

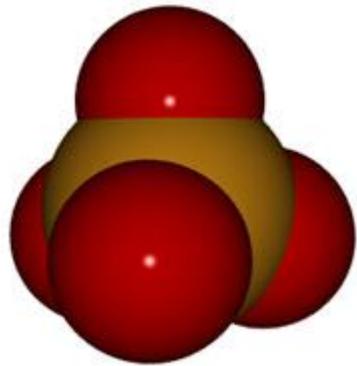
Ökozonen der Erde

Assoc. Prof. Dr. Gudrun Wallentin | UNIGIS Salzburg

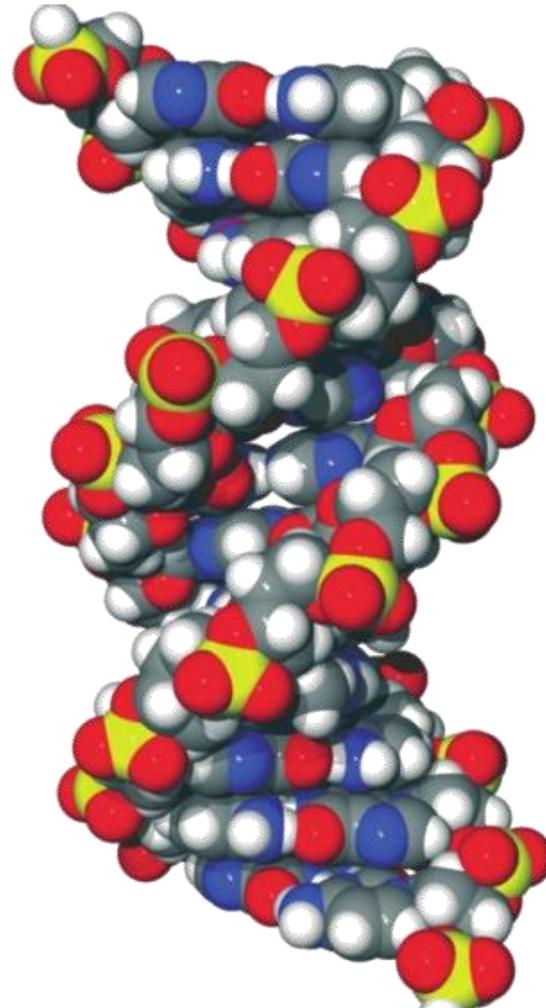
Interfaculty Department of Geoinformatics - Z_GIS

University of Salzburg

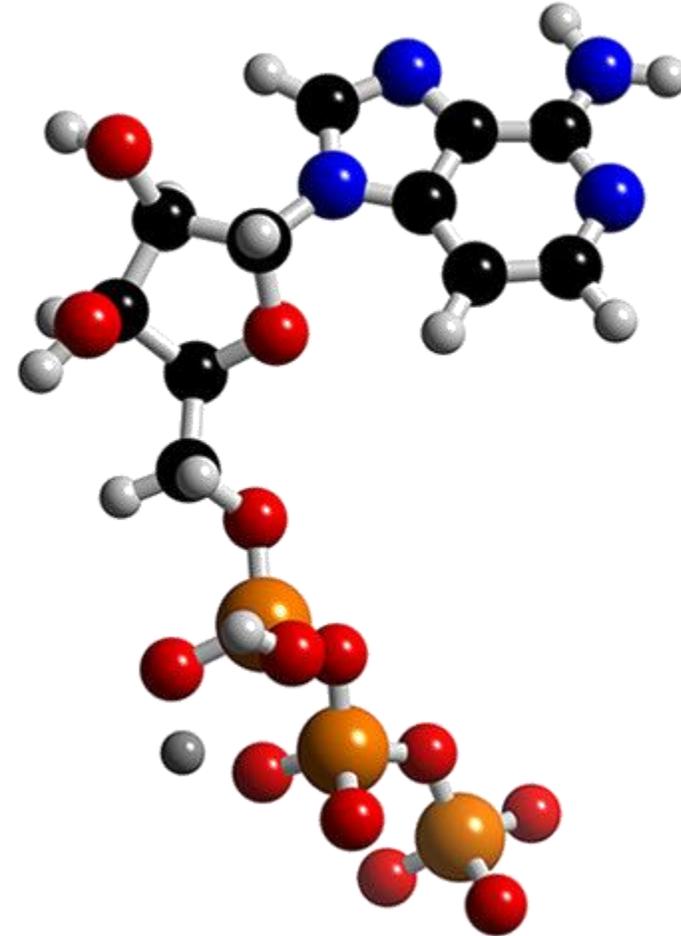
Phosphor



PO₄ (Phosphat)



Rückgrat im DNA Molekül

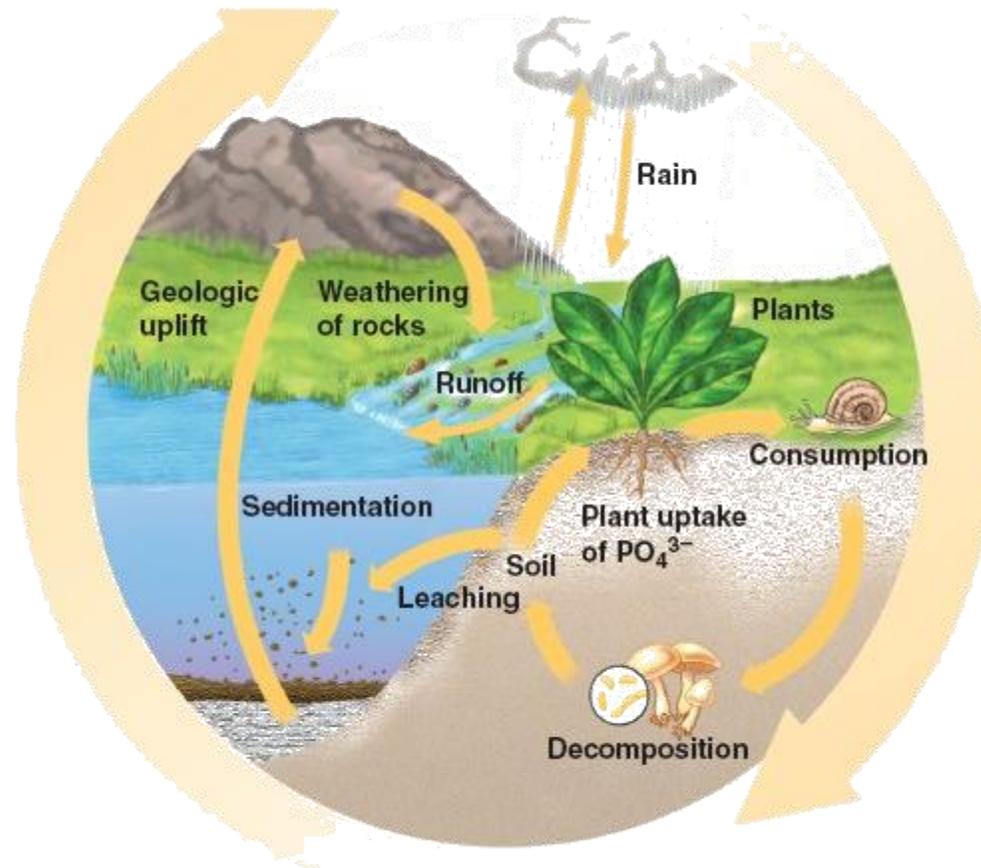


Energieträger ATP

Phosphor

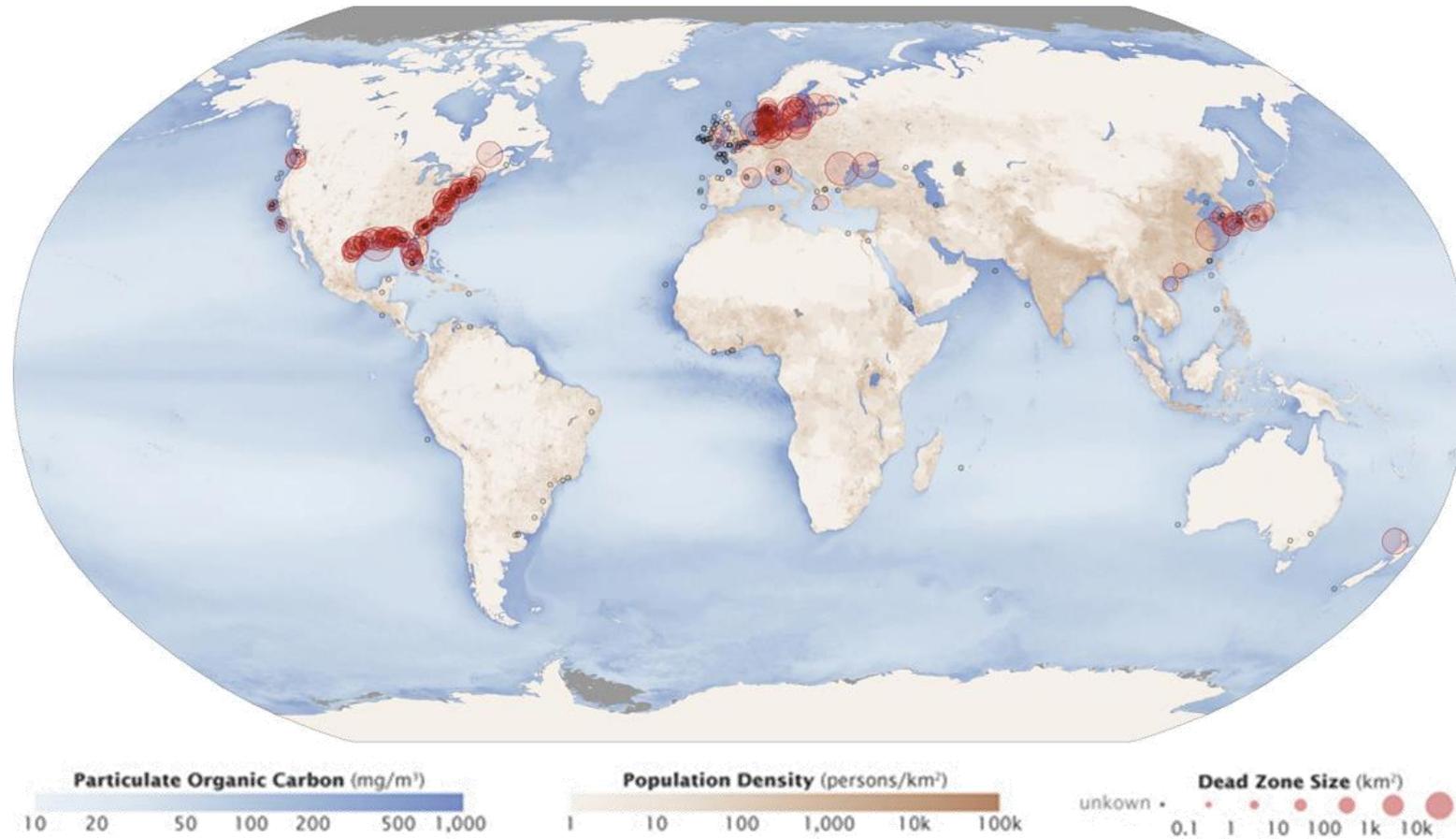
- ein limitierender Nährstoff.
- Zufuhr = vermehrtes Wachstum (Dünger), vor allem in aquatischen Systemen
- Zuviel Phosphor kann aquatische Systeme zum kippen bringen

Phosphor Kreislauf

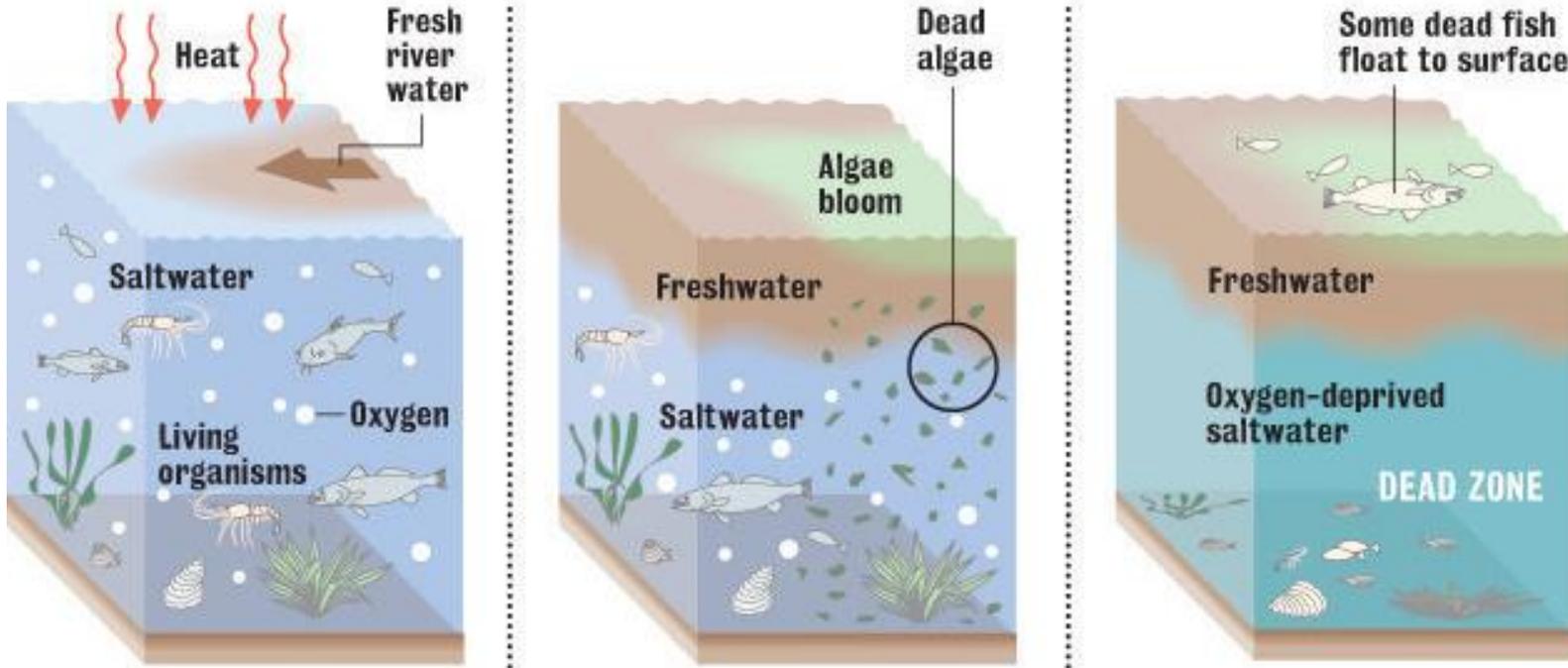


Im Phosphorkreislauf gibt es keine gasförmige Phase, Transport über Wasser.

Gekippte Gewässer 'dead zones'

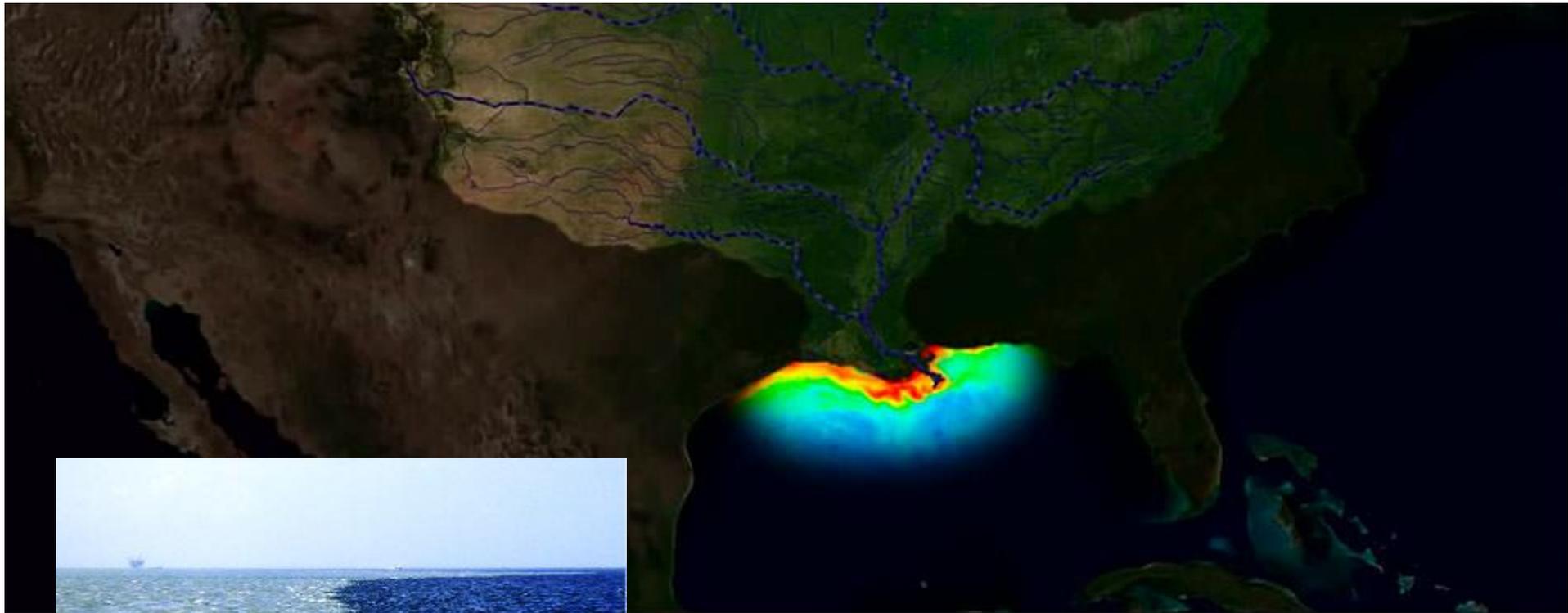


Wie ein System kippt



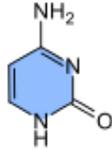
Dan Swenson, NOLA.com | The Times-Picayune

