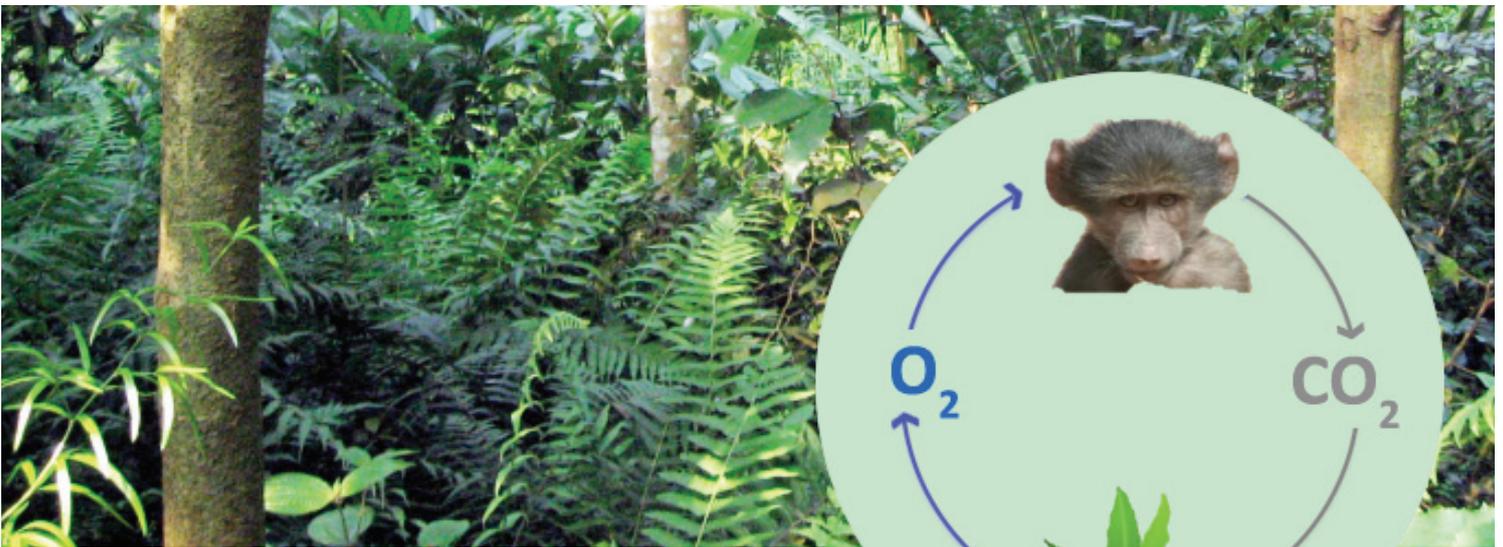


Wis Begierig



Gase des Lebens
Fotosynthese global betrachtet

Inhalt

1

**Budo fragt sich:
Fotosynthese,
was ist das?**

Seite 3

2

**Vom
Wechsel der
Erdatmosphäre
hin zur
Evolution des
sichtbaren
Lebens**

Seite 4

3

**Fotosynthese
leicht gemacht**

Seite 6

4

**C3- und C4-
Fotosynthesi-
sierer**

Seite 9

5

**Rückgewinnung
oder
Vermeidung?**

Seite 14

Budo fragt sich:

Fotosynthese- was ist das?

Ein schöner Tag beginnt. Es ist sonnig und warm, eben Frühling. Das Grün im Park ist frisch ebenso wie die Luft. Was atme ich da eigentlich ein? Sauerstoff (O_2) und Stickstoff (N_2) sind sicher dabei, aber auch ein wenig Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Spuren von Wasserstoff (H_2) sowie etwas Argon, aber das ist ein Edelgas und ich kann es daher gleich wieder vergessen. Aber wozu sind die anderen Gase da und welchen Nutzen ziehe ich daraus? Ich erinnere mich, Sauerstoff brauche ich in meinem Stoffwechsel, Stickstoff und Wasserstoff weniger und CO_2 ist ein Abfallprodukt des Metabolismus und wird daher von mir ausgeatmet. Also, ich brauche nur Sauerstoff. Aber wer braucht die anderen Gase? Ich hoffe, diese Fragen interessieren auch dich – und auch du möchtest wissen, was aus unserer Luft wird. Heute betrachten wir daher hauptsächlich Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid.

Stickstoff, ein extrem reaktionsträges Gas, macht die Majorität der Luft aus (78%). Seine biologische Nutzung wurde bereits in WiS Begierig Heft 6 „Domestikation im Schnelldurchgang“ Kapitel 2 „Luftstickstofffixierung“ kurz behandelt.



(1) der Urknall künstlerisch dargestellt

Wir, die 7 Milliarden Menschen und die vielen, vielen Tiere, wir alle atmen und verbrauchen daher Sauerstoff, wie auch Bakterien und Pflanzen, wenn letztere z.B. in der Nacht „ausatmen“.

Daher empfiehlt Budo: „Keine Pflanzen im Schlafzimmer“. Obwohl ca. 21% der Luft aus Sauerstoff bestehen, sollte im Laufe der Zeit sein Vorrat

zur Neige gehen und schlussendlich ein Leben auf diesem Planeten nicht mehr möglich sein.

Darüber hinaus atmen wir alle CO_2 aus. Langfristig sollte daher sein Spiegel deutlich ansteigen und unser Leben ebenfalls bedrohen. Demnach doppelte Gefahr: Abnahme des Sauerstoffspiegels und Anstieg des Gehalts von Kohlenstoffdioxid. Dennoch ist ein Leben auf unserem Planeten möglich.

Wieso das?

Das Geheimnis lautet: Fotosynthese.

Doch zunächst machen wir eine Zeitreise vom

Beginn der Entstehung unserer Erde und streifen dabei die Evolution der Organismen, die für die Fotosynthese verantwortlich zeichnen.

Wir beginnen mit dem „Big Bang“, dem Urknall (1), der vor ca. 4,5 Milliarden Jahren unser Sonnensystem und damit auch unsere Erde entstehen ließ. Alle weiteren Ereignisse sind in Abb. 5 enthalten und werden im weiteren Verlauf kurz angegriffen.

Vom Wechsel der Erdatmosphäre hin zur Evolution des sichtbaren Lebens

2

Im frühen Hadaikum ratterte und knallte es ganz nett. Asteroid- und Meteoriteneinschläge waren fast die Regel. Im Archaikum beginnt die biologische Evolution in einer sauerstofffreien Atmosphäre. Es blubbert in der Tiefsee und an Land. Bakterien und Archaeen erobern die Welt. Archaeen leben u.a. in heißen Quellen und sind heute noch im Plankton der Ozeane ebenso weit verbreitet wie z.B. die Cyanobakterien (2), die Matten oder Stromatolithen (3) bilden können und als



(2) Cyanobakterien

älteste Fossilien gefunden wurden. Im Proterozoikum entsteht durch die Aktivität der Cyanobakterien und der Algen eine sauerstoffarme Atmosphäre von ca. 1% O₂.

