

Biogene Sedimentation, marin

Kap. 3 Limitierende Faktoren, Nährstoffe und Nährstoffquellen in den Weltmeeren

1) Was sind 1 essentielle Elemente, 2 Makronutrienten 3 Mikronutrienten 4 Spurenelemente?

1: Fehlt eines dieser Stoffe, stoppt alles

2: Nährstoffe, die in größerer Menge vorliegend sein müssen:

- Wasserstoff
- Kohlenstoff
- Schwefel
- Phosphor
- Sauerstoff
- Silizium
- MG
- K
- Ca

3: Nährstoffe, die in geringerer Konzentration vorhanden sein müssen

- Eisen

4: Elemente, die in Spuren vorkommen müssen

2) Wie sind Nährstoffe im Meer verteilt?

sehr heterogen

3) Wo sind Nährstoffe 1 häufig und wo 2 weniger häufig im Meer?

1: Schelfgebiete, vor Flussmündungen (vor allem bei Flüssen, die durch anthropogen genutztes Gebiet fließen)

Upwelling Gebiete (Küstenupwelling, Divergenzupwelling)

2: Nährstoffwüsten bzw. weniger häufiger Nährstoffe: im Rest der Meere

4) Wie baut Phytoplankton die Elemente Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor ein? Was ist das Redfield-Verhältnis?

1. Kohlenstoff 106

2. Stickstoff 16

3. Phosphor 1

→ Redfield – Verhältnis kennzeichnet die Anteile der atomaren Zusammensetzung vom maritimen Phytoplankton

→ Wenn das Redfield – Verhältnis gestört ist, weist das auf Produktionslimitierenden Faktoren hin

5) Wie kommen die Nährstoffvariationen um einen Mittelwert im Meerwasser zu Stande?

- ozeanographisch physikalische Gründe

- biologische Gründe: Biologie hat Einfluss auf die Verteilung der essentiellen Elemente im Ozean

→ Populationsdynamik: Nicht nur eine Zelle braucht essentielle Elemente um zu wachsen, sondern auch die Gesamtpopulation

→ nach dem Winter fängt eine erste Zelle (z. B. Diatomeen) an, die reichlich vorhandenen Nährstoffe zu nutzen, wächst und teilt sich sehr rasch → exponentieller Zellanstieg reichert aber die Nährstoffe in der Wassersäule ab → es kommt zum Limit eines Stoffes → gesamte Population hat ein Wachstumsproblem

6) Wo treten Konzentrationsschwankungen vor allem 1: saisonal und 2 vertikal auf?

1: In der photischen Zone bis 200 Meter Wassertiefe

2: Überall, sind aber nicht saisonal, dauern länger als saisonale Schwankungen

7) Welche Konzentrationen bleiben überwiegend 1 gleich, welche schwanken 2. stark? Was ist in dem Zusammenhang eine „Biologische Pumpe“

1: Natrium, Chlorid, Kalium, Calcium – ein Mittelwert gilt für nahezu den ganzen Ozean

2: Alle biologisch essentielle Elemente: z. B. Eisen als Mikronährstoff: Nahe der Oberfläche sehr geringe Konzentration, mit der Wassertiefe steigt die Konzentration. Eisen wird vom Phytoplankton eingebaut, was im Oberflächenwasser zur enormen Abreicherung durch photoautotrophe Lebewesen führt.

→ Es gibt 3 Gründe, warum das Fe in der unteren Wassersäule wieder angereichert wird:

1. Unterhalb der photischen Zone, können photoautotrophe Organismen nicht mehr existieren.

2. Tiefere Wasserschichten werden aus der oberen Wasserschicht gedüngt (z. B. durch Eisen), wenn das Phytoplankton in die heterotrophe Nahrungskette gelangt. Der Kot, der ausgeschieden wird, fällt in der Meeressäule runter.

Lösungsprozesse setzen das oben eingebaute Eisen wieder frei.

3. Ferner kann tote organische Substanz der Primärproduzenten als mariner Schnee abfallen. Dann stürzen sich Bakterien auf diese Biopolymere und degradieren sie (Destruenten – Remineralisierer).

→ Substanz, die nicht in der Wassersäule komplett zersetzt wird, kann sich am Meeresboden ansammeln und auch hier durch Remineralisierung freigesetzt werden. Somit wird ein Element von der Meeresoberfläche an den Meeresboden verfrachtet werden. Diesen Prozess nennt man biologische Pumpe.

