

# Abschlußbericht

Universität Hamburg | Fkz. 03F0863 - A

November 2020 – Februar 2024



## balt\_ADAPT

Anpassung der Küstenfischerei in der  
Westlichen Ostsee an den Klimawandel

GEFÖRDERT DURCH

## Abschlußbericht

(Nach Nr. 3.1 BNBest-BMBF 98)

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Universität Hamburg (UHH)	<b>Förderkennzeichen:</b> 03F0863 - A
<b>Vorhabenbezeichnung:</b> balt_ADAPT: Anpassung der Küstenfischerei in der Westlichen Ostsee an den Klimawandel	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.11.2020 – 29.02. 2024	
<b>Berichtszeitraum:</b> November 2020 – Februar 2024	

### Projektkoordination:

Prof. Dr. Christian Möllmann  
Universität Hamburg  
Institut für marine Ökosystem- und Fischereiwissenschaften  
Große Elbstraße 133  
22767 Hamburg  
Tel.: +49 (0) 40 42838 6621  
E-Mail: christian.moellmann@uni-hamburg.de

**Projektwebseite:** <https://baltadapt.de>

## Teil I – Kurzbericht

Die marine Fischerei in der Westlichen Ostsee wird durch den Klimawandel zunehmend beeinträchtigt. Im Arbeitspaket 1 wurde eine erste Gefährdungsanalyse der Fischgemeinschaft durchgeführt, wobei die UHH die Exposition gegenüber klimabedingten Veränderungen in der Temperatur bewertete. Es wurden Karten der Exposition basierend auf Temperaturprojektionen gemäß RCP 4.5 und RCP 8.5 für die Perioden „Mitte des Jahrhunderts“ (2040-2049) und „Ende des Jahrhunderts“ (2080-2089) erstellt. Die Exposition der Fischarten wurde durch Experten anhand der Überlappung ihrer räumlichen Verteilungen mit diesen Temperaturprojektionen bewertet. Für RCP 4.5 wurde die Exposition bis zum Jahrhundertende im Allgemeinen als gering eingestuft, während unter RCP 8.5 ein moderates Risiko für die meisten Fischarten bestand, insbesondere für kommerziell wichtige Arten wie Dorsch, Hering und Sprotte. Der Dorsch wurde unter diesem Szenario als stark exponiert eingestuft.

Ein weiteres Ziel der Arbeiten der UHH war die Auswahl und Validierung von Indikatoren für die biologische Vielfalt und das Nahrungsnetz. Pandemiebedingte Verzögerungen in der Datenakquise und die geringe Datenqualität erforderten eine Anpassung des Arbeitsplans, einschließlich zusätzlicher Risikoanalysen. Die Zustandsbewertung umfasste die Identifizierung von indikator-spezifischen Referenzpunkten und Schwellenwerten in Druck-Zustands-Beziehungen. Langzeitdaten für abiotische und biotische Parameter wurden gesammelt und mit der Software IEAtools analysiert. Die Analyse zeigte, dass es um 2013 zu einer Veränderung im Gesamtzustand der Fischgemeinschaft kam, mit einem Anstieg der Artenanzahl und mittleren Fischlänge. Weiterhin wurde festgestellt, dass neben Klimafaktoren besonders Sauerstoff- und Nährstoffbedingungen die Fischgemeinschaft beeinflussen. Die mittlere Fischlänge ist am stärksten negativ durch diese Faktoren und die vorhergesagte Erwärmung betroffen.

Für die Risikoanalysen wurde das ECORISK-Framework verwendet, um das Risiko für mehrere Ökosystemkomponenten durch Treiber wie Klimawandel, Nährstoffeintrag und Fischerei zu bewerten. Expertenbewertungen und quantitative Zeitreihendaten wurden kombiniert, um Exposition, Sensitivität und adaptive Kapazität der Zustandsindikatoren zu bewerten. Die Ergebnisse zeigten, dass das Ökosystem durch verschiedene Drücke negativ beeinflusst wird. Besonders betroffen waren die taxonomische Vielfalt des Zooplanktons und die Abundanz von Zoobenthos. Die Modellierungsansätze bestätigten die negativen Einflüsse, wobei eine geringere Unsicherheit bei der Risikobewertung festgestellt wurde.

Im Rahmen des Projekts wurden außerdem Szenarien für die Zukunft der deutschen Fischerei in der Westlichen Ostsee entwickelt. Ursprünglich geplante Methoden erwiesen sich aufgrund des Zusammenbruchs der Bestände von Dorsch und Hering als unzureichend, sodass eine

Transformation des gesamten sozial-ökologischen Systems notwendig wurde. Vier Szenarien, basierend auf dem Einfluss des Klimawandels und der gesellschaftlichen Bedeutung der Fischerei, wurden erstellt. Zwei „positive“ Szenarien zeigten, dass eine nachhaltige Transformation der Fischerei durch Anpassung an neue Zielarten und gesellschaftliche Unterstützung möglich ist. In den „negativen“ Szenarien führt fehlende Unterstützung zu einem Niedergang der Fischerei. Ein zentrales gemeinsames Merkmal ist die Abhängigkeit der Fischerei von der gesellschaftlichen Unterstützung und der Zustand des Ökosystems.

Basierend auf den Szenarien wurde ein konzeptioneller Rahmen für Anpassungsmaßnahmen entwickelt. Diese wurden in übergeordnete Kategorien organisiert, darunter die Entwicklung von ökosystembasierten Managementansätzen, Überprüfung des Allokationsprozesses und Diversifizierung des Lebensunterhalts. Eine flexible Reaktion auf die Folgen des Klimawandels erfordert eine Änderung des Allokationsprozesses und die Förderung umweltfreundlicher Fangmethoden. Eine verstärkte transdisziplinäre Wissenschaft und Zusammenarbeit zwischen Fischereibeteiligten, Öffentlichkeit und Wissenschaft ist entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung der Anpassungsmaßnahmen. Letztendlich unterstreichen die entwickelten Szenarien die Notwendigkeit einer stärkeren Integration der Fischerei in die Gesellschaft und den Erhalt der Resilienz der Fischerei gegenüber ökologischen und sozio-ökonomischen Herausforderungen.

## Teil II – Eingehende Darstellung

### 1. Ausführliche Darstellung der Arbeiten

#### AP 1 Gefährdungsanalyse (TI)

##### Arbeitsaufgabe 1.1 Exposition (UHH)

Marine Fischerei wird zunehmend durch den Klimawandel beeinträchtigt, was die Verteilung und Produktivität der Arten beeinflusst und dringende Anpassungsmaßnahmen erfordert. In AP1 wurde eine erste Gefährdungsanalyse der Fischgemeinschaft für die Westlichen Ostsee basierend auf Expertenwissen durchgeführt (Moll et al. 2024). Das Teilprojekt der UHH war dabei für die Abschätzung der Exposition zuständig. Ursprünglich sollte die Exposition von Fischarten gegenüber klimabedingten Veränderungen in Temperatur, Salzgehalt und Sauerstoff untersucht werden, da diese drei ozeanografischen Faktoren die Fischgemeinschaften der Ostsee stark beeinflussen. Explorative Analysen von ozeanografischen Projektionen mit einem regionalen dreidimensionalen Ozeanzirkulationsmodell zeigten aber keine eindeutigen zukünftigen klimabedingten Trends in Bezug auf Salzgehalt und Sauerstoff. Daher konzentrierten sich die Analysen auf zukünftige klimabedingte Temperaturveränderungen (Oberfläche und Boden; °C).

Als Grundlage für die Expertenbewertung wurden saisonale und jährliche Karten der Exposition basierend auf Temperaturprojektionen gemäß den Szenarien der repräsentativen Konzentrationspfade (RCP) RCP 4.5 und RCP 8.5 entwickelt. Untersucht wurden dabei Unterschiede in den durchschnittlichen Boden- und Oberflächentemperaturen für eine „Mitte des Jahrhunderts“-Periode (MOC, 2040-2049) und eine „Ende des Jahrhunderts“-Periode (EOC, 2080-2089) im Vergleich zu einer Referenzperiode (2010-2019). Für die MOC-Analyse wurde nur RCP 4.5 betrachtet, da sich die Temperaturverläufe beider RCPs erst später im Jahrhundert unterscheiden. Insgesamt wurden 6 Karten der jährlichen Mittelwerte (Abb. 1) und 24 Quartalskarten (die saisonale Veränderungen anzeigen) erstellt ([https://github.com/GuiSPinto/cva\\_baltADAPT](https://github.com/GuiSPinto/cva_baltADAPT)).

Zusätzlich zu den ozeanografischen Daten wurden Verbreitungskarten der Fischarten zum Vergleich mit den Risikofaktorenkarten als Grundlage für die Bewertung der Exposition erstellt. Die Karten basierend auf ICES BITS (Baltic International Trawl Survey) und BIAS (Baltic International Acoustic Survey) sowie dem Baltic Acoustic Sprat Survey (BASS), die alle über DATRAS (<https://datras.ices.dk>) zugänglich sind. Für unsere Studie wurden *Catch-Per-Unit-Effort* (CPUE) Daten von 2010 bis 2019 für BITS und BIAS sowie von 2015 bis 2019 für BASS genutzt. Eine Inverse-Distanzgewichtung (IDW) wurde zur Interpolation der Artenverteilungen entsprechend einem Raster von 0,05° Länge × 0,05° Breite (~3×6 km<sup>2</sup>) angewendet. Jede

Zelle zeigt den Median der jährlichen Werte, die über den gesamten Zeitraum für diese spezifische Zelle aufgezeichnet wurden. Die Verbreitungskarten der Arten sind unter [https://github.com/GuiSPinto/cva\\_baltADAPT](https://github.com/GuiSPinto/cva_baltADAPT) verfügbar.

