

Infotext: Stoffkreislauf im Wald

Mineralstoffe

Damit Pflanzen gut wachsen und gedeihen können, brauchen sie zahlreiche Mineralstoffe (Mineralsalze) aus dem Boden. Durch Umwandlungsprozesse im Boden (Verwitterung von Gestein, Zersetzung toter Lebewesen etc.) werden ständig Mineralstoffe nachgeliefert. Dabei spielen unzählige Bodenlebewesen wie Regenwürmer, Insekten, Pilze und eine Vielzahl von Bakterien eine wichtige Rolle.



© Inga Nielsen – stock.adobe.com

Mineralstoffe im Boden sind für das Pflanzenwachstum unentbehrlich.

Stoffkreislauf im Wald

Bei der Fotosynthese bauen die grünen Pflanzen in ihren Chloroplasten mithilfe des Sonnenlichts energiereiche Glukose (Traubenzucker) aus den energiearmen Stoffen Wasser (H_2O) und Kohlenstoffdioxid (CO_2) auf. Deshalb nennt man die grünen Pflanzen auch **Produzenten** (Erzeuger).

Aus Glukose und Mineralsalzen, die die Pflanzen aus dem Boden aufnehmen, bauen die Produzenten zahlreiche Stoffe auf wie Fette, Stärke, Proteine (Eiweiß) und Vitamine sowie die Erbsubstanz DNA (**deoxyribonucleic acid** oder Desoxyribonukleinsäure; früher auch mit DNS abgekürzt). In ihrem Stoffwechsel bauen die Pflanzen einen Teil der bei der Fotosynthese gebildeten Glukose wieder ab und gewinnen daraus chemische Energie (Adenosintriphosphat = ATP), die sie z. B. zum Wachstum und zur Entwicklung benötigen.

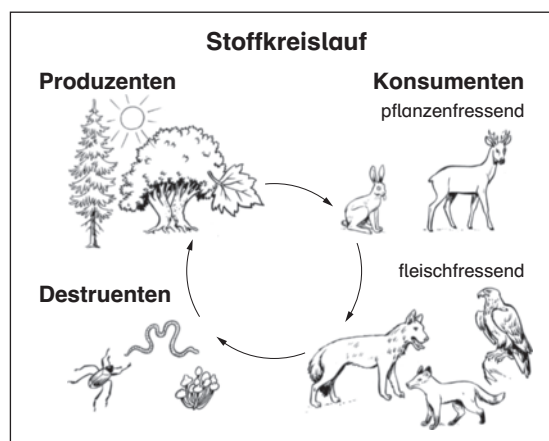
Von der pflanzlichen Biomasse ernähren sich die **Konsumenten** (Verbraucher). Diese sind von der pflanzlichen Biomasse abhängig. Zu den Konsumenten gehören Tiere und Menschen.

Beim Laubfall im Herbst gelangen die Nährstoffe als „Abfall“ (Detritus) auf den Boden. Die **Destruenten** (Zersetzer, Reduzenten) wie z. B. Regenwürmer und Insektenlarven im Boden leben von den Nährstoffen in der Biomasse, zersetzen die Nährstoffe und bauen die Biomasse unter anderem zu CO_2 , H_2O , NH_3 (Ammoniak) und Mineralsalzen ab. Bei diesem Stoffabbau (z. B. Abbau von Glukose) gewinnen die Destruenten die benötigte Energie (ATP) für ihre Lebensvorgänge.

Energiegewinnung durch den Abbau von Glukose (Traubenzucker) in den Mitochondrien:



Die **Mineralsalze** (Mineralstoffe), die bei den Abbauprozessen entstehen, werden von den grünen Pflanzen über die Wurzeln wieder aufgenommen und mit ihrer Hilfe wird körpereigene Biomasse aufgebaut. Schon ist der **Stoffkreislauf** geschlossen.



Stoffkreislauf (Schema)



Aufgaben: Stoffkreislauf im Wald

1. ★ Wie nennt man die Stoffe im Boden, die für das Pflanzenwachstum wichtig sind?