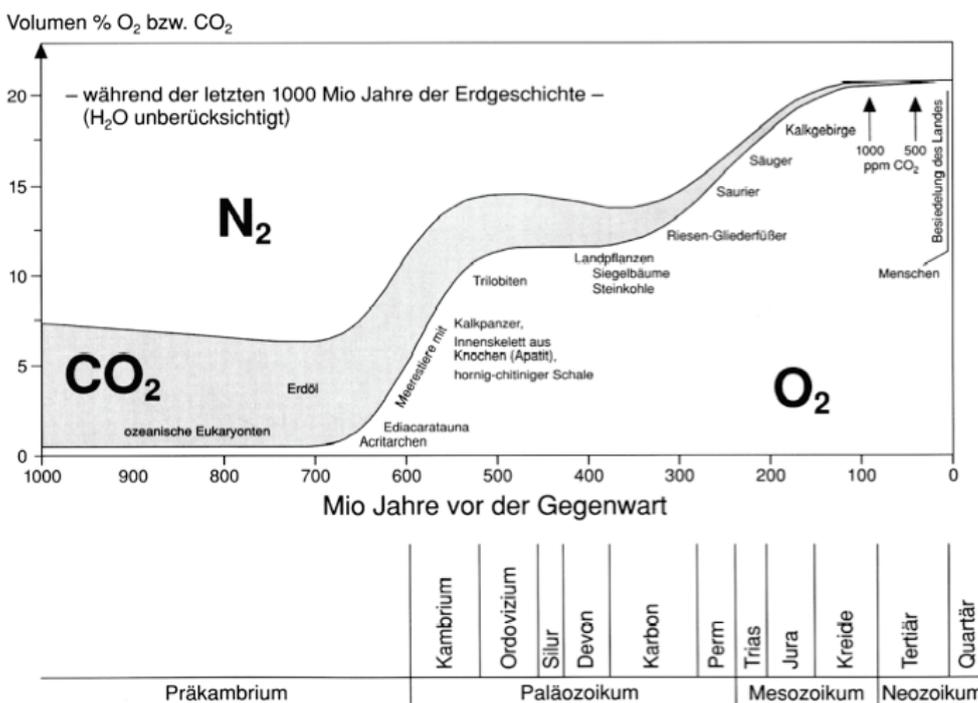


(3) Stromatolithen vor Australien

Die Algen und die vielen Pflanzen hoben dann im Verlauf der nächsten ca. 500 Millionen Jahre, dem Phanerozoikum, den Sauerstoffgehalt auf ca. 21% an. Die Gase des Lebens, Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid, standen in ihrem heutigen Verhältnis für die weitere Evolution bereit (4).

Aber zunächst beschäftigt mich die Frage: wie diese „Fotosynthetisierer“ überhaupt entstanden sind? Die Antwort gibt die Endosymbionten-Theorie (5), der zufolge, kurz gesagt, zwei unterschiedliche Mikroorganismen von einer anderen Zelle eingefangen und versklavt wurden.

Wenn du mehr über diese Endosymbiontentheorie lernen willst,



(4) Entstehung der Gase des Lebens

dann recherchiere im Netz oder besuche die **Wissenschaftsscheune (WiS)** im Max-Planck-Institut für Pflanzenzüchtungsforschung in Köln.

Was die Evolution des sichtbaren Lebens anbelangt, geht es im Phanerozoikum (6) so richtig los. Von der Kambri-schen Explosion vor ca. 542 Millionen Jahren bis heute entstand eine Vielzahl von mehrzelligen Lebensformen, von denen nur ein Teil bis heute überlebte. Aber nach den Katastrophen (Pfeilspitzen in Abb.6), als die Biotope fast leergefegt waren, entstanden neue Organismen, oft mit erhöhter Geschwindigkeit, so z.B. auch der Mensch vor ca. 3 Millionen Jahren.

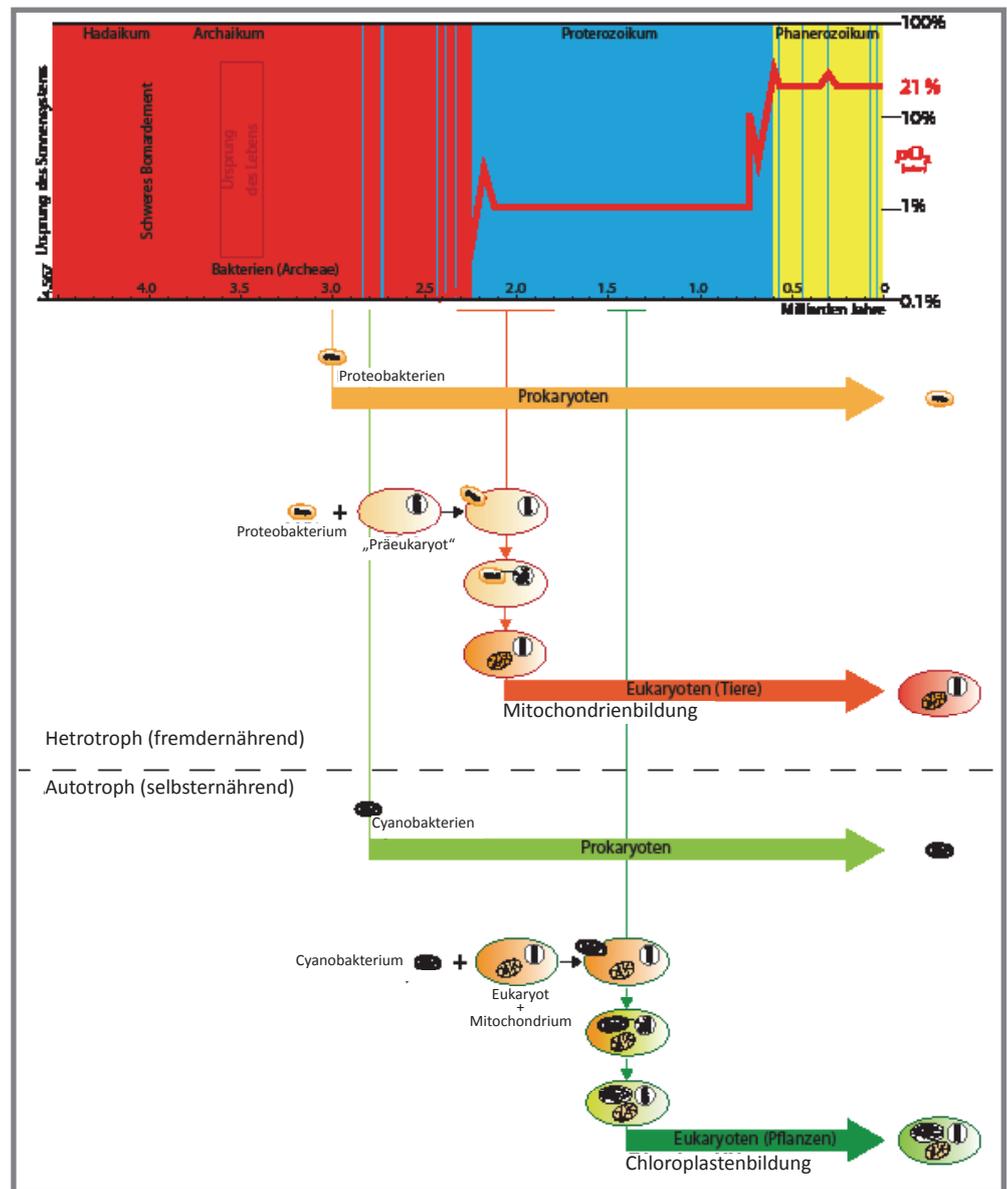
Die Diversität an Organismen, die unseren Globus besiedeln, ist trotz der Katastrophen im Phanerozoikum während der vergangenen 500 Millionen Jahre ständig angestiegen (6). Die heutige Biodiversität der Mikroben, Tiere und Pflanzen ist groß.

Folgende Fragen treiben mich um:

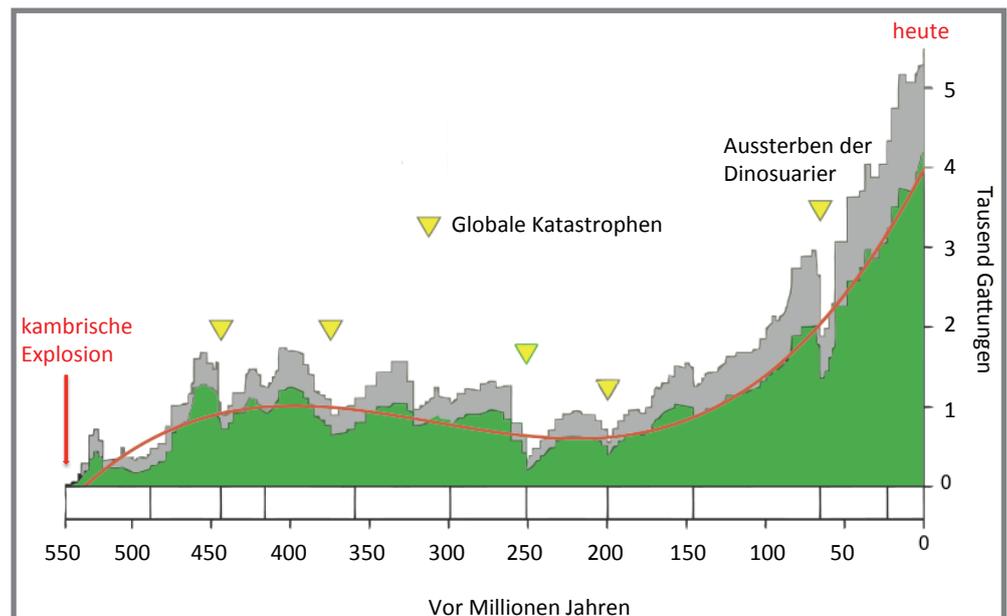
Wie halten die Organismen die lebenswichtigen Gase im Gleichgewicht?

