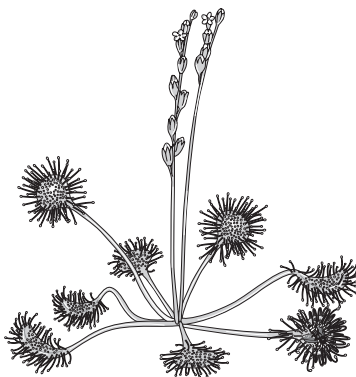


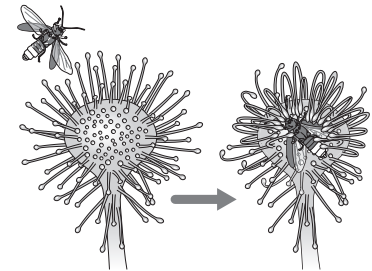
Der Sonnentau – Tier oder Pflanze?



1 Sonnentau-Pflanze

Der Rundblättrige Sonnentau (*Drosera rotundifolia*) ist eine heimische, geschützte Hochmoorpflanze (Abb.1). Sie besiedelt sonnige, feuchte Standorte in dem mineralstoffarmen Moorgebiet, in dem die meisten Pflanzen nicht überleben können.

Auf ihren hellgrünen Blättern befinden sich rötliche Tentakel, die an ihrer Spitze glitzernde, klebrige Tropfen ausscheiden. Kleine Insekten, z. B. Fliegen und Mücken, werden von diesen angezogen und kleben an ihnen fest. Sie werden von den Tentakeln aktiv umschlossen und bis auf die Chitinhülle aufgelöst (Abb. 2).



2 Insektenfang des Sonnentaublatts

CHARLES DARWIN war der erste, der 1876 in seinem Buch „Insectivorous Plants“, ausführlich das Fangverhalten der *Drosera* und seine Schlussfolgerungen beschrieb.

„... Die Aufsaugung animaler Substanz aus den gefangenen Insekten erklärt es, wie *Drosera* in ausserordentlich armem torfigen Boden gedeihen kann. ... Von einer *Drosera*-Pflanze ... kann man sagen, dass sie sich wie ein Thier ernährt. Aber verschieden von einem Thier trinkt sie mit ihren Wurzeln; ... Ich machte eine ungeheure Menge Versuche, indem ich ... Theilchen von verschiedenen Substanzen [z.B. Kohle, Papierkügelchen, Glas, Eiweiß, Fleisch] ... auf die zähe Absonderung der Drüsen der äusseren Tentakeln legte. ... [So] veranlaszten kleine Stückchen ..., dass die Tentakeln in einer Zeit von 5 bis 56 Minuten stark eingebogen wurden. ... [Bei Experimenten] mit nicht stickstoffhaltigen Flüssigkeiten [Öl, Zuckerlösung, Alkohol]...: die Tentakeln wurden nicht in einem einzigen Falle eingebogen. ... [Bei] stickstoffhaltigen Flüssigkeiten [Milch, Eiklar, Fleischsaft] ... waren ... die Tentakeln ... eingebogen. ... Wir können daher schlieszen, dass das Secret ... sauer wird ..., nachdem die Tentakeln begonnen haben, sich über irgend einen unorganischen oder organischen Körper zu biegen ... Aus diesen Versuchen geht deutlich hervor, dass die abgesonderte Flüssigkeit das Vermögen hat, Eiweisz aufzulösen, und wir sehen ferner, dass, wenn ein Alkali zugesetzt wird, der Verdauungsprozess zum Stillstand gebracht wird, dass er aber sofort wieder beginnt, sobald das Alkali durch schwache Salzsäure neutralisirt wird. ... Endlich zeigen uns die ... Experimente, dass eine merkwürdige Übereinstimmung besteht zwischen dem Verdauungsvermögen des Magensaftes von Thieren mit seinem Pepsin und seiner Salzsäure und dem des Secrets der *Drosera* mit seinem Ferment und seiner ... Säure. Wir können daher kaum daran zweifeln, dass das Secret in beiden Fällen sehr ähnlich ist, wenn es nicht identisch dasselbe ist. ...“

3 Auszüge aus Darwins Werk *Insectivorous Plants*

JONATHAN MILLET und seine Mitarbeiter untersuchten seit 2010 den Stickstoff (N)-Gehalt und die Stickstoff (N)-Aufnahme von *Drosera*-Pflanzen in verschiedenen Hochmooren. Dafür unterschieden sie die Herkunft des Stickstoffs durch Isotopenanalyse ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$). Sie bemerkten dabei, dass *Drosera*-Pflanzen bei viel Stickstoffangebot im Boden weniger wirksame Klebetropfen an den Tentakeln aufwiesen.

