindlich war. Im Rahmen des VAMOS-Projekts wurde das Xplotector-System mit einem alternativen kompakten Massenspektrometer, dem Advion Expression CMS, aufgerüstet. Das CMS ist deutlich empfindlicher als das MiD, mit einer Nachweisgrenze für TNT von unter 0,1 ng. Mit dem CMS kann auch DNB nachgewiesen werden, so dass die UV-Spektrometereinheit überflüssig ist. Diese Fahrt war der erste Feldtest des CMS-Massenspektrometers mit dem Xplotector-System.



*Abbildung 7 Das Xplotector-System auf dem Labortisch im ALKOR-Nasslabor während der Fahrt AL603. Das CMS-Massenspektrometer ist das blaue Instrument unten links im Bild.*

In 48 der Proben (62 %) wurden nachweisbare TNT-Konzentrationen gemessen, und die räumlichen Trends zeigten einige lokale Hotspots (Abbildung 8). Die Konzentrationen waren in der gesamten beprobten Region niedrig, wobei an einer Station in der Nähe von Rostock ein Höchstwert von 1,25 ng/L gemessen wurde. Weitere Hotspots waren die Aarhusbucht (TNT-Konzentrationen bis zu 1,23 ng/L) und der Jammerland Bucht (bis zu 0,94 ng/L). Andere explosive Verbindungen lagen unter der Nachweisgrenze. Dies ist das erste Mal, dass die TNT-Konzentrationen in dieser Region kartiert wurden. Die Ergebnisse deuten entweder auf eine begrenzte Freisetzung von Chemikalien aus Unterwassermunition oder auf eine rasche Vermischung und Verdünnung hin. Dies gilt insbesondere im Bereich des salzhaltigen Tiefenwasserzuflusses aus der Nordsee. Einige wenige Oberflächenwasserproben aus der oberflächenschicht mit niedrigem Salzgehalt wurden ebenfalls auf TNT untersucht, wobei jedoch kein TNT nachgewiesen wurde. Die bei AL603 gemessenen Konzentrationen lagen etwa sechs Größenordnungen unter dem Schwellenwert, bei dem biologisch toxische Wirkungen wahrscheinlich wären.

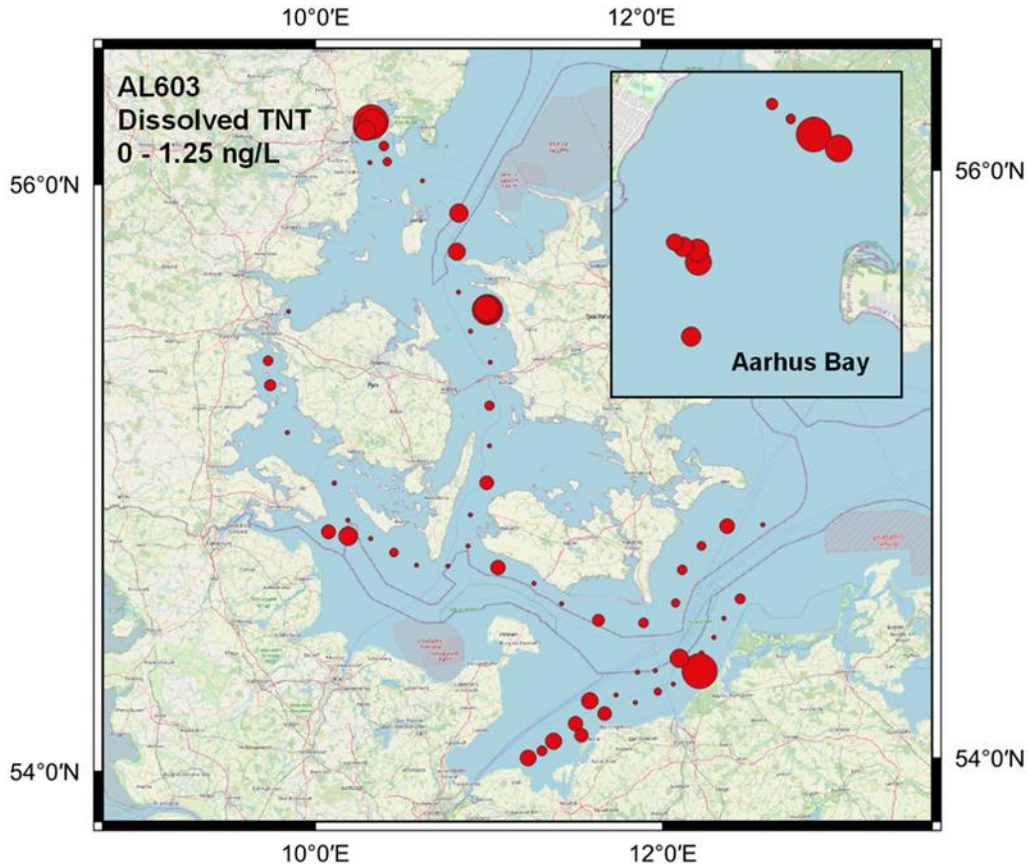


Abbildung 8 Gelöstes TNT in Tiefenwasserproben während AL603. Die Größe der Punkte ist proportional zur Konzentration, wobei der größte Punkt 1,25 ng/L TNT entspricht.

*Fahrt HE622: 6-19 Juni 2023:*

Wasserproben wurden über die gesamte Länge der deutschen Nordsee-Küste gesammelt (Abbildung 9). Proben aus der Tiefe (ca. 1-2 m über dem Sediment) und aus dem oberflächennahen Bereich (ca. 1,5 m unter der Oberfläche) wurden an 93 Probenahmestellen entnommen. Dazu gehörten die folgenden Schiffswrackstandorte: Ariadne, Mainz, VIGO und V812. Die Probenahme erfolgte mit einer CTD-Niskin-Rosette. Die Wasserproben wurden gefiltert (1,2 µm Glasfaserfilter), und alle MCs in den Proben wurden auf Festphasenextraktionskartuschen (SPE) extrahiert, die anschließend eingefroren wurden. Die Filter wurden ebenfalls eingefroren, um sie später zu verarbeiten und zu analysieren und so die Untersuchung der Verteilung von MCs zwischen Wasser und Schwebstoffen zu erleichtern. Außerdem wurden an 29 Stationen Oberflächensedimentproben mit einem Van-Veen-Greifer entnommen, um ein räumliches Profil der MCs im Sediment zu erstellen. Alle Proben wurden zur weiteren Verarbeitung zum GEOMAR zurückgebracht, verarbeitet, und analysiert.

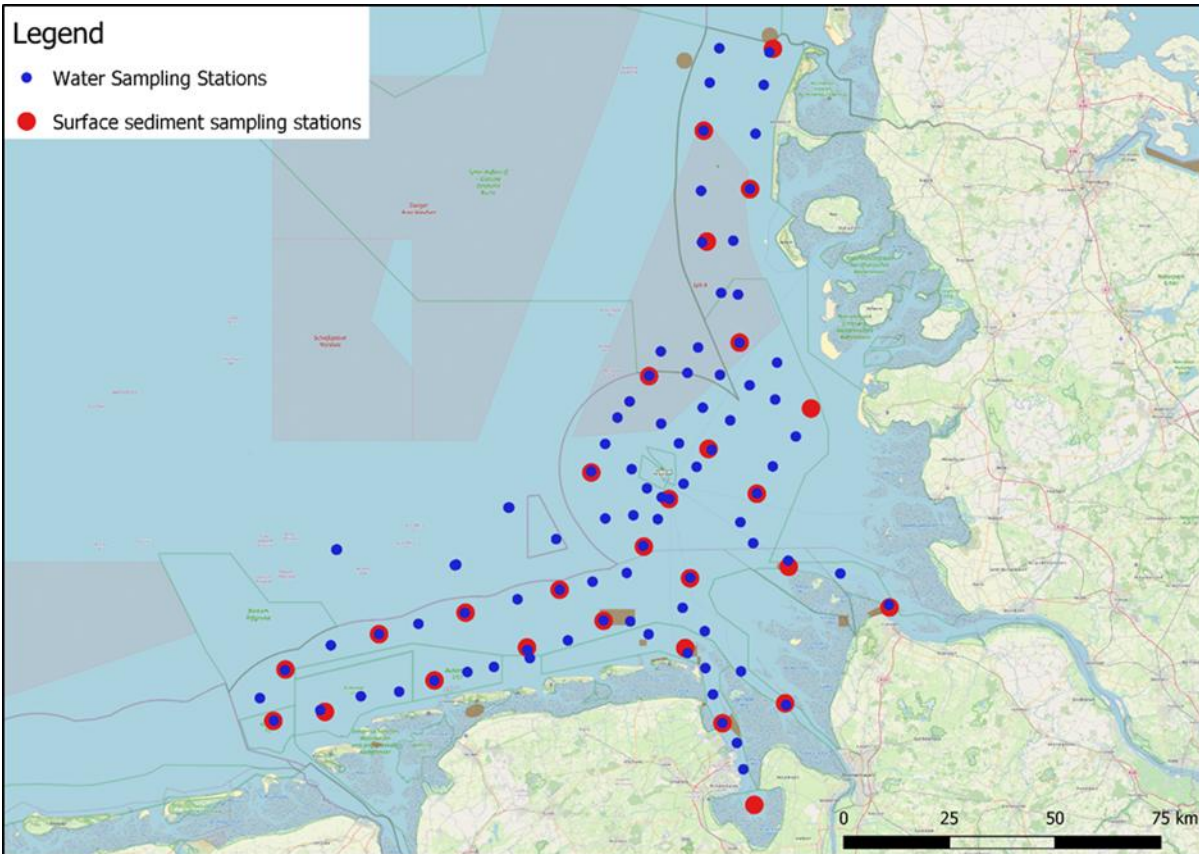


Abbildung 9 Karte der Probenahmestellen für Sediment- und Wasserproben, die während der Fahrt im Juni 2023 zur Analyse von Munitionsbestandteilen entnommen wurden.

In der Nordsee wurden nachweisbare Konzentrationen von MC vor allem in der Region zwischen der Jadebucht (JB) und dem Osten der Insel Wangerooge (WI) gemessen (Abbildung 10). In einigen Proben aus diesem Gebiet überstiegen die TNT-Konzentrationen die von 4-ADNT und 2-ADNT, was auf rezente TNT-Emissionen in die Wassersäule schließen lässt. RDX war die andere Munitionskomponente, die ausschließlich in diesem Untersuchungsgebiet nachgewiesen wurde. Die Konzentrationen von gelöstem RDX (0,55 - 22,37 ng/L) waren im Allgemeinen höher als die von TNT, 2-ADNT oder 4-ADNT (maximale Konzentration von 16,49, 9,40 bzw. 5,84 ng/L). DNB wurde in keiner Nordsee-Probe nachgewiesen.

