

### 3.10 Die Barentssee: ein Schelfmeer von globaler Bedeutung - Integrierte Verwaltung von marinen Ökosystemen, Fischerei und off-shore Ressourcen

ROLAND KALLENBORN & CECILIE VON QUILLFELDT

*The Barents Sea - An Arctic shelf sea with global significance: The Barents Sea is a marine shelf region in the Northern Atlantic, south of the Central Arctic Ocean. The Barents Sea covers the region between 69 °N to 81 °N Latitude and 40 °E to 56 °E Longitude. Today the Barents Sea is well known for its abundance of commercially exploited fish stocks and the off-shore production of petroleum (oil and gas) resources in the Russian and Norwegian zones. Recent geological estimates reveal that new hitherto undetected oil and gas reserves may be found for future exploitation in the Northern Barents Sea. Norwegian and Russian authorities administer the largest part of the Barents Sea region. A joint Russian and Norwegian Fishery Commission as well as a Norwegian-Russian Committee on Environmental and Resource issues have been established and contribute to the bi-national harmonized management of resources and ecosystems in the Barents Sea. Recent estimates on global effects of climate change confirmed that the most dramatic changes are expected in the Arctic and in the Barents Sea. When the ice coverage of the central Arctic as well as the Marginal Ice Zones (MIZ) of the Eastern Barents Sea will diminish as expected by the models, considerable changes in ecosystem interactions, biodiversity and foodweb structures will be inevitable. In addition, hitherto inaccessible resources will be available in the Arctic and the Barents Sea. Thus a balanced and co-ordinated management of resources and life stocks in the Barents Sea is an important tool to cope with the demanding future challenges. Therefore, the adjustments and priorities developed in the bi-national management plan of the Barents Sea have the potential for an important sentinel, also for the multi-national administration of other ocean regions of our globe.*

Insgesamt vier Anrainerstaaten erheben heute Verwaltungsansprüche auf Teile der Barentssee, eines relativ begrenzten, im globalen Vergleich in seiner flächenmässigen Ausdehnung relativ unbedeutenden an den Arktischen Ozean angrenzenden Randmeeres. Sowohl Norwegen, die Russische Föderation, Dänemark (Grönland, Faröer Inseln) als auch Island beanspruchen Teile der Barentssee für Fischerei, off-shore und andere nationale Interessen (z.B. Tourismus). Im zentralen Bereich der Barentssee werden heute noch bedeutende bislang nicht entdeckte Bodenschätze (Petroleum, Gas, Mineralien) vermutet. Außerdem ist zur Zeit das Interesse der internationalen Fischerei-Flotte auf die bedeutenden, immer noch intakten Fischbestände der Region gerichtet (vor allem der Arktische Dorsch, *Gadus morhua* ist für die internationale Fischerei-Industrie von großem Interesse). So ist es nicht verwunderlich, dass in der Festsetzung offiziell anerkannter Grenzen zwischen den betroffenen, an die Barentssee angrenzenden Staaten, in den letzten Jahrzehnten bedeutende Diskrepanz bestand.

Mit Hilfe lang andauernder bilateraler diplomatischer Verhandlungen konnten in den letzten Jahren bindende Grenzabsprachen zwischen den betroffenen Anrainerstaaten getroffen werden. So konnte, zuletzt auch im April 2010 mit dem offiziellen Grenzabkommen zwischen Norwegen und der Russischen Föderation, ein mehr als 40-jähriger Disput und somit die letzten nationalen Unstimmigkeiten bezüglich der Grenzfestlegung in der östlichen Barentssee offiziell

bereinigt werden. Die hier beschriebene Norwegisch-Russische Grenzabsprache macht somit für beide Nationen letztendlich den Weg für die direkte und gemeinsame Nutzung von Bodenschätzen und Fischerei-Ressourcen in bisher unzugänglichen Bereichen der östlichen Barentssee frei.

Die nachhaltige regionale Verwaltung von marinen Ressourcen und off-shore Industrie-Aktivitäten in der zentralen Barentssee ist somit eine wichtige Grundlage für nationale und regionale Nutzungsstrategien in der Barentsregion. Die hier erzielten Absprachen und multi-/ binationalen politischen Verflechtungen in der regionalen Politik können somit als ein interessantes Beispiel für andere Regionen angesehen werden, also als Beispiel wie politische, wirtschaftliche, wissenschaftliche und ökologische Faktoren nutzbringend in eine übernationale Verwaltungsstrategie vereinigt werden können.

Als Beispiel werden in dem hier vorliegenden Kapitel die wesentlichen Resultate aus dem kürzlich veröffentlichten gemeinsamen Bericht des Norwegischen Fachlichen Forums (FF), der Überwachungs- und »Risiko«-Gruppe mit dem Titel »Die fachliche Grundlage zur Aktualisierung des norwegischen Verwaltungsplans für die Barentssee« genutzt. Zusätzlich wird auch der gemeinsame aktuelle Norwegisch-Russische Statusbericht »Barentssee (2009)« als eine wichtige Informationsgrundlage herangezogen (STIANSEN et al. 2009). Der jährlich aktualisierte FF-Bericht wird heute als wichtige wissenschaftliche Grundlage für

den nachhaltigen, ökosystembasierten norwegischen Verwaltungsplan und für einzelne fachlich fundierte regional relevante politische Entscheidungen genutzt (VON QUILLFELDT 2010). Die Berichte bauen auf Beiträgen aller nationalen norwegischen und russischen Forschungseinrichtungen auf, die mit ihrer international anerkannten wissenschaftlichen Kompetenz zur nachhaltigen Verwaltung der Barentssee beitragen. Als weitere Grundlage für die fachliche Bewertung des Ökosystems Barentssee wird das kürzlich erschienene Fachbuch (JOHNSEN et al. 2009) genutzt.