			Drosera-Pflanzen				
Hochmoor in	mittlere Niederschlagsmenge (mm/a)	N-Eintrag (Abgase) (g(N) m ² /a)	Trockenmasse (mg/Pflanze)	N-Gehalt gesamt (µg/Pflanze)	N-Aufnahme durch Wurzeln (µ/11g Pflanze)	N-Aufnahme durch Beute (µ/11g Pflanze)	% N-Aufnahme durch Beute (µ/11g Pflanze)
Nord-schweden	652	0,194	5,83	160	48	67	58
Süd-schweden	1199	1,130	17,20	170	85	40	32

4 Stickstoffangebot und Stickstoffaufnahme

- 1 Vergleichen Sie tabellarisch die Eiweißverdauung und -resorption beim Menschen nach den Kriterien: Verdauungsort, Sekret, Funktion, Resorptionsort mit den Erkenntnissen von DARWIN (Abb. 3).
- 2 Fassen Sie die Untersuchungsergebnisse aus Abb. 4 zusammen und deuten Sie diese.
- 3 Erläutern Sie, ob der Sonnentau sich wie ein Tier heterotroph oder wie eine Pflanze autotroph ernährt.

ARBEITSBLATT

Der Sonnentau – Tier oder Pflanze?

Lösungen

1

Kriterium	Mensch	Drosera
Verdauungsort	a) Magen b) Dünndarm	Blattoberfläche
Sekret	a) saurer Magensaft mit Salzsäure und Pepsin b) alkalischer Dünndarmsaft mit Enzymen	saures Sekret mit eiweißabbauendem Enzym in Tentakeln
Funktion	Eiweißabbau	Eiweißabbau
Resorptionsort	Dünndarm	Tentakel

2 In Nordschweden fallen weniger Niederschläge mit geringerem Anteil von Stickstoffverbindungen als in Südschweden, wo mehr Abgase vorhanden sind. Demnach sind die Böden in Nordschweden mineralstoffärmer. Pflanzen werden bei dem hohen Stickstoffangebot in Südschweden deutlich größer und schwerer (3-fache Biomasse) und enthalten entsprechend die 3-fache N-Menge, verglichen mit den Pflanzen im Norden. Auffällig ist, dass die Pflanzen im Süden ihren Stickstoff zum Stoffaufbau deutlich bevorzugt aus dem Boden, weniger aus dem Insektenfang beziehen. Es ist dabei zu vermuten, dass ein entsprechend geringerer Phosphorgehalt (aus dem Eiweißabbau) vorhanden ist. Das bedeutet, dass in einer durch anthropogene Abgase (NO_x) veränderten Umgebung mit höherem Stickstoffgehalt ein verringerter Beutefang von *Drosera* im Ökosystem festzustellen ist, was sich auf andere Wechselbeziehungen auswirken kann.

3 Die *Drosera*-Pflanze betreibt Fotosynthese, sie ist C-autotroph. Der zusätzliche Gewinn von Mineralstoffen aus Tieren (N-heterotroph) ist am natürlichen Standort ein Vorteil gegenüber konkurrierenden Pflanzen.

Zusatzinformation

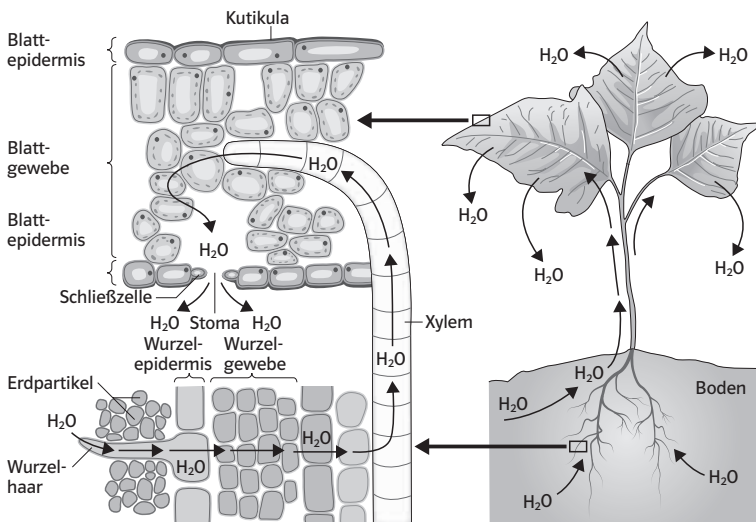
Drosera-Pflanzen sind nicht obligat N-heterotroph, sondern fakultativ N-heterotroph.