_____ oder _____

2. ★ Ordne den Begriffen (linke Spalte) die richtige Beschreibung (rechte Spalte) zu. Verbinde dazu die Felder durch Striche.

**Produzenten
(Erzeuger)**



Die ... (Regenwürmer, Insektenlarven etc.) bauen zahlreiche Nährstoffe ab, z. B. in Blättern, wenn diese im Herbst von den Bäumen fallen. Bei diesem Stoffabbau entstehen als Endprodukte z. B. Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Wasser (H_2O), aber auch Nährsalze.

**Konsumenten
(Verbraucher)**



Nur die ... können mithilfe des Sonnenlichts als Energiequelle in den Chloroplasten der Pflanzenzellen energiereichen Traubenzucker aus Kohlenstoffdioxid und Wasser herstellen. Die Energie, die im Traubenzucker gespeichert ist, können alle Lebewesen als Energiequelle für ihre Lebensvorgänge nutzen.

**Destruenten
(Zersetzer)**



Zu den ... gehören alle Lebewesen (Tiere, Menschen), die von den Leistungen der grünen Pflanzen leben. Die Biomasse, die von den Pflanzen zur Verfügung gestellt wird, nutzen sie und wandeln die pflanzliche Biomasse in körpereigene Biomasse um.

3. ★★ Begründe, weshalb grüne Pflanzen eine wichtige Grundlage dafür sind, dass wir Menschen und alle Tiere auf der Erde leben können.

4. ★★ Entwirf eine Skizze, die den Stoffkreislauf z. B. in einem Wald veranschaulicht, und erläutere deine Skizze.

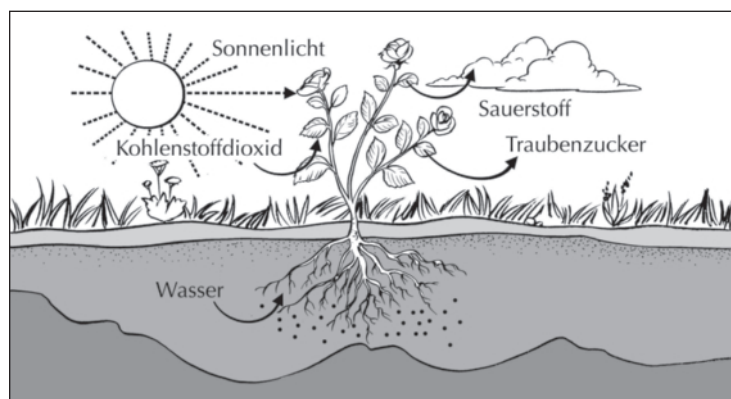
Infotext: Globaler Kohlenstoffkreislauf (1)

Kohlenstoff – das Bio-Element

Der Kohlenstoff (chemisches Symbol C) spielt auf der Erde eine sehr große Rolle. Ohne Kohlenstoffverbindungen gäbe es kein Leben auf der Erde.

Nicht nur in allen organischen Verbindungen wie Kohlenhydraten, Fetten und Proteinen, sondern auch in allen Vitaminen und im Chlorophyll (grüner Blattfarbstoff in den Blättern von Pflanzen) ist Kohlenstoff in gebundener Form in der Biomasse (Lebensmasse) von Lebewesen enthalten.

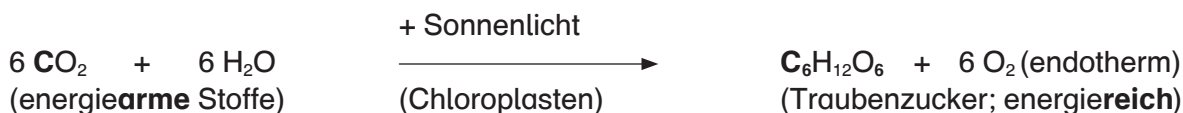
Aber auch im Holz der Wälder, im Humus, im Torf und in fossilen Energieträgern wie Kohle, Erdöl und Erdgas sind große Mengen an Kohlenstoffverbindungen gespeichert.



