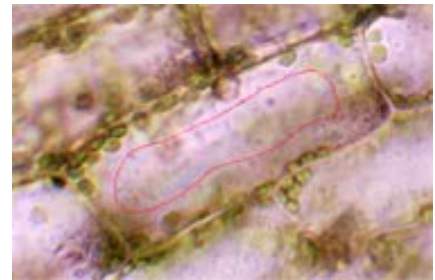




VAKUOLE

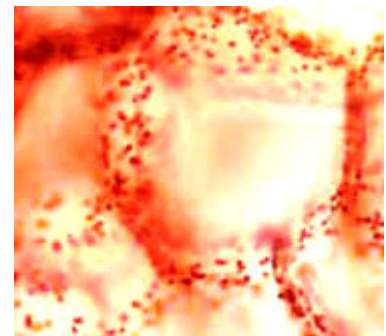
Die Vakuole ist in Pflanzenzellen ein großer, flüssigkeitsgefüllter Hohlraum, der den größten Teil (80%) des Pflanzenzellvolumens einnimmt. Das Cytoplasma mit den Zellorganellen wird dabei völlig an die Zellwand gedrückt. Die Vakuole ist von einer Membran, dem Tonoplast (abgrenzende Membran zwischen Cytoplasma und Vakuole in einer Pflanzenzelle) umgeben. Die Vakuole dient der Speicherung von Ionen, Zuckern, Vitaminen usw. Oft findet man Kristalle oder Stärkekörner. Diese hohen Konzentrationen an Stoffen befähigen die Pflanzenzelle Wasser aus der Umgebung aufzunehmen. (Osmose). Durch die pralle Füllung (Turgescenz = Füllungszustand der Vakuole einer Zelle) mit Flüssigkeit erhält die Pflanzenzelle ihre Form.



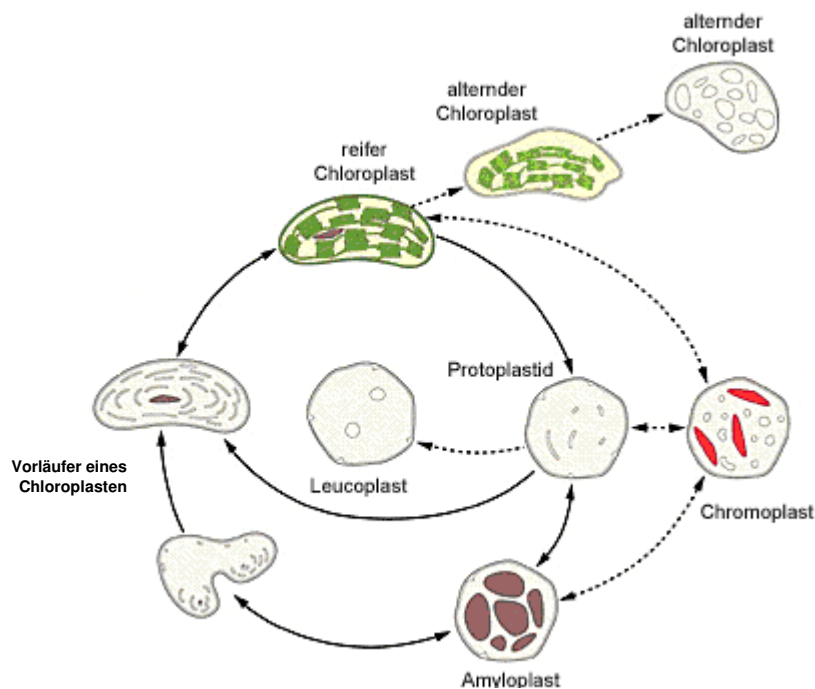
Zeichnung: Pflanzenzelle mit Vakuole bei Elodea (Wasserpest).

PLASTIDEN

Im Cytoplasma der meisten Pflanzenzellen findet man meist eiförmige, gut sichtbare Organellen die man Plastiden nennt. Man unterscheidet 3 wichtige Typen: Chromoplasten, Leucoplasten und Chloroplasten. Alle Typen sind ineinander umwandelbar. Chromoplasten sind rot, gelb oder orange gefärbt und finden sich in Blütenblätter und Früchten. Ihre Farben verdanken sie Carotinen und Xanthophyllen als Pigmente. Durch die leuchtenden Farben wird die Verbreitung der Früchte (Samen) und die Befruchtung über Insekten angeregt. Leucoplasten sind farblose (pigmentlose) Plastiden und treten in Pflanzenzellen auf, die nicht dem Licht ausgesetzt sind wie in Samen und Wurzeln.



