

Thünen Institut für Fischereiökologie

Herwigstraße 31, 27572 Bremerhaven

Dr. JP Scharsack joern.scharsack@thuenen.de Phone +49471 94460-223 13.09.2023

Fahrtbericht

FFS „Solea“

816 Reise,

16.01.-27.01.2023

Fahrtleiter: Dr. Jörn Peter Scharsack

CONMAR-Fish: Effekte mariner Munitionsaltlasten auf Fische in der Nordsee

Zusammenfassung

Die Fischerei-Forschungsreise wurde durchgeführt, um zu untersuchen, ob Fische in der Nordsee entlang der nordwestlichen deutschen Küste mit sprengstoff-typischen Verbindungen (STV) belastet sind, die aus im Meer versenkter Munition austreten könnten. Während der Reise wurden Baumkurren in der Nähe von Munitionsaltlasten und an von Munitionsaltlasten entfernten Kontrollstellen eingesetzt, um Plattfische zur Probenahme zu fangen. Die Hauptzielart war der am Boden lebende Plattfisch, Kliesche (*Limanda limanda*), die relativ stationär lebt und daher lokal vorhandenen Schadstoffen ausgesetzt wäre. Der Einsatz der Baumkurre auf Plattfische in den Zielgebieten verlief erfolgreich. Wir begannen mit kurzen Hols (5 Minuten), die je nach Menge der pro Schleppnetz gefangenen Klieschen auf bis zu 15 Minuten verlängert wurden. Die Hols wurden wiederholt, bis an der Probenahmestelle 30 lebende Kliesche zur Probenahme zur Verfügung standen. Auch wenn die Probenahme aufgrund schlechter Wetterbedingungen und technischer Probleme des Schiffes nicht an allen Tagen der Reise möglich war, verlief die Probenahme an den meisten geplanten Standorten erfolgreich. Eine sofortige Inspektion der Klieschen auf äußerlich sichtbare Krankheiten an Bord ergab keine offensichtlichen Unterschiede zwischen Munitionsdeponien und Kontrollstellen. Allgemein wurde bei den Klieschen eine hohe Prävalenz (>50%) von Hyperpigmentierung, einer Hautirritation unbekannter Ursache, beobachtet. Die gesammelten Gewebe und Körperflüssigkeiten der Klieschen werden im Labor chemisch auf Munitionsrückstände untersucht, die Ergebnisse liegen noch nicht vor.

Hintergrund

Während und nach dem Ersten und Zweiten Weltkrieg wurden große Mengen Munition in der Nordsee versenkt (ca. 1,3 Mio. t). Aufgrund von Korrosion der Munitionshülsen gelangen Rückstände, wie z. B. sprengstoff-typische Verbindungen (STV), in die Meeresumwelt und können negative Auswirkungen auf Biota, einschließlich Fische, haben. Der Nordseehafen Wilhelmshaven, war im Zweiten Weltkrieg ein wichtiger Militärhafen und von dort aus wurde nach dem Krieg ungenutzte Munition in die angrenzende innere und äußere Jade gebracht und verklappt. Die Schätzungen reichen von 0,5 bis 1 Mio. t abgeladener Munition im Jade-Gebiet. Der Schwerpunkt der vorliegenden Fahrt lag daher auf dem Gebiet der äußeren Jade (Probenahmestellen siehe Karte), da diese Gebiete vermutlich die höchste Dichte an mariner Munition in den deutschen Gewässern der Nordsee aufweisen. Weitere Gebiete mit potenzieller, aber unklarer Kontamination wie das „Scharhörner-Riff“ wurden in die Probenahme einbezogen, ebenso Probenahmestellen ohne bekannte Munitionskontamination, entfernt von bekannten Munitionsdeponien, die als Kontrollen dienten (Abb. 1).

