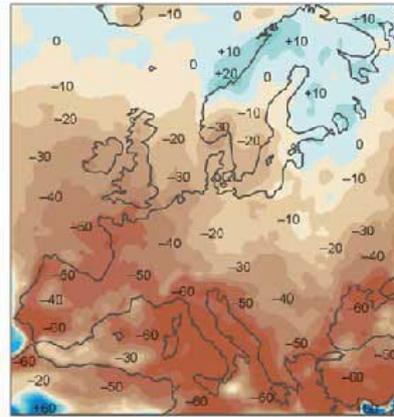
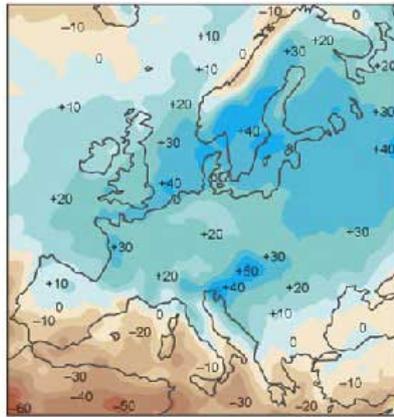


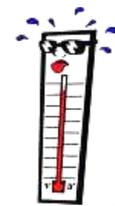
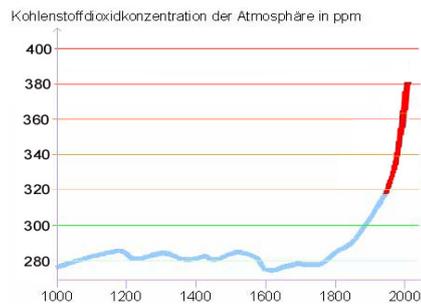
Entwicklung des Klimas im 21. Jh.



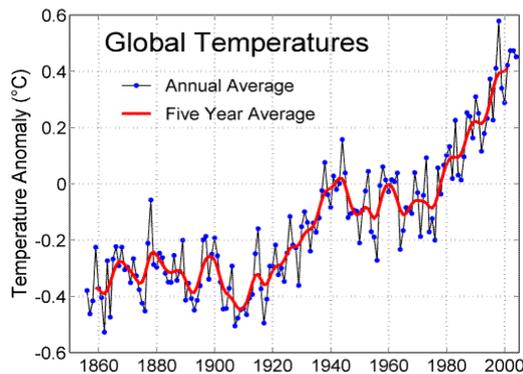
- Abzusehende Entwicklung der **Niederschläge** über Europa
 - Im 21. Jh.: zeichnet sich ab: **nässere Winter (links)** und **trockenere Sommer (rechts)**.
 - Ergebnis einer Modellberechnung (→ Fehler vorbehalten)
- Quelle: Max Planck Ges.: Sweclim/Naturvardsverket

Geschätzte CO2 und Temperatur-Entwicklung

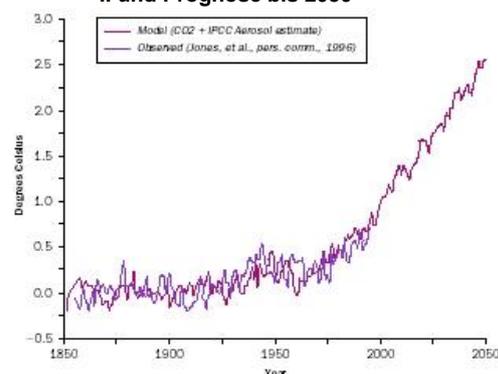
- **Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre in ppm**