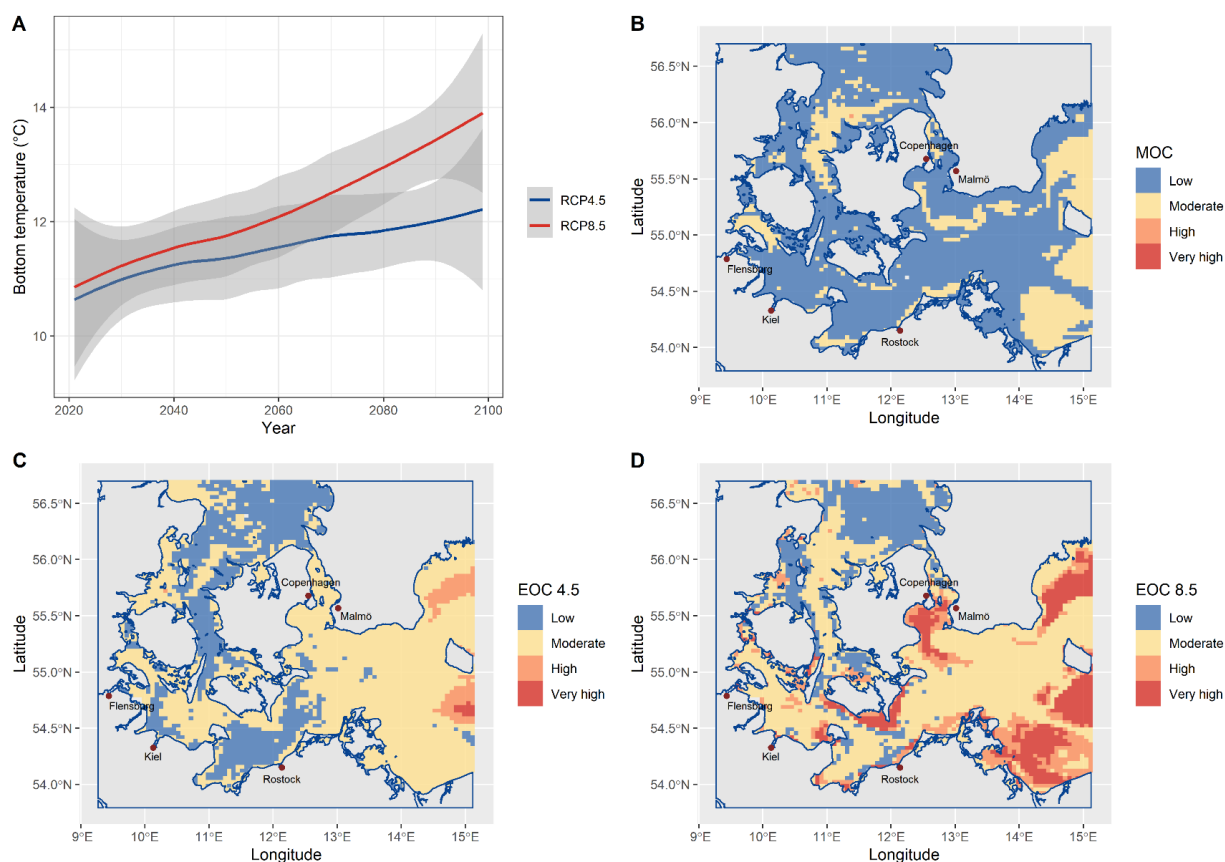


Abbildung 1. Zukünftige Temperaturveränderungen in der Westlichen Ostsee. Beispielkarten, die zukünftige Temperaturänderungen am Meeresboden im Sommer zeigen und zur Bewertung der Exposition der Fischgemeinschaft verwendet wurden. (A) Temperaturprojektionen für die durchschnittliche Bodentemperatur unter den Emissionsszenarien RCP 4.5 und RCP 8.5. (B) Karte der Z-Scores für das „Mitte des Jahrhunderts“ (MOC, 2040-2049) Szenario. (C) Karte der Z-Scores für das „Ende des Jahrhunderts“ (EOC, 2080-2089) Szenario unter RCP 4.5. (D) Karte der Z-Scores für das „Ende des Jahrhunderts“ (EOC, 2080-2089) Szenario unter RCP 8.5. Die Z-Scores in B – D sind in die Kategorien Niedrig, Moderat, Hoch und Sehr Hoch eingeteilt.

Die Exposition gegenüber klimabedingter Erwärmung wurde dann durch Experten basierend auf der Überlappung der individuellen räumlichen Verteilungen von Fischarten mit Temperaturprojektionen gemäß den „Mitte des Jahrhunderts“ (MOC; nur RCP 4.5) und „Ende des Jahrhunderts“ (EOC; RCP 4.5 und 8.5) Szenarien bewertet (Abb. 2). Die Exposition gegenüber der Temperatur unter beiden RCP 4.5-Szenarien (MOC und EOC) wurde im Allgemeinen als gering eingestuft, mit einem leichten Anstieg des durchschnittlichen numerischen Wertes im Laufe des Jahrhunderts (1,2 und 1,5 für MOC bzw. EOC). Die Expositionswerte für EOC steigen unter RCP 8.5 auf überwiegend moderat (durchschnittlicher Wert von 2,2), mit Ausnahme des Dorsches, der als stark exponiert eingestuft wird

(durchschnittlicher Wert von 2,9). Die kommerziell wichtigen Arten Kabeljau, Hering und Sprotte weisen generell die höchsten Expositionswerte auf. Arten wie Kliesche und Meeräsche befinden sich häufig im unteren Expositionsbereich.

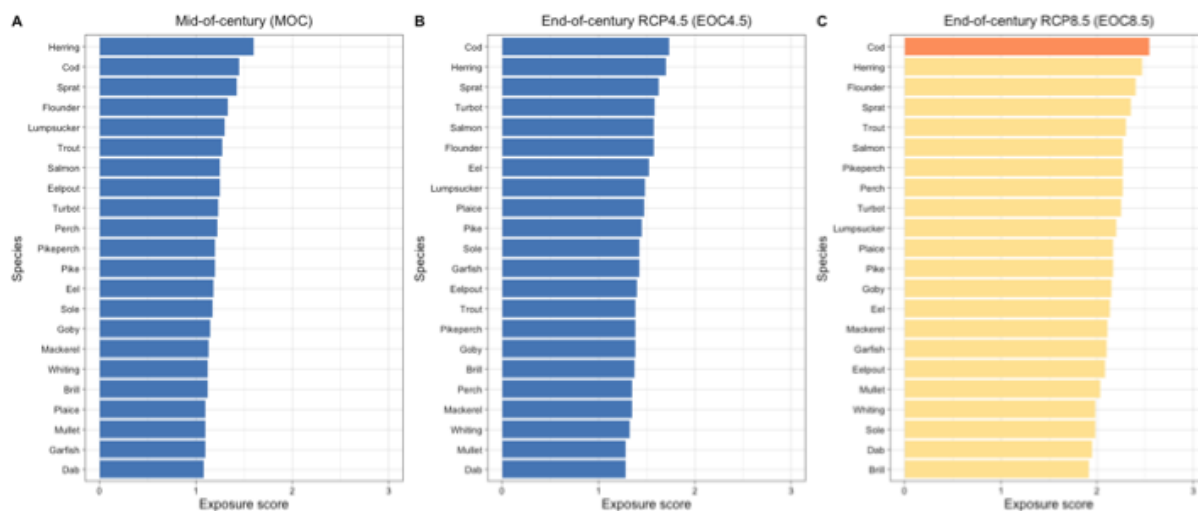


Abbildung 2. Exposition der Fischarten der Westlichen Ostsee gegenüber dem Klimawandel. Expositionswerte für (A) RCP 4.5-Szenario Mitte des Jahrhunderts, (B) RCP 4.5-Szenario Ende des Jahrhunderts und (C) RCP 8.5-Szenario Ende des Jahrhunderts. Die Farben repräsentieren die Expositionswerte gemäß der Logikregel: Orange – hoch, Gelb – moderat, Blau – niedrig.

## AP 2 Bewertung des Ökosystemzustandes

Ziel von Arbeitspaket 2 war die Auswahl und Validierung von Indikatoren für die biologische Vielfalt und das Nahrungsnetz zur Bewertung des Zustandes des Ökosystems der Westlichen Ostsee. Verzögerungen in der Datenaquise (für Arbeitsaufgabe AA 2.1) durch die Pandemie sowie eine ungenügende Datenqualität für die Untersuchung von Wechselwirkungen zwischen Belastungs- und Indikatorvariablen mithilfe von Bayesischen Netzen (Arbeitsaufgabe AA 2.3) erforderte eine Änderung des Arbeitsplans. Dafür wurden zusätzliche Risikoanalysen basierend auf statistischer Modellierung und Expert\*innenwissen zur Beurteilung von Interaktionen (Arbeitsaufgabe AA 2.3) und dem Ökosystemzustand (Arbeitsaufgabe AA 2.4) durchgeführt.

### Arbeitsaufgabe 2.2/2.4 – Belastbarkeit und Grenzwerte/Ökosystemzustand

Für die Zustandsbewertung des Ökosystems in Arbeitsaufgabe 2.4 war eine wichtige Grundlage die Identifikation von indikator-spezifischen Referenzpunkten sowie Grenz- bzw. Schwellenwerten in den Druck-Zustands-Beziehungen. Eine wichtige Grundlage hierfür sind ausreichend lange Zeitserien von Indikatoren, um einen weniger belasteten Ökosystemzustand als Referenz identifizieren zu können und so langzeitliche Veränderungen in der Dynamik der Druck-Zustands-Beziehungen zu analysieren. Basierend

auf den in AA 2.1. entwickelten Indikatorkandidaten wurden Langzeitdaten für die abiotischen (Druckindikatoren) wie biotischen (Zustandsindikatoren) Parameter zusammengetragen und mit der im Rahmen des Projektes entwickelten Software *IEAtools* (<https://gitlab.rz.uni-hamburg.de/saskiaotto/IEAtools>) in Bezug auf Ihre Robustheit und mögliche Referenzpunkte für den Ökosystemzustand, analysiert.

