FOTOSYNHTESE

Ohne die Fähigkeit der Pflanzen, mit Hilfe von **Lichtenergie** und **Chlorophyll** aus **Kohlenstoffdioxid** und **Wasser** organische Substanzen, also **Biomasse** herzustellen und nebenbei auch noch Sauerstoff zu produzieren, wäre kein Leben auf der Erde möglich, so wie wir es kennen.

[Stoff- und Energiewechselprozesse 1](#_Toc21435992)

[Organische Stoffe in Pflanzenzellen 2](#_Toc21435993)

[Bau und Funktion der Pflanzenzelle 3](#_Toc21435994)

[Bau und Funktion des Laubblattes 4](#_Toc21435995)

[Aufnahme, Abgabe und Leitung von Stoffen 6](#_Toc21435996)

[Gesamtprozess der Fotosynthese 6](#_Toc21435997)

[Einige Teilprozesse der Fotosynthese 7](#_Toc21435998)

[Bedeutung von ATP für den Organismus 8](#_Toc21435999)

[Beeinflussung der Fotosyntheseleistung 8](#_Toc21436000)

[Bedeutung der Fotosynthese 8](#_Toc21436001)

[Lexikon einiger Fachbegriffe 9](#_Toc21436002)

[Quellenangaben und Hinweise 11](#_Toc21436003)

Stoff- und Energiewechselprozesse

Überblick

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Stoff- und Energiewechsel | | |  |  |
| Assimilation | | |  | Dissimilation | | |
| autotrophe Assimilation |  | heterotrophe Assimilation |  | Zellatmung |  | Gärung |
| *z.B. Fotosynthese* |  |  |  | Biologische Oxidation |  |  |
| Algen, Pflanzen, einige Bakterien  *Zellen mit Chlorophyll* |  | Mensch, Tier, Pilze, viele Bakterien |  | Mensch, Tier, Pflanzen, Pilze, viele Bakterien |  | einige Pilze, viele Bakterien |

Quelle: Nach Duden Basiswissen Biologie [Ausgabe 2010], S. 195 ff.

**Ernährungsweisen** von Lebewesen [**Assimilation**]

* **autotrophe Ernährung** 🠢 Aufnahme körperfremder energiearmer anorganischer Stoffe [z.B. CO2, H2O] und Bildung köpereigener energiereicher organischer Stoffe
* **heterotrophe Ernährung** 🠢 Aufnahme körperfremder energiereicher organischer Stoffe [z.B. Fette, Eiweiße, Kohlenhydrate] und Bildung köpereigener energiereicher organischer Stoffe

**Energieerzeugung** in Zellen [**Dissimilation**]

* **Zellatmung** [biologische Oxidation] 🠢 vollständiger Abbau energiereicher organischer Stoffe zu energiearmen anorganischen Stoffen zwecks Energieerzeugung
* **Gärung**🠢 [unvollständiger] Abbau energiereicher organischer Stoffe zu energieärmeren organischen [z.B. Ethanol, Essigsäure, Milchsäure] und anorganischen Stoffen [z.B. CO2] zwecks Energieerzeugung

**Enzyme** als Biokatalysatoren

*alle Prozesse des Stoff- und Energiewechsels werden durch spezifische* ***Enzyme*** *beschleunigt und ermöglicht, dass die Prozesse bei Körpertemperatur ablaufen können*

Enzyme sind spezielle Wirkstoffe in allen Lebewesen [spezielle **Eiweiße**]

**aerobe** Lebewesen [Aerobier]

Lebensweise mit Stoffwechselprozessen, die **Sauerstoff benötigen** [Aerobie; z.B. Zellatmung, Essigsäuregärung, Kompostierung], z.B. Mensch, Tiere, höhere Pflanzen

**anaerobe** Lebewesen [Anaerobier]

Stoffwechselvorgänge **ohne** Notwendigkeit von **Sauerstoff** [Anaerobie; z.B. alkoholische Gärung, Milchsäuregärung, Methanbildung] z.B. bei einigen Hefepilzen und Bakterien

