

# Ionentransport - Prinzipien

## 1. Salzanreicherung in der Pflanze:

Akkumulation gegen Konzentrationsgefälle

## 2. Wahlvermögen

hauptsächlich benötigte Ionen werden bevorzugt aufgenommen (Selektion)

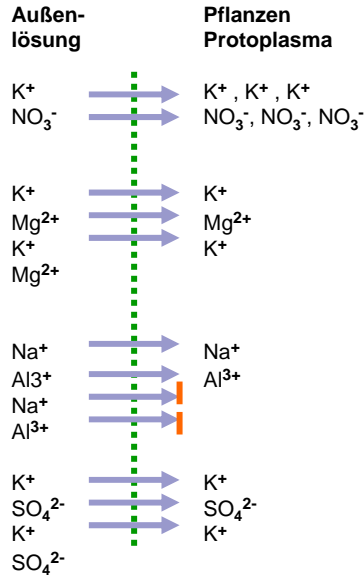
## 3. Mangelhaftes Ausschließungsvermögen

entbehrliche oder schädliche Ionen teilweise aber nicht vollständig ausgeschlossen

## 4. Verstärkte Aufnahme

von Kationen gegenüber Anionen

## 5. Sorteneigenschaften (Genotyp)



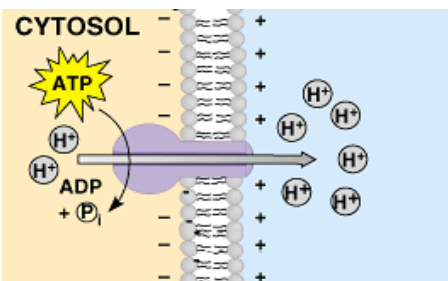
Unterschiede in der Ionenaufnahme

35

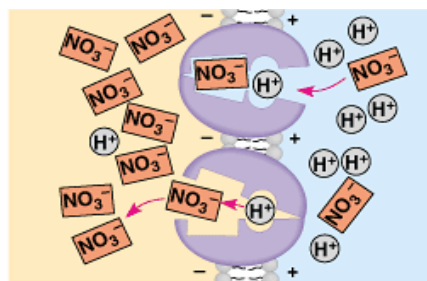
# Mineralstoff-Absorption

Z.B. Zucker

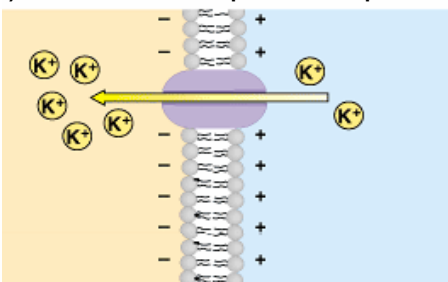
## A) Protonenpumpe → H<sup>+</sup> Gradient



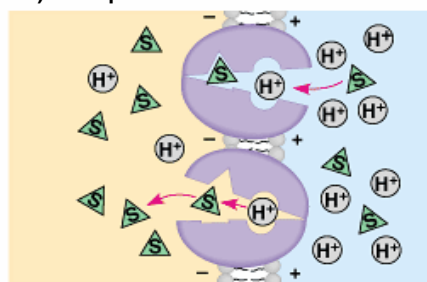
## C) Anionen-Aufnahme per Co-Transporter



## B) Kationen-Aufnahme per Membranpotential

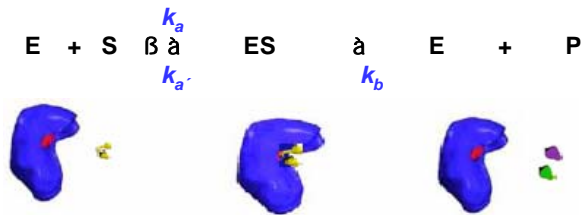


## D) Transport eines neutralen Moleküls



37

# Michaelis-Menten-Kinetik



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

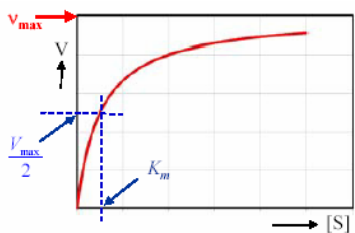
**Michaelis-Menten-Konstante  $K_m$**   
= ist jene Konz.:

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

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

## 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

## Kompetitive Hemmung an Carriern

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

Gegenseitige Hemmung bei der Ionen-Aufnahme an den Membranen:

☉  $K^+$     ☉ à     $Rb^+$

☉  $Ca^{2+}$     ☉ à     $Sr^{2+}$     ☉ à     $Ba^{2+}$

☉  $Cu^{2+}$     ☉ à     $Zn^{2+}$

☉  $Cl^-$     ☉ à     $Br^-$     ☉ à     $ClO_3^-$     ☉ à     $NO_3^-$

☉  $SO_4^{2-}$     ☉ à     $SeO_4^{2-}$     ☉ à     $MoO_4^{2-}$

### 2. Bsp: Succinat-DH

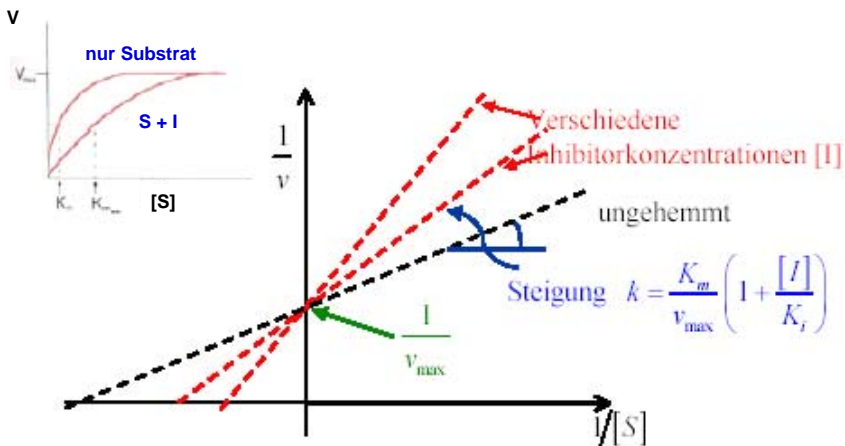
☉ = Enzym des Citronensäure-Cyclus:

☉ Succinat è 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



## Adhäsion

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

### Meniskus



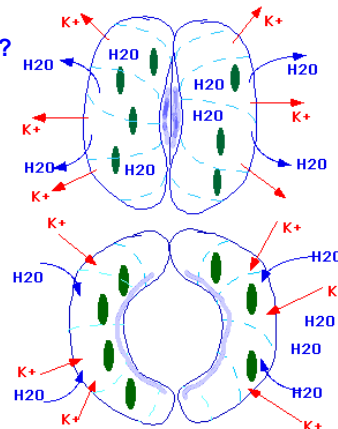
## STOMATA: Der Schlüssel zum Wassertransport in Pflanzen

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

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

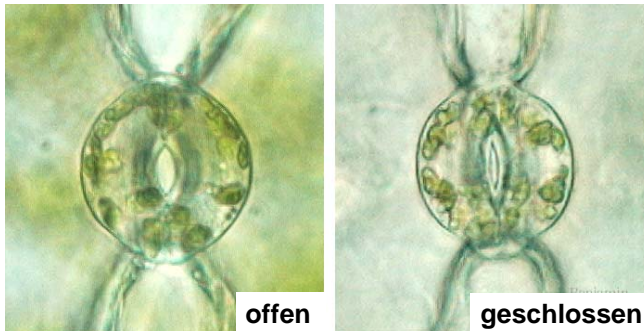
Kalium wird herausgepumpt,  
Wasser folgt nach,  
=> Stomata schließen

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



## Stomata Kontrolle

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



51

## Osmoregulation in Schliesszellen

- › **Durch Kalium, Stärke & Saccharose:**
  - œ **Morgens:**  $[K^+]$  : é Influx è Stomaöffnung
  - œ Elektr. Ausgleich der + Ladung durch Aufnahme v.  $Cl^-$  u. Malat
  - œ Aufnahme von  $K^+$  und  $Cl^-$  gekoppelt mit Malat-Synthese
  - œ  $K^+$  und  $Cl^-$  Aufnahme durch  $H^+$  Gradient:
    - ›  $K^+$  *via* K-Kanäle,
    - ›  $Cl^-$  *via* Anionenkanäle
  - œ Weiterhin:
  - œ Stoma-Öffnung durch Hydrolyse von Stärke in lösl. Zucker
  - œ è Turgor steigt
  - œ **Abends:** [è Saccharose] è 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

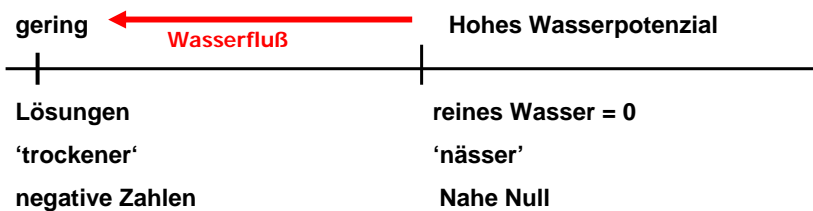
## Was ist das "Wasser Potenzial" $\psi$ ?



