

Biogene Sedimentation, marin

Kap. 4 Prozesse der Nährstoffverteilung im Ozean

1) Kaltes, nährstoffreiches Tiefenwasser ist vom Oberflächenwasser...?

Durch eine deutlich entwickelte Grenzschicht vom Tiefenwasser abgegrenzt. Oberflächenwasser ist nur wenige 10er Meter bis mehrere 100 Meter mächtig.

2) Nennen Sie ein Beispiel, wo ein Quellgebiet von Nährstoffen = Produktionsgebiet von Biomasse ist!

Podelta in Norditalien, Amazonasdelta, Kongo, Golf von Mexiko

→ oft tragen Flüsse durch Überdüngung des Festlandes (intensive Landwirtschaft) Nährstoffe in die Meere ein

→ Auch Upwelling trägt zur Biomassenproduktion bei

3) Was sind Nährstoffwüsten?

Regionen in den Weltmeeren, in denen es kaum Nährstoffe gibt

4) Nennen Sie Beispiele für Regionen, in denen es nicht durch Flüsse zum Nährstoffeintrag kommt, bzw. wo es Hochproduktionsgebiete gibt ohne primären Nährstoffeintrag vom Festland!

- generell die Äquatorregionen (äquatorparallele Bänder) / östlicher Atlantik, westlich von Afrika

→ Produktionsgebiete sind hier fern ab von den Importstellen, Prozesse mit extremem Ferntransport müssen wirken

5) Nennen Sie Prozessstypen, welche Nährstoffe im Meer befördern bzw. verteilen können.

→ Durchmischungsprozesse (wirken oft kleinräumig)

- Lokal durch windbewegte Wellen

- die obersten 200 Meter Wassertiefe werden in den Schelfgebieten durch Wellenbewegung rel. gut durchmischt

- Sturmereignisse (Hurrikans oder Taifune) erzeugen sog. **Grundwellen**, die selbst in 300 Metern noch Grundberührung haben

- Tidenhube im marinen Küstensaum fördern die Durchmischung (mehrere 10er Meter in Labrador, woanders deutlich weniger, auch abhängig von der Topographie)

→ Mischung und Transport

- durch ozeanische Strömungen

- 2 wesentliche Antriebsprozesse

I) Antrieb über die atmosphärische Zirkulation (siehe Klimageographie)

dadurch angetrieben u.a. der:

- Humboldtstrom (HS) vor der Südküste Amerikas u. Perustrom (PUS) Verlängerung des Humboldtstromes

- Südlicher u. nördlicher Äquatorialstrom (SÄS u. NÄS)

- passiv durch die a.Z.: Äquatorialer Gegenstrom (ÄGS -> Counter Current)

II) Thermohaliner Transport

- sorgt für eine globale Umwälzung der Stoffe (ozeanisches Förderband)

III) Antrieb über die Erdrotation, schwacher aber bedeutender Effekt über die Corioliskraft

6) Was sind 1. Gyren? 2. Welcher Transport resultiert daraus?

1. Rotierende Meeresströmungen: z.B. subtropische oder subpolare Gyren

2. Ekman-Transport mit Up- und Downwellingzonen

3. Z. B. direkt am Äquator Upwelling

7) In welche Richtung fließt das Oberflächenwasser direkt am Äquator?

Nach Osten (ÄGS – Äquatorialer Gegenstrom)

8) Beschreiben Sie das Upwelling am Äquator!

Durch das Aufeinandertreffen der Passate in der Äquatorregion, werden Wassermassen in Richtung Äquator geschoben. Dort prallen sie (nicht wirklich, aber fast) aufeinander, und werden entsprechend der Corioliskraft zur Ablenkung (NHK nach rechts, SHK nach links) gezwungen. Diese C-Kraft erzwingt die Ablenkung der oberflächennahen, wenige 10er bis mehrere 100 Meter mächtigen Schicht aus warmem, leichtem und nährstoffarmem Oberflächenwasser in eine Querströmung vom Äquator weg. Darunter kann, durch eine Dichteschicht getrennt, eine mehrere Kilometer mächtige kalte nährstoffreiche, dichte Tiefenwasserschicht zum Aufstieg gezwungen werden (Prinzip der Massenerhaltung). Zwischen dem **NÄS** und dem **SÄS** kommt es dann zum Upwelling -> und bildet den **ÄGS** (Äquatorialer Gegenstrom), was die Bioproduktion deutlich anregt. Das Tiefenwasser kommt aus Bereichen von einer tiefergelegenen Strömung, die parallel zum ÄGS auch von West nach Ost strömt: **ÄUS** (Äquatoriale Unterstrom - Tiefe des Unterstroms zw. 20 und 300 Meter Tiefe). Der Kernbereich des Unterstroms liegt zw. 40 und 100 Metern. In der Kernzone werden Geschwindigkeiten von 5 bis 6 km/h erreicht. Der ÄUS beeinflusst die Geschwindigkeit des Upwellings. Der Strom ist im Mittel 50 km breit. Beim Downwelling werden Nährstoffe entzogen bzw. bis unter die **photische Zone** transportiert. Auf der anderen Seite ist der Prozess für die biogene Sedimentation positiv zu bewerten.

