

# Ionentransport - Prinzipien

## 1. Salzanreicherung in der Pflanze:

Akkumulation gegen Konzentrationsgefälle

## 2. Wahlvermögen

hauptsächlich benötigte Ionen werden bevorzugt aufgenommen (Selektion)

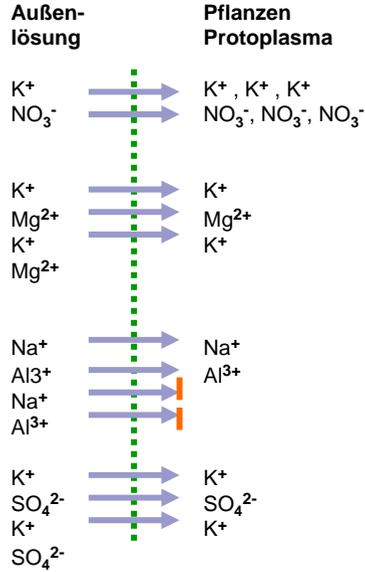
## 3. Mangelhaftes Ausschließungsvermögen

entbehrliche oder schädliche Ionen teilweise aber nicht vollständig ausgeschlossen

## 4. Verstärkte Aufnahme

von Kationen gegenüber Anionen

## 5. Sorteneigenschaften (Genotyp)



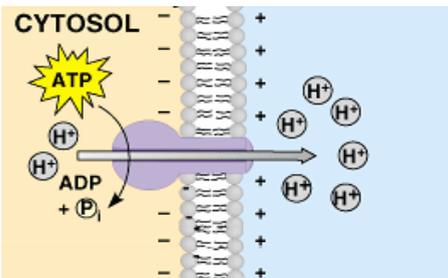
Unterschiede in der Ionenaufnahme

35

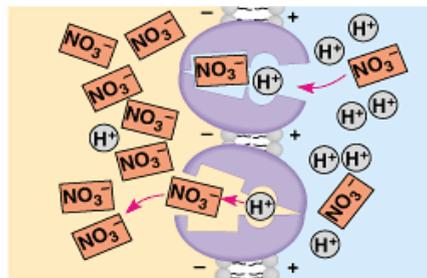
# Mineralstoff-Absorption

Z.B. Zucker

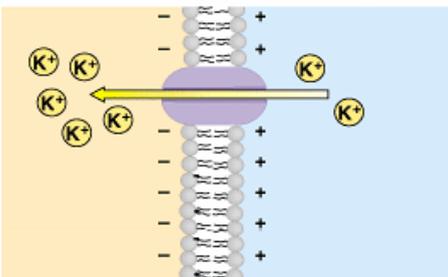
## A) Protonenpumpe → H<sup>+</sup> Gradient



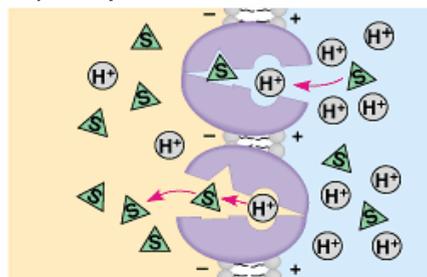
## C) Anionen-Aufnahme per Co-Transporter



## B) Kationen-Aufnahme per Membranpotential

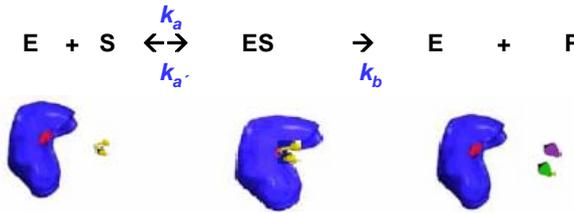


## D) Transport eines neutralen Moleküls



37

# Michaelis-Menten-Kinetik



- E: Enzym
- S: Substrat
- ES: Vorübergehende Bildung eines Enzym-Substrat-Komplexes
- P: Produkt

**Michaelis-Menten-Konstante  $K_m$**   
= ist jene Konz.:

bei der  
die eine Hälfte des Enzyms als ES,  
die andere Hälfte als E vorliegt.

$$K_m = (k_{-a} + k_b) / K_b$$

41

## Michaelis-Konstanten $K_m$

Je kleiner  $K_m$   
desto affiner ES !

Z. Bsp.:

K<sup>+</sup> Ionenaufnahme

0,02 mmol / L

K Aufnahme  
10x stärker als NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Ionenaufnahme

0,21 mmol / L

H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> Ionenaufnahme

0,0061 mmol / L

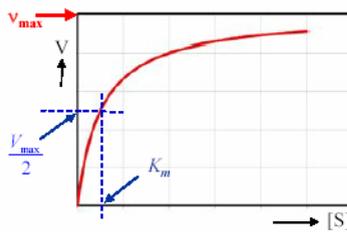
PEP Carboxylase v. C4 Pfl .