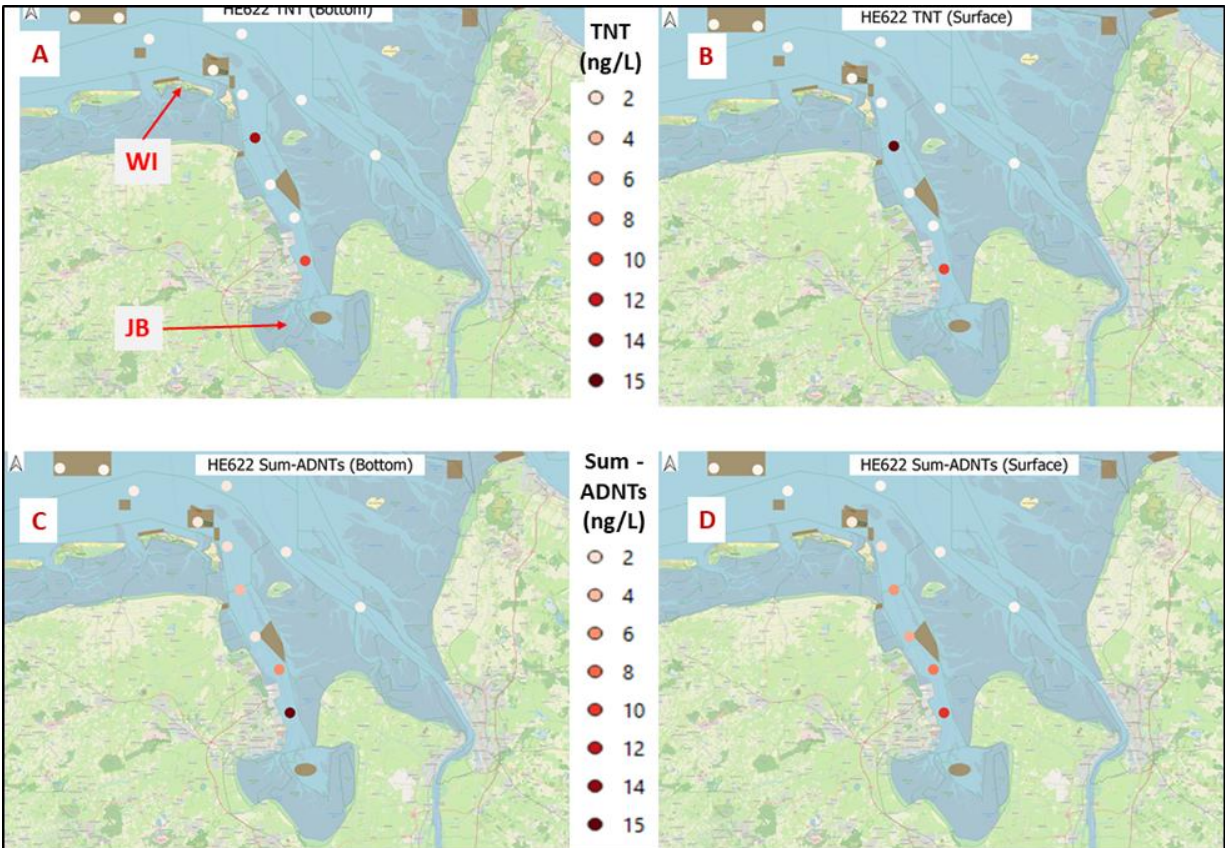


Abbildung 10 Räumliche Profile von TNT und Sum-ADNTs (2-ADNT und 4-ADNT) in Meerwasserproben von der HE622-Fahrt. Boden- und Oberflächenprofile sind für den Konzentrationsbereich von nicht nachweisbar bis 15 ng/L oder höher dargestellt. A = TNT - Boden; B = TNT - Oberfläche; C = Summe-ADNTs - Boden; D = Summe-ADNTs - Oberfläche.

*Fahrt AL609: 20-28 März 2024:*

Während der Fahrt AL609 wurden Proben der Wassersäule mit hoher räumlicher Auflösung um die im Rahmen des Sofortprogramms zur Räumung ausgewählten Munitionshaufen gesammelt. Neun CTD-Messungen wurden in einem Abstand von 50 m um jeden der sieben Haufen herum durchgeführt, sowie eine Messung an jeder der fünf für die Grundfischerei ausgewählten Stellen (Abbildung 11). Die Daten der CTD-Sensoren zeigten eine tiefe Schicht mit hohem Salzgehalt (Abbildung 11a). Infolgedessen lag die Sauerstoffkonzentration im Bodenwasser im Allgemeinen bei über 80 % Sättigung und damit höher als in Pelzerhaken normalerweise beobachtet. Diese Schicht mit hohem Salzgehalt schien an der Nordseite der Bucht zu beginnen, war aber in der gesamten Region zu finden (Abbildung 11c). Das Oberflächenwasser hatte durchweg einen niedrigen Salzgehalt (etwa 10 PSU) und war im gesamten Probenahmegebiet gleichmäßig (Abbildung 11b).

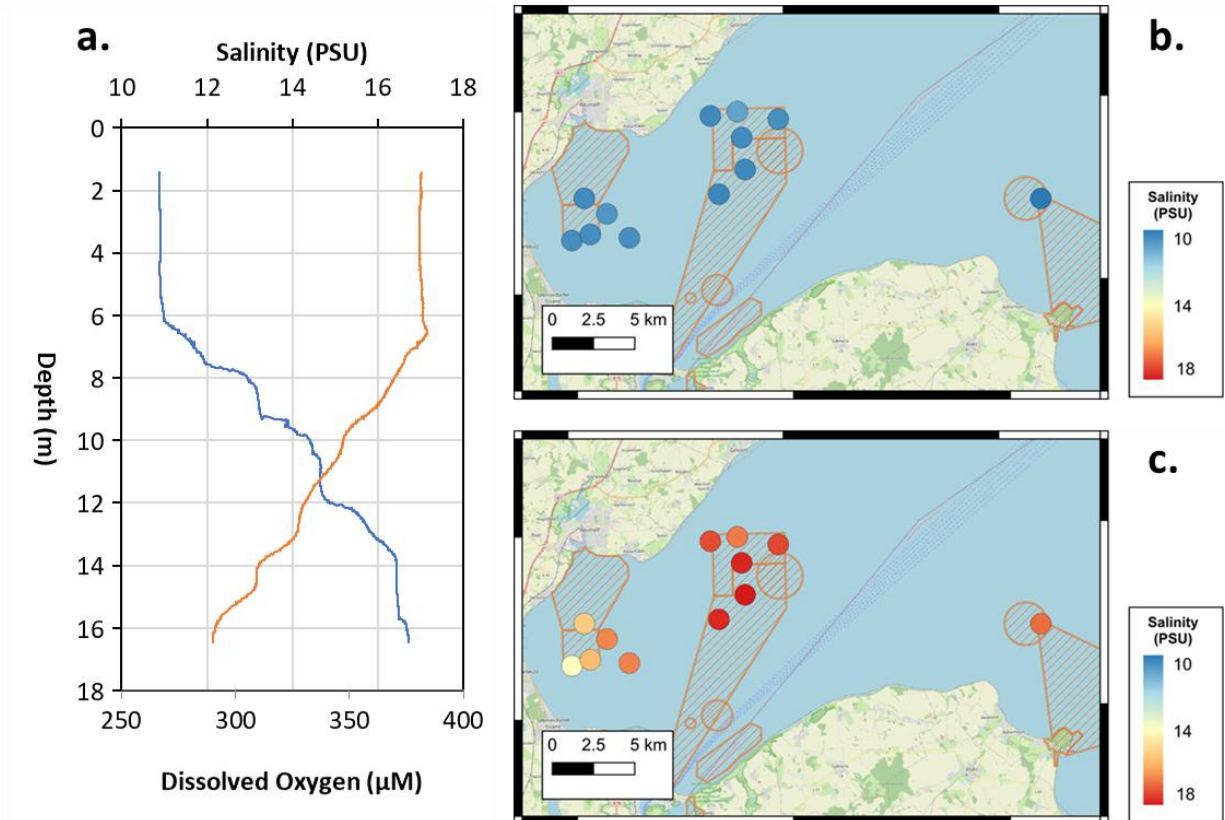


Abbildung 11 Verteilung des Salzgehalts und des gelösten Sauerstoffs in der Lübecker Bucht während AL609 auf die Wasserprobenahme Stationen. a) Typische Tiefenprofile für den Salzgehalt (blaue Linie) und den gelösten Sauerstoff (orangefarbene Linie). b) Salzgehalt im Oberflächenwasser an den CTD-Stationen. c) Salzgehalt im Tiefenwasser an den CTD-Stationen, etwa 2 m über der Sedimentoberfläche.

*Fahrt AL615: 2-12 Juli 2024:*

Während der Fahrt AL615 wurden durch der südwestlichen Ostsee Wasserproben gesammelt. Die räumliche Verteilung von MC während AL615 entsprach derjenigen, die während der Monitoringsfahrten in den vorangegangenen sechs Jahren festgestellt wurde. Im Allgemeinen war die Konzentration von TNT (und dessen Umwandlungsprodukt ADNT) in der Kieler Bucht am höchsten, insbesondere in der Nähe der Munitionsdeponie Kolberger Heide an der Mündung der Kieler Förde (Abbildung 12a & b). Die Konzentrationen von gelöstem TNT und ADNT in der freien Wassersäule lagen in der Größenordnung von 10 - 30 ng/L. Im Gegensatz dazu waren RDX und DNB in der Lübecker Bucht am höchsten, und erreichten Konzentrationen von über 100 ng/L (Abbildung 12c & d).

