

Kapitel 10.03: Pflanzenanatomie und Wasserhaushalt

Freies Lehrbuch der Biologie von H. Hoffmeister und C. Ziegler
(unter GNU Free Documentation License, Version 1.2 (GPL)).

Die jeweils aktuellste Fassung finden Sie unter: <https://hoffmeister.it/index.php/biologiebuch>

Inhalt

Kapitel 10.03: Pflanzenanatomie und Wasserhaushalt..... 1

 Inhalt..... 2

 Einleitung..... 3

 Ein und zweikeimblättrige Pflanzen..... 4

 Anpassung von Pflanzen an den Wuchsort (an das Biotop)..... 4

 Die Wurzel..... 5

 Wasseraufnahme durch die Wurzel im Detail..... 5

 Aufbau eines Laubblattes..... 6

 Ein Laubblatt im mikroskopischen Querschnitt..... 7

 Wie kontrolliert das Blatt den Gasaustausch?..... 8

 Die Vielfalt der Plastiden..... 10

 Der Aufbau der Chloroplasten..... 11

 Die Leitgewebe der Pflanze..... 12

 a) Das Xylem..... 12

 b) Das Phloem (Bastteil)..... 12

 Fotos von Leitbündeln..... 13

 Wassertransport in Stängel und Blatt sowie der Gasaustausch..... 15

 a) Wasseraufnahme in die Wurzel – das Wasserpotential..... 15

 Wasserpotentiale:..... 15

 Das Wasserpotential und das osmotische Potential..... 16

 Anpassungen von Blättern:..... 17

 An feuchten Standorten gilt:..... 17

 An trockenen Standorten gilt oft das Gegenteil:..... 17

 Bilder von Blattquerschnitten..... 18

 Hygrophyten..... 18

 Xerophyten..... 19

 Anpassungen von Pflanzen an unterschiedliche Standorte im Detail..... 20

 Wasserpflanzen (Hydrophyten)..... 20

 Pflanzen auf feuchten Standorten (Hygrophyten)..... 20

 3. Mesophyten (Mittelfeuchtpflanzen)..... 20

 Pflanzen auf trockenen Standorten (Xerophyten)..... 21

Einleitung

In diesem Kapitel wird das Thema Wasserhaushalt und Wasserversorgung der Pflanze behandelt. Gleichzeitig erfährst Du viel über die Anatomie einer Pflanze und die Funktion ihrer drei Organe (Wurzel, Stängel, Blatt). Dieser Aufbau ist entscheidend für die Funktion.

Komm die Pflanze in besonderen Ökosystemen vor, wo z.B. Trockenheit oder hohe Feuchte herrschen, so wird sie besondere Anpassungen an diese abiotischen Faktoren haben.

Gliederung:

- Erster Abschnitt: Anatomie der Pflanze
- Zweiter Abschnitt: Transport von Wasser
- Dritter Abschnitt: Anpassungen der Pflanze
- Vierter Abschnitt: Mineralsalze und ihre Funktionen in Pflanzen (Nährsaze)

Ein und zweikeimblättrige Pflanzen

Man unterscheidet grob zwischen Einkeimblättrigen, monokotyledonen Pflanzen (auch monokotyle Pflanzen genannt) und zweikeimblättrigen, dikotyledonen Pflanzen (dikotyle Pflanzen).

Erstere durchstoßen bei der Keimung den Boden mit nur einem Keimblatt und die anderen (zweikeimblättrigen Pflanzen) mit zwei Keimblättern.

Die zweikeimblättrigen Pflanzen sind später entstanden und stellen eine Weiterentwicklung dar. Dies sieht man auch daran, dass die einkeimblättrigen Pflanzen nur parallele Blattadern haben, während die zweikeimblättrigen Pflanzen netzartige Blattadern haben.

Die meisten Landpflanzen sind zweikeimblättrig. Auch Laubbäume gehören dazu (z.B. Eiche, Ahorn, Birke, Weiden, Linden usw.)

Typische einkeimblättrige Pflanzen sind Zwiebelgewächse, Tulpen, Lillien, alle Gräser wie Mais, Getreide, Bambus usw.

Unterschiede zwischen beiden Typen findet man also beim Blattaufbau aber auch bei Spross- und Wurzelbau.

Anpassung von Pflanzen an den Wuchsort (an das Biotop)

Pflanzen verfügen über Anpassungen an:

- Lichtverhältnisse (z.B. Sonnenblätter (oft in der Baumkrone, sind dicker und haben mehrere Schichten von Palisadengewebe) sowie Schattenblätter, die oft dünner sind.)
- Wasserversorgung
- Temperatur
- den Boden und seine enthaltenen Mineralsalze.

Die Wurzel

Die Wurzel gehört zu den drei Organen der Pflanze (neben Blatt und Stängel (Spross)). Ihr wichtigste Aufgabe ist die Aufnahme von Wasser und gleichzeitig die Aufnahme der im Wasser gelösten Nährsalze. Dazu verfügt die Wurzel über sich ständig erneuernde Haarwurzeln. Diese Wurzelhaare umgeben die Wurzel als weicher Pflaum. Sie sind so dünn, das Wasser problemlos eindringen kann.

Wasseraufnahme durch die Wurzel im Detail

Wurzeln stabilisieren die Pflanze. Dazu verfügen sie über eine Primärwurzel, von der nach außen gerichteten Haarwurzeln abgehen. Diese Haarwurzeln werden innerhalb weniger Tage erneuert. Sie nehmen das Wasser auf.

Wurzeln wachsen nur an der Spitze. Haarwurzeln befindet sich kurz hinter der Wurzelspitze. Da die Wurzel immer weiter in Richtung der Schwerkraft wächst, verschiebt sich die Region der Haarwurzeln (vorne an der Wurzelspitze wachsen also junge Wurzelhaare, während die älteren absterben).

Die Wasseraufnahme verläuft fast ohne Energieaufwand. Durch die Haarwurzeln und die ersten Gewebeschichten geschieht die Aufnahme passiv, also ohne Energieverbrauch (ohne ATP-Verbrauch). Der Trick dabei ist, dass das innere der Wurzel eine höhere Konzentration an gelösten Salzen enthält. Somit dringt das Wasser osmotisch ein.

