

# **Einführung in die Ökologie**

## **SS 2008**

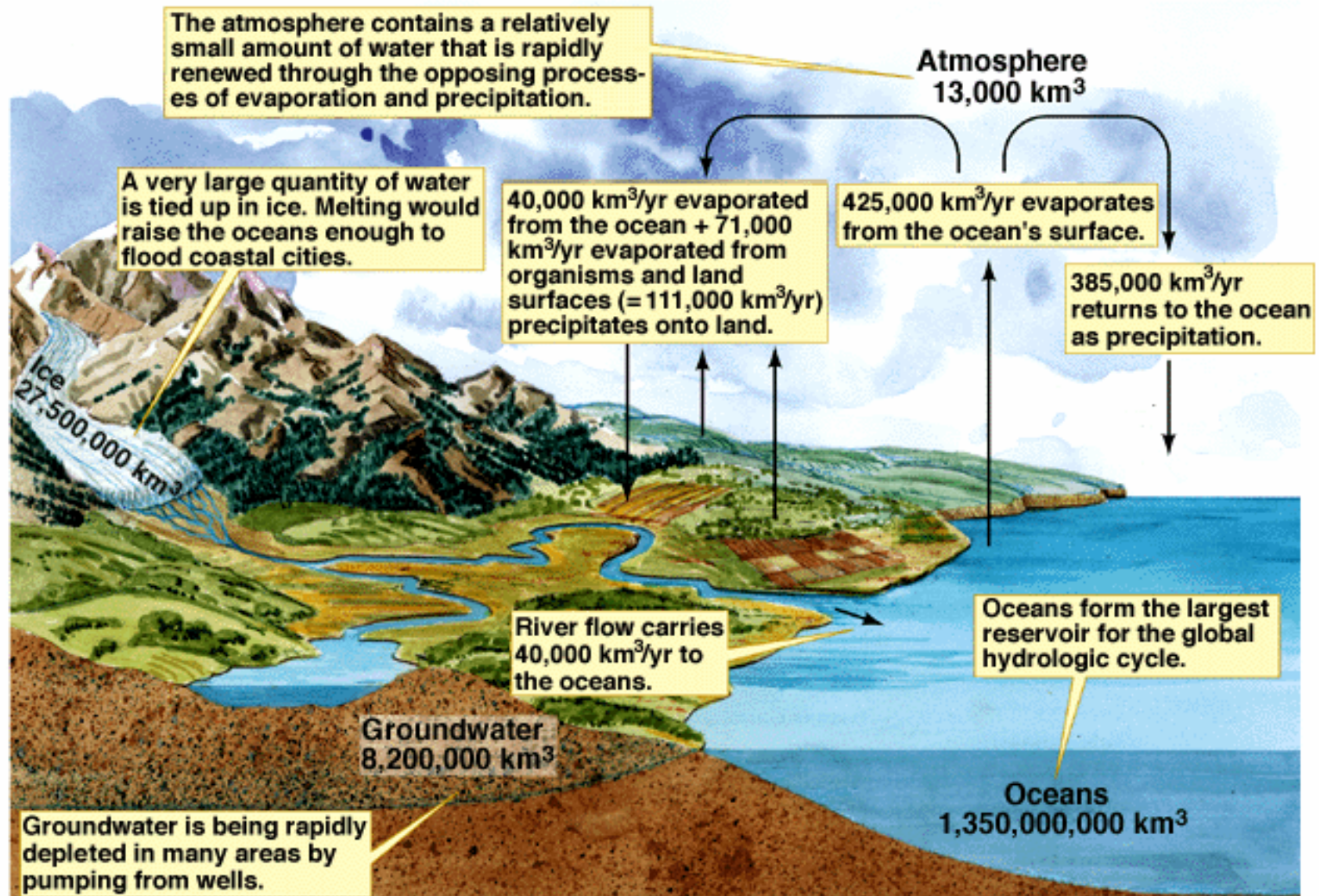
Elisabeth Kalko  
Experimentelle Ökologie Bio III  
Universität Ulm

# Wasserhaushalt





# The hydrologic cycle.



# Wasseraustausch

- Wasseraustausch zwischen terrestrischen Organismen und ihrer Umgebung:  
Wasserdampfdruckdefizit  $\Rightarrow$  Verdunstung
- Relative Luftfeuchtigkeit:  
Niedrige Temperaturen: Wasserdampfdruck ist gering, Luft ist mit geringen Wassermengen gesättigt  
Hohe Temperaturen: Wassersättigung und Wasserdampfdruck steigen

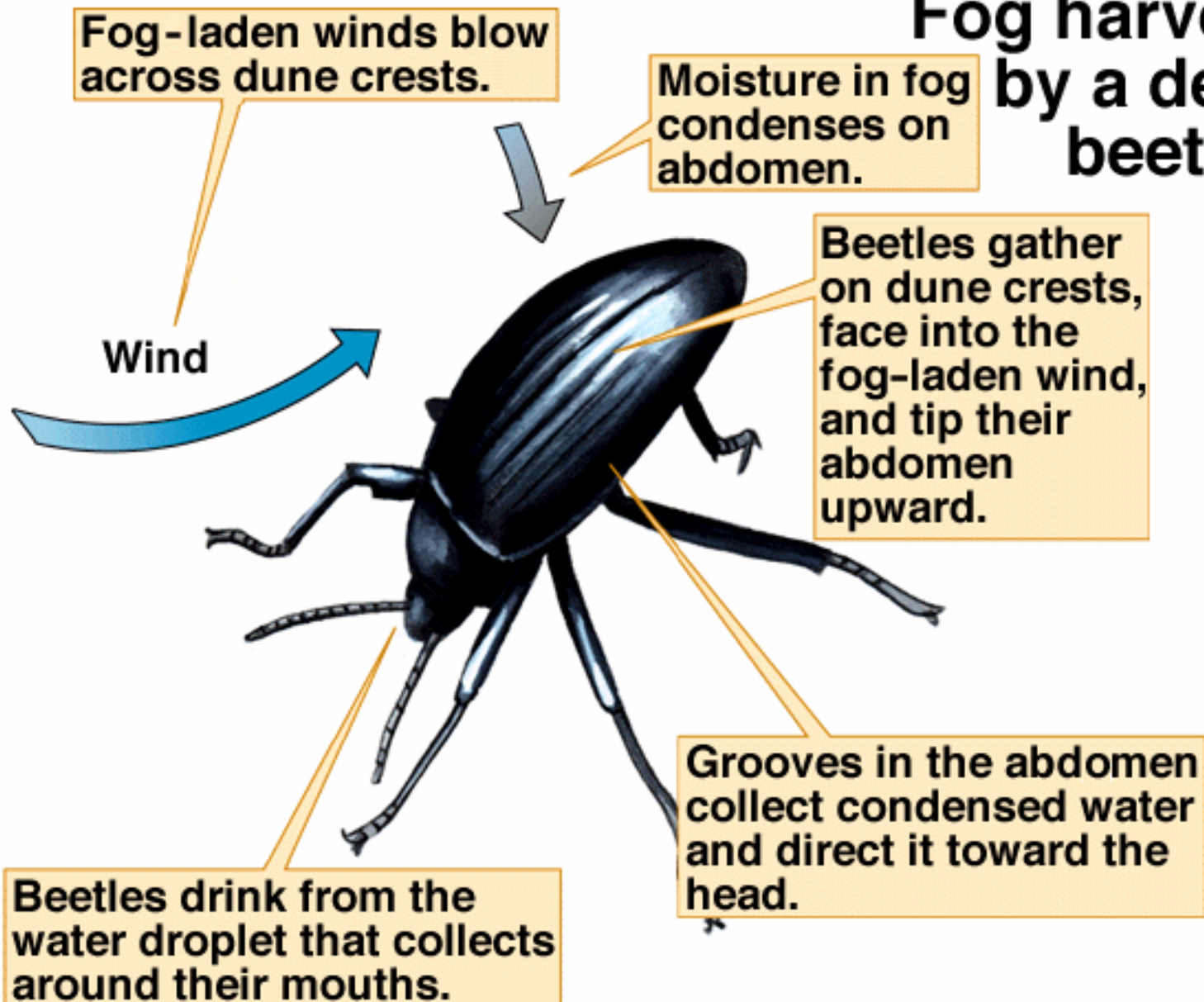
# Wasserregulation von terrestrischen Organismen

- Innerer Wassergehalt: Balance zwischen Wasseraufnahme und Wasserabgabe

# Wasserregulation von terrestrischen Organismen

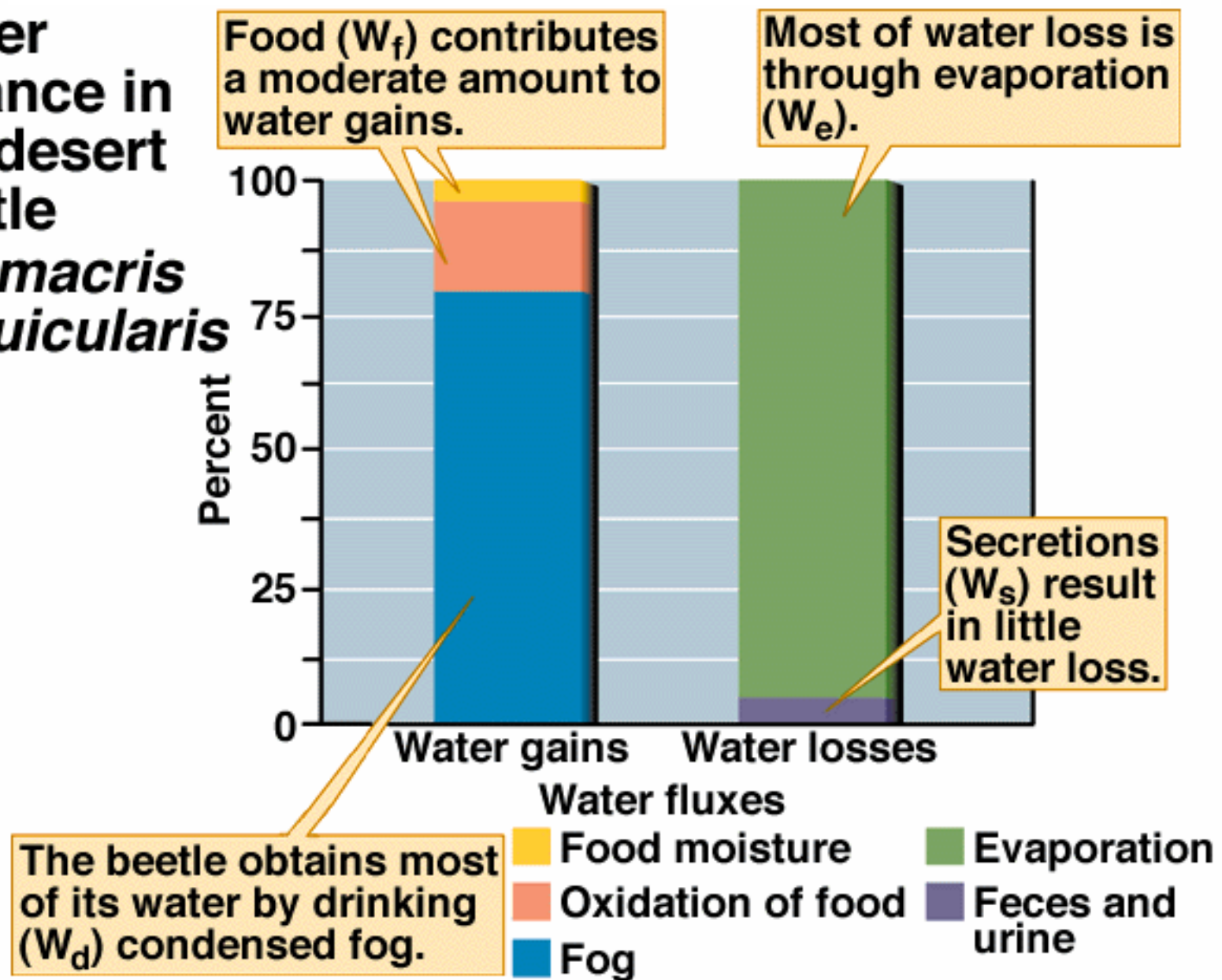
- Innerer Wassergehalt: Balance zwischen Wasseraufnahme und Wasserabgabe
- Hauptquellen für Wasseraufnahme:
  - Trinken, Nahrung, Absorption aus Luft
- Hauptquellen für Wasserverlust:
  - Verdunstung, Sekretionen und Exkretionen (Urin, Kot, Schleim)

