

Die ökologische Charakteristik der Ostsee

Torben Gerdes

Adresse: Waitzstr. 87, 24118 Kiel, torben@yankeenoodles.de

Zusammenfassung: Die Ostsee, ein relativ junges Meer mit ungünstigen topographischen und hydrographischen Bedingungen, stellt enorme Ansprüche an die in ihr existierenden Organismen. Das derzeitige Brackwasserökosystem der Ostsee ist deshalb nicht ohne Grund durch eine geringe Artendiversität geprägt – diese wird in erster Linie durch die Salinität gesteuert. Weitere charakteristische Merkmale der Ostsee finden sich in der unter „chronischem Sauerstoffmangel“ leidenden Benthalregion sowie der durch eingeschleppte Fremdarten (Neozoon & Neophyten) gefährdeten regionalen Flora und Fauna. Auch die an verschiedene Jahreszeiten gebundenen Algenblüten stellen ein natürliches Phänomen des artenarmen Baltischen Meeres dar. Durch die permanente Nährstoffzufuhr im Zuge der Eutrophierung kommt es allerdings zu einer systembelastenden Überproduktion der Phytomasse – infolgedessen steigt auch die Wahrscheinlichkeit toxischer Algenblüten. So stellt die Anfälligkeit und Sensibilität des Ökosystems der Ostsee gegenüber zusätzlichen Belastungen ein weiteres charakteristisches Merkmal dar.

1. Einleitung

Ob „Killeralge“, „Seesterntod“ oder „Algenpest“ – diverse Pressemeldungen der letzten Jahre über das größte zusammenhängende Brackwassermeer der Erde verheißen nichts Gutes. Überfischung, Schadstoffeinträge, Eutrophierung und intensive Nutzung durch Schifffahrt, Rohstoffabbau und Tourismus setzen das stark geschwächte Ökosystem der Ostsee nach wie vor stark unter Druck. Die Einflüsse des Menschen scheinen diese durchweg negativen Entwicklungen zu steuern. Sind es aber wirklich allein die anthropogenen Faktoren, die den derzeitigen ökologisch bedenklichen Zustand der Ostsee vollends erklären?

Ein Blick in die Vergangenheit hilft, diese Frage zu beantworten: das „Ökosystem Ostsee“ war von Natur aus schon immer labil und gehörte demnach immer zu den Meeren der Welt, die, bedingt durch besondere topographische und hydrographische Verhältnisse, als besonders anfällig und empfindlich eingestuft werden sollten. Natürliche Prozesse scheinen also die Entwicklung des Gesamtsystems zu steuern, ungerichtete Schwankungen („Fluktuationen“) führen seit tausenden von Jahren zu stark variierenden Verhältnissen im Baltischen Meer. Seit ihrer „Geburt“ als Eisstausee vor rund 12.000 Jahren unterliegt die Ostsee den Veränderungen ihrer Umwelt in auffälligem Maße - auch ohne die Beeinflussung durch den Menschen. In ihrer Vergangenheit geprägt durch „Absterbe- und Wiederbesiedlungsphasen“, deutet die Geschichte der Ostsee auf eine ökologische Ausnahmesituation hin.

Welche Randbedingungen erklären nun diese ökologische Ausnahmesituation und machen die Ostsee zu einem von Natur aus labilen Ökosystem, welche Rolle spielen dabei die zusätzlichen Belastungen durch den Menschen in diesem anfälligen und sensiblen System, wie setzt sich die Lebensgemeinschaft in diesem extremen Lebensraum zusammen und welche Voraussetzungen muss die Flora und Fauna besitzen, um in diesem Lebensraum zu überleben – diese und andere Fragen sollen im Verlauf dieser Seminararbeit geklärt werden.

2. Die Ostsee: Ein Meer mit ungünstigen natürlichen Bedingungen

2.1 Lebensraum Brackwasser

Bei der Ostsee handelt es sich um ein Brackwasserbinnenmeer, welches gegenwärtig bei gleichzeitiger Aussüßung durch die rund 200 einmündenden Flüsse, über die Belte und den Öresund mit salz- und sauerstoffreichem Nordseewasser versorgt wird. Das daraus resultierende, permanent variierende Salzgehaltsgefälle innerhalb der Ostsee führt zu ständig schwankenden, chemischen Parametern, wie z.B. der Salinität und des Sauerstoffgehaltes. Die Ostsee lebt dabei vom Wasseraustausch mit der Nordsee („Salzwassereinbrüche“), wobei das enge, flache und stark strukturierte Übergangsgebiet der Belte und des Öresunds diesen Vorgang erheblich einschränkt und einer komplexen Wechselwirkung der Klimafaktoren unterliegt. Die Folge ist eine nicht berechenbare Variabilität der Versorgung mit nährstoffreichem Nordseewasser. Eine gewisse Stabilität der abiotischen Faktoren über einen längeren Zeitraum stellt somit eine Ausnahme dar. (→ Abb.1)

„Brackwasser ist, bedingt durch die ständig wechselnden Lebensbedingungen, artenärmer als reines Süß- oder Meereswasser des gleichen Lebensraumes. Denn es setzt eine große Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Salzkonzentrationen, Sauerstoff- und Nährstoffgehalte bei den in ihm lebenden Lebewesen voraus.“ (Wessel 1990)

Als sekundäre Eigenschaften des Brackwassersystems lassen sich mit zunehmender Tiefe eine Salzgehaltszunahme bei Sauerstoffabnahme sowie zunehmender Schwefelwasserstoffgehalt und eine erhöhte Konzentration wichtiger Nährsalze beobachten. Da bei gleicher Temperatur Salzwasser schwerer ist als Süßwasser, bilden sich zwei verschiedene Wasserschichten in der Ostsee aus. Die Trennschicht zwischen diesen beiden Wasserschichten wird auch als Halokline bezeichnet - diese verhindert (zusammen mit der thermischen Dichteschichtung) den vertikalen Sauerstofftransport in die Tiefenschichten. Somit ist der Salzgehalt nicht nur von West nach Ost (horizontal), sondern auch von Oben nach Unten (vertikal) unterschiedlich. Diese im Jahresverlauf natürlich variierenden Lebensbedingungen im Ökosystem Ostsee stellen damit enorme Ansprüche an die in ihr existierenden Organismen.

