H_2O & Stoff-Transport

- **Kurzstreckentransport**
  - Diffusion + Massenfluß (weitmaschiges Geflecht der Zellwände)
    - Permeation: Plasmamembran (Plasmalemma)
      Antrieb durch:
      - Wasserstrom
      - e- chem. Gradient
      - ATP abh. endergonischer Prozess

- **Mittelstreckentransport**
  - Von Zelle zu Zelle
    - **entweder im Apoplasten (Interzellularen)**
    - **oder im Symplasten (in durch Plasmodesmen zus.hängenden Protoplasma)**
      - Antrieb:
        - **Plasmabewegungen**
        - **(kontraktile Proteinfilamente)**

- **Langstreckentransport ..**

H_2O & Stoff-Transport

- **Langstreckentransport**
  - Xylem: apikal –zum Mineralstoff-Transport
  - Phloem: apikal+basipetal, dient Assimilat-Transport
    - **v.a.Saccharose**
    - ***via* Protonenpumpen**
  - ATPasen als Protonenpumpen:
    - **H_2O + MgATP → Mg + ADP + H^+ + OH^-**
      - **Pumpt H^+ in den Apoplasten**
      - **OH^- in den Symplasten**
  - **Zuckertransport:**
    - **H^+ + Carrier + Zucker**
      - **→ wird als Komplex in das Cytoplasma (Symplast) gezogen,**
      - **da dieser Bereich durch OH^- Ionen negativ geladen wurde**

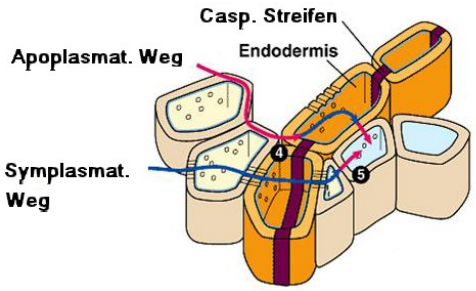
H_2O Transport ins Xylem

- Für den Apikaltransport muß Wasser und die gelösten Stoffe ins Xylem eintreten
- Wasser und Moleküle passieren die Epidermis und den Cortex über 2 Wege:
  - Durch die Zellen (intrazellulär, symplasmatisch)
  - Zwischen den Zellen (extrazellulär , apoplasmatisch)

- Wasser und gelöste Stoffe folgen einer Kombination von 2 Wegen und Passagen
  - durch Plasmamembranen und
  - Zellwänden auf dem Weg zum → Xylem

- Der Casparische Streifen stoppt das Wasser und Moleküle,
  - sodaß das H_2O nicht über die Zellwände ins Xylem eindringen kann.
  - → Wasser und Ionen können vom extrazellulären Weg nur dadurch zum Xylem vordringen, indem es:
    - die Plasmamembran überwindet

      und
    - in eine Endodermis-Zelle eindringt



Die Kräfte des Wassertransports

Druck und Sog des Wassers:

- I. Wurzeldruck
- II. Kohäsion + Adhäsion
- III. Transpiration
  - → Wasser- Potenzial-unterschiede
  - Der Unterschied in Ψ zwischen Wurzel und Atmosphäre treibt das Wasser nach oben und aus den Stomata heraus.

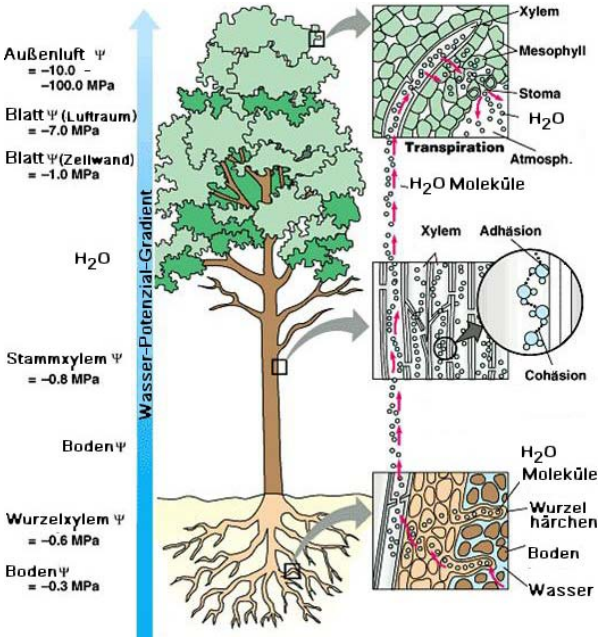
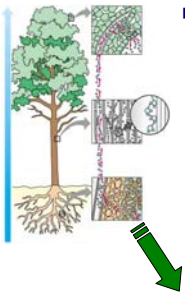


