

Natürliche ökologische Kreisläufe

Stoffkreisläufe in Ökosystemen

Biochemische Kreisläufe

- Umverteilung von Stoffen innerhalb von Organismen

Geochemische Kreisläufe

- Austausch von Stoffen zwischen Ökosystemen

Biogeochemische Kreisläufe

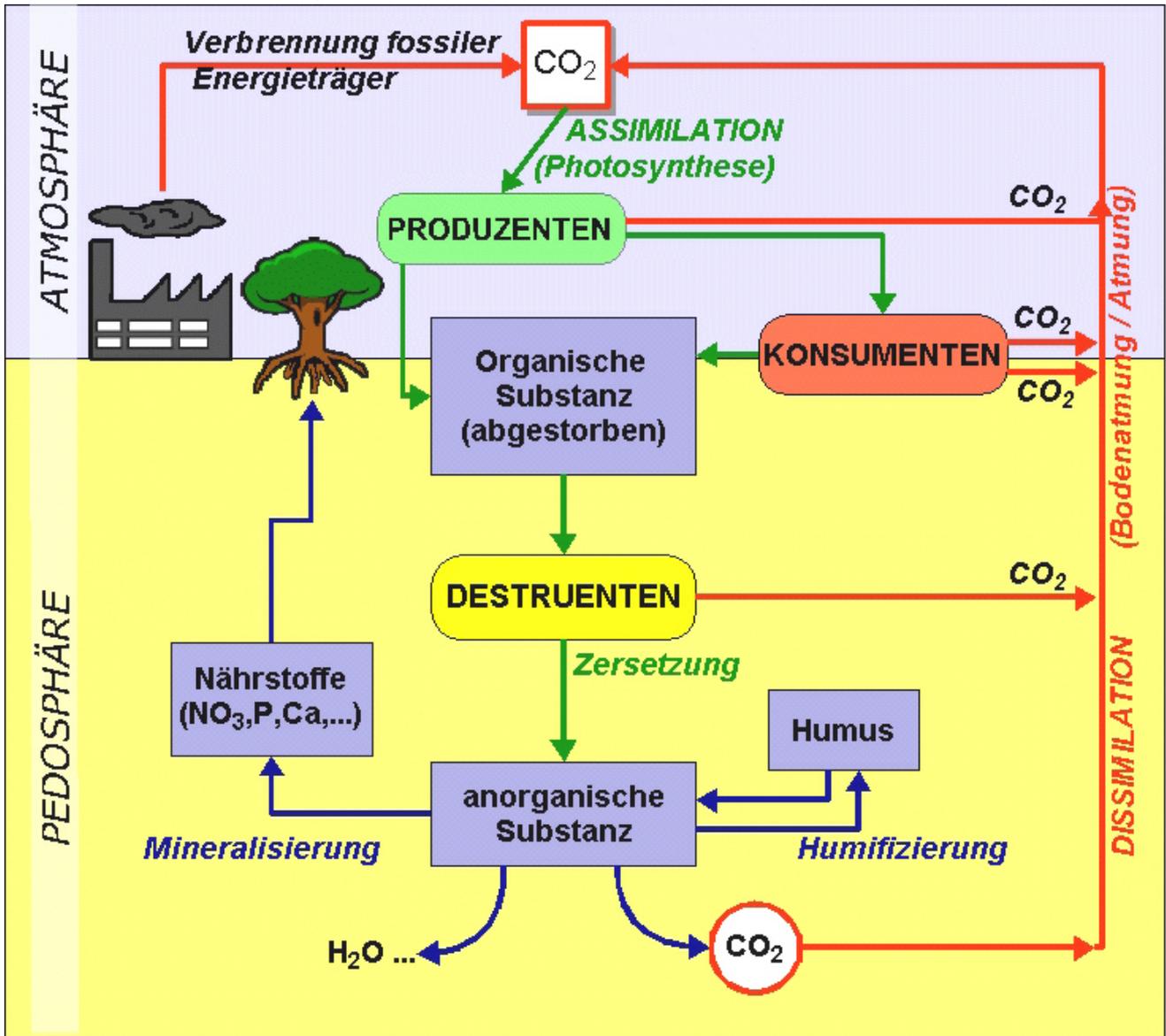
- Austausch von Stoffen innerhalb eines Ökosystems

Wichtige ökologische Kreisläufe

- Der Kohlenstoffkreislauf
- Der Stickstoffkreislauf
- Der Wasserkreislauf
- Der Sauerstoffkreislauf
- Der Schwefelkreislauf
- Der Phosphorkreislauf

Der biologische Energiekreislauf

Der Stoffkreislauf im Ökosystem

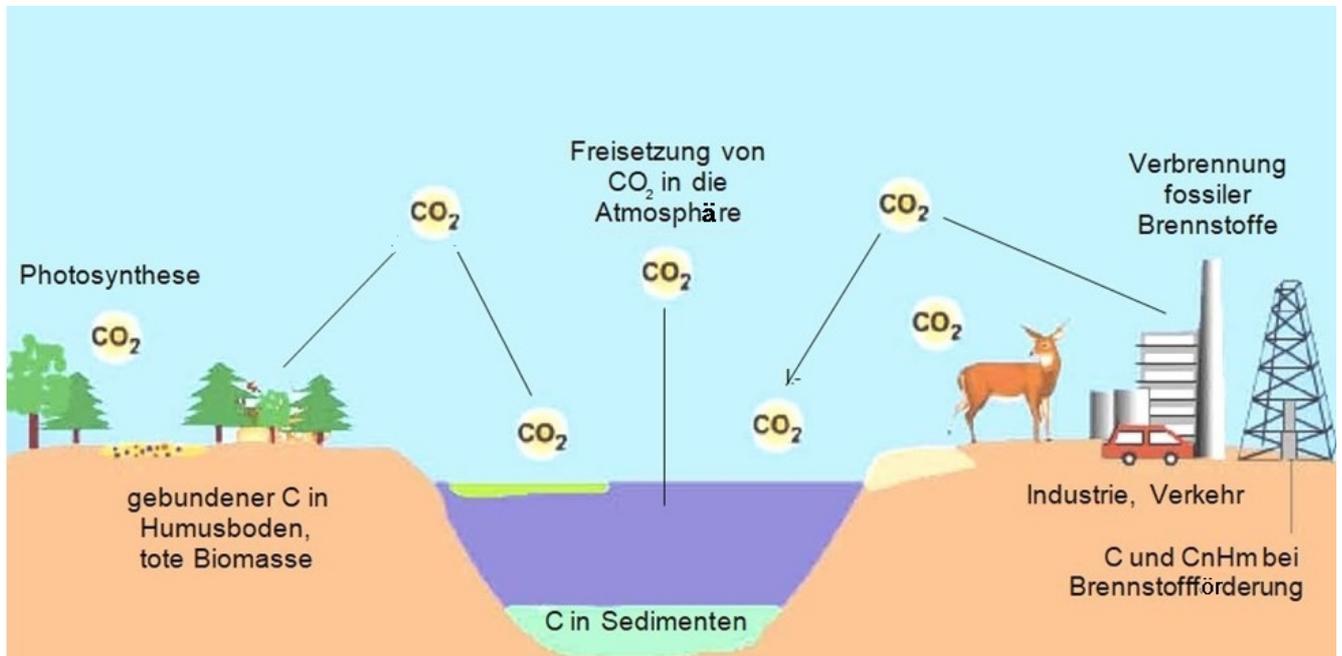


Produzenten: erzeugen organische Stoffe aus anorganischen Stoffen. Beispiele sind Pflanzen und Algen.