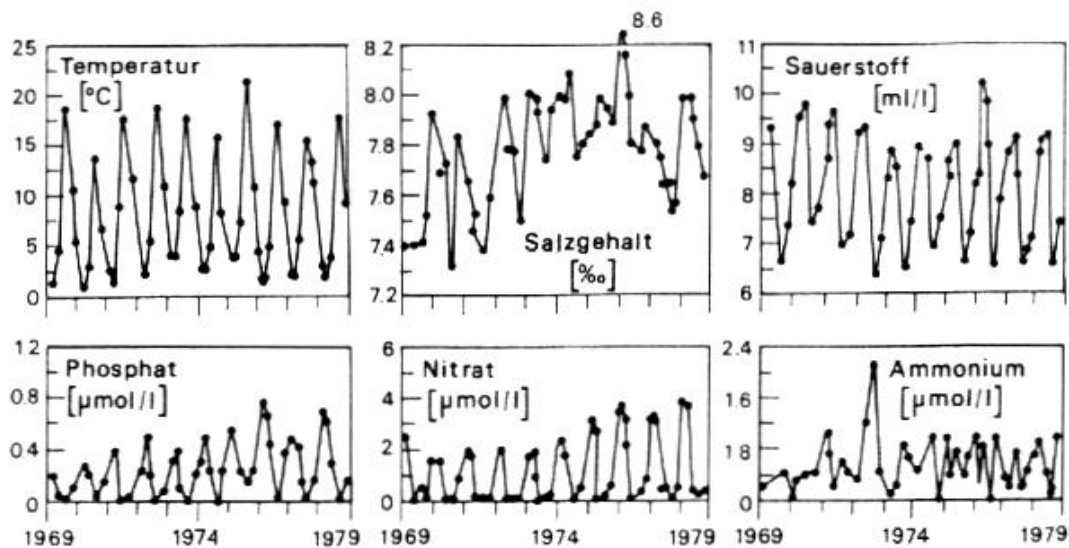


Abb. 1: Zeitreihen von Jahresgängen hydrographischer und chemischer Parameter in der Oberflächenschicht (1m Tiefe) des Bornholmtiefs (Quelle: Nehring, 1995)

2.2 Artendiversität und Salinität

Brackwassersysteme sind, bedingt durch ständig wechselnde Umweltbedingungen und den damit verbundenen osmotischen Stress ihrer Organismen, artenärmer als reine Süß- oder Meerwasserökosysteme, da sie eine große ökologische Valenz und Anpassungsfähigkeit (z.B. hohe Osmotoleranz) der Organismen an permanent schwankende Salzkonzentrationen und Sauerstoffgehalte voraussetzen. Diese als extrem einzustufenden Lebensbedingungen führen laut „Thienemanns biozönotischen Grundprinzipien“ zu einer ausgeprägten Artenarmut innerhalb solcher Systeme. Auch das von Franz aufgestellte Grundprinzip hilft dabei, den derzeitigen ökologischen Zustand des Ökosystems Ostsee zu verstehen: „Je kontinuierlicher sich die Milieubedingungen in einem Lebensraum entwickelt haben, je länger er gleichartige Umweltbedingungen aufgewiesen hat, umso artenreicher, ausgeglichener und stabiler kann seine Lebensgemeinschaft sein (Schaefer 2003)“ – eine Entwicklung also, die in keinster Weise auf die variierenden Lebensbedingungen der relativ jungen Ostsee zutrifft. So bestehen die derzeitigen hydrographischen Verhältnisse („brackig“) erst seit wenigen tausend Jahren (Limneameer). Dieser kurze Zeitraum ließ eine Entwicklung einer eigenständigen, angepassten Flora und Fauna nicht zu (Evolution braucht Zeit). Somit stellen das geringe erdgeschichtliche Alter und die permanenten Schwankungen der abiotischen Faktoren also die hauptsächlichen Gründe dar, die geringe Artendiversität in der Ostsee, im Vergleich zu den Weltozeanen, zu erklären. Aufgrund des zuvor beschriebenen Brackwassercharakters findet man sowohl „marine als auch limnische Pflanzen und Tiere in weiten Bereichen an der Grenze ihres Verbreitungsgebietes vor (Lozan et al. 1996).“ „Bei der Eroberung des Brackwassers als Lebensraum waren die marinen Arten wesentlich erfolgreicher, da sich für sie zwar der Gesamtsalzgehalt verändert hat, die Komposition der Ionen (Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium, Chlor, Sulfat etc.) aber unverändert blieb. Die genetisch an das Süßwasser adaptierten Organismen hatten es dagegen sehr viel schwerer. Sie waren auf der einen Seite an sehr niedrige Ionenkonzentrationen (max. 0,5 PSU) im umgebenden Medium, auf der anderen Seite aber auch an eine völlig andere Ionenkomposition (i.w. nur Calcium – Ionen und Hydrogenkarbonat) adaptiert (Arndt 1996).“ Die horizontale Salzverteilung innerhalb des Baltischen Meeres steuert also in erster Linie die Verbreitung der Tier- und Pflanzenarten. Sie geht dabei von über 25 PSU im Skagerrak bis unter 2 PSU im Bottnischen und Finnischen Meerbusen zurück. Aus diesem Grund kommt z.B. der Gemeine Seestern auch nur in der westlichen Ostsee vor. „Da das am Beispiel der Ostsee demonstrierte geringe Alter von Brackwasserökosystemen im allgemeinen die Herausbildung von genuinen Brackwasserarten, die diesen Lebensraum zwischen 0,5 und 35 PSU als optimal empfinden, nur beschränkt zulässt, ergibt sich das Artenminimum bei einem Salzgehalt zwischen 5 und 8 PSU. Dieser Salzgehaltsbereich wird auch als sog. Horohalinikum (gr. horos = Grenzlinie) bezeichnet. Mit einem Oberflächensalzgehalt von 6 bis 8 PSU zwischen Finnland und Rügen befindet sich das Zentralbecken der Ostsee exakt innerhalb dieses sog. Horohalinikums, womit die Artenarmut leicht erklärbar ist (Arndt 1996).“ (→ Abb.2)