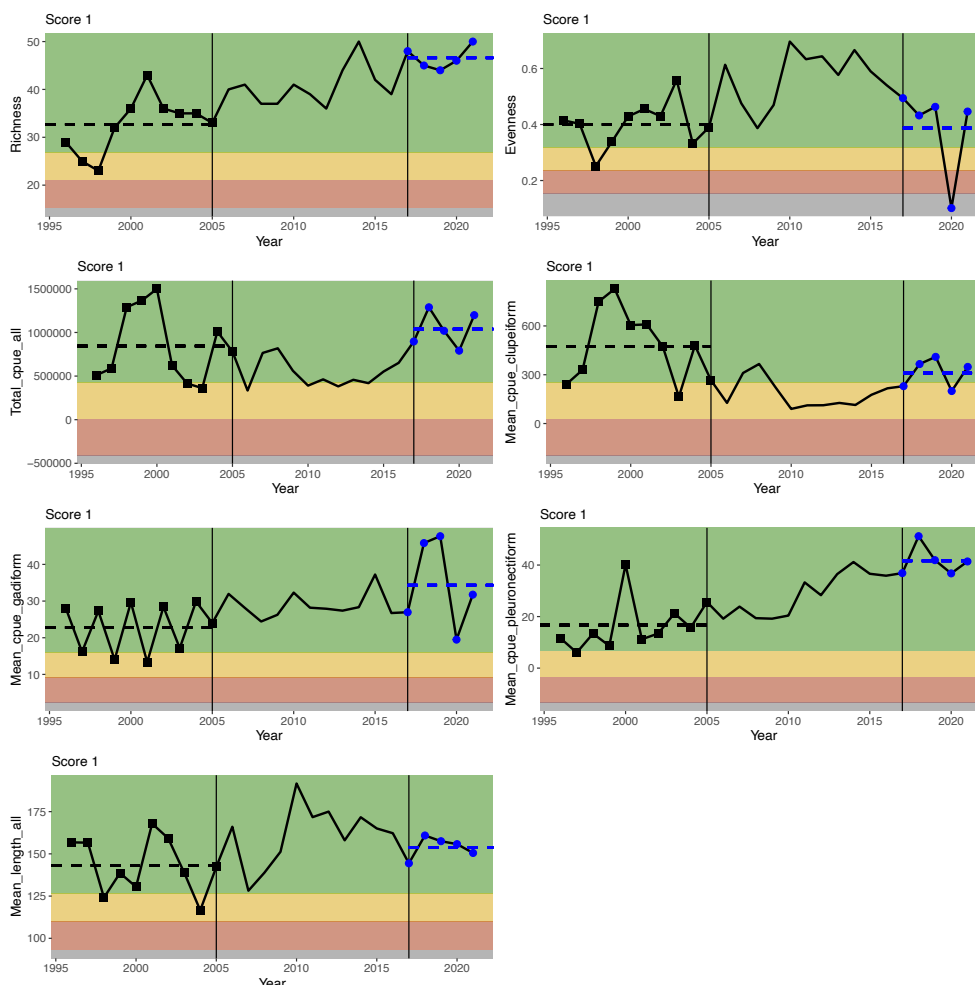


Abbildung 3. Langzeitliche Veränderungen ausgewählter Fischindikatoren mit einer Einstufung des aktuellen Zustands (2017-2021) im Vergleich zur Referenzperiode (1996-2005). Für beide Perioden ist der jeweilige Mittelwert angegeben (gestrichelte Linien). Werte innerhalb des grünen Bereichs liegen im natürlichen Schwankungsbereich ( $\pm 1$  St.Abw.) der Referenzperiode. Der orange Bereich stellt eine Abweichung von mehr als einer Standardabweichung dar, der rote Bereich  $> 2$  Standardabweichungen und der schwarze Bereich  $> 3$  Standardabweichungen.

Die Analyse des Ökosystemzustandes wurde anhand der zusammengetragenen Indikatorzeitserien mithilfe von *IEAtools* in mehreren Arbeitsschritten durchgeführt. In einem ersten Schritt wurden die Zustände einiger ausgewählter Indikatoren mittels univariater statistischer Verfahren ausgewertet und auf kontinuierliche Trends und abrupte Veränderungen untersucht. Dabei wurden die Zustände der letzten Jahre mit den identifizierten Referenzpunkten der Anfangsjahre verglichen. Abb. 3 zeigt beispielhaft einige Indikatoren der Fischgemeinschaft. In einer weiteren Stufe wurde mittels multivariater statistischer Verfahren

auf Synchronität der Dynamiken getestet. Dabei zeigte sich, daß es um 2013 zu einer leicht sprunghaften Veränderung des Gesamtzustands kam. Vor allem die Artenanzahl, die sog. *Pilou Evenness*, die mittlere Fischlänge und die durchschnittliche Fängigkeit der Plattfische (‘Pleuronectiformes’) haben hier stärker zugenommen (Abb. 4).

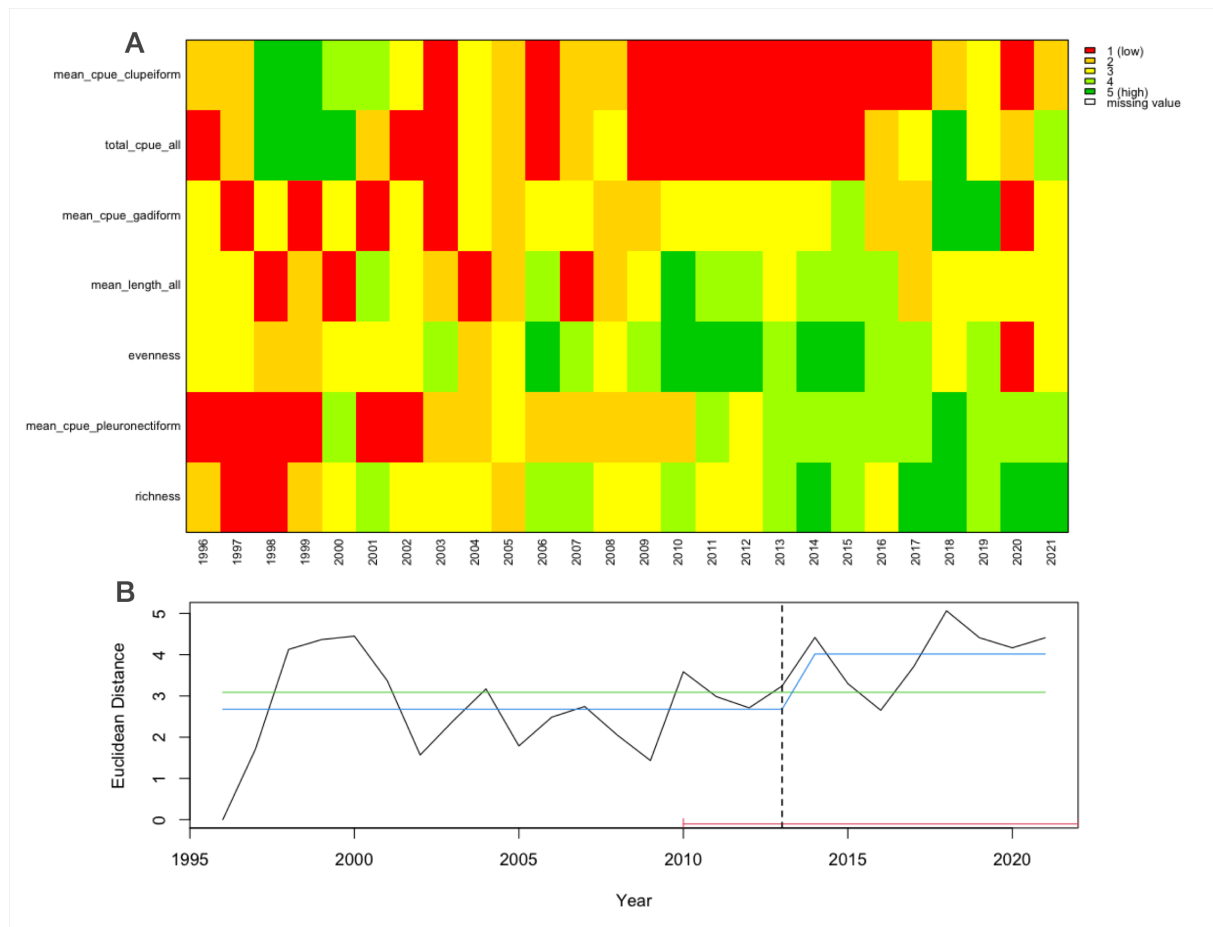


Abbildung 4. Ergebnisse der multivariaten Analyse der Fischindikatoren. A) „Traffic light plot“ mit Jahreswerten der einzelnen Indikatoren eingeteilt in Quintile. B) Langzeitliche Entwicklung der Euklidischen Distanz vom Referenzjahr 1996. Ein sprunghafter Anstieg wurde mittels einer statistischen Breakpoint-Analyse um 2013 identifiziert.

Die Analyse zur Robustheit der Fischindikatoren und möglicher Druck-Zustands-Beziehungen zeigte zudem, daß neben den Klimafaktoren besonders die Sauerstoff- und Nährstoffbedingungen als Anzeiger des Eutrophierungszustands einen Einfluss auf die Fischgemeinschaft haben (Abb. 5). Gerade bei den Indikatoren, die in den letzten Jahren zugenommen haben, konnte ein statistischer Effekt der Sauerstoffkonzentration nachgewiesen werden. Am stärksten negativ beeinflusst und somit auch von den vorhergesagten Temperaturerhöhungen möglicherweise betroffen ist die mittlere Fischlänge.