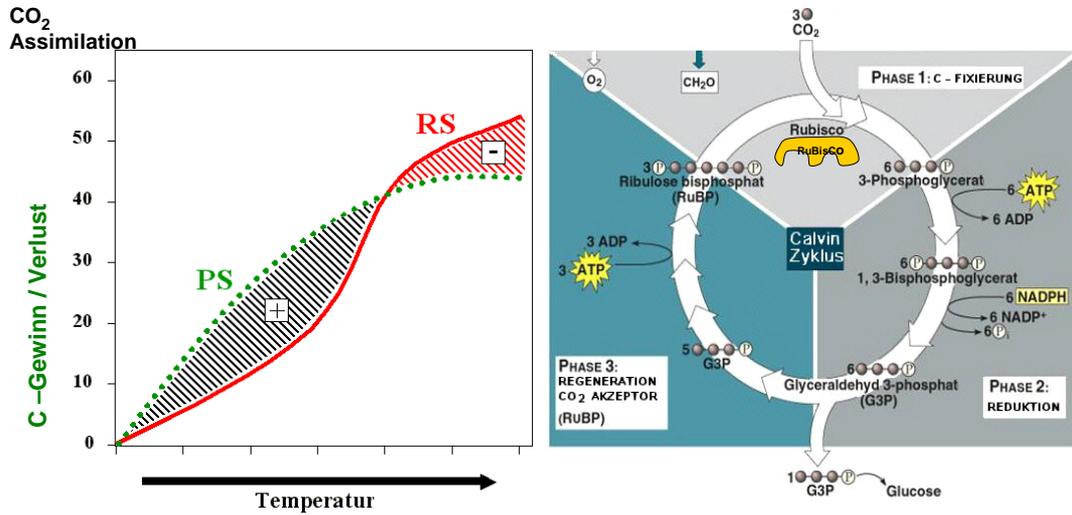
- **Ist-Zustand**



- **.. und Prognose bis 2050**

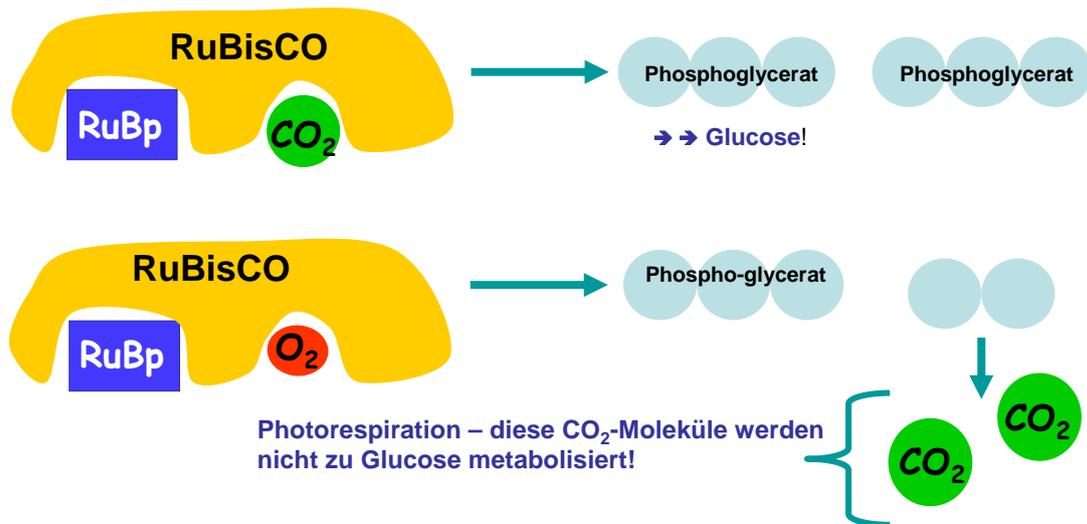


Respiration - Photosynthese in Abh. d. Temp

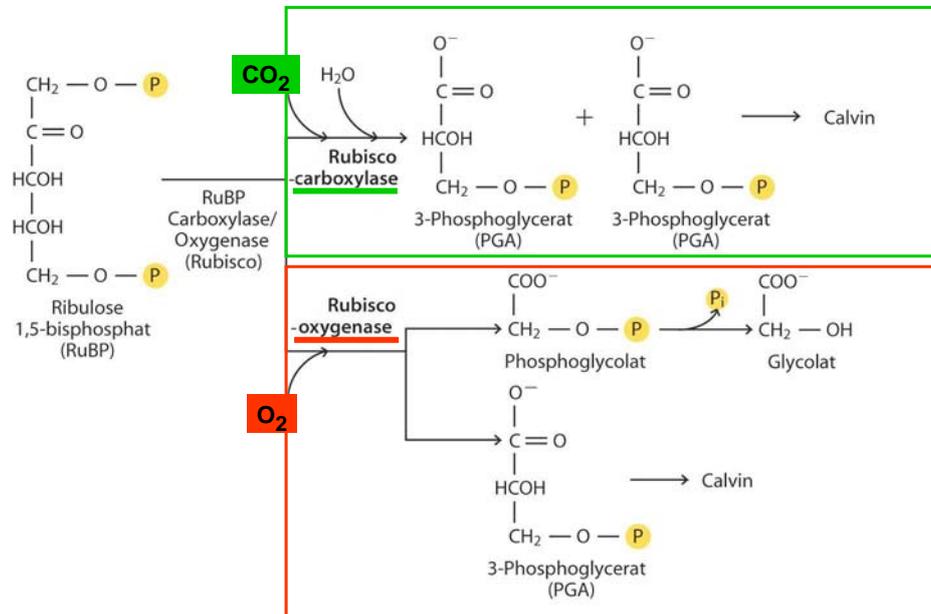


Die Respiration (RS) überwiegt die Photosynthese (PS) bei hohen Temperaturen

RuBisCO

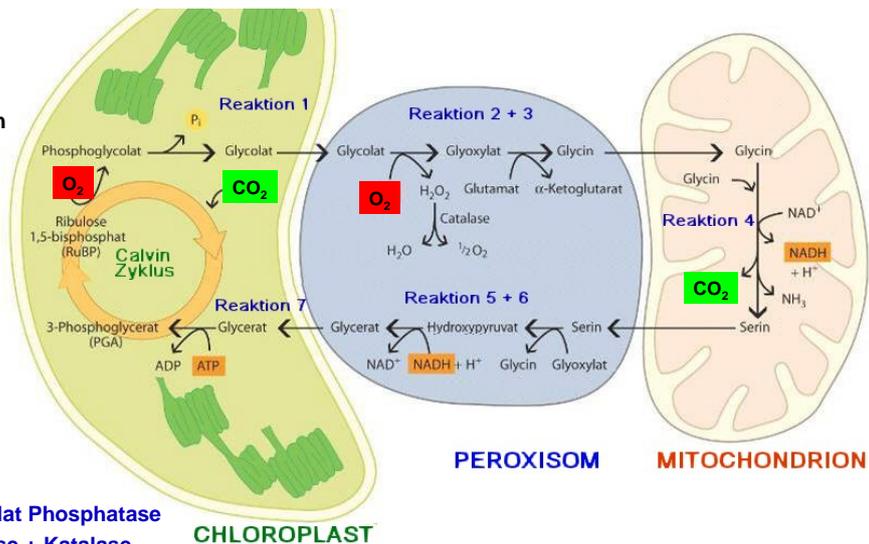


RuBisCO: 2 Wege