Ist die Antwort Fotosynthese?

Oder gehen wir am Ende doch unter?



(5) die Endosymbiontentheorie



(6) Biodiversität im Phanerozoikum

Fotosynthese leicht gemacht

3

Eine Recherche im world wide web sagt mir, dass Cyano's, Algen und Pflanzen mit Hilfe von Sonnenlicht aus Kohlenstoffdioxid und Wasser Zucker synthetisieren und dabei Sauerstoff (7) generieren. Die Erforschung dieses Prozesses dauerte mehr als 150 Jahre und basierte auf Experimenten. Ein Teil der gewonnenen Erkenntnisse sind nebenstehend aufgelistet (8).

„Durch tierische Atmung verdorbene Luft wird durch grüne Pflanzen verbessert.“
1771-1777: Priestley

„Licht und grüne Blattfarbe sind notwendig.“
1779: Ingen-Houz

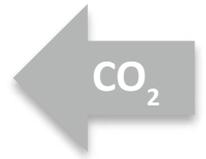
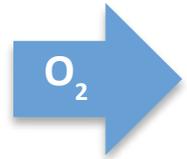
„Rote Strahlung wirksam.“
1792: Senebier

„Kohlenstoffdioxid - Verbrauch durch Pflanzen“
1793: Senebier

„Wasser wird benötigt.“
1804: de Saussure

„Energie wird in chemischer Form festgelegt“
1845: Mayer

„Struktur des Chlorophylls aufgeklärt.“
1905-1913: Willstätter
u. 1939: Fischer



(8) Komponenten der Fotosynthese und die Chronologie ihrer Entdeckung

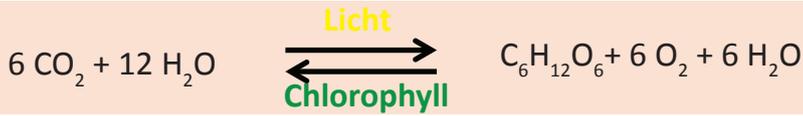
Fragen

1. Wer kann Fotosynthese betreiben?
2. Was braucht man zur Fotosynthese?
3. Was ist das Hauptprodukt für den Produzenten?
4. Was ist Abfall für den Produzenten?
5. In welchen Organellen läuft die Fotosynthese ab?
6. Welche inneren Strukturen spielen eine Rolle?

7. Welche Membranmoleküle sind besonders wichtig?
8. Was ist ihre Funktion?
9. Wie lässt sich die Fotosynthese beschreiben?

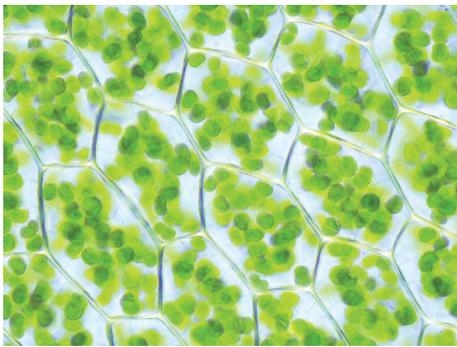
Na, konntest du alle Fragen richtig beantworten?

1. Cyanobakterien, Algen, Pflanzen.
2. Licht, Wasser, Kohlenstoffdioxid
3. Zucker
4. Sauerstoff
5. Chloroplasten
6. Grana, Membransysteme (Thylakoide)
7. Chlorophylle
8. Licht zu sammeln (Photorezeptor)
9. siehe Gleichung der Fotosynthese (??)



(7) Gesamtgleichung der Fotosynthese

Beide Produkte der Fotosynthese, sowohl der Sauerstoff (Atmung) als auch der Zucker bzw. Stärke (Nahrung), sind für unser Überleben essentiell. Weil das so ist, will ich jetzt den Prozess natürlich etwas genauer kennenlernen. Wo findet das Ganze statt? Die Zellen einer Laubmoos-Blattspreite sind vollgepackt mit Chloroplasten (9.)

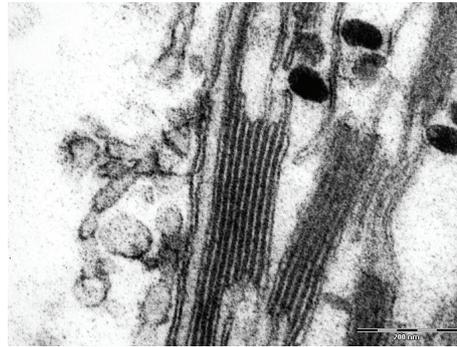


(9) Blattzelle mit Chloroplasten

Zoomen wir einmal hinein. Jeder Chloroplast ist seinerseits vollgestopft mit membranösen Strukturen, den sogenannten Thylakoiden (10), in denen dann die Fotosynthese stattfindet.

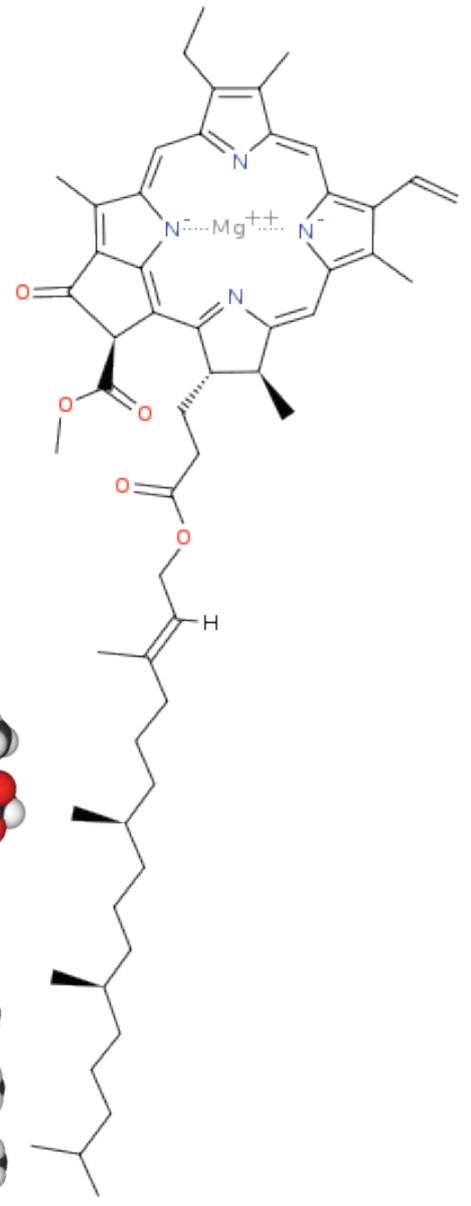


(10) Struktur eines Chloroplasten

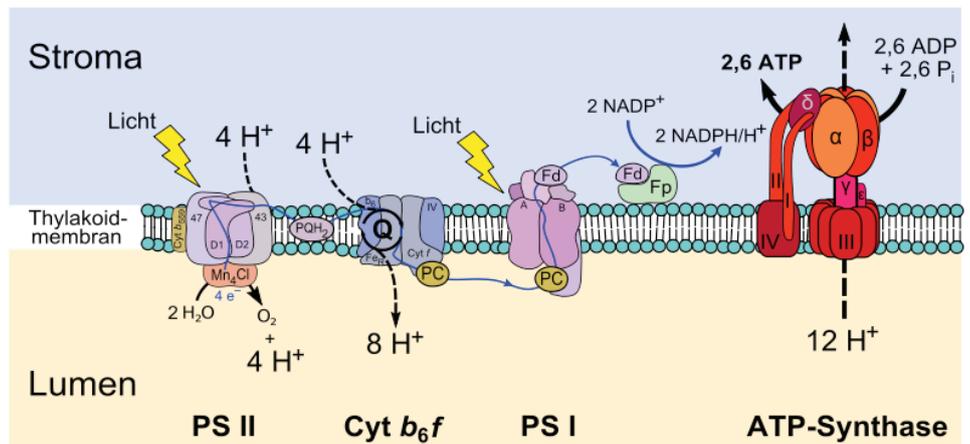


(11) Thylakoide

Wie die elektronenoptische Aufnahme (11) zeigt, bestehen Thylakoide aus Doppelmembranen, in die die verschiedenen Komponenten der Fotosynthese eingelagert sind, z.B. das Chlorophyll (12), aber auch die anderen Komponenten (13).