8) Neben dem Bodenwasser kann welches Wasser auch noch mit Elementen angereichert werden?

Das Porenwasser des Sedimentes aus abgestorbener biologischer Masse. Auch hier findet zunächst noch Degradation und Abgabe von Elementen in das Porenwasser des Sedimentes statt. Durch Diagenese werden die Elemente in letzter Konsequenz in das Sedimentgestein eingebaut.

9) Warum ist es schwer, Paläoproduktivität zu Rekonstruieren?

Streitfrage: Ist die organische Anreicherung im Sediment Ergebnis hohen Nährstoffgehaltes an der Oberfläche und in der Folge hoher biologischer Produktivität in der photischen Zone, oder sind es Erhaltungsbedingungen am Boden (z. B. anoxisches Milieu), während oben wenig produziert wurde. Vor wenigen Jahren hat man induzierte Bariumsulfatausscheidung im Mikroenvironment der abgestorbenen Substanz als Produktivitätsanzeiger entdeckt.

10) Wie werden Nährstoffe noch in die Wassersäule eingetragen?

Durch die Kopplung Ozean – Atmosphäre -> Befindet sich im Gleichgewicht. Das, was in der Wassersäule an Gasen gelöst ist, steht nahezu in einem Gleichgewicht mit der Atmosphäre (nur das Oberflächenwasser!)
Innerhalb der Wassersäule ist die Verteilung der gelösten Gase auf eine eher langsame Scheindiffusion zurückzuführen. Sie ist so langsam, dass tiefere Bereiche nicht mehr im Gleichgewicht mit der Atmosphäre stehen (zumindest nicht bei allen Gasen).

→ Atmosphäre wird mit Aerosolen angereichert (vor allem in Küsten - Vergiftungen bei Algenblüte möglich)

→ Phytoplankton kann über ihren Stoffwechsel Schwefelverbindungen produzieren, deren Abbauprodukte in die Atmosphäre aufsteigen und dort Schwefelsäure bilden. In Aerosolen wird dann z. B. Eisen wieder gelöst, was durch Regen wieder in den Ozean eingetragen werden kann.

11) Wie viel Kohlenstoff ist im Karbonatsystem Meer im Vergleich zur Atmosphäre, in der es als CO_2 vorkommt, vorhanden?

das 50-fache

12) Wie viel Kohlenstoff ist im Karbonatsystem Meer im Vergleich zur Landoberfläche, z. B. Landvegetation + Bodenkohlenstoff, Bodenlebewesen, Huminsubstanzen, vorhanden?

das 20-fache

13) Wo gibt es als den meisten Kohlenstoff? Meer, Festland oder Atmosphäre?

Meer

14) Bei der Photosynthese wird Kohlenstoff XXX. Das gilt für Landvegetation und Photosynthese im Meer.

aus dem CO_2 aufgenommen und fixiert

→ damit es zur P. kommen kann, muss also auch CO_2 (gasförmig gelöste Konzentration) im Meerwasser unterhalb der Photischen Zone, vorkommen

15) Wie sieht es mit der CO_2 Konzentration in der photischen Zone aus? Kann es zu Limitierungen kommen?

Nein, es kommt nicht zur Limitierung, es liegt in physikalisch gelöster Form vor

16) Nennen sie für das Oberflächenwasser die Durchschnittskonzentration für das physikalisch gelöste CO_2 !

90 mg CO_2 / Liter – steht im Gleichgewicht mit der Atmosphäre

→ Wasserbewegungen (Schein- bzw. Eddydiffusion) sorgen für die langsame Verteilung von CO_2 in die größeren Tiefen

17) Wann kann CO_2 dennoch ins Limit geraten?

→ In ariden Gebieten in Tidentümpeln -> hohe Temperatur sorgt für schlechte Lösung des CO_2 und verstärkt die Abfuhr in die Atmosphäre

→ Bestimmte Lebewesen in diesen Zonen besitzen aber ein Enzym Carboanhydrase, mit dem Sie CO_2 aus Hydrogenkarbonat gewinnen können

18) Was beschreibt das Karbonatsystem?

