

Klima und Kohlenstoffkreislauf

Im Klimasystem gibt es drei grosse Komponenten: die Atmosphäre, die Ozeane (Hydrosphäre) und die Kontinente mit den terrestrischen Ökosystemen. Alle Komponenten sind über oftmals komplizierte Wirkungsketten miteinander verbunden. Eine kleine Änderung eines Teilsystems einer Komponente kann auf die andern Komponenten Auswirkungen haben, die vielleicht in grösserer Entfernung und mit einer zeitlichen Verzögerung auftreten. Angetrieben wird das Klimasystem letztlich durch die Sonne.

Der **Ozean** ist das grösste Wasser- und Wärmereservoir. Die Ozeanströme sind ein wichtiges Transportsystem und verteilen die Wärme aus den Tropen in die kälteren Regionen der Erde. Die **Kontinente** beherbergen die terrestrische Pflanzen- und Tierwelt. Kontinente erwärmen sich im Sommer sehr stark auf, im Winter kühlen sie sich stark ab. Gebirge und polare Gebiete zeigen grosse Eis- und Schneeflächen, die den grössten Teil der Sonnenstrahlung reflektieren. Die **Atmosphäre** ist das wichtigste Transportsystem. Es bringt Feuchte von den Ozeanen als Regen auf die Kontinente. Die Winde gleichen die Druck- und Temperaturunterschiede auf der Erde aus und verteilen vulkanische Asche und Luftschadstoffe. Wichtige Bestandteile der Atmosphäre sind die Treibhausgase. Ozeane, Kontinente und die Atmosphäre sowie ihre jeweiligen Teilsysteme stehen in konstantem Austausch von Energie (fühlbare Wärme „Temperatur“, latente Wärme „Wasserdampf“), Impuls und Masse (Luftströmungen, Gase wie z.B. CO₂ und Methan, und feste Partikel, z.B. Aerosole wie Russ und Vulkanstaub). (Grosjean, 2004, S. 4-5).

Das Klimasystem der Erde ist in der Realität um einiges komplizierter als ein Treibhaus. Das CO₂ ist mit dem Wasserkreislauf, den Böden und der belebten Welt (= der Biosphäre) stark verknüpft. Es gibt natürliche **Phänomene, die den Treibhauseffekt verstärken und solche, die eher ausgleichend wirken**. Folgend wird auf die wichtigsten Phänomene eingegangen (Heft *Aktuell. Klimawandel*, 2009, S. 2 -3).

Aufgabe 2

Zeichnen Sie mit den nachfolgenden Informationen ein Wirkungsgefüge, in dem Sie (aufschaukelnde und dämpfende) Rückkopplungen identifizieren.

Ozeane

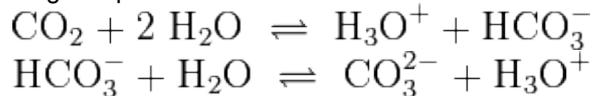
Ist ein CO₂-Molekül im Ozean gelöst, bleibt es dort im Durchschnitt 100 Jahre, bis es wieder an die Atmosphäre abgegeben wird. Gelangt das CO₂ in einen Tiefenwasserstrom, kann es auch Zehntausende Jahre dauern, bis es an die Oberfläche gelangt. Die Ozeane sind nicht nur die grössten Speicher von CO₂, sie wirken auch als Puffer und verzögern Veränderungen im Klimasystem. Wird aber der Ozean erwärmt, gibt er auch wieder viel CO₂ an die Atmosphäre ab (Heft *Aktuell. Klimawandel*, 2009, S. 4). Mit zunehmender CO₂-Anreicherung sinkt nämlich die Aufnahmekapazität: Die Senkfunktion für die Aufnahme von zusätzlichem CO₂ aus der Atmosphäre nimmt ab. Ausserdem ist die Löslichkeit von Kohlendioxid in Wasser temperaturabhängig. Je wärmer es ist, desto weniger Gas löst sich auf und desto mehr Gas wird umgekehrt wieder freigesetzt. Steigende Temperaturen in Folge des anthropogenen Treibhauseffekts verstärken selbigen also zusätzlich durch die Freisetzung von Kohlendioxid, das bisher in den Ozeanen gespeichert ist. Zusätzlich bewirkt eine erhöhte CO₂-Konzentration in den Meeren auch eine Versauerung, welche wiederum Veränderungen der Meeresökosysteme zur Folge hat (Germanwatch, 2008, S. 4-5).