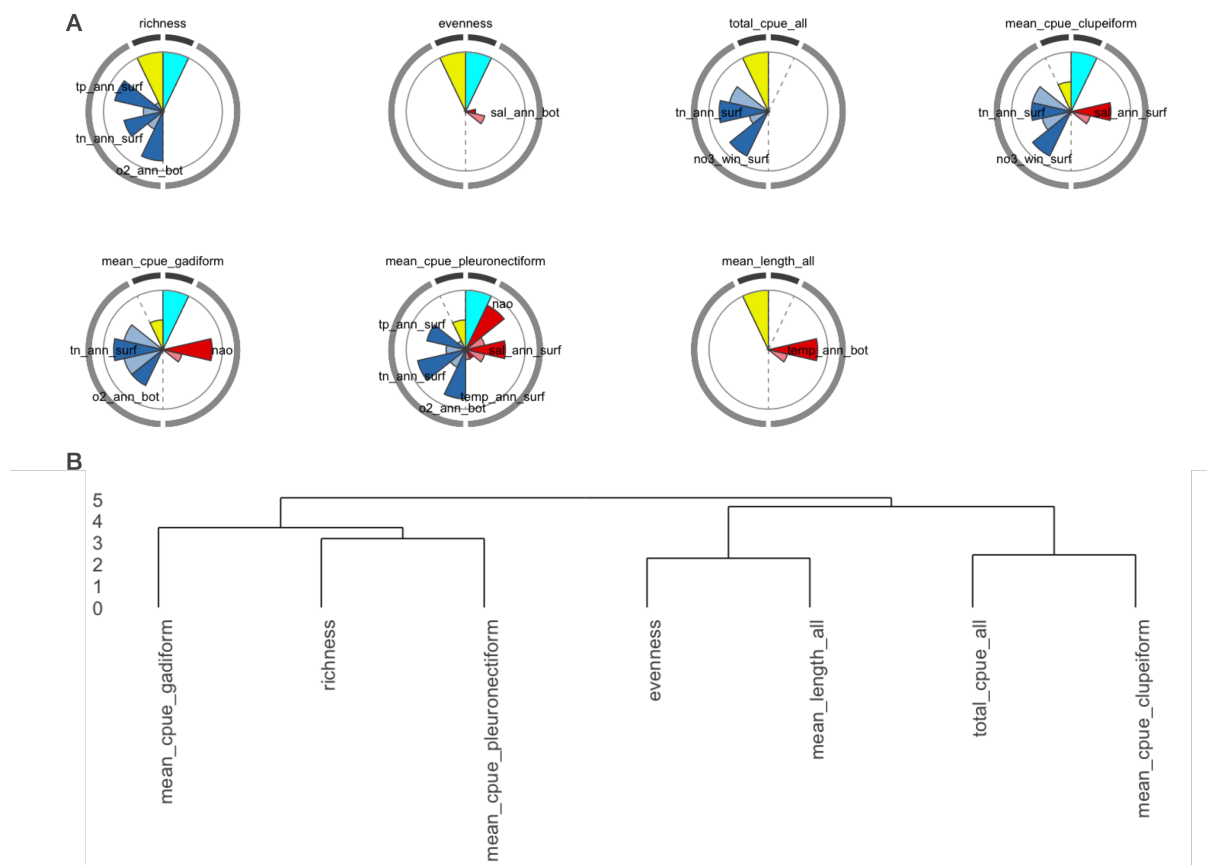


Abbildung 5. „Performance“-Analyse der Fischindikatoren. A) Spiecharts zur Darstellung der Einstufung der Indikatoren nach den vorgegebenen Kriterien (türkis: Trend vorhanden; gelb: Sensitivität gegenüber nur einer Druckart; rot: Sensitivität (opaque) und Robustheit (leicht transparent) hinsichtlich klimarelevanter Faktoren wie der durchschnittlichen Jahreswerte der Temperatur und Salinität am Boden (temp\_ann\_bot, sal\_ann\_bot) und an der Oberfläche (temp\_ann\_surf, sal\_ann\_surf), sowie des NAO-Indexes; blau: Sensitivität (opaque) und Robustheit (leicht transparent) hinsichtlich Eutrophierungsindikatoren (jährliche Gesamtkonzentration von Stickstoff und Phosphor in den obersten 10m (tp\_ann\_surf, tn\_ann\_surf), die Winterkonzentration von gelöstem inorganischem Phosphat und Nitrat in 0-10 m Wassertiefe (po4\_win\_surf, no3\_win\_surf), sowie die jährliche Sauerstoffkonzentration am Boden (o2\_ann\_bot). B) Dendrogramm der Clusteranalyse basierend auf den „Performance-Punkten“.

### Arbeitsaufgabe 2.3/2.4 – Interaktionen/Ökosystemzustand

Für die Risikoanalysen wurde ECORISK angewendet, ein modulares Framework, das zur Unterstützung von Risikoabschätzungen für Ökosysteme auf unterschiedlichen Daten- und Komplexitätsebenen entwickelt wurde (Gutte et al. in Vorbereitung). Der Ansatz kann entweder semi-quantitatives Expertenwissen oder quantitative Zeitreihendaten nutzen, um das Risiko und die damit verbundene Unsicherheit mehrerer Ökosystemkomponenten aufgrund mehrerer Treiber zu bewerten. Die Anwendung des Ecorisk-Frameworks wird durch ein Open-Source-R-Paket erleichtert (<https://github.com/HeleneGutte/ecorisk>). ECORISK wurde auf die ICES Subdivision 22 (Belt Sea) angewendet, einer Übergangszone zwischen dem salzhaltigen Skagerrak/Kattegat und der weniger salzhaltigen Zentralen Ostsee. Um das Risiko der Belt Sea zu untersuchen, wurden Druck- und Zustandsindikatoren ausgewählt, die

das Ökosystem der Westlichen Ostsee sowie die drei Haupttreiber – Klimawandel, anthropogener Nährstoffeintrag und Fischerei – repräsentieren. Die Zustandsindikatoren spiegeln vier taxonomische Gruppen wider: Phytoplankton, Zoobenthos, Zooplankton und Fische. ECORISK ermöglicht sowohl ein semi-quantitatives Expertenscoring als auch einen quantitativen Ansatz basierend auf Zeitreihen. Beide Ansätze wurden hier verwendet, um Ergebnisse zu vergleichen und potenzielle Wissens- und Forschungslücken zu identifizieren. Zunächst wurden Exposition und Sensitivität der Zustandsindikatoren bewertet. Im Expertenansatz wurde zudem die adaptive Kapazität der Zustandsindikatoren ermittelt. Diese Werte wurden dann zur Vulnerabilität kombiniert und mit dem aktuellen Status des Indikators verknüpft, um die endgültigen Risikowerte abzuleiten.

Hier werden die Hauptergebnisse der Risikoabschätzung zusammengefasst. Eine detaillierte Beschreibung befindet sich im Abschlussbericht von balt\_ADAPT.

#### Bewertungsansatz

Exposition, Sensitivität und adaptive Kapazität wurden durch Expertenbewertung für jede Kombination von Indikator und Druck bestimmt. Die Exposition wurde für die Druckindikatoren anhand von vier Kriterien bewertet: Größe der Veränderung, Frequenz der Veränderung, zukünftiger Trend und räumlicher Maßstab. Alle vier Kriterien wurden auf einer Skala von 1 (geringer Effekt) bis 5 (starker Effekt) bewertet. Die Sensitivität wurde ebenfalls auf einer Skala von 1 bis 5 bewertet, wobei positive Werte für positive Effekte und negative Werte für negative Effekte vergeben wurden. Schließlich bewerteten die Experten die adaptive Kapazität als -1 (keine), 0 (mittlere) oder 1 (gute Kapazität).

#### Modellierungsansatz

Der Modellierungsansatz von ECORISK bewertet Zeitreihendaten von Indikator- und Druckvariablen. Die Exposition wurde anhand der Größe der Veränderung im Vergleich zu einem Referenzwert, der Frequenz der Veränderung und dem zukünftigen Trend bewertet. Die Sensitivität wird durch ein generalisiertes additives Modell (GAM) bestimmt, wobei nicht signifikante Beziehungen kein Risiko anzeigen. Die Unsicherheit wird anhand des 95%-Konfidenzintervalls und der Vorhersagbarkeit bewertet.

#### Bestimmung des aktuellen Status und Risikoberechnung

Der aktuelle Status der Indikatoren wird mit den Referenzbedingungen verglichen. Ein guter Status wird angenommen, wenn der Mittelwert der aktuellen Bedingungen über einem festgelegten Schwellenwert liegt. Der aktuelle Status wird mit den Vulnerabilitätswerten kombiniert, um die endgültigen Risikowerte abzuleiten.

### Sensitivitätsanalyse kritischer Entscheidungen

Die Ergebnisse der Risikoabschätzung hängen von kritischen Entscheidungen ab, wie der Berücksichtigung direkter und indirekter Effekte. Ein Entscheidungsbaum hilft, diese Entscheidungen zu visualisieren. Es hat sich gezeigt, dass die Anzahl der Vermittler zwischen Druck- und Zustandsindikatoren begrenzt werden sollte, um die Unsicherheit zu reduzieren.

### Ergebnisse

Die Bewertung mit nur direkten Effekten zeigt, dass das System negativ betroffen ist (Ökosystemrisiko = -1,53). Die Berücksichtigung direkter und indirekter Effekte führt zu einem ausgewogeneren Ergebnis. Die Bewertung mit nur indirekten Effekten zeigt eine verringerte Unsicherheit und einen ähnlichen Gesamtrisikowert (-0,35).

### Expertenscore-Ergebnisse

Der Ökosystemrisikowert (-3,84) zeigt, dass das System negativ von den bewerteten Drücken betroffen ist. Die am stärksten betroffenen Indikatoren sind die taxonomische Vielfalt des Zooplanktons und die Abundanz von Zoobenthos. Um die einflussreichsten Drücke zu identifizieren, wurde die Summe der negativen Effekte berechnet und mit der Anzahl der betroffenen Indikatoren kombiniert.

### Modellierungsansatz Ergebnisse

Im Modellierungsansatz wurden weniger signifikante Beziehungen identifiziert, jedoch bleibt der Ökosystemrisikowert ähnlich. Die Unsicherheit der modellierten Ergebnisse ist geringer, mit nur 21 % hohen Unsicherheitskombinationen.