- Ch. Gleichgewicht zw. Kohlensäure in ihren Dissoziationsprodukten

- Wenn man CO_2 in Wasser löst, reagiert es mit dem Wasser zur Kohlensäure. Kohlensäure dissoziiert in 2 Dissoziationsstufen: Hydrogenkarbonat und Karbonat

19) Wie hoch ist der Gesamtkarbonatgehalt im gesamten Meer?

1,9 bis 2,2 mMol / kg Meerwasser

→ CO_2 - Karbonat: Faktor 20

→ CO_2 - Hydrogenkarbonat: Faktor 1

20) Kann Sauerstoff im Meer ins Minimum geraten?

Ja. Normale eukaryotische Zellen, zu denen fast alle Primärproduzenten gehören, brauchen Sauerstoff, obwohl sie es bei der P. auch abgeben. Sauerstoff kann ins Minimum geraten.

21) Wie ist die Verteilung des Sauerstoffs im Meer?

Sehr differenziert durch vor allem biologische Prozesse, aber auch ch. und physikalische Prozesse (wie beim CO_2)

22) Wie ist der Sauerstoff in gemäßigten bis polaren Meeresregionen verteilt? Wo gibt es große Unterschiede?

Rel. Gleichmäßige Verteilung in der Tiefe

- Richtung Äquator, bzw. im tiefen Becken des Schwarzen Meeres, gibt es große Unterschiede, die einzig auf biologische Aktivität zurückzuführen sind!

- in der obersten Wasserschicht kommt Sauerstoff in gelöster Form vor und steht in Interaktion mit der Atmosphäre

- in der Tiefe Phytoplankton, die P. betreiben und Sauerstoff als Abfall in die Wassersäule abgeben

- in den oberen 10 - 50 Metern Wassertiefe steigt der O-Gehalt an, so dass man über alle Meere gepilt in ca. 50 Metern Wassertiefe ein Sauerstoffmaximum durch Photosynthese erreicht (ca. 5 mMol)

- er ist deswegen in der Tiefe größer, weil es bei den Algen mehr Schwachlichtformen als Starklichtformen gibt, die die

oberen Meter Wassersäule meiden und somit ein O-Produktionsoptimum erst in einer „geschützten“ Lichttiefe erreichen

- unterhalb 50 Meter Tiefe wird schnell ein O-Minimum erreicht.
- begründen kann man das damit, dass unterhalb der 50 Meter – Grenze die Heterotrophen als Sekundärproduzenten und auch als Destruenten lauern. Bei der Heterotrophie wird O verbraucht und aus der Wassersäule entfernt
- in Richtung Meeresboden steigt die O-Konzentration wieder an, was an der ozeanischen Zirkulation liegt, die O-reiches Wasser in die Tiefe bringt
- im schwarzen Meer gibt es kaum Zirkulation, dafür aber eine Wasserschichtung. Flüsse transportieren Nährstoffe, die in der photischen Zone verbraucht werden. Durch Abbau der starken Primärproduktion, sinkt der O-Gehalt bereits ab 200 Metern auf 0 bis zum Boden des schwarzen Meeres -> Anoxisches Milieu. In dieser Zone betreiben Archaeen Chemoautotrophie.

23) Wozu wird Stickstoff als essentielles Element gebraucht?

(Stickstoff gegenüber Kohlenstoff muss über den Faktor 10 angereichert werden, damit er für die Bildung organischer Substanz zur Verfügung steht)

- Synthese von Aminosäuren und Nucleinsäuren
- wird gebraucht in Form von Nitrat NO_3^- , als Nitrit NO_2^- , oder als Ammonium-Ion NH_4^+
- bei der Nutzung wird das Ammonium-Ion bevorzugt
- wenn das nicht zur Verfügung steht, sondern nur z. B. Nitrat, dann muss die Alge ein Enzym aktivieren, was das Nitrat reduziert, so dass Stickstoff in der entsprechenden Form vorliegt.
- Problem: Stickstoff kann von Algen oder Landpflanzen nicht gut genutzt werden, obwohl es weit verbreitet vorliegt
- elementaren Stickstoff fixieren können nur Bakterien (also Destruenten) und Cyanobakterien (Prokaryoten Zellen ohne Zellkern).
- Stickstoff muss somit als Nitrat, Nitrit oder als Ammoniumion vorliegen, damit aus ihnen der Stickstoff fixiert werden kann

24) Nennen Sie zahlen zu N-Gehalten im aquatischen Milieu!