Gekippt: Golf von Mexiko

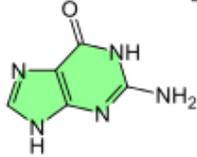


Stickstoff

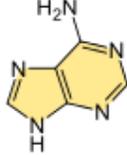
Cytosin **C**



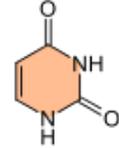
Guanin **G**



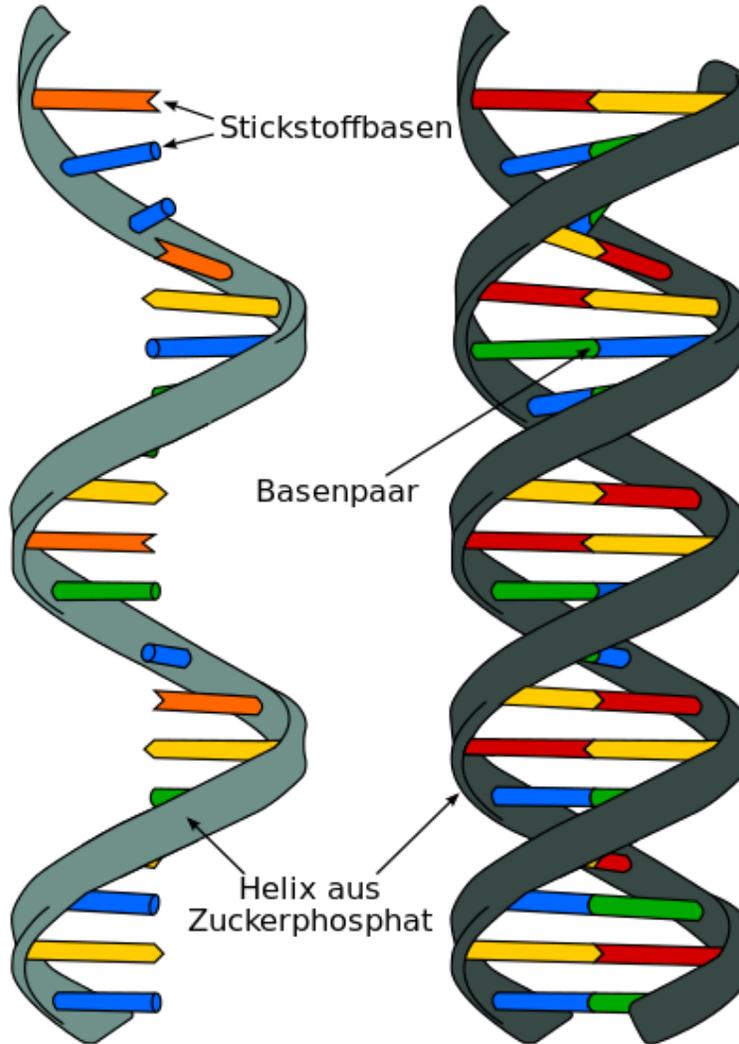
Adenin **A**



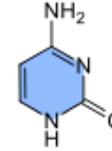
Uracil **U**



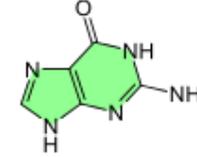
Stickstoffbasen
der RNA



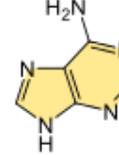
Cytosin **C**



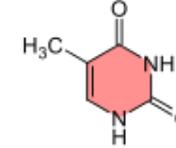
Guanin **G**



Adenin **A**



Thymin **T**



Stickstoffbasen
der DNA

RNA

Ribonukleinsäure

DNA

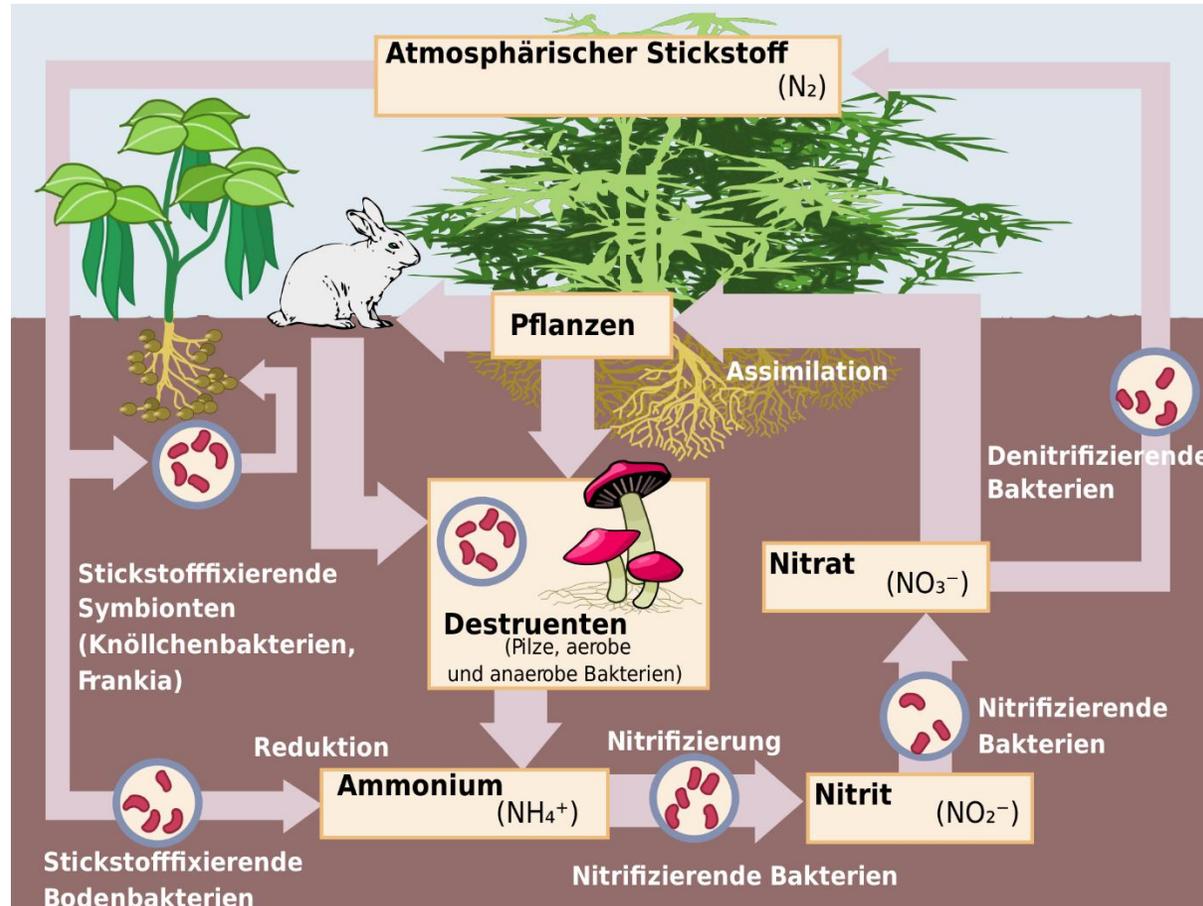
Desoxyribonukleinsäure

DEPARTMENT OF GEOINFORMATICS - Z_GIS

Stickstoff

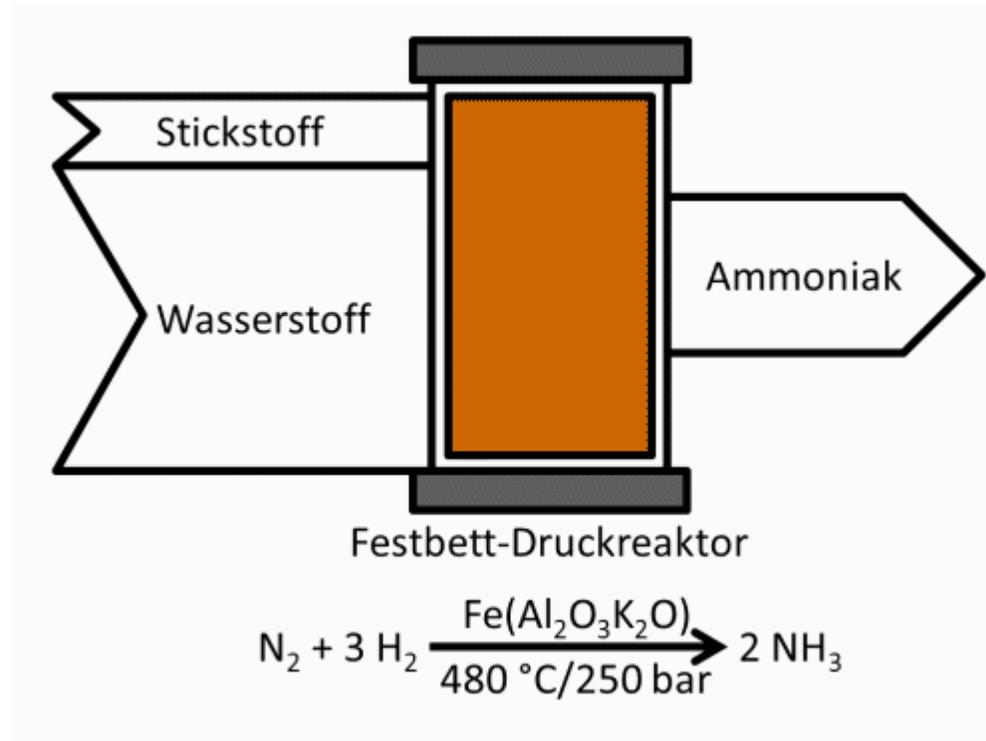
- Limitierender Nährstoff. Zufuhr = vermehrtes Wachstum (Dünger)
- Leguminosen Symbiose -> N-Fixierer, Fruchtfolge
- Heute: Haber-Bosch, Kunstdünger
- 60% wird von Pflanzen nicht aufgenommen und geht ins Ökosystem -> mannigfaltige Probleme in Ökosystemen

Stickstoff

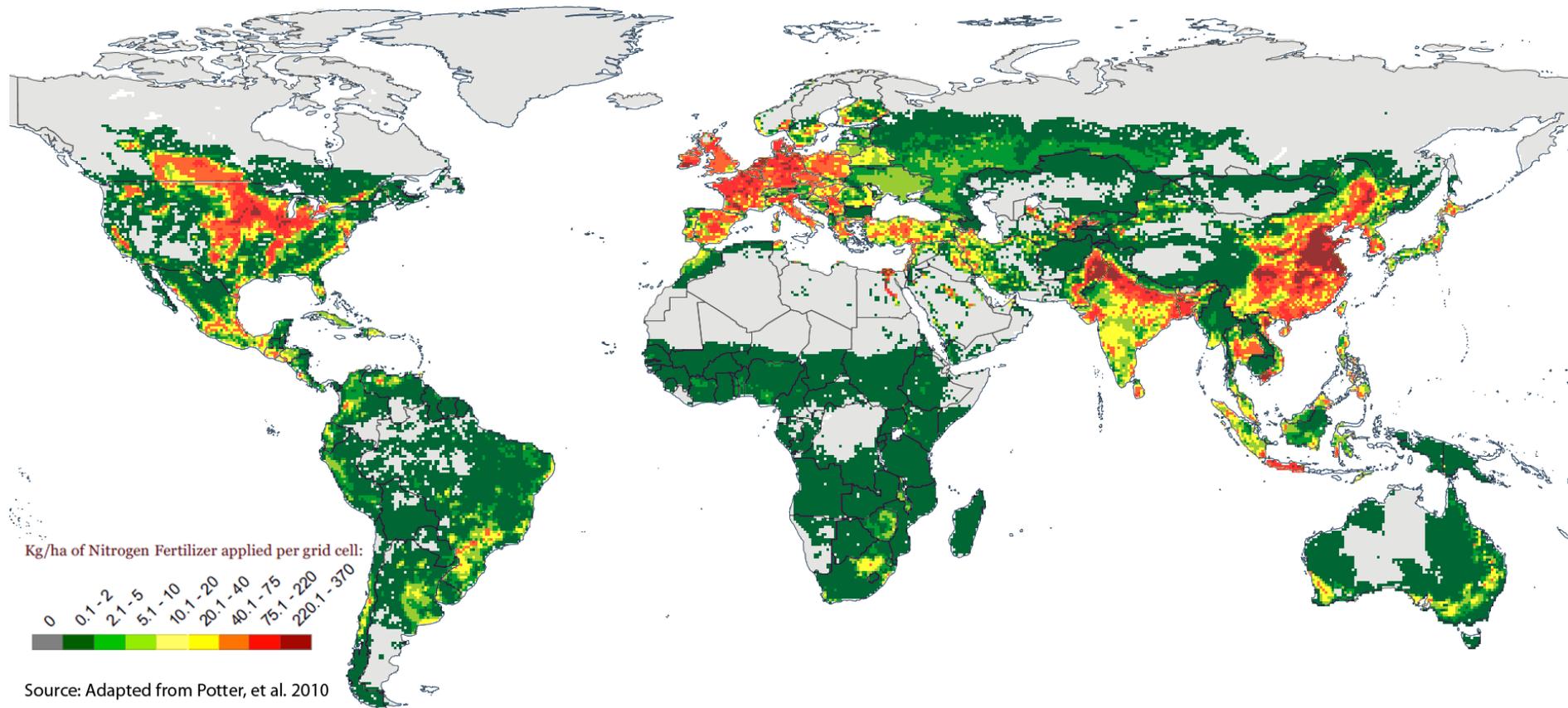


Haber-Bosch Verfahren

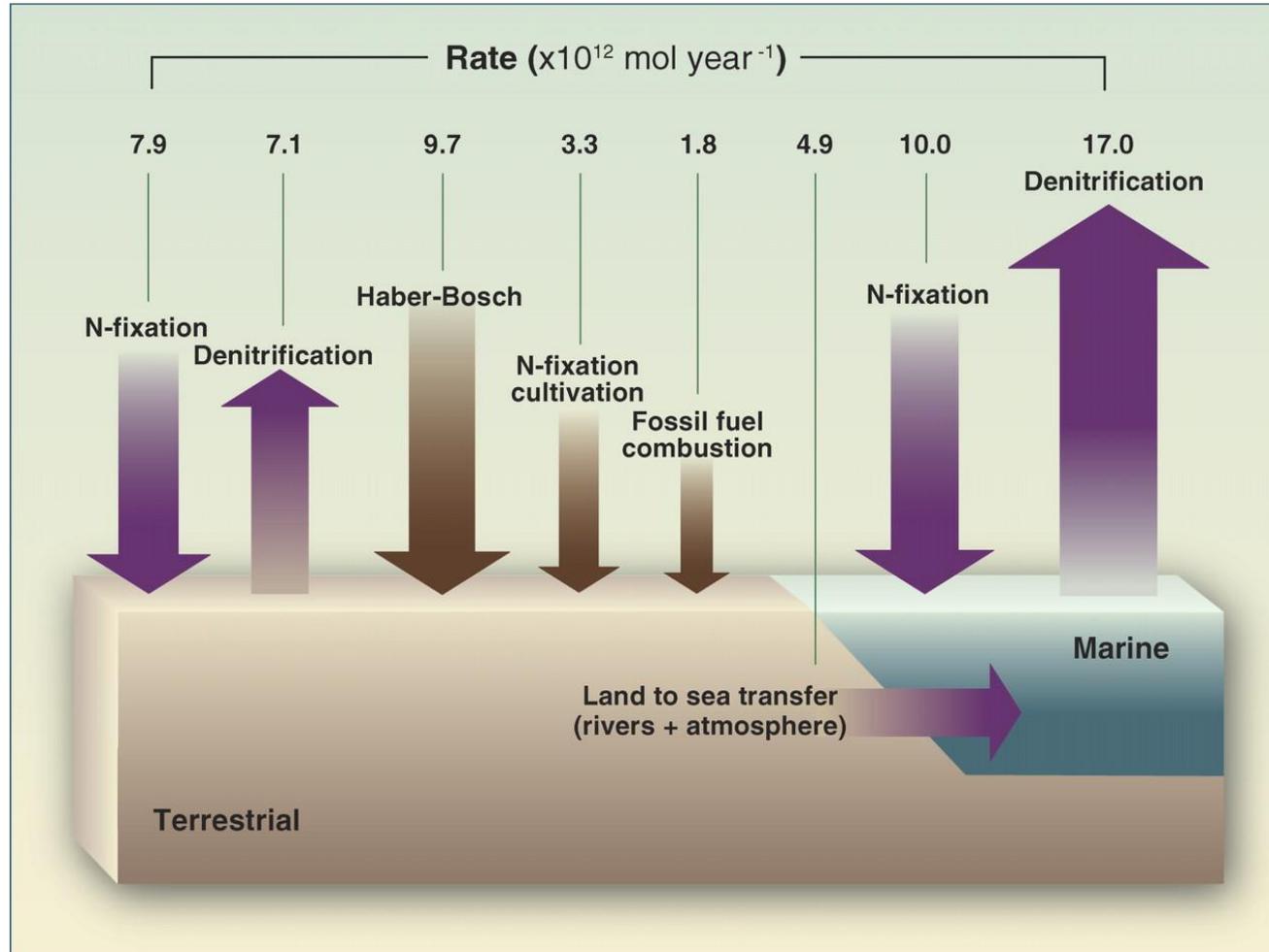
- Ein Verfahren, das es seit ca. 100 Jahren gibt: wandelt N_2 aus der Luft in Ammoniak um, welches zur landwirtschaftlichen Düngung verwendet wird (z.B. in 'Blaukorn').

