

Über dieses Handbuch

Was müssen wir tun, damit Fisch, Meeresfrüchte und Algen („blaue“ Lebensmittel) in einem sich ändernden Klima zu einer nachhaltigen Entwicklung beitragen können?

Neben einer soliden wissenschaftlichen Basis erfordert eine nachhaltige Entwicklung im Klimawandel geeignete politische Rahmenbedingungen und eine Gesellschaft, die diesen Rahmen mit innovativen Ideen füllt und Änderungen mit Offenheit und Neugierde begegnet. Dieses Handbuch bietet einen inhaltlichen Einstieg und fasst wissenschaftliche Grundlagen für die erforderlichen Handlungen zusammen.

Das Handbuch ist im Rahmen des Forschungsverbundes „Küstenmeerforschung Nordsee-Ostsee“ KÜNO III entstanden. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert die Forschung in diesem Verbund seit 2013. Als Projektpartner im KÜNO-Dachprojekt CoTrans bündelt das Norddeutsche Küsten- und Klimabüro am Helmholtz Zentrum Hereon projektübergreifend praxisrelevante Forschungsergebnisse – wie z. B. in diesem Handbuch.

Weitere Informationen über KÜNO:
deutsche-kuestenforschung.de

FISCH, MEERESFRÜCHTE UND ALGEN IM KLIMAWANDEL

„Blaue“ Lebensmittel als Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung



Dr. Insa Meinke
Norddeutsches Küsten- und Klimabüro
Helmholtz-Zentrum Hereon



FISCH, MEERESFRÜCHTE UND ALGEN IM KLIMAWANDEL

„Blaue“ Lebensmittel als Beitrag zur
nachhaltigen Entwicklung

Dr. Insa Meinke (Hereon)
für das KüNO Dach-Projekt **CoTrans**
deutsche-kuestenforschung.de

INHALT

- 8 HINTERGRUND
- 12 VIELES IST OFT ANDERS, ALS MAN DENKT:
KURSIERENDE MEINUNG ≠ FAKT
- 17 **DER GLOBALE RAHMEN**
- 18 **Nahrungsversorgung im Klimawandel**
- 21 Auswirkung des bisherigen Klimawandels auf das
globale Ernährungssystem
- 25 Fischerei und Aquakultur im Klimawandel
- 29 Zukunftsaussichten für die Nahrungsmittelproduktion
- 32 **Fisch, Meeresfrüchte und Algen:
Status und Transformationspotential**
- 35 „Blaue“ Lebensmittel: wichtiger Bestandteil de
Welternährung
- 41 Wie ressourcenschonend sind Fischerei und Aquakultur?
- 53 Nachhaltiges Fischereimanagement – welchen Fisch
kann man noch essen?
- 59 **DIE REGIONALE PERSPEKTIVE**
- 60 **Die aktuelle Situation: Brüssel und der Nordatlantik
mit Nord- und Ostsee**
- 63 EU-Fischereipolitik und das Fanggebiet Nordatlantik
- 67 Nord- und Ostsee
- 74 **Fischerei in Deutschland**
- 81 Klimafolgen für fischereilich genutzte
Fischbestände in Nord- und Ostsee
- 111 Deutsches Fischereimanagement im Klimawandel
- 118 **Aquakultur in Deutschland**
- 123 Klimafolgen für die Aquakulturen

127 HANDLUNGSFELDER FÜR „BLAUE“ LEBENSMITTEL ALS BEITRAG ZUR NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG

130 Klimaschutz: umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen (Nachhaltigkeitsziel 13)

133 Widerstandskraft stärken

139 Klimaschutzmaßnahmen integrieren

149 (Bewusstseins-) Bildung durch Forschung und
Wissenstransfer

152 Meeresschutz: Ozeane, Meere und Meeresressourcen erhalten und nachhaltig nutzen (Nachhaltigkeitsziel 14)

155 Meeres- und Küsten-ökosysteme nachhaltig
bewirtschaften

161 Nährstoffbelastung verringern

165 Meeresschutzgebiete

168 Nachhaltiges Wirtschaftswachstum (Nachhaltigkeitsziel 8)

171 Regionale Strukturen stärken

177 Diversifizierung

180 Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen (Nachhaltigkeitsziel 12)

183 Nahrungsmittelverschwendung reduzieren

191 Nachhaltigen Konsum ermöglichen

205 Änderungen der Konsumgewohnheiten

210 Handlungsoptionen für Stakeholder

213 Politik (EU / Deutschland / Kommunen)

217 Wissenschaft

221 Wirtschaft (Fischerei / Handel / Verarbeitung)

225 Konsument*innen

226 LITERATUR

238 BILDNACHWEIS

240 IMPRESSUM

Hintergrund

Die Ernährungssicherung wird in Zukunft eine der zentralen gesellschaftlichen Herausforderungen sein. Der Klimawandel hat sich in den letzten Jahrzehnten bereits auf unsere Ernährungsgrundlagen ausgewirkt und beeinträchtigt Landwirtschaft, Fischerei und Aquakultur (vgl. Kap. „*Nahrungsversorgung im Klimawandel*“). Gleichzeitig wirkt sich die Nahrungsmittelproduktion vielfältig auf die Umwelt aus: Knapp ein Viertel der vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen weltweit ist auf sie zurückzuführen. Deshalb erfordert die künftige Ernährungssicherung eine nachhaltige Transformation, die gerade auch vor dem Hintergrund einer wachsenden Weltbevölkerung eine ressourcenschonende und klimaneutrale Produktionssteigerung ermöglichen muss. „Blaue“ Lebensmittel, also Lebensmittel aquatischen Ursprungs, tragen schon heute nennenswert zur Nahrungsmittelversorgung bei. Ihre Bedeutung wird künftig noch zunehmen, da sie u. a. wichtige Proteinquellen darstellen und vergleichsweise ressourcenschonend sind (vgl. Kap. „*Fisch, Meeresfrüchte und Algen: Status und Transformationspotential*“). Zugleich hat der Klimawandel jedoch auch Auswirkungen auf aquatische Lebensräume – nicht zuletzt in Nord- und Ostsee, in denen auch kommerziell genutzte Fischarten deutscher Fischereien betroffen sind. Zusätzlich werden diese Fischbestände durch weitere

direkte menschliche Einflüsse wie Nährstoffeinträge, Verschmutzung und „(wasser)bauliche“ Maßnahmen beeinträchtigt. Die drastischen Bestandseinbrüche bei den Hauptzielarten der westlichen Ostsee, Dorsch und Hering, haben zu einem starken Ungleichgewicht zwischen Fangkapazitäten und Fangmöglichkeiten geführt und damit in den letzten 20 Jahren einen starken Rückgang insbesondere der kleinen Küstenfischerei verursacht, die sich auf diese Zielfischarten fokussiert hatte (vgl. Kap. „*Fischerei in Deutschland*“). Entscheidend für eine nachhaltige Entwicklung „blauer“ Lebensmittel ist daher sowohl die weltweite Reduktion von Treibhausgasemissionen als auch die regionalspezifische Minderung aller anderen direkten menschlichen Einflüsse auf marine und küstennahe Ökosysteme. Zudem müssen Fischereien bei der Erschließung neuer Einnahmequellen unterstützt und Verbraucher*innen nachhaltige Kaufentscheidungen ermöglicht werden. Für alle Bereiche sind seitens der Politik entsprechende Rahmenbedingungen zu schaffen (vgl. Kap. „*Handlungsfelder für „blaue“ Lebensmittel*“).

In diesem Handbuch werden Hintergründe zu Fisch, Meeresfrüchte und Algen im Klimawandel näher beleuchtet. Das Forschungsprogramm „Küstenmeerforschung

Nordsee-Ostsee“, KüNO III, in dessen Rahmen dieses Handbuch entstanden ist, hat das Ziel, im Spannungsfeld zwischen Anpassung an die Folgen des Klimawandels, nachhaltiger Ressourcennutzung und Erhalt natürlicher Lebensräume Entscheidungswissen und wissenschaftsbasierte Handlungsempfehlungen bereitzustellen. Fünf der sechs KüNO-III-Forschungsverbände weisen inhaltliche Schnittmengen zur Fischerei in Nord- und Ostsee auf. Somit lag es nahe, dieses gesellschaftsrelevante Thema aufzugreifen und die weitestgehend naturwissenschaftlichen KüNO-III-Forschungsergebnisse verbundübergreifend einzubeziehen und in globalen, politischen und sozioökonomischen Zusammenhänge zu kontextualisieren.



Vieles ist oft anders, als man denkt: kursierende Meinung \neq Fakt

„HIER IN NORDDEUTSCHLAND KOMMT DER FISCH MEIST DIREKT VOM KUTTER.“

Weniger als zehn Prozent des in Deutschland verzehrten Fisches wird von der deutschen Fischereiflotte in heimischen Gewässern gefangen. Hier werden am häufigsten Nordseekrabben, Hering, Sprotte und Dorsch/Kabeljau angelandet. Die Deutschen essen aber am liebsten Lachs, Seelachs und Thunfisch. Um dieser Nachfrage gerecht zu werden, importiert Deutschland seinen Fisch aus der ganzen Welt, darunter größtenteils aus China (vgl. Kap. „Fischerei in Deutschland“).

„DIE STRIKTEN EU-FANGQUOTEN HABEN DIE DEUTSCHE FISCHEREI IN EINE KRISE GESTÜRZT.“

Der Klimawandel hat sich bereits auf fischereilich genutzte Arten in Nord- und Ostsee ausgewirkt. Fischbestände verlagern sich in andere Regionen, neue Nahrungskonkurrenten oder Fressfeinde wandern ein und Fischlarven verhungern, weil noch keine Nahrung verfügbar ist (vgl. Kap. „Klimafolgen

für fischereilich genutzte Fischbestände“). Die Fischereien der EU unterliegen dem Vorsorgeprinzip, um negative Auswirkungen auf das Meeresökosystem einzuschränken. Der starke Rückgang des Ostsee-Dorsch-Bestandes zeigt jedoch, dass es dem EU-Fischereimanagementsystem selbst mit den bereits existierenden Fangquoten bisher nicht gelungen ist, diesen Niedergang aufzuhalten, da die Fangquoten wiederholt höher angesetzt wurden als wissenschaftlich empfohlen (vgl. Kap. „Deutsches Fischereimanagement“).

„DIE MEERE SIND GRÖSSTENTEILS ÜBERFISCHT UND VIELE FISCHE SIND VOM AUSSTERBEN BEDROHT. – WELCHEN FISCH KANN MAN ÜBERHAUPT NOCH ESSEN?“

Derzeit gelten die weltweiten Fischbestände zwar zu etwa 35 Prozent als überfischt, laut Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) befinden sich aber 65 Prozent von ihnen innerhalb nachhaltiger biologischer Grenzen. Ähnlich sieht es in europäischen Gewässern aus. Selten wird eine Art komplett überfischt, sondern meistens nur einzelne Bestände. Deshalb lässt sich die Frage, welchen Fisch man noch essen kann, immer nur in Bezug auf bestimmte Fischbestände beantworten (vgl. Kap. „Nachhaltiges Fischereimanagement“).

„FISCHFANG ZERSTÖRT DIE UMWELT.“

Bestimmte Fangmethoden wie der Einsatz von bodenberührenden Grundschieppnetzen können festsitzende und im Boden lebende Organismen schädigen. Ob Schäden entstehen und wie stark ihr Ausmaß ist, variiert aber je nach Fanggeschirr, Einsatzort und Bodenbeschaffenheit. Zudem kann der Beifang von kleinen Fischen und Nichtzielarten in Grundschieppnetzen hoch sein. Bei sogenannten pelagischen Schleppnetzen, die nicht den Meeresboden berühren, ist der Beifang jedoch gering und der Meeresboden bleibt unbeschädigt (vgl. Kap. „Die aktuelle Situation“).

„AQUAKULTUREN SIND KEINE ALTERNATIVE, DA SIE DIE UMWELT BELASTEN UND DER VERZEHR DES FISCHS GESUNDHEITLICH BEDENKLICH IST.“

Die Belastungen in, von und durch Aquakulturen variieren je nach System stark. Bei Aquakulturen in Kreislaufsystemen ist der Wasseraustausch begrenzt und die Verbreitung von Nährstoffen und Krankheiten reduziert. In Aquaponikanlagen werden die nährstoffreichen Abwässer genutzt, um mit Hydrokulturen Gemüse und Pflanzen für den menschlichen Verzehr zu erzeugen. Geschlossene Kreislaufanlagen sind zudem vergleichsweise wenig vom Klimawandel

betroffen (vgl. Kap. „Aquakultur in Deutschland und Kap. Nährstoffbelastung verringern“).

„MAN SOLLTE AM BESTEN GANZ AUF DEN VERZEHR VON FISCH UND MEERESFRÜCHTEN VERZICHTEN UND SICH VEGETARISCH/VEGAN ERNÄHREN.“

Fisch und Meeresfrüchte sind vergleichsweise ressourcenschonende Lebensmittel. Etwa sieben Prozent des gesamten Proteinbedarfs der Weltbevölkerung wird derzeit durch Fisch und Meeresfrüchte gedeckt. Der Ersatz durch pflanzliche Nahrungsmittel würde neben dem großen Flächenbedarf für den Ackerbau den Einsatz großer Mengen an Dünger und Pflanzenschutzmitteln erfordern. Dieser verstärkt wiederum die Treibhausgasemissionen und beeinträchtigt Bestäuber (vgl. Kap. „Wie ressourcenschonend sind Fischerei und Aquakultur?“). Das beste Verhältnis zwischen Nährstoffgehalt und Treibhausgasemissionen haben neben Wildlachs kleinere pelagische Fische wie Hering, Makrele und Sardelle. Vielversprechend ist vor allem auch die verstärkte Zucht von Muscheln und Algen für den Verzehr. Sie ernähren sich von den Nährstoffen des Meerwassers, wobei Algen durch die Bindung von Kohlendioxid zusätzlich zum natürlichen Klimaschutz beitragen (vgl. Kap. „Nachhaltigen Konsum ermöglichen“).

An aerial photograph of a lush tropical landscape. The foreground and middle ground are dominated by terraced rice fields, some of which are filled with water, reflecting the sky. A single, tall palm tree stands prominently in the center-left. In the background, a small, simple house with a brown roof is nestled among dense green trees on a hillside. The entire scene is framed by a teal background with a white, wavy graphic element on the right side.

**DER GLOBALE
RAHMEN**

Nahrungsversorgung im Klimawandel

Schon heute belastet der Klimawandel die Lebensmittelsysteme und die Ernährungssicherheit und damit die Lebensgrundlagen für Millionen von Menschen. Auch für Fisch und Meeresfrüchte verschlechtern sich die Lebensbedingungen, insbesondere durch Erwärmung, Sauerstoffmangel und Versauerung. Viele ihrer Lebensräume gehen verloren, marine Nahrungsnetze werden umstrukturiert und Fischbestände verlagern sich in andere Regionen. Dies führt zu Produktivitätsschwankungen, die zunehmend Fischerei, Muschelzucht und andere Aquakulturen beeinträchtigen. In der Fischerei erschweren die geographischen Verlagerungen der Fischbestände zusätzlich deren Management. Künftig wird der fortschreitende Klimawandel die Nahrungsmittelproduktion immer mehr beeinträchtigen. Auch in Fischerei und Aquakultur wird sich die Produktivität verringern. Die Anfälligkeit gegenüber dem Klimawandel kann jedoch reduziert werden, wenn es gelingt, nichtklimatische Belastungen zu verringern.





Auswirkung des bisherigen Klimawandels auf das globale Ernährungssystem

Die Auswirkungen des Klimawandels beeinträchtigen bereits heute zunehmend unsere Ernährungssicherheit. Der im Februar 2022 veröffentlichte sechste Sachstandsbericht des Weltklimarates IPCC dokumentiert wissenschaftlichen Konsens darüber, dass der Klimawandel unsere Ernährungsgrundlage – die Ökosysteme an Land und im Meer – auf der ganzen Welt verändert hat. Dies belastet schon jetzt weltweit Landwirtschaft, Fischerei und

Aquakultur (*IPCC 2022 a, S. 9 ff.*). Die biologischen Reaktionen auf die Erwärmung reichen oft nicht aus, so dass die Ökosysteme mit den Klimaänderungen der letzten Jahrzehnte nicht Schritt halten können (*IPCC 2022 c, S. 45*). Die Schäden in den Ökosystemen treten daher früher als erwartet. Sie sind bereits weitverbreitet und haben schon heute weitreichende, teils irreversible Folgen (*IPCC 2022 a, S. 9*). Der Klimawandel wirkt sich sowohl durch sein langfristiges Fortschreiten als auch durch zunehmende kurzfristige Extremereignisse auf das globale Nahrungssystem aus (*IPCC 2022 a, S. 9*). Plötzliche Ausfälle der Nahrungsmittelproduktion durch Extremereignisse haben seit Mitte des 20. Jahrhunderts an Land und im Meer zugenommen. Dürren, Überschwemmungen und Hitzewellen vermindern die globale Nahrungsmittelverfügbarkeit. Sie beeinträchtigen außerdem die Arbeitsfähigkeit der Bevölkerung und erhöhen weltweit die Nahrungsmittelpreise. Dies wirkt sich negativ auf die Ernährungssicherheit und die Lebensgrundlagen der Weltbevölkerung aus. Insgesamt belastet der Klimawandel schon heute die Lebensmittelsysteme und die Ernährungssicherheit und damit die Lebensgrundlagen für Millionen von Menschen (*IPCC 2022 b, S. 717*).



Plötzliche Ausfälle der Nahrungsmittelproduktion durch Extremereignisse haben an Land und im Meer zugenommen.



Fischerei und Aquakultur im Klimawandel

Auch auf die Meere wirkt sich der Klimawandel bereits erheblich aus: Im Vergleich zum vorindustriellen Niveau (1850–1900) hat sich die Meeresoberfläche im weltweiten Durchschnitt um knapp 1 °C erwärmt (*IPCC 2022 b*, S. 764). Mit der Erwärmung haben sich die Fischbestände seit den 1950er Jahren im Durchschnitt knapp 60 km pro Jahrzehnt polwärts verschoben (*IPCC 2022 b*, S. 381). Die Erwärmung trägt dazu bei, dass Wasser

weniger Sauerstoff aufnehmen kann und vermehrt sauerstoffarme bzw. -freie Zonen entstehen. Diese sogenannten „toten Zonen“ haben schwerwiegende Auswirkungen auf die Ökosysteme der Küstengewässer, führen zu Massensterben und beeinträchtigen somit auch die Fischerei (IPCC 2022 b, S. 381). Für die Lebensmittelsicherheit werden schwerwiegende Klimafolgen in Form einer Zunahme schädlicher Algenblüten und toxischer Substanzen in Gewässern erwartet (IPCC 2022 b, S. 764). So sind beispielsweise Vibriolen und toxische Substanzen aus Cyanobakterien in manchen Regionen erwärmungsbedingt bereits verstärkt aufgetreten (IPCC 2022 a, S. 11). Eine weitere Folge des Klimawandels ist die Versauerung des Meerwassers durch die vermehrte Aufnahme von Kohlendioxid aus der Luft. Im Vergleich zum vorindustriellen Niveau (1750) ist der pH-Wert der globalen Oberflächengewässer im Mittel bereits messbar gesunken (IPCC 2022 b, S. 396). Niedrigere pH-Werte verringern die Kalkbildung von Organismen. Daher sind Tiere mit Hüllen und Skeletten aus Kalk empfindlicher gegenüber der Versauerung als andere Arten. Andererseits können höhere CO₂-Konzentrationen die Photosynthese und das Wachstum einiger Phytoplankton-, Algen- und Seegrasarten steigern (IPCC 2022 b, S. 400-401).



Toxische Substanzen aus Blaualgen sind in manchen Regionen erwärmungsbedingt bereits verstärkt aufgetreten.

Insgesamt verschlechtern Erwärmung, Sauerstoffmangel und Versauerung die Bedingungen für viele Meerestiere und führen zum Verlust ihrer Lebensräume, zur Umstrukturierung der marinen Nahrungsnetze sowie zum Artensterben (IPCC 2022 b, S. 381). Die damit einhergehenden Produktivitätsschwankungen beeinträchtigen zunehmend Fischerei, Muschelzucht und andere Aquakulturen. In der Fischerei führen geographische Verlagerungen der Fischbestände zu zusätzlichen Beeinträchtigungen (IPCC 2022 a, S. 19), indem sie vor allem das Bestandsmanagement erschweren.



Zukunftsaussichten für die Nahrungsmittel- produktion

Der fortschreitende Klimawandel wird die Produktion von Nahrungsmitteln künftig zunehmend beeinträchtigen und den Zugang zu ihnen erschweren. Dadurch wird die Ernährungssicherheit der Weltbevölkerung weiter gefährdet. Die weltweit zunehmende Häufigkeit und Intensität von Dürren, Überschwemmungen und Hitzewellen sowie der weitere Anstieg des Meeresspiegels werden die Risiken für die

Ernährungssicherheit in gefährdeten Regionen auch dann erhöhen, wenn die globale Erwärmung auf 1,5–2 °C begrenzt werden kann (IPCC 2022 a, S. 14). Auch die Nahrungsmittelversorgung aus dem Meer wird sich künftig erheblich verändern: Es ist zu erwarten, dass sich die Produktivität der globalen Fischerei insgesamt verringern wird, mit deutlichen Rückgängen in tropischen und subtropischen Regionen. In den höheren Breiten sind zwar Zuwächse möglich, diese werden jedoch die Verluste im weltweiten Durchschnitt nicht ausgleichen (IPCC 2022 b, S. 766). Auch für Aquakulturen wird sich der Lebensraum vor allem in tropischen und subtropischen Gebieten verringern. In den gemäßigten Breiten sind zwar auch kurzfristige Produktivitätszuwächse möglich, bis Ende des 21. Jahrhunderts wird die globale marine Aquakultur durch Erwärmung und Versauerung jedoch zurückgehen. Zudem werden Häufigkeit und Intensität von schädlichen Algenblüten und durch Wasser übertragene Krankheiten zunehmen (IPCC 2022 b, S. 775ff). Insgesamt wird sich künftig die Produktivität der globalen Meeresfischerei und der Aquakultur verringern. Zudem ist davon auszugehen, dass andere Arten gefischt und gezüchtet werden. Der Weltklimarat IPCC dokumentiert jedoch auch Konsens darüber, dass die Anfälligkeit der Meeresökosysteme für den Klimawandel verringert werden

kann, indem nichtklimatische Belastungen reduziert werden (IPCC 2022 b, S. 767), zu denen aus globaler Perspektive die Überfischung als eine der stärksten zählt. Die Vermeidung von Überfischung würde die negativen Einflüsse des Klimawandels auf die marinen Ökosysteme vermindern, die Fischbestände könnten sich erholen und die Anpassungsfähigkeit der Fischerei an den Klimawandel damit erhöht werden (IPCC 2022 b, S. 767).



Fischer arbeiten an schwimmenden Käfigen für Aquafarming in Halong Bay, Vietnam. Der Lebensraum für Aquakulturen wird sich vor allem in den tropischen und subtropischen Gebieten verringern.

Fisch, Meeresfrüchte und Algen: Status und Transformationspotential

Weltweit entsteht in der Nahrungsmittelproduktion knapp ein Viertel der vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen. Etwa sechs Prozent werden auf Wildfischerei und Aquakultur zurückgeführt. Dem gegenüber steht, dass Fisch, Meeresfrüchte und Algen aufgrund der einzigartigen Kombination aus Lieferung von lebenswichtigen Nährstoffen und vergleichsweise ressourcenschonender und emissionsarmer Produktion ein wichtiger Bestandteil der Welternährung sind. Eine ökologisch nachhaltige Produktion „blauer“ Lebensmittel wird auch künftig einen wichtigen Faktor der Sicherung der Welternährung darstellen. Ein weltweit nachhaltiges Fischereimanagement ist dafür von zentraler Bedeutung, da sich die Erträge langfristig auf einem höheren Niveau stabilisieren und sich die Widerstandsfähigkeit der Ökosysteme gegen die negativen Einflüsse des Klimawandels verstärken würden.





„Blaue“ Lebensmittel: wichtiger Bestandteil der Welternährung

Unter „blauen“ Lebensmitteln werden Lebensmittel aquatischen Ursprungs verstanden. Dabei handelt es sich um Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen aus Binnen- und Küstengewässern sowie Meeren. Aquatische Lebensmittel, also Fisch, Meeresfrüchte und Algen, können gezüchtet oder wild gefangen werden (*Golden et al. 2021, S. 316*). Derzeit sind es jährlich weltweit 178 Millionen Tonnen (ohne Algen). Bezogen auf die Menge werden

aktuell Sardelle, Alaska-Seelachs, Thunfisch und Hering am meisten gefangen (FAO 2022, S. 48). Knapp die Hälfte (49%) der Fischereiprodukte stammt inzwischen aus Aquakulturen (FAO 2022, S. 1). Die Aquakultur ist seit Jahren der weltweit am stärksten wachsende Sektor der Lebensmittelerzeugung (AG NASTAQ 2020, S. 11). In den letzten 30 Jahren hat sich die globale Aquakulturproduktion versechsfacht. Knapp 90 Prozent erfolgen derzeit in Asien, hauptsächlich China, nur knapp drei Prozent in Europa, davon etwa die Hälfte in Norwegen (FAO 2022, S. 38). In Aquakulturen zählen Karpfenartige im Süßwasser und Lachs im Meerwasser zu den am häufigsten gezüchteten Fischarten. Daneben werden vor allem Shrimps und Austern in vergleichbaren Mengen gezüchtet und in geringerem Umfang Krebse, Muscheln, Frösche, Reptilien, Seegurken, Quallen und Algen. Die Züchtung erfolgt in Seen, Teichen oder Süßwasseranlagen an Land. Zur Küsten- und marinen Aquakultur gehören Salzwasserteiche und Käfige in Küstengewässern (maribus 2021, S. 100). In den letzten Jahrzehnten hat der Konsum von „blauen“ Lebensmitteln weltweit kontinuierlich zugenommen: Pro Kopf sind es derzeit jährlich durchschnittlich 20 kg Fisch und Meeresfrüchte. Das ist doppelt so viel wie Anfang der 1960er Jahre. Diese Entwicklung ist hauptsächlich auf die starke Zunahme des Fischkonsums in China zurückzuführen, der

sich im selben Zeitraum verzehnfacht hat (FAO 2022, S. 82). China ist der weltweit größte Fischproduzent und -exporteur. Dies beinhaltet neben Anlandungen in China auch in anderen Ländern gefangenen Fisch, der in China weiterverarbeitet wird. Mehr als ein Drittel der globalen Fischereiproduktion (35% in 2020) erfolgt in diesem Land (FAO 2022, S. 20). Die weltweit meisten Fänge werden im Pazifik getätigt. In den tropischen Meeren haben sich die Fangmengen seit den 1980er Jahren verdoppelt, während sie in den übrigen Fanggebieten ungefähr gleich geblieben sind (FAO 2022, S. 21). Der zunehmende Fischkonsum und die starke Zunahme der Fischerei in tropischen Meeren stehen in deutlichem Gegensatz zu der zuvor skizzierten Auswirkung des Klimawandels auf die globale Fischerei, die künftig eine geringere Produktivität vor allem in tropischen und subtropischen Regionen erwarten lässt. Dies verdeutlicht die Dringlichkeit einer nachhaltigen Nutzung dieser Ressourcen.

