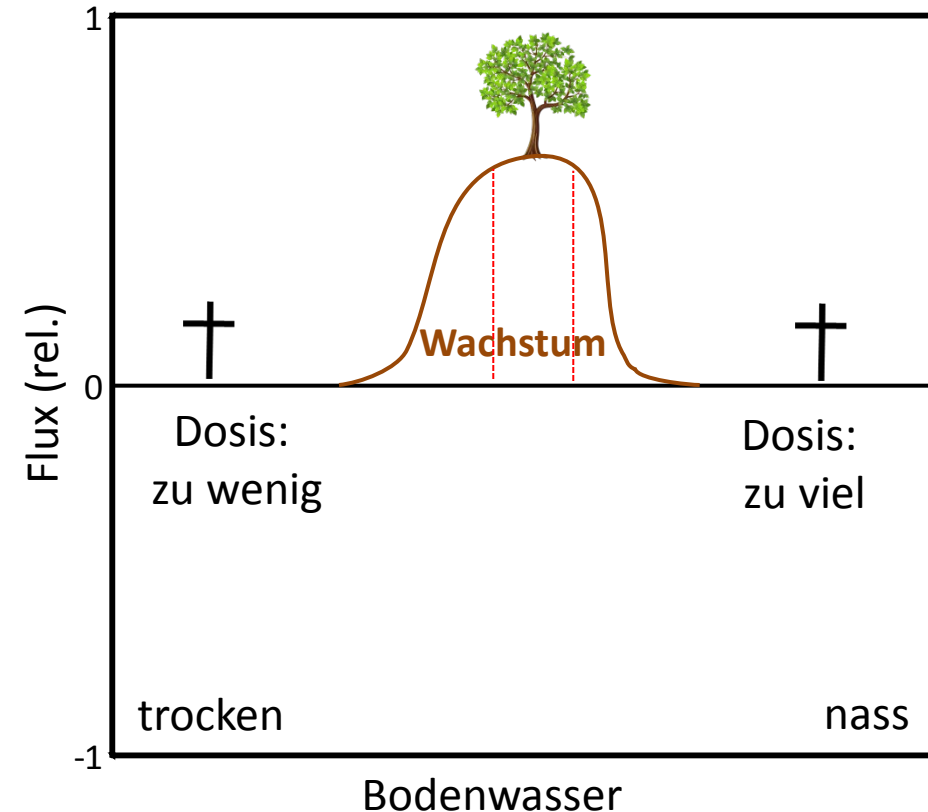


## Stress ist suboptimale Dosis\* eines Umweltfaktors!

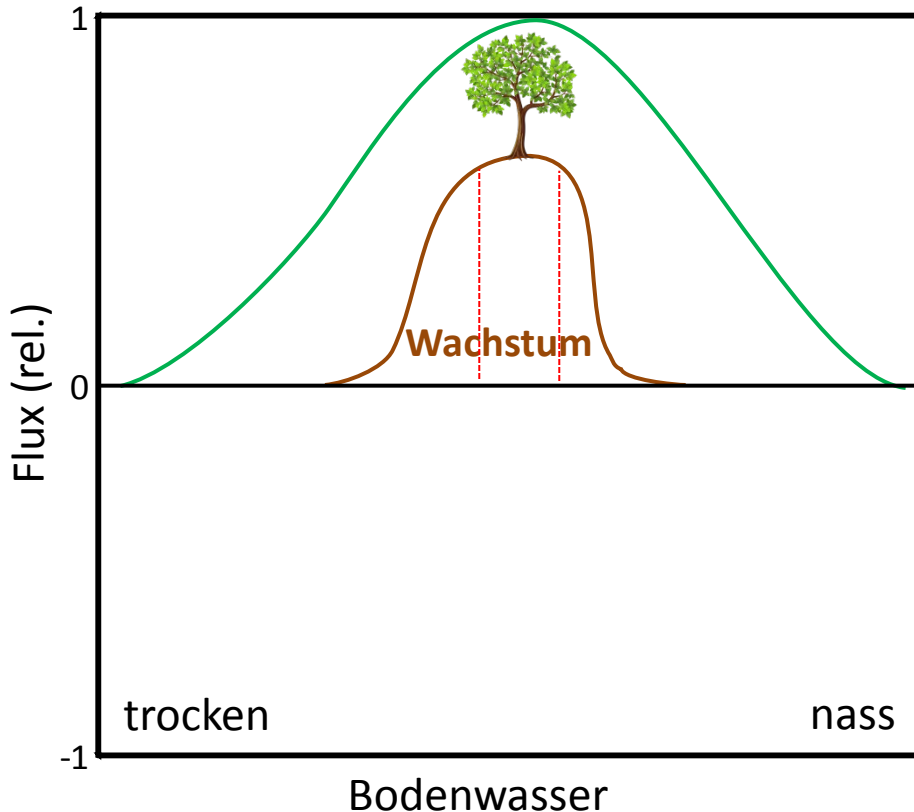
\* Dosis = Intensität x Zeit



## Vitalitätsverlust ab welcher Stress-Schwelle?

## Die Pflanze als Überlebens-Strategie

Assimilation  $\approx$  Photosynthese



### Assimilate fließen in ...

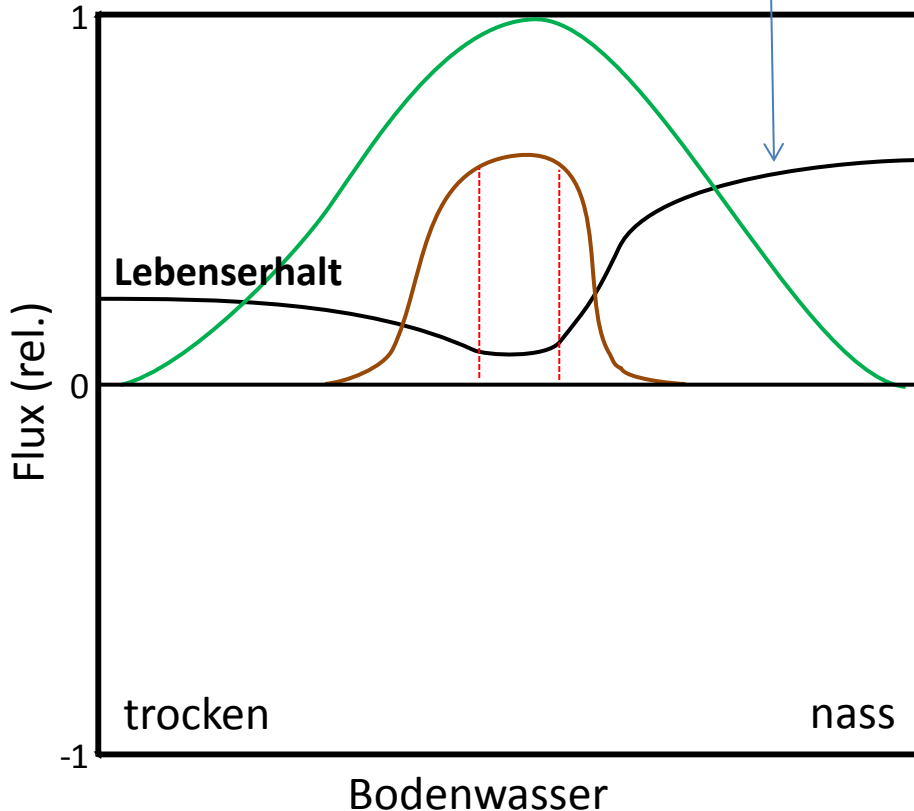
- **Lebenserhalt** (Dissimilation)
- **Zuwachs** (Spross, Wurzeln, Blätter)
- **Reproduktion** (Blüten, Früchte)
- **Reserven** (Holzparenchym)
- **Rhizosphäre** (Mikrobiota-Management)
- **Mykorrhiza** (P- und N- Akquise)
- **Kommunikation** (Lockstoffe, Warnsignale)
- **Abwehrmechanismen** (Fraßfeinde, Pathogene)
- **Stressreaktionen (...)**

## Die Pflanze als Überlebens-Strategie

z.B. Gärung → 15facher KH-Verbrauch



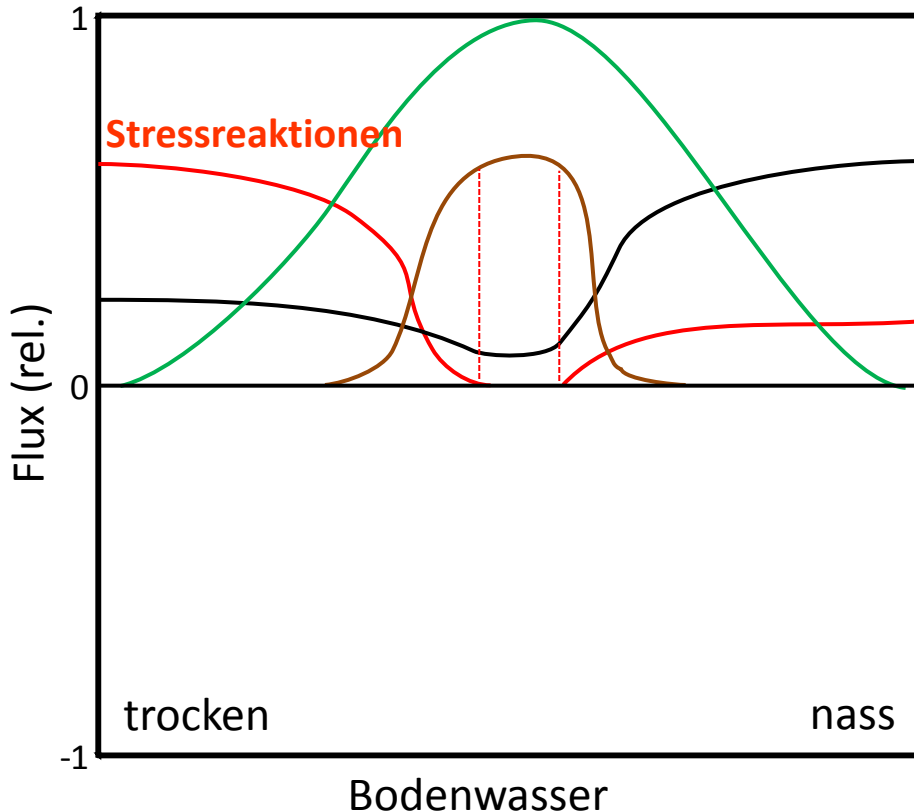
Bild: baumpflege-behnke.de



### Assimilate fließen in

- **Lebenserhalt** (Dissimilation)
- **Zuwachs** (Spross, Wurzeln, Blätter)
- **Wachstum**
- **Reproduktion** (Blüten, Früchte)
- **Reserven** (Holzparenchym)
- **Rhizosphäre** (Mikrobiota-Management)
- **Mykorrhiza** (P- und N- Akquise)
- **Kommunikation** (Lockstoffe, Warnsignale)
- **Abwehrmechanismen** (Fraßfeinde, Pathogene)
- **Stressreaktionen (...)**

## Die Pflanze als Überlebens-Strategie



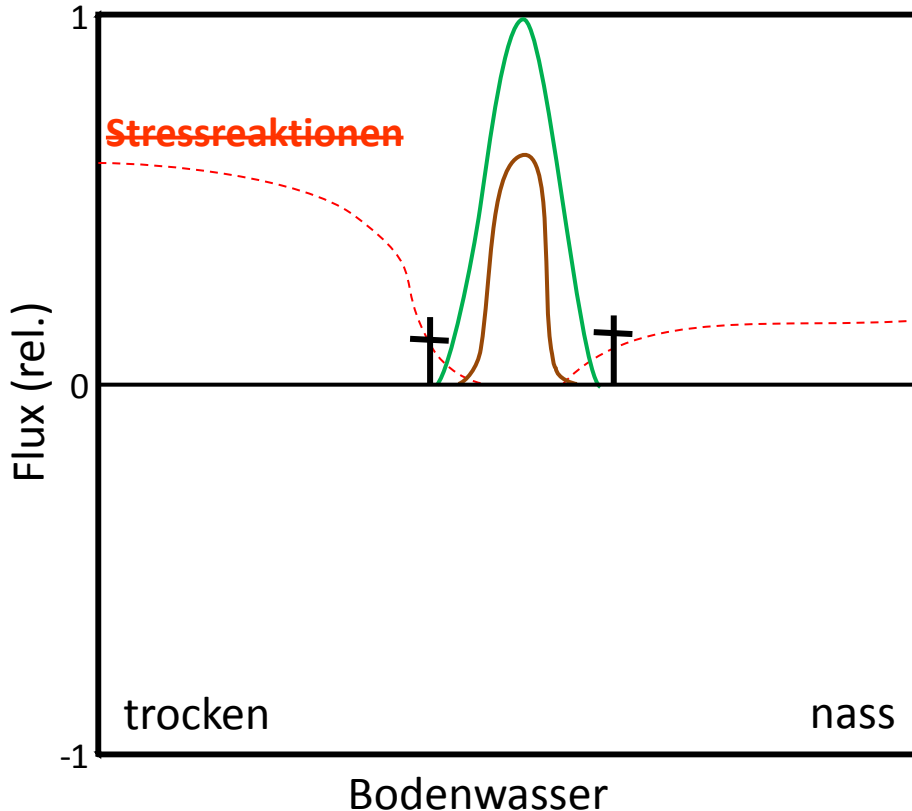
### Assimilate fließen in ...

- **Lebenserhalt** (Dissimilation)
- **Zuwachs** (Spross, Wurzeln, Blätter)
- **Wachstum**
- **Reproduktion** (Blüten, Früchte)
- **Reserven** (Holzparenchym)
- **Rhizosphäre** (Mikrobiota-Management)
- **Mykorrhiza** (P- und N- Akquise)
- **Kommunikation** (Lockstoffe, Warnsignale)
- **Abwehrmechanismen** (Fraßfeinde, Pathogene)
- **Stressreaktionen (...)**
  - Gegenmaßnahmen
  - Schutz
  - Reparatur



## Die Pflanze als Überlebens-Strategie

Wenn es keine Stressreaktionen gäbe ...