Fotosynthese

Alle Konsumenten (Verbraucher) und Destruenten (Zersetzer) sind auf pflanzliche Kohlenstoffquellen angewiesen. Ein Schlüsselprozess für die Bereitstellung von organisch gebundenem Kohlenstoff ist die Fotosynthese. Sie findet sowohl an Land als auch im Wasser (Seen, Flüsse, Meer) statt. Beim Fotosyntheseprozess, der in den Chloroplasten (Blattgrünkörner; enthalten den grünen Blattfarbstoff Chlorophyll) der grünen Pflanzen abläuft, spielt das farb- und geruchlose Gas CO_2 eine zentrale Rolle, auch wenn es in der Luft nur zu ca. 0,04 % vorkommt.

Reaktionsgleichung der Fotosynthese:

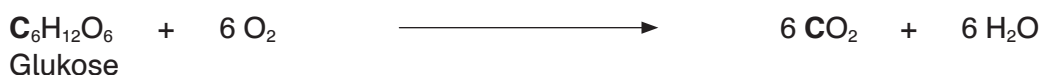


Ein Teil der Glukose (Traubenzucker; Monosaccharid, Einfachzucker), die bei der Fotosynthese synthetisiert wird, wird in den Blättern gleich in Stärke (Polysaccharid, Vielfachzucker) sowie in andere Stoffe wie Saccharose (Haushaltszucker, Disaccharid) und Fette umgewandelt und gespeichert.

Zellatmung

Einen großen Teil der Glukose, die die grünen Pflanzen bei der Fotosynthese herstellen, brauchen sie selber (ca. 90 %) für den eigenen Stoffwechsel. Aber nicht nur Pflanzen als Produzenten, sondern auch Konsumenten und Destruenten sind in ihrem Stoffwechsel auf **Glukose** angewiesen. In den Zellen aller Lebewesen wird Traubenzucker benötigt, teilweise wird er auch abgebaut. Chemisch gesehen handelt es sich hierbei um eine Oxidation. Dabei wird Energie freigesetzt, die die Zellen für vielfältige Stoffwechselprozesse (z. B. Aufbau von Zellmembranen, Zellteilung, Zellreparatur, Umbau von Proteinen) benötigen. Den Abbauprozess von Glukose zu CO_2 und H_2O in den Zellen, bei dem die Zellen Energie gewinnen, nennt man **Zellatmung**. Dabei entstehen CO_2 und Wasser. Die Zellatmung findet in den Mitochondrien statt.

Reaktionsgleichung für die Zellatmung:



Infotext: Globaler Kohlenstoffkreislauf (2)