Je mehr Haarwurzeln vorhanden sind, desto mehr Wasser kann die Pflanze aufnehmen. Topft man Pflanzen um (zum Beispiel einen Apfelbaum aus dem Topf der Gärtnerei auf die Wiese), so muss die Pflanze in der Regel erst neue Haarwurzeln bilden, um zu überleben.

Die Primärwurzel ist wasserundurchdringlichen Außenhaut umgeben, deswegen nimmt sie kein Wasser auf.

Über die Haarwurzeln gelangt nicht nur Wasser in die Pflanze, sondern auch die darin gelösten Mineralsalze. Von den Haarwurzeln aus gelangt das Wasser osmotisch in die Nachbarzellen immer weiter in Richtung des in der Mitte liegenden Zentralzylinders.

Auf dem Weg zum Zentralzylinder muss der Casparische Streifen überwunden werden. Er ist eine Art Schleuse, die verhindert, das bei Trockenheit des Bodens, Wasser osmotisch die Wurzel nach außen verlässt. Der Durchgang durch den casparischen Streifen geht nur durch Verbrauch von ATP. Es ist ein aktiver Vorgang. Im Zentralzylinder vereint sich das aufgenommene Wasser.

Von Zentralzylinder aus steigt das Wasser passiv durch den „Wurzeldruck“ und den Transpirationssog der Blätter nach oben. Die maximale Steighöhe liegt dabei bei ca. 120m.

Bei vielen Bäumen ist im Winter kein Wasser im Stamm, da es beim Gefrieren das Gewebe zerstören würde. Im Frühjahr wird es erneut nach oben transportiert.

Aber die Wurzel hat noch andere Aufgaben:

- Sie speichert Nährstoffe (Photosyntheseprodukte)
- Sie dient bei einigen Pflanzen zur Überwinterung (Tulpen überwintern z.B. in ihrer Zwiebel, welche ein Teil der Wurzel ist. (<https://de.wikipedia.org/wiki/Zwiebel>))
- Sie dient der Befestigung und Verankerung der Pflanze. Gerade bei Bäumen ist dies eine erstaunliche Leistung.
- Sie dienen manchmal der Produktion von Pflanzenhormonen und weiteren Pflanzenstoffen (z.B. der Alkaloide bei Nachtschattengewächsen). Das Alkaloid Nikotin wird von der Tabakpflanze in der Wurzel gebildet.

Zusatzinformationen:

https://de.wikipedia.org/wiki/Casparischer_Streifen

Aufbau eines Laubblattes

Zu den Pflanzenorganen gehören neben den Wurzeln und dem sich anschließenden Spross auch das Blatt. Blätter entstehen aus seitlichen Knoten der Sprossachse (=Nodi).

Blätter können im Vergleich der Arten sehr verschiedene Formen haben und sich auch in den Farben unterscheiden. Auch Nadeln und Dornen gehören zu den Blättern. Ihr wichtigste Aufgabe ist die Durchführung der Photosynthese (Assimilation: Aufbau organischer (und energiereicher) Stoffe durch Lichtenergie) sowie der Zellatmung (Dissimilation: Energiegewinnung durch die Reaktion von Zucker und Sauerstoff zu Wasser und Kohlenstoffdioxid).

Blätter sind nur bei Farnen und höheren Pflanzen zu finden (den sogenannten einkeim- und zweikeimblättrigen Pflanzen). Moose, Algen und Flechten haben keine Blätter. Ihre Strukturen sind den Blättern jedoch ähnlich.

Ein Laubblatt im mikroskopischen Querschnitt

Cuticula (aus wachsartigem Überzug)
Obere Epidermis

Obere Epidermis
Abschlussgewebe, schützt vor dem Austrocknen und gibt Stabilität

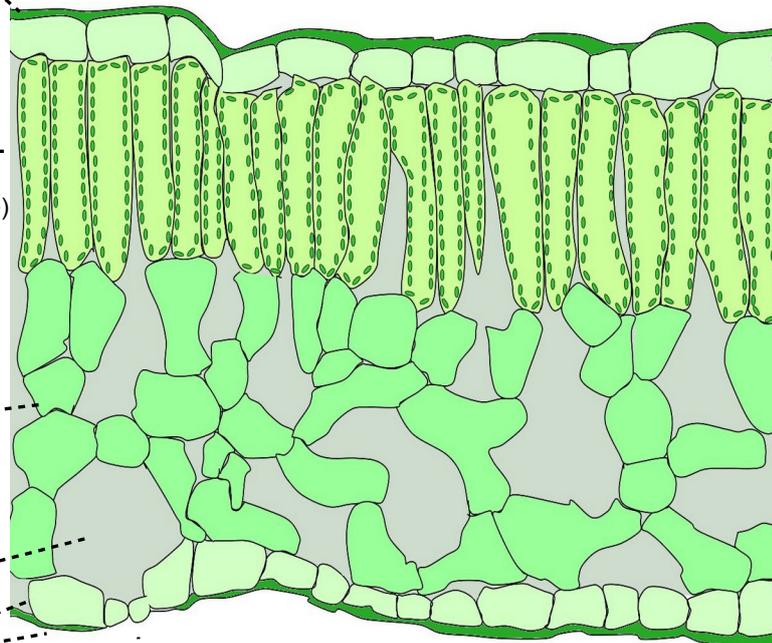
Palisadengewebe
(enthält die meisten Chloroplasten
=> Hauptsächlicher Ort der Photosynthese)

Schwammparenchym
(Ort des Gasaustausch)
Zellen enthalten auch Chloroplasten¹
und auch hier findet Photosynthese statt.

Atemhöhle (=Interzellulare)

untere Epidermis mit Spaltöffnungen

untere Cuticula



Spaltöffnung

Aufgabe der Epidermis:

Die Epidermis ist meistens einlagig und chloroplastenfrei. Die Epidermiszellen sind stark miteinander verzahnt und sind so schon mal eine gute, feste Abschlusschicht des Blattes zu allen Seiten. In Verbindung mit der Cuticula (der aufgelagerten Wachsschicht) sorgt sie für einen möglichst geringen Wasserverlust des Blattes durch Verdunstung. In der Epidermis liegen die Schließzellen. Sie ermöglichen einen kontrollierten Gasaustausch.

