

Biogene Sedimentation, marin

Kap. 5: Primärproduzenten, Primärproduktion, Phytoplankton, Zweischnittreaktion der Photosynthese & Biomineralisation

1) Welche zwei Gruppen von Primärproduzenten sind für das marine Chlorophyllvorkommen wichtig?

1. Cyanobakterien (früher Blaualgen genannt und zu den Algen gezählt, weil es Einzeller sind und sie gängige Pflanzenphotosynthese (Photohydrothrophie) betreiben. Dabei hatte man ignoriert, dass diese Cyanobakterien eine prokaryotische Zellorganisation haben, während die Algen eukaryotischen Charakters sind)
2. Einige Gruppen einzelliger Algen, die man zum Mikroplankton zählt

2) Wie kann man Phytoplankton klassifizieren?

A) Nach der Größe (ohne Rücksicht auf die Gruppen und ohne Rücksicht auf den Metabolismus (Stoffwechsel))

→ Das kleinste, was man als lebende Zellen im Ozean findet ist das **Femtoplankton** (bestehend aus Viren) mit einer Größe von unter 0,2 µm

→ Pico(phyto)plankton 0,2 - 2,0 µm, darunter zählen auch schon diverse Bakterien (sehr kleine Cyanobakterien oder Eubakterien oder Archaea). In dieser Größenklasse haben wir also sowohl Produzenten (Cyanobakterien) als auch Destruenten, welche die photoorganische Substanz wieder abbauen werden

→ Nan(n)o(phyto)plankton: 2 - 20 µm. Dazu zählen größere Cyanobakterien oder sehr kleine Planktonalgen (Planktonalgen kleiner als 20 µm). Ferner die **HNFs heterotrophe Nanoflagellaten: Sie waren vor 1980 ziemlich unbekannt ebenso wie die Menge, die es von ihnen in den Ozeanen gibt. Das Problem ist, dass die**

Planktonnetze zu groß waren für diese HNFs. Näherungsweise sagte man, dass Prokaryoten i.d.R. bis 10 µm groß, Eukaryoten größer als 10 µm. Mittlerweile weiß man jedoch, dass es deutlich größere Prokaryoten gibt. Bessere Zuordnungen sind somit nur möglich, wenn man den fossilen Zellkern überliefert findet.

→ Mikro(phyto)plankton: Wurde früher abgefischt: 20 bis 200 µm (also bis 0,2 mm). Da findet man die Hauptmasse der photosynthetischen Algen, darunter auch die sog. **BIG THREE**, welche die Kieselfraktion in den Ozeanen dominieren.

→ Meso(phyto)plankton 200 bis 2000 µm (0,2 mm bis 2 mm).

→ Makro(phyto)plankton 2mm bis 2 cm

→ Mega(phyto)plankton: über 2 cm -> nur einzelne Arten ragen in diesen Größenbereich rein.

B) Nach Metabolismus: (heterotroph oder autotroph)

3) In welcher der genannten Klassen findet die Hauptproduktion von Biomasse statt?

→ 92-97% werden vom Piko- und Nanoplankton produziert! Das Gro in der Produktion findet durch planktonische Cyanobakterien statt und sehr kleinen, photosynthesefähigen, eukaryotischen Algen.

→ Piko- und Nanoplankton hat geologisch gesehen keine Spuren hinterlassen

→ Mikroplankton macht nur 8 bis 3 % aus, obwohl es massenhafte Sedimente davon gibt

4) Wie kann man die Chlorophyllkonzentrationen in den Ozeanen bestimmen?

→ es hat 1952 eine Publikation von Steeman Nielsen gegeben, in der die Methode dafür beschrieben wurde

→ praktisch sehr komplex, theoretisch eher einfach

→ man nimmt auf 100 Meter Wassertiefe 10 repräsentative Proben (z.B. durch Flaschen)

→ an Bord werden die Proben mit einer vorgegebenen Menge C14 versetzt und nachfolgend wieder im Meer versenkt.