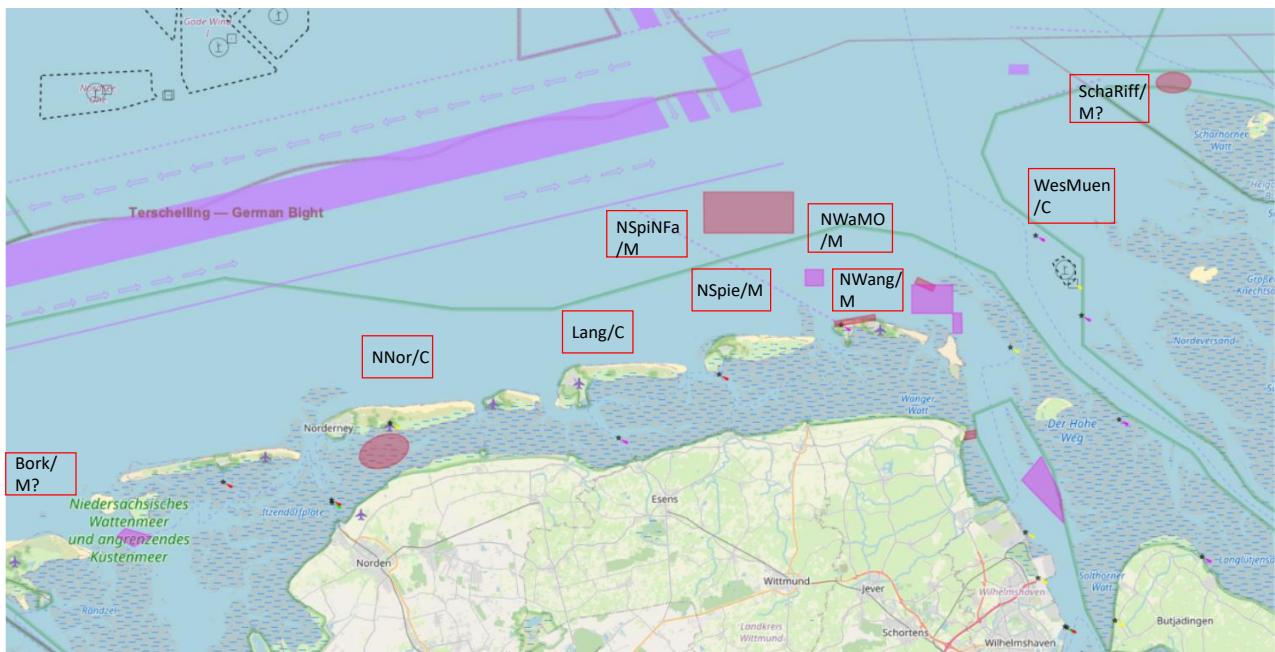


Abb. 1. Karte der Probenahmegebiete. Die zugrunde liegende Karte mit den angegebenen Munitionsdeponien (rote und rosa Bereiche mit dunkelroten und dunkelrosa Rahmen) wurde von <https://legacy.amucad.org/map> übernommen. Die Probenahme erfolgte in Bereichen mit roten Rahmen. Abkürzungen: /M = Munition, /M? = Munition unklar /C = Kontrolle ohne Munition, Bork = Borkum, Lang = Langeoog, NNor = Nördlich Norderney, NSpie = Nördlich Spiekeroog, NSpiNfa = Nördlich Spiekeroog, nördlich Fahrwasser, NwaMO = Nördlich Wangerooge bis Umfahrung Minsener Oog, Nwang = Nördlich Wangerooge, SchaRiff = Scharhörner-Riff, WesMuen = Wesermündung

In Klieschen (*L. limanda*), die an Munitionsdeponien in der Ostsee (Kolberger Heide) beprobt wurden, wurden Spuren von TNT (Trinitrotoluol) in der Gallenflüssigkeit nachgewiesen, was darauf hindeutet, dass die Kliesche Munitionsverbindungen aufnimmt, wenn sie in unmittelbarer Nähe von im Meer versenkter Munition lebt. Ziel dieser Seereise war es herauszufinden, ob auch Klieschen in and an Munitionsdeponien in der Nordsee STV wie TNT ausgesetzt sind.

