



Kreis Rendsburg-Eckernförde
Der Landrat

Beschlussauszug
aus der
Sitzung des Umwelt- und Bauausschusses
vom 27.01.2022

Top 3 Munitionsaltlasten in der Ostsee: Vortrag von Prof. Dr. Greinert und Prof. Dr. Maser

TOP

[Siehe Anlage.](#)

HELMHOLTZ

SPITZENFORSCHUNG FÜR
GROSSE HERAUSFORDERUNGEN



Munitionsaltlasten in der westlichen Ostsee

Wie ist die derzeitige Belastung

Prof. Dr. Jens Greinert jgreinert@geomar.de

Prof. Dr. Eric Achterberg, Dr. Aaron Beck, Ms. Mareike Kampmeier

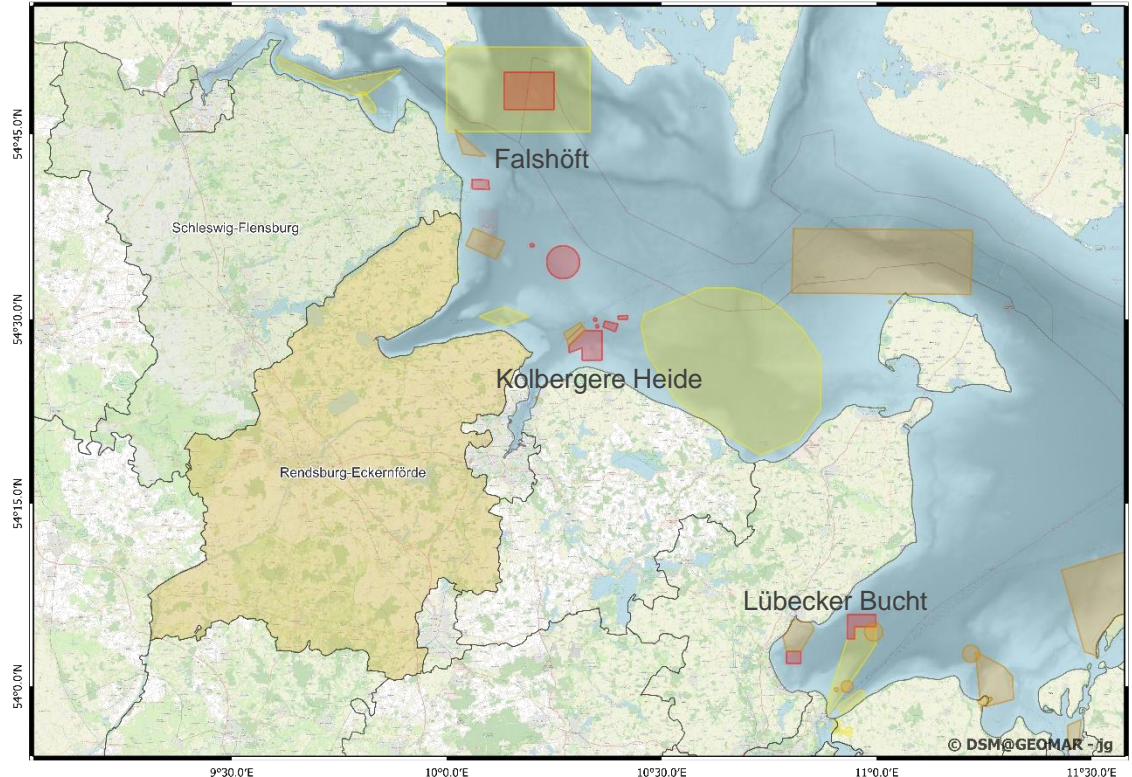
Mariner Geologe, Leiter der Arbeitsgruppe DeepSea Monitoring

Koordinator der EU, BMBF/BMWi-Munitionsprojekte: UDEMM, BASTA, ProBaNNt, CONMAR

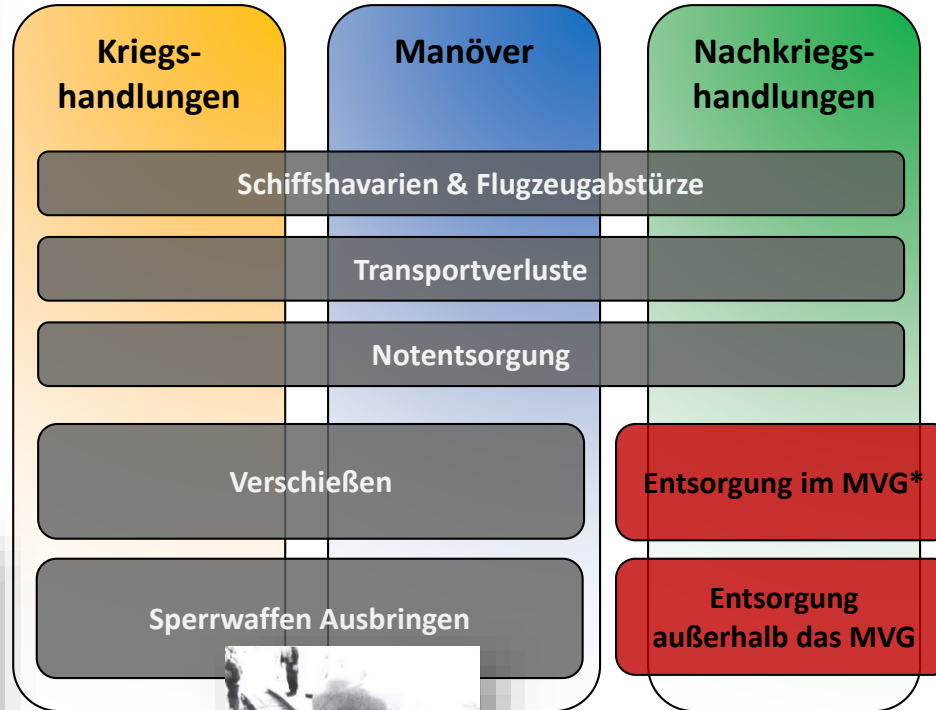
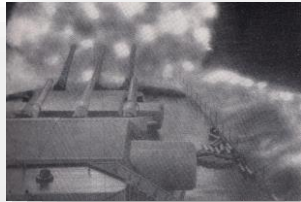
Partner in: BorDex & UnlowDet

Nach dem 2. Weltkrieg wurde sehr viel Munition auf Veranlassung der Alliierten im Meer entsorgt. Es gab ausgewiesene Versenkungsgebiete entlang der Deutschen Ostseeküste, z.B. vor Falshöft, Schönberg (Versenkungsgebiet Kolberger Heide) und in der Lübecker Bucht (Versenkungsgebiete Pelzerhaken und Haffkrug).

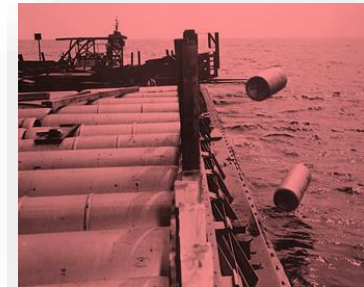
Munitionsversenkungsgebiete, belastete Flächen und Verdachtsgebiete in der westlichen Deutschen Ostsee



Eintrag von Munition ins Meer



300,000 t in der Deutschen Ostsee



*MVG: Munitionsversenkungsgebiete

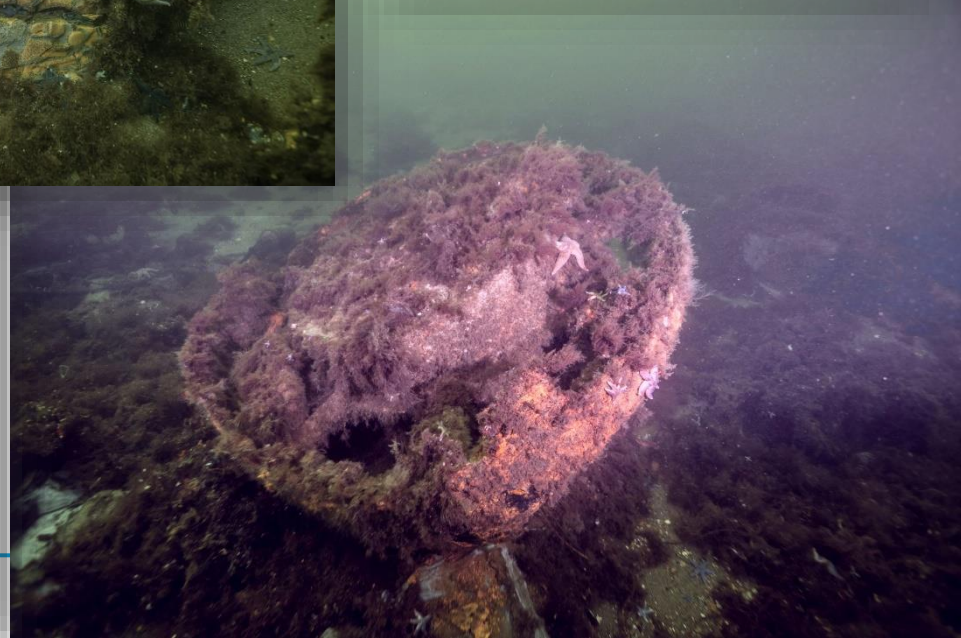
Was liegt am Meeresboden

Bomben, Granaten, Grundminen
Seeminen, Torpedos, kleinkalibrige
Munition, offener Sprengstoff



Was liegt am Meeresboden

Bomben, Granaten, Grundminen
Seeminen, Torpedos, kleinkalibrige
Munition, offener Sprengstoff



Methoden zur Munitionsdetektion

Geophysikalische Methoden:

Schiffsbasierte Fächerecholot-Kartierungen
(multibeam)

Magnetometer-Vermessungen mittels AUV
Manuelle und semi-automatische
Datenauswertung zur Munitionsdetektion

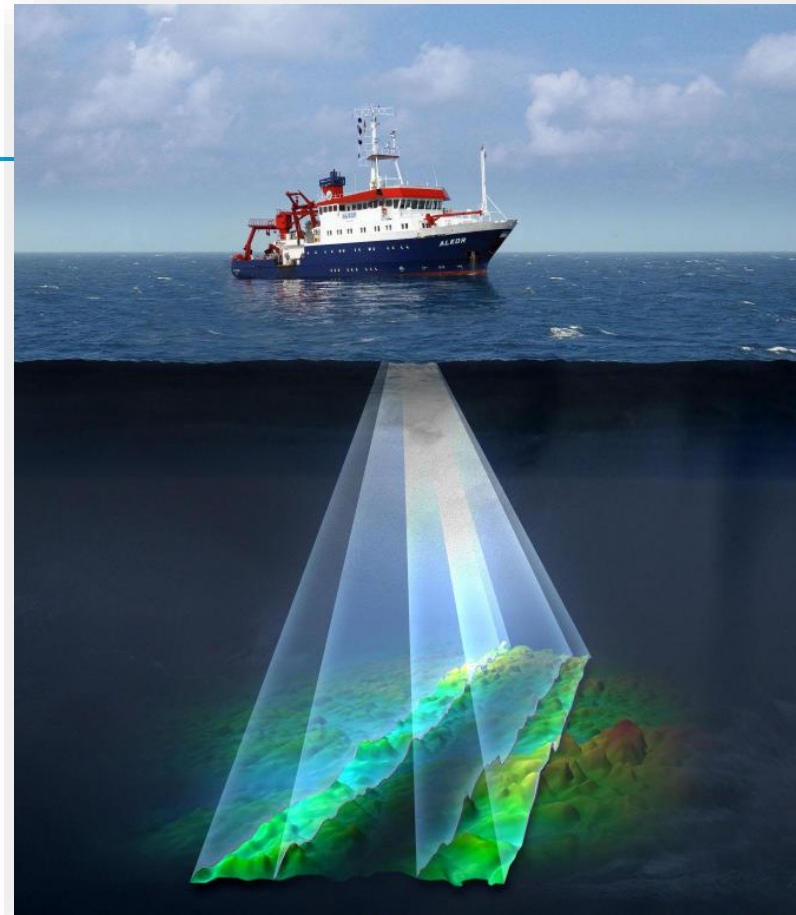
Optische Methoden:

Geschleppte Videosysteme für
Onlinebeobachtungen
AUV-basierte Fotoerhebung
Photogrammetrische Rekonstruktion von 2D-
und 3D-Bildern

Chemische Methoden:

Wasserbeprobung und STV*-Analysen an Land
Wasserbeprobung und STV-Analyse direkt auf
See

Schema der
hydroakustischen
Echolotvermessung.
Mit jedem ‚Ping‘ werden
mehrere akustische
„Strahlen“ zum
Meeresboden gesendet
und die Tiefe gemessen.
Ping für Ping wird eine
Karte erzeugt, während
sich das Schiff bewegt.



*STV = Sprengstoff typische Verbindungen

Methoden zur Munitionsdetektion

Geophysikalische Methoden:

- Schiffsbasierte Fächerecholot-Kartierungen (multibeam)
- Magnetometer-Vermessungen mittels AUV
- Manuelle und semi-automatische Datenauswertung zur Munitionsdetektion

Optische Methoden:

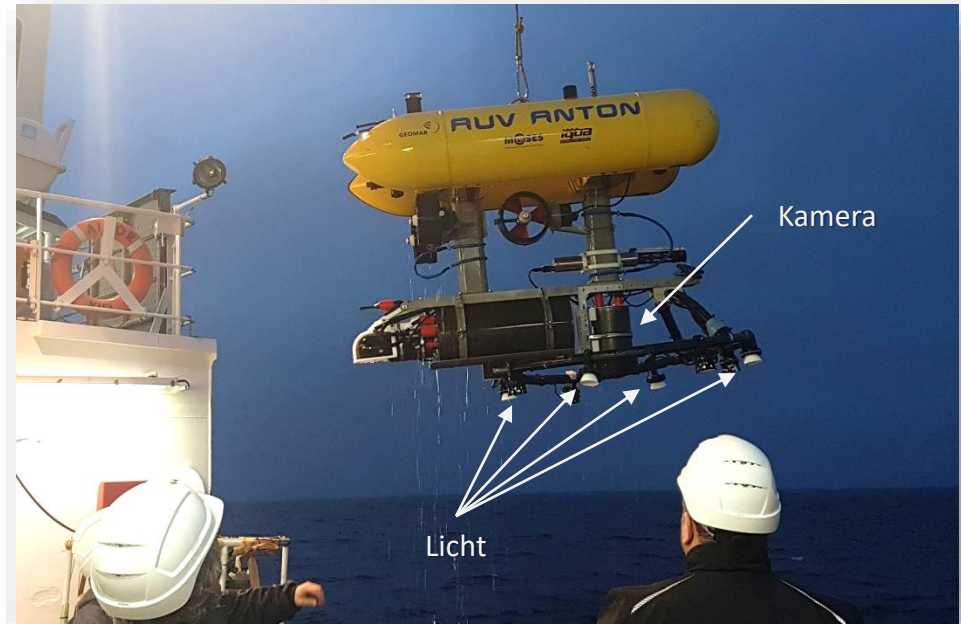
- Geschleppte Videosysteme für Onlinebeobachtungen
- AUV-basierte Fotoerhebung
- Photogrammetrische Rekonstruktion von 2D- und 3D-Bildern

Chemische Methoden:

- Wasserbeprobung und STV*-Analysen an Land
- Wasserbeprobung und STV-Analyse direkt auf See

*STV = Sprengstoff typische Verbindungen

AUV ANTON ist baugleich mit AUV LUISE. ANTON besitzt nur ein Photo- und Lichtsystem, das jede Sekunde ein Bild vom Meeresboden macht. Die Überlappung der Bilder erlaubt es, ein Photomosaik aus den Einzelbildern zu erzeugen und ein 3D-Relief des Meeresbodens zu generieren.