Im weltweiten Durchschnitt werden derzeit etwa 17 Prozent des tierischen Proteinbedarfs durch Fisch und Meeresfrüchte gedeckt, bezogen auf den gesamten Proteinbedarf der Weltbevölkerung sind es etwa sieben Prozent (FAO 2020 b, S. 5, FAO 2022, S. 5). Dies scheinen zunächst vergleichsweise geringe Anteile zu sein. Fisch trägt jedoch wegen seiner

Der globale Rahmen

Fisch, Meeresfrüchte und Algen: Status und Transformationspotential

einzigartigen Nährstoffzusammensetzung erheblich zu einer gesunden Ernährung der Weltbevölkerung bei. Werden hinsichtlich des Nährwertes neben dem Proteingehalt auch andere Nährstoffe berücksichtigt, wird deutlich, dass die sieben nährstoffreichsten tierischen Lebensmittel alle aquatischen Ursprungs sind (*Golden et al. 2021, S. 316*). „Blaue“ Lebensmittel liefern neben Proteinen gesunde Fettsäuren, Vitamine und lebenswichtige Elemente wie Iod und Selen. Sie verringern den Mangel an Mikronährstoffen (z.B. Vitamin A, Kalzium und Eisen), der zu Folgeerkrankungen führen kann. Fettreiche Fische wie Makrele und Lachs enthalten große Mengen an ungesättigten Fettsäuren, insbesondere Omega 3. Diese sind wichtig für die Entwicklung des Gehirns und der Augen, verringern das Risiko von Herzkrankungen und werden u. a. zur Behandlung von rheumatoider Arthritis eingesetzt (*Golden et al. 2021, S. 316*). Die langkettigen, hochungesättigten Omega-3-Fettsäuren kommen fast ausschließlich in Meeresfischen vor, aber auch in Meeresalgen, da pflanzliches Plankton diese Fettsäuren selbst aufbauen kann. Omega-3-Fettsäuren sind zwar auch in terrestrischen Pflanzen wie z.B. Raps-, Soja- oder Walnussöl enthalten, im menschlichen Körper sind sie aber bei Weitem nicht so wirksam wie die aus dem Meer (*maribus 2013, S. 39–41*). Würden anstelle von rotem Fleisch



Fettreiche Fische wie Makrele und Lachs enthalten große Mengen an ungesättigten Fettsäuren, die u.a. das Risiko von Herzkrankungen verringern.

mehr Fisch und Meeresfrüchte verzehrt werden, könnten ernährungsbedingte Krankheiten, wie Bluthochdruck, Schlaganfall, Herzkrankheiten, Diabetes, Darm- und Brustkrebs, systematisch verringert werden (*Golden et al. 2021, S. 317*).



Wie ressourcenschonend sind Fischerei und Aquakultur?

„BLAUE“ LEBENSMITTEL ALS QUELLE VON TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Die Nahrungsmittelproduktion trägt derzeit nennenswert zu den globalen Treibhausgasemissionen bei, und zwar zu den vom Menschen verursachten weltweit knapp ein Viertel (*IPCC 2022 d, S. 252*). Nahrung aus dem Meer wird in der Regel von globalen Bewertungen der Treibhausgasemissionen ausgenommen oder ihre Bedeutung auf Basis unzureichender

Daten stark verallgemeinert. Dies führt dazu, dass die große Spannbreite unterschiedlicher Treibhausgasemissionen je nach Zielfischart und Fangmethode unberücksichtigt bleibt. Genauere Untersuchungen erfolgten für einzelne Beispieljahre: So wurden etwa für das Jahr 2011 insgesamt vier Prozent der Treibhausgasemissionen aus der Nahrungsmittelproduktion auf die Wildfischerei zurückgeführt, wobei ein Großteil aus der direkten Verbrennung fossiler Brennstoffe als Kraftstoff für die Schiffe stammte, der Treibstoffverbrauch der Flotten aber stark variierte (Parker et al. 2018, S. 333). Die Fischerei auf kleine pelagische Arten (Sardine, Sardelle, Hering), also Fische, die nicht in Nähe des Meeresbodens leben, machte beispielsweise 2011 ein Fünftel der gesamten Anlandungen aus, emittierte jedoch nur zwei Prozent der Treibhausgase aus der gesamten Wildfischerei. Andererseits sind 22 Prozent der Emissionen der Fischerei auf Krustentiere zuzuordnen, obwohl diese nur für sechs Prozent aller Anlandungen steht. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in der Hummer- und Garnelenfischerei pro Ausfahrt vergleichsweise geringe Mengen gefangen werden, während insbesondere die Schleppnetzfischerei auf Krustentiere erhebliche Mengen an Treibstoff verbraucht (Parker et al. 2018, S. 334). Innerhalb von gut 20 Jahren (1990–2011) sind die Treibhausgasemissionen in der Fischerei

weltweit um 28 Prozent gestiegen. Ursache hierfür ist größtenteils die Zusammensetzung der Fänge; so haben Anlandungen aus der energieintensiven Fischerei auf Krustentiere im selben Zeitraum um 60 Prozent zugenommen (Parker et al. 2018, S. 335).

WILDFISCH IM VERGLEICH ZU ANDERN NAHRUNGSMITTELN

Verglichen mit der Erzeugung anderer tierischer Nahrungsmittel ist die Wildfischerei insgesamt emissionsärmer. Bei der Erzeugung von über der Hälfte aller Nahrungsmittel aus der Wildfischerei werden im Durchschnitt weniger Treibhausgase emittiert als bei der von Rindfleisch, Lammfleisch und Geflügel. Insgesamt sind die durchschnittlichen Treibhausgasemissionen der Wildfischerei in etwa mit der Geflügelzucht vergleichbar (Parker et al. 2018, S. 335). Das größte Potential zu ihrer Reduktion liegt in der Verringerung des Treibstoffverbrauchs der Flotten. Aber auch nach der Anlandung gibt es Einsparpotential: Fischereierzeugnisse legen von ihrem Ursprungs- bis zu ihrem Verarbeitungsort und schließlich zum Markt oft Tausende von Kilometern zurück. Der Transport ist eine der Hauptquellen für Emissionen bei manchen Produkten, insbesondere wenn sie frisch oder lebendig per Luftfracht eingeflogen werden (Parker et al. 2018, S. 336). Der internationale Handel mit Fisch und

Meeresfrüchten, die Nachfrage nach Fischereiprodukten aus weit entfernten Regionen und der Wunsch nach frischen Produkten zeigen, wie vielfältig die Einflüsse auf die CO₂-Bilanz der Fischerei sind.

Im Vergleich mit der weltweit produzierten Getreidemenge von rund 2 Milliarden Tonnen pro Jahr (*BLE 2020*, S. 31) erscheint der globale jährliche Wildfischereiertrag von 90 Millionen Tonnen gering. Dennoch brauchte man eine zusätzliche Landfläche von mindestens der Größe Frankreichs, um den Nährwert des globalen Wildfischfangs durch Getreideanbau zu ersetzen. Diese Böden müssten von mindestens durchschnittlicher Fruchtbarkeit sein (*maribus 2013*, S. 41). Der Nutzungsdruck auf die globalen produktiven Landflächen wird jedoch künftig weiter ansteigen (*UBA 2013*, S. 14). Zudem kann sich der Klimawandel auch erheblich auf die Bodenverfügbarkeit und -fruchtbarkeit auswirken (*IPCC 2022 b*, S. 741). Selbst wenn eine deutliche Erhöhung des Getreideanbaus möglich wäre, würde dies nicht nur den Verlust der Artenvielfalt verschärfen und die Bereitstellung vieler Ökosystemleistungen beeinträchtigen, sondern auch den Klimawandel verstärken (*Costello et al. 2020*, S. 95). Denn neben dem großen Flächenbedarf für den Ackerbau sind für die Gemüse- und Getreideproduktion große

Mengen an Dünger und Pflanzenschutzmittel nötig. Diese verstärken wiederum die Treibhausgasemissionen und beeinträchtigen Bestäuber. Wildfisch ist hingegen ein ökologisch erzeugtes Lebensmittel, dessen Wachstum letztlich allein auf der Photosynthese des pflanzlichen Planktons basiert (*maribus 2013*, S. 41).

AQUAKULTUREN VS. VIEHZUCHT AN LAND

Aquakultur kann eine sehr effiziente und nachhaltige Methode sein, Menschen mit tierischem Eiweiß zu versorgen und der Überfischung entgegenzuwirken – vorausgesetzt, es gelingt, Nachhaltigkeitskonzepte umzusetzen und den ökologischen Fußabdruck zu optimieren (*maribus 2021*, S. 99). Derzeit setzt die Aquakulturindustrie noch signifikante Mengen Wildfisch als Futtermittel für die Zuchtfische ein (*maribus 2013*, S. 91 u. 2021, S. 76, *Fietz 2020*). Im Jahr 2020 wurden etwa 16 Millionen Tonnen Wildfisch zu Fischmehl und -öl verarbeitet. Dies entsprach rund 17 Prozent der Anlandungen (*FAO 2022*). Erwähnenswert ist aber auch, dass der Anteil des Wildfischs an der Fischmehl- und Fischölproduktion abnimmt. Es wird angestrebt, den Anteil weiter zu reduzieren, da die indirekte Verfütterung von Wildfisch an Zuchtfisch erheblichen Druck auf die Wildfischbestände ausübt. Bisher werden für die Herstellung von



Bisher werden für die Herstellung von Fischmehl und -öl noch größtenteils kleine bis mittelgroße Fische wie Sardine, Sardelle und Hering verwendet.

Fischmehl und -öl kleine bis mittelgroße pelagische Fischarten, wie z.B. Sardine, Sardelle und Hering, verwendet. Diese spielen eine wichtige Rolle in vielen marinen Ökosystemen, da sie Hauptnahrungsquelle für Seevögel, Meeressäuger und größere Fische sind, die z.T. ebenfalls kommerziell genutzt werden (Fietz 2020, S. 21). Inzwischen wird jedoch ein wachsender Anteil von Fischmehl und -öl aus Nebenprodukten des Fischfangs und der Aquakultur hergestellt. Dies vermindert zudem die Entstehung von Fischabfällen (FAO 2022, S. 77). Insgesamt trägt die globale Aquakultur etwa 0,5 Prozent zu den menschlichen Treibhausgasemissionen bei. Davon gehen durchschnittlich etwa 57 Prozent auf die Futtermittelherstellung zurück. Ein weiterer nennenswerter Anteil der Treibhausgasemission in der Aquakultur entsteht durch den z.T. hohen Energieverbrauch (MacLeod et al. 2020, S. 1). Wird die Menge emittierter Treibhausgase in Relation zur erzeugten Nahrungsmenge gesetzt, ist der Beitrag der globalen Aquakultur jedoch geringer als der der Viehzucht an Land, insbesondere im Vergleich zu den Wiederkäuern Rind und Schaf (MacLeod et al. 2020, S. 3). Neben der Tatsache, dass Fische und Meeresfrüchte anders als Wiederkäuer kein Methan emittieren, benötigen Aquakulturen – je nach Zuchtart und Haltung – oft deutlich weniger Nahrung als die Tiere an Land, um Körpermasse aufzubauen. So ist

beispielsweise deutlich weniger Futter nötig, um ein Kilogramm Karpfen zu produzieren, als die Zucht von einem Kilogramm Huhn, Rind oder Schwein erfordert. Ein Grund dafür ist, dass Fische wechselwarme Tiere sind, deren Körpertemperatur in etwa der Umgebungstemperatur entspricht. Sie brauchen daher wesentlich weniger Energie für die Wärmegewinnung als die gleichwarmen Säugetiere oder Vögel. Zudem verbraucht die Fortbewegung an Land mehr Energie als die im Wasser (*maribus 2013, S. 89, AG NASTAQ 2020, S. 13*). Fische haben auch einen wesentlich höheren nutzbaren Muskelanteil („Fleisch“) als Rind, Schwein und Geflügel.

Je nach Zuchtart, Haltung und regionalen Standorteigenschaften sind die Hauptursachen für Treibhausgasemissionen unterschiedlich: Arten, die überwiegend in Asien gezüchtet werden (d. h. Süßwasserwelse und Karpfenartige), weisen höhere Methanemissionen auf, da ihre Zucht oft in Reisanbaugebieten erfolgt, während bei der Zucht fischfressender Salmoniden (lachs- und forellenartige Fische) mehr Emissionen durch Fischmehlherstellung und Änderungen der Landnutzung zur Sojaproduktion entstehen. Garnelen und Krabben gehören zu den Arten mit einer hohen Emissionsintensität, da in den Zuchtanlagen viel



Aquakulturen in Reisanbaugebieten weisen oft höhere Methanemissionen auf.

Energie verbraucht wird, hauptsächlich für Wasserbelüftung und Pumpen. Intensiv bewirtschaftete Aquakulturen im Meer können außerdem durch hohe Nährstoffkonzentrationen und Fischkot zur Überdüngung der jeweiligen Gewässer führen. Entgegen der öffentlichen Wahrnehmung geht von Aquakultur jedoch eine geringere Nährstoffbelastung aus als von landwirtschaftlichen Nutztieren, insbesondere Rind und Schwein (*AG NASTAQ 2020, S. 13*). Ähnlich wie bei landwirtschaftlichen Nutztieren in Massentierhaltung sind auch Fische in Aquakulturen krankheitsanfälliger als wildlebende Tiere. Daher werden auch hier oft Antibiotika eingesetzt. Diese können sich im Fisch anreichern, bei Verzehr der menschlichen Gesundheit schaden und zu Resistenzen gegen Antibiotika führen. Die Folgen für die Ökosysteme sind bisher nicht abschätzbar (*Troell et al. 2019, S. 13*). Eine

Der globale Rahmen

Fisch, Meeresfrüchte und Algen: Status und Transformationspotential

weitere Belastung durch Aquakulturen kann durch invasive Arten erfolgen. In der Vergangenheit entkamen häufig Zuchtfische aus Käfiganlagen, etwa europäische Atlantische Lachse in Nordamerika. Durch sie wurden im Laufe der Zeit Krankheiten auf die Wildpopulation an der US-Küste übertragen (*maribus 2013 S. 93*).

„BLAUE“ LEBENSMITTEL MIT POTENTIAL: MUSCHELN UND ALGEN

Im Vergleich zu anderen tierischen Arten, die in Aquakulturen gezüchtet werden, geht von Muscheln die geringste Umweltbelastung aus. Da Muscheln sich von Nährstoffen aus ihrer Umgebung ernähren, entziehen sie dem Wasser überschüssige Nährstoffe. Zudem entstehen keine Emissionen durch die Futterproduktion. Nahrungsmittel auf Algenbasis schneiden im Vergleich zu allen anderen Nahrungsmitteln am besten ab. Marine Algenzucht steht auch nicht in Flächenkonkurrenz zur landwirtschaftlichen Nahrungsmittelproduktion. Zudem verbraucht sie im Gegensatz zur Zucht höherer Landpflanzen kein Süßwasser und benötigt keine Düngemittel. Der Anbau von Meeresalgen erfordert außerdem keine Futtermittel (*Cai et al. 2021, S. 13*). Durch die Extraktion von Nährstoffen (Stickstoff und Phosphor) aus dem umgebenden Wasser und die Absorption von



Nahrungsmittel auf Algenbasis erzeugen im Vergleich zu anderen Lebensmitteln die geringste Umweltbelastung.

Kohlendioxid können Algen und Mikroalgen die Eutrophierung eindämmen, Abwässer reinigen, die Versauerung der Meere verringern und einen Beitrag zum natürlichen Klimaschutz leisten (*Cai et al. 2021, S. 13; AG NASTAQ 2020, S. 13*). Weitere direkte oder indirekte Ökosystemleistungen von Algen und/oder Mikroalgen sind (1) die Bereitstellung von Lebensräumen für Fische und andere Meeresorganismen, (2) die Funktion als Puffer gegen starken Seegang, (3) die Verringerung der Überfischung durch Schaffung alternativer Lebensgrundlagen für Fischereigemeinden, (4) die Verbesserung der Bodenbedingungen und die potentielle Reduzierung von Pestiziden in der Landwirtschaft durch Biodünger auf Meeresalgenbasis und (5) die Herstellung leicht biologisch abbaubarer Waren und Verpackungen (*Cai et al. 2021, S. 13*).



Nachhaltiges Fischerei- management – welchen Fisch kann man noch essen?

Überfischung zählt aus globaler Perspektive zu den stärksten nichtklimatischen Faktoren, die sich negativ auf die Fischerei auswirken (*IPCC 2022 b*, S. 767). Ein weltweit nachhaltiges Fischereimanagement würde die Erträge langfristig auf höherem Niveau stabilisieren und die Widerstandsfähigkeit der Ökosysteme gegenüber den negativen Einflüssen des Klimawandels stärken. Die Welternährungsorganisation FAO definiert Fischereimanagement als

einen Prozess, in dem verschiedene Maßnahmen zusammengeführt und kombiniert werden, um die anhaltende Produktivität der Fischbestände zu gewährleisten. Zu diesen Maßnahmen zählen Informationsbeschaffung, Analyse und Planung, Entscheidungsfindung und Ressourcenzuteilung sowie Formulierung und Durchsetzung von Fischereivorschriften, mit denen die Fischereimanagementbehörde das gegenwärtige und künftige Verhalten der an der Fischerei Beteiligten kontrolliert, um die Ziele zu erreichen (*Garcia et al. 2003, S. 3*).

Von einer einzelnen Fischart gibt es weltweit viele unterschiedliche Bestände, die jeweils in begrenzten Meeresregionen vorkommen. Obwohl sie zur selben Art gehören, mischen sich die Fischbestände untereinander nicht. Für das Fischereimanagement ist es bzgl. der Überfischung wichtig, die jeweiligen Fischbestände zu betrachten. Denn eine Art wird selten als Ganzes überfischt, sondern meist nur als einzelner Bestand (*maribus 2013, S. 18*). Deshalb lässt sich die Frage, welcher Fisch noch gegessen werden darf, immer nur in Bezug auf die jeweiligen Fischbestände beantworten. Ein Fischbestand gilt dann als überfischt, wenn so viel Fisch gefangen wird, dass nicht mehr genügend erwachsene Tiere am Leben bleiben, um ausreichend viele Nachkommen zu erzeugen. Daraufhin

schrumpft dieser Fischbestand. Derzeit gelten etwa 35 Prozent der weltweiten Fischbestände als überfischt (*FAO 2022, S. 18*). Demgegenüber befinden sich laut FAO 65 Prozent der weltweiten Fischbestände innerhalb nachhaltiger biologischer Grenzen. Mitte der 1970er Jahre lag der Anteil überfischter Bestände noch bei etwa zehn Prozent. Seitdem ist er kontinuierlich angestiegen (*FAO 2020 b, S. 54*).

Auf dem Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung 2002 in Johannesburg wurde deshalb für die Fischerei das Ziel festgelegt, die Bestände auf einem Niveau zu erhalten bzw. wiederherzustellen, das den maximalen nachhaltigen Dauerertrag (Maximum Sustainable Yield, MSY) ermöglicht. Der MSY ist der größtmögliche jährliche Ertrag, den ein Fischbestand langfristig produzieren kann, ohne dabei dezimiert zu werden. Er wird durch die optimale Fischereiintensität (FMSY) ermöglicht. Werden Bestände über FMSY befischt, so wird ihr Wachstumspotential nicht mehr optimal ausgeschöpft und die Fischereien verlieren langfristig Ertrag. Eine Gefährdung des Bestandes tritt aber erst dann ein, wenn über einen längeren Zeitraum mehr Fische entnommen werden als nachwachsen und eine kritische Elternbestands-Biomasse (Blim) erreicht wird, unterhalb derer das Risiko einer verminderten Nachwuchsproduktion rapide



Ein nachhaltiges Fischereimanagement würde die jährliche weltweite Fischereiproduktion um etwa zehn Prozent erhöhen.

steigt. Der Bestand befindet sich dann außerhalb sicherer biologischer Grenzen. Somit ist eine Überfischung in Bezug auf den maximalen Dauerertrag (Verlust an Ertrag) von einer Überfischung in Bezug auf sichere biologische Grenzen (verminderte Nachwuchsproduktion) zu unterscheiden (Kempf et al. 2022). Vor dem Hintergrund einer wachsenden Weltbevölkerung mit einem sich ändernden Klima ist die Intensivierung des Fischereimanagements unumgänglich. Verglichen mit der aktuellen Situation würde die Umsetzung des maximalen nachhaltigen Dauerertrags in der Fischerei die jährliche weltweite Fischereiproduktion um etwa zehn Prozent (16,5 Mio. Tonnen) erhöhen, die jährlichen Erträge entsprechend steigern sowie die biologische Vielfalt und das Funktionieren der Meeresökosysteme verbessern (Ye et al. 2013, S. 174).

A green fishing boat named 'GRE 6' is shown from a front-on perspective on a body of water. The boat has two prominent yellow cranes extending outwards, each supporting a large fishing net. The nets are dark and have black floats along their edges. The boat's hull is green with 'GRE 6' written in white on both sides. A small circular logo with the letter 'H' is visible on the front of the hull. The background shows a clear blue sky and a distant shoreline with trees and a white sailboat. The image is framed by a teal background with a white wavy shape on the right side.

**DIE REGIONALE
PERSPEKTIVE**

Die aktuelle Situation: Brüssel und der Nordatlantik mit Nord- und Ostsee

Ziel des EU-Fischereimanagements ist die Erreichung des höchstmöglichen nachhaltigen Dauerertrages (MSY), um Fischern die Möglichkeit zu geben, ihre Fänge zu maximieren, ohne die Fortpflanzung der Fischbestände zu gefährden. In den letzten beiden Jahrzehnten ist die Fischereiintensität in allen EU-Gewässern zurückgegangen. Im Nordostatlantik zeichnet sich im Mittel eine Zunahme der Biomasse der Fischbestände ab. Im Jahr 2020 haben rund 72 Prozent der bewerteten Fischbestände die MSY-Kriterien erreicht. Die Situation in Nord- und Ostsee ist vergleichbar. Dennoch befinden sich einige kommerziell genutzte Fischbestände bzgl. ihrer Bestandsgröße und/oder der Fischereiintensität derzeit nicht im Rahmen der MSY-Kriterien.





EU-Fischereipolitik und das Fanggebiet Nordatlantik

In der Europäischen Union zielt die Gemeinsame Fischereipolitik (GFP) darauf ab, dass Fischerei- und Aquakulturtätigkeiten langfristig zu ökologischer, wirtschaftlicher und sozialer Nachhaltigkeit beitragen. Im Einklang mit dem europäischen Grünen Deal und der Biodiversitätsstrategie 2030 unterliegen Fischereien in der EU dem Vorsorgeprinzip, um die negativen Auswirkungen von Fischereitätigkeiten auf das Meeresökosystem

einzu­schränken. Ziel des EU-Fischerei­managements ist die Erreichung des höchstmöglichen Dauerertrages (MSY), um Fischern die Möglichkeit zu geben, ihre Fänge zu maximieren, ohne die Fortpflanzung der Fischbestände zu gefährden. Zu diesem Zweck werden für die meisten kommerziellen Fischbestände zulässige Gesamtfangmengen festgelegt. Die Fangmengen sollten bei allen Beständen bis 2015, spätestens jedoch bis 2020 dem Niveau der höchstmöglichen Dauererträge (MSY) entsprechen (*Europäisches Parlament und Europäische Union 2013*). Die Welternährungsorganisation FAO teilt die Weltmeere in 19 Fanggebiete auf. Zu den europäischen Fanggebieten zählen der Nordostatlantik (FAO-Fanggebiet 27) sowie Mittelmeer und Schwarzes Meer (FAO-Fanggebiet 37). Die Fanggebiete werden weiter unterteilt in Managementgebiete oder Ökoregionen, die nicht identisch sein müssen. Die Fischbestände der nordeuropäischen Gewässer werden regelmäßig untersucht und analysiert. Der Wissenschafts-, Technik- und Wirtschaftsausschuss für die Fischerei (STECF) konstatiert in seinem Monitoring-Bericht 2022, dass der fischereiliche Druck in allen Ökoregionen der EU-Gewässer zurückgegangen ist. Die jüngsten Ergebnisse deuten auf eine Verringerung der Gesamtnutzungsrate und eine Zunahme der Biomasse der Bestände im Nordostatlantik im Zeitraum 2003–2020 hin

(*STECF 2022, S. 4*). Im Jahr 2020 hatten 54 von 75 Bestände, für die entsprechende Referenzwerte vorliegen, das MSY-Kriterium erreicht. Dies entspricht 72 Prozent der bewerteten Bestände, während es 2003 nur 29 Prozent waren (*Kempf et al. 2022*). Dennoch sind viele Bestände nach wie vor überfischt und/oder außerhalb sicherer biologischer Grenzen. Das Ziel der Gemeinsamen Fischereipolitik der EU (GFP), sicherzustellen, dass alle Bestände im Jahr 2020 entsprechend dem maximalen Dauerertrag nachhaltig bewirtschaftet werden, wurde also bisher nicht erreicht (*STECF 2022, S. 9*). Zur Erreichung dieses Ziels veröffentlicht der Internationale Rat für Meeresforschung (ICES) jedes Jahr wissenschaftsbasierte Fangempfehlungen für die Fischbestände im Nordostatlantik (ICES Advice) und schlägt geeignete Fangquoten für das nächste Jahr vor (*Europäisches Parlament und Europäische Union 2013*).



Nord- und Ostsee

Das FAO-Fanggebiet 27 Nordostatlantik ist in neun Ökoregionen unterteilt, zu denen auch Nord- und Ostsee zählen (*Thünen 2022 b*). Die kommerziell genutzten Fischarten lassen sich grob unterscheiden in Arten, die im freien Wasserkörper leben (pelagisch) und solche, die im oder auf dem Meeresboden bzw. in dessen Nähe vorkommen (demersal und benthisches). In der Nordsee werden hauptsächlich pelagische Arten gefangen, von denen Hering

Die regionale Perspektive

Die aktuelle Situation: Brüssel und der Nordatlantik mit Nord- und Ostsee

und Makrele den größten Anteil ausmachen. Sandaal und Schellfisch, aber auch Plattfische und Kabeljau zählen zu den am meisten gefangenen Nordseefischen, die in Bodennähe leben (ICES 2022 a, S. 1). In der Ostsee zählen 95 Prozent der gefangenen Fische zu den drei Hauptzielarten Hering, Sprotte (pelagisch) und Dorsch (benthopelagisch) (ICES 2023, S. 9).