Der Salzgehalt hat also einen entscheidenden Einfluss auf die Artendiversität der Flora und Fauna, da z.B. viele marine Fischarten einen bestimmten Salzgehalt zum Leben oder zur Fortpflanzung benötigen. Trifft man im Skagerrak noch auf rund 2000 marine Tierarten, so verringert sich die Zahl in der Bornholmsee auf rund 150 Arten. So benötigt z.B. die Scholle zum Laichen einen bestimmten Salzgehalt und wandert deshalb zur Eiablage in tiefere, salzhaltigere Wasserschichten. Auch Dorscheier benötigen eine Salinität von mindestens 11 PSU um nicht abzusinken. Die Gesamthäufigkeit der Fischarten nimmt daher mit dem Salzgehalt nach Norden und Osten hin ab. So beträgt der Salzgehalt der nordöstlichen Ostsee zwischen Schweden und Finnland nur noch 3 – 5 PSU (zum Vergleich: die Salinität an den Küsten Schleswig-Holsteins liegt zwischen 15-18 PSU) und ist

somit so salzarm, dass vermehrt Süßwasserlebewesen vorkommen – „die Artenabnahme mariner Organismen im Brackwasser wird aber nicht durch entsprechende Zunahme von Süßwasserarten kompensiert, deshalb finden wir in der Ostsee ein charakteristisches Artenminimum, wie es auch für andere Brackwässer bekannt ist (Lenz 1995).“

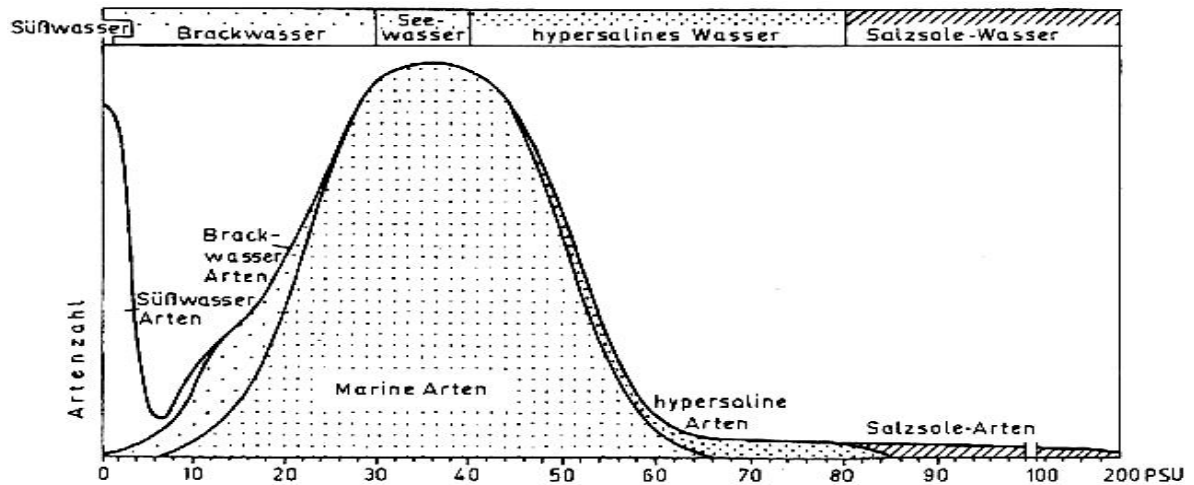


Abb. 2: Artenzahlen in Abhängigkeit von der Salinität (Quelle: Arndt 1996)

2.3 Das Benthos der Ostsee - ein lebensfeindliches Milieu

Wie schon erwähnt, kann wegen der ausgeprägten thermohalinen Dichteschichtung der Ostsee gelöster Sauerstoff vertikal aus den oberen Schichten nicht nachgeliefert werden. Diese natürlich bedingte Sauerstoffarmut des Tiefenwassers der Ostsee wird außerdem noch durch einen weiteren Prozess verstärkt: ein Großteil der produzierten Phytomasse (siehe 3.2 Die Algenblüte – Massenvermehrung als Ausgleich der Artenarmut) sinkt aufgrund fehlender Konsumenten ungenutzt auf den Meeresboden - bei der einsetzenden Mineralisation der organischen Substanz durch den Abbau verschiedener Bakterien wird ebenfalls Sauerstoff verbraucht und das ohnehin schon sauerstoffarme Tiefenwasser der Ostsee unterliegt einer zusätzlichen Sauerstoffzehrung. Diese Stagnation kann nur durch die Salzwassereinträge aufgebrochen werden - die Ostsee ist deshalb so enorm abhängig von der Frischwasserzufuhr aus der Nordsee. Als ökologische Auswirkungen von Salzwassereinträgen sind zu nennen:

- „Bendigung der Stagnationsperiode und Verbesserung der ökologischen Bedingungen (speziell Sauerstoff) durch Tiefenwassererneuerung in den Ostseebecken;
- Zufuhr neuer Faunenelemente, vorwiegend durch mitgeführte Larven;
- Zunahme der Bodenfauna bis zur völligen Wiederbesiedlung der Beckenböden durch Organismen. Die starke Zunahme der organischen Produktivität zieht allerdings wieder eine verstärkte Sauerstoffzehrung nach sich und leitet dadurch bereits wieder die nächste Stagnationsperiode ein
- Wachstumsstimulierung des Phytoplanktons (Primärproduktion), durch gesteigerte Nährstoffzufuhr als Folge der Tiefenwasserdurchmischung (die bei der Mineralisation freiwerdenden Nährstoffe akkumulieren auf dem durch verschieden ausgeprägte Beckenstrukturen geprägten Meeresgrund) (ginkgo – web (3)).“

Bei ausbleibenden Salzwassereinträgen kommt es zu einem völligen Sauerstoffschwund in der Benthosregion bei gleichzeitigem enormen Anstieg des giftigen Schwefelwasserstoffs – eine daraus resultierende Verarmung der Benthofauna bis hin zum Absterben ist die Folge. Als Indikator für den schwindenden Sauerstoff bilden z.B. Seesterne am Grund der Ostsee kleine Türmchen, um noch in

sauerstoffhaltiges Wasser zu gelangen („Seesternflucht“). „Besucht man diese Stelle wenige Tage später, erlebt man als Taucher Erstaunliches: Die Seesterne haben sich umgedreht, um mit ihren Füßchen noch Sauerstoff aufzunehmen. Auf dem Meeresgrund haben sich jetzt Schwefelschichten gebildet. Die Seesterne beginnen zu sterben (Ostseevision (2)).“

2.4 Zur Ichthyofauna der „brackigen“ Ostsee

Die wechselvolle geologische Geschichte mit ihren unterschiedlichen Stadien hat die Fischgemeinschaftsstruktur der Ostsee seit ihrer „Geburt“ als Baltischer Eisstausee immer wieder verändert. „Das erdgeschichtlich extrem niedrige Alter der heutigen Ostsee ließ die Evolution einer eigenständigen spezifischen Fischfauna nicht zu. Nur anpassungsfähige (marine und limnische) Fischarten sind hier heimisch und zu Standfischen geworden (Nellen & Thiel 1995).“ Diese mobilen, an der Grenze ihres Verbreitungsgebietes existierenden, erblichen Rassen einer Art bezeichnet man auch als Ökotypen. Neben diesen angepassten Standfischen wird die Ostsee auch als Nahrungsraum von Wanderfischarten, den sogenannten „Diadromen“, wie z.B. Lachs oder Aal zeitweise genutzt. Gastfische (z.B. Makrele, Schellfisch) weichen dagegen nur bei einem hohen Populationsdruck ihrer Primärstandorte (Nordsee / Zuflussgewässer) auf die Ostsee aus bzw. gelangen durch hydrographische Ausnahmeereignisse, wie z.B. den Salzwassereinbrüchen, in die Ostsee. Sie können sich unter den herrschenden Bedingungen nicht fortpflanzen und die Populationen gehen meist zugrunde oder wandern wieder aus. So verringert sich die Anzahl der Meeresfischarten von ca. 100 im nordöstlichen Teil der Ostsee (Beltsee), auf ca. 10 Arten im Bottenwiek, die Artendiversität nimmt, wie schon erwähnt, zusammen mit der Salinität der Ostsee also nach Norden und Osten hin ab. Ist die westliche Ostsee hauptsächlich geprägt durch relativ viele marine Standfischarten wie Sprotte, Dorsch und Hering sowie vereinzelte Gastfischpopulationen, dominieren in der östlichen Ostsee die Süßwasserarten (z.B. Plötze und Flussbarsch) – allerdings in geringerer Diversität (siehe 2.2 Artendiversität und Salinität).

2.5 Neozoon und Neophyten – Auswirkungen eingeschleppter Arten

Aufgrund der Brackwassercharakteristik der Ostsee bietet es einen potentiellen Lebensraum für limnische, brackige wie auch marine Arten. „Die Gefährdung heimischer Gewässer durch eine Zuwanderung oder einen Eintrag von fremden Organismen stellt schon länger ein bekanntes und ernstzunehmendes Problem dar. So können solche Exoten beispielsweise wegen ihrer räuberischen Lebensweise heimische Arten dezimieren oder durch Fehlen natürlicher Feinde Massenentwicklungen durchmachen und so andere Arten regelrecht verdrängen. In diesem Jahrhundert sind in der Ostsee mehr als 70 eingeschleppte Arten entdeckt worden (Gollasch & Mecke 1996).“ (→ Abb.3)

Ein Hauptgrund für die Invasion stellt der seit den 60er Jahren stark angestiegene Schiffsverkehr im Baltischen Meer dar. Durch den unbeabsichtigten Transport im Ballastwasser oder am Rumpf der Schiffe können somit besonders resistente, euryöke Organismen aus weit entfernten Teilen der Erde in die Ostsee gelangen und sich ausbreiten. Sehr günstige biotische und abiotische Bedingungen (z.B. die Abwesenheit der natürlichen Fressfeinde) können dann zu explosionsartiger Vermehrung am neuen Standort führen und das Ökosystem mit seinen Biozönosen stark schädigen - eine gravierende Veränderung des Artenspektrums ist die Folge. So konnte sich z.B. der ursprünglich an der Ostküste der USA beheimatete Borstenwurm *Marenzelleria viridis* (Verril) so stark ausbreiten, dass er mittlerweile 97% der Biomasse der bodenlebenden Makrofauna in Polen ausmacht und alle anderen, die gleiche ökologische Nische nutzenden Konkurrenten, verdrängt hat. Auch die Wahrscheinlichkeit toxischer Algenblüten steigt – so treten an den Ostküsten Schwedens seit Anfang der 80er Jahre vermehrt Blüten toxischer, nichtheimischer Dinoflagellaten auf.