Konsumenten: ernähren sich von anderen Lebewesen. Beispiele sind Pflanzenfresser, Fleischfresser und Allesfresser.

Destruenten: bauen organisches Material ab und setzen Nährstoffe frei. Beispiele sind Bakterien, Pilze und Regenwürmer.

Der Kohlenstoffkreislauf



C = Kohlenstoff, **CO** = Kohlenmonoxid, **CO₂** = Kohlendioxid, **C_nH_m** = Kohlenwasserstoff

Das Element Kohlenstoff (C) wird als Gerüstmolekül zum Aufbau von vielen anorganischen und organischen Stoffen verwendet.

Bei Verbrennung von fossilen Brennstoffen (Holz, Kohle, Erdöl, Erdgas) entsteht Kohlendioxid (CO₂), z.B. Verbrennung von Methangas $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \Rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Wenn zu wenig Sauerstoff vorhanden ist, dann entsteht bei einer unvollständigen Verbrennung das giftige Kohlenmonoxid-Gas (CO).

Cyanwasserstoff (HCN, Blausäure) ist eine äußerst giftige Flüssigkeit, deren Salz Kaliumcyanid (KCN) auch Zyankali genannt wird.

Kohlensäure (H₂CO₃) ist anorganisch.
Carbonsäuren sind Moleküle mit Kohlenwasserstoff-Ketten (organisch).
Ihre Salze heißen Carbonate.

Die Kohlenstoffspeicher der Erde

Atmosphäre

- Kohlendioxid (CO₂)

Ozeane

- Carbonate, Bicarbonate

Festland

- Gebunden in Kalklagern und Bestandteil fossiler Rohstoffe
- Bodenhumus
- Atmung der Lebewesen

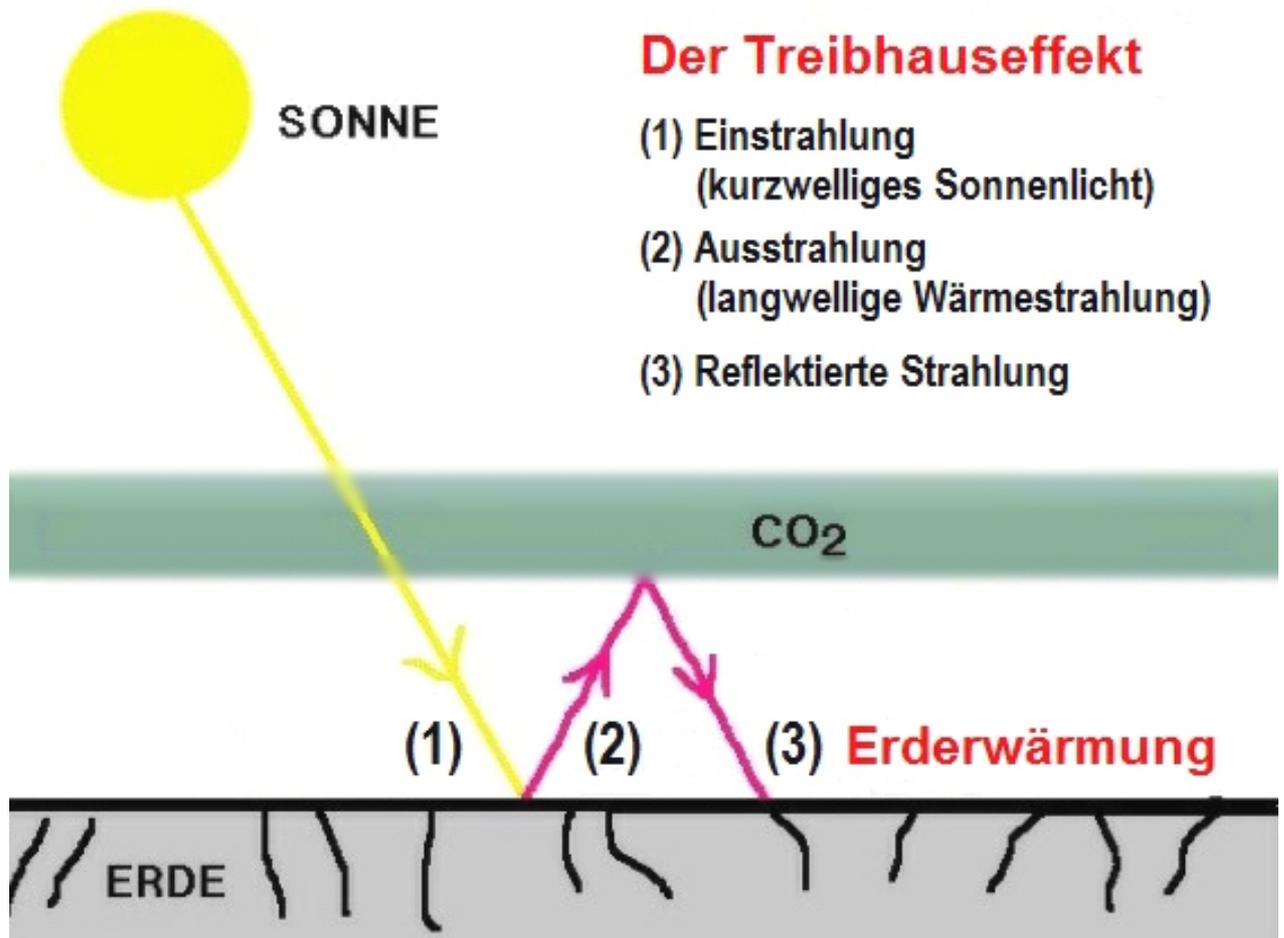
Der Kohlenstoffkreislauf (CO₂-Kreislauf)

1. Aufnahme von CO₂ aus der Atmosphäre durch die Pflanzen in der Photosynthese (Assimilation)
2. Veratmung des von den Pflanzen produzierten Sauerstoffs von Lebewesen zu CO₂ (Respiration)
3. CO₂ gelangt wieder in die Atmosphäre und der Kreislauf ist geschlossen