Organische Stoffe in Pflanzenzellen

Übersicht

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Organische Stoffe | | |  |  |
| Fette |  | Eiweiße |  | Kohlenhydrate |  | *andere organische Stoffe* |
| **Quelle**: Frei nach Duden Basiswissen Biologie [Ausgabe 2010], S. 197 f. |  |  |  | **Einfachzucker**  z.B. Glucose [Traubenzucker]  **Doppelzucker**  z.B. Saccharose [Rohrzucker]  **Vielfachzucker**  z.B. Stärke |  | z.B. Farbstoffe, Chlorophyll, organische Säuren, Flavonoide |

In unserem Bereich [Hauswirtschaft](https://eqiooki.de/house/house.php) unserer Homepage findest Du viele weitere Details zu diesen organischen Stoffe.

Bau und Funktion der Pflanzenzelle

|  |  |
| --- | --- |
| elektronen-mikroskopischer Bau einer **Pflanzenzelle**  schematisch | Ein Bild, das Text, Karte enthält.  Automatisch generierte Beschreibung |

Bau und Funktion der Zellorganellen

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Zellorganell** | **bauliche Besonderheiten** | **wichtige Funktionen** |
| **Zellwand** | enthält Cellulose, fest, dick, mit Poren | Abschluss, Schutz, Stoffdurchlass [passiv] |
| **Zellmembran** | dünnes Häutchen | Abschluss, Schutz, Stoffdurchlass [aktive Hindurchschleusung von Stoffen] |
| **Zellplasma** | enthält Wasser, Salze und organische Stoffe | viele Stoffwechselprozesse, Speicherung, Stofftransport, Zellinnendruck |
| **Zellkern** [Nukleus] | enthält DNA und RNA | Vererbung; Steuerung der Zellprozesse |
| **Chloroplasten** | enthalten grünen Blattfarbstoff Chlorophyll | **Fotosynthese** |
| **Mitochondrien** | membranumgrenzt, im Innern große Membranoberfläche durch Faltung | **Zellatmung** [biologische Oxidation] zwecks Energiegewinnung |
| **Ribosomen** | am ER oder im Plasma befindlich | Eiweißsynthese |
| **Vakuole[n]** | membranumgrenzt, flüssigkeitsgefüllt | Stoffspeicherung [Wasser, Salze etc.], Zellinnendruck |
| **Endoplasmati-sches Reticulum** [ER] | Membransysteme, mit oder ohne Ribosomen | Stofftransport in der Zelle |
| **Golgi-Apparat** | aus vielen hundert Dictyosomen gebildet; Stapel membranumschlossener Reaktionsräume | Ausscheidung [Sekretbildung im Zellstoffwechsel], Stoffspeicherung, Synthese von Membranen und Proteinen |

Vergleich Tierzelle – Pflanzenzelle

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Zellorganellen** | **Pflanzenzelle** | **Tierzelle** |
| Zellmembran | 🗸 | 🗸 |
| Zellkern | 🗸 | 🗸 |
| Mitochondrien | 🗸 | 🗸 |
| Zellkern | 🗸 | 🗸 |
| Ribosomen | 🗸 | 🗸 |
| Zellwand | 🗸 |  |
| Chloroplasten | 🗸 |  |
| Vakuolen | 🗸 |  |

Zelle – Gewebe – Organ

Zellen mit gleichem Bau und gleicher Funktion bilden ein **Gewebe**

**Organe** bestehen sind abgegrenzte Funktionseinheiten aus verschiedenen Zellen und Geweben; es sind spezialisierte Einrichtungen eines Organismus und sie erfüllen spezifische Funktionen und besitzen Hilfs- und Schutzeinrichtungen

häufig bilden mehrere Organe im Zusammenspiel Organsysteme

Bau und Funktion des Laubblattes

Organe der Samenpflanzen

Blüten, Laubblätter, Sprossachse mit Leitbündeln, Wurzel

|  |  |
| --- | --- |
| Bau eines **Laubblattes**  Querschnitt schematisch | Ein Bild, das Screenshot enthält.  Automatisch generierte Beschreibung |