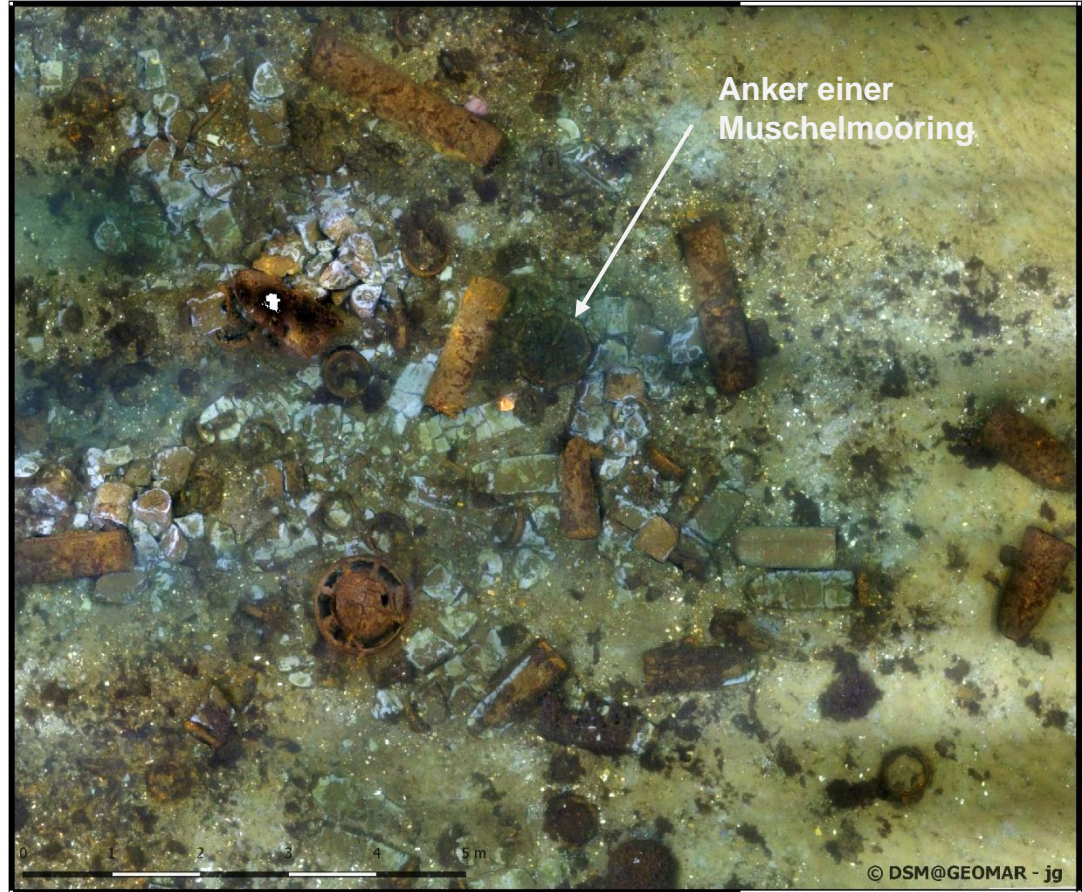




Methoden zur Munitionsdetekt

Photogrammetrische Rekonstruktion aus vielen Einzelbildern. Ein Gesamtbild, als auch die 3D Oberfläche werden erzeugt und helfen Munitionsobjekte zu identifizieren.

AUV Photosequenz



Geophysikalische Methoden:

Schiffsbasierte Fächerecholot-Kartierungen
(multibeam)
Magnetometer-Vermessungen mittels AUV
Manuelle und semi-automatische
Datenauswertung zur Munitionsdetektion

Optische Methoden:

Geschleppte Videosysteme für
Onlinebeobachtungen
AUV-basierte Fotoerhebung
Photogrammetrische Rekonstruktion von 2D-
und 3D-Bildern

Chemische Methoden:

Wasserbeprobung und STV*-Analysen an Land
Wasserbeprobung und STV-Analyse direkt auf
See

AUV LUISE mit zwei Magnetometern an einem langen Arm.
Metall auf und im Meeresboden verändert das natürliche
Erdmagnetfeld; diese Änderungen werden genutzt, um
metallische Objekte zu finden.



*STV = Sprengstoff typische Verbindungen

Methoden zur Munitionsdetektion

Geophysikalische Methoden:

Schiffsbasierte Fächerecholot-Kartierungen
(multibeam)

Magnetometer-Vermessungen mittels AUV
Manuelle und semi-automatische
Datenauswertung zur Munitionsdetektion

Optische Methoden:

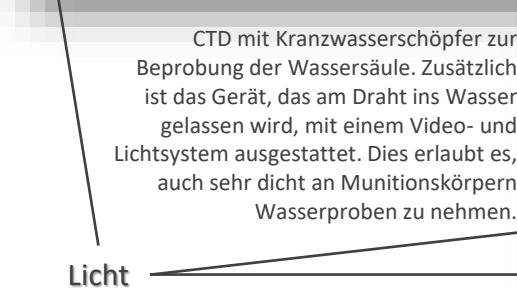
Geschleppte Videosysteme für
Onlinebeobachtungen
AUV-basierte Fotoerhebung
Photogrammetrische Rekonstruktion von 2D-
und 3D-Bildern

Chemische Methoden:

Wasserbeprobung und STV*-Analysen an Land
Wasserbeprobung und STV-Analyse direkt auf
See



Kamera



CTD mit Kranzwasserschöpfer zur
Beprobung der Wassersäule. Zusätzlich
ist das Gerät, das am Draht ins Wasser
gelassen wird, mit einem Video- und
Lichtsystem ausgestattet. Dies erlaubt es,
auch sehr dicht an Munitionskörpern
Wasserproben zu nehmen.

Licht



*STV = Sprengstoff typische Verbindungen

Methoden zur Munitionsdetektion

Geophysikalische Methoden:

Schiffsbasierte Fächerecholot-Kartierungen
(multibeam)

Magnetometer-Vermessungen mittels AUV
Manuelle und semi-automatische
Datenauswertung zur Munitionsdetektion

Optische Methoden:

Geschleppte Videosysteme für
Onlinebeobachtungen
AUV-basierte Fotoerhebung
Photogrammetrische Rekonstruktion von 2D-
und 3D-Bildern

Chemische Methoden:

Wasserbeprobung und STV*-Analysen an Land
Wasserbeprobung und STV-Analyse direkt auf
See

*STV = Sprengstoff typische Verbindungen



Einfache und effektive
Aufkonzentration von STVs an
Bord. Lediglich ein Liter Wasser
wird benötigt, aus dem auf einem
Austauscherharz STVs ‚gefangen‘
werden. Im Labor werden diese
wieder abgelöst und im
Massenspektrometer hochgenau
gemessen (Quantifikationslimit
liegt bei Nanogramm STV/Liter)

Am GEOMAR wird gerade ein Gerät
entwickelt, das es erlaubt,
Wasserproben gleich an Bord auf
STVs zu analysieren. Dazu wird eine
automatische
Aufkonzentriereinheit an ein
kleines Massenspektrometer
angeschlossen, den ExPloTector



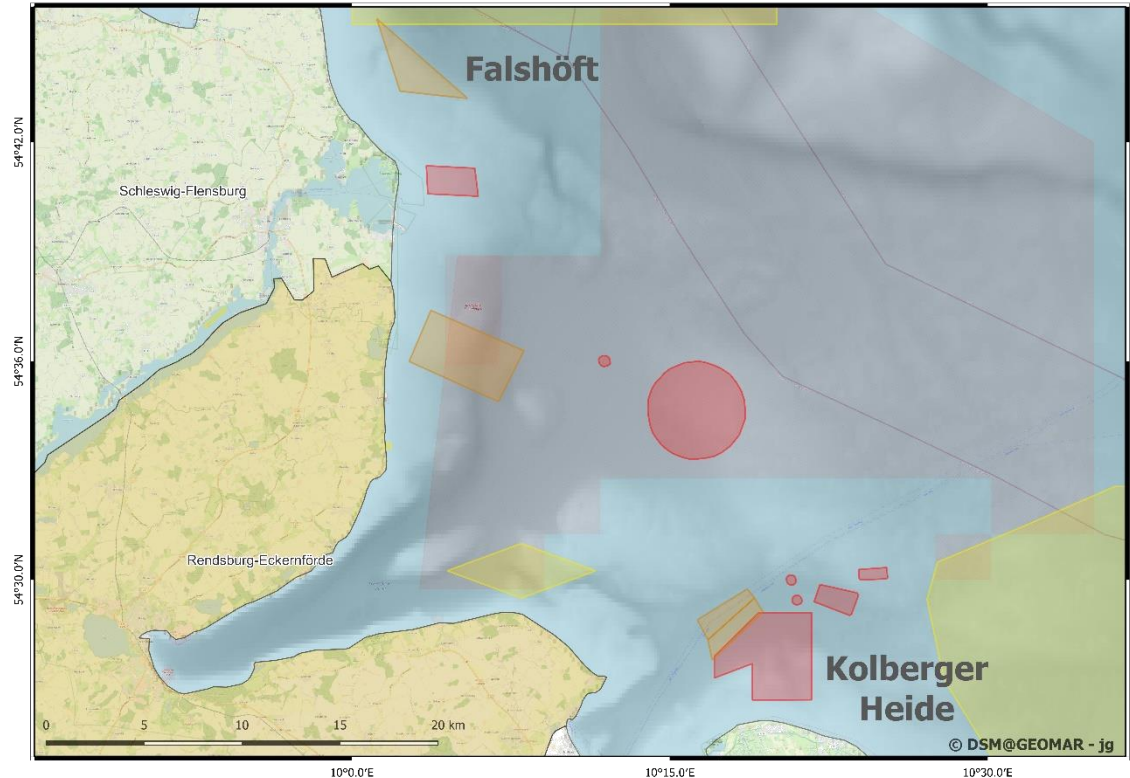
5ml Spritze mit
Austauscherharz



Versenkungsgebiete

Nach dem 2. Weltkrieg wurde sehr viel Munition auf Veranlassung der Alliierten im Meer entsorgt. Es gab ausgewiesene Versenkungsgebiete entlang der Deutschen Ostseeküste, z.B. vor Falshöft, Schönberg (Versenkungsgebiet Kolberger Heide) und in der Lübecker Bucht (Versenkungsgebiete Pelzerhaken und Haffkrug).

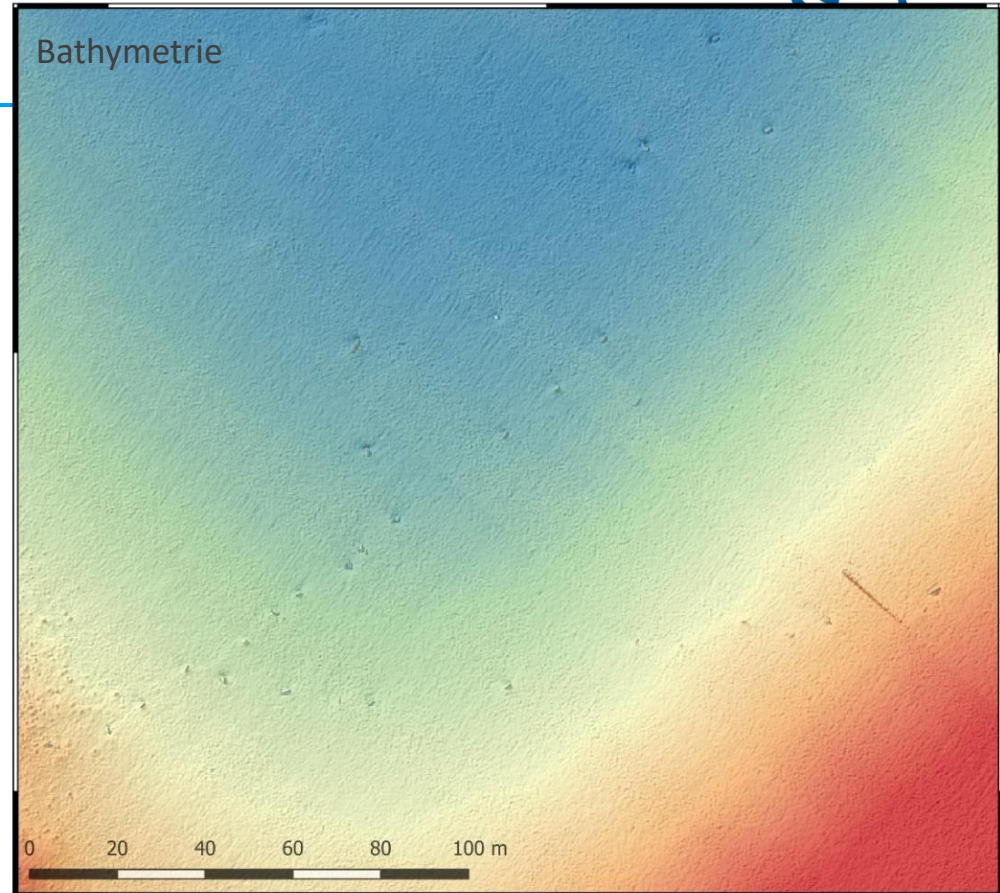
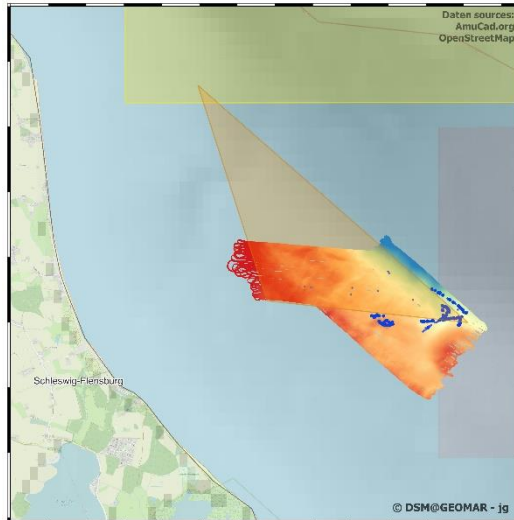
Munitionsversenkungsbiere, belastete Flächen und Verdachtsgebiete in der westlichen Deutschen Ostsee