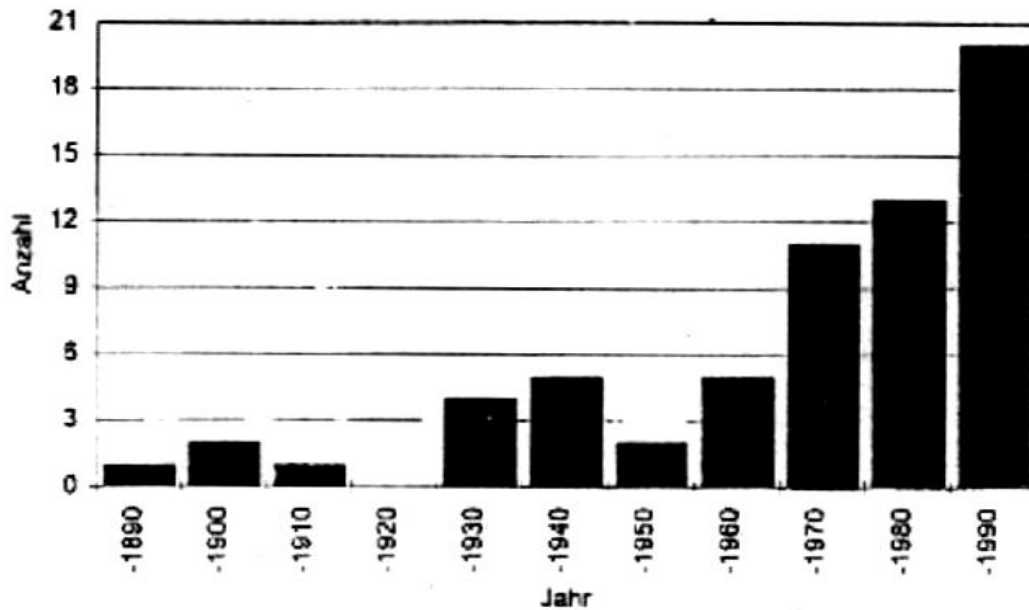


Abb. 3: Seit 1890 in der Ostsee neu aufgetretene Arten (Quelle: Gollasch & Mecke 1996)

3. Das Plankton der Ostsee

„Beim Plankton handelt es sich um eine Lebensform der Organismen, die sich schwebend oder schwimmend im freien Wasser halten, deren Eigenbewegung aber nicht ausreicht, sie von der Wasserbewegung unabhängig zu machen. (...) Sofern sie zum Tierreich gehören, bilden sie das Zooplankton, sofern sie Pflanzen sind, das Phytoplankton (Schaefer 2003).“ Die allgemeine Artenarmut des Brackwassermilieus der Ostsee (verglichen mit dem Artenreichtum der Weltozeane!) findet sich, aufgrund der hohen geographischen Lage und den Eingangs beschriebenen Bedingungen, auch bei den Phyto- und Zooplanktonarten wieder.

3.1 Das Phytoplankton – Primärproduktion der Biomasse

Nur wenige marine Phytoplanktonarten tolerieren eine Salinität unterhalb von 10 PSU, limnische Organismen dagegen nur einen Salzgehalt von höchstens 3 PSU. „Die marine Flora der geologisch sehr jungen Ostsee stammt im Wesentlichen von der Nordsee-Flora ab. Die meisten Nordseeformen dringen jedoch nicht weiter als bis in das Kattegat vor. Mit abnehmendem Salzgehalt innerhalb der Ostsee verringert sich die Zahl der marinen Algen ständig. Umgekehrt nimmt die Anzahl von Süßwasserpflanzen zu (Smetacek 1977).“ Prägenden Charakter für das Ökosystem der Ostsee haben die Diatomeen (*Bacillariophyceae*) und Dinoflagellaten (*Pyrrophyceae*) als Vertreter des marinen Phytoplanktons und die aus dem Süßwasser stammenden Blaualgen (*Cyanophyceae*) und Grünalgen (*Chlorophyceae*). „Die Blaualgen werden aufgrund ihres prokaryotischen Zellaufbaus – sie besitzen noch keinen abgegrenzten Zellkern – den Bakterien zugeordnet und daher häufig auch als Cyanobakterien bezeichnet (Lenz 1995).“

Das photoautotrophe Phytoplankton ist für die Primärproduktion der Biomasse zuständig, indem es über Photosynthese anorganische Grundstoffe in organische Bindung überführt und sie damit auf ein höheres Energieniveau hebt. Dabei hängt die Höhe der Primärproduktion der Phytomasse von der Lichtintensität und Temperatur auf der einen Seite und vom Nährstoffangebot, insbesondere den anorganischen Stickstoff- und Phosphor-Verbindungen, auf der anderen Seite ab. Das Phytoplankton bildet somit die Basis des komplexen Nahrungsnetzes der Meere und stellt die Nahrungsgrundlage für die herbivoren Konsumenten. Es steht damit am Anfang der Nahrungskette und ist als autotropher Primärproduzent ein unentbehrlicher Teil der marinen Ökosysteme aller Meere.