→ Inkubationszeit soll dazu dienen, dass das Plankton weiter C14 fixiert, ua. auch das C14 in einem entsprechenden Verhältnis (C12, C13).

→ Erneut werden die Proben an Bord gezogen und über das Delta C14 C12 C13 hat man einen Wert für die Produktion der Zelle in einer entsprechenden Wassertiefe

→ Auch über Luftbilder kann man qualitative Chlorophyllichten bestimmen. Hat den Vorteil, dass man zu jedem Zeitpunkt Live-Aufnahmen von der Meeresoberfläche an jedem Ort bekommt. Zeitnah kann man so z.B.

Algenblütezeiten nachweisen. Nachteil: Nur Information direkt von der Oberfläche, Information über ALLE Arten, die Chlorophyll besitzen (Totalanalyse): keine Einzelartenbestimmung

5) Auf was lässt sich aus der Chlorophyllkonzentration schließen?

- NPP: Nettoprimärproduktion

6) Nicht das Licht, sondern XXX sind limitierender Faktor bei der Nettoprimärproduktion!

- die Nährstoffe

→ so sind z.B. die Bereiche der Gyren stark lichtdurchflutet, es kommt aber kaum zur Primärproduktion!

→ z.B. Bereiche der Nordseeküste sind sehr trüb, dennoch hohe Primärproduktion

7) Was ist Bioproduktion?

Menge von produziertem Biomaterial / Zeit und Fläche

8) Was ist der Unterschied zwischen A Produktivität und B Gesamtproduktion?

A: Menge an fixiertem Kohlenstoff im Gramm / m² und Jahr

B: Gesamtkohlenstoff in Tonnen Kohlenstoff pro Jahr

9) Warum ist die Produktivität z.B. in Gyren oder ozeanischen Provinzen mit max. 60 bis 100 gC / m² / Jahr sehr gering im Vergleich zu Ästuaren (bis max. 1000) oder Riffen (bis max. 5000)?

→ Nährstoffe müssen über Transportwege erst in die genannten Regionen mit der geringen Produktivität gelangen und werden nicht vor Ort recycelt. Dann hängt es auch stark von der Durchmischung ab, ob eine hohe Produktivität stattfinden kann oder nicht. Die neritische Provinz (meist gut durchleuchtete Flachwasserzone bis etwa 200 Meter Tiefe)

erreicht Werte um max. 300. Vor allem durch grundberührende Schelfwellen, können Nährstoffe aus dem Ozeanboden in die Wassersäule gelangen. Ebenso liegen neritische Provinzen oft in der Nähe von Festländern, aus dem Nährstoffe eingetragen werden – entweder durch Flüsse oder äolische Wolken (oft auch mit Stickstoff). In den klassischen Auftriebsgebieten, werden Werte bis zu 500 erreicht.

→ Die Produktion ist besonders von der Fläche abhängig, in der die P. stattfindet. Trotz hoher Produktivität der Auftriebsgebiete, ist die Produktion hier mit $0,14 \cdot 10^9 \text{ tC} / \text{Jahr}$ sehr gering. Auftriebsgebiete machen z.B. deutlich weniger Fläche aus, als die ozeanische Provinz.

10) Was interessiert den Geologen vor allem an der biologischen Sedimentation?

Die Sedimente

11) Von was ist die Primärproduktion auch noch abhängig? Beispiele?

A Jahresgang

→ Tropisches Gebiet:

- kaum ein signifikanter jahreszeitlicher Rhythmus, weil über das ganze Jahr hinweg Licht und Temperatur nahezu konstant sind

→ Subpolare Meere

- markanter Peak in den Sommermonaten (Juni /Juli). Grund: Sonneneinstrahlung. Nach dem kurzen Sommer bricht der Peak zusammen, ferner: Nahrungskette, die vom Sommerboom abhängig ist, z.B. das heterotrophe Zooplankton. Der Fressdruck sorgt für den steilen Abstieg vom Peak.