[CO<sub>2</sub>]-Aufnahme ca. 0,007 mmol / L

PEP Carboxylase  
2x stärker als RuBisCo

RuBisCarboxylase v. C3 Pfl.

[CO<sub>2</sub>]-Aufnahme ca. 0,015 mmol / L



47

## Kompetitive Hemmung an Carriern

### 1. Bsp.: Carrier-Transport:

Gegenseitige Hemmung bei der Ionen-Aufnahme an den Membranen:

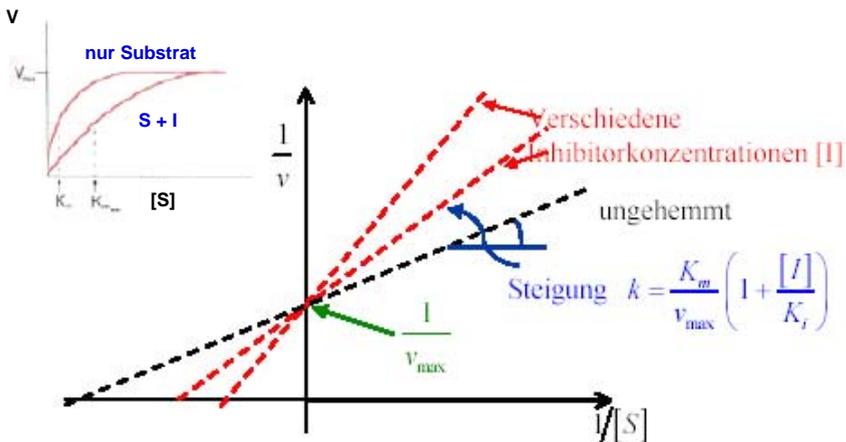
- $K^+$   $\leftrightarrow$   $Rb^+$
- $Ca^{2+}$   $\leftrightarrow$   $Sr^{2+}$   $\leftrightarrow$   $Ba^{2+}$
- $Cu^{2+}$   $\leftrightarrow$   $Zn^{2+}$
- $Cl^-$   $\leftrightarrow$   $Br^-$   $\leftrightarrow$   $ClO_3^-$   $\leftrightarrow$   $NO_3^-$
- $SO_4^{2-}$   $\leftrightarrow$   $SeO_4^{2-}$   $\leftrightarrow$   $MoO_4^{2-}$

### 2. Bsp: Succinat-DH

- = Enzym des Citronensäure-Cyclus:
- Succinat  $\rightarrow$  Fumarat
- kann durch Malonat (strukturell ähnlich) gehemmt werden

58

## Kinetik bei kompetitiver Inhibition



- Variable Inhibitor-Konzentrationen
- Kompetitiver Inhibitor erniedrigt die Konzentration des freien Enzyms, welches für die Substrat-Bindung verfügbar ist.
- **$K_m$  erscheint größer!** (da nur die Reaktion mit dem Substrat  $[S]$  dargestellt ist, aber in Bezug auf die Gesamt-Reaktion mit  $[S+I]$  ist  $K_m$  gleichgroß)

59

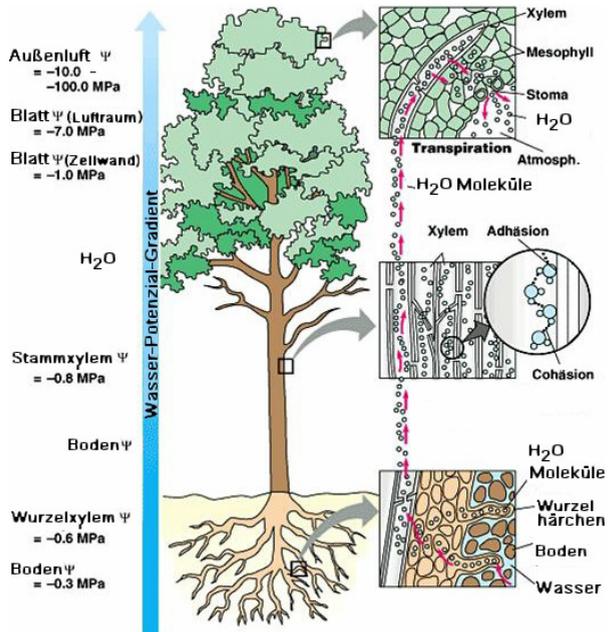
# Die Kräfte des Wassertransports



## Druck und Sog des Wassers:

- **Wurzeldruck**
- **Kohäsion + Adhäsion**
- **Transpiration**  
→ Wasser- Potenzial-unterschiede

