



Forschung

Dimethylsulfid aus Algen

Die Klimaauswirkung von Phytoplankton und ozeanischen Ökosystemen



1. Das Meer ist nicht nur eine riesige Wasserfläche, sondern ein Raum voller Leben und steht in ständigem Austausch mit der Luft. Photo: Tom Bell

Der Wald, die Ozeane und der Geruch des Meeres

Von den Bäumen wissen wir, dass sie Kohlendioxid aufnehmen um zu wachsen und dass sie gewisse Geruchsstoffe aussenden, den Geruch des Waldes. Wenn Bäume duften, dann setzen sie bestimmte organische Substanzen frei. Die Pflanzen in den Ozeanen tun dasselbe. Sie nehmen Kohlendioxid auf und du kannst die See förmlich riechen, wenn du der Küste näher kommst. Natürlich ist es nicht das Wasser, was riecht, sondern bestimmte Gase, die von den Algen (Phytoplankton) abgegeben werden.



2. *Chaetocerus eibonii* ist ein Diatom

Eines dieser Gase in organischen Substanzen ist Dimethylsulfid (DMS). Es wird unter anderem von einzelligen Algen freigesetzt, die im Meer treiben. Wir nennen diese Algen "Phytoplankton". Phytoplankton kann ganz verschiedene Formen und Gestalten haben. Die Organismen gehören sehr oft zu einer der beiden Hauptgruppen "Diatoms" oder "Dinoflagellaten".



3. *Dinophysis dens* gehört zu den Dinoflagellaten

Wenn du mehr über Phytoplankton erfahren oder Bilder anschauen möchtest, besuche bitte die englische Webseite von Mats Kuylenstierna und Bengt Karlson, von der auch diese beiden Bilder stammen. <http://www.marbot.gu.se/sss/SSShome.htm>

Die Biomasse in den Ozeanen ist um etwa einen Faktor 1000 niedriger als die an Land.

Andererseits lebt Phytoplankton für nur etwa eine Woche und stirbt dann wieder. Abgestorbenes Phytoplankton trägt viele Nährstoffe mit in die Tiefsee, wenn es nicht vor dem Absinken von Bakterien verzehrt wird. Aufgrund des sehr raschen Lebenszyklus des Phytoplanktons, wird in den Ozeanen jedes Jahr etwa soviel organisches Material gebildet, wie an Land.

In der Arbeitsgruppe von Prof. Liss an der University of East Anglia in Norwich, die Partner in ACCENT ist, werden seit 1984 Messungen von Dimethylsulfid durchgeführt. Aber warum? Wir sehen, dass Phytoplankton ein enorm wichtiger Bestandteil der ozeanischen Nahrungskette ist. Aber was ist so spannend an DMS? Klimaforscher erkannten, dass dieses Gas, das seinen Ursprung im Phytoplankton hat, eines der wichtigsten Schwefelgase in der Atmosphäre ist. In der Luft wird es oxidiert und bildet Partikel, die vor allem aus Schwefelsäure bestehen. Diese Partikel tragen zum Säuregehalt unserer Atmosphäre bei und ermöglichen die Wolkenbildung über den Ozeanen (siehe Kontext). Wolkenbildung aber und ihr Einfluss auf die von der Sonne kommende und von der Erde zurückgesandte Strahlung sind von großer Bedeutung für die Regulierung unseres Klimas.



4. Forschungsreisen auf dem Ozean sind keineswegs immer ein ruhiges wissenschaftliches Geschäft. Tom Bell machte diese Aufnahme auf rauher See mit hohen Wellen.

Tabelle: Weltweite Schwefeleinträge in die Luft nach Rafel Simó (2001)

In heutiger Zeit entlassen die Menschen mehr Schwefelverbindungen in die Atmosphäre als dies natürliche Quellen tun. Dennoch geht immer noch der Hauptteil des Schwefels in der Luft auf DMS zurück, da dieses Gas und seine Oxidationsprodukte für längere Zeit in der Luft verweilen als die menschlichen Emissionen.

Quelle	weltweite Schwefel Emission [Teragramm S pro Jahr] (Mittel, Bereich)	Beitrag zu den Emissionen [%]	Beitrag zum Schwefelgehalt [%]
menschgemacht	70 (60 - 100)	70	37
vulkanisch	7 (4 - 16)	7	18
biogen	22 (15 - 50)	23	42

> 90% der biogenen Emissionen sind DMS



5. Tom Bell, Wissenschaftler an der University of East Anglia und Reviewer dieses Artikels, bei einer Analyse.

Versucht Phytoplankton das Klima zu regeln?

Gemäß der Theorie von Charles Darwin versucht in der Natur auf lange Sicht betrachtet jede Art die Umgebung so zu beeinflussen, dass es für ihr eigenes Überleben von Vorteil und für Konkurrenten von Nachteil ist. Nur so konnte sie auf Dauer bestehen. Als sie sich der Bedeutung von DMS für das Klima bewusst wurden, hielten es Wissenschaftler für möglich, dass Phytoplankton dieses Gas freisetzt um das Klima über den Ozeanen zum eigenen Vorteil zu steuern. Dies ist vereinfacht der Gedanke der CLAW-Theorie.