## **AP 4 Narrative der Anpassung an den Klimawandel (CAU)**

### Arbeitsaufgabe 4.3 Anpassungspfade (UHH)

Als Grundlage für eine nachhaltige und langfristige Politikplanung sollten in balt\_ADAPT Narrative über mögliche dynamische Anpassungspfade erstellt werden. Während des Projektes stellte sich raus, daß die ursprünglich geplante Methode der *Dynamic Adaptation Policy Pathways* (Hassnoot et al. 2013) für den Fall der Fischerei in der Westlichen Ostsee nicht anwendbar waren. Durch den Kollaps der beiden Zielarten Dorsch und Hering während des Projektes ist nicht nur eine Anpassung der Fischerei an den Klimawandel notwendig, sondern zusätzlich eine Transformation des gesamten sozial-ökologischen Systems. Deswegen wurde in AP4 ein sogenanntes *Scenario Planning* durchgeführt (Möllmann et al. in Vorbereitung). Szenarien bezeichnen in diesem Kontext eine Reihe von Narrativen, die

verschiedene alternative Zukünfte beschreiben und iterativ auf der Grundlage der Unsicherheiten des Kontexts erstellt werden. Ziel ist es, das Bewusstsein für mögliche Zukünfte zu schärfen und Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln (Cordova-Pozo & Rouwette, 2023). Die entwickelten Szenarien beinhalten implizit Anpassungspfade, die dann durch die Anpassungsmaßnahmen dargestellt werden.

Im *Scenario Planning* im Rahmen von *balt\_ADAPT* wurden im Zusammenarbeit mit den Projektpartnern (aber hauptsächlich mit der CAU; siehe Abschlußbericht *balt\_ADAPT*) Szenarien für die Zukunft der deutschen Fischerei in der Westlichen Ostsee entwickelt. Anschliessend wurde basierend auf den Szenarien eine Anpassungsstrategie für die Fischerei entwickelt. Zu Beginn der Analyse wurde basierend auf den Projektergebnissen in den APs 1 – 3 eine Szenariomatrix entsprechend der zentralen Fragestellung (Wie könnte die Zukunft der Fischerei in der Westlichen Ostsee durch den Klimawandel und die gesellschaftliche Bedeutung beeinflusst werden) aufgestellt (Abb. 6)? Der Klimawandel wurde dabei als bestimmender Faktor für die Grösse und die Zusammensetzung der zukünftig verfügbaren Fischereiresourcen angesehen. Ein geringer Einfluss auf dieser Achse setzt voraus, dass es keine weiteren negativen Auswirkungen des Klimawandels auf die derzeit zusammengebrochenen Dorsch- und Heringsbestände gibt und keine signifikanten Veränderungen in der Struktur der Fischgemeinschaft aufgrund von artspezifischen räumlichen Verteilungen und Produktivitätsänderungen. Umgekehrt wird ein hoher Einfluss des Klimawandels erwartet, der die Erholung von Dorsch und Hering verhindert und zu einer vollständigen Umstrukturierung der Fischgemeinschaft führt, wobei eine neue Artzusammensetzung besser an die wärmere Ostsee angepasst ist. Die zweite Achse unserer Szenariomatrix repräsentiert die gesellschaftliche Bedeutung der Fischerei und spiegelt die Unsicherheit darüber wider, ob die lokale Bevölkerung, politische Vertreter und Touristen den Bestand der Küstenfischerei schätzen und bereit sind, deren Transformation zu unterstützen. Eine geringe Bedeutung auf dieser Achse setzt Gleichgültigkeit gegenüber der Existenz der lokalen Küstenfischerei und ihrer Dienstleistungen wie Nahrungsmittelversorgung und kulturelles Erbe voraus. Hohe Bedeutung hingegen spiegelt die gesellschaftliche Anerkennung der Fischerei als integralen Bestandteil der Küstenkultur und des Tourismus wider, was möglicherweise zu finanzieller Unterstützung für Infrastruktur, Bildung und Initiativen zur Diversifizierung des Lebensunterhalts führt.

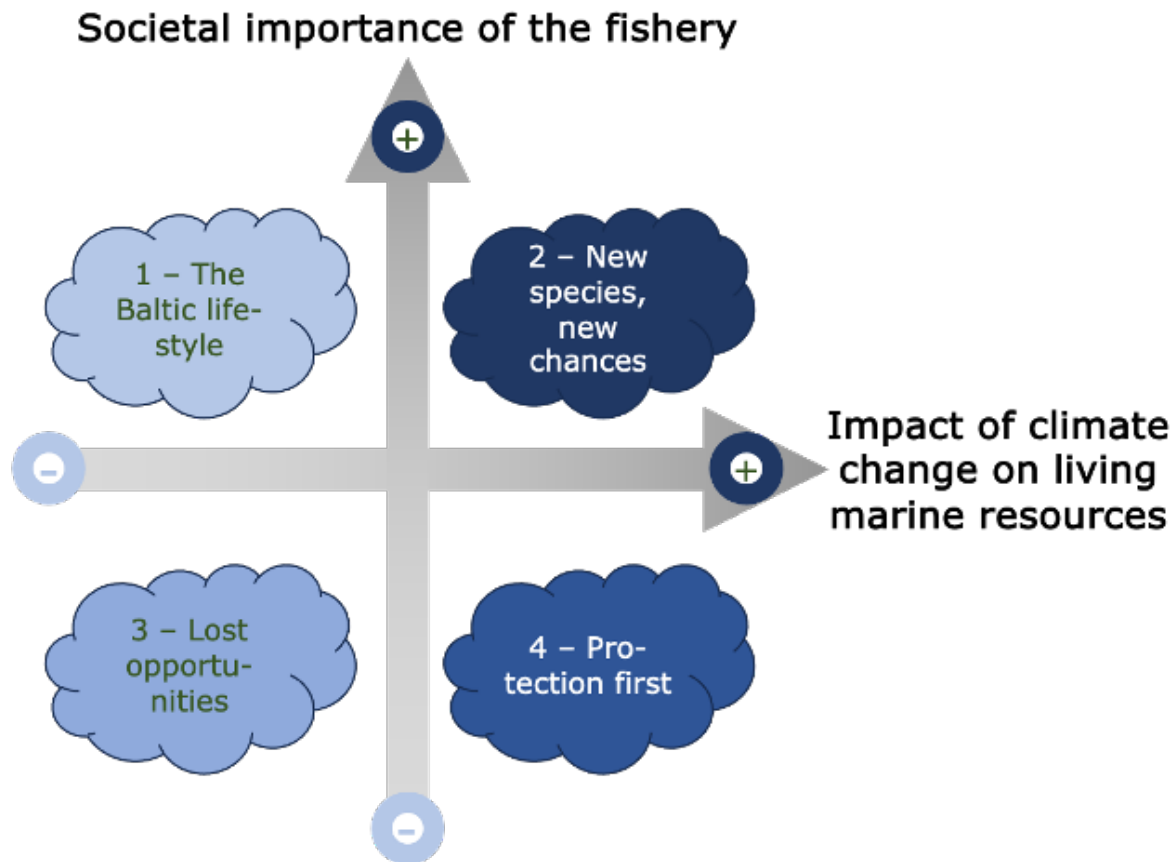


Abbildung 6. Matrix der kritischen Unsicherheiten für die Szenarioplanungsübung für das sozial-ökologische System der Fischerei in der westlichen Ostsee. Szenariotitel wurden aus der Szenariobeschreibung (siehe Ergebnisse) abgeleitet.

Mithilfe der Szenariomatrix wurden vier Szenarien in narrativer Form entwickelt (siehe Szenarioboxen im Abschlußbericht balt\_ADAPT). Der Kontrast zwischen zwei „positiven“ (Szenarien 1 und 2) und zwei „negativen“ Szenarien (Szenarien 3 und 4) deutet darauf hin, dass der Erfolg einer Nachhaltigkeitstransformation der Fischerei in der Westlichen Ostsee wahrscheinlich von der Bereitschaft der Fischerei abhängt, mit den unsicheren Auswirkungen des Klimawandels auf ihre Ressourcenbasis umzugehen. In den Szenarien 1 und 2 verlassen sich die Kleinfischereien entweder auf traditionelle Ziele wie Kabeljau und Hering oder auf neue Zielarten, die infolge der fortschreitenden Erwärmung entstehen und zusätzliche thermische Nischen für Arten schaffen, die die Ostsee besiedeln. Eine Voraussetzung für die dafür ist die Entwicklung eines Ökosystem-basierten Fischereimanagements (EBFM), das zuverlässige Bewertungen, Prognosen und Projektionen über den Zustand und die zukünftige Entwicklung der lokalen Fischgemeinschaft liefert. Eine weitere Voraussetzung für die nachhaltige Bereitstellung von Fischbeständen in beiden Szenarien ist eine gesunde Umwelt,

die durch die Einhaltung des „Guten Umweltzustands“ (GES) der EU-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSFD) erreicht wird.

Das *Scenario Planning* zeigte zudem, dass die Entwicklung der beiden positiven Szenarien wahrscheinlich nicht ohne gesellschaftliche Unterstützung stattfinden würde. In den Szenarien 1 und 2 wird die Fischerei von der Gesellschaft vor allem für ihren wirtschaftlichen Beitrag, insbesondere zur Anziehung von Touristen, aber auch für ihre kulturelle Bedeutung als integraler Bestandteil der Küstenidentität Norddeutschlands geschätzt. Die lokalen Gemeinschaften streben danach, eine lebendige Fischerei zu erhalten, um Touristen aus ganz Deutschland und darüber hinaus anzuziehen. Es wird angenommen, dass die Regierungen in den norddeutschen Bundesländern die Fischerei durch Investitionen in die Infrastruktur (Fischereihäfen, Kühlung, Verarbeitung und Verkaufsanlagen) und die Mobilisierung von Subventionen unterstützen, um den Fischern ein ausreichendes Einkommen zu sichern. Im Gegensatz dazu ist eine solche Unterstützung in den Szenarien 3 und 4 nicht vorhanden, was zum Niedergang der Fischerei führt, unabhängig von der Art und dem Ausmaß der aufgrund der klimatischen Bedingungen verfügbaren Ressourcen. Im Szenario 3 verschwindet die Fischerei im Wesentlichen und verpasst die Gelegenheit, eine nachhaltige Fischerei auf der Grundlage sich erholender Kabeljau- und Heringsbestände zu entwickeln. Im Szenario 4 berücksichtigt ein gesellschaftlicher Fokus auf Umweltschutz nicht die mögliche Nutzung neuer Fischereiresourcen, die durch eine Erwärmung der Ostsee verfügbar werden.