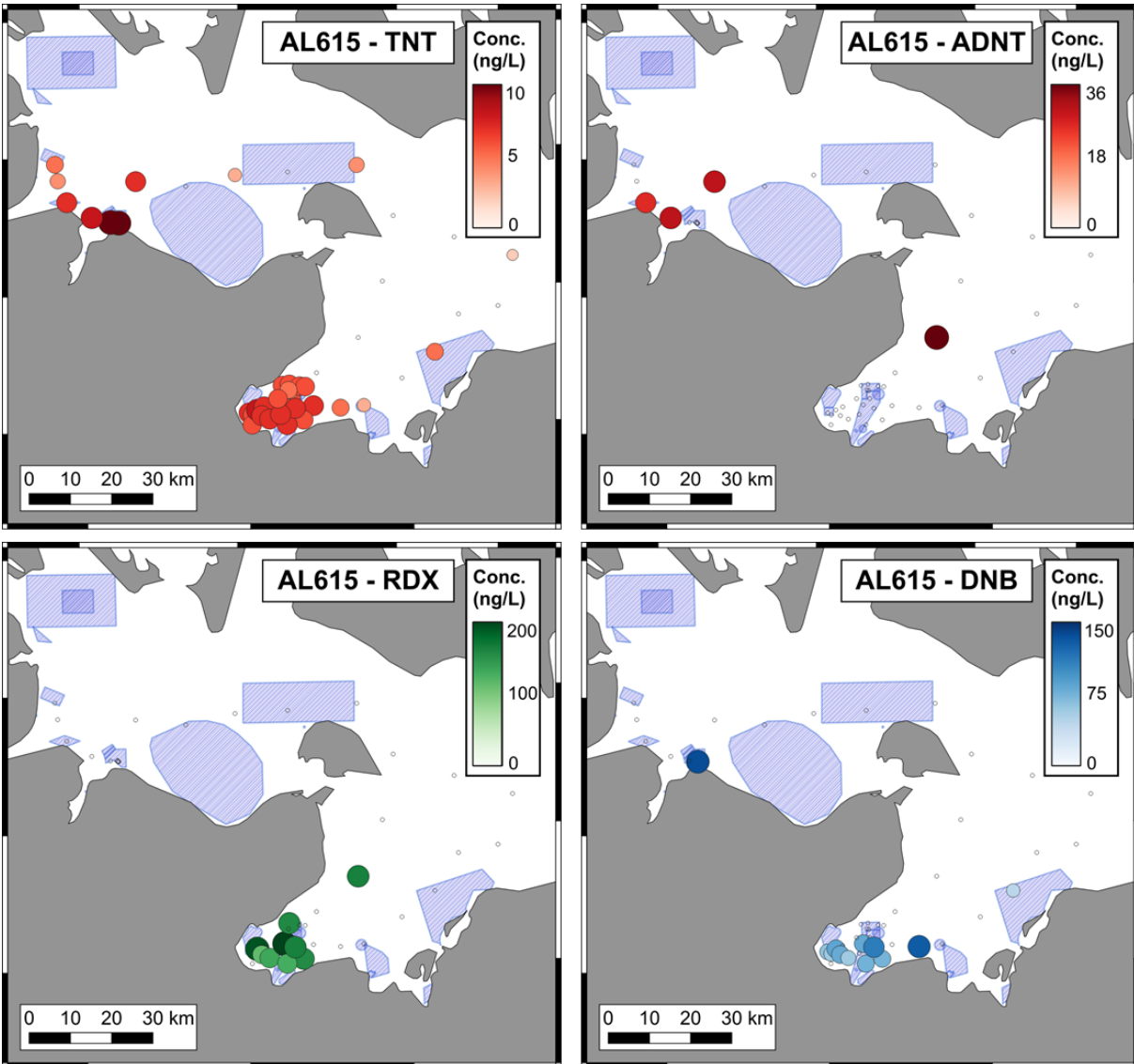


Abbildung 12 Räumliche Verteilung von TNT (a), ADNT (b), RDX (c) und DNB (d) im Bodenwasser während der Fahrt AL615.

*Fahrt AL622: 14-21 Okt. 2024:*

Die Wasserprobenahme während der Fahrt HE535 konzentrierte sich auf die 2023 auf der Fahrt HE622 identifizierte Hotspots der Kontamination mit Munitionsverbindungen (MC), insbesondere im Jade Bucht, um Helgoland und an einer Munitionsversenkungsgebiet westlich von Sylt (BLMP ID NNW03L) (Abb. 13). An 49 Stationen wurden mit einer CTD-Niskin-Rosette Wasserproben aus dem Tiefenwasser (ca. 1-2 m über dem Sediment) und nahe der Meeresoberfläche (ca. 1,5 m Tiefe) genommen. Zwei Stationen befanden sich in der Nähe des Schiffswracks der SMS Ariadne. Die Oberflächensedimentproben (n=55; Abbildung 13) wurden mit einem Van-Veen-Greifer entnommen.

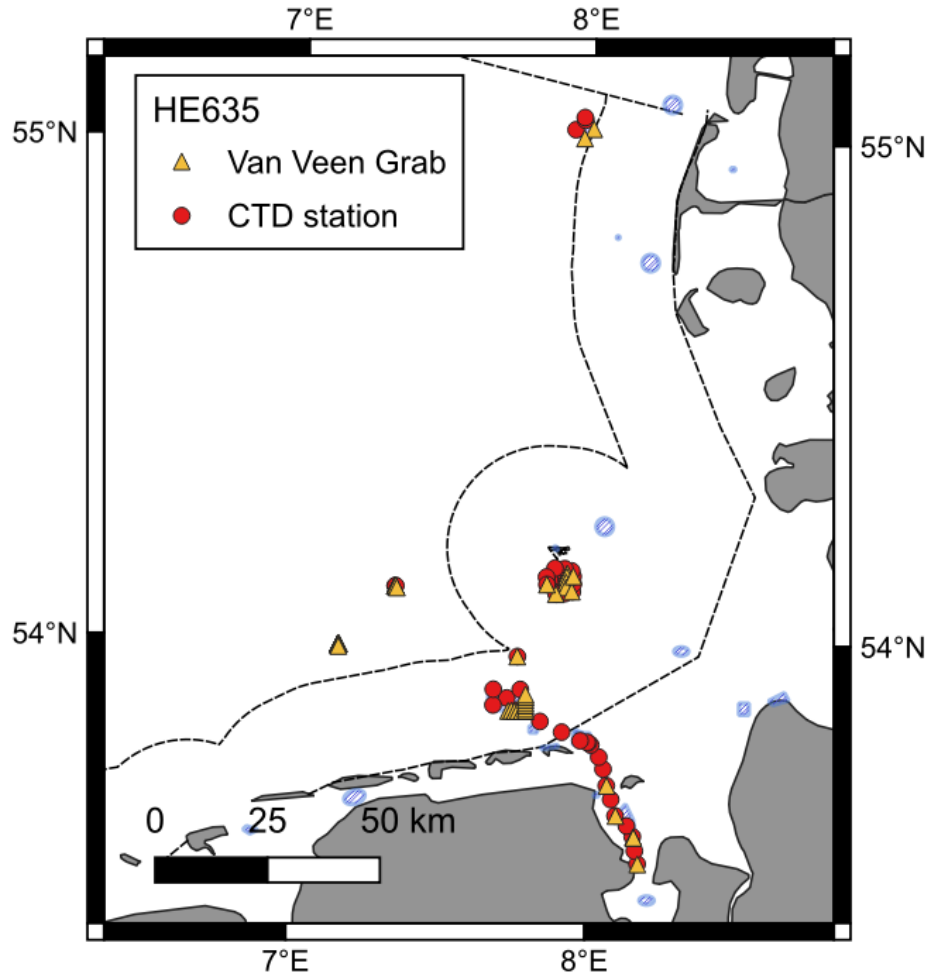


Abbildung 13 Karte der Probenahmestellen für Sediment- und Wasserproben, die während der Fahrt HE622 für die Analyse von Sprengstoff-typischen Verbindungen gesammelt wurden.

*Fahrt AL622: 14-21 Okt. 2024:*

Während der Fahrt AL622 wurden hochauflösende Probenahmen mit 34 CTD-Profilen in der Region Pelzerhaken (Lübecker Bucht) durchgeführt, wo frühere Arbeiten eine besonders hohe MC-Kontamination ergeben haben. In dieser Region wurden zahlreiche große Munitionskörper mit ausgedehnten Bereichen freiliegenden explosiven Materials identifiziert, die aufgrund ihres ähnlichen Aussehens nach verschiedenen Käsesorten benannt wurden. Die Proben wurden an Bord mit dem Xplotector-System analysiert. Die Ergebnisse zeigen relativ niedrige Konzentrationen von gelöstem TNT und RDX an den Rändern des Untersuchungsgebiets und eine Zone mit höheren Konzentrationen in der Mitte und im Südwesten (Abbildung 14). Die modellierten Bodenströmungen während des Probenahmezeitraums zeigen einen langsamen Strömungstransport von Norden und Osten nach Südwesten. Die räumliche Verteilung deutet darauf hin, dass diese offenen explosiven Objekte in der Tat die wichtigste MC-Quelle in Pelzerhaken darstellen und die Strömungen eine Fahne gelöster MCs von den Objekten wegtragen.

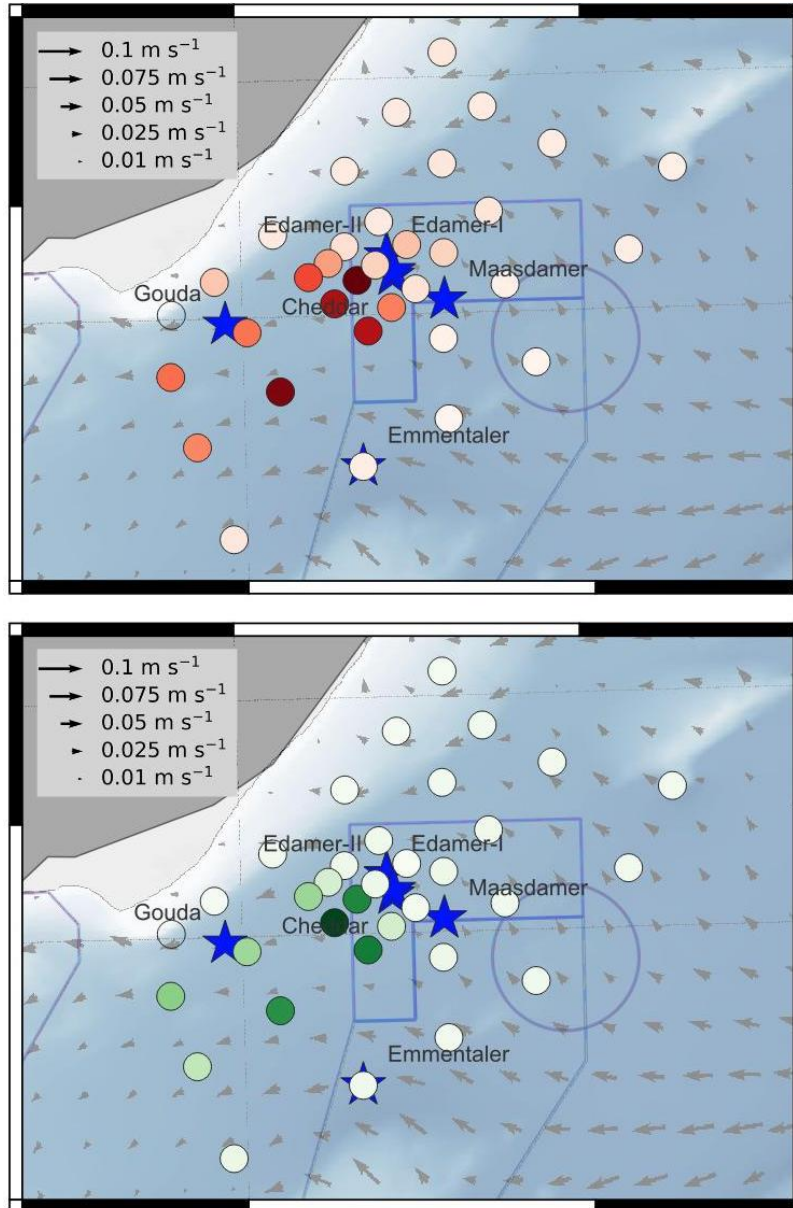


Abbildung 14 Räumliche Verteilung von TNT (oben) und RDX (unten) im Bodenwasser in Pelzerhaken während der Fahrt AL622. Die Farbschattierung zeigt die relative Konzentration im Bereich von 2-10 ng/L (TNT) und 10-250 ng/L (RDX) an. Blaue Sterne zeigen die Fundorte großer offener Sprengstoffe mit ihren Spitznamen. Die darunter liegende Bildebene mit Pfeilen zeigt die durchschnittliche Richtung und Geschwindigkeit der Bodenströmung während des 19. bis 21. Oktober 2024 an.