Photorespiration *en detail*:

- Der Weg führt über die Peroxisomen auch wieder zurück



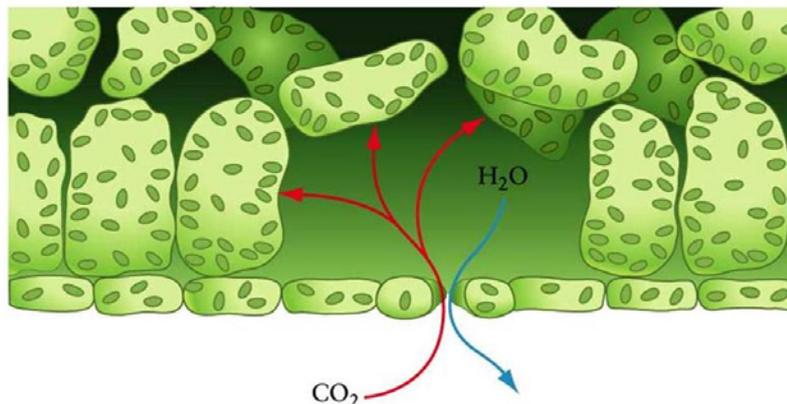
Reaktionen

- 1: Phosphoglycolat Phosphatase
- 2: Glycolat-Oxidase + Katalase
- 3: Glutamat: Glyoxylat Aminotransferase
- 4: Glycin Decarboxylase und Serin-Hydroxymethyl Transferase
- 5: Serin: Glyoxylat Aminotransferase
- 6: Hydroxypyruvat Reductase
- 7: Glycerat Kinase

