

Fotosynthese II

Assimilation organischer Nährstoffe

Sekundarstufe II



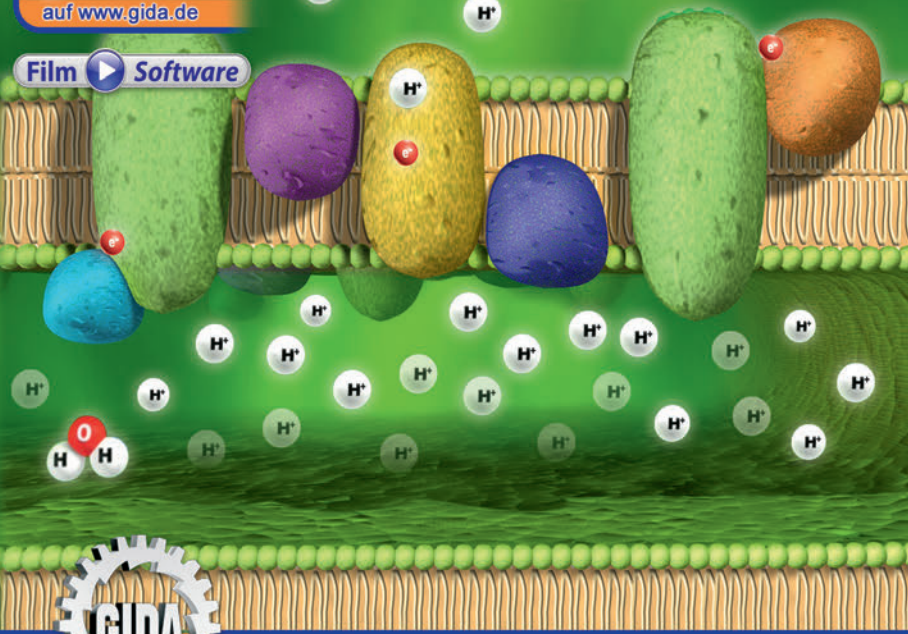
Online-
Lernumgebung



Test
Center

auf www.gida.de

Film  Software



Biologie



Inhalt und Einsatz im Unterricht

"Fotosynthese II – Assimilation organischer Nährstoffe" (Biologie Sekundarstufe II)

Diese DVD behandelt das Unterrichtsthema **Fotosynthese für die Sekundarstufe II** in sehr ausführlicher Form.

Das DVD-Hauptmenü bietet eine Auswahl von **4 Filmen**

Fotosynthese – ein Überblick	8:00 min
Lichtenergie und Fotosystem	5:00 min
Lichtabhängige Reaktion	7:20 min
Lichtunabhängige Reaktion (Calvin-Zyklus)	8:30 min

(+ Grafikmenü mit 12 Farbgrafiken)

In den 4 Filmen verdeutlichen aufwändige **3D-Computeranimationen** die vielfältigen Abläufe in den beiden Hauptreaktionen der Fotosynthese, eingebettet in eine kleine, unterhaltsame Rahmenhandlung: Der Architekturstudent Markus entwickelt sich zum Pflanzenfan und "Hobby-Fotosynthese-Forscher".

Es empfiehlt sich, im Unterricht den Film **"Fotosynthese – ein Überblick"** **zuerst** einzusetzen, da er den jungen Protagonisten der kleinen Rahmenspielhandlung vorstellt und eine sehr kompakte und vereinfachende Schilderung der gesamten Fotosynthese gibt. Die 3 weiteren Filme können je nach Unterrichtsschwerpunkt und Anspruch (GK, LK) eingesetzt werden.

Eine generelle Anmerkung zu den computeranimierten Trickpassagen:

Die Darstellungen von Ausgangsstoff- und Überträgermolekülen sind im Interesse einer guten Übersichtlichkeit stets vereinfacht, um die Schüler nicht mit tausenderlei Atom-/Moleküldetails zu irritieren. Meist wird bei Molekül-Umbauten lediglich das Kohlenstoffgerüst (der 'C-Körper') betrachtet. Ebenso wird besonderer Wert darauf gelegt, dass die Schüler den Weg der "eingefangenen Sonnenenergie" (Transport und Nutzung von Elektronen und Protonen) ohne störendes Beiwerk verfolgen können.