**Stressreaktion:**  
 Energie und Substanz  
 fließen in Richtung  
**Lebenserhaltung =**  
**Todesvermeidung**

### Assimilate fließen in ...

- **Lebenserhalt** (Dissimilation)
- **Zuwachs** (Spross, Wurzeln, Blätter)
- **Wachstum**
- **Reproduktion** (Blüten, Früchte)
- **Reserven** (Holzparenchym)
- **Rhizosphäre** (Mikrobiota-Management)
- **Mykorrhiza** (P- und N- Akquise)
- **Kommunikation** (Lockstoffe, Warnsignale)
- **Abwehrmechanismen** (Fraßfeinde, Pathogene)

### • Stressreaktionen (...)

- Gegenmaßnahmen
- Schutz
- Reparatur

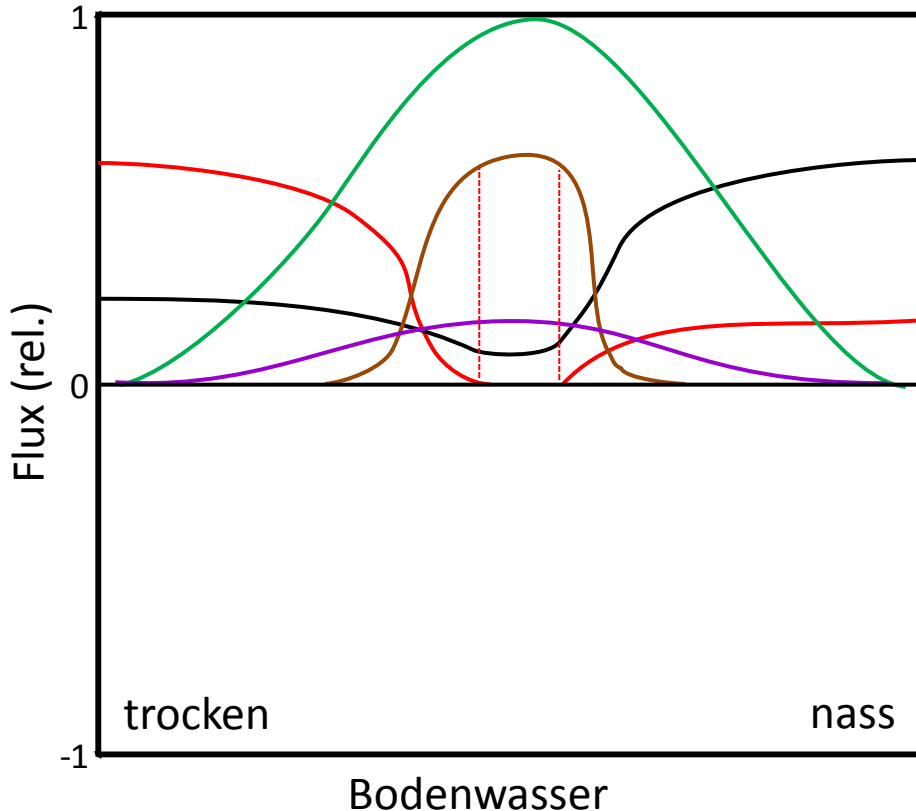


## Die Pflanze als Überlebens-Strategie

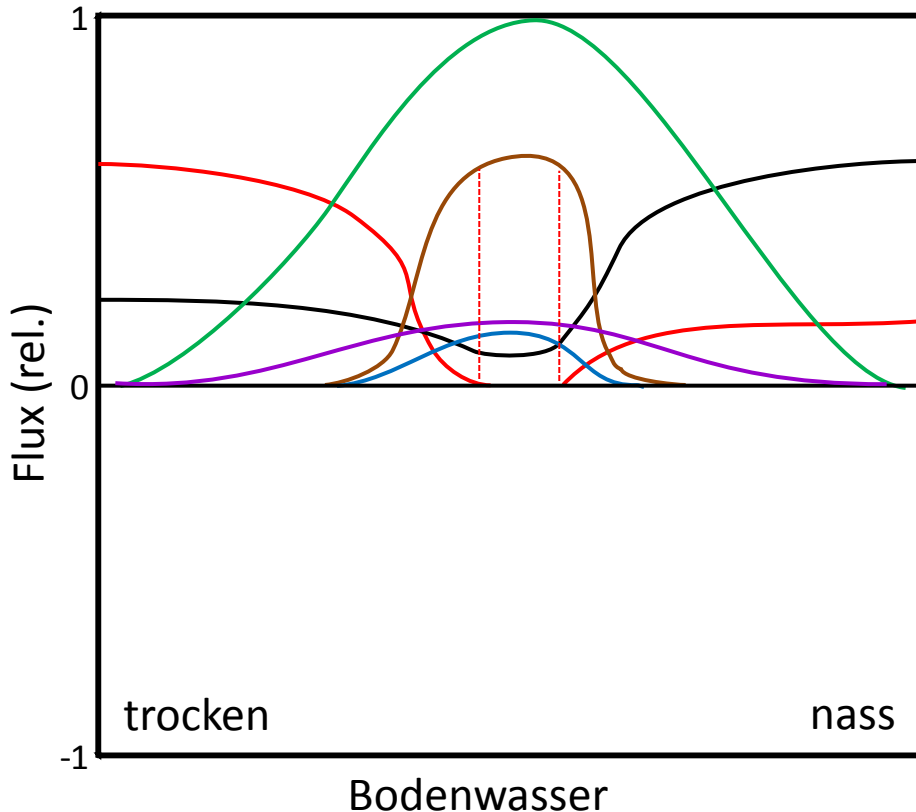
### Biotische Interaktion

#### Assimilate fließen in ...

- **Lebenserhalt** (Dissimilation)
- **Zuwachs** (Spross, Wurzeln, Blätter)
- **Wachstum**
- **Reproduktion** (Blüten, Früchte)
- **Reserven** (Holzparenchym)
- **Rhizosphäre** (Mikrobiota-Management)
- **Mykorrhiza** (P- und N- Akquise)
- **Kommunikation** (Lockstoffe, Warnsignale)
- **Abwehrmechanismen** (Fraßfeinde, Pathogene)
- **Stressreaktionen (...)**



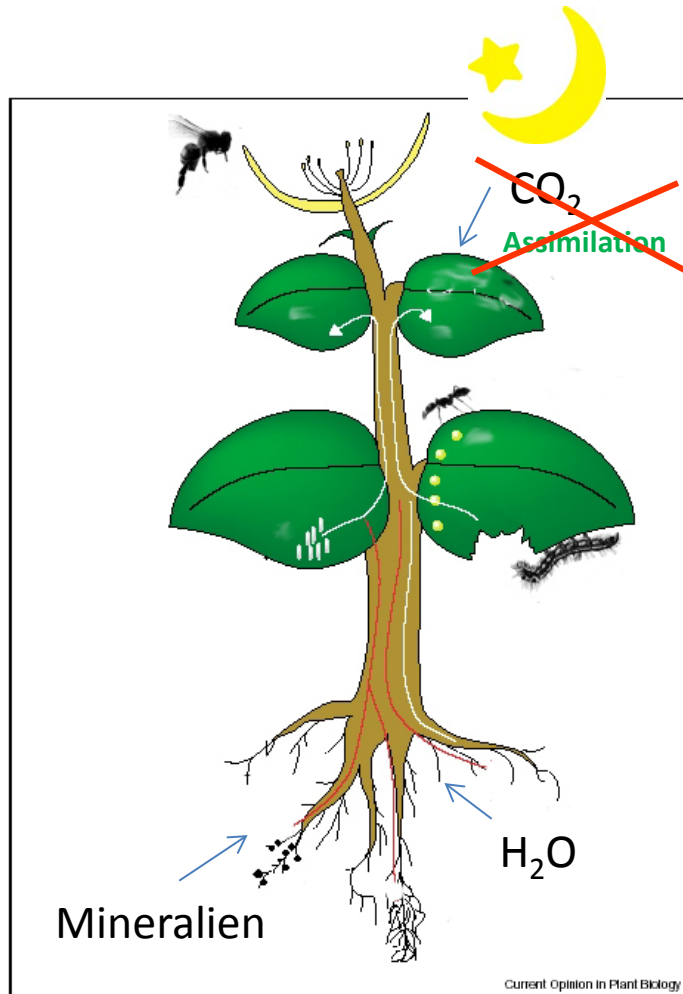
## Die Pflanze als Überlebens-Strategie



### Assimilate fließen in ...

- **Lebenserhalt** (Dissimilation)
- **Zuwachs** (Spross, Wurzeln, Blätter)
- **Wachstum**
- **Reproduktion** (Blüten, Früchte)
- **Reserven** (Holzparenchym)
- **Rhizosphäre** (Mikrobiota-Management)
- **Mykorrhiza** (P- und N-Akquise)
- **Biotische Interaktion**
- **Kommunikation** (Lockstoffe, Warnsignale)
- **Abwehrmechanismen** (Fraßfeinde, Pathogene)
- **Stressreaktionen (...)**

## Die Pflanze als Überlebens-Strategie



### Nacht / Winter

  
~~Assimilate fließen in ...~~

Reserven fließen in ...

- - • **Lebenserhalt** (Dissimilation)
- - • **Zuwachs** (Spross, Wurzeln, Blätter)
- - • **Wachstum**
- - • **Reproduktion** (Blüten, Früchte)
- - • **Reserven** (Holzparenchym)
- - • **Rhizosphäre** (Mikrobiota-Management)
- - • **Mykorrhiza** (P- und N-Akquise)
- - • **Biotische Interaktion**
- - • **Kommunikation** (Lockstoffe, Warnsignale)
- - • **Abwehrmechanismen** (Fraßfeinde, Pathogene)
- - • **Stressreaktionen (...)**
- - • **(Frühjahrs-)Austrieb**



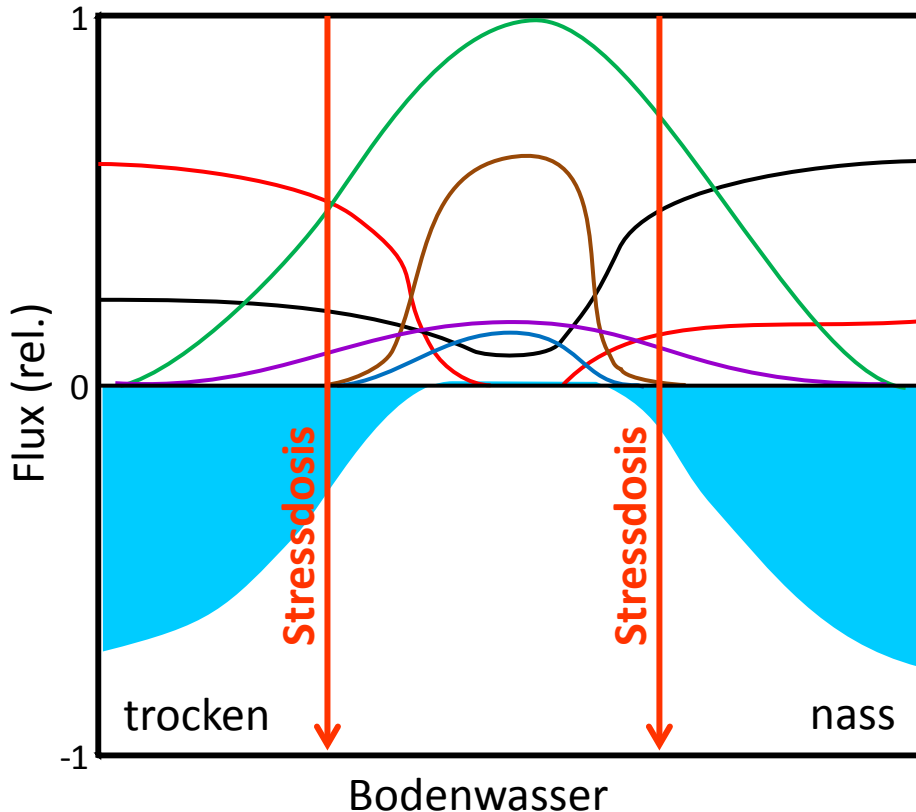
## Die Pflanze als Überlebens-Strategie

Hohe Stressintensität



Assimilate und  
Reserven fließen in ...

- **Lebenserhalt** (Dissimilation)
- **Zuwachs** (Spross, Wurzeln, Blätter)
- **Wachstum**
- **Reproduktion** (Blüten, Früchte)
- **Reserven** (Holzparenchym)
- **Rhizosphäre** (Mikrobiota-Management)
- **Mykorrhiza** (P- und N-Akquise)
- **Biotische Interaktion**
- **Kommunikation** (Lockstoffe, Warnsignale)
- **Abwehrmechanismen** (Fraßfeinde, Pathogene)
- **Stressreaktionen (...)**



## Die Pflanze als Überlebens-Strategie

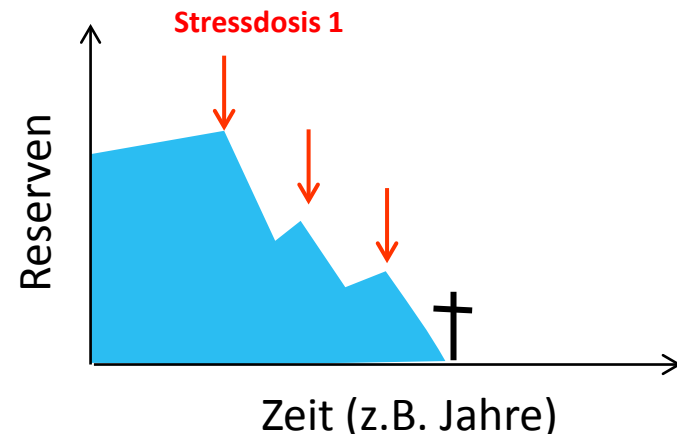
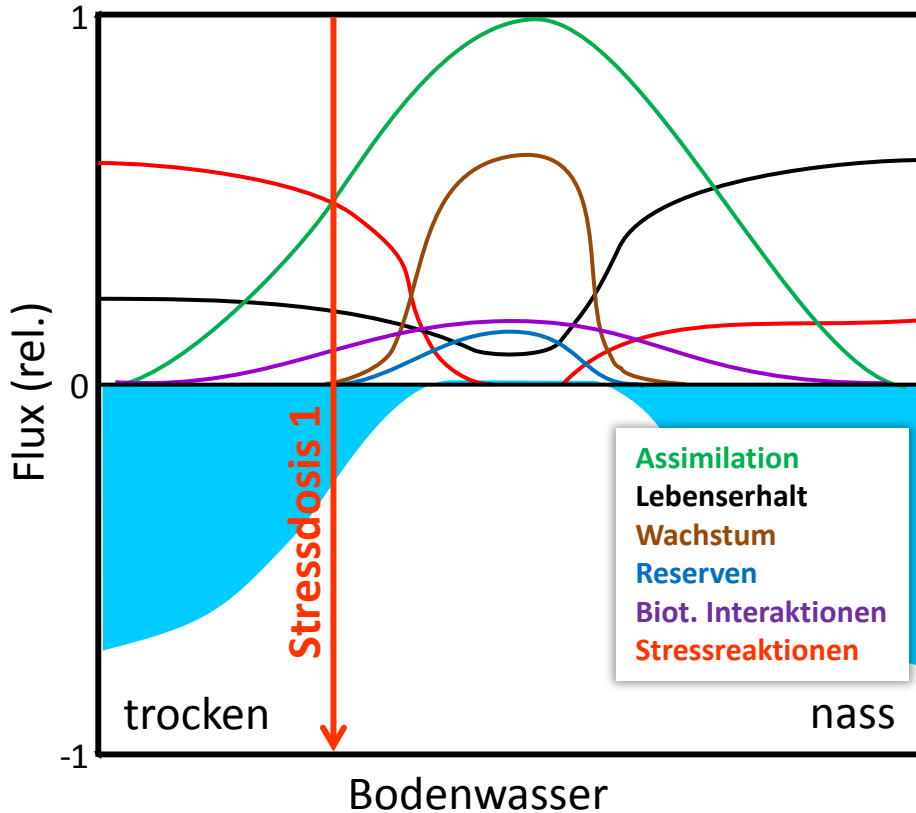
**Hohe Stressintensität**