Falshöft

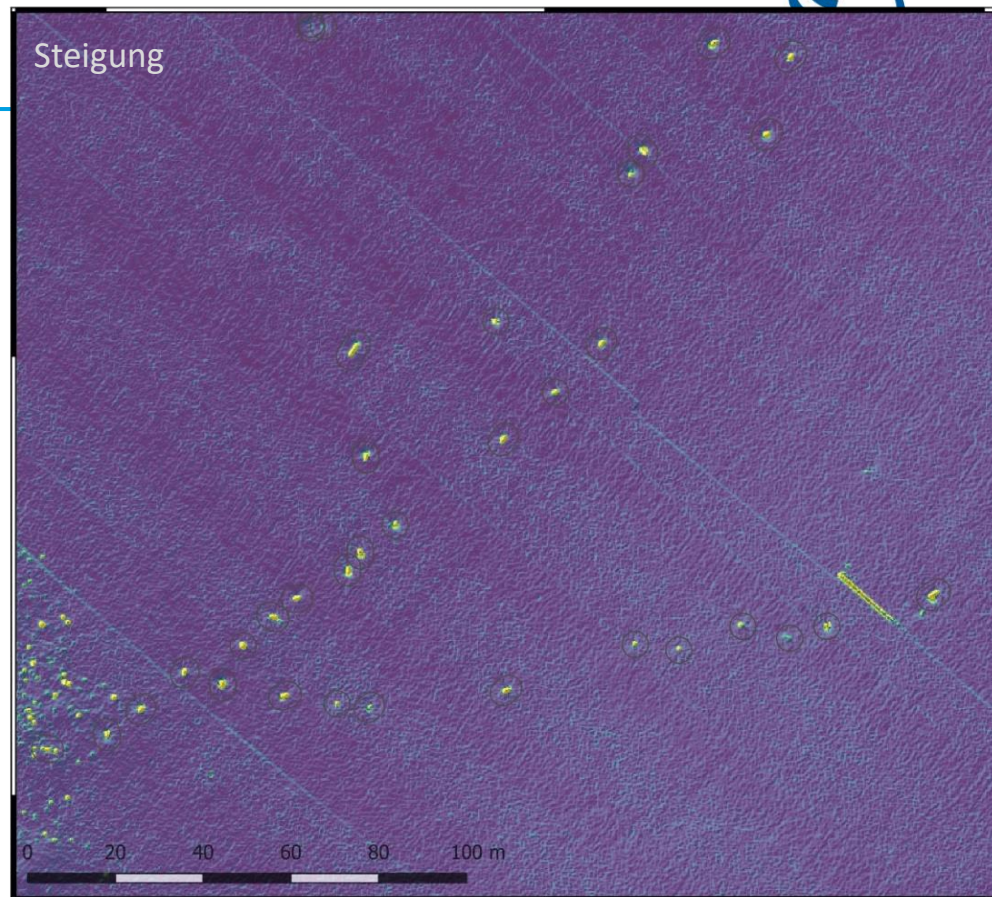
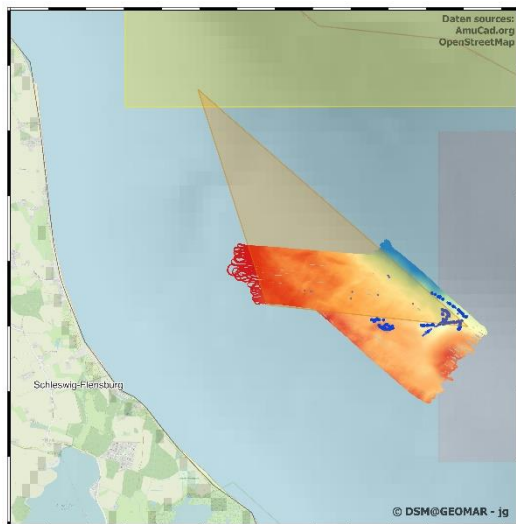
- ~ 100 große Objekte detektiert
- ~ 25 verifizierte Munitionsobjekte
- Große Teile noch nicht kartiert
- Steinige Gebiete machen die Detektion schwierig





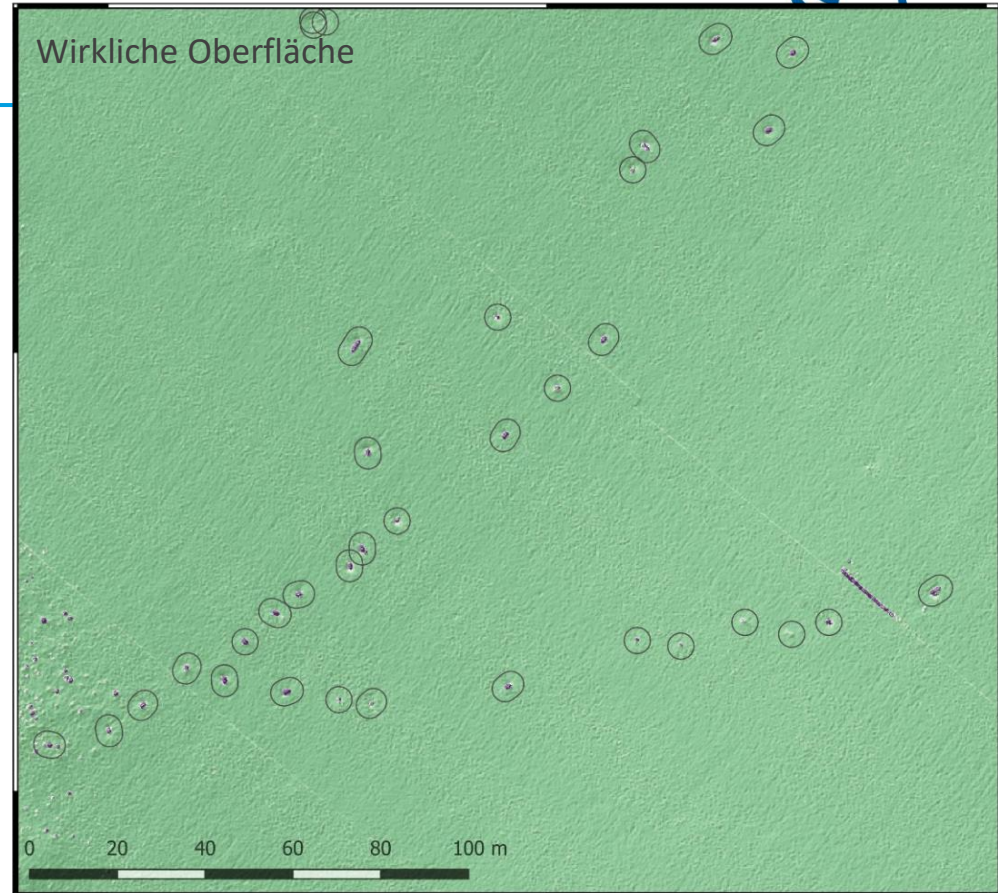
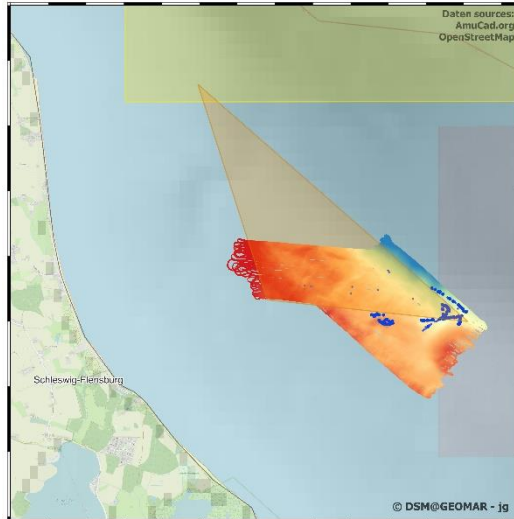
Falshöft

- ~ 100 große Objekte detektiert
- ~ 25 verifizierte Munitionsobjekte
- Große Teile noch nicht kartiert
- Steinige Gebiete machen die Detektion schwierig



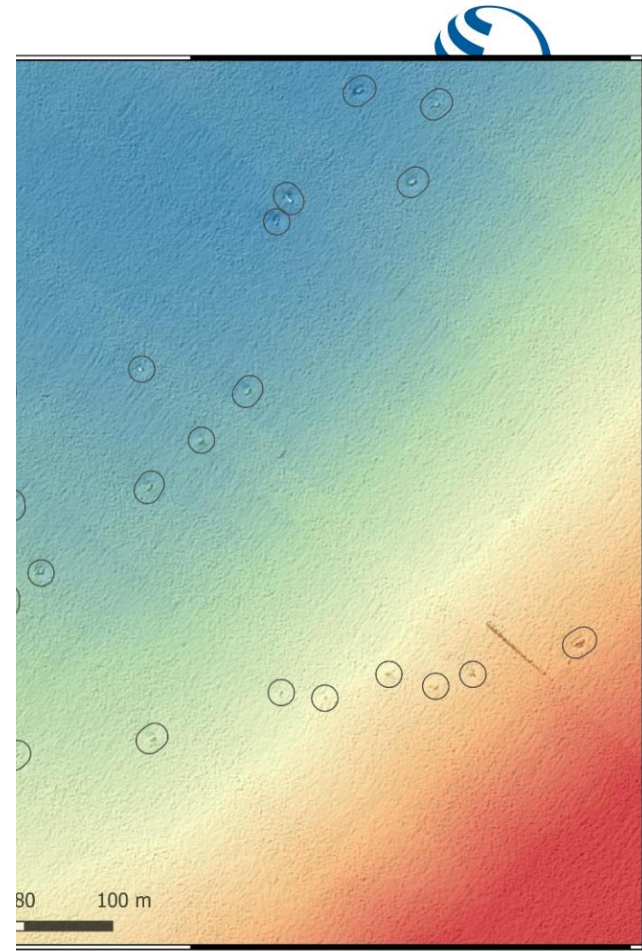
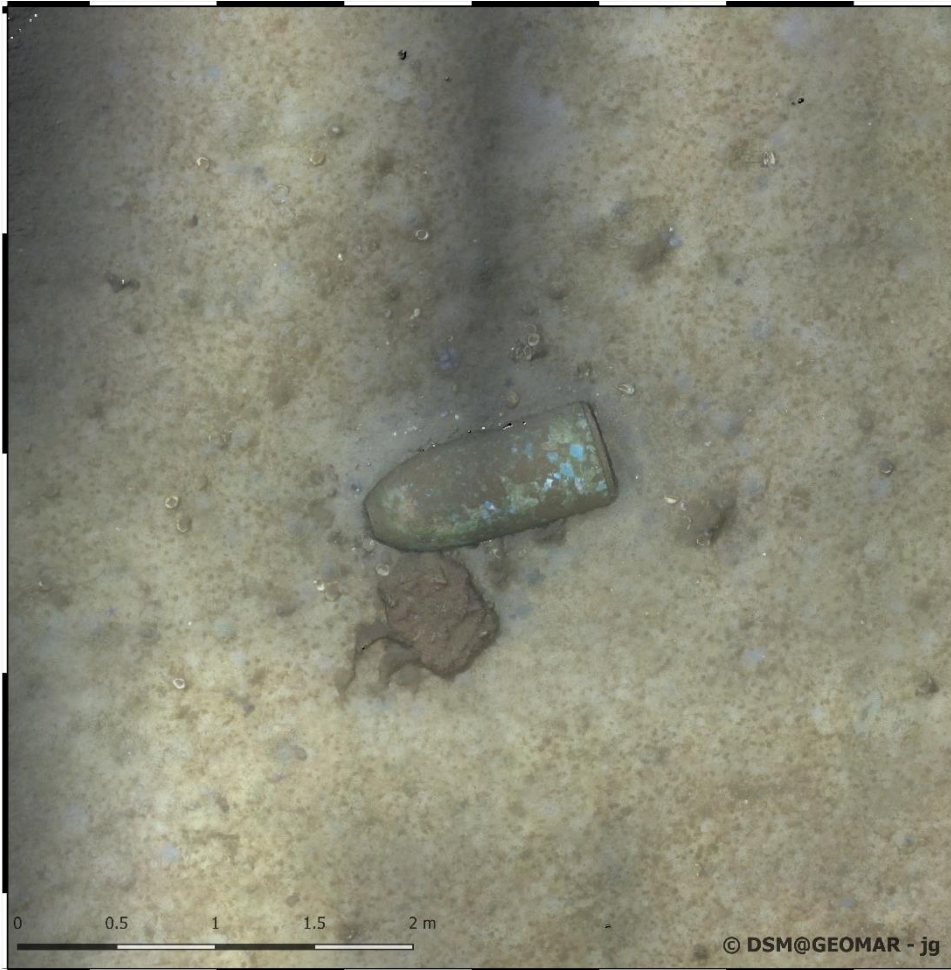
Falshöft

- ~ 100 große Objekte detektiert
- ~ 25 verifizierte Munitionsobjekte
- Große Teile noch nicht kartiert
- Steinige Gebiete machen die Detektion schwierig



Falshö

- ~ 100
- ~ 25
- Groß
- Stein
- schw



Lübecker Bucht

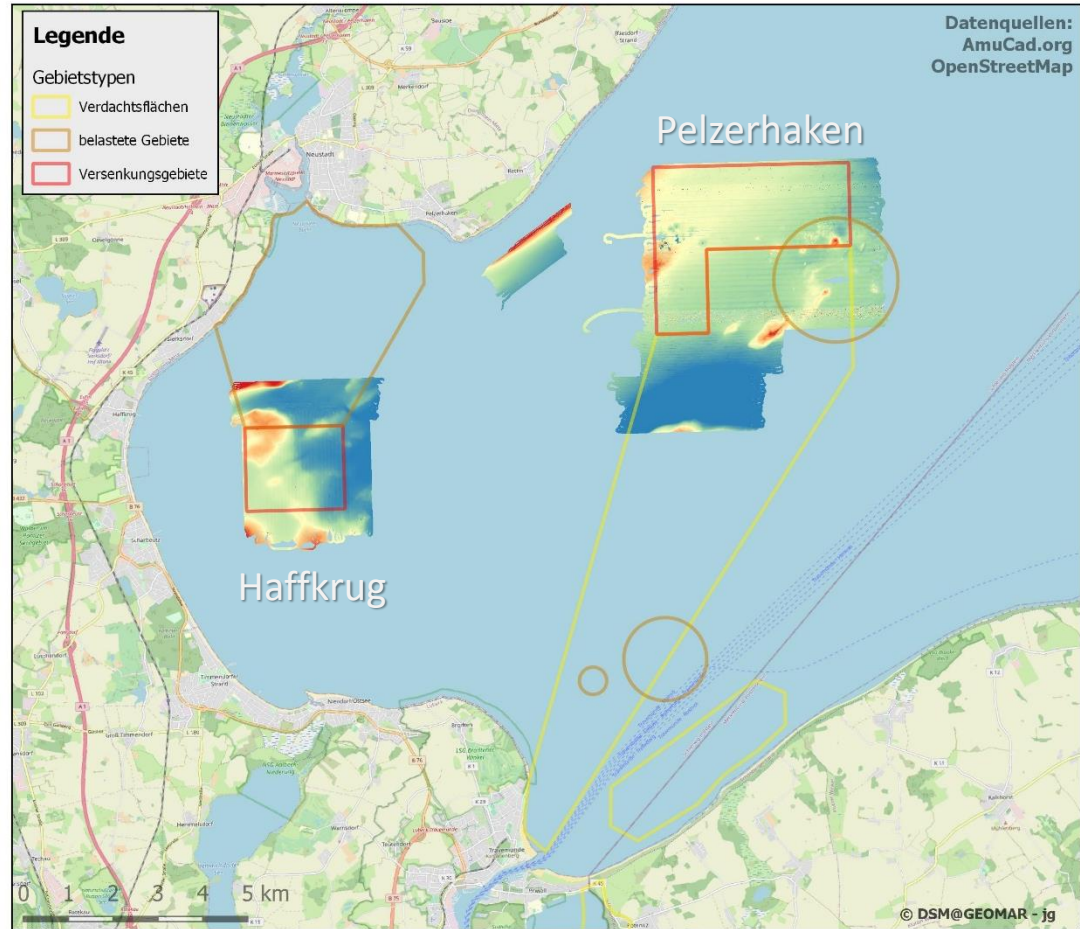
Es gibt zwei Versenkungsgebiete in der Lübecker Bucht (Haffkrug & Pelzerhaken) sowie weitere belastete Flächen und Verdachtsflächen.