Weitere Beispiele für fleischfressende Pflanzen:

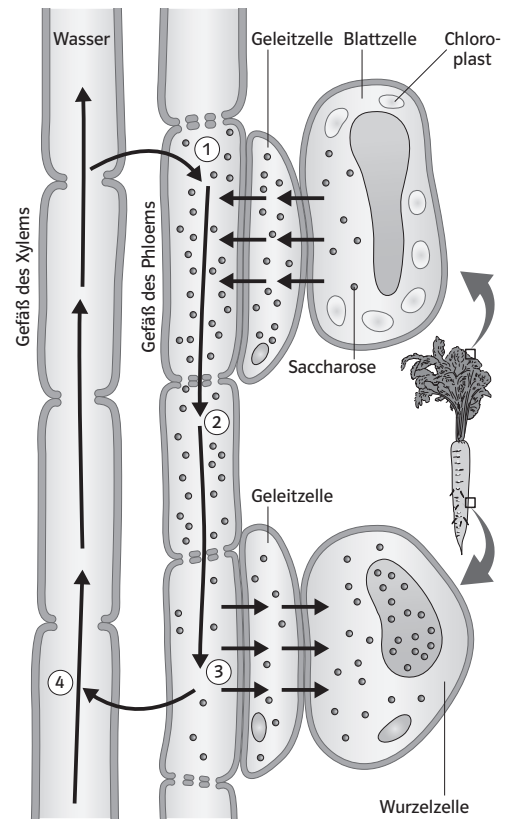
- Fettkraut (*Pinguicula*) mit Klebefallen (vgl. *Drosera*)
- Kannenpflanze (*Nepenthes*) mit Fallgrubenfallen
- Reusenfallenpflanze (*Genlisea*) mit Reusenfallen
- Schlauchpflanze (*Sarracenia*) mit Schlauchfallen
- Venusfliegenfalle (*Dionea*) mit Klappfallen
- Wasserschlauch (*Utricularia*) mit Saugfallen

Zusammenspiel der Pflanzenorgane – Grundlage der Ernährung

Der Nachweis über den Wassertransport und die Transportgeschwindigkeit konnte mithilfe von Experimenten nachgewiesen werden. Hierzu verwendete man fluoreszierende Farbstoffe. Die Farbstoffe können mithilfe von Schnitten durch das pflanzliche Gewebe nachgewiesen werden. Die fluoreszierenden Farbstoffe leuchten im UV-Licht unter dem Mikroskop. Eine weitere Möglichkeit, den Transport zu untersuchen, sind Blattläuse. Diese zapfen bevorzugt das Phloem an.



1 Wassertransport in Pflanzen



2 Zuckertransport in Pflanzen

Der Phloemsaft enthält bis zu 20% an Zucker, von dem sich die Blattläuse ernähren. Die Blattläuse stecken ihre trinkhalmartigen Stechborsten in die Gefäße des Phloems. Der Druck im Phloem drückt die zuckerhaltige Lösung direkt in den Darm. Entfernt man die Tiere von den Stechborsten tritt der Phloemsaft aus und kann untersucht werden.

Gleichzeitig wurde untersucht, wo innerhalb der Pflanze der markierte Zucker zu finden ist. Die Ergebnisse mit der Tracermethode zeigten eindeutig, dass Saccharose der transportierte Zucker ist, der in den Gefäßen des Phloems nachzuweisen ist. Der Transport von den Blattzellen in die Gefäße des Phloems benötigt Energie.

Die Fragestellung nach dem Transport der Zucker als Fotosyntheseprodukte innerhalb einer Pflanze, wurde mithilfe von Experimenten mit radioaktiven Substanzen untersucht. Bohnenpflanzen wurden mit ¹⁴C-markiertem Kohlenstoffdioxid begast und belichtet. Anschließend wurde untersucht, welcher Zucker markiert und transportiert wird.

Es handelt sich hierbei um einen aktiven Transport über Carrier. Ebenso ist der Transport aus dem Phloem in die Geleitzellen und die Wurzelzellen energieabhängig. Das Wasser wird durch die jeweiligen osmotischen Vorgänge aufgenommen oder abgegeben.

- 1 Beschreiben Sie Abb.1. Gehen Sie hierbei auf die Bedeutung der einzelnen Pflanzenorgane ein.
- 2 Erläutern Sie anhand der Abb.1 und des Schulbuchttextes den dargestellten Vorgang. Informieren Sie sich über den Aufbau des Wassermoleküls und den Zusammenhang zu den Adhäsionskräften beim Wassertransport.
- 3 Beschreiben Sie Abb. 2. und erklären Sie den Vorgang 1 und 2. Gehen Sie hierbei auf osmotische Vorgänge und deren Bedeutung für den Stofftransport ein.
- 4 Erläutern Sie in Abb. 2 die Schritte 3 und 4 und stellen Sie den gesamten Vorgang am Beispiel der Möhre dar.