- generell deutlich niedriger als an Land
- Nitrat: 0,01 – 50 mMol / l
- Nitrit: 0,01 – 5 mMol / l
- Ammoniumion: 0,1 – 5 mMol / l

25) Was kann sonst noch als N verwendet werden?

Harnstoff, Aminosäuren, die durch Biodegradation freigesetzt werden

26) Kann N ein limitierender Faktor werden?

Ja – wird sogar als entscheidendes limitierendes Element angesehen

27) Wie hoch sind Phosphorkonzentrationen?

- in der Regel als Phosphat gemessen
- 2,5 mMol / l im oz. Tiefenwasser ziemlich gleichmäßig verbreitet
- im Oberflächenwasser ist der Gehalt höchst variabel
- durch anthropogen gedüngte Flüsse, Bächen -> in Küsten oder Schelfgebieten ist Phosphor selten im Mangel
- in abgeschlossenen Bereichen durch Wasserschichtung (Schw. Meer) durch ständiges Nachfließen im Überfluss
- offene Ozeanflächen: Phosphor jedoch abgereichert

28) Wie wird Phosphor aufgenommen?

Nicht als Element sondern als Orthophosphat PO_4^{3-}

- steht Orthophosphat nicht an, können durch Enzyme auch wieder andere Phosphorverbindungen verwendet werden
- Phosphor kann auch als Skelettmineral Verwendung finden (Apatit)
- Phosphat kann in Lagerstätten zur Ablagerung kommen -> ökonomische Bedeutung

29) Wo ist SiO_2 Silizium oft verbreitet?

- Tiere: Schwämme, die Sklerite aus SiO_2 bilden (neben Horn und Calciumkarbonat)
- Einzellern: Weit verbreitet als Baumineral bei den Photoautotrophen: Kieselalge (Diatomeen)
- Heterotrophen: Radiolarien (Strahlentiere)
- Alles Opalskelette – erst während der Diagenese durch Entwässerung Überführung in mikrokristallinen Quarz

30) Kommt das SiO_2 in den Ozeanen ins Limit?

Ja, weil es intensiv für die Skelettbildung verwendet wird

31) Wie liegt die globale Durchschnittskonzentration des SiO_2 , die jährlich über die Flüsse in die Meere transportiert wird?

140 mMol / l Flusswasser

- die gleiche Menge von SiO_2 wird simultan im Ozean sedimentiert
- zwischen Import vom Festland und Export am Meeresboden besteht ein Gleichgewicht
- In der Wassersäule existiert $240 \cdot 10^{12}$ Mol Kieselsäure überwiegend im Form von Kieselskeletten
- Es muss ein gigantisches Recycling im Ozean geben
- Das meiste Meerwasser ist aber sehr arm an SiO_4 Ionen
- Der Großteil muss in den Kieselskeletten stecken
- Nach dem Input wird es direkt in die Skelette eingebaut

- Nach dem Tod und dem Absinken findet eine Lösung statt (Meerwasser ist untersättigt an gelösten SiO_4 Ionen) und somit kommt es zu einem Import in die Wassersäule, von dem neue Diatomeenzellen profitieren können
- Großer Kreislauf in den oberen 100 bis 200 Metern
- Nur das, was über die Flüsse eingetragen wird, wird am Meeresboden sedimentiert
- Es kann nicht zur Überdüngung kommen
- Diatomeenschalen werden am Meeresboden abgelagert

32) Was ist ein ganz wichtiges essentielles Element im Ozean?

Eisen, wird schnell zum limitierenden Faktor durch entsprechende Populationsdynamik

33) Was versteht man unter High Nutrient – Low Chlorophyll Gebieten? Wo findet man diese?

- z. B. im Nordpazifik: Trotz hoher N und P- Gehalte, in großen Arealen kein Planktonwachstum. Hier fehlt Eisen als limitierender Faktor, so dass es zu keinem Wachstum und keiner Photosynthese kommen kann.
- Ferner findet man diese noch in der Antarktischen Divergenz, Äquatoriale Pazifik, Subarktischer Pazifik

34) Wie kommen die meiste Eisenverbindungen (Karbonate,..) in den Ozean?