Ergänzend zu den o.g. 4 Filmen finden Sie auf dieser DVD:

- **12 Farbgrafiken**, die das Unterrichtsgespräch illustrieren (in den Grafik-Menüs)
- **10 ausdrückbare pdf-Arbeitsblätter**, jeweils in Schüler- und in Lehrerfassung (im DVD-ROM-Bereich)

Im GIDA-"Testcenter" (auf www.gida.de)

finden Sie auch zu dieser DVD "Fotosynthese II" interaktive und selbstausswertende Tests zur Bearbeitung am PC. Diese Tests können Sie online bearbeiten oder auch lokal auf Ihren Rechner downloaden, abspeichern und offline bearbeiten, ausdrucken etc.

Begleitmaterial (PDF) auf dieser DVD

Über den "Windows-Explorer" Ihres Windows-Betriebssystems können Sie die Dateistruktur der DVD einsehen. Sie finden dort u.a. den Ordner "DVD-ROM". In diesem Ordner befindet sich u.a. die Datei

index.html

Wenn Sie diese Datei doppelklicken, öffnet Ihr Standard-Browser mit einem Menü, das Ihnen noch einmal alle Filme und auch das gesamte Begleitmaterial der DVD zur Auswahl anbietet (PDF-Dateien von Arbeitsblättern, Grafiken und DVD-Begleitheft, Internetlink zum GIDA-TEST-CENTER etc.).

Durch einfaches Anklicken der gewünschten Begleitmaterial-Datei öffnet sich automatisch der Adobe Reader mit dem entsprechenden Inhalt (sofern Sie den Adobe Reader auf Ihrem Rechner installiert haben).

Die Arbeitsblätter liegen jeweils in Schülerfassung und in Lehrerfassung (mit eingetragenen Lösungen) vor. Sie ermöglichen Lernerfolgskontrollen bezüglich der Kerninhalte der DVD und sind direkt am Rechner elektronisch ausfüllbar. Über die Druckfunktion des Adobe Reader können Sie aber auch einzelne oder alle Arbeitsblätter für Ihren Unterricht vervielfältigen.

Fachberatung bei der inhaltlichen Konzeption und Gestaltung dieser DVD:

Frau Erika Doenhardt-Klein, Oberstudienrätin
(Biologie, Chemie und Physik, Lehrbefähigung Sek.I + II)

Inhaltsverzeichnis

Seite:

DVD-Inhalt - Strukturdiagramm

4

Die Filme

Fotosynthese – ein Überblick

5

Lichtenergie und Fotosystem

7

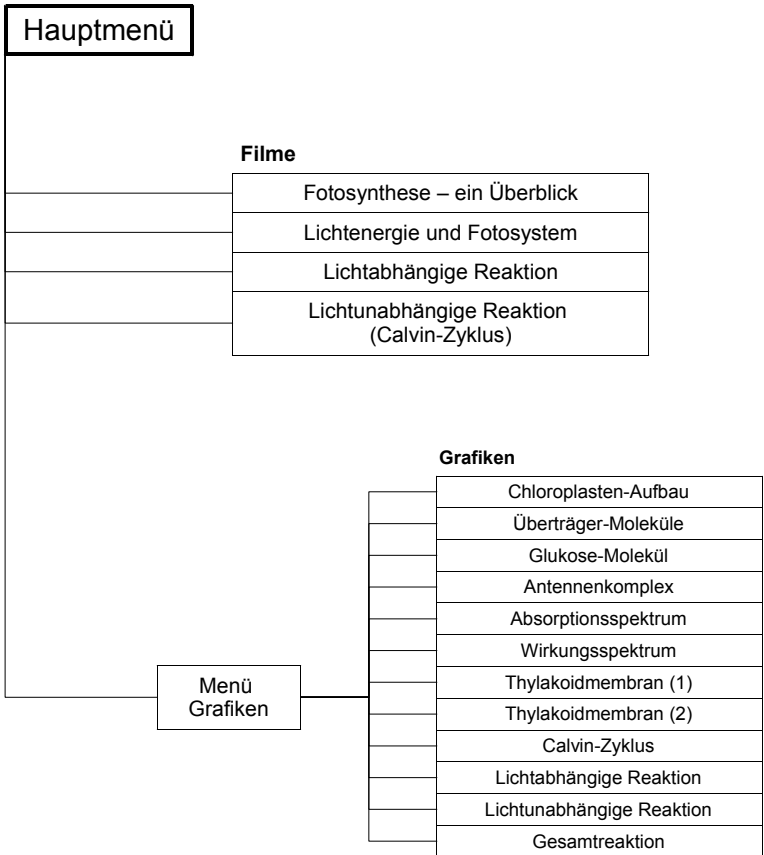
Lichtabhängige Reaktion

9

Lichtunabhängige Reaktion (Calvin-Zyklus)