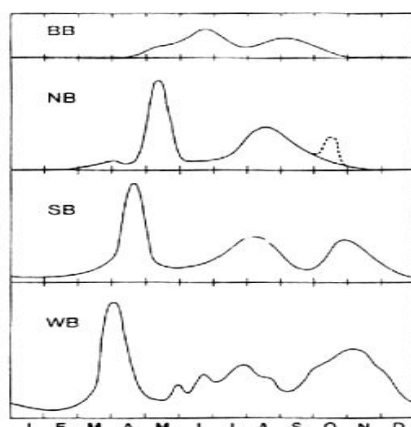
3.2 Die Algenblüte – Massenvermehrung als Ausgleich der Artenarmut

Dass die extremen Lebensbedingungen der Ostsee zur Artenarmut führen, wurde bereits mehrfach erwähnt. Die vorhandenen Arten solcher Ökosysteme zeigen laut „Thienemanns biozönotische Grundprinzipien“ (Schaefer 2003) allerdings einen größeren Individuenreichtum - ein anschauliches Beispiel stellen hierfür die Phytoplanktonpopulationen der Ostsee dar. Bedingt durch eine unterschiedliche Lichtintensität und den stark schwankenden Nährstoffgehalt, kommt es im Laufe eines Jahres zu unterschiedlich ausgeprägten Vermehrungszyklen. Bei sehr günstigen abiotischen und biotischen Bedingungen (z.B. hohe Lichtintensität, hoher Nährstoffgehalt, geringe Konkurrenz) kann es in bestimmten Jahreszeiten zu Massenentwicklungen bestimmter Phytoplanktonarten kommen, den sogenannten „Algenblüten“. (→ Abb.4)

Frühjahrsblüte (März – Mai): Durch die Frühjahrsstürme kommt es zu einer Durchmischung des, zu dieser Jahreszeit, thermisch instabilen Ostseewassers; dabei können sedimentierte Nährstoffe in die oberen Schichten gelangen. Die einsetzende Frühjahrsblüte (März / April für Kattegat und Beltsee, April / Mai für die mittlere und östliche Ostsee) wird vor allem von Diatomeenarten dominiert, doch auch einige Dinoflagellatenarten treten in der mittleren und östlichen Ostsee auf (Kaltwasserarten). Die aufgrund des reichen Nährstoffangebotes und des Ausbleibens von natürlichen Fressfeinden (in erster Linie das herbivore Zooplankton) einsetzende Massenvermehrung und die damit verbundene hohe Individuendichte lässt das Wasser braun bis rot – braun erscheinen. Nachdem die anorganischen Nährsalze im Wasser verbraucht sind, brechen die Frühjahrspopulationen zusammen. „Große Mengen an Konsumenten, die dieses Nahrungspotential nutzen könnten, sind im Frühjahr noch nicht zu verzeichnen. Sie treten erst im weiteren zeitlichen Verlauf auf. Deshalb sinkt ungefähr die Hälfte der Primärproduktion ungenutzt auf den Meeresboden (Wessel 1990).“

Sommerblüte (Juli - September): Durch die lange und starke Sonneneinstrahlung kommt es im Sommer bis Spätsommer zu einer zweiten Massenvermehrung. Dabei dominieren die Cyanobakterien (Blaualgen), da sie „den molekularen Stickstoff, der im allgemeinen für Algen nicht nutzbar ist, den Stoffwechsel nutzen, so dass diese stickstoff- fixierenden Blaualgen bei Fehlen von verwertbaren Stickstoffverbindungen den übrigen Phytoplanktern konkurrenz- ökologisch überlegen sind (Arndt 1996).“ Allerdings gehören auch einzelne Diatomeenarten zum typischen Sommerplankton. In den letzten Jahren konnte ein erheblicher Anstieg der Primärproduktion in den Sommermonaten verzeichnet werden.

Herbstblüte: Auf die Dinoflagellaten- bzw. Blaualgenblüte im Sommer folgt im Herbst in der westlichen Ostsee noch eine Diatomeenblüte.



Schematische Darstellung der jahreszeitlichen Entwicklung des Phytoplanktonbestandes in den verschiedenen Regionen der Ostsee. *BB* Bottensee, *NB* Bottensee, Finnischer Meerbusen und nördlicher Teil der Mittleren Ostsee (gestrichelt eine gelegentlich vorkommende herbstliche Diatomeenblüte), *SB* südlicher Teil der Mittleren Ostsee, *WB* Westliche Ostsee.

Abb. 4: Jahreszeitliche Entwicklung des Phytoplanktonbestandes (Quelle: Lenz 1995)

3.3 Algenblüten im Zeitalter der Eutrophierung

Gesteuert durch das „Minimumgesetz“, bei dem immer der im Mindestmaß vertretene Ernährungsfaktor (zumeist Phosphor und / oder Stickstoff) das Wachstum bestimmte, haben die Intensitäten der natürlichen Algenblüten im Zuge der Eutrophierung durch den Menschen, insbesondere durch Einträge aus der Landwirtschaft, extreme Ausmaße angenommen – eine Erhöhung der Primärproduktion ist die Folge. Kam es früher hauptsächlich im Frühjahr und Herbst durch die thermische Instabilität zu ausgeprägten Massenvermehrungen, beobachtet man seit Mitte des vorigen Jahrhunderts in einigen Regionen der Ostsee eine zum Teil durchgehende Algenblüte. Mit zunehmender Belastung durch Stickstoff und Phosphor erhöht sich entsprechend die Primärproduktion der Biomasse immer mehr. „Das Überangebot an organischem Material findet in der Ostsee keine Abnehmer. Es stirbt ab, sinkt auf den Meeresboden und verwest dort unter Sauerstoffzehrung. Da der O₂-Verbrauch bei den Abbauprozessen eines Organismus größer ist als dessen Gesamtlebensproduktion, verschlechtert sich die O₂-Situation der Ostsee durch die Eutrophierung. (Wessel 1990).“

