

***Kreislaufsysteme in der Natur*****Der Energie-(CO<sub>2</sub>)-Kreislauf**

## 1. Energieverbrauch und Klima

Dass der Energieverbrauch das Klima beeinflusst, hat man vor wenigen Jahrzehnten noch nicht gewusst. Ohnehin unterliegt das Klima natürlichen Schwankungen. Auch in jüngeren erdgeschichtlichen Zeiträumen wechselten Warm- und Kaltzeiten ab. Die verschiedensten Einflussfaktoren spielen hierbei eine steuernde Rolle. Neben den internen Faktoren wie Atmosphäre, Biosphäre, Kryosphäre, Lithosphäre und Hydrosphäre wirken sich auch externe Einflüsse wie etwa die zyklisch schwankende Sonnenstrahlung aus.

Auch innerhalb der internen Faktoren laufen vielfältige wechselseitige Austauschprozesse ab. Man denke nur an die Aufnahme von CO<sub>2</sub> durch Pflanzen oder den Ausstoß von Gasen und Stäuben durch Vulkane, die Bindung von Kohlenstoff durch die Weltmeere oder die Aufnahme von Wasser durch die Atmosphäre. Einen zunehmenden Einfluss auf das Klima übt ein bis vor kurzer Zeit noch völlig unbedeutender Faktor aus: der Mensch. Dieser anthropogene Einfluss scheint ein bestimmender, ein ernsthafter Störfaktor im Klimageschehen der Erde zu werden.

## 2. Kohlendioxid – Gas des Lebens

Als Grundlage allen Lebens auf der Erde spielt das geruchs- und farblose Gas Kohlendioxid eine herausragende Rolle. Bestünde die Atmosphäre nur aus den an ihrem Aufbau zu 99 Prozent beteiligten Gasen Stickstoff und Sauerstoff, läge die mittlere Temperatur der Erdoberfläche bei eisigen -18 °C. Gemeinsam mit anderen Spurengasen sorgt das Kohlendioxid für einen überlebensnotwendigen, natürlichen Treibhauseffekt. Dieser sorgt für eine verminderte Abstrahlung der auf die Erdoberfläche auftreffenden Sonneneinstrahlung und hebt so die Temperatur in der Atmosphäre um 30 °C auf durchschnittlich lebensfreundliche 15 °C. Dabei wirkt die Atmosphäre ähnlich der Verglasung eines Gewächshauses und lässt die kurzweilige Sonnenstrahlung im Wesentlichen ungehindert auf die Erdoberfläche auftreffen. Diese erwärmt sich und strahlt nun ihrerseits einen Teil der Energie langwellig in Richtung Weltall ab. Diese Strahlung wird jedoch vom Kohlendioxid und weiteren klimawirksamen Spurengasen reflektiert und absorbiert. So bleibt ein Großteil der Wärme in den unteren Atmosphärenschichten und im Bereich der Erdoberfläche gefangen.

Erst Kohlendioxid ermöglicht den Pflanzen, mit Hilfe von Sonnenenergie organische Substanzen aufzubauen, wobei diese Substanzen bei der Verrottung wiederum u. a. zu Kohlendioxid umgewandelt werden und so den Kreislauf schließen. Das vorhandene relative Kohlendioxidgleichgewicht zwischen Atmosphäre und Biosphäre sorgt gleichzeitig für eine Stabilität des Klimas. Störungen dieses CO<sub>2</sub>-Gleichgewichtes in bereits geringen Ausmaßen können zu globalen Klimaveränderungen führen. Ein durch die industrielle Entwicklung immer stärker zum Tragen kommender Störfaktor ist das bei Verbrennungsprozessen in zunehmendem Maße freigesetzte CO<sub>2</sub>, das durch die Biomasse nicht wieder gebunden wird. Die Verbrennung der fossilen Energieträger Erdöl, Ergas und Kohle setzt weltweit etwa 22 Mrd. Tonnen CO<sub>2</sub> frei, allein Deutschland ist mit etwa 1 Mrd. Tonnen beteiligt. Man geht davon aus, dass auf diese Art und Weise der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre in den letzten 100 Jahren um etwa 25 Prozent zugenommen hat.



**Kreislaufsysteme in der Natur****Der Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)-Kreislauf**

Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) entsteht bei der Atmung von Lebewesen und in großen Mengen beim Verbrennen fossiler Brennstoffe (Kohle, Erdöl, Erdgas). CO<sub>2</sub> ist ein Treibhausgas. Sein Anteil am weltweiten Treibhauseffekt betrug in den 80-er Jahren etwa 50 Prozent. Sowohl die CO<sub>2</sub>-Emissionen wie auch der Gehalt von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre haben in den vergangenen Jahrzehnten zugenommen. Weltweit ist ein Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 1975 bis 2005 um ca. 30 Prozent zu verzeichnen.