Störungen des CO₂-Kreislaufes

- Verbrennung fossiler Rohstoffe (höhere CO₂-Freisetzung in der Atmosphäre)
- Ersatz natürlicher Ökosysteme (z.B. Wald) durch künstliche Ökosysteme (z.B. Monokulturen)
- Der erhöhte CO₂-Gehalt steigert den **Treibhauseffekt**

Der Treibhauseffekt

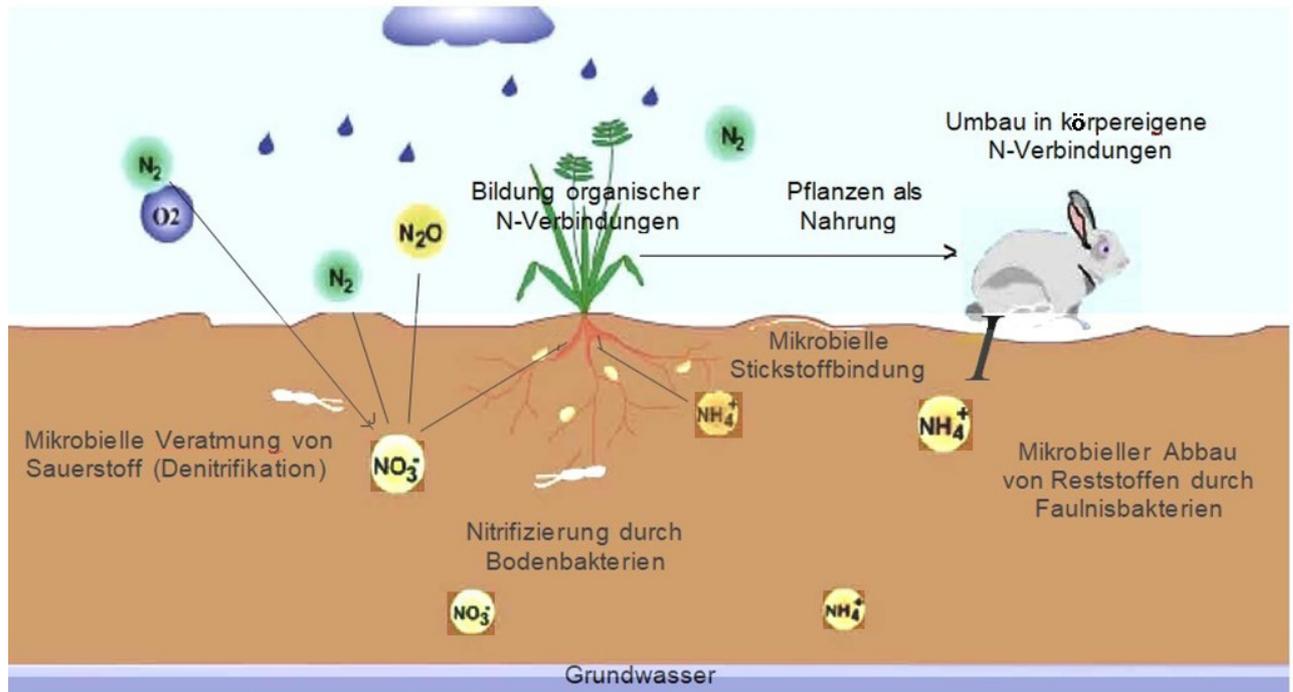


Das **Kohlendioxid** (CO₂) in der Atmosphäre lässt die kurzwellige Sonneneinstrahlung durch, verhindert aber die langwellige Wärmeabstrahlung der Erde, weil es diese teilweise absorbiert und wieder zur Erde zurück reflektiert.

Durch diesen so genannten **Treibhauseffekt** kommt es zur **Erwärmung der Erde**. Das Eis an den Polkappen schmilzt und der Meeresspiegel steigt. Küstengebiete werden überschwemmt und versinken im Meer.

Die Erderwärmung führt auch zu einer **Klimaveränderung** mit negativen Auswirkungen auf Tiere und Pflanzen. Beispielsweise kommt es zu einer verstärkten Austrocknung des Bodens oder zum Auftauen des Permafrost-Bodens im nördlichen Asien.

Der Stickstoffkreislauf



N_2 = Stickstoff, N_2O = Lachgas, NO_3^- = Nitrat-Ion,
 NO = Stickstoffmonoxid, NO_2 = Stickstoffdioxid,
 NH_3 = Ammoniak, NH_4^+ = Ammonium-Ion

Stickstoff-Moleküle (N_2) sind ungebunden in der Atmosphäre.
 Chemisch gebunden befinden sie sich in vielen anorganischen
 und organischen Stoffen.

Die Stickstoffoxide (NO , NO_2) werden hauptsächlich in Industrie und
 Verkehr erzeugt. Sie sind an der Bildung von bodennahem Ozon (O_3)
 beteiligt ($NO_2 + O_2 + \text{Energie} \Rightarrow NO + O_3$).

Die Salze der Salpetersäure (HNO_3) heißen Nitrate.

Das stechend riechende Gas Ammoniak (NH_3) kann chemisch als
 Base die Ammoniumsalze bilden, z.B. Ammoniumsulfate $(NH_4)_2SO_4$.
 Diese sind – so wie verschiedene Nitrate – wichtige Düngemittel.