Aufgaben der anderen Gewebe:

Im in den Chloroplasten des Palisadengewebes findet vor allem die Photosynthese statt. Es kann ein oder mehrschichtig sein und enthält je nachdem ob ein Schatten- oder Lichtblatt vorliegt, mehr oder weniger Chloroplasten.

Das Schwammgewebe ist in geringerem Maße ebenfalls für die Photosynthese verantwortlich. Die Hauptaufgabe liegt aber vor allem in der Ermöglichung des Gasaustausches durch die Gasdiffusion (auch Wasser liegt übrigens gasförmig, als Wasserdampf vor). Das Schwammparenchym ist durchzogen von Blattadern und Interzellularräumen, welche auch Atemhöhlen genannt werden. Sie stehen oft in Verbindung mit den Spaltöffnungen (=Stomata).

Zusatzinformationen:

https://de.wikipedia.org/wiki/Blatt_%28Pflanze%29

Aufgaben:

1. Ordne die Abschnitte des Blattaufbaus dem Modell zu.
2. Vergleiche das Blatt einer Rotbuche mit dem Blatt einer Seerose. Versuche die Unterschiede als Anpassungen zu erklären.
3. Vergleiche und lerne die „Stomata“ und „Stroma“ zu unterscheiden.

¹ noch nicht eingezeichnet

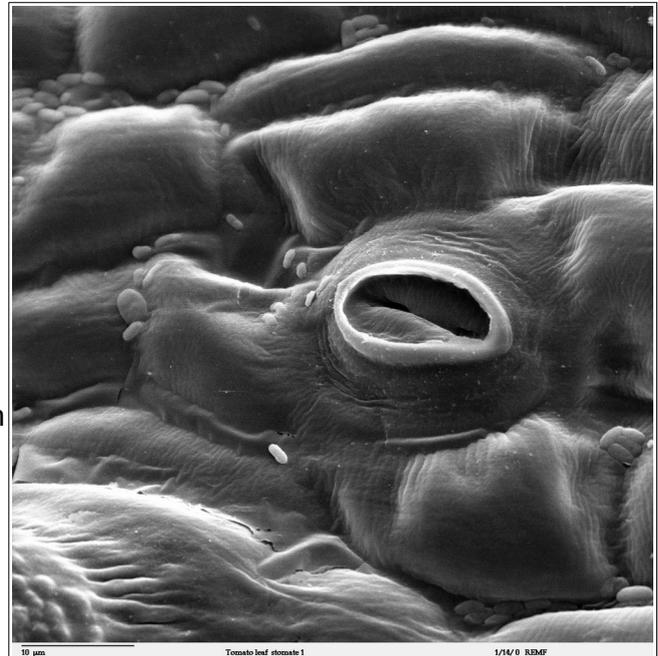
Wie kontrolliert das Blatt den Gasaustausch?

Auf dem Bild siehst Du ein mikroskopisches Bild der unteren Epidermis der Pflanze „Fette Henne“ (=Sedum spectabili).

Schnitt: Ein Blatt über den Zeigefinger legen und mit Daumen und Mittelfinger straff festhalten(a). Mit dem Skalpell vorsichtig ein Quadrat in die Cuticula einritzen und dann mit einer Pinzette die Cuticula vorsichtig abziehen.

Pflanzen haben meist an den Unterseiten² ihrer Blätter winzige Spaltöffnungen (= Stoma), welche durch zwei Schließzellen gebildet werden. Diese regulieren den Ein- und Austritt von Gasen. Gerade die Aufnahme von Kohlenstoffdioxid, aber auch die Abgabe von Sauerstoff sind dabei für die Pflanze sehr wichtig.

Aber, geöffnete Spaltöffnungen haben auch einen Nachteil - den Verlust von Wasser!
Meist ist Wasser im Sommer für Pflanzen Mangelware. Sie müssen also während der heißen Stunden ihre Spaltöffnungen geschlossen halten, um so möglichst wenig Wasser „ungewollt“ zu verdunsten. Nachts oder wenn es kälter ist und die Verdunstung viel geringer ist, öffnen sich die Spaltöffnungen und die Pflanze kann Kohlenstoffdioxid aufnehmen und Sauerstoff abgeben.



Auch bei starkem Wind sind die Spaltöffnungen geschlossen.

Spaltöffnungen sind bei großer Hitze und bei starkem Wind geschlossen.

Statistisches:

- Ein Rotbuchenblatt hat 20 - 30000 Spaltöffnungen.
- Ein großes Sonnenblumenblatt enthält ca. 13 Millionen Spaltöffnungen.
- Durch Spaltöffnungen tritt CO₂ ein (gewünscht), O₂ aus (gewünscht) und es findet ebenfalls eine verstärkte Wasserverdunstung statt (unerwünscht).
- Eine Buche verliert so mehr als 50 Liter Wasser am Tag, eine Birke durch ihre hohe Anzahl an kleinen Blättern sogar bis zu 70 Liter
- Je trockener und windiger dabei das Klima ist, desto stärker steigt die Wasserverdunstung zusätzlich an (bis zum 5fachen!).
- Eine Rotbuche benötigt beispielsweise ca. 10 000 Liter Wasser pro Jahr. 98% davon gehen durch die unerwünschte Verdunstung verloren.
- Ein Nebeneffekt der starken Wasserverdunstung von Bäumen ist das Entstehen von Verdunstungskälte. Diese kennst Du bereits, wenn Du mit nassen Haaren oder nassem Körper im Freibad bist und eine Windböe kommt. Diese Verdunstungskälte sorgt im Sommer für etwas kühlere Luft in Wäldern.

Spaltöffnungen sind in der Regel auf der Blattunterseite, da dort die Gefahr des Wasserverlustes durch Windverdunstung und Sonneneinstrahlung etwas geringer ist. Schwimmende Seepflanzen hingegen haben die Spaltöffnungen an der Blattoberseite, Gräser haben sie auf beiden Seiten.