Abb.: Kirkham, 2005

ad I. Passive Diffusion des Wassers → Osmose



- **Wurzeldruck:**
  - → Aufwärtsdruck des Wassers:
    → Beförderung der Mineralien ins Xylem
  - **Abends:** Konz. der gelösten Stoffe in Wurzeln steigt
    - → positiver Druck,
    - → treibt Wasser aufwärts → *Ursache der Exudation*

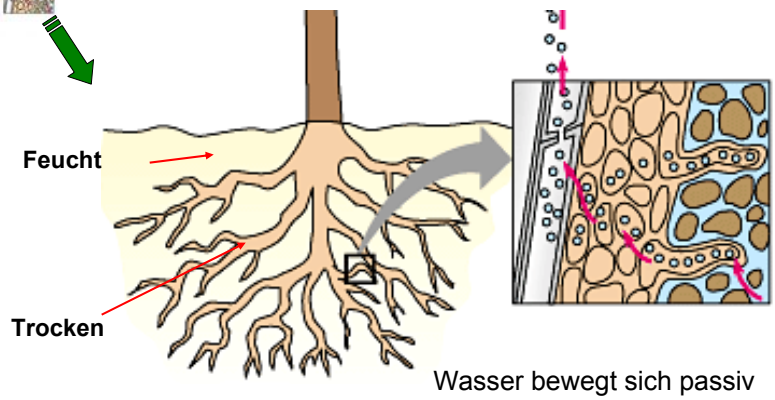
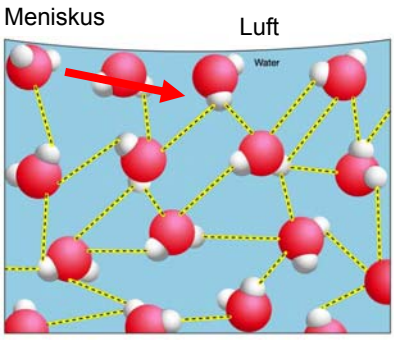


Abb.: Kirkham, 2005

Wasser bewegt sich passiv
Aus dem Feuchten zum Trockenen

ad II. Wirkung der Kapillaren

Ein Gefäß oder Xylem-Zelle mit Wasser gefüllt:



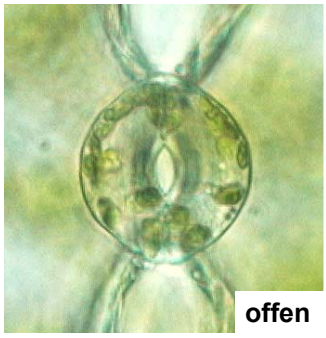
- **Wassereigenschaften:**
  - Wasserstoff-Brückenbindungen
    → Moleküle sind "rauh"
  - Oberflächenspannung
  - Meniskus-Ausbildung
- KOHÄSION
  - H_2O Moleküle haften aneineinander
  - + bilden eine Einheit
- ADHÄSION
  - H_2O-Moleküle haften an den Wänden der Leitgefäße

ad II. Adhäsion

- **Wasser evaporiert zuerst vom Zentrum her.**
- **Aufgrund seiner Adhäsionskräfte evaporiert das Wasser an den Zellwänden weniger schnell.**
- **➔ Bildung eines Meniskus, der eine Spannung erzeugt:**
  - **➔ das sog." ΨMatrix-Potenzial " hat immer negative Werte = Saugspannung**
- **➔ Kapillarwirkung in Xylem-Zellen**
  - Aber: Kapillarwirkung kann den Wassertransport nicht allein bewirken!

ad III. Transpiration: Kontrolle der Stomata

- **Abszisinsäure (ABA)**
  - Kurzzeitige Wirkung: Z.B. Bei Wassermangel:
  - Bildung des Phytohormons Abszisinsäure (ABA) im Blatt in wenigen Minuten:
    - **➔ ABA Transport in die Schließzellen**
    - **➔ Verschiebung des Ionen-Gleichgewichts in Schließzellen**
    - **➔ Herabsetzung des Turgordrucks**
    - **➔ Spaltenschluss**