Chromoplasten einer Vogelbeere: - die roten Punkte sind carotinhalige Chromoplasten



Es gibt in grünen Pflanzen verschiedene Plastidentypen, die alle aus einem gemeinsamen Vorläufer, den Proplastiden abstammen.

Man kann nach der Farbe drei Arten von Plastiden unterscheiden:

- grüne Chloroplasten
- gelbe Chromoplasten
- farblose Leucoplasten

Trotz erheblicher struktureller und funktioneller Unterschiede sind diese nur ein Organell, da auch theoretisch alle ineinander umwandelbar sind.



AUFBAU DER PLASTIDEN AM BEISPIEL DER CHLOROPLASTEN

Chloroplasten besitzen als Ort der Photosynthese eine lebenswichtige Bedeutung für Pflanzen. Sie sind intensiv grün gefärbt (Farbstoff Chlorophyll= Blattgrün; grüner Blattfarbstoff in den Chloroplasten, wird durch Licht angeregt) und finden sich in Blatt- und Sprosszellen.

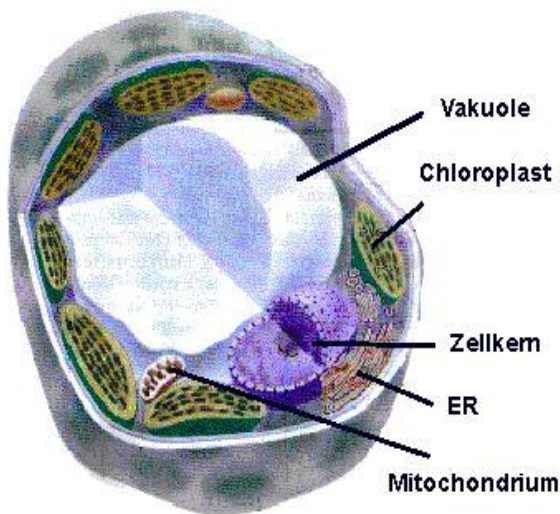
Aufbau eines typischen Chloroplasten

Chloroplasten sind oft bohnenförmig und von einer Doppelmembran umgeben. Die äußere Membran und die innere Membran tragen keinen Fachnamen; den Raum zwischen diesen Membranen nennt man Intermembranraum.

Im Inneren findet man eine wässrige, proteinreiche Flüssigkeit, das Stroma.

Die innere Membran ist nach Innen ausgestülpt und bildet ein System das Thylakoide (Membranausstülpungen der inneren Chloroplastenmembran). Auftretende Stapel werden Grana (Körnchenförmige Partikel in der Zelle) genannt. Da es sich um Membranausstülpungen handelt, sind die Thylakoide innen hohl. Den Hohlraum bezeichnet man als Thylakoidinnenraum. In die innere Membran eingebettet liegen die photosynthetischen Reaktionszentren, die die Blattfarbstoffe Chlorophyll, Carotinoide (gelborange Blattfarbstoffe, auch in anderen pflanzlichen Geweben enthalten) und Xanthophylle (gelbe Blattfarbstoffe in Chloroplasten) enthalten.

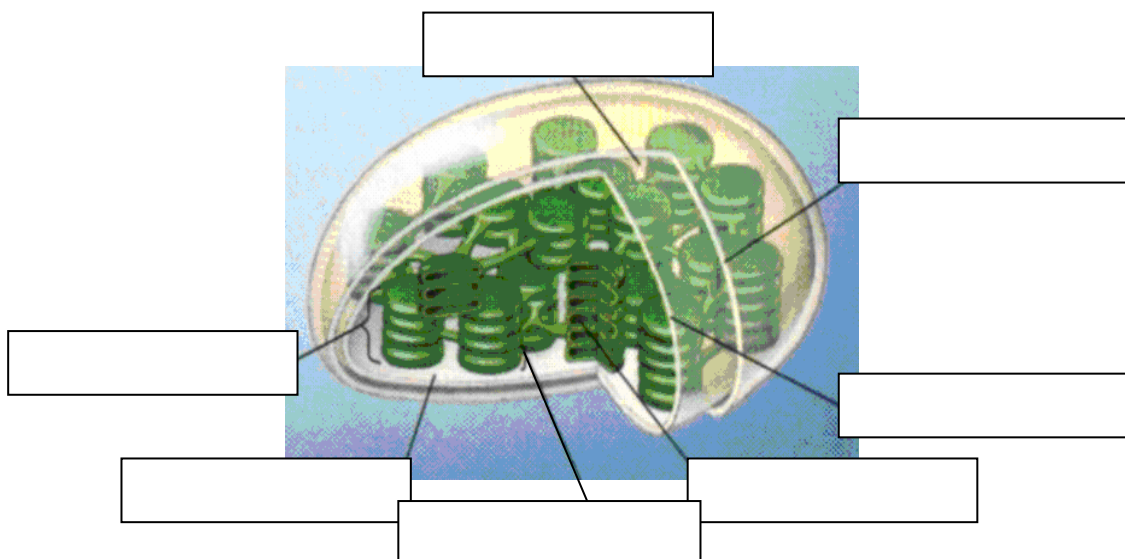
Im Stroma findet man neben Enzymen, die zur Photosynthese notwendig sind, Ribosomen und ringförmige DNS. Neben den Mitochondrien und dem Zellkern enthalten nur die Plastiden Ribosomen und Erbgut.