FANGGERÄTE

Die Hauptfanggeräte in der Nord- und Ostseefischerei sind pelagische Schleppnetze (in der Nordsee auch Wadenetze) und Grundsleppnetze (in der Nordsee vor allem Grundscherbrettnetze und Baumkurren) (ICES 2022, S. 9, und ICES 2023, S. 11). Pelagische Schleppnetze sind für den Einsatz im freien Wasserkörper (pelagisch) oder an der Wasseroberfläche konzipiert. Sie haben keinen Einfluss auf den Meeresboden, weil sie ihn in der Regel nicht berühren. In den meisten Fällen wird gezielt auf eine Art gefischt, die Beifangraten unerwünschter Arten sind daher sehr niedrig (< 5%). In einigen Gebieten kann es jedoch zum Beifang von Meeressäugern kommen (Thünen 2022 b). Grundsleppnetze sind dagegen für den Einsatz am Boden oder in Bodennähe konzipiert. Bei ihrem Einsatz können Bodenlebensgemeinschaften geschädigt werden, indem festsitzende und



Grundsleppnetze können am Boden lebende Organismen schädigen und Sediment aufwirbeln; zudem kann es zu unerwünschten Beifängen kommen.

im Boden lebende Organismen (inkl. Bewuchs) geschädigt und/oder entfernt werden. Dies hat möglicherweise Einfluss auf das Ökosystem, der aber je nach Einsatzort und Bodenbeschaffenheit unterschiedlich sein kann. Besonders empfindlich sind Gebiete mit langsam wachsenden Kaltwasserkorallen und Schwammgemeinschaften. Bekannte Vorkommen sind aber inzwischen für die Fischerei mit Grundsleppnetzen überwiegend geschlossen. Zudem

kann Sediment aufgewirbelt und abgetragen werden. Der Einfluss ist in Gebieten, die generell stark von Strömungen und/oder Gezeiten beeinflusst sind, meist nur temporär. Weitere Forschung auf diesem Gebiet ist erforderlich. Darüber hinaus kann es in der Fischerei mit Grundschleppnetzen zu unerwünschten Beifängen von zu kleinen Fischen und Nichtzielarten kommen (*Thünen 2022 b*).

AKTUELLER ZUSTAND DER FISCHBESTÄNDE

Zwei Drittel (30 von 45) der analytisch bewerteten Fischbestände in der **Nordsee** werden in einem Umfang befischt, der der vom ICES empfohlenen optimalen Fischereiintensität (FMSY) entspricht oder darunterliegt. Bei demersalen und benthischen Fischen sowie bei Krebstieren zeigt die Fischereiintensität (F) seit den 1990er Jahren rückläufige Tendenzen, wobei sie jedoch im Mittel weiterhin noch über der optimalen Fischereiintensität liegt. Dass sich – bezogen auf alle analytisch bewerteten Bestände der Nordsee – die durchschnittliche Fischereiintensität und die Biomasse des Bestandes in einem wünschenswerten Zustand befinden, bedeutet jedoch nicht, dass dies für alle kommerziell genutzten Fischbestände der Nordsee gilt. Tatsächlich werden derzeit mehrere Nordseefischbestände über der optimalen Fischereiintensität befischt. Hierzu zählen die

Nordsee-Makrele, der Nordsee-Seelachs und die Streifenbarbe. Obwohl der Nordsee-Kabeljau derzeit unterhalb der optimalen Fischereiintensität befischt wird und sich der Fischereidruck auf dem niedrigsten Niveau seit den 1960er Jahren befindet, liegt seine Bestandsgröße unterhalb der kritischen Elternbestands-Biomasse (Blim), so dass zu wenig Nachwuchs produziert wird. Hinsichtlich des maximalen Dauerertrages (MSY) im grünen Bereich – sowohl bzgl. der Fangmenge als auch bzgl. der Bestandsgröße – befinden sich derzeit Kliesche, Scholle, Flunder, Steinbutt, Dornhai (bekannt als Schillerlocke) und Seehecht. Außerdem gibt es in der Nordsee Fischarten, deren Zustand sich im Hinblick auf den maximalen Dauerertrag von Bestand zu Bestand unterscheidet. Hierzu zählen Hering, Schellfisch, Seezunge und Wittling (*ICES 2022 a*, S. 32-50).

Die regionale Perspektive

Die aktuelle Situation: Brüssel und der Nordatlantik mit Nord- und Ostsee

Auch in der **Ostsee** stammt ein Großteil der Anlandungen aus gesunden Beständen mit voller Reproduktionskapazität, was vor allem auf die umfangreichen Anlandungen von Sprotte und Hering im Bottnischen Meerbusen und im Golf von Riga zurückzuführen ist (*ICES 2023, S.12*). Die Ostseebestände von Scholle und Seezunge befinden sich ebenfalls bzgl. der Bestandsgröße, aber auch bzgl. der Fischereiintensität im Rahmen der MSY-Kriterien. Zwei Drittel der Ostseefischbestände werden innerhalb der Grenzen (Blim) befischt, die ihre Reproduktionskapazität berücksichtigen (*ICES 2023, S. 12*). Der Fischereidruck auf benthische und pelagische Fischbestände ist seit Anfang der 2000er Jahre insgesamt zurückgegangen. Eine Reihe von Beständen wird derzeit aber noch oberhalb der optimalen Fischereiintensität befischt, d. h. der Fischereidruck ist im Hinblick auf den angestrebten maximalen Dauerertrag zu hoch. Zu diesen Beständen zählen die Sprotte sowie der Dorsch und der Hering in der westlichen und zentralen Ostsee. Während der Ostsee-Sprotten-Bestand weiterhin oberhalb des Referenzwertes für die Elternbestands-Biomasse liegt und somit die Reproduktionsfähigkeit uneingeschränkt ist, befinden sich die Bestandsgrößen von Dorsch und Hering jeweils deutlich unter diesem Referenzwert, was sich durch eine viel zu geringe Nachwuchsproduktion äußert (*ICES 2023, S. 31-33*).



Die Schollen-Bestände in Nord- und Ostsee befinden sich bzgl. Bestandsgröße und Fischereiintensität derzeit im grünen Bereich.

Fischerei in Deutschland



In Deutschland werden derzeit am häufigsten die Nordseekrabbe, Hering, Sprotte und Dorsch bzw. Kabeljau angelandet. Dabei wird weniger als zehn Prozent des in Deutschland verzehrten Fisches von der deutschen Fischereiflotte in heimischen Gewässern gefangen. Die größten Umsätze mit Fischereierzeugnissen in Deutschland werden inzwischen im Fischimport und Fischereigröß- und -einzelhandel erzielt. Dennoch sind einzelne Fischereien durch ihre Spezialisierung auf einzelne Arten gegenüber dem Klimawandel besonders anfällig, wie z.B. die Heringsfischereien der westlichen Ostsee. Auch in Nord- und Ostsee hat sich der Klimawandel bereits ausgewirkt. Wegen der Erwärmung und veränderter chemischer Eigenschaften des Meeresswassers haben sich Fischbestände nach Norden verlagert und ihre Produktivität hat sich z. T. verringert. Ein erfolgreiches Fischereimanagement muss den Klimawandel und andere menschliche Einflüsse und ihre komplexen Wechselwirkungen im gesamten Ökosystem berücksichtigen. Mittelfristig ist eine Neuverteilung der Fangquoten in den EU-Meeren nötig, die der sich schnell verändernden Artenzusammensetzung und den Fangmöglichkeiten Rechnung trägt.

Die Vorstellung vieler Deutscher, der an der Küste angebotene Fisch komme direkt von den Fischkuttern aus den nahe gelegenen Häfen und werde in den heimischen Küstengewässern der Nord- und Ostsee gefangen, trifft weitestgehend nicht zu. Von den 1,1 Millionen Tonnen des in Deutschland konsumierten Fisches (Stand 2021) wurden von der deutschen Fischereiflotte knapp 54.000 Tonnen in der Nordsee und weitere 18.000 Tonnen in der Ostsee mit Skagerrak und Kattegat gefangen (Stand 2021, *Fisch-Informationszentrum 2022*, S. 8 u. 16). Insgesamt wird also nur knapp sieben Prozent des in Deutschland verzehrten Fisches von der deutschen Fischereiflotte in heimischen Gewässern gefangen, den größten Teil aber in weiter entfernten Regionen. So hat die deutsche Hochseeflotte im Jahr 2021 erstmals die Chilenische Makrele in nennenswerten Mengen im Südostpazifik gefangen und im Ausland angelandet. (*Fisch-Informationszentrum 2022*, S. 16). Um der Nachfrage gerecht zu werden, importiert Deutschland Fisch aus der ganzen Welt. Dabei kommt 44 Prozent der Seefischimporte aus anderen EU-Ländern und Norwegen. Im weltweiten zwischenstaatlichen Vergleich ist China der Hauptexporteur von Speisefisch für Deutschland. Zwischen 2015 und 2019 kamen rund 17 Prozent des importierten Seefisches aus diesem Land. Ein weiterer nennenswerter Anteil von sieben Prozent wurde im selben Zeitraum aus den USA importiert (*BLE 2021 b*, S. 17-18).



Nur knapp sieben Prozent des in Deutschland verzehrten Fisches wird von der deutschen Fischereiflotte in heimischen Gewässern gefangen.

Lachs, Alaska-Seelachs und Thunfisch sind am meisten nachgefragt: Fast die Hälfte des in Deutschland konsumierten Fisches zählt zu diesen drei Arten (*Fisch-Informationszentrum 2022, S. 9*). In Deutschland angelandet wurden im Jahr 2021 am häufigsten die Nordseekrabbe, Hering, Sprotte und Dorsch bzw. Kabeljau (*Fisch-Informationszentrum 2022, S. 15*). Der große Anteil importierter Fischereiprodukte und der insgesamt geringe Selbstversorgungsgrad bilden sich auch in den Fischereistrukturdaten ab: Der größte Umsatz von Fischereierzeugnissen wird in Deutschland im Fischimport und Fischereigroß- und -einzelhandel getätigt. Dementsprechend waren von den knapp 37.000 Fischereibeschäftigten im Jahr 2021 über 28.000 im Fischereigroß- und -einzelhandel tätig und weitere 6.400 in der Fischverarbeitung. Nur etwa 2.000 Personen waren in der See- und Küstenfischerei beschäftigt (*Fisch-Informationszentrum 2022, S. 13*).



Der große Anteil importierter Fischereiprodukte bildet sich auch in den Fischereistrukturdaten ab: Der größte Umsatz von Fischereierzeugnissen wird im Import und Handel erzielt.



Klimafolgen für fischereilich genutzte Fischbestände in Nord- und Ostsee

Wie im weltweiten Mittel (vgl. Kap. „Nahrungsversorgung im Klimawandel“) haben sich auch in Nord- und Ostsee die Wassertemperaturen in den vergangenen Jahrzehnten deutlich erhöht, wobei sich die Ostsee von allen Randmeeren der Erde am stärksten erwärmt hat (HELCOM/ *Baltic Earth 2021*, S. 21). Ein besonders deutlicher Temperaturanstieg setzte in den 1980er Jahren ein (Klein et al. 2018, S. 57 u. 76). Neben dem Anstieg der

durchschnittlichen Jahresmitteltemperatur des Meerwassers hat sich auch der Jahresgang der Wassertemperaturen auf ein insgesamt wärmeres Niveau verschoben. Dies kann sich in einer früheren und stärkeren Frühjahrserwärmung sowie in einer späteren und schwächeren herbstlichen Abkühlung zeigen (Köhl u. Möllmann et al. 2018, S. 166). Je nach zukünftigem Treibhausgasausstoß wird sich diese Entwicklung weiter fortsetzen. Bis Ende des 21. Jahrhunderts können sich die Wasseroberflächentemperaturen in der Nordsee um weitere 1–3 °C erhöhen (Klein et al. 2018, S. 63), in der Ostsee bis 4 °C. Mit der Erwärmung können auch Extremereignisse häufiger und stärker auftreten, wie z. B. marine Hitzewellen, bei denen die Meeresoberflächentemperaturen über mehrere Tage ungewöhnlich hoch sind. Außerdem ist zu erwarten, dass sich die chemischen Eigenschaften des Meerwassers im Hinblick auf Sauerstoff- und Salzgehalt sowie den pH-Wert verändern (Köhl u. Möllmann et al. 2018, S. 166), wobei die Entwicklung des Sauerstoffgehaltes zusätzlich stark von der künftigen Nährstoffbelastung abhängt (HELCOM/Baltic Earth 2021). Ergebnisse des KÜNO-Projektes **BluEs** zeigen, dass die Nährstofffrachten von Elbe und Oder in den letzten 20 Jahren zwar zurückgegangen sind, nach wie vor aber Eutrophierungseffekte wie Sauerstoffmangel auftreten. Diese sind scheinbar auf die Nährstofffrachten

vergängerer Jahrzehnte zurückzuführen, bei denen sich viel organisches Material in Sedimenten angesammelt hat. In dem KÜNO-Projekt **BluEs** werden die Wechselwirkungen zwischen Nährstoffproduktion und Sauerstoffverbrauch untersucht. Dabei zeigt sich u. a., dass der Sauerstoffgehalt vor allem dann abnimmt, wenn keine Durchmischung der Wassersäule erfolgt. Dies wird beispielsweise von ruhigen, warmen Wetterperioden begünstigt, aber auch in geschützten Buchten (vgl. Info-Box „BluEs“).

BluEs

In dem KÜNO-Projekt BluEs wird untersucht, wie sich u. a. Eutrophierung und Klimawandel auf die beiden größten deutschen Ästuarie Oder und Elbe auswirken. Dabei stehen die Effekte auf Nahrungsnetze, Nährstoffzyklen, Schadstoffbelastung und die funktionelle Diversität im Fokus. Die wichtigsten Stressoren sollen vor dem Hintergrund des Klimawandels identifiziert und hieraus „Stellschrauben“ abgeleitet werden, die ein verbessertes Management der Ästuarie ermöglichen.

deutsche-kuestenforschung.de/blues.html

Ein bedeutendes Problem ist das Auftreten von Krankheitserregern im Zusammenhang mit dem Klimawandel (Köhl u. Möllmann et al. 2018, S. 168). Vor allem mit der sommerlichen Erwärmung des Meerwassers bilden sich verstärkt auch an deutschen Küsten krankheitserregende Bakterien und toxische Substanzen. Laut Weltklimarat IPCC zählen sie weltweit zu den schwerwiegendsten Klimafolgen für die Lebensmittelsicherheit (vgl. Kap. „Fischerei und Aquakulturen im Klimawandel“). *Vibrio*-Bakterien, darunter auch für Menschen gefährliche Arten, sind natürliche Bestandteile des Nord- und Ostseeplanktons. Im Zuge des Klimawandels können sie durch steigende Wassertemperaturen jedoch häufiger auftreten und damit zunehmend ein Gesundheitsrisiko darstellen. Sie vermehren sich insbesondere bei Wassertemperaturen über 18 °C und einem Salzgehalt von 0,5 bis 2,5 Prozent. Infektionen können nach dem Verzehr von rohen (z.B. Austern) oder unzureichend gegarten Meeresfrüchten (z.B. Shrimps) oder rohem Fisch auftreten (RKI 2020). Andere Krankheitserreger wie das Norovirus bilden sich häufig während kalter Winter nach Perioden mit starken Niederschlägen und dem darauffolgenden Abfluss von Wasser in die Kanalisation (Köhl u. Möllmann et al. 2018, S. 168). Häufigere Starkniederschlagsereignisse können zu einem Anstieg der Abwasserzuflüsse und -einleitungen in



Krankheitserreger können durch steigende Wassertemperaturen im Sommer und starken Niederschlägen im Winter häufiger auftreten.

die Küstengewässer führen. Um die Auswirkungen dieser Einleitungen vor allem auf die Muschelfischerei zu verringern, sind möglicherweise erhebliche Investitionen in die Speicherung und Behandlung von Regenwasser erforderlich (Campos et al. 2014, S. 3553).

Durch die Erwärmung des Meerwassers in Nord- und Ostsee ändern sich auch die räumliche Verteilung und die Jahrgangsstärke der Fischbestände (Köhl u. Möllmann et al. 2018, S. 166 f.). Fischereiunabhängige Erhebungen deuten darauf hin, dass sich die Verbreitungsschwerpunkte für ein breites Spektrum von Fischarten in der Nordsee zwischen den 1970er Jahren und den frühen 2000er Jahren um Entfernungen zwischen 48 und 403 km verschoben haben (Perry et al. 2005, S. 1912). Hierzu zählen auch die kommerziell genutzten Fischbestände, wie z. B. Kabeljau, Schellfisch, Scholle und Seezunge. Nordseefische, die in Nähe des Meeresbodens leben, haben sich in den letzten 30 Jahren mit einer durchschnittlichen Rate von 3,6 m pro Jahrzehnt in tiefere Gewässer verlagert (FAO 2018, S. 95). Generell hat die Erwärmung in der Nordsee bereits zu einer Zunahme von Warmwasserarten aus südlicheren Gebieten geführt. Nördliche Kaltwasserarten sind dagegen in der Nordsee seltener geworden. Typisch für diese Entwicklung ist die



Mehr Sardellen in der Nordsee: Durch die Erwärmung ändert sich die räumliche Verbreitung der Fischbestände.

Änderung der Nordseefischgemeinschaften mit rückläufigen Beständen bei Hering und Kabeljau (kaltwasserliebende Arten), aber dafür mit mehr Sardine, Sardelle und Roter Meerbarbe (Warmwasserarten). Während größere Fänge des Kabeljaus in den letzten Jahrzehnten immer weiter im Nordosten der Nordsee und in tieferen Gewässern erzielt wurden, was mit Veränderungen im thermischen Habitat zu erklären ist (Nunez-Riboni et al. 2019, S. 2389), gewinnen in der südlichen Nordsee Arten wie die Rote

Meerbarbe und der Wolfsbarsch für die Fischerei potentiell an Bedeutung. Auch auf die Nordseegarnele könnte sich der Anstieg der Wassertemperatur potentiell positiv auswirken: Einerseits liegt ihr thermisches Wachstumsoptimum bei einer recht hohen Wassertemperatur von 23 °C, wobei die kritische thermische Obergrenze erst bei 30 °C erreicht wird (Tulp et al. 2012, S. 151; UBA 2021 a, S. 40). Außerdem könnte ihr Bestand aufgrund des reduzierten Fraßdrucks durch Räuber wie Kabeljau zunehmen (Köhl u. Möllmann et al. 2018, S. 169, UBA 2021 a, S. 40). Andererseits könnten sich hohe Wassertemperaturen im Winter jedoch auch negativ auf die Nordseekrabbe auswirken. Je wärmer die Wassertemperaturen im Winter sind, desto früher schlüpfen die Larven im Frühjahr. Je nach Schlupfzeitpunkt würden die Larven dann ggf. unvorteilhafteren Nahrungsbedingungen ausgesetzt sein (Saborowski & Hünerlage 2022). Zudem hat sich auch der Bestand des Wittlings in letzter Zeit sehr gut entwickelt (ICES 2022 c, S. 1), so dass sich auch der Fraßdruck wieder erhöhen könnte.

Weitere neue Fangpotentiale für die Fischerei böten erhöhte Bestände des Kalmars und des Europäischen Seehechtes, sofern entsprechende fischereipolitische Rahmenbedingungen dies zuließen. Bisher wurde Seehecht in der Nordsee



Nordseekrabben könnten von der Erwärmung profitieren.

und im Skagerrak häufig als Beifang angelandet. Allein im Zeitraum von 2006 bis 2014 haben sich die Anlandungen von Seehecht in der Nordsee vervierfacht (Staby et al. 2018, S. 2033, Quante u. Colijn 2016, S. 381). Die Ausbreitung des Seehechtes in die nördliche Nordsee ist gleichzeitig ein Beispiel für klimabedingte Änderungen im Nahrungsnetz durch

einwandernde Arten, da er mit dem Seelachs um Nahrung konkurriert (Köhl u. Möllmann et al. 2018, S. 168). Neben der Nahrungskonkurrenz können neu einwandernde Arten fischereilich genutzte Bestände auch durch Wegfraß dezimieren. So ernährt sich der Graue Knurrhahn, der sich seit Ende 1980er Jahre stark in die Nordsee ausgebreitet hat, zeitweilig intensiv von jungem Kabeljau. Zudem kann das vermehrte Auftreten von Quallen negative Auswirkungen auf kommerziell genutzte Fischarten haben, da sie als Nahrungskonkurrenten und als Räuber von Fischlarven das Nahrungsnetz verändern können (Köhl u. Möllmann et al. 2018, S. 168).

Neben Änderungen in der räumlichen Verteilung von Fischbeständen führt der Klimawandel zu Veränderungen in der Planktonzusammensetzung und zu zeitlichen Verschiebungen im Auftreten von Fischlarven und ihrer Nahrung, dem Zooplankton. Dies wirkt sich ebenfalls auf das Nahrungsnetz aus und beeinflusst auch die Jahrgangsstärke der Fischbestände. So haben Änderungen der Wassertemperatur und im Zooplankton wahrscheinlich zur Reduzierung der Nachwuchsproduktion des Kabeljaus beigetragen (Beaugrand et al. 2003, S. 661). Durch den kontinuierlichen Rückgang der Nachwuchsproduktion infolge des Klimawandels kann sich

die Anfälligkeit der Fischbestände zulasten der Fischerei zusätzlich verstärken (Köhl u. Möllmann et al. 2018, S. 167). Neben dem Klimawandel wirken sich auch weitere menschliche Einflüsse, wie Nährstoffeinträge, Fischerei, Verschmutzung und (wasser)bauliche Maßnahmen, auf das Nahrungsnetz in der Nordsee aus. Die Auswirkungen dieser



Vermehrt auftretende Quallen können sich negativ auf kommerziell genutzte Fischbestände auswirken, da sie Nahrungskonkurrenten sind und sich von Fischlarven ernähren.

multiplen Stressoren werden in den KÜNO Projekten **BioWeb** und **MuSSEL** untersucht (vgl. Info-Box „MuSSEL“ und „BioWeb“).



Das Leben am Meeresboden in der südlichen Nordsee ist neben dem Klimawandel vielen weiteren menschlichen Einflüssen ausgesetzt.

MuSSEL

In dem KÜNO-Projekt MuSSEL werden die Auswirkungen multipler Stressoren (Umweltveränderungen und menschliche Nutzungen) auf das Ökosystem der südlichen Nordsee untersucht. Einige am Meeresboden lebende Organismen werden kommerziell befischt (z. B. Nordseekrabben) oder sind Nahrung für kommerziell genutzte Fischarten (z. B. Dorsch und Scholle). Erste Szenarien deuten auf räumlich ungleichmäßige Veränderungen der Habitatbedingungen hin. Dabei scheinen sich die Folgen von Erwärmung und De-Eutrophierung grob zu kompensieren. In MuSSEL wird aktuell auch das adaptive Verhalten der Fischerei bei der Bewältigung sich ändernder Richtlinien, Gebietsschließungen (Offshore-Windparks) und Fischverteilungen abgeschätzt.

mussel-project.de

Klimaszenarien weisen für die **Nordsee** darauf hin, dass sich auch künftig kommerziell genutzte Arten weiter nach Norden verschieben. Größere Veränderungen zeichnen sich bei Kalmar, Wolfsbarsch, Sardine und Sardelle ab. Zudem ist bei der zu erwartenden Erwärmung mit einer sich weiter fortsetzenden Abwanderung von Kabeljau, Schellfisch und Seelachs Richtung Norden zu rechnen (*Köhl u. Möllmann et al. 2018, S. 167*). Außerdem könnten bis zum Ende des Jahrhunderts die Wassertemperaturen in der Deutschen Bucht in einem Maße zunehmen, dass derzeit einwandernde Arten wieder abwandern und sich weiter nordwärts verlagern. Die bisherige und die zu erwartende Entwicklung der Fischbestände werden neben der Fischerei von Veränderungen im Zusammenhang mit der klimawandelbedingten Erwärmung des Meerwassers bestimmt. Basierend auf dieser Erkenntnis wurde z. B. für den Nordsee-Kabeljau ein Modell entwickelt, das die Wassertemperaturen zu den Fischmengen in Beziehung setzt. Mit diesem Vorhersagemodell konnte sein Bestand in der Nordsee unter Berücksichtigung des Klimawandels für das nächste Jahrzehnt berechnet werden. Die langfristigen Simulationen zeigen, dass er aufgrund der Klimawandelfolgen weiterhin schrumpft (*Koul et al. 2021, S. 6-7*). Ergebnisse numerischer Modellierungen aus dem KÜNO-Projekt **BioWeb** zeigen ebenfalls, dass in der



Kabeljau-Bestände in der südlichen Nordsee gehen aufgrund der steigenden Wassertemperaturen zurück.

südlichen Nordsee die Bestände wichtiger kommerzieller Arten, allen voran des Kabeljaus, aufgrund der steigenden Wassertemperaturen zurückgehen, was eine strukturelle Veränderung des Nahrungsnetzes mit sich bringt. So profitieren im Modell Wirbellose und kleine Beutefische von dem Rückgang des Räuberdrucks, solange diese Nische nicht von Arten besetzt wird, die z. B. aus südlichen Gewässern in die Nordsee einwandern. Bis zum Ende des Jahrhunderts

kann der Einfluss der Erwärmung auf viele derzeit kommerziell befischte Arten merklich zunehmen, wenn die Treibhausgasemissionen nicht deutlich reduziert werden.

BioWeb

In dem KÜNO-Projekt BioWeb werden die Auswirkungen von Umweltveränderungen und menschlichen Nutzungen auf die Biodiversität in der Nordsee untersucht. Diese Einflussfaktoren umfassen neben dem Klimawandel auch die sogenannte De-Eutrophierung, also eine verminderte Nährstofffracht. Zudem werden Veränderungen in der Fischerei und im Fraßdruck durch Schweinswale, Seehunde und Robben untersucht. Sowohl die De-Eutrophierung als auch strukturelle Veränderungen in Räuber-Beute-Beziehungen wirken sich auf die Bestände kommerziell genutzter Fischarten in der Nordsee aus.

deutsche-kuestenforschung.de/bioweb.html



Umweltfaktoren und menschliche Aktivitäten verändern die Biodiversität mit Folgen für die Nahrungsnetze der Nordsee.

