

# Die Physiologie der Grundlagen des Lebens, Photosynthese und Atmungskette

geschrieben von Admin | 1. Juni 2026

**von Dr. Holger Stienen**

Vor ca. 20 Jahren versuchte der Weltklimarat (IPCC) die These durchzusetzen, dass Kohlendioxid ein maßgebliches „Klimagas“ sei und zum „Treibhauseffekt“ entscheidend beitrage und somit das Leben auf der Erde bedrohe, weil es zur Erwärmung und folgenden Überhitzung unseres Planeten beitrüge. Dieser Narrativ hat besonders im EU- Europa und namentlich in Deutschland verfangen und zu grotesken Protestformen und politisch absurden Entscheidungen beigetragen, so etwa der Zerstörung von Natur und Landschaft durch Industriewindanlagen, Solargroßflächenkraftwerke, Flächen fressende Umspannwerke und Stromtrassen neuer Dimensionen in der deutschen Kulturlandschaft, nur um den CO<sup>2</sup>- Ausstoß zu verringern. Lag die Konzentration vor ca. 150 Jahren in der Atmosphäre bei knapp 300 ppm (Millionstel Teil der Gesamtgase in der Luft), so liegt er heute bei ca. 400 ppm. In der Erdgeschichte unterlag die Konzentration von CO<sup>2</sup> starken Schwankungen. Die höchste zum Ende der Kreidezeit mit ca. 8000 ppm. Zu dieser Zeit war die Erde in weiten Teilen klimatisch subtropisch, jedoch weder extrem überhitzt, noch in weiten Teilen Wüste.

Die Evolution hat zwei biochemische Mechanismen hervorgebracht, die als Grundlage allen Lebens auf der Erde gelten müssen: Die Photosynthese und die Physiologie der Atmung. Beide Prozesse spielen sich auf Zellebene und in entsprechenden Organellen ab, die durch Membranen vom Plasma und anderen Zellstrukturen abgegrenzt sind. Durch diese beiden Prozesse sind auch die wichtigen Atmosphärenengase Sauerstoff und Kohlendioxid gebildet worden. Ohne Sauerstoff gäbe es kein Leben auf unserem Planeten, ohne Kohlendioxid kein Pflanzenwachstum, und je mehr Kohlendioxid, desto mehr Wachstum von einzelligen Algen, Gräsern, Blumen und Bäumen. Nur ganz wenige Organismen wie z.B. Schwefelbakterien gewinnen Energie aus anderen Quellen und nicht unmittelbar aus der Sonnenstrahlung. Oder es sind Symbionten bzw. parasitär und zapfen ihre Wirtspflanzen an. Übrigens sind CO<sub>2</sub>- Quellen nicht nur die Atmung von Menschen und Tieren oder die Verbrennung fossiler Energieträger sondern auch die Brandkatastrophen in unterirdischen Kohlelagern in früheren Erdzeitaltern und besonders die Ausgasung durch Vulkanismus, womit bereits angedeutet ist, woher Kohlendioxid auf der Erde ursprünglich stammt.

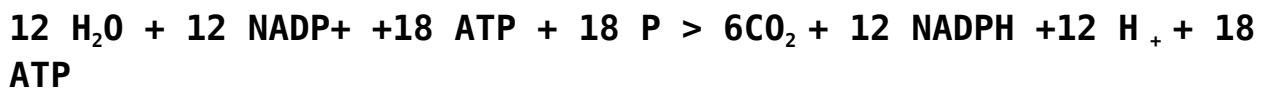
# Die Photosynthese

Die Photosynthese findet in allen grünen Pflanzen und Mikroorganismen statt. Bei diesem komplexen Vorgang handelt es sich um die Umwandlung von Lichtenergie (Photonen) in chemische Energie. Die grüne Farbe rührt vom Chlorophyll her, einem Makromolekül, das in verschiedenen Formen vorkommt und Licht im grünen Spektralbereich reflektiert. Innerhalb der Zellen ist Chlorophyll, ein symmetrisches Molekül mit vier Kohlenstoffringen und einem zentralen Magnesiumatom über vier Stickstoffbrücken an die Ringe gekoppelt, in die inneren Membranstapel (Thylakoid- Membransystem) der Chloroplasten eingebunden. Evolutiv waren Chloroplasten ursprünglich Einzeller, erste Lebensformen, die vor über 3 Milliarden Jahren auf der Erde entstanden. Diese vermehrten sich durch Zweiteilung, wie auch heute noch Chloroplasten in der Pflanzenzelle entstehen.