(12) Struktur von Chlorophyll a



(13) Vereinfachte Darstellung der Fotosynthese

Bis hierher haben wir die Lokalität, die Chloroplasten und ihre Komponenten kennengelernt, die für die Photosynthese wichtig sind. Nun will ich mehr über die Chemie des Prozesses lernen.

Wie wird das Licht eingefangen?
 Wie wird das CO₂ fixiert und der Zucker synthetisiert?

Laut Wikipedia kann die Photosynthese in 3 Schritte unterteilt werden (14):

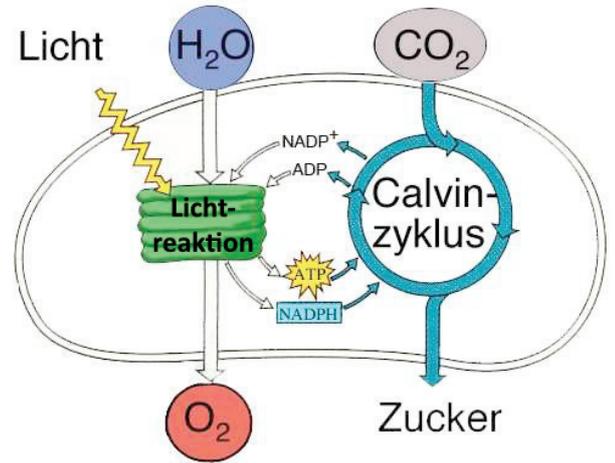
1. Elektromagnetische Energie wird in Form von Licht geeigneter Wellenlänge unter Verwendung von Farbstoffen (Chlorophylle, Phycobiline, Carotinoide) absorbiert in den PSII und PS I (Fotosystem II und Fotosystem I) Komplexen.
 2. Im zweiten Schritt erfolgt eine Umwandlung der elektromagnetischen Energie in chemische Energie durch die Übertragung von Elektronen, die durch die Lichtenergie in einen energiereichen Zustand versetzt wurden.

Photolyse von Wasser und Synthese von ATP, NADPH, Freisetzung von Sauerstoff.

3. Im letzten Schritt wird diese chemische Energie zur Synthese energiereicher organischer Verbindungen verwendet, die den Lebewesen sowohl im Baustoffwechsel für das Wachstum als auch im Energiestoffwechsel für die Gewinnung von Energie dienen.

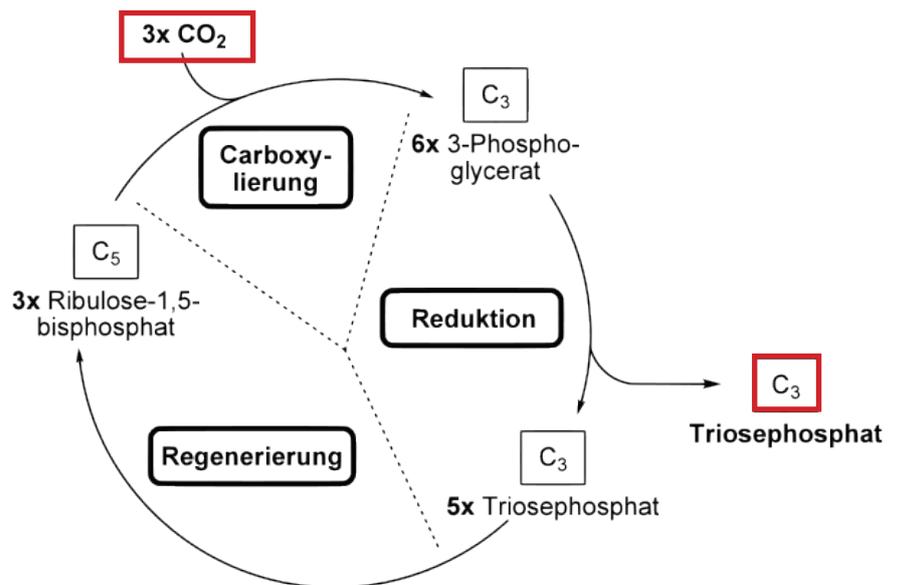
Wir wollen uns insbesondere mit dem 3. Schritt beschäftigen, der Fixierung von CO₂ im sogenannten Calvin-Zyklus (15),

in dem die Ribulosebisphosphat-Carboxylase (Rubisco) der zentrale Katalysator der CO₂-Fixierung darstellt (16). In der Reaktion entstehen zwei Glycerat-3-Phosphat Moleküle, daher C₃-Fotosynthese. Einerseits werden zwei Moleküle Triosephosphat zu einem Molekül Glucose verarbeitet und andererseits werden zwei Moleküle Ribulose-1,5-bisphosphat Molekülen regeneriert.

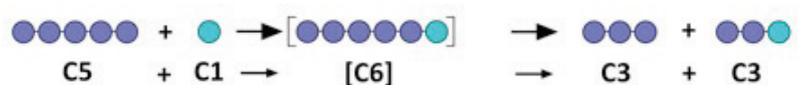
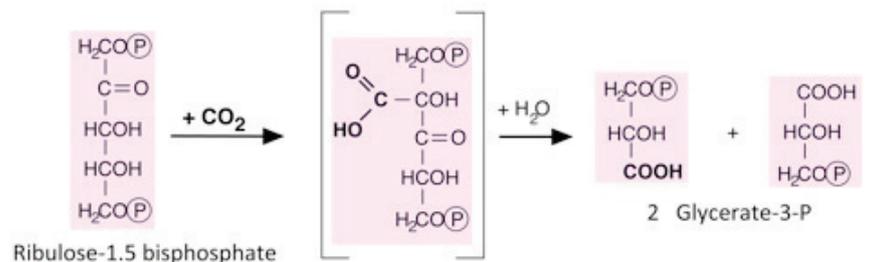


(14) Fotosynthese Zusammenfassung

Erdgeschichtlich betrachtet war die Fotosynthese eine Erfolgsgeschichte ohnegleichen. Sie ließ den Sauerstoffspiegel auf den heutigen Wert von 21% ansteigen.



(15) der Calvin-Zyklus



(16) Rubisco

4

C3- und C4-Fotosynthetisierer

Jetzt will ich doch einmal in ein paar Details einsteigen: Wie gut ist die RuBisCO und damit die C3-Fotosynthese eigentlich?

Die Ribulosebisdiphosphat-Carboxylase, das wahrscheinlich häufigste Protein auf Erden, ist gleichzeitig auch eine Oxygenase (daher ihr Name RuBisCO), so dass sie in Anwesenheit von Sauerstoff und Licht, in einer Nebenreaktion, Ribulose-1,5 diphosphat in ein C3- und ein C2- Molekül spaltet (17).

Folglich konkurrieren CO₂ und O₂ miteinander.