Äolisch vom Festland über das Meer verblasen, aber nur aus trockenen Festlandsarealen (z. B. Saharagürtel)

35) Wie wird das Eisen vom Phytoplankton aufgenommen?

- in gelöster Form
- reicht aber nicht, um hohe Phytoplanktondichte zu erklären
- ein Teil des Planktons (Mixotrophe Organismen) nehmen Fe auch in partikulärer Form (Eisenminerale) auf und können sie in der Zellsubstanz aufschließen und verwenden

36) Was dient für das heterotrophe Plankton zur Nahrung?

Kompassbakterien (bipolar begeißelt (mit Flagellen))

37) Einzeller überführen XX % Fe durch Aufnahme eisenhaltiger Kompassbakterien in ihren Stoffwechsel.

bis zu 30

38) Wann benötigen photoautotrophe Einzeller vorgefertigte Nahrungspartikel?

Wenn sie selbst nicht in der Lage sind, diese Substanzen zu synthetisieren. Das findet man häufiger, als man es denkt. Vielfach sind es die Vitamine, die nicht synthetisiert werden können. Durch das Auffressen anderer Einzeller können sie an die Vitamine kommen. Neben den Vitaminen sind es auch noch die Chelate (komplexe Verbindungen).

39) Für welchen Stoff gilt die 100%tige Autotrophie?

nur für Kohlenstoff!

- Sonst gibt es immer mehr Ausnahmen (z. B. Vitamine) die selbst von autotrophen Organismen aufgenommen werden müssen. **Somit ist der Begriff der Autotrophie nicht mehr universell verwendbar oder man muss ihn nur auf die Kohlenstofffixierung beschränken.**

40) Wie kann man Wachstum definieren?

Über die Zellteilung

41) Wer kommt im Bezug zur Wachstumsrate gut mit niedrigen Ammonium und Stickstoffmengen aus?

- Coccolithophoride und Diatomeen
- Flagellaten weniger gut

42) Die Differenz, die sich zwischen der Nährstoffaufnahme und dem tatsächlichen Wachstum gebraucht wird, wird...?

Gespeichert für solche Fälle, wenn die Nährstoffverfügbarkeit z. Bsp. im Jahresverlauf variiert.

- > Einzellige Algen (typisches Phytoplankton): Kurve der Nährstoffaufnahme ist größer als Kurve des Wachstums, jedoch nur geringe Speicherkapazitäten = schlecht
- > Submerse Wasserpflanzen: Speichervorteil im Wurzelgeflecht -> Knollen -> ähnlich der Kartoffel an Land
- > mehrzellige große Algen (Tange / Tangen): Speicherorgane (Blattorgane, Stämme) -> Speichervorteil, während der produktiven Phase können viele Reserven angelegt werden -> mehrzellige Algen haben somit einen Reservenvorteil gegenüber einzelligen Algen. Während im Frühjahr z. Bsp. die Algenblüte einsetzt (erreicht Populationsmaximum und stirbt dann ab), haben die Tange aufgrund ihrer Konstruktion und ihrer Reserven einen Konkurrenzvorteil.

→ → Auch wenn alle Nährstoffe zur Verfügung stehen, ist das Wachstum irgendwann begrenzt: Sättigungsverhalten nicht nur bei Licht, sondern auch bei Nährstoffen vorhanden.

43) Warum sind Nährstoffe im Weltozean unterschiedlich verteilt?

- ozeanische Pumpe
- saisonale Schwankungen
- ozeanographische, chemische, physikalische Gründe
- komplett anderes Verhalten im Meer als an Land, wo es nur einen sehr kurzen Recyclingkreislauf gibt. Im Meer liegen meist mehrere 100 bis 1000 km zwischen Nährstoffquelle und Produktionsort (Meeresströmungen usw.).

44) Wie kann die Düngung des Systems Meer vollzogen werden?

1. Import aus anderen Systemen

1.1 Exogene System des Festlandes:

I Fluviale Lösungsfracht: verwitternde Gesteine -> Verwitterungsprodukte gelangen ins Meer, z.Bsp. Nährsalze. Wichtigster Prozess ist die fluviale Lösungsfracht (Ionen, Moleküle in gelöster Form) werden ins Meer zugeleitet. Im Mittel 120 mg/l gelöste Stoffe werden über diesen Prozess den Meeren als natürliche anorganische Lösungsfracht zugeführt. Die organische Lösungsfracht ist hingegen wichtig für Sedimentation und Anreicherung organischer Substanz: DOM: **Dissolved organic matter**. POM: **Particulate organic matter**. Auch anorganische Lösungsfracht sind anorganische Elemente gebunden, was die Nutzung der Elemente für Organismen erschwert.