ARBEITSBLATT

Zusammenspiel der Pflanzenorgane — Grundlage der Ernährung

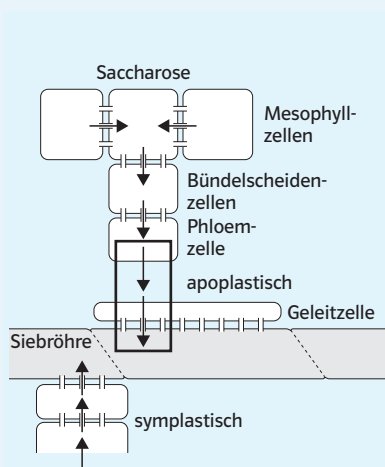
Lösungen

- In Abb. 1 ist eine Pflanze dargestellt und jeweils Ausschnitte zum Überblick des Wassertransports. Im Boden wird über die Wurzelhaare das Wasser aufgenommen. Dies gelangt über das Wurzelgewebe in die Xylemgefäße, die bis in das Blattgewebe reichen. Im Blatt gelangt das Wasser in das Blattgewebe und kann über die Stomata verdunsten.
- Der Vorgang des Wassertransports, der mithilfe von Fluoreszenzstoffen nachgewiesen wurde, wird durch den Transpirationssog ermöglicht. Eine intensive Wasseraufnahme und dadurch auch die Mineralstoffaufnahme ist nur bei einer optimalen Transpiration im Blattwerk möglich. Die Wassermoleküle hängen dabei zusammen, da sie kleine Dipole darstellen, deren positive und negative Teilladungen (Partialladungen) sich gegenseitig anziehen. Die Teilladungen kommen durch die unterschiedliche Elektronegativität von Wasserstoff und Sauerstoff zustande.
- In Abb. 2 ist der Zuckertransport vom Blatt zur Wurzel als Ausschnitt dargestellt. Mithilfe von radioaktiv markiertem Kohlenstoffdioxid, das bei der Fotosynthese in Glucose eingebaut wird, und der Blattlausetechnik konnte man den Transport durch die Phloemgefäße nachweisen und untersuchen. In Punkt 1 wird die im Blatt gebildete Saccharose aktiv aus der Geleitzelle in das Gefäß des Phloems transportiert. Die Konzentration erhöht sich im Phloemgefäß und dadurch erfolgt osmotisch ein Ausgleich über die Wasseraufnahme aus dem Xylem in das Phloem. Hierdurch entsteht ein Wasserdruck (Punkt 2). Der Phloensaft fließt durch das Gefäß. Der aktive Transport erfolgt, um die Konzentration im Phloemgefäß zu erhöhen. Durch den Konzentrationsausgleich kommt es zur Wasserbewegung im Phloem.
- In Punkt 3 wird der Zucker aktiv über die Geleitzelle in die Wurzelzelle transportiert. Die Zuckerkonzentration im Phloem sinkt dadurch in diesem Abschnitt sehr stark ab. Das Wasser wird osmotisch bedingt wieder in das Xylem abgegeben.

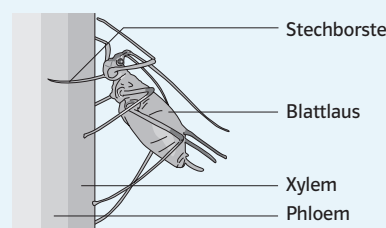
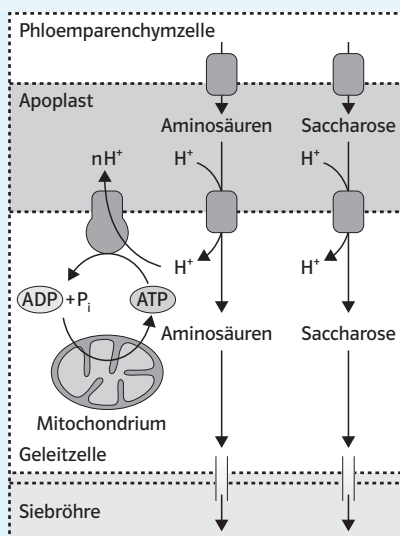
Zusatzinformation

Ergänzende Materialien zum vertiefenden Unterricht

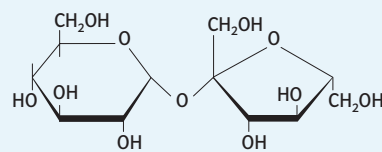
In Abb. 1 ist die aktive Beladung des Phloems vom Blatt her dargestellt. Über den apoplastischen Weg erfolgt der Transport entlang eines Konzentrationsgefälles passiv. Der aktive Transport, die Beladung, findet in den Geleitzellen statt. Es handelt sich um einen Symport der Protonen und der Saccharose. Über die Plasmodesmen gelangt die Saccharose aus den Geleitzellen in die Siebröhren. In Abb. 2 ist eine Blattlaus dargestellt, deren Stechborste bis in das Phloem reicht. Diese Abbildung kann als Ergänzung bei der Erarbeitung des Arbeitsmaterials genutzt werden.