Ostseefisch

Durch den Klimawandel kann
sich der Lebensraum mariner Arten
ostseeweit künftig verkleinern.



In der **Ostsee** besteht durch ihre geographische Lage, da umgeben von Landmassen, kaum Potential für Bestandsverschiebungen. Zudem sind ihre nördlicheren Bereiche wegen geringerer Salzgehalte nur bedingt als alternativer Lebensraum für marine Arten geeignet. Insgesamt könnte sich daher der Lebensraum für marine Arten ostseeweit künftig weiter verkleinern (Klein et al. 2018, S. 102). Erhöhte Temperaturen, geringerer Salzgehalt und sauerstoffarme Bedingungen beeinträchtigen schon heute die Reproduktion, die Nahrungsverfügbarkeit und das Wachstum von Hering und Dorsch (HELCOM/Baltic Earth 2021, S. 22). Eine Entkoppelung der Nahrungsbeziehungen aufgrund des Klimawandels konnte beim frühjahrslaichenden Hering der westlichen Ostsee nachgewiesen werden: Seit etwa 15 Jahren geht die Nachwuchsproduktion des Herings hier kontinuierlich zurück. Inzwischen ist der Bestand so stark dezimiert, dass er fast nicht mehr befischt werden darf (Thünen 2022 a). Diese Entwicklung wird zu einem großen Teil auf die Erhöhung der Wassertemperaturen, insbesondere in den vermehrt auftretenden milden Wintern, zurückgeführt. Im Rahmen des KÜNO-Projektes **balt_ADAPT** wurde in einer Feldstudie untersucht, welche Faktoren die Laichzeit des Herings beeinflussen. Dabei wurde ein Temperaturschwellenwert im Überwinterungsgebiet, dem Öresund, identifiziert,

balt_ADAPT

Überraschenderweise ist bisher wenig über die Anfälligkeit der biologischen Vielfalt der lokalen Fischgemeinschaften gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels und über die Zukunftsfähigkeit der dominierenden sozialökologischen Fischereisysteme für Dorsch und Hering bekannt. Dieses Wissen ist jedoch für die Entwicklung ökosystembasierter Management- und Anpassungsstrategien erforderlich, die zum Schutz der lokalen Artenvielfalt, aber auch des Wohlergehens der menschlichen Küstenbevölkerung nötig sind. Ziel des KÜNO-Projektes balt_ADAPT ist es, die Basis des Wissens über die Fischbestände zu erweitern und Instrumente für ein ökosystembasiertes Management sowie die Anpassung der Fischerei in der westlichen Ostsee zu entwickeln. Die Ergebnisse werden unter Einbindung relevanter Stakeholder (Fischerei, Umweltorganisationen, Verbände, Politik und Verwaltung) evaluiert, um das Managementsystem weiter verbessern zu können.

baltadapt.de

der den Beginn der jährlichen Laichperiode definiert. Je früher dort Wassertemperaturen von 3,5 bis 4,5 °C erreicht werden, desto eher wandern die laichbereiten Heringe in ihre Laichgebiete und desto eher schlüpfen auch die Larven (Polte et al. 2021, S. 1, vgl. Info-Box „balt_ADAPT“). Diese sind dann früher auf Nahrung, das Zooplankton, angewiesen. Die Entwicklung des Zooplanktons ist an die Phytoplanktonblüte im Frühjahr gebunden. Diese ist jedoch vor allem tageslichtabhängig und ändert sich somit nicht direkt durch den



Wie anfällig sind Ostsee-Fischbestände gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels? – Dieses Wissen ist eine wichtige Basis für ein ökosystembasiertes Fischerei-Management und für die Entwicklung von Anpassungskonzepten.

Klimawandel. Die Erwärmung des Ostseewassers erklärt mehr als 50 Prozent der nachlassenden Nachwuchsproduktion des Herings in der westlichen Ostsee (Thünen 2022 a).

Neben der Erwärmung und dem Fischereidruck wirkt sich der Nährstoffeintrag in die Ostsee (Eutrophierung) am stärksten negativ auf die Nachwuchsproduktion des Ostseeherings aus (vgl. „Info-Box BluEs“). Durch das Nährstoffüberangebot verstärkt sich das Algenwachstum, so dass weniger Sonnenlicht in die tieferen Wasserschichten gelangt. Der Lebensraum von Wasserpflanzen wie Seegras, an die Heringe ihre Eier heften, verkleinert sich dadurch und beschränkt sich immer mehr auf flaches Wasser in Ufernähe (vgl. Info Box „SeaStore“).

Zudem können die durch Überdüngung vermehrt auftretenden Algen und Pilze die Weiterentwicklung des Heringslaichs verhindern. Würde der Nährstoffeintrag aus der Landwirtschaft zur Laichzeit gestoppt, hätte dies zeitnah positive Auswirkungen auf die Nachwuchsproduktion des Herings, da sich das Algenwachstum sofort und messbar verringern würde (Thünen 2022 a).



Bei dem frühjahrsleichenden Hering der westlichen Ostsee konnte eine Entkoppelung der Nahrungsbeziehungen nachgewiesen werden. Diese wurde durch die Erwärmung des Ostseewassers ausgelöst und durch Eutrophierung verstärkt.



Seegraswiesen spielen eine wichtige Rolle für viele Speisefische. Eine erfolgreiche Wiederansiedlung ist daher ein wichtiger Beitrag für gesunde Fischbestände.

SeaStore

Seegraswiesen sind die Kinderstube vieler Speisefische. Weitere Fischarten besuchen die Seegraswiesen regelmäßig im Laufe ihres Lebens, um Futter zu suchen. Der Verlust von Seegrasflächen führt daher oftmals innerhalb kurzer Zeit zu einem Rückgang der lokalen Fischereierträge. Das KÜNO-Projekt SeaStore untersucht, welche Faktoren eine Wiederansiedlung von Seegras an der deutschen Ostseeküste begünstigen und welche Standorte sich dafür besonders gut eignen. Dabei wird das Ziel verfolgt, die Wiederansiedlung von Seegras zu optimieren und die Erfolgsrate von Wiederansiedlungsaktivitäten zu steigern. Davon und von der damit einhergehenden ökonomischen Bewertung sollen Entscheidungsprozesse für den Schutz und die aktive Wiederherstellung dieser wichtigen Lebensräume und ihrer Ökosystemleistungen profitieren.

deutsche-kuestenforschung.de/seastore.html

Die negativen Auswirkungen des Klimawandels auf einzelne Arten können eine große Bedeutung für das gesamte Ökosystem entfalten und sich auf weitere fischereilich genutzte Arten ausdehnen. Der Dorsch beispielsweise ist ein Raubfisch, der sich von planktonfressenden Fischen ernährt, zu denen auch der Hering zählt. Ein stark dezimierter Heringsbestand bedeutet für das Nahrungsnetz, dass ein wichtiges Bindeglied zwischen Dorsch und Plankton fehlt. Somit wirken sich Veränderungen im Heringsbestand auch auf den Dorschbestand aus (UBA 2021 a, S. 52, *maribus* 2013, S. 15 f.). Tatsächlich sind die Anlandungen des Dorsches aus der westlichen Ostsee seit Ende der 1990er Jahre stark zurückgegangen. Ihr heutiges Niveau liegt etwa 90 Prozent unter dem von Ende der 1990er Jahre (Möllmann et al. 2021, S. 2, vgl. Info-Box „balt_ADAPT“). Im Rahmen des KÜNO-III-Projektes **balt_ADAPT** (vgl. Info-Box) konnte auch beim Ostsee-Dorsch eine Korrelation zwischen Bestandsgröße und Wassertemperatur nachgewiesen werden. So wurde der durch Überfischung stark dezimierte Bestand durch den Klimawandel auf historisch niedrigem Niveau stabilisiert (Möllmann et al. 2021, S. 1). Die Ergebnisse sind konsistent mit Untersuchungen in anderen Regionen, die darauf hinweisen, dass der Klimawandel durch die Erwärmung des Meerwassers zu einer reduzierten Produktivität der

Dorsch- bzw. Kabeljaubestände führt (Sguotti et al. 2019, S. 6). Eine schnelle Erholung des Ostsee-Dorsch-Bestandes ist unwahrscheinlich. Nur durch einen niedrigen Fischereidruck kann über eine längere Zeit der Elternbestand wiederaufgebaut und so die Wahrscheinlichkeit für stärkere Nachwuchsjahrgänge erhöht werden. Ein ökosystembasiertes Fischereimanagement, also ein Bestandsmanagement, das Umweltveränderungen stärker berücksichtigt, kann beispielsweise in der Ostsee die Widerstandsfähigkeit des Ökosystems gegenüber der Meereserwärmung und der Eutrophierung steigern, wodurch die Fangmengen von Hering und Dorsch aus heutiger Sicht langfristig wieder zunehmen könnten (Scotti et al. 2022, S. 11). Verglichen mit den Fangmengen von vor dreißig Jahren werden diese aber geringer ausfallen, da sich die durch den Klimawandel beeinflusste Produktivität der Bestände insgesamt auf einem wesentlich geringeren Niveau befindet (UBA 2021 a, S. 65).

Obwohl bisher nicht alle Wechselwirkungen zwischen dem Klimawandel, anderen menschlichen Einflüssen und dem Ökosystem im Detail verstanden worden sind, steht ein Großteil der Prozesse im Zusammenhang mit der klimawandelbedingten Erwärmung des Meerwassers. Aber auch die Nährstofffracht, die über die Ästuarie in die Nord- und

Ostsee gelangt, kann sich deutlich auf die Fischbestände auswirken. Je nach Ausmaß der Nährstofffracht kann es zu sehr unterschiedlichen Wechselwirkungen in den Ökosystemen kommen. Anders als in der Ostsee (wie oben beschrieben) hat beispielsweise die Nährstoffkonzentration in Teilen der zentralen Nordsee bereits deutlich abgenommen. Neben dem Klimawandel verändert auch diese Nährstoffarmut die Tragfähigkeit des Ökosystems für kommerziell wichtige Bestände (vgl. Info-Box „BioWeb“ und „MuSSeL“). Weitere Stressoren für Ökosystemfunktionen wie Verschmutzung, Bebauung (z.B. Offshore-Windparks) und Fischerei können sich gegenseitig verstärken. Je nach Management und Wechselwirkungen können sie die Auswirkungen des Klimawandels kompensieren oder intensivieren (vgl. Info-Box „MuSSeL“). Insgesamt zeigen die wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Auswirkungen des Klimawandels auf Nord- und Ostsee deutlich, dass ein erfolgreiches Fischereimanagement neben der Zielfischart auch den Klimawandel und andere menschliche Einflüsse und ihre komplexen Wechselwirkungen im gesamten Ökosystem berücksichtigen muss.



Ein erfolgreiches Fischereimanagement muss neben der Zielfischart die multiplen Stressoren und ihre Wechselwirkungen im Ökosystem berücksichtigen.



Deutsches Fischereimanagement im Klimawandel

In den letzten 20 Jahren hat sich die deutsche Fischereiflotte deutlich verkleinert. So ist die Anzahl der Schiffe von 2.315 Fahrzeugen im Jahr 2000 auf 1.246 Fahrzeuge im Jahr 2021 gesunken (*BLE 2022 a, S. 13*). Dieser Rückgang erfolgte vor allem bei der kleinen Küstenfischerei (Schiffe unter 12 m) der deutschen Ostseeküste und ging mit den drastischen Bestandseinbrüchen der Hauptzielarten Hering und Dorsch der westlichen Ostsee einher. Die

Bestandseinbrüche hatten zu einem starken Ungleichgewicht zwischen Fangkapazitäten und Fangmöglichkeiten geführt, wodurch weniger Menschen ihren Lebensunterhalt durch die Fischerei sichern konnten als noch vor einigen Jahrzehnten (*BLE 2021 c, S. 31*). Deshalb waren in den letzten Jahren Ausgleichszahlungen des Bundes zur vorübergehenden oder endgültigen Einstellung der Fischereitätigkeit Bestandteil des deutschen Fischereimanagements mit dem Ziel, die fischereilichen Ressourcen zu schützen. Ein weiteres Ziel ist es, die traditionelle, familiär verankerte Nebenerwerbsfischerei zu erhalten – nicht zuletzt aus touristischen Gründen, um einem Veröden der Häfen entgegenzuwirken. Diese Fischerei besitzt historische Fangrechte, die bei der Verteilung der Fangmöglichkeiten auch künftig zu berücksichtigen sind. Die Fanganteile der Nebenerwerbsfischerei sind zwar nominell sehr gering, sollen aber bewusst bestehen bleiben (*BLE 2022 a, S. 13*).

Ob sich das Verschieben der Lebensräume mariner Arten für die deutsche Fischerei insgesamt als Vor- oder Nachteil erweist, hängt davon ab, ob der Zugang zu wirtschaftlich bedeutenden Arten ermöglicht wird und die einwandernden Arten vermarktbare sind (*UBA 2021 a, S. 66*). Die Bewirtschaftung der Fischbestände durch die deutsche Fischereiflotte

erfolgt im Rahmen der Gemeinsamen Fischereipolitik der EU. Ihr übergeordnetes Ziel sind die ökologisch nachhaltige Nutzung der biologischen Meeresressourcen und die langfristige wirtschaftliche Lebensfähigkeit des Sektors. Um dies zu gewährleisten, kommt seit der Reform von 2013 das Konzept des höchstmöglichen Dauerertrags (MSY) zur Anwendung (*vgl. Kap. „Nachhaltiges Management“ u. Kap. „EU-Fischereipolitik“*). Jedes Jahr teilt die EU auf der Grundlage wissenschaftlicher Bewertungen durch den Internationalen Rat für Meeresforschung (ICES) und den Wissenschafts-, Technik- und Wirtschaftsausschuss für die Fischerei (STECF) zulässige Gesamtfangmengen für die meisten kommerziell genutzten Arten zu. Festgelegt werden die Fangquoten allerdings auf politischer Ebene durch den Rat der Fischereiministerinnen und -minister der EU-Mitgliedstaaten. Deren Höchstmengen werden von wissenschaftlicher Seite häufig kritisch bewertet, da die EU-Quoten eine höhere Fangmenge als die Empfehlungen des ICES zulassen (*UBA 2021 b, S. 93*). Der starke Rückgang des Ostsee-Dorsch-Bestandes zeigt beispielsweise, dass es dem EU-Fischereimanagementsystem bisher nicht gelungen ist, den Niedergang dieses Bestands aufzuhalten, da die Fangquoten wiederholt höher angesetzt wurden als wissenschaftlich empfohlen (*Möllmann et al. 2021, S. 2 f.*). Auch die starre

Quotenverteilung erschwert eine angemessene Reaktion auf den Klimawandel, der in der Nordsee vor allem Veränderungen in der Artenverteilung mit sich bringt. Dies wird am Beispiel des Europäischen Seehechtes deutlich. Sein Bestand, dessen Hauptverbreitungsgebiet sich traditionell vom iberischen Schelf bis in die Irische See erstreckt, hat sich massiv bis in die nördliche Nordsee hinein ausgebreitet. Obwohl sich mittlerweile 30 Prozent dieses Bestands in der Nordsee befinden, sind nur vier Prozent der Gesamtfangquote des Seehechtes für die Nordsee vorgesehen. Dies verdeutlicht, dass in den EU-Meeren mittelfristig eine Neuverteilung der Fangquoten nötig ist, die den schnellen Veränderungen der Artenzusammensetzung und der Fangmöglichkeiten Rechnung trägt (Kraus 2023).

Die Orientierung an räumlich fest definierten Managementgebieten bei der Festlegung der Fangquoten kann zudem eine Hürde für einen ökosystemaren Ansatz des Fischereimanagements darstellen. Dies zeigt sich am Beispiel des Herings in der westlichen Ostsee: Die wissenschaftliche Empfehlung des ICES berücksichtigt das gesamte Verbreitungsgebiet dieses Bestandes. Seine Bewirtschaftung erfolgt jedoch in drei Managementgebieten: westliche Ostsee, Kattegat/Skagerrak und Nordsee. Aufgrund der starken



Der Europäische Seehecht hat sich massiv bis in die nördliche Nordsee hinein ausgebreitet. Daher ist eine Neuverteilung der Fangquoten nötig.



Der Heringsbestand der westlichen Ostsee wird in unterschiedlichen Managementgebieten bewirtschaftet. Bis vor Kurzem galten in diesen Gebieten sehr unterschiedliche Fangquoten.

Dezimierung des Heringsbestandes empfiehlt der ICES seit vielen Jahren die Schließung der Fischerei auf den gesamten Bestand. Im Managementgebiet westliche Ostsee wurde diese Empfehlung annähernd befolgt und die legalen Fangmengen allein zwischen 2017 und 2021 um 94 Prozent reduziert. Im nördlichen Teil des Verbreitungsgebietes, der in das Managementgebiet Kattegat/Skagerrak fällt, blieben die erlaubten Fangmengen dagegen viel zu hoch: Zwischen 2017 und 2021 wurden sie nur um 57 Prozent gesenkt,

weshalb sich der Bestand trotz der niedrigen Fangquote für die deutsche Fischerei weiterhin nicht erholen konnte. Erst für 2022 vermochten sich Deutschland, Schweden, Dänemark und Norwegen auf weitere drastische Kürzungen der Fangmenge auch im Managementgebiet Kattegat/Skagerrak zu einigen (Zimmermann 2022 a). Insbesondere in solchen Zusammenhängen wird die Verteilung der Fangquoten oft als intransparent empfunden und führt demzufolge zu Akzeptanzproblemen: So wurde der rückläufige Fischereiertrag von der deutschen Fischerei weniger dem Rückgang des Heringsbestands infolge des Klimawandels zugeschrieben als vielmehr den stark limitierenden Quoten (UBA 2021 a, S. 54).

Neben den Klimafolgen wird die deutsche Kutter- und Küstenfischerei zunehmend durch andere Nutzungen des Meeres eingeschränkt. Beispielsweise gehen durch die Installation von Offshore-Windkraftanlagen und die Einrichtung von geschützten Meeresgebieten Fanggebiete verloren. Da auch von den eingesetzten Fangtechniken und -geräten z. T. negative Auswirkungen auf die Ökosysteme ausgehen können, sind auch in dieser Hinsicht Anpassungen erforderlich, um z. B. die Beeinträchtigung des Meeresbodens zu reduzieren (BLE 2021 c, S. 32).

Aquakultur in Deutschland

Geschlossene Kreislaufanlagen sind vergleichsweise wenig vom Klimawandel betroffen. Doch bisher wird nur ein kleiner Teil der deutschen Aquakulturen in solchen Systemen betrieben.



In Deutschland erzielen die Aquakulturen derzeit einen Ertrag von rund 33.000 Tonnen Fisch und Meeresfrüchten (*Fisch-Informationszentrum 2022, S. 17*). Insgesamt reichen sie von naturnahen, extensiv bewirtschafteten Teichanlagen über Durchflussanlagen bis hin zu Netzgehegen (*AG NASTAQ 2020, S. 10*). Die Erzeugung erfolgt zurzeit hauptsächlich im Binnenland. Im Bereich der Meeresaquakultur gibt es derzeit nur in der Muschelzucht eine nennenswerte Produktion. In der Nordsee vor Niedersachsen und Schleswig-Holstein werden hauptsächlich Miesmuscheln gezüchtet. Schleswig-Holstein hat zudem eine Austernkulturwirtschaft. An der deutschen Ostseeküste gibt es eine Miesmuschelkultur und in geringem Maße eine Algenzucht. Gegenwärtig wird auch der Anbau von Miesmuscheln und Makroalgen zur Reduzierung der Nährstoffe untersucht. Zudem züchten zwei Betriebe Lachsforellen in Netzgehegen (*AG NASTAQ 2020, S. 40*).



In der deutschen Meeresaquakultur werden hauptsächlich Miesmuscheln gezüchtet.



Klimafolgen für die Aquakulturen

Nur ein sehr kleiner Anteil der Aquakulturen in Deutschland erfolgt in geschlossenen Kreislaufanlagen, die eine fast vollständige Kontrolle über die Haltungsbedingungen ermöglichen und daher weniger vom Klimawandel betroffen sind (BMEL 2020, S. 19). Alle anderen, (teil)offenen Systeme befinden sich im Austausch mit ihrer Umwelt, so dass sich der Klimawandel unmittelbar auf sie auswirkt. Durch den Anstieg der Wassertemperaturen



Hohe Temperaturen begünstigen die Ausbreitung der Pazifischen Auster, auch auf Miesmuschelbänken.

besteht die Gefahr einer zunehmenden physiologischen Belastung der Fische infolge des Überschreitens der optimalen Temperaturbereiche und durch Sauerstoffdefizite. Temperaturstress bewirkt bei Fischen Einschränkungen ihrer Immunabwehr. Höhere Temperaturen bieten zudem bessere Bedingungen für die meisten Krankheitserreger, was in Kombination mit Stress das Risiko von Krankheitsausbrüchen in Aquakulturen erhöht. Außerdem können sich Verbreitungsgebiete von Erregern verschieben (AG NASTAQ 2020, S. 86). Eine möglicherweise zunehmende Wasserknappheit in den Sommermonaten könnte zu Reglementierungen der Wassernutzungsrechte führen. Neben den direkten Auswirkungen auf den Fischbestand wäre dann eine Anreicherung des Ablaufwassers mit wasserrechtlich relevanten Stoffen aufgrund der fehlenden Verdünnung zu erwarten. Auch die

globalen Folgen des Klimawandels können sich auf die deutsche Aquakultur auswirken. Risiken bestehen vor allem hinsichtlich der Verfügbarkeit und der Preise von Futtermitteln sowie deren Qualität aufgrund der global erhöhten Risiken von Ernteaussfällen (AG NASTAQ 2020, S. 87 f.).

In der Meeresaquakultur wirkt sich der Klimawandel vor allem im Wattenmeer negativ aus, denn hohe Temperaturen begünstigen die Verbreitung der Pazifischen Auster, die sich dort zunehmend auf den wilden Miesmuschelbänken ausbreitet. Diese sind dann nicht mehr für die Besatzmuschelgewinnung durch die Muschelfischer nutzbar, für die zur Muschelzucht junge Miesmuscheln von Naturbänken abgefischt und auf günstiger gelegenen Kulturflächen ausgesät werden (BMEL 2019, S. 24). In der Ostsee kann die Zucht von Miesmuscheln durch Erwärmung, damit verbundene maritime Hitzewellen, Sauerstoffmangel und möglicherweise zunehmenden Seegang beeinträchtigt werden (HELCOM/Baltic Earth 2021, S. 57). Es gibt jedoch große Wissenslücken bezüglich der Auswirkungen des Klimawandels auf die regionalen Standortbedingungen für Aquakultur in der Ostsee (HELCOM/Baltic Earth 2021, S. 57).

The image features a scenic landscape with a person in a small boat on a calm body of water. In the background, there are mountains partially shrouded in mist or low clouds. The sky is filled with heavy, grey clouds. The entire scene is framed by a large, white, wavy graphic element that curves across the top and right sides of the image. The overall color palette is dominated by blues, greys, and whites, with a teal accent on the left side.

**HANDLUNGSFELDER FÜR
„BLAUE“ LEBENSMITTEL
ALS BEITRAG
ZUR NACHHALTIGEN
ENTWICKLUNG**

Nachhaltigkeit oder nachhaltige Entwicklung bedeutet, die Bedürfnisse der Gegenwart so zu befriedigen, dass die Möglichkeiten zukünftiger Generationen nicht eingeschränkt werden. Dabei ist es wichtig, die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit – wirtschaftlich effizient, sozial gerecht, ökologisch tragfähig – als gleichberechtigt zu betrachten (BMZ 2023 a). Im Jahr 2015 haben die 193 Mitgliedstaaten der UN die Agenda 2030 verabschiedet. Sie soll weltweit ein menschenwürdiges Leben ermöglichen und zugleich die natürlichen Lebensgrundlagen dauerhaft bewahren. Dies soll durch eine globale Transformation erreicht werden hin zu einer Welt, in der jeder ökologisch verträglich, sozial gerecht und wirtschaftlich effizient handelt. Dafür wurden 17 globale Ziele definiert, die sogenannten Sustainable Development Goals (SDG). Sie adressieren durch ihre 169 Unterziele Handlungsfelder für eine Vielzahl von Themen, um die Agenda 2030 zu realisieren (BMZ 2023 b). Das Themenfeld „Fisch, Meeresfrüchte und Algen im Klimawandel“ weist viele inhaltliche Schnittmengen mit den 17 Nachhaltigkeitszielen (SDG) auf. Eine nachhaltige Nutzung „blauer“ Lebensmittel im Klimawandel erfordert eine Transformation sowohl in den Betrieben

als auch im Handel und bei den Konsument*innen. Zudem müssen Politik und Verwaltung Rahmen definieren, Anreize schaffen und Infrastrukturen fördern, die nachhaltiges Handeln ermöglichen. Die meisten Handlungsfelder hinsichtlich „blauer“ Lebensmittel adressieren Aspekte der Nachhaltigkeitsziele Klimaschutz (SDG 13), Leben unter Wasser (SDG 14), nachhaltiges Wirtschaftswachstum (SDG 8) sowie nachhaltiger Konsum (SDG 12). Nachfolgend werden die Handlungsfelder „blauer“ Lebensmittel im Hinblick auf diese Nachhaltigkeitsziele beschrieben, diskutiert und konkretisiert.



Die 17 Sustainable Development Goals (SDG) der UN.

Klimaschutz: umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen (Nachhaltigkeitsziel 13)

Die Reduktion von Treibhausgasen in der Atmosphäre ist die einzige Möglichkeit, der menschengemachten Erwärmung der Weltmeere und den damit verbundenen tiefgreifenden Veränderungen der marinen Ökosysteme entgegenzuwirken. Auch in Fischerei und Aquakulturen können Treibhausgasemissionen reduziert werden. In Aquakulturen liegt das größte Reduktionspotential in der Futtermittelherstellung. Die beste Klimabilanz haben Aquakulturen von Makroalgen, da sie Kohlendioxid absorbieren und so zum natürlichen Klimaschutz beitragen. In der Fischerei kommt einem emissionsarmen Energiemanagement an Bord und an Land die größte Bedeutung zu. Außerdem sollte die Kohlenstoffspeicherfunktion des Meeresbodens nicht durch die Fischerei beeinträchtigt werden. Abgesehen von der Reduzierung der Treibhausgasemissionen ist die Reduzierung aller anderen Umweltbelastungen die wirksamste Möglichkeit, negative Klimafolgen für die Fischerei abzumildern. Für Aquakulturen sollte der Einsatz geschlossener Kreislaufanlagen optimiert und die Züchtung wärmeresistenter Arten sowie die Eignung kühlerer Standorte untersucht werden.