→ Gemäßigte Breiten

- Deutliche Blüte des Phytoplanktons im Frühjahr, im Herbst schwächer. Das liegt daran, dann die reichlich vorhandenen Nährstoffe früh im Jahr rasch verbraucht werden. Der erste Peak im Frühsommer wird dominiert von Diatomeen, der zweite, schwache Peak im Herbst von Dinoflagellaten. Rasch übersteigt das Phytoplankton das Nährstoffangebot, es kommt zum Kollaps des Wachstums im frühen Sommer. Auch sorgt eine Pyknokline im Sommer für eine deutliche Reduzierung des Nährstoffangebotes. Fällt die Kurve des Phytoplanktons unter die der Nährstoffe ab, kommt es im späten Sommer zu einem schwachen Anstieg des Phytoplanktons, bis im Herbst ein zweiter, schwächerer, Peak erreicht wird. Dann jedoch lässt das Lichtangebot nach, das Phytoplankton stirbt ab während die Nährstoffe, auch durch die Arbeit der Destruenten, rasch wieder auf ein hohes Niveau steigen können – die nächste Frühjahrsblüte ist gesichert.

B Tagesgang

→ Um die Mittagszeit ist die höchste Produktivität vorhanden – allerdings nicht direkt an der Meeresoberfläche, sondern in einigen Zehnermetern (da zu hohe Lichtaktivitäten die Photosynthese hemmt) je nach Trübung des Wassers.

→ In Laborversuchen mit Dauerbeleuchtung fand man heraus, dass in den Morgenstunden die höchste Bioproduktivität stattfindet – um die Mittagszeit weniger – dafür aber am späten Nachmittag wieder (zumindest bei den meisten untersuchten Taxa).

C Breitenkreise

Einstrahlung, Temperaturen, Meeresströmungen, Tagesgang

12) Wie kann man es erklären, dass der Peak des heterotrophen Zooplanktons im nördlichen Pazifik VOR dem Peak des Phytoplanktons stattfindet?

Zooplanktongruppe, die sog. Copepoden, (kleine „Planktonkrebse“, von denen man fossil sogar die Eihüllen finden kann), verbringen den Winter in größeren Wasserschichten. Sobald es im Frühjahr warm wird, legen sie ihre Eier ab. Aus dem Ei entwickelt sich eine Naupliuslarve mit anschließenden, diversen Häutungsstadien. Diese Naupliuslarve ist hungrig und entwickelt sich in unvorstellbaren Mengen mit entsprechendem Fressdruck, so dass der Peak des eigentlichen Phytoplanktons durch die Larven verdrängt wird.

13) Was ist – neben den bereits gezeigten Verteilungsmustern - unter einer mechanischen Anreicherung von Phytoplankton zu verstehen?

Bsp. 1: Auflandige Winde und Grenzschichten

Plankton im Süßwasser wird vor einer Küste durch auflandige Winde gegen die Grenzschicht zw. Süß- und Salzwasser gedrückt, so dass es zu lokal hohen Konzentrationen kommt – teilweise wird das P. auch unter die Grenzschicht gedrückt.

Bsp. 2: Downwelling in Küstennähe

Durch Downwelling in Küstennähe und durch den Ekman-Transport kommt es zur Anreicherung in der Nähe des Meeresbodens, so dass sich das P. u.U. auch am Meeresboden ablagern kann. Geologen verbinden biologische Sedimente oft mit Upwellingzonen, aber das 2. Bsp. zeigt, dass auch genau das Gegenteil eintreffen kann, was die Interpretation des wirkenden Prozesses erschwert!

Bsp. 3: Wasserwalzen

Parallele Wasserwalzen sorgen für eine Anreicherung

14) Gibt es versteinerte Cyanobakterien?

- Nein, man kann sie zumindest nicht nachweisen

15) Bei welcher Art kommt kann es zur ausgeprägten Frühjahrs- und Winterblüte kommen?