Ein zentrales gemeinsames Merkmal der entwickelten Szenarien ist die Abhängigkeit der gesellschaftlichen Unterstützung vom Zustand der Fischbestände und des Ostsee-Ökosystems. In den Szenarien 1 und 2 ist die positive Entwicklung des SES das Ergebnis des gesellschaftlichen Drucks, das Ostsee-Ökosystem in einen gesunden Zustand zu versetzen und ökosystembasierte Fischereien (EBFM) zu entwickeln, die ein nachhaltiges Management der lokalen Fischbestände ermöglichen. Darüber hinaus würde die gesellschaftliche Unterstützung erfordern, dass die Fischerei umweltfreundlich ist und dass die Fischereitätigkeiten in eine Raumplanung integriert werden, die sowohl den Bedarf an Umweltschutz (z. B. die Einrichtung von Meeresschutzgebieten, MPAs) als auch an erneuerbarer Energieerzeugung gleichermaßen berücksichtigt. Im Gegensatz dazu wird in den Szenarien 3 und 4 die gesellschaftliche Unterstützung der Fischerei durch den Druck für Umweltschutz und alternative Energieerzeugung überlagert.

Hier ist die Übersetzung:

Das *Scenario Planning* identifizierte vier Szenarien entlang zwei Hauptachsen, die die Unsicherheit über die zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels auf das Ökosystem und das Ausmaß der gesellschaftlichen Unterstützung für die Fischerei darstellen. Basierend auf den Szenarien wurde ein konzeptioneller Rahmen für Anpassungsmaßnahmen entwickelt, um

diese Unsicherheiten zu verringern. Die entsprechenden Maßnahmen sind entlang eines Kontinuums von zwei Zielen organisiert, die die Unsicherheiten adressieren: *Climate preparedness* und *Societal embedding* (Abb. 7). Die Anpassungsmaßnahmen sind in übergeordnete Kategorien (grüne Kästen) gruppiert, die durch detailliertere Begriffe (blaue Kästen) weiter spezifiziert oder veranschaulicht werden. Vier übergeordnete Gruppen von Maßnahmen wurden identifiziert: (i) die Entwicklung von ökosystembasierten (Fischerei-) Managementansätzen (EBFM), (ii) eine Überprüfung des Allokationsprozesses, (iii) Maßnahmen zur Diversifizierung des Lebensunterhalts und (iv) die Notwendigkeit von mehr transdisziplinärer Wissenschaft.

Das Ziel der *Climate preparedness* konzentriert sich darauf, wie gut Anpassungsmaßnahmen die Fischerei darauf vorbereiten, mit den Auswirkungen des Klimawandels auf die Ressourcenverfügbarkeit im Ökosystem der Westlichen Ostsee umzugehen und sich daran anzupassen. Maßnahmen, die mit diesem Ziel in Verbindung stehen, bereiten die Fischerei darauf vor, von einer breiten Palette potenzieller Konfigurationen der lokalen Fischgemeinschaft zu profitieren, die sich aus dem Klimawandel ergeben könnten. Eine wichtige Voraussetzung für die Erreichung dieses Ziels ist ein sektorenbasierter EBFM-Ansatz, der eine Verschiebung von vollständigen analytischen Bestandsbewertungen einiger weniger traditioneller Fischereiziele (hauptsächlich Dorsch und Hering in der Westlichen Ostsee) hin zu einer breiteren, zukunftsorientierten Gemeinschaftsbewertung unter Verwendung datenbegrenzter Ansätze beinhaltet. Darüber hinaus sollten Umwelt- und Nahrungsnetz-Effekte berücksichtigt werden, was darauf hindeutet, dass das Fischereimanagement und die Ökosystembewertungen in einen ökosystembasierten Managementansatz (EBM) integriert werden sollten. Der EBM-Ansatz trägt auf natürliche Weise zu maritimen Raumplanungsbemühungen bei, die darauf abzielen, den Umweltschutz, die Produktion erneuerbarer Energien und den maritimen Raum für Fischereitätigkeiten in Einklang zu bringen.

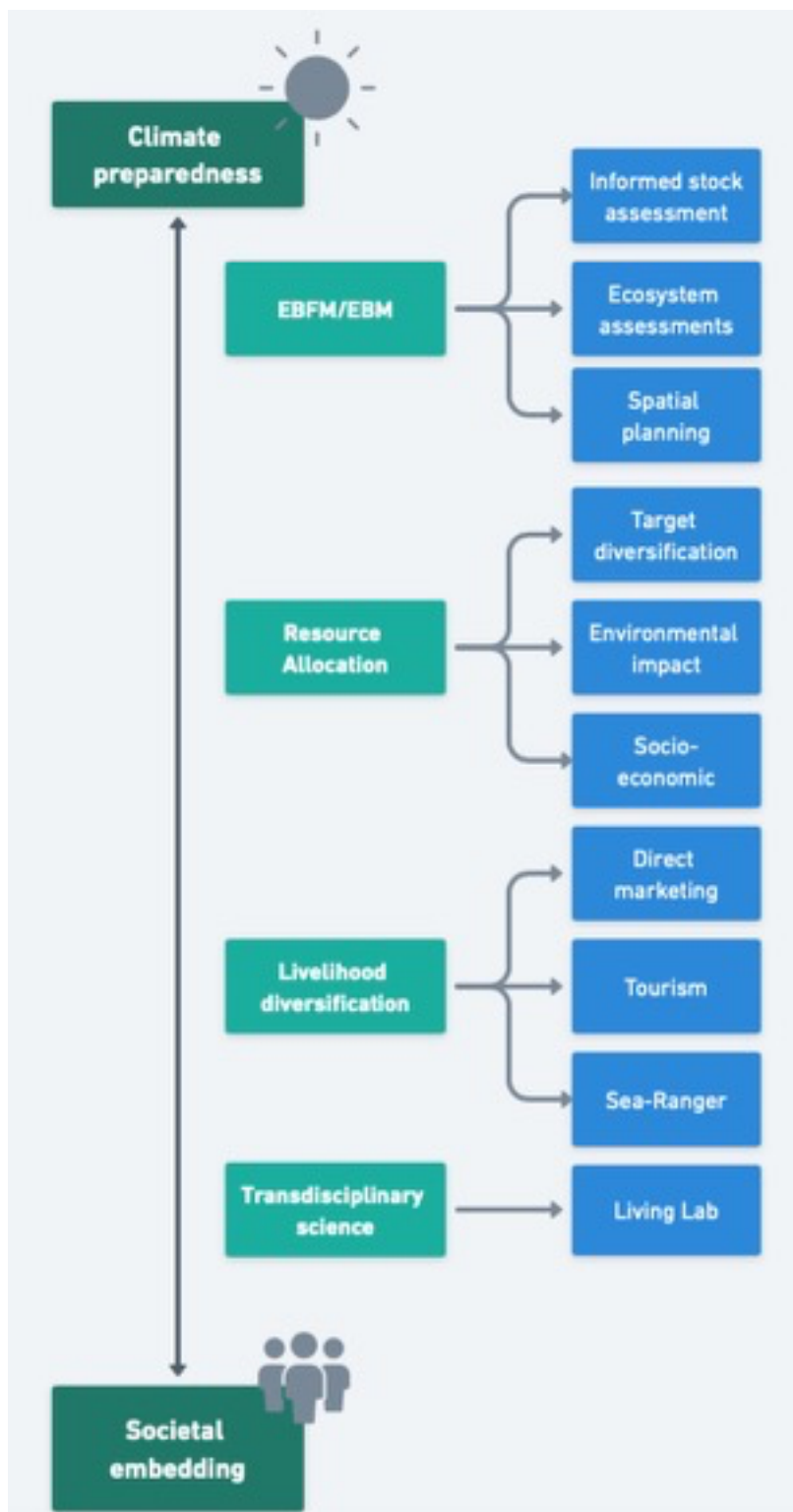


Abbildung 7. Strategie für eine nachhaltige Transformation der Fischerei in der Westlichen Ostsee. Die Anpassungsmaßnahmen sind entlang eines Kontinuums zwischen den beiden Zielen *Climate preparednes* und *Societal embedding* angeordnet (die Anordnung ist subjektiv und basiert nicht auf einer numerischen Bewertung). Grüne Kästen repräsentieren übergeordnete Gruppen von Maßnahmen, die durch Begriffe in blauen Kästen spezifiziert werden. EBFM – Ökosystembasiertes Fischereimanagement, EBM – Ökosystembasiertes Management.

Eine zentrale Maßnahme zur Unterstützung einer flexiblen Reaktion der Fischerei auf die Folgen des Klimawandels ist eine Überprüfung des lokalen Allokationsprozesses, d. h. die Verteilung der deutschen Gesamtfangmengen (Quoten) an einzelne Fischer oder Fischereiunternehmen. Dieser neuartige Zuweisungsprozess sollte Fischer priorisieren, die flexibel auf mehrere Arten abzielen und so die wirtschaftliche Tragfähigkeit aufrechterhalten können. Gleichzeitig sollte umweltfreundliches Fanggerät, das negative Auswirkungen auf das Ökosystem minimiert, unterstützt werden. Eine solch verantwortungsvolle Fischerei würde auch zu einem positiven öffentlichen Ansehen beitragen und somit die gesellschaftliche Einbettung verbessern.