Reservestoff-Bilanz  $\ll 0$



+ Mortalitätsrisiko



## Die Pflanze als Überlebens-Strategie

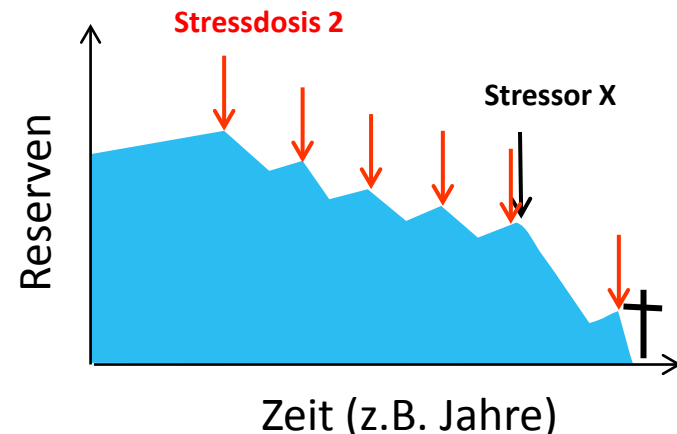
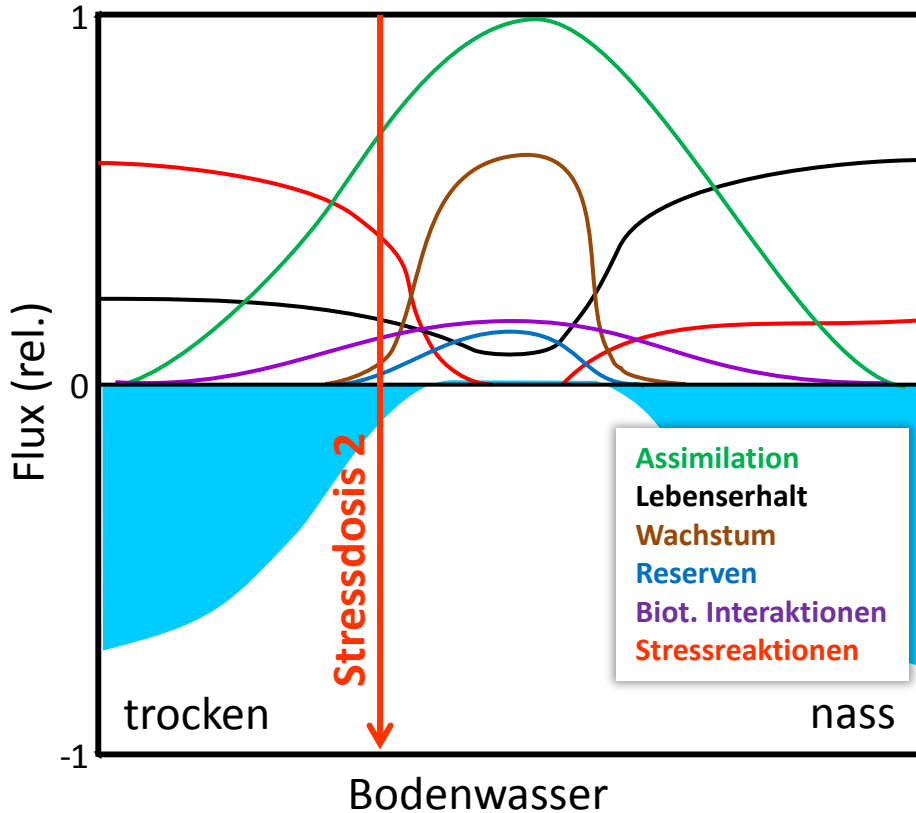
Mittlere Stressintensität



Reservestoff-Bilanz < 0



+ Mortalitätsrisiko



## Die Pflanze als Überlebens-Strategie

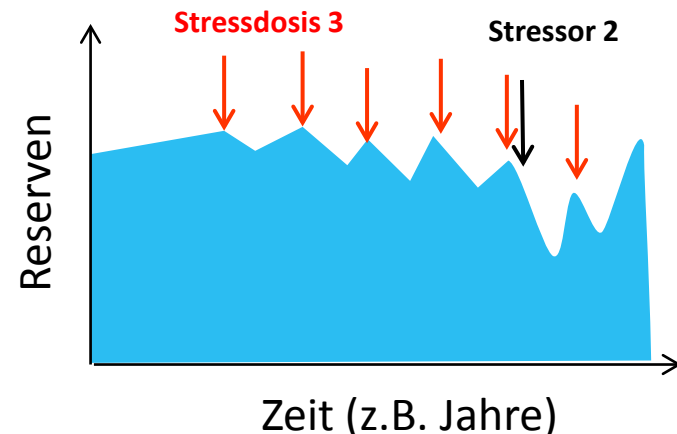
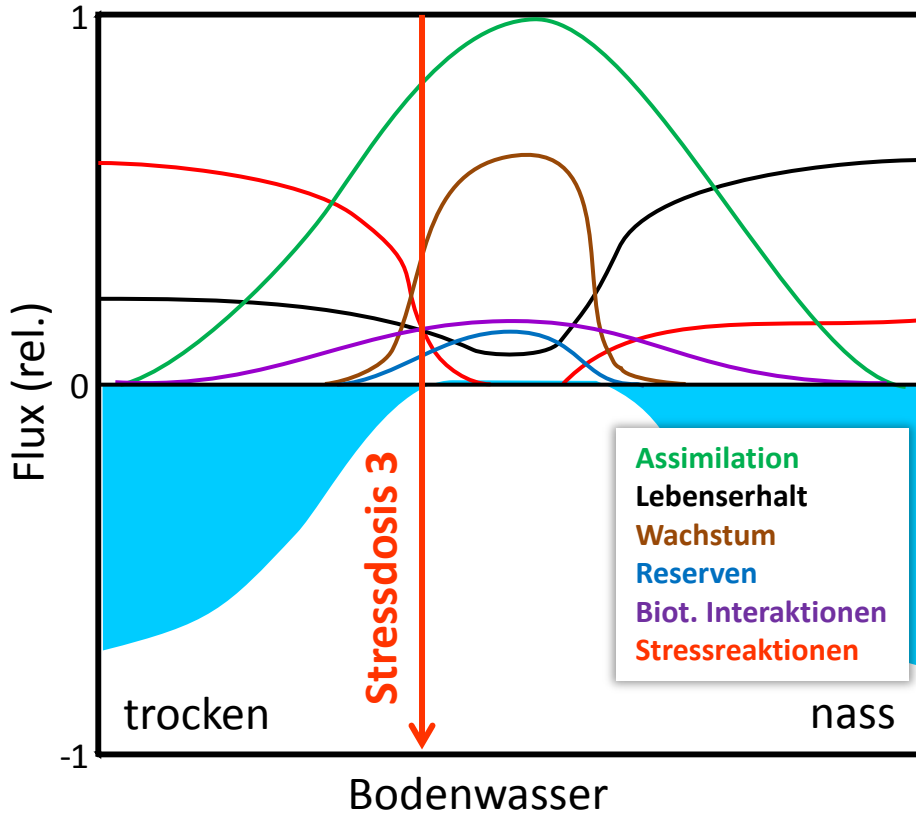
Geringe Stressintensität



Reservestoff-Bilanz  $\geq 0$



Mortalitätsrisiko  $\approx 0$



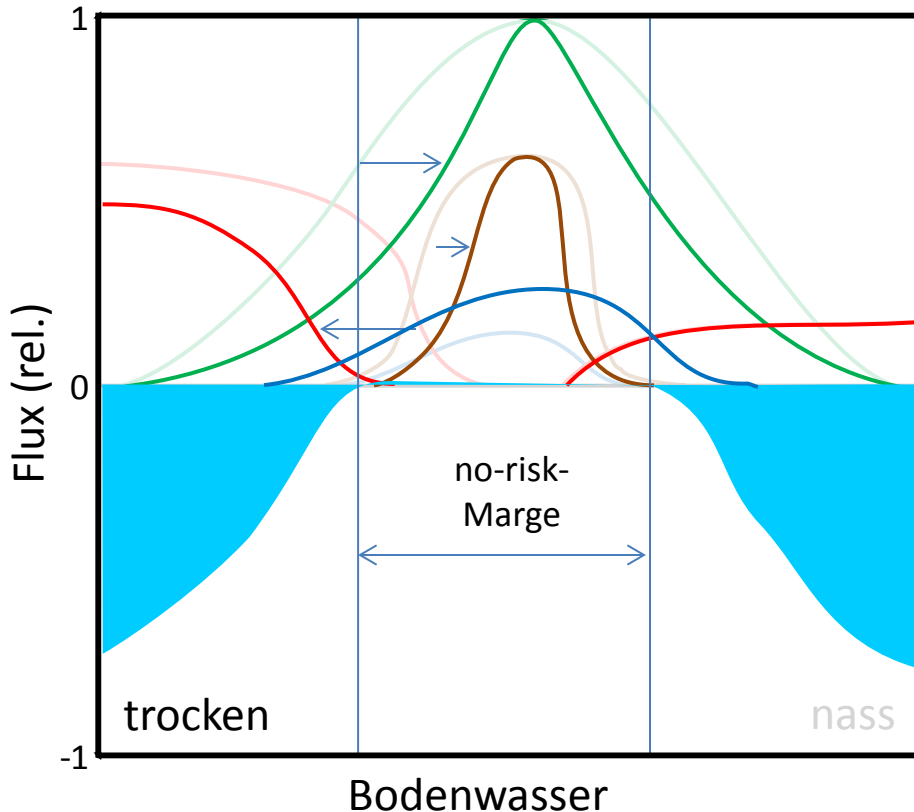


## Vitalitätsverlust ab welcher Stress-Schwelle? Abhängig von Stressdosis! Und von Reaktionstyp!

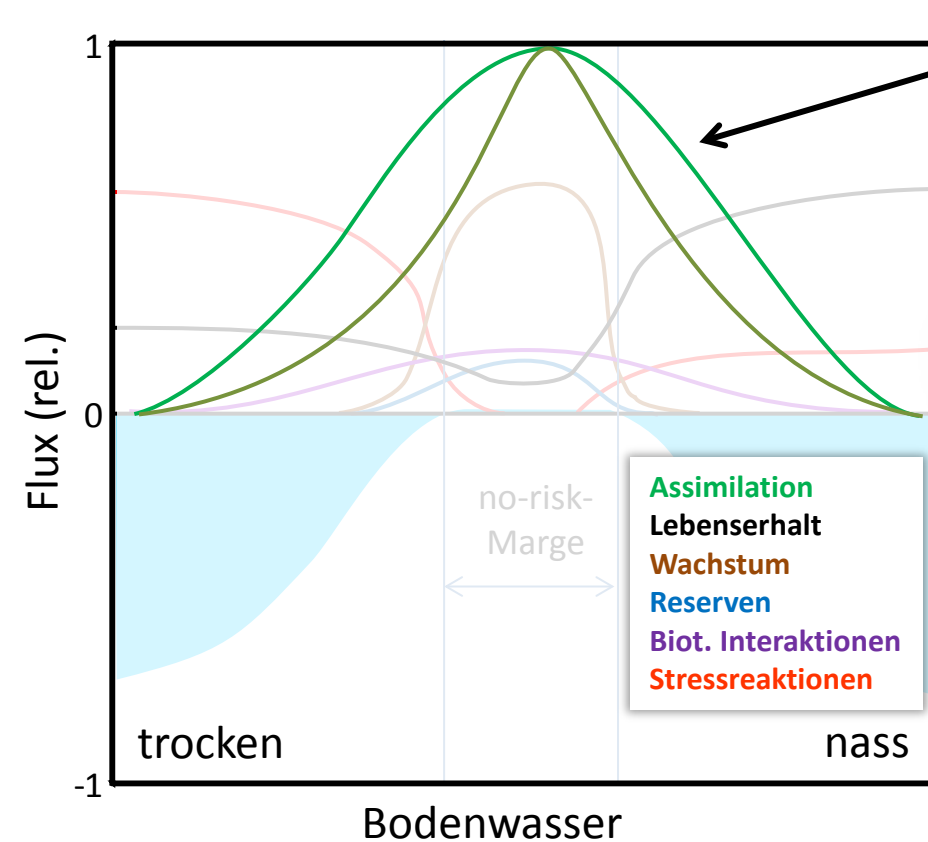


~~Einzelmessungen eines Zustandes~~

Erfassung von Reaktionstypen!