## Fog harvesting by a desert beetle.





# Water balance in the desert beetle *Onymacris unguicularis*

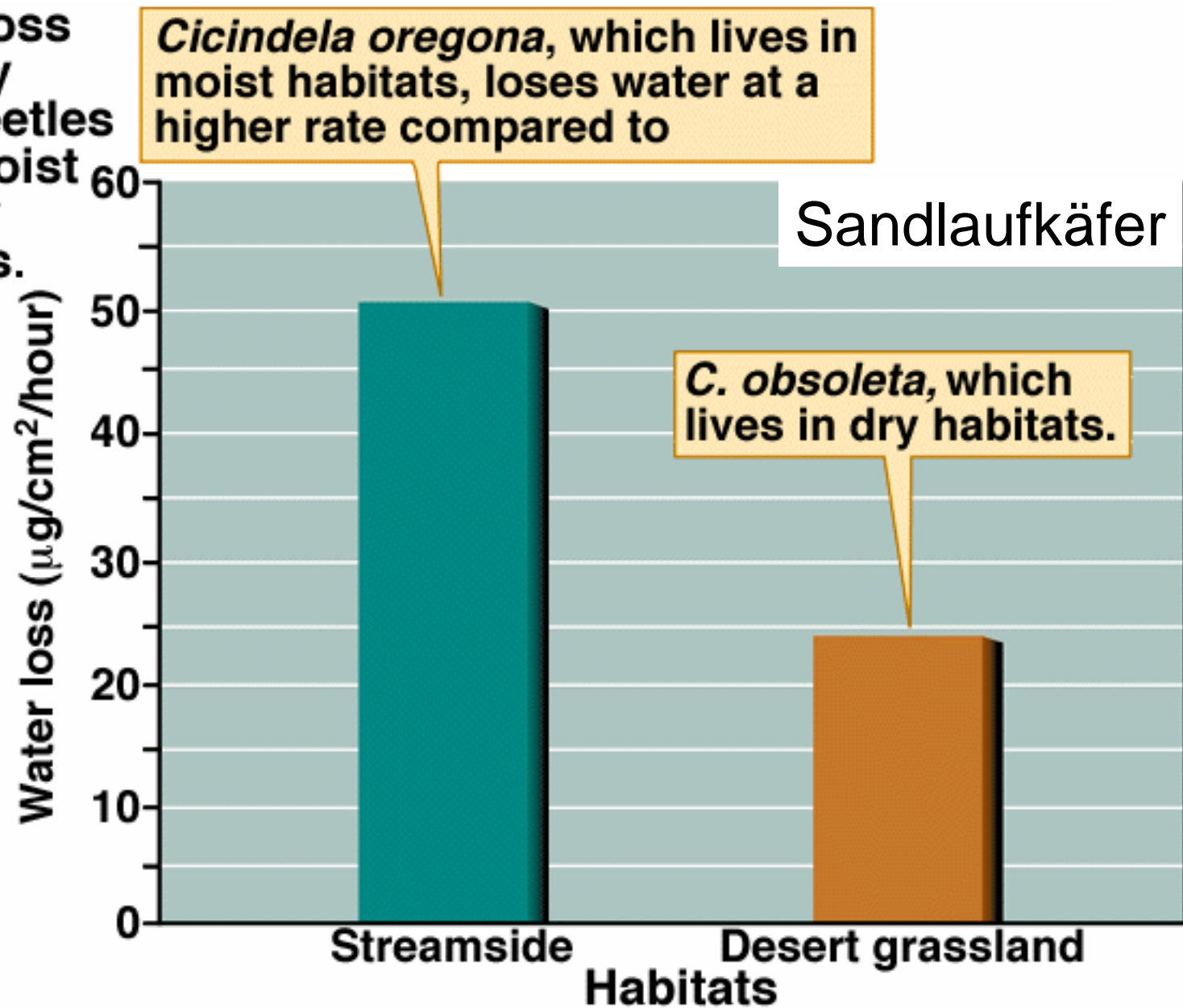




# Wasserregulation des Wüstenkäfers *Onymacris unguicularis* (Tenebrionidae)

- Wasserverlust 41.3 mg H<sub>2</sub>O pro g Körpergewicht
  - 2.3 mg durch Urin und Kot
  - 39 mg durch Verdunstung
- Wasseraufnahme 49.9 mg H<sub>2</sub>O pro g Körpergewicht:
  - 10.1 mg durch Nahrung (Feuchtigkeit in Nahrung und Oxidation von Glucose:  
$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 = 6 \text{CO}_2 + \underline{6 \text{H}_2\text{O}}$$
)
  - 39.8 mg durch Nebel !

Water loss rates by tiger beetles from moist and dry habitats.



# Characteristics of a desert scorpion.

While Sonoran Desert cicada sings from the branches of a mesquite tree during a mid-summer's afternoon. . .

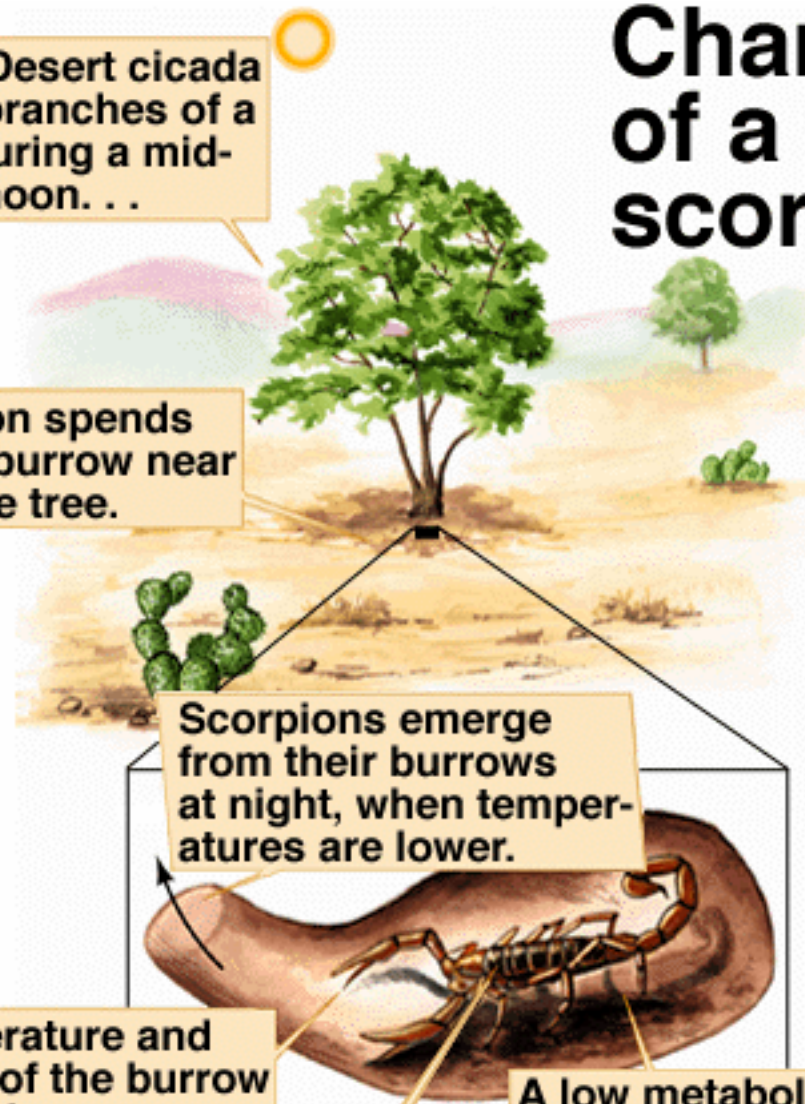
. . .the scorpion spends the day in its burrow near the base of the tree.

Scorpions emerge from their burrows at night, when temperatures are lower.

The low temperature and high humidity of the burrow reduces water loss.

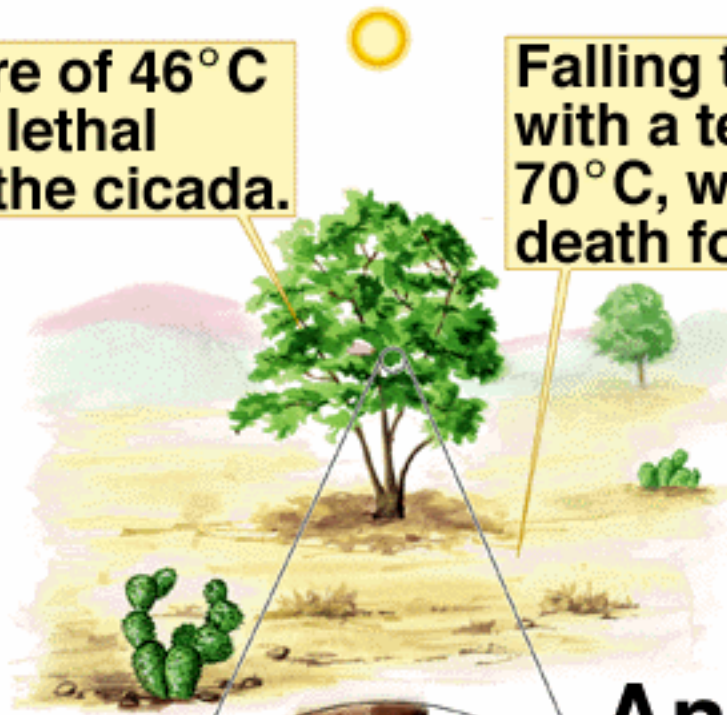
Waterproofed cuticle also reduces evaporative water loss.

A low metabolic rate reduces respiration and further decreases water loss.



**Air temperature of  $46^{\circ}\text{C}$  is higher than lethal maximum for the cicada.**

**Falling to the ground, with a temperature of  $70^{\circ}\text{C}$ , would be certain death for the cicada.**

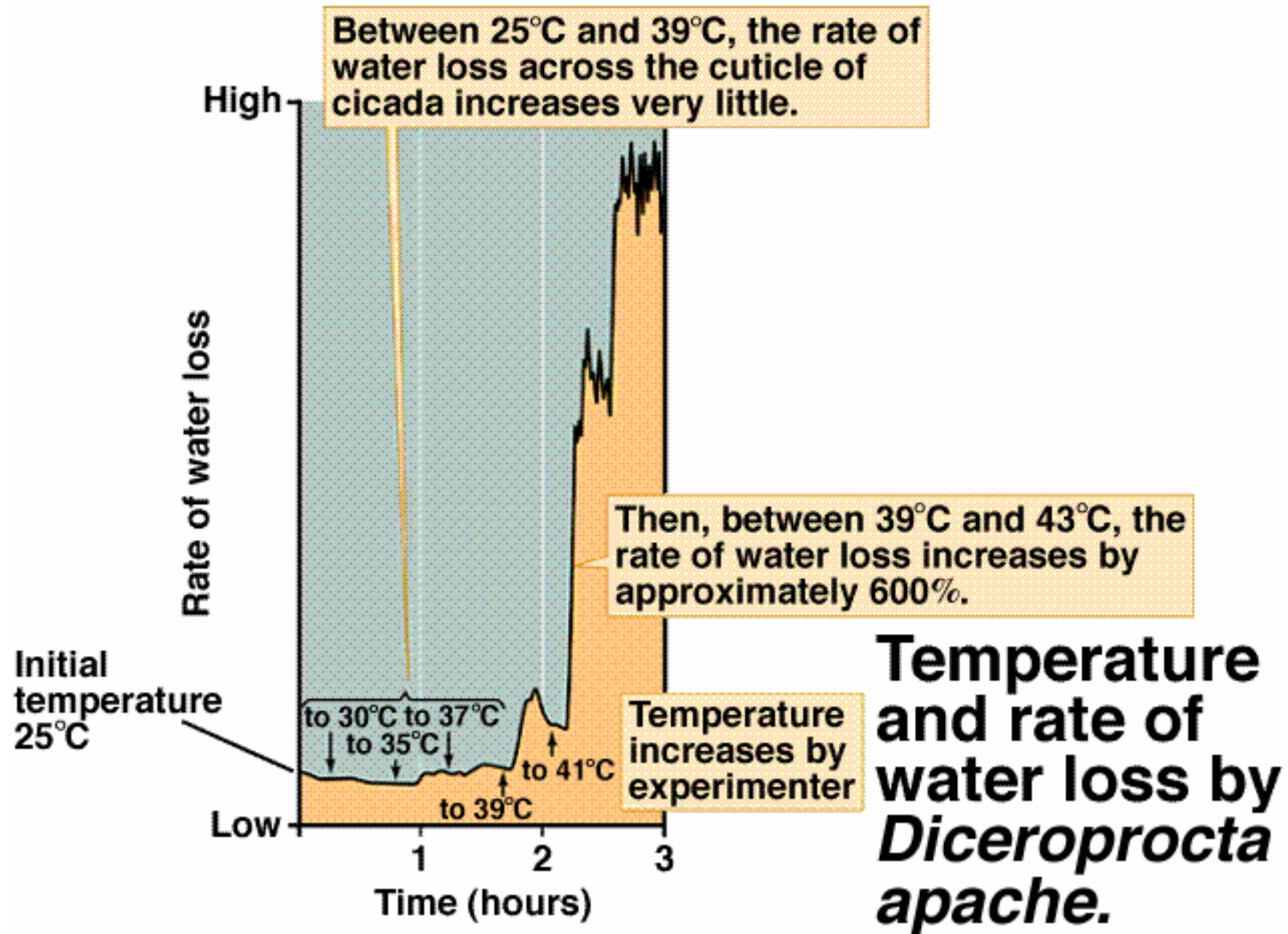


**How does the cicada remain active when environmental temperatures exceed its lethal maximum?**

**An ecological puzzle.**









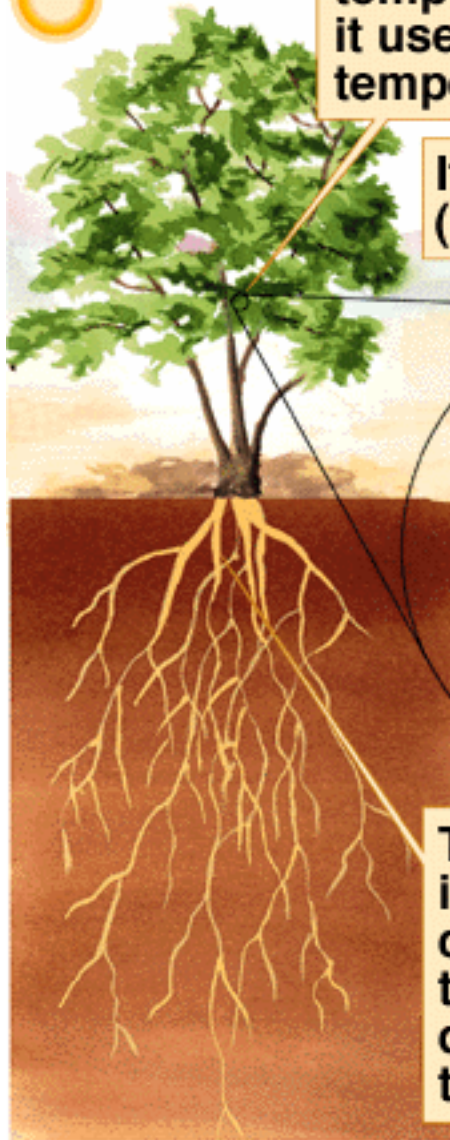
The cicada can remain active when environmental temperatures exceed its lethal maximum because it uses evaporative cooling to reduce body temperature.