### Geographie und Ozeanographie

Die Barentssee ist ein Randmeer, angrenzend an den Atlantischen und den Arktischen Ozean (Abb. 3.10-1) nördlich von Norwegen, östlich Grönland sowie nordwestlich des europäischen Teiles Russlands (Koordinaten: 69°–81° nördliche Breite und 40°–56° östliche Länge). Die Barentssee wurde nach dem niederländischen Seefahrer Willem Barents benannt, der die

Region gegen Ende des 16. Jahrhunderts besegelte und erforschte. Die Barentssee bedeckt eine Fläche von ca. 1,4 Mio. km<sup>2</sup>. Bei einer durchschnittlichen Tiefe von ca. 230 m kann sie im internationalen Vergleich als eines der tieferen Schelfmeere betrachtet werden. Der Nordatlantische Ausläufer des Golfstromes sorgt für eine (im Verhältnis zu anderen arktischen Meeresgebieten) relativ hohe durchschnittliche Wassertemperatur an der Meeresoberfläche und somit für eine bedeutende saisonale Biomasseproduktion, besonders in der photischen Schicht der Randeiszone.

Die generelle Zirkulation der Wassermassen in der Barentssee wird hauptsächlich von der regionalen Topographie bestimmt. Die relativ warmen Wassermassen des nördlichen Nord-Atlantiks strömen von Westen in die Barentssee und haben einen bedeutenden Einfluss auf die Hydrologie und Ozeanographie dieses Seegebietes. Die Nordatlantische Oberflächenströmung ist durch einen relativ hohen Salzgehalt (Salinität) charakterisiert (> 35‰ S). Der Nord-Atlantische Strom



**Abb. 3.10-1:** Geographische Lage der Norwegisch verwalteten Barentssee Region mit angrenzenden Meeresregionen. **Rote Linie:** Norwegisch-Russische Grenzlinie. **Grüne Punkte:** Svalbard Zone. **Dunkel Grüne Fläche:** Küstenfischerei Region entlang der Küste der Lofoten Inseln und Nord-Norwegen (reproduziert mit freundlicher Genehmigung des Norwegischen Polarinstitutes).

teilt sich, nach Erreichen der Barentssee, in zwei gleich starke Strömungen. Die südliche Verzweigung folgt der nord-skandinavischen Küste in östlicher Richtung und an Novaya Zemlya vorbei in die östliche Arktis, während der nördliche Teil in Richtung Svalbard in das Hopen Bassin strömt. Die saisonale Dominanz der konkurrierenden Strömungen ist in bedeutendem Maße von den regionalen Windverhältnissen abhängig. Südlich des Nord-Atlantischen Stromes verläuft der Norwegische Küstenstrom, der durch niedrigere Wassertemperaturen und niedrigere Salinität (<35‰) gekennzeichnet ist. Auf Grund der deutlichen Temperatur- und Salinitätsunterschiede sind die arktischen und die nordatlantischen Wassermassen normalerweise durch ein ausgeprägtes hydrologisches Frontensystem (Polarfront) getrennt. In der westlichen Barentssee sind die Position und die Ausbreitung der Polarfront langfristig relativ stabil. Regelmäßig kommt es aber zu jahreszeitlichen Schwankungen in Ausbreitung und Stärke. Die Polarfront wird dabei normalerweise durch das sommerliche warme Klima weit nach Norden gedrängt. Im östlichen Teil der Barentssee sind diese saisonalen Schwankungen sogar noch wesentlich stärker ausgeprägt.

Die saisonale Ausdehnung der Meereisflächen, insbesondere der Randeis-Zonen (MIZ=Marginal Ice Zone), unterliegt ebenfalls starken jährlichen Schwankungen (Abb. 3.10-2). Während der nördliche Teil der Barentssee in eisreichen Wintern vollständig von einjährigem Eis bedeckt sein kann, war hier die Eisbedeckung im Sommer in den letzten Jahren fast vollständig verschwunden. Aufgrund dieser starken saisonalen Unterschiede in der Eisbedeckung ist der Anteil von mehrjährigem Eis an der Eisbedeckung der Barentssee stark reduziert. Da die Temperaturverhältnisse in den Oberflächenströmungen der Barentssee vor allem durch den Nord-Atlantischen Einstrom bestimmt sind, haben diese nord-atlantischen Wassermassen einen bedeutenden Einfluss auf die Eisbedeckung in der nördlichen und zentralen Barentssee.