## Vitalitäts-Prognose? Erfassung von Reaktionstypen!



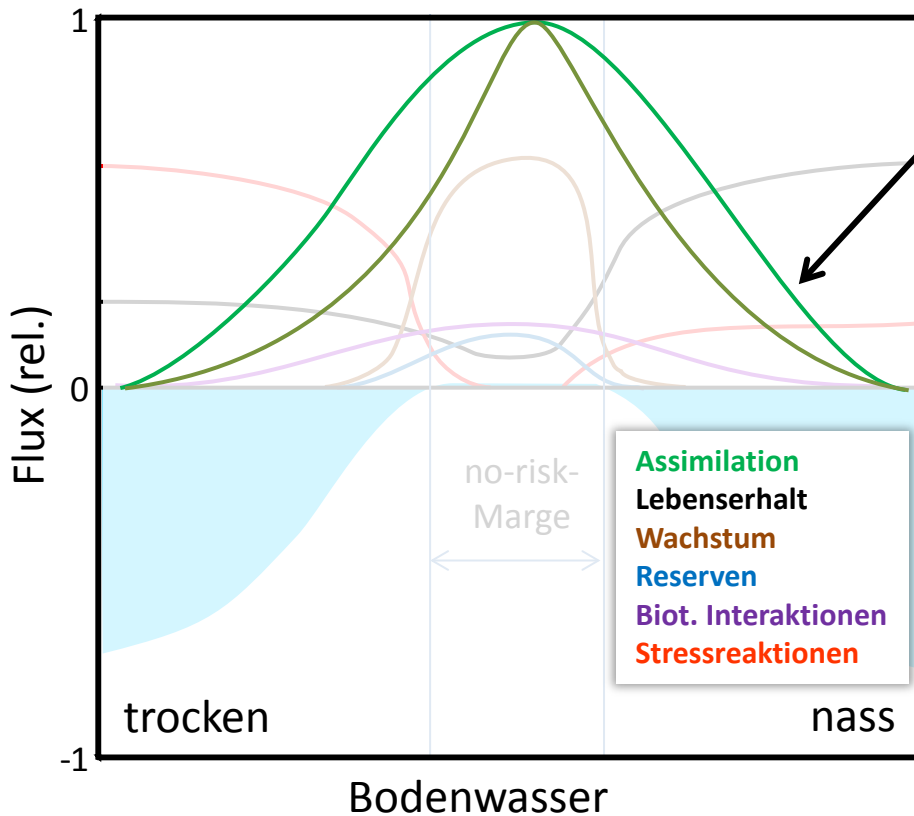
CO<sub>2</sub>-Gaswechsellmessungen



Licor Li-6400 xt

- wenige sehr genaue Messungen
- ziemlich unhandlich

## Vitalitäts-Prognose? Erfassung von Reaktionstypen!



### Chlorophyll-Fluoreszenzmessungen (indirekter Ansatz)

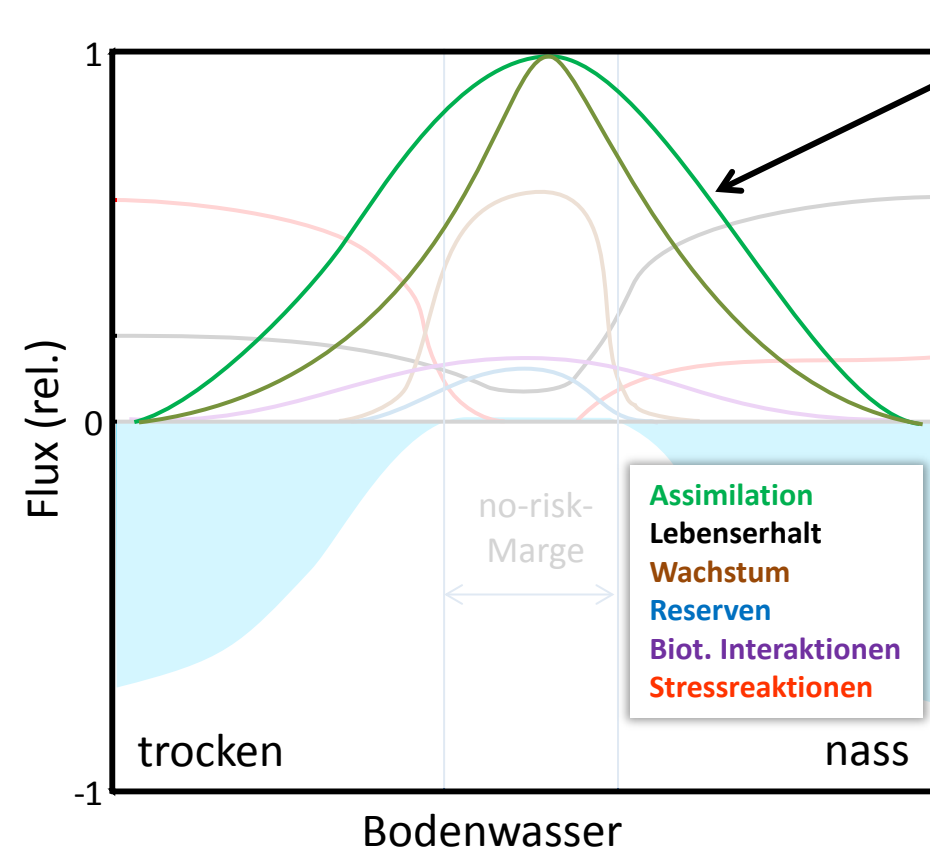


OptiScience OS 30p+

- viele Messungen
- handlich
- Erfassung der Intaktheit des Photosynthese-Apparates



## Vitalitäts-Prognose? Erfassung von Reaktionstypen!



Messung der Blattleitfähigkeit für H<sub>2</sub>O (CO<sub>2</sub>)  
(indirekter Ansatz)



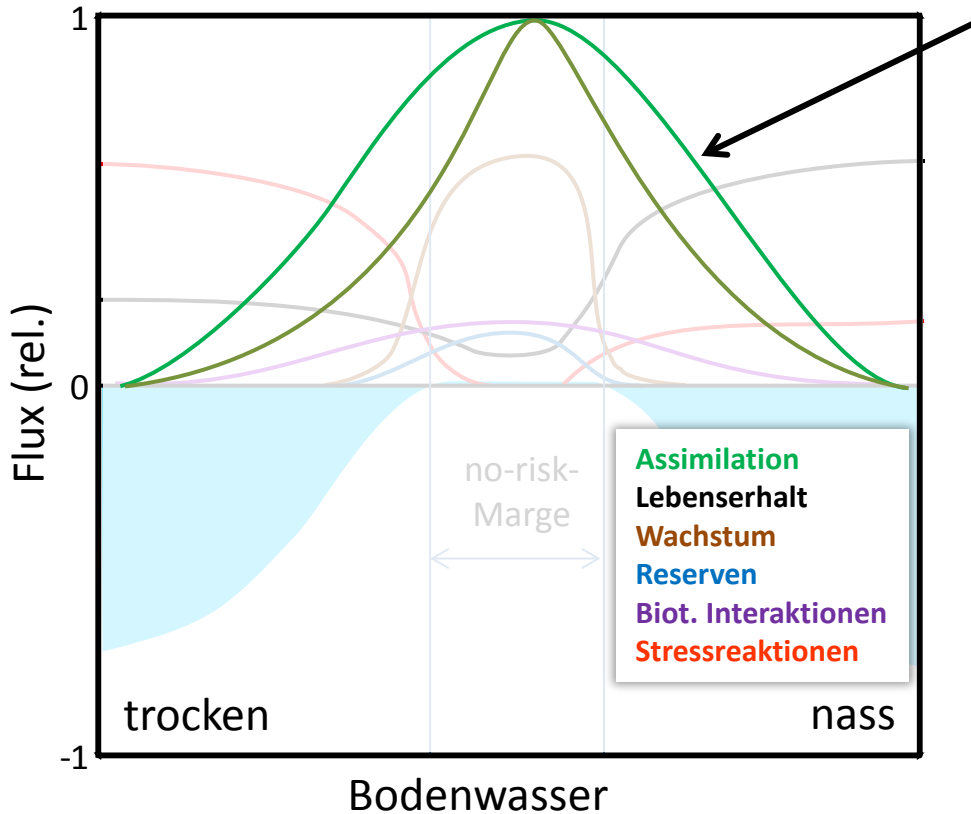
SC1 Decagon



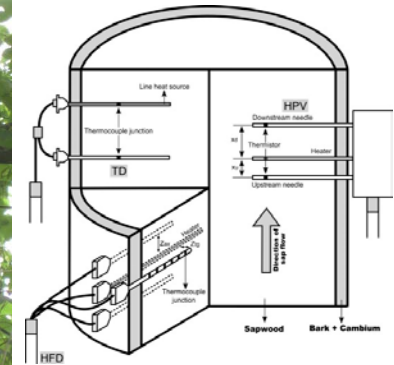
AP4 Delta-T

- einige bis viele Messungen
- relativ genau bis genau
- mehr oder weniger störanfällig
- sehr handlich bis relativ handlich

## Vitalitäts-Prognose? Erfassung von Reaktionstypen!



### Messung des Xylemflusses (indirekt-indirekter Ansatz)

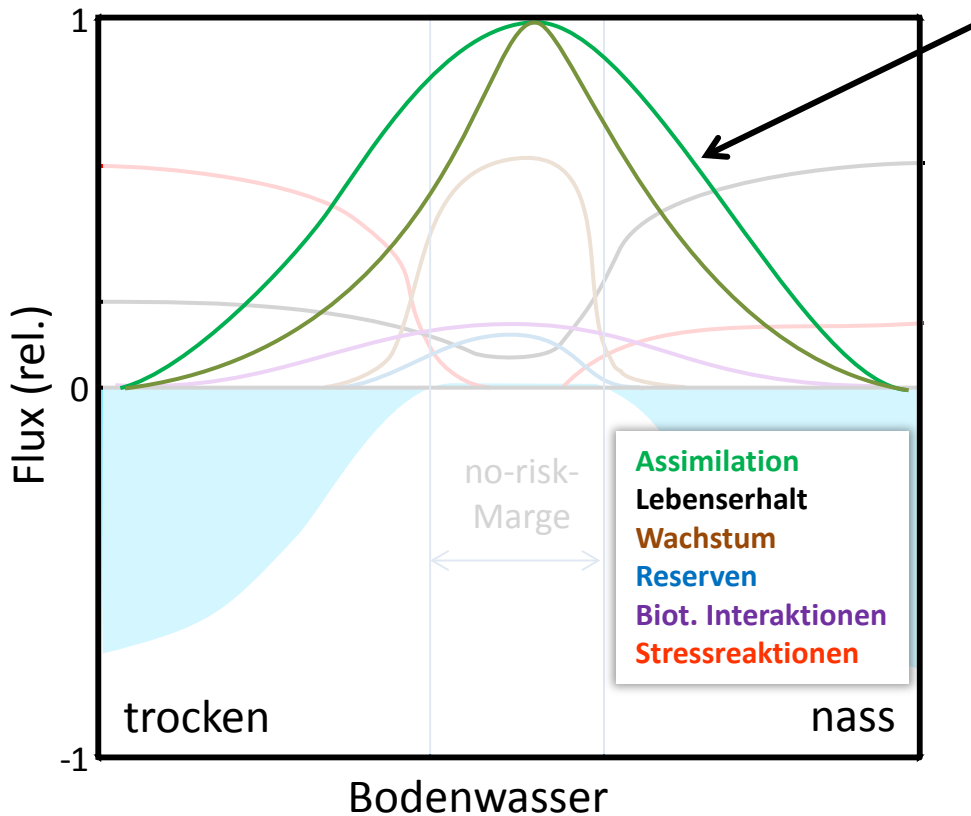


Source: Steppe et al. 2010  
Agric. For. Meteor. 150

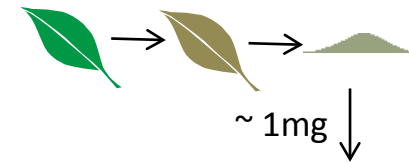
heat ratio / heat pulse / heat field deformation / Granier

- kontinuierliche Messungen
- aufwendige Installationen
- Auswertung nicht trivial

## Vitalitäts-Prognose? Erfassung von Reaktionstypen!



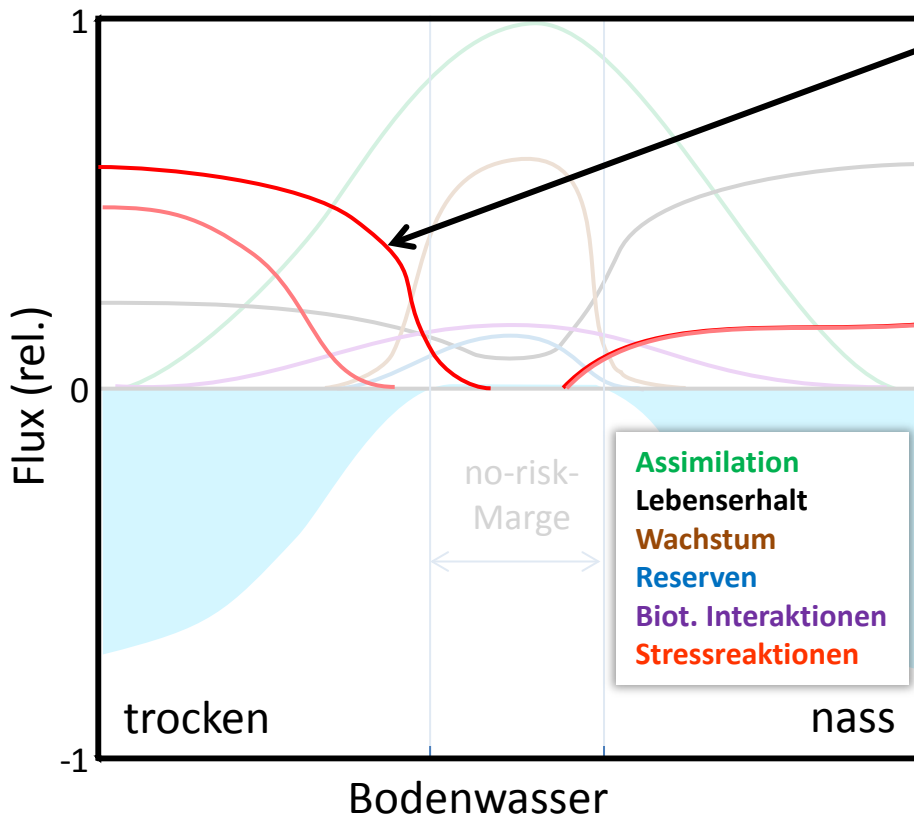
Messung  $^{13}\text{C}$  Isotope in Biomasse  
(indirekt-indirekt-integraler Ansatz)