2 Quelle Bild: Public Domain, <https://remf.dartmouth.edu/images/botanicalLeafSEM/source/16.html>, Louisa Howard

Zusatzinformationen:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Spaltöffnungen>

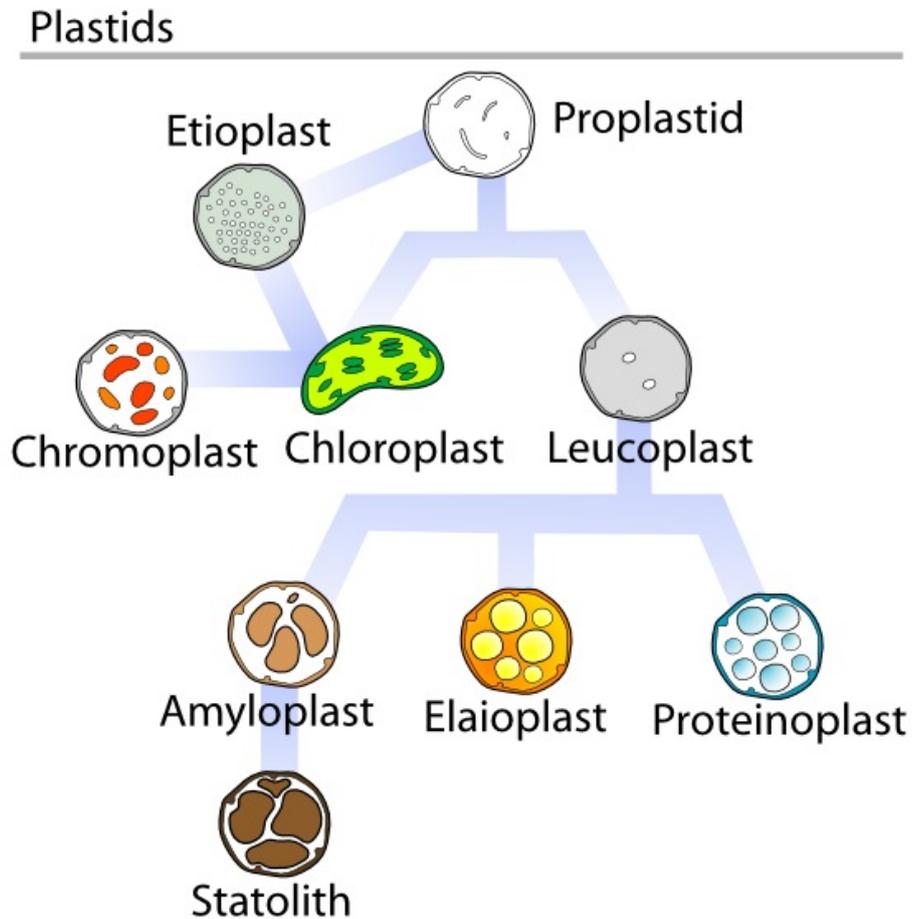
Aufgaben:

1. Nenne die Aufgaben der Spaltöffnungen.
2. Welche Gründe rechtfertigen, dass sich Spaltöffnungen an der Blattunterseite von Blättern befinden?

Die Vielfalt der Plastiden

Die bekanntesten Plastiden sind in Pflanzenzellen die grünen Chloroplasten. Einige kennen vielleicht auch die bei der Herbstfärbung wichtigen Chromoplasten. Ihre Namen leiten sich vom Griechischen „Chloros“ (blassgrün) und „Chromos“ (farbig) ab.

Aber es gibt noch weitere Plastiden:



Quelle Bild: Public domain by Wikicommonsuser Ladyof Hats (Marina Ruiz) - thank you!
https://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Plastids_types.svg

Leucoplasten sind für die Speicherung zuständig. Leukos (weiß) ist ebenfalls Griechisch. Sie können z.B. Stärke oder Proteine speichern.

Der Aufbau der Chloroplasten

Ähnlich wie Mitochondrien sind Chloroplasten nur in pflanzlichen Eucyten/ Eucaryoten zu finden. Sie sind für die Photosynthese verantwortlich. Sie besitzen eine eigene DNA und eine äußere und eine innere, weitläufige Membran. Der Innenraum des Chloroplasten und sein Plasma wird Stroma (= Matrix) genannt.

Im Stroma findet man die weitläufige flache innere Doppelmembran, welche von der inneren Membran stammt. Sie wird auch als Thylakoid bezeichnet. Direkt in der Lipiddoppelschicht dieser Thylakoidmembran befinden sich die Chlorophyllmoleküle (z.B. Chlorophyll a und Chlorophyll b), welche jeweils aus einem aromatischen **Chlorinmolekül** (vereinfacht auch oft Porphin genannt) mit einem **zentralen Magnesiumatom** besteht. Daran angelagert ist ein umfangreiches integrales Protein, welches das ganze in der Membran fixiert.