Der Vergleich zwischen Nordsee- und Ostsee-Munitionsdeponien ist notwendig, da sich die Bedingungen erheblich unterscheiden. Aufgrund des stärkeren Einflusses von Gezeitenströmungen in der Nordsee könnten austretende STV schneller verdünnt werden als in der Ostsee. Darüber hinaus werden Sedimente entlang der norddeutschen Nordseeküste durch Strömungen und Wellen verschoben, sodass versenkte Munition häufig mit Sedimenten bedeckt ist. Es ist jedoch unklar, ob die Bedingungen in der Nordsee die Freisetzung von MC in die Umwelt begünstigen oder unterdrücken, dies kann jedoch auch von Standort zu Standort unterschiedlich sein. Insgesamt soll ein umfassendes Bild der potentiellen Belastung von Fischen durch Munitionsaltlasten in Deutschen Meeresgewässern ermittelt werden.

Auf der aktuellen Seereise wurden an den jeweiligen Standorten auch Wasserproben entnommen, die nach der Seereise auf STV untersucht werden. Wir gehen davon aus, dass die Ergebnisse der Wasserproben in Kombination mit den Fischproben ein mögliches Austreten von MC aus abgeladener Munition in der Nordsee und deren mögliche Auswirkungen auf die Kliesche aufzeigen werden.

Die Forschung wird im BMBF-geförderten Projekt CONMAR (CONcepts for konventionelle Marine Munition Remediation in the German North and Baltic Sea) umgesetzt und forschende Projektpartner vom AWI Bremerhaven und UKSH Kiel nahmen an der Forschungsfahrt teil.

Methoden

Auswahl der Probenahmestellen

Der Einsatz von Fanggeräten mit Bodenkontakt ist direkt in Versenkungsgebieten von Munitionsaltlasten nicht möglich, da die Gefahr besteht, dass Munition aufgenommen wird, die noch zündfähig und explosiv ist oder auf andere Weise schädlich sein könnte. Deshalb wurde lediglich in der näheren Umgebung von Munitionsverklappungsgebieten mit bodenberührendem Fischereigerät gearbeitet (Abb. 1).

Eine Methode der Wahl, um Plattfische in der Nordsee lebend zu fangen, ist der Einsatz von Baumkurren mit Plattfischnetzen. Die Schleppzeiten der Baumkurre (7m Kurre) wurden relativ kurzgehalten (5-15min), um die Beifang Mengen klein und die mechanische Belastung der Fische niedrig zu halten. Die Fänge wurden direkt an Deck (und nicht erst auf dem Förderband) gesichtet und lebende Klieschen unmittelbar in

Seewassertanks überführt. Begünstigt durch die kalten Januartemperaturen, war es so möglich die Klieschen über mehrere Stunden lebend zu hältern. Für die Probenahme wurden lebende Klieschen benötigt, die erst unmittelbar vor der Probenahme betäubt und getötet wurden. Dadurch war es möglich Körperflüssigkeiten wie Blut, Galle und Urin zu sammeln, was mit Klieschen, die bei langen Hols oder bei der Verarbeitung großer Fänge an Bord verendet sein könnten, nicht möglich gewesen wäre.

An jedem Standort begannen wir nach einer CTD-Messung und der Entnahme einer Wasserprobe für STV Messungen, mit 5-minütigen Hols, um die Abundanz der Kliesche und die Menge des Beifangs zu überprüfen. Bei geringem Beifang wurde die Fangdauer auf 15 Minuten verlängert. Die Probenahme der Kliesche begann, wenn sich die ersten 10 Kliesche in den Tanks befanden, und wechselte mit weiteren Fängen ab, bis 30 Kliesche pro Standort beprobt wurden.

Beprobung der Fische

Im Fokus der Untersuchungen standen Klieschen (*Limanda limanda*), eine bodenlebende Plattfischart die am Meeresboden in unmittelbarer Nähe von versenkter Munition lebt. Die gesammelten Fische wurden bis zur Probenahme in Tanks mit Meerwasserversorgung auf dem Schiff gehältert. Die Klieschen wurden mit einer Überdosis Nelkenöl getötet, auf äußerlich sichtbare Krankheiten untersucht und Gewicht und Länge wurden gemessen. Körperflüssigkeiten (Blut, Galle, Urin) und Gewebeproben (Leber, Milz, Muskel) wurden gesammelt und für spätere Laboranalysen tiefgefroren gelagert. Die Lebern wurden auf Gewebsveränderungen, insbesondere Knötchen (potentielle Tumore) untersucht. Proben von jedem einzelnen Fisch wurden zwischen den drei beteiligten Laboren (AWI, UKSH und Thünen) mit leicht unterschiedlichen Analyse-Schwerpunkten geteilt. Das AWI konzentrierte sich auf Leberproben, um die Aktivitäten entgiftender Enzyme zu analysieren, das UKSH erhielt Leberproben für Genexpressionsstudien und Thünen sammelte Körperflüssigkeiten und teilte Gewebeproben mit UKSH und AWI zur Untersuchung auf TNT-Rückstände.