Isotop-Verhältnis-Massenspektrometer

- beliebig viele Messungen
- approximativ

## Vitalitäts-Prognose? Erfassung von Reaktionstypen!



### Messung des Blattwasserpotenzials (indirekter Ansatz)

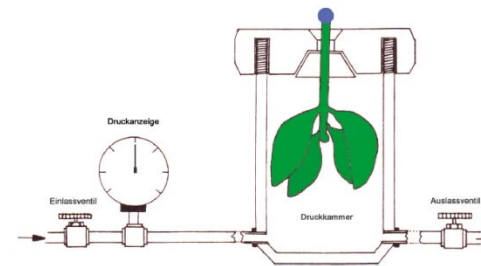
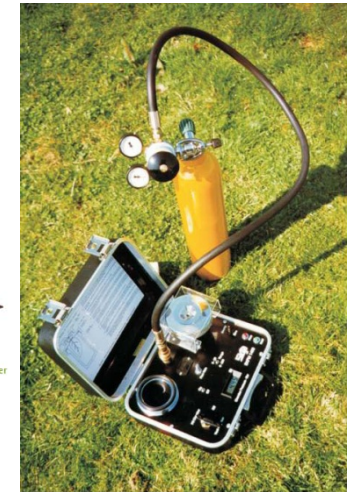


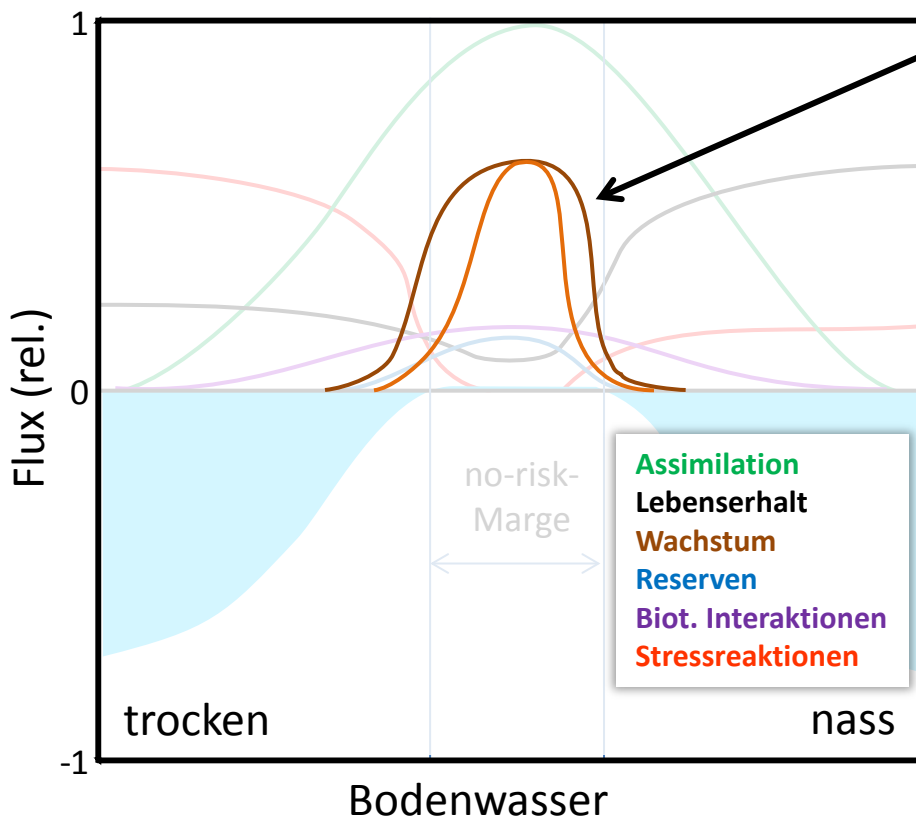
Abb. 32: Funktionsweise der Scholander-Bombe: Durch Pressluftzufuhr in die Druckkammer tritt Wasser auf der Schnittfläche des Pflanzenteils aus. Der entsprechende Wert des Innendrucks wird auf der Druckanzeige abgelesen.

Scholander Bombe

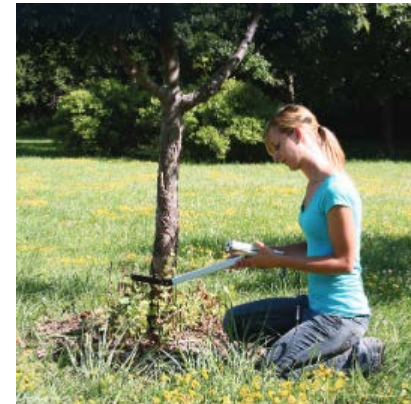


- sehr wenige Messungen
- unhandlich
- hohe Aussagekraft

## Vitalitäts-Prognose? Erfassung von Reaktionstypen!



### Messung des Blattflächenindex (indirekter Ansatz)



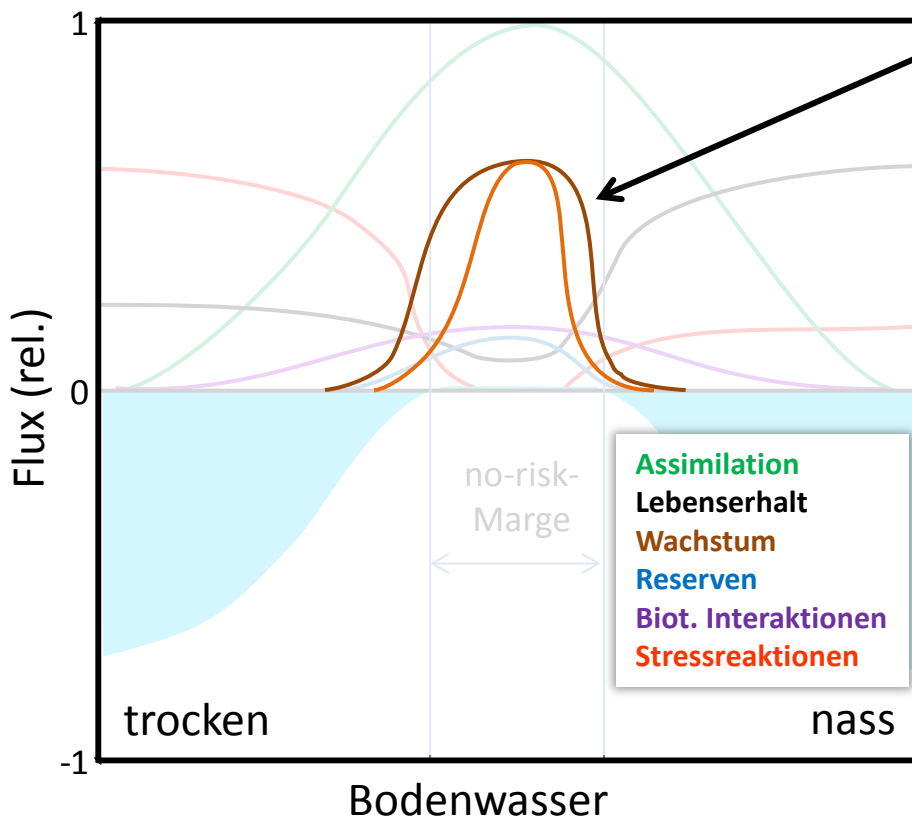
Licor Canopy Analyser



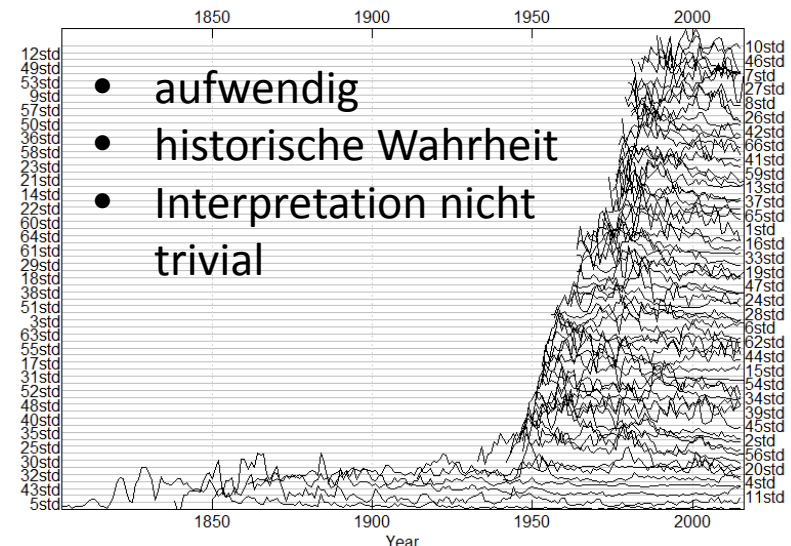
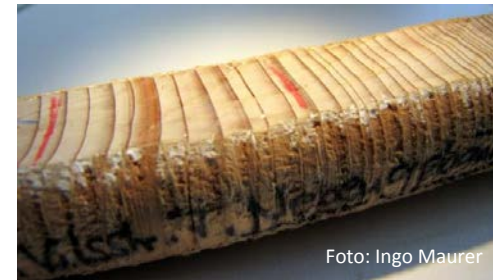
- viele Messungen
- handlich
- approximativ



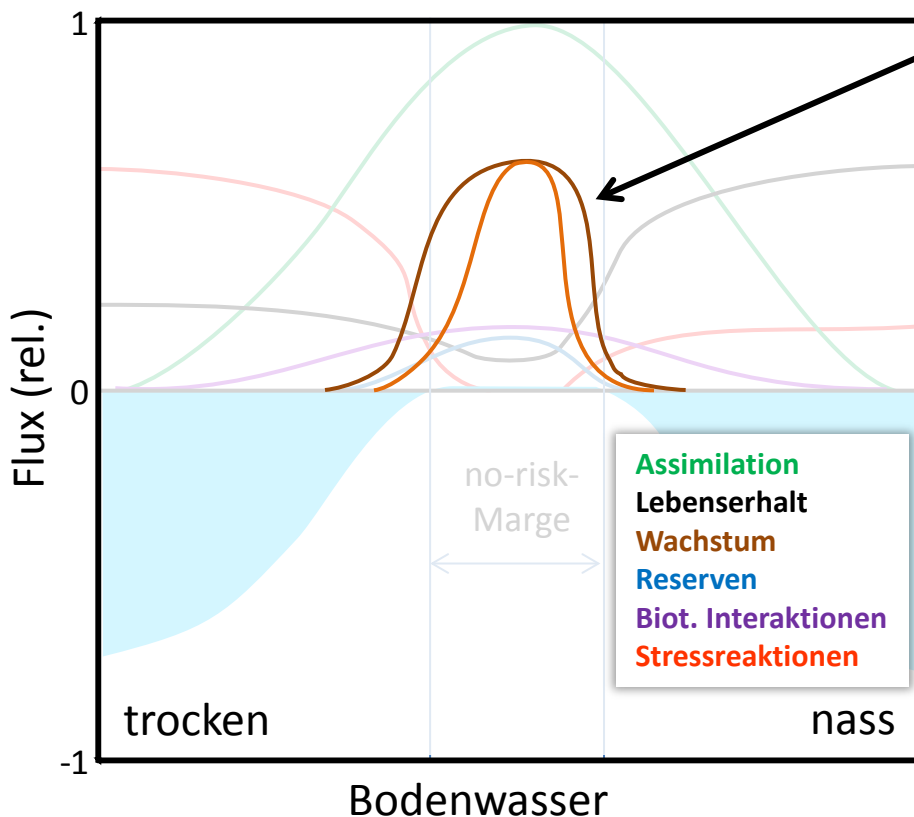
## Vitalitäts-Prognose? Erfassung von Reaktionstypen!



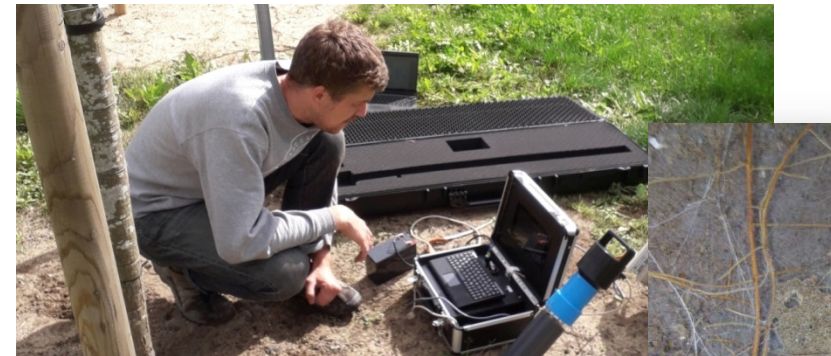
### Dendrochronologie (integraler Ansatz)



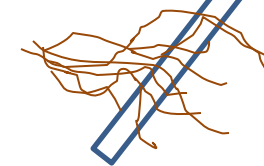
## Vitalitäts-Prognose? Erfassung von Reaktionstypen!



