LEHRERINFORMATION

Thema	Wie funktioniert Primärproduktion im Meer?
Material	5 Stationen mit kurzen Informationstexten, Bildern, Daten, Filmen Laufzettel für SchülerInnen
Vorbereitung	Ausdrucken und vorbereiten der Materialien für die einzelnen Stationen, Schülermaterial ausdrucken/kopieren Station 1: Karten an gestrichelter Linie auseinander schneiden Station 2: Seite 1 auf DIN A3 drucken, einzelne Karten auseinander schneiden Station 3: Material ausdrucken Station 4: hier kann dieses You-Tube-Video gezeigt werden: Zooplankton feeding: copepod adults and larvae (nauplii) eating various phytoplankton: http://www.youtube.com/watch?v=Havd17RNo_c Station 5: Material ausdrucken Falls viele Schüler können die Unterlagen einzelner oder aller Stationen auch doppelt ausgedruckt werden
Vorwissen	keines
Zeitmanagement	90 Minuten
Sozialformen	Partnerarbeit, Plenum
Ziele des Unterrichtsbaustein	Die SchülerInnen - erklären die Primärproduktion durch Phytoplankton im Meer und ihre Steuerungsfaktoren, - beschreiben den schematischen Ablauf der jahreszeitlichen Sukzession - vergleichen die Abiotik von Nordsee und Wattenmeer und ziehen, Schlüsse für die Unterschiede in der Primärproduktion der beiden Systeme.

Methodik

Die SchülerInnen sollen sich an fünf Stationen mit der Primärproduktion durch Phytoplankton und deren Steuerfaktoren beschäftigen. Dabei sollen mit Hilfe von Aufgabenstellungen Informationen gesammelt werden, die hinterher zum Ausfüllen der Tabelle „Jahresgang des Phytoplanktons in der Nordsee“ dienen. Die Tabelle ermöglicht den SchülerInnenn die einzelnen Komponenten wie Puzzelteile zusammenzusetzen und sich den Jahresgang des Phytoplanktons selbstständig zu erarbeiten. Das Verstehen der Primärproduktion durch das Phytoplankton in der offenen Nordsee dient als Grundlage für die Erarbeitung der durch die schwankenden Umweltbedingungen komplexeren Zusammenhänge im Wattenmeer in einem anschließenden Unterrichtsgespräch. Dieses Gespräch soll als Vorbereitung des Bausteins „Nahrungsnetz“ dienen und kann gegebenenfalls auch zu Beginn des folgenden Bausteins stattfinden.

Hinweis: Je nach Vorwissen der SchülerInnen kann es sinnvoll sein, den Begriff Primärproduktion im Vorfeld der Stationsarbeit

Schülermaterial: Laufzettel mit Fragen zu den Stationen, Leertabelle zum Ausfüllen, Bilder zu Nährstoff- und Phytoplanktonverteilung der einzelnen Jahreszeiten zum Ausschneiden und Einkleben.

<u>Zeitplan:</u>
Stationen: mind. 60 min.
Ergebnisvergleich im Plenum: ca. 15 min.
Unterrichtsgespräch: Unterschiede Nordsee – Wattenmeer: ca. 15 min.

Lösungsvorschläge:

Aufgabe 1:

Station 1: Nährstoffe

a) siehe Druckvorlage für Station 1
b) , c) und d): siehe Tabelle und Info-Text

Nährelement	Algenverfügbare Form	Hauptfunktionen
Kohlenstoff	CO_2, H_2CO_3, CO_3^{2-}	Hauptbestandteil organischer Verbindungen in Zellen
Sauerstoff	CO_2, H_2CO_3, O_2	Hauptbestandteil organischer Verbindungen in Zellen
Wasserstoff	H_2O	Hauptbestandteil organischer Verbindungen in Zellen
Stickstoff	NO_3^-, NH_4^+, NH_3, Harnstoff, N_2	Aminosäuren, Proteine, Nukleinsäuren, Hormone, Coenzyme, Harnstoff, Chlorophyll
Phosphor	H_2PO_4-, HPO_4^{2}-, PO_4^{3}-	Nukleinsäuren, Phospholipide (Aufbau Zellmembran), ATP (Adenosintriphosphat), verschiedene Enzyme
Silicium	H_4SiO_4, H_3,SiO_4-, $H_2SiO_4^{2}$-	Aufbau Schalen der Diatomeen