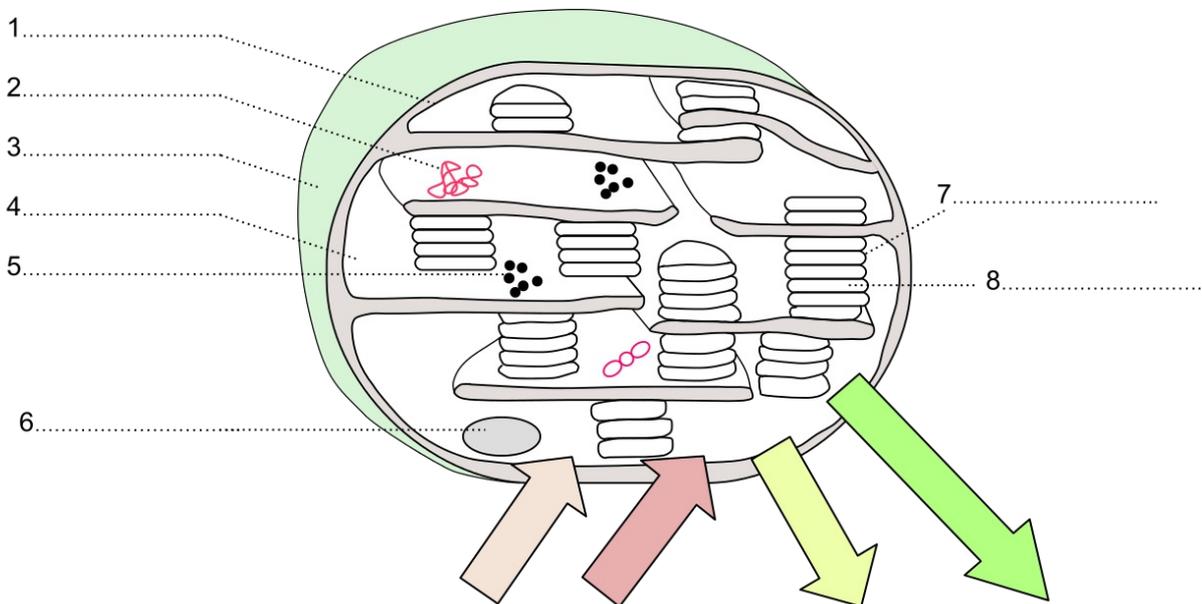
Weiterhin findet man in der Thylakoidmembran des Stromas auch den orangen Farbstoff Carotin. Einzelne Thylakoide nennt man Stromathylakoide, da sie frei im Stroma sind. Oft sind die Thylakoide allerdings in flache, runde Stapel übereinander gelegt (so wie Stapel aus Münzen oder Pfannkuchen). Solche Thylakoidstapel nennt man Grana bzw. Granathylakiodstapel. Das Plasma des Chloroplasten selbst ist chlorophyllfrei.

Die Thylakoidmembran (v.a. der Grana) enthält sehr viel Chlorophyllmoleküle und besteht somit zur Hälfte aus deren Proteinen und vielen anderen Proteinen. Dies ist der Hauptort der Photosynthese, da diese zum Ablauf besonders viele Enzyme benötigt.

Dazu wird von Chlorophyll Licht absorbiert (v.a. im Bereich der energiereichen Wellenlängen) und die so aufgenommene Energie wird in mehreren Einzelschritten zur Produktion von ATP (aus ADP und Phosphat) genutzt. ATP wiederum kann zum Beispiel zum Aufbau von Glucose bzw. Stärke aus CO₂ und H₂O genutzt werden.

Im Stroma findet die Bildung und Lagerung der bei der Photosynthese gebildeten Stärke statt.

Ordne die folgenden Begriffe zu: Stroma (=Matrix), äußere Chloroplastenmembran, Thylakoidmembran, Grana, ringförmige DNA, Ribosomen, Stärkekorner, Lumen (Graninnenraum)



Die Photosynthese: Licht + + → +

Zusatzinformationen

<https://de.wikipedia.org/wiki/Chloroplast>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Chlorophyll>

Die Leitgewebe der Pflanze

Als Leitbündel bezeichnet man die flüssigkeitstransportierenden Gefäße in höheren Pflanzen (also in Moose, Farne, einkeimblättrige und zweikeimblättrige Pflanzen). Sie transportieren Wasser von unten nach oben und Photosyntheseprodukte von oben nach unten.

Man unterscheidet zwischen dem **Xylem** für den Wassertransport, welches sich im Leitbündel weiter innen befindet und dem **Phloem**, außen, für den Photosyntheseprodukttransport. Dazwischen befindet sich bei vielen Pflanzen das Bildungsgewebe, welches neue Leitbündel erzeugt. Es wird Kambium genannt.

a) Das Xylem

Das Xylem (griech.: xylos Holz) wird aufgrund seiner Festigkeit auch manchmal als Holzteil der Leitgewebe bezeichnet. Es besteht aus drei Geweben (Tracheen und Tracheiden und Sklerenchymfasern), welche Wasser transportieren.

Tracheiden: lang gestreckte einzelne Zellen mit dicken Wänden, die untereinander verbunden sind. Allerdings sind die Querwände zwischen zwei Zellen nicht vollständig aufgelöst. Sie enthalten noch ein dünnes Gewebe mit Tüpfeln zur Verbindung.

Tracheen: Gefäßglieder mit Poren an den Zellenden, bilden eine durchgehende Röhre.

Sklerenchymfasern: spezialisierte Tracheiden mit stark verdickten und verholzten Wänden, leiten kaum Wasser, dienen eher der mechanischen Stabilität.

Bei ausgewachsenen Pflanzen sind die Xylemgewebe abgestorben. Erst so können sie ihre Funktion, den Wasser und Mineralsalztransport, richtig erfüllen.

b) Das Phloem (Bastteil)

Mit dem Phloem werden die Produkte der Photosynthese, die sogenannten Assimilate in Richtung Wurzel aktiv (also unter Energieverbrauch) transportiert. Phloemzellen leben also noch! Es teilt sich auf in drei Gewebetypen: mit Siebzellen, Siebröhren und Geleitzellen.

Zusatzinformationen

<https://de.wikipedia.org/wiki/Leitbündel>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Xylem>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Phloem>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Kambium>

Guter Artikel:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Sprossachse> (Metamorphosen und Wasserspeicherung beachten)

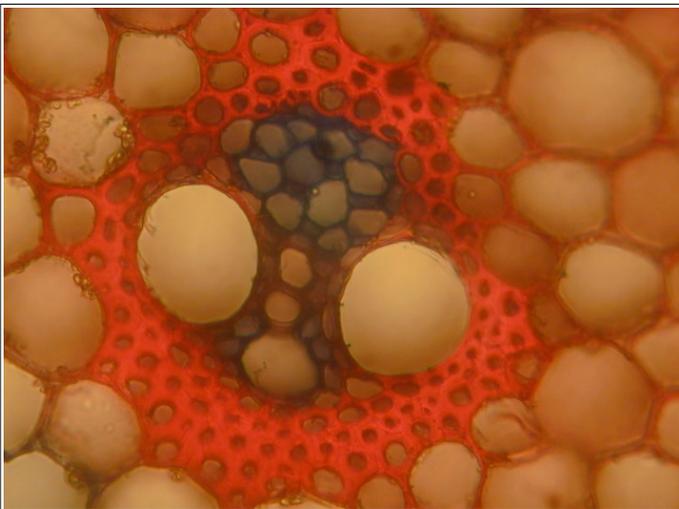
Fotos von Leitbündeln

Leitbündel (Gartenkürbis) im Querschnitt:



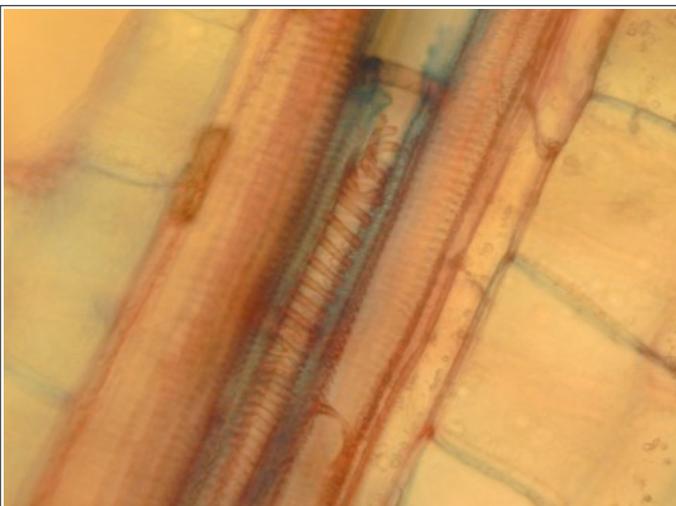
Quelle Bild: Public Domain: Bilkollaterales Leitbündel cucurbita pepo (von Wikipediawer Bamading) - Danke

Leitbündel (Mais) im Querschnitt:



Quelle Bild: Public Domain: Leitbündel zea mays (von Wikipediawer Bamading) - Danke

Leitbündel (Mais) im Längsschnitt:

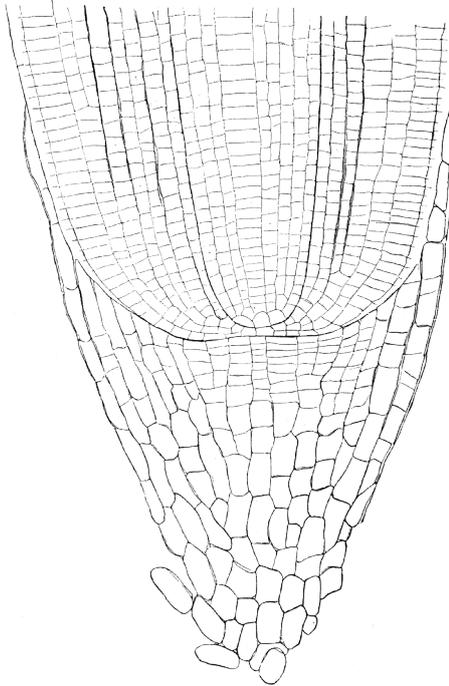


Quelle Bild: Public Domain: Längsschnitt Leitbündel zea mays (von Wikipediawer Martin Badicke) - Danke

Wassertransport in Stängel und Blatt sowie der Gasaustausch

Zum Ablaufen der Photosynthese ist Wasser notwendig. Dies muss von den Wurzeln in die Blätter gelangen. Dazu muss es gegen die Schwerkraft nach oben transportiert werden.

a) Wasseraufnahme in die Wurzel – das Wasserpotential



Wasser gelangt durch Osmose aufgrund des Konzentrationsunterschiedes zwischen dem Zellplasma der Wurzelzellen der feinen Wurzelhaare und dem Boden in die Wurzel. Die Wurzelzellen haben dabei eine abgestufte Konzentration in ihren Wurzeln, sodass Wasser nach und nach in das Innere der Wurzel diffundiert. Kurz vor den Leitgeweben gibt es eine Barriere, den Casparischen Streifen. An dieser Stelle wird etwas Energie für den aktiven Wassertransport benötigt. Von dort gelangt es dann in die Wasser-Leitgewebe (=Xylem).

Die Fähigkeit Wasser dem Boden zu entnehmen nennt man auch Wasserpotential (Ψ_w). Die Maßeinheit ist Megapascal (MPa). Es hat ein negatives Vorzeichen.

Wasserpotentiale:

Wurzeln der meisten Pflanzen: -1/10 bis -3/10 MPa

Hygrophyten: bis zu -1 MPa

Mesophyten: bis zu -4 MPa

Xerophyten: bis zu -6 MPa

Bäume benötigen aufgrund ihrer Höhe -2 bis -4 MPa.

Quelle Bild: Public Domain von Wikipediauser Griensteidl & Strasburger, Noll, Schenck, Schimper: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. 4. Auflage, Gustav Fischer, Jena 1900 - Thank you: https://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Root_Tip_Anatomy.png

Pflanzen nehmen passiv Wasser auf, solange das Wasserpotential geringer als das des Bodens ist.

Die Wasseraufnahme:
$$W_a = \frac{\Psi_{\text{Boden}} - \Psi_{\text{Wurzel}}}{\Sigma r}$$

Σr = Transferwiderstand des Wassers im Boden

$\Psi_{\text{Boden}} - \Psi_{\text{Wurzel}}$ = Potentialunterschied ψ zwischen Wurzel und Boden

Ψ = psi im griechischen Alphabet!

Das Wasserpotential und das osmotische Potential

Unter dem Begriff Wasserpotential versteht man die (Physiker bitte schnell die Augen schließen) „Arbeit“ bzw. den „Druck“, den eine Pflanze aufbringen muss, um Wasser aus dem Boden aufzunehmen. Im Grunde liegt dabei ein Verteilungspotential, im Sinne eines osmotischen Potentials vor. Das Wasser fließt dabei von einem höheren zum niedrigerem Potential, das heißt vom Ort hohen Wasser-„Konzentration“ zum Ort der geringen.

