

GRUPPE 1:

Mikrophytobenthos

Das Mikrophytobenthos ist die Mikroalgengemeinschaft, die den Meeresboden besiedelt. Sein Vorkommen ist auf eine ausreichende Lichtversorgung angewiesen und daher auf die flachen Wasser der Küstenzone, das Litoral, beschränkt. Es setzt sich aus einer Vielfalt einzelliger Organismen zusammen. Vertreter sind vor allem Diatomeen (Kieselalgen), aber auch Cyanobakterien und Flagellaten. Meist sind auch Bakterien und Pilze an dieser Lebensgemeinschaft beteiligt.

Bodenlebende Kieselalgen bilden bräunlich-gelbliche Überzüge auf dem Wattboden. Pro Quadratmeter können in einem solchen Kieselalgenrasen etwa 1 Millionen Zellen leben. Die charakteristische Farbe entsteht durch das Photosynthesepigment, Fucoxanthin, das Kieselalgen zusätzlich zum Chlorophyll in ihren Chloroplasten eingelagert haben. Fucoxanthin ermöglicht den Kieselalgen den grünen Teil des Lichtspektrums, den Chlorophyll ungenutzt reflektiert, für die Photosynthese zu verwenden. So sind Kieselalgen gut an die schwankenden Lichtverhältnisse im Watt angepasst.

Einige der benthischen Diatomeenarten können sich nach Planiertraubenart durch eine Schleimschicht um die Zelle fortbewegen. Abhängig von den gegebenen biotischen und abiotischen Bedingungen (Licht, Gezeiten, Austrocknung, Fraßdruck, Erosion) führen Sie Vertikalwanderungen innerhalb der obersten Sedimentschichten durch. Andere heften sich mit Hilfe von Klebepolstern an Sandkörnern fest. Sie kommen eher an Strömungsberuhigten Standorten vor.

Kieselalgenrasen sind hoch produktiv. An sonnigen Tagen wird, als Abfallprodukt der Photosynthese, Sauerstoff in so großen Mengen gebildet, dass sich Bläschen auf dem Boden bilden. Anders als das Phytoplankton ist das Wachstum des Mikrophytobenthos kaum durch die Verfügbarkeit von anorganischen Nährstoffen (Stickstoff, Phosphat, Silikat) limitiert, da das Porenwasser in den Sedimentzwischenräumen es mit hohen Konzentrationen versorgt. Kieselalgenrasen bilden die wichtigste Nahrungsgrundlage für weidende Tiere, wie Wattschnecken.

Quellen:

GÄTJE, CH., REISE, K. (Hrsg.) (1998): Ökosystem Wattenmeer - Austausch-, Transport- und Stoffumwandlungsprozesse. Springer. Berlin

HEMPEL, G., HEMPEL, I., SCHIEL, S. (Hrsg.) (2006): Faszination Meeresforschung – Ein ökologisches Lesebuch. Hausschild. Bremen

LOZAN, J. ET AL. (Hrsg.) (1994): Warnsignale aus dem Wattenmeer – Wissenschaftliche Fakten. Blackwell Wissenschaftsverlag. Berlin



Abb. 1: Kieselalgenrasen mit Luftbläschen auf dem Wattboden. Ein Teil der Algenmatte schwimmt auf. (Foto: KISTEN THIEMANN)

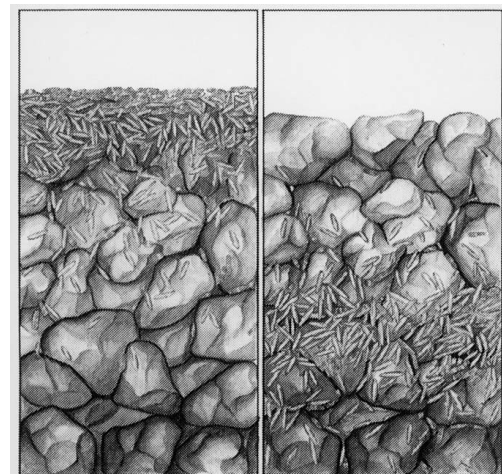


Abb. 2: Vertikalwanderung benthischer Diatomeen
Links: Ebbe, rechts: Flut (Cadee, 1984)

Aufgaben:

1) Stellen Sie die Anteile von Mikrophytobenthos, Makrophytobenthos und Phytoplankton an der Gesamtprimärproduktion im Wattenmeer in einem Kreisdiagramm oder Säulendiagramm graphisch dar. Erklären Sie den hohen Anteil der Primärproduktion des Mikrophytobenthos an der Gesamtproduktion im Wattenmeer.