Tab. 1: Auswahl bedeutender Algennährstoffe im marinen Lebensraum (CAMPBELL, 1997; NENTWIG, 2007; BEHRENS, ET AL., 2004, WILLIAMS, ET AL., 2002)

c) Die Nährstoffe sind für das Wachstum von Algen essentiell. Da sie sie für den Aufbau von organischen Verbindungen brauchen (siehe Tabelle). Ist ein Nährstoff nicht im ausreichenden Maß vorhanden, wird das Wachstum der Population gehemmt.
d) C, H, O sind im Meerwasser immer in großen Mengen verfügbar.
N,P, Si werden bakteriell im Sediment remineralisiert. Ein kleiner Teil N und P steht auch nach der Ausscheidung von Organismen wieder zur Verfügung. Sie werden aber auch über Flüsse und die Atmosphäre dem Ökosystem zugeführt. Bei zunehmendem Algenwachstum sinken ihre Konzentrationen im Wasser. Kieselsäureschalen sind schlecht löslich. Daher ist Silicium nach dem Einbau für eine längere Zeit nicht verfügbar.

ⓘ Die häufigsten Elemente in der Biomasse sind Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff. Alle drei stehen im Meer in praktisch unerschöpflicher Menge zur Verfügung: Wasserstoff aus H_2O, Kohlenstoff und Sauerstoff aus CO_2, H_2CO_3, CO_3^{2-} und O_2. Sauerstoff und Kohlendioxid können über die Atmosphäre nachgeliefert werden. Stickstoff ist das vierthäufigste Element. Im Wasser liegt viel N_2 vor. Dieses kann aber nur von stickstofffixierenden Prokaryoten genutzt werden. Dazu gehören z.B. einige Cyanobakterien. Die Hauptsächliche Stickstoffquelle für Primärproduzenten im Meer ist Nitrat und Ammonium. Die Konzentrationen beider können während der Wachstumsphase unter die Nachweisgrenze sinken und so das Wachstum des Phytoplanktons limitieren. Auch Phosphat kann limitierend wirken. Es kommt im Meer vor allem als Phosphat-Ion (PO_4^{3}-) vor. Eingebunden in Biomasse ver-

schwinden sie aus der Wassersäule und sinken als abgestorbene Partikel auf den Meersboden, wo sie von Mikroorganismen remineralisiert werden. Der überwiegende Teil gelangt erst bei der vollständigen Durchmischung der Wassersäule wieder in die oberen Wasserschichten. Silicium wird in größeren Mengen nur von wenigen Organismen, z.B. den Kieselalgen benötigt.

Station 2: Primärproduzenten in Nordsee und Wattenmeer

a) siehe Tabelle in Druckvorlage 2
b) siehe Diatomeen in der Tabelle in Druckvorlage 2
c) Unter einer Algenblüte versteht man die Massenentfaltung von einzelligen Algen im Plankton. Dabei kann eine Trübung oder Verfärbung des Wassers oder Schaumbildung auftreten.

Station 3: Vertikale Gliederung und Licht

a) Tipp: Als Hilfestellung zum Lückentext können Sie den SchülerInnen, die folgenden 13 Begriffe zur Verfügung stellen von denen 11 in die Lücken des Textes gehören:

aphotisch, Benthal, Eulitotal, euphotisch, euphotische Zone, Kontinentalfuß, Kontinentalsockel, mittlere Hochwasserlinie, neritisch, ozeanisch, Pelagial, Plankton, Supralitoral, Sublitoral

Die Nordsee ist ein flaches Randmeer mit einer durchschnittlichen Tiefe von 70 m. Sie erstreckt sich über dem *Kontinentalsockel* bis zur Schelfkante. Die küstennahen Meeresgebiete, zu denen die Nordsee gehört, werden als *neritisch* bezeichnet. Die küstenfernen Gebiete der offenen Ozeane bezeichnet man als *ozeanisch*.

Der Querschnitt der Küste (Litoral) gliedert sich in drei Bereiche:

- Der obere Bereich ist das *Supralitoral* - die Spritzwasserzone, die nur unregelmäßig von Gischt oder sehr hoch auflaufender Flut erreicht wird.
- Zwischen mittlerer Niedrigwasserlinie und mittlerer Hochwasserlinie befindet sich das *Eulitoral*. Dieser Bereich gibt im Rhythmus der Gezeiten abwechselnd die Wattflächen frei und ist mit Wasser bedeckt.
- Das *Sublitoral* ist als Dauerflutzone ständig von Meerwasser bedeckt.