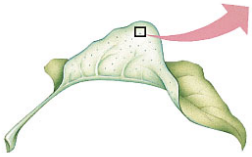

offen

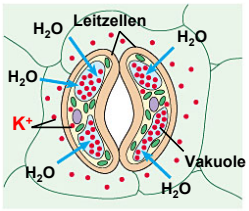
geschlossen

ad III. Kalium: Osmoregulation der Stomata

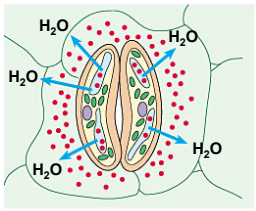
- **Durch Kalium, Stärke ←→ Saccharose:**
  - **Morgens:** [K^+] : ↑ Influx ➔ **Öffnung** der Schliesszellen
    - **Elektr. Ausgleich der + Ladung durch Aufnahme v. Cl^- u. $Malat^-$**
    - **Aufnahme von K^+ und Cl^- gekoppelt mit Malat-Synthese**
    - **K^+ und Cl^- Aufnahme durch H^+ Gradient:**
      - **K^+ *via* K-Kanäle,**
      - **Cl^- *via* Anionenkanäle**
  - **Ausserdem: Stoma-Öffnung durch Hydrolyse von Stärke:**
    - **Lösliche Zucker ↑**
    - **➔ Turgor steigt**
  - **Abends:**
    - **↓ Saccharose Abbau**
    - **➔ Schliessung**

Sing.: "Stoma"
Plur.: Stomata





Stoma öffnend



Stoma schließend

Der Wassertransport zusammengefaßt

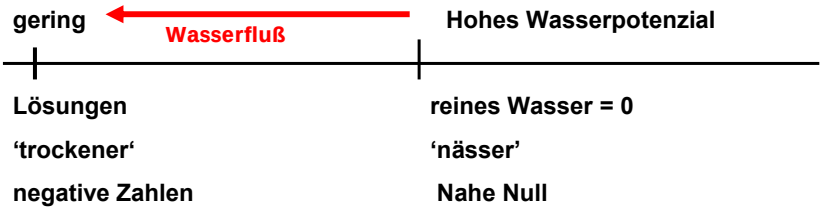
- **Wasser muss zuerst die Rhizodermis im Bereich der Wurzelhaarzone (wasserabsorbierende Zone) passieren**
- **Epidermis ist wasserdurchlässig**
- **Wasser muss durch die 5-15 Lagen lockeren Parenchymzellen der Rinde bis zur Endodermis, die weitgehend (bis auf Durchlasszellen) wasserundurchlässig ist**
- **Verbindung zum Xylem und Phloem stellen dünnwandige Zellen des Parenchyms dar**
- **Wassertransport von der Rhizodermis zum Xylem im Zentralzylinder erfolgt**
  - **durch die Zellen selbst (symplasmatischer Transport) oder**
  - **zwischen den Zellen durch deren Zellwände (apoplasmatischer Transport)**
- **Wassertransport im Xylem beruht auf dem Druckunterschied zwischen Blatt und Wurzel**
- **Durch Transpiration der Blätter steigt die Druckdifferenz an; solange die Wassersäule in den Gefäßkapillaren nicht abreißt, wird Wasser im Xylem nach oben gesaugt.**
- **Transportmechanismen:**
  - **Diffusion entlang eines osmotischen Gradienten und Kapillarkräfte,**
  - **Aktiver Transport beim Passieren der Durchlasszellen in der Endodermis**

Was ist das "Wasser Potenzial" ψ ?