Arbeitsaufträge I

Tragen Sie in die obere linke Zeichnung weitere Zellorganellen ein, die nur bei Pflanzen vorkommen!

Beschriften Sie mit Hilfe des oben angeführten Texts die untere Zeichnung!





Arbeitsaufträge II

1. Formulieren Sie Hypothese(n) zur Frage, ob in grünen Blättern neben dem Chlorophyll noch andere Farbpigmente enthalten sind!
2. Arbeiten Sie das Protokoll ab!
3. Widerlegen oder bestätigen Sie ihre Hypothese(n)! Gehen Sie dabei auf die Theorie des Auftrennverfahrens ein!

1. Herstellung einer Rohchlorophyll-Lösung

- Geräte und Chemikalien:
- Grüne Blätter (Spinat, Brennessel ect.)
 - Reibschale
 - Quarzsand
 - Filterpapier
 - Trichter
 - Glasgefäß
 - Brennschiffchen

Durchführung: Zerschnittene Blätter werden mit Quarzsand unter schrittweisem Zusatz von Spiritus zerrieben. Die Lösung wird filtriert und kann im Dunklen mehrere Stunden aufbewahrt werden.

2. Trennverfahren der Dünnschichtchromatographie

- Geräte und Chemikalien:
- Glasbehälter mit Deckel
 - Fön
 - Pipette
 - alkoholische Rohchlorophyll-Lösung
 - Fließmittel (Benzin-Isopropanol-Gemisch 10:1)
 - destilliertes Wasser
 - DC-Fertigplatten (kieselgel-beschichtet)

Durchführung: Die Rohchlorophyll-Lösung wird mit der Pipette ca. 2cm vom unteren Rand als schmaler Startstreifen auf die Fertigplatte aufgetragen (nach Trocknen mehrfach wiederholen).

Das Fließmittel ca. 5mm hoch in den Glasbehälter einfüllen und mit einem Tropfen Wasser versehen. Die Platte in das Fließmittel stellen und das Glas verschließen.

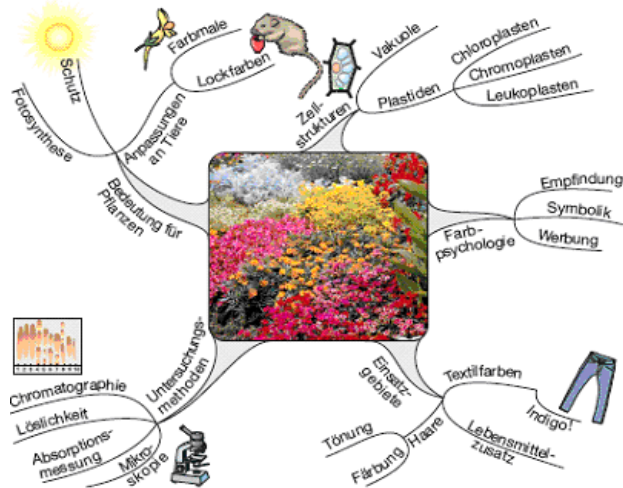
Die Platte entnehmen, wenn das Fließmittel den oberen Rand erreicht hat. Die Platte mit dem Fön trocknen.

Skizze zum Versuchsaufbau:

Auswertung: Beurteilen Sie das Ergebnis hinsichtlich der formulierten Hypothesen.