Bau und Funktion des Laubblattes

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Gewebe, Organ** | **Bau** | **Funktion** |
| **Kutikula** [Cuticula] | Wachsschicht | Verdunstungsschutz |
| **obere Epidermis** | ein- oder mehrschichtig; keine Chloroplasten | Abschluss, Schutz |
| **Palisadengewebe** | dicht gepackte zylindrische Zellen mit Chloroplasten; manchmal auch mehrschichtig [z.B. bei einigen Schattenblättern] | **Fotosynthese** |
| **Schwammgewebe** | relativ lockeres Gewebe aus Zellen mit Chloroplasten | **Fotosynthese** |
| **Interzellularen** | Zellzwischenräume | Gastransport |
| **Spaltöffnungen** | je 2 **Schließzellen** [enthalten Chloroplasten] | **Transpiration** und **Gasaustausch** |
| **untere Epidermis** | ein- oder mehrschichtig; ohne Chloroplasten; mit **Spaltöffnungen** | Abschluss, Schutz |
| **Leitbündel** [Blattader] | bestehen u.a. aus Gefäßen [Xylem, **Holzteil**] und Siebröhren [Phloem, **Siebteil**] | Transport von Wasser zum Blatt [Gefäße] bzw. von organischen Stoffen in Richtung Wurzel [Siebröhren] |

Aufnahme, Abgabe und Leitung von Stoffen

**Gasaustausch**

passive **Aufnahme von Kohlenstoffdioxid** sowie **Abgabe von Sauerstoff** durch die Spaltöffnungen

**Transpiration**

**geregelte Wasserdampfabgabe durch die Spaltöffnungen** 🠢 aktives Öffnen und Schließen der Spaltöffnung in Abhängigkeit von Luftfeuchtigkeit und Wasseraufnahme durch die Pflanze

Grund: Änderung des Zellinnendruckes der Schließzellen; dadurch entsteht ein Sog in der Pflanze [**Transpirationssog**]

Wasserleitung in der Pflanze

Transport des Wassers von der Wurzel in alle oberirdischen Organe der Pflanze u.a. infolge des **Transpirationssoges**, aber auch durch andere Kräfte wie, **Kapillarität** [Wirkung dünner Röhren auf den Wasserstand], **Kohäsion** [Bindungskräfte zwischen Teilchen eines Stoffes, hier Wassermolekülen] und **Adhäsion** [Bindungskräfte zwischen unterschiedlichen Phasen, hier Wasser und Gefäßinnenwände]

Gesamtprozess der **Fotosynthese**

Fakten zur Fotosynthese

* **Ort** 🠢 Chloroplasten [in allen grünen Pflanzenteilen]
* **Ausgangsstoffe** Gesamtprozess 🠢 Kohlenstoffdioxid, Wasser
* **Reaktionsprodukte** Gesamtprozess 🠢 Glucose [Traubenzucker], Sauerstoff
* **Hinweis** 🠢 nicht benötigte Glucose wird anschließend in speicherbare Stärke umgewandelt
* **Bedingungen** 🠢 Lichtenergie, Chlorophyll
* Gesamtreaktion [**Wortgleichung**]:   
  Kohlenstoffdioxid + Wasser 🠢 Glucose + Sauerstoff [exotherm]
* **Gesamtreaktion** [**Reaktionsgleichung** für die Nettoreaktion]:   
  6 CO2 + 6 H2O 🠢 C6H12O6 + 6 O2 ; *ΔH = +2870* *kJ · mol –1*
* **Bruttoreaktion** und Berücksichtigung der Wasserbilanz:   
  6 CO2 + 12 H2O 🠢 C6H12O6 + 6 O2 + 6 H2O

Einordnung des Stoffwechselprozesses

die Fotosynthese ist eine Form der autotrophen Assimilation

|  |  |
| --- | --- |
| Gesamtprozess der Fotosynthese  schematisch | Ein Bild, das Text, Karte enthält.  Automatisch generierte Beschreibung |

Einige Teilprozesse der Fotosynthese

Teilreaktionen der Fotosynthese

lichtabhängige [**Lichtreaktion**] sowie lichtunabhängige Phase [**Dunkelreaktion**]

Lichtreaktion

die wichtigsten Vorgänge...