Narrativ

Die wissenschaftliche Besatzung schiffte sich am 16. Januar 2023 in Cuxhaven ein und installierte die wissenschaftliche Ausrüstung mit Hilfe der Besatzung an Bord. Am Nachmittag erhielt die Solea-Besatzung durch das Personal des Kampfmittelräumdienstes Niedersachsen eine Einweisung, wie sie sich für den Fall zu verhalten habe, dass während der Fänge Munitionsgegenstände aufgesammelt würden. Wegen schlechter Wetterbedingungen musste Solea bis zum 18. Januar in Cuxhaven bleiben. Am 18. begann die Probenahme am Scharhörn Riff (Abb. 1). Der Einsatz der Baumkurre erwies sich aufgrund des hohen Schiffsverkehrs in diesem Gebiet zu der Tageszeit als schwierig. Die Fänge enthielten relativ wenig Klieschen, dafür aber viele Seesterne. Aufgrund der Wetterverschlechterung am frühen Nachmittag wurde die Probenahme mit nur 17 Klieschen beendet.

Am 19. wurde die Probenahme nördlich von Wangerooge fortgesetzt und dort wurden 30 Klieschen beprobt. Am Abend des 19. Fiel eine der beiden Hauptmaschinen der Solea aus und das Schiff dampfte mit einer Maschine nach Wilhelmshaven. Am 20. Januar konnte die zweite Maschine wieder gestartet werden und wurde von einem Serviceexperten des Herstellers überprüft. Da keine weiteren technischen Probleme festgestellt wurden, verließ Solea nachmittags Wilhelmshaven und dampfte nach Langeoog.

Am 21. Januar erfolgte die Probenahme nördlich von Spiekeroog. Am Abend musste Solea wegen gesundheitlicher Probleme des Stewards zurück nach Cuxhaven dampfen. Am 22. Januar wurde das Kontrollgebiet in der Wesermündung erfolgreich beprobt und Solea dampfte in Richtung Borkum, wo am 23. Januar die Probenahme durchgeführt wurde. Am selben Tag wurde mit der Probenahme nördlich Norderney begonnen und am 24. abgeschlossen. Anschließend erfolgte die Probenahme am Kontrollstandort Langeoog. Die Beprobung bei Langeoog wurde am Morgen des 25. fertiggestellt und die nächste Probenahme erfolgte am Standort nördlich von Spiekeroog in der Nähe des Schifffahrtskanals.

Am 26. Januar wurde das Gebiet nördlich von Wangerooge an der Ortsumgehung Minsener Oog beprobt. Eines der Schleppnetze brachte eine Munitionshülse zum Vorschein, die feucht in einem der vom Kampfmittelräumdienst bereitgestellten Behältern gelagert wurde. Die Container wurden nach der Fahrt an Mitarbeiter des Kampfmittelräumdienstes Niedersachsen übergeben.

Aufgrund gesundheitlicher Probleme eines Mitglieds der wissenschaftlichen Besatzung wurde die Probenahme am Standort nördlich von Wangerooge an der Ortsumgehung Minsener Oog beendet, nachdem nur 20 Kliesche beprobt worden waren. Solea dampfte nach Cuxhaven, wo die betroffene wissenschaftliche Mitarbeiterin ins Krankenhaus kam, rasch behandelt und nach kurzer Beobachtung wieder entlassen werden konnte.

Die Zusammenarbeit zwischen dem wissenschaftlichen Personal und den Solea-Besatzung war während der gesamten Forschungsreise sehr gut. Trotz Verzögerungen durch schlechte Wetterbedingungen, technische Probleme des Schiffes und Gesundheitsproblemen bei Schiffs- und wissenschaftlichen Besatzung konnten an den meisten Probenahmestellen die gewünschten Probenzahlen erreicht werden.