Da auch der Mensch das Klima verändert (weltweite Erwärmung der Luft und des Meeres) und die Bedingungen in den Ozeanen beeinflusst, indem er z.B. Nährstoffe einbringt, ist für uns auch die Reaktion des Phytoplankton und des Schwefelzyklus von Interesse. Dies ist der Grund, warum dieser Kreislauf auf über 150 Forschungsreisen untersucht und die Ergebnisse in über 1000 Veröffentlichungen publiziert wurden.

*Tabelle:
Beispiel eines Protokolls einer CTD Sammlung. Aus der Tiefe, dem verbleibenden Licht und den Organismen in den Flaschen können die Wissenschaftler auf die Lebensbedingungen schließen. Der Anteil des Lichtes, das in die Tiefe dringt, ist freilich von Fall zu Fall verschieden und hängt von der biologischen Aktivität und der Anzahl der Partikel im Wasser ab. In Küstennähe kann die 0,1% Schwelle schon in weit flacheren Gewässern erreicht werden.*

Proben- flasche Nr.	% Ober- flächen- licht	Tiefe [m]
12	100	0/5
11	50	10
10	30	25
9	15	40
8	5	60



6. a + b) CTD Sammlung: Um mehr über

7	1	100
6	0.1	150
5	<0.1	200

den Lebenszyklus in den Ozeanen zu erfahren, nehmen Wissenschaftler Proben. Ein Sammlungssystem erlaubt die gleichzeitige Messung von Leitfähigkeit, Temperatur und Tiefe (engl. conductivity, temperature and depth = CTD). Es ist mit 12 oder mehr Probenflaschen ausgestattet, die Wasserproben mit Organismen in verschiedenen Tiefen aufnehmen können. Photo oben: NASA, unten: Tom Bell.

Was wissen wir heute?

Wir verstehen heute, dass die Zusammenhänge im ozeanischen Nahrungsnetz sehr komplex sind. DMS in der Luft hat wahrscheinlich einen Einfluss auf das Klimasystem und dies wiederum beeinflusst rückwirkend das Wachstum von Phytoplankton. Aber die Verknüpfungen sind nicht so einfach, wie in Schema 1 unten gezeigt. Phytoplankton setzt Dimethylsulfid nicht direkt frei. Vielmehr gibt es eine organische Schwefelverbindung ab, die Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP) heisst. Diese wiederum wird unter bestimmten Bedingungen chemisch in Dimethylsulfid umgewandelt. DMSP wird nicht an die Luft abgegeben. Es dient als Signalstoff in der "chemischen Kommunikation" der Meereslebewesen und spielt auch eine Rolle in der Osmoregulation. Osmoregulation bedeutet, dass ein Platzen der Zellen verhindert wird, wenn der Salzgehalt des Wassers sich ändert. Weiterhin entscheidet nicht allein das Phytoplankton, sondern auch Bakterien darüber, wieviel DMSP zu Dimethylsulfid umgewandelt wird, nachdem die Zellen des Phytoplanktons abgestorben sind.

Wir sehen also, dass die Realität nicht so einfach ist, wie in der ersten CLAW Hypothese angenommen. Verschiedene Phytoplanktonarten reagieren auch in verschiedener Weise auf Licht und Temperaturänderungen. Zudem erzeugen nicht alle dieselbe Menge an DMSP.



7. a) Die CLAW Theorie: Beeinflusst Phytoplankton das Klima zu seinem eigenen Vorteil?



7. b) Die neuere Forschung zeigt ein detaillierteres Bild der Wechselwirkungen im Ozean.

Phytoplankton das Klima zu seinem eigenen Vorteil?

Bild der Wechselwirkungen im Ozean.

Wir können nun sagen, dass sehr viele Teile des Nahrungsnetzes in den Ozeanen und ihre Wechselwirkungen verstanden sein müssen, damit wir erklären können, welche Zusammenhänge es zwischen den im Ozean lebenden Organismen und dem Klimasystem gibt. Dies zu erklären ist aus verschiedenen Gründen hilfreich: Wir Menschen erwärmen das Meer, wir ändern die Nährstoffzusammensetzung des Wassers insbesondere in Küstennähe. Dadurch, dass wir Kohlendioxid in die Luft entlassen, geht dieses auch als Kohlensäure ins Ozeanwasser und macht es saurer. Wir Menschen entlassen heute mehr Schwefelverbindungen in die Luft, als es die natürlichen Emissionen von Vulkanen und Phytoplankton zusammen tun. Wir dachten sogar darüber nach, das Phytoplankton in den Meeren künstlich zu düngen, um die Aufnahme von Kohlendioxid in die Ozeane durch Phytoplanktonwachstum zu beschleunigen und so den Treibhauseffekt zu mildern. Aber wir sehen auch, dass es sehr komplexe Rückwirkungsmechanismen in der marinen Lebensgemeinschaft gibt, die nicht nur Auswirkungen für die Kleinstlebewesen und Fische im Meer haben, sondern auch für unser Klima.

Autor: Elmar Uherek - Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz

Reviewer: Tom Bell - University of East Anglia, Norwich

© ACCENT 2006 | www.accent-network.ch