11

DVD-Inhalt - Strukturdiagramm



Fotosynthese – ein Überblick

Laufzeit: 8:00 min, 2006

Lernziele:

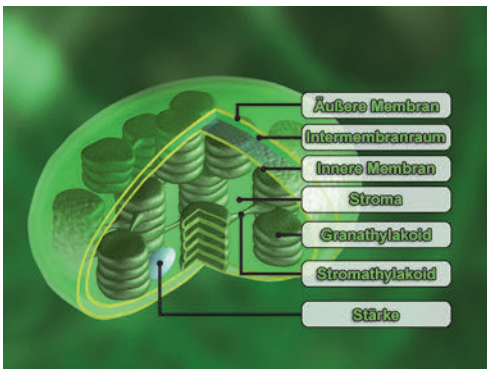
- Den Detailaufbau eines Chloroplasten kennenlernen;
- Die wesentlichen biochemischen Abläufe der Fotosynthese erfassen, dabei insbesondere das Zusammenspiel von lichtabhängiger und lichtunabhängiger Reaktion;
- Erkennen, wie die Fotosynthese die aufgefangene Sonnenlichtenergie in Form von Elektronen und Protonen weiterreicht;
- ATP und $\text{NADPH}+\text{H}^+$ als Energie- und Wasserstoffüberträger der Fotosynthese kennenlernen;
- Die Synthese von Glukose aus Kohlenstoffdioxid unter Einsatz von Energie- und Wasserstoffträgern verstehen.

Inhalt:

"Der Markus", der auch schon als Protagonist der DVD "Fotosynthese I" auftrat, leitet durch die Filme dieser DVD ("Der Markus" ist auch Protagonist der DVDs "Ernährung & Verdauung" und "Dissimilation").

Architekturstudent Markus, zum regelrechten Pflanzenfan und "Hobby-Fotosynthese-Forscher" mutiert, hat sich mit Mikroskop und einem "Fotosyntheseapparat" – einem Bonsai-Bäumchen – ausgerüstet. Die Stationen seiner "Forschungsarbeit" geben dem Film eine humorig-dramaturgische Klammer und lockern die folgenden Inhalte filmisch auf.

Der Markus am Mikroskop – Übergang in einen beeindruckenden 3D-Animationsflug in einen stilisierten Chloroplasten. Alle wesentlichen Bauteile des Chloroplasten werden vorgestellt und in ihrer Funktion erläutert.



Dann entwickelt der Film eine **gut verständliche Reise durch die gesamte Fotosynthese**, wobei nicht so sehr auf Details als vielmehr auf ein alle Prozesse übergreifendes Schülerverständnis Wert gelegt wird.

Die umfangreichen Erläuterungen des Films hier in einer Abfolge von Stichworten:

- Vorstellung der beiden Überträgermoleküle, die in der Fotosynthese agieren: ATP als universeller Energieträger, und NADPH + H⁺ als Wasserstoffträger.

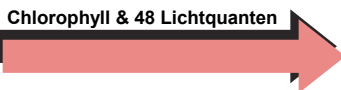
Die lichtabhängige Reaktion:

- Auffangen der Sonnenlichtenergie in der Thylakoidmembran;
- Weiter in der Thylakoidmembran: Wasserspaltung mit Hilfe von Sonnenlichtenergie, Abgabe von Sauerstoff an die Umwelt;
- Wasserstoff-Aufnahme durch NADPH + H⁺, Abtransport in die lichtunabhängige Reaktion;
- ATP-Bildung, ebenfalls unter Nutzung der eingefangenen Sonnenlichtenergie, Abtransport in die lichtunabhängige Reaktion;
- Die lichtabhängige Reaktion hat die Sonnenlichtenergie chemisch gebunden.

Die lichtunabhängige Reaktion:

- ATP und NADPH + H⁺ stehen nun im Stroma zur Verfügung;
- Synthese eines Moleküls Glukose aus 6 Molekülen CO₂, die aus der Luft aufgenommen wurden;
- Energie- und Wasserstoffübertragung durch ATP und NADPH + H⁺ ermöglichen diese Synthese-Reaktion;
- Die lichtunabhängige Reaktion hat die Sonnenlichtenergie in Glukose verpackt.