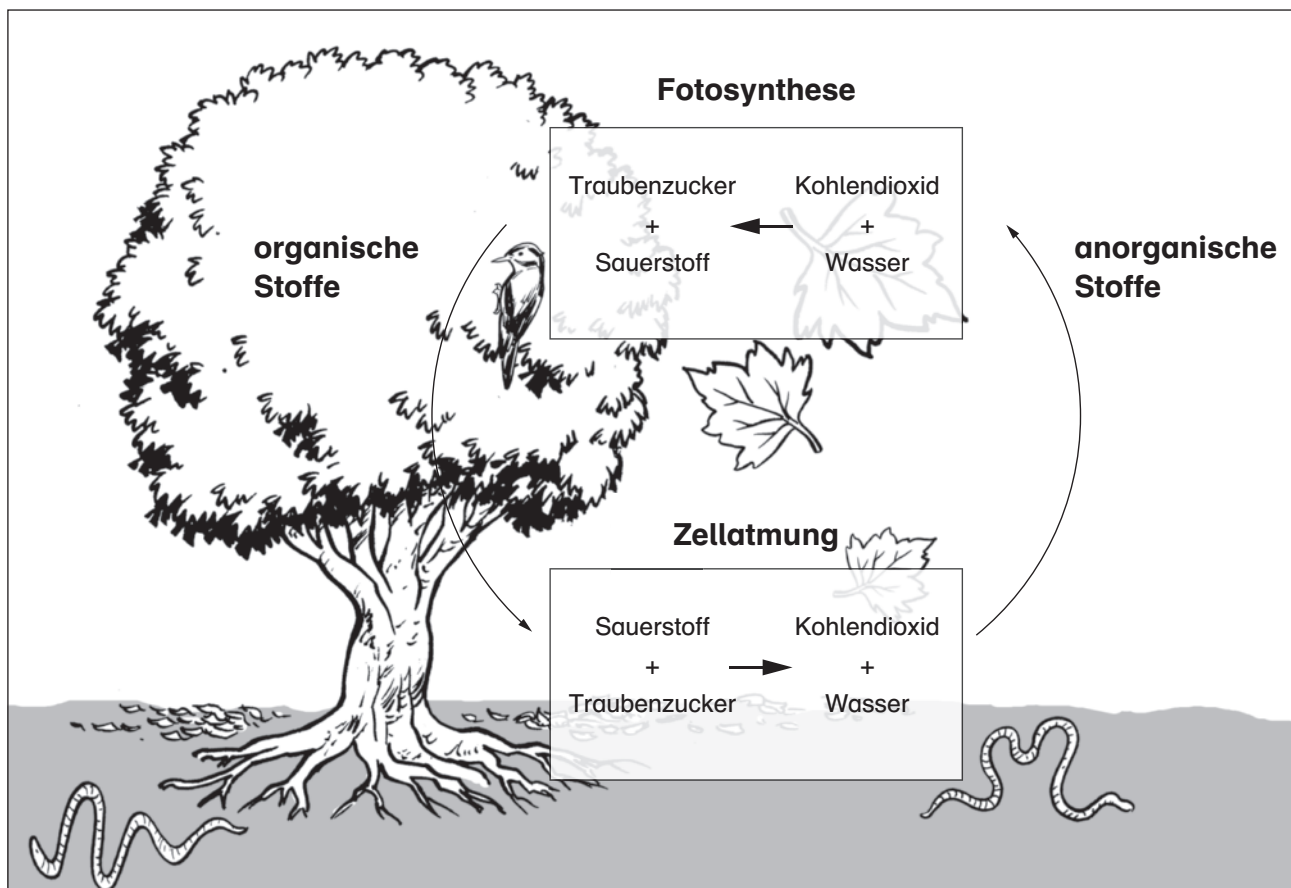
Zersetzung von Biomasse

Das Gas CO_2 wird auch freigesetzt, wenn Mikroorganismen abgestorbene Pflanzenteile oder tote Tiere zersetzen oder organische Stoffe wie Papier, Holz, Benzin, Erdgas oder Biogas verbrennen. Auch bei Waldbränden wird CO_2 in der Atmosphäre frei.

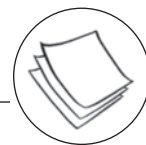
Modell für den natürlichen Kohlenstoffkreislauf

Kohlenstoff befindet sich in der Natur in einem ständigen Kreislauf. Bei der Fotosynthese werden CO_2 und H_2O gebunden und der Kohlenstoff in Form von energiereicher Glukose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) gespeichert. Dabei wird Sauerstoff frei.

Bei der Zellatmung wird energiereiche Glukose oxidiert (abgebaut); es entstehen wieder CO_2 und H_2O und der **Kohlenstoffkreislauf** kann von Neuem beginnen.