Widerstandskraft stärken

Entsprechend dem SDG-Unterziel 13.1 sollen die Widerstandskraft und die Anpassungsfähigkeit gegenüber klimabedingten Gefahren gestärkt werden. Ergebnisse aus dem KÜNO-Projekt **balt_ADAPT** zeigen, dass die Widerstandskraft des Ökosystems gegenüber negativen Auswirkungen des Klimawandels durch ökosystembasiertes Fischereimanagement gefördert wird (Scotti *et al.* 2022, S. 1, vgl. Info-Box „balt_ADAPT“).

Wird allerdings weiterhin so viel Treibhausgas emittiert wie bisher, wird sich der Klimawandel auch dann negativ auf die Fischerei auswirken, wenn im Fischereimanagement ambitionierte Reformen durchgeführt worden sind. Gelingt es jedoch, die Treibhausgasemissionen deutlich zu reduzieren, könnten nachhaltige Fischereipraktiken das verbleibende Risiko negativer Klimafolgen in der Fischerei um etwa 60 Prozent reduzieren (*IPCC 2022 b, S. 767*). Neben der Resilienz gegenüber der Meereserwärmung binden nachhaltig bewirtschaftete Fischbestände zudem deutlich mehr Kohlenstoff als überfischte Bestände. Dies zeigt eine Studie im Rahmen des KÜNO-Projektes **balt_ADAPT**, in der das erste massenbilanzierte Ökosystemmodell vorgestellt wird, das sich auf die westliche Ostsee konzentriert (*Scotti et al. 2022, S. 1, vgl. Info-Box „balt_ADAPT“*). Die wirksamste Möglichkeit, negative Klimafolgen abzumildern, ist die Reduzierung aller anderen Umweltbelastungen, insbesondere der Eutrophierung und – je nach Zustand der jeweiligen Fischbestände – der Fischerei. Dies stärkt auch die Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Klimawandel in Nord- und Ostsee (*HELCOM/Baltic Earth 2021, S. 21*).

Um die Widerstandsfähigkeit von Aquakulturen gegenüber Klimafolgen zu stärken, sollte der verstärkte Einsatz

geschlossener Kreislaufanlagen geprüft und ggf. optimiert und gefördert werden. Durch die nahezu vollständige Kontrolle über die Haltungsbedingungen sind geschlossene Kreislaufanlagen weniger vom Klimawandel betroffen als andere, (teil)offene Systeme (*BMEL 2020, S. 19*). Zudem sollten Möglichkeiten der Züchtung von Arten untersucht werden, die gegenüber höheren Temperaturen widerstandsfähiger sind. In der Ostsee zählen hierzu beispielsweise Barsch und Zander (*HELCOM/Baltic Earth 2021, S. 57*). Bei der Muschelzucht in Nord- und Ostsee müssen für die langfristige Planung neben der Erwärmung auch mögliche Änderungen des Salzgehaltes und der mögliche Einfluss einer fortschreitenden Versauerung berücksichtigt werden (*Köhl u. Möllmann 2018, S. 168*). Obwohl die pazifische Auster wärmeresistent ist als die Miesmuschel, wird auch ihre Schalenbildung durch die Versauerung beeinträchtigt. Hohes Potential wird in diesem Zusammenhang in der Züchtung von Algen gesehen. Diese haben einen sehr hohen Nährwert und profitieren von dem zunehmenden CO₂-Gehalt in Nord- und Ostsee, so dass sie auch bei fortschreitender Versauerung gedeihen können. Forschungsbedarf besteht allerdings hinsichtlich der Resilienz verschiedener Arten gegenüber der Erwärmung, den damit verbundenen maritimen Hitzeperioden, dem Sauerstoffmangel, einem möglicherweise

zunehmenden Seegang und einem veränderten Salzgehalt. Insgesamt sollte aufgrund der zunehmenden Erwärmung die Eignung kühlerer Offshore-Standorte für die Aquakultur geprüft werden, wie es derzeit bereits im Rahmen einer Pilotaquakultur im Bottnischen Meerbusen (Finnland) geschieht (*HELCOM/Baltic Earth 2021, S. 57*).



Algen profitieren vom zunehmenden CO₂-Gehalt in Nord- und Ostsee.



Klimaschutzmaßnahmen integrieren

Die Reduktion von Treibhausgasen in der Atmosphäre ist die einzige Möglichkeit, der menschengemachten Erwärmung der Weltmeere und den damit verbundenen tiefgreifenden Veränderungen der marinen Ökosysteme entgegenzuwirken (HELCOM/Baltic Earth 2021, S. 21). Das Unterziel SDG 13.2 sieht vor, dass Klimaschutzmaßnahmen in die Politiken, Strategien und Planungen einbezogen werden. Der europäische Grüne Deal

strebt ein CO₂-neutrales Europa bis 2050 an. Wie zuvor beschrieben, trägt die Fischerei vor allem durch den Treibstoffverbrauch weltweit selbst zu den CO₂-Emissionen bei (vgl. Kap. „Blaue“ Lebensmittel). Zwar soll laut dem europäischen Grünen Deal auch der Seeverkehr einen Beitrag zur Dekarbonisierung unserer Wirtschaft leisten, allerdings weisen Treibstoffsubventionen in der Fischerei derzeit nicht in diese Richtung (*Deutsche Umwelthilfe 2019, S. 97*). Im Rahmen des Grünen Deals wird jedoch angestrebt, die Einführung emissionsfreier und emissionsarmer Schiffe zu beschleunigen (*Europäische Kommission 2019, S. 13*). Der Einsatz alternativer Schiffsantriebe und -kraftstoffe in der Fischerei sollte daher verstärkt erforscht und gefördert werden. Neben dem Treibstoff- und Energiemanagement an Bord sollten auch Maßnahmen in Bezug auf die öffentliche und private Infrastruktur in Fischereihäfen vorgesehen werden. Dabei wäre beispielsweise eine verbesserte Landstromversorgung von Kuttern bzw. eine energetische Optimierung von Hafeninfrastrukturen zielführend. Für eine zügige Umsetzung der politischen Ziele ist eine öffentliche Finanzierung oder Unterstützung von solchen Vorhaben nötig (*BLE 2021 c, S. 33*). Auch die Meere spielen eine wichtige Rolle bei der Reduzierung des Treibhausgasanteils in der Atmosphäre. So hat der Weltozean in den zurückliegenden Jahrzehnten rund

25 Prozent der vom Menschen verursachten CO₂-Emissionen aufgenommen und den Klimawandel somit maßgeblich gebremst (*GEOMAR 2022, S. 1*). Ob und in welchem Umfang sich die Kohlenstoffaufnahme des Ozeans verstärken lässt, wird derzeit in der DAM-Forschungsmission **CDRmare** untersucht (*DAM 2022 a*). Auch vegetationsreiche Küsten-ökosysteme wie Salzmarschen und Seegraswiesen spielen eine wichtige Rolle bei der natürlichen Kohlenstoffeinlagerung. Möglichkeiten der Wiederansiedlung von Seegras an der deutschen Ostseeküste werden derzeit in dem KÜNO-Projekt **SeaStore** ausgelotet (vgl. *Info-Box „SeaStore“ u. KÜNO 2022*).

Manche Formen der Fischerei, wie die Grundschleppnetzfischerei, können die wichtige Kohlenstoffspeicherfunktion des Ozeanbodens beeinträchtigen. Dadurch, dass die Sedimentschicht am Meeresboden vom Fanggeschirr aufgewühlt wird, kann der im Sediment gespeicherte Kohlenstoff freigesetzt werden. Dies kann die Versauerung der Meere beschleunigen und die Kapazität der Meere reduzieren, Kohlendioxid aus der Atmosphäre langfristig zu binden (*Our Fisch 2022, S. 1, Sala et al. 2021, S. 399*). In weiten Teilen der Meeresschutzgebiete der deutschen AWZ (ausschließliche Wirtschaftszone) in Nord- und Ostsee soll die mobile,



Grundberührende Fischerei soll in den Meeresschutzgebieten von Nord- und Ostsee weitgehend eingeschränkt werden.

grundberührende Fischerei (MGF) eingeschränkt werden. Die Wirkung dieser Einschränkung auf die Ökosysteme in Nord- und Ostsee werden in zwei Projekten (**MGF-Nordsee** und **MGF-Ostsee**) der DAM-Forschungsmission **sustainMare** untersucht (*DAM 2022 b*). Abgesehen von der möglichen Beeinträchtigung der Kohlenstoffspeicherfunktion des Ozeanbodens verbraucht die Schleppnetzfischerei in Relation zu den angelandeten Fangmengen auch wesentlich mehr

Treibstoff als die Fischerei auf kleine pelagische Arten (vgl. Kap. „Nord- und Ostsee“), so dass eine Stärkung Letzterer bei ökosystembasiertem Management ebenfalls zur Reduktion von Treibhausgasemissionen der Fischerei beitragen kann. Dies müsste allerdings mit einem veränderten Konsumverhalten einhergehen (vgl. Kap. „Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster“).

Bei Aquakulturen besteht das größte Potential, Treibhausgasemissionen zu reduzieren, in der Futtermittelherstellung (*Fietz 2020, S. 21*). Einige Ansätze streben vor allem die Entkopplung von Aquakultur und Fischerei an, indem Fischmehl und -öl in den Futtermitteln durch pflanzliche Zutaten ersetzt werden. Dies kann jedoch zu Engpässen bei der Herstellung der benötigten pflanzlichen Zutaten führen (*Fietz 2020, S. 21*). Insgesamt werden die zunehmend begrenzte Verfügbarkeit der Rohstoffe (Fisch und Getreide) zur Futtermittelherstellung und die mit ihr verbundenen Treibhausgasemissionen künftig die Aquakulturen immer stärker limitieren. So werden derzeit Ansätze erprobt, bei denen der Anteil von Wildfisch und Getreide an der Futtermittelherstellung reduziert bzw. ersetzt wird. Dabei kommt der Einsatz von Mikroben und anderen einzelligen Organismen sowie Insekten in Betracht. In diesem Zusammenhang wird derzeit

zur Herstellung von Omega-3-Fettsäuren geforscht. Zudem ist die Zusammensetzung der Futterkomponenten entscheidend für eine erfolgreiche und nachhaltige Fischproduktion, die optimal auf die Nährstoffansprüche der jeweiligen Zielart abgestimmt sein muss, um eine maximale Verdaulichkeit des Futters zu erreichen und so die Umweltauswirkungen durch die Ausscheidungen auf ein Minimum zu begrenzen. Optimales Futter ist außerdem eine Grundvoraussetzung für gesunde und widerstandsfähige Fische. Anspruchsvolle Arten wie Salmoniden (z.B. Lachs) reagieren auf die Beimischung qualitativ minderwertiger Futterkomponenten empfindlich. Daher ist die Futterformulierung ein zentraler Punkt für die erfolgreiche Entwicklung der Aquakultur (AG NASTAQ 2020, S. 92). Hohe Produktionskosten, das noch begrenzte Wissen über die physiologischen Auswirkungen auf die Zuchtfische und z. T. negative Einflüsse auf ihren Geschmack stellen derzeit Hürden für den verstärkten Einsatz dar (Troell et al. 2019, S. 17).

Wie zuvor beschrieben, haben Fisch, Meeresfrüchte und Algen aus Aquakulturen einen geringeren CO₂-Fußabdruck als die Viehzucht an Land. Zudem wird die Aquakultur aufgrund des zunehmenden Nutzungsdrucks auf die globalen produktiven Landflächen auch künftig ein wichtiger

Bestandteil der Welternährung bleiben. Es ist jedoch insgesamt zu erwarten, dass die globale marine Aquakulturproduktion in ihrer jetzigen Form im Zuge des Klimawandels durch die Erhöhung der Wassertemperaturen und durch Versauerung bis 2100 zurückgehen wird, da sich geeignete Lebensräume vor allem in tropischen und subtropischen Gebieten verringern werden (IPCC 2022 b, S. 718). Vor diesem Hintergrund sollten Potentiale für eine nachhaltige Aquakulturproduktion in anderen Meeres- und Küstenregionen ausgelotet werden. Laut Bericht des Weltklimarates (IPCC 2022 b, S. 60 u. 718) sind kurz- und mittelfristig vor allem in den gemäßigten Breiten – also auch an den deutschen Küsten – potentielle Produktionszuwächse in marinen Aquakulturen zu erwarten.

In der **Ostsee** bestehen derzeit ungenutzte naturräumliche Potentiale für die Züchtung von Fischen in Aquakulturen. Zur quantitativen Abschätzung des Potentials bedarf es jedoch einer mit anderen Nutzern abgestimmten Ausweisung geeigneter Standorte im Rahmen der marinen Raumplanung. (AG NASTAQ 2020, S. 42). Zudem sind die Auswirkungen des Klimawandels auf Aquakulturen in der Ostsee und deren regionale Unterschiede ungewiss und müssen genauer untersucht werden. Für die Risikoabschätzung bzgl. neuer Betriebe sind belastbare Spannbreiten bei künftigen Wassertemperaturen, dem Salzgehalt, dem Auftreten und der Toxizität von Algenblüten sowie der Eisbedeckung auf lokaler Ebene erforderlich (HELCOM/Baltic Earth 2021, S. 57). Auf dieser Basis sollte die Züchtung von Arten weiter erforscht werden, die gegenüber den zukünftigen Klimabedingungen resilient sind.

Im küstennahen Bereich der **Nordsee** werden aufgrund des hohen Schutzstatus des Nationalparks Wattenmeer keine Entwicklungsmöglichkeiten für die marine Aquakultur gesehen. Grundsätzlich bestehen jedoch Aquakulturpotentiale außerhalb der Nationalparks in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ). Da bisher genauere Kenntnisse über die Nutzbarkeit dieser Potentiale fehlen, gilt es,



Bestehende Potentiale für Aquakulturen in der Ostsee sollten genutzt werden, um Arten zu züchten, die gegenüber den zukünftigen Klimabedingungen resilient sind.

diese auszuloten und die rechtlichen Rahmenbedingungen entsprechend zu klären (AG NASTAQ 2020, S. 42). Neben der Prüfung und Ausweisung neuer Standorte müssen für den Ausbau der marinen Aquakulturproduktion die bereits eingetretenen und die absehbaren Klimafolgen in Nord- und Ostsee berücksichtigt werden.



(Bewusstseins-) Bildung durch Forschung und Wissenstransfer

Sowohl in der Wildfischerei als auch in der Aquakultur kommt der Forschung und dem Wissenstransfer eine zentrale Rolle zu. Entsprechend dem SDG-Unterziel 13.4 müssen Stakeholder aller beteiligten Sektoren bzgl. der Klimafolgen, der Klimaanpassung und der Reduzierung der Klimaauswirkungen sensibilisiert und weitergebildet werden. Mit Blick auf den Zusammenhang zwischen dem Klimawandel und den Veränderungen der

Fischbestände und ihren Wechselwirkungen mit anderen Stressoren infolge menschlicher Nutzung kommt der Bewusstseinsbildung eine besondere Bedeutung zu. Ein einheitliches Systemverständnis ist die Grundlage für die Befürwortung notwendiger Maßnahmen (UBA 2021 a, S. 55). Gleichzeitig sollte die Akzeptanz neuer Arten als Nahrungsmittel untersucht und gefördert werden (HELCOM/Baltic Earth 2021, S. 57). Dies gilt vor allem für Lebensmittel auf Algenbasis, denn Makroalgen verursachen von allen Organismengruppen, die in Aquakulturen weltweit angebaut und kultiviert werden, die geringsten Treibhausgasemissionen. Dieser Prozess muss von entsprechenden Forschungsprogrammen und bedarfsorientierten Informationsdiensten flankiert werden (UBA 2021 a, S. 55). Ein wichtiger Fokus der Forschung sollte auf der Verbesserung der Frühwarnsysteme liegen. Diese sollten die Wechselwirkungen mariner Ökosysteme mit dem Klimawandel und den nichtklimatischen Stressoren, vor allem Überfischung und Eutrophierung, berücksichtigen. Neben den KüNO-Projekten **BluEs**, **BioWeb**, **MuSSel** und **balt_ADAPT** (vgl. Info-Boxen) leistet auch das Forschungsprojekt **CoastalFutures** der DAM-Mission **sustainMare** u.a. durch die Entwicklung innovativer Modellierungsinstrumente wichtige Beiträge zu diesem Forschungsfeld (DAM 2022 b). Außerdem sollten Möglichkeiten zur Züchtung neuer



Das Potential der Algenzucht in Nord- und Ostsee sollte hinsichtlich des Klimawandels genauer untersucht werden.

klimawandelresilienter Arten für die marine Aquakultur weiter untersucht werden. Vor allem bzgl. des Potentials von mariner Aquakultur mit Großalgen in Nord- und Ostsee besteht zusätzlicher Forschungsbedarf. Ein weiteres zentrales Forschungsfeld der Aquakultur ist die Herstellung ressourcenschonender und emissionsarmer Futtermittel.

Meeresschutz: Ozeane, Meere und Meeresressourcen erhalten und nachhaltig nutzen (Nachhaltigkeitsziel 14)

Das Nachhaltigkeitsziel 14 strebt an, die weltweite Fangtätigkeit so wirksam zu transformieren, dass die Fischbestände den höchstmöglichen Dauerertrag (MSY) sichern. Auch die Gemeinsame Fischereipolitik der EU zielt auf den MSY ab. Allerdings sind Fischereimanagement und Fischereien bisher größtenteils unzureichend auf die klimawandelbedingte Abwanderung heimischer und die Einwanderung fremder Arten vorbereitet. Beides wird sich in den kommenden Jahrzehnten verstärken, führt aber schon heute zu grenzüberschreitenden Konflikten. Gleichzeitig müssen zusätzliche Stressoren, wie z. B. Eutrophierung, reduziert werden. Neben der Verringerung des Stoffeintrages durch die Landwirtschaft können neue Wirtschaftszweige der Aquakulturen durch sogenanntes „Extractive Farming“ dem Meerwasser überschüssige Nährstoffe entziehen. Meeresschutzgebiete können sowohl zur Resilienz von marinen Ökosystemen als auch zu einem nachhaltigen Fischereimanagement beitragen, wenn sie in ein sinnvolles Gesamttraumnutzungskonzept eingebunden sind.





Meeres- und Küsten- ökosysteme nachhaltig bewirtschaften

Bis 2020 sollten laut SDG-Unterziel 14.2 die Meeres- und Küstenökosysteme nachhaltig bewirtschaftet und geschützt werden, um u. a. durch Stärkung ihrer Resilienz erhebliche nachteilige Auswirkungen zu vermeiden. Weitere Ausführungen in diesem Zusammenhang erfolgen im SDG-Unterziel 14.4, in dem angestrebt wird, bis 2020 die weltweite Fangtätigkeit wirksam zu regeln und wissenschaftlich fundierte Bewirtschaftungspläne umzusetzen, um

die Fischbestände in kürzestmöglicher Zeit auf einen Stand zurückzuführen, der den höchstmöglichen Dauerertrag (MSY) unter Berücksichtigung ihrer biologischen Merkmale sichert. Seit der Reform der Gemeinsamen Fischereipolitik (GFP) 2013 ist es das zentrale Ziel des Fischereimanagements der EU, die Fischereiintensität auf dem Niveau des höchstmöglichen nachhaltigen Dauerertrags (MSY) zu halten bzw. sogar unter dieses Niveau sinken zu lassen (vgl. Kap. „Nachhaltiges Fischereimanagement“). Ein Fischereimanagement, das auf dem höchstmöglichen Dauerertrag basiert, ist grundsätzlich zielführend, da es dazu führt, den Ertrag der Fischereien innerhalb nachhaltiger Grenzen zu maximieren, ohne die Bestände zu gefährden (Thünen 2020, S. 85). Auch hinsichtlich der Klimafolgen für die Fischerei ist die Ausrichtung der deutschen Fischereipolitik am höchstmöglichen Dauerertrag der richtige Ansatz für ein nachhaltiges Fischereimanagement. Die Befischung von Beständen, die sich außerhalb sicherer biologischer Grenzen befinden, z. B. des Herings in der westlichen Ostsee, sollte so lange ausgesetzt werden, bis die Bestandsgröße wieder auf ein Niveau angewachsen ist und auf ihm erhalten werden kann, das den maximalen nachhaltigen Dauerertrag ermöglicht (vgl. Kap. „Nachhaltiges Fischereimanagement“). Um die Bestände optimal nachhaltig bewirtschaften zu können, ist

es erforderlich, wissenschaftlich basierte Frühwarnsysteme auszubauen und die Steuerungsinstrumente des Fischereimanagements weiter zu verbessern (BMEL 2019, S. 25).

Die beobachteten und projizierten klimabedingten Änderungen der Verteilung kommerziell genutzter Fischbestände in Nord- und Ostsee gehen mit Änderungen sowie neuen Anforderungen und Nutzungsmöglichkeiten für die Fischerei einher. Das Fischereimanagement muss daher eine geeignete Basis für Maßnahmen der Fischerei zur Anpassung an den Klimawandel schaffen. Vor allem auf die Abwanderung heimischer und die Einwanderung fremder Arten, die durch den Klimawandel in den kommenden Jahrzehnten erwartet werden, sind Fischereimanagement und Fischereien größtenteils unzureichend vorbereitet. Dies führt bereits heute zu grenzüberschreitenden Konflikten zwischen den Fischereien und kann sich negativ auf die gerechte Verteilung der Nahrungsmittelversorgung auswirken. Daraus ergibt sich ein zusätzlicher Bedarf an einer klimainformierten grenzüberschreitenden Bewirtschaftung und Zusammenarbeit (IPCC 2022 b, S. 19). Beispielsweise gibt es bis heute keine gemeinsame langfristige Bewirtschaftungsstrategie aller beteiligten Fischereien für die Nordostatlantische Makrele. Ursächlich dafür war die anhaltende starke Ausdehnung des

Bestandes nach Nordwesten. Anrainer, in deren Gewässern sich vorher nur ein kleiner Teil des Bestandes aufhielt, lehnten seitdem den 1999 von den Küstenstaaten vereinbarten Verteilungsschlüssel ab. So legten Russland, Island und Grönland autonom eigene Fangquoten fest. Das Ergebnis: Die Summe der Quoten übersteigt die wissenschaftliche Empfehlung erheblich (*ICES 2022 b, S. 5, Thünen 2022 b*). Dies zeigt die Notwendigkeit flexibler Fangquoten, die neu auszuhandeln sind, damit auch die Arten, die sich aufgrund des Klimawandels in Nord- und Ostsee etablieren, nachhaltig befischt werden können. Zudem müssen die Fischereiflotten an die neuen Arten angepasst werden (*UBA 2021 a, S. 58*). Insgesamt wird es immer wichtiger, die Chancen und Risiken, die sich aus dem Klimawandel ergeben könnten, zu erkennen, darauf zu reagieren und sie zu nutzen. Hierzu muss ein politischer und planerischer Rahmen geschaffen werden, der die Flexibilität der Fischer dafür erhöht, die Zielarten der Fischerei zu wechseln oder sogar andere produktive Tätigkeiten auszuüben.



Damit auch die Arten, die sich aufgrund des Klimawandels in Nord- und Ostsee etablieren nachhaltig bewirtschaftet werden können, werden flexible Fangquoten benötigt.



Nährstoffbelastung verringern

Entsprechend dem SDG-Unterziel 14.1 wird angestrebt, bis 2025 alle Arten der Meeresverschmutzung, u. a. die Nährstoffbelastung, zu vermeiden oder erheblich zu verringern (vgl. Kap. „Klimafolgen für fischereilich genutzte Arten“). Dies stärkt auch die Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Klimawandel in Nord- und Ostsee (HELCOM/Baltic Earth 2021, S. 21, vgl. Kap. „Widerstandskraft stärken“). Vor allem für bereits stark überfischte Bestände, wie

den frühjahrslaichenden Hering in der westlichen Ostsee, sollte der Nährstoffeintrag aus der Landwirtschaft langfristig, insbesondere aber während der Laichzeit, unterbunden werden. Dies hätte zeitnah positive Auswirkungen auf die Nachwuchsproduktion (Thünen 2022 a). Auch Aquakulturen mit zusätzlichem Nährstoffeintrag sollten daher vermieden werden. Ein Ansatz für die Reduktion der Nährstoffbelastung sind Aquakultursysteme, in denen die gezüchteten Arten in Symbiose leben. In der sogenannten integrierten multitrophischen Aquakultur werden beispielsweise gefütterte Aquakulturarten zusammen mit Muscheln und Algen kultiviert, die Futter und Nährstoffe aufnehmen, die von den gefütterten Tieren nicht verzehrt werden. So wird die Nährstoffbelastung und damit das Risiko der Eutrophierung reduziert. Es können jedoch Krankheiten zwischen den Arten übertragen werden und veränderte Ozeanströmungen können die Aufnahme der Nährstoffe verhindern (Troel et al. 2019, S. 18). In Kreislaufsystemen ist der Wasseraustausch dagegen begrenzt und die Verbreitung von Nährstoffen und Krankheiten reduziert. Bei den Aquaponikanlagen werden die nährstoffreichen Abwässer genutzt, um mit Hydrokulturen Gemüse und Pflanzen für den menschlichen Verzehr zu erzeugen. Die Herausforderungen liegen hier bei der Schaffung optimaler Wachstumsbedingungen für alle



In Aquaponikanlagen werden nährstoffreiche Abwässer der Aquakulturen genutzt, um in Hydrokulturen z.B. Gemüse zu erzeugen.

Organismen (Fische, Bakterien, Pflanzen) (Troel et al. 2019, S. 17). Das sogenannte „Extractive Farming“ könnte ein wichtiger Wirtschaftszweig in der Aquakultur werden, in dem Miesmuscheln und Makroalgen geerntet werden, um dem Meerwasser überschüssige Nährstoffe zu entziehen und für die Verwendung an Land zurückzugewinnen. Dies ist vor allem auch deshalb ein wichtiger Aspekt der nachhaltigen Aquakultur, weil sich neben dem Klimawandel insbesondere ein Anstieg der terrestrischen Nährstoffbelastung negativ auf Fischerei und Aquakultur auswirken kann (HELCOM/ Baltic Earth 2021, S. 57, AG NASTAQ 2020, S. 42 f.).