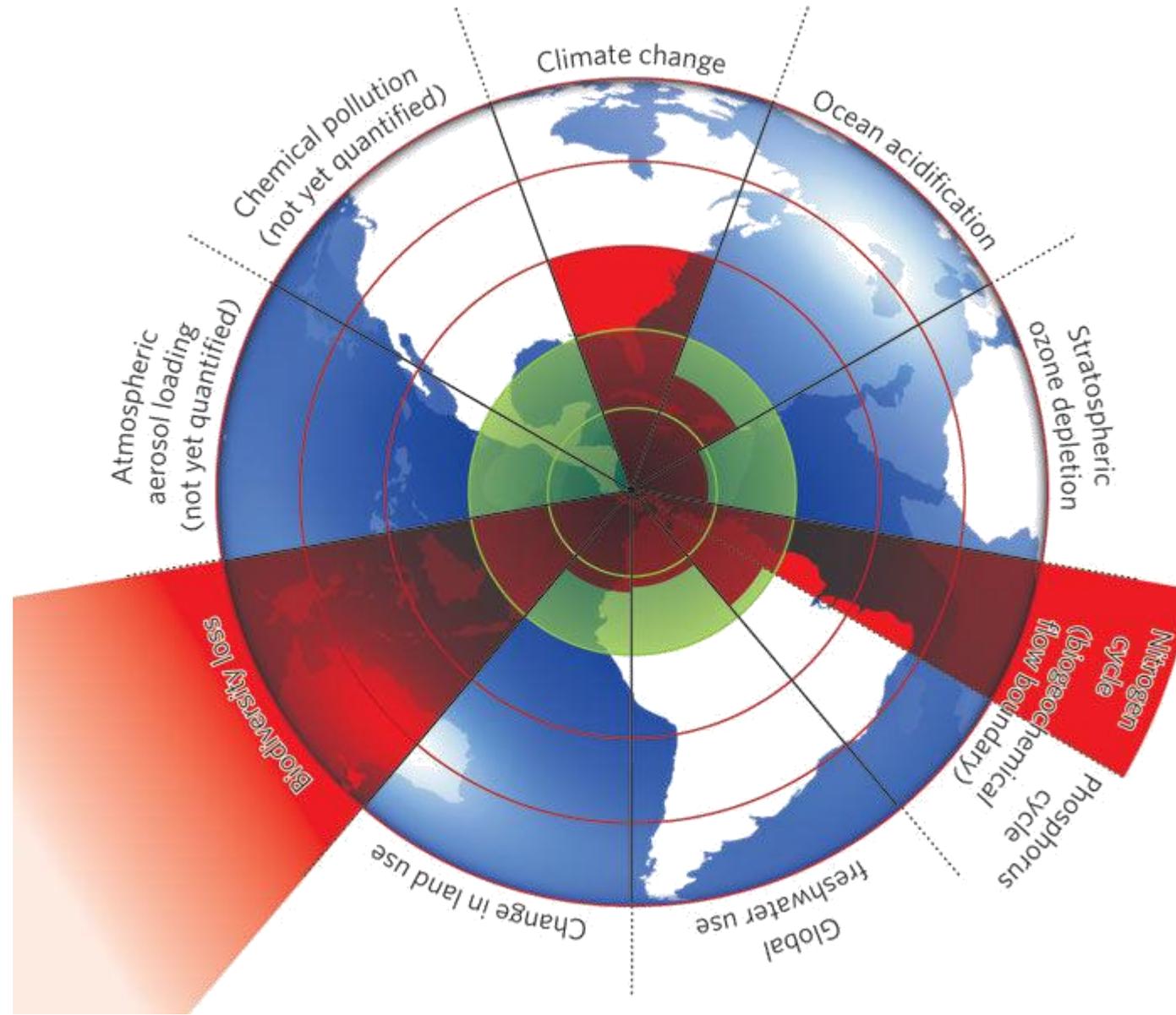


Anthropogener Stickstoffeintrag



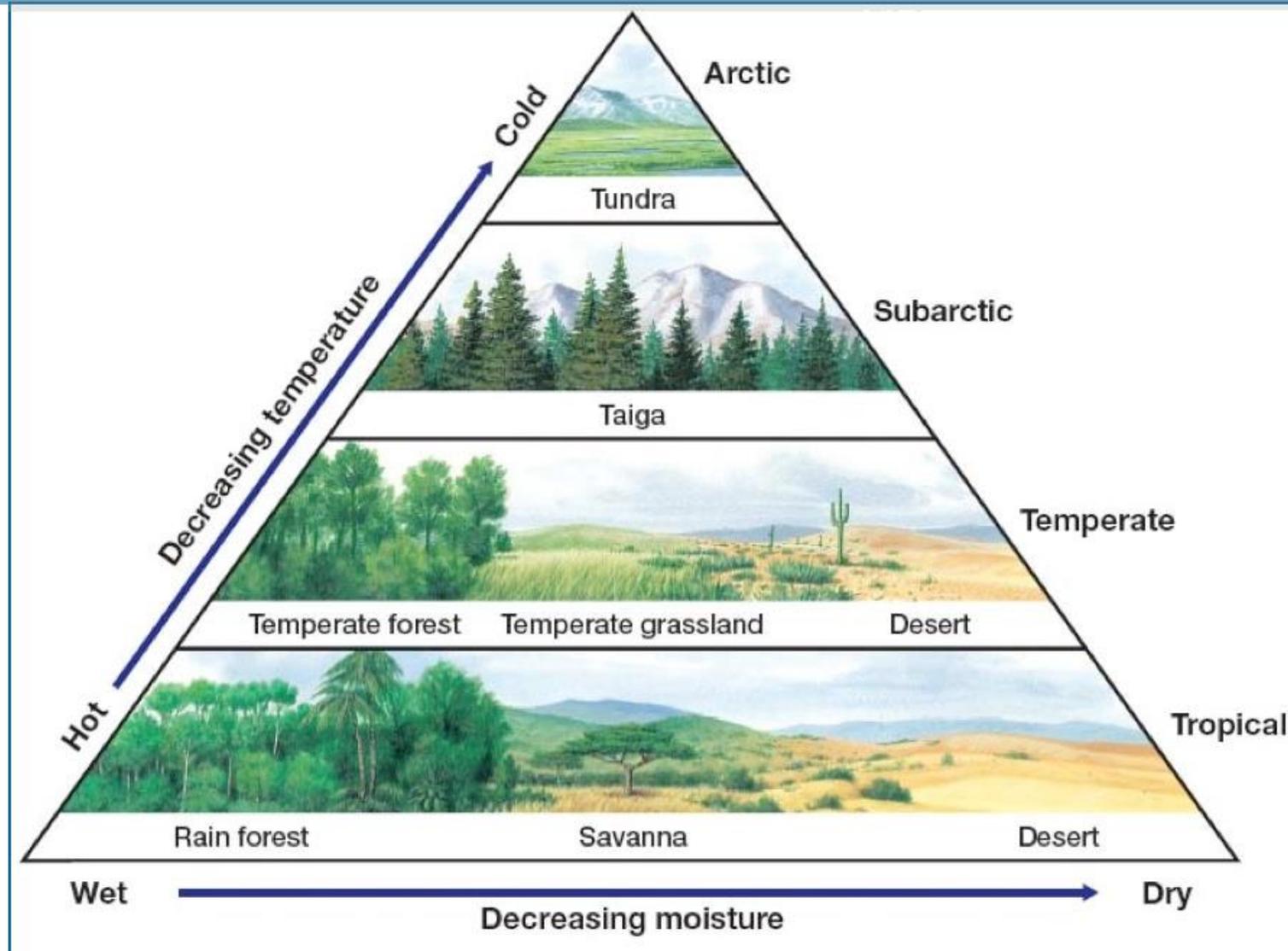
Stickstoff







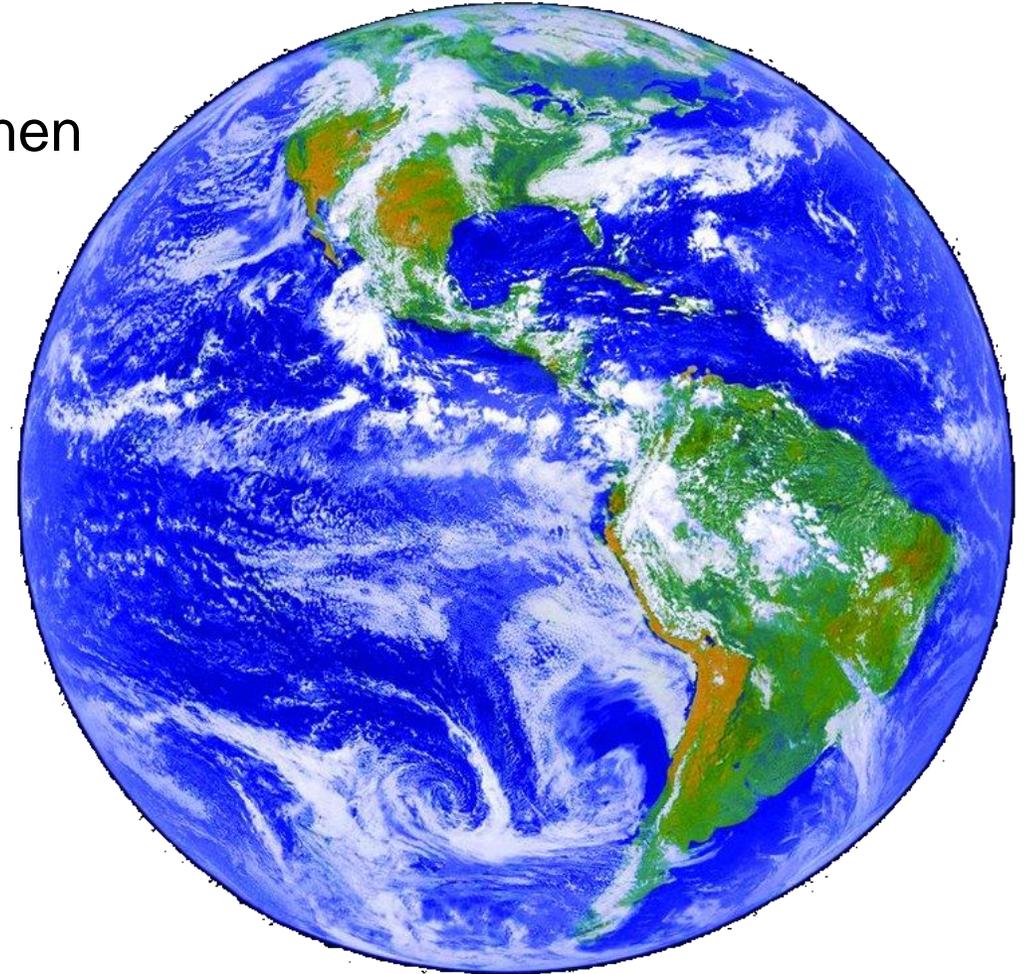
Ökozonen: Tropen, Savannen Wüsten



Ökosystem Meer

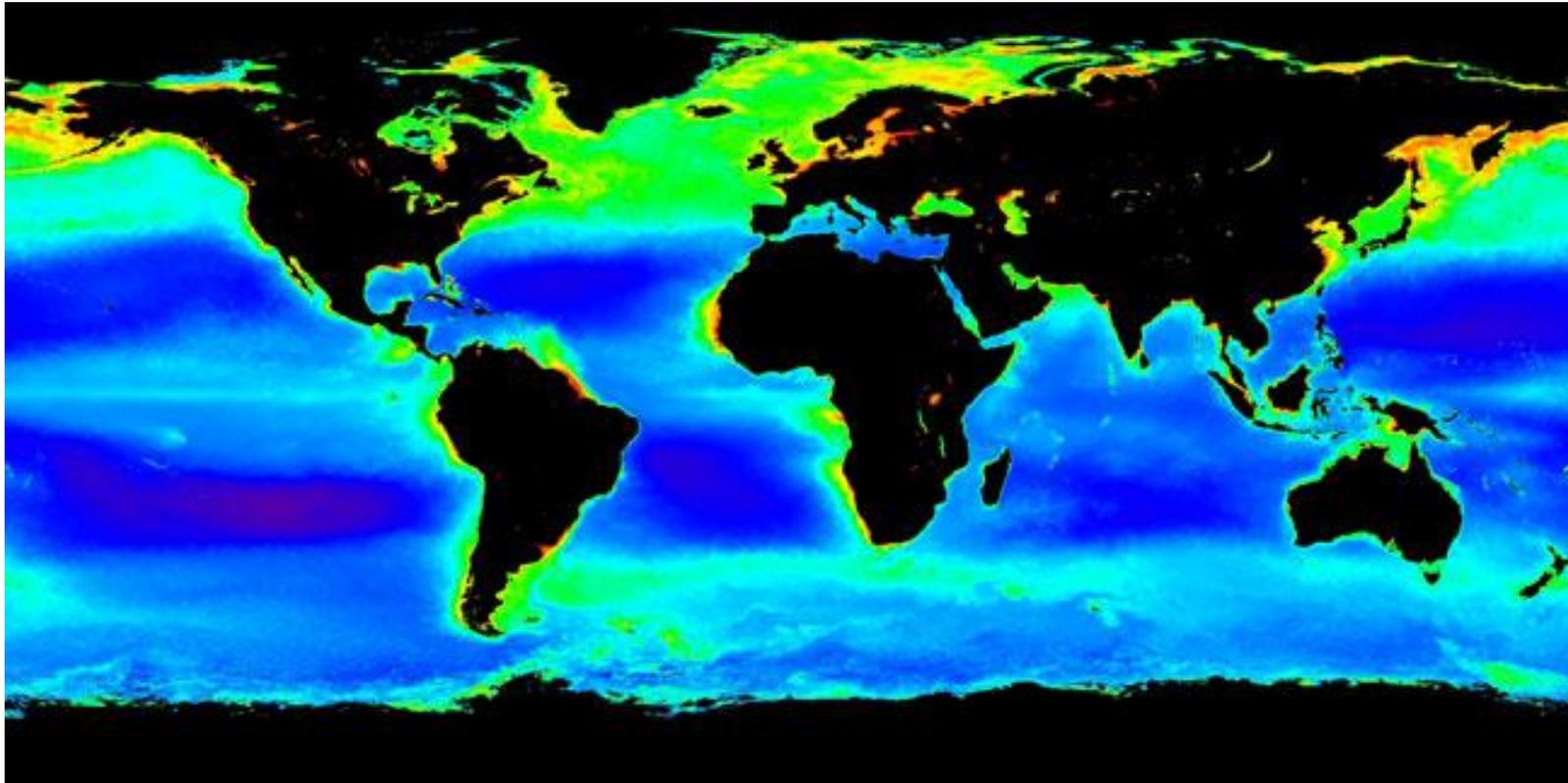
Ozeane bedecken 71% der Erdoberfläche

97% des globalen Wassers befindet sich in Ozeanen



Ökosystem Meer

Mehr als die Hälfte des Sauerstoffs, den wir atmen, wurde von autotrophen Meeresorganismen produziert.



Zahlenspielereien



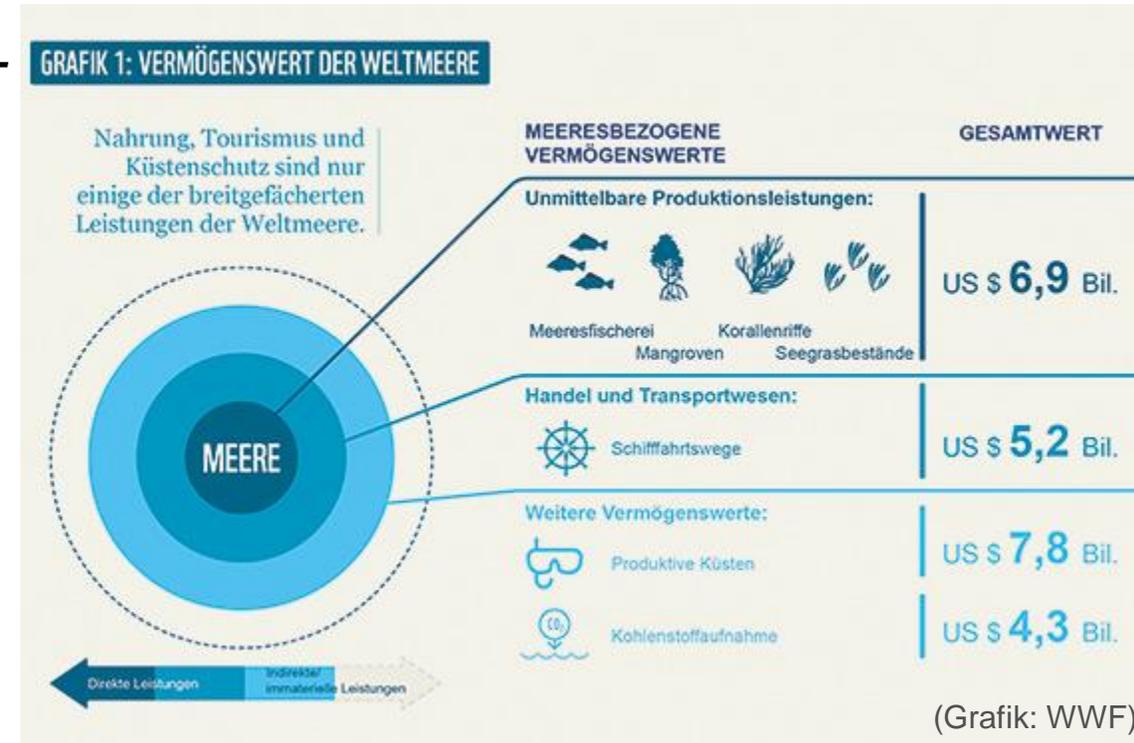
Würde die Erdoberfläche ganz planar sein, würde das Meereswasser die Erde rundherum mit 2.5km Wasser bedecken. Davon wären 36m Salzkruste.

WWF: „die Weltmeere stellen einen Vermögenswert von 24 Billionen US-Dollar dar“

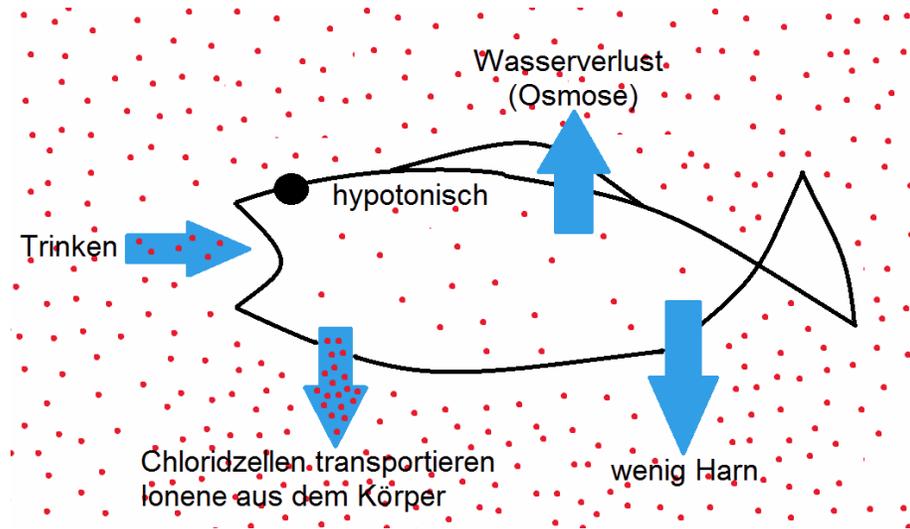
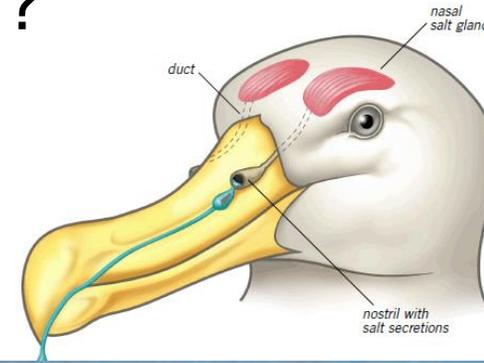
Menschliches Leben ohne Ozeane wäre nicht möglich.

Schlussfolgerung:
menschliches Leben ist 24 Billionen \$ wert.

Wo ist der Haken?



Leben im Salzwasser?



Fische sind hypotonisch: im Körper ist weniger Salz als in der Umgebung.



Meeresvögel können Salzwasser trinken und das Salz aktiv ausscheiden.

Abiotische Faktoren zur Zonierung

Die ökologische Zonierung der Weltmeere wird durch abiotischen Faktoren bestimmt, die sich deutlich von terrestrischen Faktoren unterscheiden:

- Wassertiefe, und –druck (Meere sind 3-dimensional!)
- Licht,
- Temperatur,
- Salzgehalt,
- Gasgehalt,
- Gezeiten,
- Strömung, Wind

Marine Ökosysteme

Pelagial (Freiwasserzone)

Benthal (Meeresboden)

Wattsee

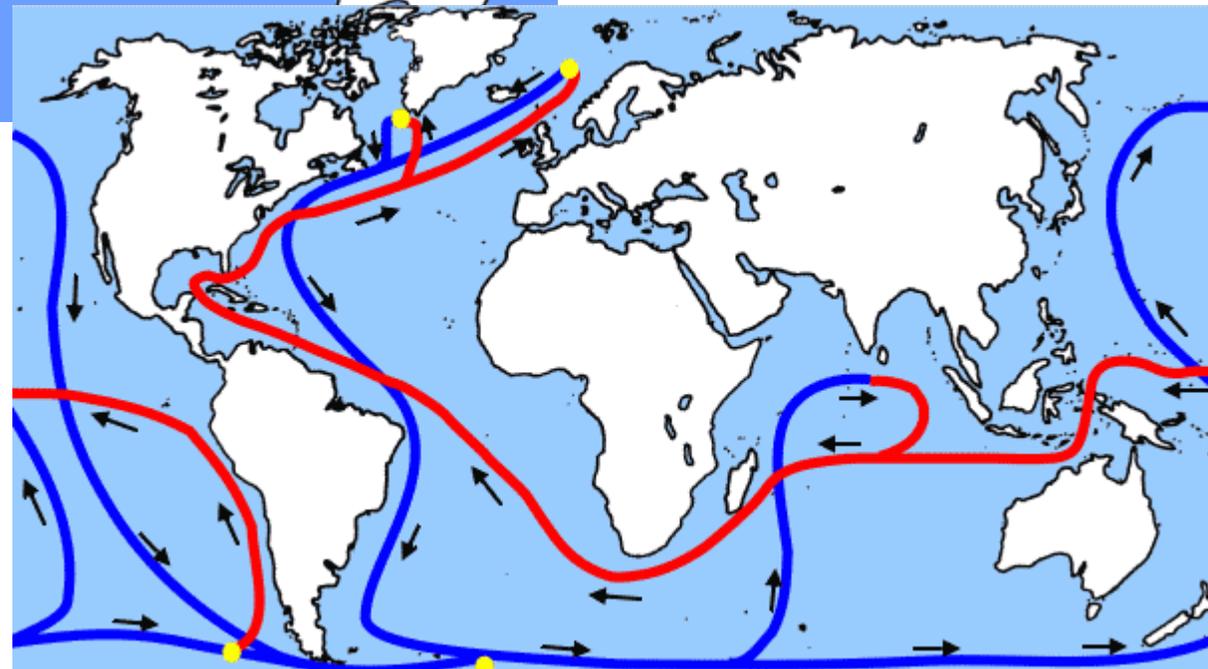
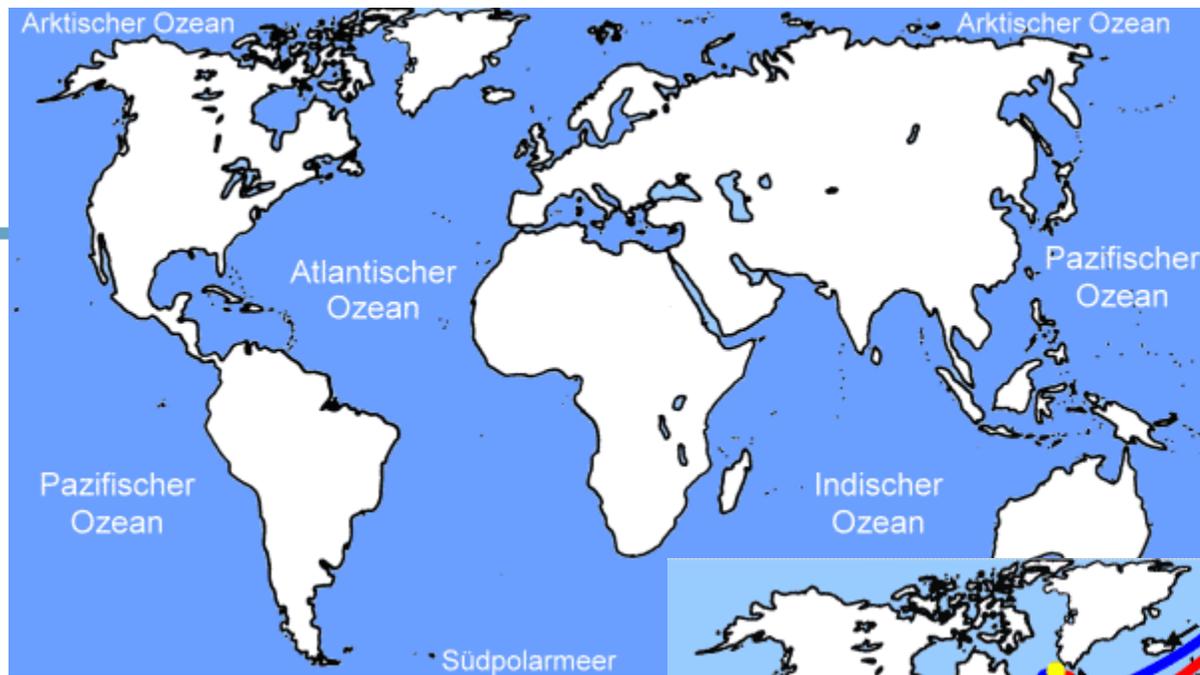
Mangroven

Korallenriffe

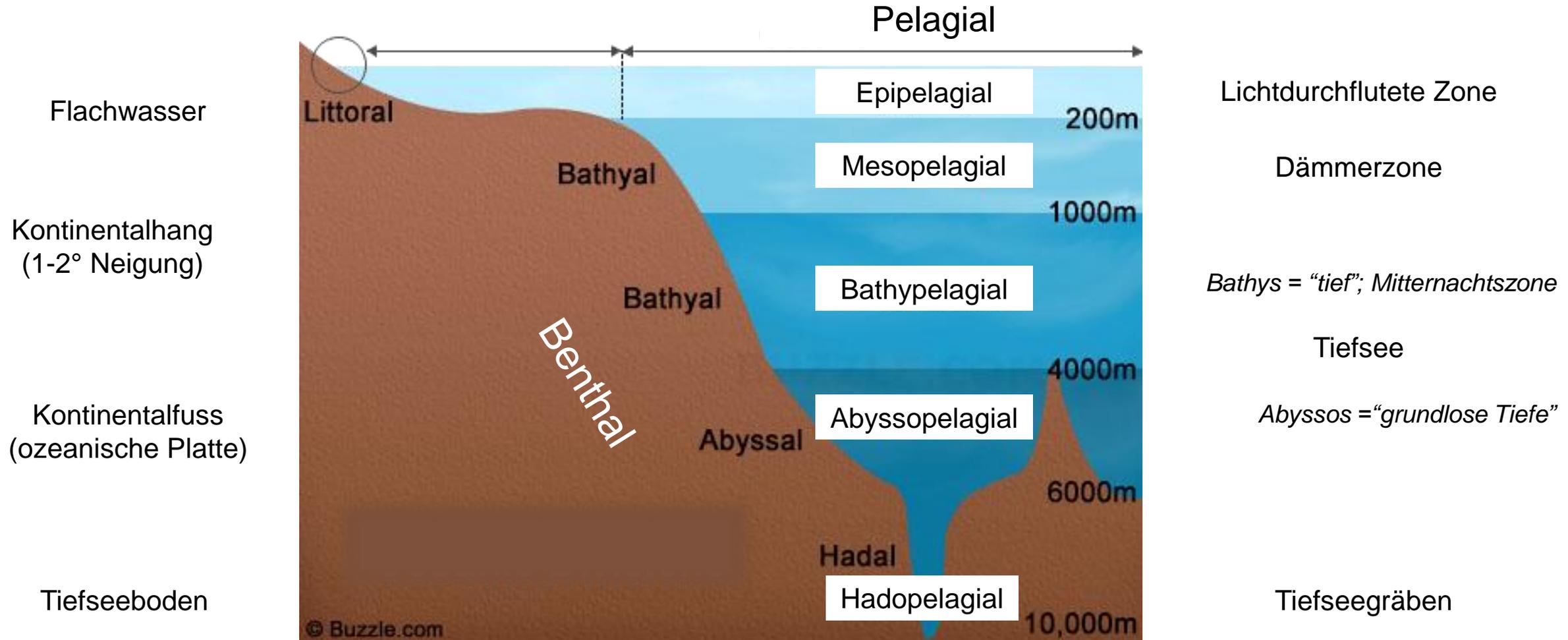
Lagunen

Eismeer





Vertikale Zonierung

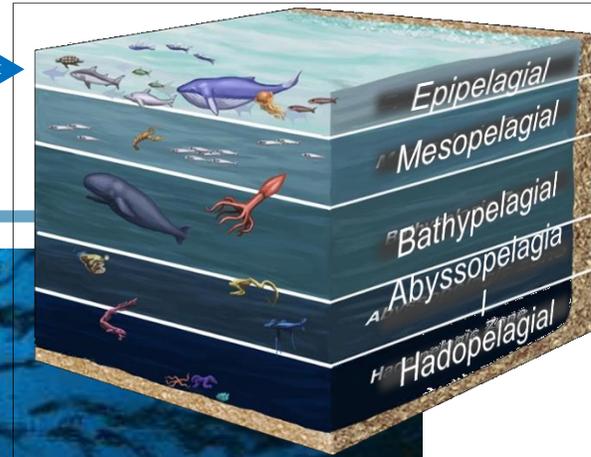


Aussagekräftiger sind vertikale Habitat-Zonierungen von Benthal und Pelagial.