1 Beladung des Phloems mit Saccarose



2 Blattlaus an einer Pflanze



3 Saccharose (Strukturformel)

Historische Meilensteine in der Entdeckungsgeschichte der Fotosynthese

1648: Jean Baptiste van Helmont (B)
Aus seinen Einpflanz-Beobachtungen folgerte er, dass die Massenzunahme der Pflanzen hauptsächlich auf der Aufnahme des zugegebenen Wassers beruht.

1940: Hans Fischer (D)
Er klärte die Struktur des Chlorophyllmoleküls auf.

1804: Nicolas-Théodore de Saussure (CH)
Er wies nach, dass die Zunahme der Biomasse von Pflanzen auf der Aufnahme von Wasser beruht und zusätzlich auf der Aufnahme von Kohlenstoffdioxid, das nicht aus der Erde, sondern aus der Luft stammt.

1754: Charles Bonnet (CH)
Er beobachtete, dass untergetauchte, belichtete Blätter Gasbläschen bilden.

1771: Joseph Priestley (GB)
Seine Glasglocken-Versuche ergaben, dass Pflanzen aus „schlechter Luft“, die Lebewesen produzieren, „gute Luft“ machen, die Tiere zum Leben benötigen.

1903: Michail Tswett (RUS)
Er ist der Erfinder der Chromatografie und trennte als erster den grünen Blattfarbstoff in die einzelnen Blattpigmente auf.

1832: Henri René Dutrochet (F)
Er entdeckte die Stomata an der Blattoberfläche, durch die Gasaustausch mit der Umgebung erfolgen kann. Er zeigte, dass nur Zellen, die Blattgrün enthielten, Kohlenstoffdioxid mithilfe des Lichts fixieren können.

1774: Antoine de Lavoisier (F)
Er experimentierte unter anderem mit Oxiden und mit Wasser. Er untersuchte die menschliche Atmung und beschrieb als einer der Ersten das Element Sauerstoff.

1788: Jan Ingenhousz (NL)
Mit der Abwandlung der Glasglocken-Versuche PRIESTLEYS erkannte er, dass nur Licht und grüne Pflanzenteile die Voraussetzungen für brennende Kerzenflammen sind.

1905: Frederick Frost Blackman (GB)
Aus seinen Beleuchtungsexperimenten folgerte er, dass die Fotosynthese aus zwei Teilreaktionen besteht: aus der lichtabhängigen, aber temperaturunabhängigen Fotoreaktion sowie aus der Synthesereaktion, die nicht direkt lichtabhängig, aber temperaturabhängig ist.

1791: Andrea Comparetti (I)
Er entdeckte „grüne Körner“ in den Zellen von Blattgeweben.

1862: Julius von Sachs (D)
Er wies nach, dass nur in Blatteilen, die der Sonne ausgesetzt waren, bei der Fotosynthese Stärke gebildet wird. Dafür machte er das Chlorophyll der Chloroplasten verantwortlich.

1864: Jean Baptiste Boussingault (F)
Aus seinen quantitativen Messungen schloss er, dass die Volumina der Kohlenstoffdioxidaufnahme und der Sauerstoffabgabe gleich groß sind.

1842: Robert Mayer (D)
Er erkannte, dass in den Blättern energiereiche Stoffe (Kohlenstoffdioxid, Wasser) durch Lichtenergie in energiereiche Stoffe (Kohlenhydrate) umgewandelt und in der Pflanze gespeichert werden.

1875: Kliment Timiriazef (RUS)
Mithilfe der Spektralanalyse untersuchte er die Wirkung der Strahlen des Sonnenlichts auf eine isolierte Chlorophyll-Lösung. Dabei entdeckte er, dass grüne Blätter im Rotbereich am meisten Kohlenstoffdioxid assimilieren.

1782: Jean Senebier (CH)
Durch seine Versuche mit Aquariumpflanzen erkannte er, dass Pflanzen während ihrer Kohlenstoffdioxidaufnahme gleichzeitig Sauerstoff abgeben.