* **Zerlegung des Wassers** mit Hilfe der Lichtenergie [**Fotolyse**] in den lichtaufnehmenden Pigmenten [**Chlorophyll**], dabei entstehen **Wasserstoffionen**, **Elektronen** sowie **Sauerstoff**, der an die Umwelt abgegeben wird
* aus Wasserstoffionen, Protonen und einem Enzym [NADP] entsteht enzymgebundener Wasserstoff **NADPH**
* während der Redoxreaktionen entsteht aus ADP und P das energiereiche **ATP** [Adenosintriphosphat, eine speicherbare energiereiche Verbindung]
* **Ausgangsstoffe** Lichtreaktion 🠢 Wasser; NADP, ADP und P
* **Reaktionsprodukte** Lichtreaktion 🠢 ATP, NADPH, Sauerstoff
* **Bedingungen** 🠢 Lichtenergie, Chlorophyll

Dunkelreaktion [Calvin-Zyklus]

die wichtigsten Vorgänge...

* **Bindung von CO2** an ein organisches Molekül mit 5 C-Atomen [Ribulosebisphosphat]
* schrittweiser **Aufbau von Traubenzucker** C6H12O6 [Glucose] unter **Verbrauch von ATP-Energie** sowie NADPH [Bereitstellung des Reduktionsmittels] aus der Lichtreaktion; ATP wird wieder zu ADP und P gespalten, NADP steht wieder für die Lichtreaktion zur Verfügung
* ein Teil der Kohlenhydratmoleküle wird zur **Regeneration von Ribulosebisphosphat** genutzt
* größtenteils entsteht später aus Glucose speicherbare **Stärke**
* **Ausgangsstoffe** Dunkelreaktion 🠢 Kohlenstoffdioxid; NADPH und ATP aus Lichtreaktion
* **Reaktionsprodukte** Dunkelreaktion 🠢 NADP, ADP und P für Lichtreaktion; Glucose [Traubenzucker]; Wasser

Bedeutung von ATP für den Organismus

**ATP** [Adenosintriphosphat] **speichert chemische Energie**, die durch Abspaltung von einem oder zwei Phosphatresten freigesetzt werden kann; dabei entstehen **ADP** [Adenosindiphosphat] bzw. **AMP** [Adenosinmonophosphat] – steht wieder Energie zur Verfügung, so kann jederzeit erneut ATP gebildet werden

Energiefreisetzung aus ATP

ATP ⇄ ADP + P ; *ΔH ≈ –32,3* *kJ · mol –1* bzw.

ATP ⇄ AMP + P ; *ΔH ≈ –64,6* *kJ · mol –1*

ATP-Herstellung unter Energiezufuhr

ADP + P ⇄ ATP ; *ΔH ≈ +32,3* *kJ · mol –1*

Beeinflussung der Fotosyntheseleistung

einige Umweltfaktoren, die die Fotosynthese beeinflussen

Temperatur [Luft, Boden]

Jahreszeit [siehe z.B. Laubfall]

Luftfeuchtigkeit

Wasserfaktor des Bodens

Lichtintensität, Zusammensetzung des Lichtes

Gehalt der Luft an Kohlenstoffdioxid

Bedeutung der Fotosynthese

Grundlegende Überlegung

**Ohne Fotosynthese gäbe es kein Leben auf der Erde**, denn nur durch sie können aus energiearmen anorganischen Stoffen mittels Lichtenergie organische Stoffe [also **Biomasse**] produziert werden [und damit Kohlenstoffdioxid, eines der Treibhausgase verbraucht] sowie praktisch nebenbei auch noch **Sauerstoff** abgegeben. Dazu sind alle Pflanzen in der Lage. Diese bilden somit den **Anfang jeder Nahrungskette**.