Außerdem hat diese Überproduktion zur Folge, dass durch die zähe Algenschicht die tieferen Lagen nicht mehr genügend Licht erhalten und deshalb keinen Sauerstoff mehr produzieren, ihn aber für die Atmung verbrauchen, sodass es zu einem Sauerstoffdefizit im Tiefenwasser kommt. Nach dem Zusammenbruch der Populationen rieselt die überschüssige Phytomasse auf den Meeresgrund und wird durch anaerobe Bakterien zu Methan, Ammoniak und Schwefelwasserstoff abgebaut – ein lebensfeindliches Milieu entsteht. Weite Bereiche der Ostsee können dabei ökologisch „umkippen“. (→ siehe auch 2.3 Das Benthos der Ostsee - ein lebensfeindliches Milieu) „Durch die Eutrophierung vermehrt sich nicht nur das Plankton, sondern auch die festsitzenden Algen, die im oberen Bereich vor allem durch Grünalgen vertreten sind. Die festsitzende Fauna (z.B. Miesmuscheln und Seepocken) wird durch Überwachsen stark geschädigt, da sie in ihrer Nahrungsaufnahme behindert wird. Ähnliches soll für die Fischfauna gelten. Jedenfalls hat sich für den Taucher eine ehemals reizvolle Unterwasserlandschaft in eine schleimige Algenwüste verwandelt. Reißt diese Algen bei Sturm ab, entsteht am Strand die vom Urlauber so gefürchtete „Algenpest“, die aber völlig ungefährlich ist (Ostseevision (2)).“

3.4 Toxische Algenblüten in der Ostsee

Toxische Algenblüten, medienwirksam auch „Killeralgen“ genannt, sind ebenfalls ein natürliches Phänomen der Ostsee und seit mehr als 100 Jahren bekannt. Dabei können nur 20 der ca. 1000 in der Ostsee nachgewiesenen Arten Toxine produzieren, allerdings bilden von diesen wiederum nur Cyanobakterien und Prymnesiophyceen massive Blüten. Kontrovers diskutiert wird bisher, ob die Algen die Toxine selbst produzieren oder ob Bakterien auf oder in den Algen an der Toxinproduktion beteiligt sind. „Man unterscheidet zwischen den Arten, deren Toxine sich in der Nahrungskette anreichern, z.B. in Muscheln, und die dann dem Endkonsumenten, in diesem Fall dem Menschen, gefährlich werden können und solchen, die Toxine frei ins Wasser abgeben (Lenz 1995).“

Als Beispiel sollen hier die Cyanobakterien dienen. Hier kann das Gift beim Trinken des Wassers, besonders wenn die Cyanobakterien mit dem Wasser geschluckt werden, direkt auf Mensch und Haustiere wirken. Da toxische Cyanobakterien bevorzugt in Küstennähe und schwach salzigem Wasser vorkommen, wurden sie schon so manchem Haustier oder Vogel zum Verhängnis („Killeralge“). Der Mensch ist aber genauso gefährdet, sollte er in solchen Gewässern z.B. beim Schwimmen Wasser verschlucken. Da Algenblüten in erster Linie von den in der Ostsee vorhandenen Nährstoffen abhängig sind, ist durch die Eutrophierung die Wahrscheinlichkeit einer toxischen Algenmassenentwicklung höher als unter (den früher in der Ostsee vorherrschenden) oligotrophen

Bedingungen. Auch das Ausmaß und die Dauer werden dabei durch die Überdüngung durch den Menschen erhöht. Ein weiteres Problem stellt die Einschleppung neuer, sehr resistenter toxischer Algenarten (Neophyten) durch Aquakultur und durch Ballastwasser der Schiffe in die Ostsee dar.

4. Schlußbetrachtung

Das noch sehr junge Ökosystem der Ostsee hat es seit seiner Geburt als Eisstausee mit ungünstigen natürlichen topographischen und hydrographischen Bedingungen zu tun. Der ständig schwankende Salz- und Sauerstoffgehalt und die extremen Temperaturschwankungen der Klimazone stellen enorme Anforderungen an die in ihr lebenden Organismen. Die kurze Evolutionsgeschichte hat dabei nur wenige Arten hervorgebracht, die diesen „natürlichen Stress“ der permanenten Anpassung an unterschiedliche abiotische Bedingungen tolerieren – dadurch ist und war die Ostsee immer durch eine relativ geringe Artendiversität gekennzeichnet. Die geringe Diversität wird jedoch durch eine Zunahme der Individuenzahlen ausgeglichen. So kommt es im Verlauf eines Jahres zu verschiedenen natürlichen Massenentwicklungen wie z.B. der Cyanobakterien (Blualgen). Durch die erhöhte Zufuhr von Stickstoff- und Phosphorverbindungen im Zuge der Eutrophierung durch den Menschen steigt entsprechend die Primärproduktion der Biomasse immer mehr („In eutrophen Gewässern ist deshalb die Wahrscheinlichkeit für eine – toxische – Algenmassenentwicklung höher (Kononen & Elbrächter 1996).“) und belastet dieses nahezu geschlossene System mit seiner ohnehin geringen Selbstreinigungskraft - die Ostsee ist deshalb stärker als jemals zuvor auf die, an komplexe Wechselbeziehungen und Wetterlagen gebundenen, Salzwassereinbrüche aus der Nordsee angewiesen. Durch die mangelnde vertikale Durchmischung (aufgrund der thermohalinen Dichteschichtung), reagiert die Ostsee also besonders anfällig und sensibel auf zusätzliche Belastungen. Der Regenerationsmechanismus ist schnell überfordert, externe Einflüsse wirken sich in diesem fast geschlossenen Ökosystem gravierender aus als z.B. in der Nordsee. „Durch ihre hydrographischen und ökologischen Bedingungen ist die Ostsee besonders empfindlich gegenüber Klimaänderungen, Verschmutzung und Überdüngung sowie übermäßiger Ausbeutung ihrer Ressourcen und Potentiale (Lozan et al. 1996).“