Photorespiration

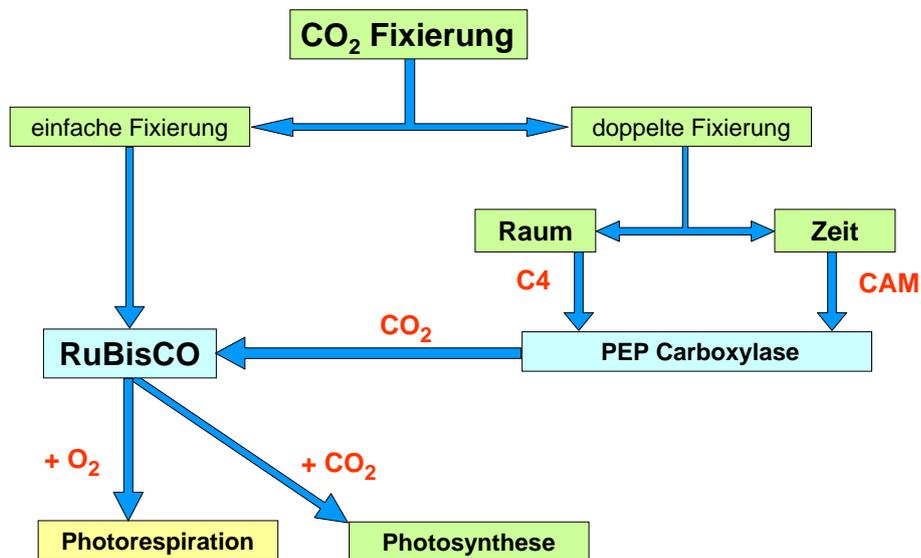
- Die RuBisCO: Enzym mit hoher Promiskuität:
 - bindet CO_2 genauso gut wie O_2
- Ursache: Ähnliche Struktur: $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ und $\text{O}=\text{O}$
- Konkurrenz zw. O_2 und CO_2 um das Enzym.
 - Da O_2 ein Nebenprodukt der Photoreaktion ist
- Wenn das Enzym O_2 bindet,
 - wird Ribulose durch Oxidation verbraucht anstatt carboxyliert.
- Sobald $[\text{CO}_2] < 50 \text{ ppm}$
 - → Sättigung der RuBisCO mit O_2
 - → Unterbrechung von C3 Zyklus und CO_2 -Fixierung.
- Sonniger Tag: Verlust bis zu 50% der Glucose-Bildung
 - da stattdessen CO_2 produziert wird.

Stomata



- V.a Pflanzen an ariden Standorten haben ständig den Zwiespalt:
 - Entweder sie öffnen ihre Stomata zum Gas-Austausch oder
 - sie schließen sie, um Wasserverlust zu minimieren.
 - → O_2 Partialdruck ↑
 - → Photorespiration ↑
 - → Verluste der C-Assimilation ↑

Lösung des Problems der Photorespiration: C3, C4, CAM



- Trennung der CO₂ Assimilation von der Lichtreaktion und Entstehung von O₂

Der C4 Zyklus (=Hatch-Slack Zyklus)

- Einige Nutzpflanzen:

- Mais
 - Zuckerrohr
 - Amaranth
 - Sorghum
- entwickelten einen alternativen Weg:

- Die räumliche Trennung

- zw. Photolyse (O₂-Entstehung) und CO₂ Fixierung

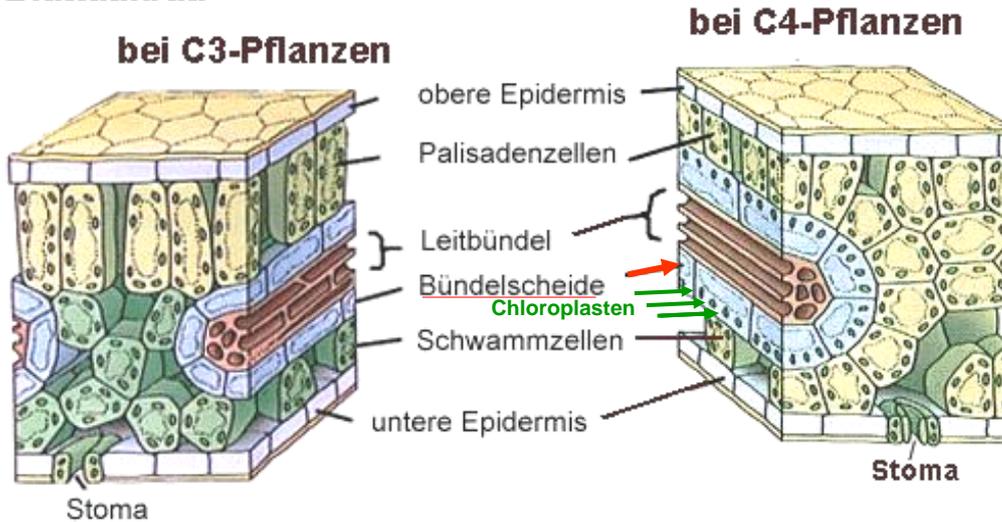
- C4 Pflanzen:

- Aneignung von CO₂ bei sehr geringen CO₂-Konzentrationen im Innern des Blatts und
- → Photosynthese bei geschlossenen Spaltöffnungen
- Diese Pflanzen können sich erlauben,
 - tagsüber die Spaltöffnungen meist geschlossen zu halten
 - → Wasserverdunstung ↓



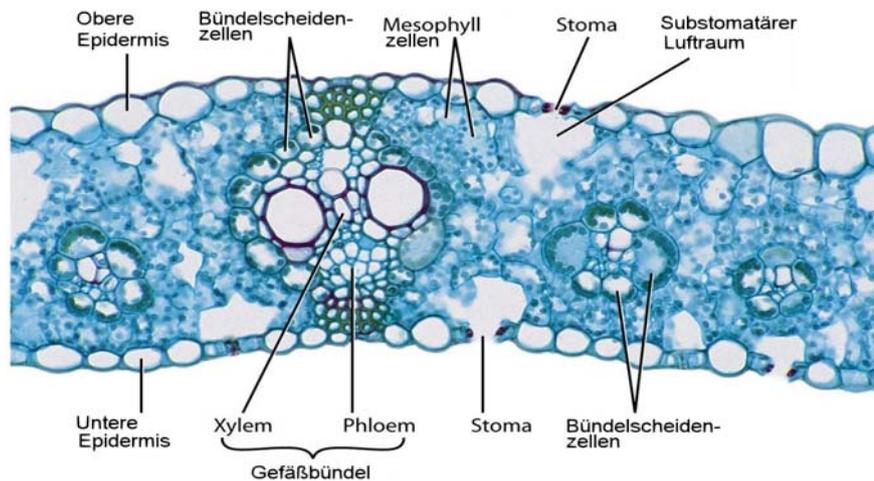
Vergleich im Zellaufbau C3 vs. C4

Blattaufbau



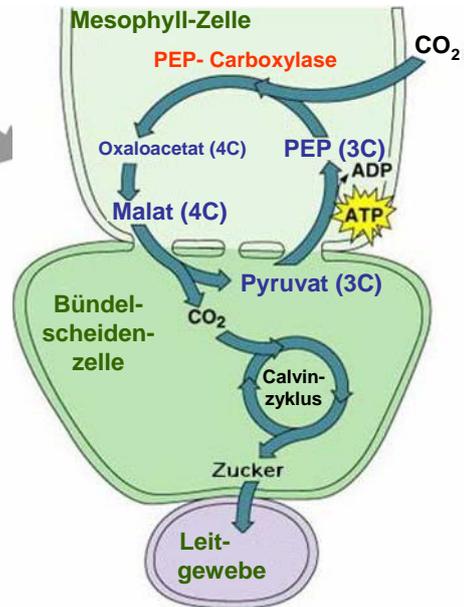
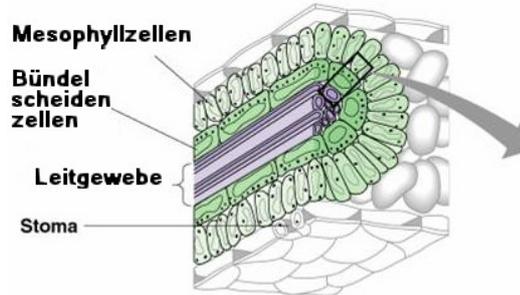
- Chloroplasten in der Bündelscheide

C4



- In C4 Pflanzen: die C Fixierung räumlich getrennt von den photochemischen Reaktionen.
- CO_2 wird durch PEP-Carboxylase im Mesophyll zunächst 'abgefangen'.
- C Fixierung durch die RuBisCO in Bündelscheidenzellen
- O_2 Produktion bei PS in Mesophyllzellen, die viele Chloroplasten enthalten
- → Separation der Licht-Reaktion von der Dunkel-Reaktion
 - Der steigende O_2 -Druck stört hier die RuBisCO weniger
 - Reduzierte Photorespiration und erhöhte Photosynthese-Rate

