

# Transpiration

Transpiration ist die **Abgabe von Wasserdampf** im Zuge der Photosynthese-Prozesse hauptsächlich über das Blatt. Es werden zwar auch geringe Mengen über Früchte und Triebe abgegeben, der Großteil des regulierten Wasserhaushaltes erfolgt aber über das Blatt.

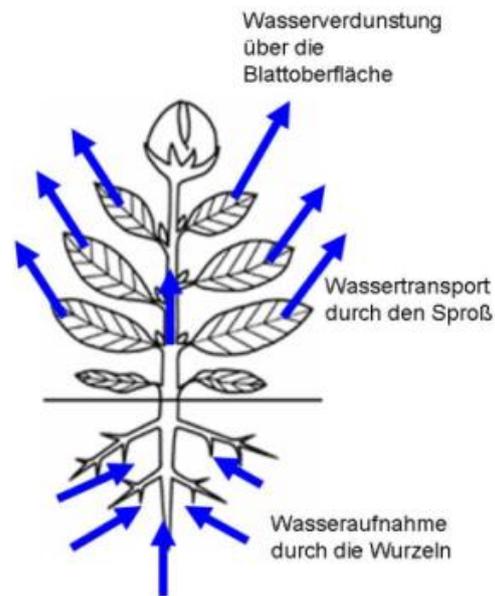
Hier gibt es grundsätzlich 2 Möglichkeiten:

- über die **Stomata** in der **Epidermis**
- über die **Kutikula**

Beim Apfel beispielsweise ist die Kutikula so stark ausgebildet, dass die Wasserdampfabgabe über die Kutikula vernachlässigbar klein ist. Die größten Mengen werden hier also über die Stomata abgegeben.

Die Transpiration ist wesentlich für:

- Wassertransport von der Wurzel in den Sproß
- Nährstofftransport von der Wurzel in den Sproß
- Kühlung der Blätter

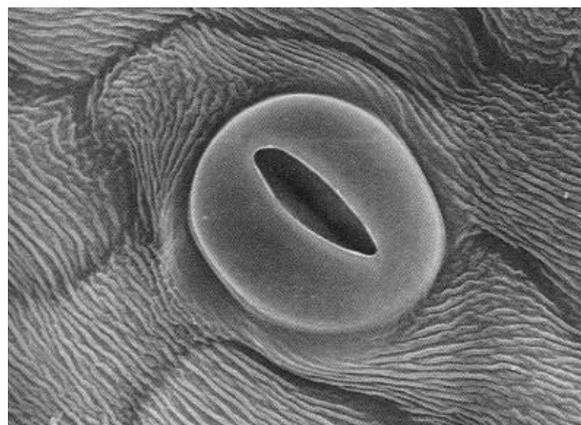


*Transpiration bedeutet Abgabe von Wasserdampf über die Blattoberfläche.*

## Stomatäre Transpiration

Durch die **Stomata** (Schließzellen) in der Epidermis findet nicht nur Gasaustausch, sondern auch Verdunstung (Evaporation) statt. Durch diese Verdunstung entsteht ein Sog, der Wasser und im Wasser gelöste Nährstoffe von den Wurzeln bis in die Blätter zieht. Durch die Verdunstung werden die Blätter gleichzeitig gekühlt, was sie bei starker Sonneneinstrahlung vor Überhitzung schützt.

Die Stomata machen nur 1-2% der gesamten Blattoberfläche aus. Man hat herausgefunden, dass viele kleine Öffnungen bei gleicher Oberfläche mehr Wasser verdunsten als eine große. Über die Stomata werden ca. **90% des Wassers** von den Blättern abgegeben.