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
Phytoplankton	240	121	400	160
Mikrophytobenthos	175	329	200	139
Makrophytobenthos	25	30	58	9

Tab. 1: Primärproduktion von Phytoplankton, Mikrophytobenthos und Makrophytobenthos in g C / m² /a, gemessen an 4 verschiedenen Stationen im Wattenmeer in den Jahren 1992 und 1994

2) Beschreiben Sie die in den Diagrammen dargestellten Sachverhalte. Begründen Sie.

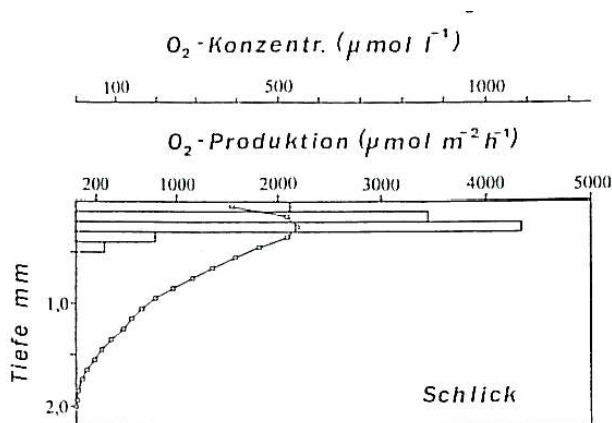


Abb. 3: Vertikales Mikroprofil der Sauerstoffkonzentration (offene Kreise) und der Sauerstoffproduktion (Balken) im Schlickwatt (aus: Lozan, 1994)

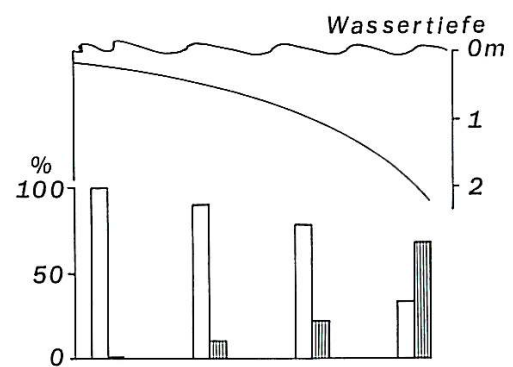
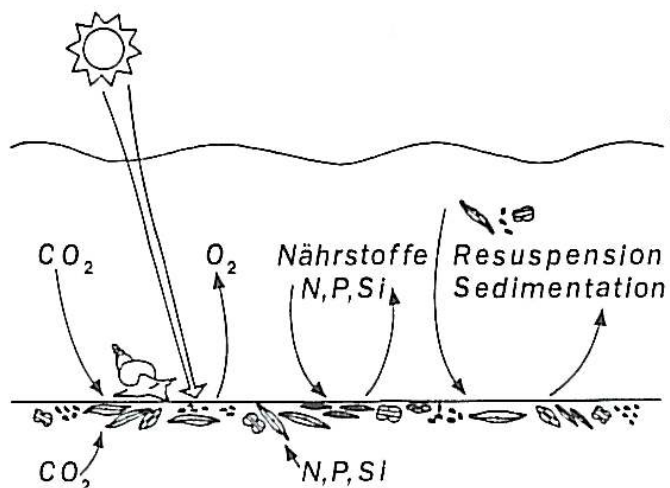


Abb. 4: Anteil der Produktion von Mikrophytobenthos (weiße Säulen) und Phytoplankton (graue Säulen) an der Gesamtprimärproduktion (aus: Lozan, 1994)

3) Erläutern Sie an Hand von Abbildung 5 die ökologische Rolle des Mikrophytobenthos im Wattenmeer.