It compensates for high evaporative water loss (high  $W_e$ ) by high rate of drinking (high  $W_d$ ).



**An ecological puzzle solved.**

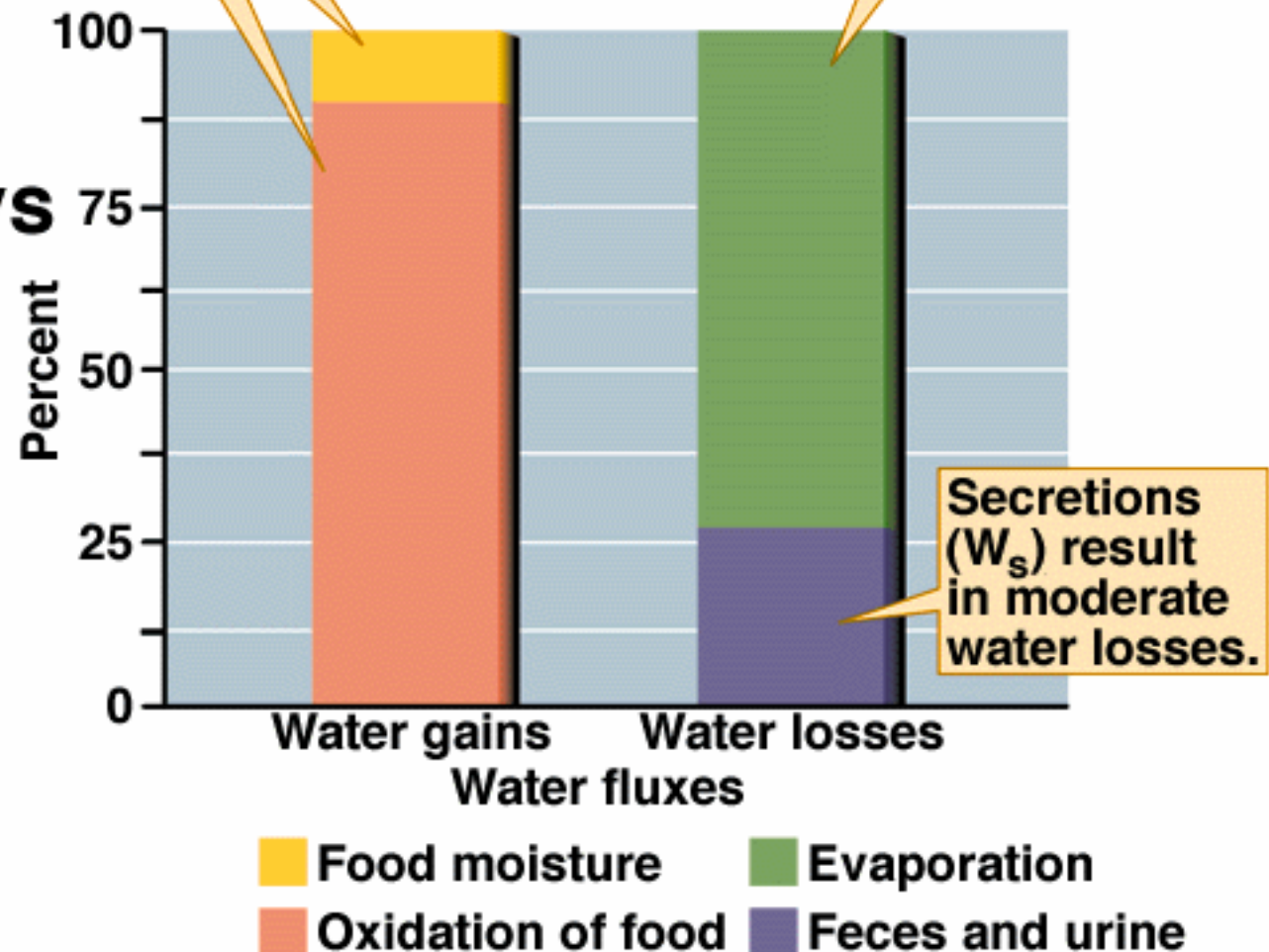
The insect gets the water it needs for evaporative cooling by tapping into water that its host plant draws from deep below the surface of the ground.



# Water balance in the kangaroo rat, *Dipodomys*

The kangaroo rat can go without drinking (no  $W_d$ ) and obtain all the water it needs from its food ( $W_f$ ).

Most water loss is through evaporation ( $W_e$ ).



# Wasser- und Salzregulation bei aquatischen Organismen

- **Konzentrationsgradient** von Wasser- und Salzgehalt des Organismus bestimmen Richtung und Ausmaß des **Diffusionsgefälles**.



In an isosmotic aquatic organism, internal concentrations of water and salt equal their concentrations in the environment.

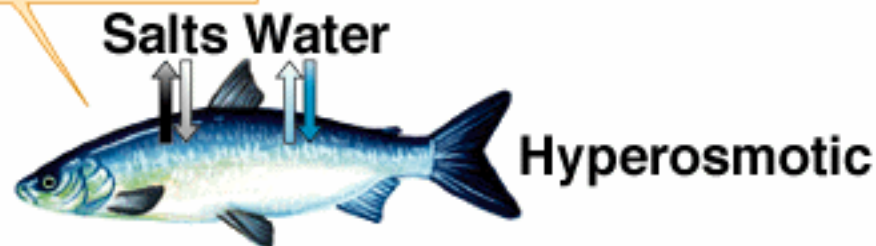
## Spezialfall: Elasmobranchier



Salts and water diffuse at approximately equal rates into and out of an isosmotic organism.

Compared to the environment, a hyperosmotic aquatic organism has a lower internal concentration of water and a higher internal concentration of salts.

## Süßwasserfisch



Salts diffuse out of a hyperosmotic organism at a higher rate, while water diffuses in at a higher rate.

Compared to the environment, a hypoosmotic aquatic organism has a higher internal concentration of water and a lower internal concentration of salts.



Salts diffuse into a hypoosmotic organism at a higher rate, while water diffuses out at a higher rate.

## Salzwasserfisch

# Osmoregulation by marine fish and saltwater mosquitoes.

Water diffuses from the gills of marine bony fish to the surrounding seawater ( $-W_o$ ).

Specialized cells in the gills secrete  $\text{Cl}^-$  and  $\text{Na}^+$  follows.

Drinking water + salt →

Water,  $\text{Na}^+$   $\text{Cl}^-$   
(Gills)

**Hyposmotic**

Marine bony fish and saltwater mosquitoes drink ( $W_d$ ) to compensate for water lost by osmosis ( $-W_o$ ); they also take in salts with drinking water.

Urine,  $\text{Mg}^{2+}$   $\text{SO}_4^{2-}$

Doubled-charged  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  are excreted with urine.

Drinking water + salt

Urine + water + salt

Water diffuses from saltwater mosquitoes to the surrounding environment ( $-W_o$ ).

Salts are excreted in concentrated urine; small amounts of water are lost with urine ( $W_s$ ).

Water diffuses into freshwater bony fish through their gills (+ $W_o$ ).

Specialized cells in the gills actively absorb  $\text{Cl}^-$  from the surrounding water;  $\text{Na}^+$  follows.

Food + salt

Water,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$   
(Gills)

Urine + salt

## Osmoregulation by freshwater fish and mosquitoes.

Both freshwater fish and freshwater mosquitoes take in salts with their food.

Both freshwater fish and freshwater mosquitoes excrete water in large volumes of dilute urine ( $W_s$ ); small amounts of salt are lost with urine.

Hyperosmotic

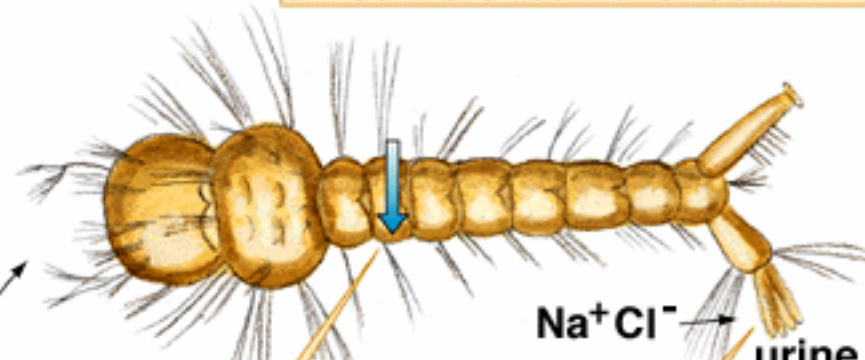
Food + salt

Water diffuses into freshwater mosquitoes from the surrounding environment (+ $W_o$ ).

The anal papillae of freshwater mosquitoes absorb  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  from the surrounding water.

$\text{Na}^+$   $\text{Cl}^-$

urine + water + salt

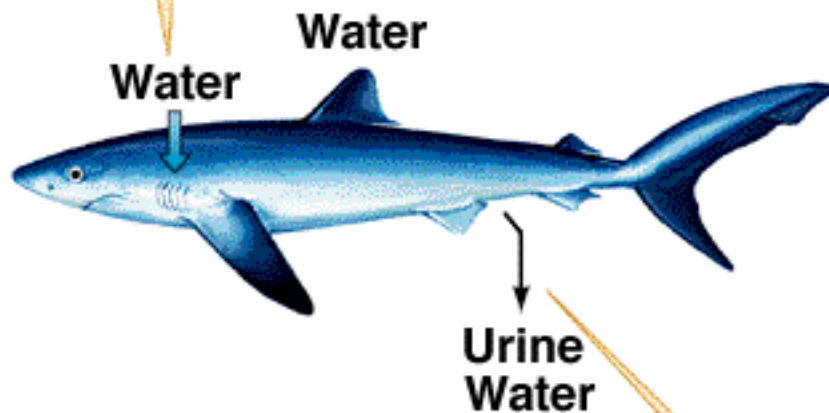




# Osmoregulation by sharks.

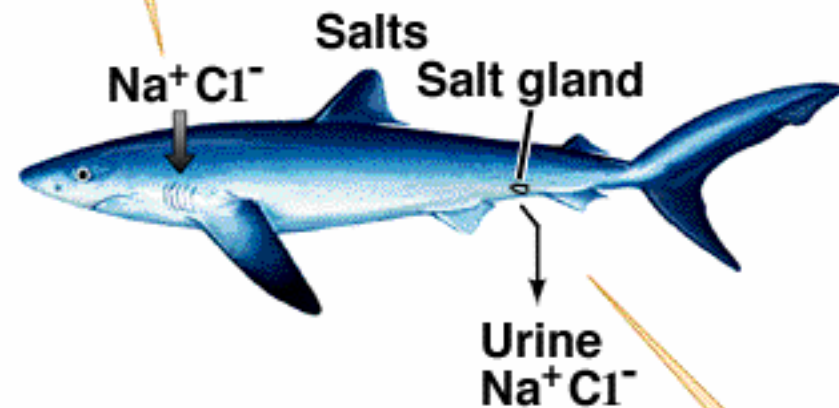
Isoosmotisch:  
Harnstoff!!

Because the shark's body fluid is slightly hyperosmotic to the surrounding seawater, water diffuses through its gills (+ $W_o$ ).



Sharks excrete urine ( $W_s$ ) to compensate for water gained by osmosis.

$\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  diffuse into sharks from the surrounding seawater.



Salts are concentrated by the salt gland and excreted with the urine.