Tendenz der Wasserbewegung von Regionen mit hohem Potenzial
-> hin zu Regionen mit geringem Wasserpotenzial

Gemessen in Megapascal (MPa)

$\psi = \psi_s + \psi_p$ (s=osmot. Druck + p=Zellwanddruck)



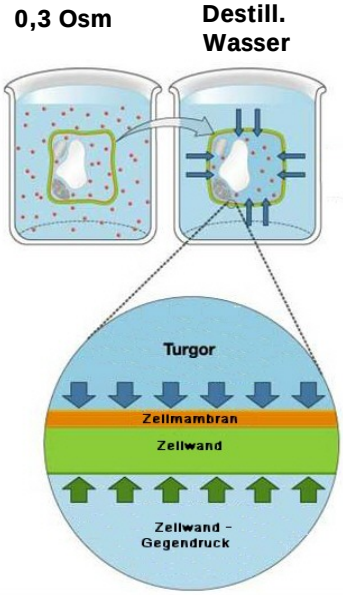
.

Wasserdruck

Osmotischer Druck S

TURGORDRUCK =
Die Zellmembran dehnt sich aus und drückt gegen die Zellwand

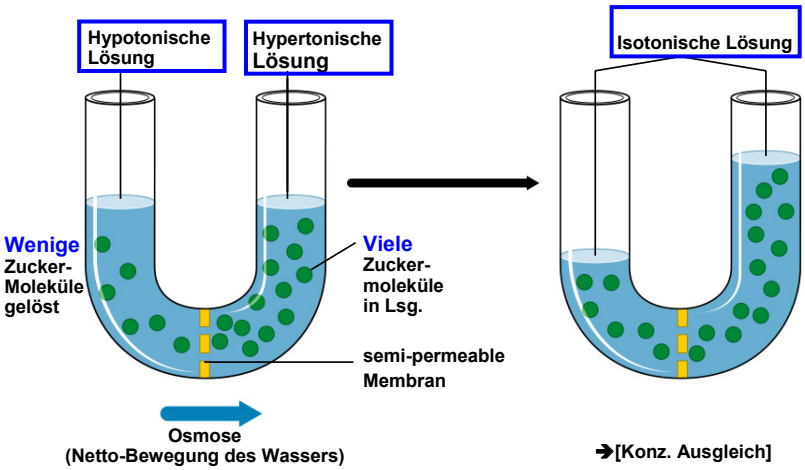
WANDDRUCK=
Die Pflanzenzellwand erzeugt Gegendruck **P**



Die Zellwand begrenzt die Osmose

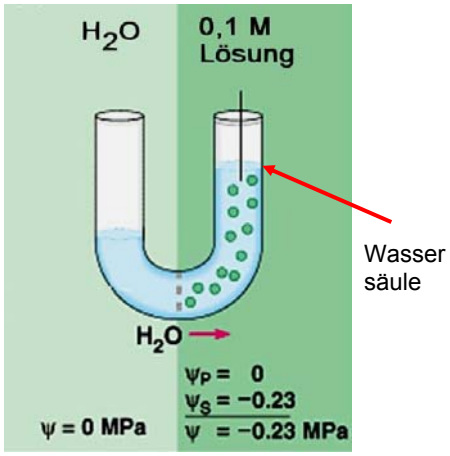
Osmose und Wasser-Gleichgewicht in Zellen

- **Osmose:** Passiver Transport von Wasser über eine selektiv-durchlässige Membran: Zucker kann nicht durch-diffundieren
- **Carrier wirken wie eine semipermeable Membran**

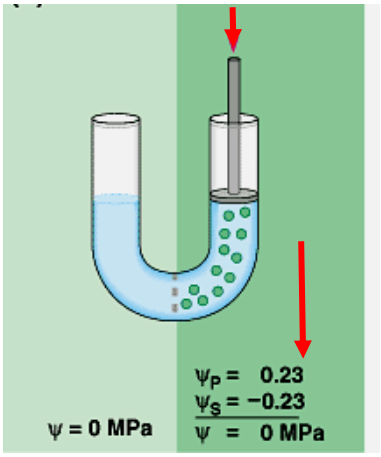


Wasser-Potenzial Ψ

$\Psi = \Psi_{\text{Konzentration der Lösung}} + \Psi_{\text{Druck-Potenzial}} = \Psi_S + \Psi_P$