Abb. 5: Rolle des Mikrophytobenthos im Wattenmeer (N = Stickstoff, P = Phosphor, Si = Silicium), (aus: Lozan, 1994)



GRUPPE 2:

Phytoplankton

Diatomeen (Kieselalgen) kommen weltweit vor, sowohl im Süßwasser als auch in marinen Ökosystemen; im freien Wasser schwebend und am Boden lebend. Sie haben einen erstaunlichen Formenreichtum entwickelt. Allein im Wattenmeer sind bisher mehr als 600 Arten bekannt. Ihr Charakteristikum sind die verkieselten Zellwände, die zum Schutz der Zelle einen zweiteiligen Panzer bilden. Diese Schalen sind aus Silikat schachtelartig gebaut. Wie Käseschachteln oder Petrischalen haben sie einen Deckel, der über ein Bodenteil greift. Kieselalgen vermehren sich überwiegend vegetativ durch Zweiteilung. Bei guten Lebensbedingungen können sie sich einmal am Tag teilen. Dabei findet eine kontinuierliche Verringerung der mittleren Zellgröße der Population statt. Denn beide Tochterzellen erben eine Schalenhälfte der Mutterzelle. Die andere wird nachgebildet. Dabei wird die Zelle, die den kleinere Schalenboden geerbt hat gezwungenermaßen kleiner als die Mutterzelle. Ist die minimale Zellgröße erreicht, bilden viele Individuen einer Population synchron durch Meiose haploide Sexualzellen. Nach der Befruchtung im freien Wasser entstehen dann Auxosporen, ein Wachstumsstadium vor der Bildung der Silikatschale. Aus jeder Auxospore wird eine Kieselalgenzelle mit der maximale Zellgröße. Der Zyklus kann von vorn beginnen.

Quellen:

HEMPEL, G., HEMPEL, I., SCHIEL, S. (Hrsg.) (2006):

Faszination Meeresforschung – Ein

ökologisches Lesebuch. Hausschild. Bremen

KOCK, K. (1998): Das Watt – Lebensraum auf den zweiten Blick. 7. Auflage. Verlagsdruckerei Boyen & Co. Heide

Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie

(2012): Algenblüten in der Nordsee.

[http://www.mpi-](http://www.mpi-bremen.de/Algenblueten_in_der_Nordsee.html)

[bremen.de/Algenblueten_in_der_Nordsee.html](http://www.mpi-bremen.de/Algenblueten_in_der_Nordsee.html)

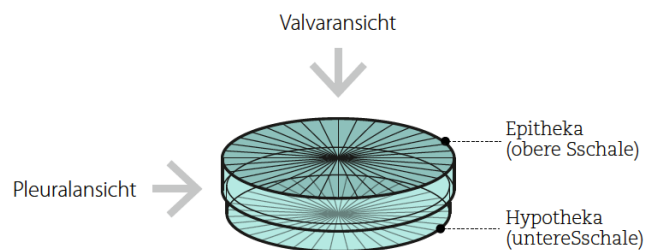


Abb.6: Aufbau einer Kieselalgenzelle

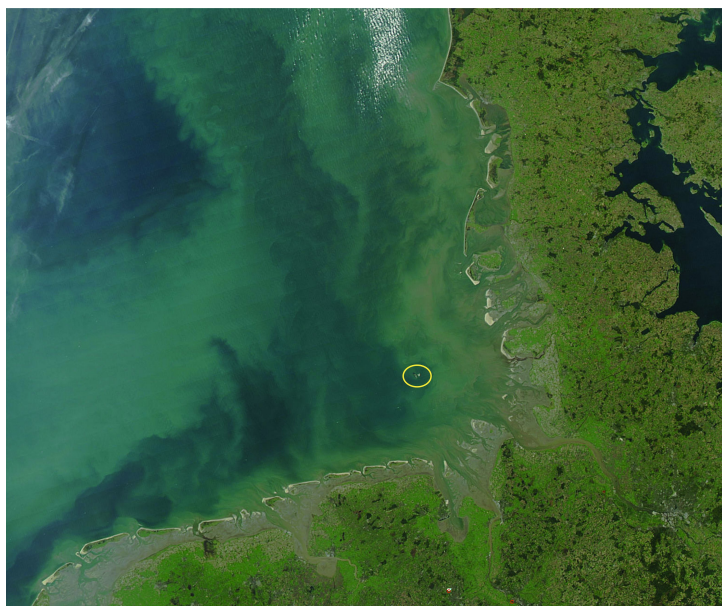
Algenblüte: Massenentfaltung von einzelligen Algen im Plankton. Dabei kann eine Trübung oder Verfärbung des Wassers oder Schaumbildung auftreten.