Diatomeen

→ vor allem bei feingeschichteten Sedimenten (z.B. Warven), bedient man sich des Diatomeens als sehr guter

Zeitmarker / Indiz für eine Ablagerung im Jahresrhythmus.

16) Wie lange sind Cyanobakterien nachweislich aktiv?

C. spielen als Gruppe des Piko- und Nanoplanktons bei der Primärproduktion eine große Rolle. Sie sind seit mind. 3 Milliarden Jahren aktiv

17) Was sind die wesentlichen Reaktionsschritte der Photosynthese?

Die Zellmembran definiert das System des z.B. Cyanobakteriums oder einer Alge gegenüber der Umwelt. In diese Zelle gelangen Importe aus der Umgebung (Umwelt) – ebenso finden Exporte aus der Zelle in die Umwelt statt. Man kann eine einzelne Zelle, oder eine gesamte Population von Zellen betrachten.

Photosynthese ist eine Zweischrittreaktion:

1. Reaktion: Lichtreaktion

- ist der eigentliche Reaktionsprozess, bei dem es zum Import von **Sonnenenergie** in die Zelle gibt. Ebenso gelang **Wasser** in die Zelle als Import hinein. Der photochemische Prozess der Lichtreaktion, wandelt die Energie des Lichtes in chemische Energie um, welche dann von der Zelle für weitere Reaktionen gebraucht wird. Die Energie des Lichtes kann somit nicht direkt verwendet werden. Sie muss zuerst umgewandelt werden. Als Ergebnis der Lichtreaktion, gibt es die **Abgabe von Sauerstoff** in die Umgebung. Die erste Stufe der Energieumwandlung wird z.B. dafür gebraucht, um das z. B: ATP und andere „Batteriestoffe“ der Zelle für die Energiespeicherung zu laden. Von diesen Molekülbatterien, wird die Energie für weitere Produktionsschritte abgezogen.

Ebenso wird anorganischer Phosphor und Stickstoff in den Schritt der Lichtreaktion inkorporiert. Unmittelbar um die Zelle herum (Mikroenvironment), ändern sich in der Folge die physikalisch – chemischen Gleichgewichte. Die Lichtreaktion findet nur bei Tag statt. Diese Veränderung hat Auswirkungen auf z.B. das Redoxpotential unmittelbar um die Zelle (weil O₂ abgegeben wird). Kommt es bei einer großen Population zur Lichtreaktion, wird das ch./ph. Environment in der gesamten Wassersäule z. Teil drastisch verändert. Bei großen Populationen wird bei der LR entsprechend viel P und N abgereichert, O₂ hingegen angereichert – Dynamischer Prozess – Exporte und Importe variieren.

2. Reaktion: Dunkelreaktion

- Lichtunabhängiger Prozess, bei der Kohlenstoff durch Aufnahme (Import) von CO₂ aus der Umgebung an der Pentose (**Molekül**) fixiert wird (**Kohlenstofffixierung**). Durch die Fixierung entsteht **aus der Pentose eine Hexose** – ein erstes Biopolymeer (Zucker). Dieser Entzug von CO₂ hat einen Einfluss auf das **gesamte Karbonatsystem** mit geologischen Konsequenzen. Die **Abgaben** aus der Zelle sind dabei **Wasser** und **anorganische Phosphor**.

3. Ergebnis:

Das Ergebnis aus der Licht- und Dunkelreaktion ist eine **Bruttoproduktion** an entsprechender Hexose im System.

→ Die gesamten Prozesse in einer primärproduzierenden Zelle sind nur mit Licht- und Dunkelreaktion aber noch nicht vollständig geklärt. Die Energiegewinnung und C-Fixierung reicht nicht aus, um alle Biopolymere, die für ein Leben notwendig sind, zu erzeugen. Deswegen gibt noch andere Prozesse:

Atmung (unabhängig von der Photosynthese!)