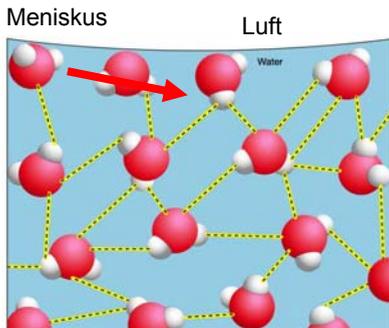
- Der Unterschied in  $\Psi$  zwischen Wurzel und Atmosphäre treibt das Wasser nach oben und aus den Stomata heraus.



## Kann Kapillarwirkung alleine .. das Wasser nach oben transportieren?



Ein Gefäß oder Xylem-Zelle mit Wasser gefüllt:



- **Wassereigenschaften:**
  - Wasserstoff-Brückenbindungen  
→ Moleküle sind "rauh"
  - Oberflächenspannung
  - Meniskus-Ausbildung
- **KOHÄSION**
  - H<sub>2</sub>O Moleküle haften aneinander
  - + bilden eine Einheit
- **ADHÄSION**
  - H<sub>2</sub>O-Moleküle haften an den Wänden der Leitgefäße

## 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. "  $\Psi$  Matrix-Potenzial " hat immer negative Werte = Saugspannung
- → KAPILLARWIRKUNG in Xylem-Zellen

### Meniskus



- Aber:  
Kapillarwirkung kann den Wassertransport **nicht allein** bewirken!

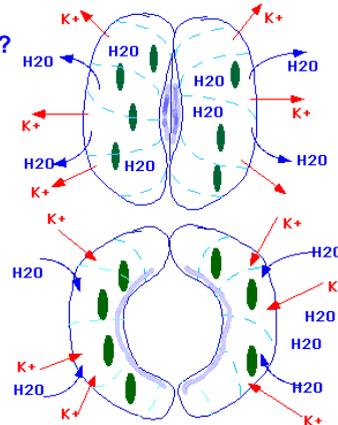
## STOMATA: Der Schlüssel zum Wassertransport in Pflanzen

Verlust von  $K^+$  Ionen führt zu .. ?

Aufnahme von  $K^+$  Ionen führt zu .. ?

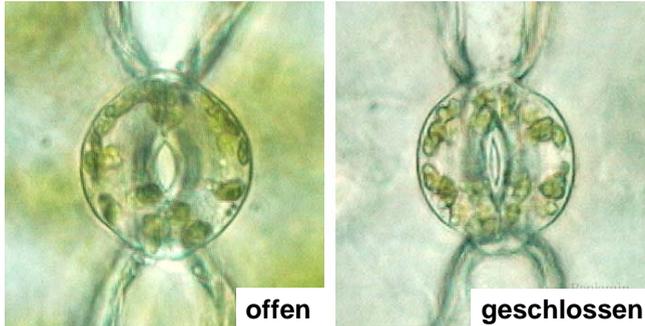
Kalium wird herausgepumpt,  
Wasser folgt nach,  
=> Stomata schließen

Kalium wird hereingepumpt,  
Wasser folgt nach,  
=> Stomata öffnen



## Stomata Kontrolle

- 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



51

## Osmoregulation in Schliesszellen

- Durch Kalium, Stärke ↔ Saccharose:
  - Morgens:  $[K^+]$  : ↑ Influx → Stomaöffnung
  - 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
  - Weiterhin:
    - Stoma-Öffnung durch Hydrolyse von Stärke in lösl. Zucker
    - → Turgor steigt
    - Abends: [↓ Saccharose] → Schliessung

52

## 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 kann die Druckdifferenz ansteigen-, 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

53

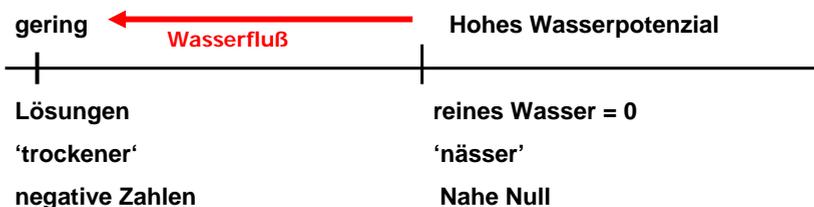
## Was ist das "Wasser Potenzial" $\psi$ ?



