

Fragen

- Was sind Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Magnesium und Calcium?
- Was passiert mit K das auf einem Boden mit hohem Gehalt an Dreischichtmineralen freigesetzt wird?
- Bei welchem pH-Wert ist die Verfügbarkeit der Makronährelemente gering?
- Was löst Mg Mangel aus und woran erkennt man ihn bei Pflanzen?



Nutrient deficiencies
Acidification

Precautions with deficiency symptoms

1. Many symptoms appear similar (e.g. N and S)
2. Multiple deficiencies / toxicities can occur at the same time
3. Pseudo deficiency symptoms
4. Field symptoms appear different than „ideal“ symptoms
5. Hidden hunger

Identifying nutrient deficiencies

1. Reduced growth
2. Chlorosis and Nekrosis
3. Where do they occur?
 1. e.g. Only interveinal
 2. mobile or immobile nutrient within the plant:
mobile: N, P, K, Cl, Mg, Mo
immobile: S, Ca, B, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn

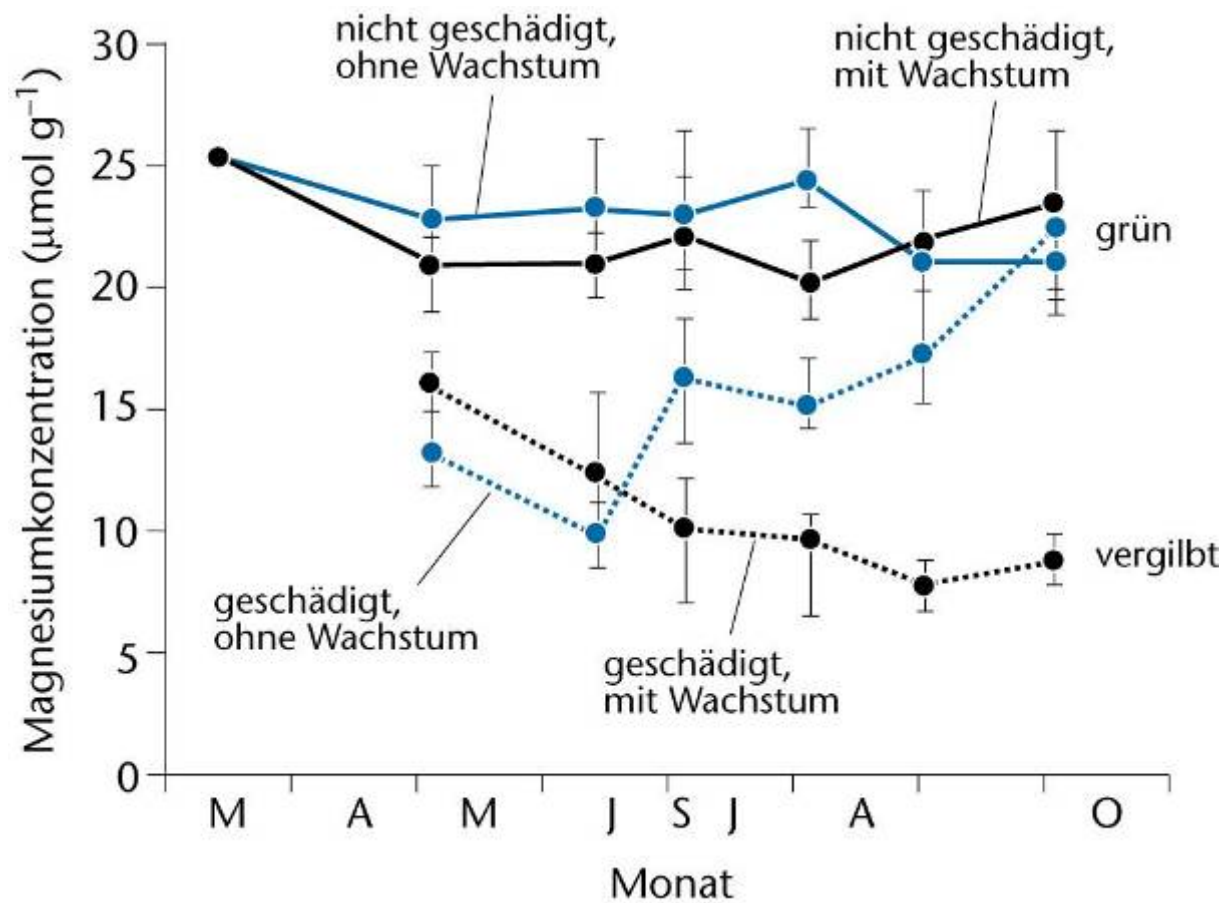


Mg-Deficiency



Fe-Deficiency

Mg deficiency in spruce trees



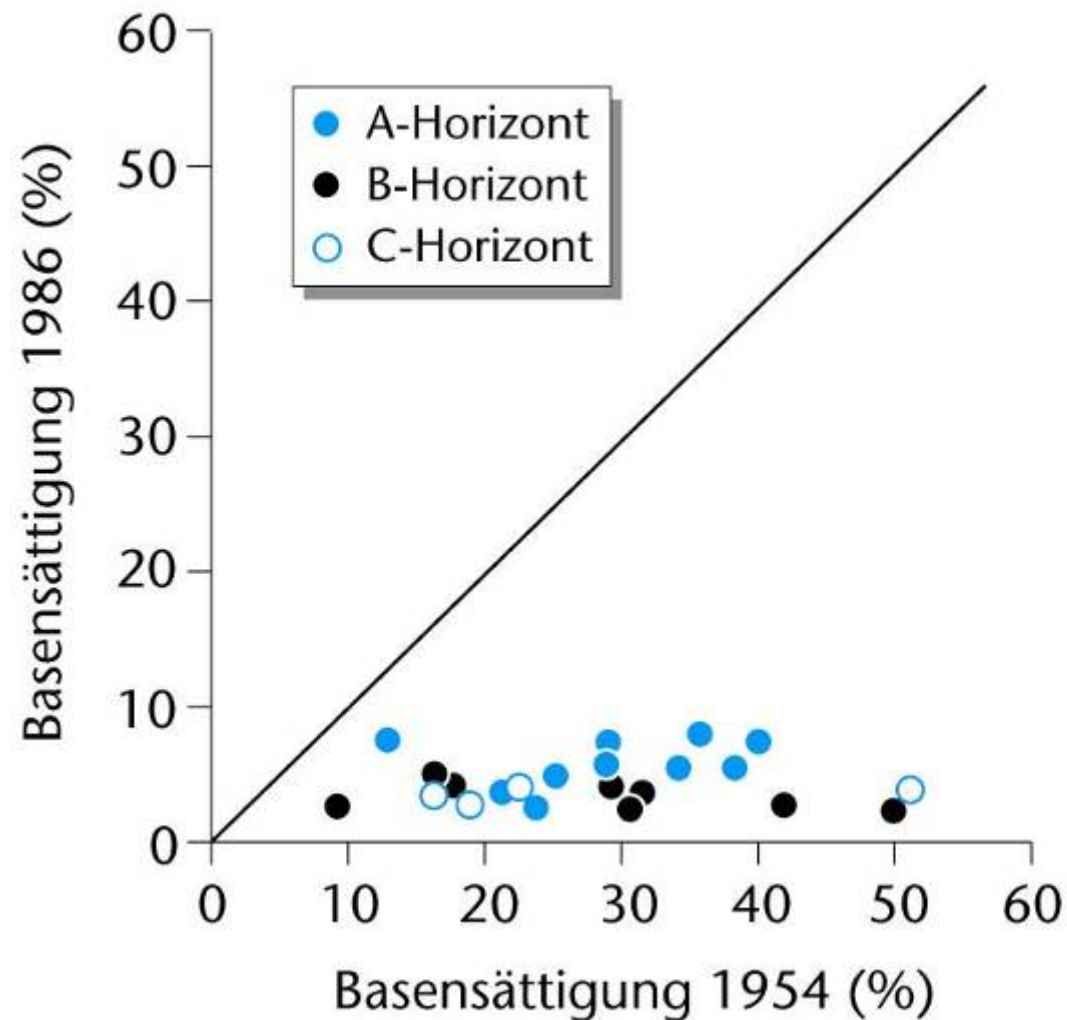
Versuch: bei geschädigten und ungeschädigten Seitenzweigen Entfernen der Knospe, damit kein Wachstum mehr

geschädigte ohne Knospe zeigen Anstieg der Mg-Konzentration und sind am Ende des Jahres grün

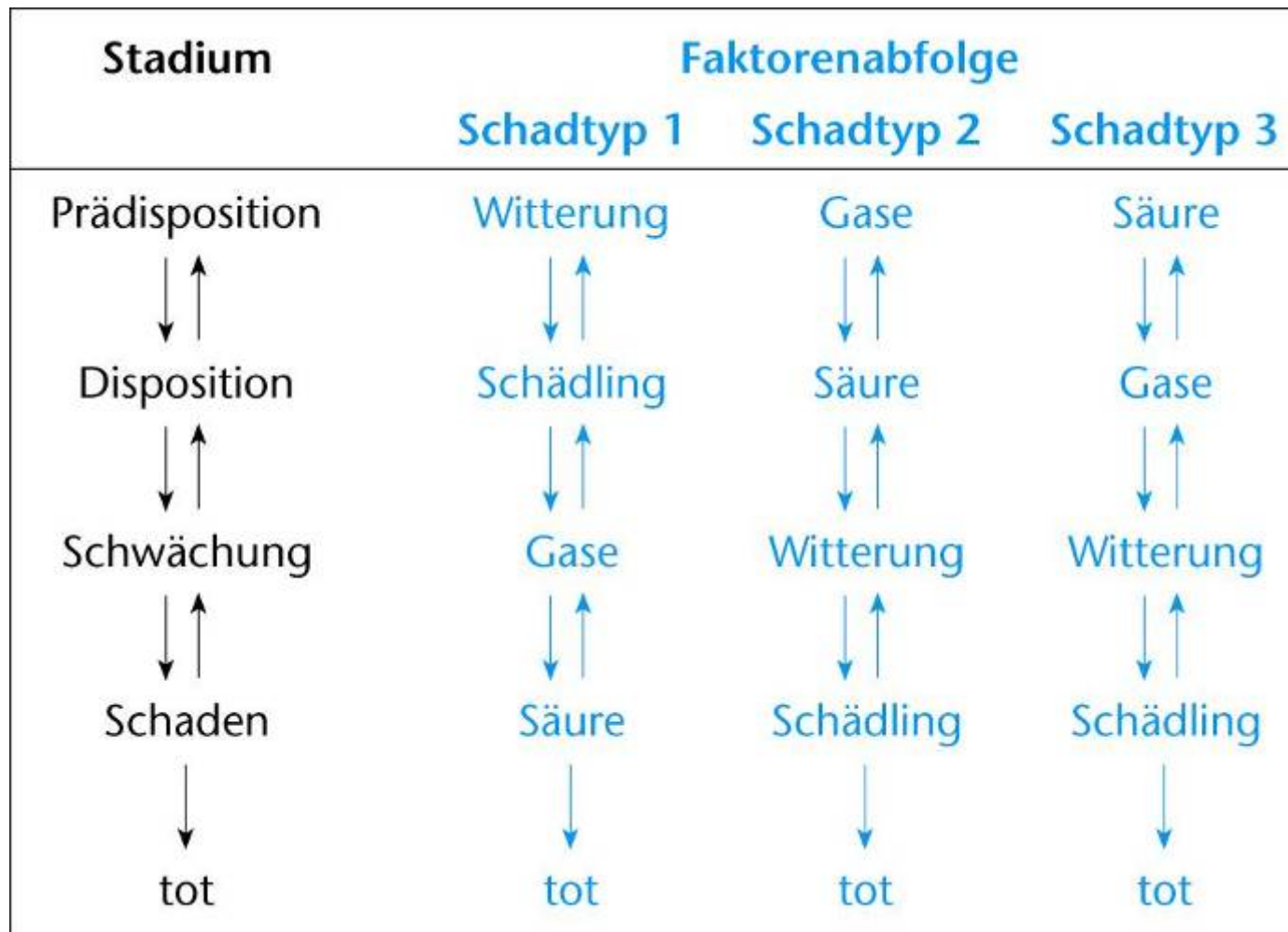
Beweis: Vergilbung der Fichte auf Silikat ist nicht direkte Folge von SO₂, sondern entsteht durch Wechselwirkung von Wachstum und Mg-Verlagerung

Change in the base saturation following acid rain

Hainsimsen-Buchenwälder auf
lössbeeinflusstem Buntsandstein in Niedersachsen



Different combinations of factors can cause „Waldsterben“



Fragen zu Nährstoffmangel

- Was ist bei der Beurteilung von Nährstoffmangelsymptomen zu beachten?
- Wie kann man Waldsterben erklären?