Farbigkeit – Pflanzenfarben



Blüten in den verschiedensten Farbtönen, grüne oder bunte Blätter – die Farbigkeit der Pflanzenwelt spricht unser ästhetisches Empfinden an. Sie hat den Menschen nicht nur dazu angeregt, Pflanzen als Schmuck zu verwenden, sondern auch ihre Farbstoffe zu nutzen.

Schon im alten Ägypten im 2. Jahrtausend v. Chr. dienten Pflanzenfarbstoffe zum Färben von Stoffen, wie Mumienbänder und Textilreste aus Gröbern zeigen. An ihnen fanden sich Spuren des roten Krapp, des gelben Safran und des blauen Indigo. Färben gehört so zu den ältesten Handwerkskünsten. Selbst die vielgeliebten Jeans wären ohne den Pflanzenfarbstoff Indigo nicht denkbar. Der Farbstoff, dem sie ihre kräftig blaue Farbe verdanken, stammt heute allerdings nicht mehr aus dem fernen Indien, sondern aus dem Chemielabor.

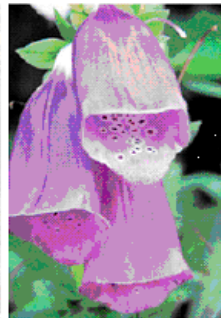
Farben haben in verschiedenen Kulturen unterschiedliche Bedeutung. Schon vor 5000 Jahren galt in China die Farbe Gelb als Zeichen der Macht. Daher waren safranfarbene Gewänder für das Volk verboten und nur dem Kaiser und später den buddhistischen Mönchen vorbehalten. Dagegen galt im alten Rom und im Mittelalter in Europa Rot als die Herrschaftsfarbe. Ein solch intensives Rot konnte man damals aber nicht aus Pflanzen gewinnen. Man erhielt den roten Farbstoff aus der Drüse der Purpurschnecke. Für 1 Gramm Farbstoff benötigte man 8000 Purpurschnecken.

Farben werden außerdem bestimmte Eigenschaften zugeordnet: Goldgelb als Farbe des Lichts wirkt aufheiternd und anregend auf das Gemüt, Zitronengelb hingegen eher frech und aufdringlich. In der Kunst gelten Rot und Gelb als warme, Blau und Grün als kalte Farben. Rot-Orange-Töne rufen gar messbare physiologische Veränderungen hervor wie die Erhöhung von Blutdruck, Pulsfrequenz und Körpertemperatur.

Farben und Farbstoffe spielen auch in der Natur eine bedeutende Rolle. Bestimmte Farbmuster dienen zur Erkennung, Tarnung oder Warnung. Viele Pflanzen setzen Farben als „Werbemittel“ ein, um tierische Bestäuber anzulocken. Einige bilden in ihren Blüten Farbmuster aus, die zu Pollen und Nektar weisen, die *Saftmale*. Oftmals sind solche Zeichnungen für das menschliche Auge unsichtbar. Den Insekten, die fähig sind, UV-Licht wahrzunehmen, erscheinen sie als dunkle Male, da die Blüten an diesen Stellen UV-Licht absorbieren. Farbmuster können aber auch täuschen: Bei vielen Rhododendron-Arten finden sich auf den Kronblättern gelbliche bis rötliche Zeichnungen, die an Büschel von Staubblättern erinnern. Auch der Fingerhut hat in seinen Blütenröhren ein Punktmuster, das als Pollenattrappe gedeutet wird (→ Bild 2).



1 Der Staufer Friedrich II. im Purpurmantel



2 Fingerhutblüten mit dunkler Schlundzeichnung

- 1 Nennen Sie Beispiele für die Symbolkraft von Farben.
- 2 Suchen Sie nach Beispielen für den Einsatz von Farben in der Werbung.
- 3 Erstellen Sie eine Liste von traditionellen natürlichen Farbstoffen, die vom Menschen genutzt werden.
- 4 Entwerfen Sie einen Versuch, durch den die Wirksamkeit der Punktmuster in den Fingerhutblüten nachgewiesen werden kann. Welche Bedeutung haben die Pollenattrappen für die Pflanzen?

Pflanzenfarbstoffe

Die Farbenvielfalt der Pflanzen ist auf die in den Zellvakuolen gelösten Pigmente und auf plastidengebundene Farbstoffe zurückzuführen.

Plastiden sind Zellorganellen, die nur in Pflanzenzellen vorkommen. Sie gehen aus Proplastiden hervor oder entstehen durch Teilung. Sie werden von Zelle zu Zelle weitervererbt.