### Das marine Ökosystem der Barentssee

Die biologische Produktivität des Ökosystems Barentssee wird heute als eine der Klasse 2: 16650–300 g Kohlenstoff/(m<sup>2</sup>×Jahr) eingestuft (Kategorisierung nach NASA SeaWiFS Satellit Überwachung: Abschätzung der globalen Primärproduktion). Die lokalen Ökosystemstrukturen (Artendominanz und Zusammensetzung)

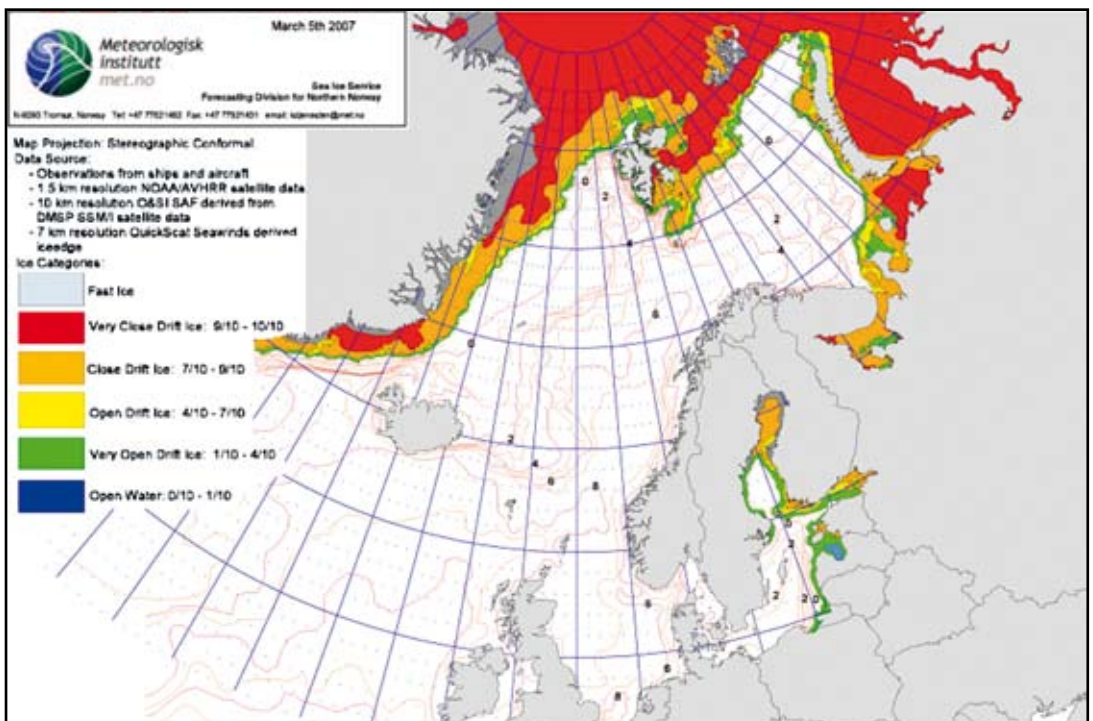


Abb. 3.10-2: Typische Ausdehnung der Eisflächen zu Beginn des Arktischen Frühlings, mit der Eisausdehnung für März/April 2007 als Beispiel (reproduziert mit freundlicher Genehmigung des Norwegischen Meteorologischen Institutes, www.Met.no). **Rot**: Sehr dichte Eisbedeckung (90–100%), **Orange**: Dichte Eisbedeckung: (70–80%), **Gelb**: Offenes Treibeis (40–70%), **Grün**: Sehr offenes Treibeis (10–40%), **Blau**: Offenes Meer im Meereisgebiet (Eisbedeckung 0–10%).

in der Barentssee sind allerdings starken saisonalen Schwankungen ausgesetzt. Diese saisonalen Schwankungen sind auf den unterschiedlichen trophischen Ebenen verschieden stark ausgeprägt. So wird die Biomasseproduktion in der Barentssee vor allem durch die alljährlichen massiven Algenblüten in den Randeisgebieten (MIZ) im Frühjahr in Gang gehalten. Im Winter kann dagegen in den zentralen Bereichen der Barentssee kaum Primärproduktion erwartet werden (oligotrophes Ökosystem). Die dominanten Primäralgen der Barentssee sind Diatomeen. Diese werden unter anderem direkt vom Zooplankton konsumiert. Beim Zooplankton dominieren Krebstiere (Crustaceen). *Calanus finmarchicus* ist dabei die dominierende Art in von atlantischen Wassermassen beeinflussten Gebieten, während *Calanus glacialis* in den zentralen arktischen Gebieten der nördlichen Barentssee dominiert. Der benthische Lebensraum wird vor allem von Invertebraten (Echinodermen, Anneliden etc.) und Fischarten besiedelt. Hinsichtlich der Besiedlung mit Wirbeltieren ist die Barentssee ein relativ unkompliziertes Ökosystem mit wenigen, allerdings individuenreichen Arten. Die individuenreichen Habitate werden von Fischarten wie dem nord-atlantischen Dorsch (*Gadus morhua*), dem Köhler (*Melanogrammus aeglefinus*), dem Kapelan (*Mallotus villosus*), dem Polardorsch (*Boreogadus saida*) sowie dem nord-atlantischen Hering (*Clupea harengus*) dominiert. Im Gegensatz zu vielen anderen Regionen unserer Erde wird der Fischbestand in der Barentssee heute allgemein als relativ gesund, balanciert und lebensstüchtig angesehen. Die Bestände der hier beschriebenen Fischarten werden von den internationalen Fischereifloten (vorwiegend registriert in den Anrainerstaaten der Barentssee) immer noch in großen Massen kommerziell genutzt. So wurden z.B. in der Periode 2000–2009 zwischen 193.000 und 227.000 metrische Tonnen Dorsch gefangen (Maximum in 2009).