The background of the slide is a close-up photograph of parched, cracked soil. The cracks are irregular and form a complex, interconnected network across the entire surface, creating a mosaic of polygonal shapes. The soil is a dark, muted brown color, and the lighting highlights the texture and depth of the fissures.

Temperature and water influences on turnover of organic carbon

12.6.2008

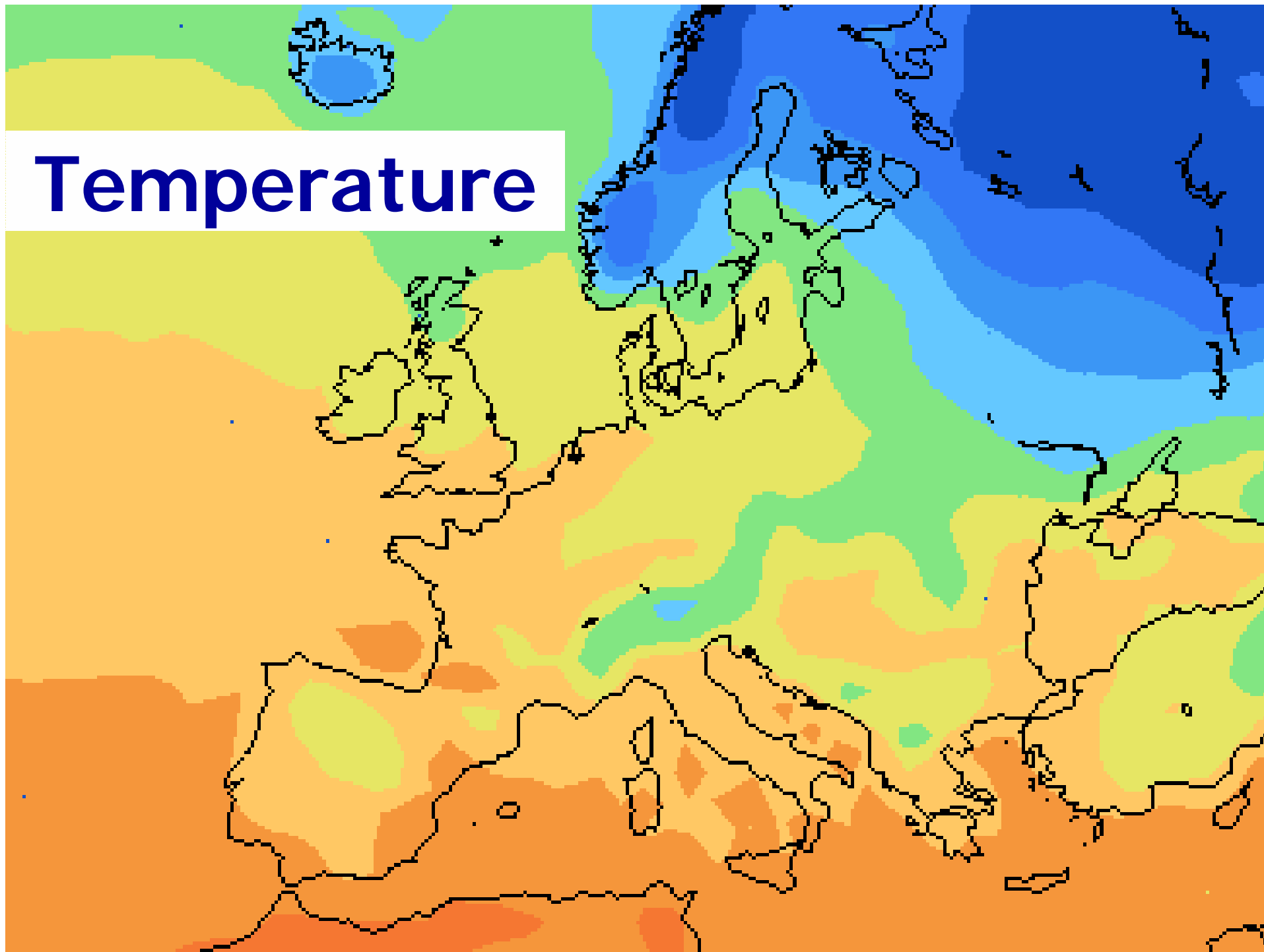
Contents

- Temperature effects on biological reactions
 - photosynthesis
 - heterotrophic respiration

Water effects

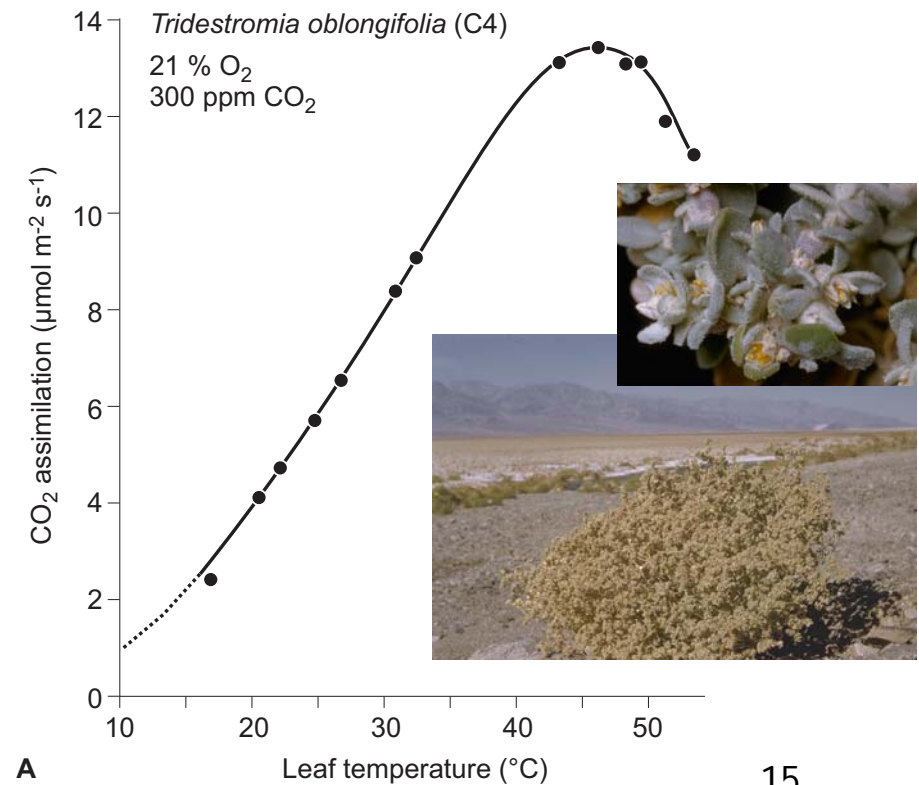
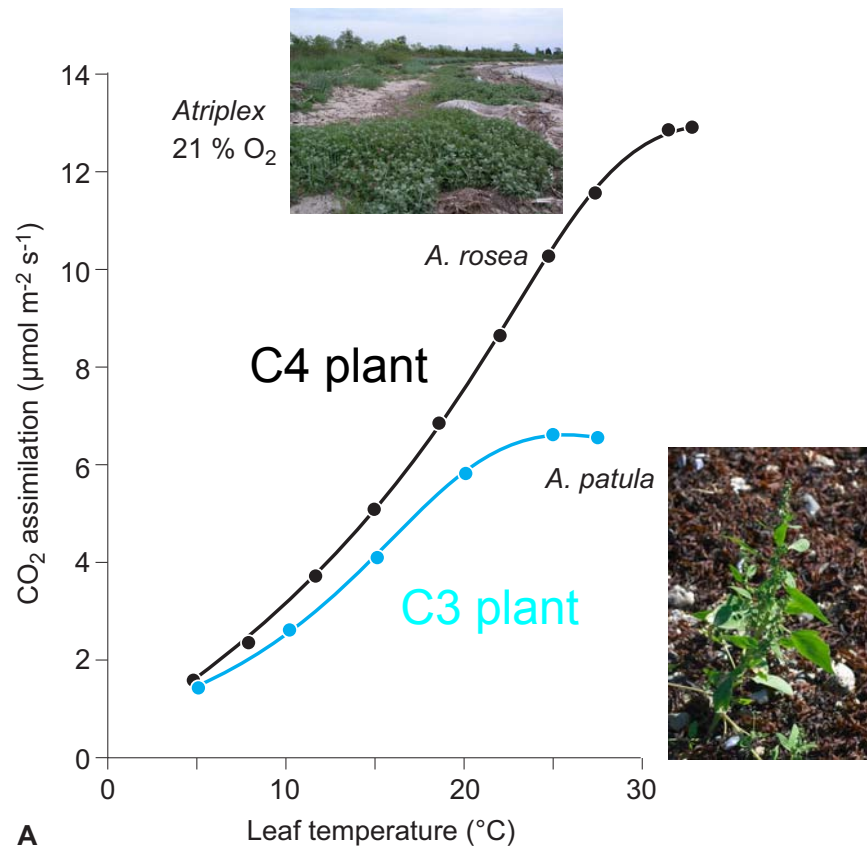
- Global water cycle
 - Soil water
- Drought effects on biological reactions
 - photosynthesis
 - heterotrophic respiration
- Combined temperature/water effects
- Water logging and anaerobiosis

Temperature



Temperature response of photosynthesis

- C assimilation: saturation / drop at high T
- optimum T and maximum assimilation: species and season specific

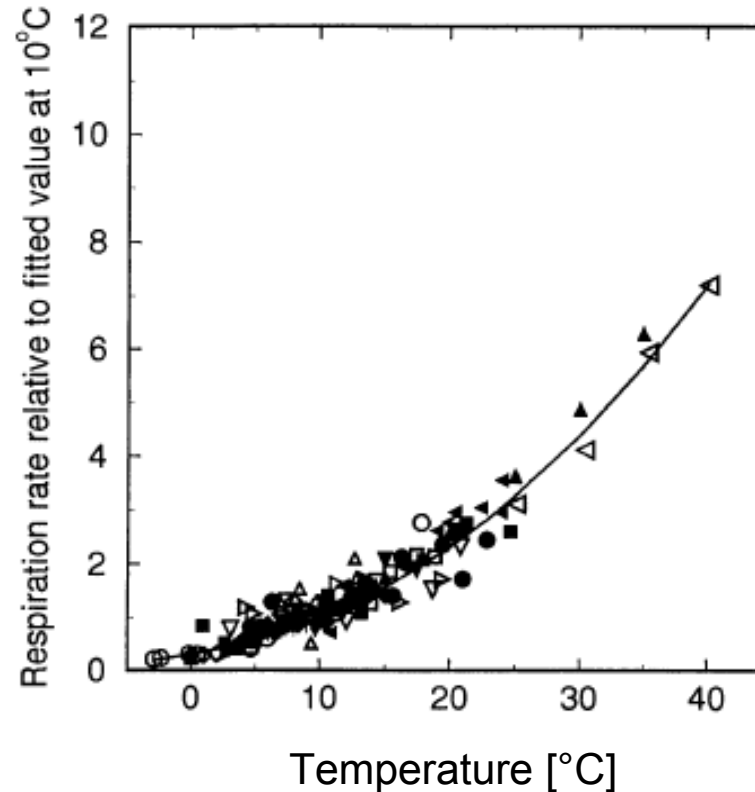


Temperature response of respiration

- Exponential growth
- Typical for many biological reactions

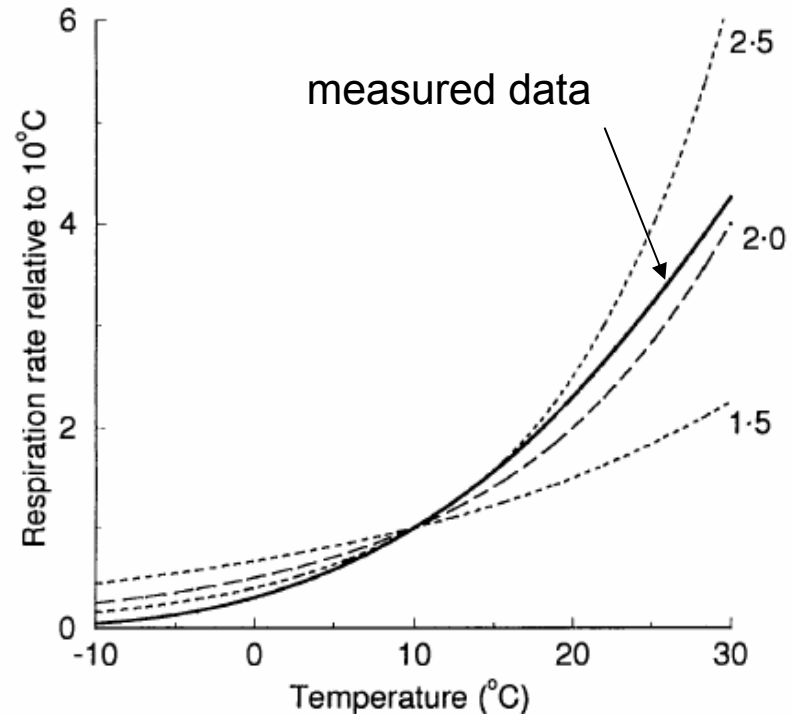
$$R = Ae^{\frac{-E_0}{(T - T_0)}}$$

R respiration [$\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$]
 A data set dependent variable
 E_0 constant activation energy [K]
 T temperature [K]
 T_0 227.13 K