1 Entdeckungen in der Geschichte der Fotosynthese

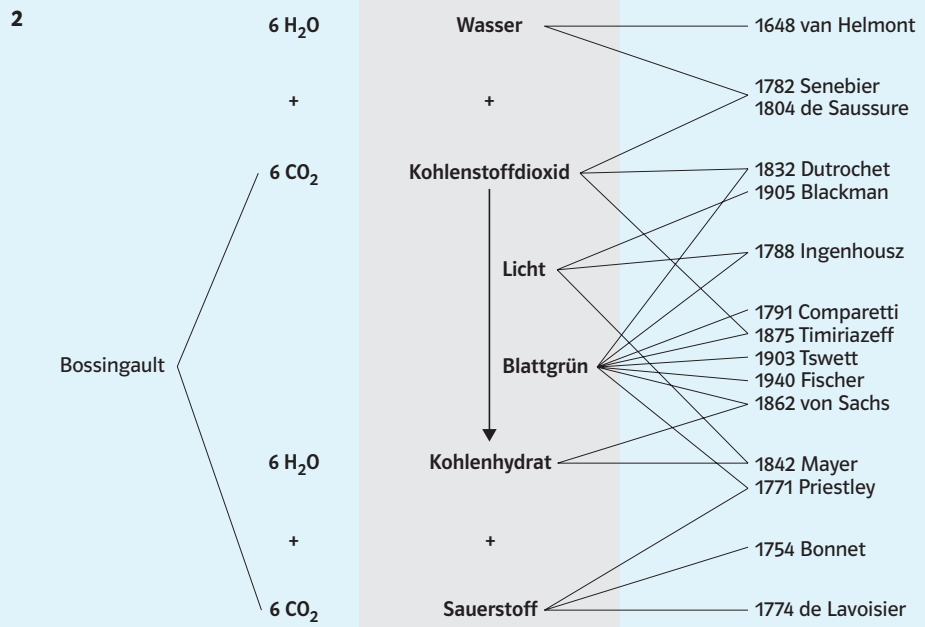
- 1 Stellen Sie eine Zeitleiste mit den wichtigen Entdeckungen zur Fotosynthese auf.
- 2 Ordnen Sie den Komponenten der Fotosynthese Gleichung die Entdeckungen der Forscher zu.
- 3 Stellen Sie den Erkenntniszuwachs in dem beschriebenen Zeitraum der Fotosyntheseforschung dar.

ARBEITSBLATT

Historische Meilensteine in der Entdeckungsgeschichte der Fotosynthese

Lösungen

- 1 1648: VAN HELMONT: Wasser
 1754: BONNET: Gasblasen am Blatt
 1771: PRIESTLEY: Pflanze, schlechte Luft, gute Luft
 1774: DE LAVOISIER: Element Sauerstoff
 1782: SENEBIER: Kohlenstoffdioxidaufnahme und Sauerstoffabgabe
 1788: INGENHOUSZ: Licht, grüne Pflanze
 1791: COMPARETTI: Blattgrünkörner
 1804: DE SAUSSURE: Wasser, Kohlenstoffdioxid
 1832: DUTROCHET: Stomata, Blattgrün
 1842: MAYER: Energieumwandlung, Energieerhaltung
 1862: VON SACHS: Stärke
 1864: BOUSSINGAULT: Volumina der Gase
 1875: TIMIRIAZEFF: Chlorophyll, rote Spektralfarbe
 1903: TSWETT: Chromatografie der Blattfarbstoffe
 1905: BLACKMAN: Licht- und Temperaturabhängigkeit der Teilreaktionen
 1940: FISCHER: Struktur des Chlorophyllmoleküls

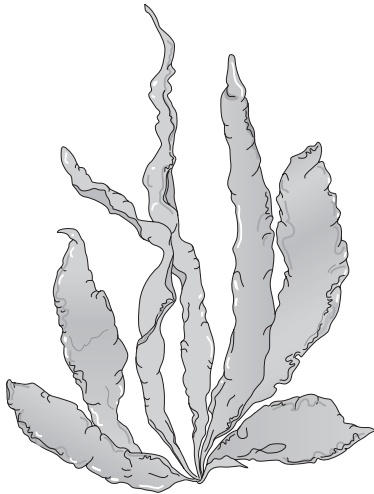


- 3 Ausgehend von anfänglichen phänomenologischen Beobachtungen führten gezielte Untersuchungen zu verschiedenen Einzelergebnissen. Der Austausch zwischen den Forschern war nötig für weiterführende Untersuchungen. Anhand von fortschreitenden Analysemethoden konnten weitere Details herausgefunden werden, die sich zu einem Gesamtbild zusammenfügen ließen.