Zonierung des marinen Pelagials (Freiwasserzone)

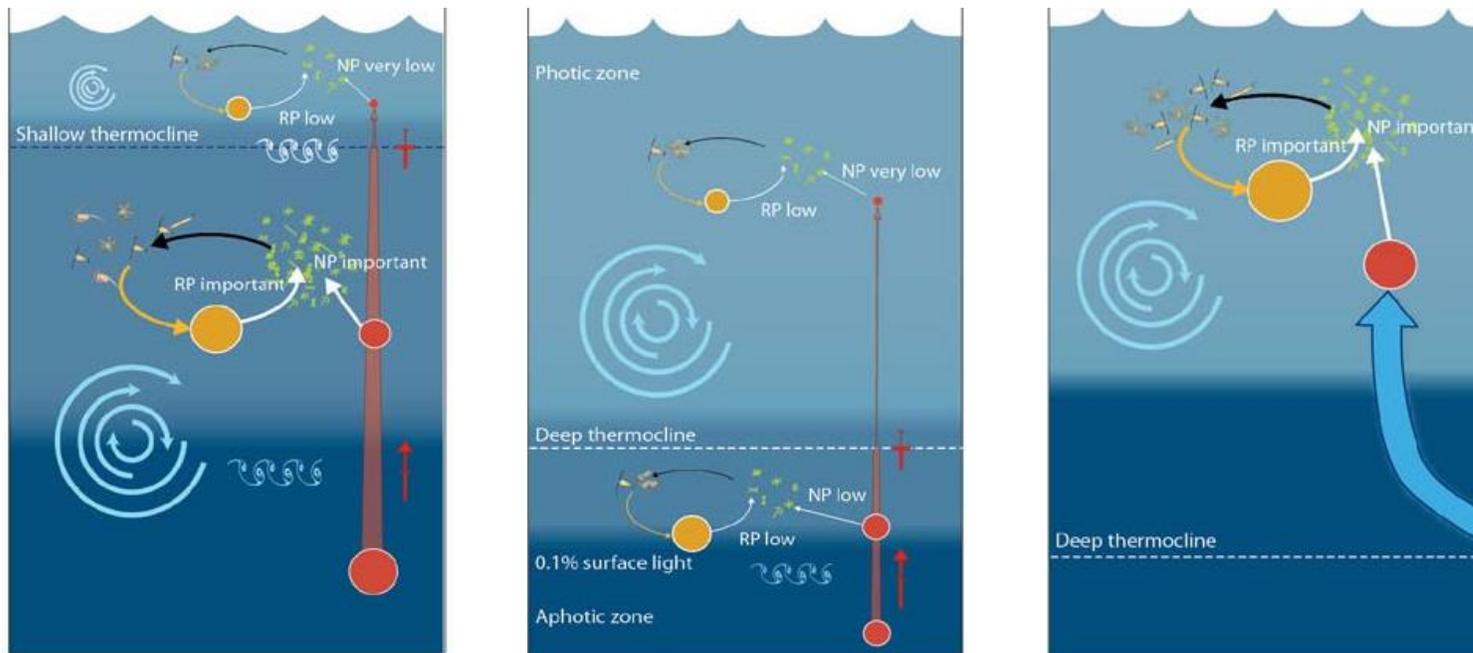


Epipelagial →



Das Epipelagial bezeichnet die vom Sonnenlicht durchströmte ‚euphotische‘ Zone, in der Nettoprimärproduktion stattfinden kann. In den klarsten Gewässern ist diese Zone bis zu 200m dick.

Epipelagial



-   New nutrients (large/small pool)
-   Regenerated nutrients (large/small pool)
-  Bacteria and zooplankton
-  Phytoplankton
-  Nutrient remineralisation
-  Nutrient uptake
-  Grazing
-  Upwelling
-   Diffusion (small/large barrier)
-  Turbulence
-  Mixing

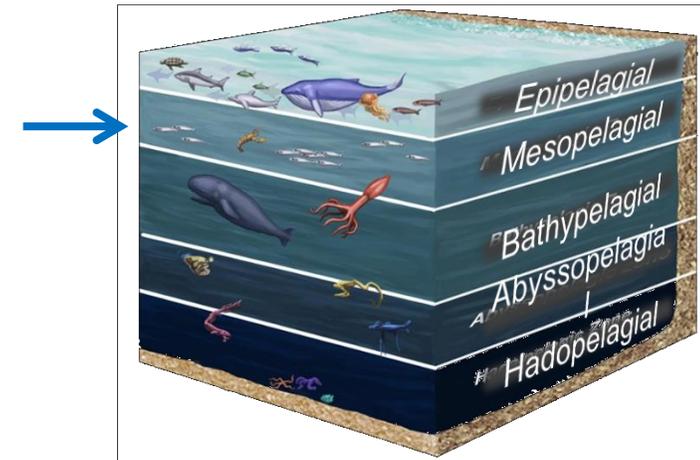
Die Produktivität wird von der Verfügbarkeit an Nährstoffen und Licht bestimmt. Die Sprungschicht (Thermokline) ist eine Barriere.

Mesopelagial

Tiere leben räuberisch oder von Detritus.
Oft tauchen sie im Schutz
der Nacht ins Epipelagial um zu fressen.

Biomasse: etwa 10 Mrd. Tonnen
(zum Vergleich: es gibt 0,5 Mrd t Rind auf der Erde).

Nur 1% Fischfang aus dem Mesopelagial würde die weltweite Fischfangquote verdoppeln (Futterfische, keine Speisefische für den Menschen). Das bisher nahezu ungestörte und weitgehend unbekanntes Ökosystem gerät unter kommerziellen Druck.

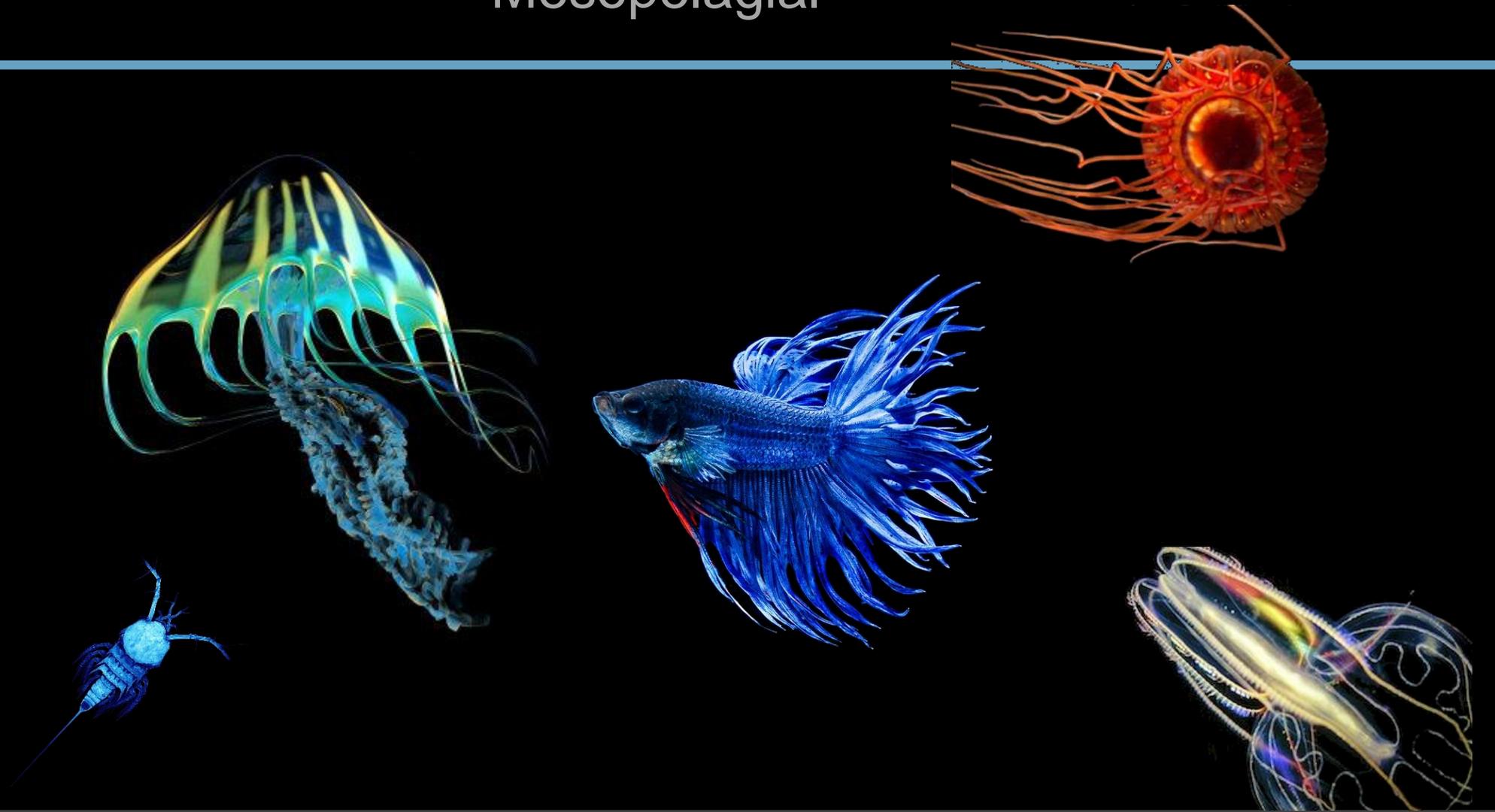


Mesopelagial



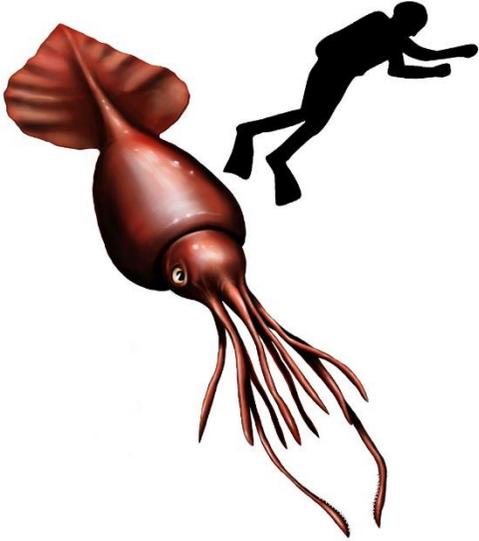
Dämmerzone; nur blaues Licht kann noch durchdringen -> keine autotrophen Lebewesen mehr, aber eine visuelle Orientierung ist noch möglich (Fische haben häufig große Augen).

Mesopelagial



Biolumineszenz: verbreitetes Phänomen im Mesopelagial bei Plankton, Wirbellosen oder Fischen. Dient zur Kommunikation, Nahrungserwerb oder Fraßschutz.

Mesopelagial: unbekanntes Meer



Grössenvergleich: ein Koloss
Kalmar mit einem Taucher.



Sensation: ein juveniler Riesenkalmar hat sich in
eine japanische Hafenbucht verirrt.

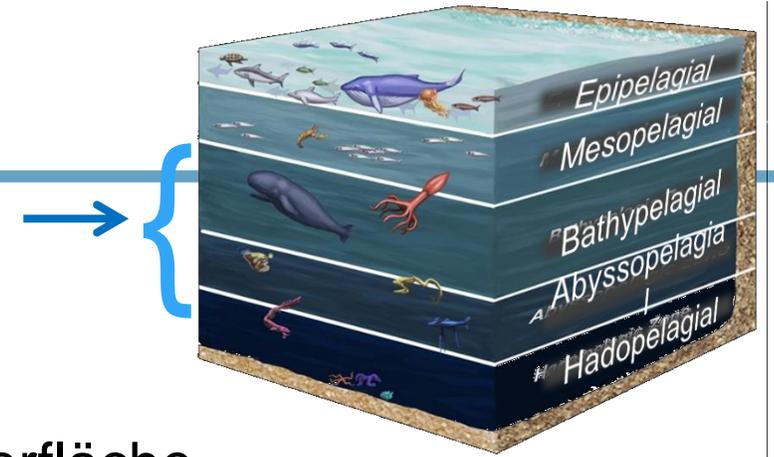


Und doch häufig: im südlichen Ozean machen die großen Kalmare $\frac{3}{4}$ der Nahrung
der Pottwale aus. Bild: Diorama im naturhistorischen Museum, New York

Tiefsee

Abiotische Umweltfaktoren (Dunkelheit, Kälte, Druck) sind extrem, aber konstant.

Der Druck in 6000m Tiefe ist 600x so hoch wie an der Oberfläche.



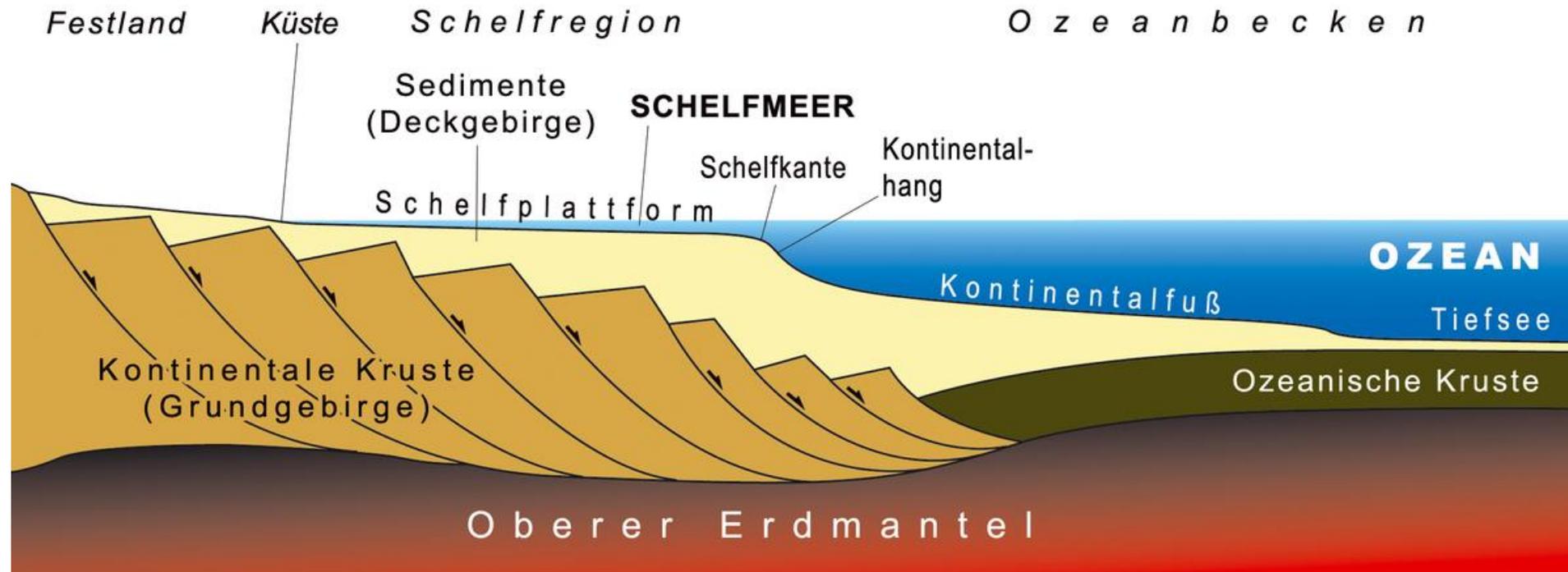
Im Meso- und Bathypelagial sind die Tiefsee-Anglerfische die Hauptcarnivoren.

Tiefsee



Tiefseetiere sind Räuber oder fressen absinkenden Detritus. Anpassung an stark wechselndes Nahrungsangebot: kleine Körper mit großen Mäulern und Därmen. Die Augen sind Klein.

Zonierung des Meeresboden (Benthal)



Schelf, Flachsee: bis 200 m

Kontinentalhang (Bathyal): 200 m bis 4000 m

Tiefsee: Abyssal (4000 m bis 6000 m) und Hadal.

Benthos im Flachmeer



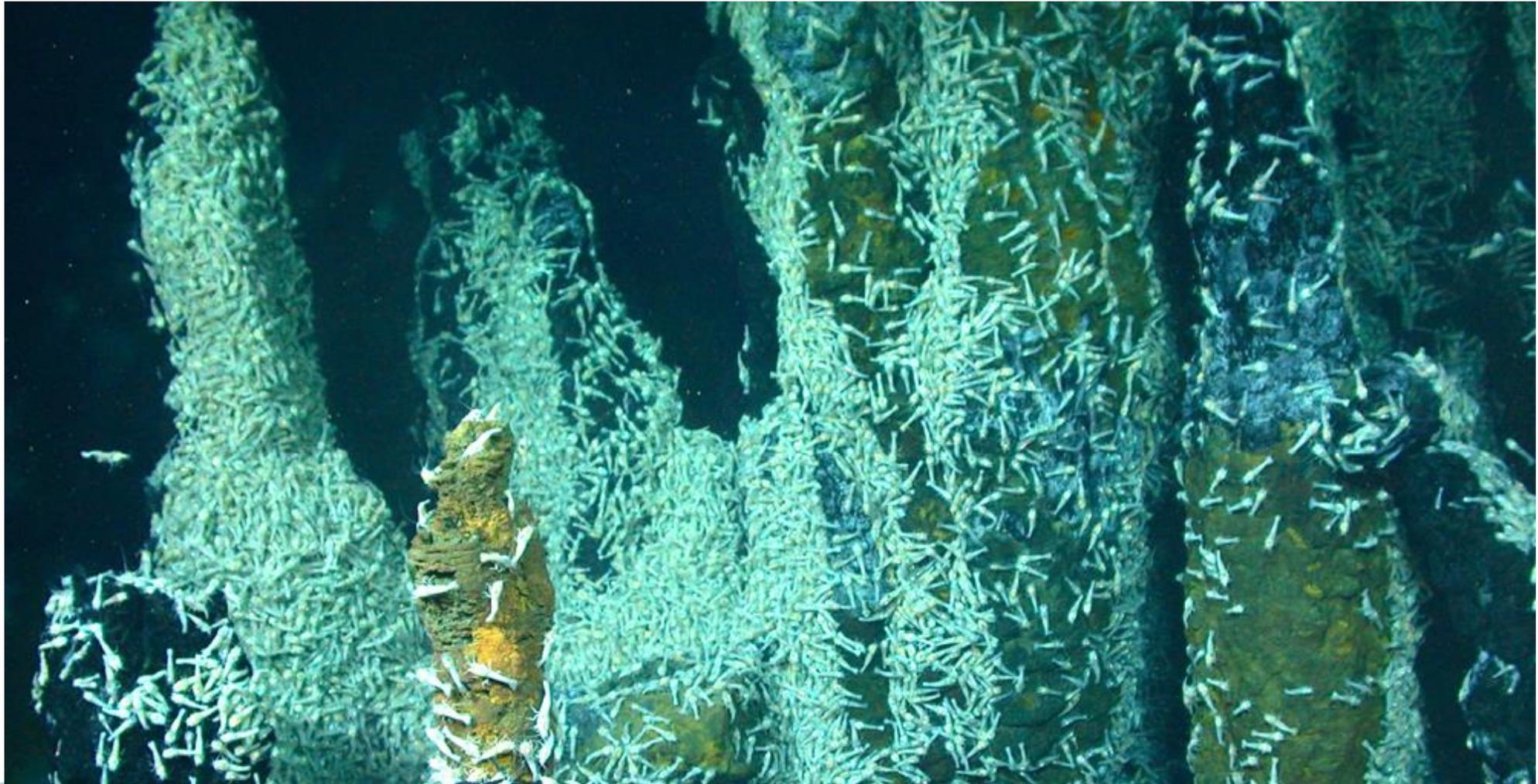
Die Biozönose am Meeresboden ist das Benthos. Im Flachmeer findet man: Seesterne, Seekurken, Plattfische, Würmer, Schnecken, Muscheln, etc.

Benthos am Kontinentalhang (Bathyal)



Kaltwasserkorallenriffe an Kontinentalabhängen (hier: Norwegische See) leben im Gegensatz zu den tropischen Korallen nur von Plankton.

Benthos in der Tiefsee

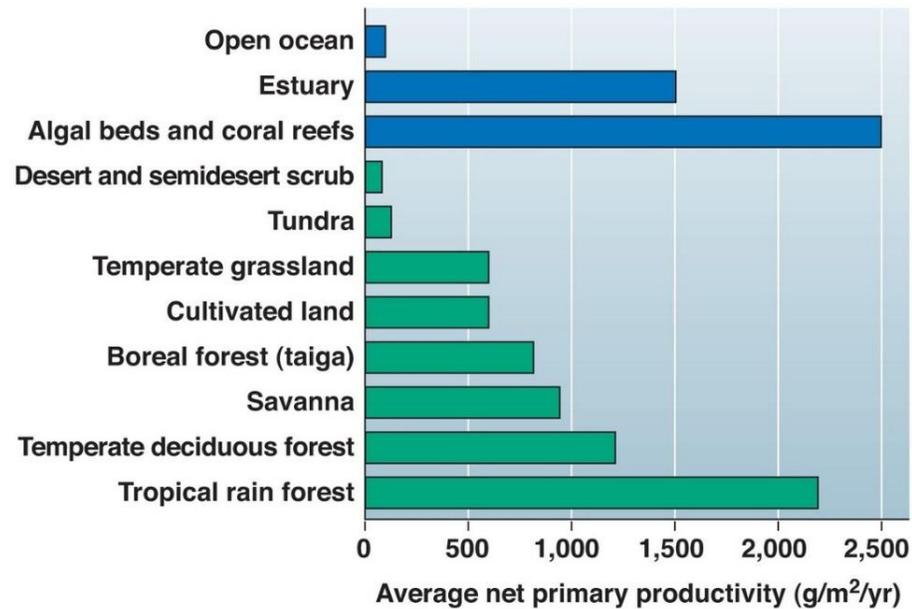


Garnelen leben an hydrothermalen Quellen der Tiefsee (hier: Karibik, in 2500m Tiefe und Temperaturen von über 400 °C. Sie leben in Symbiose mit chemo-autotrophen Bakterien.