Der Markus hängt begeistert über seinem Mikroskop und verfolgt, wie der Film abschließend die Summenformel der gesamten Fotosynthese entwickelt:



"Leisten saubere Arbeit, diese Pflanzen!", so Markus' Fazit.

* * *

Lichtenergie und Fotosystem

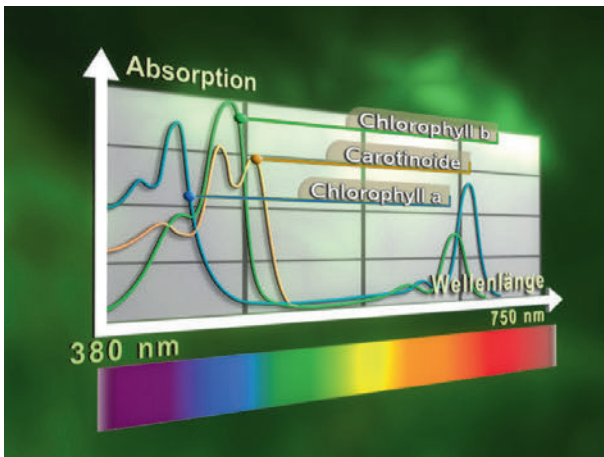
Laufzeit: 5:00 min, 2006

Lernziele:

- Den Detailaufbau eines Fotosystems kennenlernen;
- Die Eigenschaften des sichtbaren (Sonnen-) Lichts kennenlernen, u.a. die Wellenlängen des sichtbaren Lichtspektrums;
- Die Pigment(gruppen) Chlorophyll a + b und Carotinoide mit ihren Absorptionseigenschaften kennenlernen;
- Verstehen, warum Pflanzen grün erscheinen;
- Den schematisch vereinfachten Ablauf der Aufnahme von Sonnenlichtenergie durch ein Fotosystem verstehen.

Inhalt:

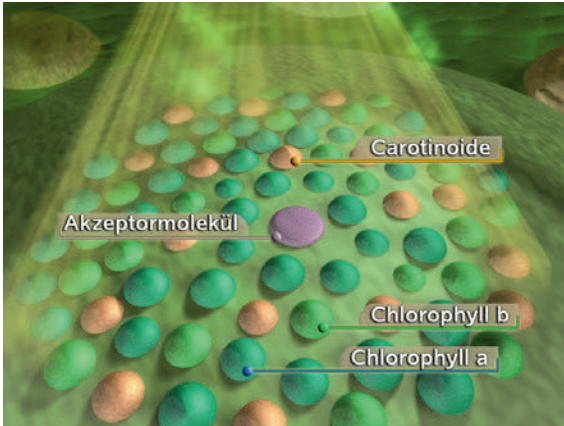
Am Anfang steht die Frage: Warum erscheinen Pflanzen eigentlich grün? Der Markus kann sich das nicht recht erklären, also muss der Film ran: Das Wellenlängenspektrum des sichtbaren Lichts wird vorgestellt, ebenso die Lichtquanten-absorbierenden Pigmente der Pflanzen. Ihre Absorptionskurven liegen in den Farbbereichen violett, blau und rot. Grüne Lichtanteile werden nicht absorbiert, sondern reflektiert bzw. durchgelassen (transmittiert).



Dementsprechend sieht das Wirkungsspektrum der Fotosynthese aus, der Film leitet eine gut verständliche Grafik her.

In 3D-Computeranimation reisen wir dann schnell in das Innenleben einer Thylakoidmembran und dort in ein Fotosystem bzw. dessen Antennenkomplex. Der Aufbau des Antennenkomplexes wird erklärt:

In den Antennenkomplex eingebettet liegen viele hundert Moleküle Chlorophyll-a, Chlorophyll-b und diverse Carotinoid-Typen. Alle Pigmente können durch bestimmte Farbanteile des Lichts angeregt werden. Diese "Anregungs-Häppchen" reichen die Pigmente weiter bis ins Zentrum des Antennenkomplexes, wo die zentralen Chlorophyll-a-Moleküle liegen.



Die aufgenommene und kumulierte Sonnenlichtenergie kann aus diesen Chlorophyll-a-Molekülen Elektronen freisetzen, die von einem zentralen Akzeptormolekül aufgenommen und in die lichtabhängige Reaktion der Fotosynthese abgeführt werden können.