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

Gemessen in Megapascal (MPa)

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

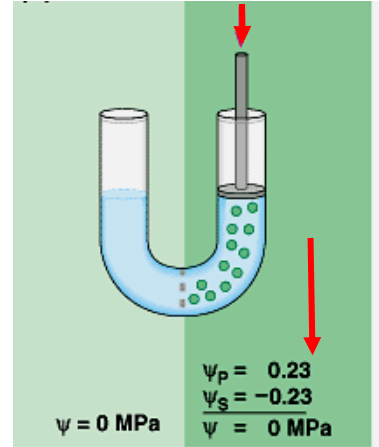
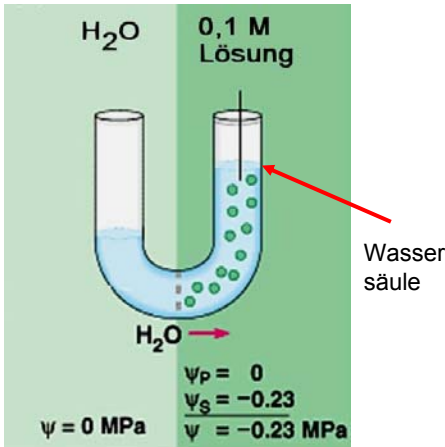


55

# Wasser-Potenzial $\Psi$



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

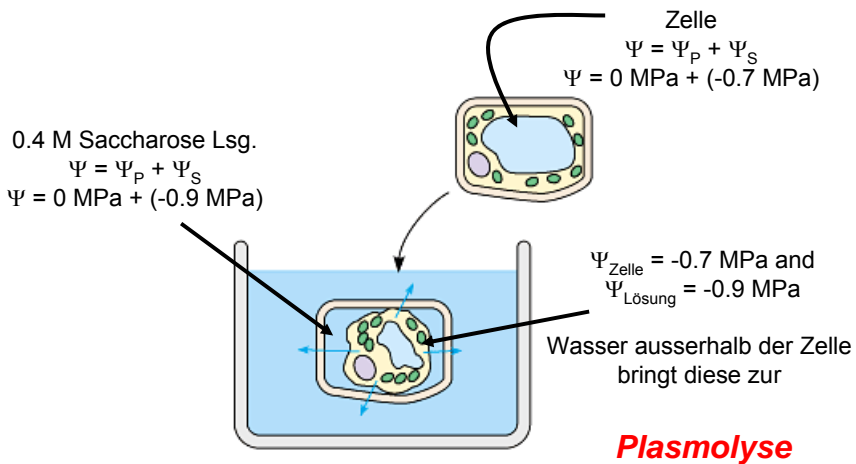


è Also:  
 Pro Mol (bzw. Osm) eines gelösten  
 Stoffes entstehen:  
-2,3 MPa Wasserpotenzial

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

69

**Plasmolyse** = Schrumpfung



71

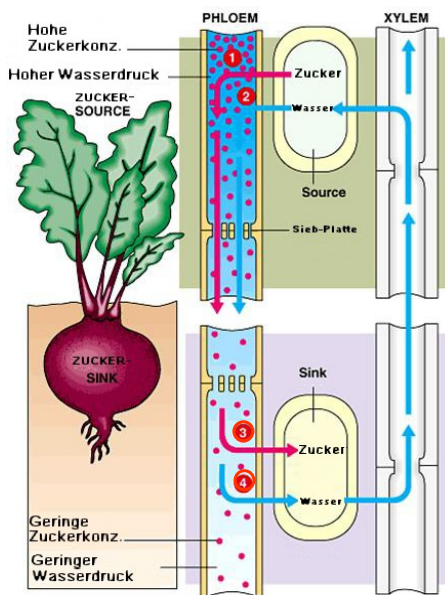


## "Source" und "Sink"

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

z.B. Stärkebildung

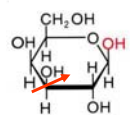
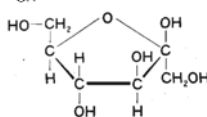
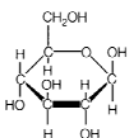
läßt den Phloemsaft von "Source" zu "Sink" fließen.



95

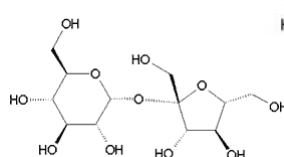
## Wichtige Zucker

- › Glucose
- › Fructose
- › Galactose

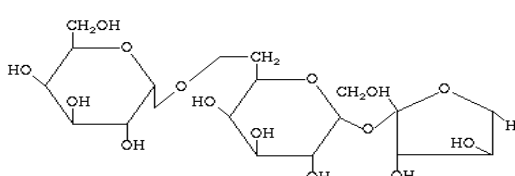


## Glycosid. Bdg.:

- › Saccharose = Sucrose:



- › Raffinose



Galactose

Glucose

Fructose

102