Das Wasserpotential Ψ_w ist die Summe aus Matrixpotential Ψ_m und osmotischem Potential Ψ_o (das Gaspotential Ψ_g wird in der Regel nicht berücksichtigt).

$$\Psi_w = \Psi_m + \Psi_o (+ \Psi_g)$$

Unter dem Matrixpotential (Ψ_m), welches auch Kapillarpotential genannt wird, versteht man alle Kräfte, mit denen Wasser vom Bodengefüge „festgehalten“ wird. Je feinkörniger dabei ein Boden strukturiert ist, desto größer ist verständlicherweise sein Matrixpotential.

Trocknet nun ein Boden langsam aus, so steigt das Matrixpotential in diesem Boden an, bis nur noch das nicht mobilisierbare und nicht nutzbare „Totwasser“ in den feinsten Bodenporen vorhanden ist.

Das Matrixpotential wird, wie alle Wasserpotentiale, meist als Druck mit einem negativem Vorzeichen angegeben. Lässt man das Vorzeichen weg, entspricht es der Bodenwasserspannung.

Das osmotische Potential (Ψ_o), welches auch Lösungspotential genannt wird, ist demzufolge der Druck (bzw. die Arbeit), welche aufgebracht werden muss, um eine bestimmte Menge Wasser durch eine selektivpermeable Membran aus dem Boden aufzunehmen.

Die im Boden gelösten Salze und die Wassermenge des Bodens haben darauf einen starken Einfluss. Je mehr Wasser vorhanden ist (z.B. nach einem Regenfall) und je salzärmer ein Boden ist, desto geringer ist es.

Zusatzinformationen

<https://de.wikipedia.org/wiki/WasserPotential>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Osmose>

https://de.wikipedia.org/wiki/Wasserhaushalt_der_Pflanzen

Anpassungen von Blättern:

Die am stärksten wirkenden abiotischen Faktoren für Pflanzen sind die zur Verfügung stehende Wassermenge und Temperatur. Beide Faktoren bedingen sich auch gegenseitig, da bei hoher Temperatur die Verdunstung des bereits mühsam aus dem trockenen Boden genommene Wasser zusätzlich stärker durch die Blätter verdunstet.

Grob kann man deswegen die Pflanzen in Gruppen einteilen:

- Hydrophyten (Wasserpflanzen) sind teilweise (z.B. Seerose) oder ganz untergetaucht (z. B. Wasserpest).
- Hygrophyten (Feuchtpflanzen) wachsen auf feuchten Böden und in der Regel an schattigen Standorten. Sie verfügen über ausreichend Wasser-Leitgewebe (z. B. Pflanzen im tropischen Regenwald).
- Mesophyten (Mittelfeuchtpflanzen), Pflanzen auf mittelfeuchten Standorten, gelegentlich im Sommer etwas trocken (das sind die meisten Pflanzen in Deutschland)
- Xerophyten (Trockenpflanzen) wachsen in Gebieten mit zeitweiliger Trockenheit (viele Nadelbäume, Oleander, Kakteen).

An feuchten Standorten gilt:

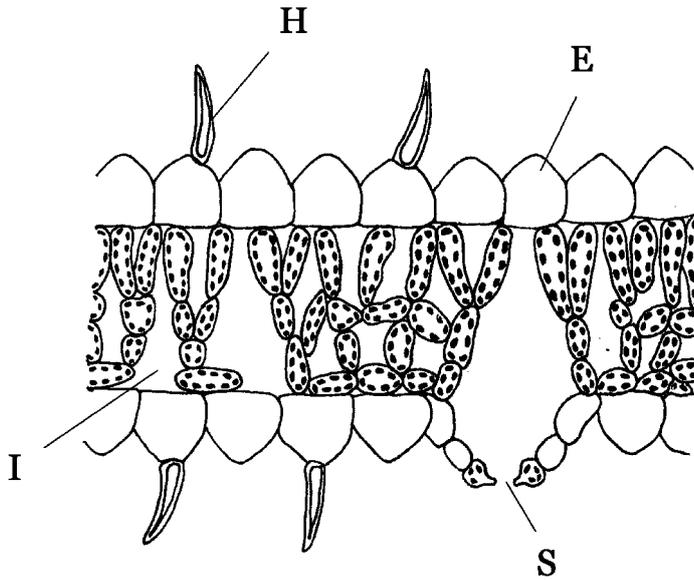
- Pflanzen haben oft keine oder nur eine dünne Cutikula. Demzufolge sehen die Blätter auch nicht glänzend oder wachsartig aus.
- Blätter sind in der Regel unbehaart.
- Blätter haben eine große Blattoberfläche (=> viel Licht wird zur Photosynthese aufgefangen, Verdunstungsverluste durch die große Oberfläche spielen kaum eine Rolle).
- Die meisten Pflanzen haben an diesen Standorten zarte und dünne Blätter.
- Die Epidermis ist oft dünn, da eine isolierende und vor Verdunstung schützende Schicht nicht notwendig ist. Wasser steht ja ausreichend zur Verfügung.
- Die Unterseite der Blätter hat meist sehr viele Spaltöffnungen, da der Verlust von Wasser durch Spaltöffnungen vernachlässigt werden kann.

An trockenen Standorten gilt oft das Gegenteil:

- Dicke und wachsartige Cutikula: so finde eine Isolierung des Blattes statt. Dadurch sind die Blätter oft glänzend.
- Blätter sind dick und robust (welken auch bei Wassermangel nicht schnell).
- Blätter sind behaart (die Härchen schützen vor Verdunstung durch den Wind).
- Blätter haben in der Regel nur kleine Blattoberflächen (im Extremfall bis hin zur Nadelbildung).
- Blätter sind manchmal zu Blattdornen umgewandelt.
- Blätter haben wenige und oft vertieft liegende Spaltöffnungen.