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

Gemessen in Megapascal (MPa)

$$\psi = \psi_s + \psi_p \quad (s=\text{osmot. Druck} + p=\text{Zellwanddruck})$$

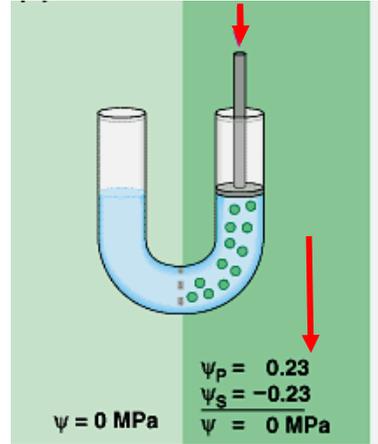
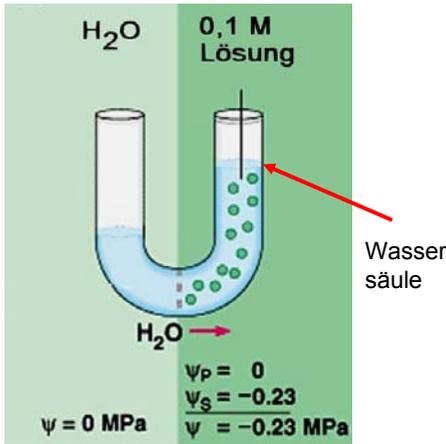


55

# Wasser-Potenzial $\Psi$



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



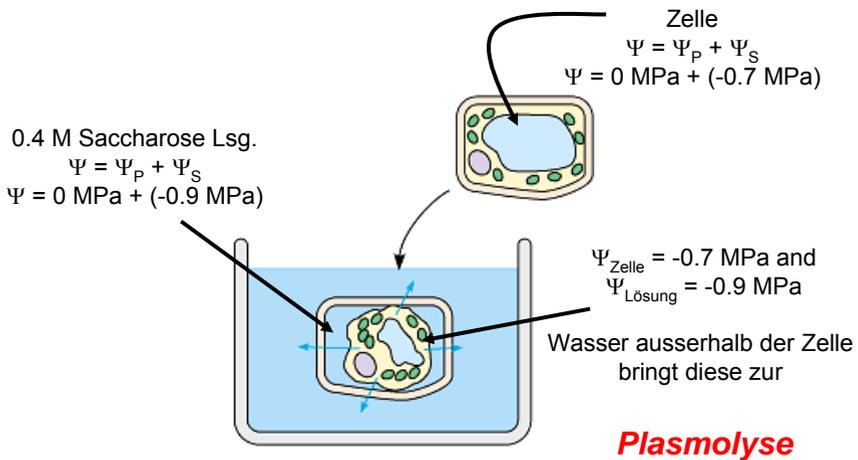
➔ Also:

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

69

**Plasmolyse** = Schrumpfung



**Plasmolyse**

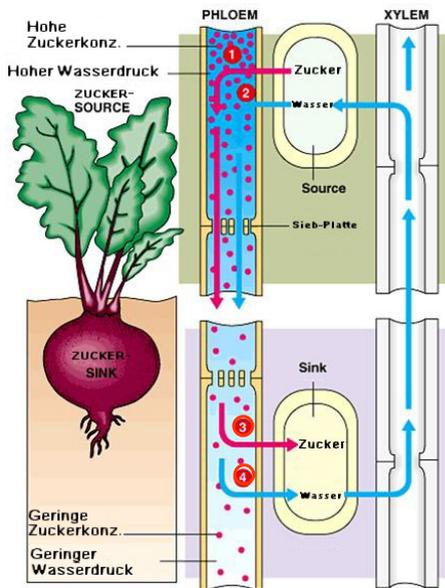
71

## "Source" und "Sink"

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

z.B. Stärkebildung

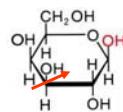
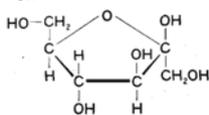
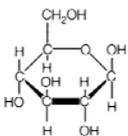
läßt den Phloemsaft von "Source" zu "Sink" fließen.



95

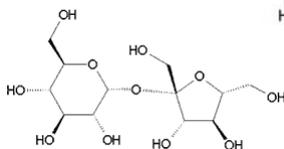
## Wichtige Zucker

- Glucose
- Fructose
- Galactose

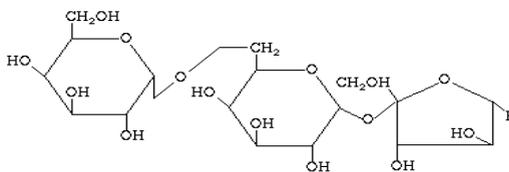


## Glycosid. Bdg.:

- Saccharose = Sucrose:



- Raffinose



Galactose

Glucose

Fructose

102