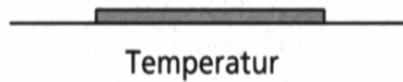
# Definition der ökologischen Nische

Die ökologische Nische ist kein Ort, sondern eine **Abstraktion** aus **Toleranzbereichen** und **Ansprüchen** eines Organismus an seine Umgebung

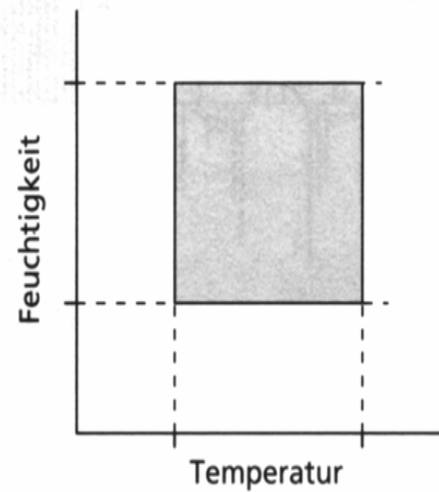
# Ökologische Nische

Hutchinson (1957): N-dimensionaler Hyperraum

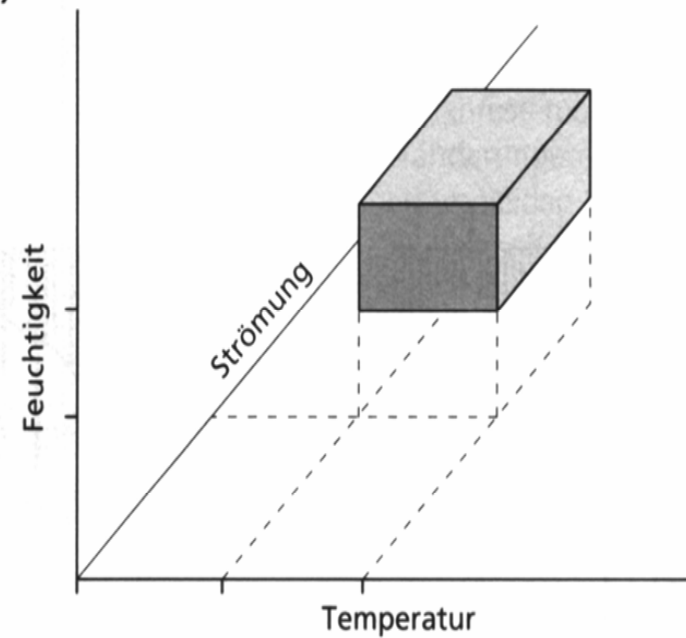
a)



b)



c)



# Nischenkonzept

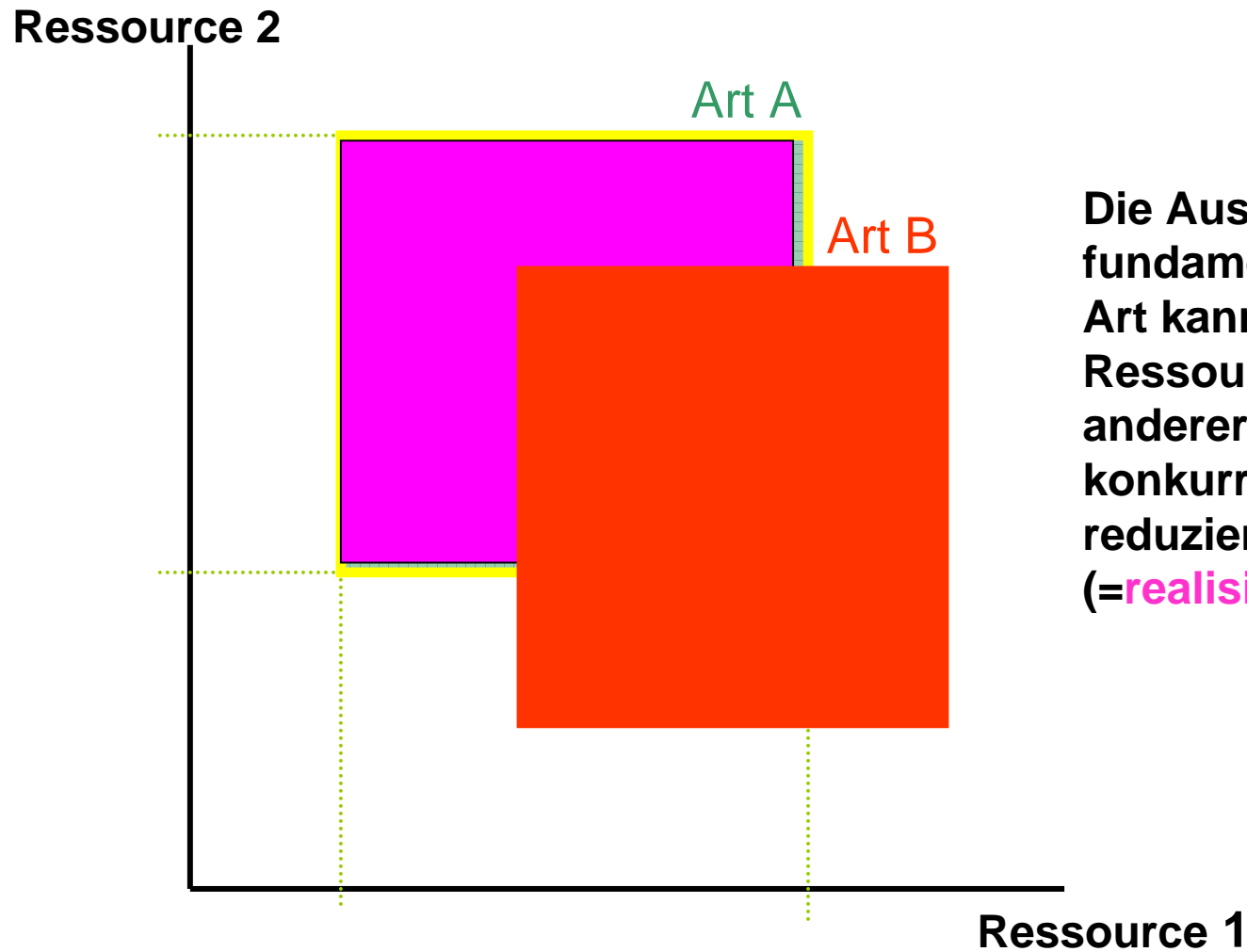
- **Separate Nischendimensionen** für wichtige Umweltfaktoren und wichtige Ressourcen einschließlich z. B. Wasser, Nährstoffe, Brutplätze etc.
- **Fundamentalnische:**  
Kombination von **Umweltfaktoren** und **Ressourcen**, die das **Überleben** und **Reproduzieren** eines Organismus erlauben **ohne** Interaktion mit anderen Arten

# Nischenkonzept

- **Realnische** (eingeschränkte, realisierte Nische): Kombination von Umweltbedingungen und Ressourcen, die es einer Art erlauben zu existieren und sich fortzupflanzen in Gegenwart von **anderen** Arten, die existenzbedrohend sein können (z. B. Konkurrenz, Prädation)



# Fundamentale und realisierte Nische



Die Ausdehnung der  
fundamentale Nische einer  
Art kann durch den  
Ressourcenverbrauch  
anderer,  
konkurrenzstärkerer Arten  
reduziert werden  
(=**realisierte** Nische)

# Umweltfaktoren und Ressourcen

- Tilman (1982): Alles, was ein Organismus konsumiert (nutzt, umwandelt), ist eine Ressource
- Ressourcen lebender Organismen:
  - Stoffe, aus denen ihre Körper bestehen
  - Energie, die für Aktivitäten benötigt wird
  - Raum, in dem sich Lebenszyklen abspielen

# Beispiele

- Grüne Pflanzen bestehen aus anorganischen Ionen und Molekülen  $\Rightarrow$  Nahrungsressource
- Sonnenstrahlung für Photosynthese  $\Rightarrow$  Energieressource
- Grüne Pflanzen sind Nahrungsressourcen für Herbivore, diese sind wiederum Nahrungsressourcen für Carnivore

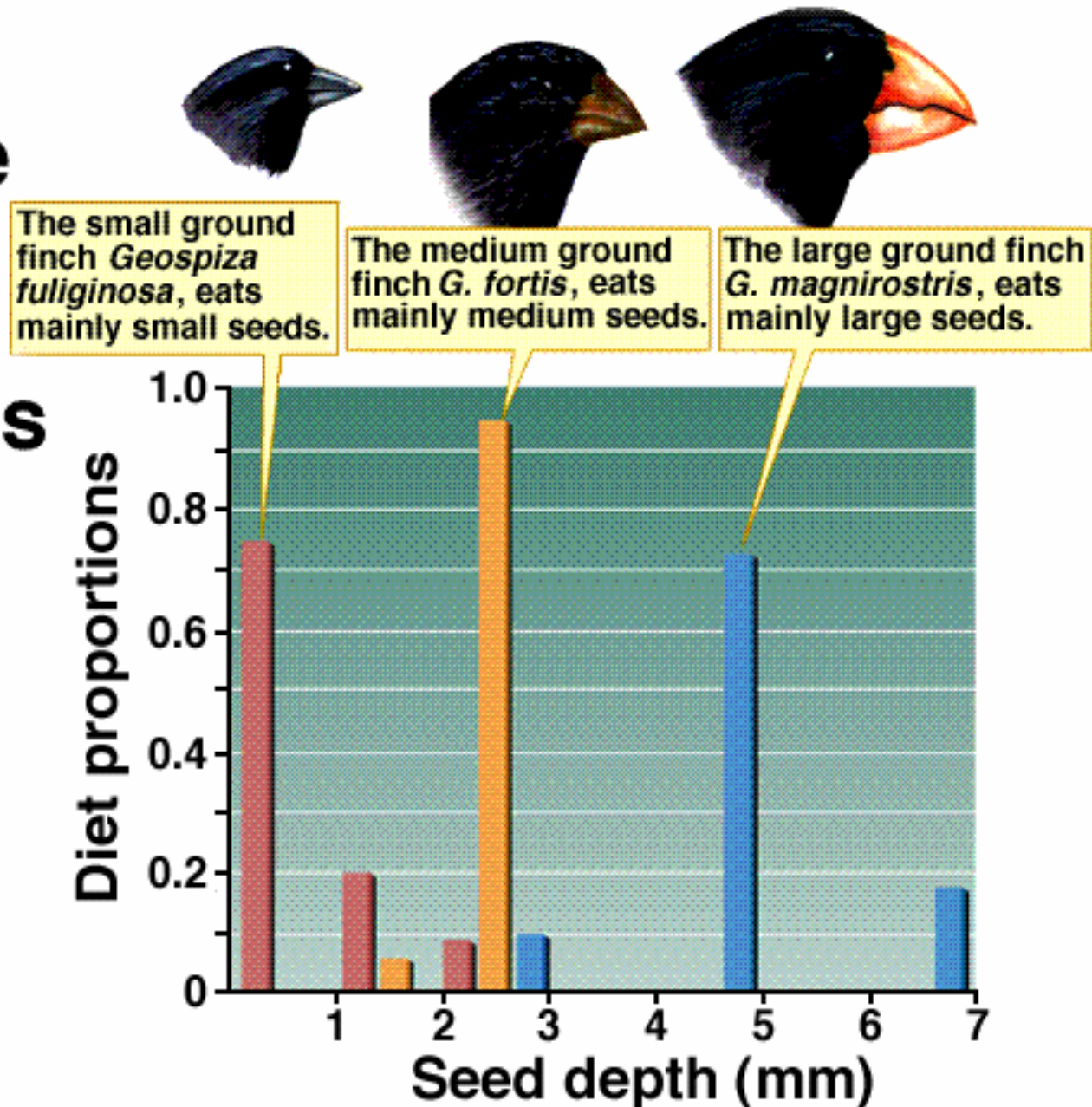
# Ressourcennutzung

- Wie werden Ressourcen **genutzt**?
- **Ressourcenaufteilung** (resource partitioning) aufgrund morphologischer, sinnesökologischer und verhaltensökologischer Anpassungen
- Wie **flexibel** ist Ressourcennutzung? Wie gut kann ein Organismus auf geänderte Umweltbedingungen in seiner Ressourcennutzung **reagieren**? Spezialisten versus Generalisten.