### Task 3.4 - Kenngrößen für die Löslichkeit und den Zerfall von Sprengstoffen

Während der Fahrt HE622 wurde ein Experiment zur Untersuchung des Abbaus von RDX, DNB und TNT in unbehandeltem Meerwasser auf See durchgeführt (M3.4.2, M3.4.3). Diese Experimente liefern Parameter für die Einbeziehung in verwendeten Ozeanmodelle (Task 5.1). Auf der Hooksieplatte wurden dreifache Proben für ein Lichtexperiment und doppelte Oberflächen-Meerwasserproben für Dunkelheitsexperimente gesammelt.

Die Profile von TNT und seinen Abbauprodukten unter den verschiedenen Versuchsbedingungen sind in Abb. 11 dargestellt. Der Abbau von TNT unter direkter Sonneneinstrahlung schritt rasch voran, wobei am 4. Tag des Versuchs nur noch etwa 10 % übrig waren. Der Abbau in dieser Versuchsanordnung mit direkter Sonneneinstrahlung folgte einer Kinetik erster Ordnung (Abbildung 15a-d);  $k=0,573 \text{ Tag}^{-1}$ ,  $R^2=0,994$ ) und war unter direktem Sonnenlicht etwa dreimal schneller als in der "dunklen" Kontrollanordnung (Abb. 11d;  $k=0,187 \text{ Tag}^{-1}$ ,  $R^2=0,984$ ).

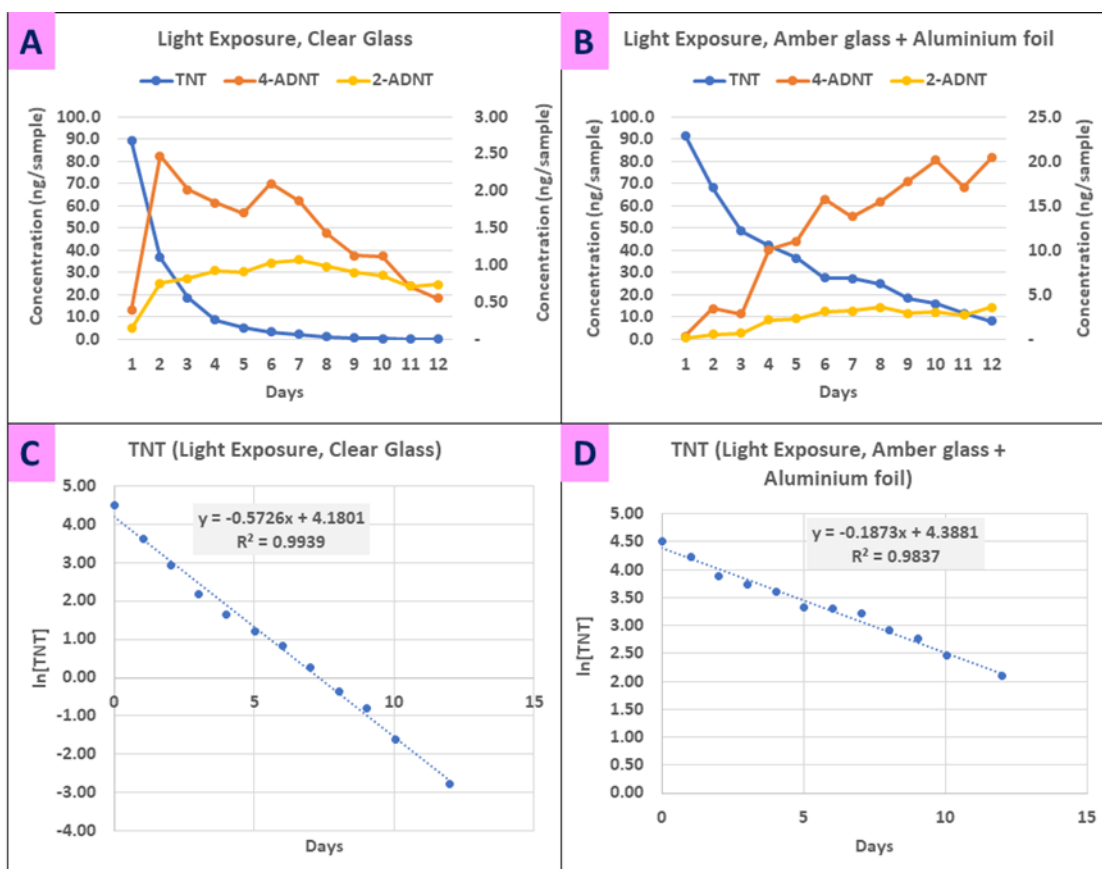


Abbildung 15 Konzentrationsprofile in Abhängigkeit von der Zeit von TNT und seinen Umwandlungsprodukten, 2-Amino-4,6-dinitrotoluol (2-ADNT) und 4-Amino-2,6-dinitrotoluol (4-ADNT) (a) und (b) für das Experiment mit Sonnenlicht. Der Aufbau aus Braunglas und Aluminiumfolie (b) war eine "dunkle" Kontrolle für das Lichtexperiment. Panels c und d zeigen die grafische Ableitung der integrierten Abbaugesetze (zur Schätzung der Abbaugeschwindigkeitskonstante  $k$ ) für TNT.

Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass gelöste organische Verbindungen wie Tenside die Löslichkeit von MC erhöhen und den Abbau von MC fördern können. Die Wirkung verschiedener repräsentativer mariner organischer Verbindungen auf die Auflösung fester Sprengstoffe wurde getestet. Zu den getesteten Verbindungen gehörten aus Mikroben gewonnenes Alginat und L-Cystein, terrestrische Fulvosäuren und Huminsäuren sowie die nichtionischen und Ethoxylat-Tenside Triton X-100 und Brij35. Der getestete Sprengstoff wurde aus der Ostsee geborgen und stellte eine Mischung aus TNT und RDX dar (typisch für den Torpex-ähnlichen Sprengstoff, der auf der Munitionsversenkungsgebiet Kolberger Heide gefunden wurde).

Die Ergebnisse der Auflösungsexperimente zeigen eine starke Abhängigkeit der Auflösung von der Temperatur, wobei die Geschwindigkeit bei 22,5°C etwa um den Faktor zwei höher ist als bei 5,5°C (Abbildung 16). Weder der Salzgehalt noch das Vorhandensein der getesteten organischen Verbindungen hatten einen messbaren Einfluss auf die TNT-Auflösung. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Temperatur der wichtigste Faktor ist, der in Vorhersagemodelle für die TNT-Freisetzung einbezogen werden muss, während die Auswirkungen des Salzgehalts und der organischen Stoffe wahrscheinlich vernachlässigbar sind.

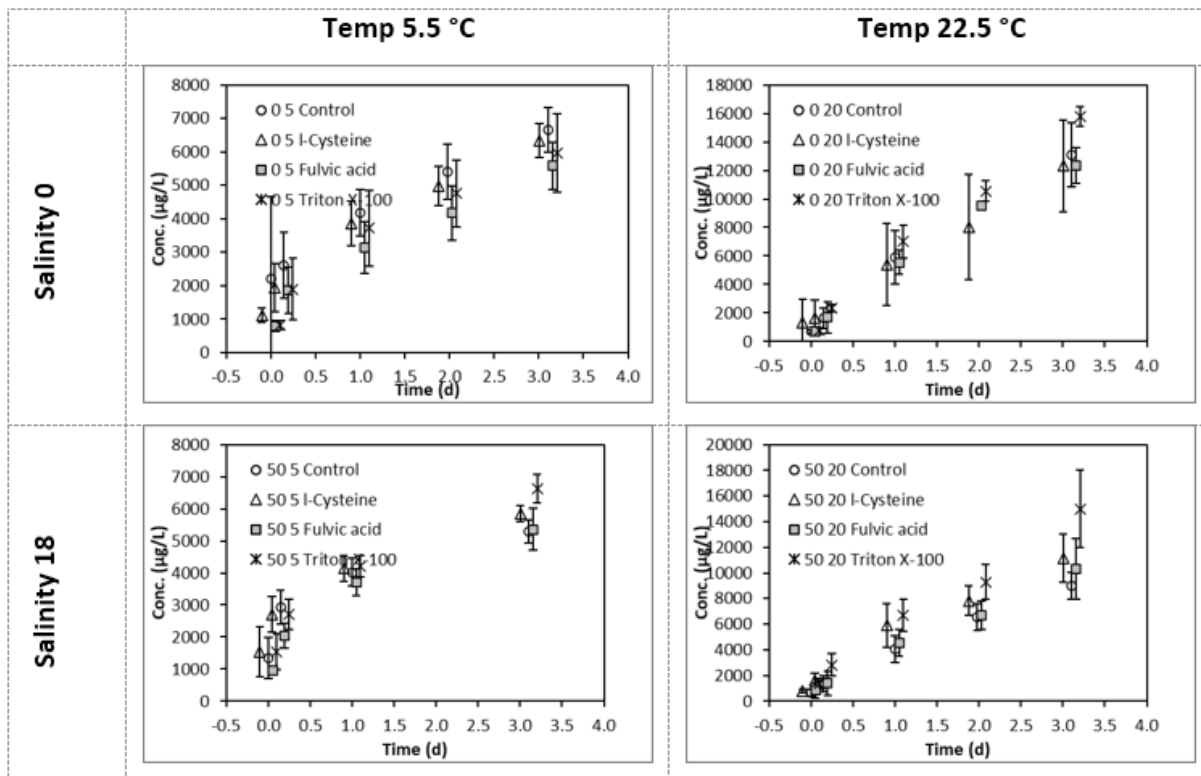


Abbildung 16 Anstieg des gelösten TNT durch die Auflösung von festem explosivem Material im Laufe der Zeit. Die linken Tafeln sind bei 5,5°C, die rechten Tafeln bei 22,5°C. Die oberen Panels sind in Süßwasser und die unteren Panels in Meerwasser mit einem für die Kieler Bucht repräsentativen Salzgehalt