Meeresschutzgebiete

Das SDG-Unterziel 14.2 strebt den Schutz der Meeres- und Küstenökosysteme an, um u. a. durch Stärkung ihrer Resilienz erhebliche nachteilige Auswirkungen zu vermeiden. Hierzu sollen Maßnahmen zu ihrer Wiederherstellung ergriffen werden, damit die Meere wieder gesund und produktiv werden. Der in der EU-Biodiversitätsstrategie 2030 geforderte Schutz von 30 Prozent der Meeresgebiete bezieht auch Fischbestände ein und leistet damit einen

Beitrag zu ihrer nachhaltigen Bewirtschaftung. Mit der Schließung von Gebieten für die Fischerei geht jedoch auch immer ein Verlust an Fanggründen einher, was zu ökonomischen Einbußen führen kann. Infolgedessen verlagert sich die Fischerei in die verbleibenden Gebiete und intensiviert sich dort, was unerwünschte Begleiterscheinungen nach sich ziehen kann. Meeresschutzgebiete müssen also in ein umfassendes regionales marines Raumnutzungskonzept eingebettet werden. Dies bedarf wissenschaftlicher Vorarbeit, um die ökologischen, ökonomischen und sozialen Auswirkungen bestimmen zu können. Die Schutzgebiete sollten so ausgewiesen werden, dass einerseits die Schutzziele erreicht werden und andererseits sich ein für alle Meeresnutzer optimales bzw. akzeptables Gesamtraumnutzungskonzept ergibt (Thünen 2020, S. 86).



Konkurrierende Nutzungen
erfordern ein umfassendes
marines Raumnutzungskonzept.

Nachhaltiges Wirtschaftswachstum (Nachhaltigkeitsziel 8)

Aufgrund des natürlicherweise begrenzten Ertragspotentials der Fischbestände in Nord- und Ostsee liegt das Potential eines nachhaltigen Wirtschaftswachstums für „blaue“ Lebensmittel vor allem in der Aquakultur. Möglichkeiten zur lokalen kreislaufbasierten Nahrungsmittelerzeugung in Aquakulturen sollten gefördert werden. Viele kleine, dezentrale Betriebe könnten die unmittelbar benachbarten Märkte direkt versorgen. Der fehlenden Förderung und Entwicklung im eigenen Land steht die starke Nachfrage Deutschlands nach Aquakulturprodukten auf dem Weltmarkt gegenüber. Diese wird zurzeit oft von Herkunftsländern mit deutlich schlechterem Umwelt- und Sozialmanagement bedient. In der kleinen Küstenfischerei werden Chancen hauptsächlich in der Diversifizierung innerhalb und/oder außerhalb der Fischerei gesehen.





Regionale Strukturen stärken

Aus norddeutscher Perspektive setzt ein nachhaltiges Wirtschaftswachstum in Bezug auf „blaue“ Lebensmittel die Berücksichtigung der entsprechenden Handlungsempfehlungen der Nachhaltigkeitsziele 13 und 14 voraus (vgl. *vorangegangene Kapitel*). So soll laut SDG-Unterziel 14 b der Zugang der Kleinfischer zu Meeresressourcen und Märkten gewährleistet werden. Die historisch gute regionale Verankerung der kleinen

Küstenfischerei in der Ostsee und der Kutter- und Küstenfischerei in der Nordsee sowie die weiter steigende Nachfrage nach regionalen Produkten sollten in diesem Zusammenhang genutzt und die Betriebe bei der regionalen Vermarktung unterstützt werden. Ziel sollte es dabei sein, die Wertschöpfung durch einen weiteren Ausbau der Verarbeitung und Direkt- bzw. Regionalvermarktung zu steigern. Auch alternative Strukturen, wie z. B. Genossenschaften zur Erhaltung der Organisationsfähigkeit, kommen in diesem Zusammenhang in Betracht. Unterstützungsbedarf besteht dabei einerseits hinsichtlich entsprechender Investitionen, andererseits hinsichtlich der Beratung und der Entwicklung entsprechender Konzepte (BLE 2021 c, S. 27 u. 67).

Auch vor dem Hintergrund, dass etwa 90 Prozent der in Deutschland konsumierten Fische und Meeresfrüchte in weiter entfernten Regionen gezüchtet bzw. angelandet und dann von dort importiert werden und dies z. T. sehr lange Transportwege erfordert, die hohe Treibhausgasemissionen mit sich bringen können, sollten regionale Strukturen der Fischereien und Aquakulturen gestärkt und gefördert werden. Aufgrund des von Natur aus begrenzten Ertragspotentials der Fischbestände in Nord- und Ostsee liegen die Erfolgsaussichten hier vor allem in der Aquakultur.



Steigende Nachfrage nach regionalen Produkten könnte genutzt werden, um Verarbeitung und Direktvermarktung zu steigern.

Möglichkeiten zur lokalen kreislaufbasierten Nahrungsmittel-erzeugung sollten daher für aquakulturgeeignete Arten gefördert werden. So ließe sich der Lachs als beliebtester Speisefisch der Deutschen – derzeit Importprodukt – teilweise durch die Lachsforelle ersetzen, die in integrierter Produktion an unseren Küsten oder in (Teil-)Kreislaufanlagen umweltfreundlich erzeugt werden könnte. Vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels bietet die Kreislauftechnologie große Vorteile, wie Standortunabhängigkeit v. a. in Bezug auf den geringen Wasserbedarf, und ermöglicht in Kombination mit erneuerbaren Energien eine Verbesserung der CO₂-Bilanz (AG NASTAQ 2020, S. 35). Zahlreiche dezentrale Standorte einer eher kleinskaligen Erzeugung könnten regionale Märkte versorgen und damit zur Substitution von Fleisch und Seefisch beitragen. Durch die weitere Entwicklung von Kreislaufanlagen ließen sich Fischimporte aus Fangfischerei und weltweiter Aquakultur auf Großhandelsniveau teilweise ersetzen (AG NASTAQ 2020, S. 11).

Zwar existiert in Deutschland insgesamt ein Ausbaupotential für nachhaltige Aquakulturen, dennoch stagniert die Aquakulturproduktion auf dem Niveau von 2011. Wachstumshemmnisse bestehen insbesondere in den

anspruchsvollen rechtlichen Rahmenbedingungen, einer aufwändigen Genehmigungspraxis und in der geringen Konkurrenzfähigkeit auf dem globalen Markt. Auch werden Aquakulturanlagen durch (z. T. geschützte) Tiere und Organismen geschädigt. Hinzu kommen Probleme mit dem Image von Aquakulturerzeugnissen sowie Defizite in Ausbildung und Forschungsstruktur (AG NASTAQ 2020, S. 8). Der fehlenden Förderung und Entwicklung im eigenen Land steht die starke Nachfrage Deutschlands nach Aquakulturprodukten auf dem Weltmarkt gegenüber. Diese wird zurzeit oft aus Herkunftsländern mit deutlich schlechterem Umwelt- und Sozialmanagement bedient (AG NASTAQ, 2020, S. 12). Um die Aquakulturproduktion in Deutschland nennenswert auszubauen, müsste zunächst die grundsätzliche politische Bereitschaft auf Bundes- und Landesebene dafür erwachsen, die bestehenden Hemmnisse zu überwinden. Gleichzeitig müssten Kriterien erarbeitet werden, die eine gesellschaftlich akzeptierte nachhaltige Aquakultur erfüllen sollte. Die Genehmigungspraxis für nachhaltige Aquakulturen, die ihnen entsprechen, sollte dann deutlich vereinfacht werden (Thünen 2020, S. 14).



Diversifizierung

Entsprechend dem SDG-Unterziel 8.2 soll eine höhere wirtschaftliche Produktivität durch Diversifizierung, technologische Modernisierung und Innovation erreichen werden. Bezüglich der Fischereien gilt es zu untersuchen, welche Entwicklungsoptionen für die regionale Wirtschaft in den Küstenregionen insgesamt bestehen. Dabei sollten Aspekte des Naturschutzes, des Tourismus, der Fischerei und anderer wirtschaftlicher Tätigkeiten mit einbezogen

werden. Insbesondere bei der kleinen Küstenfischerei werden Chancen in der Diversifizierung inner- und/oder außerhalb der Fischerei gesehen. Sie kann beispielsweise durch den Fang anderer Zielarten, aber auch durch Tätigkeiten z. B. im Tourismus und in der Angelfischerei sowie durch die Übernahme von Dienstleistungen für den Naturschutz und wissenschaftliche Untersuchungen erfolgen. Durch Diversifizierung können neue Einkommensquellen erschlossen und die wirtschaftliche Situation der Betriebe stabilisiert werden, was ihre Resilienz insgesamt stärken würde (*BLE 2021 c, S. 27*). Auch sogenannte Multi-Use-Konzepte, wie Offshore-Windkraftanlagen, sollten weiterverfolgt werden. So könnten zwischen den Standbeinen der Windräder – mit oder ohne Befestigung an den Windkraftwerken – Fische, Muscheln oder Algen kommerziell gezüchtet werden. Vor allem im Hinblick auf die Planungen für den Ausbau von Offshore-Windparks besteht hier ein beträchtliches Potential. Generell zeichnet sich derzeit aber ab, dass eine Kombination beider Nutzungsformen nur möglich ist, wenn dies schon zu Beginn jeglicher Planungen berücksichtigt wird (Auslegung von Gründung, Belastbarkeit usw.) und entsprechende Vereinbarungen mit Windenergiebetreibern rechtzeitig getroffen werden (*AG NASTAQ 2020, S. 42 f.*). Aufbauend auf der Stärkung regionaler Strukturen und den

Diversifizierungspotentialen inner- und außerhalb der Fischerei sollten Konzepte erarbeitet werden, die dabei helfen, die Strukturentwicklung der Fischereiwirtschaft auf die gesellschaftlich erwünschten Zukunftsbilder auszurichten und den in diesem Sinne tätigen Fischern und Fischereibetrieben ein wirtschaftliches Auskommen zu sichern (*BMEL 2019, S. 25*). Neben dem KüNO-Projekt **balt_ADAPT** (vgl. *Info-Box*) leistet auch das Forschungsprojekt **SpaCeParti** der DAM-Mission **sustainMare** wichtige Beiträge zu diesem Forschungsfeld (*DAM 2022 b*). Ziel dieses Forschungsprojektes ist die Entwicklung von wissenschaftlichem und politischem Handlungswissen, um die Fischerei der westlichen Ostsee in eine nachhaltige Zukunft zu lenken, bei gleichzeitigem Schutz der Biodiversität, Beachtung von Tourismus und Offshore-Energiegewinnung.

Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen (Nachhaltigkeitsziel 12)



Mehr als ein Drittel (35%) der weltweit angelandeten Fische und Meeresfrüchte werden verschwendet, weil sie ins Meer zurückgeworfen werden, auf dem Weg zum Verkauf verderben, keine(n) Käufer*in finden oder vom Konsumierenden nicht verzehrt werden. Die Reduzierung dieser Fischereiverluste würde den Druck auf die Fischbestände weltweit deutlich verringern und somit zur nachhaltigen Ressourcennutzung sowie Ernährungssicherheit nennenswert beitragen. Dafür erforderlich sind geeignete politische Maßnahmen und rechtliche Rahmenbedingungen, die Erforschung selektiver Fangmethoden und die Sensibilisierung von Produzenten, Händlern und Konsument*innen. Zudem können Konsumierende, vor allem aber der Handel auf eine möglichst nachhaltige Lebensmittelerzeugung hinwirken. Die Basis für diese positive Einflussnahme sind leicht zugängliche und fortlaufend aktualisierte wissenschaftlich fundierte Informationen sowie Transparenz bzgl. der Produktionsweise. Die Politik muss hierfür die entsprechenden Rahmenbedingungen schaffen.



Nahrungsmittel- verschwendung reduzieren

Derzeit bleiben weltweit etwa 25 bis 30 Prozent aller Lebensmittel ungenutzt. Dabei kann zwischen Lebensmittelverlusten bei der Primärproduktion (ungenutzter Fischfang bzw. Ernte) und vermeidbaren Lebensmittelabfällen in Weiterverarbeitung, Handel und Konsum unterschieden werden. Bis 2030 soll laut SDG-Unterziel 12.3 pro Kopf die weltweite Nahrungsmittelverschwendung auf Einzelhandels- und Verbraucherebene

halbiert und die entlang der Produktions- und Lieferkette entstehenden Nahrungsmittelverluste verringert werden. Im Zeitraum 2010–2016 trugen Lebensmittelverluste und -abfälle weltweit acht bis zehn Prozent zu den gesamten anthropogenen Treibhausgasemissionen bei (*IPCC 2020 a, S. 24*). Sie belasten zudem die terrestrischen und marinen Ökosysteme und damit die Nahrungsversorgung. Anpassungsstrategien, die den Verlust und die Verschwendung von Lebensmitteln verringern, tragen zur biologischen Vielfalt und zum Klimaschutz bei (*IPCC 2022 a, S. 24*). Inhaltliche Schnittmengen ergeben sich daher nicht nur mit dem SDG-Ziel 12 Nachhaltiger Konsum, sondern auch mit SDG 13 Klimaschutz und SDG 14 Meeresschutz.

VERLUSTE NACH FANG UND ERNTE VON FISCH UND MEERESFRÜCHTEN

In Fischerei und Aquakultur werden jedes Jahr 35 Prozent der weltweit angelandeten bzw. gezüchteten aquatischen Produkte verschwendet (*FAO 2022, S. 80*). Viele Millionen Tonnen frisch gefangene Fische und Meerestiere werden – zumeist tot – wieder ins Meer zurückgeworfen. Dabei handelt es sich größtenteils um kleine Tiere oder solche, die nicht oder nur schlecht zu vermarkten sind (*maribus 2013, S. 126*). Die Rückwurfraten sind in den einzelnen Regionen

und Fischereien sehr unterschiedlich und betragen z. B. in der Schwarmfischfischerei im Nordatlantik selten mehr als 2 Prozent, in der gemischten Plattfischfischerei in der südlichen Nordsee dagegen bis zu 75 Prozent (*Zimmermann 2022 b*). Ein wesentlicher Bestandteil der Reform der Gemeinsamen Fischereipolitik der EU war daher die schrittweise Einführung von Rückwurfverboten und Anlandegeboten, die seit 1. Januar 2019 für alle Fischereien auf regulierte Arten gelten. Das Rückwurfverbot sieht vor, dass auch kleine Fische der jeweiligen Zielart sowie Beifänge anderer Arten angelandet werden müssen. Damit soll nicht nur der Beifang reduziert, sondern auch eine systematische Datenerfassung zum Zustand der Fischbestände etabliert werden. Indem nun aber auch kleine Fische angerechnet werden, müssen bei Erreichung der Fangquoten der jeweiligen Zielart die Fischereien eingestellt werden. Auch wenn sie als menschliche Nahrung geeignet wären, sind diese Fische nicht für den menschlichen Verzehr zugelassen. Dies soll verhindern, dass ein Anreiz entsteht, verstärkt kleinere Individuen zu fangen. Dass sie stattdessen zu Katzenfutter verarbeitet werden oder in Biogasanlagen bzw. auf Müllkippen enden, verdeutlicht jedoch einen weiter gehenden Handlungsbedarf (*Zimmermann 2022 b*). Die Erforschung selektiver Fangmethoden, mit denen nur die vom Fischer

gewünschten und vermarktbareren Arten und Größen gefangen werden, ist in diesem Zusammenhang von zentraler Bedeutung (Zimmermann 2022 b). Zu weiteren Verlusten kommt es, weil Kühlketten und Hygienevorschriften nicht eingehalten werden, Produkte keine Käufer*innen finden oder Konsument*innen die erworbenen Erzeugnisse nicht essen (s. nächsten Abschnitt).

VERMEIDBARE LEBENSMITTELABFÄLLE IN DEUTSCHLAND

Auch in Deutschland entstehen jedes Jahr ca. 11 Millionen Tonnen Lebensmittelabfälle (Stand 2020). Da sich diese auf alle Sektoren entlang der Lebensmittelversorgungskette verteilen, sollten Maßnahmen entwickelt werden, die Lebensmittelabfälle auf jeder Stufe zu vermeiden helfen. Dafür braucht es eine Verhaltensänderung bei allen Akteuren. Der größte Anteil (59%) an den Lebensmittelabfällen ist den privaten Haushalten zuzurechnen. Würde allein hier eine Reduktion um 50 Prozent erfolgen, könnten sechs Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente an Treibhausgasemissionen in Deutschland eingespart werden (BLE 2022 b). Die Lebensmittelabfälle bestehen mit insgesamt 35 Prozent zum größten Teil aus Obst und Gemüse. Der Anteil von Fisch, Meeresfrüchte und Algen wird nicht explizit spezifiziert, sondern innerhalb der Lebensmittelgruppen aufgeschnitten,



Der größte Anteil an Lebensmittelabfällen ist den privaten Haushalten zuzurechnen.

Fertiggerichte und gekochtes Essen dokumentiert. Zusammen machen diese Gruppen rund 25 Prozent der Lebensmittelabfälle in Deutschland aus. Die drei häufigsten Entstehungsgründe sind (1) verdorbene oder (2) optisch unappetitliche bzw. alte Lebensmittel und (3) zu große Mengen gekochter bzw. zubereiteter Speisen (Hübsch 2021, S. 25). Dies zeigt, dass ein Großteil der Abfälle, die auch Fisch, Meeresfrüchte und Algen enthalten, vermeidbar wäre, wenn der Lebensmittelverbrauch zeitlich besser geplant und mengenmäßig besser abgeschätzt würde.

Auch in der Gastronomie und in der Außer-Haus-Verpflegung fallen große Mengen an Lebensmittelabfällen an. Anders als beispielsweise in Frankreich setzt man Deutschland vor allem auf Quantität: Große Portionen sind in hiesigen Restaurants nach wie vor weit verbreitet und führen wie die beliebten „All you can eat“-Angebote häufig zu Resten auf den Tellern (Schneider 2022). Ein Umdenken bei Restaurantbetreibern und Gästen mit dem Ergebnis, dass kleinere Portionen mit qualitativ hochwertigen Lebensmitteln aus nachhaltiger Erzeugung angeboten bzw. bevorzugt nachgefragt werden, würde helfen, Lebensmittelverschwendung und Treibhausgasemissionen einzuschränken. Weitere Lebensmittelabfälle hat der Handel zu verantworten:

Beständig volle Regale und die Berücksichtigung des Kundenwunsches nach stets frischen Lebensmitteln führen dazu, dass Produkte, da überschüssig, aussortiert bzw. wegwerfen werden müssen, weil sie den Frischeanforderungen nicht mehr genügen. Kooperationen mit sozialen Einrichtungen, die noch genießbare Lebensmittel an Bedürftige verteilen, oder spezielle Verkaufsstrategien für sonst unverkäufliche Produkte können hier die Abfallmenge reduzieren (Schneider 2022).



Auch in der Gastronomie und im Catering fallen große Mengen an Lebensmittelabfällen an.



Nachhaltigen Konsum ermöglichen

Konsument*innen können durch ihr Einkaufsverhalten die Wertschöpfungs- und Lieferketten und damit die ökonomischen, sozialen und ökologischen Verhältnisse weltweit beeinflussen. Hersteller, Importeure und Handel haben darüber hinaus Möglichkeiten, auf die Produktionsbedingungen Einfluss zu nehmen. Besondere Bedeutung kommt dem Handel zu. Als Bindeglied zwischen Produktion und Verbrauch kann er in beide Richtungen auf

möglichst nachhaltig erzeugte und zu nutzende Güter hinwirken (*Die Bundesregierung 2022*). Die Basis dieser positiven Einflussnahme hin zu einem nachhaltigen Konsumverhalten sind leicht zugängliche und fortlaufend aktualisierte wissenschaftlich fundierte Informationen sowie Transparenz bzgl. der Produktionsweise. So soll laut SDG 12.8 bis 2030 sichergestellt werden, dass die Menschen über einschlägige Informationen verfügen, die ein Bewusstsein für eine nachhaltige Lebensweise, u. a. im Hinblick auf den Konsum, ermöglichen.

SIEGEL UND RATGEBER FÜR NACHHALTIGKEIT BEI FISCHPRODUKTEN UND MEERESFRÜCHTEN

Umwelt- und Sozialsiegel können eine Orientierung bieten, ob und inwieweit ökologische und soziale Aspekte bei der Produktion berücksichtigt werden. Idealerweise helfen sie dabei, verantwortungsvolle Kaufentscheidungen zu treffen, und bilden gleichzeitig einen Anreiz für Unternehmen, ihre Produktion und ihre Lieferketten bewusst nachhaltig zu gestalten (*Die Bundesregierung 2022*). In Deutschland gibt es verschiedene Siegel und Ratgeber für Fischprodukte und Meeresfrüchte. Die Bewertungskriterien sind jedoch uneinheitlich und werden staatlich nicht kontrolliert. Das blaue MSC-Siegel des Marine Stewardship Council ist für



Trotz Unzulänglichkeiten ist der Anteil von Fisch aus gesunden Beständen bei Produkten mit Fischereisiegel höher als bei nicht zertifizierten Fischereiprodukten

Erzeugnisse aus der Wildfischerei in deutschen Supermärkten am häufigsten zu finden (*MSC 2023 c*). Weitere in Deutschland verbreitete Siegel für Wildfischerei werden von Naturland (*Naturland 2023 a*) und Friend of the Sea (*FoS 2023 a*) erteilt. Alle drei Siegel haben gemeinsam, dass sie eine schonende Nutzung der Fischbestände und den Schutz der Ökosysteme fördern sollen. Sie unterscheiden sich jedoch in der Methodik zur Prüfung und in der Gewichtung

der Kriterien. Die Zertifizierung erfolgt für einzelne Fischereien – meist zeitlich befristet – und unterliegt regelmäßigen Kontrollen, so dass sie auch wieder entzogen bzw. ausgesetzt werden kann, wenn die Kriterien nicht mehr erfüllt sind. So wurde beispielsweise 2018 im Greifswalder Bodden bei 26 Heringsfischereien die Naturland-Wildfisch-Zertifizierung ausgesetzt (*Naturland 2022*). Andere Heringsfischereien der westlichen Ostsee, die zuvor MSC-zertifiziert waren, verloren dieses Siegel im September 2018 ebenfalls. Den scheinbar strengen Kontrollen stehen jedoch uneinheitliche Methoden gegenüber, die sich z. T. von denen der offiziellen Bestandsabschätzungen unterscheiden. Dies kann dazu führen, dass Fischprodukte aus Beständen zertifiziert werden, die laut aktueller offizieller Bestandsabschätzung des ICES über dem maximal nachhaltigen Dauerertrag befischt werden (*Opitz et al. 2016*).

Neben den Fischereisiegeln gibt es verschiedene Fisch-einkaufsratgeber, die beispielsweise von Greenpeace, dem WWF und der Verbraucherzentrale herausgegeben werden. Alle Ratgeber arbeiten nach dem Ampelprinzip, wenden dabei aber unterschiedliche Kriterien und Methoden an. Anders als bei der Siegelvergabe, die einzelne Fischereien zertifiziert, sprechen die Ratgeber Kaufempfehlungen für

bestimmte Zielfischarten aus (bzw. raten vom Kauf ab). Da es in den großen FAO-Fanggebieten z. T. mehrere Bestände derselben Fischart gibt, die sich auf verschiedene Teilfanggebiete verteilen und sich in sehr unterschiedlichen Zuständen befinden können, variieren die Kaufempfehlungen je nach Teilfanggebiet, in dem die Zielfischarten gefangen wurden. Aufgrund unterschiedlicher Kriterien können die Bewertungen und Empfehlungen der Ratgeber voneinander abweichen. Dies führt zu Unsicherheiten bei der Kaufentscheidung. Beispielsweise gibt es im FAO-Fanggebiet 27 Nordostatlantik mindestens 16 verschiedene Heringsbestände, die sich auf 19 Teilfanggebiete verteilen (*Thünen 2022 b*). Der Fischratgeber der Verbraucherzentrale stuft derzeit (Stand 2023) den Hering aus neun dieser Teilfanggebiete als nicht empfehlenswert ein, während der WWF-Fischratgeber aktuell nur bei vier Fanggebieten vom Kauf des Herings abrät (*Verbraucherzentrale 2023, WWF 2023*). Von diesen Inkonsistenzen abgesehen fehlt bei den Fischereiprodukten oft eine Angabe zu den Teilfanggebieten, die anders als die Angabe des FAO-Fanggebiets nicht zu den verpflichtenden Kennzeichnungselementen zählt. Zudem sind verarbeitete und zubereitete Produkte von der Kennzeichnungspflicht ausgenommen. Beim Hering beispielsweise führt dies in aller Regel dazu, dass eine

verantwortungsvolle Kaufentscheidung nicht möglich ist, da er überwiegend zu Salaten und Konserven weiterverarbeitet wird. Da keine Kennzeichnungspflicht besteht, fehlen oft Angaben zum Teilfanggebiet des Herings. Auch an Fischtheken und in Restaurants kann man hierzu oft keine Auskunft erwarten. Die fehlende Kennzeichnung der Teilfanggebiete bedeutet, dass Verbraucher die Ratgeber auch dann nicht anwenden können, wenn ihre Aussagen einheitlich wären. Zudem werden nicht alle Ratgeber regelmäßig aktualisiert, weshalb neuere Bestandsentwicklungen nicht immer berücksichtigt werden.

Trotz dieser Unzulänglichkeiten der Fischereisiegel und Fischeinkaufsratgeber lässt sich festhalten, dass der Anteil gesunder Fischbestände bei Fischprodukten mit Siegel höher ist als bei nicht zertifizierten Produkten. Um Fischratgeber brauchbarer zu machen, müsste die Pflicht zur Kennzeichnung von Teilfanggebieten auf alle Fischereiprodukte ausgeweitet werden. Insgesamt wären für Siegel und Ratgeber eine einheitliche Methodik sowie gleiche Kriterien und deren identische Gewichtung notwendig. Vergabe und Kontrolle sollten von einer neutralen staatlichen Einrichtung auf wissenschaftlicher Basis erfolgen, wie die ICES-Übersicht zur Fischerei in Nord- und Ostsee (*ICES 2022 a u. 2023*).