Abb. 7: Frühjahrsblüte in der deutschen Bucht.

Satellitenaufnahme aus dem Jahr 2011. Der gelbe Kreis markiert die Insel Helgoland.

([https://www.mpi-](https://www.mpi-bremen.de/Algenblueten_in_der_Nordsee.html)

[bremen.de/Algenblueten_in_der_Nordsee.html](https://www.mpi-bremen.de/Algenblueten_in_der_Nordsee.html))



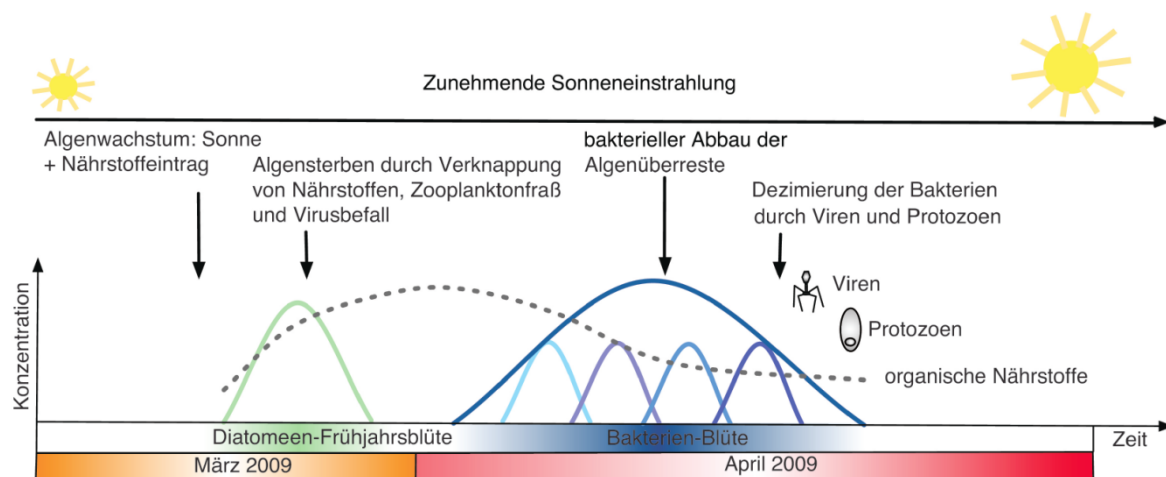


Abb. 8: Schema zum Verlauf der Algen-Bakterien-Interaktion im Frühjahr 2009
(https://www.mpi-bremen.de/Algenblueten_in_der_Nordsee.html)

Anmerkung: Die vier kleinen blauen Kurven symbolisieren das Auftreten verschiedener Bakterienarten im Verlauf des Abbaus der Algenblüte. Jede Art ist auf den Abbau eines bestimmten Biomoleküls spezialisiert. Die verschiedenen Arten lösen sich in ihrem Auftreten innerhalb der Bakterienblüte ab, wenn ihr jeweiliger Nährstoff aufgebraucht ist.