Der Stickstoffkreislauf

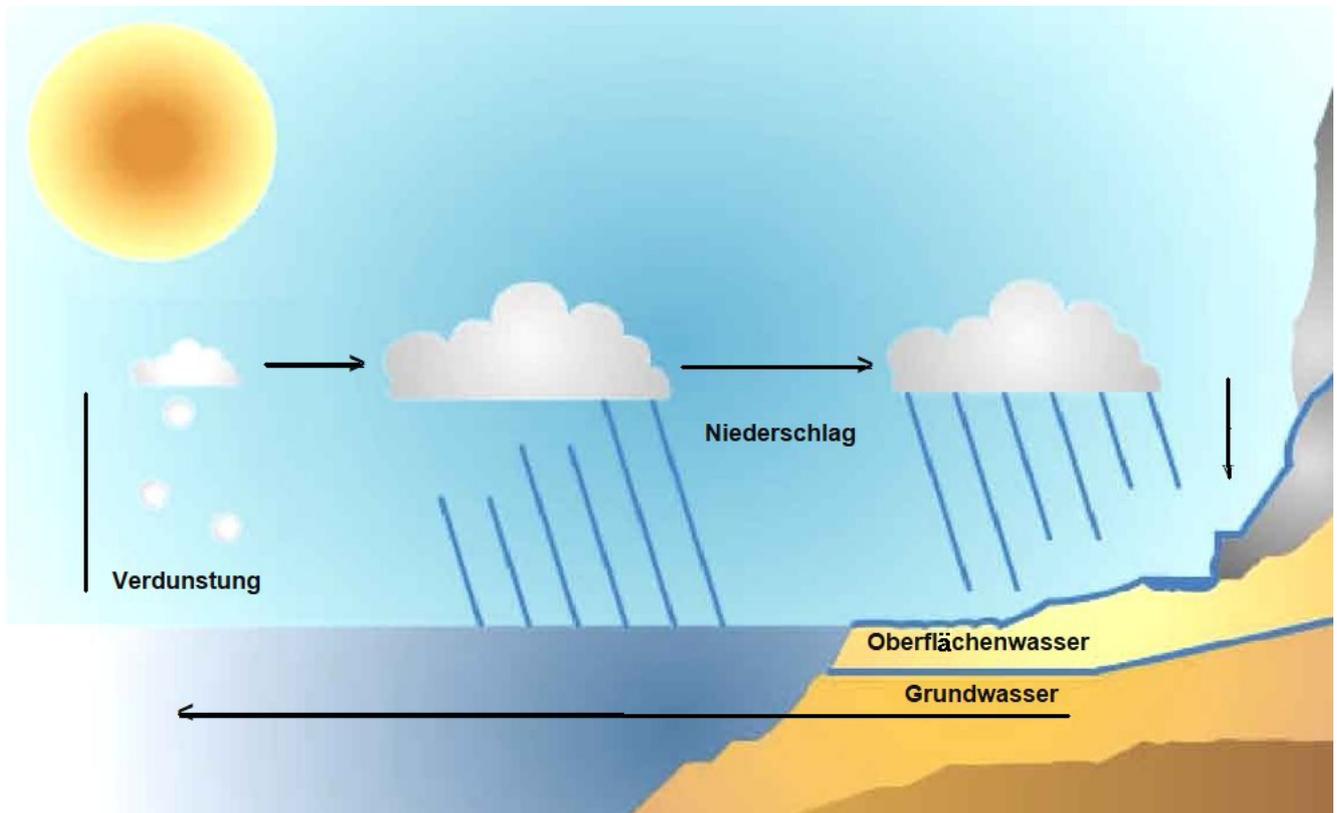
Neben dem Kohlenstoffkreislauf der bedeutendste Stoffkreislauf in terrestrischen Ökosystemen

- 1. Aufnahme von Stickstoff in anorganischer Form durch Pflanzen (als Nitrat oder Ammonium)**
- 2. Umwandlung (Assimilierung) in organische Verbindungen (Aminosäuren, Proteine, Nukleinsäuren). Tierische Organismen nehmen organische Stickstoffverbindungen auf**
- 3. Absterben von Pflanzen und Tieren bewirkt die Zufuhr von organischem Stickstoff in den Boden**
- 4. Mikroorganismen mineralisieren den Stickstoff wieder zu Ammonium und Nitrat**

Störungen des Stickstoffkreislaufes

- Anbau moderner Kulturpflanzen durch den Menschen
- Pflanzen haben einen hohen Stickstoffbedarf (auch durch zusätzliche Stickstoffdüngung)
- Belastung der Oberflächengewässer und des Grundwassers

Der Wasserkreislauf



Wasserstoff-Moleküle (H_2) und Sauerstoff-Moleküle (O_2) befinden sich ungebunden in der Atmosphäre.

Im Wassermolekül (H_2O) sind sie chemisch gebunden.

Der Wasserkreislauf

Verlagerung von Wasser vom Meer zum Land

Verlagerung zurück vom Land zum Meer

Teilphasen

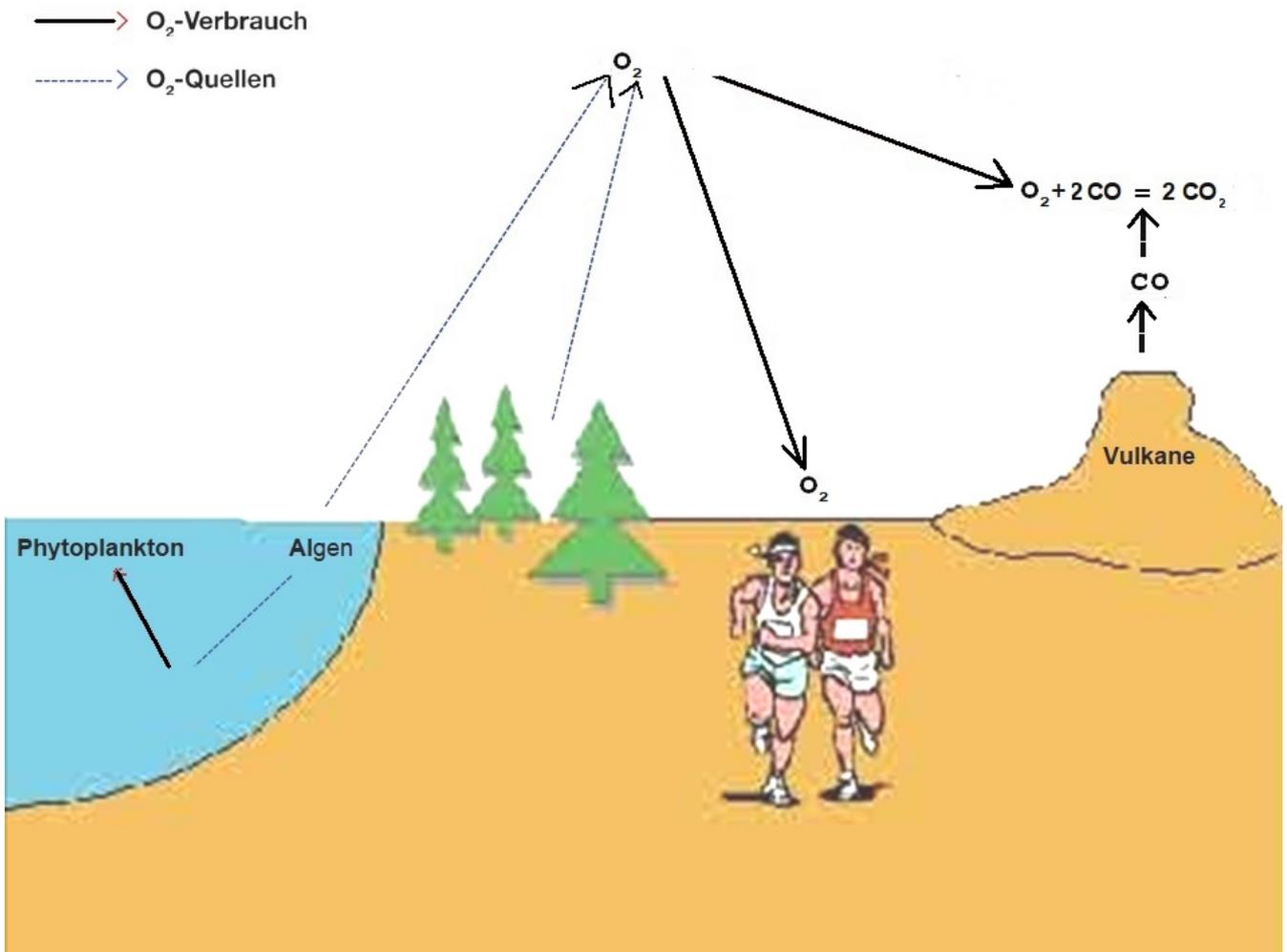
- Verdunstung
- Niederschlag (Regen, Schnee, Hagel)
- Abfluss