Temperature response of respiration

- Concept of Q_{10}
= relative increase in reaction rate at temperature increase of 10°C (often relative to reaction rate at $T = 10^\circ\text{C}$)
- typical global average $Q_{10} = 2$
= doubling of reaction rate every 10°C



$$R = R_{10}e^{E_0\left(\frac{1}{283.15-T_0} - \frac{1}{T-T_0}\right)} = R_{10}e^{308.56\left(\frac{1}{56.02} - \frac{1}{T-227.13}\right)}$$

Temperature response of respiration

- Simplified general equation of Q_{10}

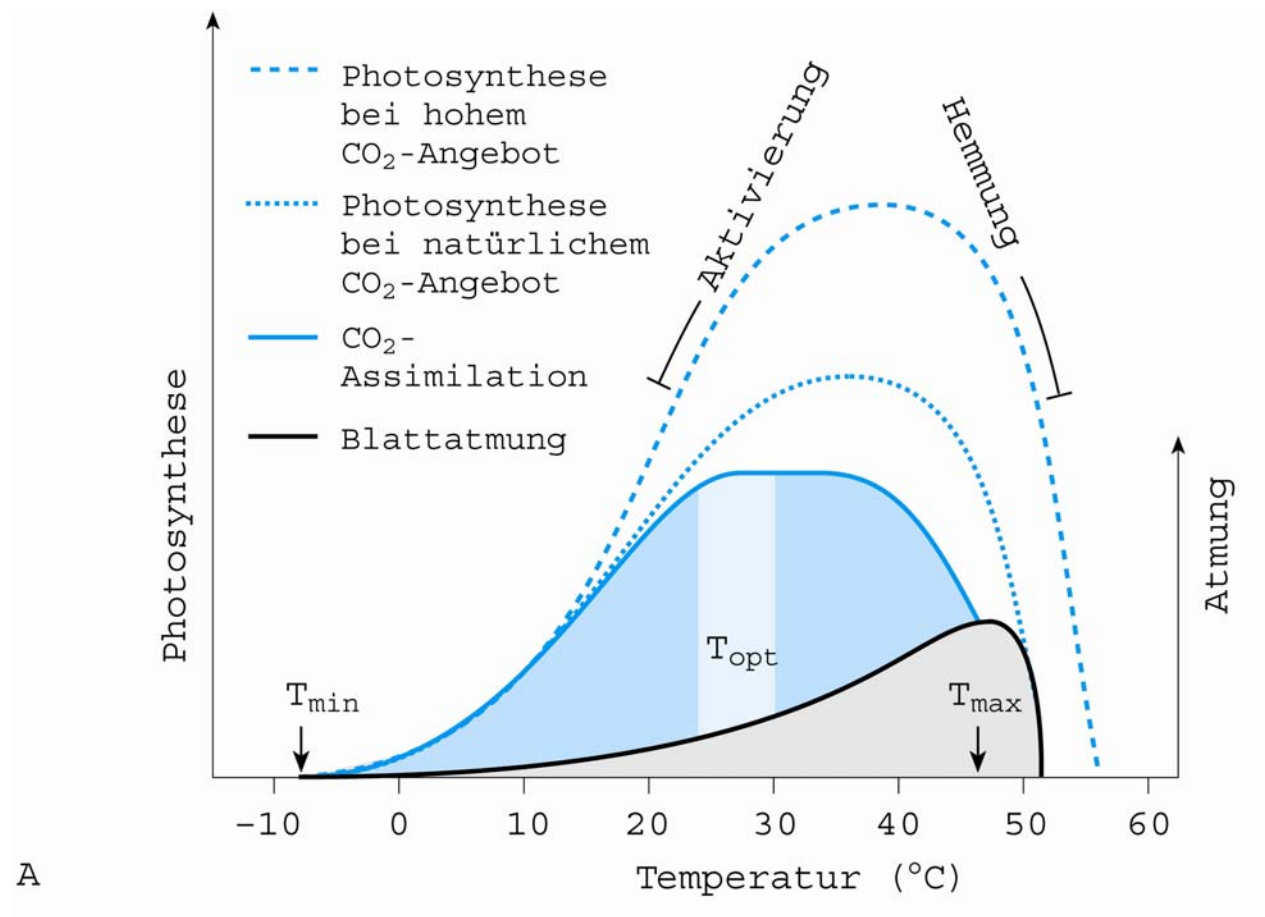
$$Q_{10}$$

$$\log Q_{10} = \frac{10}{t_1 - t_2} \cdot \log \frac{S_{t_1}}{S_{t_2}}$$

t_1 = höhere Temperatur in °C
 t_2 = tiefere Temperatur in °C
 S_{t_1} = Stoffwechselrate bei t_1
 S_{t_2} = Stoffwechselrate bei t_2

Frage

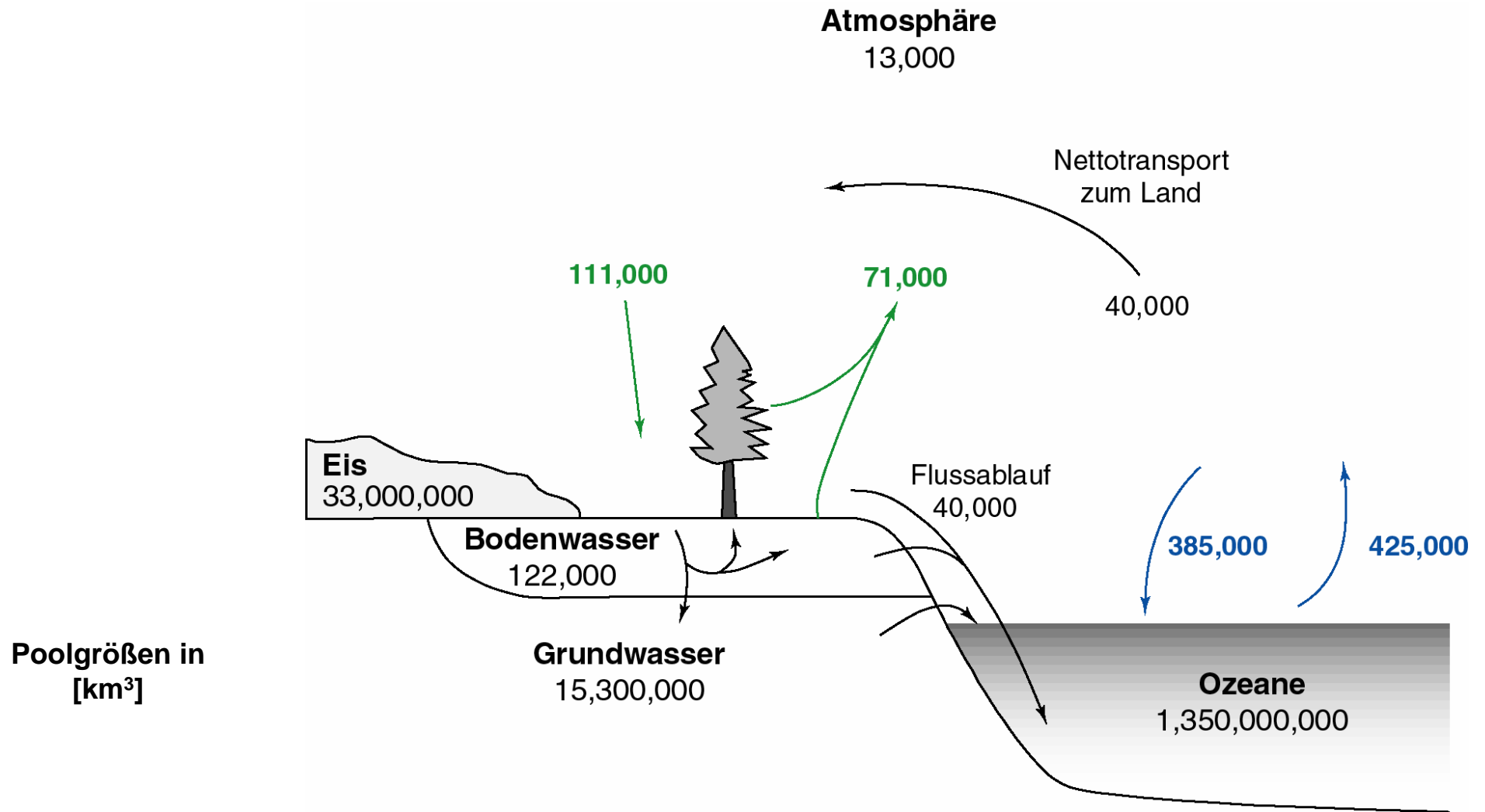
- Wie wirkt eine Temperaturerhöhung auf die C-Bilanz von Ökosystemen?



