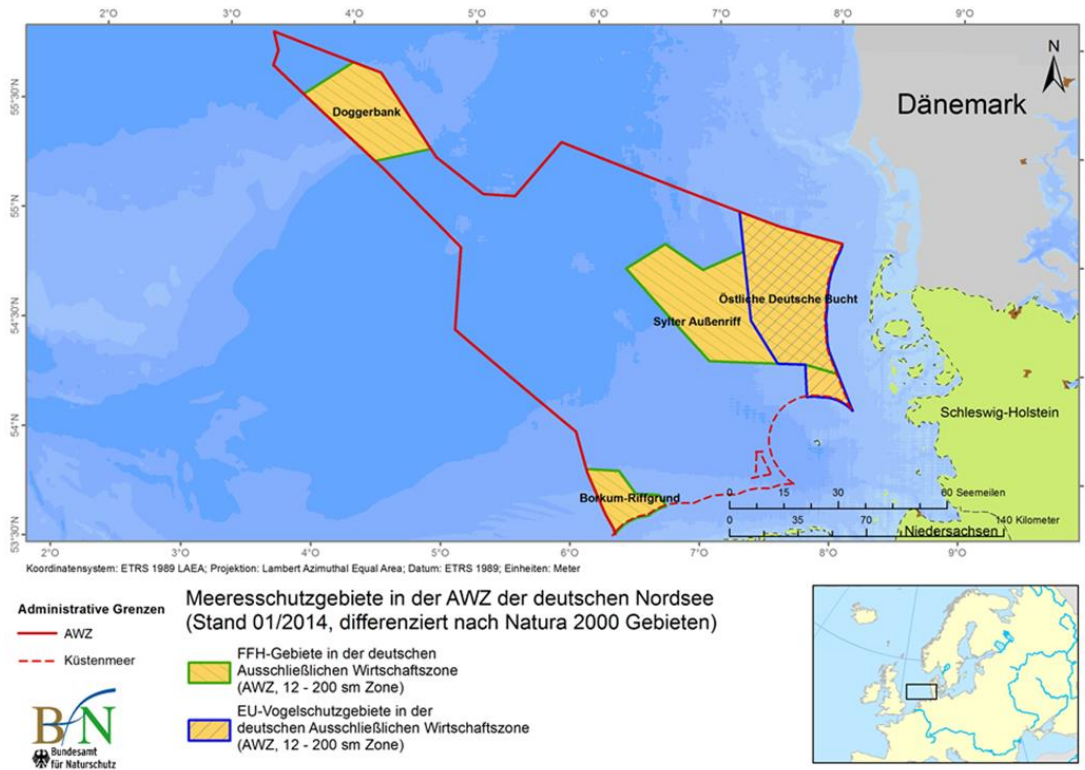


Wie wirkt sich die Sandaalfischerei auf das marine Ökosystem in der südlichen Nordsee und das Erreichen der Schutzziele in den Naturschutzgebieten in der deutschen AWZ der Nordsee aus?



Dr.Thurid Otto, Dr.Silvia Opitz, Dr.Rainer Froese
 GEOMAR - Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
 2019

Adresse der Autoren:

GEOMAR
Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
Düsternbrooker Weg 20
24105 Kiel

Gefördert mit Mitteln des Bundesamtes für Naturschutz (BfN)

Fachliche Betreuer im BfN: Prof. Dr. Henning von Nordheim, Dr. Christian Pusch

Titelbild

Karte: Bundesamt für Naturschutz (BfN)

Inhaltsverzeichnis

1. Hintergrund	1
2. Zielstellung dieser Studie	3
3. Die Sandaalfischerei	4
3.1. Fanggeräte	4
3.2. Zustand der Sandaalbestände in der südlichen Nordsee	4
4. Auswirkungen der Sandaalfischerei auf benthische Lebensgemeinschaften	7
5. Bedeutung der Sandaale im Nahrungsnetz der südlichen Nordsee	10
6. Auswirkungen der Sandaalfischerei auf das Nahrungsnetz	13
7. Bewertung der aktuellen ICES-Empfehlungen (2019) für die Sandaalfangquoten in den Bewirtschaftungsgebieten SA1r und SA2r und der umgesetzten Sandaal-Fangquoten der letzten Jahre (2016 – 2018)	14
8. Zusammenfassung und Schlussfolgerung	15
9. Referenzen	16

1. Hintergrund

Gemäß der Fauna-Flora-Habitat Richtlinie (FFH-RL, 92/43/EWG) sind die EU-Mitgliedsstaaten (EU-MS) für ihre Landes- und Meeresgebiete (einschließlich der Ausschließlichen Wirtschaftzone) verpflichtet, ein zusammenhängendes Netzwerk von Schutzgebieten zu schaffen. Zusammen mit den Europäischen Vogelschutzgebieten gemäß der EU-Vogelschutzrichtlinie (V-RL, 79/409/EWG vom 02. April 1979) bilden die FFH-Gebiete das Schutzgebietssystem Natura 2000. Nach der Aufnahme der Gebiete in die Gemeinschaftsliste der EU-Kommission (EU-KOM) müssen die EU-MS gemäß der FFH-RL Maßnahmen erarbeiten, um die Bewahrung bzw. Wiederherstellung des günstigen Erhaltungszustands von Arten und Lebensräumen zu gewährleisten.

In den Meeresgebieten erfolgt die Erarbeitung und Umsetzung von Maßnahmen zur Regulierung der Berufsfischerei in den Schutzgebieten ausschließlich im Rahmen der Gemeinsamen Fischereipolitik (GFP, Verordnung (EU) Nr. 1380/2013). Im Jahr 2013 wurde die GFP grundlegend überarbeitet und gilt seit dem 1.1.2014 in allen Gewässern der EU. Kernziel der reformierten GFP ist die Umsetzung einer nachhaltigen, ökosystemverträglichen Nutzung der Meeresressourcen insbesondere in Hinblick auf das Erreichen eines „guten Umweltzustands“ der europäischen Meere gemäß der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL; Richtlinie 2008/56/EG) bis zum Jahr 2020. Die Fischbestände sollen gemäß GFP-Verordnung nach dem MSY-Prinzip (MSY: „Maximum Sustainable Yield“) bewirtschaftet werden, d.h. die jeweilige Biomasse einzelner Bestände soll auf ein Niveau gebracht bzw. gehalten werden, welches den höchstmöglichen nachhaltigen Dauerertrag erbringt.

Ausgehend von der 2012 erstellten Anfangsbewertung für die deutsche Nordsee für die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL Art. 8, BMUB 2012) ist die Gesamtbelastung durch menschliche Aktivitäten zu hoch und trägt dazu bei, dass die Arten und Biotoptypen der deutschen Nordsee insgesamt in keinem guten Zustand sind. Daher hat Deutschland gemäß Art.10 der MSRL spezifische operationelle Umweltziele für das deutsche Nordseegebiet formuliert, welche zwischen der Bundesregierung und den Küstenbundesländern abgestimmt und 2012 an die Europäische Kommission gemeldet wurden¹. Sie sollen helfen, das Erreichen eines guten Umweltzustandes (GES) in 2020 für alle deutschen Meeresgebiete sicherzustellen. Für die benthischen Lebensräume sind hierbei vor allem die folgenden Umweltziele relevant:

- Umweltziel 3.1: Es bestehen räumlich und zeitlich ausreichende Rückzugs- und Ruheräume für Ökosystemkomponenten. Zum Schutz vor anthropogenen Störungen werden z.B. ungenutzte und/oder eingeschränkt genutzte Räume und Zeiten („No-take-zones“ und „No-take-times“, für die Fischerei gemäß den Regeln der GFP) eingerichtet.
- Umweltziel 3.2: Die Struktur und Funktion der Nahrungsnetze sowie der marinen Lebensräume wird durch Beifang, Rückwurf und grundgeschleppte Fanggeräte nicht weiter nachteilig verändert. Auf die Regeneration der aufgrund der bereits erfolgten Eingriffe geschädigten Ökosystemkomponenten wird hingewirkt. Die funktionalen Gruppen der biologischen Merkmale (Anhang III Tabelle 1 MSRL) oder deren Nahrungsgrundlage werden nicht gefährdet.

¹ BMUB (Hrsg.) 2012; <http://meeresschutz.info/berichte-art-8-10.html>

- Umweltziel 4.3: Die Fischerei beeinträchtigt die anderen Ökosystemkomponenten (Nichtzielarten und benthische Lebensgemeinschaften) nicht in dem Maße, dass die Erreichung bzw. Erhaltung ihres spezifischen guten Umweltzustands gefährdet wird.

Zur Umsetzung der Ziele gemäß der FFH-RL, V-RL und der MSRL in der deutschen AWZ der Nordsee hat Deutschland im Rahmen der GFP Artikel 11 und 18 einen Entwurf einer Gemeinsamen Empfehlung (GE) zur Regulierung der Berufsfischerei in den Natura 2000-Gebieten in der deutschen AWZ der Nordsee erarbeitet. Gemäß den Vorgaben der GFP-Verordnung Artikel 11 und 18 musste Deutschland diese GE allen EU-MS mit einem direkten fischereilichen Bewirtschaftungsinteresse in der deutschen AWZ (im Folgenden als *betroffene MS* bezeichnet) vorlegen und mit diesen im offiziellen sogenannten „Scheveningen-Prozess“ innerhalb von 6 Monaten eine Einigung erzielen. Die GE enthält u.a. Vorschläge für den Ausschluss aller mobilen grundberührenden Fanggeräte in Teilflächen des Schutzgebietes Sylter Außenriff (SAR) und im gesamten Schutzgebiet Borkum Riffgrund (BRG) zum Schutz der dort vorkommenden Lebensraum- und Biotoptypen und ihrer charakteristischen Arten. Im Laufe der Verhandlungen über die GE mit den betroffenen EU-MS musste Deutschland diverse Kompromisse eingehen, um den GFP-Vorgaben entsprechend ein Einverständnis zu den vorgeschlagenen Maßnahmen zu erreichen. In der finalen Verhandlungsphase (2018) wurden insbesondere von Dänemark Kompromisse bezüglich der Sandaalfischerei, die vorwiegend mit Grundschleppscherbrettnetzen durchgeführt wird, in den Schutzgebieten SAR und BRG eingefordert. Die dänische Regierung sah durch die vorgesehenen Ausschlussgebiete eine erhebliche ökonomische Betroffenheit der dänischen Sandaalfischerei und hat daher den ursprünglich vorgeschlagenen Maßnahmen nicht zugestimmt. Der letztendlich gefundene Kompromiss sieht im SAR die Einrichtung von zwei Korridoren vor, in denen weiterhin mobile grundberührende Fanggeräte – und damit auch die dänische Sandaalfischerei - erlaubt sein soll. Im BRG soll auf einer Teilfläche (ca. 4 km² des Schutzgebietes) die mobile grundberührende Fischerei und somit auch die Sandaalfischerei weiterhin gestattet sein.