Wasser (H₂O) verdunstet über der Meeresoberfläche. Wasserdampf steigt auf und bildet Wolken. Diese Wolken werden landeinwärts geweht und bringen Niederschlag. Dabei können sich Bäche, Flüsse und Seen bilden und das Wasser versickert. Der Rückfluss des Wassers zum Meer erfolgt ober- und/oder unterirdisch und der Kreislauf beginnt von vorne.

Störungen des Wasserkreislaufes

- Der Mensch nutzt Wasser als Lebensgrundlage und greift damit in den Kreislauf ein.

Der Sauerstoffkreislauf



O₂ = Sauerstoff, CO₂ = Kohlendioxid, CO = Kohlenmonoxid

Sauerstoff-Moleküle (O₂) sind ungebunden in der Atmosphäre. Chemisch gebunden befinden sie sich in vielen anorganischen und organischen Stoffen.

Die chemischen Reaktionen mit Sauerstoff heißen **Oxidationen**.
 Beispiele: Kohlendioxid (CO₂), Stickstoffdioxid (NO₂), Schwefeldioxid (SO₂), Zinkoxid (ZnO), Magnesiumoxid (MgO), Kupferoxid (CuO).

Der Sauerstoffkreislauf

Der Sauerstoffkreislauf ist eng mit dem Kohlenstoffkreislauf und dem Wasserkreislauf verbunden

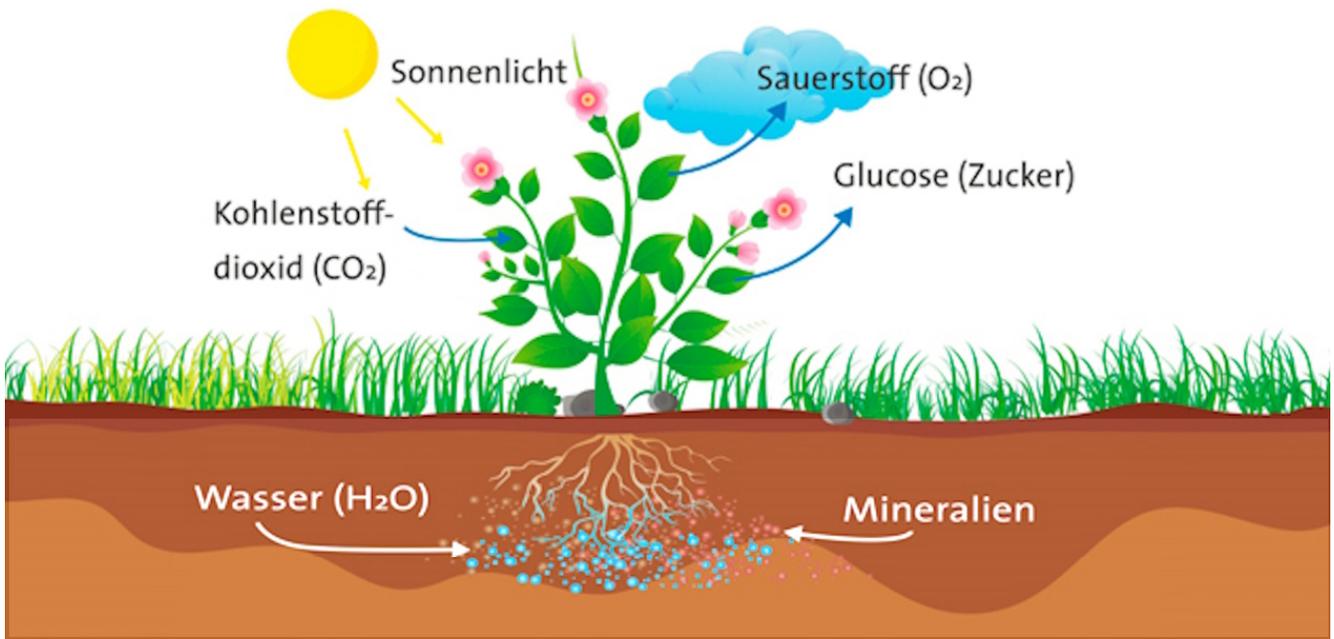
Der Sauerstofftransport in Ökosystemen erfolgt vorwiegend mit gebundenem Sauerstoff (Kohlendioxid, Wasser, Kohlenhydrate)

Der Sauerstoffkreislauf besteht hauptsächlich aus

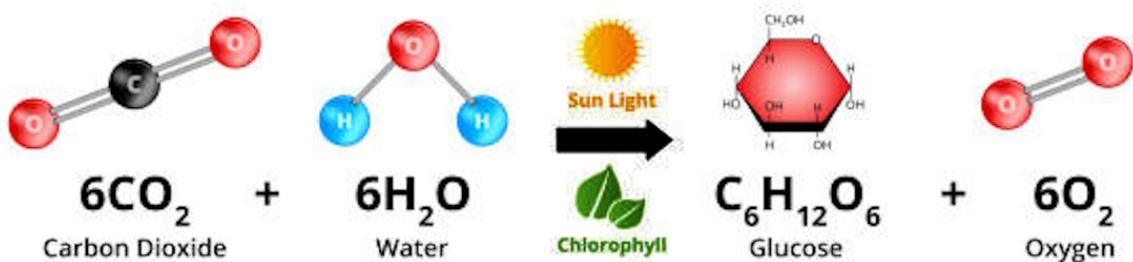
- O_2 -verbrauchenden Vorgängen (Menschen, Tiere) und
- O_2 -erzeugenden Vorgängen (Pflanzen, Algen)

Bei der Photosynthese werden Kohlendioxid und Wasser unter Einwirkung von Licht in energiereiche Kohlenhydrate und Sauerstoff umgewandelt