In der Lichtatmung (Photorespiration) geht Kohlenstoff verloren. Das toxische 2-Phosphoglycolat kann jedoch weder direkt zu einem Kohlenhydrat aufgebaut werden, noch wird es für den Metabolismus in irgendeiner Form benötigt. Die Photorespiration ist jedoch ein Stoffwechselweg, der 2-Phosphoglycolat durch eine Reihe von Reaktionen in 3-Phosphoglycerat wieder überführt (Rückgewinnung) und damit dem Kohlenstoffverlust entgegenwirkt. Das ist jedoch ein sehr komplexer und teurer

Biosyntheseweg in dem auch noch andere Organellen involviert sind (17).

Der photorespiratorische Stoffwechselweg gilt als einer der verschwenderischsten Prozesse auf der Erde. Allerdings verringert sich die sauerstoffabhängige Inhibition der Photosynthese durch steigende CO₂-Konzentrationen, was, wie du im letzten Kapitel lesen wirst, ja inzwischen Realität auf unserem Planeten ist.

Ein Hoffnungsschimmer am Firmament?

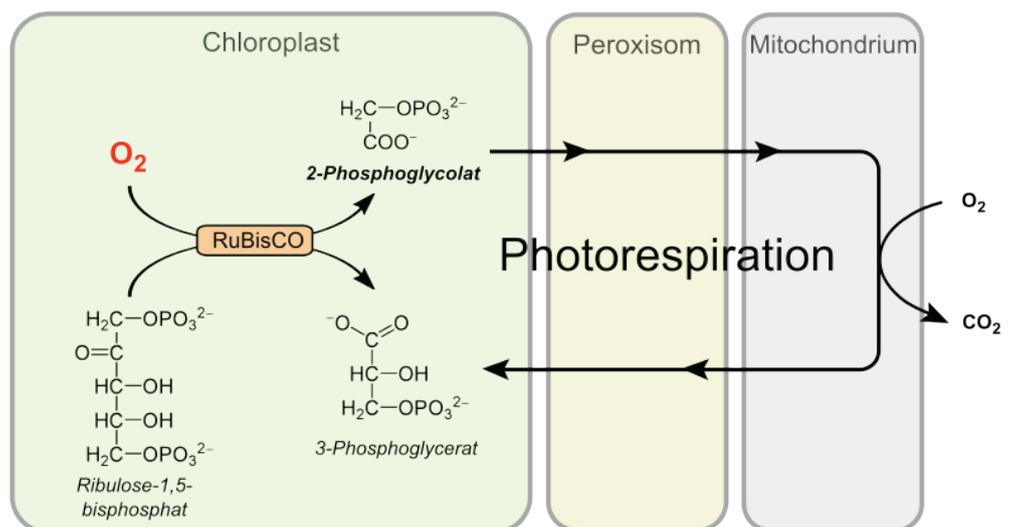
Gibt es gar eine Alternative?

Ja, und die will ich dir jetzt etwas näher bringen: Sie heißt:

C4 – Fotosynthese

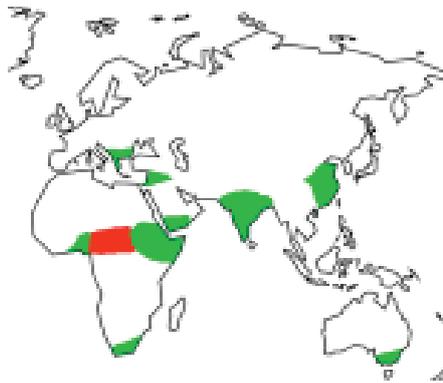
und basiert auf einer sauerstoffunempfindlichen Phosphoenolpyruvat-Carboxylase (PEPCO).

Die Kohlenstoffdioxid- Assimilation und der Calvin-Zyklus erfolgen in C4-Pflanzen räumlich voneinander getrennt. Durch Aufbringung von Energie wird dadurch Kohlenstoffdioxid aktiv angereichert, was zu einer höheren Photosyntheserate – besonders bei Wassermangel – führt.



(17) RuBisCO und Photorespiration

C4-Pflanzen sind den C3-Pflanzen jedoch unter ariden Bedingungen überlegen. Durch die aktive Anreicherung von CO_2 findet die Photorespiration deutlich seltener statt. Typische C4-Pflanzen sind insbesondere Gräser, darunter auch bekannte Nutzpflanzen wie Mais, Zuckerrohr und Sorghum (Mohrenhirse) (18), aber auch andere Arten, wie Amarant, eine zweikeimblättrige Pflanze.

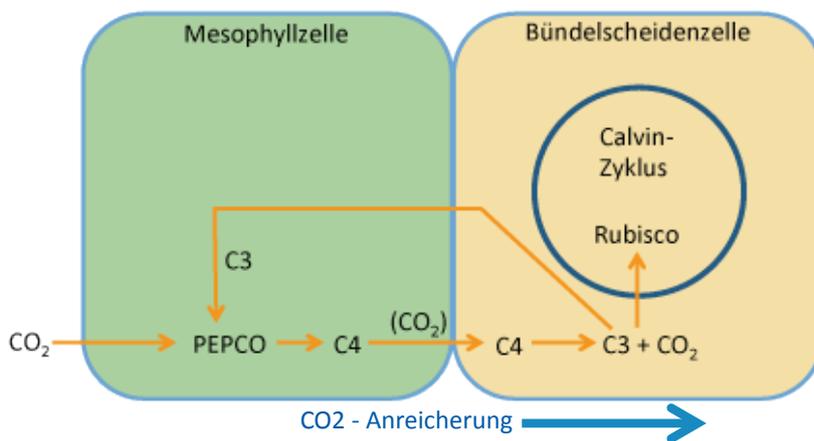


(19) Herkunft (rot) von *Sorghum bicolor*



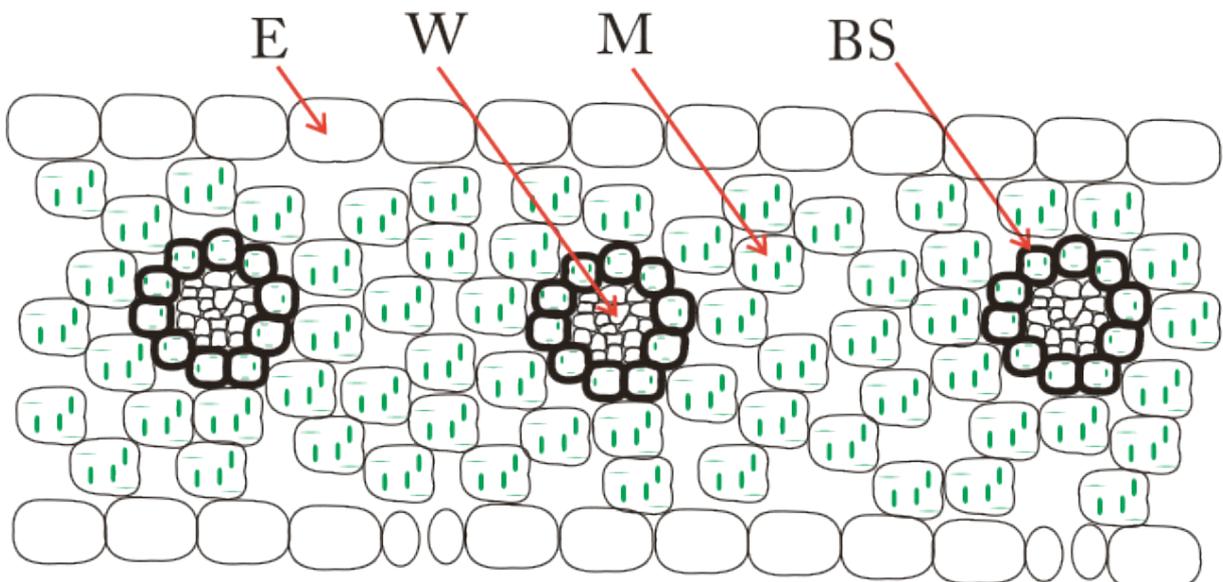
(18) *Sorghum bicolor*

Und so funktioniert die C4-Fotosynthese im Fall der räumlichen Trennung von CO_2 -Fixierung und Zuckersynthese. In den Mesophyllzellen wird CO_2 mittels der PEPCO fixiert und das entstehende Oxalacetat (C4) wird umgewandelt in Malat bzw. Aspartat und so in die Bündelscheidenzellen transportiert, wo es in den Calvin-Zyklus eingeschleust wird. Hier findet die endgültige Fixierung des CO_2 und die Synthese des Zuckers statt (20).