Die Biomasseproduktion (Phyto- und Zooplankton) ist in der Arktischen Region, wie bereits erwähnt, durch eine deutliche saisonbedingte Fluktuation charakterisiert. Die Schwankungen zwischen maximaler Produktivität (»Algenblüte«) und den oligotrophen Phasen des Winters können bis zu einem Faktor 50 ausmachen. Die saisonale Eisbedeckung (speziell der Randeiszone) ist dabei für die hier beschriebene starke Variabilität der die Biomasseproduktion steuernden Faktoren von besonderer Bedeutung.

### **Nachhaltige regionale, ökosystembezogene Verwaltung der Barentssee**

Aufgrund der internationalen Bedeutung der regionalen Fischereigründe, der steigenden touristischen Erschlie-

ßung wie auch der expandierenden off-shore und landbasierten Petroleum- und Gasförderung (sowohl auf dem norwegischen und russischen Sockel als auch in den Küstengebieten der Russischen Föderation) ist die Barentsregion und insbesondere die Barentssee in den letzten Jahren in das internationale ökonomische und politische Interesse gerückt.

Die norwegisch-russische Zusammenarbeit im Bereich Umwelt- und Ressourcenverwaltung in der Barentssee wird durch die gemeinsame norwegisch-russische Umweltschutzkommission gewährleistet. Auch die Fischerei in der Barentssee wird nunmehr seit mehr als 50 Jahren durch eine gemeinsame norwegisch-russische Fischereikommission geregelt, die alljährlich zusammen kommt, um die offiziellen Fischereiquoten und Rahmenbedingungen für die Fischgründe festzusetzen.

Im internationalen Vergleich wird die bilaterale Zusammenarbeit in der Fischereiverwaltung der Barentssee als besonders erfolgreich angesehen. Die gemeinsame Arbeit hat dazu geführt, dass die kommerziell ausgebeuteten Fischbestände (Dorsch, Kapelan, Köhler etc) sich hier immer noch in einem recht guten Zustand befinden und nicht, wie in anderen nördlichen Regionen, inkl. der Nord- und Ostsee, durch Überfischung stark reduziert wurden.

Die Fischereiquoten werden von Norwegen und Russland gemeinsam festgesetzt. Die verbindlichen nationalen Quoten werden durch die jeweiligen nationalen Verwaltungspläne begründet. Hierfür werden auch wissenschaftliche Informationen aus den Berichten des Internationalen Rates zur Erforschung der Meere (ICES), in dem sowohl norwegische als auch russische Wissenschaftler vertreten sind, herangezogen, um eine nachhaltige und langfristige Verwaltung des Ökosystems Barentssee zu gewährleisten.

Im Rahmen dieser bilateralen Zusammenarbeit, wurde im Jahre 1993 eine »gemeinsame permanente Kommission für Verwaltungs- und Kontrollfragen im Fischereisektor« ins Leben gerufen. Durch diese enge norwegisch-russische Zusammenarbeit konnte somit eine gute Koordination (Kommunikation und Informationsaustausch) zwischen den jeweiligen nationalen Verwaltungsinstanzen gewährleistet werden.

Im Jahre 2003 hat die norwegische Regierung in einer Regierungsmeldung (St.Meld. Nr. 12 (2001–2002), »rent og rikt hav«) eine ganzheitliche, ökosystembezogene Verwaltung der norwegischen Barentssee vorgeschlagen. Ein solches Konzept wurde auf vorausschauende Weise als wichtig und relevant angesehen, um den Einfluss unterschiedlicher Interessengruppen (Industrie, Tourismus, Naturschutz, Urbevölkerung, Fischerei etc) gleichberechtigt in den Verwaltungsprozess mit einzubinden. Das Konzept der nachhaltigen, ökosys-

tembasierten Verwaltung der Barentssee wurde dann im März 2006 nach Bearbeitung im Parlament und revidierter Vorlage von der Regierung offiziell akzeptiert und verabschiedet (St.Meld. Nr. 8 (2005–2006), »Ganzheitliche Verwaltung der marinen Ökosysteme in den Meersgebieten der Barentssee und westlich der Lofoten Inseln (Verwaltungsplan)«

In Norwegen wird die Verwaltung der Barentssee von einer Aufsichtsgruppe, bestehend aus Repräsentanten der Ministerien für Umwelt, Fischerei und Küsten, Öl und Energie, Industrie und Handel, Arbeit, Kommunen und Regionen sowie des Außenministeriums koordiniert. Das Umweltministerium ist mit der Leitung der Gruppe beauftragt. Wissenschaftlich fundierte Beiträge zur fachlichen Bewertung und Aktualisierung des Verwaltungsplanes werden von vier offiziellen Fach-Foren geleistet. Diese nationalen Fachgruppen tragen sowohl zur nationalen Verwaltung der Norwegischen Barentssee als auch zur gemeinsamen norwegisch-russischen Verwaltungskoordination bei:

- Das fachliche Forum Barentssee (FF) ist aus wissenschaftlichen Experten der relevanten nationalen Forschungs- und Verwaltungsinstitutionen zusammengesetzt. Das fachliche Forum wurde als ein ratgebendes Komitee zum nationalen Verwaltungsplan Barentssee etabliert. Das FF produziert alljährliche Statusberichte zum Ökosystem Barentssee.
- Die Überwachungsgruppe (OG) für die Barentssee koordiniert die nationalen Monitoringprogramme in der Barentssee und evaluiert die Resultate im Vergleich zu offiziellen Indikatoren und Referenzen. Die OG koordiniert ihre fachlichen Aktivitäten mit dem FF.
- Die Risikogruppe (RG) für die Barentssee bewertet das ganzheitliche Risikobild, bestehend aus menschlichen Aktivitäten (Industrie, Schifffahrt, Fischerei, Tourismus etc.) und natürlichen Einflüssen (Klimawandel). Die RG trägt zu einem besseren umfassenden Verständnis des Risikos für mögliche schädliche Einwirkungen auf das sensible Ökosystem Barentssee bei.
- Die Referenzgruppe (ReG) für die Barentssee ist nicht als Fachgruppe anzusehen. Die ReG stellt vielmehr eine fachübergreifende Beratergruppe dar, die vor allem als Organ für betroffene Interessengruppen anzusehen ist. Die ReG besteht aus Repräsentanten von Industrie, freiwilligen Organisationen (NGO), Urbevölkerungsgruppen, etc., die hier Einfluss auf die Verwaltung der Barentssee nehmen können.

Die vier oben aufgeführten Gremien tragen in ihrer Gesamtheit somit maßgeblich, jede auf ihre Weise, zur ausgewogenen und ökosystem-angepassten norwegischen Verwaltung der Barentssee bei.

## Klimawandel und erwartete Konsequenzen

Der Schlussbericht der Expertengruppe des Arktischen Rates zum Klimawandel in der Arktis (ACIA 2004) sowie die aktuellen Schlussfolgerungen des zwischenstaatlichen Ausschusses über Klimaänderungen (IPCC 2007) stellen eindeutig fest, dass in den nächsten Jahrzehnten die im globalen Vergleich weitgreifendsten ökologischen und somit umweltrelevanten Veränderungen in den arktischen Regionen zu erwarten sind. Diese Veränderungen sind vor allem in dem erwarteten dramatischen Rückgang der saisonalen Eisbedeckung der zentralen Arktis begründet, die weitgreifende Konsequenzen für die marine Fauna und Flora der zentralen Eisregionen mit sich bringen werden. Die regionalen Klimamodelle, die zur wissenschaftlichen Bewertung realistischer Zukunftsszenarien genutzt werden, bestätigen, dass die zu erwartenden Klimaveränderungen insbesondere in der Barentssee zu dramatischen Veränderungen im marinen Ökosystem der Region führen werden.

In den Randeiszonen der östlichen Barentssee (Marginal Ice Zone = MIZ) werden alljährlich im arktischen Sommer, während der Schnee- und Eisschmelze, große Mengen von Nährstoffen, die sich zu diesem Zeitpunkt in den Wassermassen befinden, durch Photosynthese und Mikrobiologie in kurzer Zeit in Biomasse umgesetzt (Abb. 3.10-3). Dieser Puls führt zu einer raschen und starken Biomasseproduktion in weiten Gebieten der Barentssee, aber vor allem in der MIZ Gebieten, die bis zu diesem Zeitpunkt von Licht und mikrobiologischer Aktivität ausgeschlossen waren. In neueren Untersuchungen wurde für die Barentssee eine Primärproduktion von im Durchschnitt 93 g Kohlenstoff/(m<sup>2</sup>×Jahr) bestimmt, mit einer jährlichen Variation von ±19% (JOHNSEN et al. 2009). Diese für arktische Verhältnisse recht hohe Primärproduktion wird in erster Linie auf die hohe Produktivität in der MIZ (östliche Barentssee) zurückgeführt.

Das Maximum der Primärproduktion (Phytoplankton) wird im April jedes Jahres erreicht. Die pelagischen Eis-assozierten Arten nutzen diese bedeutende Kohlenstoffquelle als wichtigste Nahrungsgrundlage. Dementsprechend erreicht die dominierende Art, der pelagische Amphipode *Calanus glacialis*, seine maximale Populationsdichte jedes Jahr im Mai–Juni (mit maximal 0,13 g Kohlenstoff/pro m<sup>2</sup>, siehe Fig. 8,7 in JOHNSEN et al. 2009). Die Primärproduktion der MIZ in der Barentssee hat somit eine herausragende Stellung im Ökosystem Barentssee als die Nährstoff- und Nahrungsquelle für praktisch alle Arten des Eis-assozierten Lebensraumes der östlichen Arktis. Ein effektiver

Nährstoff- und Energietransfer von den Primärproduzenten (Phytoplankton) bis zur Spitze der Nahrungskette der Arktis kann somit im Laufe des kurzen arktischen Sommers gewährleistet werden. Dieser Nährstofftransfer ist ausschlaggebend für viele spezialisierte arktische Arten, um die Fastenperioden und den Nahrungsmangel während des langen arktischen Winters in guter physiologischer Form zu überstehen (SCOTT et al. 1999).

In den kommenden Jahrzehnten werden anhand der Dokumentation in den o.a. wissenschaftlichen Berichten markante Veränderungen in den biotischen und abiotischen Vernetzungen der Arktis, insbesondere der Barentssee, erwartet. Die Kryosphäre der Arktis wird aller Voraussicht nach am meisten vom derzeitigen Klimawandel betroffen sein.