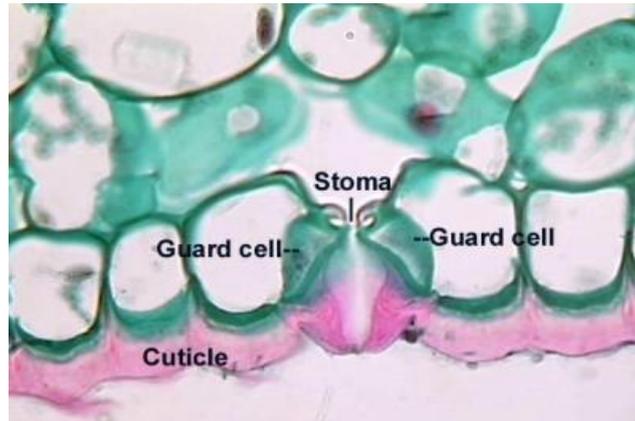
*Über die Stomata (Spaltöffnungen mit Schließzellen) wird 90% des Wassers von den Pflanzen verdunstet.*

Quelle: <http://www.atmos.albany.edu>

## Kutikuläre Transpiration

Die kutikuläre Transpiration bezeichnet die Wasserabgabe (Evaporation) über die gesamte Blattoberfläche.

Nur **10% der gesamten Verdunstung** erfolgt über die **Kutikula**. Die Kutikula ist eine Schutzschicht, die das Blatt vor zu starker Wasserabgabe schützen soll. Daher wird der Großteil des Wassers über die Stomata abgegeben, die die abgegebene Wassermenge besser regulierbar machen.



*Die gesamte Blattoberfläche ist vor zu starker Verdunstung durch die Kutikula (rosa eingefärbt) geschützt.*

*Quelle: <http://old.mendelu.cz>*

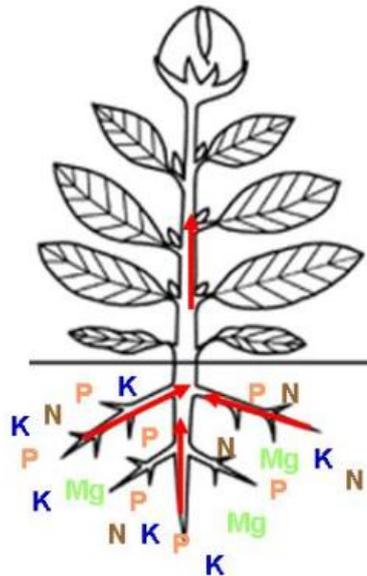
## Nährstoffversorgung

Für alle Entwicklungsprozesse in der Pflanze sind zahlreiche Nährstoffe erforderlich, die in ausreichendem Maß vorhanden sein müssen. Keines dieser Elemente ist durch ein anderes ersatzbar, ein jedes muss für die Entwicklung vorhanden und für die Pflanze verfügbar sein. Unterteilt werden die Nährstoffe nach ihrem Bedarf in **Hauptnährstoffe**

- Stickstoff (N)
- Phosphor (P)
- Kalium (K)
- Magnesium (Mg) und
- Calcium (Ca)

und **Spurenelemente**

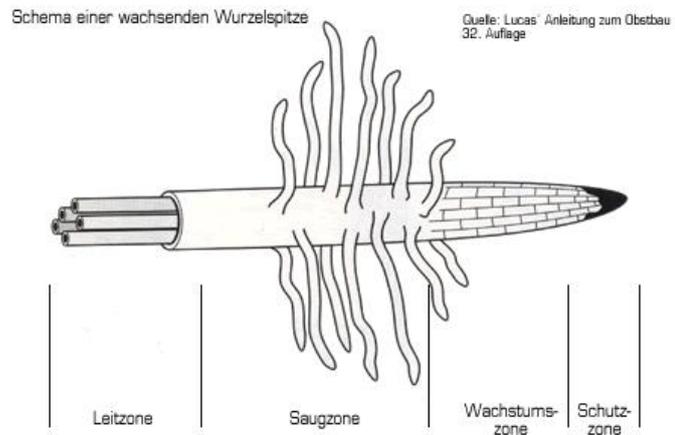
- Eisen (Fe)
- Mangan (Mn)
- Zink (Zn)
- Kupfer (Cu)
- Bor (B) und
- Molybdän (Mo).