Braunalgen sind an die Lichtverhältnisse im Meer angepasst

Die gelbbraune Alge *Petalonia fascia* (Abb.1) besitzt glattblättrige Wedel, die eine Länge von 30cm erreichen können. Sie wächst auf steinigem Untergrund im Arktischen Ozean in Alaska bis in eine Tiefe von ca. 40 m. Wegen ihrer Blattpigmente wird sie als Braunalge bezeichnet, denn die Pigmente reflektieren größtenteils die Wellenlängen von gelbem, orangem und rotem Licht. Der Rest wird absorbiert (Abb. 2).

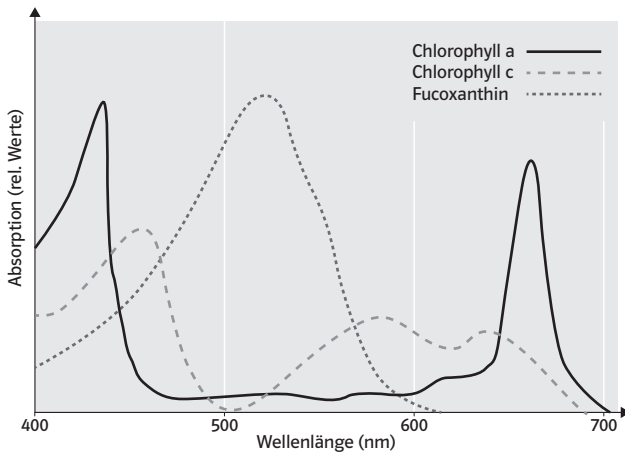
Wissenschaftler der Biologischen Anstalt Helgoland erforschten die Braunalge *Petalonia fasciata* mit der Fragestellung, warum diese Alge bei wenig Licht in großen Tiefen autotroph leben kann (Abb. 2). Dazu untersuchten sie die Absorptionsspektren der beteiligten Fotosynthesepigmente und ihre Leistung im Labor (Abb. 3 und 4).



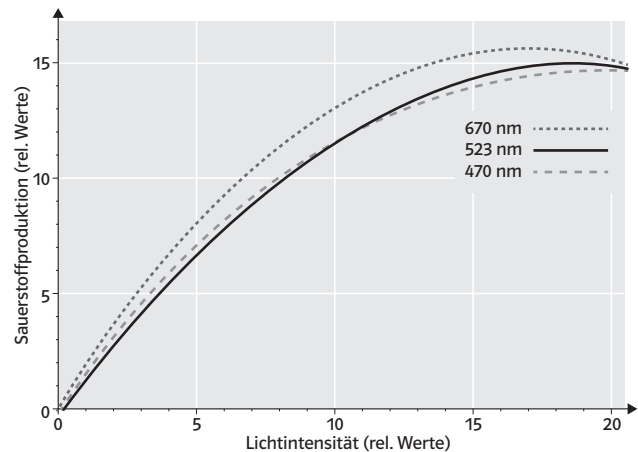
1 Braunalge *Petalonia fasciata*

Wellenlänge (nm)	SONNENLICHT				
	450 – 490 blau	550 grün	600 gelb	630 orange	650 – 700 rot
Wassertiefe (m)					
5	↓	↓	↓	↓	↓
15			↓	↓	
30			↓		
40		↓			
55	↓				

2 Veränderung des Lichtspektrums bei zunehmender Wassertiefe



3 Absorptionsspektren der Fotosynthesepigmente



4 Leistung der Fotosynthesepigmente von *Petalonia fasciata*

- 1 Beschreiben Sie das Absorptionsspektrum einer Braunalge (Abb. 3) und vergleichen Sie dieses mit der einer Grünalge (s. Schülerbuch S.118, Abb. 2) in Form einer Tabelle.
- ◐ 2 Beschreiben und erklären Sie die Fotosyntheseleistung der Braunalge *Petalonia fasciata* (Abb. 4).
- 3 Erläutern Sie, warum die Braunalge *Petalonia fasciata* bis in einer Wassertiefe von 40 m erfolgreich Fotosynthese betreiben kann (Abb. 2 und 3). Stellen Sie eine Hypothese auf, wie das Wirkungsspektrum der Pigmente aussehen könnte. Zeichnen Sie es in Abb. 3 ein.