Bei einem kontinuierlichen Anstieg der mittleren Temperaturen in den nördlichen Meeren werden sich die saisonalen MIZ der östlichen Arktis von der östlichen Barentssee in die zentrale Arktis verlagern. Dies wird bedeutende ökologische Konsequenzen für die marinen Nahrungsnetze der Barentssee mit sich führen. Es ist somit zu erwarten, dass die Eis-assozierten Arten der MIZ weit in die zentrale Arktis einwandern werden und dass sub-arktische marine Arten der freien Wassermassen (Plankton – Fische) vermehrt in die Barentssee einwandern werden. Bereits heute kann eine deutliche Verlagerung der räumlichen Ausbreitung des atlantischen Dorsch (in Richtung Norden – Svalbard) in den Fischfanggebieten der Barentssee festgestellt werden, die mit dem Klimawandel und den daraus

resultierenden Ökosystemveränderungen verknüpft ist (DRINKWATER 2005).

Ausgelöst durch den Klimawandel werden die folgenden markanten Veränderungen, beschrieben in den o.a. Berichten und wissenschaftlichen Publikationen, für die Barentssee erwartet:

- Besserer Zugang und somit erhöhte industrielle off-shore and landbasierte Aktivität in der Förderung von fossilen Ressourcen (Petroleum, Gas, Mineralien).
- Der internationale Schiffsverkehr (off-shore und Warentransport) in der Barentssee und der zentralen Arktis wird deutlich ansteigen.
- Die reduzierte Eisbedeckung wird zur Remobilisierung von Schadstoffen (Verdampfen in die Atmosphäre) führen, die bisher unter den zentralen Eisflächen in den Wassermassen angereichert und gelagert waren.
- Die Zusammensetzung der Eis-assozierten Fauna und Flora wird sich nachhaltig verändern.
- Neue kommerziell nutzbare Arten wandern in die dann eisfreien Gebiete der zentralen Barentssee ein.
- Neue bisher nicht in den arktischen Ökosystemen vertretene marine Arten werden in die Barentssee einwandern und das ökologische Gefüge nachhaltig verändern.

Die erwarteten Veränderungen in der Kryosphäre der Arktis (inkl. Barentssee) sind auch im aktuellen Bericht der Arbeitsgruppe des Arktischen Rates: Bericht zu Veränderungen der arktische Kryosphäre (Snow, Water Ice



**Abb. 3.10-3:** Die Randeiszone (MIZ) in der östlichen Barentssee (ca. 90 km nordöstlich von Hopen (Mai 2009, Quelle: R. Kallenborn).

and Permafrost in the Arctic = SWIPA) detailliert beschrieben (IPCC 2007, SWIPA 2011) und können dort im Detail nachgelesen werden.

Die übernationale Verwaltung der Barentsregion (Ressourcen und Ökosystem) muss ihre Prioritäten entsprechend an diese zukünftigen Herausforderungen anpassen, um auch weiterhin eine nachhaltige Verwaltung der Region zu gewährleisten. Die komplette Dokumentation des Ökosystems Barentssee, die in den Fachberichten des fachlichen Forums als auch in umfassenden wissenschaftlichen Studien niedergelegt ist (JOHNSEN et al. 2009), stellt somit eine einzigartige Grundlage dar, die den nationalen Überwachungsorganen erlaubt, bereits minimale Veränderungen des Ökosystems früh-

zeitig zu erkennen, zu erfassen und mögliche nationale/internationale Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Für eine solche Strategie müssen allerdings die nationalen und internationalen Verflechtungen und Verwaltungsstrategien an diese neuen Herausforderungen angepasst werden.

### **Schiffsverkehr und Off-shore Rohölförderung**

Die Öl- und Gas-Ressourcen, die sich in der Arktis und insbesondere der Barentssee, befinden, werden heute als die wertvollsten und wichtigsten nicht-erneuerbaren Energieressourcen in der Arktis angesehen (Abb. 3.10-4). Bereits in den 1920er Jahren begannen Kanada und



**Abb. 3.10-4:** Typische off-shore Produktionsanlage in der Barentssee. Polar Pioneer (reproduziert mit freundlicher Genehmigung von Statoil, Norwegen).

Russland mit der Ausbeutung ihrer arktischen Öl- und Gas-Ressourcen. Aber erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde die internationale Förderung der Gas- und Öllager der Barentssee mit modernen Fördermethoden auf den heutigen Stand ausgebaut. Im Zeitraum 2000–2010 wurden dort insgesamt 27 Probebohrungen durchgeführt. Das Snøhvit-Gasfeld produziert seit 2007 und die offiziellen Pläne für den Ausbau des Goliath-Ölfeldes wurden 2009 von der Norwegischen Regierung offiziell genehmigt. Es ist deshalb zu erwarten, dass in der Barentsregion auch in Zukunft off-shore Öl- und Gasförderung eine wichtige ökonomische Triebkraft darstellen wird. Diese industrielle Aktivität wird somit auch weiterhin das Ökosystem und die Bevölkerung der Anrainerstaaten beeinflussen. Die Gefahr für die Belastung der Umwelt durch Unfälle in den Öl- und Gas-Produktionsanlagen der Barentssee (off-shore industry) wird heute allerdings weit geringer eingeschätzt als die Umweltprobleme, die durch Unfälle im direkten Schiffsverkehr ausgelöst werden können. Der jährliche RG Bericht aus dem Jahre 2009 verbindet deshalb die größte Gefahr für umweltschädigende Effekte (Risiko) in der Barentsregion vorwiegend mit dem Schiff-basierten Transport. Sowohl für Öl-/Gas-Produktion als auch für Transport per Schiff werden in den kommenden 15 Jahren steigende Aktivitäten prognostiziert. Die nationalen Notfallpläne und Strategien für mögliche Unfälle mit großflächiger Ausbreitung von Petroleumprodukten (Brennstoff, raffinierte und/oder Rohöle) auf den teilweise eisbedeckten Meeresflächen, müssen deshalb kontinuierlich weiterentwickelt und an die beschriebenen Zukunftsprognosen angepasst werden (JOHNSEN et al. 2009, VON QILLFELDT 2010).