(20) Räumlich getrennte CO_2 Assimilation

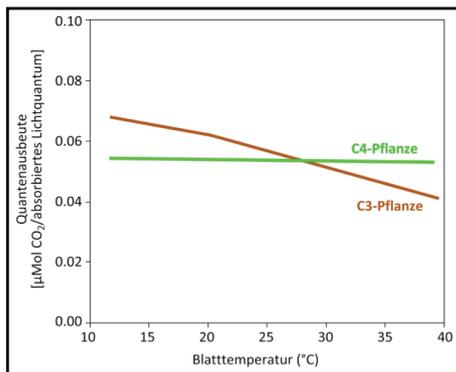
Kranz – Anatomie: Die räumliche Trennung der Prozesse spiegelt sich auch wieder in der sogenannten Kranz-Anatomie des Blattes (21), in der die beiden Zellen M und BS (schwarz umrandet) leicht zu unterscheiden sind. Diese Anatomie ist charakteristisch für C4-Pflanzen.



(21) Kranz-Anatomie eines Blattquerschnittes: E = Epidermis, W = Xylem/Phloem, M = Mesophyllzelle, Bs = Bündelscheidenzelle

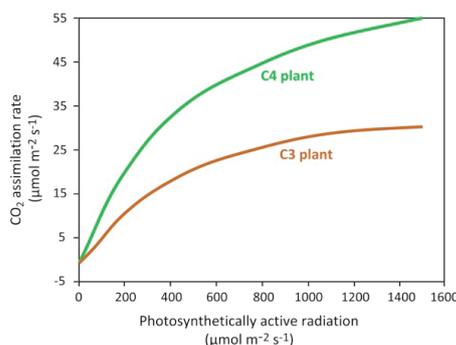
Was können die C4-Fotosynthesierer besser als C3-Pflanzen?

Drei Dinge sind hervorzuheben: 1. Die C4-Fotosynthese ist im angezeigten Temperaturbereich konstant und bei den C3-Pflanzen fällt die Effizienz mit höherer Temperatur ab (22).



(22) Temperaturabhängigkeit

2. C4-Pflanzen nutzen die Sonneneinstrahlung besser als C3-Pflanzen (23).



(23) Nutzung der Sonnenstrahlung

3. C4-Pflanzen benötigen zur Bildung von 1 g Trockenmasse 230–250 ml Wasser, während der Bedarf für C3-Pflanzen zwei- bis dreimal so hoch liegt. Das liegt, wie ich weiter oben bereits erwähnt habe, vor allem

an der reduzierten Photorespiration der C4-Pflanzen, insbesondere bei Trockenheit und höheren Temperaturen, ein unbestrittener Vorteil dieser (C4) Pflanzengruppe.

Das spiegelt sich auch im Ertragspotential der Pflanzen wider (24).

Beim Mais ist das Potential deutlich höher als beim Reis. Zur Erinnerung, Reis wächst in

feuchten, warmen Regionen. Mais ist anpassungsfähiger und kann besser mit Trockenheit umgehen.

Die Hühnerhirse (*Echinochloa crus-galli*) kommt weltweit in Gebieten mit gemäßigtem oder warmem Klima vor. In Europa kann sie in Gärten oder auf Äckern ein lästiges Unkraut werden. Andernorts werden jedoch einige Arten als Futtergräser kultiviert (25).



(25) *Echinochloa crus-galli*

Das Ertragspotential von C4-Kulturpflanzen



(24) Ertragspotential von C3- und C4- Nutzpflanzen

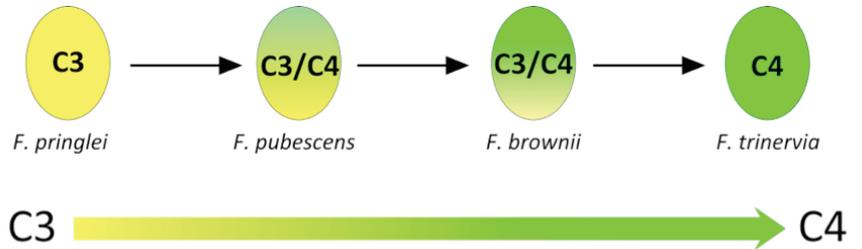
Eine interessante Frage ist daher: könnte man den „Turbolader (CO₂-Pumpe)“ auch dem Reis verpassen? Daran arbeitet die Forschung.

Bis dahin beschäftigen wir uns doch lieber mit der Frage:

Wie ist die C₄-Fotosynthese entstanden?

C₄-Pflanzen entstanden Schritt für Schritt aus C₃-Vorläufern

- Die Gattung *Flaveria* als Modellsystem -

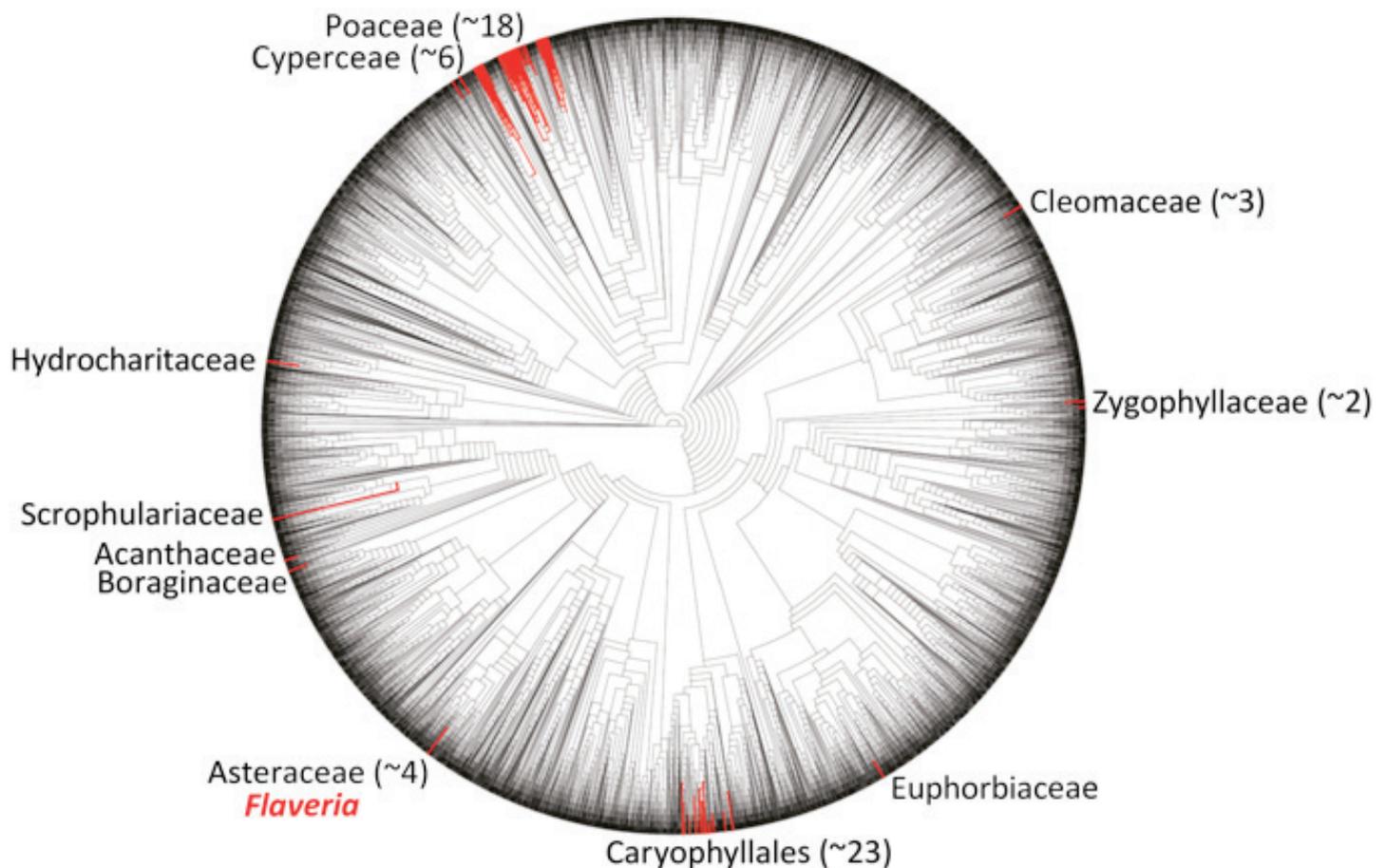


(26) Evolution von C₄ Flaverien

Dies kann an der Gattung *Flaveria* aus der Familie der Sonnenblumen (26), die wie du dich sicherlich erinnerst, aus Amerika stammen (WiS Begie-