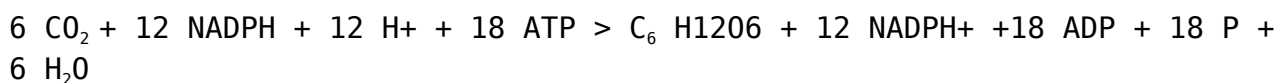
In den höheren Pflanzen finden sich zwei Chlorophylltypen, a und b. Form a absorbiert Sonnenlicht zwischen 430 und 662 Nanometern (nm), Form b zwischen 456 und 642 nm. Beide decken damit die Bereiche violett- blau und orange- rot des Spektralfarbenspektrums ab, welche die höchsten Energieraten aufweisen. Andere Pigmente wie etwa Carotine können nur engere Spektralbereiche erfassen, in diesem Fall nur den Blaubereich. Alle Pigmente sind in der Membran zu „Lichtfallen“ angeordnet. In diesen sind die Moleküle (Antennenpigmente) so angeordnet, dass sie ein Maximum an Licht (Photonen) einsammeln und per induktiver Resonanzübertragung einem zentralen Reaktionszentrum zuleiten, in dem die maximal absorbierte Energiedichte entsteht, die dort in Elektronen umgewandelt wird. Hiervon gibt es zwei Typen P 680 (PSII) und P 700 (PS I). Die Zahlen stehen für ihre Absorptionsmaxima. In den Reaktionszentren findet die Energieübertragung statt. Dort ist das elektronentransportierende Cytochrom (C<sub>b</sub>d-f- Komplex) ) eingelagert. Sein Eisen- Schwefel- Zentrum (2Fe-2S) bewirkt zusammen mit drei weiteren elektrosensiblen Proteinen die elektroenergetische Übertragung. Diese bewirkt die Spaltung von Wasser aus dem Zelllumen, indem aus zwei Wassermolekülen jeweils vier der eingefangenen Photonen des Sonnenlichts ein O<sub>2</sub>- Molekül freigesetzt werden und dabei vier positiv geladene Wasserstoffatome (Protonen) erzeugt sowie vier freie Elektronen, die jetzt dem energetische Folgeprozess zur Verfügung stehen (Abbildung 1). An dieser Ladungstrennung beteiligt ist ein Mangan- Calcium- Sauerstoff- Komplexmolekül, also eine weitere metallische Verbindung.

Der Sauerstoff als kleines Molekül entweicht durch die Membranen und schließlich durch die Spaltöffnungen in die Außenluft. Die Protonen aus der Wasserspaltung werden zur energetischen Reduktion von NADP<sup>+</sup> (Nikotinsäureamid-adenin-dinukleotid- Phosphat) genutzt. Pro Einzelreaktion werden dabei jeweils auch zwei freie Elektronen verbraucht. NADPH spielt eine entscheidende Rolle beim Aufbau von hochenergetischen Zuckern und Stärke in den Pflanzen (Calvin-Zyklus, in dem C<sub>3</sub>- Moleküle zu C<sub>6</sub>- Zuckervorläufermolekülen aufgebaut werden,

Abbildung 2) aus denen dann viele weitere organischen Moleküle im Organismus entstehen. Auf dieselbe Art entsteht das Energiespeichermolekül Adenosintriphosphat (ATP) aus Adenosindiphosphat (ADP), das auch bei der Zellatmung entsteht und in fast allen Organismen als Energiespeichermolekül fungiert. Dieses wird ebenfalls im Folgeprozess der Photosynthese als Energietreiber bei der sogenannten Carboxylierung genutzt. Dabei werden drei Moleküle  $\text{CO}_2$  durch Carboxylase-Enzyme (Rubisco) auf ein Molekül aus fünf Kohlenstoffatomen (Ribulose-1-5- bis- Phosphat) übertragen und in zwei weiteren Folgeschritten das Vorprodukt für C<sub>6</sub>- Zucker (im sogenannten Calvin-Zyklus – Abbildung 2) erzeugt. Dieser Prozess läuft umso schneller ab, je höher der Partialdruck von  $\text{CO}_2$  in der Atmosphäre ist, also je mehr Kohlendioxidmoleküle sich in der Außenluft befinden. Das rührt daher, dass Carboxylasen sogenannte induzierbare Enzyme sind, die vermehrt werden, sobald der  $\text{CO}_2$ -Anteil in der Luft steigt. Die Formel der sogenannten Lichtreaktion (gebunden an die Thylakoidmembranen im Chloroplasten und nur bei Tageslicht ablaufend) lautet:



**Die nachgeschaltete sogenannte Dunkelreaktion erfolgt im Stroma (halbflüssige Grundsubstanz) der Mitochondrien:**



Pflanzen, so auch Feldfrüchte, Wälder, Weiden usw. wachsen schneller bei steigendem  $\text{CO}_2$ - Anteil in der Luft. Es gibt auch einige wenige Tiere, in denen Photosynthese auftritt, z.B. einige Schnecken, Seescheiden oder Korallen. In diese sind irgendwann Grün- oder Blaualgen eingedrungen und diese nutzen die Tiere symbiotisch als Wirtsorganismen.