Fazit: Der entscheidende Vorgang der Aufnahme der Sonnenlichtenergie läuft in diesen Fotosystemen der Thylakoidmembran ab.

* * *

Lichtabhängige Reaktion

Laufzeit: 7:20 min, 2006

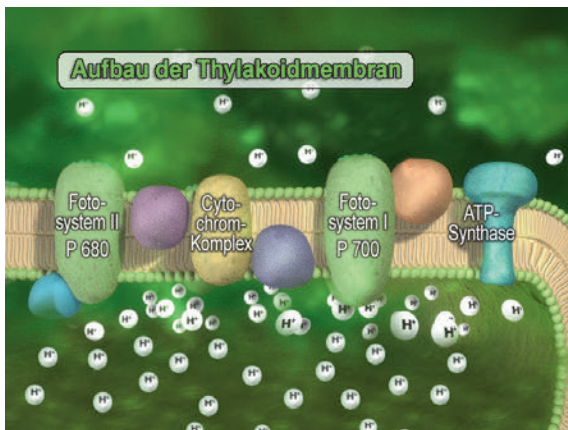
Lernziele:

- Die wesentlichen biochemischen Abläufe der lichtabhängigen Reaktion der Fotosynthese im Detail erfassen;
- Verstehen, wie die Enzymkomplexe in der Thylakoidmembran die aufgefangene Sonnenlichtenergie in Form von Elektronen und Protonen weiterreichen;
- Die "Aufladung" von ATP und $\text{NADPH} + \text{H}^+$ mit Energie und Wasserstoff verstehen.

Inhalt:

Der Markus hantiert in seiner prall mit Pflanzen gefüllten Studentenbude mit eingespiegelmtem Licht auf seinem Bonsai und untersucht Bonsaiblätter unter dem Mikroskop.

Das ist die Schnittstelle zu einer 3D-computeranimierten Reise in einen Chloroplasten bzw. an eine Thylakoidmembran. Der Aufbau der Membran und die eingelagerten Enzymkomplexe werden erläutert.



Dann geht der Film über in eine detaillierte Schilderung der Abläufe in und an der Thylakoidmembran, natürlich mit besonderem Augenmerk auf Freisetzung und Transport von Elektronen und Protonen.



Der Film kommentiert zwei komplette Durchgänge des Elektronentransports durch die Membran, einmal in einzelnen Schritten, dann noch einmal im Schnelldurchlauf.

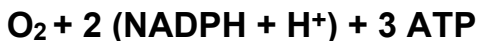
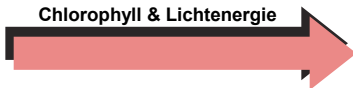
- Vom ersten Energieeinschlag und der Elektronenfreisetzung im Fotosystem II ...
- über die Aufspaltung von Wasser und ...
- die Elektronentransportkette durch die Thylakoidmembran, weiter ...
- über den Energieeinschlag im Fotosystem I ...
- bis hin zum Einbau dieser Elektronen in die Wasserstoffträger $\text{NADPH} + \text{H}^+$.

Dann fokussiert der Film auf das Protonenkonzentrationsgefälle an der Thylakoidmembran – viele Protonen im Thylakoid-Innenaum, wenige Protonen im Stroma. Die Entladung dieser regelrechten "Spannung" über einen ATP-ase-Komplex mit der Bildung von ATP-Molekülen wird gezeigt.

Die komplexe Schilderung schließt mit der Entwicklung der Summengleichung für die lichtabhängige Reaktion der Fotosynthese:



Chlorophyll & Lichtenergie



Lichtunabhängige Reaktion (Calvin-Zyklus)

Laufzeit: 8:30 min, 2006

Lernziele:

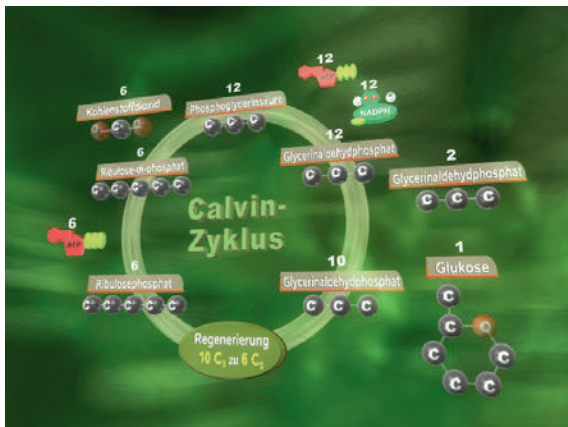
- Die wesentlichen biochemischen Abläufe der lichtunabhängigen Reaktion der Fotosynthese im Detail erfassen;
- Den "Calvin-Zyklus" kennenlernen und den Reaktionsablauf in seinen wesentlichen Schritten verstehen;
- Die Synthese von Glukose aus Kohlenstoffdioxid unter Einsatz von Energie- und Wasserstoffträgern erkennen.

Inhalt:

Der Markus schließt die Jalousie in seinem "Fotosynthese-Labor", um die "Dunkelreaktion" seines Bonsai-Fotosyntheseapparats besser studieren zu können.

Markus' verdunkelte Mikroskopstudie überblendet in eine 3D-Reprise auf den Film "Lichtabhängige Reaktion": Molekülschwärme von ATP und NADPH + H⁺ verlassen die Thylakoidmembran und wandern ins Stroma des Chloroplasten. Dort werden ihre Energie- und Wasserstofffracht dringend benötigt für die Synthesereaktion der lichtunabhängigen Reaktion der Fotosynthese: "Zucker aus Luft!", so formuliert der Markus das salopp.

Der Film bleibt nüchtern und schildert die komplexen Abläufe der zyklischen Glukosesynthesereaktion, die nach ihrem Entdecker "Calvin-Zyklus" genannt wurde (Melvin Calvin, Chemie-Nobelpreisträger 1961).



Der Film zeigt die Molekülbau-Stationen des Calvin-Zyklus fast ausschließlich anhand der C-Körper (H- und O-Atome fast alle ausgeblendet). Außerdem arbeitet die Darstellung mit einer blockweisen Einspeisung von je 6 CO₂-Molekülen und zieht die entsprechenden Molekülzahlen durch, damit der Syntheschritt zu 1 Molekül Glukose rechnerisch und filmisch "sauber aufgeht".

Hier die Schilderung der Abläufe in Stichworten:

- 6 aus der Luft aufgenommene CO₂ werden in den Zyklus eingeschleust, indem sie mit 6 Ribulosediphosphat (C₅) reagieren;
- die instabilen C₆-Körper zerfallen umgehend in 12 Phosphoglycerinsäure (C₃), die wiederum in 12 Glycerinaldehydphosphat (C₃) umgebaut werden;
- 2 Glycerinaldehydphosphat (C₃) werden zu einem Glukosering (C₆) zusammengesetzt;
- die übrigen 10 Glycerinaldehydphosphat (C₃) durchlaufen einen komplizierten Regenerierungszyklus, der in 6 Ribulosephosphat (C₅) resultiert, ...
- ... die dann wieder zum Ausgangsmolekül des Zyklusbeginns umgebaut werden, Ribulosediphosphat (C₅).

Nun kann eine neue Runde auf dem Calvin-Zyklus beginnen. Die filmische Darstellung zeigt die oben in Stichworten aufgeführten Reaktionsschritte sehr ausführlich und detailliert, sodass die Schüler sie gut verfolgen können. Auch die Einspeisung von ATP und NADPH + H⁺, die ja essentiell notwendig für das Abfließen der meist endergonischen Reaktionen sind, wird eingehend erläutert.

Der Markus ist begeistert von diesem Spektakel in grün und kann sicher auch der Summenformel folgen, die der Film abschließend entwickelt:



Der Film endet mit der Feststellung: Die oft und missverständlicherweise sogenannte "Dunkelreaktion" benötigt zwar kein Sonnenlicht, läuft aber bei Tag ebenso und wie bei Nacht ab.

Die abschließende Aufforderung an die Schüler, den Gesamtwirkungsgrad der Fotosynthese einmal zu errechnen, wird von einem Arbeitsblatt dieser DVD unterstützt.



GIDA Gesellschaft für Information
und Darstellung mbH
Feld 25
51519 Odenthal

Tel. +49-(0) 2174-7846-0
Fax +49-(0) 2174-7846-25
info@gida.de
www.gida.de

Fotosynthese – ein Überblick • Lichtenergie und Fotosystem Lichtabhängige Reaktion • Lichtunabhängige Reaktion