*Die Nährstoffe werden aus der Bodenlösung über die Wurzel in die Pflanze aufgenommen.*

## Aufnahme über die Wurzel

Im Boden liegen die Nährstoffe gelöst in der Bodenlösung als Ionen vor. Die Wurzel nimmt mit dem Wasser im Boden, die im Wasser gelösten Nährstoffe auf und versorgt so die Pflanze mit den unentbehrlichen Nährstoffen. Ist ein Nährstoff in zu großen Mengen im Boden vorhanden, wird er im Überfluss in die Pflanze aufgenommen (**Luxuskonsum**). Die mengenmäßige Nährstoffaufnahme der Pflanze hängt von der Leistung der Wurzelatmung ab. Liegt im Boden ein günstiges Luft/Wasser-Verhältnis bei warmen Temperaturen vor, ist die Nährstoffaufnahme begünstigt.



*Durch die feinen Wurzelhaare in der Saugzone der Wurzel werden die Nährstoffe aus den Bodenpartikeln aufgenommen.*

Die **Wurzelhaarzone** der Wurzel (Saugzone) bildet viele feine Wurzelhaare aus, die sich um die Bodenpartikel legen und Wasser und Nährstoffe aufnehmen. Diese Saugzone kommt gleich im Anschluss an die Wachstumszone. Beim Vordringen der Wurzel im Boden kommen laufend frische Wurzelhaare in Kontakt mit neuen Bodenpartikeln, weil laufend in dem Maße Wurzelhaare gebildet werden, wie sie im hinteren Teil absterben.

## Aufnahme über das Blatt

Durch die **Kutikula** ist die Nährstoffaufnahme über das Blatt stark eingeschränkt. Durch **hydrophile** Feinporen können allerdings einfache Zucker sowie Mineralstoffe und Wasser die Kutikula passieren. Besonders häufig treten solche Poren in Zellwänden von Schließzellen auf, weshalb häufig ein Zusammenhang zwischen Anzahl der **Stomata** und Nährstoffaufnahme festgestellt werden konnte.

Die Aufnahmerate ist im Vergleich zur Nährstoffaufnahme über die Wurzel deutlich geringer.



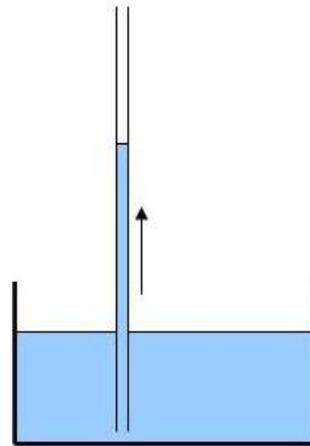
*Über die Feinporen in der Blattoberfläche können Nährstoffe in die Pflanze aufgenommen werden.*

## Transport der Nährstoffe

Nach der Aufnahme der Nährstoffe ins Innere der Pflanze müssen diese weitertransportiert werden.

Die aufgenommenen Nährstoffe liegen in der Pflanze entweder in Form von Ionen oder als organische Substanzen vor. Der Transport dieser im Wasser gelösten Nährstoffe erfolgt in den Tracheen und Tracheiden des Xylems.

Im Transpirationsstrom werden diese durch die Gefäße des Xylems nach oben transportiert. Da die Gefäße sehr eng sind, kann die Wassersäule bis zu 80 cm durch die Kapillarkräfte nach oben steigen. Der Transpirationssog entsteht durch das Verdunsten von Wasser über die Blätter (siehe Transpiration). Dadurch entsteht eine zusammenhängende, bis zu den Wurzeln reichende Wassersäule in der Pflanze, die ein Heben des Wassers bis in eine Höhe von 120 Metern ermöglicht.



*Durch die Kapillarkraft wird das Wasser in den engen Röhren des Xylems nach oben transportiert.*

## Assimilation

Bei der Assimilation handelt es sich um die Umwandlung von körperfremden Stoffen in körpereigene Substanzen.

Bei den Pflanzen spricht man von photoautotrophen Organismen.

- **Autotrophe** Organismen stellen aus Kohlendioxid durch Zufuhr von Energie und mit Hilfe eines Reduktionsmittels energiereiche, einfache organische Stoffe her, die im weiteren Stoffwechsel zu komplexeren Molekülen umgewandelt werden.
- **Phototrophe** Organismen nutzen als Energiequelle das Sonnenlicht.