Die POM-Menge schwankt sehr stark, so dass man keinen Mittelwert an DOM, der in die Meere gelangt, angeben kann. Die Spannweiten liegen bei 3 bis 60 % der gesamten Lösungsfracht (organisch und anorganisch) als DOM. Der Mensch beeinflusst vor allem durch Überdüngung mit Phosphor und Stickstoff den Stoffeintrag in aquatische Milieus.

Beim Eintrag von Lösungsfracht in die Meere muss man bedenken, dass in den seltensten Fällen eine Durchmischung stattfindet, so dass sich die Nährstoffe zunächst nur im Deltabereich aufhalten. Zudem kommt es zur Überschichtung des leichten Süßwassers über schwererem salzhaltigem Meereswasser, so dass eine Dichtesprungschicht (**Pyknokline**) in 1 bis 10 Metern Tiefe – je nach Wassermenge die eingetragen wird – entsteht. Je weiter die Pyknokline ins Meer hinausreicht, wird sie durch Wellengang zunehmend aufgelöst, so dass sich die Nährstoffe auch in tiefere Bereiche der Wassersäule verteilen können. Das marine Phytoplankton, was in der photischen Zone lebt, wird von oben dann dementsprechend gut versorgt. Durch ein rasches Wachstum kommt es zu großen Zellmengen mit hoher Chlorophyllanreicherung im Bereich der Süßwasserfahne wie z. Bsp. an der Mündung des Pos in Norditalien oder im Schwarzen Meer durch die Donau. Hier ferner durch extrem nährstoffreiche Schwarzerden in Südrussland und der Ukraine. Durch Ausspülung der an Huminstoffen gebundenen Elemente, erfolgt eine Düngung. Zudem wird das Schwarze Meer kaum durchmischt.

II Fluvialer klastischer Eintrag: Es werden auch feste Partikel fluvial in die Meere eingetragen (besonders während Kaltzeiten bzw. während der Wechsel von Kalt- zu Warmzeiten) von jährlich ca. 12 km³ Gesteinsfragmenten von Ton bis Kies oder Blockgröße je nach Verwitterung an Land. Auch Gesteine können im Meer, vor allem bei geringen Sedimentationsraten, durch Auslösung und Auslaugung gelöst werden. Auch durch die hohe Fruchtbarkeit der Böden entlang des Nilals, ist es ähnlich, was den Stoffeintrag angeht. Dennoch sind die Konzentrationen der Nährsalze auffällig gering. Gründe dafür **könnten** sein:

- Der Fluss hat gar nicht so starke Lösungsfracht wie angenommen (Forschungsergebnisse falsch)
- Durch auf- oder absteigende Wässer oder küstenparallele Ströme kommt es nicht zur Ausbildung einer Pyknokline.

III Äolischer Transport ins Meer: Nährstoffreicher Golfstrom durch äolische Düngung (fall out). Nährstoffquelle = Sahara, dh. Quellgebiet und Produktionsgebiet sind vollkommen voneinander getrennt. Man findet z. Bsp. limnische Diatomeen aus der Sahara in marinen Sedimenten des zentralen Atlantiks.

III Glazial transportiert: Gletschereismassen und eingeschlossenes Material (Blöcke und Gletschermehl).

-> Es gibt große Unterschiede der Transportarten- und Mengen in unterschiedlichen Klimaten: Es sei eine Greenhouseworld bzw. Icehouseworld gegeben Kontinente vom Nord- zum Südpol:

Greenhouseworld

- alles Wasser ist flüssig oder gasförmig
- hohe Temperaturen
- geringe Temperaturgradienten – geringe atmosphärische Dynamik
- Wasserdampfgehalt der Atmosphäre wesentlich höher
- häufige Niederschläge, aride Zonen gehen möglicherweise zurück, humide Zonen vergrößern sich
- global gesehen: größere ch. Verwitterung: mehr gelöste Substanzen, größerer Run Off = größeres Transportmedium = verstärkte Düngung der Meere durch gelöste Substanzen
- hoher globaler Meeresspiegel (Transgression)
- OHC höher