Water



Global water cycle

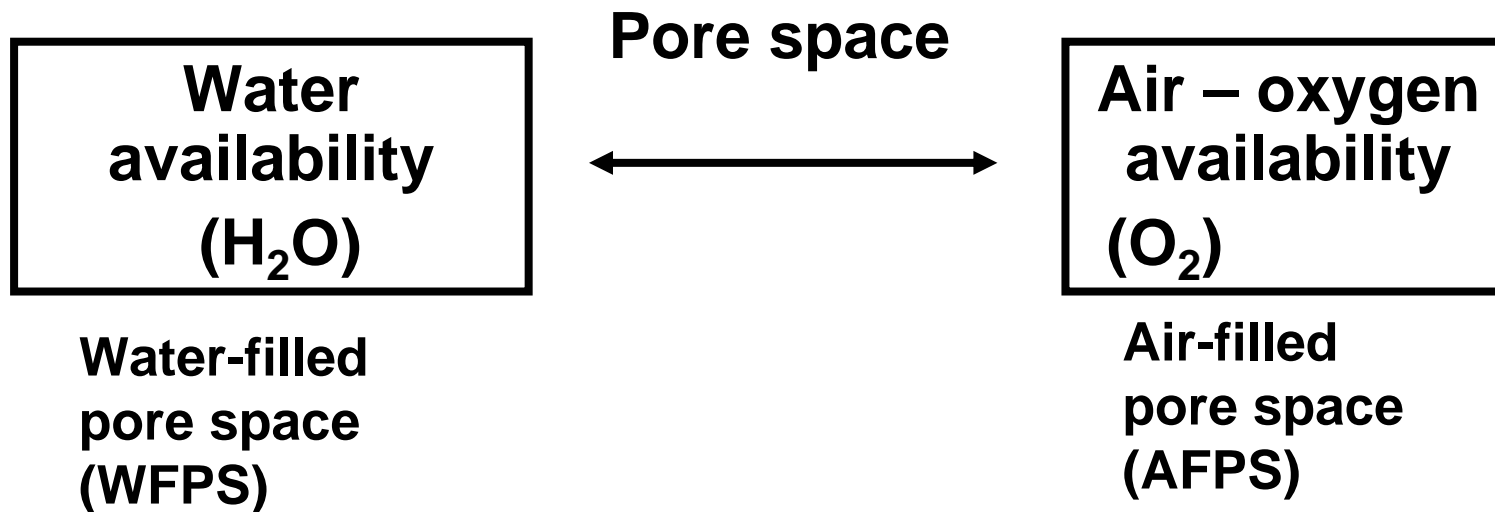


Water in ecosystems

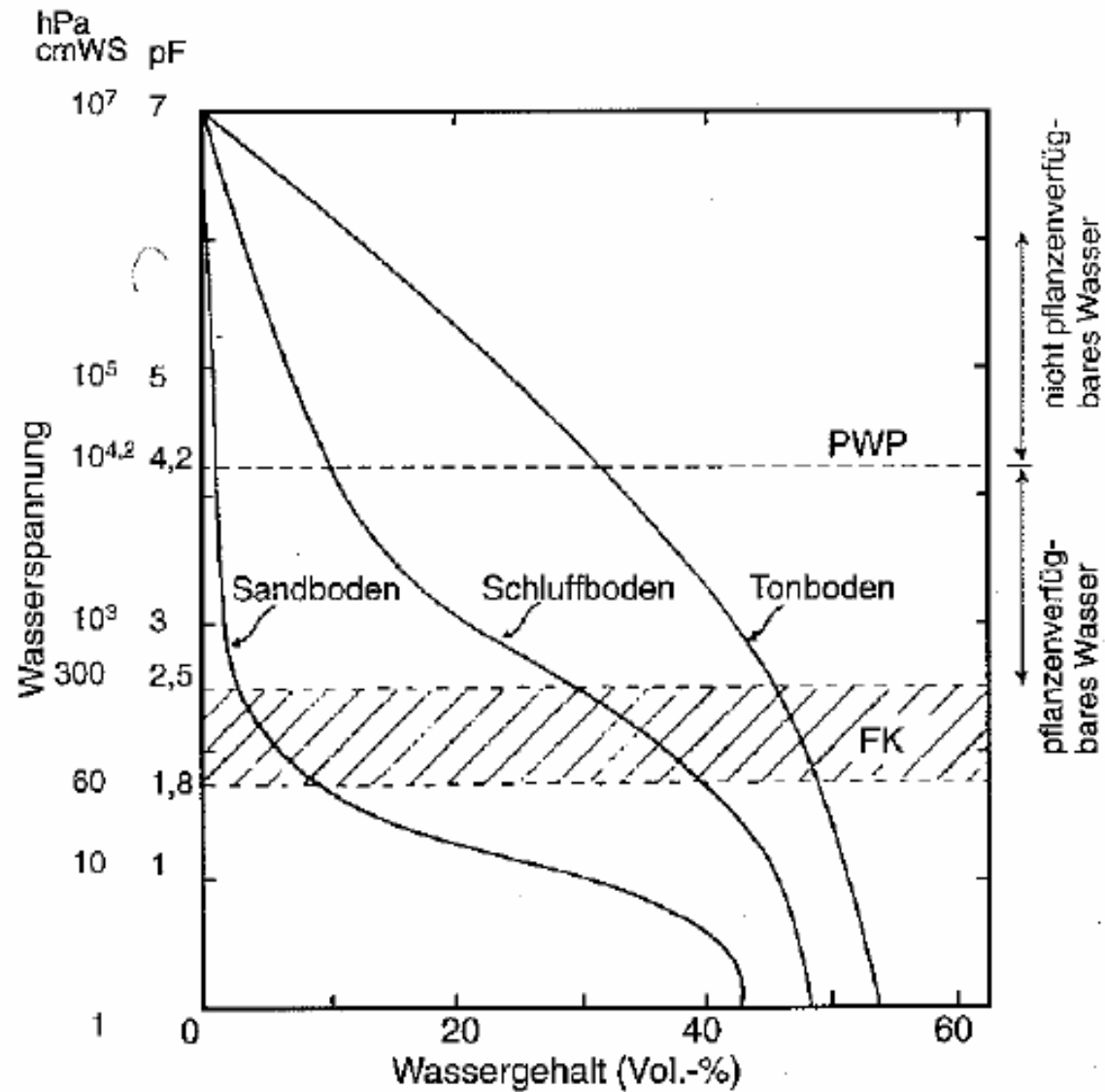
- **Wechselwirkung von Wasser und C-Kreislauf**
 - **Umsatz (aerob oder anaerob)**
Pools (Speicher) u. Flüsse
 - **Transportmittel**
Flüsse u. Pools

Air – water balance in soils

what is the ideal water content of soils for plant growth ?

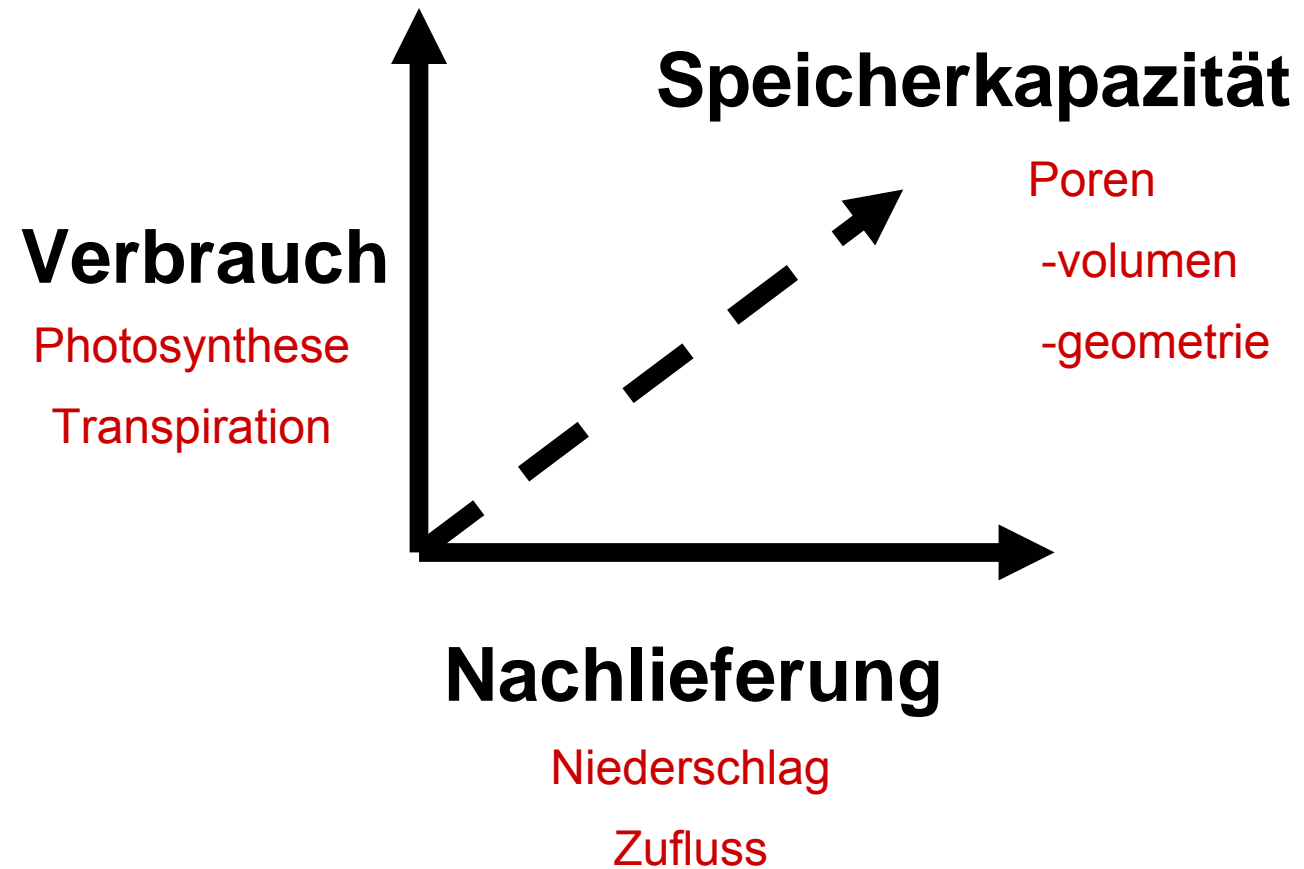


Water volume and potentials in soils




Water availability in soil pore space

Steuergrößen



Frage

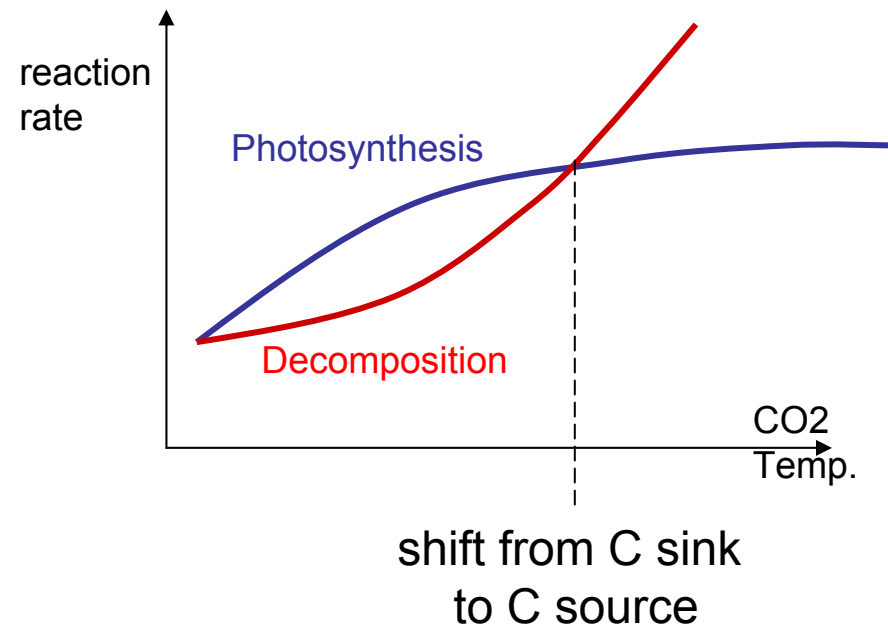
- Wie wirken
 - höhere Niederschläge
 - niedrigere Niederschlägeauf die C-Bilanz von Ökosystemen?



Example: Feedback between climate
change and the biosphere

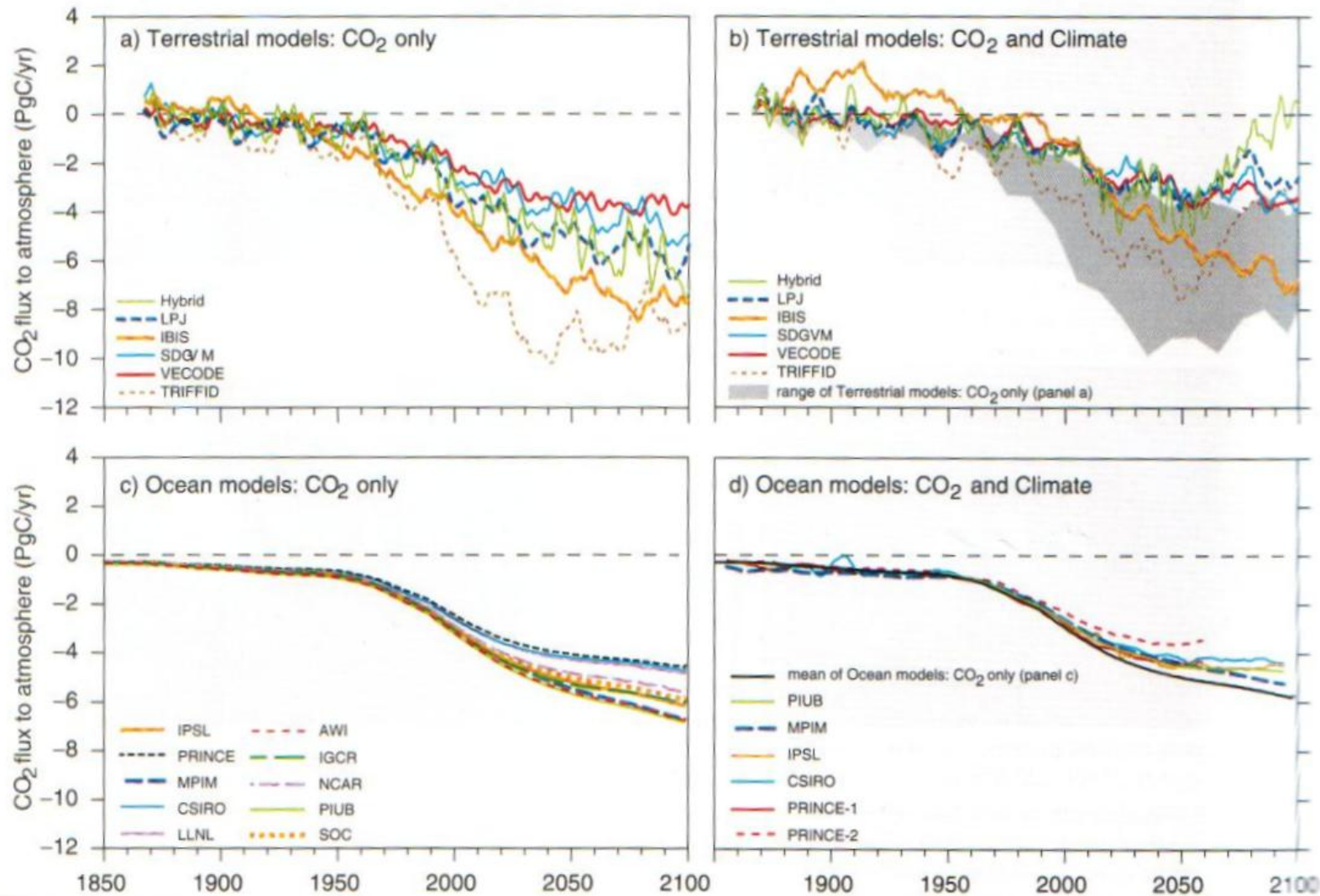
CO₂ and temperature

- Global biosphere models:
 - No nutrient limitation
 - Water and temperature
- CO₂:
 - Stimulates growth
- Temperature:
 - Stimulates decomposition more than growth



