

LEHRERINFORMATION

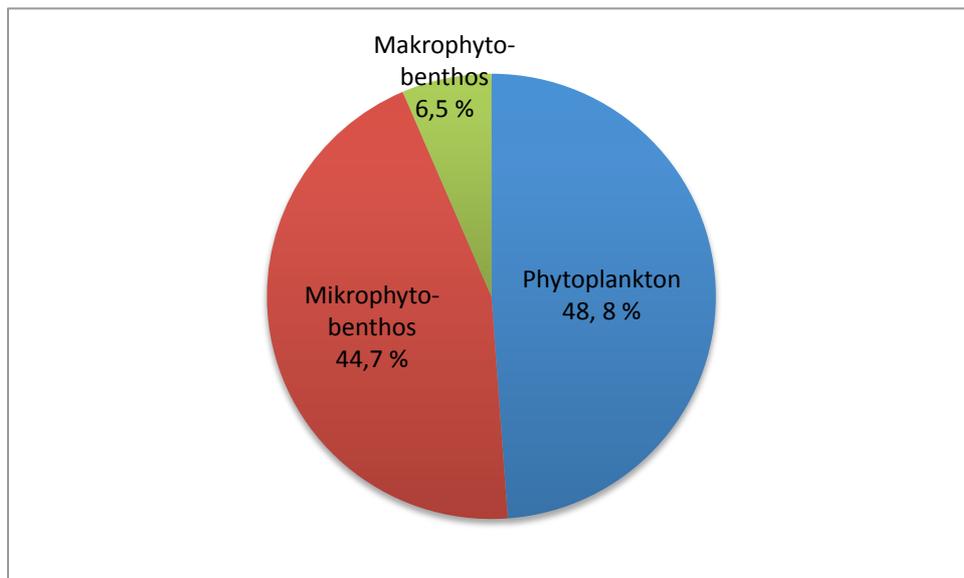
Thema	Mikrophytobenthos – Phytoplankton – Bakterien im Nahrungsnetz
Material	Schülerhintergrundinformationen, Materialien und Aufgaben für die Arbeit in drei Gruppen
Vorbereitung	Ausdrucken/Kopieren der Materialien
Vorwissen	Die Schüler sollten bereits eine Vorstellung vom Wattenmeer als Lebensraum und den dort herrschenden abiotischen Bedingungen haben.
Zeitmanagement	90 Minuten Erarbeitung des Themas: ca. 45 min. Vorstellung der Ergebnisse und Erstellung eines gemeinsamen Tafelbildes: ca. 45 min.
Sozialformen	Partnerarbeit, Plenum
Ziele des Unterrichtsbaustein	Die SchülerInnen <ul style="list-style-type: none"> - beschreiben und erklären die einzelnen Komponenten der Primärproduktion im Wattenmeer, - stellen die Zusammenhänge der autotrophen und heterotrophen Prozesse im Wattenmeer dar, - stellen die Stoff- und Energieflüsse im Wattenmeer dar und erläutern diese, - ordnen die Begriffe Bottom-Up und Top-down im Nahrungsnetz zu.
Methodik	Die Schüler bearbeiten eingeteilt in drei Gruppen in Partnerarbeit die Aufgaben. Ihre Ergebnisse stellen sie als Gruppe dem Plenum vor. Anschließend können alle Informationen, die bisher über die Nahrungsbeziehungen und Stoffflüsse im Ökosystem Wattenmeer erarbeitet wurden als Gesamtbild an der Tafel dargestellt werden. So kann die Komplexität der ökologischen Zusammenhänge verdeutlicht werden. Heterotrophe und autotrophe Prozesse, sowie Top-Down- und Bottom-Up- Kontrolleffekte können gekennzeichnet werden.