Icehouseworld

- Große Regionen sind vereist
- ch. Verwitterung global sehr selten
- überwiegend physikalische Verwitterung
- geringe Niederschläge = geringer fluvialer Transport
- Transport von Gesteinsfragmenten erhöht
- stärkerer Temperaturgradient = mehr Stürme, veränderte Zirkulation, Auswirkung auf äolischen Transport besonders im Hinblick auf zunehmende Aridisierung des Klimas (z.B. Lössauswehung)
- tiefer globaler Meeresspiegel (Regression) = mehr Landfläche
- OHC geringer

1.2. Vulkanismus aus dem endogenen System der Erde

- submariner Vulkanismus wirkt besonders effektiv, weil die Nährstoffe direkt im System Meer vorliegen
- **Black / White Smokers:** Mittelozeanische Rücken und Spreizungszonen, wo Vulkanbauten, Black oder White-Smokers aktiv sind, das Material wird über Spalten herangeführt und in das Meer injiziert (**Injektion** einer Gas- bzw. Flüssigphase findet dort mit besonderem Schwerpunkt statt. Feste Verbindungen sind eher zu vernachlässigen. Das ist ideal, weil Nährstoffe (leider aber auch toxische Stoffe) direkt in flüssiger Form herantransportiert werden). Trotz sehr hoher Temperaturen über 100 Grad verdampft die wässrige Lösung nicht, aufgrund des hohen isostatischen Druckes der Wassersäule.

- Submariner Erguss: Schmelze kann in das Meer eingebracht werden, die sofort erstarrt und erkaltet. Hinzu kommt zusätzliche Injektion von Gasphasen und wässriger Lösungen. Die Reaktion mit dem Meerwasser und der Schmelze führt zur Lösungsprozessen und Mineralumbildungsprozessen, wobei immer Ionen und Elemente in das Meerwasser abgegeben werden können (**Halmyrolyse**)

- Vulkanismus: Vulkangebäude (Hawaii) mit entsprechender **Ejektion** (Herausschleudern von Gesteinsfragmenten) und **Effusion** (ist das Herausquellen und Fließen von Lava und Schmelze). Die Ejektion ist ein wichtiger Faktor: Gase entweichen in die Atmosphäre, aber auch Aerosole (feste (z.B. durch Aschen) oder flüssige Aerosole). Zudem winzige Tropfen aus Schmelze, aus der Vulkanasche entsteht. Die Flüssigaerosole bestehen aus H₂S (Schwefelwasserstoff). Aerosole verbinden sich in der Vulkanwolke, so dass ein Aschepartikel von einem Schwefelsäureflüssigaerosol integriert wird. Das Aschepartikel wird dann gelöst und liegt gelöst im Flüssigkeitsaerosol vor. Ein anderer Prozess ist das Abregnen der Asche direkt in die Meere, so dass es erst im Meerwasser zur Lösung der Aschen kommen kann. Das Problem dabei ist die Produktion der Gase und Säuren, die bei rezenten Prozessen toxisch wirken. Werden alte Vulkanbauten erodiert, werden nur noch nährstoffreiche Gesteine erodiert, was dann zu keiner Toxizität mehr führt. Vulkanismus ist mal mehr, mal weniger aktiv auf dem Planeten. Somit ist die Nährstoffzufuhr aus diesem System auch Schwankungen unterlegen. Starke Phasen plattentektonischer Aktivität sind daher prädestiniert, große Nährstoffmengen in das System Meer einzubringen. Das hat Konsequenzen für die biogene Produktivität und auf die Nahrungsketten haben.

1.3. Extraterrestrischer Import aus dem Kosmos in das System Erde

Nicht vergessen dürfen wir den Kosmos. Jährlich werden aus dem extraterrestrischen Bereich Nährstoffe in das System Erde eingebracht: mehrere tausend Tonnen Staub / Jahr.