→ Beim Plankton geht ca. 10 bis 20 % der Bruttoproduktion durch die Atmung bereits wieder verloren. Der Rest bleibt tatsächlich als NPP (Nettoprimärpr.) über.

→ Atmung bedeutet Import und Oxidation: Dafür müssen Sauerstoff und essentielle Elemente in das System importiert werden (eigentliche Biosynthese, in der andere Moleküle verwendet werden)

1. Schritt: Oxidation der Bruttoproduktion

→ Führt zur Energiegewinnung. Energie wird zum eigentlichen Aufbau der neuen Biopolymere aus essentiellen Elementen + C aus der Hexose (eigentliche Primärproduktion) und für andere Reaktionen die Energie benötigen, genutzt, wie z.B. Bewegung, Körpertemperatur, Nervensystem etc. Abgegeben wird dabei CO₂ und Wasser

18) Bei der Photosynthese und Atmung gibt es Importe und Exporte. Was wird A nur importiert und B importiert und exportiert?

A: Stickstoff und essentielle Elemente

→ essentielle Elemente gelangen erst zurück ins System Umwelt, wenn Zellen durch Destruenten zerstört, oder von heterotrophen Organismen (Konsument) gefressen und verdaut werden.

B: Wasser, Phosphor, CO₂, O₂ (P gebraucht in der Lichtreaktion, in der Dunkelreaktion wieder freigegeben / CO₂ bei der Dunkelreaktion gebraucht, bei der Atmung wieder freigegeben / O₂ bei der Lichtreaktion abgegeben, bei der Atmung wieder aufgenommen)

18) Bruttoproduktion – Atmung = ?

Nettoproduktion

19) was muss man zwangsläufig bei der Photosynthese und der Atmung kalkulieren?

Eine Bilanz zw. Stoffauf- und Abnahme

→ Bei der Primärproduktion kommt es zu einer **Nettoprimärproduktion**. D.h. dass O₂ wird als Überschuss in die Umgebung abgegeben wird, CO₂ wird aus der Umgebung entfernt. Das hat für die Umgebung einer Nettoprimärproduktion Konsequenzen.

20) Wo liegt das Problem in dunklen Bereichen im Bezug auf die Atmung?

Dunkel = Negative Nettoprimärproduktion, d.h. es wird mehr veratmet, als produziert wird. Daher kommt es zur Abreicherung von O₂, was wiederum einen negativen Effekt auf die Atmung selbst hat...

21) Wofür ist die Abgabe von Sauerstoff wichtig?

O₂-Gehalt bestimmt das Redoxpotential – also ob Stoffe auf anorganischem Wege oxidiert oder eher reduziert werden.

So ist z.B. Eisenpyrit ein Marker für prähistorische Sauerstoffwerte (hier reduzierende Bedingungen).

22) Warum ist in einigen Arealen des Ozeans das Max. der Sauerstoffmenge in geringer Tiefe (bei ca. 50 Meter Tiefe) und nicht an der Oberfläche zu finden?

- Durch Nettoprimärproduktion hier verstärkt O₂-Abgabe in die Umgebung. Unterhalb der photischen Zone sinkt der O₂ Gehalt stark ab. Hier überwiegt die Atmung, wenn Zellen unter die photische Zone gelangen. Ebenso hat die O₂-Konzentration Konsequenzen für Arten mit unterschiedlichem Metabolismus. Es gibt auch Metabolismus-typen, die ohne Sauerstoff funktionieren. Ebenso bewegen sich photoautotrophe Organismen nicht direkt an der Meeresoberfläche, weil hier die Sonnenstrahlung zu stark ist.

23) Wozu führt ein verstärkter Eintrag von CO₂ in die Meere?

pH-Wert sinkt – Ozeane versauern

→ Bis jetzt konnten die Ozeane sehr viel CO₂ / aufnehmen, ca. 2 GT Kohlenstoff / Jahr. Kommt es zu einer Erd- bzw. Ozeanerwärmung, wird sich die Aufnahmefähigkeit der Ozeane verringern (**Revelle-Faktor**). Insgesamt hat man das System mit allen Rückkopplungsprozessen aber noch nicht verstanden...