Kohlenstoffkreislauf

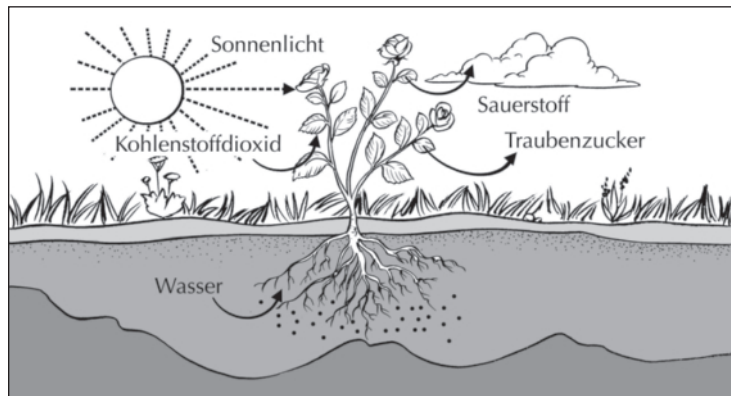


Aufgaben: Globaler Kohlenstoffkreislauf

1. ★ Nenne drei Beispiele für organische Verbindungen (organische Stoffe), die Kohlenstoff enthalten.

2. ★★ Welche zwei große Gruppen von Lebewesen sind auf pflanzliche Kohlenstoffquellen angewiesen? Kreuze an.

- ☐ Pflanzen im Meer
☐ Waldbäume
☐ Konsumenten
☐ grüne Algen in Seen
☐ Destruenten



3. ★★ Vervollständige den Lückentext und setze folgende Begriffe bzw. Formeln ein: Wasser, Kohlenstoffdioxid, Traubenzucker, Leistungen, Zell, grünen, eigenen, Zellen, Kohlenstoff, $C_6H_{12}O_6$, Stoffwechsel, prozess, Konsumenten, energiereich, Kreis, Tiere (2x), Pflanzen, Stoffen, Energie

Bei der Fotosynthese stellen die _____ Pflanzen aus den energiearmen Stoffen _____ (CO_2) und _____ (H_2O) den energiereichen Stoff _____ (Glukose) her. Dieser hat die chemische Formel _____ und ist sehr _____. Wir Menschen und alle _____ sind als _____ (Verbraucher) auf die _____ der grünen _____ bei der Fotosynthese angewiesen. Menschen und _____ brauchen den Traubenzucker und bauen ihn in ihren _____ unter Nutzung von Sauerstoff (O_2) wieder zu den energiearmen _____ Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Wasser (H_2O) ab. Dabei gewinnen sie _____ für den _____. Stoffwechsel. Diesen Abbau-_____, bei dem Energie für den eigenen _____ gewonnen wird, nennt man _____-atmung.

Fotosynthese und Zellatmung sind also zwei Teile eines _____-laufs, des _____-kreislaufs.



Infotext: Stickstoffkreislauf

Zusammensetzung lebenswichtiger Stoffe in Organismen

In der Biomasse aller Organismen (Stoffmasse der Lebewesen) finden sich neben anorganischen Bestandteilen wie Wasser (H_2O) und Mineralsalzen auch zahlreiche organische Verbindungen wie Glukose (Traubenzucker, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), Fette, Proteine (Eiweiß), Vitamine sowie die Erbsubstanz DNA (**d**eoxy**r**ibonucleic **a**cid oder Desoxyribonukleinsäure) im Zellkern. In allen organischen Molekülen, die in Lebewesen vorkommen, sind Kohlenstoff (chemisches Symbol C), Wasserstoff (chemisches Symbol H) und Sauerstoff (chemisches Symbol O) enthalten. Manche organische Verbindungen in Organismen enthalten auch noch Schwefel (S), Phosphor (P) und weitere Elemente wie Zink (Zn), Eisen (Fe) und Magnesium (Mg).

Stickstoff ist lebenswichtig für alle Organismen

Stickstoff ist für alle Organismen lebenswichtig und Bestandteil wichtiger Stoffe wie z. B. von Proteinen, die millionenfach in jeder lebenden Zelle z. B. als Enzyme (Bio-Katalysatoren) vorkommen. Proteine sind auch Bestandteil der Zellmembran, die das Zellplasma nach außen abschließt und so das „Herausfließen“ des Zellplasmas verhindert. Auch unser Blutfarbstoff Hämoglobin und unsere Antikörper, die uns vor Krankheitserregern (Bakterien, Viren etc.) schützen, bestehen aus Proteinen.