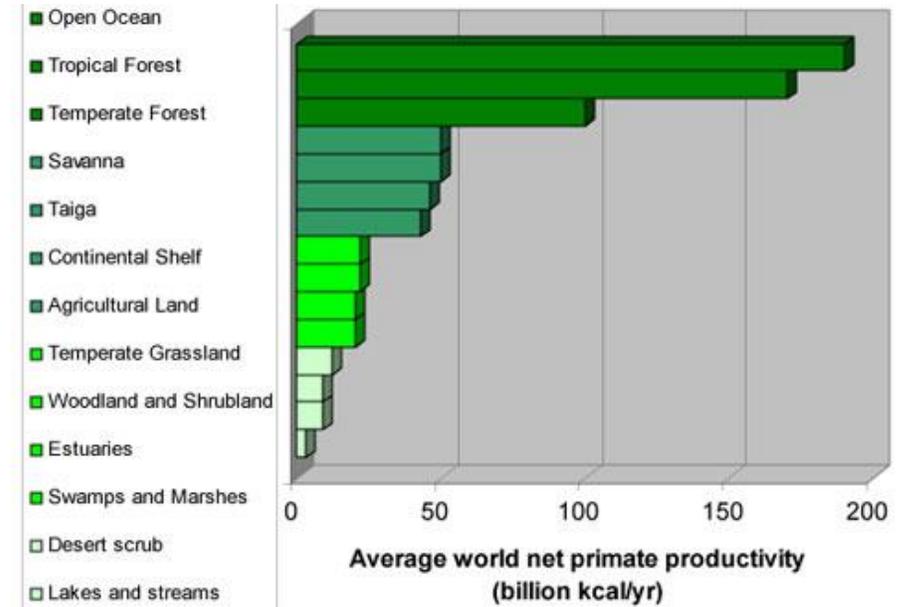
Benthos in der Tiefsee



Produktivität von Ökosystemen

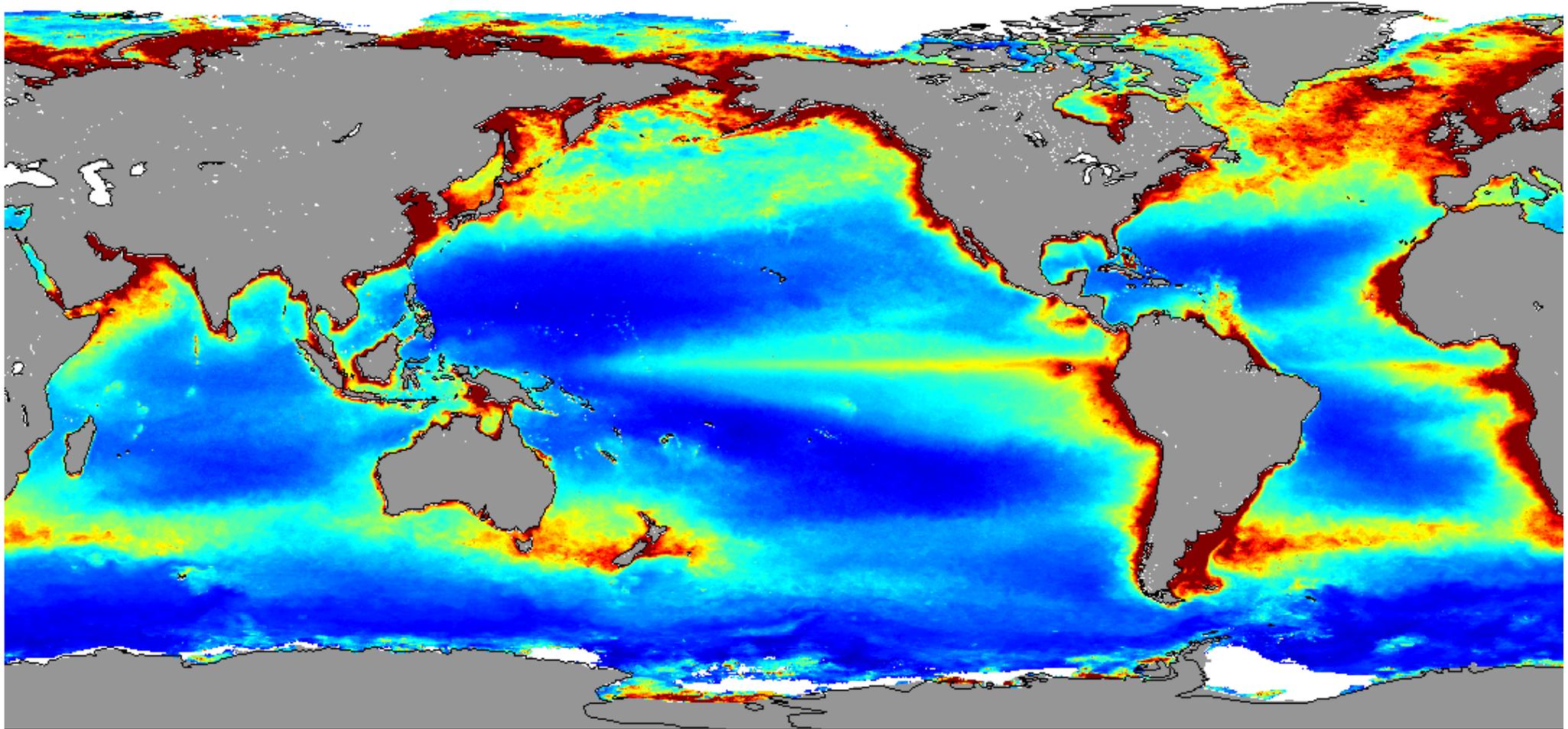


Relative Produktivität pro Flächeneinheit.



Absolute Produktivität, global.

Nettoprimärproduktion



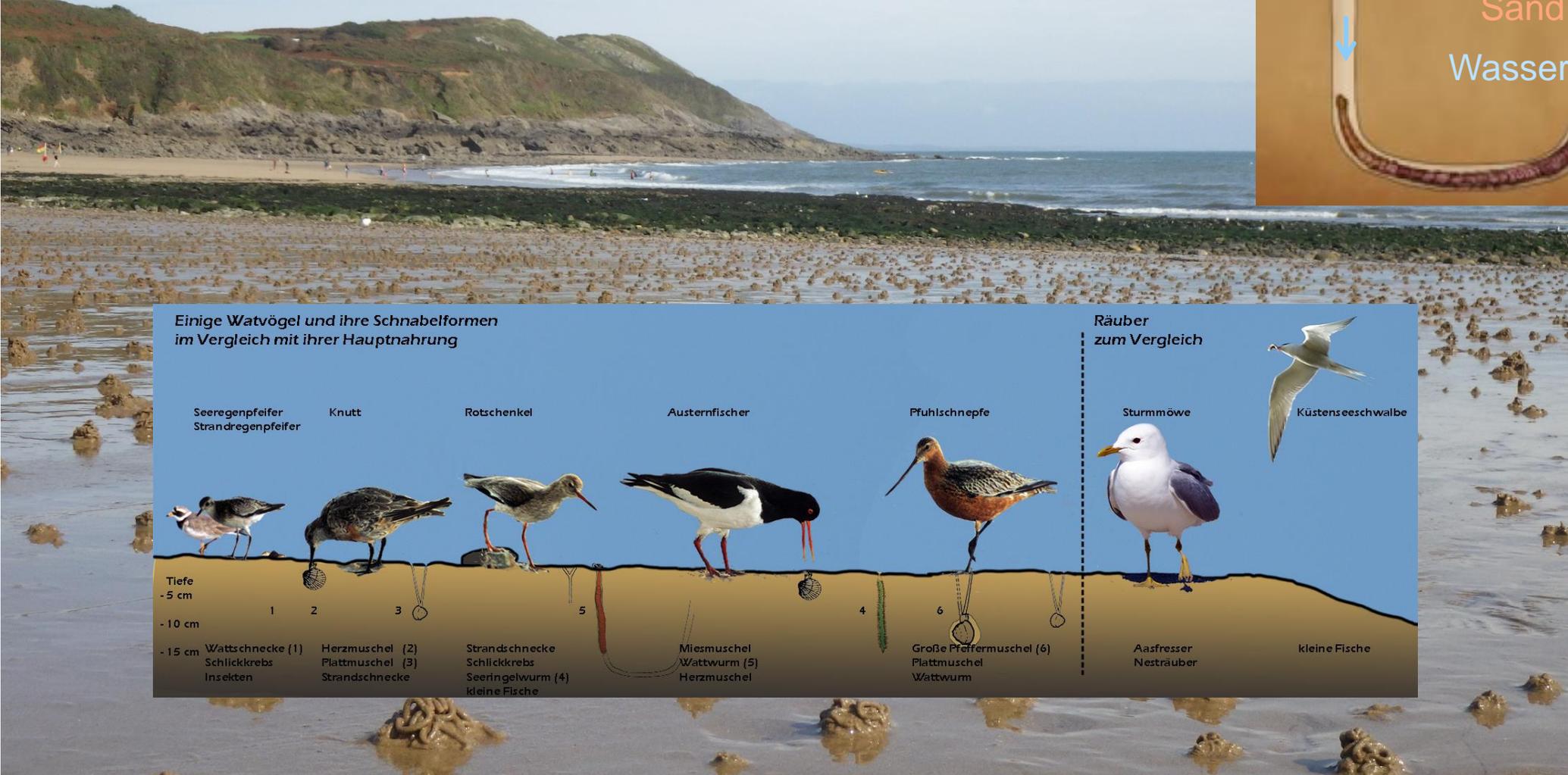
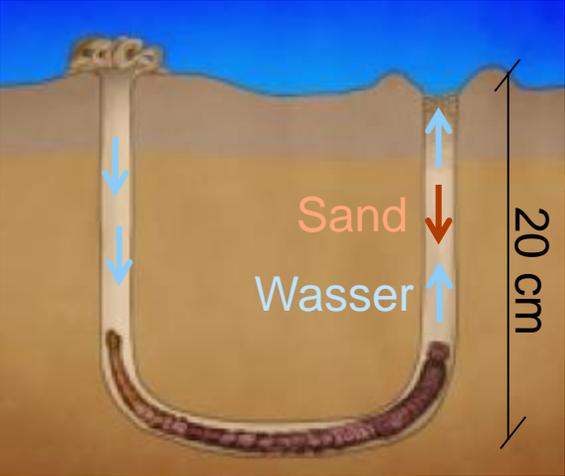
Von den Kontinenten werden Nährstoffe ins Meer gespült. Zusätzlich werden an den Westseiten der Kontinente nährstoffreiche Tiefenwässer nach oben gedrückt. Küstengewässer sind daher sehr nährstoffreich und haben eine hohe Nettoprimärproduktion.

Wattenmeer



Z Das Wattenmeer liegt im Gezeitenbereich der gemäßigten Klimazonen. Die Umweltbedingungen sind extrem: nass / trocken, heiß / kalt. Es gibt wenige Arten, diese jedoch in großer Anzahl.

Fauna im Watt



Einige Watvögel und ihre Schnabelformen im Vergleich mit ihrer Hauptnahrung

Species	Feeding Depth	Main Food
Seeregenpfeifer / Strandregenpfeifer	~5 cm	Wattschnecke (1)
Knutt	~5 cm	Schlickkrebse, Insekten
Rotschenkel	~5 cm	Herzmuschel (2), Plattmuschel (3), Strandschnecke
Austernfischer	~5 cm	Schlickkrebse, Seeringelwurm (4), kleine Fische
Pfuhlschnepfe	~10 cm	Miesmuschel, Wattwurm (5), Herzmuschel
Pfuhlschnepfe	~10 cm	Große Pfeffermuschel (6), Plattmuschel, Wattwurm
Sturmmöwe	Surface	Aasfresser, Nesträuber
Küstenseeschwalbe	Surface	kleine Fische

Der leblose Eindruck täuscht: das Wasser vom Festland ist reich an Mineralien -> Nahrung für Algen. Wattwürmer filtrieren Algen aus 4000 t Sand pro ha und Jahr -> Nahrung für (Zug)vögel.

Wichtiges marines habitat



Mangroven



Mangroven wachsen in der Gezeitenzone der Tropen. Sie sind das tropische Gegenstück des Wattenmeeres. Wie auch das Watt sind sie eine Kinderstube für viele Fische, Garnelen und Krebse.



Mangrove



Mangrove ist der Sammelbegriff für etwa 50 Baumarten der tropischen Gezeitenzone. Anpassungen: Standfestigkeit durch ausladendes Wurzelwerk, Luftwurzeln zur O_2 Aufnahme, aktive Salzausscheidung, schwimmende Keimlinge.

Garnelenzucht



Shrimp-farms am Monkey River (Belize). Weltweit sind 30% der Mangrovenwälder abgeholzt. Tendenz: rasant zunehmend.