Das Wattenmeer umfasst als Übergangszone zwischen Land und Meer diese drei Tiefenbereiche der Küste.

Der gesamte Wasserkörper eines Meeres gliedert sich in die obere, vom Licht durchflutete (*euphotische*) Zone und die tiefer liegende, *aphotische* Zone, die nicht mehr vom einfallenden Licht erreicht wird. Nur in der *euphotischen Zone* ist Photosynthese möglich. Als Grenze dieser Zone gilt die Tiefe, in der nur noch 1% der Oberflächenstrahlung vorhanden ist. Der Lebensraum des Freiwassers wird als *Pelagial* bezeichnet. Dies ist auch der Lebensraum der schwebenden Kleinstlebewesen, dem *Plankton*. Der Lebensraum des Meeresbodens ist das *Benthal*. In den Se-

dimenten des Meeresbodens leben Mikroorganismen, die abgestorbenes Material zu anorganischen Nährstoffen umwandeln.

b) Die einfallende Strahlung wird zum Teil an der Wassersäule reflektiert, zum Teil vom Wasser absorbiert. Mit der Tiefe nimmt die Lichtintensität ab. Je nach Wellenlänge kann das Wasser unterschiedlich tief eindringen, wobei rot am stärksten absobiert wird und die vilotten und blauen Strahlen am tiefsten eindringen können. Je mehr Partikel in der Wassersäule sind, desto mehr Licht wird gestreut. In Küstennähe sind mehr Partikel im Wasser als im offenen Meer. Daher ist die euphotische Zone der Nordsee in der Nähe des Festlandes deutlich flacher als im Bereich des offenen Meeres.

c) Die Lichteindringtiefe bestimmt den Lebensraum des Phytoplanktons. Denn nur in der euphotischen Zone ist ausreichend Licht für die Photosynthese vorhanden.
Daher ist das Vorkommen des Phytoplanktons auf die obere lichtreiche Zone beschränkt.

ⓘ Das Zooplankton ist indirekt ebenfalls an das Licht der euphotischen Zone gebunden. Denn hier kommt seine Hauptnahrung vor bzw. die Nahrung seiner Nahrung. Es kann aber über die gesamte Wassersäule vorkommen. Plankton ist nicht homogen in der Wassersäule verteilt, sondern kommt meist in Wolken vor.

Station 4: Zooplankton

(Film: http://www.youtube.com/watch?v=Havd17RNo_c)

a) Das Zooplankton umfasst die tierischen Vertreter der Organismengruppe, die nicht aktiv gegen Strömungen schwimmen kann (Plankton). Es grenzt sich zum Phytoplankton durch die heterotrophe Ernährungsweise ab. Zum Zooplankton zählen viele Krebstiere, wie z.B. die Copepoden, aber auch die Larven vieler andere Tiergruppen. Viele Zooplankter ernähren sich von Phytoplankton. Daher beginnt ihre Wachstumsphase nach der des Phytoplanktons und erreicht auch ihr Maximum nach dem des Phytoplanktons. Das Zooplankton übt Fraßdruck auf das Phytoplankton aus und trägt so zur Wachstumsbegrenzung des Phytoplanktons bei. Durch das Fressen und Verdauen scheidet es Stoffe aus, die dann wieder als Nährstoffe in der Wassersäule zur Verfügung stehen.

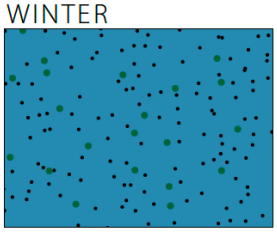
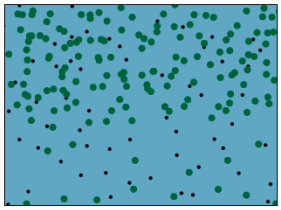
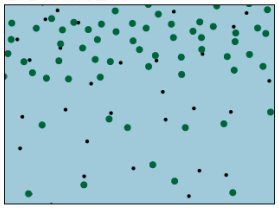
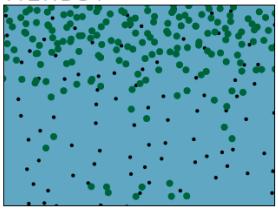
Station 5: thermische Schichtung