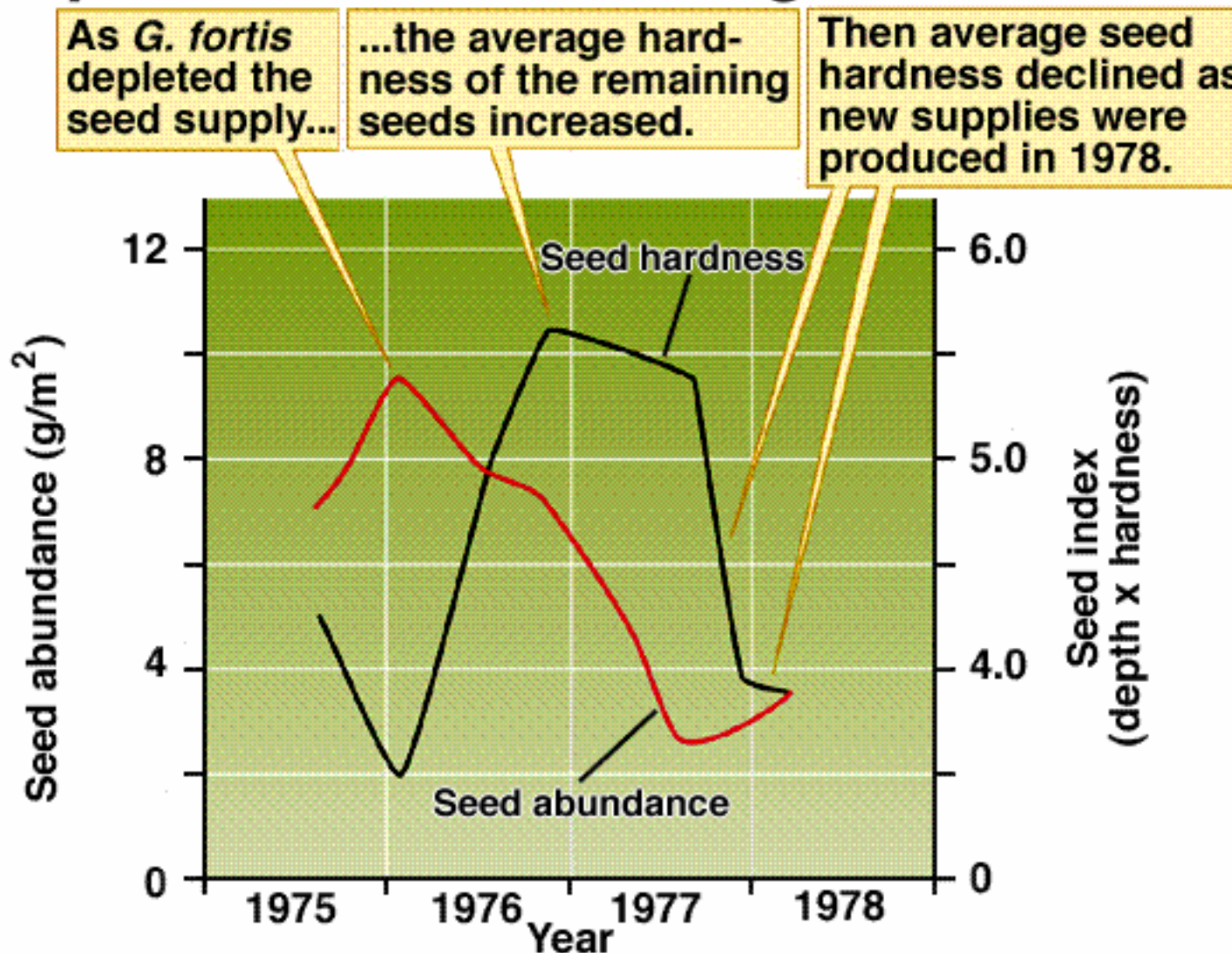
# Ressourcenaufteilung

Body size  
and seed  
size in  
Galápagos  
finch  
species.



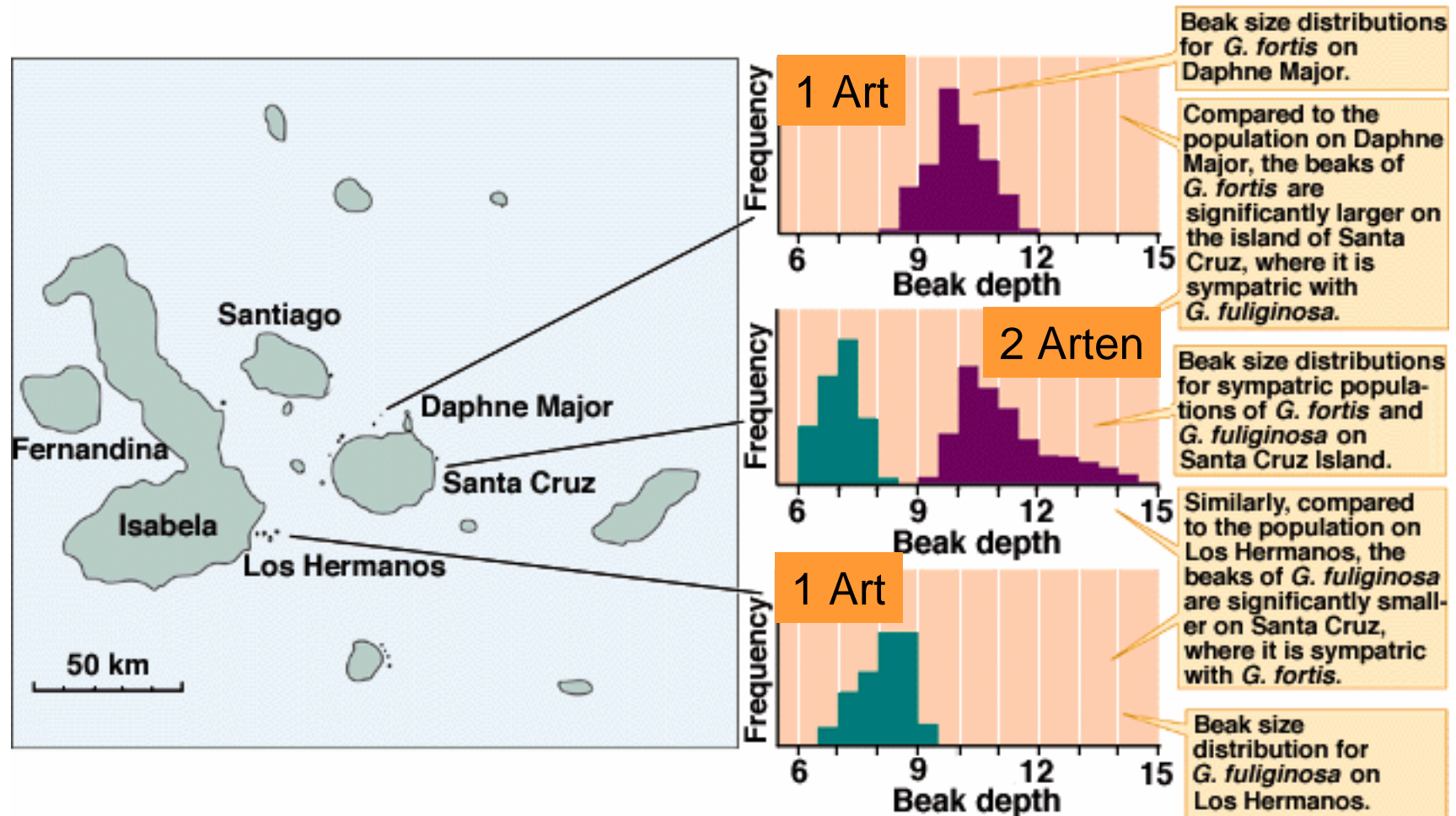
# Plastizität in der Ressourcennutzung

Seed depletion by the medium ground finch, *Geospiza fortis*, and average seed hardness.



# Merkmalsverschiebungen

Evidence for character displacement in beak size in populations of the Galápagos finches *Geospiza fortis* and *G. fuliginosa*.





# Einnischung und Konkurrenz

- Beeinflussung der Realnische durch abiotische und biotische Faktoren



# Intertidal zonation.

Most exposure to atmosphere; least inundation

Supratidal fringe

Upper intertidal zone

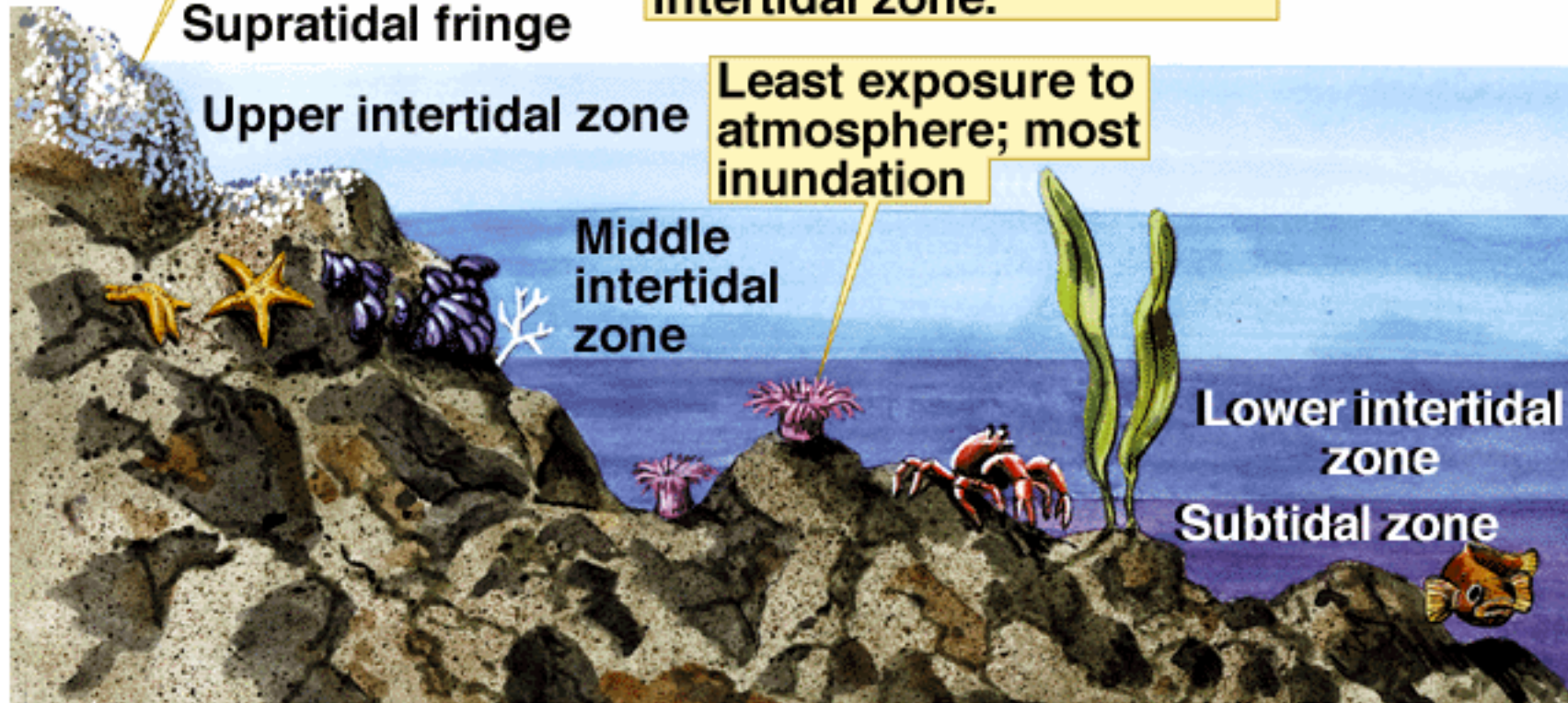
Tidal fluctuation produces gradient of environment conditions within the intertidal zone.