Die Photosynthese

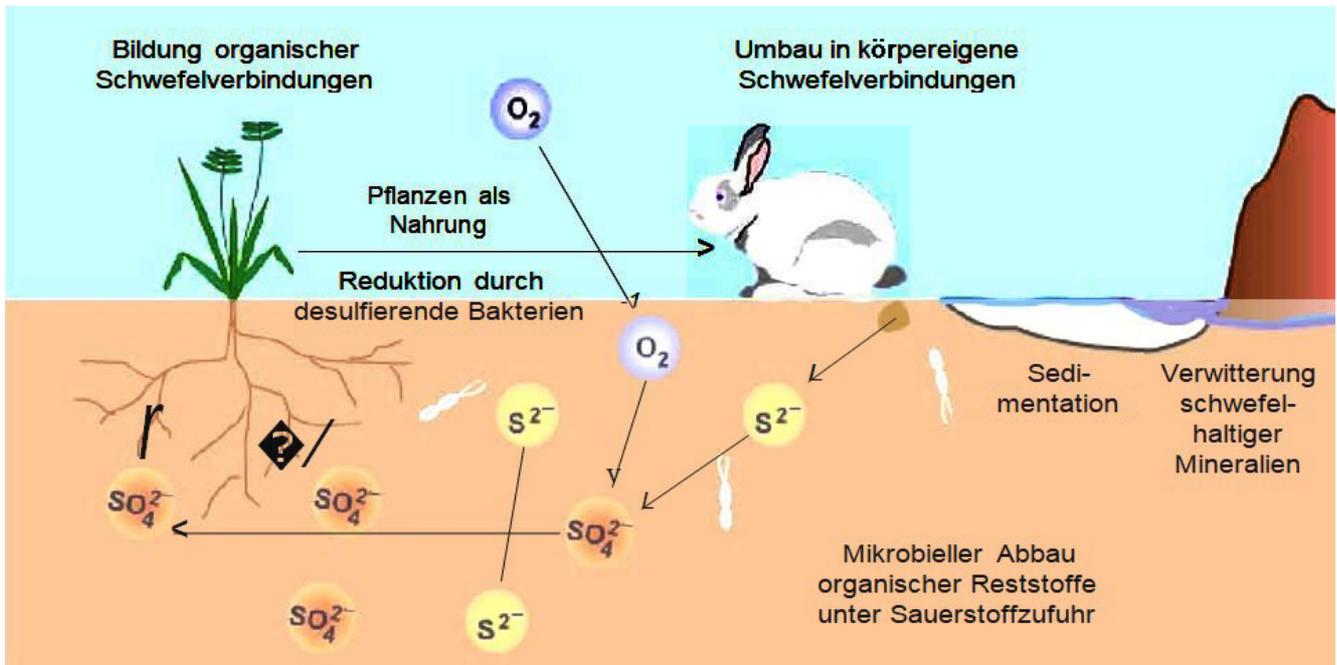


Photosynthesis



Durch die unter Lichtenergie in den grünen Pflanzen ablaufende **Photosynthese** wird Zucker ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) aus Wasser (H_2O) und Kohlendioxid (CO_2) gewonnen, wobei Sauerstoff (O_2) freigesetzt wird. Zur Lichtabsorption ist dabei der grüne Blattfarbstoff (Chlorophyll) unentbehrlich. Die **Photosynthese** besteht aus der Abfolge von komplizierten chemischen Reaktionen, welche unter Mitwirkung mehrerer Katalysatoren abläuft.

Der Schwefelkreislauf



S = Schwefel, S^{2-} = Sulfid-Ion, SO_4^{2-} = Sulfat-Ion, SO_2 = Schwefeldioxid

Elementarer Schwefel (**S**) kommt in großen Lagerstätten in der Erdkruste vor. Das Element Schwefel befindet sich in vielen anorganischen und organischen Stoffen. Schwefel als Pulver stinkt und wird verwendet um den PH-Wert des Bodens zu regulieren. Der gasförmige Schwefelwasserstoff (H_2S) riecht nach faulen Eiern und entsteht als Reststoff bei organischen Prozessen.

Schwefel ist aber auch ein Hauptbestandteil des Schießpulvers.

Die gelben Schwefelkristalle vereinigen sich unmittelbar mit fast allen Metallen unter Wärmeentwicklung. Die entstehenden Verbindungen heißen **Sulfide**, z.B. Pyrit (FeS_2), Kupferkies (CuFeS_2), Zinkblende (ZnS), Bleiglanz (PbS) oder Zinnober (HgS). Aus diesen Sulfiden werden dann die entsprechenden Metalle chemisch gewonnen.

Die Salze der Schwefelsäure (H_2SO_4) heißen **Sulfate**.

Sulfate kommen häufig als Mineralien vor und haben zusätzlich ein Kristallwasser, z.B. Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) oder Kupfervitriol ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

Der Schwefelkreislauf

Pflanzen nehmen Schwefel aus dem Boden auf

1. Über die Nahrungskette gelangt er zu den Konsumenten
2. Rückführung von organischen Rückständen der Pflanzen und Tiere, die durch Destruenten (Würmer, Milben, Bakterien, Pilze) zu anorganischen Stoffen abgebaut werden
3. Durch diese Zersetzung wird der größte Teil des Schwefels wieder in den Kreislauf zurück gebracht