Bilder von Blattquerschnitten

Hygrophyten

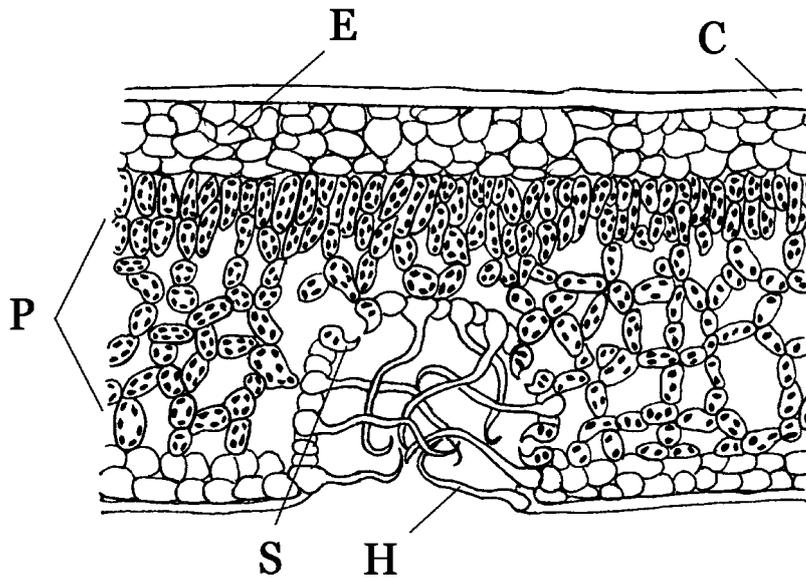


Quelle Bild: [Creative-Commons-Lizenz „Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 nicht portiert & r GNU-Lizenz für freie Dokumentation](#), Version 1.2 by Wikicommonsuser BgqhrsnoG - Thank you; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hygrophyten_-_Blattanatomie.png

Legende:

- E - gewölbte Epidermis (vaulted epidermis)
- S - herausgehobene Spaltöffnung (external stoma)
- I - große Interzellulare (spacious intercellulars)
- H - lebende epidermale Blatthaare (living epidermal hairs)

Xerophyten



Quelle Bild: [Creative-Commons-Lizenz „Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 nicht portiert & r GNU-Lizenz für freie Dokumentation](#), Version 1.2 by Wikicommonsuser BgqhrsnoG - Thank you; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Xerophyten_-_Blattanatomie.png

Legende:

- C - dicke Cuticula (thick cuticula)
- E - mehrschichtige Epidermis (multi-layered epidermis)
- H - tote, epidermale Blatthaare (dead epidermal hairs)
- P - mehrschichtige Palisaden- und Schwammgewebe (multi-layered palisade and spongy parenchyma)
- S - eingesenkte Spaltöffnungen (internal stomata)

Anpassungen von Pflanzen an unterschiedliche Standorte im Detail

Wasserpflanzen (Hydrophyten)

- Zu finden im Uferbereich von Seen, einigen Flüssen (ab Mittellauf bis Unterlauf) sowie im Tauchpflanzengürtel stehender Gewässer.
- z.B. Seerose
- Keine Kutikula, wenige Leitbündel, Luftkanäle, große Schwimmblätter; zarte Blätter, große Interzellularen.
- Schwaches bis fehlendes Wurzelsystem. Wenn vorhanden, dient es nur der Verankerung.
- Wenige (oder gar keine) Spaltöffnungen. Wenn Spaltöffnungen vorhanden sind (wie bei der Seerose), dann sind sie logischerweise auf der Blattoberseite (unter dem Blatt ist keine Luft!).
- Wasser und Nährsalze werden über die gesamte Pflanzenoberfläche aufgenommen.

Pflanzen auf feuchten Standorten (Hygrophyten)

- Wachstum an Orten mit sehr viel Niederschlag, nassen Böden, feuchter Luft (z.B. Tropenwälder). Wassermangel ist selten.
- z.B. Ruellia
- Oft Standorte mit hoher Luftfeuchtigkeit => Wurzeln müssen nicht viel Wasser aufnehmen => manchmal Nährsalzmangel!
- Der Wurzeldruck kann zur Ausscheidung von Wasser über die Blätter führen (Guttationstropfen) Die Pflanze nimmt so dann insgesamt mehr Wasser über die Wurzeln auf, was dafür sorgt, dass quantitativ mehr Nährsalze aufgenommen werden(=> mehr Mineralsalze).
- große, zarte Blätter, viele Stomata, dünne Epidermis, dünne Kutikula und zahlreiche aus dem Blatt herausragende Spaltöffnungen. Diese hinausstehenden Spaltöffnungen fördern die Transpiration, so dass mehr Wasser aus der Wurzel aufgenommen wird (=> mehr Mineralsalze)
- zarte hohle Stängel, zarte weite Gefäße, wenige Leitbündel.
- schwaches Wurzelsystem, niedrige osmotische Werte.
- Bei Wassermangel sterben diese Pflanzen schnell ab.

3. Mesophyten (Mittelfeuchtpflanzen)

- Pflanzen auf mittelfeuchten Standorten, gelegentlich im Sommer etwas trocken, periodisch trockene oder winterkalte Standorte.
- z.B. Hainbuche
- Weiche Blätter, Blattabwurf in kalten Trockenzeit (Winter).
- Spaltöffnungen an der Blattunterseite
- Stark ausgebildetes Wurzelsystem zur Wasseraufnahme und gelegentlich als Speicher- sowie Überwinterungsorgan.
- Bäume mit verdickter Rinde, starke Leitbündel

Pflanzen auf trockenen Standorten (Xerophyten)

- Wuchsort in sehr trockenen Gebieten, Wüste, Steppe, Trockenrasen. Diese Standorte sind oft sehr sonning, deswegen haben die Pflanzen viel Licht für die Photosynthese zur Verfügung.
- Dicke Kutikula und dicke mehrschichtige Epidermis => Reduktion Verdunstung
- Oft sehr kleine, harte Blätter (oder Blättchen) oder Blattabwurf, viele, bei Wind und Trockenheit schnell verschließbare Spaltöffnungen. Zurückrollen der Blattränder oft möglich!
- Die Spaltöffnungen sind oft in einen Vorhof eingesenkt, sodass der Wind nicht direkt darüber wehen kann. Dies schützt vor zusätzlicher Verdunstung.
- starke gut ausgeprägte Leitbündel
- sehr gut ausgebildetes Wurzelsystem, hohe osmotische Werte