Lösungsvorschläge

GRUPPE 1 - Mikrophytobenthos

Aufgaben:

- 1)  Die Zahlen in der Tabelle sind fiktiv. Sie basieren auf den Untersuchungen und Angaben von ASMUS, ET AL., 1998 (In: GÄTJE, CH., REISE, K. (Hrsg.) (1998): Ökosystem Wattenmeer – Austausch-, Transport- und Stoffumwandlungsprozesse. Springer. Berlin) Die Prozentzahlen, die sich aus der Rechnung der Mittelwerte ergeben, treffen aber in etwa die Schätzungen der Anteile, die für das gesamte Wattenmeer gelten.



Da das Wasser im Wattenmeer sehr flach ist und die Wattflächen im Rhythmus der Gezeiten regelmäßig trocken fallen, erreicht das Licht meist den Meeresboden. Bodenlebende Primärproduzenten finden hier ideale Wachstumsbedingungen. Das Phytoplankton dagegen hat es mit den wechselnden Umweltbedingungen und den vielen Schwebstoffen im Wasser schwerer.

- 2) Abbildung 3 zeigt das vertikale Mikroprofil der Sauerstoffkonzentration und -produktion im Schlickwatt. Die Sauerstoffproduktion beschränkt sich auf die obersten 0,5 mm des Sedimentes. Innerhalb dieses Bereiches ist auch die höchste Sauerstoffkonzentration zu finden. Diese nimmt bis 2 mm Tiefe ab. Darunter ist der Boden sauerstofffrei. Die höchste Sauerstoffproduktion liegt mit $4500 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{h}$ zwischen 0,2 und 0,3 mm Tiefe. Hier ist auch das Maximum der Sauerstoffkonzentration ($600 \mu\text{mol}/\text{l}$) zu finden. Benthische Primärproduzenten sind an die ausreichende Versorgung mit Licht gebunden. Daher können sie nur an der unmittelbaren Sedimentoberfläche Photosynthese betreiben. Der produzierte Sauerstoff diffundiert nach oben in die angrenzende Atmosphäre oder das Wasser. Tiefer im Sediment überwiegen die sauerstoffzehrenden mikrobiellen Abbauprozesse. Daher nimmt die Sauerstoffkonzentration mit der Sedimenttiefe ab.
Die Abbildung 4 zeigt die Anteile an der Gesamtprimärproduktion von Mikrophytobenthos

und Phytoplankton mit zunehmender Wassertiefe. Ist der Boden bis 20 cm mit Wasser bedeckt, liegt der Produktionsanteil des Mikrophytobenthos bei 100 % und das Phytoplankton trägt nicht zur Primärproduktion bei. Mit zunehmender Wassertiefe nimmt der Produktionsanteil des Mikrophytobenthos ab, während der des Phytoplanktons zunimmt. Bei 2 m Wassertiefe trägt das Mikrophytobenthos nur mehr 30 % zur Gesamtprimärproduktion bei. Auf den regelmäßig trocken fallenden Wattflächen wird das Mikrophytobenthos mit ausreichend Licht für eine hohe Photosyntheseleistung versorgt. Je höher die Wasserbedeckung ist, desto weniger Licht erreicht den Boden. Die Bedingungen für das Mikrophytobenthos werden schlechter.

- 3) Das Wasser im Wattenmeer ist vielerorts so flach, dass genügend Licht den Boden erreicht um benthische Primärproduktion zu ermöglichen. Die Algen nehmen Kohlendioxid aus dem Sediment und Wasser auf und bilden daraus mit Hilfe der Energie des Sonnenlichts und dem Wasserstoff aus dem Wasser organische Substanzen. Dabei entsteht Sauerstoff, der heterotrophen Organismen in der Wassersäule zu Verfügung steht oder in die Atmosphäre diffundiert. Im Boden bauen Bakterien organische Substanzen ab und setzen dabei Nährstoffe wie Stickstoff, Phosphat, Silicium und Kohlendioxid frei. Ein Teil der Nährstoffe wird von dem Film bodenlebender Mikroalgen aufgenommen bevor die Nährstoffe ins freie Wasser gelangen. Der Rest gelangt in die Wassersäule und wird aus dieser vom Mikrophytobenthos wieder aufgenommen oder steht dort anderen Organismen zur Verfügung. Die Mikroalgen dienen besonders weidenden Schnecken als Nahrungsgrundlage. Bei starker Strömung und Turbulenz können die Algen aus dem Sediment in die Wassersäule gewirbelt werden (Resuspension). Dort können sie filtrierenden Tieren, wie Muscheln, als Nahrung dienen. Werden sie nicht gefressen, sinken sie wieder zu Boden (Sedimentation).