## Physiologie der Atmung

Eine Art Umkehrung der Photosynthese ist die Atmung, die Sauerstoff verbraucht und Kohlendioxid und chemische Energie erzeugt. Dieses geschieht in Tieren und Pflanzen. Dabei gewinnt der Körper Energie zum Verbrauch seiner Tätigkeiten aus der Zerlegung von Zuckermolekülen. Bei Tieren müssen energiereiche Bestandteile über die Nahrung aufgenommen werden um dann physiologisch- energetisch genutzt werden zu können. Sehen wir uns die dem zugrunde legende Biochemie in den wichtigsten Schritten an.

Die Zellatmung ist ein komplexer Prozess dem verschiedene Prozesse des Abbaus organischer Moleküle wie Fette, Eiweiße, komplexe Kohlehydrate usw. vorangehen. Entscheidend zur Energiegewinnung und der Dekarboxylierung (Freisetzung von  $\text{CO}_2$ ) ist jener finale der sogenannten Atmungskette in den Mitochondrien, einer zentralen Zellorganelle mit

Außen- und Innenmembranen in denen die Energieüberträger wie die aus der Fotosynthese bekannten Moleküle NADH und FADH<sub>2</sub> (Carrier) und Enzyme etwa zur Dekarboxilierung eingebunden sind. Über diese läuft ähnlich wie bei der Photosynthese die sogenannte Elektronentransportkette. Dort ist auch das Kanalprotein ATP- Synthetase eingebunden. Die gewonnenen Protonen werden in diesen Kanal getrieben. In einem Rotationsprozess wird die Energie genutzt, um beständig aus ADP (Adenosindiphosphat) ATP (Adenosintriphosphat) herzustellen, das eine höhere Energiemenge speichert. ATP ist das zentrale Energiemolekül, das allen Körperprozessen zugrunde liegt. Menschen synthetisieren ca. 10<sup>25</sup> ATP-Moleküle pro Tag. Auf diese Weise werden pro Tag ca. 40 kg (!) Phosphat pro Körper umgesetzt. Dabei wird der wenige Phosphor mittels der Kette AMP- ADP- ATP im Körper beständig mit ungeheurer Geschwindigkeit recycelt. Aus einem Glucosezuckermolekül entstehen 32 ATP- Moleküle. Die Gesamtbilanz der Atmungskette lautet:



In der weiteren Folge der Atmungskette folgen weitere biochemisch-energetische Schritte ( vier Komplexe), in die besonders Enzyme wie Oxidasen und Reduktasen eingebunden sind. Letztlich ist es die Trennung von Sauerstoff vom Wasserstoff durch Kompartimentierung mittels der Mitochondrienmembranen, die eine Knallgasexplosion verhindert und diese Reaktion kontrolliert ablaufen lässt. Parallel zum chemischen Prozess verläuft die sogenannte Elektronentransportkette, indem die membrangebundenen Redoxsysteme Elektronen (e<sup>-</sup>) aufnehmen und wieder abgeben. Bei jedem dieser Schritte wird eine winzige Energiemenge frei, die Elektronen fließen von einem höheren auf das jeweils nächst niedrigere Energieniveau ab. Im letzten Schritt werden die Protonen (H-) auf Sauerstoffmoleküle übertragen und als Wasser freigesetzt.

Dieser in ca. drei Milliarden Jahren evolutiv entstandene Ablauf ist hocheffektiv und auch erst seit einigen Jahrzehnten erforscht und damit aufgedeckt worden. Er stellt ein Wunder an komplexen Vorgängen dar, die für uns unbewusst und vielen unbekannt, dennoch beständig ablaufen.

Die Photosynthese hat somit den Sauerstoff in die Atmosphäre gebracht, ohne den kein höheres Leben auf der Erde möglich wäre. Ausgangsprodukt ist dabei das Kohlendioxid.

Dass bedeutet schlussendlich: Jeder, der die Minderung von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre fordert und durchsetzt, votiert gegen die Natur und das Leben auf diesem Planeten.