a) Die Thermokline ist die Sprungschicht zwischen dem warmen weniger dichten Oberflächenwasser und dem kalten dichteren Bodenwasserschichten. Sie zeichnet sich durch einen steilen Temperaturgradienten über wenige Meter aus. Eine Thermokline kann

b) Das Sonnenlicht erwärmt die Wasseroberfläche. Wärmeres Wasser hat eine geringere Dichte als kaltes. Aufgrund dieser Dichteunterschiede lagern sich zwei Wasserschichten übereinander. Sie werden durch die Sprungschicht getrennt. In den küstenferneren Meeresgebieten, in denen die Einwirkung von Wind, Strömungen und Gezeiten nicht ausreichen, um die ganze Wassersäule zu durchmischen, kann sich bei den ruhigen Wetterlagen und der starken Sonneneinstrahlung des Sommers eine Sprungschicht bilden. In den gezeitenbeeinflussten Küstengewässern wird die gesamte Wassersäule durchwärmt. Die Thermokline behindert den

Stoffaustausch zwischen warmen Oberflächenwasser und kaltem Tiefenwasser und führt zu einer Akkumulation von Nährstoffen in den tiefen Gewässerschichten.

Aufgabe 2:

Jahresgang des Phytoplanktons in der Nordsee		
Jahreszeit	Biotische und abiotische Faktoren	Zusätzliche Informationen (Arten, Wachstumsimitation, Schichtung)
WINTER 	Algenwachstum: -- Nährstoffe: >> Licht: -- Temperaturen: - Durchmischung der Wassersäule: ++ Fraß durch Zooplankton: -	kleine Flagellaten → Durchmischung der Wassersäule sorgt für viele Nährstoffe → Lichtverhältnisse sind zum Wachsen zu schlecht
FRÜHJAHR 	Algenwachstum: ++ Nährstoffe: ++ << Licht: >> Temperatur: >> Durchmischung der Wassersäule: << Fraß durch Zooplankton: >>	Kieselalgen (Diatomeen), → Frühjahrsblüte → Wachstum limitiert durch sinkende Silikatkonzentrationen → beginnende Schichtung → Fraßdruck durch Zooplankton steigt
SOMMER 	Algenwachstum: - Nährstoffe: - Licht: ++ Temperatur: ++ Durchmischung der Wassersäule: - Fraß durch Zooplankton: <<	viele verschiedene Arten, oft *Phaeocystis* (Schaumalge) oder *Noctiluca* (Dinoflagellaten) → Stickstoff und Phosphat noch verfügbar → stabile Schichtung → Schaumbildung und Meeresleuchten kann beobachtet werden
HERBST 	Algenwachstum: + Nährstoffe: >> Licht: << Temperatur: << Durchmischung der Wassersäule: >> Fraß durch Zooplankton: +	Diatomeen, Dinoflagellaten Herbstblüte → limitiert durch abnehmende Lichtintensität
Legende: Bilder: große, grüne Punkte: Phytoplankton, kleine, schwarze Punkte: Nährstoffe Umweltfaktoren: -- wenig, ++ viel, >> Zunahme, << Abnahme		

Abbildungen:

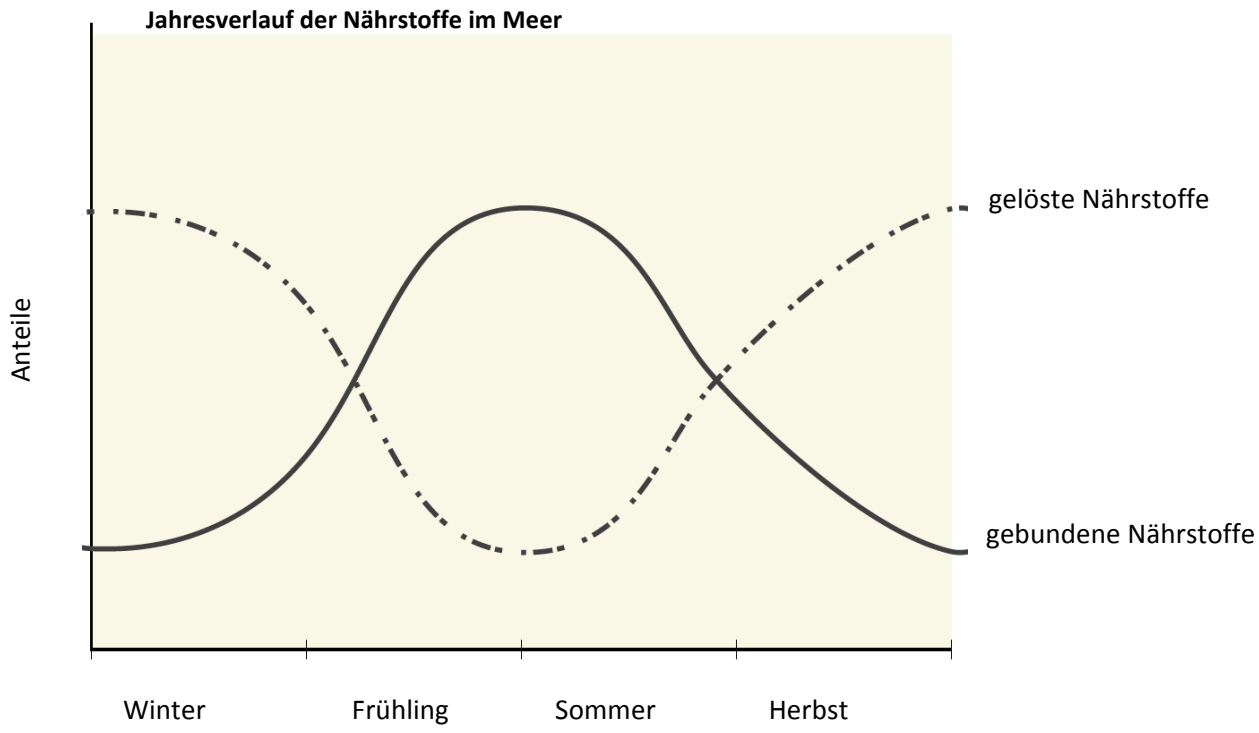
1 = Frühling

2 = Herbst

3 = Sommer

4 = Winter

Aufgabe 3:



Im Anschluss an diese Stationsarbeit sollen in einem Unterrichtsgespräch die Unterschiede in der Abiotik zwischen Nordsee und Wattenmeer und die daraus resultierenden Unterschiede in der Primärproduktion gemeinsam erarbeitet werden. Ziel ist es den SchülerInnen zu verdeutlichen, dass es im Wattenmeer neben dem Phytoplankton eine zweite sehr bedeutende Gruppe von Primärproduzenten gibt. Die hier nur aufgrund der anderen abiotischen Bedingungen leben können.

Das Gespräch kann auch durch Vorüberlegungen der SchülerInnen zu Hause vorbereitet werden und zu Beginn des folgenden Bausteins „Nahrungsnetz“ durchgeführt werden.

<u>Anregungen für das Unterrichtsgespräch:</u>

Unterschiede Nordsee – Wattenmeer

- Im Wattenmeer herrschen andere (extremere) Umweltbedingungen → angepasste Arten
- Hohe Nährstoffkonzentrationen, Gezeiten, Licht
- Offenes System (ständiger Austausch zwischen Land und Wattenmeer, Wattenmeer und Nordsee, Sediment und Wasser)
- Algenblüten, die sich in der offenen Nordsee und dem Off-Shore-Bereich direkt hinter den Barriereinseln bilden sind Treibstoff für die Produktion im Wattenmeer
- Auch im Wattenmeer bilden sich Algenblüten, aber höhere zeitliche und lokale Variabilität
- Licht erreicht den Boden → **Benthos ist zweiter wichtiger Lebensraum für Primärproduzenten**
- siehe dazu auch Sachanalyse

ⓘ Film-Tipps:

Phytoplankton Nordsee: http://www.youtube.com/watch?v=9QRky6NTRFc

Grazers in Action: http://www.youtube.com/watch?v=URL1wIxDXy0

Plankton fangen: http://www.youtube.com/watch?v=81hLA14zyc8&feature=player_detailpage&list=PLiJwpQigx3GwpHp0YMJnXgjy8xySiABbT

Algenbilder: http://algaeoffice.com/images.html