Der Klimawandel und die damit verbundenen nachhaltigen Veränderungen der marinen Umwelt werden mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit auch den Zugang zu neuen Mineral- und Petroleumressourcen in der bislang unzugänglichen nördlichen Barentssee wie auch die Nutzung der Barentssee im Schiff-basierten Transportsektor stark beeinflussen (Warentransport durch die Nord-Ost-Passage und Rohöl/ Gas-Transport von den off-shore Anlagen zu den Verbrauchermärkten).

### **Schadstoffe: Verteilung, Anreicherung und Effekte**

In der Barentssee werden heutzutage vor allem industrielle Aktivitäten, einschließlich Schiffsverkehr, off-shore Förderung von Gas- und Petroleum sowie ferntransportierte Schadstoffe (Long Range Atmospheric Transboundary Transport), als dominierende Schadstoffquellen mit bedeutendem umweltschädigenden

Potential angesehen. Allgemein kann die Belastung mit anthropogenen Schadstoffen in der Barentssee allerdings im Vergleich mit anderen Teilen der Weltmeere als gering angesehen werden. In den letzten 10 Jahren berichteten die nationalen Überwachungsprogramme in Luft und der marinen Umwelt, sowohl für Metalle als auch für persistente, umweltstabile organische Schadstoffe (POPs = PCB, Pestizide), von stabilen unverändert niedrigen Konzentrationen. Als Ausnahmen müssen allerdings Quecksilber (Hg), Cadmium (Cd), perfluorierte Verbindungen (perfluorinated compounds = PFC) und bromierte Brandschutzmittel (brominated flame retardant = BFR) betrachtet werden. Die Konzentrationen dieser Schadstoffe zeigten in den letzten Jahren in der arktischen Umwelt ansteigende Tendenzen sowohl in abiotischen als auch in biotischen Komponenten des Ökosystems, dokumentiert durch die Analyseergebnisse von Überwachungsprogrammen (AMAP 2009). Der Hauptgrund dieses Anstieges ist bei den eben genannten organischen Verbindungen vor allem in dem immer noch kontinuierlichen Anstieg der Weltproduktion zu suchen. Auch für Hg kann die steigende Produktion, vor allem in den asiatischen Ländern, als Grund für den Anstieg der Konzentrationen angesehen werden.

Die Schadstoffgehalte in arktischen Organismen (Polardorsch, Garnelen, Kapelan) aus der zentralen und nördlichen Barentssee können in der Regel als unproblematisch betrachtet werden. Dorschlebern, aus Fischen gefangen in küstennahen Bereichen, weisen allerdings Konzentrationen polychlorierter Biphenyle (PCB) und polychlorierter Dioxine und Furane (PCDD/F) auf, die nahe an die offiziellen europäischen Grenzwerte für Nahrungsmittel heranreichen. Für POPs und Hg/Cd wurden in ausgewählten Organismen der höheren trophischen Ebenen ebenfalls Konzentrationen festgestellt, die akute toxische Effekte auslösen können. So ist zu erwarten, dass diese Schadstoffe (PCB, chlorierte Pestizide), die in Top-Predatoren der Arktis (z.B. Eisbär, Polarmöwe, Ringelrobbe etc. aber auch beim Endkonsumenten Mensch) immer noch in hohen Konzentrationen gefunden werden, für den jeweiligen belasteten Organismus messbare biochemische, physiologische und immunologische Wirkungen haben. Diese komplexen Effekte wirken sich nachweislich auf Kondition, Fitness und Fortpflanzungserfolg der jeweiligen Arten und Populationen aus.

Wie bereits angedeutet, ist zu erwarten, dass der globale Klimawandel auch den Transport, die Verteilung und die Aufnahme von Schadstoffen in der arktischen Umwelt beeinflussen wird. Mit der Reduktion der Eisbedeckung in der zentralen Arktis und der nördlichen Barentssee werden auch Schadstoffe, die bisher unter



den Eismassen angereichert und gelagert waren, wieder zugänglich für die aktive Aufnahme und Verteilung (Remobilisierung) über die Atmosphäre (SWIPA 2011).

Der erwartete Anstieg von Bevölkerungszahlen und menschlichen Aktivitäten in den arktischen Regionen allgemein, und insbesondere der Barentsregion, wird unweigerlich zur Einführung und Verbreitung von neuen Schadstoffquellen als auch neuen Schadstofftypen führen, die bisher noch nicht mit der Belastung der arktischen Umwelt in Verbindung gebracht wurden.