GEOMAR hat erstmalig die Lübecker Bucht im Nov. 2018 mit FS POSEIDON mittels hydroakustischer, chemischer und optischer Methoden untersucht.

Weitere Ausfahrten erfolgten mit FK LITTORINA und FS ALKOR im Jahr 2020 und 21.

Die nächste Ausfahrt ist für Oktober 2022 geplant.

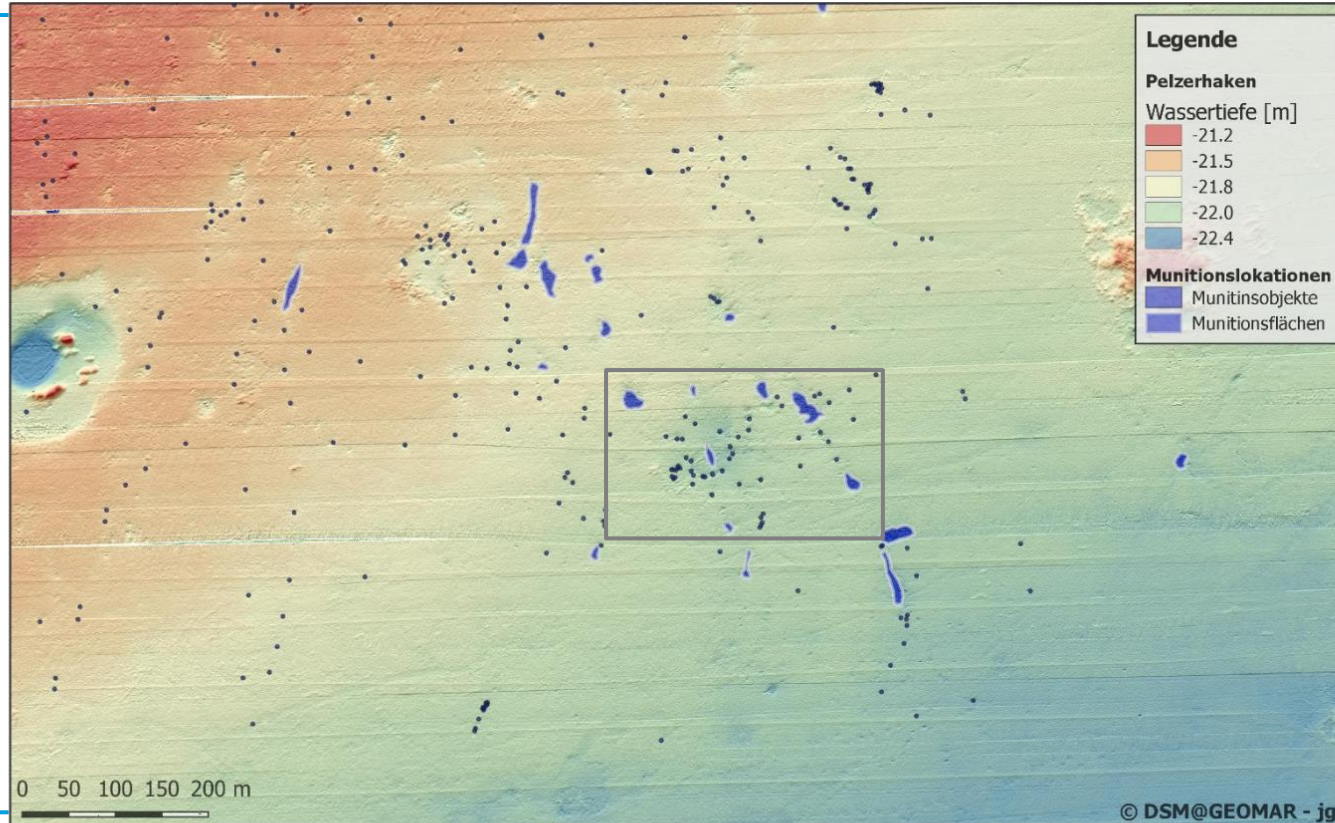
Durch GEOMAR mittels Fächerecholot kartierte Gebiete in der Lübecker Bucht



Pelzerhaken



GEOMAR



Teilgebiet innerhalb von Pelzerhaken mit eindeutig sichtbaren Haufen von Munitionskisten und Einzelobjekten. Diese wurden annotiert, um die gesamtbelastete Fläche zu ermitteln. Mengen können nur geschätzt werden.

Was liegt am Meeresboden?



Videoaufnahmen von unterschiedlichen Munitionshaufen in Pelzerhaken. Die Haufen bestehen aus vielen unterschiedlichen Munitionstypen. Die weißen Oberflächen sind Matten von Sulfid-oxidierenden Bakterien, die sich an den durch die Munition veränderten geochemischen Bedingungen ‚laben‘.



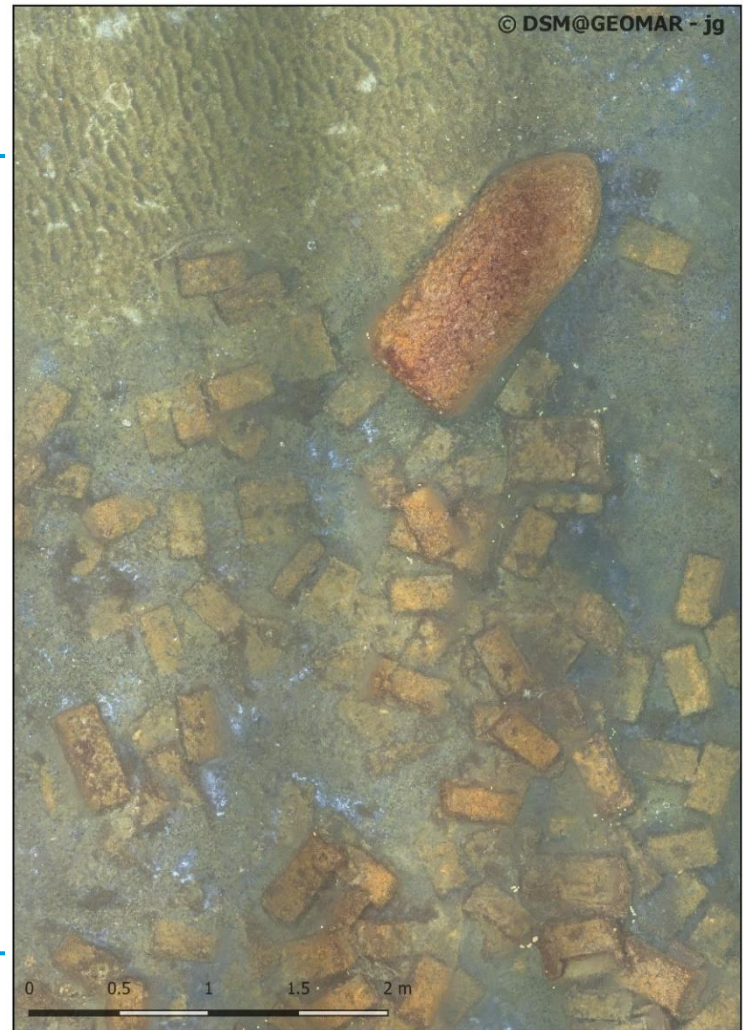
Was liegt am Meeresboden

Bomben, Granaten, Grundminen
Seeminen, Torpedos, kleinkalibrige
Munition, offener Sprengstoff



Was liegt am Meeresboden

Bomben, Granaten, Grundminen
Seeminen, Torpedos, kleinkalibrige
Munition, offener Sprengstoff



Lübecker Bucht

Haffkrug

Fläche Versenkungsgebiet
4.084.562m² (=4,08km²)

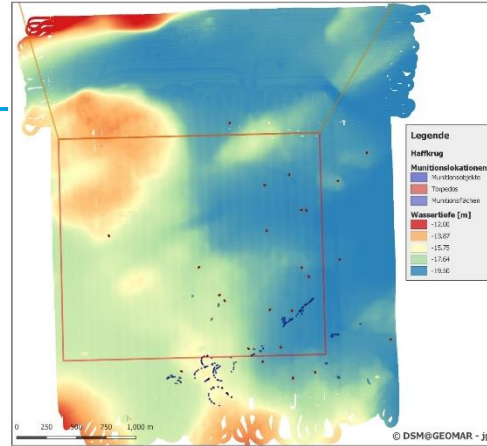
Munitionsbelastete Fläche

Flächen (25): 5.529 m²
Einzelobjekte (171): 684m²
Torpedos (24): 144m²
Gesamt: 6.357 m² (=0,64ha; =**0,9 Fußballfelder**)

Anteil der wirklich belasteten Fläche
0,16% des Versenkungsgebietes

Gewichtsabschätzung

Flächen (je 500 Kisten a 100 kg): 1.200t
Einzelobjekte (je 200 kg): 34,2t
Torpedos (je 1.600kg): 38,4t
Gesamt: 1.272t



Pelzerhaken

Fläche Versenkungsgebiet
10.277.567 m² (=10,28km²)

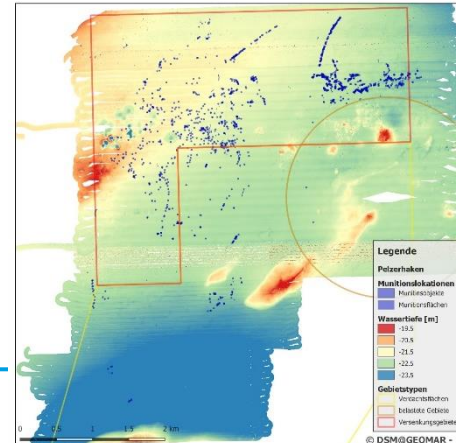
Munitionsbelastete Fläche

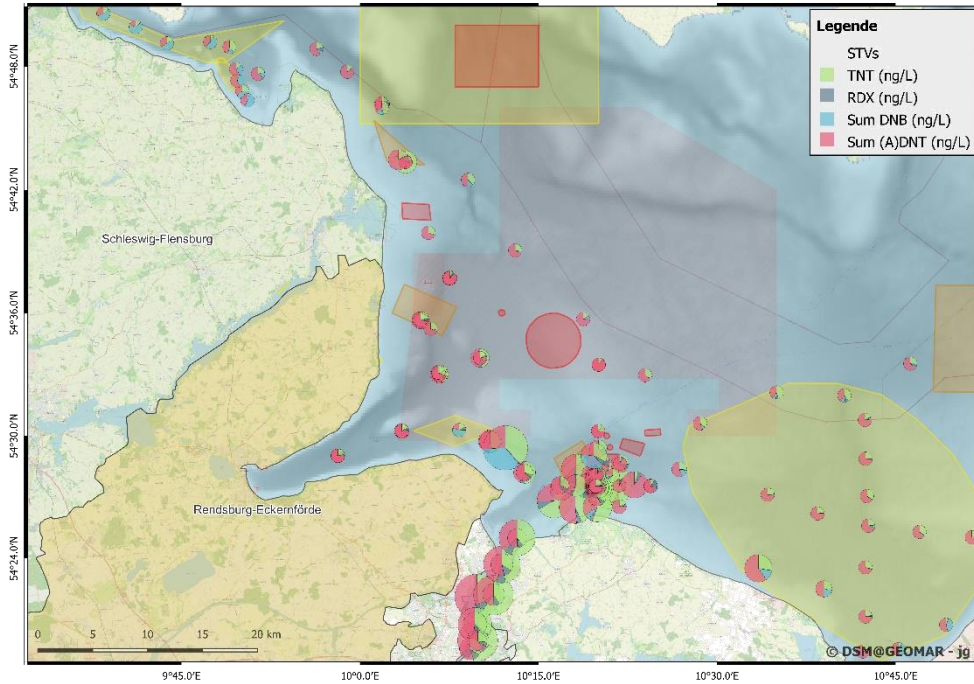
Flächen (127): 28.195 m²
Einzelobjekte (1.690): 6.760m²
Gesamt: 34.955 m² (=3,5ha; =**4,9 Fußballfelder**)

Anteil der wirklich belasteten Fläche
0,34% des Versenkungsgebietes

Gewichtsabschätzung

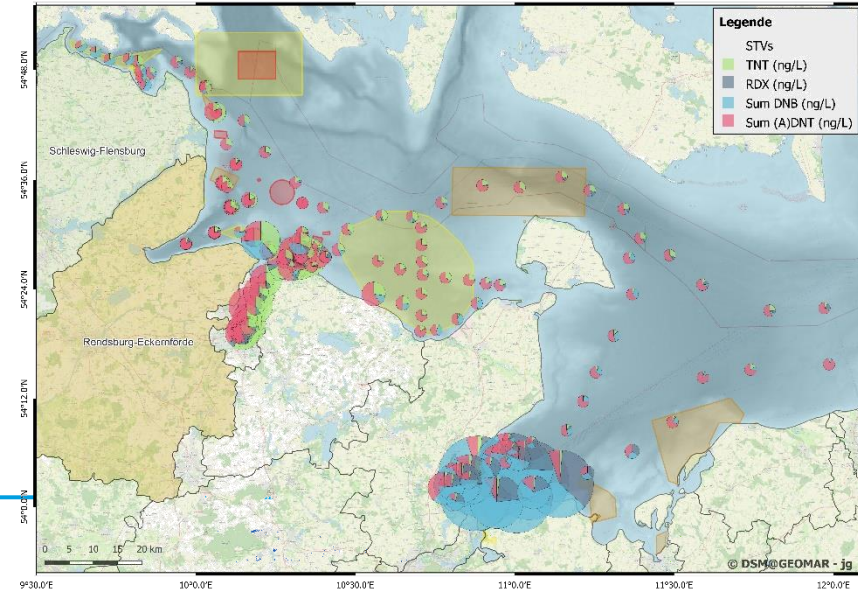
Flächen (je 500 Kisten a 100 kg): 6.350t
Einzelobjekte (je 200 kg): 338t
Gesamt: 6.688t





- Chemische Analysen nur der POS530 Ausfahrt (2018) zeigen eine eindeutige Belastung in der deutschen Ostsee.
- Unterschiedliche Chemikalien tragen zur Gesamtbelastung bei (TNT, DNT, DNB, ADNT, RDX, TNB).
- Kein der analysierten Proben war je komplett unbelastet von sprengstofftypischen Verbindungen (STVs)!