Der zugrundeliegende Prozeß wird als **Photosynthese** bezeichnet. Dabei werden also aus dem Kohlendioxid der Luft unter Lichteinfluß und Wasser als Reduktionsmittel in der Pflanze zu einfachen Zuckern (Glucose) und Sauerstoff umgewandelt.



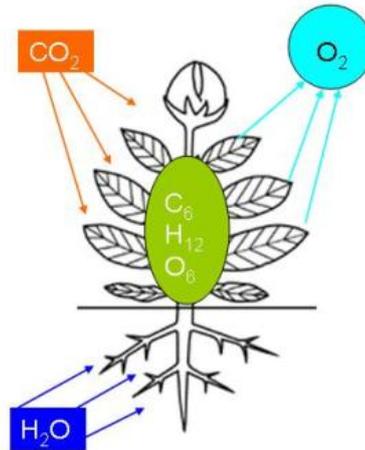
*In den Blättern der Pflanzen finden die Prozesse der Photosynthese statt.*

# Photosynthese

Bei der Photosynthese spielt Licht die entscheidende Rolle. Unter Aufwendung der Lichtenergie, die mit Hilfe lichtabsorbierender Farbstoffe, dem so genannten Chlorophyll aufgenommen werden, wird das Kohlendioxid aus der Luft unter Reduktion des Wassers zu molekularem Sauerstoff, in Glucose umgewandelt. Bei diesem Prozess werden Wellenlängen zwischen **400 und 700 nm** ausgenutzt.

Die **einzelnen Schritte bei der Photosynthese** sind:

- Auffangen der Lichtenergie in den Chloroplasten
- Leiten der Lichtteilchen (Photonen) mit Hilfe von Chlorophyll und Carotinoiden zu speziellen Chlorophyll-a-Molekülen, die aktiviert werden und energiereiche Elektronen für weitere Prozesse zur Verfügung stellen.
- Spalten von Wasser sowie Freisetzen energiereicherer Elektronen und Sauerstoff
- Elektronentransfer zur Bildung von chemischer Energie in Form von Energieträgern.
- Verwendung der chemischen Energie und der reduzierenden Kraft, um Kohlendioxid in Phosphoglycerinsäure und Phosphoglycerinaldehyd zu reduzieren
- Synthese komplexer Kohlenhydrate



*Bei der Photosynthese wird Kohlendioxid und Wasser zu Zucker und Sauerstoff umgewandelt.*

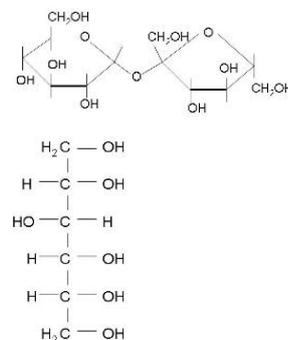
Die **Glucose** dient in der Pflanze sowohl direkt als Energielieferant als auch für den Aufbau von Bau- und Reservestoffen.

## Transport und Verteilung der Assimilate

Die gebildeten Kohlenhydrate werden zum größten Teil in das Cytoplasma verlagert. Dort werden mit Hilfe von Enzymen so genannte "**Transportzucker**" (Saccharose und Sorbitol) synthetisiert.

Grundsätzlich unterscheidet man **2 Arten von Transport** der Kohlenhydratverbindungen:

- Kurzstreckentransport innerhalb der Zelle
- Langstreckentransport zwischen den Produktionsorten und den Speicherorganen



*Die so genannten Transportzucker **Saccharose** (links) und **Sorbitol** (rechts).*

## Kurzstreckentransport

Der intrazelluläre Kurzstreckentransport kann im Symplasten und im Apoplasten stattfinden.