Fakten zur Fotosynthese

* **Stoffaufbau** 🠢 Produktion von organischen Stoffen [**Biomasse**]

1 Hektar Regenwald enthält etwa 1.000 Tonnen pflanzlicher Biomasse; jährlich werden auf der Erde durch Fotosynthese ca. 160 Milliarden Tonnen Biomasse [Trockensubstanz] produziert – die darin gespeicherte Energie beträgt 3 · 1018 kJ; zudem werden dabei 200 Mrd. Tonnen Sauerstoff abgegeben

* **Grundlage der Ernährung** tierischer Lebewesen inklusive Mensch, grüne Pflanzen sind Anfang jeder Nahrungskette
* **Energiebindung** 🠢 mit Hilfe der Sonnenenergie entstehen energiereiche Verbindungen wie z.B. ATP [und so die Möglichkeit der biologischen Energiespeicherung]
* Regulierung des Gehaltes an **Kohlenstoffdioxid** und **Sauerstoff** in der **Luft**
* **Sauerstoff ist Grundlage der Zellatmung** [biologische Oxidation], mit der Lebewesen Energie für ihre Lebensprozesse erzeugen
* aus Sauerstoff wird auch **Ozon** gebildet, das in der Stratosphäre vor schädlicher UV-Strahlung schützt [wichtige Bedingung für das Landleben]
* **Fixierung von CO2** 🠢 Zusammenhang zwischen Kohlenstoffdioxidgehalt der Luft und Treibhauseffekt; damit ist die Fotosynthese auch Klimafaktor [Abholzung der Wälder führt z.B. dazu, dass weniger CO2 durch Pflanzen gebunden wird - dadurch wird der Treibhauseffekt verstärkt]

jährlich werden mehr als 15 Millionen Hektar Regenwald vernichtet [Abholzung, Brandrodung etc.] – und es werden jährlich mehr

Lexikon einiger Fachbegriffe

Biomasse

Masse an **organischen Stoffen** in lebenden und abgestorbenen Organismen

Assimilation

Stoff- und Energiewechselprozesse, bei denen die aufgenommenen körperfremden Stoffe meist unter Energiezufuhr in körpereigene Stoffe umgewandelt werden

autotrophe Assimilation

Organismen nehmen körperfremde anorganische energiearme Stoffe und wandeln sie mit Hilfe von Energie [z.B. Licht, dann mittels Chlorophyll] in körpereigene organische Stoffe um [grüne Pflanzen, Grünalgen]; betreffende Organismen betreiben meist Fotosynthese, nur einige wenige Chemosynthese

heterotrophe Assimilation

Organismen ernähren sich bereits von organischen Stoffen und wandeln sie in körpereigene organische Stoffe um [Mensch, Tiere, Pilze]

Fotosynthese

Form der autotrophen Assimilation; aus Kohlenstoffdioxid und Wasser werden mit Hilfe von Lichtenergie in den Chloroplasten mit Chlorophyll organische Stoffe [Glucose] erzeugt, wobei außerdem Sauerstoff entsteht; Nettoreaktionsgleichung ...

6 CO2 + 6 H2O 🠢 C6H12O6 + 6 O2 ; *ΔH = +2870* *kJ · mol –1*

Kohlenstoffdioxid + Wasser 🠢 Glucose + Sauerstoff [exotherm]

Dissimilation

Bezeichnung für Stoffwechselprozesse, bei denen aus körpereigenen energiereichen organischen Stoffen Energie erzeugt wird; vom Körper angelegte Energiespeicher [z.B. Kohlenhydrate, Fette] werden dabei zu energieärmeren Stoffen abgebaut, wobei Energie in Form von ATP und/oder Wärme frei wird; man unterscheidet Zellatmung [biologische Oxidation, Atmung] und Gärung

Zellatmung [Atmung, biologische Oxidation]