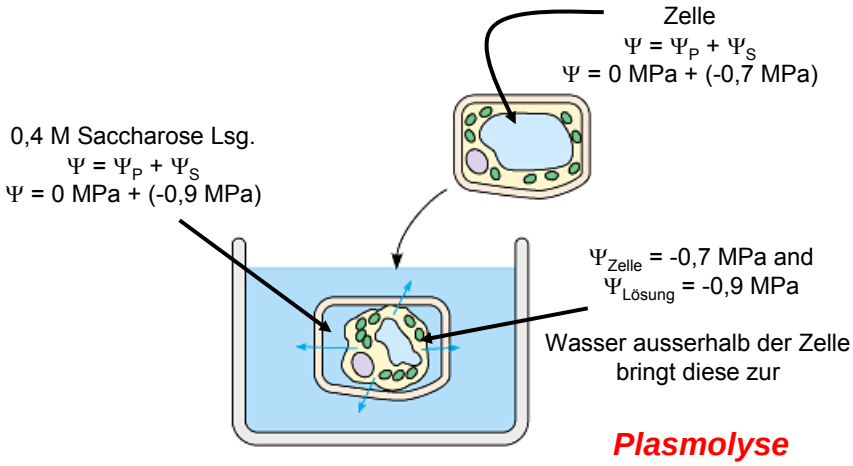


➔ **Also:**
Pro Mol (bzw. Osm) eines gelösten Stoffes entstehen:
-2,3 MPa Wasserpotenzial

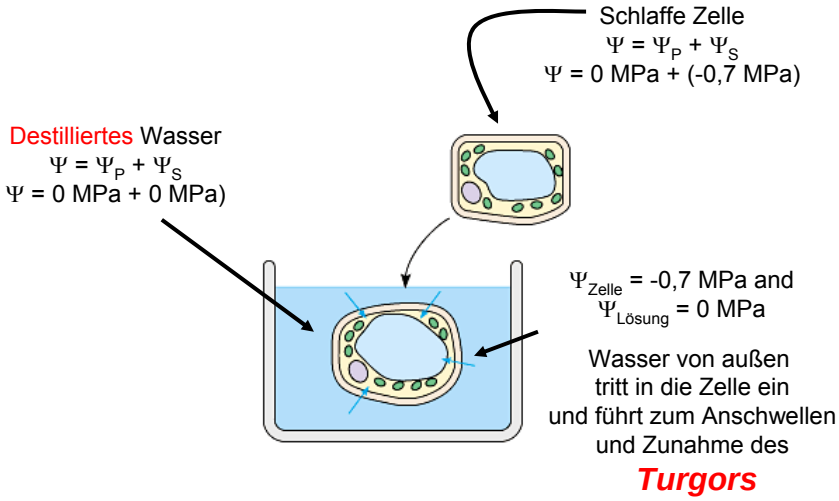


Um die Wassersäule wieder auszugleichen, ist ein Druck von 0.23 MPa nötig

Plasmolyse = Schrumpfung

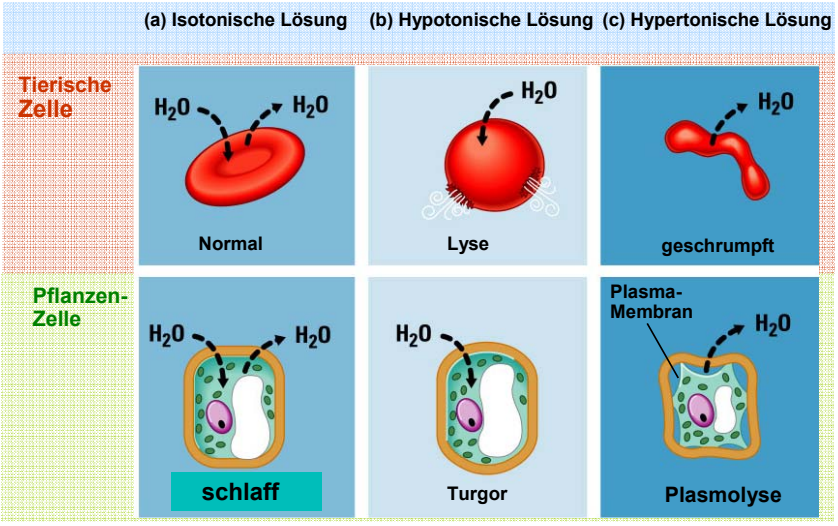


Turgor = Praller, fester Zustand



Wasser-Gleichgewicht

- Das Überleben einer Zelle hängt von deren Fähigkeit ab, Wasser-Aufnahme und Verlust auszugleichen