2. Systeminterne Recycling

-> durch **Remineralisierung von Biopolymeren durch Destruenten (ua. Bakterien)** im Meer und durch Umwälzprozesse

- Die Primärproduktion im Meer sorgt dafür, dass Nährstoffe aus dem System Meer in das Biopolymer integriert werden. Das sorgt für eine Anreicherung der Nährstoffe im Meer, aber zu Konzentrierung im System Primärproduktion. Die Primärproduzenten werden von den Konsumenten „verarbeitet“. Dabei wird einiges von Biopolymeren und Nährstoffen weitergegeben. (Die Konsumenten benutzen die primär produzierten Biopolymere für 2 Dinge: 1. Nutzung der Nährstoffe für Aufbau der eigenen Polymere, dh. hier gibt es eine direkte Weitergabe von Materie. Konsumenten brauchen aber auch Lebensenergie (Primärproduzenten brauchen das nicht, sie nutzen die Sonnenenergie), so dass die primär produzierte Materie / Moleküle (aus Sonnenenergie) für die Energie der Konsumenten genutzt wird. (Also **keine** Weitergabe von Nährstoffen, sondern von **Energie**)! Durch die Konsumenten entstehen aber Abbauprodukte, so dass Nährstoffe freigesetzt werden. Eine Bilanz sieht so aus, dass in der Nahrungskette nicht so viel verwendet werden, so dass es bei jedem Schritt Abfall gibt. Dieser enthält auch Nährstoffe, die teilweise verwendet werden können, manches aber nicht mehr. Ferner gibt es noch Leichen. Destruenten zersetzen als letzte Stufe der Remineralisierung Leichen und den biologischen Abfall der Nahrungsketten und nutzen das für ihre eigene Biosynthese. Was sie nicht verbrauchen können, wird remineralisiert. Wenn der Kreislauf perfekt wäre, würden alle Nährstoffe aus der Primärproduktion durch die Destruententätigkeiten (oder durch anorganische Prozesse -> Oxidation) wieder dem System zugeführt werden. ABER: Dieser Kreislauf ist nicht ideal. Es fällt immer etwas aus dem Kreislauf heraus. Z.B. sinkt einiges in der Meeressäule zu Boden (**Meeresschnee**). Auch aus dem Meeresschnee wird beim Fallen remineralisiert. Kommt der Schnee am Meeresboden an, remineralisieren Destruenten weiter (auch im Meeresboden – **Fluffy Layer**) Die Frage ist nun, wie die Nährstoffe nun vom Meeresboden wieder in die photische Zone gelangen, wo sie wieder von der Primärproduktion gebraucht werden. Auch Bioskelettminerale sind aus Nährstoffen aufgebaut (Kohlenstoff, Kalzium, etc.). Hier wirken anorganische Remineralisierungsprozesse (Lösungsprozesse; häufig die Kalzitlösung (mit Ausbildung der CCD: **Kalziumkompensationstiefe**, Lösung unterhalb der CCD. Somit sind heute **viele Meeresböden komplett frei von Kalziumkarbonationen**) bei der Mineralfreisetzung. Würde immer nur Sedimentiert, würde es oben im Meer irgendwann zur Anreicherung von Nährstoffen kommen. Ein Ausgleich erfolgt aber annähernd aus dem Import von Stoffen des exogenen und endogenen Systems, wobei es auch zu großen Schwankungen kommt.

44) Wie stehen Transgressionen und Regressionen mit der Nährstoffverteilung in Verbindung?

- Transgressionen werden zu einer Nährstoffquelle im Meer, wenn es über fruchtbaren Boden vorstößt (Boden wird aufgewühlt vom Meer z.B. Transgressionen über vulkanische Böden), bzw. wenn das Meer gegen den festländischen Run Off vorstößt. Auch das Relief ist wichtig: Minimaler Anstieg kann weite Transgression oder nur geringe Transgression bedeuten

- Nährstoffreicher Meeresboden (idealer Weise vor der Küste) wird im Zuge einer Regression Festland. Ehemaliger Meeresboden unterliegt dem Run Off, so dass die Nährstoffe wieder dem Meer zugeführt werden können.

45) Wovon hängt es noch ab, wie viel gelöste Substanz vom Festland bereitgestellt werden kann?

Topographie

-> Je stärker die Topographie, desto mehr kann verwittert werden. Vor allem bei jungen Gebirgen die sich noch heben, kann immer Material nachgeliefert werden. Alten Gebirge (eingerumpfte alte Faltengebirge, häufig mit mächtigen Verwitterungsdecken) bringen wenig Import in das Meer.