Die fotosynthetisch aktiven Chloroplasten enthalten den grünen Farbstoff Chlorophyll sowie gelbe Carotinoide. Die Chloroplasten der höheren Pflanzen sind sehr ähnlich gebaut: Sie sind linsenförmig abgeflacht, 2 bis 3 µm dick und haben einen Durchmesser von 4 bis 8 µm. Das Chlorophyll findet sich in den Thylakoiden, aus Einstülpungen der inneren Membran hervorgegangene Membransysteme. Man unterscheidet zwischen Chlorophyll a und Chlorophyll b, die im Verhältnis 3:1 auftreten. (→ Bild 1)

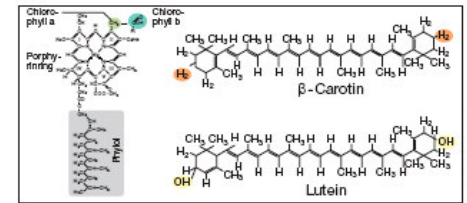
Gelbe Färbungen sind auf Carotinoide in den fotosynthetisch inaktiven Chromoplasten zurückzuführen. Diese haben eine variable Gestalt: rund, oval, spindelförmig oder amöboid veränderlich. In darin eingelagerten Carotinoide können gleichmäßig im Stroma verteilt, in Globuli angereichert oder in kristalliner Form vorhanden sein. Chemisch betrachtet bestehen sie aus langen Kohlenwasserstoffketten, daher sind sie wasserunlöslich. Man unterscheidet zwischen Carotinen, das sind mehrfach ungesättigte Kohlenwasserstoffe, und Xanthophyllen, die zusätzlich Sauerstoff enthalten. (→ Bild 1)

Leukoplasten kommen in gelblich-weißen Blatt- oder Sprossstelen panaschierter Pflanzen vor. Zu den Leukoplasten gehören auch die Amyloplasten, in denen Reservestärke aufgebaut und in Form großer Körner abgelagert wird.

Verschiedene Plastidentypen können ineinander umgewandelt werden. Das zeigt sich z. B. bei der Fruchtreifung von Tomaten.

Viele blaue, rote oder violette Blüten und Früchte enthalten wasserlösliche Anthocyane, deren große Variabilität sich auf ein gemeinsames Grundgerüst, das Flavon, zurückführen lässt. Durch Anlagerung verschiedener Seitenketten ergibt sich eine Vielzahl unterschiedlicher Farbtöne. Man kennt inzwischen mehr als 250 verschiedene Anthocyane, deren Farbe auch vom pH-Wert der Vakuole beeinflusst wird. Einige bilden mit Metallen wie Eisen oder Aluminium Salze aus, die ebenfalls zu Farbabweichungen führen. Diesen Effekt machen sich Pflanzenzüchter durch entsprechende Düngung zunutze. (→ Bild 4)

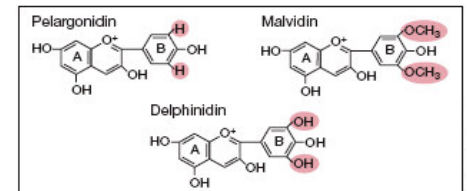
Möchte man die jeweilige Ursache einer Pflanzenfärbung feststellen, lassen sich durch mikroskopische Untersuchungen die Zellstrukturen bestimmen, an die der jeweilige Farbstoff gebunden ist. Zur Unterscheidung und Identifizierung verschiedener Farbstoffe werden diese zunächst chromatographisch voneinander getrennt, danach isoliert und weiter untersucht, z. B. durch Messung des Absorptionsspektrums.



1 Aufbau von Chlorophyll a und b, beta-Carotin und Lutein



2 Papillen des Stiefmütterchens mit Anthocyan und Carotin



3 Anthocyane



4 Hortensien blühen je nach Düngung blau oder rot.

- 1 Informieren Sie sich über die Endosymbiontentheorie.
- 2 Fertigen Sie Blattquerschnitte von Laubblättern an (z. B. von Christrose, Efeu) und untersuchen Sie die Verteilung der Chloroplasten in den verschiedenen Geweben des Blatts unter dem Mikroskop.
- 3 Stellen Sie mithilfe des Mikroskops die Ursachen für die „Blutfärbung“ eines Blatts fest (z. B. bei Blutbuche, Bluthasel).
- 4 Bauen Sie den Feinbau eines Chloroplasten im Modell nach.