GRUPPE 2 – Phytoplankton

Aufgaben:

- 1) Die Abbildung 8 zeigt den Verlauf der Frühjahrsblüte und deren Abbau im März und April 2009. Mit zunehmender Sonneneinstrahlung und hohen Nährstoffkonzentrationen im Wasser beginnt im Frühjahr das Algenwachstum. Vor allem Diatomeen vermehren sich stark und bilden die Frühjahrsblüte. Im Jahr 2009 erreichen sie ihr Maximum in der zweiten Märzhälfte. Mit steigender Zahl von Algenzellen nimmt auch die Konzentration an organischen Nährstoffen im Wasser zu. Diese erreichen ihr Maximum aber erst nach Zusammenbruch der Algenblüte. Durch Verknappung von Nährstoffen, Zooplanktonfraß und Virusbefall, beginnen die Algen abzusterben. Damit nimmt die Konzentration an organischen Nährstoffen zu und Bakterien beginnen sich zu vermehren, da sie nun viel Nahrung haben. Auf die Algenblüte folgt eine Bakterienblüte, die ihr Maximum Mitte April erreicht. Die Bakterien sorgen durch den Abbau der Algenüberreste für die Abnahme der Konzentration von organischen Nährstoffen. Sie werden durch Viren und Protozoon dezimiert.
- 2) Frühjahrsblüten werden meist von Kieselalgen (Diatomeen) gebildet. Sie vermehren sich durch Zellteilung vegetativ. Sie sind typische r-Strategen, die unter optimalen Wachstumsbedingungen (viel Licht und Nährstoffe) exponentiell wachsen können. Sie sind mit hoher Nachkommenszahl an wechselnde Umweltbedingungen angepasst.

- 3) Die weitere Zunahme der Zelldichte in einer Algenblüte wird durch die Verknappung von anorganischen Nährstoffen im Wasser, die die Algen zum Wachsen benötigen, sowie durch Fraßdruck durch Zooplankton und den Befall der Algenzellen durch Viren gestoppt. Das Zooplankton ernährt sich von lebenden Algenzellen und dezimiert diese. Bakterien bauen später die toten Algenzellen und Algenüberreste ab.
- 4) Die Umweltkapazität begrenzt das Wachstum einer Population. Bei optimalen Raum- und Nahrungsbedingungen beschreibt das exponentielle Wachstumsmodell eine Populationsentwicklung mit konstanter Zuwachsrate. Mit dem Wachstum der Population verschlechtern sich Raum- und Nahrungsangebot und die Zuwachsrate sinkt. Die Umweltkapazität begrenzt die Populationsdichte. Bei diesem logistischen Wachstum regulieren dichteabhängige Faktoren (Nahrung, sozialer Stress, infektiöse Erreger usw.) die Populationsdichte auf den Wert der Umweltkapazität. R-Strategen, wie die Mikroalgen des Phytoplanktons können ein überschießendes exponentielles Wachstum zeigen. Dieses führt dazu, dass die Population bis zur Erschöpfung der Ressourcen wächst und dann auf ein Minimum zusammenbricht.