Wichtig: Eine Vielzahl von STVs muss gemessen werden um ein aussagekräftiges Bild zu bekommen!



Was passiert in den nächsten Jahren

Zahlreiche wissenschaftliche und technische Projekte werden durch die EU, das BMWi und das BMBF gefördert.

UDEMM: <https://udemmm.geomar.de/>

BASTA: <https://www.basta-munition.eu/>

EXPLOTECT: <https://www.exploTECT.eu/>

ProBaNNt: ab 1. Oktober 2021 (www.probannt-munition.eu)

AMMOTRACe: ab 1. Oktober 2021

CONMAR: ab 1. Dezember 2021

www.conmar-munition.eu

Stakeholder Workshop ende März 2022



Was könnten Sie machen

Unterstützen Sie uns, indem Sie im Kreis RD-ECK das Thema diskutieren, wir helfen dabei sehr gerne und erzählen etwas zum Stand der Dinge

Beteiligen Sie sich als Kreis am CONMAR Stakeholder Dialog

Versuchen Sie die Nachbar-Kreise für das Thema zu interessieren

Diskutieren Sie intern wie Sie sich als Kreis gegenüber eines potentiellen Tests einer **Munitionsvernichtungsplattform** aufstellen würden („Ja gerne, dann wird bei uns zu erst geräumt“ / „Lieber nicht, wer weiß ob das klappt“)

Helfen Sie uns bei der Gewinnung weiterer Daten durch die Beprobung von Wasser.

Die ALDEBRAN der Deutschen Meeresstiftung in Lauterbach (Rügen) auf einer ‚Munitionsfahrt‘ im Rahmen des Meereswettbewerbs 2021



Schlussfolgerung

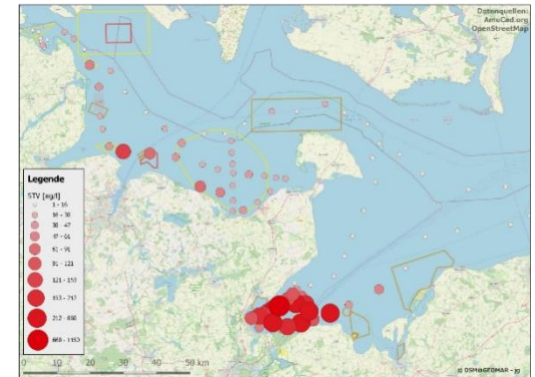
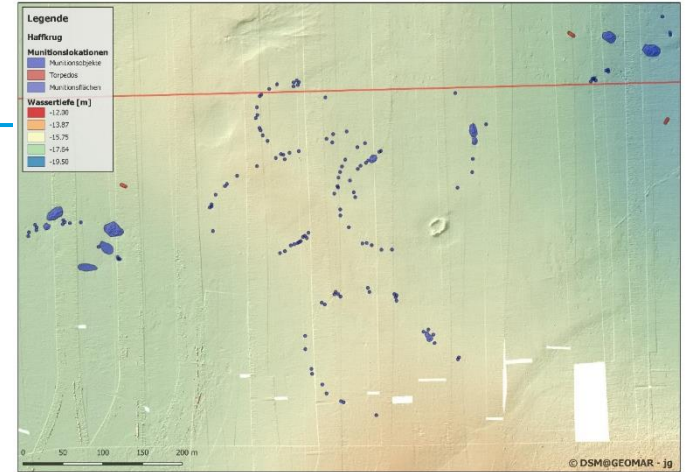
Munition in der Lübecker Bucht kommt als **Einzelobjekt** (oft entlang von Linien) oder in **Haufen** von mehreren 100m² vor.

Die Flächenbelastung in den Versenkungsgebieten Pelzerhaken und Haffkrug liegt unter 0.5% der Gesamtfläche. **Munition kommt auch außerhalb der zur Zeit ausgewiesenen Flächen vor!**

Typisch für beide Gebiete sind versenkte **Munitionskisten, Granaten, Bomben und nur in Haffkrug auch Torpedos**. Grund und Seeminen, wie sie typische für die Kolberger Heide sind, wurden nicht gefunden.

Vereinfachte Gewichtsabschätzungen über die zur Zeit ‚sichtbare‘ Munition ist deutlich geringer als durch Archivanalysen anzunehmen ist. **Es muss doch verstärkt mit vergrabener Munition gerechnet werden.**

Unterschiedliche Chemikalien tragen zur STV Gesamtbelastung bei (TNT, DNT, DNB, ADNT, RDX, TNB); ein chemisches Monitoring muss daher ‚viele‘ STV Komponenten mit einbeziehen.





Öko- und humantoxikologische Risikobewertung von versenkter Kriegsmunition

Prof. Dr. Edmund Maser



Institut für Toxikologie und Pharmakologie
für Naturwissenschaftler
Universitätsklinikum Schleswig-Holstein





Institut für Toxikologie und Pharmakologie
für Naturwissenschaftler
Universitätsklinikum Schleswig-Holstein



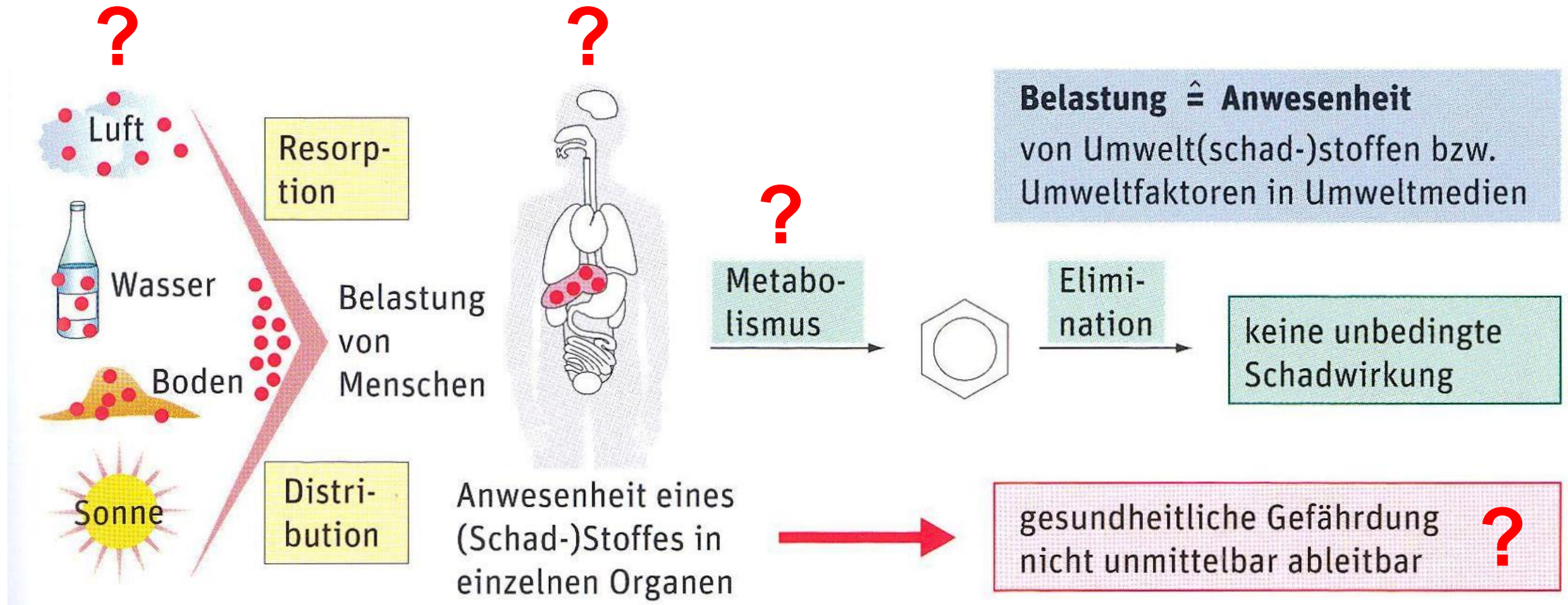
Pharmakologische Themen z.B.

- Photoschaltbare Inhibitoren der Androgen-Biosynthese -> **Prostatakarzinom**
- Naturstoffe zur Hemmung der Cortisol-Biosynthese - > **Diabetes**
- Molekulare Wirkung von Antioxidantien -> **Oxidativer Stress, Alterung**

Toxikologische Themen z.B.

- Pestizide incl. Glyphosat
- Tabakrauchen + E-Zigaretten
- Schiffsemissionen
- Dieselmotorenabgase
- **Munition im Meer**
- Fracking
- Schadstoffe in Aquakultursystemen
- Jakobskreuzkraut
- Ethoxyquin im Zuchtlachs
- PAK in Lebensmitteln
- Dioxin, Fipronil in Eiern
- **Schwermetalle im Fisch**
- Toxizität von Aluminiumfolie

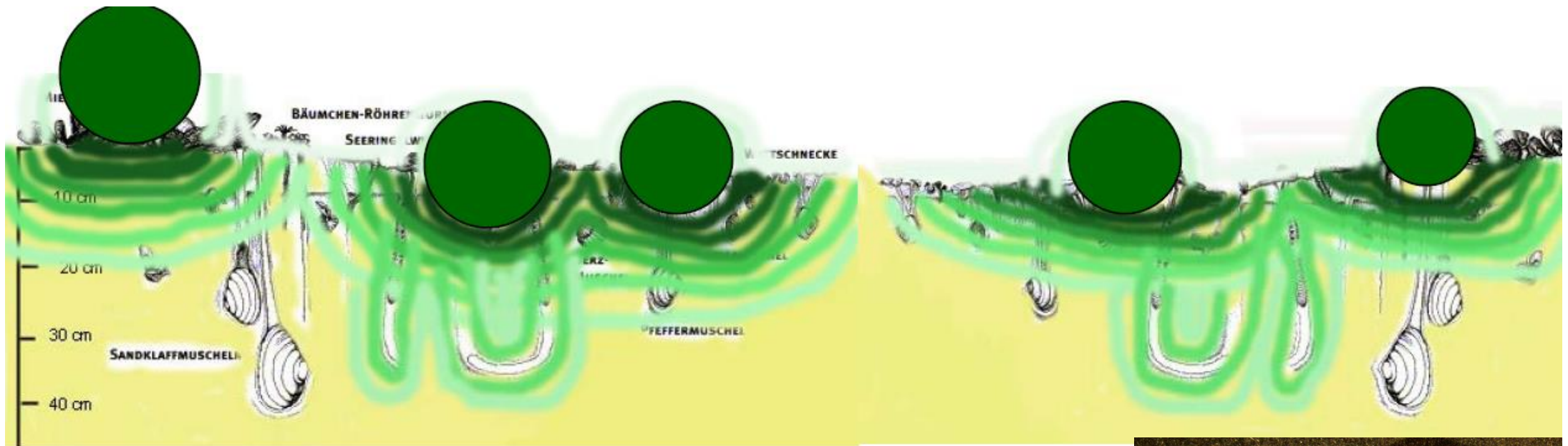
Schadstoffbelastung durch die Umwelt



Umweltschäden durch giftige Chemikalien aus korrodierender Kriegsmunition



Marine Lebensräume - Beginn der Nahrungskette

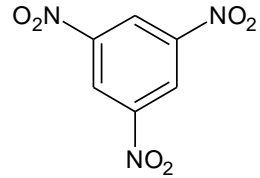


Literatur:
Munitionsbelastung der deutschen Meeresgewässer-
Bestandsaufnahme und Empfehlungen, 2011
Arbeitsgemeinschaft „Rüstungsaltslasten im Meer“
www.munition-im-meer.de

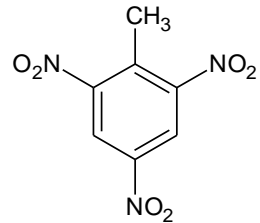


Toxizität von Explosivstoffen

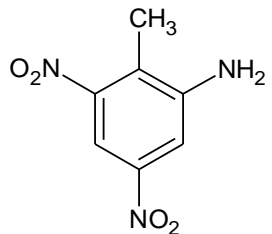
(Auswahl: Nitroaromate)



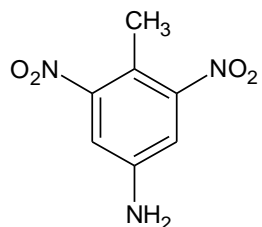
1,3,5-Trinitrobenzol



2,4,6-Trinitrotoluol, **TNT**



2-Amino-4,6-dinitrotoluol



4-Amino-2,6-dinitrotoluol

Humantoxizität

- Blutschädigung
- Leberschädigung
- Augenschädigung
- Hautausschlag
- Nervenschädigung

- Mutagenität: MAK-Kat. 3b
- Kanzerogenität: MAK-Kat. 2

Ökotoxizität

- Toxizität für marine Pflanzen, Kleinkrebse, Muscheln, Würmer, Fische ...
- Eintrag in die Nahrungskette schwer einzuschätzen weil zu wenig Daten ...