## Schlussbemerkungen

Die hier dokumentierte nachhaltige Verwaltung der Barentssee der letzten Jahrzehnte, wohl koordiniert zwischen norwegischen und russischen Interessen, hat sich inzwischen zu einem international anerkannten Konzept integrierter und fokussierter Strategie entwickelt. Außerdem führt der hier beschriebene übernationale Verwaltungsprozess zur Einbeziehung von wissenschaftlichen Gremien wie FF, OG und RG, und legt somit die Grundlage für wissenschaftlich basierte Verwaltungsstrategien fest, die insbesondere eine umfassende öffentlich zugängliche Dokumentation von Ökosystem-Interaktionen als auch von möglichen Risiko-Aspekten beinhaltet. Diese wissenschaftliche Dokumentation kann als Basis für zukünftige ökosystem-relevante Entwicklungen und Regulierungen genutzt werden. Die hier vorgelegte und validierte wissenschaftliche Information ist besonders wichtig, um den Einfluss des globalen Klimawandels in der Barentssee und den angrenzenden Küstenregionen zu erkennen und somit frühzeitig adäquate Gegenmaßnahmen ergreifen zu können.

Die ganzheitliche und übernationale Verwaltungsstrategie der Ressourcen und marinen Ökosysteme der Barentssee kann somit als ein Vorbild auch für andere marine Regionen unserer Erde angesehen werden.

Danksagung: Ohne die kontinuierlichen Diskussionen der Mitglieder der permanenten norwegischen Arbeitsgruppen (FF, RG, ReG, OG) wäre die hier präsentierte Zusammenfassung der nationalen als auch übernationalen (teils globalen) Zusammenhänge und der damit verbundenen Verwaltungsstrategien für die Barentsregion nicht zustande gekommen. Wir danken vor allem unseren Kollegen, Studenten und Mitarbeitern (in unseren jeweiligen Instituten) für die fruchtbaren Diskussionen, die uns zu dem hier präsentierten Dokument angeregt und motiviert haben. Unseren Arbeitgebern (Norwegian Institute for Air Research (NILU), University for Life Sciences (UMB), Norwegian Polar Institute (NPI)) sei hiermit für die finanziellen Unterstützungen der hier durchgeführten Arbeit gedankt.

## Literatur

- ACIA (2005): Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University press, 1042 pp.
- AMAP (2009): Arctic Pollution 2009. Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo 2009, XI + 83 pp. ISBN 978-82-7971-050-9
- DRINKWATER K. (2005): The response of Atlantic cod (*Gadus morhua*) to future climate change. *ICES J. Mar. Sci.* 62/7: 1327-1337.
- ICES (2000): Report of the Arctic Fisheries Working Group. *ICES CM 2000/ACM:3*. 312 pp.
- IPCC (2007): Climate Change 2007: The Physical Basis. The fourth Assessment report of the Working Group I of Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge press. 976 pp.
- JOHNSEN G., SAKSHAUG E. & K. KOVACS (EDITOR) (2009): Ecosystem Barents Sea. Tapir Academic Press, Trondheim. ISBN 978-82-519-2461-0, pp. 591.
- PARLAMENTARISCHE MITTEILUNG (2006): St.Meld. Nr. 8 (2005–2006), »Helhetlig forvaltning av det marine miljø i Barentshavet og havområdene utenfor Lofoten (forvaltningsplanen). 140 pp.
- SCOTT C.L., FALK-PETERESEN S., SARGENT J.R., HOP H., LØNNE O.J. & M. POLTERMANN (1999): Lipid and trophic interactions of ice fauna and pelagic zooplankton in the marginal ice zone of the Barents Sea. *Polar Biol.* 21/2: 65-70.
- STIANSEN J.E., KORNEEV O., TITOV O., ARNEBERG P., FILINA A., HANSEN J.R., HØINES Å., MARASAEV S. (Eds.) 2009: Joint Norwegian-Russian environmental status 2008. Report on the Barents Sea Ecosystem. Part II – Complete report. *IMR/PINRO Joint Report Series*, 2009(3). ISSN 1502-8828. 375 pp.
- VON QUILLFELDT (editor) (2010): Det faglige grunnlaget for oppdateringen av forvaltningsplanen for Barentshavet og havområdene utenfor Lofoten. Fisken og havet, Særnummer 1a 2010. 314 pp.
- SWIPA (2011): Climate Change and the Arctic Cryosphere, SWIPA report 2011, Arctic Monitoring and Assessment programme (AMAP), Oslo, report, in press.
- WASSMANN P., REIGSTAD M., HAUG T., RULDELS B., CARROLL M.L., HOP H., GABRIELSEN G.W., FALK-PETERESEN S., DENISENKO S.G., ARASHKEVICH E., SLAGSTAD D. & O. PAVLOVA (2006): Food webs and carbon fluxes in the Barents Sea. *Progr. In Oceanogr.* 71/2-4: 232-267.

*Dr. Roland Kallenborn*

*Professor in Organic Analytical Chemistry - Dep. of Chemistry, Biotechnology and Food Science (IKBM) Norwegian University of Life Sciences (UMB) Postbox 5003 - NO-1432 Ås, Norway*

*Roland.Kallenborn@umb.no*

*Dr. Cecilie von Quillfeldt*

*Norwegisches Polarinstitut, Fram Zentrum NO-9296-Tromsø, Norwegen.*