CO₂ and temperature

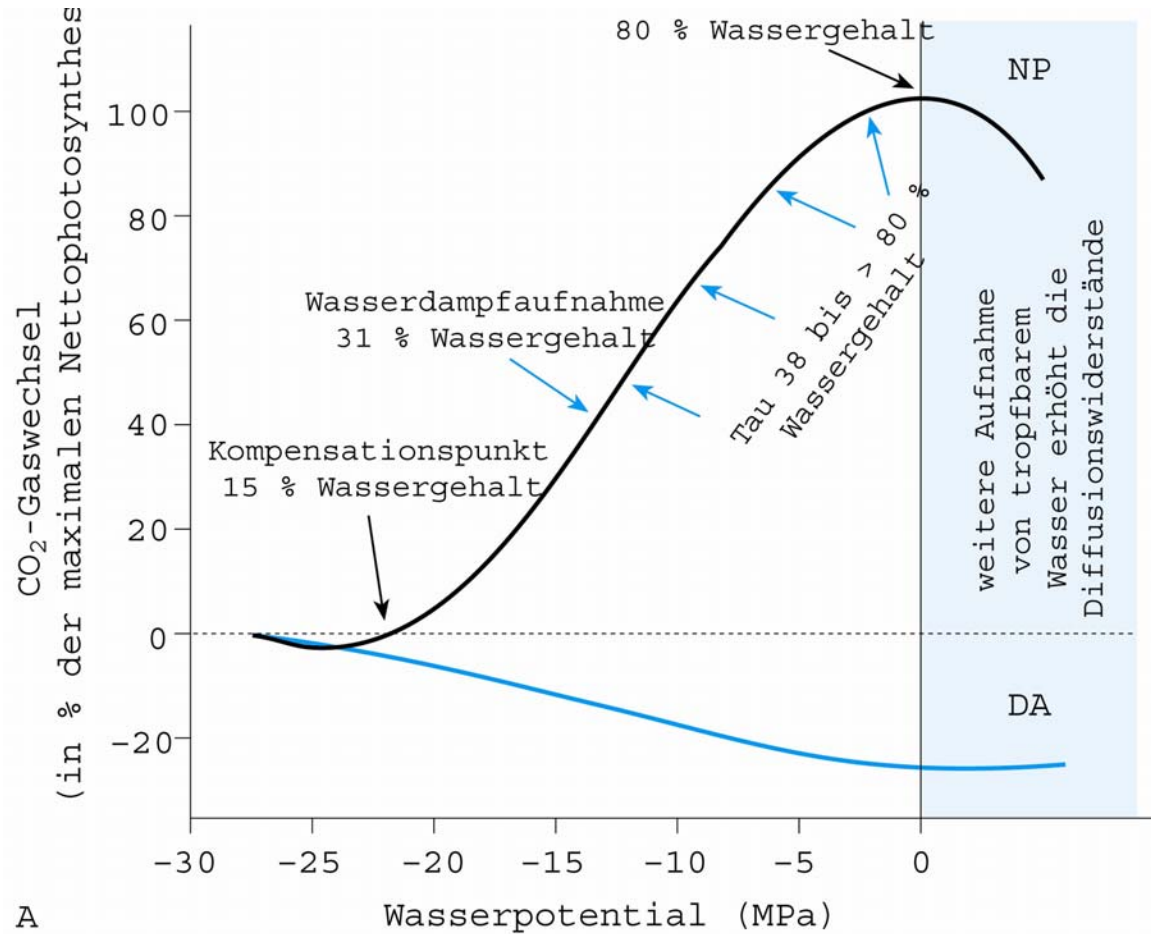
IPCC 2001



Drought



Assimilation response to drought

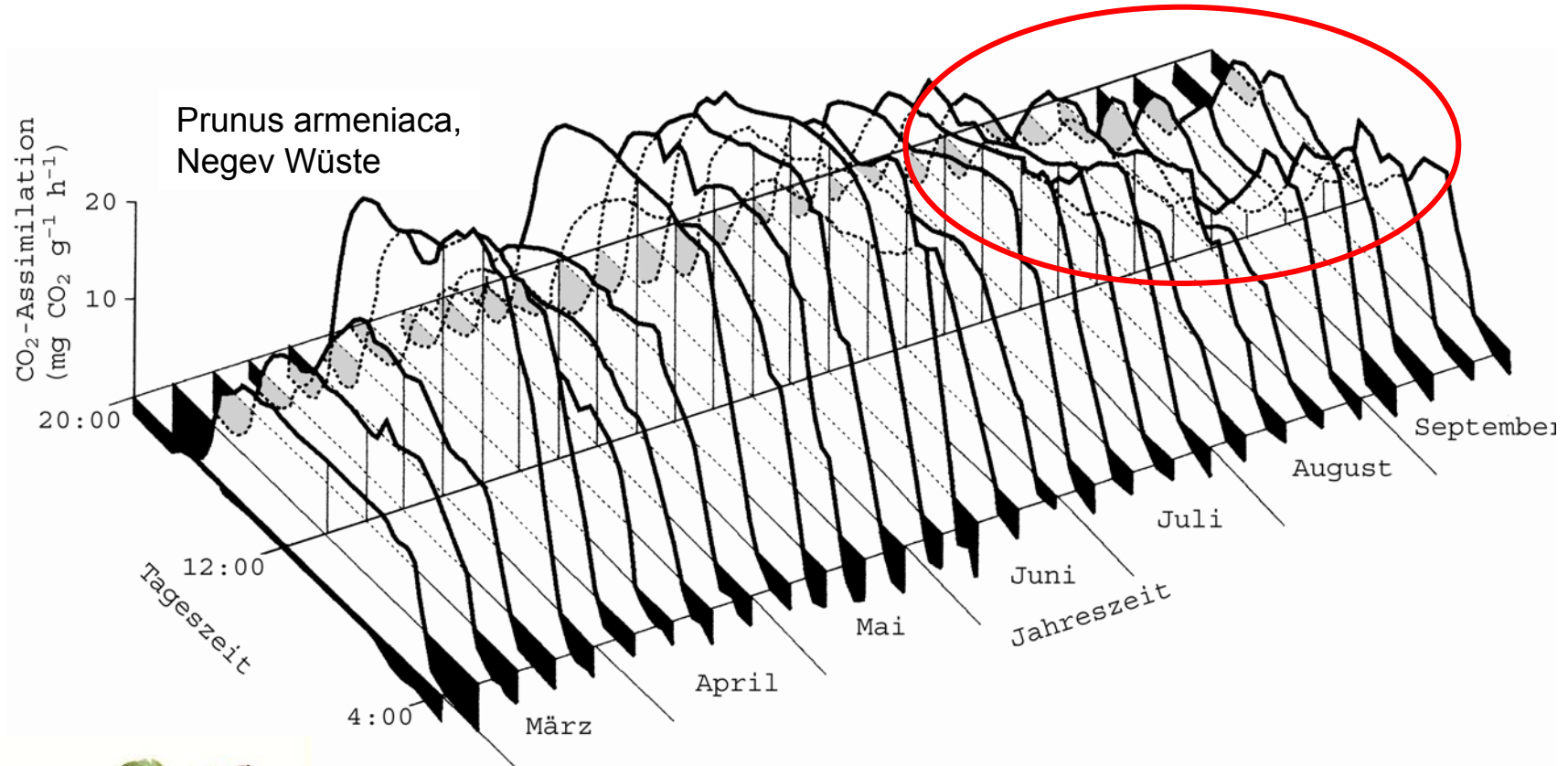


↑
pF 4.2



Ramalina maciformis,
Avdat, Negev, Israel

Assimilation strategies under drought stress



High water vapour pressure deficit:
afternoon dip in assimilation =
„double hump“ diurnal patterns

Combined response of soil respiration to T and soil moisture

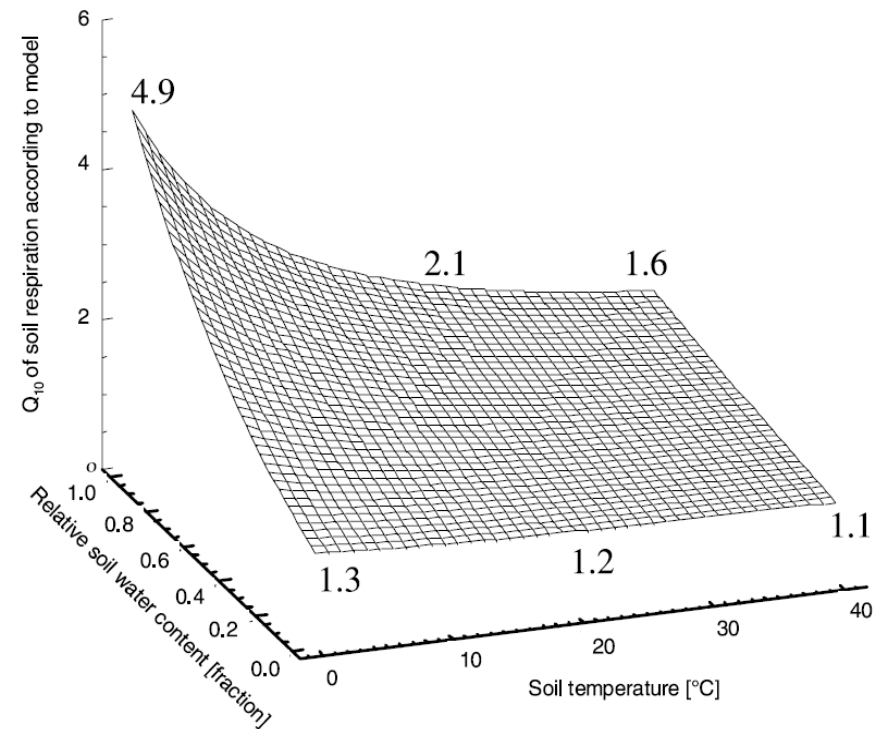
$$RSWC = \frac{SWC}{SWC_{FC}}, \quad (1)$$