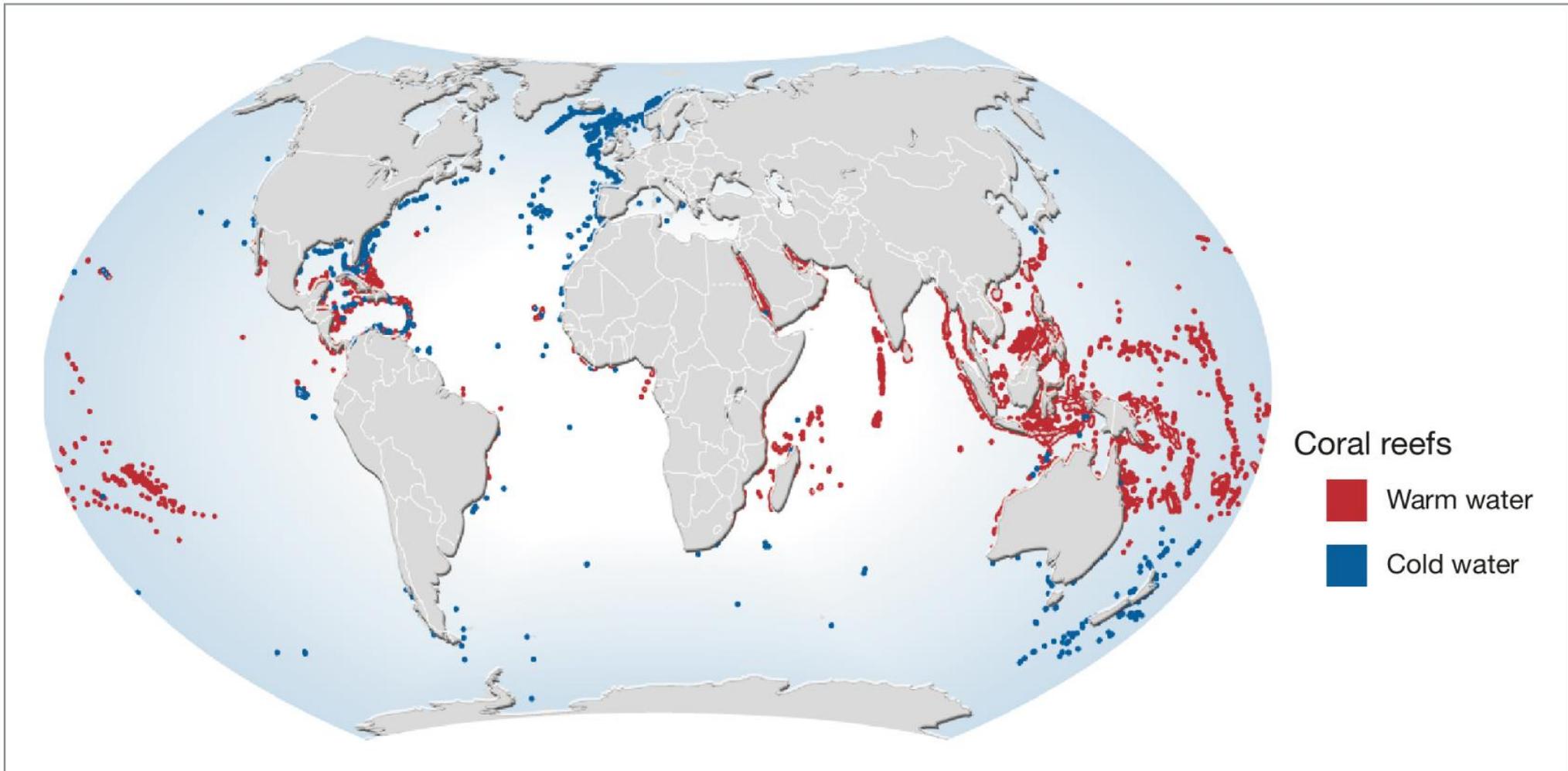
Tourismus



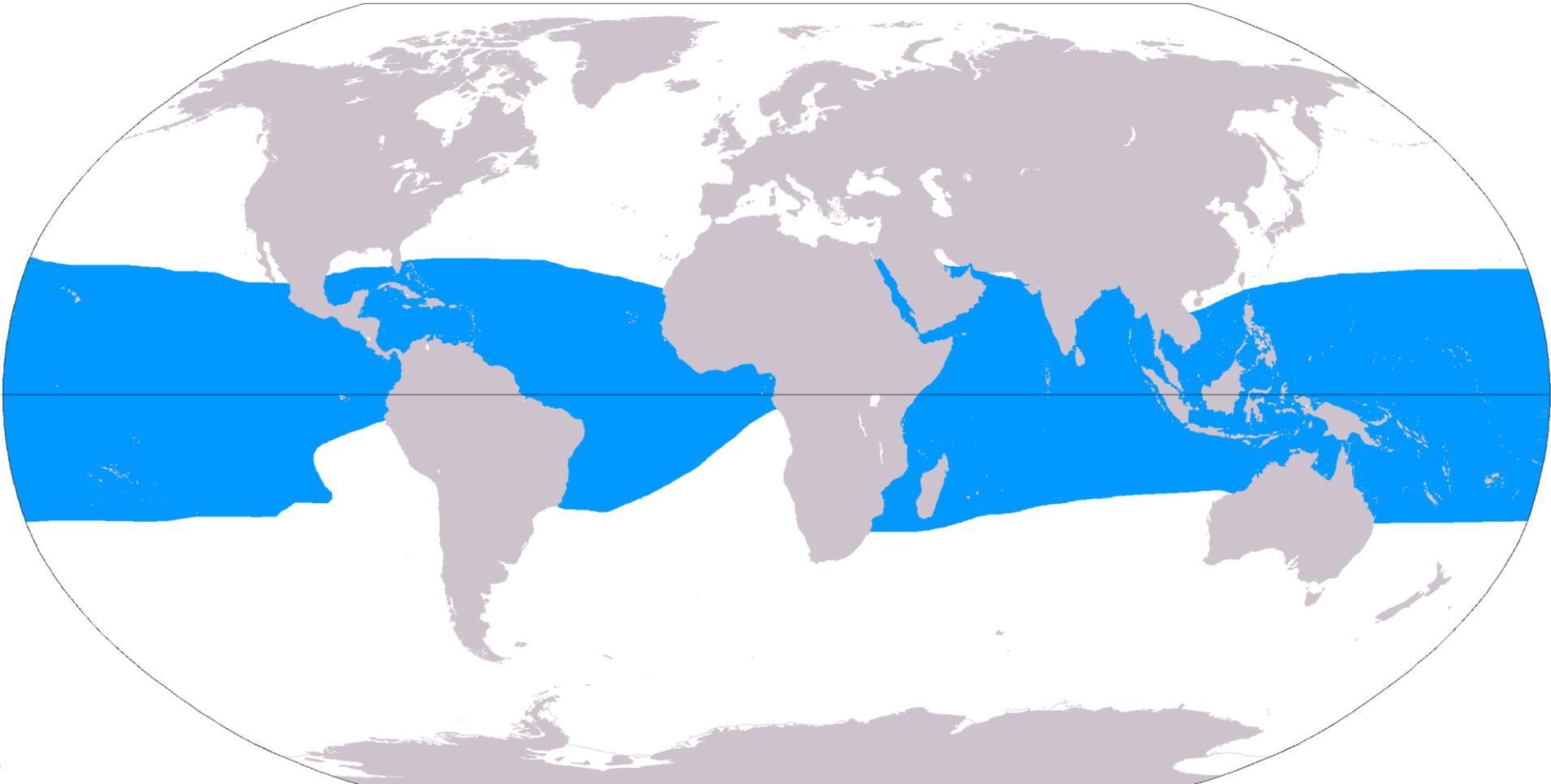
Korallenriffe

Figure 1: Map of coral reefs

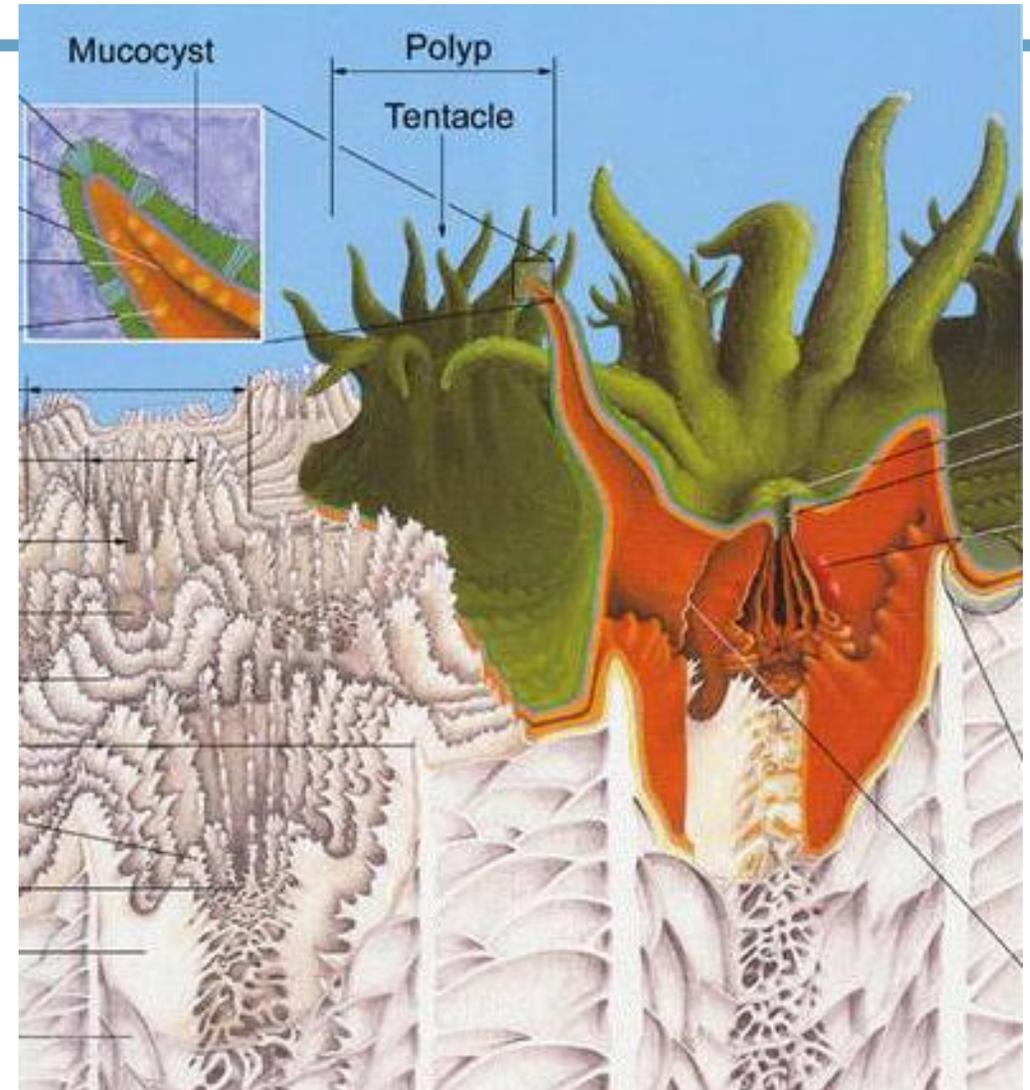
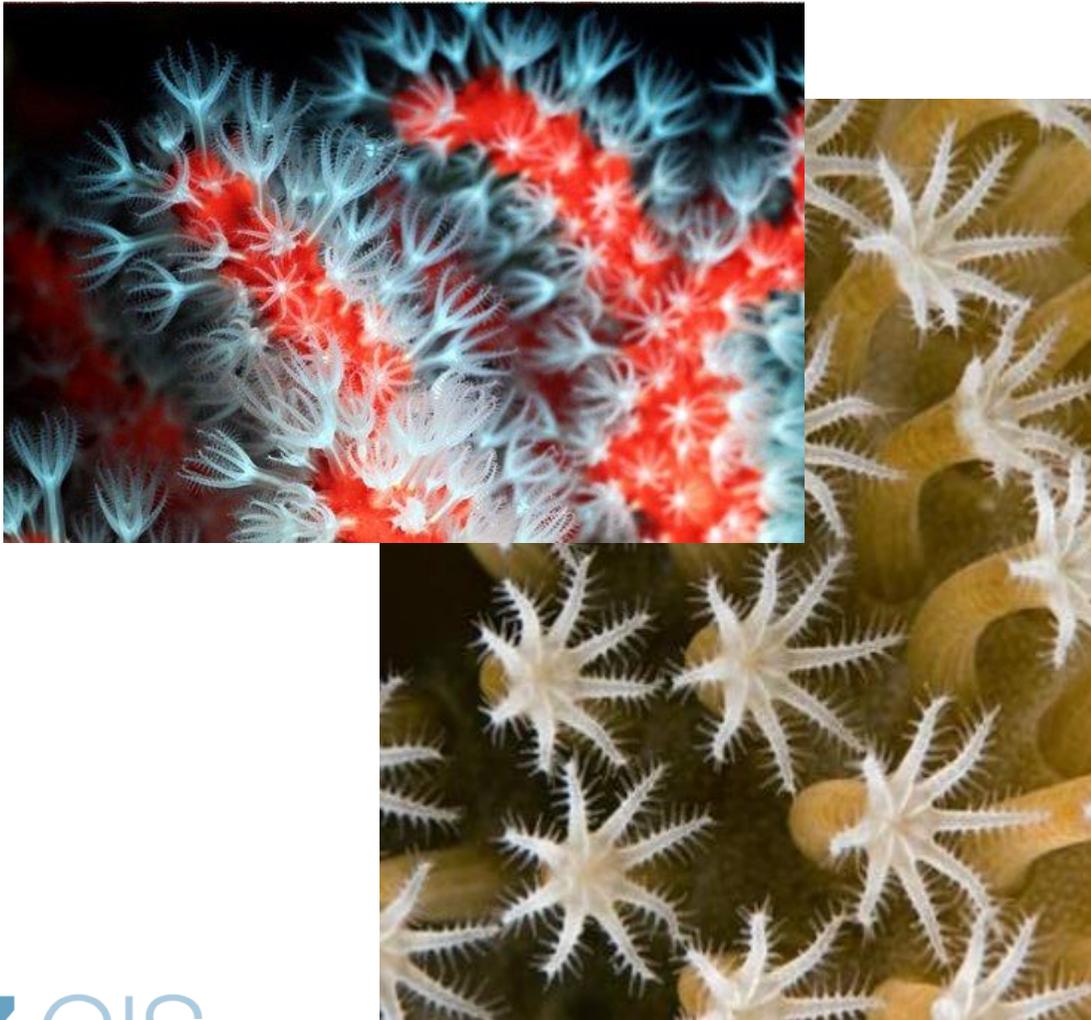
Source: Bryant et al. (1998)



Korallenriffe



Korallenriffe



Die Riffbaumeister: Korallen-Polypen sind nur wenige Millimeter groß. Sie fangen Plankton, einen Großteil ihrer Nährstoffe bekommen sie aber von symbiontischen, einzelligen Algen.

Korallenriffe

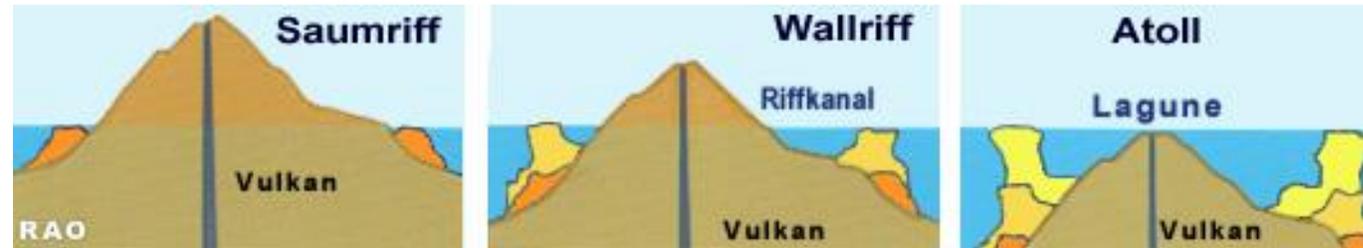


Korallenbleiche



Bei Meerestemperaturen $>29^{\circ}\text{C}$ beginnt der Algensymbiont stressbedingte Giftstoffe zu produzieren -> wird vom Polypen abgestoßen -> Korallen bleichen aus und sterben langsam ab.

Korallenriffe



Beachtliche Dimensionen: das Great Barrier Reef vor Australien erstreckt sich über 2.300 Kilometer. Atolle sind ebenfalls Korallenriffe an den Flanken unterseeischer Vulkane.

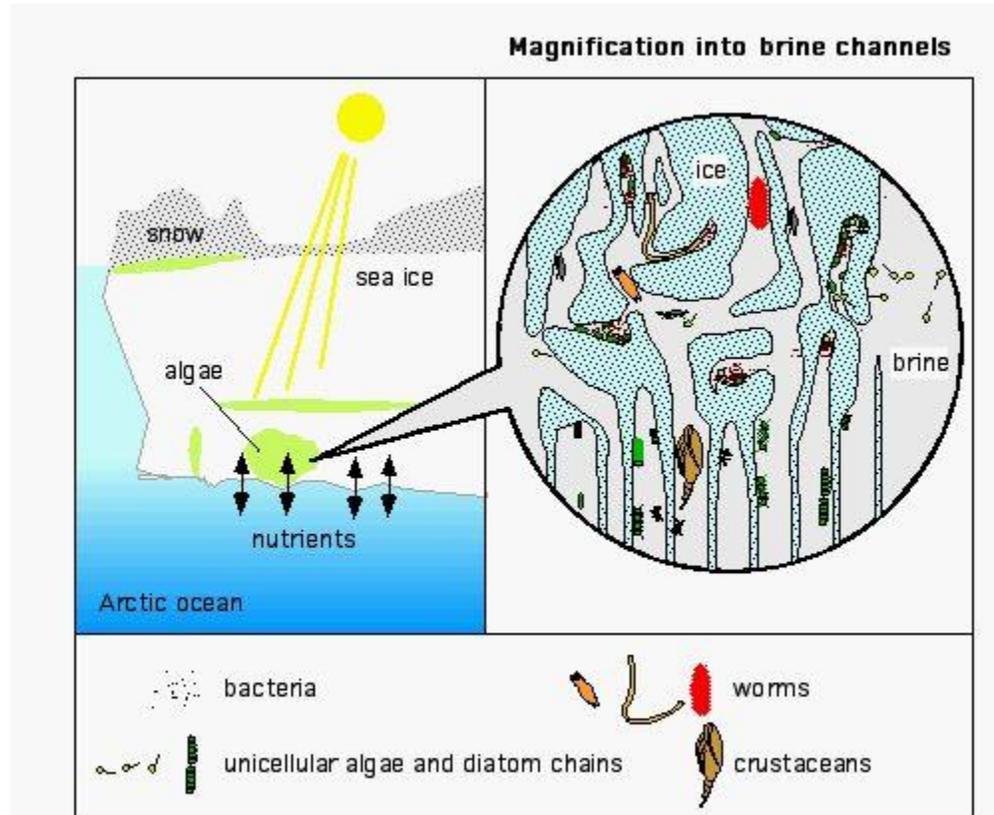
Lagunen

Eine Lagune ist ein flaches Gewässer, das durch Sandablagerungen oder Korallenriffe vom Meer weitgehend oder vollständig abgetrennt ist.

Je nach Verbindung zum Ozean und den klimatischen Verhältnissen ist das Wasser brackig bis stark übersalzen.



Arktis und Südpolarmeer

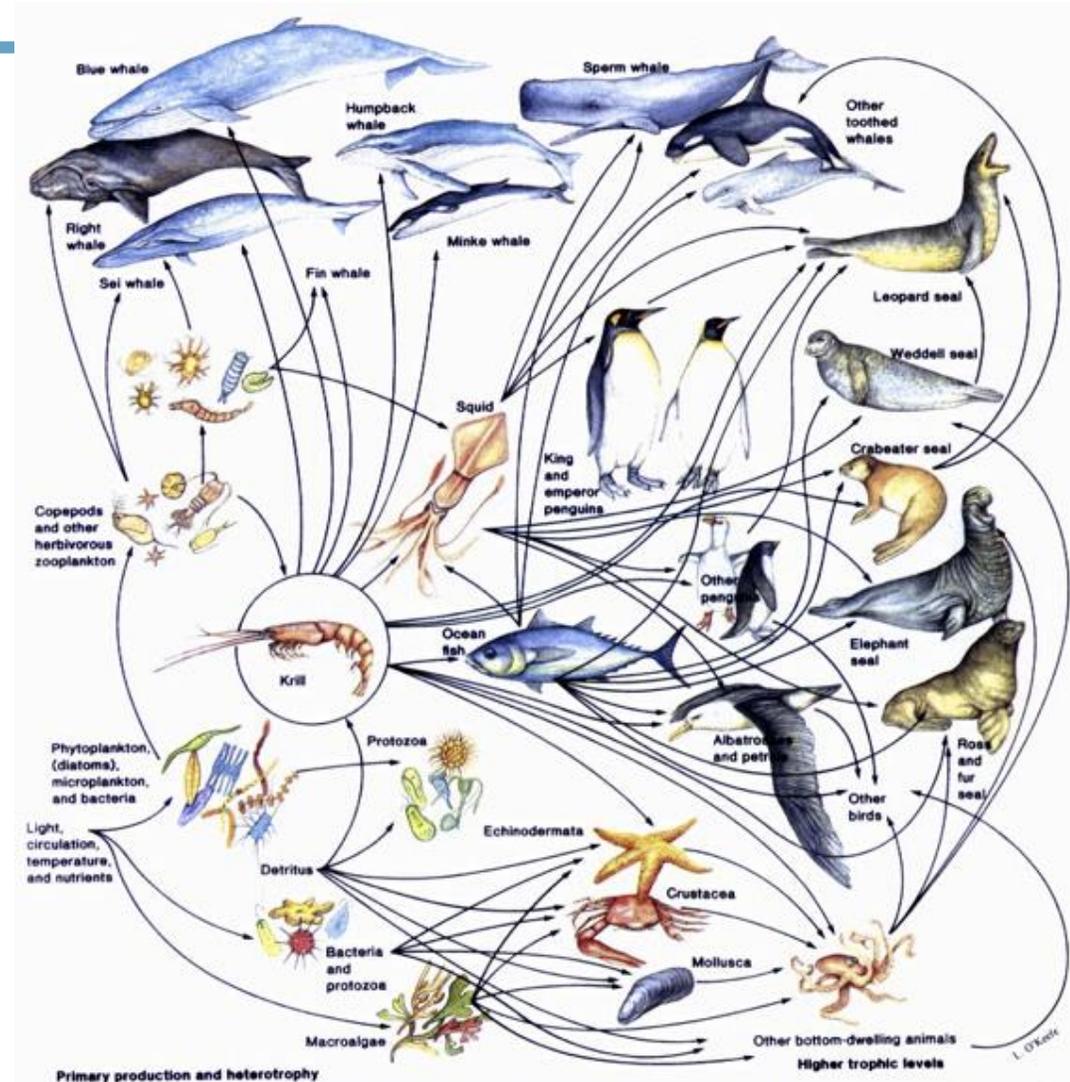


Z Polareis ist wie ein Schwamm: Wasser gefriert, in den Zwischenräumen bleibt hochkonzentriertes Salzwasser (Sole) übrig. Die unterste Schicht wird mit Nährstoffen aus dem Meer versorgt.

Südpolarmeer

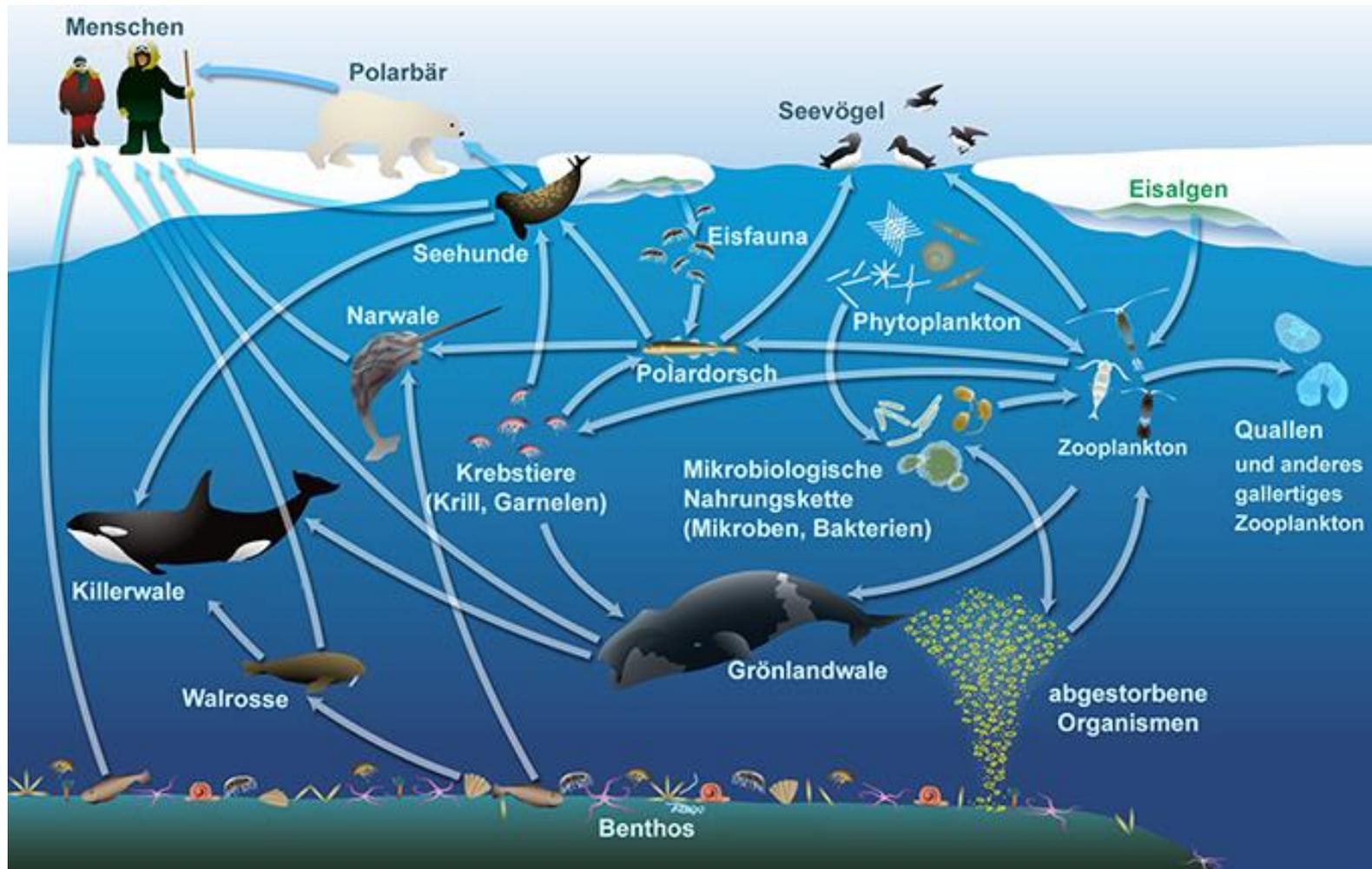


Südpolarmeer



Krill ist die direkte Nahrungsquelle von 6 Wal-, 20 Tintenfisch-, und 100 Fischarten. Trotz der extremen Bedingungen ist die Antarktis ein hoch produktives Ökosystem.

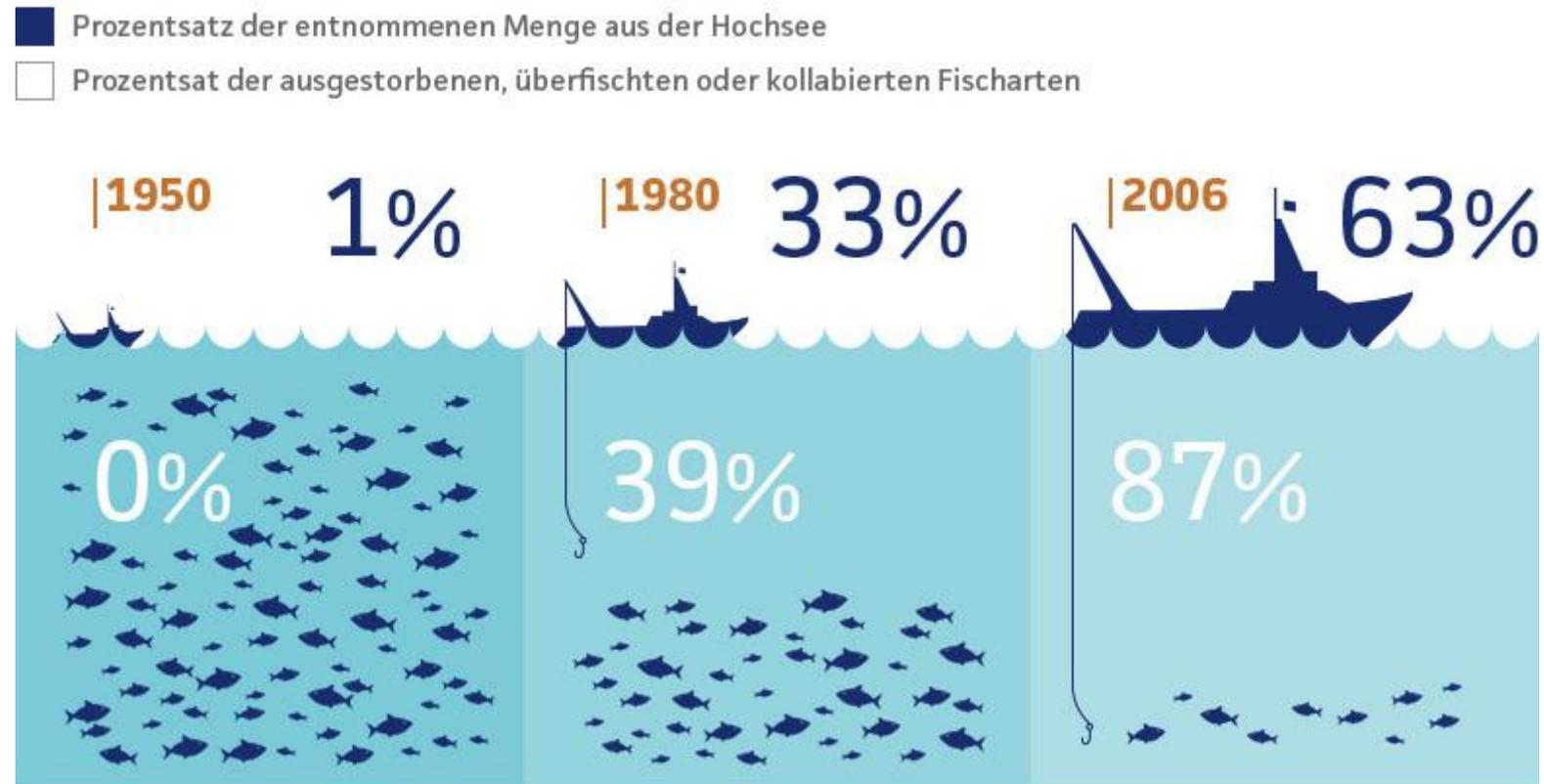
Arktisches Meer



Im arktischen Meer ist die Nahrungskette ähnlich, wenn auch mit anderen Arten: Zooplankton nimmt die Nische des Krill ein; Pinguine gibt es nicht, statt dessen Eisbären.