Eine erhöhte sozioökonomische Resilienz gegenüber unsicheren Umweltveränderungen und damit eine verbesserte Klimavorbereitung kann durch die Diversifizierung des Lebensunterhalts innerhalb der Fischergemeinschaften erreicht werden. Diversifizierungsbemühungen sind bereits im Gange, einschließlich des Direktverkaufs an Restaurants oder Verbraucher und der verstärkten Einbindung von Fischern in touristische Aktivitäten wie Freizeitkreuzfahrten oder Hochzeiten auf See. Darüber hinaus werden derzeit Programme entwickelt, um Fischer darin zu schulen, öffentliche Bildungsarbeit über Meeresökosysteme und Fischerei zu leisten — alle Maßnahmen zielen darauf ab, die gesellschaftliche Einbettung der Fischerei zu verbessern.

Schließlich erfordert die oben skizzierte adaptive Strategie verstärkte transdisziplinäre wissenschaftliche Bemühungen, wie zum Beispiel die Entwicklung eines Living-Lab-Ansatzes. Alle Anpassungsmaßnahmen müssen in Zusammenarbeit zwischen Fischereibeteiligten, der Öffentlichkeit und der Wissenschaft entwickelt werden. Ein solcher kooperativer Entwicklungsansatz wird die Effektivität der Maßnahmen sicherstellen und Vertrauen unter den Partnern aufbauen, was letztendlich zu einer besseren gesellschaftlichen Einbettung der Fischerei führt.

Insgesamt konnte durch das *Scenario Planning* durch die Einbindung von Experten in einen kollaborativen Prozess zentrale Einflussfaktoren und Unsicherheiten identifiziert, Szenarien gemeinsam entwickelt und ihre Kohärenz und interne Konsistenz getestet werden. Die Szenarien unterstreichen die entscheidende Bedeutung von Flexibilität im Umgang mit der zukünftigen Ressourcenverfügbarkeit und die Notwendigkeit einer stärkeren gesellschaftlichen Integration der Fischerei. Letztendlich konnte so ein strategischer Rahmen für die nachhaltige Transformation der Fischerei Westlichen Ostsee entwickelt werden, um die Resilienz der Fischerei angesichts der anhaltenden ökologischen und sozioökonomischen Herausforderungen zu gewährleisten.

## AP 5 Projektmanagement, Partizipation & Verwertung

### Arbeitsaufgabe 5.1 Projektmanagement

Die Vernetzung und integrative Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern durch regelmäßige persönliche und online Treffen sichergestellt. Das Projektmanagement wurde wie geplant durch ein *Internal Steering Board* (ISB) unterstützt. Zudem fand ein regelmäßiger Austausch (telefonisch oder online) mit Personen des *Project Advisory Boards* (PAB) statt.

### Arbeitsaufgabe 5.3 Verwertung (UHH)

Die UHH stellte die Verwertung der Projektergebnisse durch die Nutzung diverser Kanäle sicher:

- Twitter-Präsenz gewährleistet durch den Account von der Küstenforschung Nordsee-Ostsee (KüNO): @KueNO\_DE
- Webseite [www.baltadapt.de](http://www.baltadapt.de)
- ResearchGate-Profil

Zudem nutzten die Partner-Institute diverse interne und externe Plattformen (Institutsseminare, Medien, Fachjournale, Konferenzen etc.) um die Projektergebnisse einem möglichst breiten und großen Publikum zugänglich zu machen.

## 2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Positionen	Summe
0812 (Beschäftigte E12-E15)	355.224,75 €
0817 (Beschäftigte E1-E11)	-
0822 (sonst.Beschäf.-Entgelte)	5.631,70 €
0831 (Gegenstände bis 410 €)	
0834 (Mieten u. Rechnerkosten)	
0835 (Vergabe von Aufträgen)	-
0843 (Sonst. allg.Verw.-Ausg.)	58,74 €
0846 (Dienstreisen)	7.198,18 €
0850 (Gegenstände über 400 €)	-
<b>Summe:</b>	<b>368.113,37 €</b>

## 3. Notwendigkeit und Angemessenheit der Projektarbeiten

Alle durchgeführten Arbeiten waren notwendig und angemessen um die Ziele des Teilprojektes und die Gesamtziele von balt\_ADAPT zu erreichen

## 4. Verwertbarkeit der Ergebnisse

Projekttitel:

balt\_ADAPT: Teilprojekt 1 - Ökosystemzustandsbewertung für die Anpassung der Küstenfischerei an den Klimawandel

Einrichtung:	Universität Hamburg
Projektleitung:	Prof. Dr. Christian Möllmann

1. Wirtschaftliche Verwertung aus Sicht der Einrichtung und ggf. aus Sicht Dritter		
Lfd. Nr.	Konkrete Verwertung	Zeithorizont
1	Die Ergebnisse von balt_ADAPT dienen keiner direkten, eher einer <b>indirekten wirtschaftlichen Verwertung</b> . Die von balt_ADAPT entwickelnden wissenschaftlichen Produkte haben einen potentiellen Nutzen für verschiedene Anwendergruppen. Die von balt_ADAPT geschaffenen Instrumente (z.B. Gefährdungsanalysen, Indikatoranalysen, Szenarien für eine nachhaltige Fischerei) erlauben eine bessere Bewertung von Fischbeständen und des Zustandes von Ökosystemen, insbesondere in der Westlichen Ostsee. Diese Instrumente können direkt im Rahmen von wissenschaftlichen Gremien (z.B. ICES; HELCOM; AGs zur Implementierung der MSRL) zu einer besseren Beratung nationaler und internationaler Behörden im Fischerei- und Umweltmanagement genutzt werden.	nach Projektende
2	Desweiteren war das Hauptziel von balt_ADAPT die Anpassung der Fischerei in der Westlichen Ostsee an den Klimawandel zu unterstützen und dafür lokalen, nationalen und internationalen Behörden Hilfestellungen zu liefern. Die von balt_ADAPT erzeugten Instrumente (insbesondere die Gefährdungsanalyse und die Szenarien für eine nachhaltige Fischerei) tragen zur Sicherung vorhandener und Schaffung neuer Arbeitsplätze an der deutschen Küste bei und führen zur Verbesserung der Wettbewerbssituation der Küstenfischerei in der Westlichen Ostsee.	~ 10 Jahre
3	Die Arbeit von balt_ADAPT war ausserdem explizit darauf ausgerichtet Nachhaltigkeit zu fördern und hier insbesondere Nachhaltigkeit im wirtschaftlichen Überleben der Fischerei aber auch der ihr angeschlossenen Sektoren wie dem Tourismus. So kann im weiteren möglicherweise eine Verbesserung der Lebensbedingungen verschiedener Zielgruppen (z.B. der Fischerfamilien, Gastronomie) an der deutschen Küsten erreicht werden.	~ 10 Jahre

2. Wissenschaftlich-technische Verwertung aus Sicht der Einrichtung und ggf. aus Sicht Dritter		
Lfd. Nr.	Konkrete Verwertung	Zeithorizont
4	Wissenschaftliche Ergebnisse von balt_ADAPT wurden und werden weiterhin in internationalen, referierten Zeitschriften veröffentlicht	während und bis zu 2 Jahre nach dem Projekt

5	<p>In balt_ADAPT zu entwickelnde wissenschaftliche Instrumente wie die Gefährdungsanalyse (AP1) Ökosystemindikatoren (AP2), Fischerei- und Nahrungsnetzmodelle (AP3) können direkt im Bestandsassessment für Dorsch und Hering durch den Internationalen Rat für Meeresforschung (ICES) im Rahmen der "Baltic Fisheries Assessment Working Group" (WGBFAS) eingesetzt werden. Desweiteren wurde aus dem Projekt heraus die neue ICES Arbeitsgruppe WGECOBAL (Working Group on Ecosystem-Based Fisheries Management of the Western Baltic Sea) gegründet, mit dem Ziel einer besseren Implementierung eines Ökosystemansatzes bei der Beratung der Europäischen Kommission zum Bestandsmanagement (z.B. durch Quoten).</p>	nach Projektende
6	<p>Desweiteren können die oben genannten Instrumente und insbesondere die Entwicklung robuster Indikatoren (AP2) zu einer besseren Bewertung des Ökozustandes, z.B. im Rahmen von ICES ("Working Group on Integrated Assessments for the Baltic Sea" - WGIAB), HELCOM und weiterer Implementierungsphase der MSRL führen.</p>	nach Projektende
7	<p>Langfristiger werden die Ergebnisse von balt_ADAPT den verschiedensten Nutzergruppen und Interessensvertretern, welche an der Entwicklung der deutschen Küstenfischerei in der Westlichen Ostsee beteiligt sind, wissenschaftliche Grundlagen zu einer nachhaltigen Anpassungsplanung an den Klimawandel an die Hand geben. balt_ADAPT wurde somit erste wissenschaftliche Grundlagen für eine Transformation der momentan angeschlagenen Küstenfischerei und ihr angelehnter Sektoren zu einer nachhaltigen Entwicklung auch unter dem zu erwartenden Klimawandel geschaffen.</p>	~ 10 Jahre

3. Wissenschaftliche und wirtschaftliche Folgeentwicklungen/-projekte aus Sicht der Einrichtung und ggf. aus Sicht Dritter		
Lfd. Nr.	Nächste Schritte	Zeithorizont
8	<p>balt_ADAPT kann nur einen ersten Schritt in Richtung eines nachhaltigen Strukturwandels der Fischerei an der deutschen Ostseeküste machen. Bei Erfolg müssen die Anstrengungen von balt_ADAPT insbesondere im Bereich der Anpassungsplanung weitergeführt werden.</p>	nach Projektende

4. Wissenstransfer (Studien-/Semesterarbeiten, Abschlussarbeiten, Promotionen, Ausgründungen)		
Lfd. Nr.	Nächste Schritte	Zeithorizont
9	<p>Die Ausbildung von wissenschaftlichem Nachwuchs wurde direkt an die Forschungsarbeit von balt_ADAPT angekoppelt. So wurden z.B. Studierende der BSc und MSc Studiengänge in "Marine Ökosystem- und Fischereiwissenschaften" der Universität Hamburg durch</p>	während und bis zu 2 Jahre nach dem Projekt