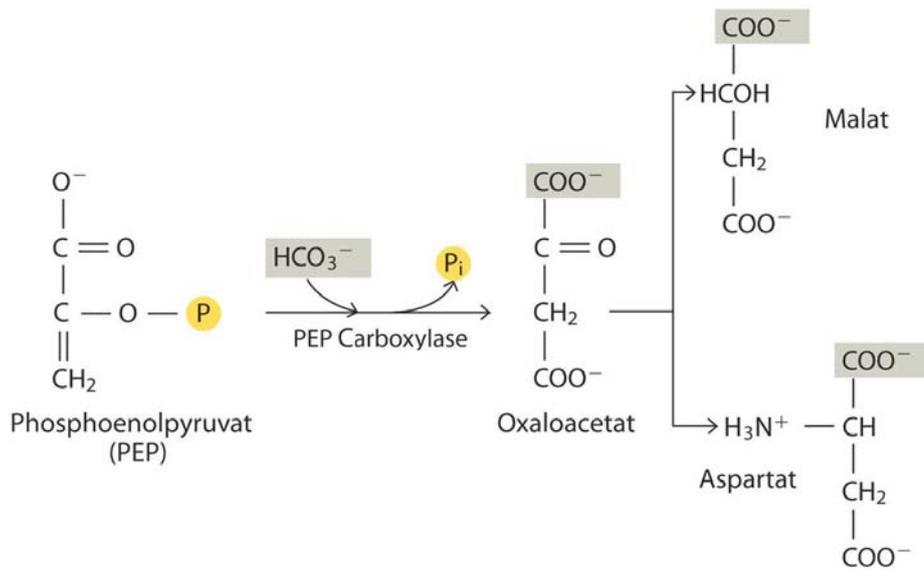
Der C4 Weg



- **MESOPHYLL:**
- $\text{CO}_2 \rightarrow \text{HCO}_3^-$ Kondensation mit PEP \rightarrow Oxaloacetat.
- Oxaloacetat + NADPH \rightarrow Malat.
- Plasmodesmen \rightarrow Bündelscheidenzellen:
- Malat-Decarboxylierung \rightarrow Pyruvat + $\text{CO}_2 \rightarrow$
- CO_2 -Fixierung durch RuBisCO im C3 Weg.

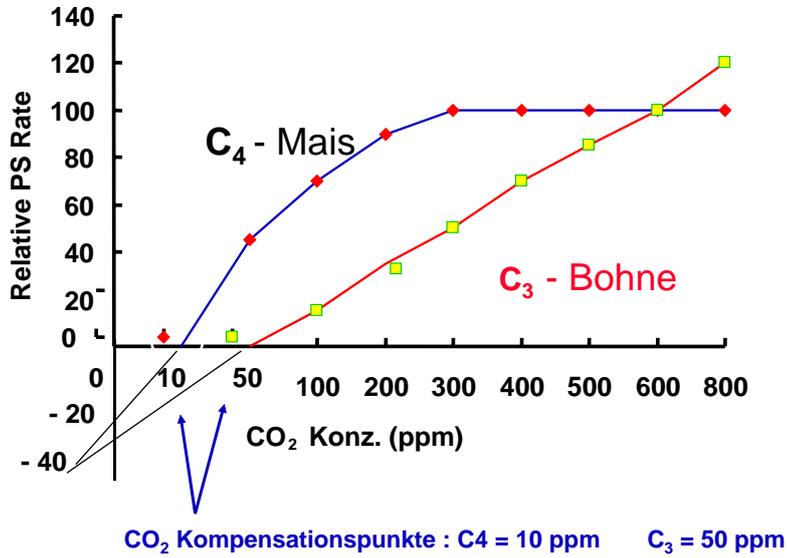
- **BiLANZ:**
- 5 ATP für CO_2 Fixierung (vs. 3 in C3 Zyklus)
- und 2 NADPH (jene für die Reduktion des Oxal-Acetats werden bei der Decarboxylierung des Malats regeneriert).
 - **VORTEILE** vs. Calvin Cyclus:
 - Erhöht Photosynthese und reduziert die Photorespiration
 - **NACHTEILE:**
 - Benötigt mehr Energie, (\rightarrow v.a. bei Tropenpflanzen)

Unmittelbare C4-Produkte



'C4-Körper'