Obwohl die Luft zu ca. 78 % aus Stickstoffgas besteht, kann dieser Luftstickstoff von Pflanzen, Tieren und Menschen nicht genutzt werden, weil Stickstoffmoleküle (N_2) sehr reaktionsträge sind.

Die Pflanzen nehmen den Stickstoff mit ihren Wurzeln über Mineralstoffe (Mineralsalze) aus dem Boden auf. Pflanzen nehmen den Stickstoff hauptsächlich in Nitrit-Ionen (NO_2^-), Nitrat-Ionen (NO_3^-) und Ammonium-Ionen (NH_4^+) aus dem Boden auf. Sie bauen den Stickstoff in körpereigene Stoffe wie z. B. Proteine (z. B. Enzyme), Chlorophyll und DNA ein. Sind im Boden keine stickstoffhaltigen Mineralsalze enthalten, so können die Pflanzen nicht wachsen und sie gehen ein.

Stickstoff im Boden

Konsumenten (Verbraucher) und Destruenten (Zersetzer, z. B. Pilze, Regenwürmer, Bakterien) nehmen mit ihrer Nahrung (z. B. abgestorbene Blätter, tote Tiere) weit mehr Stickstoffverbindungen auf, als sie selber benötigen. Den überschüssigen Stickstoff scheiden sie z. B. als Ammoniak (NH_3), Harnstoff und Harnsäure aus. Bestimmte Bodenbakterien wandeln die stickstoffhaltigen Substanzen Harnstoff und Harnsäure in das Gas Ammoniak um, das im Boden zu Ammonium umgewandelt werden kann. Ein Teil des Ammoniaks entweicht dem Boden, sodass der Boden stickstoffärmer wird.

Stickstoffbindung im Boden

Im Boden oder in den Wurzeln bestimmter Pflanzen (z. B. Klee, Lupinen, Erbsen) gibt es bestimmte Bakterienarten, die den reaktionsträgen Luftstickstoff binden und in Nitrat-Ionen umwandeln. Durch diese **Stickstofffixierung** (Stickstoffbindung) der Bakterien wird der Boden wieder mit Stickstoffverbindungen angereichert, d. h., er wird „natürlich mit Stickstoff gedüngt“. Durch diese Leistungen fördern die Bakterien das Pflanzenwachstum und die Pflanzengesundheit. Ist zu viel Nitrat im Boden vorhanden, so wandeln diese Bakterien einen Teil der Stickstoffverbindungen im Boden wieder in Luftstickstoff (N_2) um, der dann als Gas in die Luft entweicht. Die Pflanzen können diesen Luftstickstoff dann nicht mehr nutzen.

1. ★ Welche der folgenden Stoffe enthalten Stickstoff? Kreuze an.

- | | | |
|---|---|---|
| ☐ Traubenzucker ($C_6H_{12}O_6$) | ☐ Blutfarbstoff Hämoglobin | ☐ Antikörper |
| ☐ Luft | ☐ Harnstoff | ☐ Wasser |
| ☐ Proteine (Eiweiß) | ☐ Enzyme | ☐ Kohlenstoffdioxid (CO_2) |
| ☐ Fett | ☐ Sauerstoff | |
| ☐ Ammoniak (NH_3) | ☐ Harnsäure | |

- ☐ Die Pflanzen nehmen Luftstickstoff über die Blätter und Blüten auf.
- ☐ Stickstoff entsteht bei der Fotosynthese in den Chloroplasten.
- ☐ Die Pflanzen nehmen Stickstoffverbindungen über die Wurzeln auf.
- ☐ Die Pflanzen brauchen gar keinen Stickstoff zum Leben.
- ☐ Die Pflanzen wandeln in ihren Zellen den Sauerstoff in Stickstoff um.

Von der pflanzlichen Biomasse ernähren sich nicht die Produzenten (Erzeuger), sondern die _____ (Verbraucher) und die _____ (Zersetzer).