Beteiligung des Instituts für Toxikologie an folgenden Munitionsprojekten

- BMBF Project
„UDEMM“



- UBA Project
„TATTOO“



- Interreg Project
„NSW“



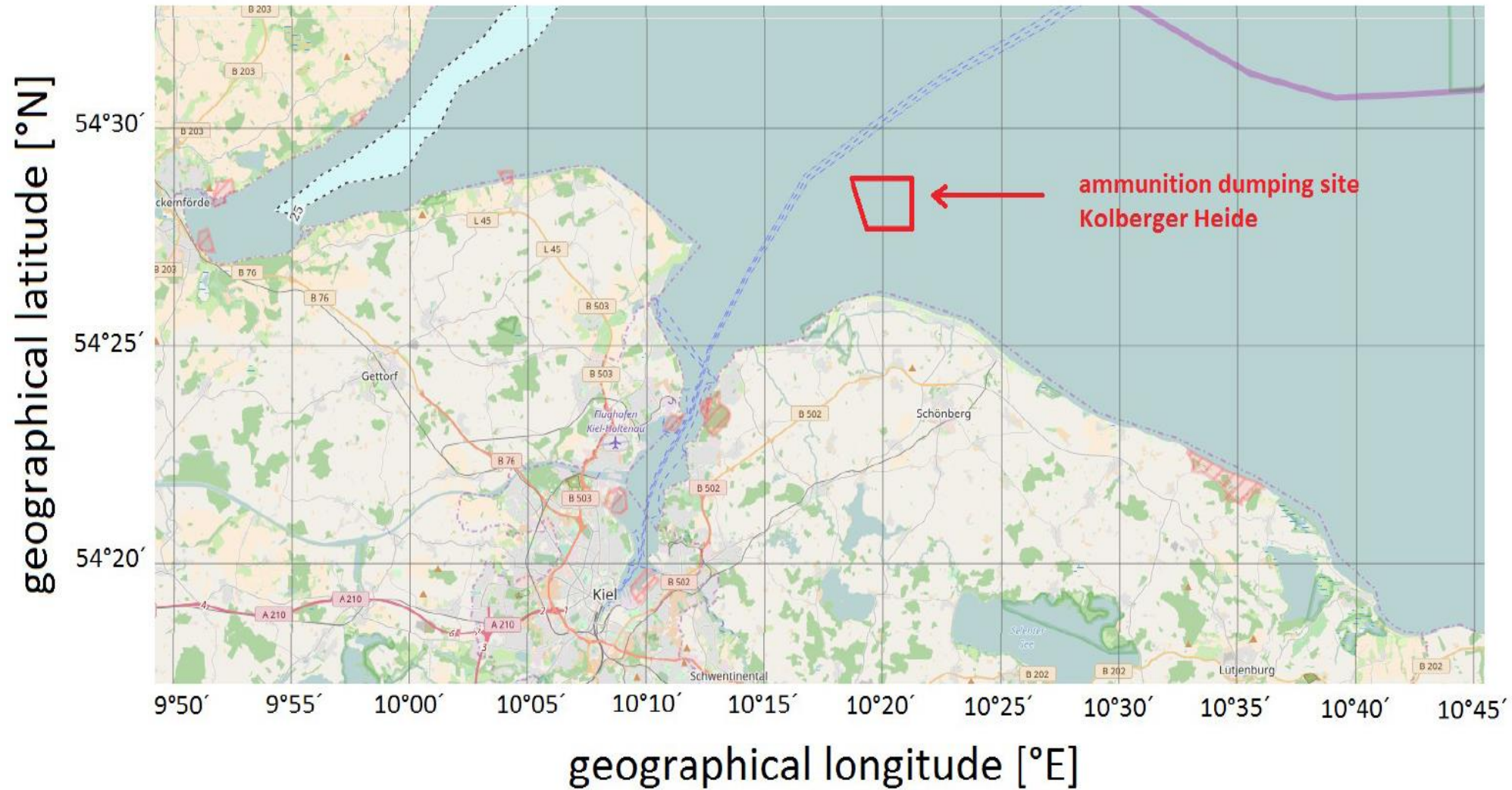
- Pilote Monitoring
Lübeck Bay



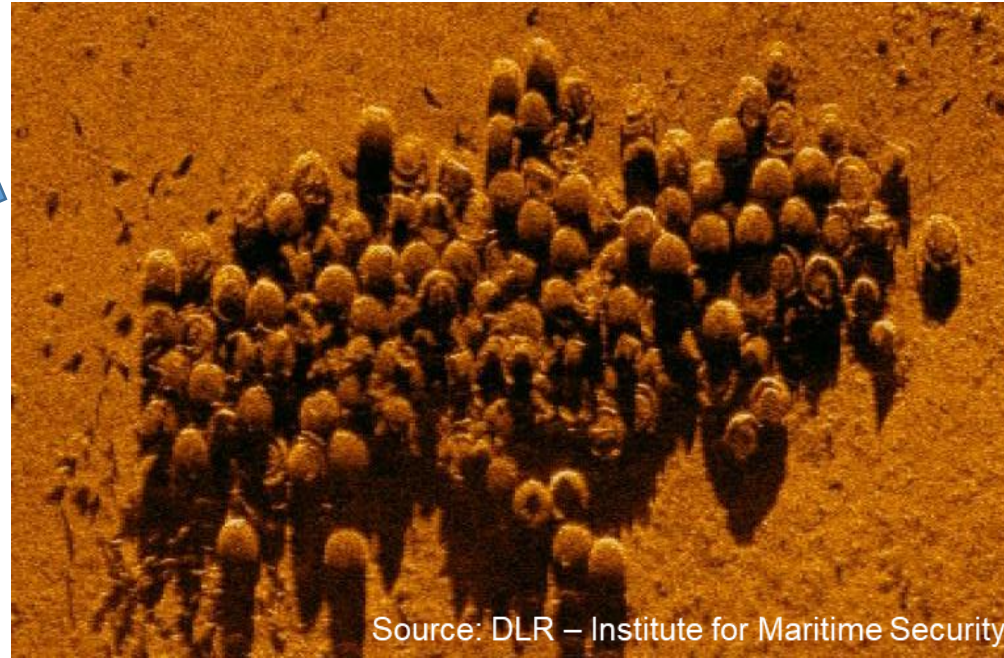
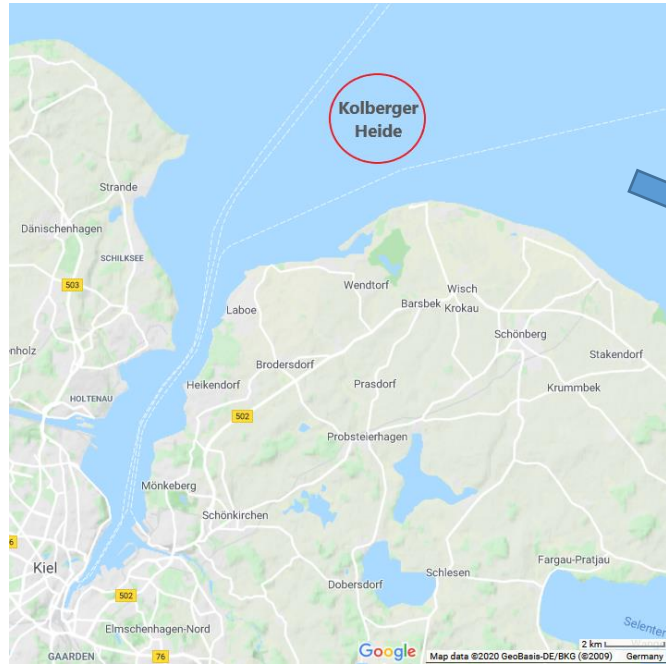
- BMBF Project
„CONMAR“



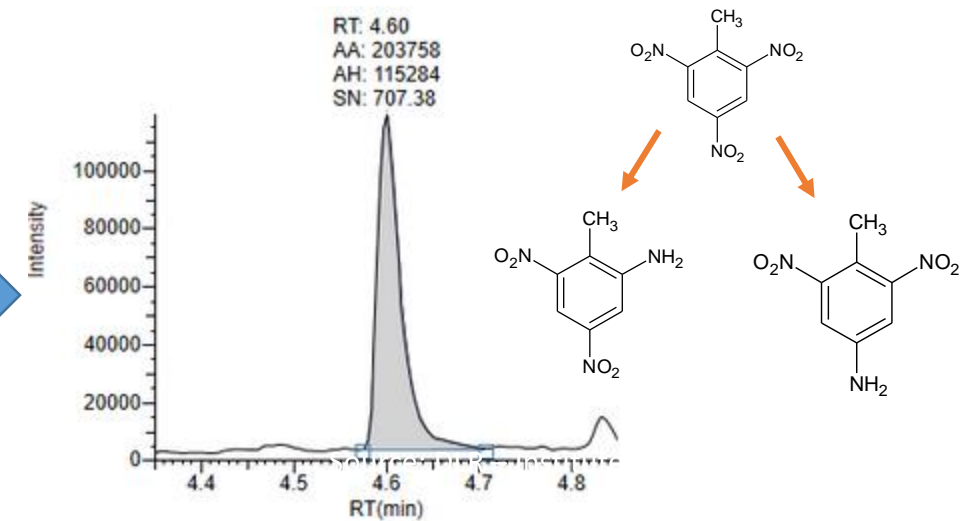
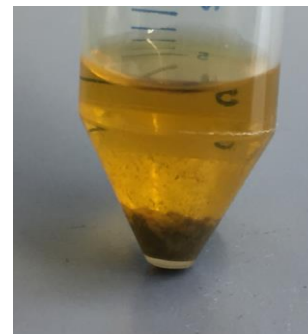
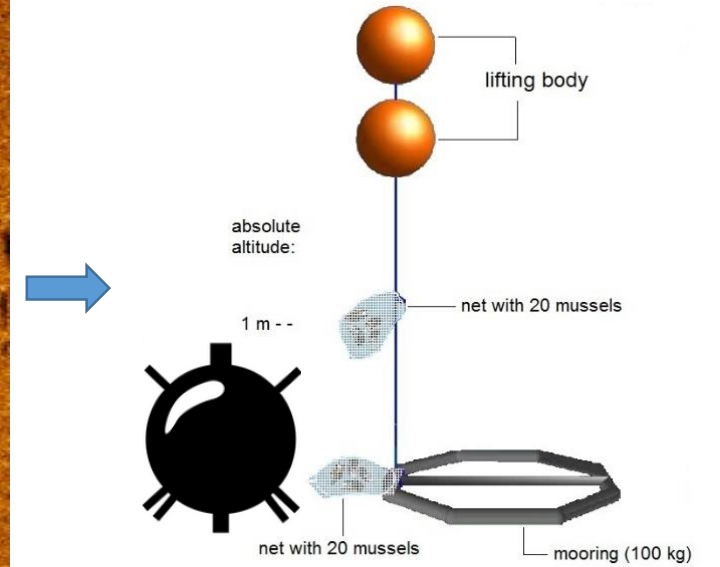
UDEMM: Studiengebiet



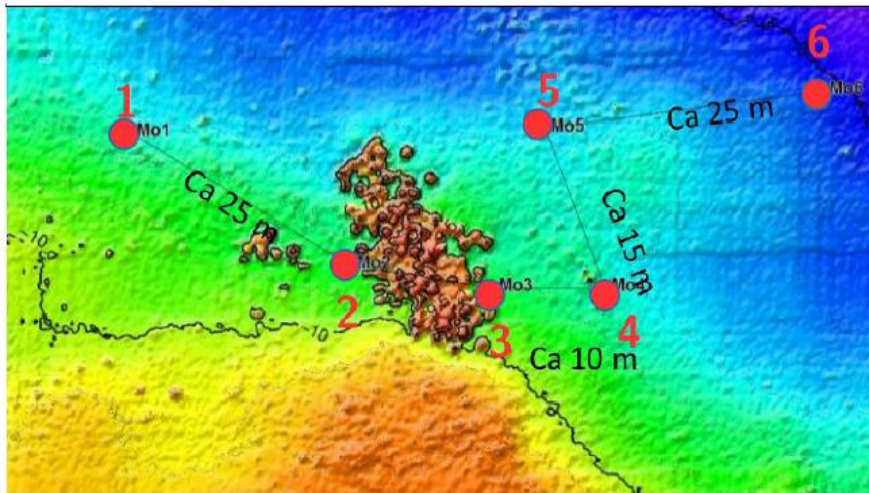
UDEM Project



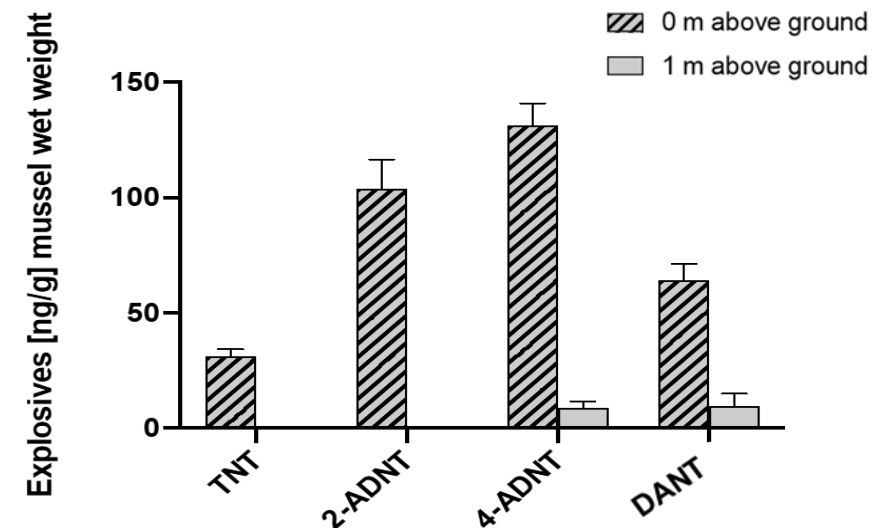
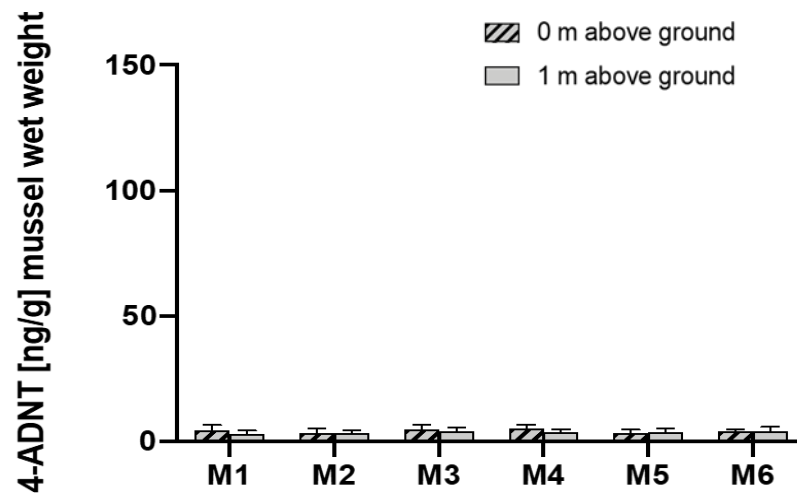
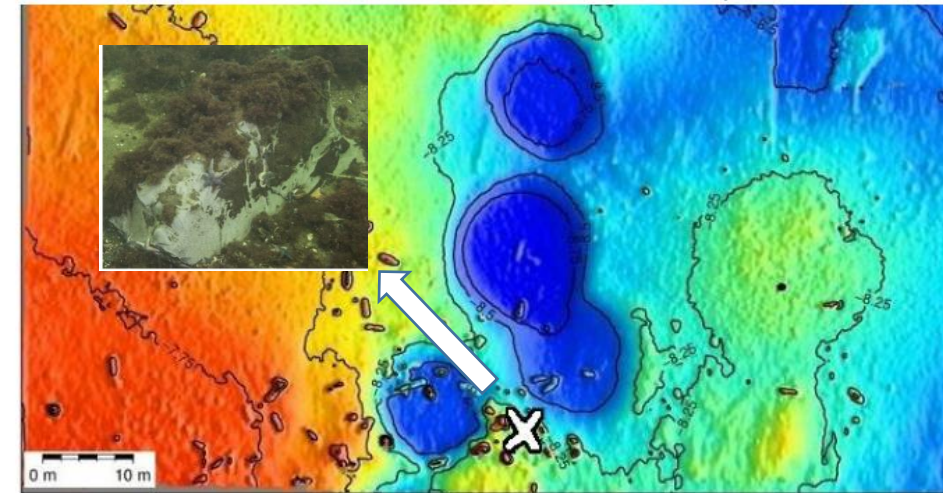
Source: DLR – Institute for Maritime Security



Muscheln am Minenhaufen



Muscheln an frei liegendem TNT.