Am 4. Februar 2019 wurde schriftlich die abgestimmte GE von Deutschland an die EU-KOM übermittelt. Inzwischen hat die EU-KOM allerdings mit Schreiben vom 24.05.2019 Deutschland und den betroffenen EU-MS, mit denen Deutschland die GE abgestimmt hat, mitgeteilt, dass sie Nachbesserungen der Maßnahmen für notwendig erachtet. Auf die Problematik der dänischen Sandaalfischerei in den Schutzgebieten wird im Kommissionsschreiben nur indirekt eingegangen.

Die GE zur Regulierung der mobilen grundberührenden Fischerei im Schutzgebiet Doggerbank zum Schutz des dortigen Lebensraumtyp (LRT) „Sandbänke mit nur schwacher ständiger Überspülung durch Meerwasser“ (Code 1110)“ (im Folgenden kurz als *LRT* „*Sandbänke*“ bezeichnet) wurde in einem separaten trilateralen Prozess ebenfalls gemäß Artikel 11 und 18 der GFP Verordnung von Deutschland, den Niederlanden und dem Vereinigten Königreich erarbeitet und mit den betroffenen MS verhandelt. Im Schutzgebiet Doggerbank in der deutschen AWZ ist zum Schutz des LRT „Sandbänke“ eine Managementzone (ca. 50% der Fläche) vorgesehen, in der alle mobilen grundberührenden Fanggeräte, inklusive demersale Wadennetze, ausgeschlossen werden sollen (Abb. 1). In den niederländischen und in den britischen Fischereimanagementzonen der jeweiligen Natura 2000-Gebiete werden demersale Wadennetze weiterhin erlaubt sein. Die GE ist mittlerweile von allen Mitgliedsstaaten akzeptiert worden und wurde am 12.06.2019 an die EU-KOM übermittelt.

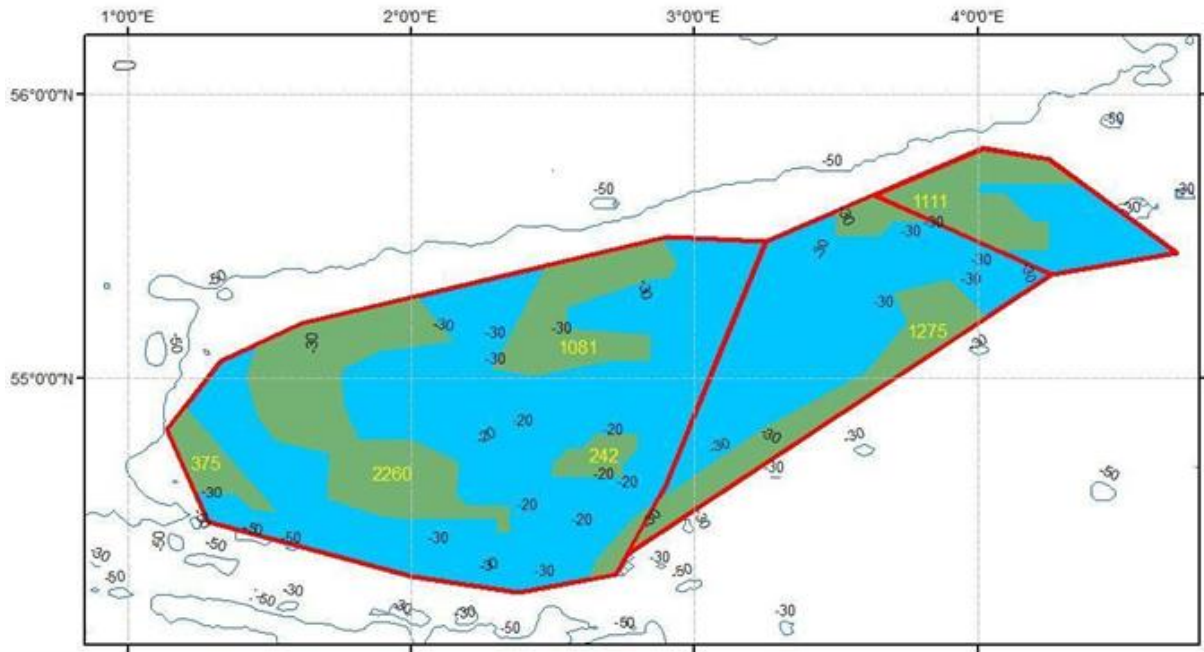


Abbildung 1: Vorschlag zum ganzjährigen Ausschluss der Fischerei mit mobilen grundberührenden Fanggeräten zum Schutz des FFH-Lebensraumtyps 1110 „Sandbänke“ im britischen, niederländischen und deutschen Natura 2000-Gebiet Doggerbank (von links nach rechts).
 Blaue Zahlen: Tiefe in m, Gelbe Zahlen: Fläche der geschützten Zone in km²; Grüne Bereiche: vorgeschlagene Ausschlussgebiete für mobile grundberührende Fanggeräte; Blaue Bereiche: jegliche Fischerei weiterhin erlaubt

2. Zielstellung dieser Studie

Die übergeordnete Fragestellung der Kurzanalyse lautet: Wie wirkt sich die Sandaalfischerei auf das marine Ökosystem in der südlichen Nordsee und das Erreichen der Schutzziele in den Naturschutzgebieten in der deutschen AWZ der Nordsee aus?

Zur Beantwortung der Frage wurden folgende Aspekte bearbeitet:

- Charakterisierung der Sandaalfischerei und Darstellung des Zustandes der Sandaalbestände
- Einschätzung der Auswirkungen der Sandaalfischerei auf benthische Lebensgemeinschaften
- Einschätzung der Auswirkungen der Sandaalfischerei auf Seevögel und marine Säugetiere sowie das Erreichen der jeweiligen Schutzziele
 - anhand einer aktuellen Analyse des Nahrungsnetzes in der südlichen Nordsee sowie
 - anhand der Ergebnisse von früheren Studien bezüglich der trophischen Bedeutung des Sandaals für bestimmte Prädatoren.
- Bewertung der aktuellen ICES-Empfehlungen (2019) für die Sandaal-Fangquoten in den Bewirtschaftungsgebieten SA1r und SA2r und der umgesetzten Sandaal-Fangquoten der letzten Jahre (2016 – 2018)

3. Die Sandaalfischerei

Die Familie der Sandaale (*Ammodytidae*) umfasst mehrere Gattungen mit insgesamt 18 Arten. Für die Fischerei im Nordostatlantik inklusive der Nordsee spielen vier Arten aus zwei Gattungen eine besonders wichtige Rolle:

- der Kleine Sandaal (*Ammodytes marinus*),
- der Tobiasfisch (*A. tobianus*),
- der Gefleckte Große Sandaal (*Hyperoplus lanceolatus*),
- der Ungeflechte Große Sandaal (*H. immaculatus*).

Die Sandaalfischerei ist eine sogenannte „Industriefischerei“, d.h. die Fische dienen nicht dem direkten menschlichen Verzehr sondern werden zu Fischmehl oder Fischöl verarbeitet und z.B. als Tierfutter insbesondere in der Aquakultur verwendet. Die Sandaalfischerei fängt unspezifisch alle oben genannten Arten, wobei in der Nordsee der Kleine Sandaal als häufigste Sandaal-Art den größten Anteil der Fänge ausmacht.

Im Folgenden wird die Sandaalfischerei in der Nordsee anhand der eingesetzten Fanggeräte sowie die Bestandssituation der Sandaale in den für die deutsche AWZ relevanten Gebieten beschrieben.

3.1. Fanggeräte

In der Sandaalfischerei in der deutschen AWZ der Nordsee kommen hauptsächlich grundberührende Scherbrettnetze (FAO-Gerätecode OTB) mit engen Maschenöffnungen (< 16 mm) zum Einsatz, z.B. werden 99,9 % der dänischen Fänge mit diesem Fanggerät getätigt (Schulze 2018). Andere Fangeräte zum Fang von Sandaalen sind Zweischiif-Grundschieppnetze (PTB), pelagische Scherbrettnetze (OTM) und pelagische Zweischiifschleppnetze (PTM). Diese kommen in den Schutzgebieten der deutschen AWZ der Nordsee nur in einem sehr geringen Umfang zum Einsatz (z.B: < 0,1 % der dänischen Sandaalfänge). Die Sandaalfischerei ist saisonal geprägt und findet vor allem von April bis Juni statt. Dänemark hat die höchste Fangquote in den Sandaalbewirtschaftungsgebieten in der deutschen AWZ (siehe unten), weitere Quotenanteile werden von Schweden, Deutschland und dem Vereinigten Königreich genutzt.