Der in der Natur sehr viel länger dauernde aber natürliche Prozess der Eutrophierung ist demnach durch den Menschen so gewaltig beschleunigt worden, dass natürliche Reinigungsmechanismen mit dieser enormen Geschwindigkeit der Stoffeinträge nicht mithalten können und hoffnungslos überfordert sind. „Es ist daher zu vermuten, dass eine früher vorhandene Pufferkapazität des Ökosystems aufgebraucht ist, d.h. die Speicher im Sediment mit belastenden Stoffen gefüllt sind und das somit „ungefederte Fahrzeug Ostsee“ jetzt bei jeder weiteren Belastung „bis auf den Rahmen“ durchschlägt“. (Lozan et. al 1996) So erfolgt auch noch nach einer Reduzierung des Nährstoff- und besonders des Phosphateintrages in die Ostsee weiterhin eine Nährstoffzufuhr: „Große Probleme bereiten weiterhin die anthropogenen Belastungen in Form von anorganischen und organischen Nährstoffen, die insbesondere in den Küstensedimenten über Jahrzehnte akkumulierten und bei der Freisetzung aus dem Sediment erneut zu einer Stimulation der Primärproduktion in der Wassersäule führen (Dahlke & Meyer - Reil 1996).“

Da der Mensch weder das Wetter noch die Dichteschichtung der Ostsee entscheidend beeinflussen kann, muss er sein Augenmerk weiterhin voll und ganz auf die Reduzierung der anorganischen Nährsalze lenken. Ob eine Verringerung der Nährstoffeinträge auch die Ausbreitung der Schwefelwasserstoffwüsten, die Ausdehnung der anoxischen Bedingungen am Grunde der Ostsee stoppen kann, ist dabei ungewiss. Man weiß heute noch zu wenig über die natürlichen Prozesse, um zuverlässige Voraussagen machen zu können. Der ökologische Zustand ist weiterhin kritisch.

Literatur:

- Arndt, E. (1996): Lebensgemeinschaften. In: Lozan, J., Lampe, R., Matthäus, W. Rachor, E., Rumohr, H. & von Westernhagen, H. (eds.) (1996): Warnsignale aus der Ostsee. Parey Buchverlag, Berlin, 385 p.
- Begon M., Harper J. L., Townsend C. R. (1998): Ökologie. Spektrum, Heidelberg, 752 p.
- Buske, H. G. (1990): Die Ostsee - ein sterbendes Meer ? In: Praxis Geographie, Mai 1990.
- Dahlke, S., Meyer- Reil, L.-A. (1996): Bedeutung der Mikroorganismen. In: Lozan, J., Lampe, R., Matthäus, W. Rachor, E., Rumohr, H. & von Westernhagen, H. (eds.) (1996): Warnsignale aus der Ostsee. Parey Buchverlag, Berlin, 385 p.
- Gollasch, S., Mecke, R. (1996): Eingeschleppte Organismen. In: Lozan, J., Lampe, R., Matthäus, W. Rachor, E., Rumohr, H. & von Westernhagen, H. (eds.) (1996): Warnsignale aus der Ostsee. Parey Buchverlag, Berlin, 385 p.
- Gren, I. M, Turner, R. M, Wulff, F. (eds.) (2000): Managing a sea - the ecological economics of the Baltic. Earthscan Publ., London, 138p.
- Kononen, K., Elbrächter, M. (1996): Toxische Plankton Blüten. In: Lozan, J., Lampe, R., Matthäus, W. Rachor, E., Rumohr, H. & von Westernhagen, H. (eds.) (1996): Warnsignale aus der Ostsee. Parey Buchverlag, Berlin, 385 p.
- Lenz, J. (1995): Phytoplankton. In: Rheinheimer, G. (ed.) (1995): Meereskunde der Ostsee. Springer, Berlin, 338 p.
- Lozan, J., Lampe, R., Matthäus, W. Rachor, E., Rumohr, H. & von Westernhagen, H. (eds.) (1996): Warnsignale aus der Ostsee. Parey Buchverlag, Berlin, 385 p.
- Nehring, D. (1995): Gase. In: Rheinheimer, G. (ed.) (1995): Meereskunde der Ostsee. Springer, Berlin, 338 p.
- Nellen, W., Thiel, R. (1995): Fische. In: Rheinheimer, G. (ed.) (1995): Meereskunde der Ostsee. Springer, Berlin, 338 p.
- Rheinheimer, G. (ed.) (1995): Meereskunde der Ostsee. Springer, Berlin, 338 p.
- Schaefer, M. (ed.) (2003): Wörterbuch der Ökologie. Spektrum, Heidelberg, 452 p.
- Smetacek, V. (1977): Die Sukzession des Phytoplanktons in der Westlichen Kieler Bucht. Univ. Kiel, Kiel – Altenholz, 149 p.
- Theede, H., Schramm, W. (eds.) (1988): The Baltic Sea Environment : History – Eutrophication – Recruitment - Ecotoxicology . Mühlau in Komm, Kiel, 462 p.
- Wessel, P. (1990): Zur Ökologie der Ostsee. In Praxis Geographie, Mai 1990.
- Wulf, F.V., Rahm, L.A., Larsson, P. (eds.) (2001): A System Analysis of the Baltic Sea. Springer, Berlin, 455 p.

Links:

- (1) <http://www.helcom.fi>
- (2) <http://www.ostseevision.de/index.html>
- (3) <http://www.ginkgo-web.de/facharbt/oekoost/ostseeoeko.htm>