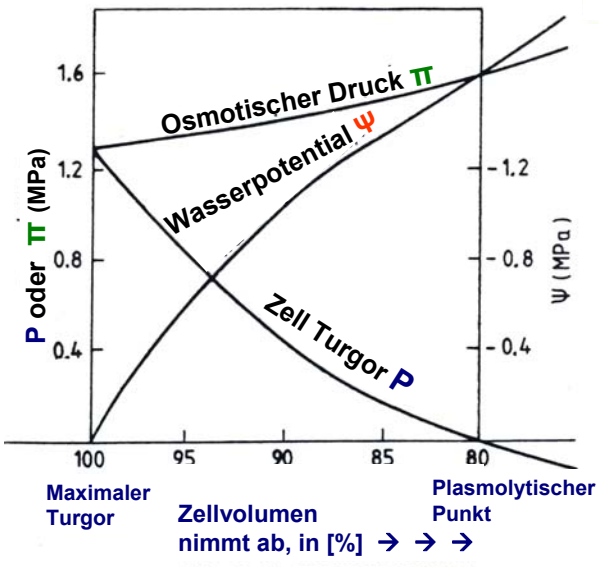


Turgeszenz → Grenzplasmolyse

- Osmotisches Zustandsdiagramm einer pflanzlichen Zelle (= ein Höfler-Diagramm)

  $\Delta\Psi$ = Zelle - Aussenmedium

- $\Delta\Psi = -\Delta\pi + P$



Die Zelle ist voll turgeszent, maximales Zellvolumen maximal gespannte Zellwand Saugkraft = 0

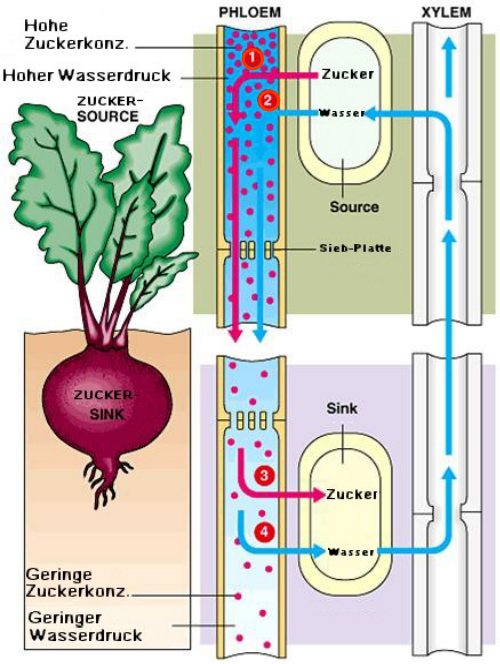
Die Zelle ist schlaff, die Zellwand eingedellt, Plasmolyse maximale Saugkraft

"Source" und "Sink"

- Die Druck-Steigerung an der Zucker-Quelle ("Source")
  und
  der Sog am Zucker-einlagerungs-ort ("Sink")

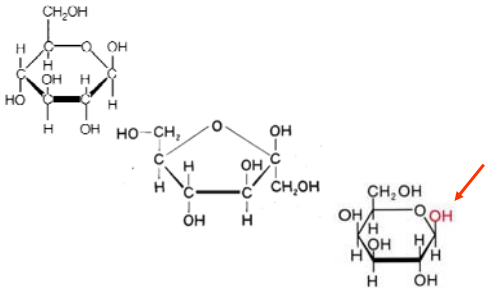
  z.B. Stärkebildung

  läßt den Phloemsaft von "**Source**" zu "**Sink**" fließen.



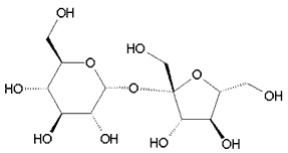
Wichtige Zucker

- Glucose
- Fructose
- Galactose

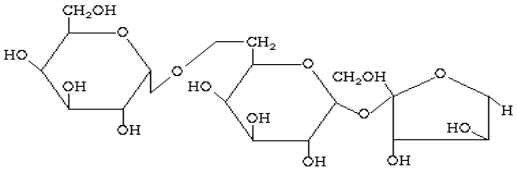


Glycosid. Bdg.:

- Saccharose = Sucrose:



- **Raffinose**



Galactose **Glucose** **Fructose**