Erste Ergebnisse

Insgesamt wurden während der Forschungsreise 249 Klieschen (*L. limanda*) >15 cm beprobt, die meisten davon in der Größenklasse 20–24 cm (Tabelle 2). An sieben der neun Probenahmestellen wurden mindestens 29 Kliesche beprobt. An einem Standort konnten 17 und an einem anderen 20 Klieschen beprobt werden (Tabelle 1).

Um zu untersuchen, ob Klieschen an Munitionsdeponien stärker von Krankheiten betroffen sind, wurden bei Klieschen auf Körperkonditionsfaktoren gemessen und äußerlich sichtbare Krankheiten untersucht. Im

Allgemeinen befanden sich die gesammelten Kliesche in einem guten Zustand und es wurden keine offensichtlichen Unterschiede bei äußerlich sichtbaren Klieschen-Krankheiten zwischen Standorten mit und ohne verklappter Munition festgestellt (Tabelle 1). An allen Probenahmestellen war der Anteil der Klieschen mit Hyperpigmentierung, einer Hautirritation der Klieschen mit unbekannter Ursache, mit etwa 50 % oder mehr relativ hoch. Ein Zusammenhang zwischen Hyperpigmentierung und Munitionsaltlasten war nicht erkennbar (Tabelle 1).

Tabelle 1. Äußerlich sichtbare Krankheiten der Kliesche, *Limanda limanda*. Prävalenz in Prozent an den Probenahmestellen (Standorten).

Standort	N	Ly	EpPap	Ulc	AkHei	FloF	AkHei	KieHy	Mel	Skel	Steph	Acanth	Lepe	Cryp
Bork/M?	29	0	0	3.4	3.4	0	48.3	0	0	17.2	31	0		
Lang/C	30	0	3.3	0	0	0	63.3	0	3.3	26.7	40	0		
NNor/C	30	6.7	0	13.3	10	0	53.3	3.3	3.3	20	30	0		
NSpie/M	33	9.1	9.1	3	0	0	51.5	0	9.1	9.1	9.1	0		
NSpiNFa/M	30	0	0	3.3	0	0	50	0	10	16.7	30	0		
NWaMO/M	20	0	5	0	5	0	55	5	15	5	40	0		
NWang/M	30	6.7	6.7	0	23.3	0	73.3	0	3.3	6.7	10	0		
SchaRiff/M?	17	0	0	5.9	23.5	0	76.5	0	17.6	17.6	41.2	0		
WesMuen/C	30	10	3.3	3.3	0	0	53.3	0	3.3	20	13.3	0		
sum	249													

Abkürzungen: /M = Munition, /M? = Munition unklar /C = Kontrolle ohne Munition, Bork = Borkum, Lang = Langeoog, NNor = Nördlich Norderney, NSpie = Nördlich Spiekeroog, NSpiNFa = Nördlich Spiekeroog, nördlich Fahrwasser, NWaMO = Nördlich Wangerooge bis Umfahrung Minsener Oog, Nwang = Nördlich Wangerooge, SchaRiff = Scharhör-Riff, WesMuen = Wesermündung, N = Anzahl untersuchter Fische, Ly = Lymphozystis virus, EpPap = Epidermales Papillom (Virus), FloF = Flossenfäule (bakteriell), KieHy = Kiemen Hyperplasie, Mel = Melanom Hyperpigmentierung, Skel = Skeletdeformationen, Steph = *Stephanostomum baccatum*, Acanth = *Acanthochondria cornuta*, Lepe = *Lepeophtheirus pectoralis*, Cryp = *Cryptocotyle lingua*.

Um der Frage nach zu gehen, ob Klieschen an Munitionsdeponien häufiger von Lebererkrankungen betroffen sind, wurden präparierte Lebern makroskopisch auf Anomalien untersucht. Die makroskopische Untersuchung der Lebern ergab das Vorhandensein von Leberknötchen (potenziell Krebs) in einer Reihe der untersuchten Lebern (Tabelle 2).

Tabelle 2. Prävalenz von Leberknoten in Prozent pro Größenklasse und Probenahmestelle.