$$R = R_{ref} \cdot f(T_{soil}, RSWC) \cdot g(RSWC), \quad (2)$$

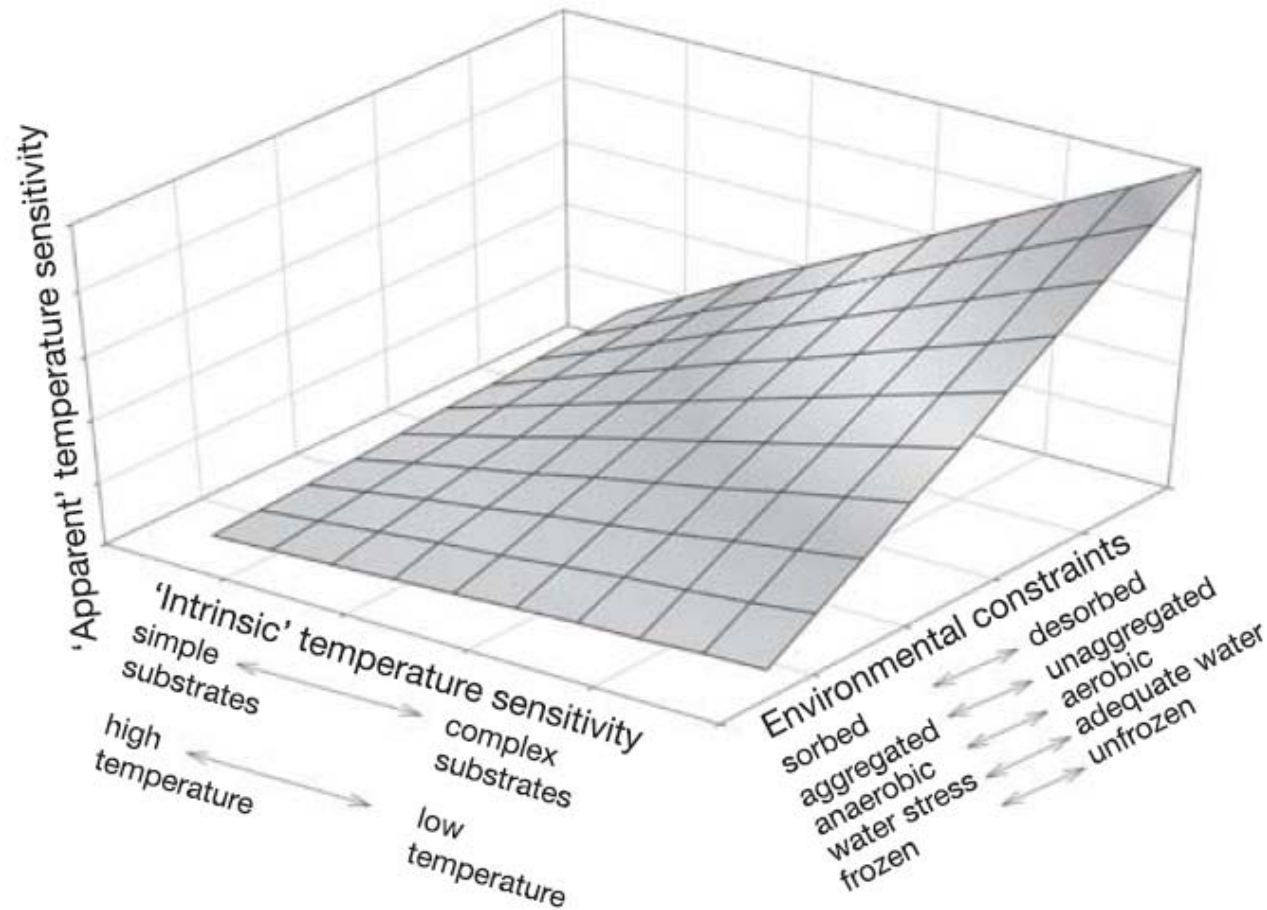
$$f(T_{soil}, RSWC) = e^{E_0(RSWC) \cdot \left(\frac{1}{T_{ref} - T_0} - \frac{1}{T_{soil} - T_0} \right)}, \quad (3)$$

$$g(RSWC) = \frac{RSWC}{RSWC_{1/2} + RSWC}, \quad (4)$$

$$E_0(RSWC) = a_{REW} + b_{REW} \cdot RSWC. \quad (5)$$



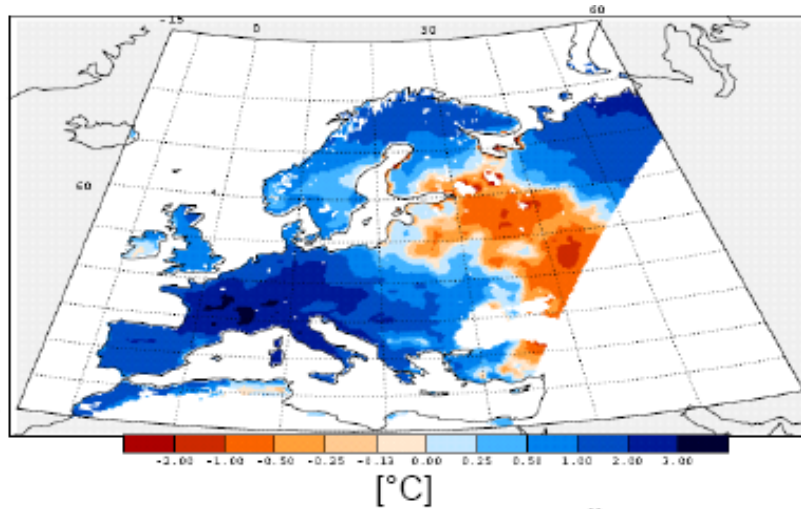
What affects the T sensitivity of soil respiration measured in the field?



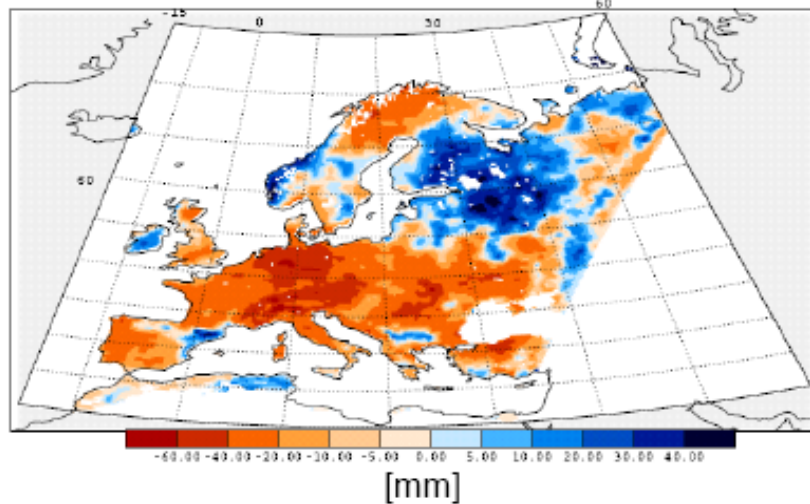


Example: European heat / drought 2003

NEP anomaly during heat / drought 2003

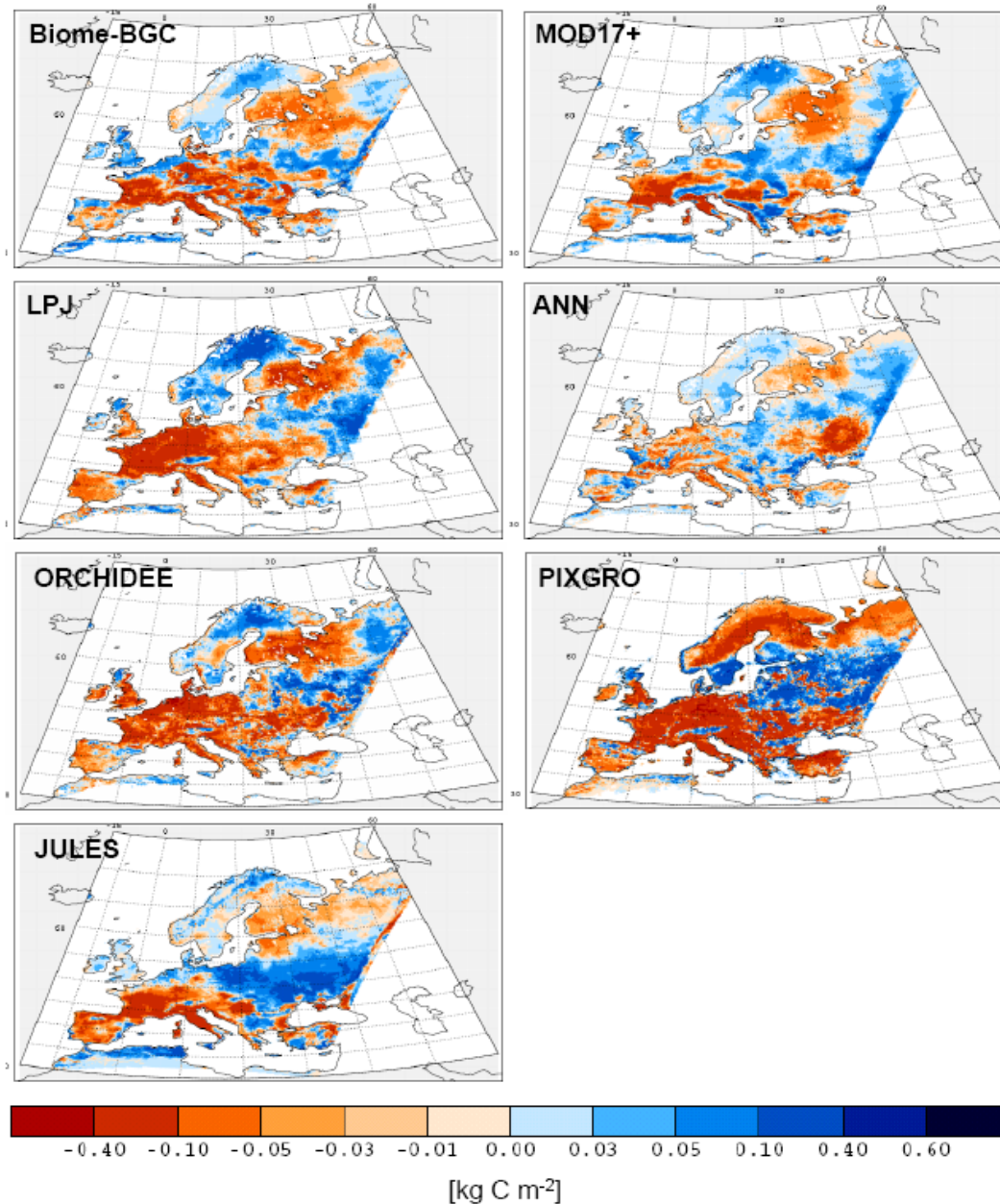


Heat anomaly in growing season 2003:
Blue = hot
Red = cold



Drought anomaly in growing season 2003:
Blue = wet
Red = dry

NEP anomaly during heat / drought 2003



Anomaly in Net Ecosystem Production in 2003 compared to mean of 1998-2002

Why?

- Respiration
- Photosynthesis
- Models disagree in reason



Example: Forecast die-back of Amazon
rain forest by 2100

Acceleration of global warming due to carbon cycle feedbacks

Vegetation dieback in Amazonia

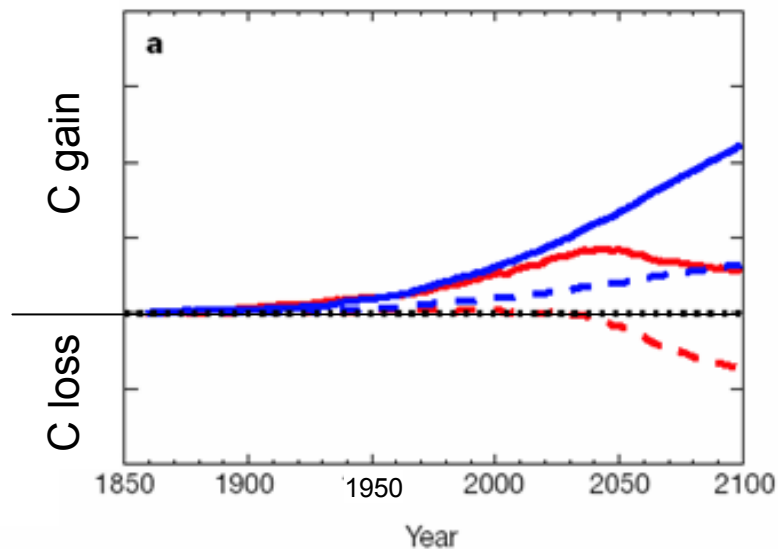
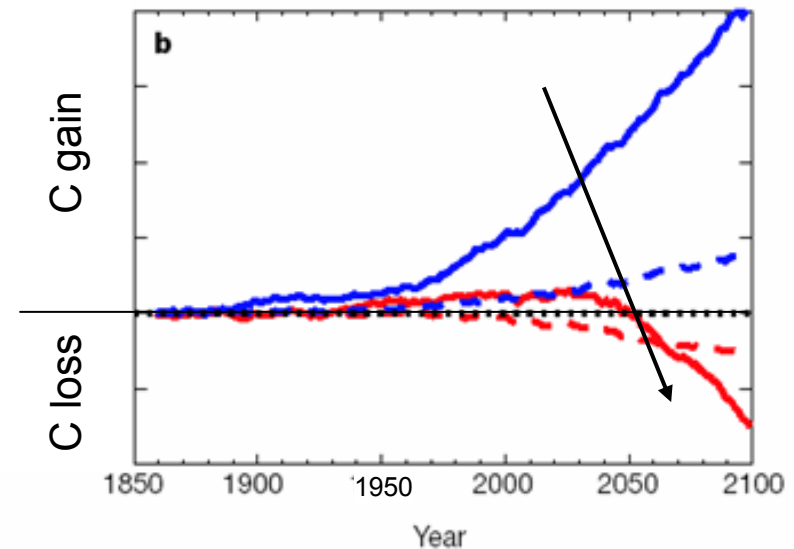


Figure 4 Effect of global warming on changes in land carbon storage. The red lines represent the fully coupled climate/carbon-cycle simulation, and the blue lines are from the 'offline' simulation which neglects direct CO₂-induced climate change. The figure

Soil C losses in Amazonia



shows simulated changes in vegetation carbon (a) and soil carbon (b) for the global land area (continuous lines) and South America alone (dashed lines).