CO₂ Kompensationspunkte C3 vs. C4 Pflanzen

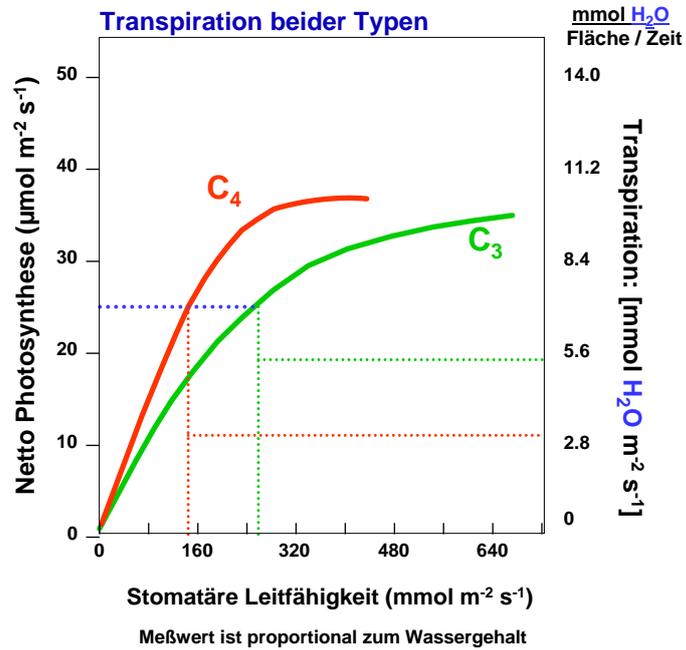


Vergleich C3 C4

Variable	C3	C4
Photorespiration	stark	minimal
Calvin Zyklus?	Ja	Ja
Primärer CO ₂ -Akzeptor	RuBP	PEP
CO ₂ -Fixierendes Enzym	RuBisCo	PEP Carboxylase
Erstes Produkt der CO ₂ Fix.	3PG	Oxalacetat
Affinität der Carboxylase zum CO ₂	mäßig	hoch
Photosynthet. Zellen	Mesophyll	Bündelscheiden+Mesophyll
Chloroplasten-Typen	1	2

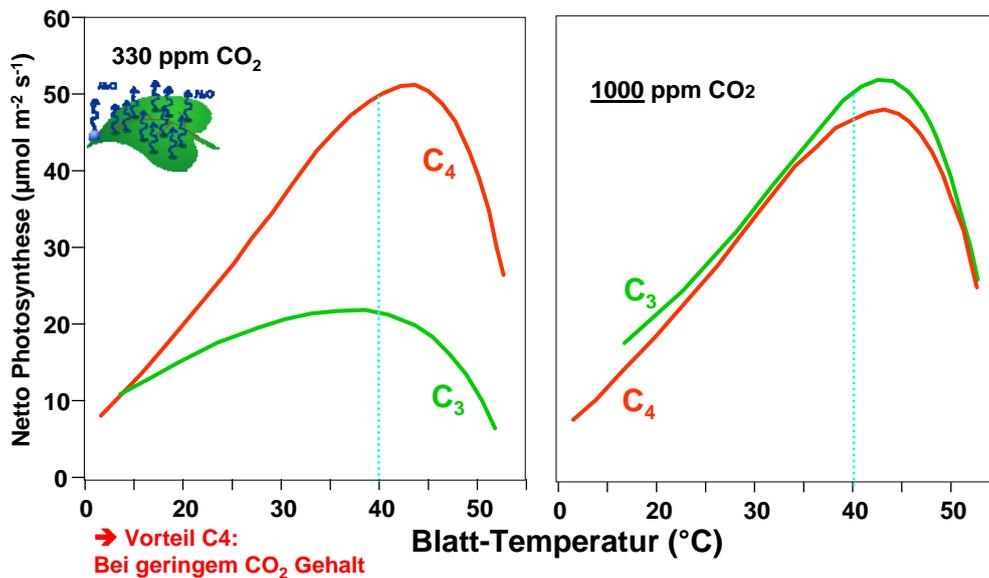
Hohe Transpirationsrate bei C3 Weg

- Für eine gegebene Wachstumsrate benötigen C₃ Arten nahezu doppelt soviel Wasser wie C₄ Species.
- → C₃: geringere Wassereffizienz
- Um die gleiche Assimilations-leistung wie C₄ zu erzielen, muss C₃ viel mehr Wasser durchsetzen, als C₄



C3 und C4 - Temperatur

1. Die Photorespiration ist sehr Temperatur-sensitiv: → Viel stärker bei hoher Temperatur
2. O₂ ist besser löslich als CO₂ bei hoher Temp.
3. Unterschied am Enzym: Kinetik O₂ ist weniger temp.-sensitiv als Kinetik für CO₂