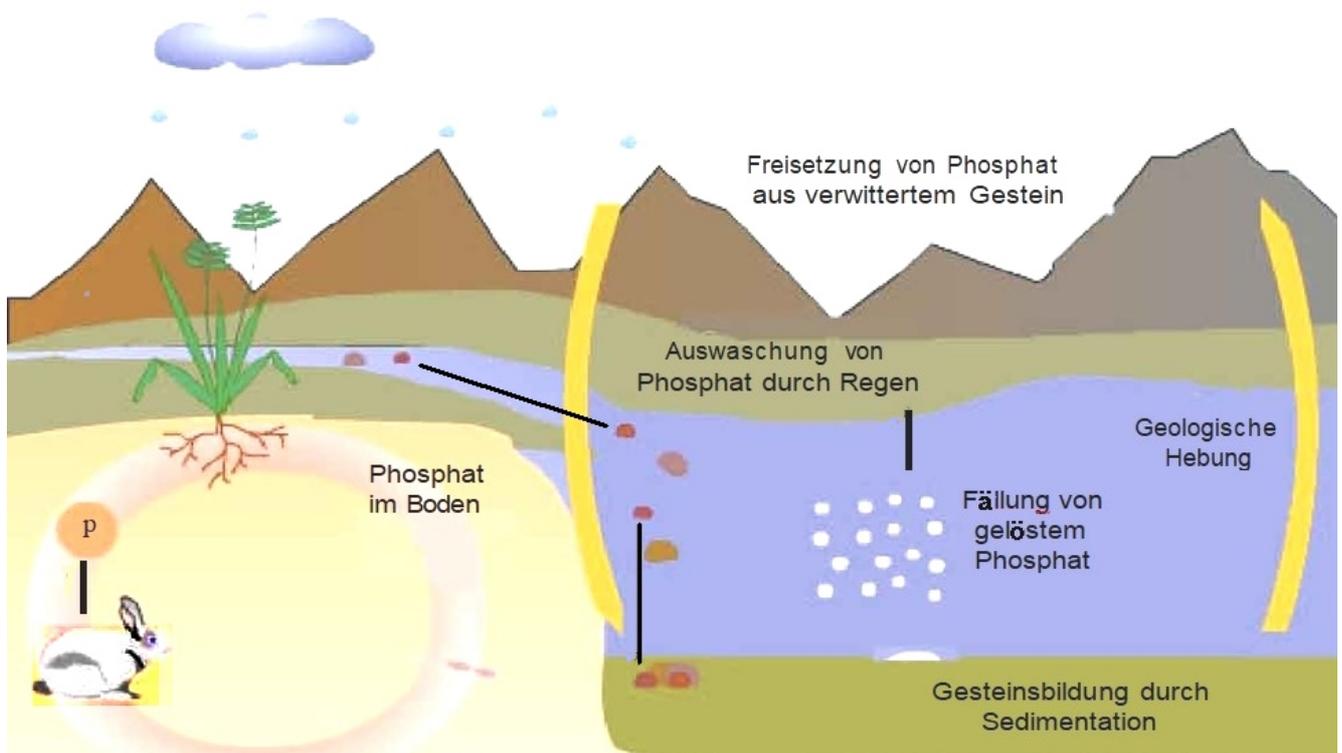
Störungen des Schwefelkreislaufes

Die Verbrennung schwefelhaltiger fossiler Rohstoffe bewirkt eine zusätzliche Belastung der Atmosphäre mit **SO₂**

Entstehung von saurem Regen und Bodenversäuerung

Beeinflussung lebenswichtiger biologischer Prozesse

Der Phosphorkreislauf



Phosphor (P) kommt in zwei Formarten vor (Allotrope), als weißer Phosphor (sehr giftig, leicht entflammbar) und als roter Phosphor (ungiftig, schwer entflammbar).

Der rote Phosphor dient als einfaches Zündmittel in Streichhölzern.
Der weiße Phosphor wird als tödliches Kampfmittel in Kriegen eingesetzt.

Das Element Phosphor befindet sich in vielen anorganischen und organischen Stoffen.

Die Salze der Phosphorsäure (H_3PO_4) heißen Phosphate. Anwendungen finden sie als Säuerungsmittel, als Rostschutzmittel und als Düngemittel.

Der Phosphorkreislauf

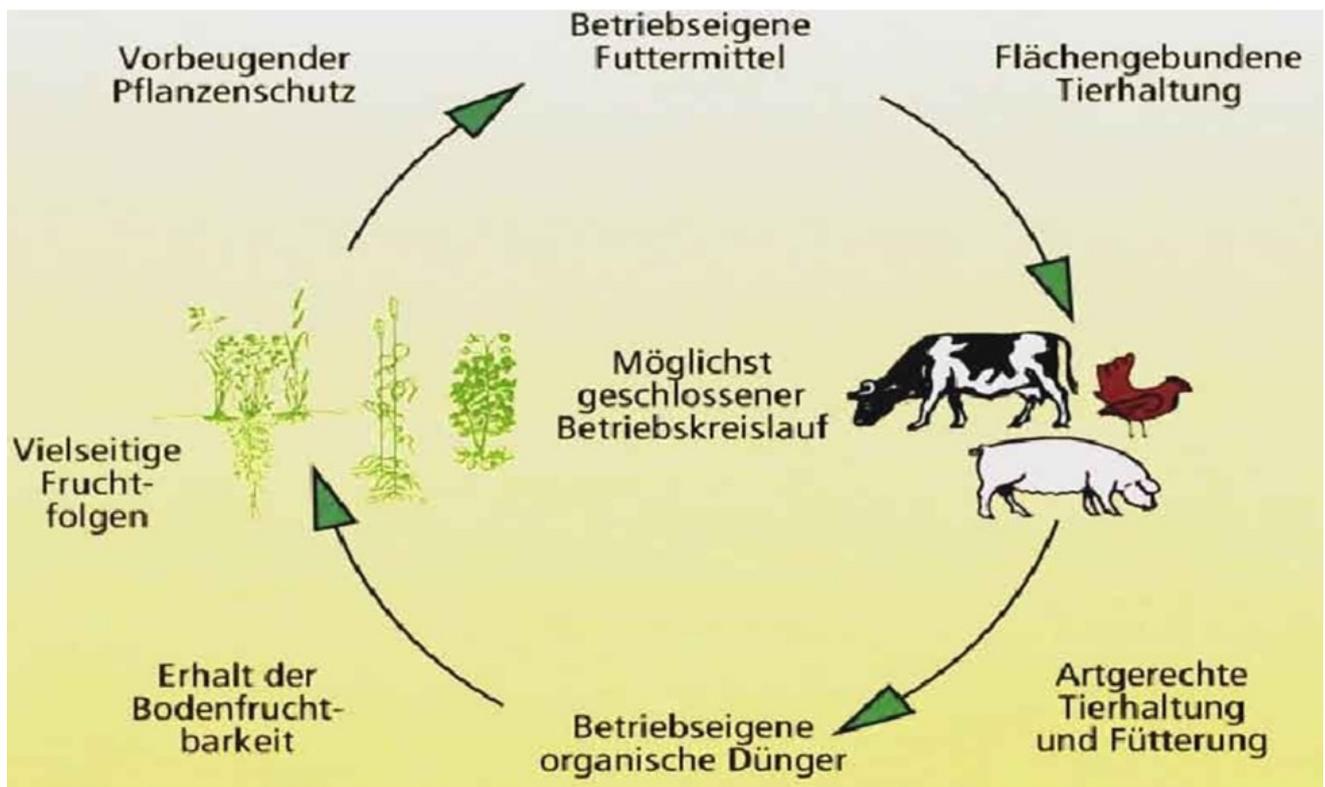
- 1. Durch Auswaschung aus verwittertem Gestein und Boden u.a. gelangen Phosphat-Ionen in den Kreislauf**
- 2. Pflanzen nehmen Phosphat aus dem Boden auf, heterotrophe Lebewesen (Mensch, Tiere, Bakterien) nehmen das Phosphat mit der Nahrung auf**
- 3. Abbau organischer Reststoffe (Pflanzenreste und Exkrememente) durch Mikroorganismen zu pflanzenverfügbaren Phosphaten und der Kreislauf ist geschlossen**