### Messung des Wurzelwachstums (direkter Ansatz)



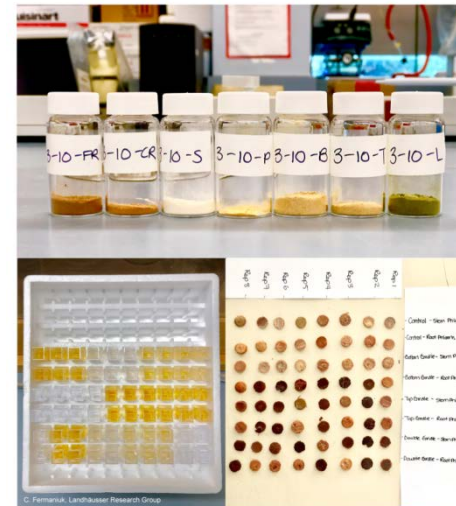
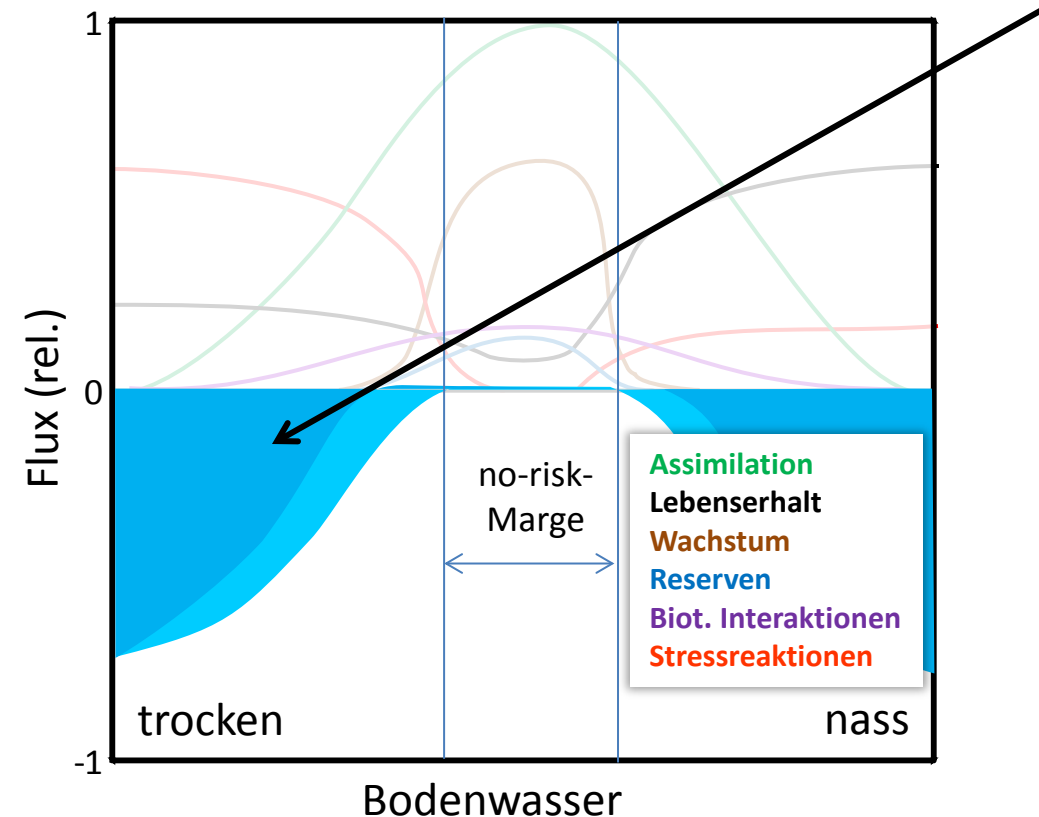
Rhizimon Rhizotron-Kamerasystem



- genaue Dokumentation
- Bildanalyse (noch) umständlich
- hohe Aussagekraft

## Vitalitäts-Prognose? Erfassung von Reaktionstypen!

### Messung der Reservestoff-Dynamik (direkter Ansatz)



NSC\*-Quantifizierung

- destruktiv
- hoher Laboraufwand
- hohe Aussagekraft

\*non structural carbon = Zucker und Stärke



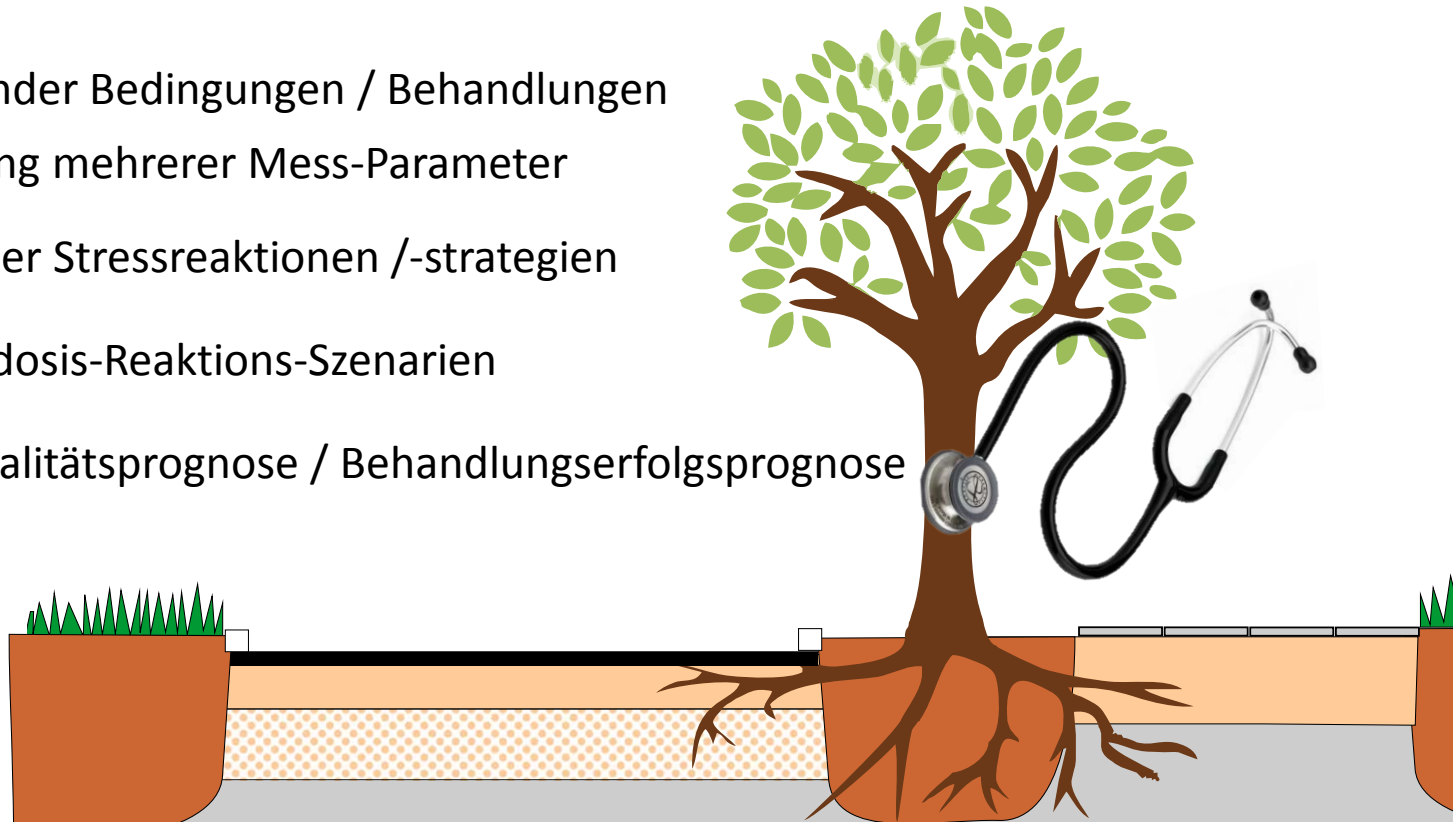
## Resümee:

- Punktuelle Messungen sind wenig aussagekräftig.
- Messungen eines Parameters sind wenig aussagekräftig.
- Aussagekraft gewinnt durch
  - Zeitreihen
  - kontrastierender Bedingungen / Behandlungen
  - Verschneidung mehrerer Mess-Parameter