9) Beschreiben Sie das Upwelling an den Küsten (z.B. Humboldtstrom)!

Ein Südwind wird durch die C-Kraft nach links in eine Querwindausrichtung abgelenkt. Auch der ablandige Wind aus den Anden kann die Querwindströmung auf den Pazifik verstärken (ist aber nicht der primäre Grund). Durch den Ekmantransport strömt nährstoffreiches Tiefenwasser (aus 1000 Metern Tiefe) nach. Dieses Tiefenwasser ist zu großen Teilen Bestandteil des Humboldtstromes. Dieser Humboldtstrom kann somit die Bioproduktion anregen. Danach findet in dieser Zelle ein **internes Recycling** statt: Hohe Bioproduktion = Hohe Destruententätigkeit. Somit bleiben

Nährstoffe im System. Durch ständigen Nachschub kommt es hier nicht zu Engpässen der Nährstoffproduktion, selbst nicht, wenn einige Nährstoffe aus dem System entfallen und sich am Ozeanboden wieder ablagern. Wenn der Wind aber aus nördlicher Richtung wehen würde, käme es zum Downwelling, siehe oben: Schlecht für Bioproduktion aber gut für eine verstärkte Sedimentation! **Auf der NHK gilt alles entsprechend andersrum!**

10) Beschreiben Sie die wirkenden Mechanismen der Thermohalinen Zirkulation und die Bedeutung auf den globalen Nährstofftransport der Meere!

→ Im Gegensatz zu den Transportprozessen, die durch Winde erklärt werden, wirkt die T.Z. global und sorgt auch für Wasserbewegung in großen Tiefen der Meere

→ Motor sind Dichteunterschiede im Wasser: Kaltes Wasser ist dichter als warmes Wasser und durch die Salzkonzentration: Salzwasser ist dichter und schwerer als Süßwasser. Es entstehen also Druckgradienten. **Die globale Zirkulation** wird durch 2 Prozesse aufrecht gehalten:

1. Dadurch, dass kaltes, dichtes Oberflächenwasser absinkt (wesentlich in den subpolaren Regionen: Golfstrommotor)

2. Dadurch, dass Meerwasser als Süßwassereis friert, was zu einer erhöhten Salzkonzentration im noch flüssigen Meerwasser führt und somit gravitativ beginnt abzusinken (Antarktis AABW).

→ Diese Gradienten und die schweren Wassermassen verteilen sich in einer Art „geregelter Abfluss“. Entweder durch ein gravitatives Abfließen entlang der Untergrundtopographie oder durch Konvektion im Ozean

→ Es entstehen Strömungen in verschiedenen Tiefen (Zwischenschicht zwischen Tiefen- und Oberflächenwasser, größte Volumen des Wasserkörpers ist das Tiefenwasser; zudem gibt es noch eine Bodenwasserschicht. Es gibt also **4 Stockwerke der Wasserschichtung**). Im Detail sind die Wasserströmungen aber sehr komplex.

→ Es kommt zu einem weltumspannenden Nährstofftransport!

→ Vor allem in **Nebenmeeren in ariden Zonen**, kann es durch **Verdunstung** zu einem extrem **hohen Salzgehalt** kommen. Das hat zur Folge, dass sich gewaltige Konzentrationsgradienten zwischen Oberfläche (primäre Salzanreicherung) und Boden aufbauen, so dass die Salzlake auf den Boden sinkt und sich dort ansammelt. Ist die Topographie günstig, kann diese Salzlake auch in große Ozeane ausfließen (**haline Nebenmeerzirkulation**). Auch dieser Motor kann die thermohaline Zirkulation antreiben.

11) Nennen Sie Beispiel, wo eine Oberflächenströmung zu einer Tiefenwasserströmung wird!

Golfstrom (Nordatlantikstrom)

12) Was hat Einfluss auf die Bioproduktion in einem, vom Ozean besonders abgeschlossenen, Meeresbecken?