## AP 4: Ökologische und biologische Untersuchungen in Referenz- und Munitions-versenkungsgebieten

**Zusammenfassung:** Arbeiten in AP4 nutzten zum Großteil die Ergebnisse aus AP3 und den dort durchgeführten Kartierarbeiten. In Zusammenarbeit mit Senckenberg am Meer wurden Habitatkarten zur Verfügung gestellt um die Auswertung der Meiobenthos Beprobung zu unterstützen (siehe Vedenin et al. (2023, 2025a, 2025b))

### Task 4.1 Gebietsauswahl und Benthosuntersuchungen

**M4.1.1** Organisation und Durchführung von Schiffsexpeditionen zur Proben- und Datengenerierung → Siehe **M3.1.2**

#### *Task 4.2 Habitatkartierung und -modellierung*

Auf allen Ausfahrten innerhalb von CONMAR wurden die Kartierungsdaten, die der Modellierung der Faunenverteilung dienen werden, erhoben. Die Auswertung der biologischen Proben und die Analyse der Sedimentproben werden durch den Projektpartner Senckenberg ausgeführt (siehe Bericht SaM). Auf Grundlage dieser Analysen wurden Habitatkarten erstellt und Faunenverteilungen modelliert, die im SaM Bericht einzusehen sind. GEOMAR führte in diesem Rahmen zahlreiche Analysen von Korngrößen durch.

### **AP 5: Modellierung von Verbreitungsmustern und Umwandlungsprozessen von sprengstofftypischen Verbindungen**

**Zusammenfassung:** Die Arbeiten in AP5 umfasste die Übertragung der in AP3 gewonnenen Messdaten aus dem Feld und den Laborexperimenten in die Modellparameter des GETM Modells vom IOW. Es zeigte sich dass die zusätzlichen Daten die Vorhersage des Modells verbessern konnten und jetzt ein gutes Tool zur Prognose der STV Ausbreitung zur Verfügung steht, das auch Hinweise auf ‚unbekannte‘ Munitionsvorkommen liefern kann.

#### *Task 5.1: Erweiterung und Anpassung des hydrodynamischen Ozean-Modells zur Aufnahme von STV*

Die in AP3 gewonnenen Daten wurden dem IOW zur Weiterentwicklung des Vorhersagemodells zur Ausbreitung von STVs zur Verfügung gestellt (siehe Sachbericht IOW und Kapitel 6 im *CONMAR- Report – Phase 1*). Diese Felddaten wurden zusammen mit Wassermischungspfaden verwendet, um den Ort und die Stärke von chemischen Munitionsquellen abzuschätzen. Im Projektzeitraum gab es einen engmaschigen Austausch zwischen dem IOW und dem GEOMAR, um die Leistung des Modells zu erörtern und entsprechende Probenahmestrategien für die geplanten Fahrten zu entwerfen, mit dem Ziel, das das Modell zu verbessern. Darüber hinaus wurden Feldexperimente durchgeführt, um die Abbauraten zu bestimmen, die in das Modell aufgenommen werden sollen, und es so zu erweitern, dass es sowohl TNT als auch ADNT umfasst (siehe **Kapitel 6** in *CONMAR Final Report – Phase 1*).

### **AP 7: Prioritätenlisten für Hotspots und effiziente Managementstrategien**

**Zusammenfassung:** In diesem Arbeitspaket wurde die Priorisierung von Munitionshaufen vorgenommen. Diese erfolgte mithilfe des neuen Modells MCA-DuMP, das sechs Hauptkriterien betrachtet: Risiko für die menschliche Gesundheit, Risiko für die Umwelt, Risiko für die Wirtschaft, Risiko von Missbrauch, sozioökonomisches Potenzial sowie Kosteneffizienz der Kampfmittelbeseitigung. Letzteres wurde über 16 Kostenwirkungsfaktoren abgebildet. Insgesamt wurden 487 Munitionshaufen mit dem Modell bewertet, davon 39 im Detail. Drei Haufen im Gebiet Pelzerhaken wiesen besonders hohe Priorisierungswerte auf. Die Analyse zeigte, dass kritische Haufen oft außerhalb offiziell ausgewiesener Versenkungsgebiete liegen. Die Ergebnisse liefern eine belastbare Entscheidungsgrundlage für zukünftige Räumungen. Zusätzlich wurde das Sofortprogramm durch Monitoring und die Auswahl von Munitionshaufen für die Piloträumung unterstützt. Hierbei wurde das Kriterium „Lerneffekt“ in die Bewertung aufgenommen. Die Methodik erwies sich als wirkungsvoll und praxisnah. Die Zielsetzungen mussten angepasst werden, wurden daraufhin aber erfolgreich umgesetzt.

### *Task 7.1: Wirtschaftliche Bewertung von Managementstrategien*

Es wurde festgelegt, dass im Projekt lediglich die Managementstrategie der Kampfmittelbeseitigung wirtschaftlich bewertet werden soll. Andere Strategien (wie etwa die Einrichtung von Sperrgebieten oder die Durchführung eines Monitorings) wurden nicht bewertet, da der momentane politische Wille die Fokussierung auf die Kampfmittelbeseitigung gebietet (siehe **Task 7.4** „Sofortprogramm Munitionsaltlasten in Nord- und Ostsee“). Somit wurde **D7.1-1** inhaltlich geändert. Es beinhaltete nicht mehr die Kosten-Nutzen-Analyse verschiedener Managementstrategien, sondern die Bewertung verschiedener Munitionshaufen hinsichtlich der Kosteneffizienz ihrer Beräumung. Dies hat den Vorteil, dass die Ergebnisse direkt für die Weiterverarbeitung in Task 7.2 genutzt werden konnten.

Mit Hilfe einer Literaturrecherche wurde eine vollumfängliche Liste der Kostenwirkungsfaktoren (KWFs) der Kampfmittelbeseitigung im Meer erstellt. Zur weiteren Bearbeitung wurde ein Expertenworkshop durchgeführt (siehe **Task 1.1**). Basierend auf den Diskussionen und Abstimmungen im Workshop konnten 16 KWFs ausgewählt und mit Gewichtungen versehen werden (Abbildung 17). Daraufhin konnte die notwendige Datengrundlage geschaffen werden (**M7.1-1**). Die Kosteneffizienz ist ein Indikatorwert, der als Kriterium in die in **Task 7.2** beschriebene MKA einfließt (Tabelle 1).

### *Task 7.2: Identifizierung von Hotspots und Erstellung einer Prioritätenliste für das Management*

Die Priorisierung der Munitionshaufen erfolgte mithilfe des Entscheidungsmodells MCA-DuMP (Multi-Criteria Analysis for Dumped Munition Prioritization), das auf der Methode des analytischen Hierarchieprozesses (AHP) basiert. In einem mehrstufigen Co-Creation-Prozess (siehe **Task 1.1**) wurden hierfür sechs Hauptkriterien definiert: Risiko für die menschliche Gesundheit, Risiko für die Umwelt, Risiko für die Wirtschaft, Risiko von Missbrauch, sozioökonomisches Potenzial sowie Kosteneffizienz der Kampfmittelbeseitigung. Für jedes dieser Hauptkriterien wurden Unterkriterien identifiziert, sodass ein Hierarchiebaum entstand. Für die Unterkriterien wurde in der Regel ein durch ein Risiko betroffenes Schutzgut mit einem Risikopfad kombiniert (z. B. das Risiko für die Besatzung von Fischereischiffen durch eine Explosion). Um die Relevanz der Kriterien für die Priorisierung der Munitionshaufen zu bestimmen, wurden diese im Rahmen von Workshops gewichtet (siehe **Task 1.1**).

Die Kriterien Risiko für die menschliche Gesundheit und Risiko für die Umwelt erhielten die höchsten Gewichtungen durch die Stakeholder (0,299 bzw. 0,271). Innerhalb des erstgenannten Kriteriums wurden die Risiken für Besatzungen von Fischereischiffen durch Explosionen und für Konsumenten von Meeresfrüchten durch Kontamination am höchsten gewichtet. Im Bereich Umwelt fielen die Gewichtungen für Kontaminationsrisiken von Fischen und Muscheln am höchsten aus. Die technische Umsetzung des Modells erfolgte in QGIS, wobei sämtliche Daten normalisiert, gewichtet und zu einem Gesamtwert je Haufen aggregiert wurden. Es wurden verschiedene Datenverarbeitungsschritte durchgeführt, darunter Datenzusammenführungen und Normalisierung der Werte aller Kriterien auf eine Skala von 0 bis 10. Die finale Gewichtung erfolgte durch Multiplikation der normalisierten Werte mit den in den Workshops bestimmten Gewichten. Anschließend wurden die Werte entlang der Hierarchiebaumstruktur aggregiert.

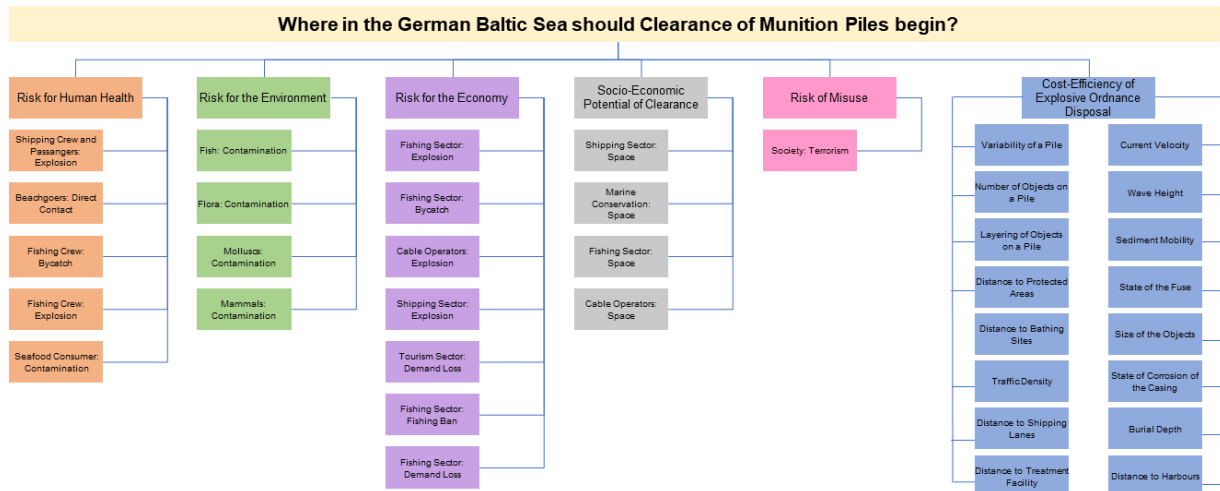


Abbildung 17 Hierarchiebaum, der die Grundlage des Modells MCA-DuMP ist, um Munitionshaufen in der deutschen Ostsee für die Räumung zu priorisieren