➔ Erfassung der Stressreaktionen /-strategien

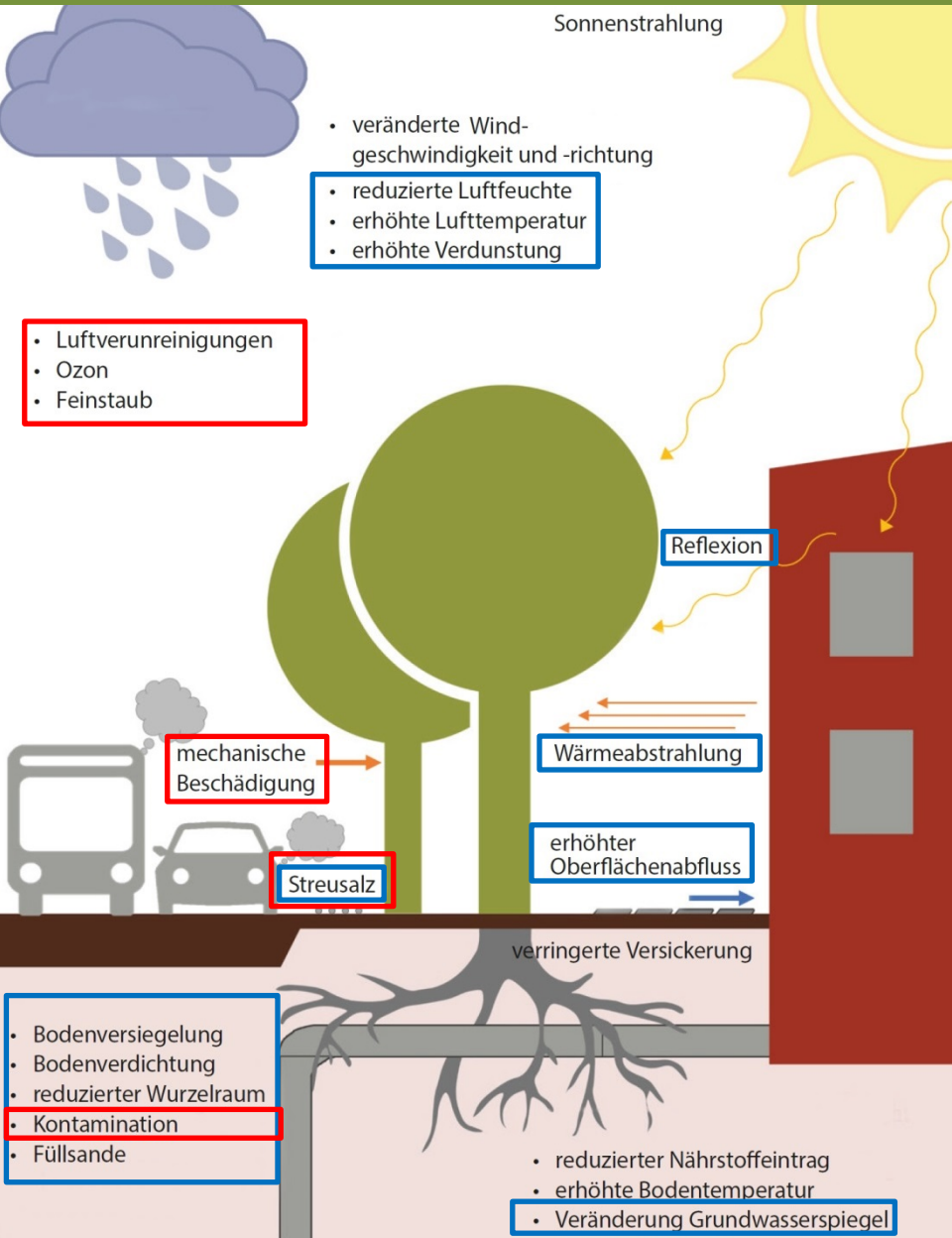
➔ Stressdosis-Reaktions-Szenarien

➔ Vitalitätsprognose / Behandlungserfolgsprognose





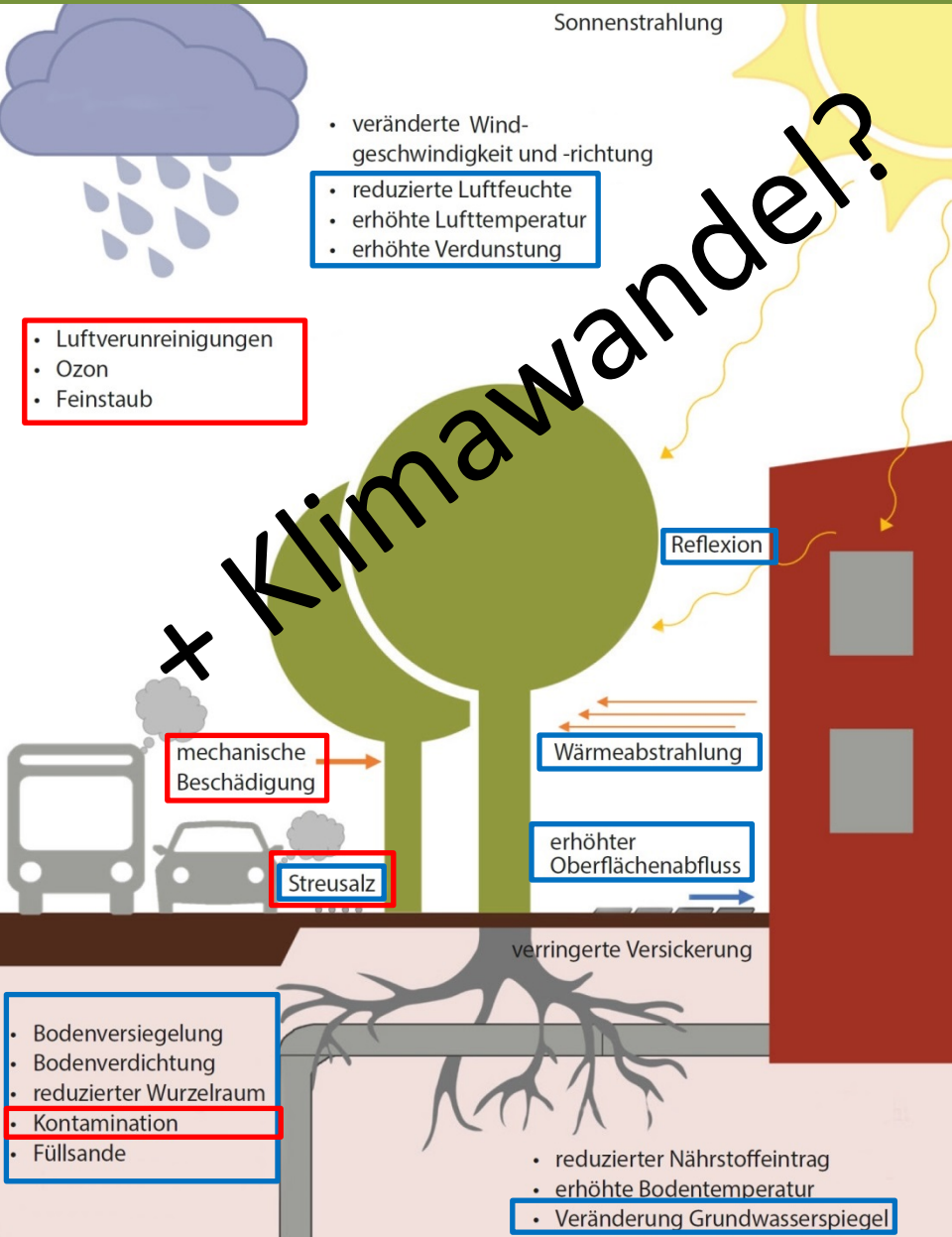




## Urbane Stressoren!

Unmittelbar schädigende Faktoren

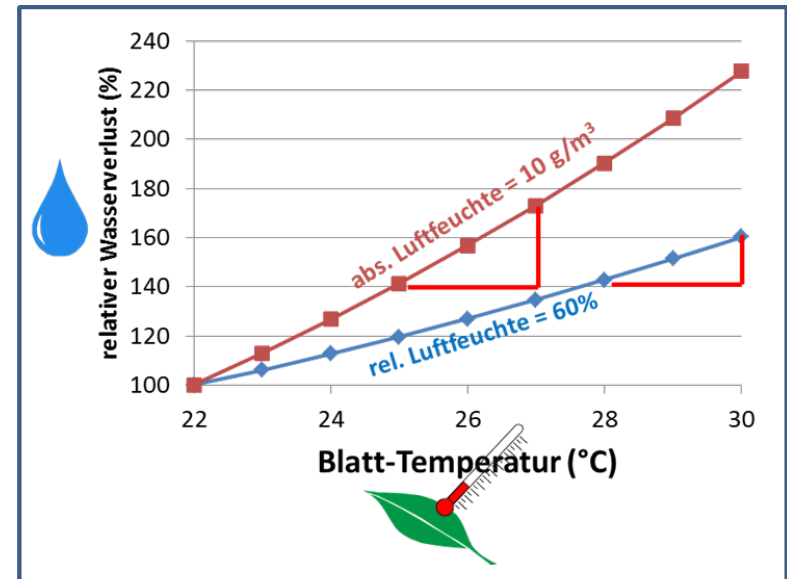
Faktoren des Wasserhaushaltes



## Urbane Stressoren!

Unmittelbar schädigende Faktoren

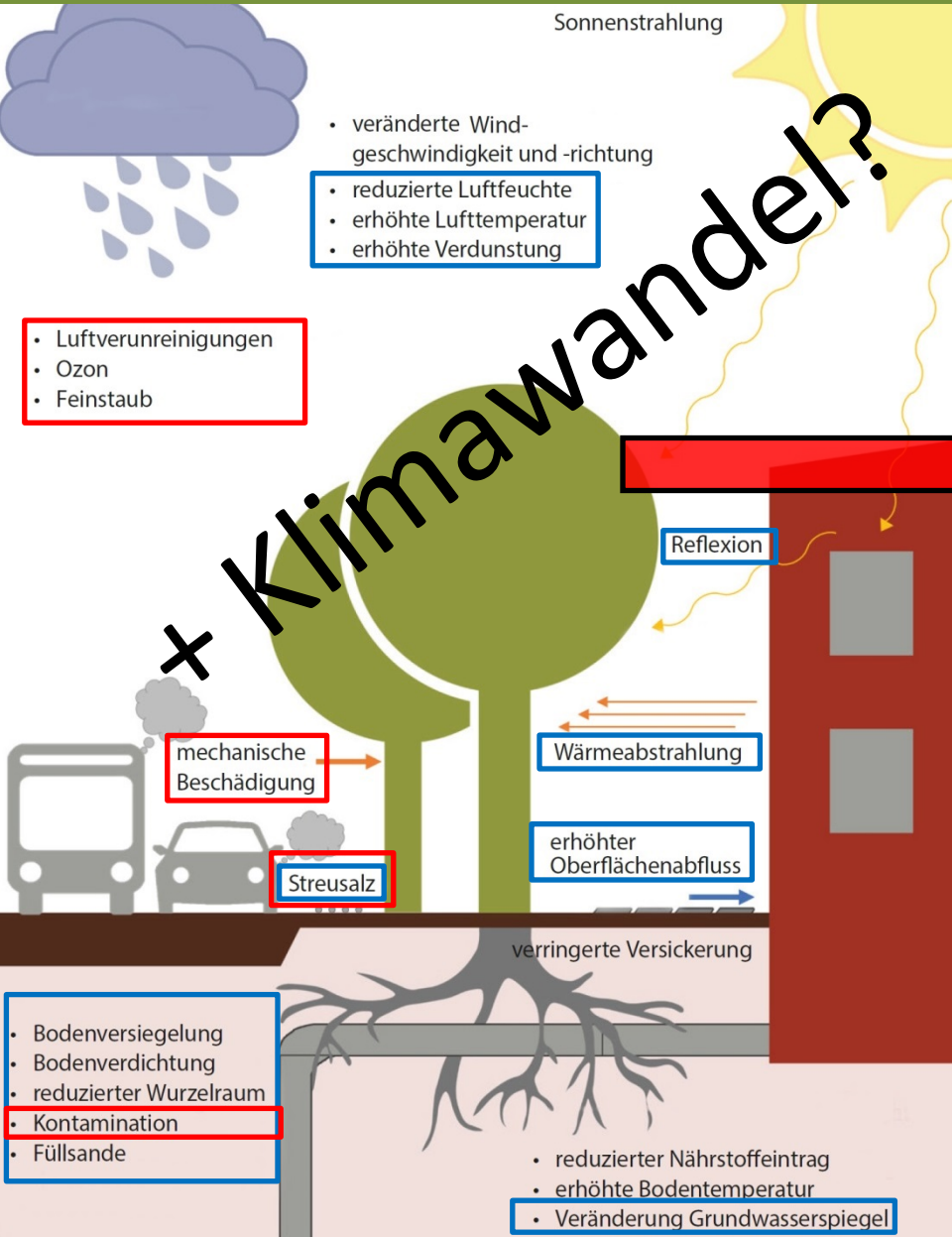
Faktoren des Wasserhaushaltes



**+2°C → 15-35% mehr Wasserverlust\***

\* bei  $\Delta T_{\text{Blatt-Luft}} = 2^\circ\text{C}$  + unveränderte Blatt-Leitfähigkeit





## Urbane Stressoren!

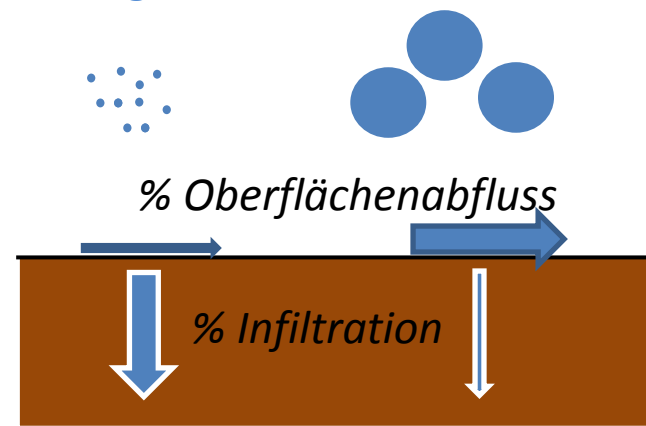
Unmittelbar schädigende Faktoren

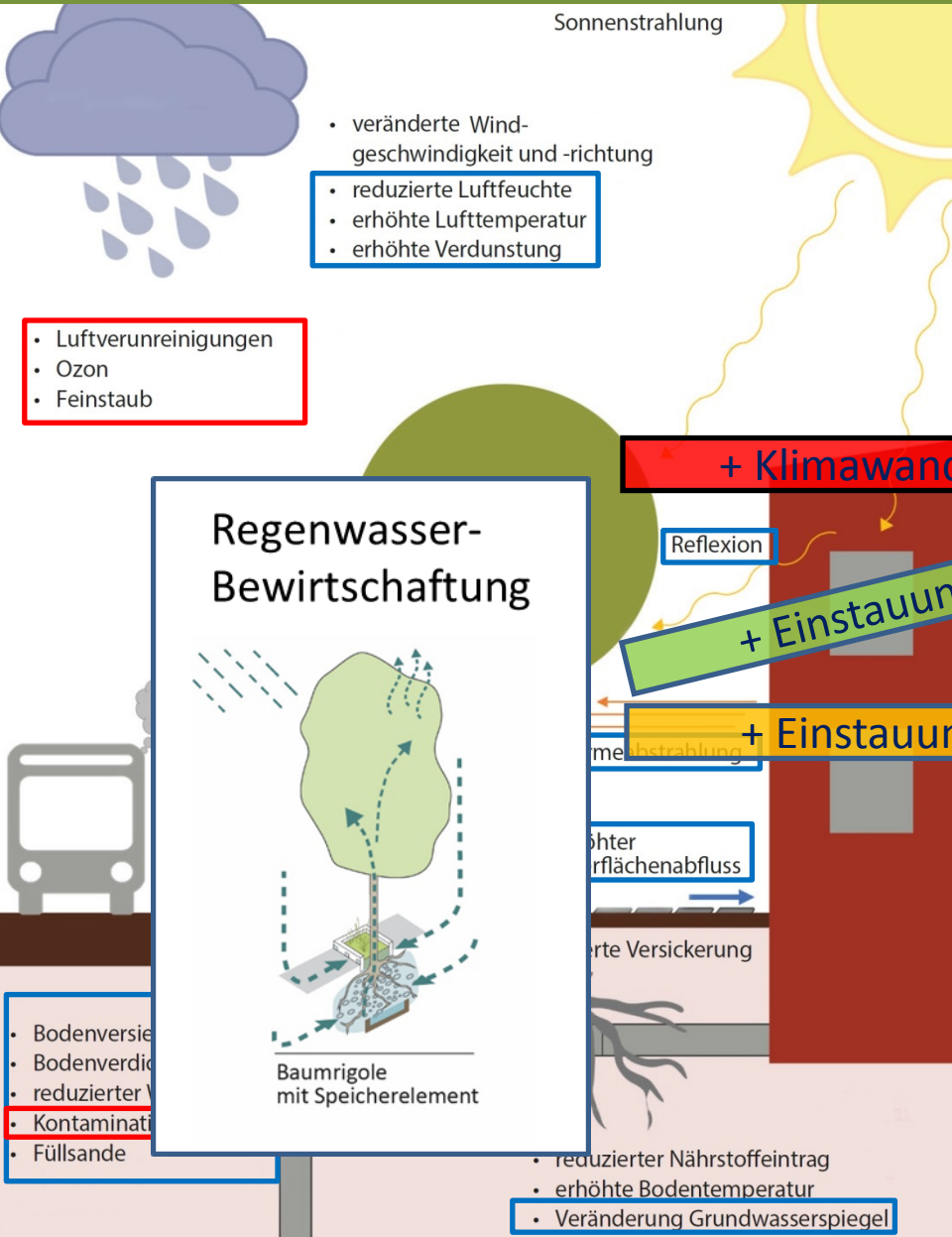
Faktoren des Wasserhaushaltes

Wassermangel

„Regen“

„Wolkenbruch“





## Urbane Stressoren!

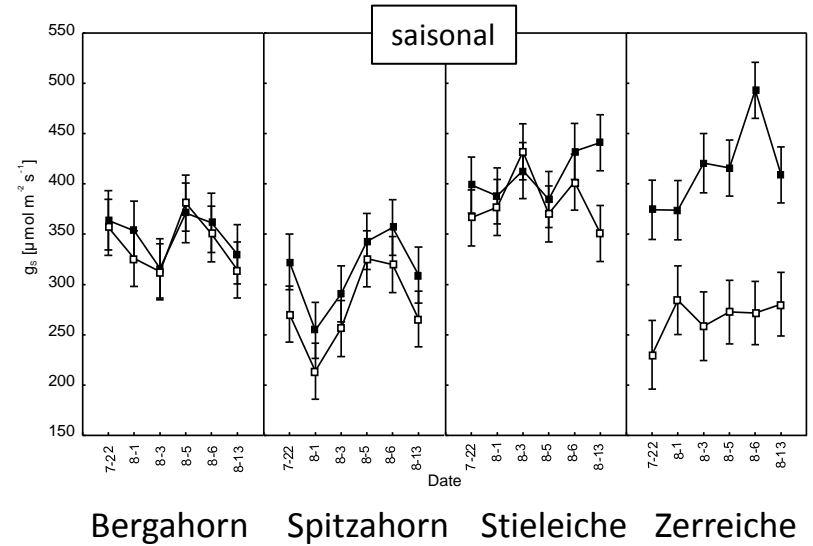
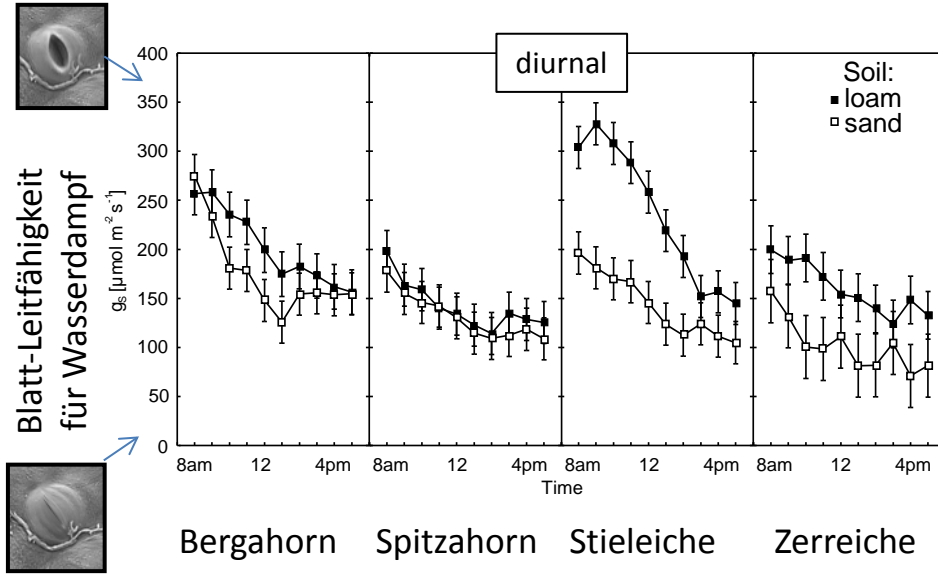
Unmittelbar schädigende Faktoren

Faktoren des Wasserhaushaltes

Wassermangel

Temporärer Sauerstoffmangel

### Reaktion der Spaltöffnungen





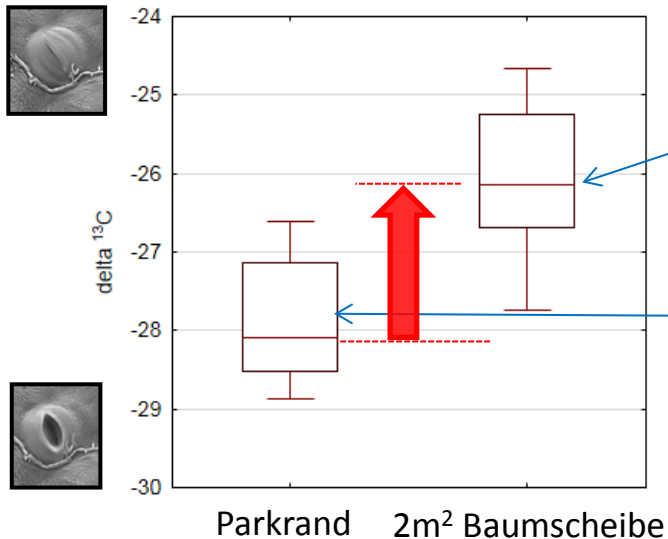
## Optimistisch vs. pessimistisch – was passiert in der Stadt?