Wolken

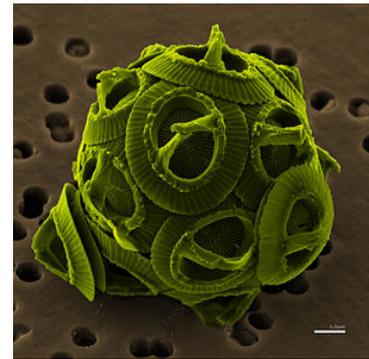
Der Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre verändert sich täglich, wie das Wetter. Wolken sind Teil des grossen Wasserkreislaufes. Sie können wie ein Schirm die Erde vor Sonnenlicht schützen und dadurch kühlend wirken; sie können aber auch wie eine Decke den Treibhauseffekt verstärken, indem sie die Wärme von der Erdoberfläche speichern und zurückstrahlen. Den „Deckeneffekt“ kann man in der Nacht beobachten: Eine wolkenfreie Nacht ist in der Regel kühler, weil die Wärme ungehindert ins All entweichen kann. Klimaforscher sind heute aber noch nicht sicher, welcher Effekt überwiegt. Es kommt auf die Wolkenform, die Dicke der Wolkenschicht und die geografische Lage an (Heft *Aktuell. Klimawandel*, 2009, S. 4).

Lebewesen

Die Erhöhung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre führt zur Versauerung der Ozeane, d.h. zur Anreicherung von Protonen und somit der Senkung des pH des Wassers.



Das hat zur Folge, dass sich die Kalkschalen einiger Planktonarten (besonders Kalkalgen, siehe Abbildung), langsam auflösen. Somit könnte sich die Primärproduktion dieser Organismen verringern, was möglicherweise weitreichende Konsequenzen für die Nahrungskette der Ozeane hätte und dazu führt, dass weniger CO₂ in den Ozeanen gespeichert wird.



Gephyrocapsa oceanica Kamphier from Mie Prefecture, Japan. Wikimedia Commons, User:NEON ja

Vulkane

Vulkanausbrüche haben in der Regel eine abkühlende Wirkung auf das Klima, weil die Asche, die in die Atmosphäre geschleudert wird, die Sonnenstrahlen zurück in den Weltraum reflektiert. Als der Krakatau auf Indonesien 1883 ausbrach, war der darauffolgende Sommer auf der Nordhalbkugel um bis zu 1°C kühler, was zu katastrophalen Missernten und Hungersnöten führte (Heft *Aktuell. Klimawandel*, 2009, S. 4).

Eisflächen

Erhöhte Temperaturen bringen Gletscher und Eisflächen zum Schmelzen. Da Schnee und Eis eine relative hohe Albedo (Rückstrahlvermögen/Reflexion des Sonnenlichts), d.h. es wird nur ein kleiner Teil der einfallenden Sonnenenergie absorbiert. Schmelzen die Gletscher und Eisflächen, steigen die anteilmässigen Oberflächen von Wasser und Boden. Diese absorbieren ca. 90 % der eingestrahnten Sonnenenergie und heizen sich auf. Das führt dazu, dass weitere Schnee- und Eisflächen abschmelzen. Umgekehrt führt eine Abkühlung zu einer Ausdehnung von Schnee- und Eisflächen, damit zu einer erhöhten Rückstrahlung und zu weiterer Abkühlung.

Mini-Treibhauseffekt über Schnee- und Eisflächen

Schauen Sie dazu den kurzen Film von 3sat: <http://www.3sat.de/mediathek/?mode=play&obj=62869>

Aus:

- E-Dossier Klimawandel: Wissenschaftliche Grundlagen PHBern 2012, www.phbern.ch
- Park, C. (2001) The environment. Principles and Applications. 2nd edition
- www.wikipedia.com