Auch in der Aquakultur sollen Siegel nachhaltige und qualitativ hochwertige Produkte kennzeichnen. Zur den gebräuchlichsten zählen derzeit die Aquakultursiegel ASC, GGN und FoS sowie das Ökosiegel Naturland-Aquakultur und das EU-Bio-Siegel (*ASC 2023, GGN 2023, FoS 2023 b, Naturland 2023 b, Europäische Kommission 2023*). Die meisten Zertifikate definieren artübergreifend allgemeine Standards wie maximale Haltungsdichte, Produktionssysteme, verwendete Futtermittel und Umweltschutzaspekte. Die zugrundeliegenden Kriterien und deren Gewichtung können aber auch hier von Zertifikat zu Zertifikat sehr unterschiedlich ausfallen. Klimaschutzaspekte werden nur sehr allgemein berücksichtigt. Messbare Kriterien fehlen bislang. Bei ASC-zertifizierten Aquakulturbetrieben beispielsweise müssen die Futtermittelfabriken ihren Energieverbrauch und ihre Treibhausgasemissionen aufzeichnen und melden. Statt klarer Zielvorgaben bzgl. der CO₂-Bilanz sind sie lediglich verpflichtet, an der Verbesserung der Energieeffizienz, der Nutzung erneuerbarer Energien und des Wasserverbrauchs zu arbeiten. Auch das FoS-Siegel verpflichtet die Aquakulturen nur allgemein dazu, Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Je nachdem welches übergeordnete Ziel im Fokus der Zertifizierung steht (Tierwohl, Produktqualität, ökologische Ziele oder Klimaschutz), werden ggf. andere

Belange außer Acht gelassen. So ist beispielsweise bei den Bio-Zertifikaten die Haltung in emissionsarmen, geschlossenen Kreislaufanlagen nicht oder nur für die Aufzucht von Brut und Jungtieren zulässig. Dies ist aber im Hinblick auf die Klimabilanz von Aquakulturanlagen und auch wegen der möglichen ökologischen Vorteile geschlossener Systeme (Kreislaufanlagen) fragwürdig (IGB 2023). Insgesamt fehlen bislang für Aquakulturen nachvollziehbare, einheitliche Nachhaltigkeitsstandards für die Vergabe von Siegeln, die verbindlich einzuhalten sind und von staatlicher Seite kontrolliert werden.

FISCH VOM KUTTER – KLIMAFREUNDLICHER NACHHALTIGER KONSUM?

Klimafreundlicher, nachhaltiger Konsum von Fisch- und Meeresfrüchten sollte möglichst wenig Treibhausgasemissionen verursachen. Somit wäre es naheliegend, frischen Fisch aus heimischen Gewässern zu empfehlen. Allerdings sollte nachhaltiger Fischkonsum auch gewährleisten, dass Ökosysteme langfristig intakt und als Nahrungsgrundlage erhalten bleiben. Der Fischkauf am Kutter im Hafen allein ist also noch keine Garantie für eine klimafreundliche, nachhaltige Kaufentscheidung. Denn selbst wenn der Fisch aus heimischen Gewässern stammt, kann es sein, dass sein

Klimaschutzaspekte sollten bei Aquakultursiegeln stärker berücksichtigt und mit messbaren Kriterien untermauert werden.



Bestand überfischt ist oder die Fangmethode dem spezifischen Ökosystem schadet bzw. die CO₂-Speicherkapazität des Meeresbodens verringert. Ein klimafreundlicher, nachhaltiger Fischkonsum erfordert also zusätzliches Hintergrundwissen über den Zustand der heimischen Fischbestände und ihr Ökosystem sowie über die Fangmethoden. Angesichts möglicher Entwicklungen im Zusammenhang mit dem Klimawandel muss dieses Wissen fortlaufend aktualisiert werden.

Ausgehend vom aktuellen Zustand der Fischbestände kämen aktuell in der Ostsee die Scholle, Seezunge und Sprotte sowie in der Nordsee der Nördliche (europäische) Seehecht, die Scholle, Flunder, der Dornhai und ggf. Nordseekrabben für einen klimafreundlichen nachhaltigen Fischkonsum in Betracht. Dies jedoch vorbehaltlich der Auswirkungen der Fangmethoden (vgl. Kap. „Die aktuelle Situation“). Die Fisch-einkaufsratgeber des WWF und der Verbraucherzentrale stufen den Dornhai als nicht empfehlenswert ein, vermutlich weil die neueste ICES-Bewertung bisher nicht berücksichtigt wurde (Stand Februar 2023). Die anderen Arten werden aufgrund der Fangmethoden pauschal als nur bedingt empfehlenswert eingestuft. Dem gegenüber steht beispielsweise die MSC-Zertifizierung der deutschen, dänischen und



Auch für den Kutterkauf von Fisch aus heimischen Gewässern sind viele Hintergrundinformationen nötig.

niederländischen Nordseekrabbenfischer. Die zertifizierten Krabbenfischer verwenden Netze mit Fluchtschleusen, um den Beifang zu reduzieren, fischen ausschließlich über unempfindlichen, von Gezeiten aufgewühlten Sandböden, reagieren kurzfristig auf rückläufige Bestandsgrößen und haben zudem umfassende Regeln und Kontrollmechanismen akzeptiert (MSC 2023 a). Zusätzlich muss beim Kauf von Nordseekrabben der Verarbeitungsgrad berücksichtigt werden, da die größtenteils noch in Marokko gepulsten Krabben einen langen Transportweg hinter sich haben. Es gibt aber Beispiele für Alternativen, wie lokale Schälprojekte, in deren Rahmen die Krabben in Ostfriesland gepulst werden (MSC 2022). Das Thünen-Institut untersucht derzeit die Möglichkeiten des Einsatzes einer neuen maschinellen Schältechnik zur regionalen Verarbeitung und Vermarktung der Krabben (Thünen 2022 c). Auch für die Nordsee-Scholle gibt es MSC-zertifizierte Fischereien: Im Rahmen einer internationalen Kooperation wurden acht dänische und fünf holländische Schiffe nach MSC-Standard zertifiziert. Sie setzen für ihren Schollenfang modifizierte und optimierte Schleppnetze ein und haben sich außerdem dazu verpflichtet, bestimmte Gebiete nicht zu befischen und an Programmen teilzunehmen, die genauer erforschen sollen, welche Auswirkungen die neuartigen Fangmethoden auf den

Meeresboden haben (MSC 2023 b). Die Ausführungen zeigen, wie viel Hintergrundinformationen auch für den Kutterkauf von Fischen aus heimischen Gewässern nötig sind. Die MSC-zertifizierten Fischereien verdeutlichen, wie divers ihre Situation im Einzelnen sein kann. Um angemessene Kaufentscheidungen am Fischkutter im Hafen zu ermöglichen, müssten die Fanggebiete und Arbeitsweisen der Fischereien deutlich transparenter sein.



MSC-zertifizierte Scholle aus Nord- und Ostsee ist als gleichsweise nachhaltiger Konsum zu werten.



Änderungen der Konsumgewohnheiten

Der Konsum von „blauen“ Lebensmitteln sollte zu einer nahrhaften und nachhaltigen Ernährung beitragen. Das beste Verhältnis zwischen Nährstoffgehalt und Treibhausgasemissionen haben neben Wildlachs (Rotlachs bzw. Sockeye-Lachs) kleinere pelagische Fische wie Hering, Makrele und Sardelle sowie kultivierte Muscheln (Bianchi 2022, S. 1). Im Gegensatz

dazu weisen Krustentiere wie Hummer und Garnele eine geringere Nährstoffdichte auf und gehen mit hohen Treibhausgasemissionen einher (*Bianchi et al. 2022, S. 3*).

Wie zuvor beschrieben entfällt fast die Hälfte des gesamten deutschen Fischkonsums auf die drei Fischarten Lachs, Alaska-Seelachs und Thunfisch (*vgl. Kap. „Fischerei in Deutschland, Fisch- Informationszentrum 2022“, S. 9*). Der in Deutschland zu kaufende Lachs kommt meist aus marinen Aquakulturen, vor allem aus Norwegen und Schottland (*Thünen 2022 b*). Den im Vergleich zum Wildlachs kürzeren Transportwegen stehen andere Umweltbelastungen gegenüber (*IGB 2023*). So ist Aquakulturlachs in der Regel für mehr als 2 kg CO₂ pro kg Fisch verantwortlich, hauptsächlich (zu 80%) wegen der Futtermittel, während Wildlachs aus dem Pazifik inklusive Transport nach Europa „nur“ knapp 0,6 kg CO₂ pro kg Fisch verschuldet. Aus der Perspektive der Treibhausgasemissionen ist der Pazifische Wildlachs also dem Norwegischen Lachs aus Aquakulturen klar vorzuziehen. Allerdings berücksichtigt diese Bilanz nicht den Artenverlust oder andere ökologische Auswirkungen der Fischerei (*IGB 2023, Sherry et al. 2020*). Alaska-Seelachs schneidet aufgrund der relativ kraftstoffeffizienten Fangmethode (pelagische Schleppnetzfisherei)

vergleichsweise gut ab, was sich in einer hohen Fangmenge und einer bemerkenswert niedrigen Emissionsintensität niederschlägt (*Bianchi et al. 2022, S. 8*), während mit Lachs aus Aquakulturen und Thunfisch zwei der drei am meisten konsumierten Fische im Vergleich zu anderen „blauen“ Lebensmitteln die höchsten Treibhausgasemissionen aufweisen (*Bianchi et al. 2022, S. 7*). Ein höherer Konsum von kleinen pelagischen Fischen wie Hering, Makrele und Sardelle sowie Muscheln aus Aquakulturen würde nennenswert zum Ziel einer nahrhaften, nachhaltigen Ernährung beitragen. Stattdessen wird derzeit ein großer Teil der Anlandungen kleiner pelagischer Fischereien zur Herstellung von Futtermittel für Aquakultur (u. a. Lachs) und für die Viehzucht verwendet. Dies ist weitgehend auf die unzureichende Nachfrage für den direkten menschlichen Verzehr zurückzuführen (*Bianchi et al. 2022, S. 2*). Somit können Änderungen im Konsumverhalten – weg vom Aquakulturlachs und Thunfisch, hin zu Hering, Makrele, Sardelle und Aquakulturmuscheln – zu einer nachhaltigen Nutzung „blauer“ Lebensmittel beitragen, sofern die jeweilige Wildfischerei einem nachhaltigen Management unterliegt. Die Bedeutung einer stärkeren Nutzung von Algen für eine nahrhafte, nachhaltige Ernährung wurde bereits in vorangegangenen Kapiteln beschrieben (*vgl. z. B. Kap. „Blaue“ Lebensmittel mit*

Potential). Trotz Hinweisen auf eine zunehmende Popularität von Sushi und anderen auf Algen basierenden Lebensmittelprodukten (z.B. Snacks, Salate und Desserts) mangelt es an detaillierten Informationen und Kenntnissen über das Marktpotential dieser Lebensmittel, insbesondere auch im Hinblick auf zukünftige Klimaänderungen. Dieses Wissen ist für eine fundierte Entscheidungsfindung in der Politik und Planung bzgl. der Entwicklung des Algenanbaus jedoch unerlässlich. Um die Lücke zu schließen, sind eingehende, umfassende Bewertungen auf globaler, regionaler, nationaler und lokaler Ebene erforderlich (Cai et al. 2021, S. 22). Darauf aufbauend sollten Image- bzw. Marketingkampagnen durchgeführt werden, die über diese klimafreundlichen, nachhaltigen „blauen“ Lebensmittel informieren und zur Änderung des Konsumverhaltens beitragen.



Essbare Algen haben als klimafreundliche, nachhaltige und gesunde Lebensmittel großes Potential.

Handlungsoptionen für Stakeholder

Auf Basis der zuvor konkretisierten Handlungsfelder für „blaue“ Lebensmittel als Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung lässt sich Handlungsbedarf für Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Konsument*innen ableiten. Die entsprechenden Handlungsoptionen werden nachfolgend für diese Stakeholder-Gruppen zusammengefasst.

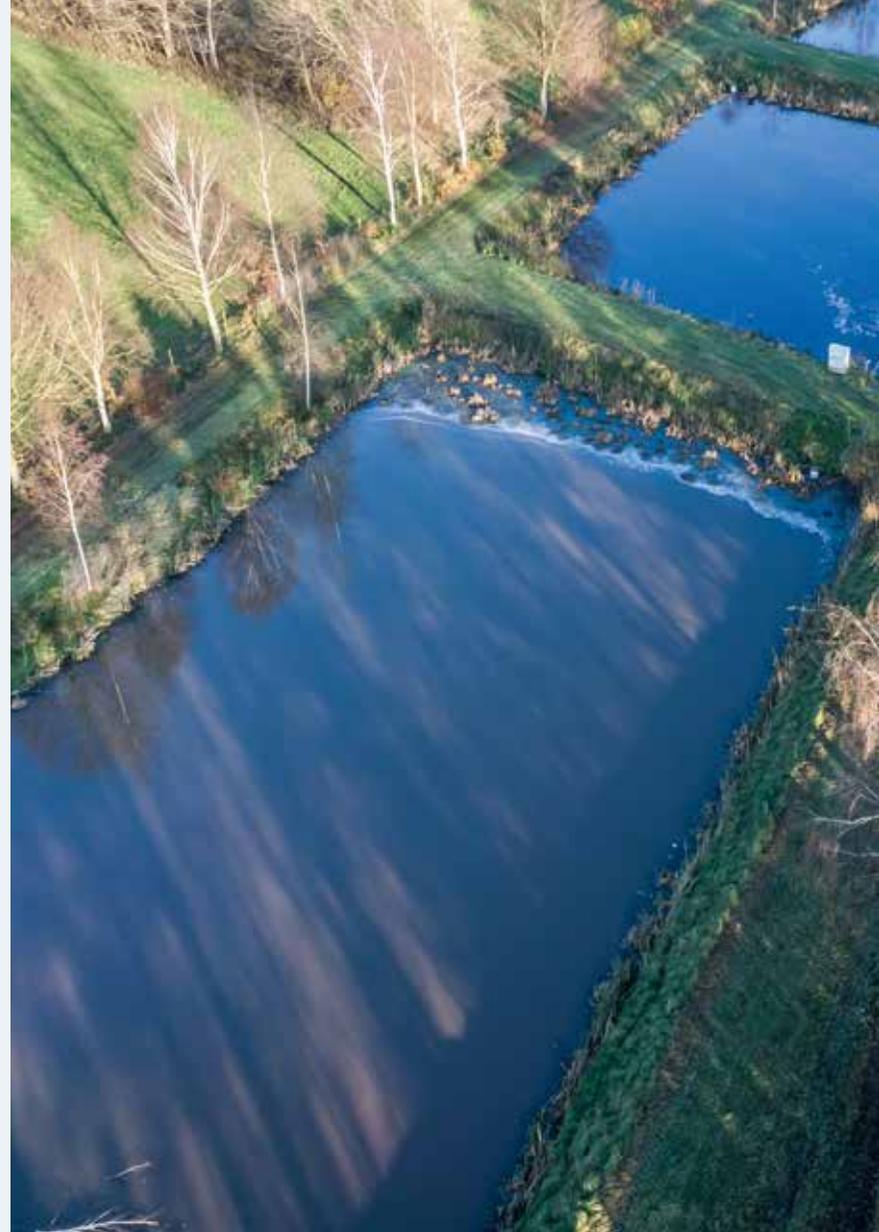




Politik (EU/Deutschland/Kommunen)

- Leitlinien, Ziele und Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen in allen Bereichen entwickeln und umsetzen (vgl. Kap. „Klimaschutz“).
- Insbesondere in der Fischerei: Förderung alternativer emissionsfreier/-armer Schiffsantriebe und Kraftstoffe und optimierter Energiemanagementansätze an Land und auf See (vgl. Kap. „Klimaschutz“).
- Rahmenbedingungen für die Erhaltung und Stärkung der natürlichen Klimaschutzfunktionen der Meere und Küsten (vgl. Kap. „Klimaschutz“).
- Leitlinien zur Reduzierung aller anderen Umweltbelastungen entwickeln oder ggf. anpassen (vgl. Kap. „Klimaschutz“ u. Kap. „Meeresschutz“).
- Flexibilisierung der Fischereipolitik, um auf klimawandelbedingte Chancen und Risiken reagieren zu können (vgl. Kap. „Meeresschutz“).

- Politische Bereitschaft auf Bundes- und Landesebene, die bestehenden Wachstumshemmnisse bzgl. der Aquakultur zu überwinden (vgl. Kap. „Nachhaltiges Wirtschaftswachstum“).
- Genehmigungspraxis für nachhaltige Aquakulturen vereinfachen (vgl. Kap. „Nachhaltiges Wirtschaftswachstum“).
- Einsatz ressourcenschonender Aquakulturanlagen und -konzepte strukturell und finanziell fördern (z. B. geschlossene Kreislaufanlagen, Extractive Farming, Multi-Use-Konzepte) (vgl. Kap. „Nachhaltiges Wirtschaftswachstum“).
- Entwicklung von regionalspezifischen Anpassungsmaßnahmen für die Fischerei (vgl. Kap. „Nachhaltiges Wirtschaftswachstum“).
- Entwicklung nachvollziehbarer einheitlicher Nachhaltigkeitsstandards für die Vergabe von Siegeln, die verbindlich einzuhalten sind und von staatlicher Seite kontrolliert werden (vgl. Kap. „Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster“).





Wissenschaft

Forschung zur Reduktion von Treibhausgasen, insbesondere

- Möglichkeiten und Ausbau des natürlichen Klimaschutzes (vgl. Kap. „Klimaschutz“).
- Erforschung alternativer emissionsfreier/-armer Schiffsantriebe und Kraftstoffe für die Fischerei (vgl. Kap. „Klimaschutz“).

Aquakulturforschung

- Erforschung ressourcenschonender und emissionsarmer Futtermittelherstellung (vgl. Kap. „Klimaschutz“).
- Optimierungspotentiale geschlossener Kreislaufanlagen in der Aquakultur untersuchen (vgl. Kap. „Klimaschutz“, Kap. „Meeresschutz“, Kap. „Nachhaltiges Wirtschaftswachstum“ u. Kap. „Nachhaltiger Konsum“).
- Erforschung von Zuchtarten, die gegenüber höheren Temperaturen widerstandsfähiger sind, insbesondere Algen (vgl. Kap. „Klimaschutz“).

- Untersuchung kühlerer Offshore-Standorte bzgl. Eignung für Aquakulturzucht (vgl. Kap. „Klimaschutz“).
- Erarbeitung von Kriterien, die eine gesellschaftlich akzeptierte nachhaltige Aquakultur erfüllen (vgl. Kap. „Nachhaltiges Wirtschaftswachstum“).

Fischereiforschung

- Optimierung von modellgestützten Frühwarnsystemen mit dem Ziel eines nachhaltigen, ökosystembasierten Managementansatzes (vgl. Kap. „Klimaschutz u. Kap. „Meeresschutz“).
- Erforschung selektiver Fangmethoden zur Reduzierung von Beifang (vgl. Kap. „Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster“).
- Erforschung wissenschaftlicher Grundlagen zur Entwicklung von Anpassungsoptionen in der Fischerei (vgl. Kap. „Nachhaltiges Wirtschaftswachstum“).
- Leicht zugängliche und fortlaufend aktualisierte wissenschaftlich fundierte Informationen über den Zustand der Fischbestände (z.B. auf fischbestaende-online.de

des Thünen-Instituts) zur Ermöglichung nachhaltiger Kaufentscheidungen (vgl. Kap. „Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster“).

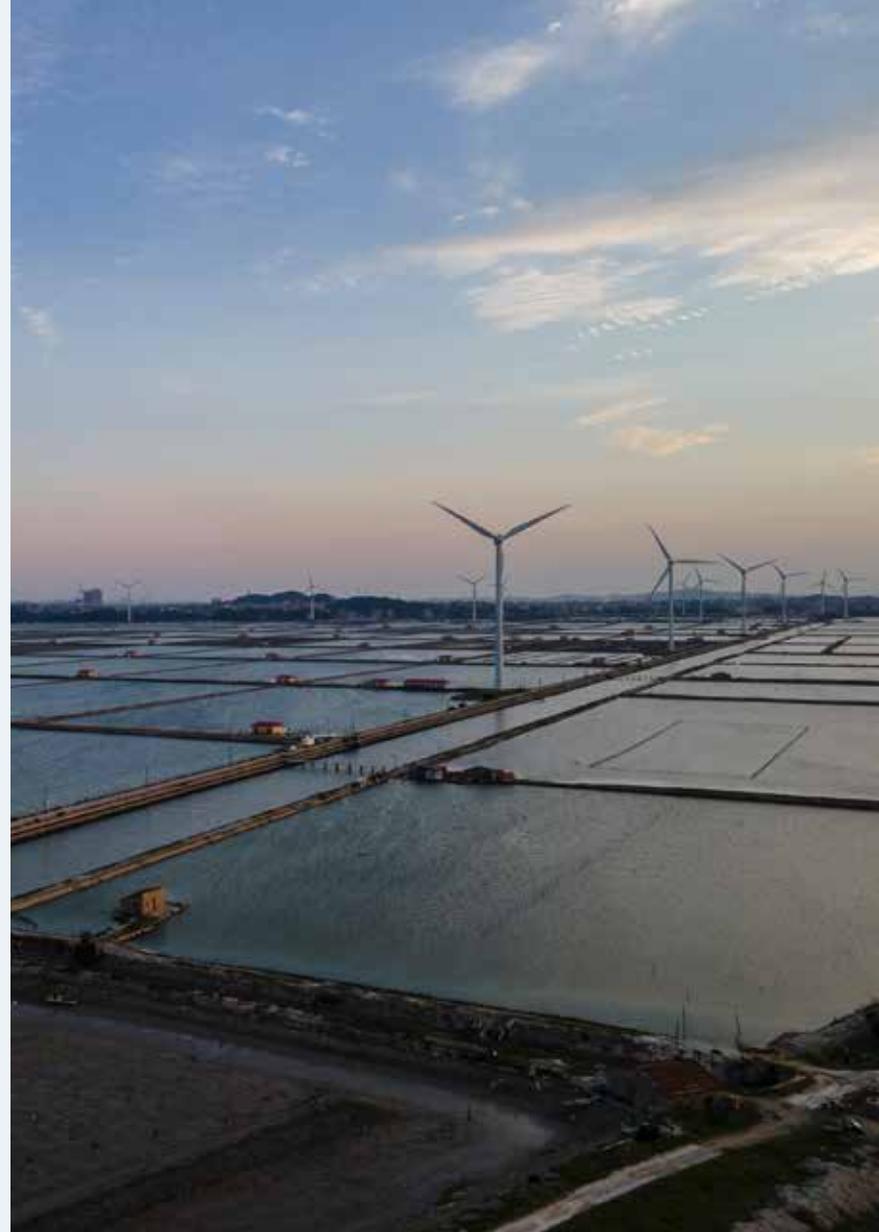




Wirtschaft (Fischerei/Handel/Verarbeitung)

- Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen in Betrieben und Produktionsprozessen umsetzen, z. B. Einsatz alternativer emissionsfreier/-armer Schiffsantriebe (vgl. Kap. „Klimaschutz“).
- Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen in Fischerei und Aquakultur (vgl. Kap. Klimaschutz u. Kap. „Meeresschutz“).
- Diversifizierung und Regionalisierung unter Einbeziehung von Tourismus, Naturschutz und Regionalentwicklung zur Erschließung alternativer Einnahmequellen (vgl. Kap. „Nachhaltiges Wirtschaftswachstum“).
- Einsatz nachhaltiger Aquakulturen (z. B. geschlossene Kreislaufsysteme, Extractive Farming) (vgl. Kap. „Nachhaltiges Wirtschaftswachstum“).
- Züchtung wärmeresistenterer Arten (vgl. Kap. „Klimaschutz“).

- Rechtzeitige gemeinsame Planung von Multi-Use-Konzepten (z.B. Aquakulturen in Offshore-Windparks) (vgl. Kap. „Nachhaltiges Wirtschaftswachstum“).
- Transparenz hinsichtlich Produktionsweise (Aquakultur) bzw. (Teil-)Fanggebiet und Fangmethode (Wildfischerei) (vgl. Kap. „Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster“).
- Image- bzw. Marketingkampagnen für nachhaltige „blaue“ Lebensmittel, z.B. Algen (vgl. Kap. „Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster“).





Konsument*innen

- Lebensmittelabfälle reduzieren, z. B. durch bessere zeitliche und mengenmäßige Planung (vgl. Kap. „Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster“).
- Nachhaltige Kaufentscheidungen auf Basis aktueller wissenschaftsbasierter Informationen (soweit möglich) (vgl. Kap. „Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster“).
- Fisch und Meeresfrüchte mit Siegel bevorzugen (vgl. Kap. „Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster“).
- Kleinere pelagische Fische, wie Hering, Makrele und Sardelle, sowie Muscheln aus Aquakulturen gegenüber Thunfisch und Aquakulturlachs bevorzugen, sofern sie aus nachhaltig bewirtschafteten Fischbeständen bzw. Aquakulturen stammen (vgl. Kap. „Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster“).
- Aufgeschlossenheit gegenüber neuen, „blauen“ Lebensmitteln, z. B. Algen (vgl. Kap. „Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster“).

Literatur

AG NASTAQ (2020): Nationaler Strategieplan Aquakultur 2021–2030 für Deutschland. https://www.portal-fischerei.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Dokumente/Bund/Aquakultur/NASTAQ_2021-2030.pdf (zuletzt abgerufen am 05.10.2022)

ASC Aquaculture Stewardship Council (2023): Für umweltschonende und soziale Aquakultur. <https://de.asc-aqua.org/> (zuletzt abgerufen am 05.05.2023)

Beaugrand, G., Brander, K., Alistair Lindley, J., et al. (2003): Plankton effect on cod recruitment in the North Sea. *Nature* 426, S. 661–664. <https://doi.org/10.1038/nature02164>

Bianchi, M., Hallström, E., Parker, R. W. R., et al. (2022): Assessing seafood nutritional diversity together with climate impacts informs more comprehensive dietary advice. *Commun Earth Environ* 3, S. 188. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00516-4>

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2019): Agenda Anpassung von Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur an den Klimawandel.

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2020): Dem Wandel begegnen – Maßnahmen für die Anpassung von Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei und Aquakultur an den Klimawandel, 24 S.

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2022): Versorgung mit Fischen. <https://www.bmel-statistik.de/ernaehrung-fischerei/fischerei/tabellen-zur-fischerei/> (zuletzt abgerufen am 05.05.2022)

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (2020): Bericht zur Markt- und Versorgungslage 2020, 50 S.

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (2021 a): Die Hochsee- und Küstenfischerei in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2020; Bericht über die Anlandungen von Fischereierzeugnissen durch deutsche Fischereifahrzeuge, 17 S.

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (2021 b): Der Markt für Fischereierzeugnisse in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2020; Bericht über die Versorgung der Bundesrepublik Deutschland mit Fischereiprodukten aus Eigenproduktion und Importen sowie die Exportsituation, 148 S.

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (2021 c): Deutsches Programm für den EMFAF 2021–2017. https://www.portal-fischerei.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Dokumente/Bund/Deutsches_Programm_fuer_den_EMFAF_2021_bis_2027_2021-11-15.pdf (zuletzt abgerufen am 28.09.2022)

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (2022 a): Bericht an die Europäische Kommission nach Artikel 22 der Verordnung (EU) Nr. 1380/2013 über das Gleichgewicht zwischen den Fangkapazitäten und den Fangmöglichkeiten der deutschen Fischereiflotte im Jahr 2021.