Beispiel:  $\delta^{13}\text{C}$  in Blättern von Bäumen an Straßenstandorten

Zerreiche, *Quercus cerris*

Neupflanzung 2016, Beprobung Sept. 2016

„**pessimistische**“ Reaktion auf Standort



 geeignete Reaktion auf Standort (?)

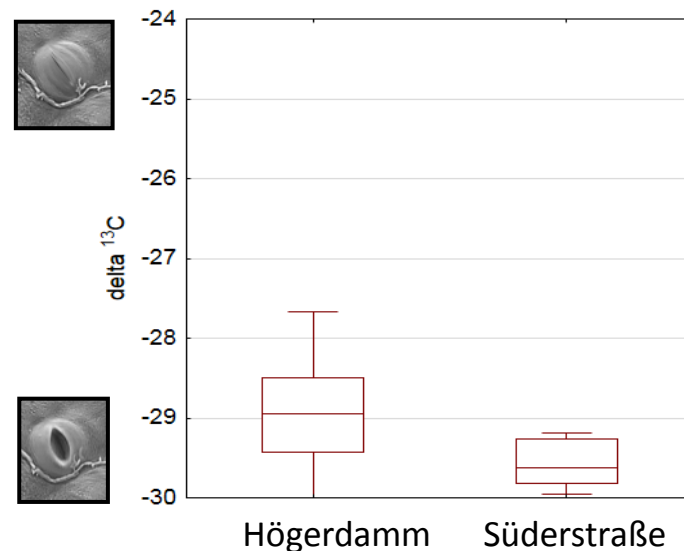
## Optimistisch vs. pessimistisch – was passiert in der Stadt?

Beispiel:  $\delta^{13}\text{C}$  in Blättern von Bäumen an Straßenstandorten



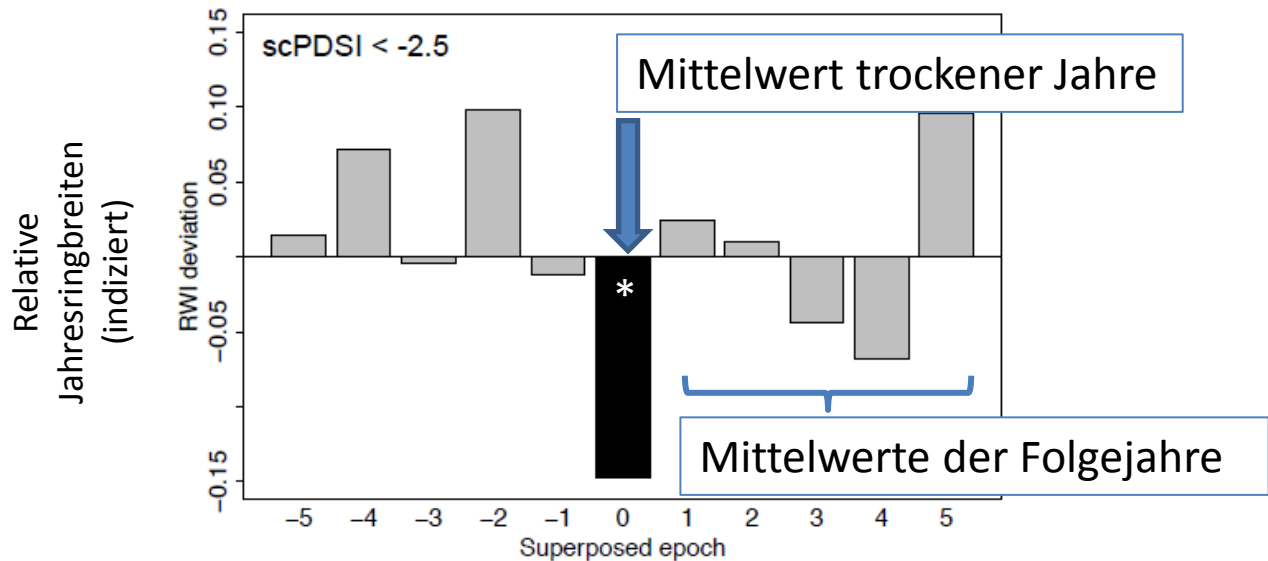
**Bergahorn, *Acer pseudoplatanus***  
Neupflanzung 2006, Beprobung Sept. 2016

kaum Reaktion auf Standort



## Optimistisch vs. pessimistisch – was ist besser in der Stadt?

Pessimist: Gewöhnliche Robinie (Scheinakazie; *Robinia pseudoacacia*) in Hamburg



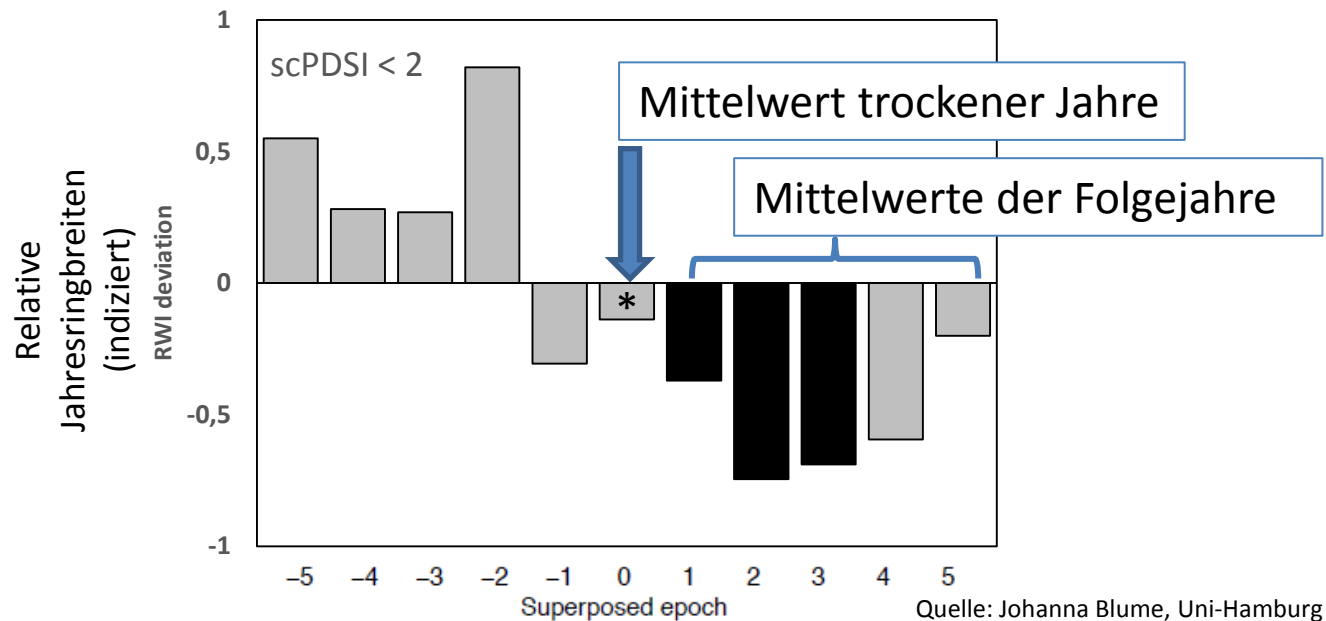
Quelle: Annika Friese, Uni-Hamburg (2016)

- **Robinien:** starke Reaktion Trockenheit; vollständige Erholung im Folgejahr! – **Hohe Resilienz**

Reservestoff-Balance → Erholung von Stressor = Resilienz

## Optimistisch vs. pessimistisch – was ist besser in der Stadt?

Optimist: Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) in Hamburg

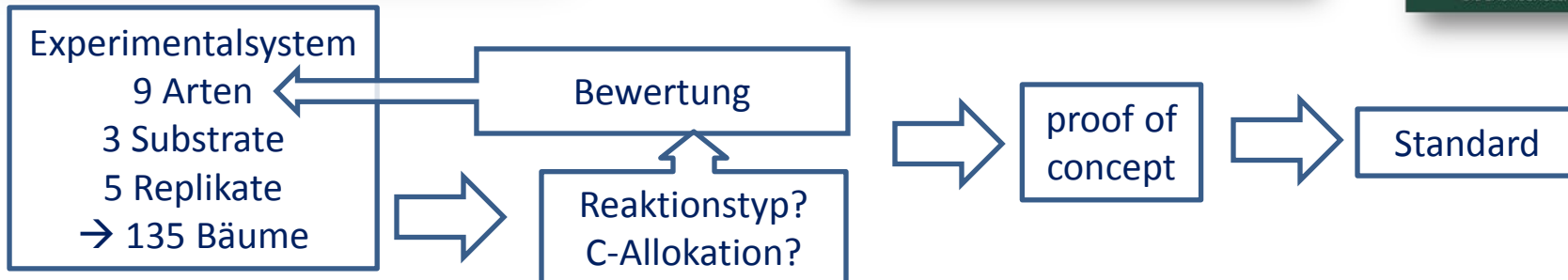


• Robinien: starke Reaktion Trockenheit; vollständige Erholung im Folgejahr! – Hohe Resilienz

• Bergahorn keine Reaktion auf Trockenheit; negative Nachwirkung in Folgejahren! – Geringe Resilienz



optimistisch vs. pessimistisch; reaktiv vs. proaktiv → Resilienz



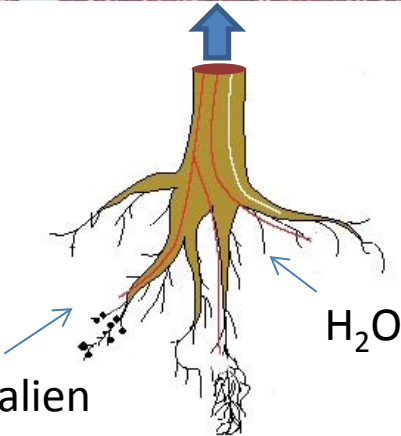
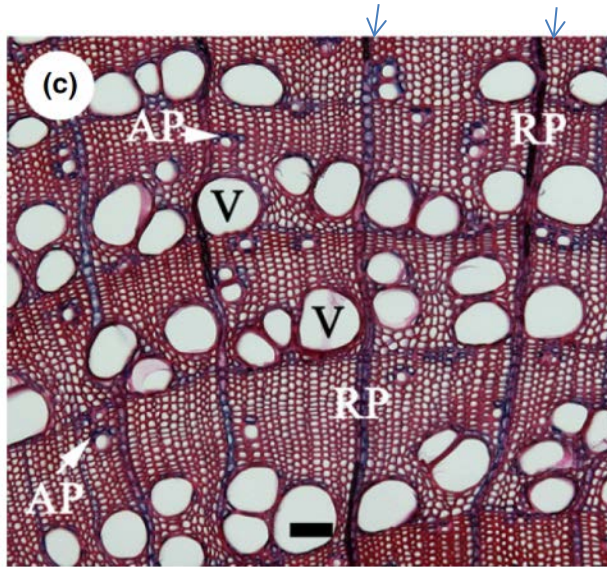
## Die Pflanze als Überlebens-Strategie



**Stressreaktion:**  
Energie und Substanz  
fließen in Richtung  
**Lebenserhaltung =  
Todesvermeidung**

- Gegenmaßnahmen
- Schutz
- Reparatur

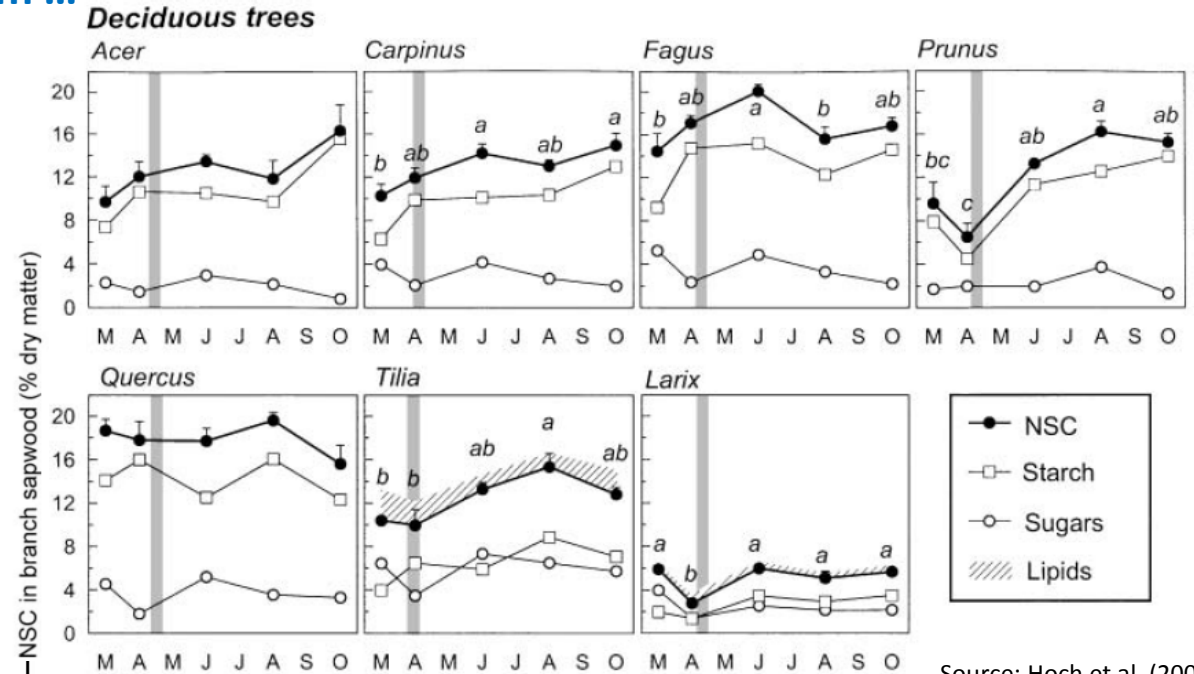
### Reservestoffe im Holzparenchym ...



Current Opinion in Plant Biology

*Fraxinus excelsior*. Source: Morris et al. (2016)

v.a. Stärke und Zucker



Source: Hoch et al. (2003)

... machen 5-20% der Splintholzmasse aus!