GRUPPE 3 – Bakterien

Aufgaben:

- 1) Der Jahresgang der Bakterien im Plankton ist abhängig vom Phytoplankton. Die höchsten Konzentrationen sind kurz nach dem Höhepunkt der Phytoplanktonblüte zu finden. Daher sind vor allem im Frühjahr und im Herbst sehr hohe Bakterienzahlen pro Milliliter im Wasser. In der Kieler Bucht konnten zum Beispiel Zahlen von etwa 3000 Bakterien pro Milliliter gemessen werden. Bakterien im Plankton ernähren sich nur von gelösten Substanzen. Polykarbophile Bakterien nehmen 50 bis 100 % der gelösten organischen Substanz (DOC) auf, vermehren sich und bilden so Biomasse. Das Phytoplankton gibt gelöste Photosyntheseprodukte ins Wasser ab. Diese dienen den Bakterien als Nahrung und erklären den auf das Phytoplankton folgenden Höhepunkt der Bakterienzahlen. Bakterien dienen im planktischen Nahrungsnetz zum einen der Remineralisation von Nährstoffen und zum anderen als Nahrungsgrundlage für heterotrophe Nanoflagellaten.
- 2) Bottom Up: Nahrung der Bakterien. Da die Bakterien sich nur von gelösten organischen Substanzen ernähren, die überwiegend aus der Abgabe von gelösten Photosyntheseprodukten des Phytoplanktons stammen, wird ihr Wachstum vom diesem kontrolliert.
Top Down: Fraßdruck durch heterotrophe Nanoflagellaten. Heterotrophe Nanoflagellaten sind im Plankton sehr zahlreich und ernähren sich effektiv von Bakterien. Sie kontrollieren so von der nächsthöheren trophischen Ebene das Bakterienvorkommen.
- 3) Siehe Sachanalyse, Kapitel 2.7.

**PER = Photosynthetic Extracellular Release (Exsudation)**

→ Abgabe gelöster Photosyntheseprodukte in das umgebende Wasser

Die Abgabe von gelösten Photosyntheseprodukten durch Phytoplankton in das umgebende Wasser ist integraler Bestandteil der Photosynthese und des Zelltods. Es kann in allen Wachstumsphasen einer Algenblüte festgestellt werden und ist damit nicht per se eine Konsequenz oder ein Symptom von Zelltod oder Umweltstress. Während der stationären Phase ist die Exsudationsrate am höchsten. In dieser Phase können die Umweltbedingungen optimal für die Photosynthese genutzt werden.

Für die Gründe bzw. Funktion der Ausscheidung von Photosyntheseprodukten gibt es bisher keine eindeutige Erklärung. Dafür aber eine Reihe von Hypothesen:

- PER wird durch Umweltbedingungen ausgelöst. Die PER-Rate ist in oligotrophen Gewässern höher als in eutrophen.
- PER dient der Regulierung des Energieaufwandes: Was ausgeschieden wird, muss nicht mehr veratmet werden.
- PER dient der Ressourcenaufteilung zwischen Bakterien und Phytoplankton. Die beiden Systeme sind eng mit einander gekoppelt. Bakterien bekommen Photosyntheseprodukte als Nahrungsgrundlage und remineralisieren gelöstes organisches Material zu gelöstem anorganischem Kohlenstoff und anorganischen Nährstoffen, die dann dem Phytoplankton für weitere Photosynthese und Wachstum zur Verfügung stehen.

Nach der Vorstellung der Ergebnisse der drei Gruppen, können die SchülerInnen ihr erworbenes Wissen über die Nahrungsbeziehungen und Stoffflüsse im Wattenmeer in einem gemeinsamen Tafelbild darstellen.

Für die Erstellung des Tafelbildes können Sie sich an den folgenden diesen drei Abbildungen orientieren:

WfF_2_2_I_Einfuehrung Primaerproduktion im Oekosystem Wattenmeer: Seite 13, Abbildung 13

WfF_2_4_S_Nahrungnetz: Abbildung 5 und 9