ARBEITSBLATT

Braunalgen sind an die Lichtverhältnisse im Meer angepasst

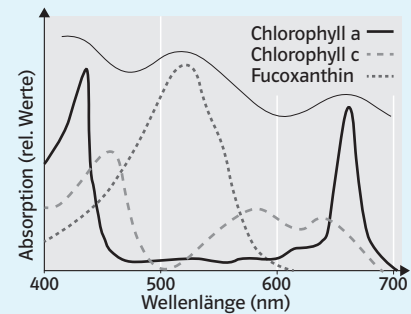
Lösungen

- 1 Die Braunalge besitzt drei Fotosynthesepigmente: Chlorophyll a und c, sowie Fucoxanthin. Die Grünalge besitzt drei Fotosynthesepigmente: Chlorophyll a und b, sowie Carotinoide. Das Absorptionsspektrum der Braunalge zeigt im Gegensatz zu dem der Grünalge keine Lücke im Wellenlängenbereich von grünem Licht.

Absorptionsmaxima		
Farbstoffe	Braunalge	Grünalge
Chlorophyll a	430 nm, 660 nm	430 nm, 660 nm
Chlorophyll b	—	460 nm, 640 nm
Chlorophyll c	450 nm, 580 nm, 630 nm	—
Carotin	—	460 nm, 490 nm
Fucoxanthin	510 nm	—

- 2 Die Sauerstoffproduktion wird in Abhängigkeit von der eingestrahnten Intensität von rotem (670 nm), grünem (523 nm) und blauem (470 nm) Licht gemessen. Alle drei Wellenlängen werden ungefähr gleich gut absorbiert. Sie liegen im Bereich der Absorptionsmaxima der vorhandenen Fotosynthesepigmente. Mit steigender Lichtintensität steigt auch die Sauerstoffproduktion, was auf eine gesteigerte Absorption zurückzuführen ist. Der Kurvenverlauf weist auf eine Sättigung der Fotosynthesereaktion hin.

- 3 Die Absorptionsmaxima von Chlorophyll a (Chl a) und von Chlorophyll c (Chl c) zeigen, dass von diesen Pigmenten blaues und grünes Licht in der Tiefe von 40 m absorbiert werden kann. Rotes Licht wird nur zusätzlich von Chlorophyll a absorbiert, wenn die Pflanzen sich in den oberen Wasserschichten (5 m) befinden. Gelbes oder oranges Licht wird nicht nennenswert absorbiert. Das Wirkungsspektrum entspricht dem Bereich über den Absorptionsmaxima der einzelnen Pigmente. Die Kurve kann oberhalb der Maxima gezeichnet werden.



1 Zeichnung des Wirkungsspektrums

Zusatzaufgabe

Die Grätzelzelle — ein pflanzliche Solarzelle

1992 meldete MICHAEL GRÄTZEL seine Solarzelle zum Patent an. Sie wird mit Pflanzenfarbstoffen betrieben. Die nach ihrem Erfinder auch „Grätzelzelle“ genannte Solarzelle arbeitet nach dem Vorbild der Fotosynthese mit den natürlichen Farbstoffen von Malve, Brombeere, Rote Beete oder Safran.

Die roten bis lila Farbstoffe sind Malvidin, Anthocyan und Betanin oder der gelbe Farbstoff ist Crocin. Diese Farbstoffe sind in der Lage, die Energie des Sonnenlichts in elektrische Energie umzuwandeln. Dazu werden die Farbstofflösungen zwischen zwei elektrisch leitende Glas- oder Plastikplatten zusammen mit einem Elektrolyt eingeschlossen und belichtet. Eingebaut in die Oberfläche eines Rucksacks produziert eine Reihe von Grätzelzellen genug Energie zum Aufladen von Smartphones oder Tastaturen ohne externe Stromquellen.

Aufgaben:

- 1 Recherchieren Sie die Strukturen der genannten Farbstoffe und fassen Sie die Gemeinsamkeiten zusammen.
- 2 Erklären Sie, warum die Fotosynthese das Vorbild für die Farbstoffsolarzelle ist.
- 3 Stellen Sie eine Hypothese auf, warum die Pflanzenfarbstoffe sich für den Bau einer Grätzelzelle eignen.

Lösungen:

- 1 Alle Farbstoffmoleküle sind große Moleküle mit vielen konjugierten Doppelbindungen, die für die Farbigkeit verantwortlich sind.
- 2 Grüne Pflanzen wandeln die Energie des absorbierten Sonnenlichts in chemische Energie und später in Kohlenhydrate um. Die Grätzelzelle wandelt die Energie des absorbierten Lichts in elektrische Energie um. In beiden Fällen sind Farbstoffe für die Energieumwandlung des Sonnenlichts zuständig.
- 3 Die Pflanzenfarbstoffe sind kostengünstig und leicht ein- und ersetzbar. Die Adsorptionsspektren sind im Bereich des sichtbaren Lichts passend.