3.2. Zustand der Sandaalbestände in der südlichen Nordsee

Der ICES (International Council for the Exploration of the Sea; Internationaler Rat für Meeresforschung) gibt seit 2011 getrennte Empfehlungen für die Sandaal-Höchstfangmengen in den sieben verschiedenen Sandaal-Bewirtschaftungsgebieten ('Sandeel Area' (SA) 1-7r, Abb. 2).

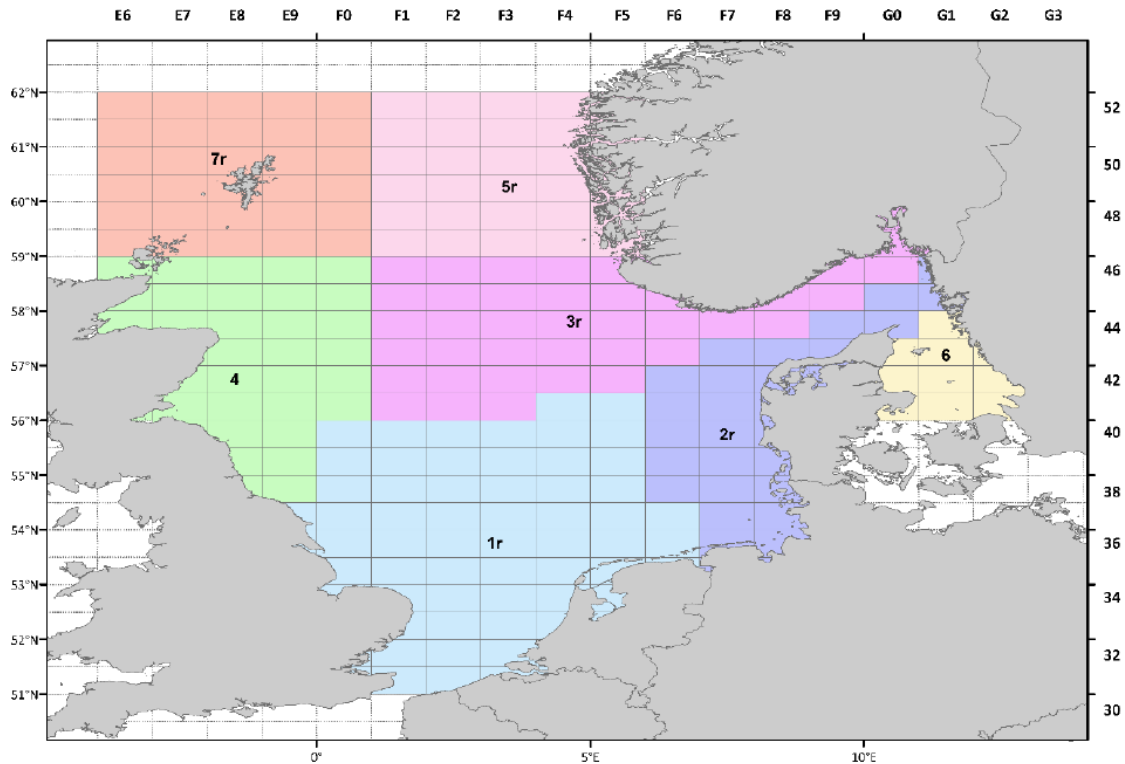


Abbildung 2: Lage der Sandaalbewirtschaftungsgebiete (1-7r) in der Nordsee (ICES 2017). Für die deutsche AWZ sind nur die beiden Gebiete 1r und 2r relevant.

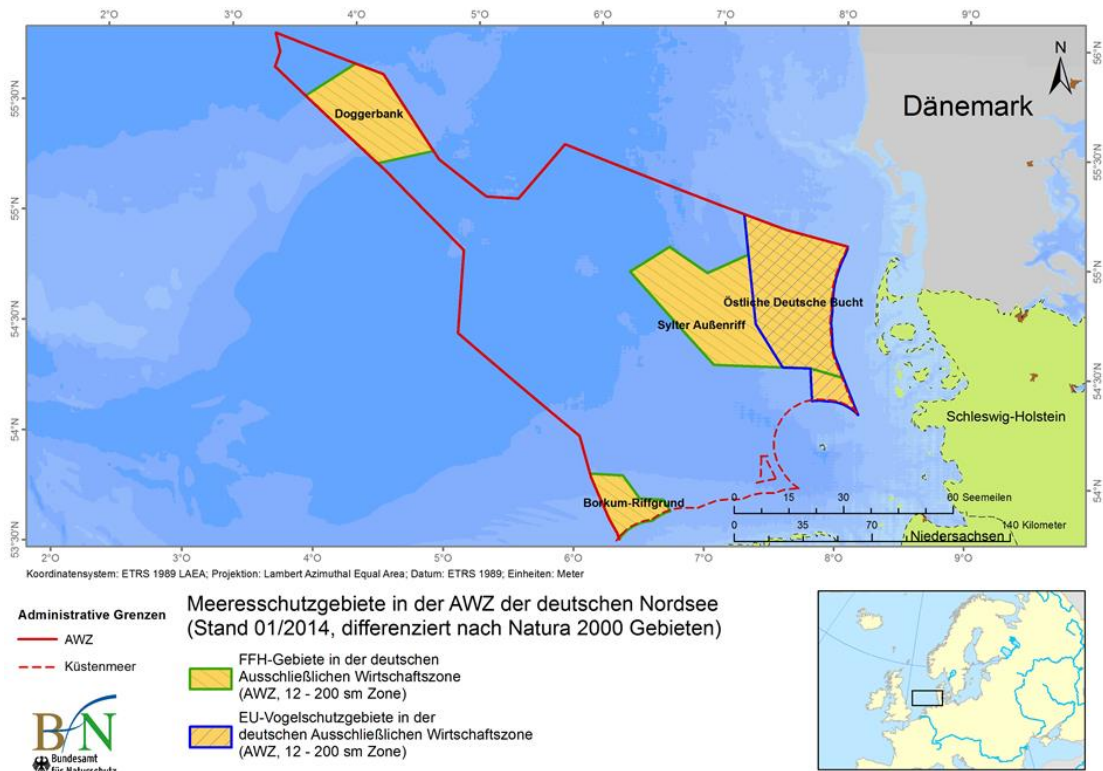


Abbildung 3: Schutzgebiete in der deutschen AWZ der Nordsee.

Die Schutzgebiete SAR und BRG (Abb. 3) liegen im Sandaalbewirtschaftungsgebiet „zentrale und südliche Nordsee (SA2r)“ (Abb. 2). Das Natura 2000-Gebiet Doggerbank (Abb. 3) liegt im Sandaalbewirtschaftungsgebiet „zentrale und südliche Nordsee, Doggerbank

(SA1r)“ (Abb. 2). In beiden Gebieten - wie oben bereits erwähnt - steht Dänemark die höchste Fangquote zu.

Sandaalbestand SA1r „zentrale und südliche Nordsee, Doggerbank“

Im Gebiet SA1r wurde der Referenzwert für die „Biomasse gemäß dem Vorsorgeansatz“ Bpa (Biomasse Precautionary approach) für Sandaale seit 2004 immer wieder unterschritten (siehe Graphik zur Laicherbestandsbiomasse „SSB“ in Abb. 4). Hauptursache für den schlechten Zustand des Bestandes ist der zu hohe Fischereidruck. Nach 2009 zeigte die fischereiliche Sterblichkeit zwar einen Abwärtstrend, stieg dann aber 2017 wieder deutlich an (siehe Graphik zu `Fishing pressure` in Abb. 4). 2008 war die Nachwuchsproduktion ähnlich hoch wie in den 1980er Jahren, nahm danach jedoch erheblich ab. Nach der sehr niedrigen Nachwuchsproduktion im Jahr 2015 lag die Rekrutierung 2016 wieder über dem Langzeitmittel, war dann aber 2017 die niedrigste der gesamten Zeitreihe (siehe Graphik zu `Recruitment` in Abb. 4). Laut ICES-Empfehlung sollen im Jahr 2019 die Fänge im Sandaalbewirtschaftungsgebiet SA1r nicht höher als 91.916 t liegen (ICES 2019a).

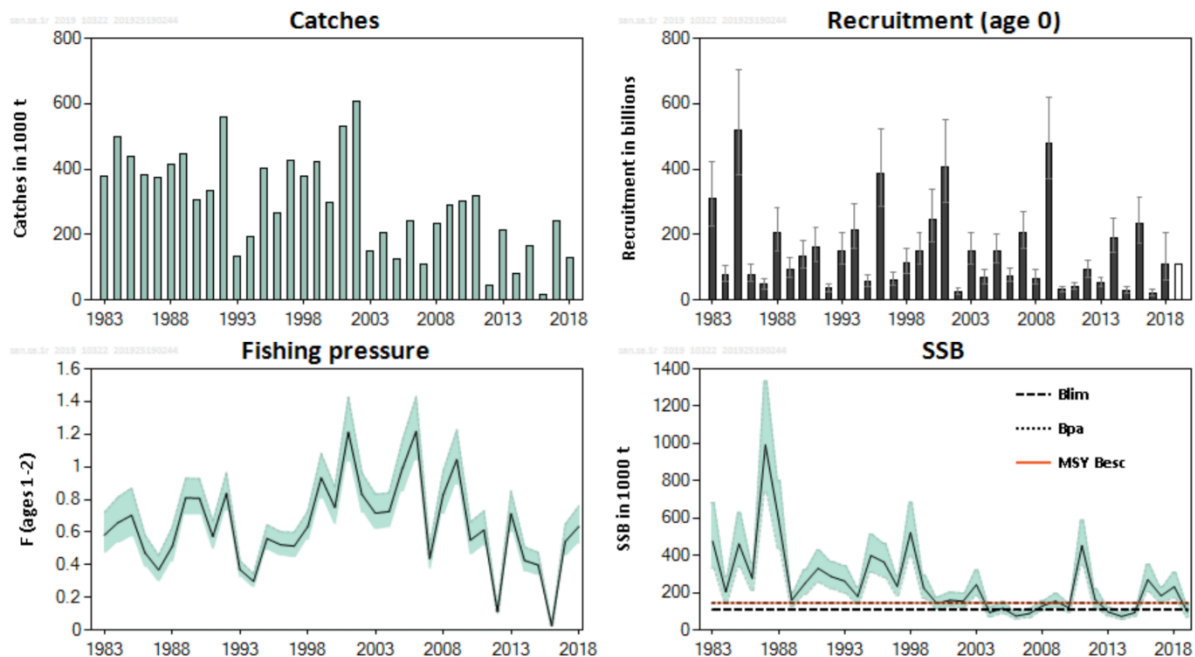


Abbildung 4: Der Sandaalbestand im Sandaalbewirtschaftungsgebiet SA1r (zentrale und südliche Nordsee): Fänge (Catches), Nachwuchsproduktion (Recruitment age 0), Fischereidruck (Fishing pressure) und Laicherbiomasse (Spawning-stock biomass, SSB, der geschlechtsreifen Sandaale) seit 1983 (nach ICES 2019a).