Standort	Länge (cm)	N untersucht	Prävalenz Leberknoten (%)
Bork/M?	20 - 24	27	0
Bork/M?	25 - 40	2	0
Lang/C	15 - 19	1	0

Standort	Länge (cm)	N untersucht	Prävalenz Leberknoten (%)
Lang/C	20 - 24	23	21.7
Lang/C	25 - 40	6	33.3
NNor/C	20 - 24	25	20
NNor/C	25 - 40	5	0
NSpie/M	15 - 19	3	66.7
NSpie/M	20 - 24	28	0
NSpie/M	25 - 40	2	0
NSpiNFa/M	15 - 19	2	0
NSpiNFa/M	20 - 24	27	11.1
NSpiNFa/M	25 - 40	1	0
NWaMO/M	15 - 19	1	0
NWaMO/M	20 - 24	18	5.6
NWaMO/M	25 - 40	1	0
NWang/M	15 - 19	1	0
NWang/M	20 - 24	24	0
NWang/M	25 - 40	5	0
SchaRiff/M?	15 - 19	5	0
SchaRiff/M?	20 - 24	11	9.1
SchaRiff/M?	25 - 40	1	0
WesMuen/C	15 - 19	1	0
WesMuen/C	20 - 24	26	11.5
WesMuen/C	25 - 40	3	0
Summe		249	

Abkürzungen: /M = Munition, /M? = Munition unklar /C = Kontrolle ohne Munition, Bork = Borkum, Lang = Langeoog, NNor = Nördlich Norderney, NSpie = Nördlich Spiekeroog, NSpiNFa = Nördlich Spiekeroog, nördlich Fahrwasser, NWaMO = Nördlich Wangerooge bis Umfahrung Minsener Oog, Nwang = Nördlich Wangerooge, SchaRiff = Scharhörner-Riff, WesMuen = Wesermündung (siehe Karte).

Da die generell Häufigkeit von Leberknoten mit dem Alter der Klieschen zunimmt, werden die untersuchten Klieschen in Längenklassen eingeteilt, die Altersklassen entsprechen. Die meisten der gesammelten und untersuchten Kliesche waren in der Größenklasse 20–24 cm und es wurden nur wenige Kliesche mit einer Größe von 15–19 cm beprobt. Auch die Häufigkeit der Klieschen zwischen 25 und 40 cm war relativ niedrig (Tabelle 2).

Im Vergleich zwischen Kontroll- und den munitionsbelasteten Standorten war nicht zu erkennen, dass Leberknoten häufiger an Munitionsdeponien auftreten würden. Die höchste Prävalenz von 66,7 % betrug 2 von 3 Klieschen 15–19 cm an einem potenziell munitionskontaminierten Standort (NSpie/M, Tabelle 2). Angesichts der geringen Anzahl von Klieschen dieser Größenklasse an der Probenahmestelle und des Fehlens von Leberknötchen bei größeren Fischen an derselben Probenahmestelle muss diese Beobachtung

mit Vorsicht interpretiert werden. Ein Vergleich der Klieschen-Größenklassen 20–24 cm und 25–40 cm von Kontroll- und Munitionsdeponien stützte nicht die Hypothese, dass Klieschen an Munitionsdeponien häufiger Leberanomalien entwickeln (Tabelle 2). Makroskopische Leberparasiten (Nematoden) wurden in keiner der untersuchten Kliesche nachgewiesen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die vorläufigen Ergebnisse der vorliegenden Forschungsfahrt keine offensichtlichen Veränderungen des Gesundheitszustands von Klieschen in der Nähe von Munitionsdeponien in den untersuchten Gebieten erkennen ließen.

Fahrtteilnehmer

Name	Institution	Funktion
Jörn Peter Scharsack	TI-FI	Fahrtleiter
Marcellus Rödiger	TI-FI	Computer-Ingenieur
Michael Gabel	TI-FI	Wissenschaftler
Susanne Bach	TI-FI	Studentische Hilfskraft
Romina Schuster	AWI	Wissenschaftlerin
Kristina Thiemann	UKSH	MSc Studentin

Danksagung

Wir bedanken uns bei Kapitän Volker Koops und der Besatzung des FFS "Solea" für ihre kompetente Unterstützung und Gastfreundschaft an Bord und bei Allen Fahrtteilnehmern für die verlässliche und verantwortungsvolle Teamarbeit.