Least exposure to atmosphere; most inundation

Middle intertidal zone

Lower intertidal zone

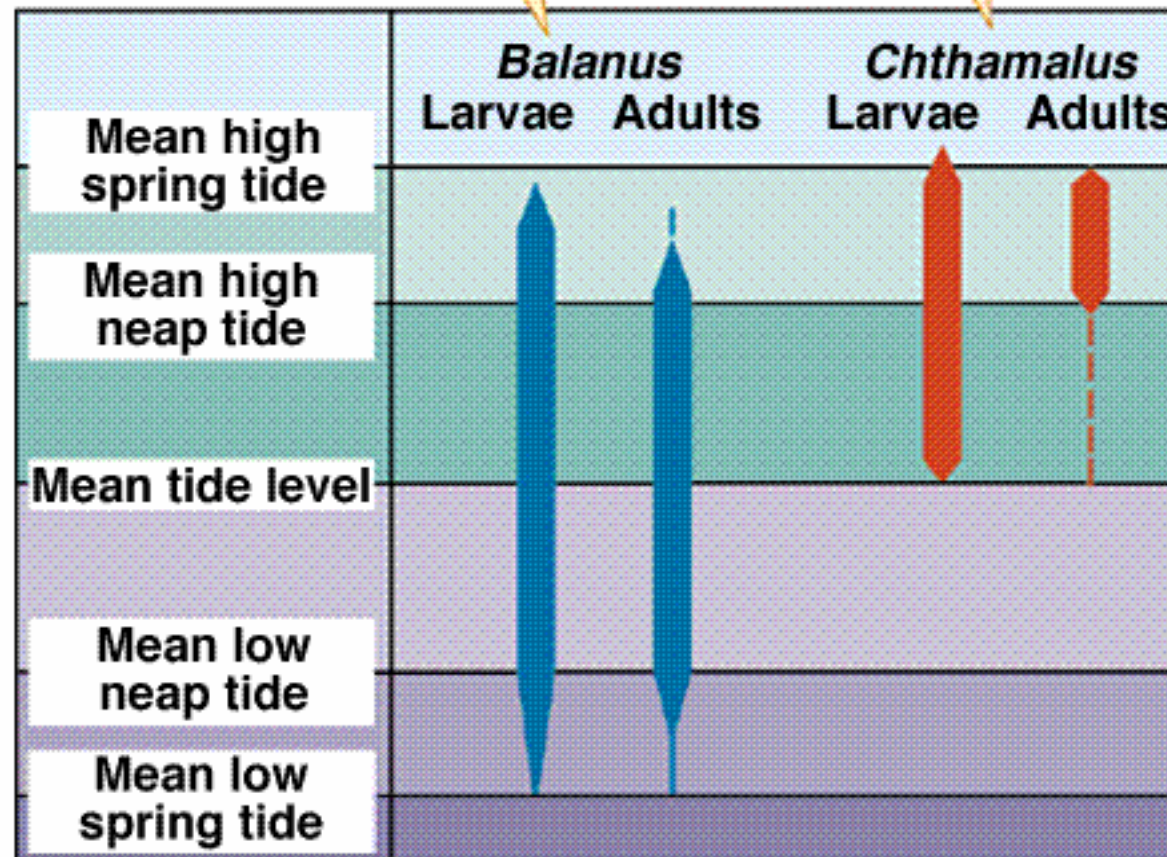
Subtidal zone



# Verteilung von zwei Seepockenarten innerhalb der Tidenzone

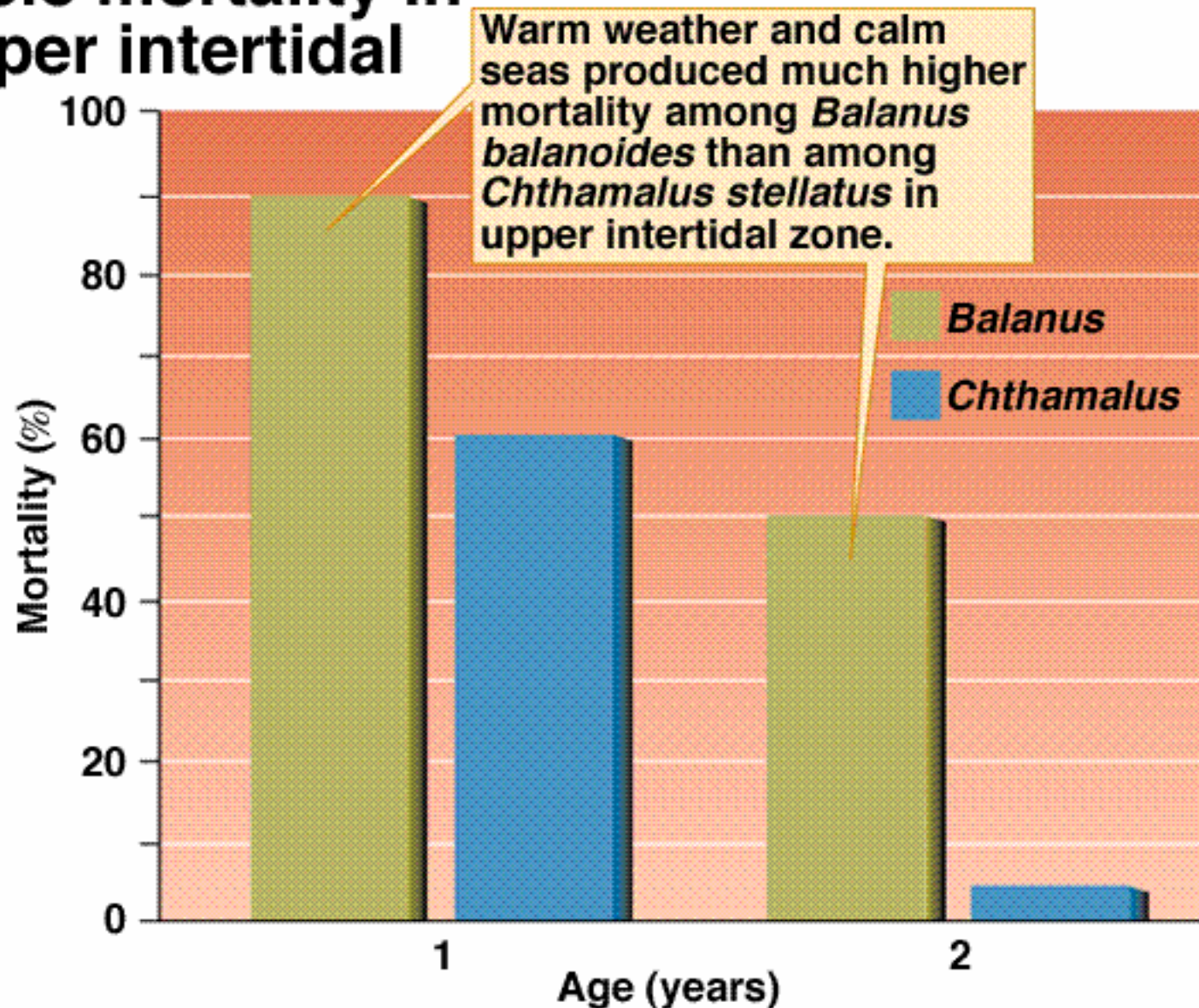
*Balanus balanoides* larvae settle throughout intertidal zone but survive to adults mainly in middle to lower intertidal zones.

*Chthamalus stellatus* larvae settle in middle and upper intertidal zones but survive to adults mainly in upper intertidal zone.





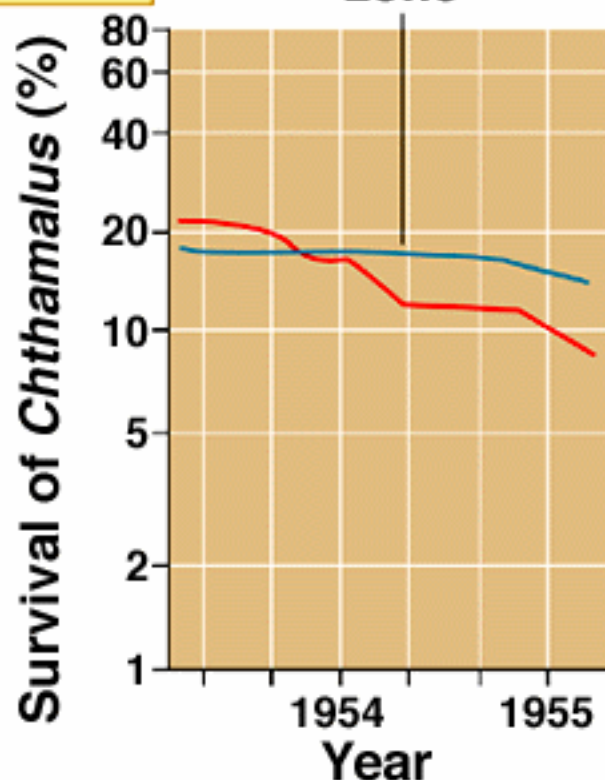
## Barnacle mortality in the upper intertidal zone.



# A competition experiment with barnacles: removal of *Balanus* and survival by *Chthamalus* in the upper and middle intertidal zones.

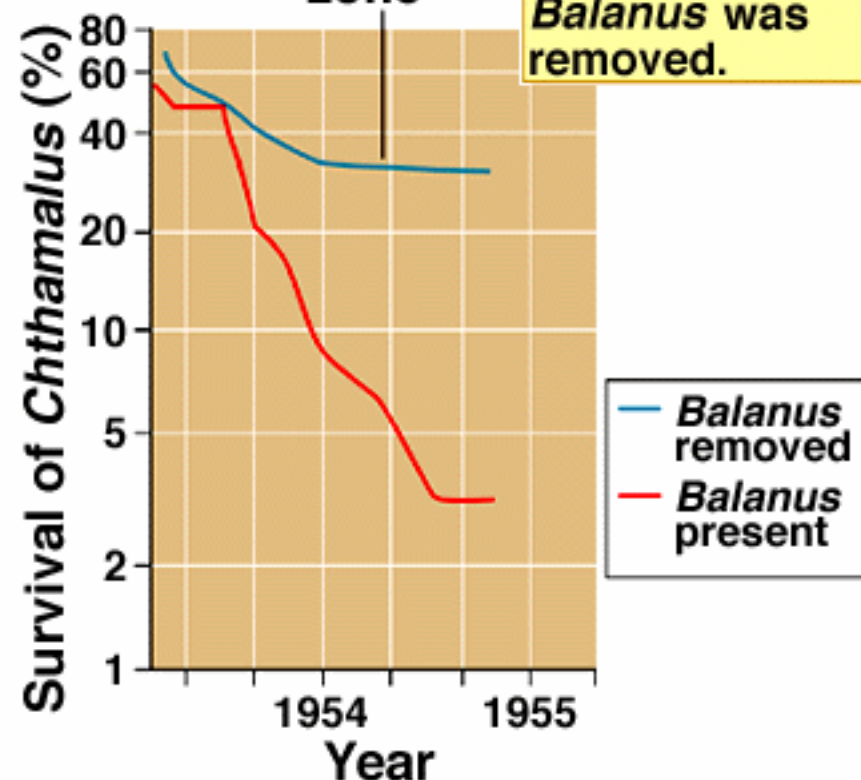
In the upper intertidal zone, removing *Balanus* had little effect on survival by *Chthamalus*.

Upper intertidal zone



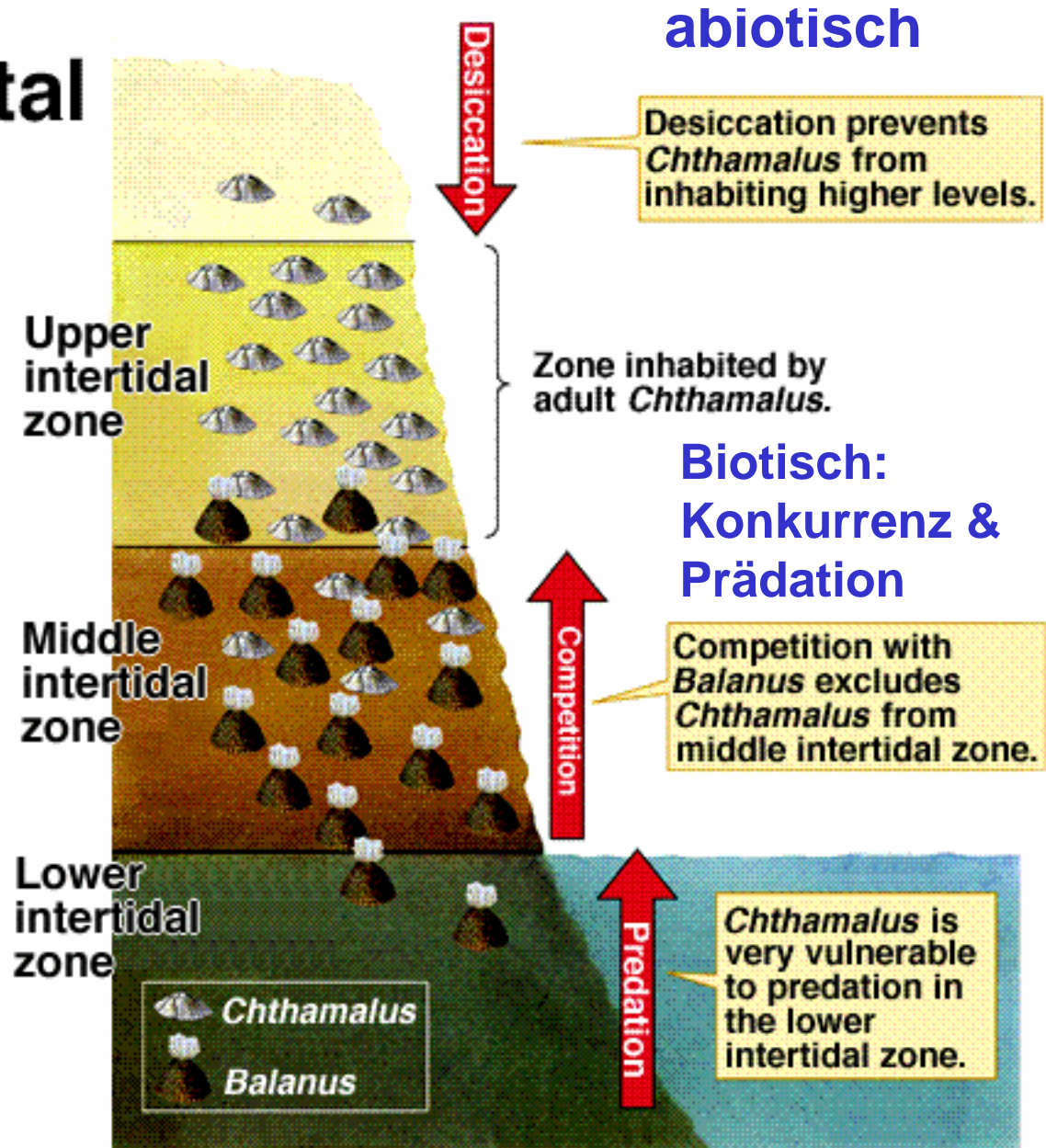
In the middle intertidal zone, a much higher percentage of *Chthamalus* survived where *Balanus* was removed.

Middle intertidal zone





Environmental factors restricting the distribution of *Chthamalus* to the upper intertidal zone.