[illegible]



Infotext: Natürlicher Treibhauseffekt

Temperatur auf der Erde

Sieht man sich die Durchschnittstemperatur der Planeten unseres Sonnensystems an, so „tanzt die Erde aus der Reihe“, d. h., sie nimmt eine gewisse Sonderstellung ein, die für uns Menschen lebenswichtig ist. Die Jahresdurchschnittstemperatur auf der Erde liegt bei angenehmen ca. 15 °C. Selbst an heißen Tagen klettert die Temperatur auf der Erde z. B. in der Wüste Sahara selten über 60 °C. Und in der Antarktis fällt die Temperatur selten unter –60 °C. Ohne Lufthülle wäre das anders.

Planeten	Jahresdurchschnittstemperatur (°C)
Merkur (der Sonne am nächsten)	+330
Venus	+464
Erde	+15
zum Vergleich: Mond	Tagseite bis +210, Nachtseite bis –180
Mars	–65
Jupiter	–110

Ungefähre Durchschnittstemperatur während eines Jahres

Temperatur im Gewächshaus

Aus Erfahrung wissen wir, dass es in einem Auto, einem Wintergarten oder einem Gewächshaus wärmer als draußen ist. Dies liegt daran, dass die Sonnenstrahlung durch das Glas ins Innere gelangt und die Luft im Innern z. B. eines Gewächshauses erwärmt. Dadurch erwärmen sich auch der Boden und die Pflanzen im Gewächshaus und strahlen Wärme ab. Die Wärmestrahlung kann jedoch kaum durch die Glasscheiben entweichen, weshalb sich die Luft in einem Gewächshaus, das in der Sonne steht, stark erwärmt. Ein Gewächshaus nennt man auch **Treibhaus**, weil in einem Glashaus die Pflanzen früher treiben und schneller wachsen als im Freiland.

Der natürliche Treibhauseffekt

Eigentlich sollte man erwarten, dass die Temperaturverhältnisse auf der Erde ganz ähnlich sind wie die auf dem Mond, weil Erde und Mond ähnlich weit von der Sonne entfernt sind: tagsüber wegen der Sonnenstrahlung heiß, nachts sehr kalt. Das ist aber nicht so. Die Lufthülle der Erde „dämpft“ einerseits die einfallende Sonnenstrahlung, sodass es tagsüber weniger heiß auf der Erde ist. Andererseits verhindert die Lufthülle der Erde, dass die Erde nachts stark abkühlt, d. h., die Lufthülle wirkt nachts wie die Glasscheiben eines Treibhauses. Die Lufthülle hält also die Wärme auf der Erde – vor allem nachts. Dies nennt man den **natürlichen Treibhauseffekt**.

Durch diesen natürlichen Treibhauseffekt, der das Tag-Nacht-Klima auf der Erde stabilisiert, wird das **Leben auf der Erde** erst möglich. Ohne die Erdatmosphäre, d. h. ohne den natürlichen Treibhauseffekt, läge die Jahresdurchschnittstemperatur auf der Erde nicht bei angenehmen +15 °C, sondern bei frostigen –18 °C: Die eingestrahlte Sonnenenergie würde von der Erdoberfläche als Wärmestrahlung sogleich in den Weltraum reflektiert werden.

Die verschiedenen Gase in der Atmosphäre sind an der Erhöhung der Durchschnittstemperatur auf der Erde um ca. 33 °C ganz unterschiedlich beteiligt. Die höchste Wirkung als natürliches Treibhausgas hat Wasserdampf. Dieser ist für die Erhöhung der Durchschnittstemperatur auf der Erde um 21 °C verantwortlich. Als zweitwichtigstes Treibhausgas folgt Kohlenstoffdioxid, obwohl er nur zu etwa 0,04 % in der Luft vorhanden ist.

Die Treibhausgase entstehen auf natürliche Weise: Wasser verdunstet, Wälder geraten in Brand, Vulkane brechen aus, tote Lebewesen werden zersetzt etc.