Sandaalbestand SA2r „zentrale und südliche Nordsee“

Der Referenzwert für die Biomasse gemäß dem Vorsorgeansatz Bpa (Biomasse Precautionary approach) wurde für den Sandaalbestand SA2r seit dem Jahr 2000 immer wieder unterschritten (siehe Graphik zu `SSB` in Abb. 5). Seitdem liegt auch die Nachwuchsproduktion des Bestandes (siehe Graphik zu `Recruitment` in Abb. 5), mit Ausnahme des Jahres 2016, deutlich unter dem Langzeitmittel. Ursache für den schlechten Zustand des Bestandes und die geringe Nachwuchsproduktion ist der zu hohe

Fischereidruck (siehe Graphik zu `Fishing pressure` in Abb. 5). Da der Bestand zu klein ist, führt ein überhöhter Fischereidruck zu geringen Fängen (siehe Graphik zu `Catches` in Abb. 5). Der gute Nachwuchs im Jahr 2016 hätte den Bestand schnell und dauerhaft aufbauen können, wurde aber im folgenden Jahr zu stark befishet, so dass keine Bestandserholung eintrat.

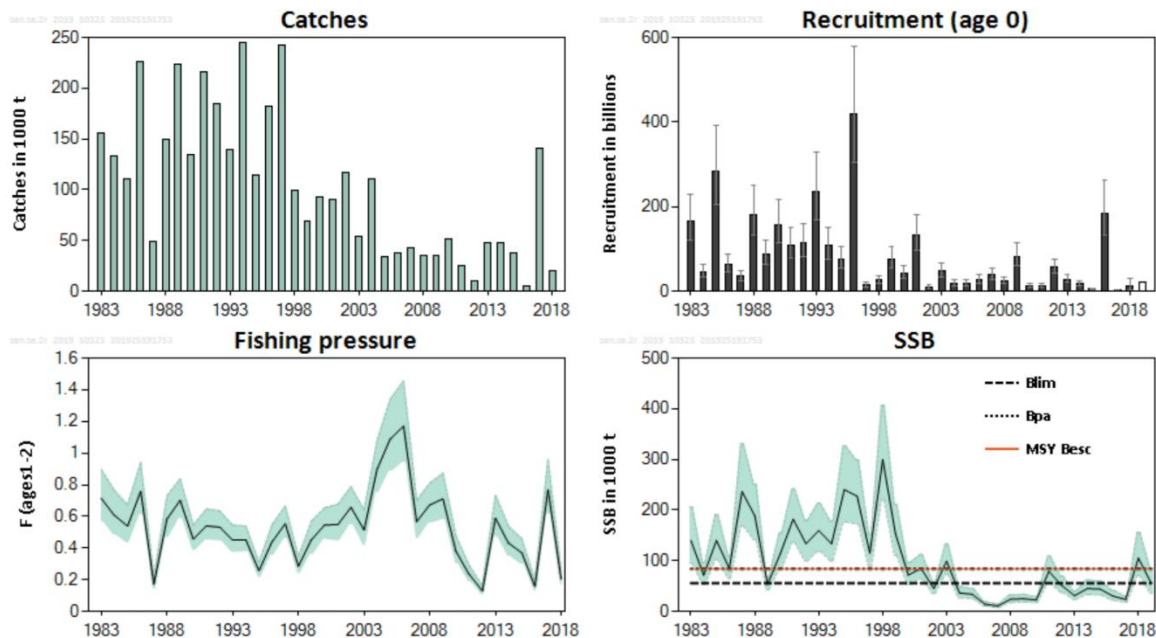


Abbildung 5: Der Sandaalbestand im Sandaalbewirtschaftungsgebiet SA2r (zentrale und südliche Nordsee): Fänge (Catches), Nachwuchsproduktion (Recruitment age 0), Fischereidruck (Fishing pressure) und Laicherbestandsbiomasse (Spawning-Stock Biomass, SSB, der geschlechtsreifen Sandaale) seit 1983 (nach ICES 2019b).

Der ICES empfiehlt für das Jahr 2019 keine Fänge im Sandaalbewirtschaftungsgebiet SA2r zu tätigen (ICES 2019b). Um eine Bestandsabschätzung vornehmen zu können, wird ein „Monitoring-TAC“ von $\leq 5.000t$ empfohlen. D.h. die Fischereiforschungsschiffe der EU-MS mit Sandaalquoten sollen insgesamt höchstens 5000t Sandaale im Jahr 2019 entnehmen, um Informationen zu erhalten, die es dem ICES ermöglichen, Berechnungen zur Bestandsentwicklung durchzuführen. Auf Grundlage dieser Berechnungen wird der ICES dann schließlich Empfehlungen für die Höchstfangmengen in 2020 abgeben.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich die beschriebenen Sandaalbestände, welche auch in den Schutzgebieten im Nordseegebiet der deutschen AWZ vorkommen (Abb. 2, 3), insbesondere aufgrund einer über Jahre zu hohen Fischereiintensität in einem schlechten Zustand befinden.

4. Auswirkungen der Sandaalfischerei auf benthische Lebensgemeinschaften

Die Sandaalfischerei mit Grundschieppnetzen stellt wie andere Formen von aktiver grundberührender Fischerei eine erhebliche Beeinträchtigung des Meeresbodens, der benthischen Lebensgemeinschaften und ihrer typischen Arten dar. Die Beeinträchtigung geht dabei von der Grundleine des Schleppnetzes sowie insbesondere von den Scherbrettern aus.

Die Fangaktivitäten der dänischen Sandaalfischerei zeigten in den Jahren 2011-17 in den Schutzgebieten SAR und BRG eine hohe räumliche Überschneidung mit dem Vorkommen des Biotoptypen „Artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe“ (KGS) (siehe Abb. 6). Dieser Biotoptyp ist ein schutzwürdiges Biotop nach dem deutschen Naturschutzgesetz (BNatSchG) § 30 und wurde als wichtiges Schutzgut im Rahmen der Umsetzung der MSRL, Annex III, Tabelle 1, identifiziert.

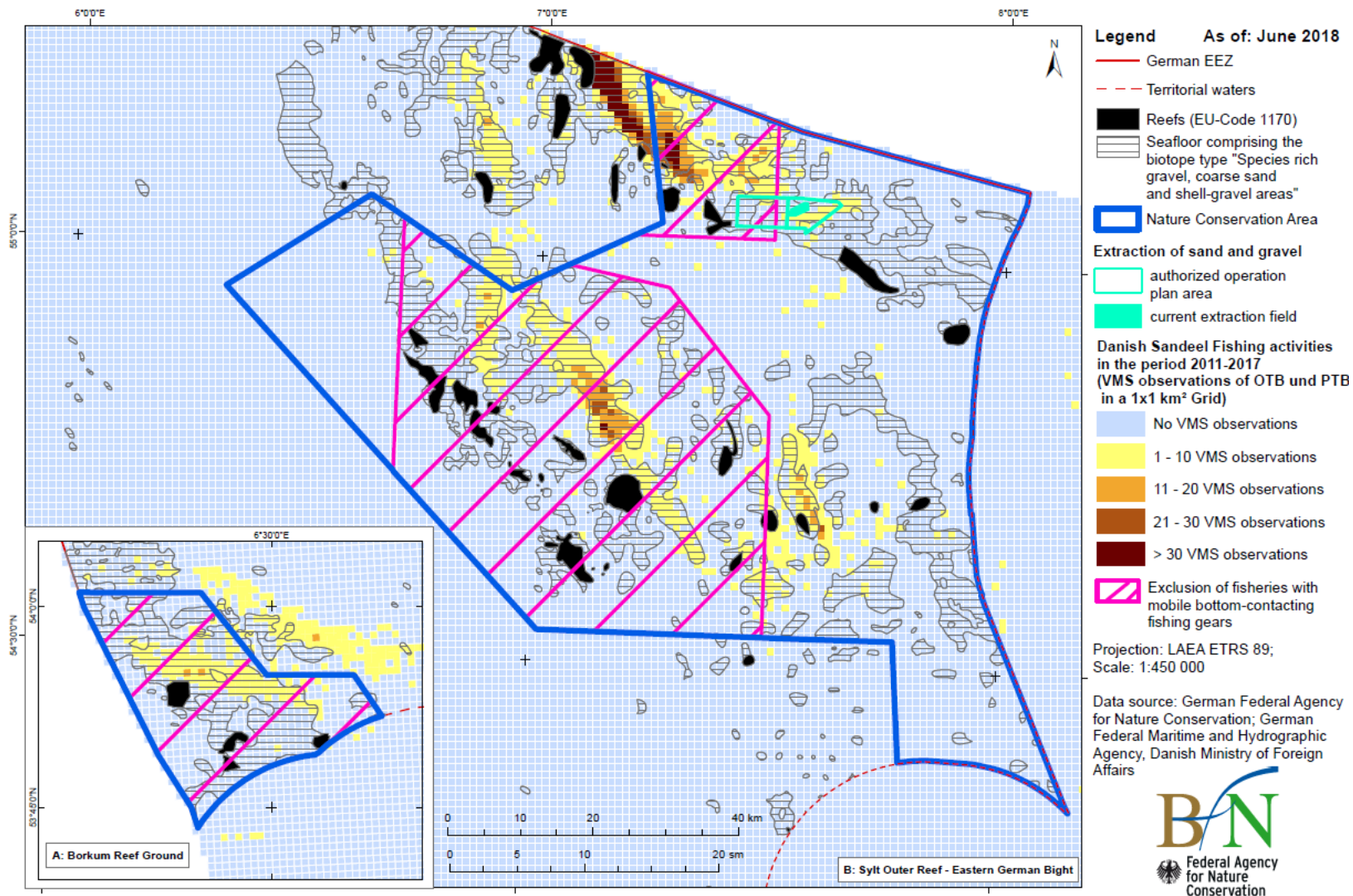


Abbildung 6: Dänische Sandaalfischereiaktivität in den Jahren 2011-2017 in den Natura 2000-Gebieten SAR und BRG und Überlagerung mit dem Biotypartenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe (schutzwürdiges Biotop nach BNatSchG § 30 und im Rahmen der Umsetzung der MSRL)