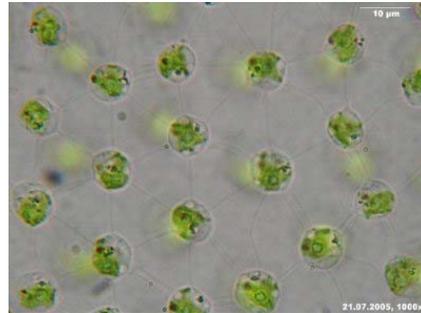
### Symplastischer Transport:

Er erfolgt innerhalb des Cytoplasmas über die Plasmodesmen, welche die Zellen miteinander verbinden.

### Apoplastischer Transport:

Die Stoffe müssen durch die Plasmalemma in die Zellzwischenräume (Interzellularräume) gelangen, wo sie von anderen Zellen aufgenommen werden.

Da die Blätter ein dichtes Netz von Transportgewebe bilden, erfolgt der Kurzstreckentransport von Zuckern **höchstens über einige Millimeter**.



*Der symplastische Kurzstreckentransport erfolgt durch die Plasmodesmen (grün) zwischen den Zellen.*

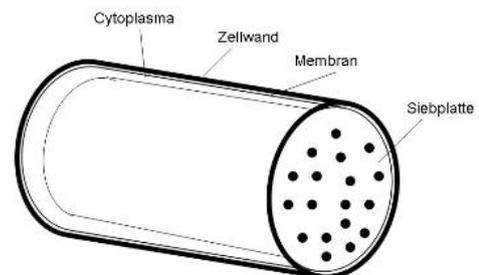
Quelle: <http://www.dr-ralf-wagner.de/changelog.html>

## Langstreckentransport

Der Langstreckentransport der einfachen Zucker (Transportzucker) erfolgt im Phloem. Die Diffusion der Zucker in die Leitungsbahnen ist dadurch erschwert, dass die Zuckerkonzentrationen und der Druck im Phloem höher ist als in den umliegenden Zellen.

In den Leitungsbahnen werden die Zucker entlang dem **Konzentrationsgefälle** an die Orte transportiert, wo die geringste Zuckerkonzentration vorliegt, d.h. an Orte, wo der höchste Zuckerbedarf besteht. Der meiste Bedarf besteht im schnell wachsenden Fruchtgewebe. Um dieses Konzentrationsgefälle aufrecht zu halten, werden die Zucker in der Frucht aus der Lösung genommen (in Vakuolen gespeichert bzw. in Stärke umgewandelt).

Was kann den Assimilattransport in die Frucht maßgeblich stören?



*Skizierter Aufbau des Phloems.*

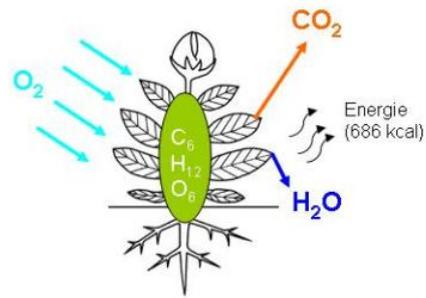
# Dissimilation

Bei der Dissimilation werden in der Pflanze angelegte Energiespeicher (Kohlenhydrate) abgebaut, wobei Energie freigesetzt wird. Man bezeichnet diesen Vorgang auch als **Atmung** oder **Respiration** der Pflanzen. Dabei werden die Assimilate unter Freisetzung von Energie, Wasser und Kohlendioxid oxidiert.

Die freigesetzte Energie wird verwendet für:

- Lebenserhaltung der Gewebe
- Syntheseprozesse
- Aufnahme und Transport von Nährstoffen und Assimilaten
- mechanische Prozesse.

Durch die Atmungsprozesse in der Pflanze werden Teile des bei der Photosynthese aufgenommenen Kohlendioxids wieder freigesetzt. Neben der Dunkelatmung (findet nur ohne Lichtzufuhr statt), gibt es auch die Lichtatmung (**Photorespiration**). Diese Prozesse der Lichtatmung sind stark an die Photosynthese gebunden. Die meisten Obstgewächse setzen durch die Lichtatmung 20 bis 50% des im Photosyntheseprozess eingebauten Kohlendioxids wieder frei.



*Bei der Dissimilation werden die festgelegten Kohlenhydrate oxidiert und unter Freisetzung von Energie als Kohlendioxid freigesetzt.*