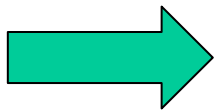


# Veränderungen von Nischendimensionen durch Wechselwirkungen von Organismen

- Die Hauptkomponenten von Wechselbeziehungen zwischen Organismen sind:
  - Konkurrenz (Merkmalsverschiebungen, Veränderung der Dominanzverhältnisse, Häufigkeit)
  - Prädation
  - Parasitismus
  - Mutualismus
  - Detritivorie

# Konkurrenz

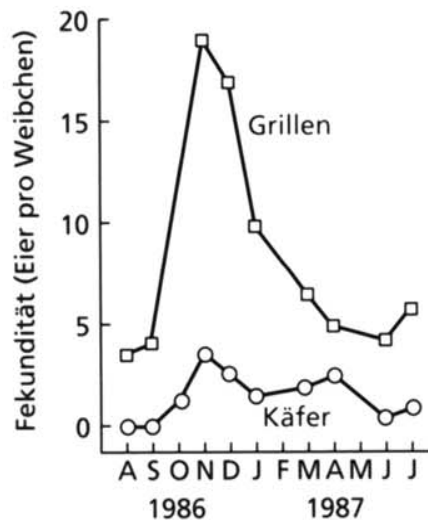
- **Intraspezifische Konkurrenz**: gemeinsamer Bedarf nach **begrenzten** (limitierten) Ressourcen innerhalb von Populationen/Arten
  - **Interferenzkonkurrenz**: direkte Wechselbeziehung um Ressource
  - **Ausbeutungskonkurrenz**: indirekte Konkurrenz



Verringerung der Fitness

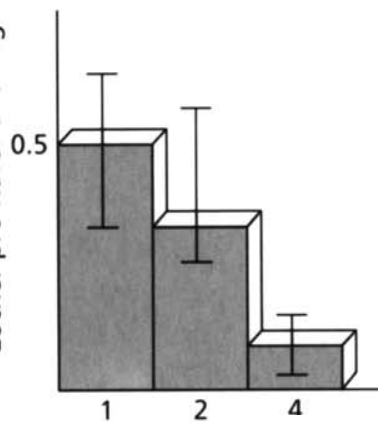
# Intraspezifische Konkurrenz beim dem Höhlenkäfer *Neapheanops tellkampfi*

Fekundität  
(Eier/Weibchen)



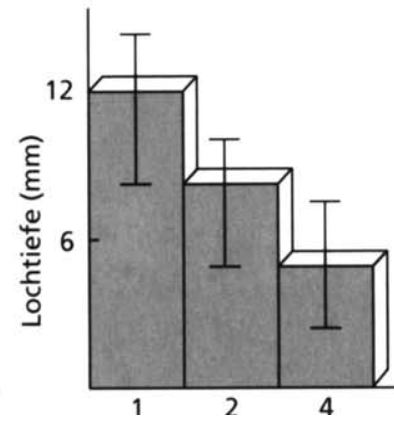
Löcher/Käfer/Tag

Löcher pro Käfer und Tag



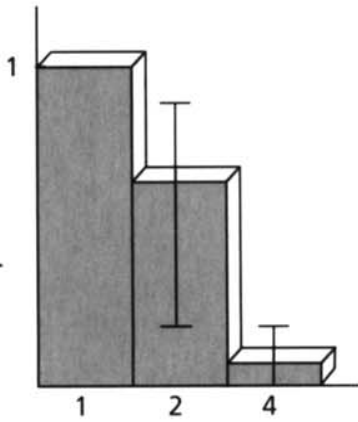
Lochtiefe

Lochtiefe (mm)



Verzehnte Eier/Käfer

Anzahl der pro Käfer verzehrten Eier



Steigende Dichte der Käfer

**Interferenzkonkurrenz:** bei hoher Dichte kämpfen die Käfer um Ressourcen und verringern dadurch ihre Nahrungsaufnahme und den Reproduktionserfolg

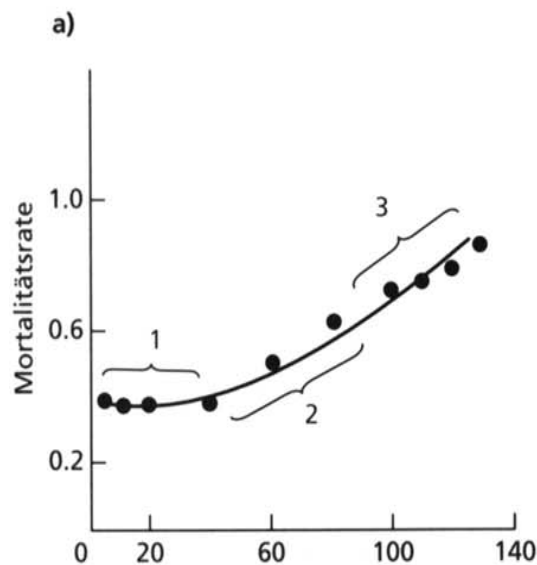


# Intraspezifische Konkurrenz

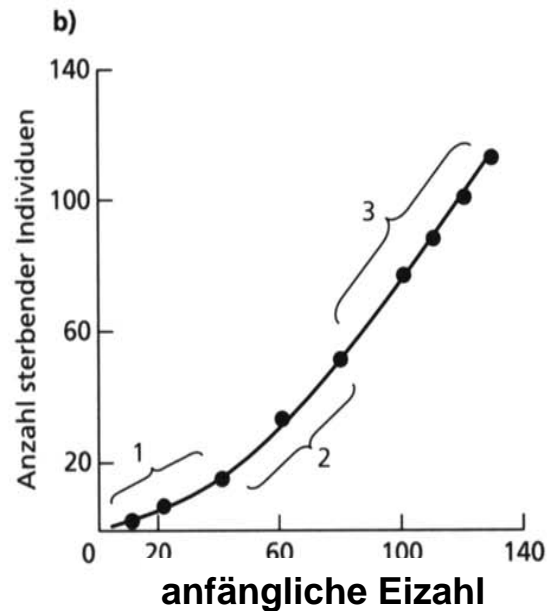
- Auswirkung der intraspezifischen Konkurrenz ist dichteabhängig
  - bei allen Populationsdichten dichteunabhängige Mortalität
  - dichteabhängige Mortalität wird
    - unterkompensiert
    - überkompensiert
    - exakt kompensiert

# Dichteabhängige Sterblichkeit beim Reismehlkäfer (*Tribolium confusum*)

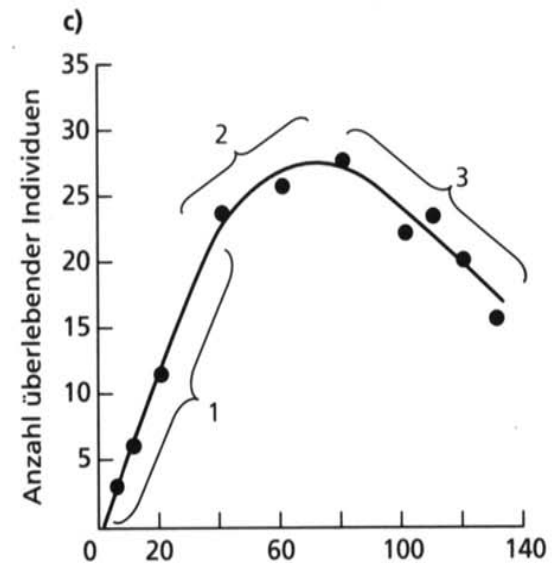
Mortalitätsrate



Anzahl sterbender Individuen

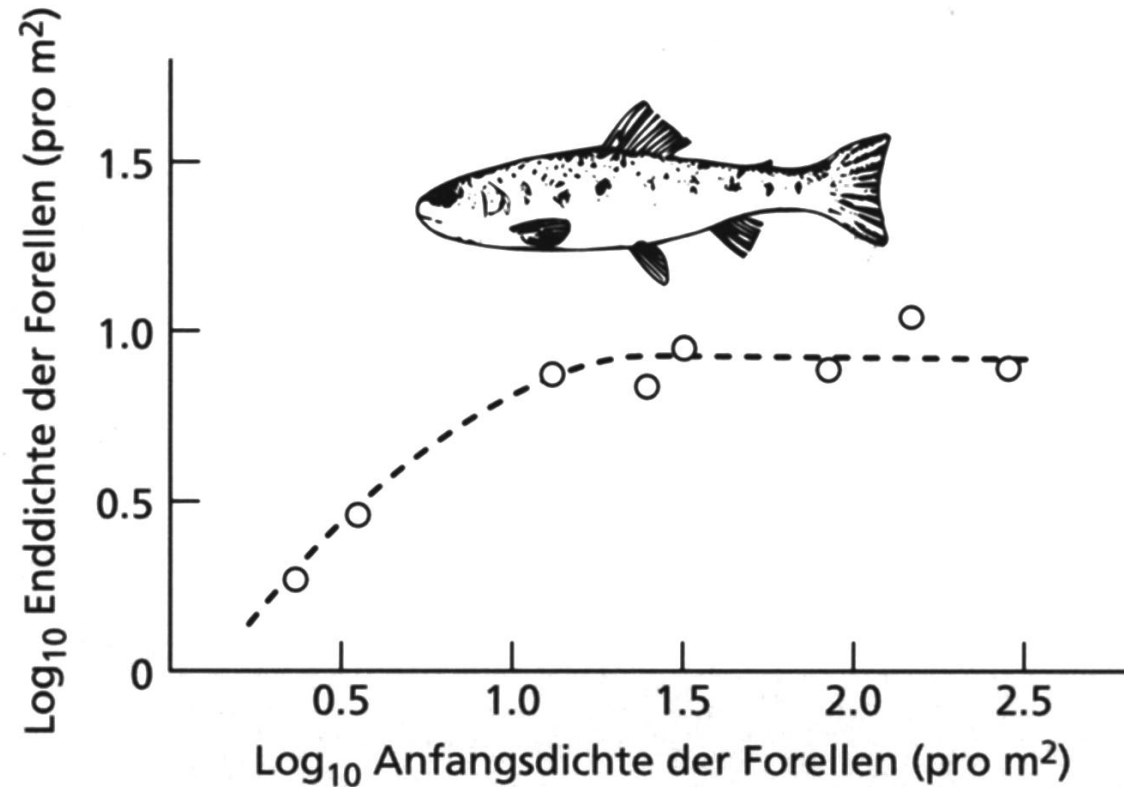


Anzahl überlebender Individuen



- 1) **dichteunabhängige** Mortalität: **gleichbleibende** Mortalitätsrate, **keine** intra-spezifische Konkurrenz
- 2) **dichteabhängige** Mortalität **unterkompensierend**: Sterberate steigt, Dichteanstieg ist jedoch größer, **intraspezifische** Konkurrenz
- 3) **dichteabhängige** Mortalität **überkompensierend**: Sterberate steigt, Dichte fällt

# Dichte und Mortalität bei Forellen



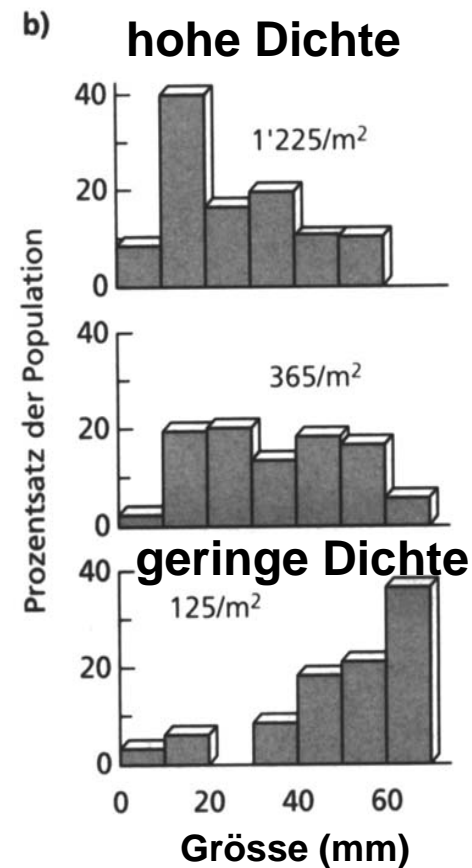
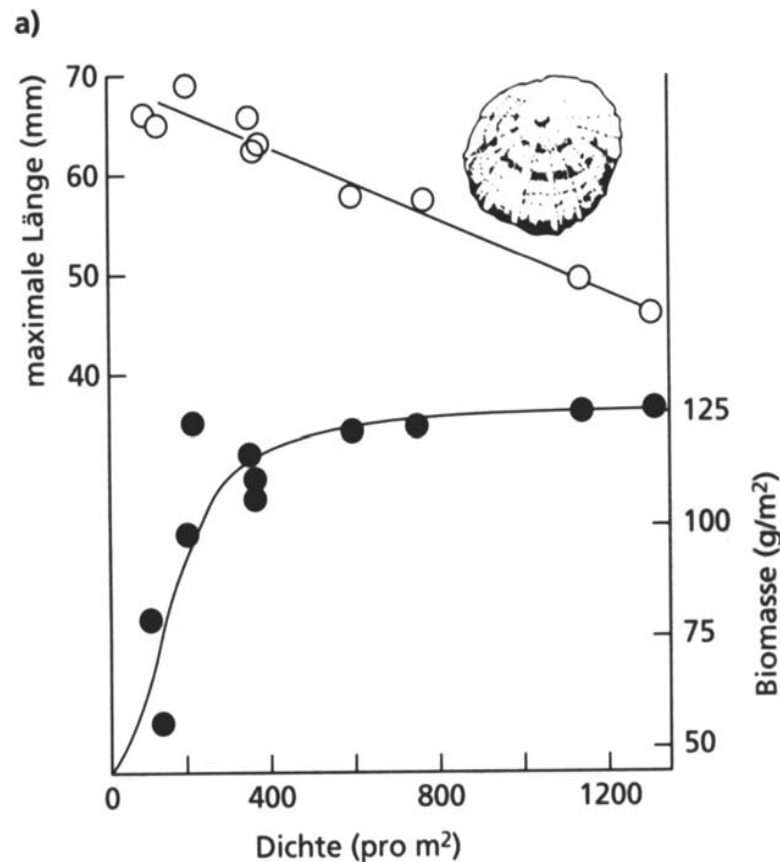
**Exakte** Kompensation: Zunahme an Dichte führt zur gleich hohen Zunahme der Sterberate