Die vorherrschenden, zumeist grobsandigen und kiesigen Sedimente des Biotoptyps KGS ermöglichen die Besiedlung mit epibenthischen Lebensgemeinschaften, die in einer derartigen Artzusammensetzung sowohl auf reinen Sand- als auch Hartsubstrathabitaten nicht zu finden sind (BioConsult 2018). Der Biotoptyp KGS ist gleichzeitig aufgrund der spezifischen Sedimentzusammensetzung ein bevorzugtes Habitat für Sandaale (BioConsult 2018) und die verschiedenen Sandaalarten sind damit charakteristische Fischarten des Biotoptyps KGS, womit sie somit selbst ein Schutzgut der Biozönose KGS darstellen.

In Bezug auf die Auswirkungen der Sandaalfischerei auf das Epi- und Endobenthos zählen Grundsleppnetze zu den Fanggeräten mit den größten negativen Auswirkungen (Eigaard et al. 2016). Die Auswirkungen speziell der Sandaalfischerei auf die Epi- und Endofauna wurden noch nicht untersucht, aber es gibt zahlreiche Studien, welche generell die schädlichen Auswirkungen von Grundsleppnetzen auf die Epi- und Endofauna beschreiben (z.B. Rumohr & Krost 1991, Hiddink et al. 2006, Kaiser et al. 2006). In einer Studie von BioConsult (2017) wurde dargestellt, dass auch Schottische Wadennetze², die eine gewisse Zeit über den Boden geschleppt werden, negative Auswirkungen vor allem auf die sessilen epibenthischen Arten des Biotoptyps KGS haben. Somit sind Schädigungen dieser Arten auch durch die Sandaalfischerei mit Grundsleppnetzen anzunehmen.

Zusätzlich zu den Auswirkungen der Sandaalfischerei auf die benthischen Lebensgemeinschaften stellt auch der Beifang von Nichtzielarten eine Beeinträchtigung des Meeresökosystems dar. Die Sandaalfischerei ist sehr unselektiv und es werden u.a. auch alle Fische entnommen, die von dem in der Sandaalfischerei häufig verwendeten Netztyp mit geringer Maschenöffnung (< 16 mm) erfasst werden, d.h. potentiell auch geschützte FFH-Anhang II Fischarten wie z.B. die Finte (*Alosa fallax*) (Thiel mündl. Mitteilung).

5. Bedeutung der Sandaale im Nahrungsnetz der südlichen Nordsee

Die Bedeutung der Sandaale im Nahrungsnetz der Nordsee wurde vielfach untersucht und beschrieben (Synopsis siehe Engelhard et al. 2014 in WKSAND 2016). Aktuell untersuchen Wissenschaftler des GEOMAR im Auftrag des BfN die trophische Stellung der Sandaale im Nahrungsnetz der südlichen Nordsee, insbesondere im Hinblick auf die ökologischen Auswirkungen der Sandaalfischerei auf Prädatoren höherer trophischer Ebenen wie z.B. marine Säugetiere, Seevögel und piscivore Fischarten. Im Rahmen dieser Studie (Opitz et al. in prep) wird die Nahrungszusammensetzung der relevanten taxonomischen Gruppen analysiert und auf dieser Grundlage ein Ökosystemmodell entwickelt. Für die Modellierung der trophischen Beziehungen wurde die Software „Ecopath with Ecosim“ (EwE, www.ecopath.org) verwendet (z.B. Polovina 1984, Christensen & Pauly 1992; Christensen et al. 2000, Pauly et al. 2000).

Die aktuellen Untersuchungen vom GEOMAR zeigen, dass Sandaale eine der zentralen Nahrungskomponenten für viele Prädatoren in der südlichen Nordsee darstellen (Abb. 7). Als

² Das Grundprinzip der Grundwadennetze ist die Umkreisung eines Gebietes mit einer Netzwand (mit oder ohne Tasche in der Mitte). Lange Vorläuferleinen dienen zum Ziehen des Netzes und gleichzeitig zum Konzentrieren der Fische auf dem Meeresgrund. Bei der Fischerei mit Schottischen Wadennetzen wird zuerst eine Boje, an der eine der beiden Vorläuferleinen befestigt ist, ausgesetzt. Von dieser Boje aus werden vom Schiff Vorläuferleinen und Wadennetz im Bogen ausgesetzt. So wird ein großes Gebiet eingekreist, bis das Schiff wieder die schwimmende Boje erreicht. Anschließend wird das Netz über die Vorläuferleinen, die dabei über den Grund gezogen werden, eingeholt, wobei das Schiff weiterhin Fahrt machen kann (<https://fischbestaende.thuenen.de/fanggeraete/aktive-geraete/wadennetze/bootswaden/>).

Schlüsselart auf der trophischen Stufe 3 (low trophic level species, LTL) in der südlichen Nordsee sind Sandaale das Bindeglied zwischen der trophischen Stufe 2 (v.a. Zooplankton und Makrozoobenthos) zu höheren trophischen Ebenen 4 und 5 (marine Säugetiere, Seevögel, piscivore Fische). Ein weiteres Indiz für die Schlüsselstellung der Sandaale im Ökosystem der südlichen Nordsee ist der hohe Grad der trophischen Vernetzung, der sogar Heringe oder Sprotten übertrifft (Abb. 7). Überdurchschnittlich viele fischfressende Prädatoren sind somit in ihrer Ernährung auf Sandaale angewiesen.

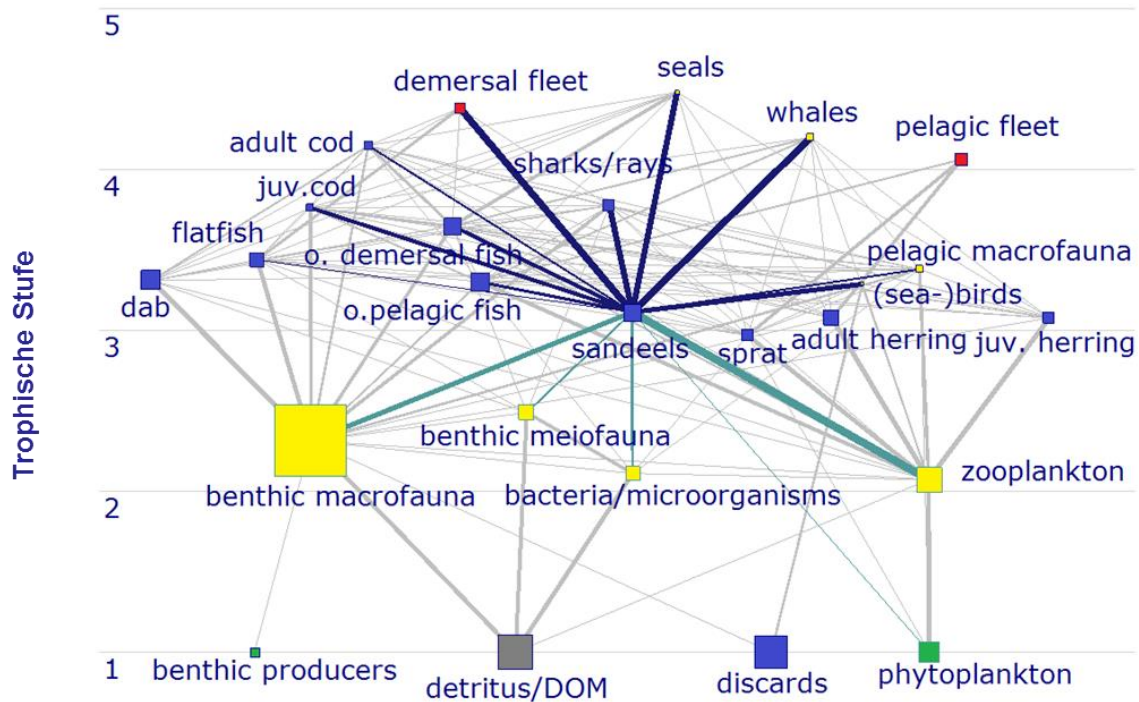


Abbildung 7: Stellung der Sandaale im trophischen Netz der südlichen Nordsee. (in dunkelblau: Flüsse vom Sandaalbestand zur Fischerei und zu seinen Prädatoren; in grün: Flüsse zum Sandaalbestand von seinen Nahrungsorganismen). Die Fläche der Quadrate ist proportional zur Biomasse einer Gruppe. Die Farbe der Quadrate weist auf die Zugehörigkeit zu einer Gruppenart hin: Dunkelgrau = Detritus, grün = Primärproduzenten, gelb = Meerestiere (außer Fische), blau = Fische, rot = Fischereiflotten. Trophische Flüsse sind durch graue Linien dargestellt. Die Stärke der Linien ist proportional zur Stoffflussintensität (Opitz et al. in prep.).