Die Identifizierung von Hotspots und die Erstellung einer Prioritätenliste für das Management erfolgten auf Basis der Modelloutputs von MCA-DuMP. Für 39 Munitionshaufen existierte eine vollständige Datenlage inklusive visueller Daten durch Fotomosaik. Diese wurden durch vier Experten hinsichtlich der vorliegenden Munitionseigenschaften bewertet und zusätzlich durch drei Experten annotiert. Daraufhin wurden diese Munitionshaufen mit MCA-DuMP bewertet. Die resultierenden Priorisierungswerte sind in Tabelle 4 gelistet und lagen zwischen 3,01 und 5,10, wobei insbesondere drei Haufen mittels der IQR-Methode (Interquartilsabstand) als signifikante Ausreißer mit besonders hohen Werten identifiziert wurden. Alle drei befinden sich im Gebiet Pelzerhaken in der Lübecker Bucht. Hierbei handelt es sich um die Haufen Pzh\_00009 (Priorisierungswert: 5,10), Pzh\_00066 (5,08) und Pzh\_00266 (5,04), die in nahezu allen Hauptkriterien hohe Bewertungen aufwiesen. Hervorzuheben sind die Kriterien Risiko für die menschliche Gesundheit, Risiko für die Wirtschaft und Sozioökonomisches Potenzial. Bei anderen Kriterien der Kosteneffizienz der Kampfmittelbeseitigung lagen sie zudem deutlich über dem Median aller Haufen. Auffällig ist der deutliche Unterschied zwischen Rang 3 und Rang 4 (Pzh\_00032 mit einem Wert von 4,38), der den größten Sprung innerhalb der Rangliste darstellt. Dies unterstreicht die besondere Bedeutung der drei höchstbewerteten Munitionshaufen.

Tabelle 4 Prioritätenliste von Munitionshaufen für die Räumung. Die Tabelle enthält alle Haufen, für die zum Zeitpunkt der Berichtsabgabe annotierte Fotomosaik vorlagen

Haufen ID	Rang	Priorisierung	Risiko für die menschliche Gesundheit	Risiko für die Wirtschaft	Risiko für die Umwelt	Risiko von Missbrauch	Kosten-effizienz der KMR	Sozioökonomisches Potential
Weight			0.299	0.096	0.271	0.124	0.134	0.077
Pzh_00009	1	5.10	5.47	2.57	3.03	7.45	6.66	7.60
Pzh_00066	2	5.08	5.64	2.74	3.03	6.79	6.63	7.60
Pzh_00266	3	5.04	5.43	2.58	3.03	7.29	6.46	7.60
Pzh_00032	4	4.38	3.69	1.01	3.95	6.62	6.13	6.18
Pzh_00219	5	4.37	3.51	0.83	3.95	7.25	6.17	5.86
Pzh_00222	6	4.28	3.44	0.86	3.95	6.71	6.21	5.74
Pzh_02219	7	4.26	4.33	2.08	3.03	6.58	4.91	6.20
Pzh_00200	8	4.18	3.41	1.42	3.03	6.51	6.78	6.38
Pzh_00269	9	4.15	3.28	1.31	3.03	6.71	6.89	6.10
Pzh_00202	10	4.10	3.45	1.46	3.03	6.40	6.23	6.31
Kbh_00001	11	3.80	2.94	1.31	3.63	6.79	5.30	3.38
Haf_00320	12	3.56	1.62	0.42	4.29	7.55	6.37	1.19
Haf_00323	13	3.51	1.75	0.51	4.29	7.71	5.74	0.65
Pzh_00037	14	3.49	3.04	1.29	1.77	6.65	5.90	4.80
Pzh_00241	15	3.47	2.85	0.95	1.77	7.05	5.82	5.12
Pzh_00155	16	3.43	2.75	1.29	1.77	6.47	7.13	3.25
Pzh_00108	17	3.35	2.14	0.98	1.57	6.46	6.69	6.40
Pzh_00002	18	3.33	2.62	1.48	1.59	6.40	6.95	3.35
Pzh_00107	19	3.33	2.15	0.99	1.57	6.47	6.52	6.40
Pzh_00012	20	3.33	2.70	1.46	0.85	7.01	6.15	5.92
Pzh_00109	21	3.33	2.18	1.15	1.57	6.20	6.53	6.46
Pzh_00192	22	3.32	2.61	1.49	1.59	6.36	6.67	3.73
Pzh_00287	23	3.32	2.10	0.94	1.57	6.72	6.42	6.30
Pzh_00242	24	3.32	2.50	1.32	0.85	6.64	6.98	5.89
Pzh_00122	25	3.29	2.70	0.98	1.77	6.79	5.90	3.62
Pzh_00035	26	3.29	2.92	1.47	1.77	7.06	6.07	1.38
Pzh_00187	27	3.28	2.58	1.46	1.59	6.40	6.50	3.58
Pzh_00186	28	3.26	2.64	1.48	1.59	6.41	6.61	2.90
Pzh_00127	29	3.26	2.35	0.74	1.77	6.95	6.49	3.63
Pzh_00185	30	3.25	2.57	1.42	1.59	6.54	6.66	2.80
Pzh_00126	31	3.22	2.28	0.70	1.77	7.07	6.32	3.59
Haf_00319	32	3.20	1.66	0.43	2.72	7.60	6.46	1.53
Haf_00314	33	3.14	1.63	0.23	2.11	7.90	6.81	2.18
Haf_00332	34	3.14	1.68	0.27	2.11	7.98	6.70	1.99
Haf_00002	35	3.12	1.84	0.51	2.11	7.86	6.64	1.20
Haf_00324	36	3.12	1.83	0.46	2.11	8.05	6.19	1.75
Haf_00316	37	3.08	1.60	0.23	2.11	7.94	6.67	1.73
Haf_00315	38	3.07	1.73	0.35	2.11	7.92	6.25	1.72
Haf_00318	39	3.01	1.80	0.47	2.11	7.54	6.14	1.28
Median		3.33	2.61	1.01	2.11	6.79	6.46	3.63
Minimum		3.01	1.60	0.23	0.85	6.20	4.91	0.65
IQR (low)		2.21	0.19	-0.68	-0.58	5.08	5.41	-4.07
Maximum		5.10	5.64	2.74	4.29	8.05	7.13	7.60
IQR (high)		5.00	4.94	2.75	5.20	8.94	7.41	12.34

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Munitionshaufen im Versenkungsgebiet Pelzerhaken die höchsten Priorisierungswerte (Abbildung 18) erhalten. Die zehn höchstbewerteten Haufen

befinden sich alle dort. Es folgt der einzige im Rahmen dieser Untersuchung bewertete Munitionshaufen in der Kolberger Heide. Im Gegensatz dazu erhielten acht von zehn Munitionshaufen im Gebiet Haffkrug die niedrigsten Bewertungen. Die Haufen Haf\_00320 und Haf\_00323 heben sich dabei deutlich vom Rest ab, was offenbar auf einen vergleichsweise hohen Wert im Kriterium Risiko für die Umwelt zurückzuführen ist.

Über die Betrachtung der visuell detailliert bekannten Munitionshaufen hinaus wurden sämtliche 487 dem GEOMAR bekannte potenzielle Munitionshaufen in der deutschen Ostsee mit MCA-DuMP bewertet. Da eine Einzelbetrachtung jedes Munitionshaufens in diesem Kurzbericht nicht zielführend ist, wurde das Gebiet der Lübecker Bucht in Gitterzellen von 1 km<sup>2</sup> eingeteilt. Dies ermöglicht nicht nur eine Priorisierung der Räumung aufgrund der Bewertung einzelner Munitionshaufen, sondern auch eine zellenweise Betrachtung. Wie Tabelle 4 **Error! Reference source not found.** zeigt, befinden sich die höchsten Medianwerte der Priorisierung in Zellen mit geringer Haufendichte. Dies ist entweder auf besonders kritische Einzelhaufen oder auf die Nähe zu wirtschaftlich oder ökologisch sensiblen Zonen zurückzuführen. Besonders hervorzuheben ist, dass die prioritär zu räumenden Haufen nicht in den bisher ausgewiesenen Versenkungsgebieten zu finden sind. Dies ist vermutlich auf eine erhöhte menschliche Nutzung außerhalb dieser Gebiete zurückzuführen. Daraus ergibt sich ein konkreter Handlungsbedarf zur Überarbeitung der entsprechenden Karten. Zudem empfehlen wir die baldige Räumung der identifizierten Ausreißerhaufen.