Abschätzung der Gefährdung durch versenkte Kriegsmunition



Analytik



Toxikologische Bewertung

- Gefährdungspotential für den Menschen
- Beeinträchtigung des Ökosystems
- Eintrag in die Nahrungskette

Risikobewertung durch versenkte Kriegsmunition

First step required:

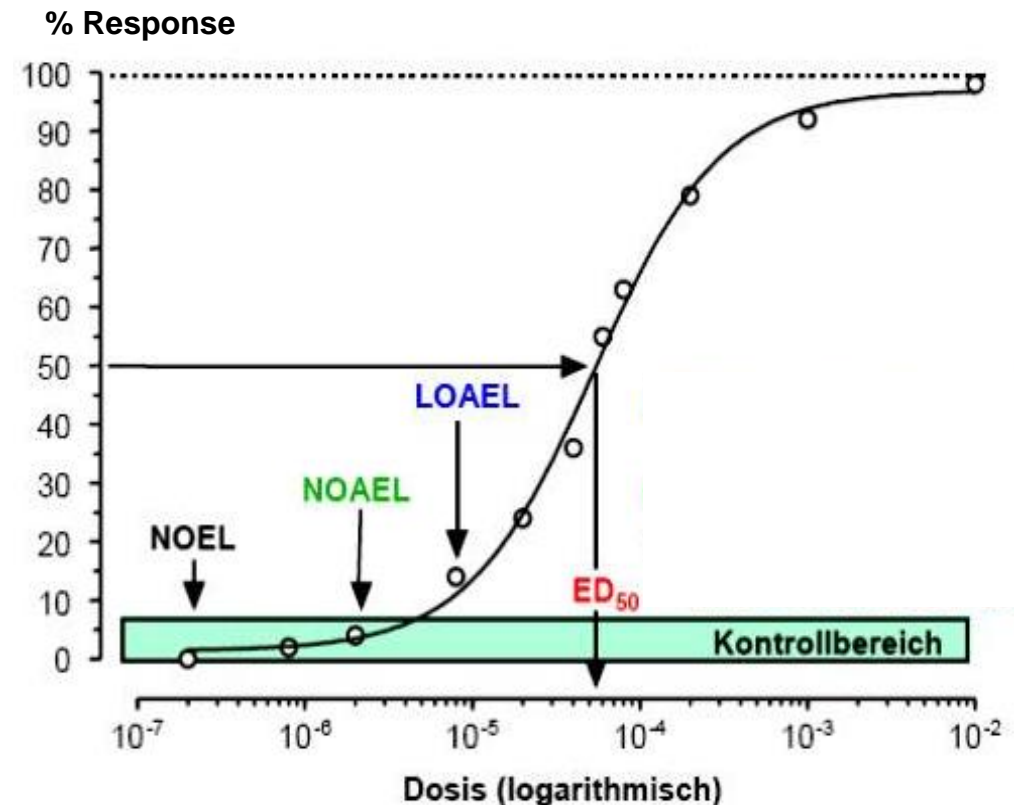
- Determination of the most sensitive **endpoint** (organotoxicity, immunotoxicity, cancerogenicity, reproduction toxicity, developmental toxicity, death)

For **non-carcinogenic** compounds:

- Dose-response calculation
- Setting of **NOAEL***
(* No Observed Adverse Effect Level)
- **Safety factor: $10 \times 10 = 100$**

For **carcinogenic** compounds:

- No dose-response applicable
- Instead: **BMDL, MOE**
- **Safety factor $10 \times 10 \times 100 = 10\ 000$**
or **$10 \times 25 \times 100 = 25\ 000$**



Human-toxikologische Risikobewertung

© Institute of Toxicology, Kiel

➤ Muscheln von rostenden Minen können (**noch**) verzehrt werden.

➤ Der Verzehr von Muscheln von freiliegenden Sprengstoffen birgt ein **krebserzeugendes** Risiko für den Konsumenten.

Frage:

Wie geht es den Muscheln selbst?

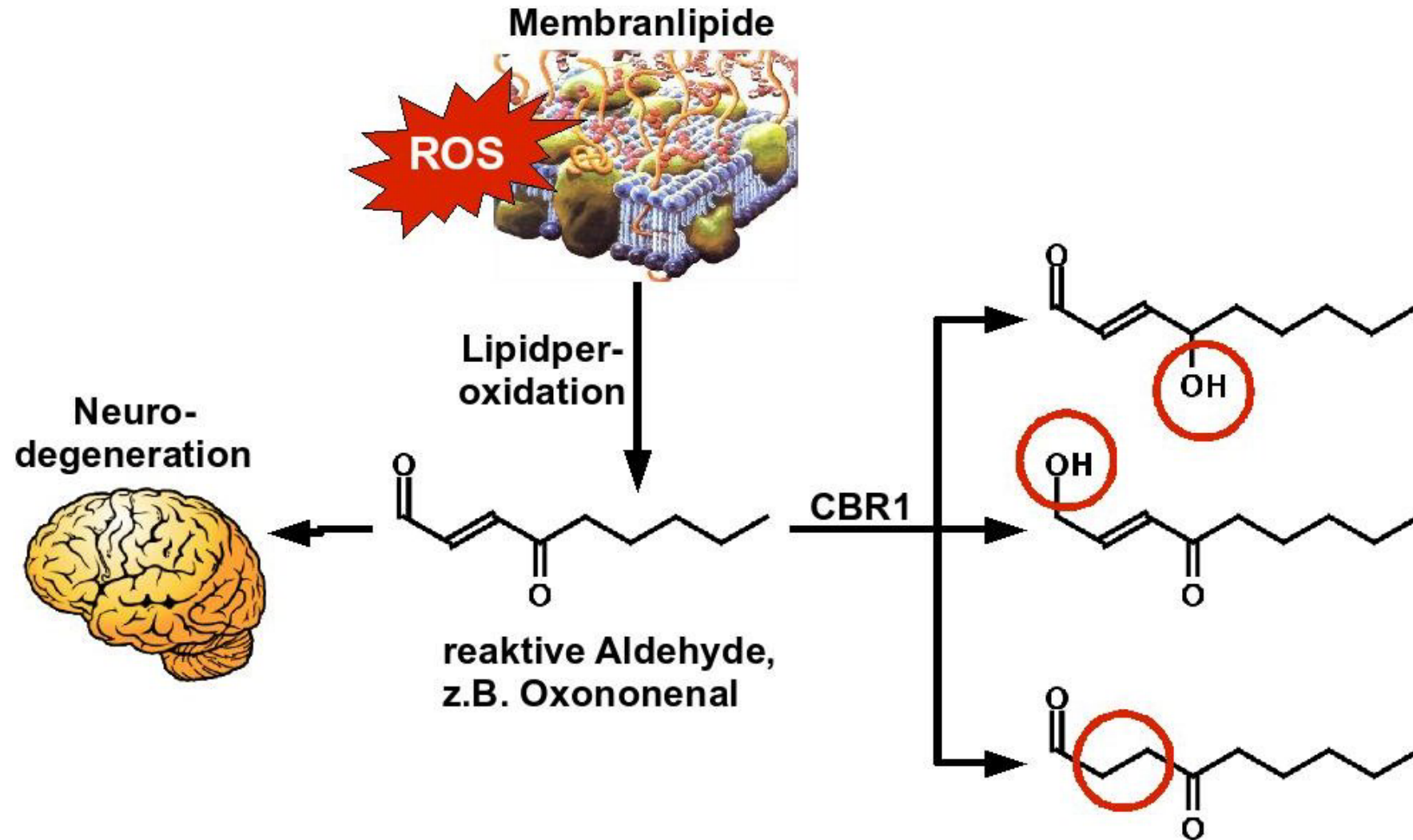


Effektmonitoring

Mechanism of Toxicity → Biomarkers ?

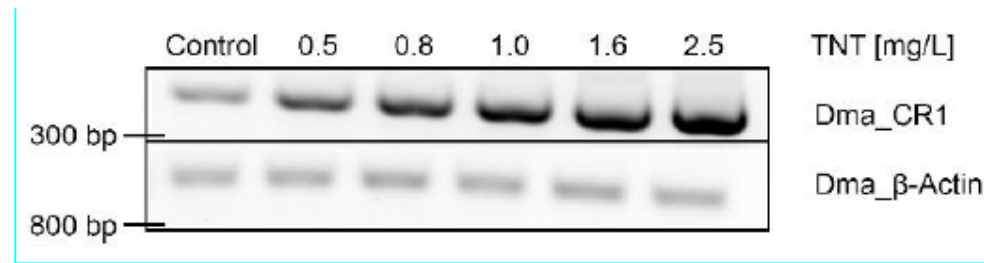
Function	Biomarker
Morphologic	Condition index calculation (shell length, total weight, shell weight)
Metabolic	Cytochrome P450; Glutathione-S-transferase (GST); Acetylcholine esterase (Ach)
Oxidative stress	Catalase (CAT); Superoxide dismutase (SOD); Glutathione peroxidase (GPx); Lipid peroxidation (LPX) ... Carbonyl reductase
Other:	Tumor suppressor p53

Human carbonyl reductase as a defense mechanism against oxidative (carbonyl) stress

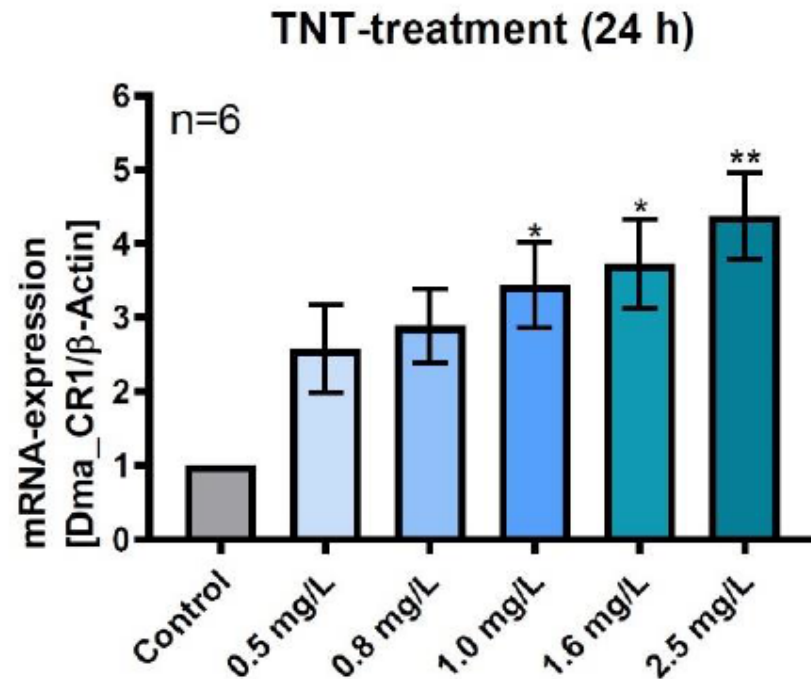


Induction of the CR1 gene in *Daphnia magna* by TNT

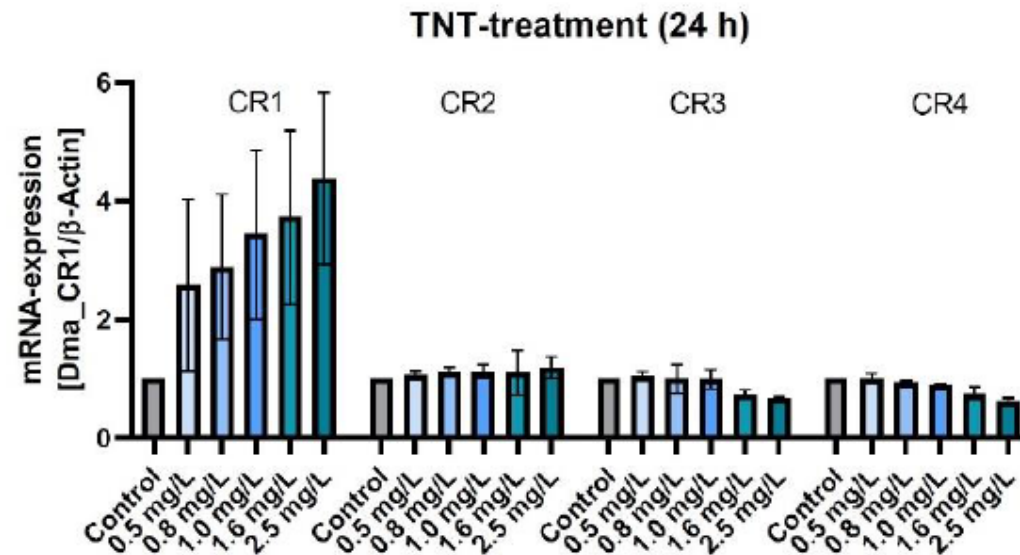
A







B



C



Carbonyl Reductase Genes ...