Zusätzlich wurde von Opitz et al. (in prep.) zur genaueren Untersuchung der Rolle der Sandaale im Nahrungsnetz der südlichen Nordsee der Fraßdruck auf das Zooplankton durch die wichtigsten trophischen Gruppen (z.B. andere Schwarmfischarten) miteinander verglichen. Das Ergebnis zeigt, dass Sandaale im Vergleich zu anderen trophischen Gruppen – inklusive Heringe und Sprotten – die höchste Zooplanktonmenge pro Flächen- und Zeiteinheit verzehren (Abb. 8). Dadurch üben Sandaale eine Top-down Kontrolle auf die Zooplanktongemeinschaft im Ökosystem der südlichen Nordsee aus.

Modellgestützte Analysen der Nahrungszusammensetzung und -menge zeigen weiterhin, dass Sandaale im Vergleich zu anderen Beuteorganismen dem stärksten Fraßdruck durch natürliche Prädatoren ausgesetzt sind (siehe Abb. 9).

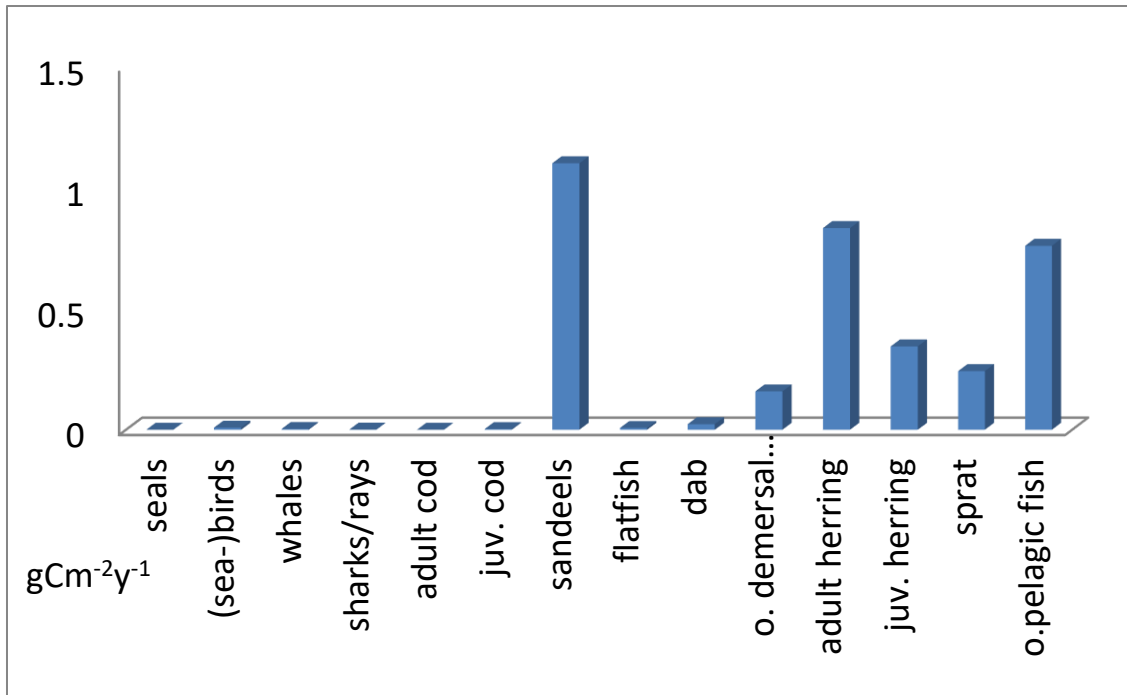


Abbildung 8: Fraßdruck auf Zooplankton durch ausgewählte trophische Artengruppen in g Kohlenstoff pro m² pro Jahr (gCm⁻²y⁻¹) für die südliche Nordsee. O. demersal fish/o.pelagic fish: Other demersal fish/other pelagic fish (Quelle: Opitz et al. in prep.)

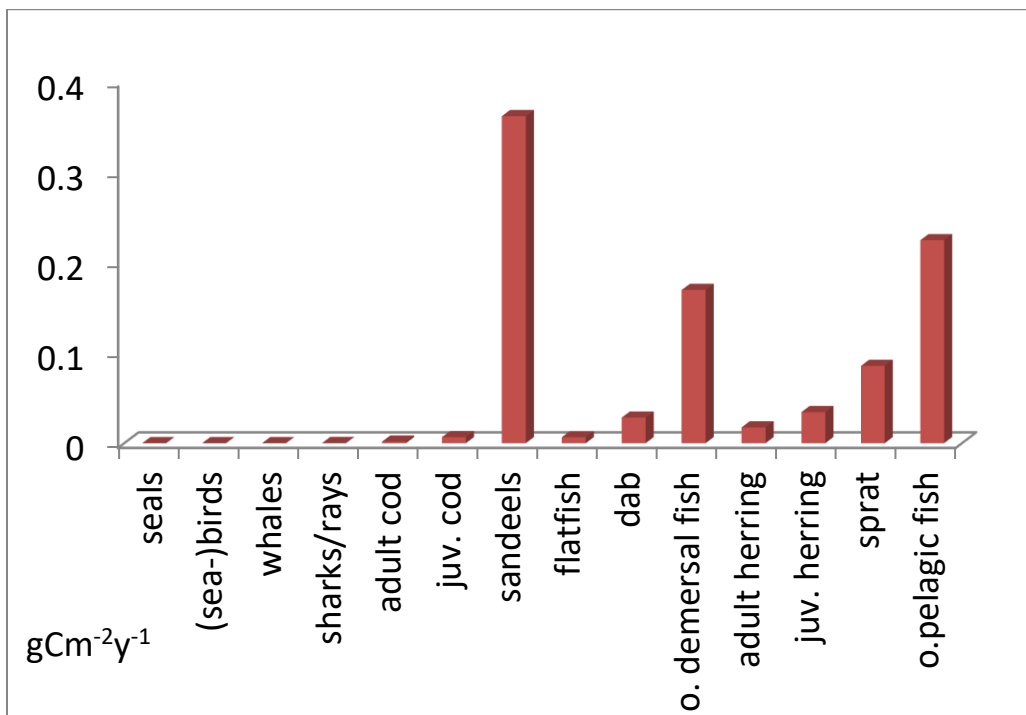


Abbildung 9: Fraßdruck durch Prädatoren auf ausgewählte Ökosystemkomponenten in g Kohlenstoff pro m² pro Jahr (gCm⁻²y⁻¹) in der südlichen Nordsee. O. demersal fish/o.pelagic fish: Other demersal fish/other pelagic fish (Quelle: Opitz et al. in prep.)

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass durch die zentrale Stellung der Sandaale im marinen Ökosystem der Nordsee alle menschlichen Aktivitäten, die den Zustand der Sandaalbestände beeinflussen, mit erheblichen Auswirkungen auch auf andere Arten sowohl auf höheren (marine Säugetiere, Seevögel, piscivore Fische) als auch niedrigeren (v.a. Zooplankton) trophischen Stufen verbunden sind. Insbesondere die Auswirkungen der

Fischerei auf die Sandaalbestände und andere Ökosystemkomponenten sollen im Folgenden genauer analysiert werden.

6. Auswirkungen der Sandaalfischerei auf das Nahrungsnetz

Sandaale sind kleine kurzlebige Schwarmfischarten mit einem sehr hohen Fettgehalt, der sie zu einer begehrten Zielfischart der Industriefischerei macht. Gleichzeitig sind Sandaale eine wichtige Nahrungsquelle für Prädatoren höherer trophischer Ebenen wie z.B. Seeschwalben, Seetaucher, Schweinswale, Kegelrobben, aber auch für piscivore Fische wie Dorschartige, Plattfische sowie Haie und Rochen und nehmen wie in Kapitel 5 beschrieben eine Schlüsselrolle im Nahrungsnetz der Nordsee ein. Durch eine intensive fischereiliche Nutzung von Sandaalen kann massiv in dieses Nahrungsnetz eingegriffen werden und somit die Nahrungsgrundlage für diese Prädatoren verschlechtert werden. Studien von z.B. Hamer et al. (1993), Davis et al. (2005), Frederiksen et al. (2007) zeigen, dass der Bruterfolg der meisten Seevogelarten auf den Shetland-Inseln, z.B. der Dreizehenmöwe (*Rissa tridactyla*) und der Schmarotzerraubmöwe (*Stercorarius parasiticus*), eng mit der Sandaalabundanz zusammenhängt. In den 1990er Jahren wurde ein niedriger Bruterfolg der Population der Dreizehenmöwen auf der Isle of May (Schottland) beobachtet, welcher mit der erheblichen Reduktion der lokalen Sandaalbiomasse vor der Ostküste Schottlands durch die industrielle Sandaalfischerei in Verbindung gebracht wurde (Rindorf et al. 2000, Daunt et al. 2008). Als die Sandaalfischerei eingestellt wurde, stieg lokal sowohl die Biomasse der Sandaale als auch der Bruterfolg der Dreizehenmöwe wieder an (Rindorf et al. 2000, Daunt et al. 2008). Nach Daunt et al. (2008) stellt der Ausschluss der Sandaalfischerei daher eine potentielle Managementoption dar, um diejenigen marinen Top-Prädatoren zu schützen, welche besonders empfindlich sind gegenüber Schwankungen in der Abundanz dieser Zielfischart.