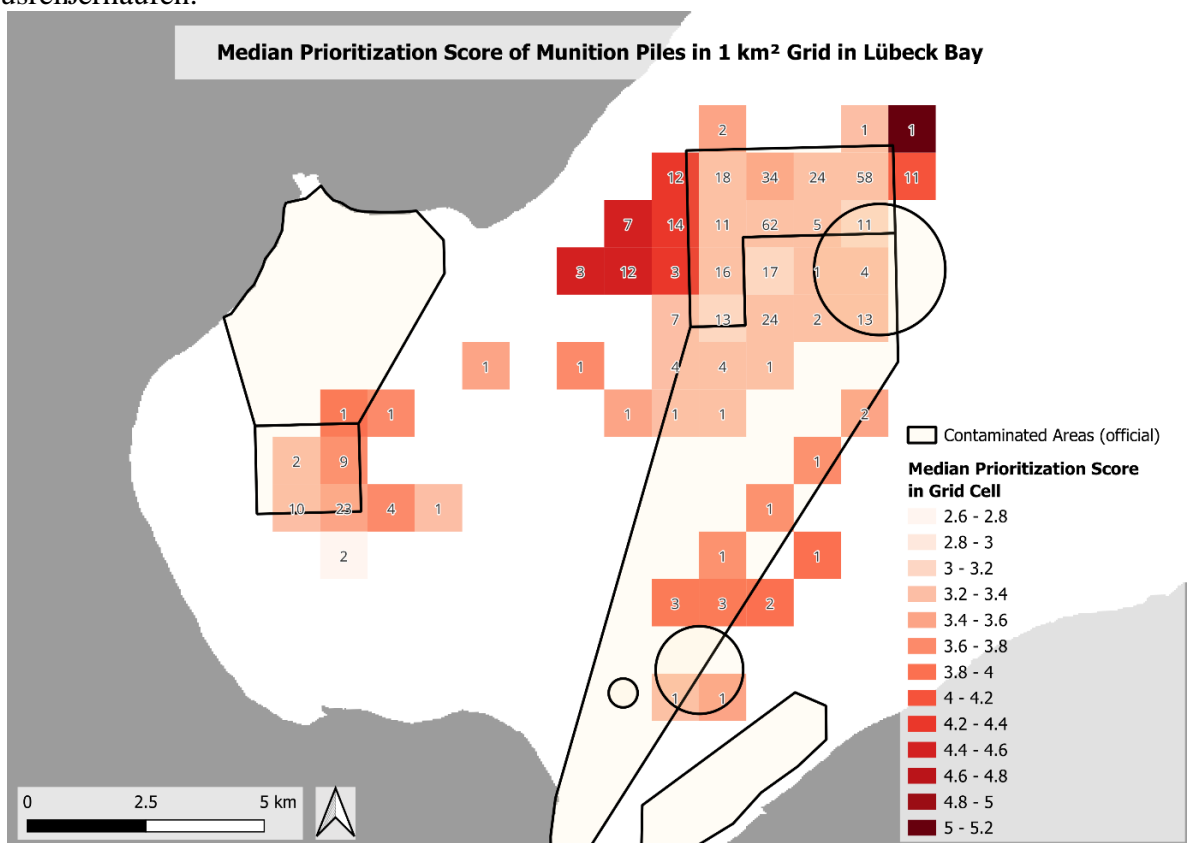


Abbildung 18 Karte der Lübecker Bucht mit Priorisierungswerten von (potenziellen) Munitionshaufen. Die Farbe der Gitterzelle zeigt den Priorisierungswerte im Median an. Die Zahl in der Gitterzelle informiert über die Anzahl darin befindlichen Munitionshaufen

*Task 7.3: Entwicklung von Managementstrategien für ausgewählte munitionsbelastete Gebiete*

Es wurde keine umfassende Managementstrategie für munitionsbelastete Gebiete entwickelt (**D7.3-1** und **D7.3-2**). Ressourcen wurden in die notwendige Ausweitung des Co-Creation-Prozesses auf über zehn Workshops (siehe **Task 1.1**) und die damit einhergehende Komplexität der Priorisierung (siehe **Task 7.2**) investiert. Einzelne Aspekte einer Managementstrategie konnten jedoch adressiert werden.

- Die im Rahmen der Multikriterienanalyse (MKA) erstellte Prioritätenliste stellt die Grundlage einer Managementstrategie für die systematische Munitionsräumung in den Versenkungsgebieten dar.
- Die angewandte Priorisierungsmethodik verwendet zahlreiche Kriterien, die für weitere Managementmaßnahmen relevant sind, bspw. zu ökologischen Belastungen, Nutzungsdruck, Zugang zu Infrastruktur und räumlichen Nutzungskonflikten. Obwohl die MKA entwickelt wurde, um Munitionshaufen für die Räumung zu priorisieren, können mit ihr auch Rückschlüsse für andere Managementmaßnahmen gezogen werden. So wurde deutlich, dass eine Anpassung der als munitionsbelastet gekennzeichneten Flächen auf Seekarten notwendig ist (siehe **Task 7.2**).
- In mehreren Co-Development-Workshops wurden erste Überlegungen zur zukünftigen Nutzung freigeräumter Flächen diskutiert. Diese Diskussionen liefern wertvolle Anknüpfungspunkte für die strategische Planung von Synergien zwischen Räumung, wirtschaftlicher Nutzung und ökologischer Wiederherstellung.

*Task 7.4: Beispielhafte Implementierung einer Managementstrategie für ein ausgewähltes munitionsbelastetes Gebiet*

Im Rahmen von Piloträumungen des „Sofortprogramms Munitionsaltlasten in Nord- und Ostsee“ des BMUKN wurde erstmals eine räumbegleitende Monitoring-Kampagne durchgeführt. Es wurde angestrebt, diese Arbeit mit den Unternehmen, die die Piloträumung durchführen, zu koordinieren (**M7.4-1**). Ein Monitoring-Plan wurde erstellt (**M7.4-2**). Häufige Verzögerungen im Ablauf des Sofortprogramms führten jedoch dazu, dass das Monitoring nicht in optimaler zeitlicher Abstimmung mit den Räumaktivitäten durchgeführt werden konnte. Nichtsdestotrotz wurde die Kampagne vollständig durchgeführt. Ein entsprechender Bericht wird derzeit fertiggestellt.

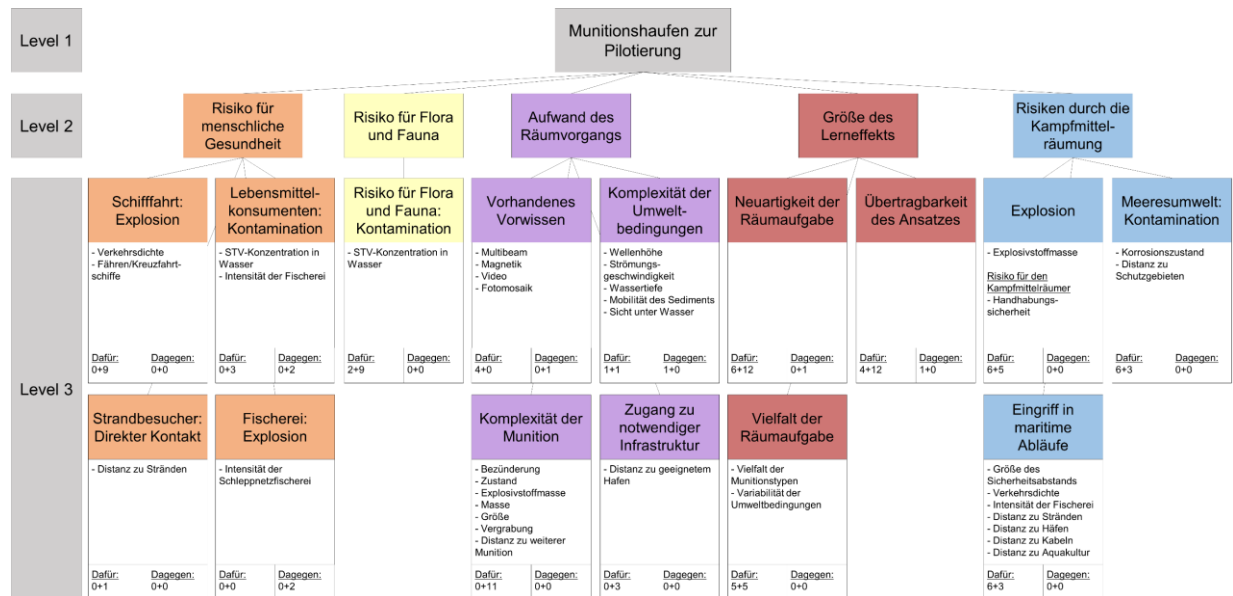


Abbildung 19 Vereinfachter und angepasster Hierarchiebaum für die Auswahl von Munitionshaufen für die Piloträumung im Rahmen des BMUKN-Sofortprogramms.

Über das Monitoring hinaus unterstützte GEOMAR das Sofortprogramm bei der Auswahl der bei einer Piloträumung zu bearbeitenden Munitionshaufen. Grundlage hierfür war eine vereinfachte frühere Version des Hierarchiebaums der MKA. Dieser wurde um das Kriterium Größe des Lerneffekts erweitert. Auf einem Workshop stimmten Vertreter des BMUKN (damals BMUV) und weiterer relevanter Behörden darüber ab, welche Kriterien genutzt werden sollten, um die munitionsbelasteten Gebiete und die Munitionshaufen für die Pilotierung auszuwählen. Das neue Kriterium Größe des Lerneffekts erhielt die meisten Stimmen (Abbildung 19). Mithilfe von Fotomosaiken des GEOMAR und durch einen qualitativen Bewertungsprozess wurden daraufhin Munitionshaufen ausgewählt (Haf\_002; WK132; PzH\_002, PzH\_012, PzH\_032, PzH\_036, PzH\_037, die den Anforderungen der Abstimmungsergebnisse entsprachen.

### Task 7.5: Ausblick auf Managementmaßnahmen für die nächste Projektphase

In CONMAR wurde die Managementmaßnahme Kampfmittelbeseitigung von Munitionshaufen. In der zweiten Projektphase wird MKA um einen Unsicherheitsfaktor erweitert. So können neben der Priorisierung auch Aussagen über weitere notwendige Untersuchungen getroffen werden. Ziel ist es, neben der Bewertung einzelner Munitionshaufen auch die Betrachtung ganzer Versenkungsgebiete oder anderer Flächen zu ermöglichen. Wie Abbildung 20 zeigt, ermöglicht es MCA-DuMP bereits, die Bewertung von Risiken (z. B. für die Wirtschaft) flächenmäßig für die deutsche Ostsee vorzunehmen. Die Sicherheit der Datengrundlage ist aber von entscheidender Bedeutung und muss in das Modell implementiert werden. Diese Erkenntnisse bilden die Grundlage für CONMAR Phase 2. Hier sollen konkrete Managementoptionen systematisch vertieft und operationalisiert werden. Details sind dem Antrag für die zweite Projektphase zu entnehmen. (D7.5-1).

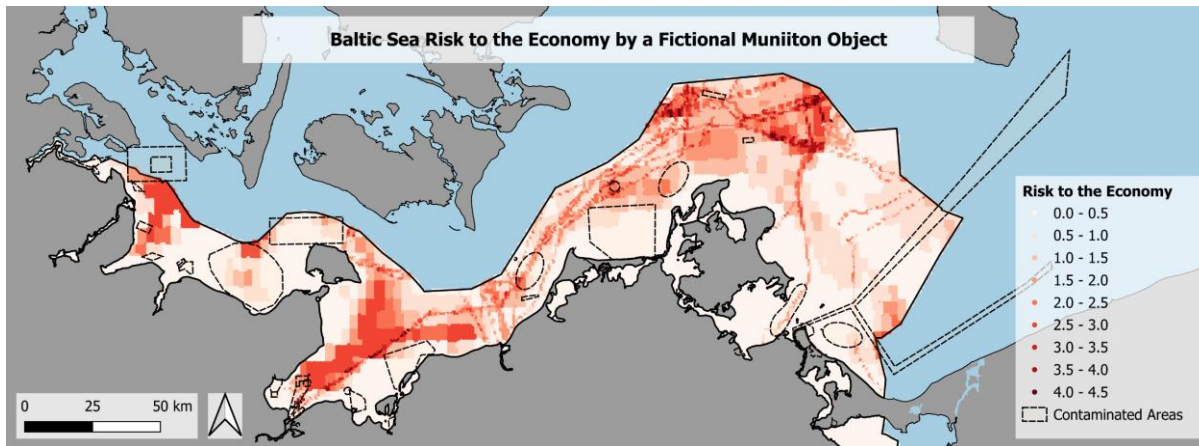


Abbildung 20 Risiko für die Wirtschaft in der deutschen Ostsee, die vom gleichen fiktiven Munitionsobjekt ausgehen würde. Gebiete, in denen sich starke Fischereiaktivitäten mit Seeverkehrswegen überlappen, wären einem besonders hohen Risiko ausgesetzt. Die Karte gibt über die offiziellen Angaben über kontaminierte Bereiche aber keine Auskunft über real existierende Munitionsvorkommen.