Überfischung

<https://www.youtube.com/watch?v=PD00Z6Yqxy0>



Plastikmüll

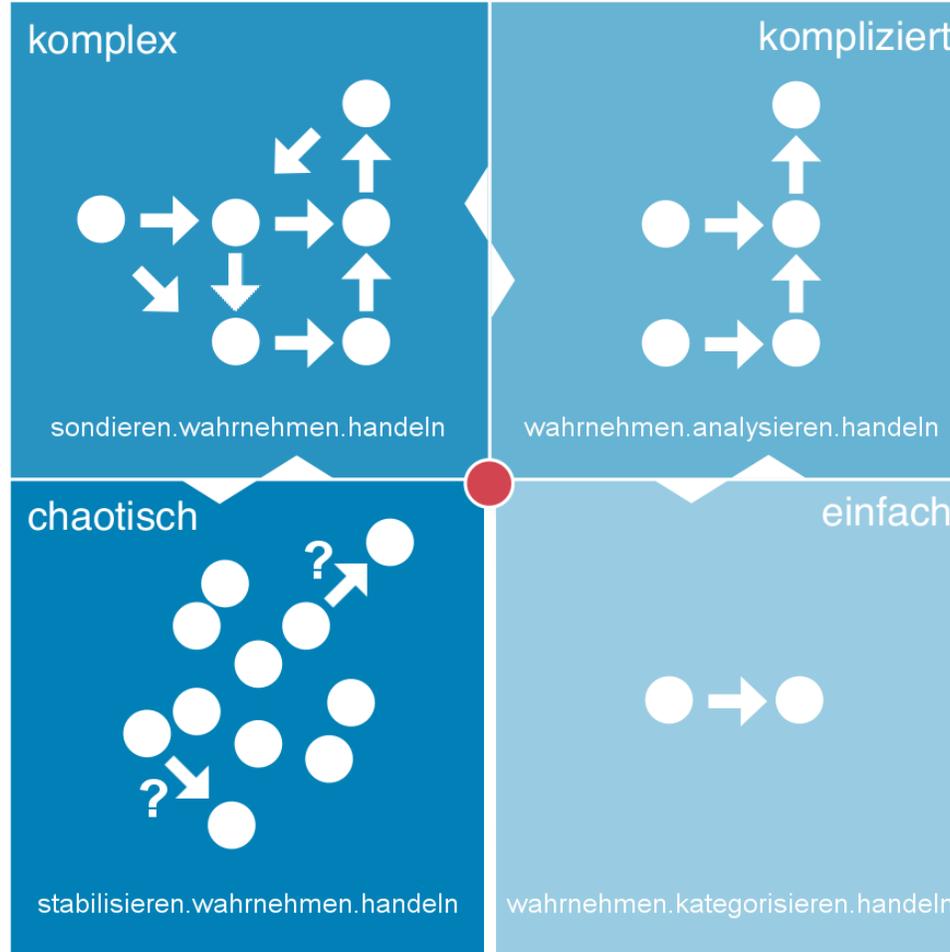
<https://www.youtube.com/watch?v=hdZxYQmu8kE>



© Midway, 2009-2010, Chris Jordan, www.chrisjordan.com



Systemtheorie: Cynifin Framework



		2				
		3	1			6
	4		2		3	
1				3		9
		5			4	
2		6				8
	9		7		4	
7			8	5		
				3		



Systemtheorie: Cynifin Framework

Zusammenhänge

Nicht-linear, Feedback

Herangehensweise

Simulation, Szenarien

Lösung

Wahrscheinlichkeiten
abschätzen, Hebel
finden

Zusammenhänge

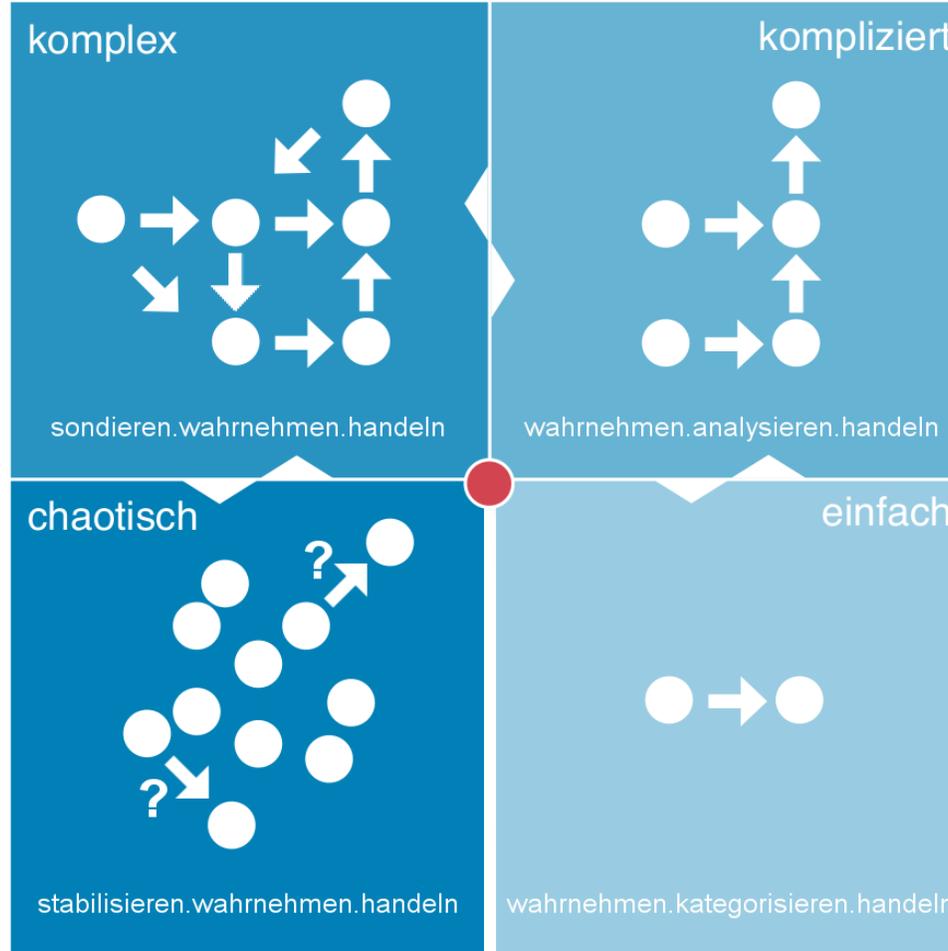
keine

Herangehensweise

Versuch & Irrtum

Lösung

Mit Glück geht's



Zusammenhänge

Ursache -> Wirkung

Herangehensweise

Analyse

Lösung

Mehrere Lösungswege,
"good practice"

Zusammenhänge

eindeutig, unidirektional,
einschichtig

Herangehensweise

rigides Regelwerk

Lösung

eindeutig richtig / falsch;
"best practice"

Komplexes System - Beispiel 1: Ökosystem Wald

Im Forsthausener Wald pflanzt Förster Andreas für jeden entnommenen Baum einen neuen.



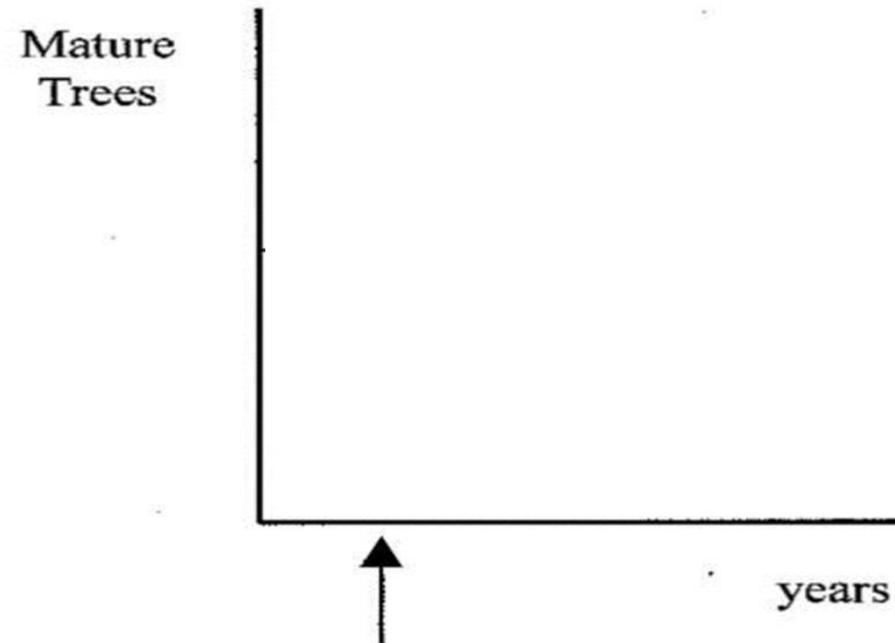
Komplexes System - Beispiel 1: Ökosystem Wald

Als Förster Kevin den Forsthausener Wald übernimmt, pflanzt auch er für jeden entnommenen Baum einen neuen. Doch er entnimmt einen Baum pro Jahr mehr.



Komplexes System - Beispiel 1: Ökosystem Wald

Wie entwickelt sich die Bestandsmasse im Forsthausener Wald?

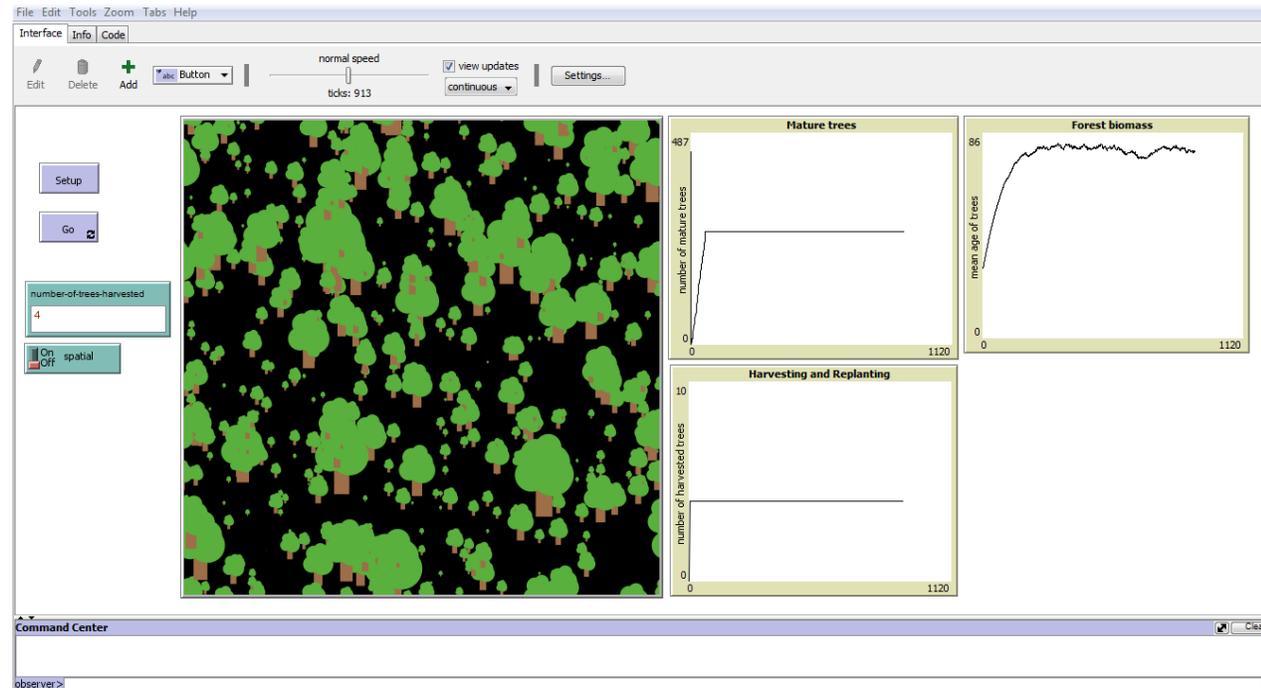


The step-increase in
harvesting occurs here.

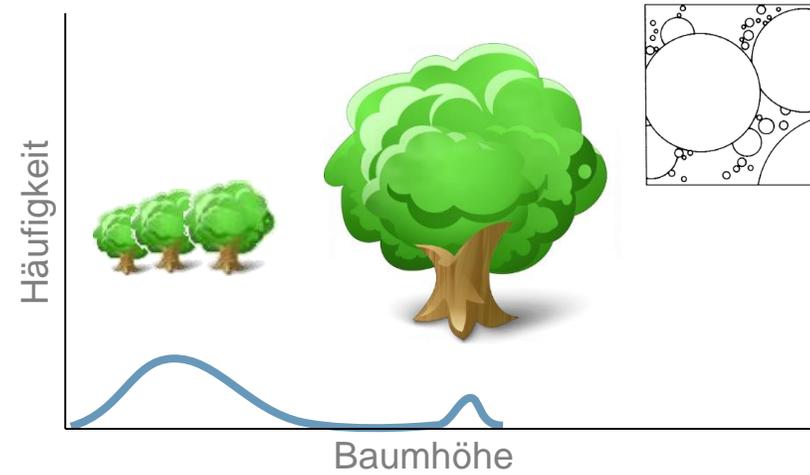
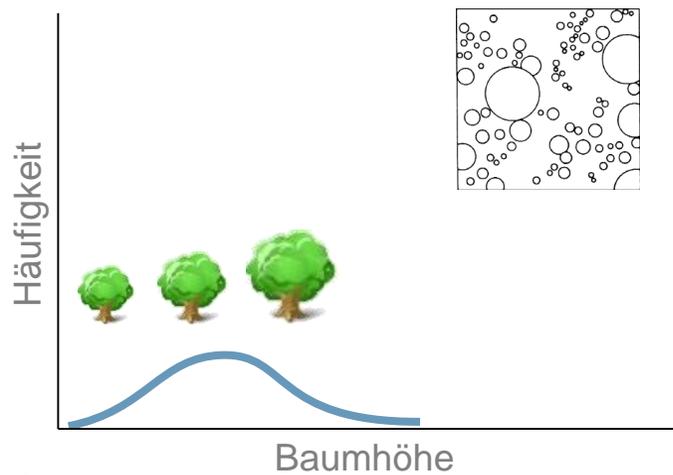
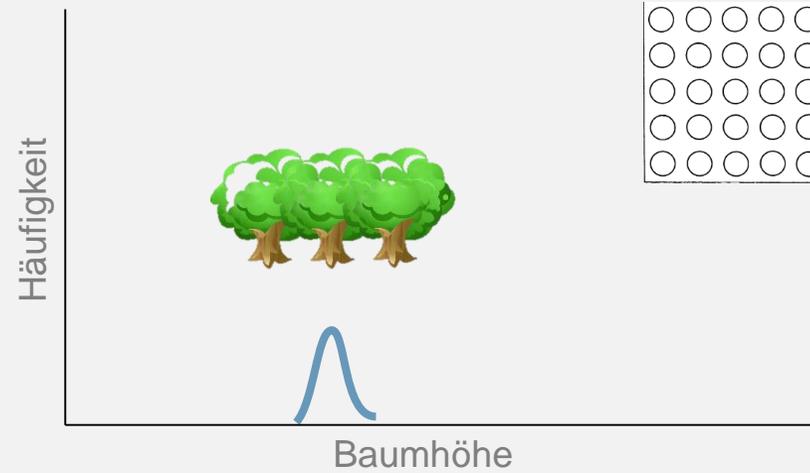
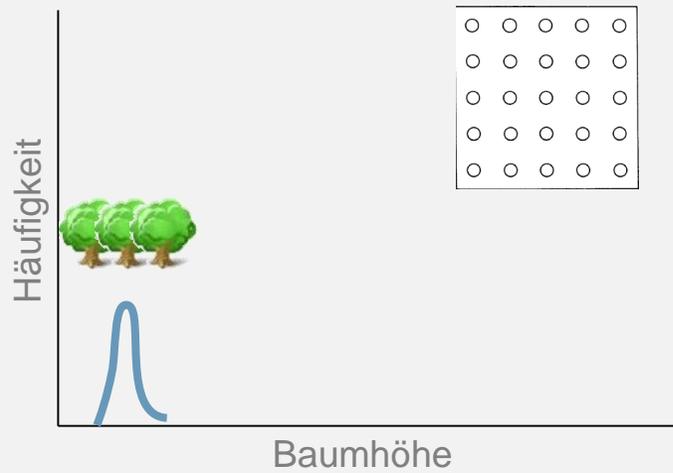
Komplexes System - Beispiel 1: Ökosystem Wald

Netlogo: Open Source Simulations Software

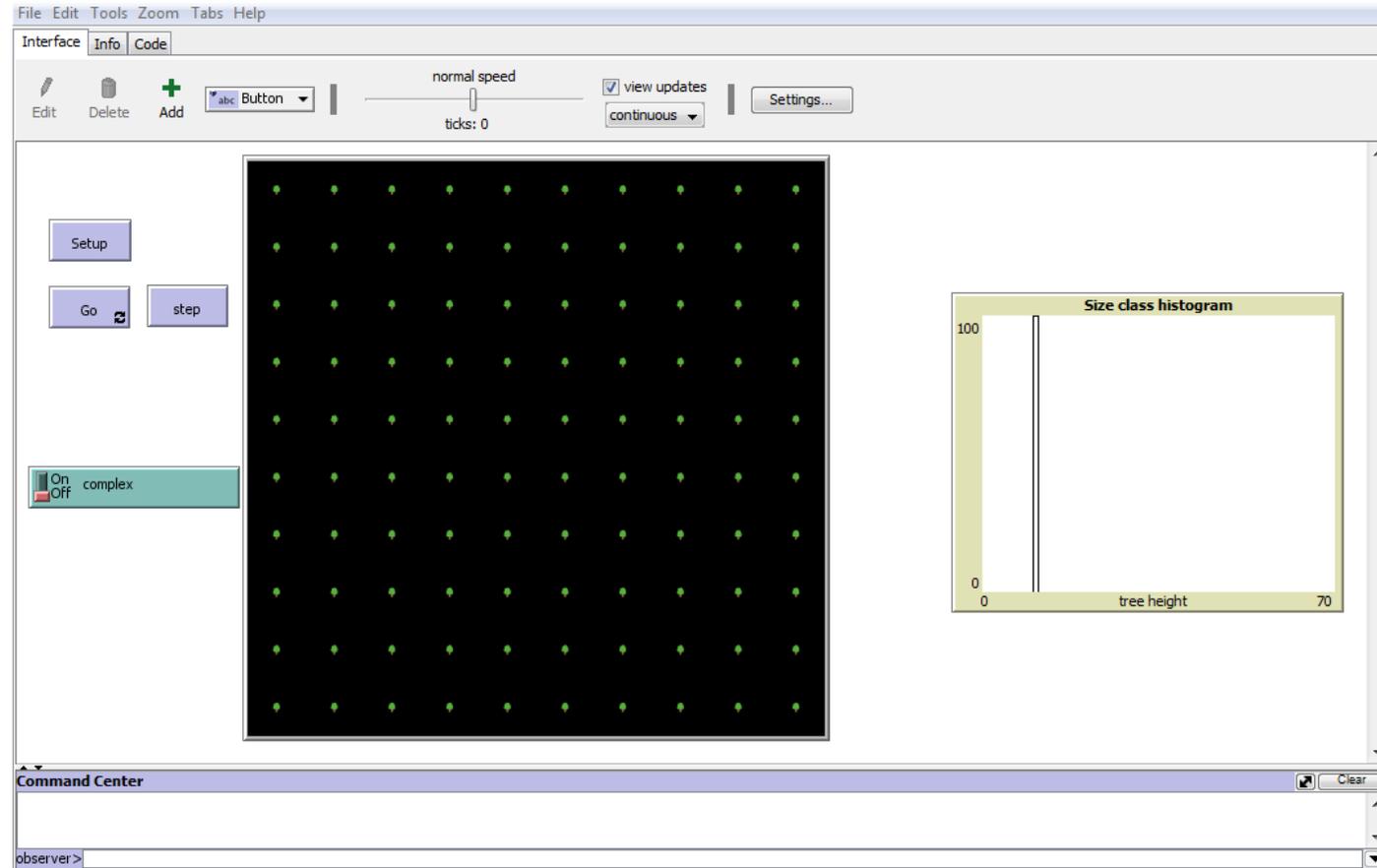
Das Modell ist in den Moodle Unterlagen. Wenn Sie möchten, laden Sie NetLogo <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/> herunter und experimentieren Sie selbst!