Auch für marine Säugetiere stellen Sandaale eine wichtige Nahrungsquelle dar. Herr et al. (2009) haben die hohe zeitliche und räumliche Assoziation zwischen der Sandaalfischerei und dem Vorkommen von Schweinswalen im deutschen Nordseegebiet aufgezeigt. Diese Assoziation ist laut den Autoren ein Beweis für die hohe Präferenz von Schweinswalen für die Gebiete, in denen Sandaalfischerei vorkommen. Die Auswirkungen der Sandaalfischerei auf die Schweinswale im SAR ist laut Herr et al. (2009) als besonders kritisch zu bewerten, da sich dort die Tiere im Frühjahr und Sommer u.a. zur Reproduktion und zur Aufzucht ihrer Kälber aggregieren (Scheidat et al. 2006). Die energetischen Kosten der Reproduktion sind für Schweinswale besonders hoch, da Schweinswale häufig zeitgleich tragen und lactieren (Lockyer 2007). Aufgrund der begrenzten Energiespeicher-Kapazität müssen Schweinswale regelmäßig und ohne längere Fastenperioden Nahrung aufnehmen. Nicht nur die Sandaalbestände sondern auch andere Beutefischarten der Schweinswale in der Nordsee wie Kabeljau, Hering und Sprotte werden jedoch stark befischt. Bereits kurze Perioden von verschlechterter Nahrungsverfügbarkeit können zu einem erheblichen Gewichtsverlust der Schweinswale sowie zu einer Abwanderung führen (Santos et al. 2004). Dementsprechend ist es wichtig, insbesondere im Schutzgebiet SAR die Nahrungsgrundlage der Schweinswale durch effektive Managementmaßnahmen wirkungsvoll zu schützen.

In Schleswig-Holstein wird seit 1990 der Gesundheitszustand toter Schweinswale an Strandfunden vom Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW) untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass diese Tiere im Vergleich zu Individuen aus geringer anthropogen belasteten Gewässern (z.B. durch Fischerei) einen deutlich schlechteren Gesundheitszustand und eine geringe Lebenserwartung mit dementsprechend kurzer

Reproduktionszeit aufweisen (ITAW 2018 unveröffentlicht). Im Jahr 2016 wurden an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste vermehrt Schweinswale gefunden, die an Seezungen erstickten. Da die Seezunge normalerweise kein bevorzugter Beuteorganismus für Schweinswale ist, könnte dies auf eine veränderte Nahrungsverfügbarkeit und auf ein Ausweichen auf suboptimale Beute hinweisen (ITAW 2018 unveröffentlicht). Gleichzeitig wurde im aktuellen BfN-Monitoring eine 50%-ige Abnahme der Schweinswalpopulation in der deutschen AWZ der Nordsee beobachtet (Stand: März 2019). Ob es zwischen Sandaalverfügbarkeit und Schweinswalabnahme einen Zusammenhang gibt, müssen genauere Untersuchungen zeigen.

Die Populationen von Trottellummen und Tordalken in der deutschen AWZ der Nordsee, die in ihrer Ernährung ganz besonders auf Sandaale angewiesen sind, sind ebenfalls rückläufig (BfN Monitoring, Stand März 2019). Die Ursachen für diesen Rückgang sind bisher noch nicht untersucht worden, jedoch liegt die Vermutung nahe, dass auch hier die Verringerung der Nahrungsverfügbarkeit durch intensive Sandaalfischerei eine Rolle spielt.

7. Bewertung der aktuellen ICES-Empfehlungen (2019) für die Sandaalfangquoten in den Bewirtschaftungsgebieten SA1r und SA2r und der umgesetzten Sandaal-Fangquoten der letzten Jahre (2016-2018)

Der ICES hat insgesamt sieben Sandaal-Bewirtschaftungsgebiete in der Nordsee festgelegt (siehe Kapitel 3.2). Relevant für die deutsche AWZ der Nordsee sind die Bewirtschaftungsgebiete SA1r (zentrale und südliche Nordsee einschließlich Doggerbank) und SA2r (zentrale und südliche Nordsee mit den deutschen NSGs SAR und BRG).

Für den Sandaalbestand im Gebiet SA1r richtet ICES seine Fangempfehlung nicht wie verlangt nach der Biomasse, die den höchsten nachhaltigen Dauerertrag (B_{msy}) produzieren kann (gemäß Artikel 2 der GFP, Verordnung (EU) Nr. 1380/2013), sondern nach der deutlich kleineren Biomasse $MSY B_{esc} = B_{pa}$ ³ (ICES 2019a). Die vom ICES aktuell empfohlene Fangmenge von 91.916t für das Jahr 2019 ist daher höher als die maximal nachhaltige Menge.

Für das Jahr 2016 empfahl der ICES, keine Fänge aus dem Sandaalbestand SA1r zu entnehmen, lediglich eine Monitoring-TAC (Total Allowable Catch) von $\leq 5000t$ sollte erlaubt sein (ICES 2019a). Diese Empfehlung wurde allerdings vom EU-Ministerrat nicht übernommen, sondern ein TAC von 13.000t festgelegt. Die tatsächlichen Fänge waren allerdings sogar noch höher als diese festgelegte Höchstfangmenge (ICES 2019b). In den Jahren 2017 und 2018 wurden vom ICES höhere Fangmengen - 255.956t bzw. 134.461t – empfohlen, welche in diesen Fällen vom EU-Ministerrat als TAC übernommen wurden (ICES 2019a).

Für den Sandaalbestand im Gebiet SA2r hat der ICES für das Jahr 2019 einen Fangstopp empfohlen bis auf $\leq 5.000t$ für Monitoringzwecke (ICES 2019b). Diese Empfehlung galt bereits für die Jahre 2016 und 2018 und wurde vom EU-Ministerrat jeweils mit einem zulässigen Gesamtfang von 5.000t übernommen (ICES 2019b). Trotzdem wurden aber im Jahr 2016 9.757t und nach vorläufigen Schätzungen im Jahr 2018 etwa 20.000t gefangen (ICES 2019b). Für 2017 empfahl der ICES eine höhere Fangmenge (175.941t), die vom EU Ministerrat übernommen und von der Fischerei ausgeschöpft wurde (ICES 2019b). Das

³ B_{esc} : $B_{escapement}$, modifiziert für kurzlebige Arten, entspricht derzeit B_{pa}

fürhte dazu, dass der gute Sandaalnachwuchsjahrgang 2016 durch die getätigten Fangmengen in 2017 und in 2018 gleich wieder weggefangen wurde, so dass der Bestand sich nicht erholen konnte (siehe Kapitel 3.2).

Das Management der Sandaalbestände in den Gebieten SA1r und SA2r ist insgesamt als nicht nachhaltig zu bewerten. Die vom EU-Ministerrat zu hoch festgelegten Quoten bzw. das Überschreiten der festgelegten Höchstfangmengen führen zu einem zu hohen Fischereidruck und damit zu einem schlechten Zustand der Sandaalbestände in der deutschen AWZ der Nordsee (siehe Kapitel 3.2). Neben den direkten Auswirkungen auf die Sandaalbestände ist zudem davon auszugehen, dass Top-Prädatoren wie der Schweinswal sowie bestimmte Seevogelarten, welche besonders auf den Sandaal als Beute angewiesen sind, in der deutschen AWZ der Nordsee stark negativ beeinflusst werden. Die aktuell zu verzeichnende Abnahme der Schweinswale sowie einiger Seevogelarten in der deutschen AWZ der Nordsee könnten daher im Zusammenhang mit einem durch die Fischerei verringerten Nahrungsangebot stehen (siehe Kapitel 6). Das Kernziel der reformierten GFP, eine nachhaltige, ökosystemverträgliche Nutzung der Meeresressourcen insbesondere in Hinblick auf das Erreichen eines „guten Umweltzustands“ der europäischen Meere gemäß der MSRL bis zum Jahr 2020 umzusetzen, kann mit diesem Fischereimanagements nicht erreicht werden. Zudem ist auch das Erreichen der Schutzziele in den Schutzgebieten der deutschen AWZ der Nordsee durch derartige Eingriffe in die Nahrungsverfügbarkeit für die geschützten Arten gefährdet.

8. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Generell stellt die intensive Sandaalfischerei in der südlichen Nordsee eine Gefährdung zahlreicher geschützter Arten dar und gefährdet das Erreichen des guten Umweltzustands im Sinne der MSRL. Der schlechte Zustand der Sandaalbestände in der südlichen und zentralen Nordsee zeigt, dass zentrale Ziele der GFP (Umsetzung einer nachhaltigen, ökosystemverträglichen Nutzung der Meeresressourcen und Bewirtschaftung nach dem MSY-Prinzip) und der MSRL (Arten und Biotoptypen der Nordsee in einem guten Umweltzustand) bisher verfehlt wurden.

Aus naturschutzfachlicher Sicht gefährdet die Sandaalfischerei mit grundberührenden Scherbrettnetzen in den Schutzgebieten in der deutschen AWZ der Nordsee das Erreichen der Ziele der MSRL, insbesondere bzgl. Deskriptor 4 (Nahrungsnetze) und Deskriptor 6 (Integrität des Meeresbodens). Als bevorzugter Lebensraum der Sandaale ist der § 30 Biotoptyp „artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe“ (KGS) und seine charakteristischen Arten (z.B. *Spisula elliptica*, *Branchiostoma lanceolatum*, *Aonides paucibranchiata*) in den Schutzgebieten SAR und BRG durch die Sandaalfischerei besonders gefährdet. Der Biotoptyp KGS in den Schutzgebieten SAR und BRG ist räumlich eng verzahnt mit den FFH-LRT „Riffe“ und „Sandbänke“. Gemeinsam bilden sie besonders wertvolle Biotopkomplexe, die in ihrer Gesamtheit mit ihren charakteristischen Arten geschützt werden müssen. Daher können die Schutzziele für die LRT gemäß FFH-Richtlinie und die Umweltziele im Rahmen der MSRL (siehe oben) nur bei einem konsequenten Ausschluss aller mobilen grundberührenden Fanggeräte in diesen Schutzgebieten erreicht werden, d.h. ohne Fischereikorridore, in denen weiterhin mobile grundberührende Fanggeräte, und damit auch die dänische Sandaalfischerei, erlaubt wären (siehe Kapitel 1).