rig Heft 3), gut studiert werden. Die etwa 23 Arten der *Flaveria* zeigen eine Evolution der Fotosynthese von C₃- hin zu C₄-Pflanzen, einschließlich

von Mischformen beider (26). Eine Evolution von C₄-Pflanzen hat sich öfters im Reich der Angiospermen ereignet (27).



(27) Stammbaum der Angiospermen, C₄-Pflanzen in rot

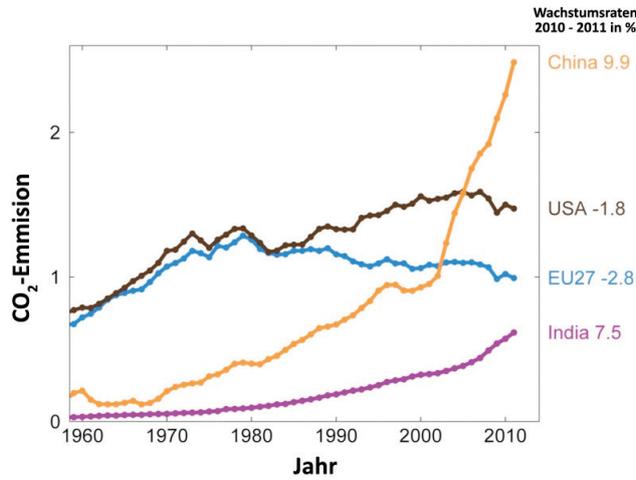
Da dies, wie bislang bekannt ist, in 11 Familien unabhängig voneinander stattgefunden hat, scheinen mehrere Wege zur C4-Fotosynthese zu führen.

Ob genauere Kenntnisse der molekularen Grundlagen dieser Schritte auch eine biotechnologische Nutzung gestatten, bleibt abzuwarten.

Zwischenstand: Was habe ich bisher über die Gase des Lebens erfahren?

Wir atmen Sauerstoff ein und Kohlenstoffdioxid aus. Die Pflanzen, einige Algen und Bakterien nehmen in der Fotosynthese Kohlenstoffdioxid auf und geben Sauerstoff ab. Hierzu benötigen sie

Sonnenlicht, das die Energie für die Spaltung des Wassers liefert, wobei das Abfallprodukt Sauerstoff, wie gesagt, an



(29) Jährliche globale CO₂ Emissionen

die Umgebung abgegeben wird.

Fällt eine der Komponenten aus, etwa CO₂, H₂O oder Sonnenlicht, dann gibt es kein O₂ und natürlich auch kein „Futter“ mehr.

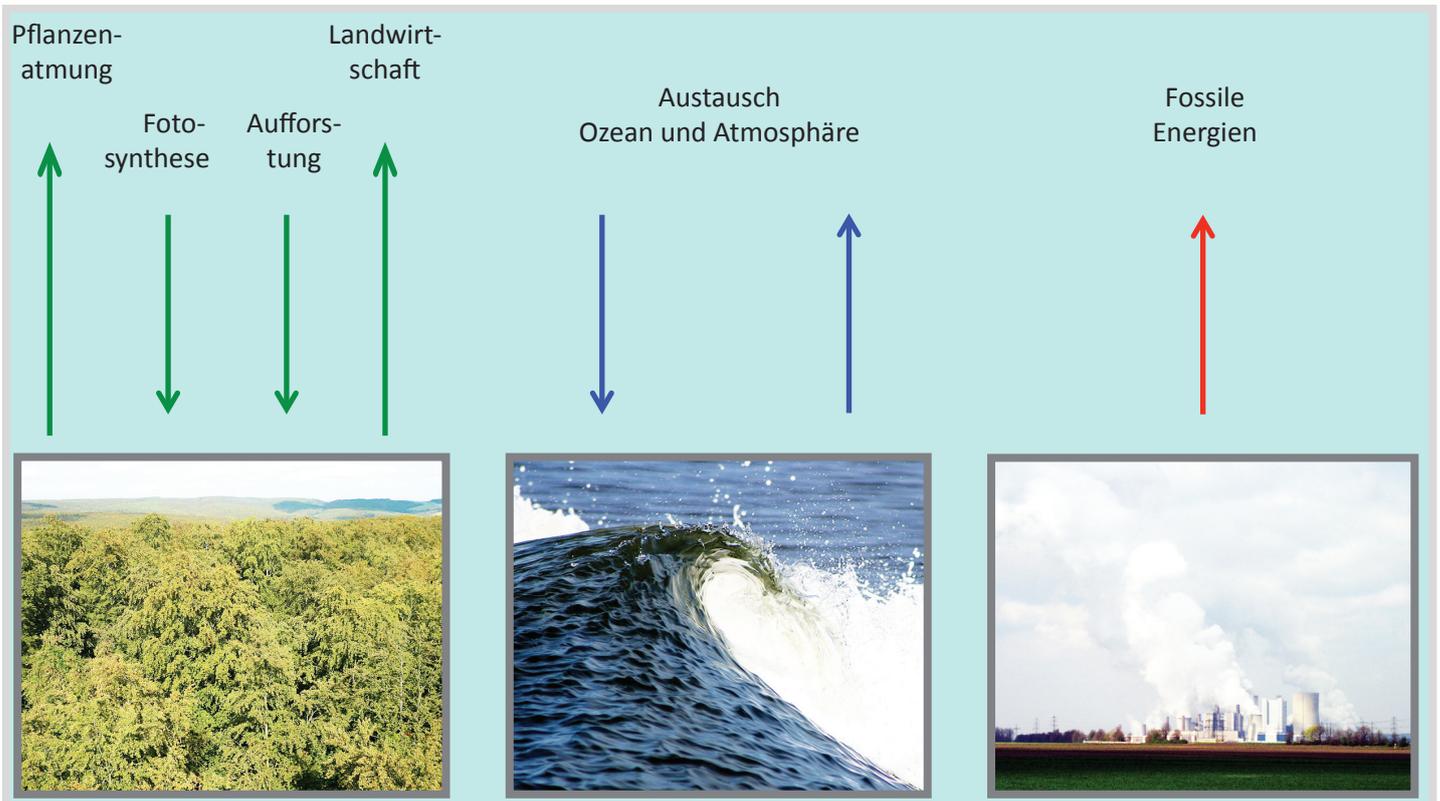
Na dann, gut' Nacht!

Im Normalfall scheint das Ganze ein Kreislauf zu sein und steht möglicherweise in einem globalen Gleichgewicht (28).

In der Fotosynthese wird tagsüber CO₂ fixiert, das nachts wieder freigesetzt wird. Diese Prozesse des Gebens und Nehmens sind bei Aufforstung und Landwirtschaft annähernd ausgeglichen, ebenso wie der CO₂ Austausch zwischen Ozean und Atmosphäre.

Was hingegen vollkommen herausfällt sind anthropogene Prozesse, wie die CO₂-Emissionen durch die Verbrennung fossiler Stoffe, wie Erdöl, Erdgas und Kohle.