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (2022 b): Nationale Strategie zur Reduzierung der Lebensmittelverschwendung. <https://www.bmel.de/DE/themen/ernaehrung/lebensmittelverschwendung/strategie-lebensmittelverschwendung.html> (zuletzt abgerufen am 07.12.2022)

Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) (2023 a): Nachhaltigkeit (nachhaltige Entwicklung). <https://www.bmz.de/de-service/lexikon/nachhaltigkeit-nachhaltige-entwicklung-14700> (zuletzt abgerufen am 06.04.2023)

Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) (2023 b): Agenda 2030. Die globalen Ziele für nachhaltige Entwicklung. <https://www.bmz.de/de/ministerium/sdg> (zuletzt abgerufen am 06.04.2023)

Die Bundesregierung (2022): Die globale Nachhaltigkeitsstrategie. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsziele-erklart-232174> (zuletzt abgerufen am 13.12.2022)

Cai, J., Lovatelli, A., Aguilar-Manjarrez, J., Cornish, L., Dabbadie, L., Desrochers, A., Diffey, S., Garrido Gamarro, E., Geehan, J., Hurtado, A., Lucente, D., Mair, G., Miao, W., Potin, P., Przybyla, C., Reantaso, M., Roubach, R., Tauati, M., Yuan, X. (2021): Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in global aquaculture development. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1229*. Rome, FAO.

Campos, C. J. A., Lees D. N. (2014): Environmental transmission of human noroviruses in shellfish waters. *Appl Environ Microbiol* 80, S. 3552–3561.

Cheung, W. W. L., Frölicher, T. L. (2020): Marine heatwaves exacerbate climate change impacts for fisheries in the northeast Pacific. *Sci Rep* 10, S. 6678. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63650-z>

Costello, C., Cao, L., Gelcich, S., et al. (2020): The future of food from the sea. *Nature* 588, S. 95–100 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2616-y>

Deutsche Allianz Meeresforschung (DAM) (2022 a): Meere als Kohlenstoffspeicher – Eine DAM-Forschungsmission. <https://www.allianz-meeresforschung.de/kernbereiche/forschung/meere-als-kohlenstoffspeicher/> (zuletzt abgerufen am 28.09.2022)

Deutsche Allianz Meeresforschung (DAM) (2022 b): Meere schützen und nachhaltig nutzen – Eine DAM-Forschungsmission. <https://www.allianz-meeresforschung.de/kernbereiche/forschung/meere-schuetzen-und-nachhaltig-nutzen/> (zuletzt abgerufen am 28.09.2022)

Deutsche Umwelthilfe (2019): 5-Jahres-Bilanz der Gemeinsamen Fischereipolitik der EU, 138 S. <https://www.bfn.de/sites/default/files/BfN/meeresundkuestenschutz/Dokumente/Broschueren/5-jahresbilanz-2014-2019-der-gemeinsamen-fischereipolitik-der-eu.pdf> (zuletzt abgerufen am 30.09.2022)

Deutschlandfunk (2020): Thunfisch oder Sardine – Fangquoten in Zeiten des Klimawandels. <https://www.deutschlandfunk.de/thunfisch-oder-sardine-fangquoten-in-zeiten-des-klimawandels-100.html> (zuletzt abgerufen am 26.08.2022)

Dulvy, N. K., Rogers, S. I., Jennings, S., Stelzenmüller, V., Dye, S. R., Skjoldal, H. R. (2008): Climate change and deepening of the North Sea fish assemblage: a biotic indicator of warming seas. *J Appl Ecol* 45, S. 1029–1039.

Europäische Kommission (2012): Blaues Wachstum – Chancen für nachhaltiges marines und maritimes Wachstum. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, 14 S.

Europäische Kommission (2019): Der europäische Grüne Deal. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, 29 S. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0021.02/DOC_1&format=PDF (zuletzt abgerufen am 30.09.2022)

Europäische Kommission (2020): Farm to Fork Strategy – For a fair, healthy and environmentally-friendly food system, 23 S. https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-05/ft2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf (zuletzt abgerufen am 30.09.2022)

Europäische Kommission (2021): Über einen neuen Ansatz für eine nachhaltige blaue Wirtschaft in der EU – Umgestaltung der blauen Wirtschaft der EU für eine nachhaltige Zukunft. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, 25 S.

Europäische Kommission (2023): Biologische Erzeugung und Bioprodukte. https://agriculture.ec.europa.eu/farming/organic-farming/organic-production-and-products_de#rulesonwineaquacultureandhydroponics (zuletzt abgerufen am 05.05.2023)

Europäisches Parlament (2022): Bewirtschaftung der Fischbestände in der EU. https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/de/FTU_3.3.2.pdf (zuletzt abgerufen am 09.09.2022)

Europäisches Parlament und Europäische Union (2013): Verordnung (EU) Nr. 1380/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2013 über die Gemeinsame Fischereipolitik und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 1954/2003 und (EG) Nr. 1224/2009 des Rates sowie zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 2371/2002 und (EG) Nr. 639/2004 des Rates und des Beschlusses 2004/585/EG des Rates.

FAO (2018): Impacts of climate change on fisheries and aquaculture Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper* 627.

FAO (2020 a): The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. In brief. Sustainability in action. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9231en>, 28 S.

FAO (2020 b): The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>, 224 S.

FAO (2022): The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>, 266 S.

Fietz, K. (2020): Futter bei die Fische – Ein Bericht zum Umgang von Groß- und Einzelhändlern mit Wildfisch als Fischfutter in ihren Aquakultur-Lieferketten. *Deutsche Umwelthilfe*, 58 S.

Fisch-Informationszentrum e.V. (Hrsg.) (2022): Fischwirtschaft – Daten und Fakten 2022, 32 S.

FoS Friend of the Sea (2023 a): Sustainable Fisheries and Fleets. <https://friendofthesea.org/sustainable-standards-and-certifications/sustainable-fisheries-and-fleets/> (zuletzt abgerufen am 05.05.2023)

FoS Friend of the Sea (2023 b): Sustainable Aquaculture. <https://friendofthesea.org/sustainable-standards-and-certifications/sustainable-aquaculture/> (zuletzt abgerufen am 05.05.2023)

Garcia, S. M., Zerbi, A., Aliaume, C., Do Chi, T., Lasserre, G. (2003): The ecosystem approach to fisheries. Issues, terminology, principles, institutional foundations, implementation and outlook. FAO Fisheries Technical Paper. No. 443. Rome, FAO, 71 S.

GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel (2022): Hintergrund – der natürliche Kohlenstoffkreislauf der Erde – Kohlenstoffspeicher Ozean: So nimmt das Meer Kohlendioxid auf. https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/56931/1/CDRmare_carboncy_factsheet_220824.pdf (zuletzt abgerufen am 28.09.2022)

GGN (2023): Über das GGN Label. <https://www.globalgap.org/de/ggn-label/about-the-ggn-label/> (zuletzt abgerufen am 05.05.2023)

Golden, C. D., Koehn, J. Z., Shepon, A., et al. (2021): Aquatic foods to nourish nations. *Nature* 598, 315–320. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03917-1>

HELCOM/Baltic Earth (2021): Climate Change in the Baltic Sea. 2021 Fact Sheet. Baltic Sea Environment Proceedings n°180.

Hübsch, H. (2021): Systematische Erfassung des Lebensmittelabfalls der privaten Haushalte in Deutschland. Schlussbericht 2020, erstellt für das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 74 S. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/6232/dokumente/gfk-studie_2020.pdf

ICES (2022 a): Greater North Sea ecoregion – fisheries overview. ICES Advice: Fisheries Overviews. Report. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.21641360.v1>

ICES (2022 b): Mackerel (*Scomber scombrus*) in subareas 1–8 and 14 and division 9.a (the Northeast Atlantic and adjacent waters). In Report of the ICES Advisory Committee, 2022. ICES Advice 2022, mac.27.nea. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7789>

ICES (2022 c): Whiting (*Merlangius merlangus*) in Subarea 4 and Division 7.d (North Sea and eastern English Channel). In Report of the ICES Advisory Committee, 2022. ICES Advice 2022, whg.27.47d. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.19457411>

ICES (2023): Baltic Sea ecoregion – fisheries overview. ICES Advice: Fisheries Overviews. Report. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.21646934.v2>

IGB Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei im Forschungsverbund Berlin e.V. (2023): Aquakulturinfo – Das Informationsportal zur Aquakultur. <https://www.aquakulturinfo.de/> (zuletzt abgerufen am 03.05.2023)

IPCC (2020): Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Summary for Policymakers. [P. R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendía, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley (eds.)].

IPCC (2022 a): Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, the Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report. Summary for Policymakers, 35 S.

IPCC (2022 b): Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, the Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report. Full Report, 3500 S.

IPCC (2022 c): Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, the Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report. Technical Summary, 84 S. doi:10.1017/9781009325844.002

IPCC (2022 d): Emissions Trends and Drivers, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P. R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khouradajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA. doi:10.1017/9781009157926.004

Kempf, A., Haslob, H., Ulleweit, J., Rohlf, N., Bernreuther, M., Stransky, C., Werner, K.-M., Krumme, U., Zimmermann, C., Stötera, S., Haase, S. (2022): ICES-Fangempfehlungen: Was steckt dahinter? Thünen-Institut (Hrsg.), Bremerhaven, Rostock. <https://www.thuenen.de/de/themenfelder/fischerei/entwicklungen-von-fischbestaenden-verstehen-wissenschaftliche-grundlage-fuer-eine-nachhaltige-nutzung/ices-fangempfehlungen-was-steckt-dahinter> (zuletzt abgerufen am 13.02.2023)

Klein, B., Seiffert, R., Gräwe, U., Klein, H., Loewe, P., Möller, J., Müller-Navarra, S., Holfort, J., Schlamkow, C. (2018): Deutsche Bucht mit Tideelbe und Lübecker Bucht. In: von Storch, H., Meinke, I., Claußen, M. (Hrsg.), Hamburger Klimabericht – Wissen über Klima, Klimawandel und Auswirkungen in Hamburg und Norddeutschland. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-55379-4_4

Köhl, M., Möllmann, C., Fromm, J., Kraus, G., Mues, V. (2018): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. In: von Storch, H., Meinke, I., Claußen, M. (Hrsg.), Hamburger Klimabericht – Wissen über Klima, Klimawandel und Auswirkungen in Hamburg und Norddeutschland. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-55379-4_7

Koul, V., Sguotti, C., Årthun, M. et al. (2021): Skilful prediction of cod stocks in the North and Barents Sea a decade in advance. *Commun Earth Environ* 2, 140. <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00207-6>

Kraus, G. (2023): Thünen-Institut für Seefischerei (Hrsg.): Klimawandel – Die einen kommen, die anderen gehen. <https://www.thuenen.de/de/themenfelder/klima-und-luft/was-der-klimawandel-fuer-die-fischereiwirtschaft-bedeutet/klimawandel-die-einen-kommen-die-anderen-gehen> (zuletzt abgerufen am 02.05.2023)

KÜNO (2022): Küstenforschung Nordsee-Ostsee. <https://deutsche-kuestenforschung.de/> (zuletzt abgerufen am 28.09.2022)

MacLeod, M. J., Hasan, M. R., Robb, D. H. F., et al. (2020): Quantifying greenhouse gas emissions from global aquaculture. *Sci Rep* 10, S. 11679. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68231-8>

Madeira, D., Narciso, L., Cabral, H. N., Vinagre, C. (2012): Thermal tolerance and potential impacts of climate change on coastal and estuarine organisms. *Journal of Sea Research* 70, S. 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2012.03.002>

maribus GmbH (Hrsg.) (2013): *World Ocean Review 2: Die Zukunft der Fischerei*, 148 S.

maribus GmbH (Hrsg.) (2021): *World Ocean Review 7: Lebensgarant Ozean – nachhaltig nutzen, wirksam schützen*, 169 S.

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* volume 11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93843-z>

Möllmann, C., Voss, R. (2022): Ökosystembasiertes Management für den Dorsch der Westlichen Ostsee. *Zeitschrift für Fischerei* 2: Artikel 3, S. 1–10. <https://doi.org/10.35006/fischzeit.2022.18>

MSC Marine Stewardship Council (2022): Produktneuheit: regional gepulte Nordseekrabben. <https://www.msc.org/de/presse/neuigkeiten/2018/11/14/produktneuheit-regional-gepulte-nordseekrabben>

MSC Marine Stewardship Council (2023 a): Nordseekrabben. https://www.msc.org/docs/default-source/de-files/fischereibeispiele/msc_faktenblatt-nordseekrabbe_final.pdf?sfvrsn=a151c5d9_6 (zuletzt abgerufen am 03.05.2023)

MSC Marine Stewardship Council (2023 b): Neue Zertifizierungen, neue Arten. <https://www.msc.org/de/presse/pressemitteilungen/neue-zertifizierungen-neue-arten> (zuletzt abgerufen am 03.05.2023)

MSC Marine Stewardship Council (2023 c): Marine Stewardship Council (Startseite). <https://www.msc.org/de> (zuletzt abgerufen am 05.05.2023)

Naturland (2022): Greifswalder Bodden. <https://www.naturland.de/de/naturland/wo-wir-sind/einkauf/523-greifswalder-bodden-ausgesetzt.html> (zuletzt abgerufen am 15.12.2022)

Naturland (2023 a): Nachhaltige Fischerei. <https://www.naturland.de/de/naturland/wofuer-wir-stehen/bio-fisch-wildfang/nachhaltige-fischerei.html> (zuletzt abgerufen am 05.05.2023)

Naturland (2023 b): Öko-Aquakulturen überzeugen. <https://www.naturland.de/de/naturland/wofuer-wir-stehen/bio-fisch-wildfang/oekologische-aquakultur.html> (zuletzt abgerufen am 05.05.2023)

Nunez-Riboni, I., Taylor, M. H., Kempf, A., Püts, M., and Mathis, M. (2019): Spatially resolved past and projected changes of the suitable thermal habitat of North Sea cod (*Gadus morhua*) under climate change. *ICES Journal of Marine Science* 76, S. 2389–2403.

Opitz, S., Hoffmann, J., Quaas, M., Matz-Lück, N., Binohlan, C., Froese, F. (2016): Assessment of MSC-certified fish stocks in the Northeast Atlantic. *Marine Policy* 71, S. 10–14. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2016.05.003>

Our Fish (2022): BRIEFING: Fischereimanagement als Maßnahme gegen die Klima- und Biodiversitätskrise. https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Naturschutz/Fischereipolitik/Positionspapier_Fischereimanagement_Klimaschutz.pdf (zuletzt abgerufen am 20.09.2022)

Parker, R. W. R., Blanchard, J. L., Gardner, C., et al. (2018): Fuel use and greenhouse gas emissions of world fisheries. *Nature Clim Change* 8, S. 333–337. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0117-x>

Perry, A. L., Low, P. J., Ellis, J. R., Reynolds, J. D. (2005): Climate change and distribution shifts in marine fishes. *Science* 308, S. 1912–1915.

Polte, P., Gröhsler, T., Kotterba, P., von Nordheim, L., Moll, D., Santos, J., Rodriguez-Tress, P., Zablotzki, Y., and Zimmermann, C. (2021): Reduced Reproductive Success of Western Baltic Herring (*Clupea harengus*) as a Response to Warming Winters. *Front. Mar. Sci.* 8, S. 589242. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.589242>

Quante, M., Collejn, F. (Hrsg.) (2016): North Sea Region Climate Change Assessment. Springer Cham, 528 S. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-39745-0>

Robert Koch-Institut (RKI) (2020): Antworten auf häufig gestellte Fragen zu Nicht-Cholera-Vibrionen. <https://www.rki.de/SharedDocs/FAQ/Vibrionen/FAQ-Liste.html> (zuletzt abgerufen am 22.09.2022) Saborowski, R.; Hünerlage, K. Hatching phenology of the brown shrimp *Crangon crangon* in the southern North Sea: inter-annual temperature variations and climate change effects. *ICES Journal of Marine Science*, Volume 79, Issue 4, May 2022, Pages 1302–1311, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac054>

Sala, E., Mayorga, J., Bradley, D., Cabral, R., Atwood, T., Auber, A., Cheung, W., Costello, C., Ferretti, F., Friedlander, A., Gaines, S., Garilao, C., Goodell, W., Halpern, B., Hinson, A., Kaschner, K., Kesner-Reyes, K., Leprieux, F., McGowan, J., Lubchenko, J. (2021): Protecting the global ocean for biodiversity, food and climate. *Nature* 592, S. 1–6. doi:10.1038/s41586-021-03371-z

Saborowski, R.; Hünerlage, K. Hatching phenology of the brown shrimp *Crangon crangon* in the southern North Sea: inter-annual temperature variations and climate change effects. *ICES Journal of Marine Science*, Volume 79, Issue 4, May 2022, Pages 1302–1311, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac054>

Schneider, F. (2022): Wie Lebensmittelverschwendung entstehen kann. <https://www.thuenen.de/de/themenfelder/welternaeherung-und-globale-ressourcen/weniger-ist-mehr-lebensmittelverluste-und-abfaelle-reduzieren/wie-lebensmittelverschwendung-entstehen-kann> (zuletzt abgerufen am 08.12.2022)

Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) (2022): Monitoring of the performance of the Common Fisheries Policy (STECF-Adhoc-22-01). EUR 28359 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. doi:10.2760/566544, JRC129080

Scotti, M., Opitz, S., MacNeil, L., Kreutle, A., Pusch, C., Froese, R. (2022): Ecosystem-based fisheries management increases catch and carbon sequestration through recovery of exploited stocks: The western Baltic Sea case study. *Front. Mar. Sci.* 9, S. 879–998. doi:10.3389/fmars.2022.879998

Sguotti, C., Otto, S., Frelat, R., Langbehn, T., Plambech Ryberg, M., Lindegren, M., Durant, J., Stenseth, N., Möllmann, C. (2019): Catastrophic dynamics limit Atlantic cod recovery. *Proceedings of the Royal Society B*, Volume 286, Issue 1898, S. 2018–2877.

Sherry, J., Koester, J. (2020): Life Cycle Assessment of Aquaculture Stewardship Council Certified Atlantic Salmon (*Salmo salar*). In: Sustainability.

Staby, A., Skjæraasen, J. E., Geffen, A. J., Howell, D. (2018): Spatial and temporal dynamics of European hake (*Merluccius merluccius*) in the North Sea. *ICES Journal of Marine Science*. Volume 75, Issue 6, S. 2033–2044. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy103>

Thünen-Institut (Hrsg.) (2020): Auswirkungen aktueller Politikstrategien (Green Deal, Farm-to-Fork, Biodiversitätsstrategie 2030; Aktionsprogramm Insektenschutz) auf Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei. Thünen working paper 156, S. 10.

Thünen-Institut (Hrsg.) (2022 a): Thünen erklärt: Der Hering in der Klimafalle. <https://thuenen.pageflow.io/der-hering-in-der-klimafalle#281826> (zuletzt abgerufen am 04.08.2022)

Thünen-Institut (Hrsg.) (2022 b): Fischbestände online. <https://www.fischbestaende-online.de/> (zuletzt abgerufen am 21.02.2023)

Thünen-Institut (Hrsg.) (2022 c): Neuartige Krabbenschälmaschine soll Wertschöpfungskette der Nordseekrabbe verbessern. <https://www.thuenen.de/de/fachinstitute/seefischerei/projekte/akw-alternative-krabbenwertschoepfung> (zuletzt abgerufen am 27.02.2023)

Troell, M., Jonell, M., Crona, B. (2019): The role of seafood for sustainable and healthy diets. The EAT-Lancet commission report through a blue lens, 24 S.

Tulp, I., Bolle, L. J., Meesters, E., de Vries, P. (2012): Brown shrimp abundance in north-west European coastal waters from 1970 to 2010 and potential causes for contrasting trends. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 458, S. 141–154. doi:10.3354/meps09743

UBA (Hrsg.) (2013): Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen, 110 S.

UBA (Hrsg.) (2021 a): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Teilbericht 3: Risiken und Anpassung im Cluster Wasser, 277 S.

UBA (Hrsg.) (2021 b): Umweltschädliche Subventionen in Deutschland – Aktualisierte Ausgabe 2021, 161 S. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_143-2021_umweltschaedliche_subventionen.pdf (zuletzt abgerufen am 04.10.2022)

Verbraucherzentrale (2023): Welcher Fisch auf den Tisch – Ratgeber zum nachhaltigen Fischeinkauf. https://www.verbraucherzentrale.de/sites/default/files/2022-04/fischratgeber_2022_web.pdf (zuletzt abgerufen am 05.05.2023)

WWF (2023): WWF Fischratgeber. <https://fischratgeber.wwf.de/> (zuletzt abgerufen am 05.05.2023)

Ye, Y., Cochrane, K., Bianchi, G., Willmann, R., Majkowski, J., Tandstad, M., Carocci, F. (2013): Rebuilding global fisheries: the World Summit Goal, costs and benefits. *Fish and Fisheries*, 14(2), S. 174–185.

Zimmermann, C. (2022 a): Erläuterungen des ICES Advice für 2023 – Hering, westliche Ostsee. https://www.thuenen.de/media/ti-themenfelder/Fischerei/Daten_fuer_Europa/ices-Fangempfehlungen/Erlaeuterungen_zum_Download_Hering_westliche_Ostsee_2023.pdf

Zimmermann, C. (2022 b): Rückwürfe in der Meeresfischerei. <https://www.thuenen.de/de/themenfelder/welternaeehrung-und-globale-ressourcen/weniger-ist-mehr-lebensmittelverluste-und-abfaelle-reduzieren/rueckwuerfe-in-der-meeresfischerei> (zuletzt abgerufen am 09.12.2022)

Bildnachweis

© Pixabay (S. 2)
© Heike Schwermer (S. 11)
© iStock.com/Ramdan_Nain (S.16)
© Insa Meinke (S. 18)
© iStock.com/Tagglass (S.20)
© iStock.com/filmfoto (S.23)
© Salix/Wikimedia (S. 24)
© Gerald Schernewski (S.27)
© iStock.com/olli0815 (S.28)
© iStock.com/Christian Sturzenegger (S. 31)
© Pixabay (S. 32, 34)
© iStock.com/StudioMikara (S.39)
© Pixabay (S. 40)
© iStock.com/Vadimborkin (S.46)
© iStock.com/Chandra Akbar (S.49)
© iStock.com/zia_shusha (Titel, S. 51)
© iStock.com/urf (S.52)
© iStock.com/gorodenkoff (S.56)
© Pixabay (S. 58, 60, 62, 66)
© iStock.com/rbouwman (S. 69)
© DLux - stock.adobe.com (S. 73)
© Wolf Wichmann (S. 74)
© Insa Meinke (S.76)
© manolyto - stock.adobe.com (S. 79)
© Pixabay (S. 80)
© iStock.com/Dr_Microbe (S.85)
© iStock.com/Andrei Zonenko (S.87)
© Pixabay (S. 89)
© iStock.com/emeral1940 (S.91)
© Pixabay (S. 92)
© davidyoung11111/Fotolia (S.95)
© Pixabay (S. 97)
© Heike Schwermer (S.98,101)
© Pixabay (S. 103)
© iStock.com/Damocean (S.104)

© Pixabay (S.109)
© Heike Schwermer (S.110)
© Fernando Losada Rodríguez/Wikimedia (S.115)
© Heike Schwermer (S.116)
© Frank - stock.adobe.com (S.118)
© Pixabay (S.121)
© Maren Winter - stock.adobe.com (S.122)
© barmalini - stock.adobe.com (S.124)
© Pixabay (S.127)
© United Nations (S.129)
© iStock.com/DogoraSun (S.130)
© Michael Fritz (S.132)
© iStock.com/Fotolia (S.137)
© iStock.com/sdarkly (S.138)
© Pixabay (S.143)
© iStock.com/makasana (S.147)
© iStock.com/riderfoot (S.148)
© iStock.com/UliU (S.151)
© Pixabay (S.152,154)
© iStock.com/Akatjomar (S.159)
© Pixabay (S.160)
© iStock.com/Nongmaithem Bitankumar (S.163)
© iStock.com/6381380 (S.164)
© iStock.com/jokuephotography (S.167)
© iStock.com/Görkem Kara (S.168)
© Pixabay (S.170)
© Heike Schwermer (S.173,176)
© Pixabay (S.180)
© iStock.com/encklc (S.182)
© iStock.com/AndreyPopov (S.186)
© Pixabay (S.189)
© Heike Schwermer (S.190)
© Michael Fritz (S.193, S.199)

© Heike Schwermer (S.201)
© iStock.com/EflStudioArt (S.203)
© iStock.com/SUNGSU HAN (S.204)
© iStock.com/brebca (S.209)
© Pixabay (S.210)
© Heike Schwermer (S.212)
© iStock.com/geogif (S.215)
© iStock.com/SolStock (S.216)
© iStock.com/Gema Alvarez Fernandez (S.219)
© iStock.com/HildaWeges (S.220)
© iStock.com/ma li (S.223)
© iStock.com/Lisovskaya (S.224)
© Heike Schwermer (S.242)

Impressum

Autorin und Herausgeberin

Dr. Insa Meinke
Norddeutsches Küsten- und Klimabüro
Helmholtz-Zentrum Hereon
Max-Planck-Str. 1
21502 Geesthacht
Telefon: 04152 87 1868
insa.meinke@hereon.de
www.kuesten-klimabuero.de

Review

Gesamtdokument:

Dr. Ralf Döring
Thünen-Institut, Institut für Seefischerei

Prof. Dr. Christian Möllmann
Universität Hamburg, Institut für marine Ökosystem- und
Fischereiwissenschaften, KÜNO-Projekt balt_ADAPT

Für Inhalte aus den KÜNO-Projekten:

Dr. Alexander Kempf
Thünen-Institut, Institut für Seefischerei für das KÜNO Projekt BioWeb

Prof. Dr. Ingrid Kröncke
Senckenberg am Meer, Meeresbiologie für das KÜNO-Projekt BioWeb

Dr. Maike Paul
Leibniz Universität Hannover, Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau,
Ästuar- und Küsteningenieurwesen für das KÜNO-Projekt SeaStore

Dr. Miriam Püts
Thünen-Institut, Institut für Seefischerei für das KÜNO Projekt für das
KÜNO-Projekt BioWeb

Prof. Dr. Maren Voss
Institut für Ostseeforschung Warnemünde für das KÜNO-Projekt BluEs

Prof. Dr. Kai Wirtz
Helmholtz-Zentrum Hereon, Institut für Küstensysteme, Ökosystem-
modellierung für das KÜNO-Projekt MuSSEL

Gestaltung

Michael Fritz Kommunikationsdesign, Hamburg

Auflage

3000

Gedruckt auf 100 Prozent Recyclingpapier
Klimaneutral



Dieses Druckerzeugnis wurde mit dem Blauen Engel ausgezeichnet.

Geesthacht, Juli 2023

ISBN 978-3-940923-12-7





ZID-4