Die Pflanzen nehmen Kohlendioxid aus der Atmosphäre auf und bauen daraus in ihren Blättern mit Hilfe des Sonnenlichts Traubenzucker auf, dem Grundbaustein aller Pflanzen. Bei der Verbrennung dieser erneuerbaren Energieträger (Holz, Biodiesel) entsteht wieder Kohlendioxid, das an die Luft abgegeben wird. Der Kreislauf ist damit geschlossen und es kommt zu keinem Anstieg des CO<sub>2</sub>-Gehalts in der Luft.

Bei der Verbrennung von Erdöl hingegen bewirkt das freigesetzte CO<sub>2</sub> einen Anstieg in der Luft, weil es zusätzlich in den Kreislauf eingebracht wird.

Gehalt in der Atmosphäre (National Oceanic and Atmospheric Administration)

<b>CO<sub>2</sub> (ppm)</b>	310	320	330	345	360	380
<b>Jahr</b>	1955	1965	1975	1985	1995	2005



***Kreislaufsysteme in der Natur*****Der Kreislauf des Stickstoffs**

Der Stickstoffkreislauf ist wesentlich komplexer strukturiert als die bisher behandelten. 79 Prozent der Atmosphäre bestehen aus freiem Stickstoff, mindestens ebenso große Mengen an gebundenem Stickstoff sind in der Lithosphäre enthalten, doch stehen diese Reservoirs den Pflanzen nicht unmittelbar zur Verfügung. Eine zentrale Rolle spielen die Mikroorganismen. Stickstoff-Fixierung ist das fast alles beschreibende Stichwort. Der Prozess ist außergewöhnlich energieaufwendig. Pflanzen verwerten Stickstoff fast nur in Form von Ammonium- und Nitraten. Die Bedeutung der Insektivoren können wir hier außer Acht lassen. In organischer Substanz wird Stickstoff vornehmlich zur Bildung von Aminogruppen (in Proteinen, Nukleinsäuren usw.) benötigt. Nitrat- und Nitritbakterien (Mineralisierer) verarbeiten jene wieder zu Nitrat (Nitrit). Denitrifizierende (boden- und wasserbewohnende) Bakterien reduzieren oxidierte Stickstoffverbindungen und schließen damit den Kreis. Stickstoff-Fixierung und Denitrifikation halten sich annähernd die Waage.

Die Produktion von Ammoniumverbindungen und Nitraten ist ein limitierender Faktor des Pflanzenwachstums. Zwar enthält die Lithosphäre Nitrate in nahezu unbeschränkter Menge, doch liegen sie zum größten Teil in Tiefen, die für Pflanzenwurzeln unerreichbar sind. Auch für den Menschen ist es unökonomisch, diesen Nitratpool auszubeuten.

Stickstoffverbindungen sind meist gut wasserlöslich, große Mengen gehen daher durch Auswaschung verloren. Sie können sich – vor allem, wenn übermäßige Zufuhr durch Düngung hinzukommt – in geschlossenen Gewässern (Seen, Teichen) anreichern und dort eine Eutrophierung hervorrufen.

Viele Stickstoff fixierende Bakterien und Blaualgen sind freilebend, andere leben in Symbiose mit Pflanzen (Leguminosen, Cycas, Ginkgo u. a.). Durch die symbiontisch lebenden Arten wird etwa zehnmal so viel Stickstoff gebunden wie durch die freilebenden. Für die freilebenden wird ein Durchschnittswert von 1 Gramm pro Quadratmeter und Jahr genannt, der gemessene Höchstwert liegt bei 20 Gramm pro Quadratmeter und Jahr.

Die relativ hohen Reiserträge in Süd- und Südostasien beruhen teilweise auf dem Vorkommen umfangreicher Blaualgenpopulationen (Nostoc u. a.) in den stehenden flachen Gewässern, in denen die Reiskulturen gepflanzt werden. Dieses Beispiel zeigt, dass es bei der Betrachtung des Stickstoffkreislaufs weniger auf globale oder regionale Veränderungen ankommt, als vielmehr auf lokale Konzentrationen, eigentlich nur Konzentrationen im Wurzelbereich der Pflanzen (der Rhizosphäre).