# Intraspezifische Konkurrenz

- Auswirkung **intraspezifischer** Konkurrenz auf Wachstums- und Entwicklungsraten von **Individuen**:

Gesamtbiomasse bleibt **gleich**, Größen der Individuen **ändern** sich  $\Rightarrow$  bei zunehmender Populationsdichte werden Organismen kleiner (Beispiel Napfschnecke *Patella*)

# Intraspezifische Konkurrenz und Wachstum bei der Napfschnecke *Patella cochlear*



Mit **steigender Dichte** werden Individuen **kleiner**

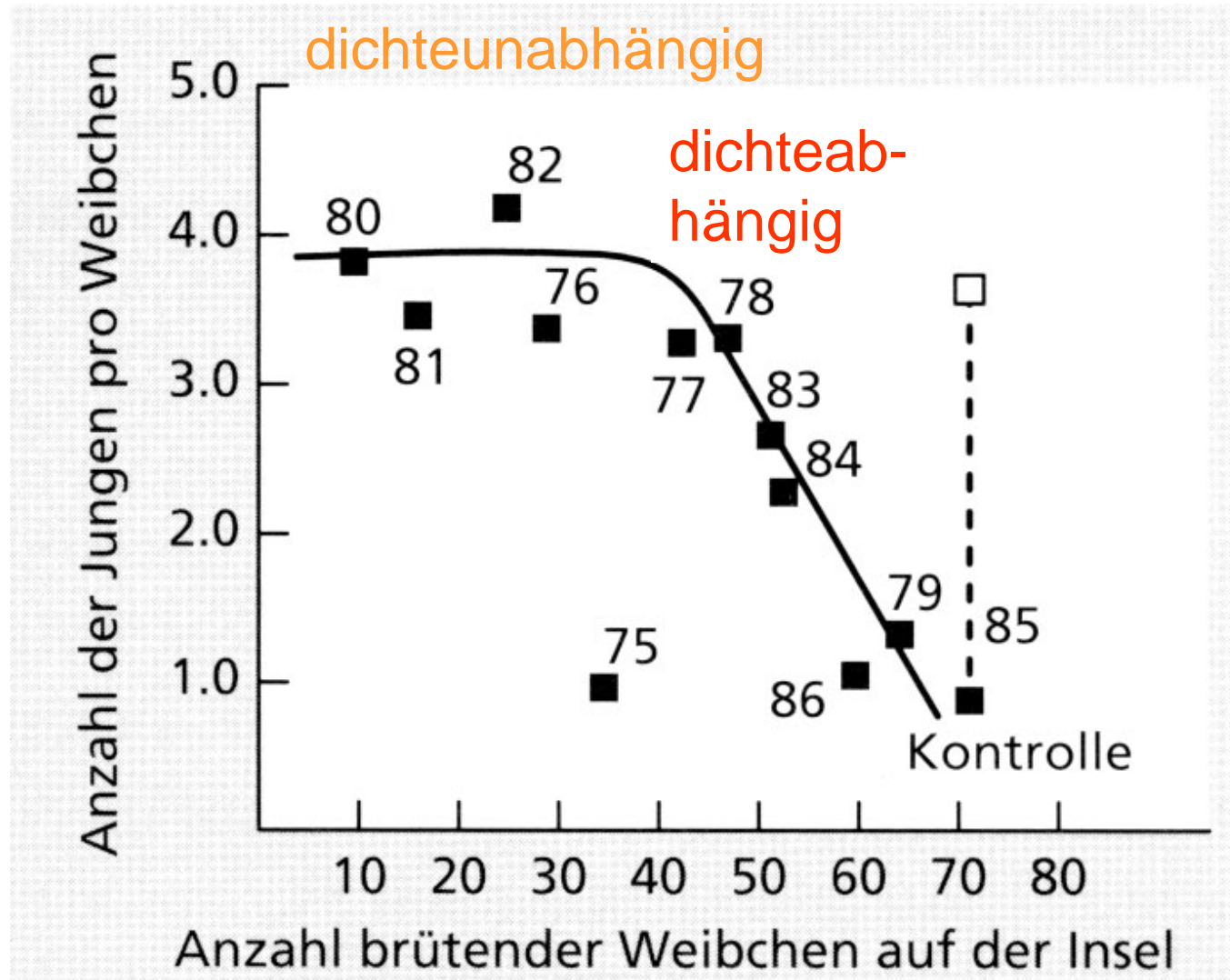
Genaue **Regulation** der Biomasse

**Hohe** Populationsdichte: viele kleine, wenig große Individuen

**Geringe** Populationsdichte: viele große, wenig kleine Individuen

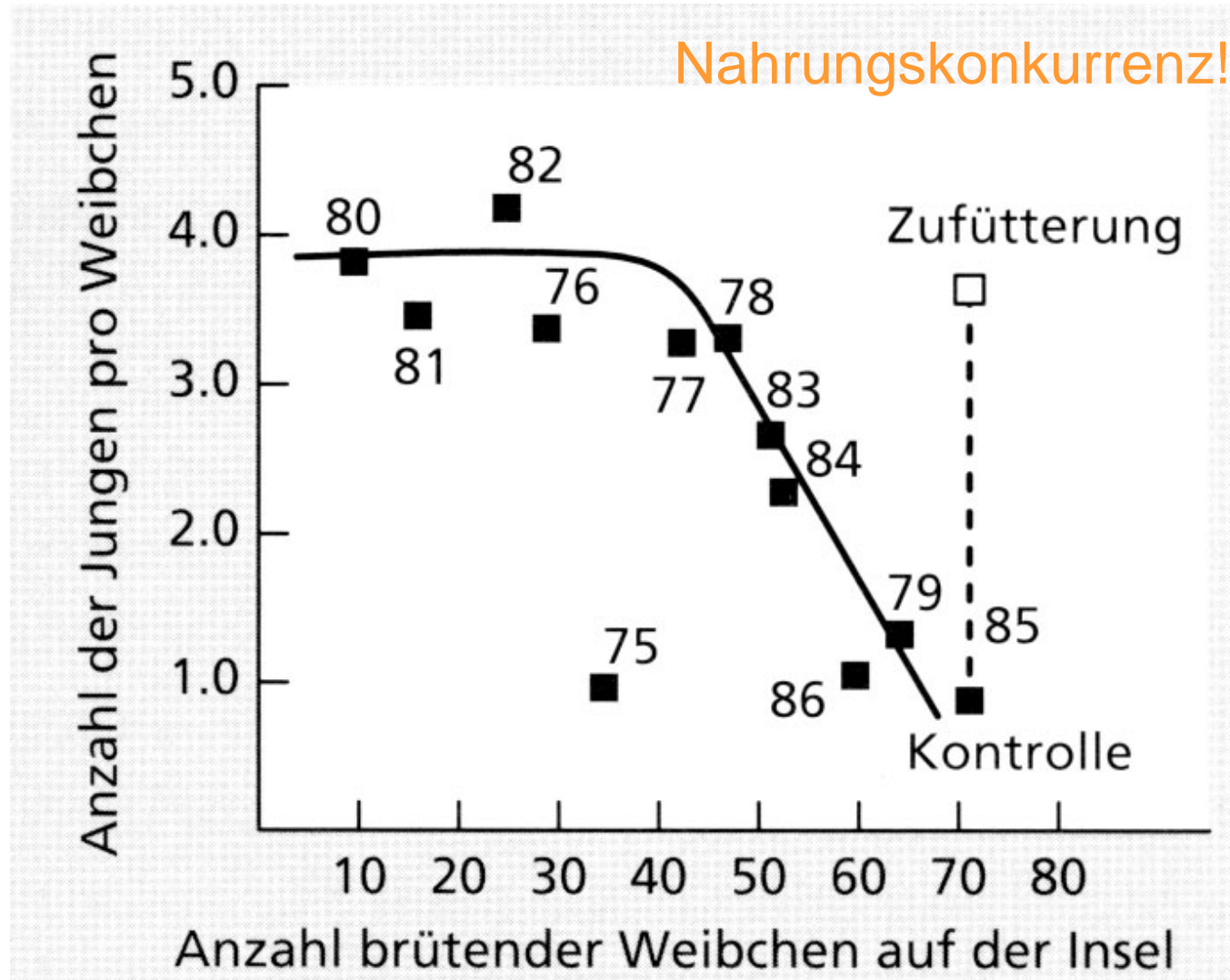


# Dichteabhängige Fekundität



Singammern

# Dichteabhängige Fekundität



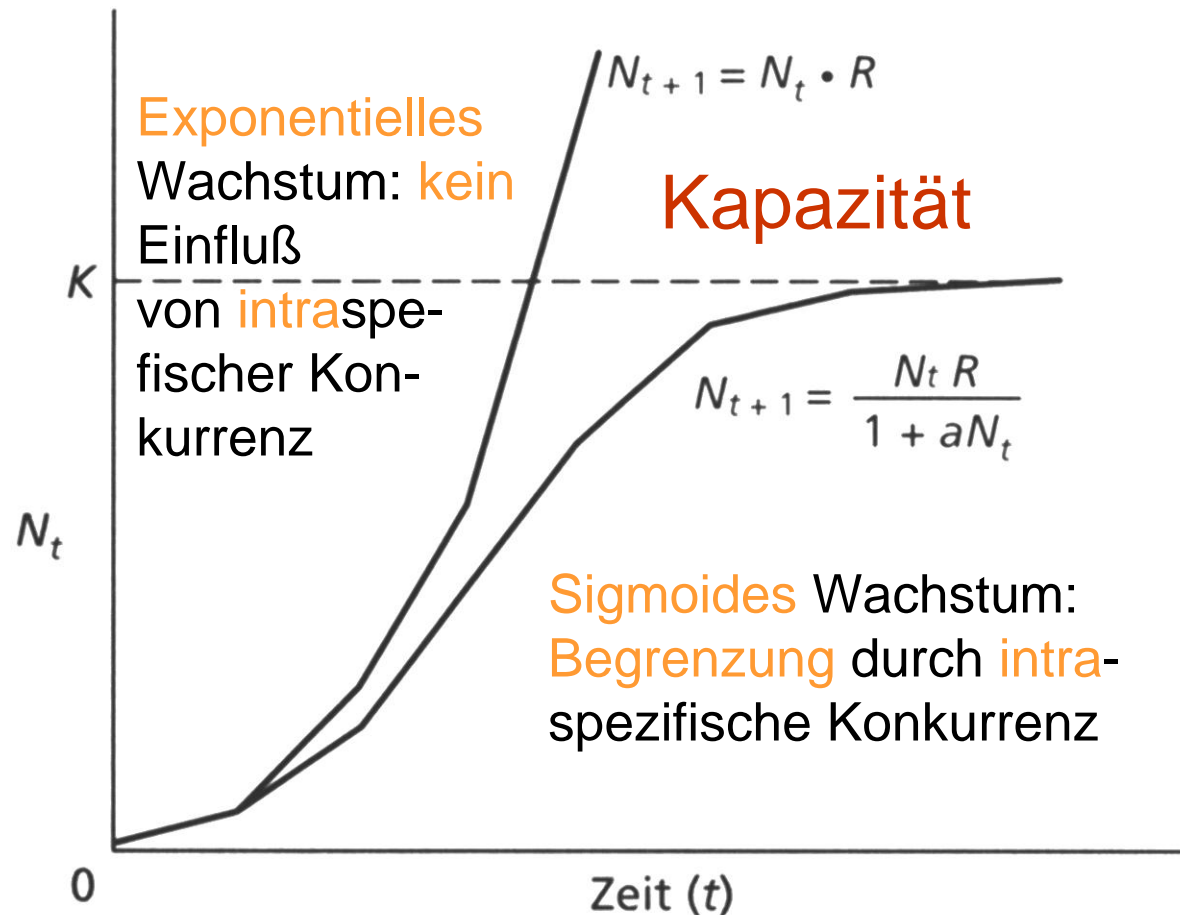
Singammern

# Regulation der Populationsgrößen

- Intraspezifische Konkurrenz kann zu stabilen Populationsdichten führen: (Umwelt)kapazität (carrying capacity)

Ressourcen reichen aus, um  
Populationsdichte konstant zu halten.

# Mathematische Modelle für das Wachstum von Populationen mit diskreten Generationen



$N_t$  = Populationsgröße zum Zeitpunkt  $t$   
 $R$  = Nettoreproduktionsrate