Coupled climate – biosphere model

Change in precipitation

2080 relative to 2000

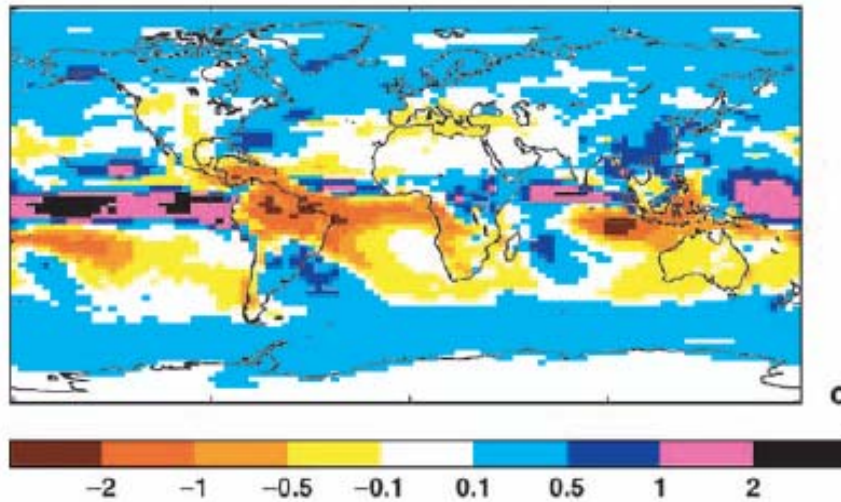


Fig. 3. Simulated changes in precipitation (mm day⁻¹) relative to 2000. 30-year means centred around (a) 2020, (b) 2050 and (c) 2080

= up to 60% decline in Amazonian precipitation

Change in cover of
plant functional types

2080

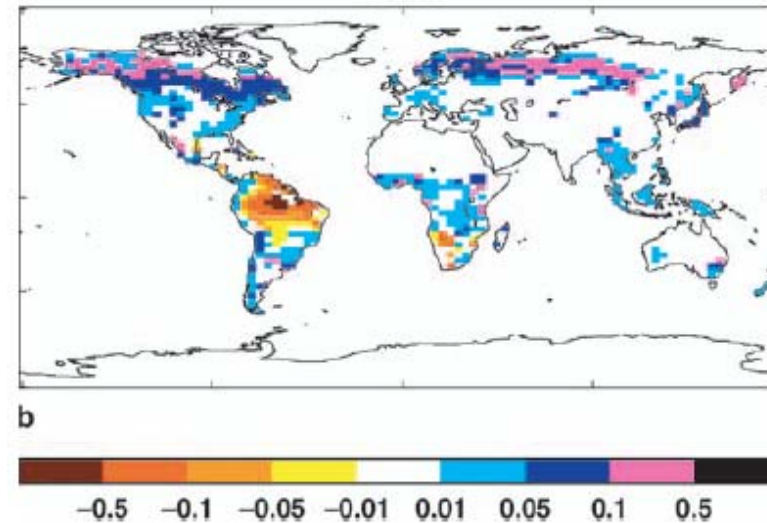


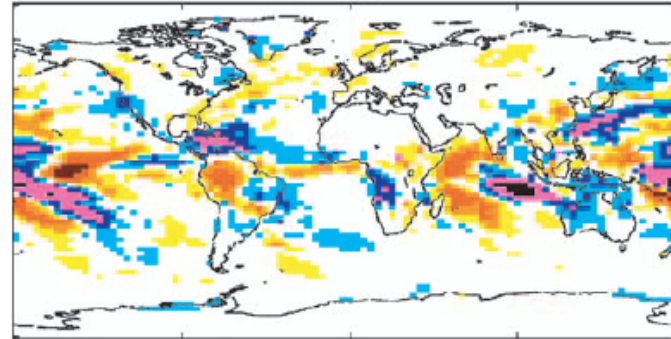
Fig. 4. Simulated changes in fractional cover of the broad-leaf tree functional type relative to 2000. 30-year means centred around (a) 2050 and (b) 2080

Feedbacks involved

1. Feedbacks on climate via changes in land surface properties – albedo - (“biogeophysical feedbacks”) by forest loss
2. Feedbacks via decreased moisture recycling after vegetation loss
3. Feedbacks on climate via the carbon cycle (C release of forest loss)
4. Minor effects from plant physiology (CO₂ fertilization)

Biogeochemical

2080



C Cycle

2080

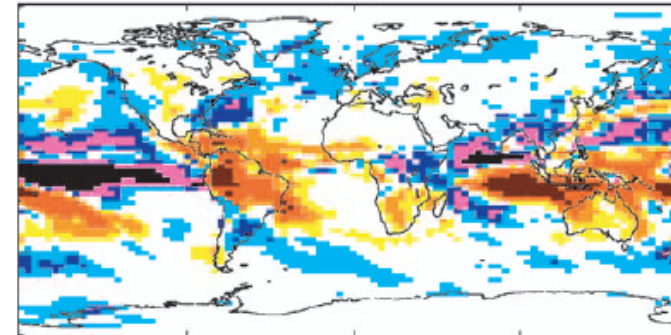


Fig. 8. Effect of including carbon cycle feedbacks on global precipitation patterns. Difference in precipitation (mm day⁻¹), CCYCLE – DYNVEG. 30-year mean centred around 2080

Frage

- Was ist an diesen globalen Modellen unrealistisch?

Water logging and anaerobiosis



Nachlieferung von O₂

► Diffusion

Antrieb = **Konzentrationsgradient**

1. **Ficksches Gesetz: $I = -D \cdot dc/dx$**

(I = Gasfluß pro Zeit und Fläche,

D = Diffusionskoeffizient, c = Konz.

x = Diffusionsstrecke)

Der Diffusionskoeffizient in Luft ist

ca. 10⁴ mal größer als in Wasser

► Konvektion

Antrieb = **Druckgradient**

z.B. durch Wasserpegelschwankungen

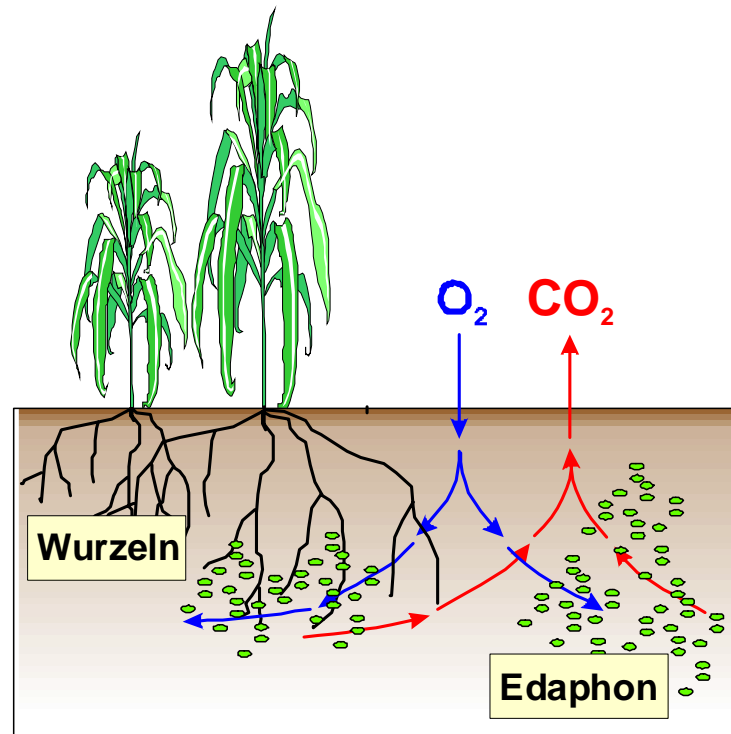
O₂ consumption

► soil respiration

Respiration

Autotrophic =
roots

Heterotrophic =
Soil organisms



Die O₂-Verfügbarkeit ist eine Funktion der **O₂-Transportrate** in den Boden und der **O₂-Verbrauchsrate** im Boden.

Energy metabolism

Aerob

primär durch Dissimilationsstoffwechsels der mikrobiellen Biomasse
d.h. durch Dehydrogenierung, d.h. H₂-Übertragung auf O₂

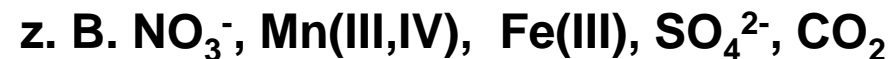
organische Substanz = Substrat zur Energie-Gewinnung



Anaerob (bei O₂-Mangel):

z.B. durch geringe Nachlieferung (hohes WFPS)
bei hoher biologischer Aktivität

alternative Oxidationsmittel (Elektronenakzeptoren)



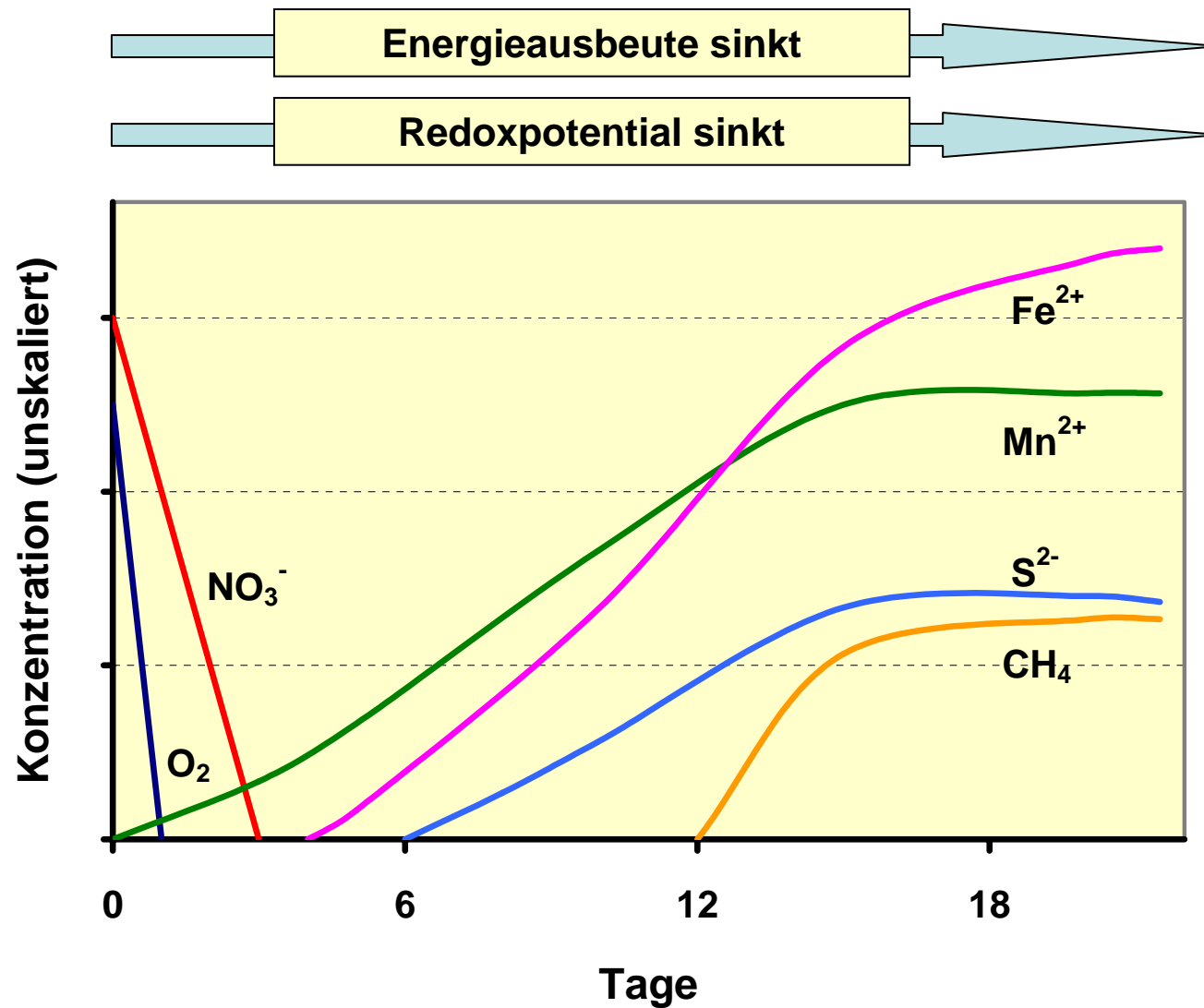
Anaerobic decomposition

weniger biologische Aktivität, langsamerer Abbau als aerob,
selektive Anreicherung bestimmter Substanzen wie Lignin,
Bildung von organischen Säuren, Alkoholen sowie der
Gase CH_4 , H_2S und N_2O