Im Moment ist es so, dass das Karbonatsystem ein sehr gut gepuffertes System ist. Nur man kennt die Grenzen nicht genau, wo ein Umkippen passieren könnte – und das ist gefährlich. Bei den gepufferten System kommt irgendwann schlagartig ein Kippunkt und nicht allmählich.

24) Warum ist es kompliziert, Peak Oil zu berechnen?

Es kommt natürlich auch darauf an, wie sich das Verhalten der Menschheit im Bezug auf die Energiewende verhalten wird: Bei der Frage, wann **Peak-Oil** erreicht ist, also der Moment, wo mehr Öl konsumiert wird, als überhaupt noch gefördert wird bzw. man an neuen Lagerstätten findet, sagt alte Literatur, dass dieser Zeitpunkt Ende der 30er Jahre erreicht wäre. Darin war allerdings nicht der 2. Weltkrieg eingerechnet, so dass Peak Oil noch früher erreicht worden wären müsste. Bei der Berechnung gibt es auch technische Aspekte zu berücksichtigen. Die Technik für die Förderung von Öl hat sich zudem verbessert, so dass ständig neue Quellen erschlossen werden konnten. Ebenso wurden ständig neue Quelle gefunden. Alles das hat einen Einfluss auf die Berechnung von Peak Oil. Insgesamt ist es also sehr kompliziert.

24) Wozu führt eine Erhöhung des pH-Wertes?

- mehr Karbonationen, weniger Co₂

25) Wozu führt eine Erhöhung des Salzgehaltes im Ozean?

Erhöhung des Salzgehaltes, z.B. durch verstärkte Evaporation: das Karbonation wird häufiger, weniger Co₂

→ Salzgehalt bei geologischen Rekonstruktionen sehr wichtig, aber auch sehr schwer zu rekonstruieren: häufig geben salztolerierende oder nicht salztolerierende Taxa Möglichkeiten für die Rekonstruktion

26) Über welche Prozesse wird der Co₂ Gehalt (im Wasser gelöst) und das biogene Karbonat im Ozean bestimmt?

A physikalische Prozesse:

1. Co₂ Partialdruck über den Gasaustausch mit der Atmosphäre

- im flachen Wasser, wo der hydrostatische Druck gering ist, kann physikalisch wenig Co₂ gelöst werden: Co₂ aq (aquatisch) hat einen geringen Druck. In großer Tiefe ist der hydrostatische Druck größer, es kann mehr Co₂ gelöst werden. Wassertiefe ist also ein Regulator für den Co₂ Partialdruck.

2. Co₂ Partialdruck über die Temperatur

Co₂-Partialdruck im Wasser ist temperaturabhängig: Bei kalten Temperaturen ist Co₂ gut im Wasser löslich.

B biologische Prozesse:

In sehr variablen Ausmaßen: Es kommt darauf an, welche Organismen vorliegen und ob diese Photosynthese betreiben oder nicht

→ physikalische und biologische Prozesse, die untereinander auch noch variabel auftreten können (tiefes Wasser, hohe Temperatur mit oder ohne photosynthesebetreibenden Organismen und vice versa oder gemischt), haben somit einen großen Effekt auf das gesamte Karbonatsystem der Ozeane!

27) Was bedeutet der in Frage 26 (B biologisch) angesprochene Effekt geologisch betrachtet?

- Gesamtphysiologische Effekt aller Organsimen einer Population ist sehr wichtig: Einzelne Individuen sind unbedeutend. So ist der Sauerstoffgehalt unserer Atmosphäre ein Ergebnis aus sauerstoffproduzierenden Populationen in den Ozeanen, die wiederum aus Milliarden von Individuen bestehen. Somit ist auch die Co₂ Konzentration in den Ozeanen stark abhängig vom **kollektiven, gesamtphysiologischen Effekt!**