Sie führen zu einem stetigen Anstieg des CO₂-Spiegels in der Atmosphäre (29), wobei in den letzten Jahren mehr als 33 Milliarden Tonnen CO₂ in die Luft geblasen wurden.



(28) Natürliche und vom Menschen verursachte CO₂ Emissionen

Von daher kann beim CO₂ von einem Ausfall und dadurch frühzeitiger Erstickungstod für uns keine Rede sein. Durch Abfackeln fossiler Ressourcen

sorgen wir schon dafür, dass sein Spiegel in der Atmosphäre ständig und zwar schnell und beträchtlich steigt, von 280 ppm auf heute 390 ppm.

Erdgeschichtlich ist das nichts Besonderes (4), aber für uns hat das Riesenkonzsequenzen, z.B.: **Erderwärmung!**

5

Rückgewinnung oder Vermeidung?

Ich frage mich: Wohin mit dem überschüssigen CO₂? Vier Optionen sind im Gespräch:

1. In die Luft blasen,
2. unterirdisch lagern,
3. von Algen veredeln lassen,
4. neue Wertstoffe (Polymere) entwickeln.

Alles wird in Niederaußem bei Köln gemacht (30).

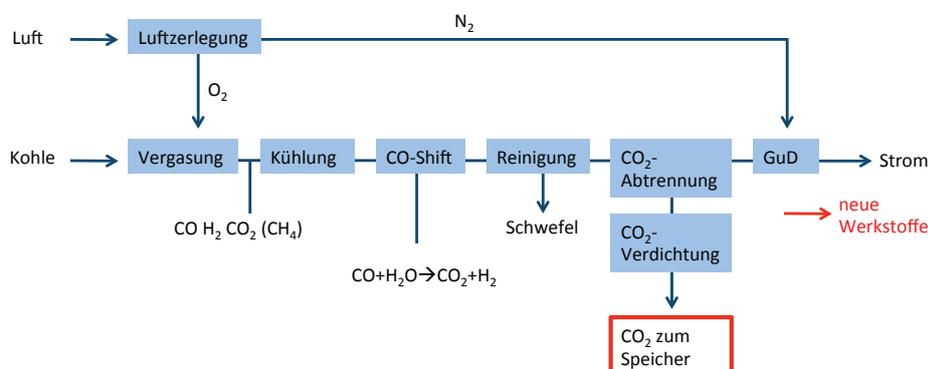
Diese Projekte der Rückgewinnung sind eine Gemeinschaftsaktion vieler deutscher Unternehmen.

Die Optionen 3 und 4 scheinen interessant zu sein. Aber von welchem Anteil der CO₂-Emission eines Kraftwerkes könnte dadurch zurückgewonnen werden?

Im Erfolgsfall von 4 könnte jedoch Erdöl in der Polymerproduktion eingespart werden.

Geologische und biologische Rückgewinnung sind natürliche Alternativen, mit denen wir uns jetzt beschäftigen wollen.

Kalk, Calciumcarbonat



(30) Braunkohle- Kraftwerk in Niederaußem bei Köln

(CaCO₃), ist eine der am weitesten verbreiteten Verbindungen auf der Erde, vor allem in Form von

Sedimentgesteinen, wie du an den Kreidefelsen am Strand der Ostsee sehen kannst (31).

Kalkgesteine sind meist organischer Herkunft. Mit Hilfe von Mikroorganismen, Muscheln und Korallen kann CO_2 so in ein „Endlager“ eingebracht werden.

Eine „Zwischenlagerung“ in Form von Holz wäre schon hilfreich, wenn wir denn die Wälder erhalten würden.

Die Reduzierung des globalen CO_2 -Ausstoßes scheint jedoch eine „conditio sine qua non“ zu sein.

Neben Solar-, Wasser- und Windenergie sollen Geothermie und auch Bio-Energie



(31) Kreidefelsen an der Ostsee

genutzt werden, die alle kein CO_2 emittieren. Das träfe allerdings auch auf die Kernenergie zu, deren Nutzung aber auf andere gesellschaftliche Vorbehalte stößt.

Hier soll Bio-Energie nur kurz gestreift werden: In Deutschland werden auf ca. 19% der Agrarfläche Energiepflanzen angebaut. Im Wesentlichen werden sie zu BioEthanol und BioDiesel verarbeitet. Darin liegt schon die ganze Problematik: die Nutzung von Flächen, die sonst der Nahrungsmittelproduktion dienen.

Das scheint mir ethisch nicht zu verantworten zu sein, aber das ist ein anderes Kapitel, das sicherlich eine weitere Betrachtung verdienen würde.

Dem ungeachtet bleibt die Nutzung regenerativer Energiequellen notwendig, wollen wir den globalen CO_2 -Ausstoß mindern.

Überlege einmal, was du zur Lösung dieses Problems beitragen kannst!

*Bis bald,
Budo*

Willkommen in der WIS

Ein Beispiel aus unserem vielfätigem Programm:

Station 11: Fotosynthese - Gase des Lebens



Grüne Pflanzen besitzen die Fähigkeit, aus Kohlenstoffdioxid und Wasser Kohlenhydrate herzustellen und dabei Sauerstoff abzugeben; dabei dient Licht als Energiequelle.

Die Fotosynthese als wichtigster Prozess auf der Erde soll für den Besucher erfahrbar werden.

Medien und Aktivitäten

- Beobachtung der „Kleinen Lebenswelt“ als Einstieg
- Poster zur Geschichte der Erforschung der Fotosynthese
- Blattaufbau und Bau der Chloroplasten als Ort der Fotosynthese
- Mikroskopie eines Blättchens der Wasserpest
- Experimente zur Fotosynthese
- Experimente zum Stoffwechsel von C3- und C4-Pflanzen

WissenschaftsScheune



ÜBER DIE WISSENSCHAFTSSCHEUNE

Die WissenschaftsScheune (WiS) ist eine Einrichtung des Max-Planck-Instituts für Pflanzenzüchtungsforschung (MPIPZ), in der Besucher Wissenschaft hautnah erleben können.

Die Bandbreite der Forschung reicht vom DNA Molekül bis zum Anbau neuer Kultursorten. Themen der Grundlagenforschung und ihre

Anwendung können Besucher in Erlebniswelten sowohl in der Scheune des Gutshofs als auch im Schaugarten spielerisch entdecken.

Weitere Details finden Sie auf unserer Homepage:

www.wissenschaftsscheune.de



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT



Max-Planck-Institut für
Pflanzenzüchtungsforschung



Der „Verein der Freunde und Förderer des Max-Planck-Instituts für Pflanzenzüchtungsforschung e.V.“ betreut die WiS und ist Herausgeber der Broschüre „WiS Begierig“.

Alle Personen, die das Projekt WissenschaftsScheune unterstützen wollen, sind herzlich eingeladen, Mitglied im „Verein der Freunde und Förderer des MPIPZ e.V.“ zu werden.

Kontakt:
info@wissenschaftsscheune.de
Tel. 0221 5062-672 (Vormittag)

IMPRESSUM

Text:
Heinz Saedler

Redaktion:
Hiltrud Kupczyk

Bilder und Zeichnungen:
Heinz Saedler, Anna Johann

Layout:
Anna Johann, CGN Corporate

Referenzen

Bildnachweise

eigene Bilder:
5, 7, 8, 10, 19, 20, 28

P. Westhoff, Universität Düsseldorf:
west@uni-duesseldorf.de
4, 14, 16, 18, 22, 23, 24, 26, 27

Wikipedia:
3, 6, 9, 11, 12, 13, 15, 17, 21, 25, 28, 31

- (1) www.wackerart.de/physik.html
- (2) <http://www.biotechnologie.de/BIO/Redaktion/Bilder/de/Foerderportraits/cyano-blualge.property%3Dbild,bereich%3Dbio,sprache%3Dde.jpg>
- (5) <http://solanaseeds.net/firms.com/exotic.html>
- (29) <http://www.mpg.de/6678112/carbon-dioxide-climate-change>
- (30) <http://www.rwe.com/web/cms/de/614910/informationszentrum-nieder-aussem/>