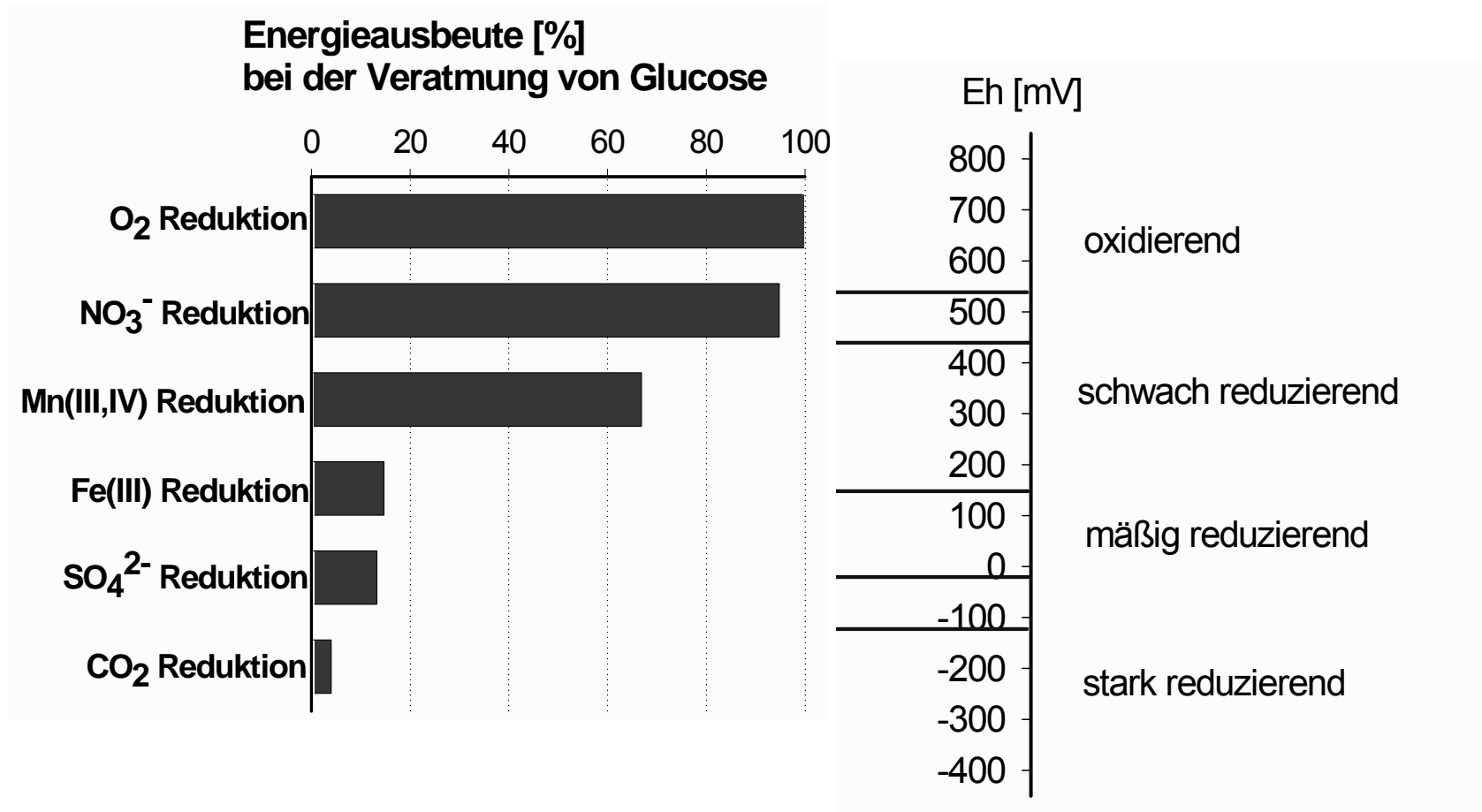
Anaerobe Atmung

- Effektivere Nutzung der im Substrat enthaltenen Energie als bei der Gärung
- Als Wasserstoffakzeptoren dienen statt O_2 beispielsweise
 NO_3^- (Nitratatmung) $\rightarrow \text{N}_2 / \text{N}_2\text{O}$
 SO_4^{2-} (Sulftatmung) $\rightarrow \text{H}_2\text{S}$
 CO_2 (Carbonatatmung) $\rightarrow \text{CH}_4$ (Methanogenese)

Wechsel von aeroben zu anaeroben Bedingungen



Redox-Prozesse

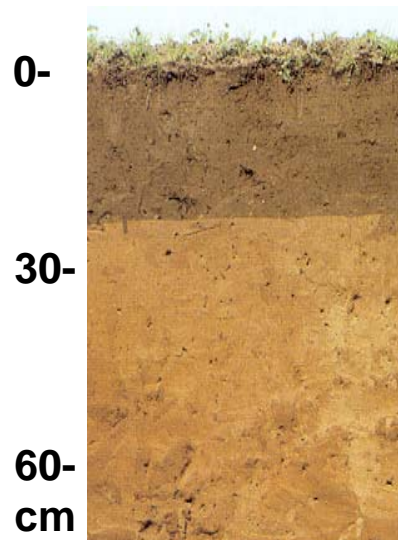
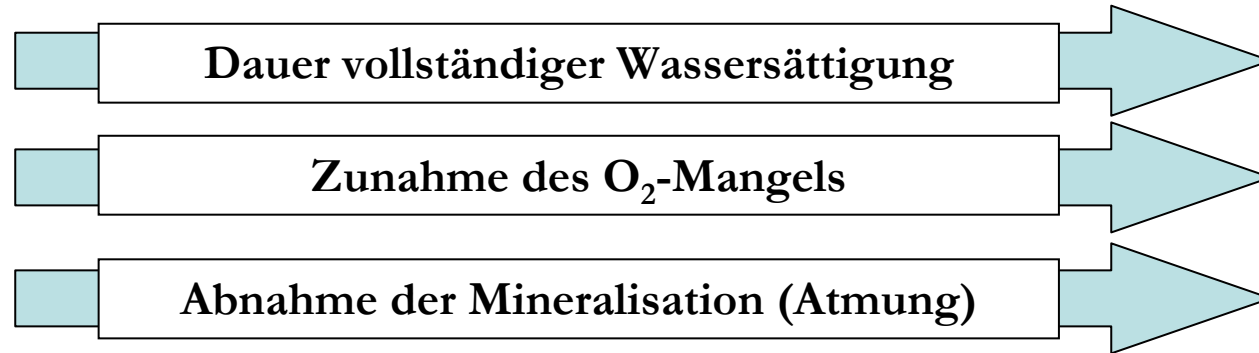


Methanogenesis

- by *Archaea*
- Metabolic pathways:
- **Methane Production via Organic Matter Fermentation**
Acetate fermentation: $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{CH}_4$ (*organoheterotrophy*)
(acetate or other C-2 / C-3 from root exsudates, litter)
- **Coupled Organic-Matter Oxidation + Methanogenesis**
Glycolysis: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2$
(*organoheterotrophy*)

CO₂ reduction: $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ (*autolithotrophy*)

**Kleine
Zusammen-
fassung**




Parabraunerde
Humus: 2-3%



Anmoor-Gley
Humus: 15-30%

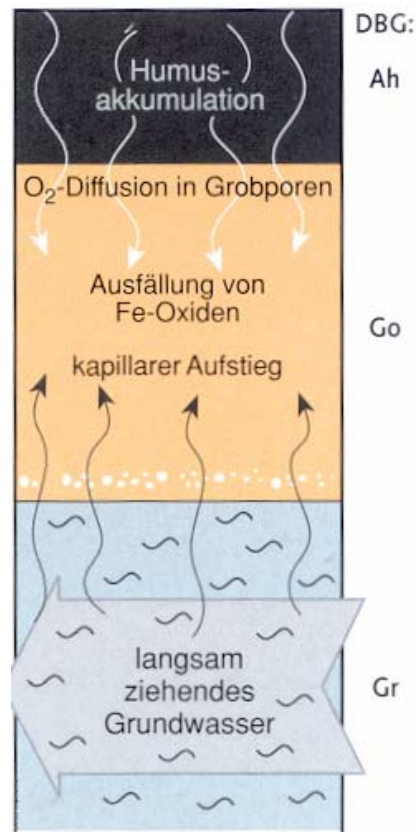


Niedermoor
Humus: > 30%



Indikatoren für O₂-Mangel in Böden ?

Bleichung und Marmorierung bzw. Fe-Oxid-Ausfällungen sind Indikatoren für O₂-Mangel im Bodenprofil und typisch für Grund- und Stauwasserböden (hydromorphe Böden)




➤ **Gley (Grundwassereinfluß)**

➤ **Pseudogley (Stauwassereinfluß)**

Anpassung von Pflanzen an wasser- gesättigte, anaerobe Standorte

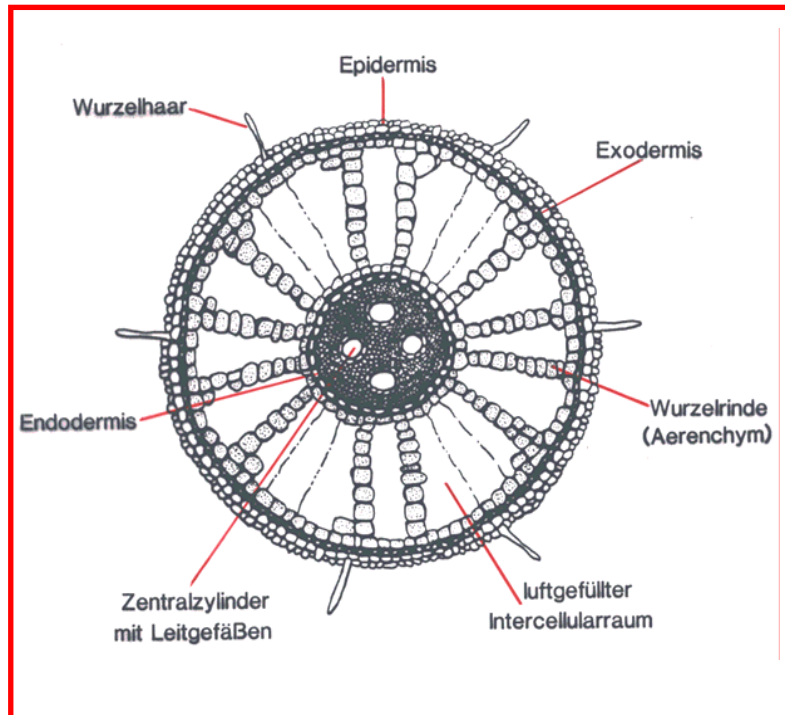
- O₂-Transport durch die Pflanze
(Aerenchym) bis in die Wurzelspitzen
- O₂-Abgabe in die Rhizosphäre





Indikatoren für O₂-Eintrag in anoxische Böden ?

Bildung von Mn- und Fe-Oxiden/Hydroxiden entlang der Wurzeln von Sumpf- und Wasserpflanzen in einem anaeroben Sediment



- Querschnitt durch die Wurzel einer Sumpfpflanze
- Luftleitgewebe (Aerenchym)

- Mn^{2+} -Oxidation \Rightarrow Bildung schwarzer Mn-Oxide
- Fe^{2+} -Oxidation \Rightarrow Bildung rot-brauner Fe-Oxide

Fragen

1. Wie wirkt Temperatur auf
 - a. Photosynthese
 - b. Heterotrophe Atmung?
2. Beeinträchtigt Trockenheit stärker die Photosynthese oder die heterotrophe Atmung?
3. Anaerober Energiestoffwechsel: in welcher Reihenfolge werden Wasserstoffakzeptoren bei sinkendem Redoxpotenzial reduziert?
4. Wie könnte sich die Kohlenstoffbilanz von Ökosystemen bei Klimawandel verändern?