Störungen des Phosphorkreislaufes

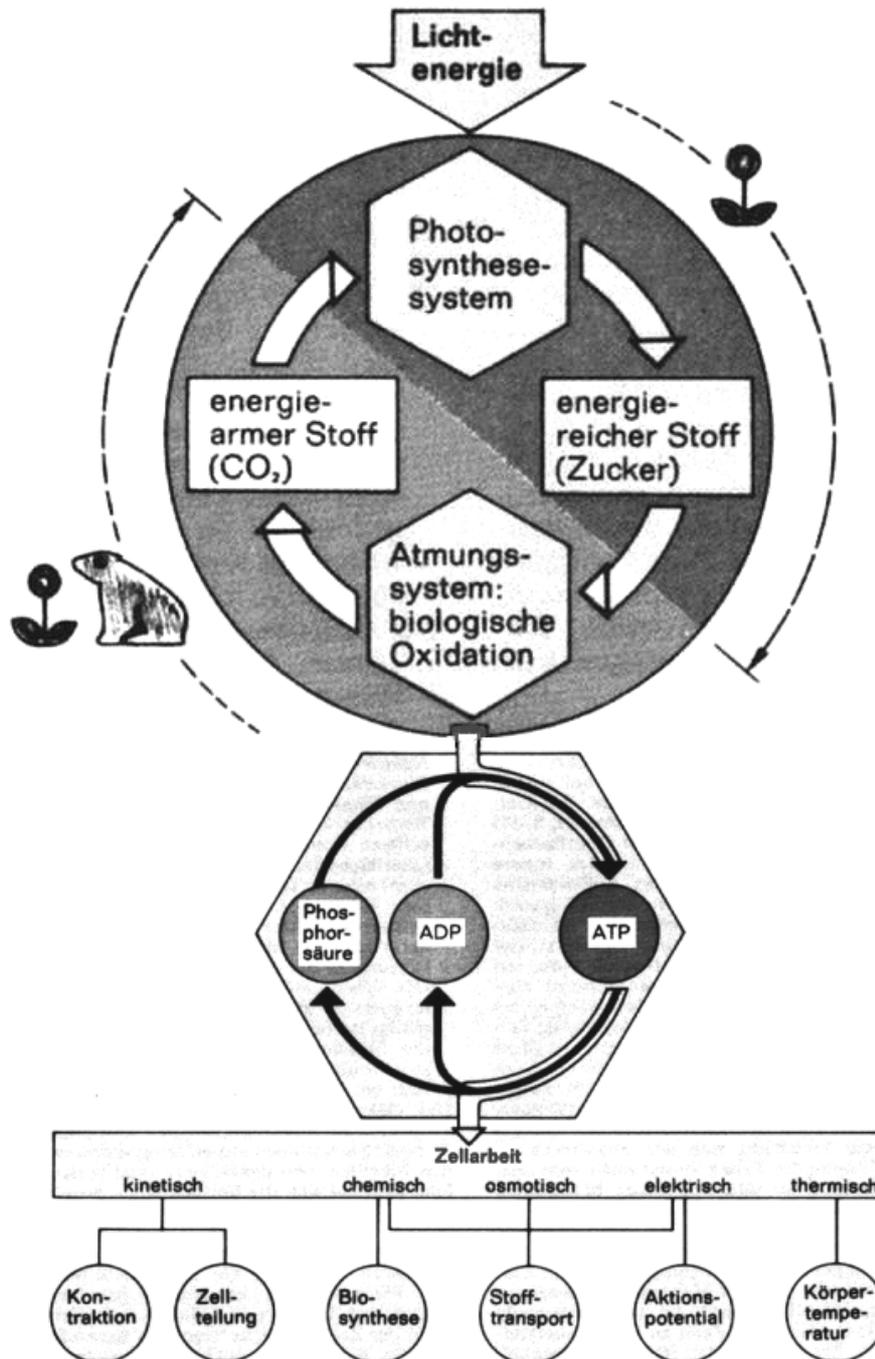
- Der Mensch entzieht durch die Landwirtschaft dem Boden Phosphat
- Zusätzliche Phosphate gelangen durch Düngung, Verwendung phosphathaltiger Produkte u.a. in den natürlichen Kreislauf
- Es kommt zur übermäßigen Nährstoffanreicherung

Geschlossener Kreislauf im ökologischen Landbau

Der ökologische Landbau orientiert sich durch geschlossene Stoffkreisläufe an den natürlichen Kreisläufen



Der biologische Energiekreislauf



Photosynthese: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{Energie} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$
 Kohlendioxid + Wasser + Energie = Zucker + Sauerstoff

Biologische Oxidation: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 = 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{Energie}$
 Zucker + Sauerstoff = Kohlendioxid + Wasser + Energie

Weitere Erklärungen auf der nächsten Seite !

Der biologische Energiekreislauf

Der zelluläre Stoffwechsel eines einzelnen Organismus ist eingebettet in den globalen Stoffwechsel der Natur, der als Kreisprozess aufgefasst werden kann.

Durch die unter Lichtenergie in den grünen Pflanzen ablaufende **Photosynthese** wird Zucker ($C_6H_{12}O_6$) aus Wasser (H_2O) und Kohlendioxid (CO_2) gewonnen, wobei Sauerstoff (O_2) freigesetzt wird. Zur Lichtabsorption ist dabei der grüne Blattfarbstoff (Chlorophyll) unentbehrlich. Die Photosynthese besteht aus der Abfolge von komplizierten chemischen Reaktionen, welche unter Mitwirkung mehrerer Katalysatoren abläuft.

Mit der Nahrungsaufnahme gelangt der Zucker in den tierischen Organismus. Mit dem Atemsystem erfolgt die Übertragung des Sauerstoffs aus der Luft in das Blut. Durch die **biologische Oxidation** wird der Zucker mit Hilfe von Sauerstoff in den Zellen der Tiere verbrannt.

Die frei werdende Energie kann eine Umwandlung von Adenosin**D**iphosphat (ADP) in Adenosin**T**riphosphat (ATP) bewirken ($ADP + P + \text{Energie} \Rightarrow ATP$). So dient das ATP-Molekül als wichtiger Energiespeicher. Bei Bedarf kann das ATP-Molekül wieder in das ADP-Molekül umgewandelt werden ($ATP \Rightarrow ADP + P + \text{Energie}$). So wird Energie frei, welche dann für verschiedene Zellarbeiten verwendet wird. (Nervenerregung, Muskelkontraktion, Stoffsynthese, Transport, Zellteilung, ...)

Als Endprodukte des zellulären Stoffwechsels werden wiederum Wasser und das Kohlendioxid und einfache Stickstoffverbindungen in die Natur ausgeschieden, und der globale Kreislauf der Energie kann von neuem mit der **Photosynthese** beginnen.