Komplexes System - Beispiel 2: noch einmal Wald



Komplexes System - Beispiel 2: noch einmal Wald



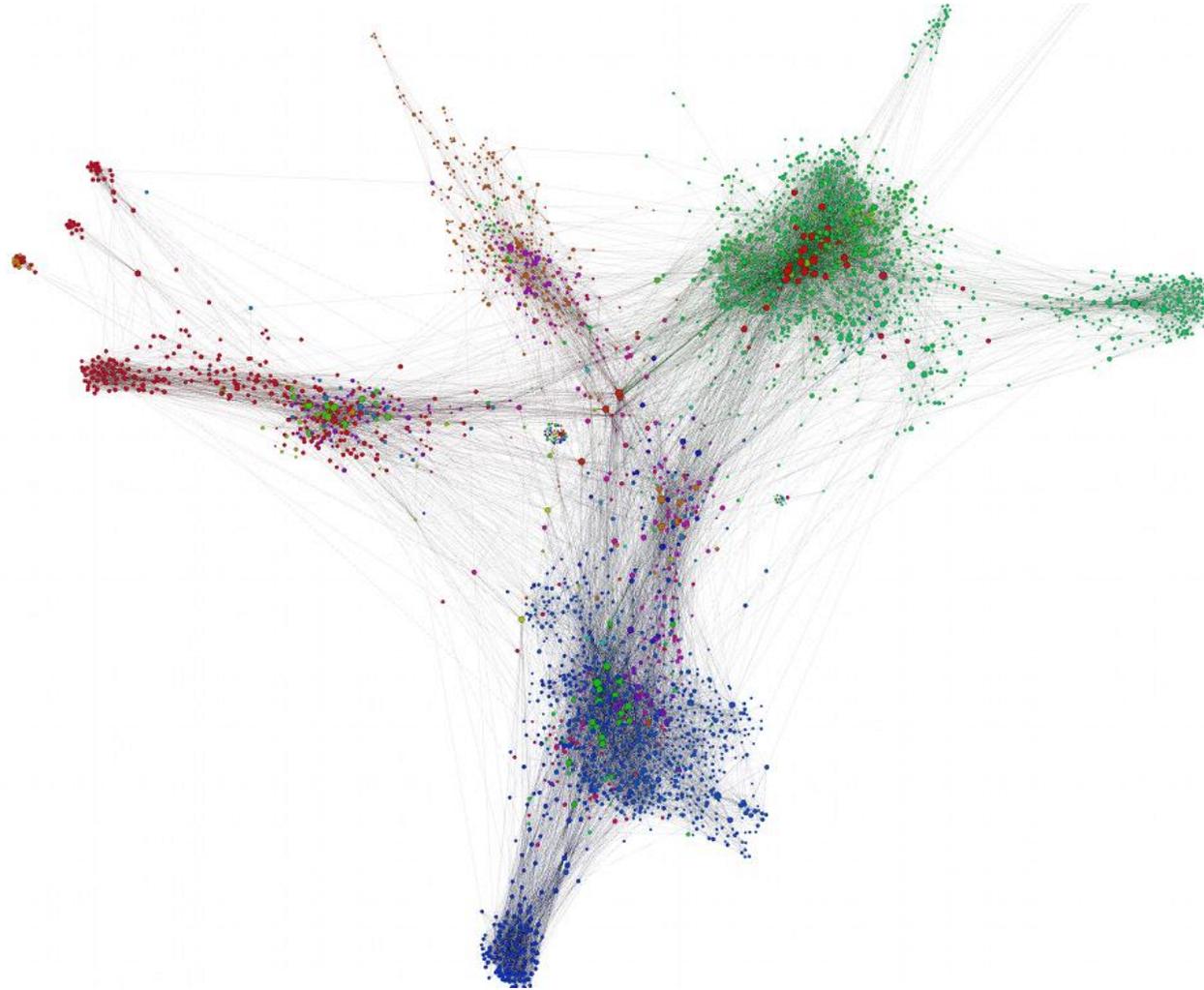
Komplexes System – Beispiel 3: Was wird passieren?

Die Anleitung:

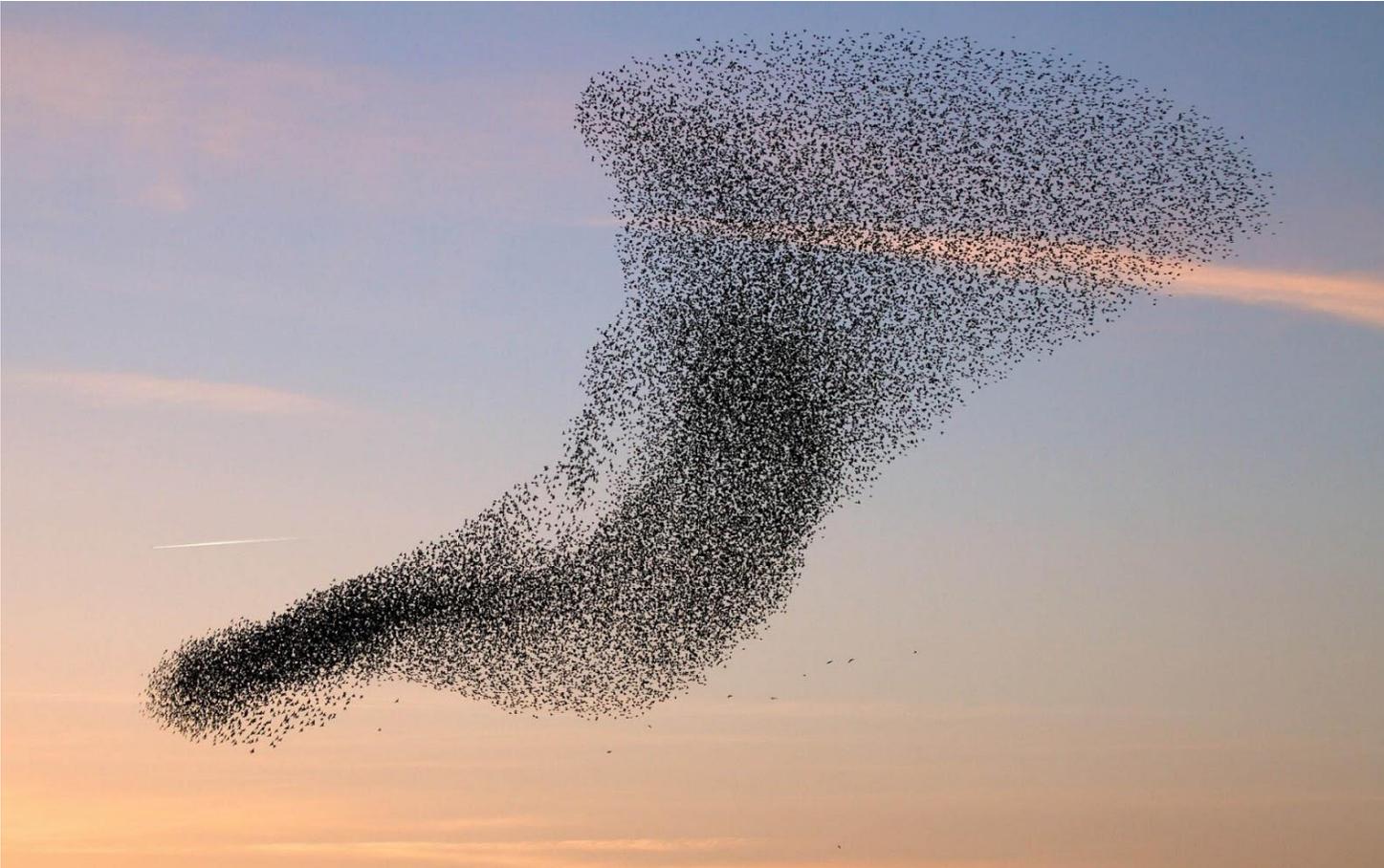
- Jeder sucht sich heimlich zwei Partner aus: einen Außenspieler und einen Mittelspieler.
- Alle Personen verteilen sich im Raum.
- Jeder muss sich nun so im Raum bewegen, um “seinen” Mittelspieler auf einer Linie zwischen sich und seinem Außenspieler zu positionieren.

Was wird passieren?

Eigenschaften komplexer Systeme



Emergenz



Ein (räumliches) Muster, das durch ungeleitete Selbstorganisation einer tieferen System-Ebene entsteht.

Hier: Tausende von Staren formen sich zu einem Schwarm.

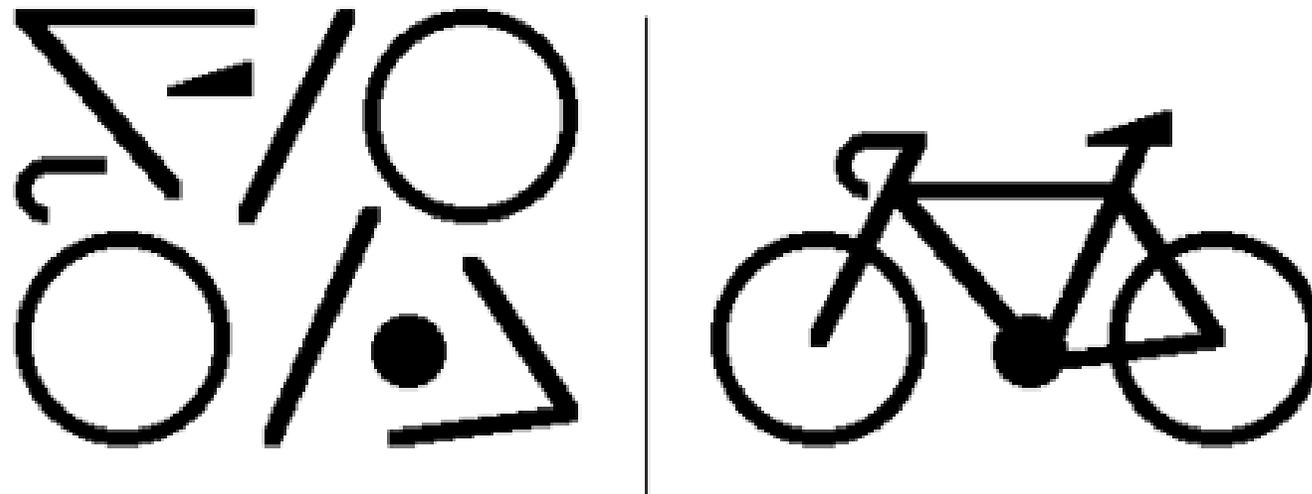
Selbst-Organisation

https://www.youtube.com/watch?v=UAqZjQ_uEWs



Es gibt keine zentrale Steuerung.
Die Ordnung auf Systemebene entsteht einzig durch die lokale Interaktion von Individuen – gesteuert durch simple Regeln.

Die Summe ist mehr als die Einzelteile / Individuen



Komplexe Systeme

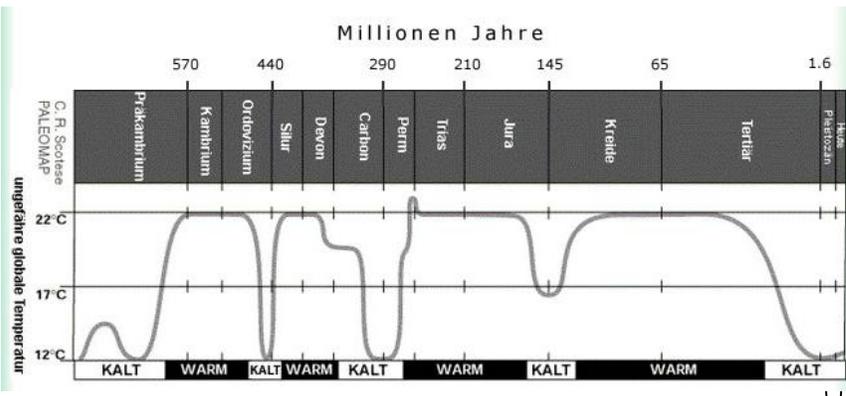
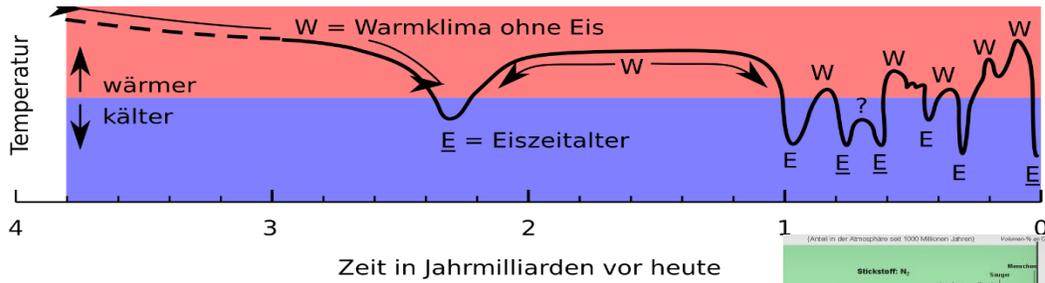
Sind Systeme, die aus eigenständigen, heterogenen Individuen bestehen
-> soziale Systeme, ökologische Systeme; sozio-ökologische Systeme

Komplexe Systeme..

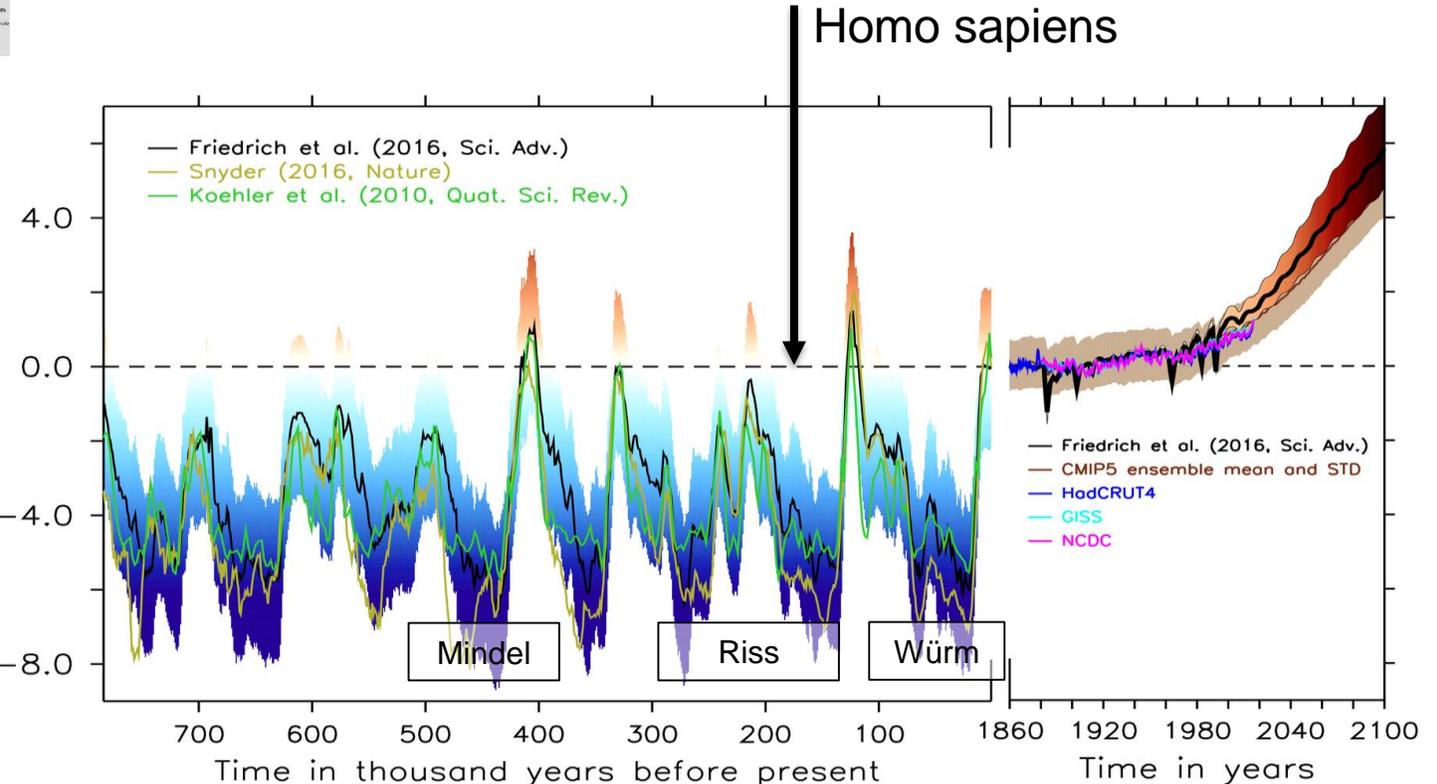
- Sind emergent, adaptiv und selbstregulierend
- Haben nicht-lineare Rückkoppelungen
- Haben ein fein abgestimmtes Regelwerk aus 'bottom-up' und 'top-down' Prozessen
- Entziehen sich einer reduktionistischen, analytischen Herangehensweise ("Ursache -> Wirkung") komplizierter Systeme
- Erfordern eine holistische Betrachtung des gesamten, multiskalaren Wirkungssystems
- Sind nicht (immer) intuitiv vorhersagbar

Komplexe Probleme - Klimasystem

Eis - Zeitalter treten im Abstand von etwa **150 Mio.** Jahren auf und dauern ca. **50-65 Mio.** Jahre. Kaltzeiten: -4 / Warmzeiten $+14^{\circ}\text{C}$ von heute. Jetzt: Eiszeitalter Quartär
Eis - Epochen dauern etwa **2,4 Mio.** Jahre. Kaltzeiten: -5°C / Warmzeiten: $+2^{\circ}\text{C}$ von heute. Jetzt: Eisepoche
Eiszeit - Zyklen dauern etwa **100 bis 125.000 Jahre**, die interglazialen Warmzeiten nur etwa 15 bis 20.000 Jahre. Kaltzeiten: -8°C / Warmzeiten: $+3^{\circ}\text{C}$ von heute. Jetzt Warmzeit (Holozän).

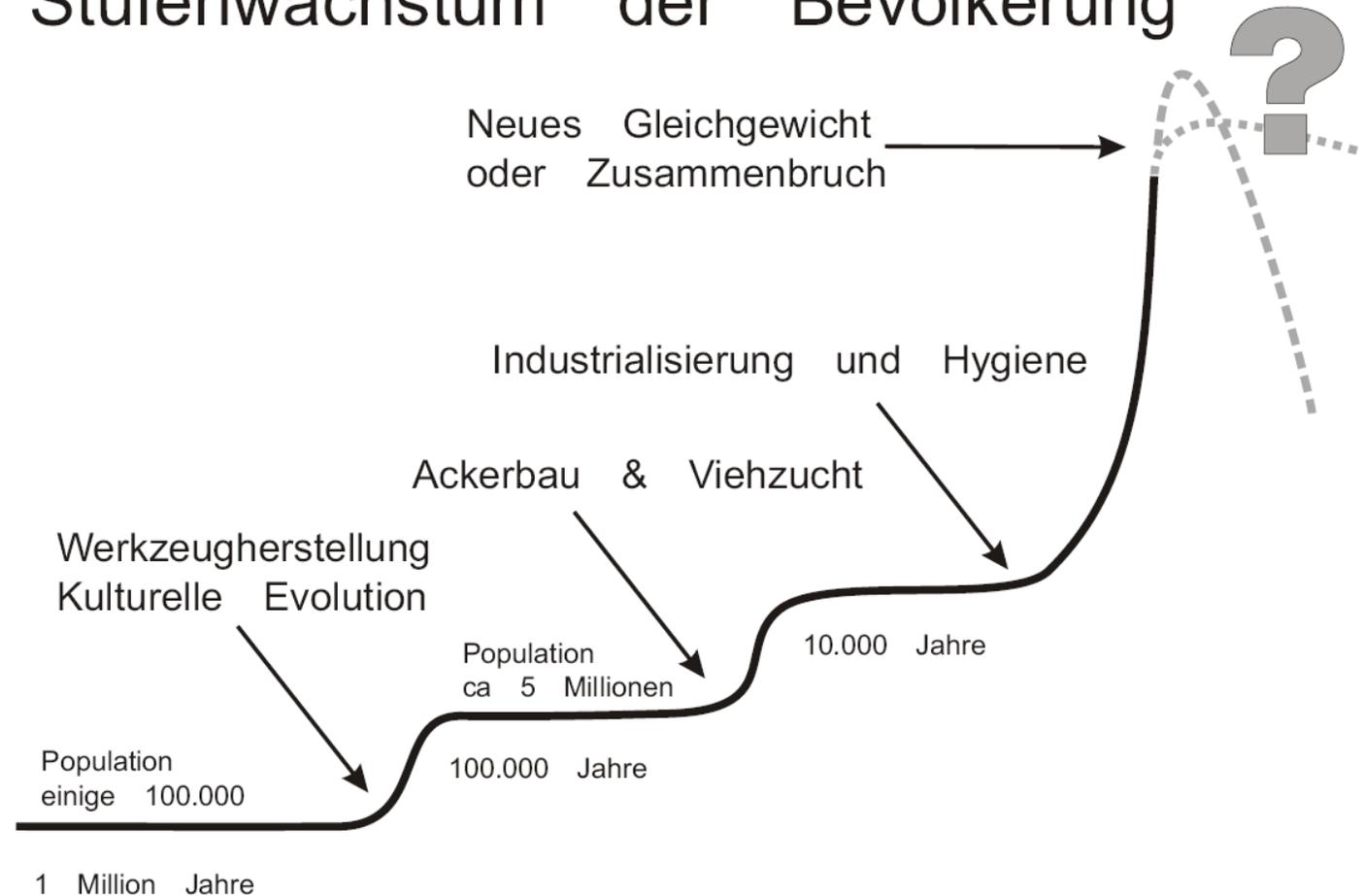


global-mean temperature anomaly (K)



Komplexe Probleme - Gesellschaftssystem

Stufenwachstum der Bevölkerung

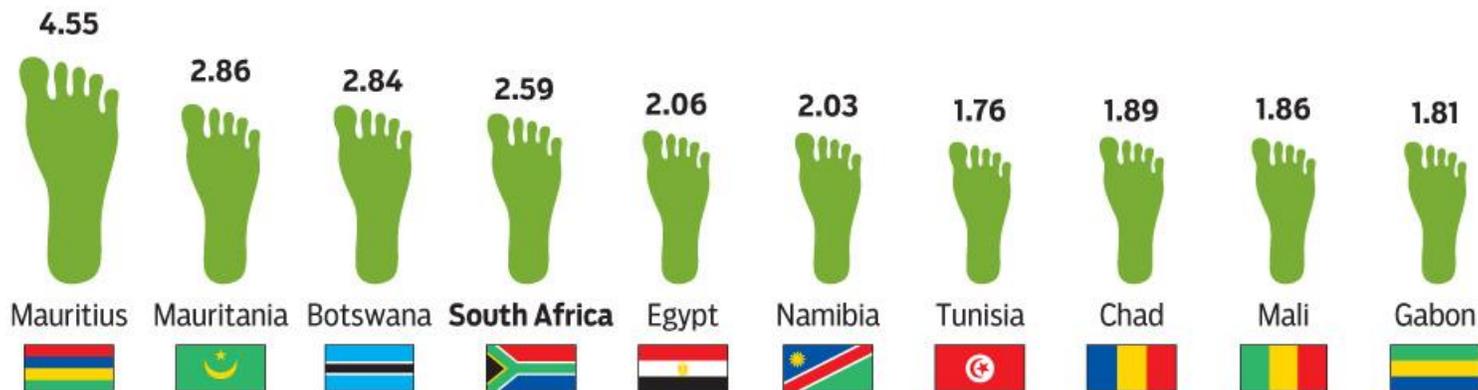


Komplexe Probleme – Sozio-ökologische Systeme

Top 10 countries with the biggest ecological footprint per person



Top 10 African countries with the biggest ecological footprint per person



Club of Rome „Grenzen des Wachstums“ – World 3 model

Szenario
Business as usual