Wasserschichtung in Oberflächenwasser und schweres Tiefenwasser in Meeresbecken, in dem es kaum eine Verbindung zum Weltozean gibt (**Schwarzes Meer**). Hier können 2 Prozesse die biologische Produktion bestimmen:

- Ausbleiben von Nährstoffzufuhr vom Festland: Bioproduktion verringert sich und kommt zum Erliegen
- Aufbau und Abbau des biologischen Materials nur in der oberen Wasserschicht

13) Was hat eine Wasserschichtung trotz ozeanischem Förderband zwangsläufig zur Folge und wie nennt man das?

Grenzschichten / Pyknokline. Pyknoklinen verhindern den Austausch von Wassermassen.

14) Wo kommt es wann zur Ausbildung von Pyknoklinen?

Vor allem in **höheren Breiten**, bildet sich **keine** Pyknokline aus. Für die **mittleren Breiten** gilt, dass sich unterhalb von etwa 300 Metern eine permanente Pyknokline ausbildet, die in den Sommermonaten durch die stärkere Erwärmung der oberflächennahen Wasserschichten, stärker ausgeprägt ist, als in den Wintermonaten (**saisonal**). Geht man in die Tropen z.B. des nördl. Pazifiks, gibt es auch eine **permanente** Pyknokline, im Sommer sowie im Winter in ca. 300 Meter Tiefe. Die Pyknokline trennt generell warme Wassermassen von kalten Tiefenwasserschichten. (Bodenwasser der Weltozeane ca. durchgängig +4°C)

Somit kommt es in den mittleren Breiten vor allem im Sommer, in den Tropen durchgängig, zu einer stark gehemmten Nährstoffzufuhr aus dem Tiefenwasser durch saisonale, bzw. permanente Pyknoklinen.

15) Welche Dimensionen können Temperaturgradienten in den Meeren erreichen?

Entlang bzw. im Umfeld von Pyknoklinen: In manchen Ozeanarealen können bis zu 18 Grad Temperaturunterschiede auf nur 500 Metern erreicht werden!

16) Wie viel % der Sonnenenergie wird verwendet, um die atmosphärische Zirkulation in Bewegung zu bringen?

Nur 0,2 % der gesamten eingestrahelten Energie

17) Was sind Gyren? Nennen Sie 2 Beispiele! Was wäre ein anderes Strömungsmuster?

Zirkuläre Meeresströmungen, einige 1000 km Größe

→ Subpolare und Subtropische Gyren

→ Breitenkreisparallele Strömungen (NÄS, SÄS, ÄGS)

18) Die lebende Phytomasse in den Weltmeeren ist gegenüber den Kontinenten sehr gering. Warum?

Gegenüber den Kontinenten, ist die lebende Phytomasse in Tonnen Kohlenstoff in den Weltmeeren mit $3,9 \cdot 10^9$ hoch 9 sehr gering. (Vgl. Kontinente: $1837 \cdot 10^9$ hoch 9)! Das liegt daran, dass bei Phytoplanktonvergesellschaftungen die Chlorophylldichte nur 0,03 – 0,3 Gramm Chlorophyll / m² beträgt und somit nur **0,1 % des eingestrahelten Lichtes** verwertet werden kann. Auf dem Festland liegt die Chlorophyllidichte bei 2- 3,5 Gramm Chlorophyll / m². Mit diesen deutlich höheren Werten, kann der Wald bis zu **2 % des Lichtes** verwerten.

-> Auf der anderen Seite, könnte diese Diskrepanz noch stärker sein, wenn das Phytoplankton so viel Veratmungsverluste hätte, wie die Wälder auf dem Festland (hier **80%** z.B. in tropischen Wäldern vor allem durch hohe

Temperaturen), beim **Phytoplankton sind es nur 10-20 % Atmungsverluste** (Respirationsverluste). Daher müsste das Phytoplankton also deutlich mehr Phytomasse produzieren können als das Festland. Durch die geringe Lichtausbeute jedoch, ist das nicht der Fall.

Ferner ist die die **Turn-Over Rate** (rasche Zellteilung aufgrund seiner mikroskopischen Kleinheit) in den Weltmeeren einige 100 Mal größer als an Festland. Dadurch liegt in den Meeren ein wesentlich größerer Bestandteil des organischen Kohlenstoffes als **Abfall** vor, nur ein geringer Anteil ist tatsächlich lebende Biomasse. Für die Biosedimentation spielt eben nicht nur die lebende Biomasse eine Rolle (welche die Umwelt verändern kann) sondern auch die tote Substanz mit gigantischen Mengen.

19) Warum ist die Oberflächenchlorophyllverteilung in mg Chlorophyll / m³ Wasser in den Ozeanen so heterogen?

→ besprochene Standortfaktoren sind nicht gleichmäßig verteilt: Verschiedene Quellen, verschiedene Transportmechanismen, welche die Nährstoffkonzentration verdünnen oder konzentrieren können