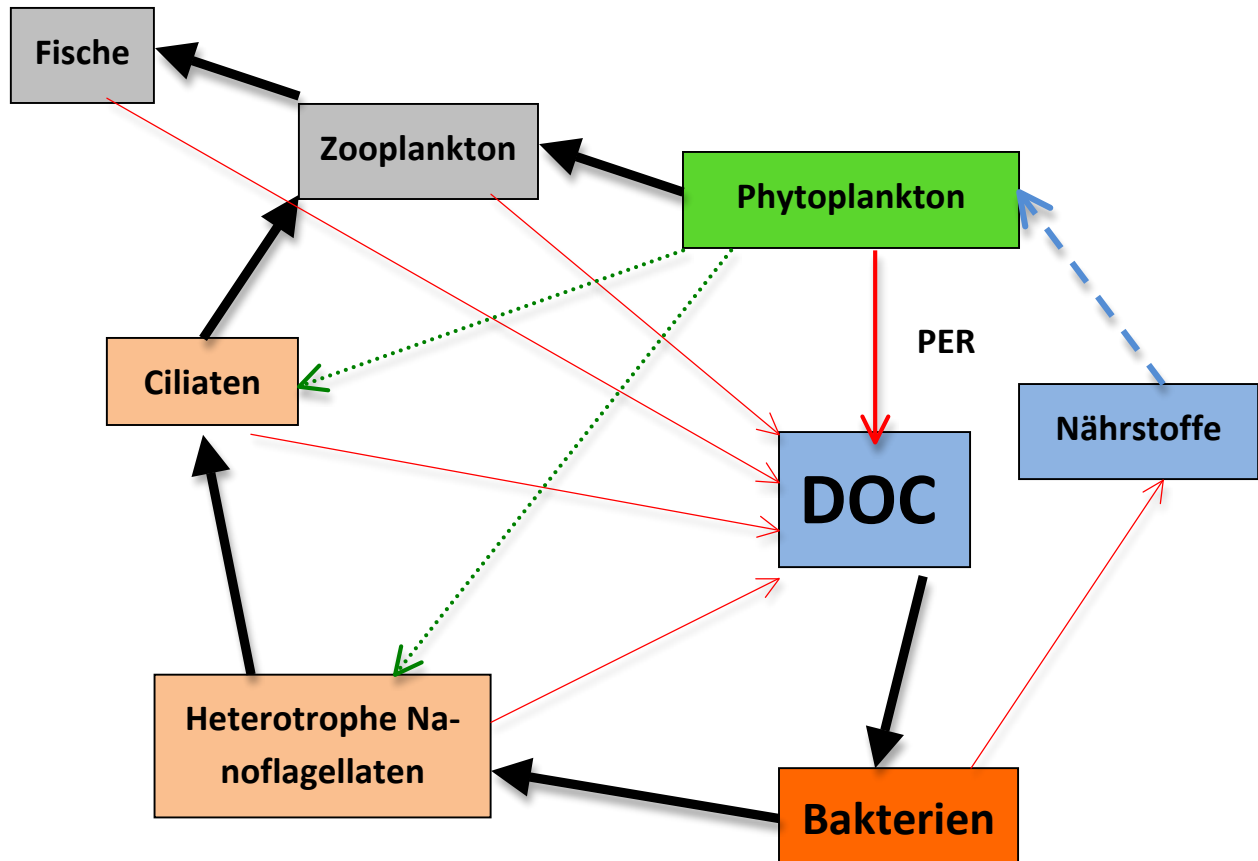
Aufgaben:

- 1) Beschreiben Sie an Hand dieser Grafik den Verlauf einer typischen Frühjahrsblüte und deren Abbau in der Nordsee und dem Wattenmeer.
- 2) Erklären Sie welche Algen an einer Frühjahrsblüte beteiligt sind, wie sie sich vermehren und welche Wachstumsstrategie sie verfolgen.
- 3) Erläutern Sie welche biotischen und abiotischen Faktoren dafür sorgen, dass Algenblüten wieder verschwinden.
- 4) Nennen Sie die Faktoren, die das Wachstum der Frühjahrsblüte begrenzen. Diskutieren Sie den Begriff Umweltkapazität in Bezug auf Algenblüten. Sie können dazu auch Ihr Lehrbuch oder das Internet zu Rate ziehen.