## AP 8: Projektkoordination und Missionsmitgestaltung

Die Projektkoordination (PK) stellte über den gesamten Projektverlauf eine kontinuierliche Kommunikation innerhalb des Projektes aber auch mit dem PtJ sicher. Zudem organisierte sie gemeinsame Treffen und erstellte regelmäßige Newsletter Beiträge. Die CONMAR PK organisierte zusammen mit dem sustainMare Schwesterprojekt (SpaCeParti) massgeblich die sustainMare Mid-term Konferenz in 2023. Außerdem koordinierte sie die gemeinsamen Abschlussberichte und die Erstellung des Antrages für die 2. Phase. Die PK repräsentierte CONMAR auf verschiedenen nationalen als auch europäischen Veranstaltungen. Die PK arbeitete eng mit der DAM zusammen und organisierte gemeinsame Veranstaltungen (z.B. Dialogveranstaltung Nov. 2024 in Berlin). Des Weiteren verantwortete die CONMAR PK einen Großteil der über 80 medialen CONMAR Beiträgen seit März 2023. Zudem ist Jens Greinert seit 2024, zunächst gemeinsam mit Corinna Schrumm (hereon), nun in der 2. Phase mit Andreas Kannen (hereon) und Sabine Horn (AWI), Missionssprecher.

### *Task 8.1: Administrative Projektkoordination und Kommunikation mit dem PTJ*

Die Projektkoordination (PK) steht im engen Austausch mit dem PtJ bezüglich CONMAR relevanter Aktivitäten (**M8.1.1**). Die PK organisierte eine Vielzahl von Veranstaltungen, Jahrestreffen, Treffen mit Stakeholdern (z.B. Parlamentarische Abende/Frühstücke). Die Confluence Daten- und Kommunikationsplattform wurde als Projektmanagementtool verwendet. Über die gesamte Projektlaufzeit fanden monatliche CONMAR Jour Fixes statt. Außerdem beteiligte sich die PK an den monatlichen Sitzungen des Mission Management Boards und an den gleichfalls monatlich stattfindenden Treffen des Missionskoordinationsteams. Die PK stellte sicher, dass die Projektwebseite regelmäßig aktualisiert

### *Task 8.2: Koordination von/zwischen Projektpartnern, den Missionsprojekten, dem Koordinierungs- und Transfervorhaben, der DAM und anderen*

Die Projektkoordination (PK) organisierte zusammen mit den Kollegen von SpaceParti und der Unterstützung vom Missionskoordinationsbüro, die sehr erfolgreiche Mid-term Conference vom

30.08.-01.09.2023 in Kiel. Hierbei ist zu erwähnen, dass die intensiven Vorbereitungen im März 2023 begannen. Insgesamt nahmen an der Konferenz mehr als 200 Personen teil, darunter Politiker, WissenschaftlerInnen, Vertreter von Behörden und Verbänden sowie der Industrie. Im Rahmen der MTC organisierte das MTC Orga-Team am 30.08.2023 eine öffentliche Vortragsreihe zum Thema DIE KIELER BUCHT IN 50 JAHREN – EIN BLICK IN DIE OSTSEE DER ZUKUNFT an der CAU. Außerdem wurde durch das PK im Rahmen der sustainMare Mid Term Conference am 29.08.2023 eine Veranstaltung für Nachwuchsforscher (Doktoranden und Postdocs) am GEOMAR in enger Zusammenarbeit mit FYORD und PACT durchgeführt, an der mehr als 50 Personen teilnahmen. Diese Veranstaltung, welche auf Initiative der PK stattfand, war die Basis für die hiernach folgende Organisation des wissenschaftlichen Missionsnachwuchses. Seiher trafen sich die Nachwuchswissenschaftenden regelmässig.

### *Task 8.3: Öffentlichkeitsarbeit ermöglichen und unterstützen*

Unter Leitung des PK wurden im gesamten Projektzeitraum regelmäßig Newsletter erstellt, die innerhalb, aber auch außerhalb des Projektes verteilt wurden. Die Projektwebseite wurde stetig aktualisiert und mit konkreten Ergebnissen erweitert. Über LinkedIn, Instagram und YouTube wurden neue Entwicklungen und Veranstaltungen an die breite Öffentlichkeit gestreut. Es gab ein außerordentlich hohes Interesse der Medien an dem Thema von Munition im Meer: So gab es seit dem Frühjahr 2023 mehr als 80 Beiträge zum Thema Munition in Funk, im Fernsehen und in den Printmedien (<https://conmar-munition.eu/de/results/media/>).

Das GEOMAR CONMAR Team informierte die Gesellschaft und die Fachwelt über das Thema Munition im Meer auf einer Vielzahl öffentlicher und nichtöffentlicher Veranstaltungen. So war es auf dem European Maritime Day 2022 in Ravenna vertreten und leitete dort einen Workshop. Ferner beteiligte sich das GEOMAR CONMAR Team an der Aktion Alkor Open Ship während der Kieler Woche (2023), gab zahlreiche öffentliche Vorträge zum Thema Munition im Rahmen von Veranstaltungen z.B. im Rahmen der EGU in Wien 2022 und 2023, von *Gemeinsam gegen Climate Change*, der *sustainMare Ringvorlesung* in den Sommersemestern 2023 und 2024 oder auf der KüNO 2023, sowie die 15. Fachtagung Kampfmittelbeseitigung der Dresdner Sprengschul, um nur einige wenige zu benennen. Das GEOMAR CONMAR Team initiierte, organisierte und führte eine große Informationsveranstaltung zur Munitionsbergung in der Lübecker Bucht am GEOMAR in 2024 durch und brachte in diesem Zusammenhang mehr als 100 Teilnehmende aus Politik, Militär, Industrie, Wissenschaft, NGOs und Behörden zusammen. Anschließend gab es eine öffentliche Vortragsreihe zum Thema Munition. Ferner präsentierten sich die verscheidenden Interessengruppen wie KRD, Firmen, die Marine und andere der interessierten Öffentlichkeit in einem messeartigen Format.

Darüber hinaus präsentierte GEOMAR das Projekt CONMAR und die MKA auf einer Vielzahl öffentlicher und nichtöffentlicher Veranstaltungen, um die Gesellschaft und die Fachwelt über das Thema Munition im Meer zu informieren. Dazu gehören mehrere Beiträge zur Ringvorlesung „Schutz und nachhaltige Nutzung unserer Meere und Küstenregionen“ der Universität Hamburg, Alkor Open Ship während der Kieler Woche, „Gemeinsam gegen Climate Change“, ein öffentliches Projekt der Kiel Sailing City, der Wissenschaftstag am GEOMAR, eine Informationsveranstaltung zur Munitionsbergung in der Lübecker Bucht am GEOMAR (24.06.2024) sowie die 15. Fachtagung Kampfmittelbeseitigung der Dresdner Sprengschule

#### *Task 8.4: Planung, Durchführung und Moderation von Workshops, Informationsveranstaltungen und Training/Wissenstransfer*

Das Koordinationsbüro in die Vorbereitungen für die 1. sustainMare Ringvorlesung maßgeblich beteiligt, die im Sommersemester 2023 an der Universität Hamburg stattfand. Im Rahmen der EGU2023 (23.-28.04.2023) organisierte die PK eine Session (OS3.6: [The impact of munitions components on the marine environment](#)). CONMAR war hier mit mehreren Beiträgen präsent. Einer dieser Beiträge wurde ausgewählt, zusammen mit nur 22 von insgesamt 17.000 Konferenzabstracts, an einer internationalen Pressekonferenz mit mehr als 190 Journalisten teilzunehmen. CONMAR (Torsten Frey) führte auf dem European Maritime Day 2022 in Ravenna einen Workshop durch.

Die PK beteiligte sich an der Auftaktveranstaltung des BMUV, die am 17. Februar 2023 den Start für den im Koalitionsvertrag verankerten "Sofortprogramms zur Pilotierung der Munitionsbergung und deren Vernichtung" in Berlin machte und den Beginn eines Planungs- und Koordinierungsvorhaben einläutete. Ziel war es hierbei, die dafür notwendige enge Zusammenarbeit aller Beteiligten und Interessengruppen – Bund, Länder, Industrie, Wissenschaft, Zivilgesellschaft und Umweltverbände zu gewährleisten.

## **2) Vergleich des Vorhabenstandes mit der ursprünglichen Arbeits-, Zeit- und Ausgabenplanung**

Wir haben alle, im Antrag aufgeführten Ziele innerhalb der Projektlaufzeit erreicht. Mehr noch, wir haben in der Projektlaufzeit weit mehr als wie im Arbeitsplan aufgeführt erreicht und umgesetzt (mehr Ausfahrten, mehr Proben, mehr Outreach, mehr Transfer). Dies gelang nur durch ein starkes persönliches Engagement der Kolleginnen und Kollegen.

## **3) Haben sich die Aussichten für das Erreichen der Vorhabensziele gegenüber dem ursprünglichen Antrag geändert**

Alle Vorhabensziele konnten innerhalb des Kosten- und Zeitplans umgesetzt werden.

## **4) Sind inzwischen von dritter Seite Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind?**

Zum Ende der CONMAR-I Phase entwickelten sich auf Europäischer Ebene weitere komplementäre Projekte zum Thema Munition. Zu Beginn war es nur das NorthSea Wrecks Projekt, das durch Koordination vom AWI in das Projekt REMARCO übergang. Weitere EU / Interreg-Projekte sind jetzt MUNIMAP, MUNI-RISK, MMinE-SWEEPER und BaltWreck. Außer an REMOARC ist GEOMAR an allen anderen Projekten beteiligt. Schon in der CONMAR-I Phase wurden relevante Ergebnisse auch aus diesen Projekten in CONMAR-Mapping berücksichtigt.

## **5) Sind oder werden Änderungen in der Zielsetzung notwendig?**

Nein.

## **6) Fortschreibung des Verwertungsplans**

Hierzu bitte auch den gesonderten Erfolgskontrollbericht einsehen.

*6.1 Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte*

Nein.

*6.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende*

Siehe Erfolgskontrollbericht.

*6.3 Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende*

Siehe Erfolgskontrollbericht.

*6.4 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit*

Siehe Erfolgskontrollbericht.