	Sniffer	Carbonyl Reductases
	Sniffer	<i>no gene</i>
	<i>no gene</i>	CBR1 CBR3
	Sniffer	CR1 CR2 CR3 CR4
	Sniffer	CR1/3

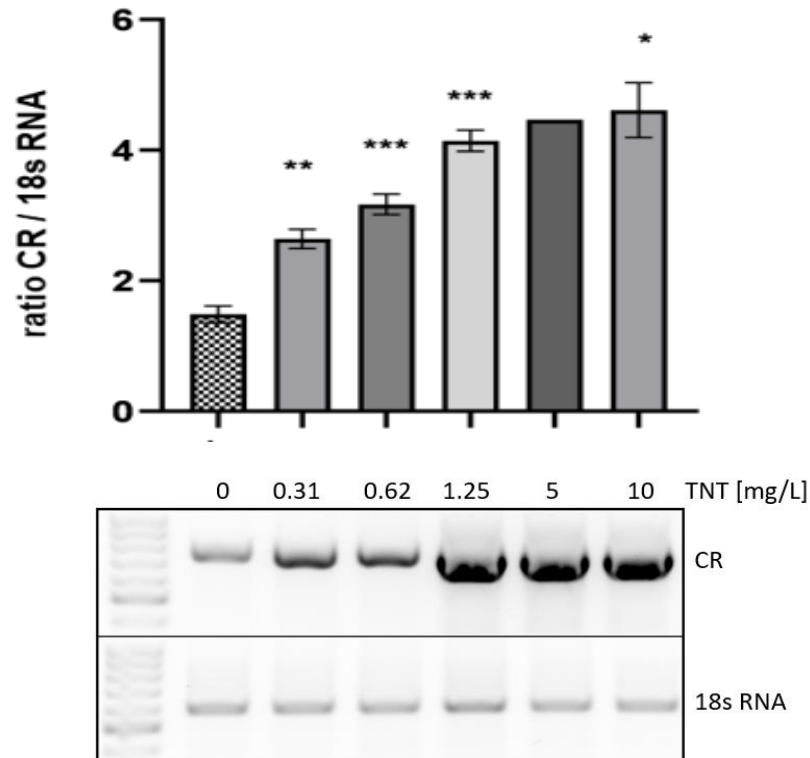
„Effect monitoring“ of TNT on mussels:



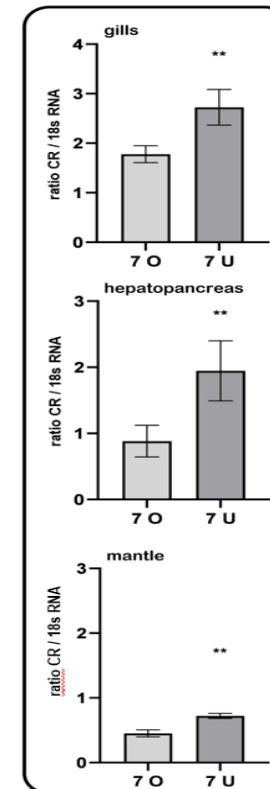
Molecular biomarker for oxidative stress (**carbonyl reductase gene**) shows TNT concentration dependend induction in *Mytilus edulis*



Lab study:



Field study:



(Strehse et al.
Arch. Toxicol. 2020)

Biomonitoring mit Miesmuscheln

- Muscheln sind aber für den Menschen (noch) **genießbar**.
- Muscheln zeigen gesundheitliche Effekte (Symptome von **oxidativem Stress**)

- Muscheln sind für den Menschen **ungenießbar** (50 x mehr STV im Gewebe).
- Muscheln zeigen gesundheitliche Effekte (Symptome von **oxidativem Stress**)

Ergebnisse aus der Muschel Studie

- **TNT** und seine **Metabolite** reichern sich in den Muscheln an.
- „Low order“ Detonationen führen zur Verteilung der Explosivstoffe auf dem Meeresboden und zu einem höheren Eintrag in die Fauna.
- Molekulare Untersuchungen zeigen, dass die Muscheln unter **oxidativem Stress** leiden.
- Dies ist ein deutliches Zeichen für die **Gefährdung der Populationsdynamik** von Muscheln und ggf. anderen marinen Organismen.
- Diese **karzinogenen** Substanzen können in die marine **Nahrungskette gelangen** und den Menschen gefährden.
- Eine toxikologische Risikoanalyse zeigt: die hochexponierten Muscheln bedingen ein **krebserzeugendes Risiko** und sollten nicht mehr verzehrt werden.

Acute toxicity determined in lab studies

Organism	Effect	TNT- Concentration
Copepods	strong increase in mortality	> 1.0 mg/L
	LC ₅₀	2 mg/L
Shrimp	LC ₅₀	0.26 mg/L
Mediterranean* mussels (larvae):	EC ₅₀ **	0.75 – 19.5 mg/L
Infant mussels	LC ₃₀	1 – 1.5 mg /L
Polychaetes***	EC ₅₀ (oviposition)	1.8 mg/L
Fish (Flounder)		
Infant fish	All dead after 24 h	3 mg/L
Adults	LC ₅₀	0.8 – 3.7 mg/L

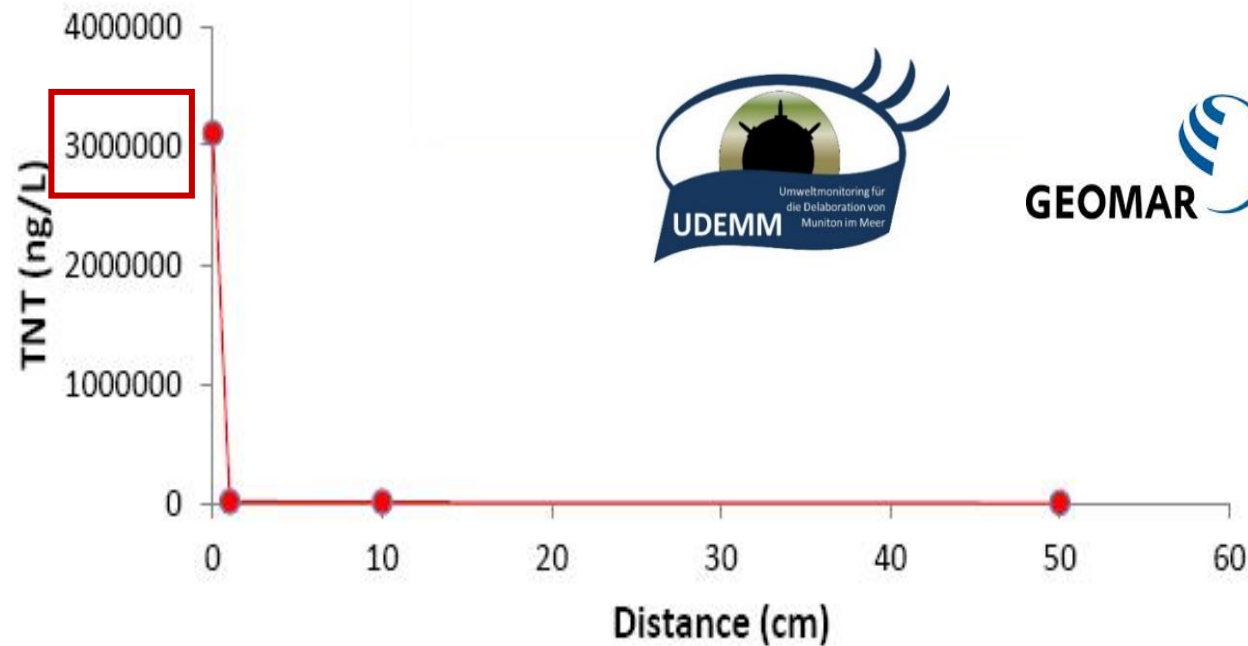
**Mytilus galloprovincialis*

** Effect-Concentration

****Dinophilus gyrociliatus*

Akute Toxizität von TNT für Fische (Laborstudie)

<u>Fish (Flounder)</u>		
<u>Infant fish</u>	All <u>dead</u> after 24 h	3 mg/L



Munitionsversenkungsgebiete: „Kinderstube“ für marine Fische etc.?



Und Fische ... ?

- Explosivstoffe wurden in **Plattfischen** (Klieschen, Schollen und Flundern) nahe des Versenkungsgebietes Kolberger Heide gefunden.
- Die Explosivstoffe waren in der **Galle** nachweisbar, aber nicht im Muskelgewebe (**< 4 ng /g Muskel**).
- Eine toxikologische Risikoanalyse zeigte: für den Menschen als Konsumenten besteht hier (noch) **keine Gefahr**.
- Aber die Gesundheit der Fische war beeinträchtigt; es wurden bei **25 %** der Tiere **Lebertumore** nachgewiesen.

Fazit:

- Explosivstoffe aus versenkter Kriegsmunition sind **toxisch** und **krebserregend**.
- Für den Menschen besteht (noch) **keine akute** Gefahr, aber ...
- Explosivstoffe **gefährden** die marine **Ökologie** und **Diversität**.
- Sie können über den Eintritt in die marine **Nahrungskette** den Menschen gefährden.
- Das weitere **Wegrosten** der Metallhüllen wird das Problem vergrößern.

• Mit der **Räumung** muss **sofort** begonnen und durch ein aktives **(Bio)-monitoring** begleitet werden.

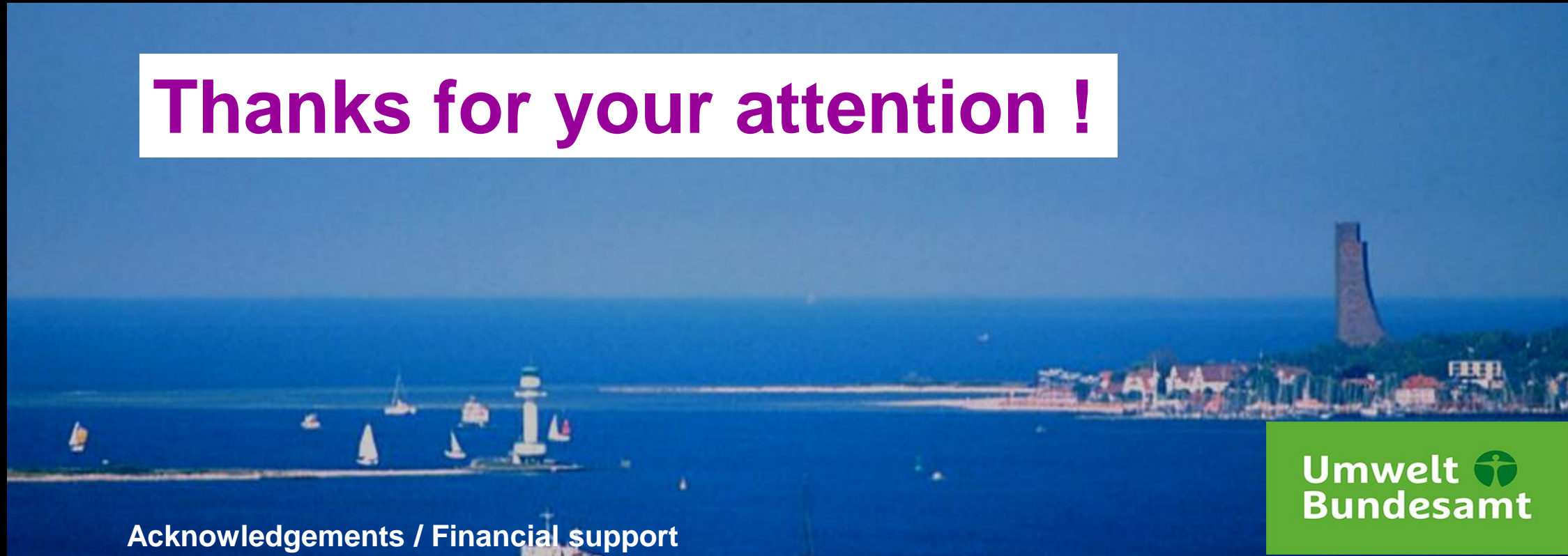
• Unterwassersprengungen nur noch im äußersten Notfall (Anwendung von Blasenschleiern!)

- Verteilung der STV* in der marinen Umwelt
- Eintrag der STV in das marine Nahrungsnetz
- Detaillierte Risikobewertung für die marine Umwelt
- Detaillierte Risikobewertung für den Menschen
- Entwicklung von molekular Biomarkern als „early warning system“
- Mikrobieller Abbau von STV (komplette Mineralisierung)

*STV = sprengstofftypische Verbindungen

University on the Baltic

Thanks for your attention !



Umwelt Bundesamt

Acknowledgements / Financial support



MELUND/ SH
Pilotmonitoring
Lübecker Bucht

Anreicherung lipophiler Stoffe über die Nahrungskette

Biomagnifikation:

PCB in der Nahrungskette (Nordsee, Mittelwerte)	
	ppm PCB [mg/kg]
Meerwasser	0,000002
Sediment	0,01
Phytoplankton	8,4
Zooplankton	10,3
Wirbellose	7,8
Fische	19
Meeressäuger	160
Seevögel	110

Konzentrationsfaktoren:

Sediment/Meerwasser: $0,01/0,000002 = 5.000$

Meeressäuger/Meerwasser: $160/0,000002 = 80 \times 10^6$

In der Arktis:



• 9 µg PCB/g Fett

Projekt 1: Beginn der marinen Nahrungskette

Sprengstofftypische Verbindungen (STV) sind mittlerweile in vielen Meeresorganismen nachgewiesen worden. Von größtem Interesse ist hier, inwieweit sich diese STV entlang der marinen Nahrungskette (trophische Reihe) anreichern und letztendlich zu einer Gefahr für den Menschen werden können, wenn er als „Top Predator“ mit STV belastete Meeresfrüchte verzehrt.

Es sollen die Aufnahme- und Akkumulationsdynamik von STV aus der Grünalge *Chlorella vulgaris* in den Flohkrebs *Daphnia* spp. unter Laborbedingungen untersucht werden. Dazu werden die Grünalgen mit unterschiedlichen TNT-Konzentrationen inkubiert und anschließend an die Flohkrebse verfüttert. Mit unseren modernen GC-MS/MS und LC-MS/MS Systemen werden dann alle wichtigen Parameter analysiert:

- Konzentrationsabhängige Aufnahme von TNT in die Grünalgen
- Metabolismus von TNT in den Grünalgen zu 2-ADNT und 4-ADNT
- Messung aller STV in den Grünalgen-Aquarien (verbliebene Reste?)
- Aufnahme von STV in die Flohkrebse (STV-Konzentration in den Algen beachten!)
- Messung aller STV im Daphnien-Aquariumswasser (eingetragene STV durch Algen?)

Projekt 2: Monitoring der Lübecker Bucht (mit GEOMAR)

Nach neuesten Erkenntnissen liegen an vielen Orten der des Meeresgrundes des Lübecker Bucht **Kampfmittel auf und im Sediment**. Erkenntnisse aus früheren Projekten (UDEMM; Kohlberger Heide) lassen erwarten, dass sich hier ähnliche Konsequenzen ergeben, nämlich eine **Verteilung der STV in Wasser, Sediment und Meerestieren**.

Mögliche **Arbeiten des GEOMAR**: Detektion, Identifizierung und Kartierung der Munitionskörper

Mögliche **Arbeiten der Toxikologie**: Analytik, Messung und Bewertung der Belastung von Sediment, Wasser und Biota-Proben