Weiterhin wird durch eine fortgeführte Sandaalfischerei in den Schutzgebieten das Erreichen der Schutzziele für Schweinswale und der Seevögel aufgrund der resultierenden

Verschlechterung der Nahrungsverfügbarkeit in diesen Gebieten stark gefährdet. Da der Sandaal eine Schlüsselart im Nahrungsnetz der südlichen Nordsee ist, besteht bei einer intensivierten Sandaalfischerei insbesondere in den Schutzgebieten die Gefahr, dass es bei Top-Prädatoren (Schweinswale, Robben, Seevögel, Raubfische) in der Nordsee zu einem erheblichen Nahrungsmangel kommen kann, v.a. da zusätzlich noch weitere Beutearten wie Hering und Sprotte ebenfalls stark befishet werden. Vor allem Top-Prädatoren wie Schweinswale und bestimmte Seevogelarten, die besonders auf Sandaale als Nahrung mit hohem Fettgehalt angewiesen sind und somit besonders empfindlich auf Reduktion der Sandaalabundanz durch die Fischerei reagieren, wären dann gefährdet. Diese Arten genießen aus naturschutzfachlicher Sicht einen besonderen Schutzbedarf und die fortgesetzte Überfischung der Sandaalbestände in der deutschen AWZ inklusive der Schutzgebiete gefährdet das Erreichen der für sie im deutschen Meeresgebiet und auf EU-Ebene festgelegten Schutzziele (nicht nur in den Schutzgebieten).

Aufgrund der oben beschriebenen erheblichen negativen ökologischen Auswirkungen sollte aus naturschutzfachlicher Sicht keine Sandaalfischerei mit mobilen grundberührenden Fanggeräten in den Schutzgebieten stattfinden, um die Umsetzung der Schutzziele der Vogelschutz- und FFH-RL sowie die Umsetzung der Umweltziele der MSRL nicht zu gefährden. Die durch den notwendigen Kompromiss mit Dänemark vereinbarten Korridore im SAR und BRG, in denen mobile grundberührende Fischerei (und damit die Sandaalfischerei) weiterhin erlaubt wäre, sind daher aus naturschutzfachlicher Sicht abzulehnen.

Zudem ist es erforderlich, dass zusätzliche wissenschaftliche Studien durchgeführt werden, um zu untersuchen, ob und in welchem Umfang ein Zusammenhang zwischen der intensiven Sandaalfischerei und den aktuell beobachteten rückläufigen Tendenzen sowohl der Schweinswalpopulation als auch bestimmter Seevogelpopulationen in den deutschen Meeresgebieten der Nordsee besteht.

9. Referenzen

BfN-Skripten 477 (2017): Download:

<https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript477.pdf>

BioConsult (2017): Are "species-rich gravel, coarse sand and shell layers" within the Natura 2000-site "Sylt Outer Reef" sensitive to seine fishing? Download: <http://www.bfn.de/fileadmin/BfN/meeresundkuestenschutz/Dokumente/Bioconsult-sensitivity-epifauna-KGS-Seines-2017-04-23.pdf>

BioConsult (2018): Welche Bedeutung hat der Biotoptyp „artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe“ im NSG Sylter Außenriff für epibenthische Arten und Fische?

BMUB (Hrsg.) (2012): Anfangsbewertung der deutschen Nordsee nach Art. 8 Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie. 3 Bund/Länder-Ausschuss Nord- und Ostsee, 13. Juli 2012.

Christensen, V., & Pauly, D. (1992): Ecopath II—a software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecological Modelling*, 61, 169-185. doi:10.1016/0304-3800(92)90016-8

Christensen, V., Walters, C., & Pauly, D. (2000): *Ecopath and Ecosim: A user's guide* (October 2000 ed.). Vancouver, Canada: Fisheries Centre, University of British Columbia and Penang, Malaysia: ICLARM.

- Cunningham, L., Sharples, R.J., and Hammond, P.S. (2004): Harbour seal diet in the UK. SCOS Briefing Paper 04/11, Sea Mammal Research Unit, University of St Andrews, pp. 88-90.
- Daunt, F., Wanless, S., Greenstreet, S.P.R., Jensen, H., Hamer, K.C., Harris, M.P. (2008): The impact of the sandeel fishery closure in the northwestern North Sea on seabird food consumption, distribution and productivity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65 (3). 362-381. <https://doi.org/10.1139/F07-164>
- Davis, S.E., Nager, R.G., Furness, R.W. (2005): Food availability affects adult survival as well as breeding success of parasitic jaegers. *Ecology* 86:1047–1056
- Eigaard, O.R., Bastardie, F., Breen, M., Dinesen, G.E., Hintzen, N.T., Laffargue, P., Mortensen, L.O., Nielsen, J.R., Nilsson, H.C., O'Neill, F.G., Polet, H., Reid, D.G., Sala, A., Skold, M., Smith, C., Sorensen, T.K., Tully, O., Zengin, M., and Rijnsdorp, A.D. (2016): Estimating seabed pressure from demersal trawls, seines, and dredges based on gear design and dimensions. – *ICES Journal of Marine Science*, doi: 10.1093/icesjms/fsv099.
- Engelhard, G.H., Peck, M.A., Rindorf, A., Smout, S.C., van Deurs, M., Raab, K., Andersen, K.H., Garthe, S., Lauerburg, R.A.M., Scott, F., Brunel, T., Aarts, G., van Kooten, T., and Dickey-Collas, M. (2014): Forage fish, their fisheries, and their predators: who drives whom? – *ICES Journal of Marine Science*, 71: 90–104.
- Frederiksen, M., Furness, R.W., Wanless, S. (2007): Regional variation in the role of bottom- up and top- down processes in controlling sandeel abundance in the North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 337, 279–286.
- Hamer, K.C., Monaghan, P., Uttley, J.D., Walton, P., Burns, M.D. (1993): The influence of food supply on the breeding ecology of kittiwakes *Rissa tridactyla* in Shetland. *Ibis* 135: 255–263
- Hammond, P.S. & Prime, J.H. (1990): The diet of British grey seals (*Halichoerus grypus*). Population Biology of Sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) in Relation to its Intermediate and Seal Hosts (ed. W. D. Bowen), *Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences* 222, pp243-254.
- Herr, H., Fock, H.O., Siebert, U. (2009): Spatio-temporal associations between Harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) and specific fisheries in the German Bight. *Biological Conservation* 142: 2962–2972
- Hiddink, J.G., Jennings, S., Kaiser, M.J., Queirós, A.M., Duplisea, D.E. & Piet, G.J. (2006): Cumulative impacts of seabed trawl disturbance on benthic biomass, production, and species richness in different habitats. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 63: 721-736.
- ICES (2019a): Sandeel (*Ammodytes* spp.) in divisions 4.b and 4.c, Sandeel Area 1r (central and southern North Sea, Dogger Bank). In Report of the ICES Advisory Committee, 2019. ICES Advice 2019, san.sa.1r, <https://doi.org/10.17895/ices.advice.4720>
- ICES (2019b): Sandeel (*Ammodytes* spp.) in divisions 4.b–c and Subdivision 20, Sandeel Area 2r (central and southern North Sea). In Report of the ICES Advisory Committee, 2019. ICES Advice 2019, san.sa.2r, <https://doi.org/10.17895/ices.advice.4721>
- ICES (2017): Report of the Benchmark on Sandeel (WKSand 2016), 31 October - 4 November 2016, Bergen, Norway. ICES CM 2016/ACOM:33. 319 pp
- Kaiser, M.J., Clarke, K.R., Hinz, H., Austen, M.C.V., Somerfield, P.J. & Karakassis, I. (2006): Global analysis of response and recovery of benthic biota to fishing. *Marine Ecology Progress Series* 311: 1-14.

- Lockyer, C. (2007): All creatures great and smaller: a study in cetacean life history energetics. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 87, 1035–1045.
- Mackinson, S. & Daskalov, G. (2007): An ecosystem model of the North Sea to support an ecosystem approach to fisheries management: description and parameterisation. *Science Series Technical Report, Cefas Lowestoft*, 142: 196 p.
- Pauly, D., Christensen, V., & Walters, C. (2000): Ecopath, Ecosim, and Ecospace as tools for evaluating ecosystem impact of fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 57, 697-706. doi:10.1006/jmsc.2000.0726
- Polovina, J.J. (1984): Model of a coral reef ecosystem I. The ECOPATH model and its application to French Frigate Shoals. *Coral Reefs*, 3, 1-11.
- Rindorf, A., Wanless, S., Harris, M.P. (2000): Effects of sandeel availability on the reproductive output of seabirds. *Marine Ecology Progress Series* 202:241–252
- Rumohr, H. & Krost, P. (1991): Experimental evidence of damage to benthos by bottom trawling with special reference to *Arctica islandica*. *Meeresforsch.* 33: 340-345.
- Santos, N.B. et al. (2004): Variability in the diet of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in Scottish waters 1992-2003. *Marine Mammal Science* 20: 1-27.
- Scheidat, M., Gilles, A. & Siebert, U. (2006): Evaluating the distribution and density of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in selected areas in German waters. In: Nordheim, v.H., Boedeker, D. & Krause, J. (Eds.) *Progress in Marine Conservation in Europe*. Springer, Berlin, Heidelberg: 189-208.
- Schulze, T. (2018): International fishing activities in German waters in relation to the designated Natura 2000 areas and proposed management within. 174 pages. Thünen Institute of Sea Fisheries. Version 08.01.2018