Dissimilationsprozess; dabei werden organische Stoffe [z.B. Glucose] biologisch oxidiert [also mittels Sauerstoff]; dabei entsteht ATP- und Wärmeenergie für alle lebensnotwendigen Prozesse im Organismus [z.B. bei Mensch, höheren Tieren und Pflanzen sowie Pilzen]

aerobe Lebewesen

Lebewesen, deren Energieerzeugung die Anwesenheit von **Sauerstoff** erfordert [Sauerstoff nimmt bei der **biologischen Oxidation** Elektronen auf, ist also Elektronenakzeptor]

anaerobe Lebewesen

Lebewesen, bei denen die Energieerzeugung **ohne Sauerstoffzufuhr** erfolgt; als Elektronenakzeptoren fungieren z.B. Nitrationen, Sulfationen oder Eisen(III)-ionen

Gärung

verschiedene Dissimilationsprozesse; dabei werden organische Stoffe [z.B. Glucose] zu energieärmeren Stoffen [z.B. Ethanol] zwecks Energieerzeugung abgebaut [z.B. bei Hefepilzen, vielen Bakterien]; es gibt beispielsweise die alkoholische Gärung, die Milchsäuregärung und die Essigsäuregärung

ATP – Adenosintriphosphat

universell einsetzbarerer Energieträger im Organismus; energiereiche organische Verbindung [speicherbar]; durch Abspaltung eines Phosphatrests [oder auch zwei] kann Energie bereitgestellt werden; es bildet sich ADP *[bei Abspaltung von 2 Phosphatresten kommt es zur Bildung von AMP]*

Energiefreisetzung aus ATP

**ATP** ⇄ **ADP** + **P** ; *ΔH ≈ –32,3* *kJ · mol –1* *[exotherm]* bzw.

**ATP** ⇄ **AMP** + **P** ; *ΔH ≈ –64,6* *kJ · mol –1 [exotherm]*

ATP-Herstellung unter Energiezufuhr

**ADP** + **P** ⇄ **ATP** ; *ΔH ≈ +32,3* *kJ · mol –1 [endotherm]*

ADP – Adenosindiphosphat

Adenosindiphosphat; organische Verbindung, die unter Energiezufuhr durch Anlagerung eines Phosphatrests zum energiereicheren ATP umgewandelt werden kann

AMP – Adenosinmonophosphat

Adenosinmonophosphat; organische Verbindung, die unter Energiezufuhr durch Anlagerung von 2 Phosphatresten zum energiereicheren ADP bzw. ATP umgewandelt werden kann

Reaktionswärme

**ΔH** [oder Q]; Angabe in kJ · mol–1 [auch kJ/mol]; Wärmeenergie, die bei einer chemischen Reaktion abgegeben wird [**exotherme** Reaktion, ΔH = –n kJ · mol–1] oder aufgenommen wird [**endotherme** Reaktion, ΔH = +n kJ · mol–1]

NADP und NADPH

NADP ist ein Koenzym, das Wasserstoff [ein Reduktionsmittel] binden kann; dabei ist NADPH+ die oxidierte Form und NADPH die reduzierte Form

DNA

Desoxyribonucleinsäure; Erbsubstanz im Zellkern

RNA

Ribonukleinsäure; verschiedene Typen; beteiligt an der Realisierung der Erbinformation in der Zelle [Ablesung der Erbinformation von der DNA und Realisierung der Eiweißsynthese an den Ribosomen]

Quellenangaben und Hinweise

Die Inhalte dieser Webseite wurden urheberrechtlich durch den Autor zusammengestellt und eigenes Wissen sowie Erfahrungen genutzt. Bilder und Grafiken sind ausschließlich selbst angefertigt.

Für die Gestaltung dieser Internetseite verwendeten wir zur Information, fachlichen Absicherung sowie Prüfung unserer Inhalte auch verschiedene Seiten folgender Internetangebote: wikipedia.de, schuelerlexikon.de, seilnacht.com, de.wikibooks.org; darüber hinaus die Schroedel-Lehrbücher Erlebnis Biologie, Klassen 7 bis 10 [Ausgaben 2005 für Sachsen] und das Nachschlagewerk Duden Basiswissen Biologie [Ausgabe 2010]. Zitate oder Kopien erfolgten nicht bzw. wurden entsprechend gekennzeichnet.

Dieses Skript wurde speziell auf dem Niveau der Sekundarstufe I erstellt.