GRUPPE 3:

Bakterien

Microbial Loop: Die Rolle der Bakterien im planktischen Nahrungsnetz

**Abb. 9:** Darstellung der mikrobiellen Schleife (microbial loop) im planktischen Nahrungsnetz

DOC = dissolved organic carbon (gelöste organische Substanz)

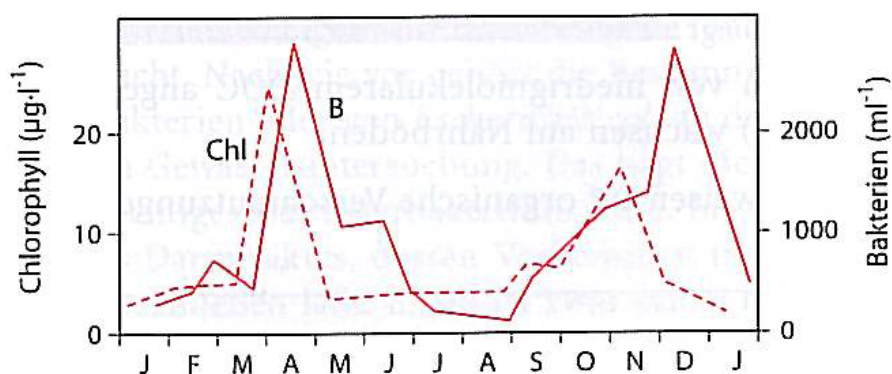
PER = photosynthetic extracellular release (Abgabe gelöster Photosyntheseprodukte)

Pfeil schwarz, dick: Prädation

Pfeil rot, dünn: Exkretion und Remineralisation

Pfeil grün, gepunktet: Grazing

Pfeil: blau, gestrichelt: Aufnahme

**Abb. 10:** Jahresgang des Phytoplanktons (gemessen als Chlorophyll) und der Abundanz polycarbophiler Bakterien in der Kieler Bucht (Sommer, 1994)

Bakterien sind zu klein, um im Lichtmikroskop erkennbar zu sein. Daher blieben sie in der Meeresbiologie lange weitgehend unerforscht. Erst durch die Einführung der Epifluoreszenzmikroskopie Mitte der 1970er Jahre kam es zu überraschenden Erkenntnissen, die die bis dahin angenommene Rolle der Bakterien als reine Destruenten am Rande des Nahrungsnetzes in Frage stellten.

Schlüsselerkenntnisse, die zum Konzept des „microbial loop“ führten:

1. Bakterienabundanzen:

- Bakterien-Direktzählungen ergaben, dass die Abundanzen (Zellzahlen pro Fläche/Volumen) von Bakterien höher und konstanter sind als bisher angenommen: statt ca. 10^3 bis 10^4 nun 10^6 Zellen pro Milliliter

2. Nahrung der Bakterien:

- Bakterien-Abundanzen sind mit Chlorophyll-Konzentrationen korreliert
- Phytoplankton gibt einen großen Teil seiner Photosynthese-Produktion in gelöster Form ab (photosynthetic cellular release, PCR)
- Planktische polycarboophile Bakterien ernähren sich nur von gelöster organischer Substanz (dissolved organic carbon, DOC). Sie nehmen 50 - 100% der gelösten DOC auf und bauen sie in Biomasse ein (= Umwandlung von DOC in POC (= particulate organic carbon, partikuläre organische Substanz))

3. Schicksal der Bakterien-Biomasse:

- Heterotrophe Nanoflagellaten (kleinste Zooplankter) sind sehr zahlreich und können sich effektiv von Bakterien ernähren.
- Die Abundanzen der heterotrophen Nanoflagellaten sind mit den Bakterien-Abundanzen korreliert.

Quellen:

HEMPEL, G., HEMPEL, I., SCHIEL, S. (Hrsg.) (2006): Faszination Meeresforschung – Ein ökologisches Lesebuch. Hausschild. Bremen
SOMMER, U. (2005): Biologische Meereskunde. 2. Auflage. Springer. Berlin

Aufgaben:

- 1) Beschreiben und erklären Sie wann die höchsten Bakterienzahlen im Plankton zu finden sind. Erläutern Sie die beiden Funktionen, die Bakterien im planktischen Nahrungsnetz übernehmen.
- 2) Das Wachstum von Organismen wird im Nahrungsnetz durch zwei Faktoren kontrolliert:
 - a) physikalisch-chemische Bedingungen (Bottom Up) und
 - b) Fraßdruck (Top Down).Benennen und erklären Sie diese beiden Faktoren in Bezug auf Bakterien und markieren Sie die entsprechenden Pfeile in Abbildung 9.
- 3) Formulieren Sie das Konzept des Microbial Loop. Erörtern Sie seine Bedeutung für das Pelagial.