CO₂-Konzentration

- Das CO₂-Angebot der freien Atmosphäre ist suboptimal und stellt bei großer Lichtintensität den begrenzenden Faktor dar.
 - Daher werden manche Pflanzen in Gewächshäusern mit CO₂ begast. Die CO₂-Konzentration wird hier bis auf 0,1%-Vol. angehoben, einige Pflanzen sogar mit 1,0%-Vol.
 - Durch die gezielte Anreicherung der Luft im Gewächshaus mit CO₂ kann das Wachstum der Pflanzen um 40% gesteigert werden
 - Wird die CO₂-Konzentration zu weit angehoben, so wirkt das CO₂ als Gift, die Pflanzen werden geschädigt.
- Am Boden ist die CO₂-Konzentration höher als in der Luft
 - → Einfluss auf Vegation
- Konz. [CO₂] an K.Punkt: Photosyntheserate = 0
 - C₃ normalerweise: 50 - 100 ppm
 - C₄: normalerweise: 5 - 15 ppm

C4 und C3 Weg– Einfluss der CO₂ Konzentration

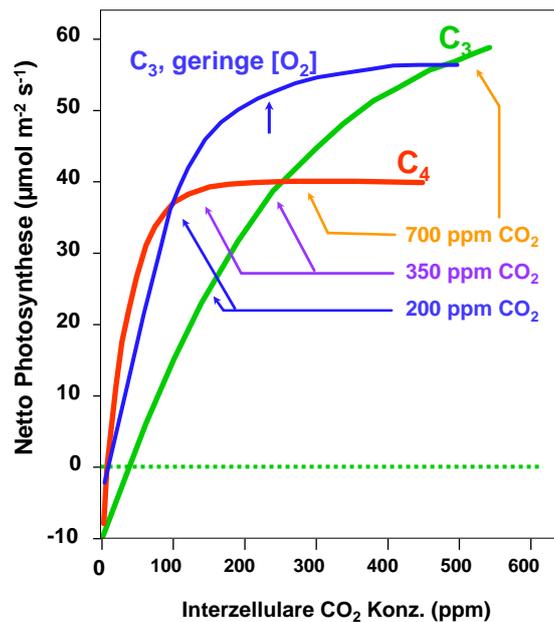
Wettbewerbsvorteile der C3 und C4-Pflanzen im CO₂ Gradienten

Geringer CO₂: Vorteil C4 - Nachteil C3: da Konkurrenz zw. CO₂ und O₂ an RuBisCO!

Durchschnittlicher CO₂: Netto Wachstum etwa gleich, aber C3: Hoher H₂O-Verbrauch

Hoher CO₂: Vorteil C3, da C4 geringen CO₂-Sättigungspunkt haben um damit die Lichtatmung reduzieren zu können (günstigeres CO₂ : O₂-Verhältnis)

Bei geringer O₂ Konz. können C3 Pflanzen aufholen



CAM Pflanzen

CAM=Crassulacean Acid Metabolism



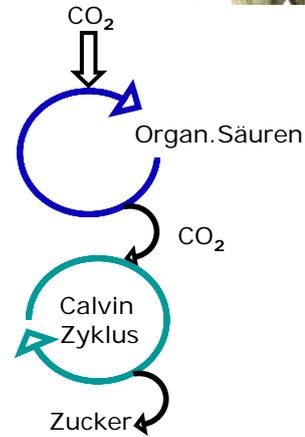
- Wüstenpflanzen: Kakteen, Succulenten, Ananas,...
- Schließen die Stomata tagsüber, um Wasserverlust zu minimieren. Stomata werden nachts geöffnet.



- **Nachts:**
CO₂ Einlagerung in organischen Säuren



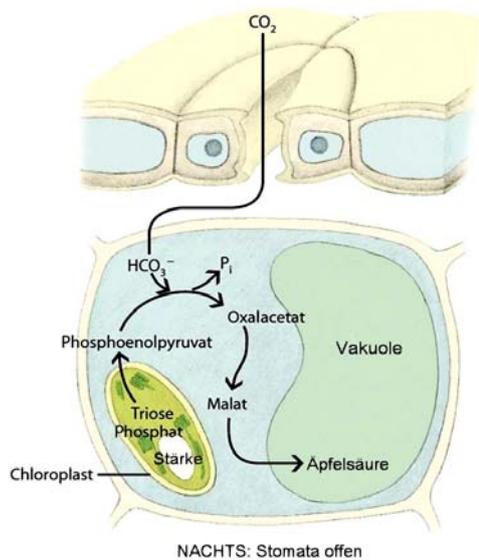
- **Tags:**
CO₂ Abgabe aus organischen Säuren und Verwendung im Calvin-Zyklus



CAM Weg



NACHTs



TAGs