	Lehrveranstaltungen und Abschlussarbeiten in die Aktivitäten von balt_ADAPT eingebunden. balt_ADAPT Ergebnisse werden zudem zu 2 Promotionen führen.	
--	--	--

5. Wissenstransfer (Politikberatung, Öffentlichkeitsarbeit, Citizen Science, etc.)		
Lfd. Nr.	Nächste Schritte	Zeithorizont
10	balt_ADAPT hat erste Schritte zum Wissenstransfer gemacht. Dabei wurde insbesondere mit der Implementierung von balt_ADAPT Ergebnissen und Instrumenten in das Bestandsassessment für Dorsch und Hering durch den Internationalen Rat für Meeresforschung (ICES) im Rahmen der "Baltic Fisheries Assessment Working Group" (WGBFAS) und mit der Schaffung der der neuen ICES Arbeitsgruppe WGECOBAL (Working Group on Ecosystem-Based Fisheries Management of the Western Baltic Sea) eines erstes Ziel erreicht.	während des Projektes
11	Desweiteren haben Ergebnisse der Gefährdungsanalyse (AP1) und der Indikatorenentwicklung (AP2) eine Beitrag zur ICES/HELCOM Working Group on Integrated Assessments for the Baltic Sea (WGIAB) geliefert.	während des Projektes
12	Erste Schritte zur Politikberatung wurden durch die Partizipationsaktivitäten mit InteressensvertreterInnen (z.B. aus der Verwaltung) innerhalb des „Dialogs Küstenfischerei“ (siehe Projektparter CAU) gemacht werden.	während des Projektes
13	Öffentlichkeitsarbeit zur Verbreitung der Ergebnisse von balt_ADAPT wurden kontinuierlich durch die entsprechenden Stellen der Projektpartner und regelmässig im Rahmen der Projekttreffen und bei Veröffentlichung von wissenschaftlichen Ergebnissen durchgeführt.	während des Projektes

## 5. Veröffentlichungen

### Wissenschaftliche Beiträge mit Bezug zu balt\_ADAPT

(in **Fett** projekt-angestellte und projekt-beitragende Mitarbeiter\*innen der UHH)

Vorträge:

- **Madiraca, F.**, (2022). Spatio-temporal dynamics and vulnerability of fish under climate change: What does the future hold for the Western Baltic Sea? 2nd KüNO Young Scientist Workshop, 27.04.2022, Hamburg.
- **Smialek, N.** (2022). Projektvorstellung balt\_ADAPT. Koordinationstreffen SoKuWi Fischerei, 31.05.2022, Hamburg.
- **Madiraca, F.** (2022). A functional perspective: Trait-based approaches in vulnerability and ecosystem state assessments. ICYMARE Konferenz, 13.-16.09.2022, Bremerhaven.
- **Möllmann, C.** (2022). Anpassung der Küstenfischerei in der Westlichen Ostsee an den Klimawandel. KüNO 3. Küstensymposium, Hamburg, 09. – 11.11.2022s.

- **Möllmann C.** (2023). Consequences of ignoring tipping points in the Western Baltic Sea. Key note lecture. 5th International Symposium on the Effects of Climate Change on the World's Ocean, Bergen, Norwegen, 17-21 April 2023.
- **Möllmann C.** (2023). Sustainable ecosystem-based solutions for collapsed fisheries under climate change. ICES Annual Science Conference, Bilbao, Spanien, 11–14 September 2023.
- **Gutte, H.** (2023). Accounting for trade-offs in risk assessments: the Western Baltic Sea as case study. ICES Annual Science Conference, Bilbao, Spanien, 11–14 September 2023.
- **Madiraca, F.** (2023). A spatio-temporal approach for understanding past structural and functional changes in the Baltic Sea induced by climate change. ICES Annual Science Conference, Bilbao, Spanien, 11–14 September 2023.
- **Möllmann, C.** (2023). Anpassung der Küstenfischerei in der Westlichen Ostsee an den Klimawandel. KÜNO III Abschluss-symposium, Rostock-Warnemünde, 05. & 06. 12 2023. 5th International Symposium on the Effects of Climate Change on the World's Ocean, Bergen, Norwegen, 17-21 April 2023.
- **Gutte, H.** (2024). Accounting for trade-offs in risk assessments: the Western Baltic Sea as case study. ICES WGECOBAL, Kopenhagen, Dänemark, 28–31 May 2024.

#### Posterbeiträge:

- Schwermer, H., Steinweg, V., **Möllmann, C.**, & Riekhof, M.- C. (2022). Fisch, Fischerei & Kultur - Ein transdisziplinärer Blick auf die westliche Ostseefischerei. Meeresumweltsymposium 18. - 19.05.2022, Hamburg.
- Schwermer, H., Bischoff, A., Dorssers, S., Golovaneva, M., ..., **Smialek, N.**, ...& **Möllmann, C.** (2022). Top-down, vielschichtig und komplex. Hindernisse für die Anpassung der kleinen Küstenfischerei der Ostsee an die aktuellen Risiken. Küste im Wandel – 3. Küstensymposium, 09. - 11.11.2022, Hamburg.
- Funk, S., **Smialek, N.**, Bleil, M., **Möllmann, C.**, Schade, F., Temming, A., & Krumme, U. (2022). Competition or niche separation? Depth specific feeding patterns in two sympatric cod populations from the Arkona Sea. Küste im Wandel – 3. Küstensymposium, 09. -11.11.2022, Hamburg.
- **Funk, S.**, Herrmann, J.-P., Hinrichsen, H.-H., Klinger, R., Krumme, U., **Möllmann, C.**, **Smialek, N.**, & Temming, A. (2022). An individual-based bioenergetic growth model for Western Baltic cod (*Gadus morhua*). Küste im Wandel – 3. Küstensymposium, 09. - 11.11.2022, Hamburg.
- **Gutte, H.**, **Conradt, J.**, **Funk, S.**, **Otto, S.**, & **Möllmann, C.** (2022). An interactive poster on the future of Western Baltic cod (*Gadus morhua*). Küste im Wandel – 3. Küstensymposium, 09. - 11.11.2022, Hamburg.
- Moll, D., Asmus, H., Blöcker, A., Böttcher, U., Conradt, J., Färber, L., Gutte, H., Hinrichsen, H.-H., Kotterba, P., **Madiraca, F.**, Meyer, S., Moritz, T., Parr, M., Pinto, G., Polte, P., Sarrazin, V., **Smialek, N.**, Voss, R., Winkler, H., **Möllmann, C.** (2022). A climate vulnerability assessment of the fish community in Western Baltic Sea. Küste im Wandel – 3. Küstensymposium, 09. - 11.11.2022, Hamburg.
- **Möllmann, C.**, **Conradt, J.**, **Funk, S.**, **Gutte, H.**, Hinrichsen, H.-H., Meier, M., Quaas, M., Voss, R., Arlinghaus, R. Identifying strategies to support climate-ready ecosystem-based management advice for a collapsed cod stock. 5th International Symposium on the Effects of Climate Change on the World's Ocean, Bergen, Norwegen, 17-21 April 2023.
- **Madiraca, F.**, **Möllmann, C.**, Duthheil, C., Meier, H.E.M., Otto, S.A. Past and future range shifts of Western Baltic fish – how did we get there and where do we go now? 5th International Symposium on the Effects of Climate Change on the World's Ocean, Bergen, Norwegen, 17-21 April 2023.

- **Möllmann, C., Conradt, J., Funk, S.,** Hinrichsen, H.-H., Meier, M., Quaas, M., Voss, R., Arlinghaus, R. ICES Annual Science Conference, Bilbao, Spanien, 11–14 September 2023.

#### Publikationen:

- **Möllmann, C., Cormon, X., Funk, S., Otto, S.A.,** Schmidt, J.O., Schwermer, H., **Sguotti, C.,** Voss, R., Quaas, M. (2021) Tipping point realized in cod fishery. Scientific Reports 11:14259.
- Moll, D., Asmus, H., **Blöcker, A.,** Böttcher, U., **Conradt, J., Färber, L., Funk, N., Funk, S., Gutte, H.,** Hinrichsen, H.-H., Kotterba, P., Krumme, U., **Madiraca, F.,** Meier, H.E.M., **Meyer, S.,** Moritz, T., **Otto, S.A.,** Pinto, G., Polte, P., Riekhof, M.-C., Sarrazin, V., Schwermer, H., Scotti, M., Voss, R., Winkler, H., **Möllmann, C.** 2024. A climate vulnerability assessment of the fish community in the Western Baltic Sea. Scientific Reports, 14: 16184.
- **Möllmann, C.,** Blenckner, T., Clemmesen, C., **Conradt, J., Funk, N., Funk, N.,** Gottschalk, J., de Graaf, K., **Gutte, H.,** Janssen, G., Kotterba, P., **Madiraca, F.,** Mittermayer, F., Nasciemento, M., **Otto, S.A.,** Pinto, G., Riekhof, M.-C., Schwermer, H., Scotti, M., Wagner-Ahlf, C., Voss, R. in Vorbereitung. Scenario planning to support the sustainability transformation of a collapsed fishery.
- **Gutte, H., Möllmann, C.,** Dahlke, F., Floeter, J., Listmann, L., Neumann, H., Renz, J., Schaum, R., Otto, S.A. (in Vorbereitung). Risk assessments for ecosystems using the ecorisk framework.
- **Möllmann, C., Conradt, C., Funk, N., Funk, S.,** Kotterba, P., Moll, D., Pinto, G., Polte, P., Riekhof, M.-C., Schwermer H., Scotti M., Quaas, M., Voss, R. (in Vorbereitung). Sustainable ecosystem-based solutions for collapsed fisheries under climate change.

#### Betreute Abschlussarbeiten:

- Alexander Georg Lüders: „Q-Studie zur Wahrnehmung der kleinen Küstenfischerei durch TouristInnen an der deutschen Ostseeküste“. Betreut durch: Nicole Funk & Christian Möllmann