



ÖBII – Vorlesung

POPULATIONSÖKOLOGIE – Teil 1

~~Oliver Bossdorf~~, AG Evolutionäre Ökologie der Pflanzen
i.v. Madalin Parepa

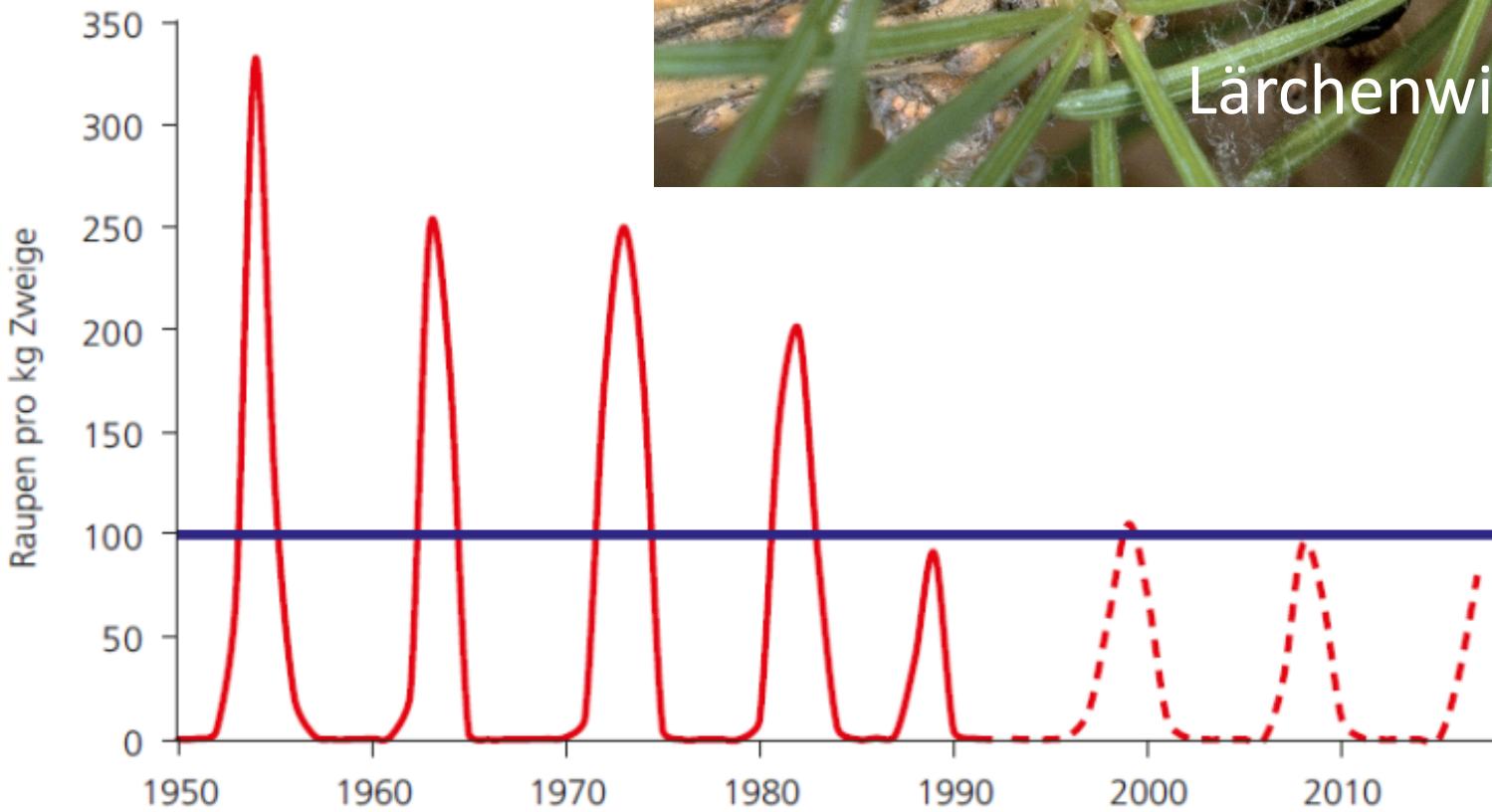
Übersicht Ökologie in ÖBI/II

Woche	Vorlesung	Praktikum
ÖB1 W5	Autökologie terrestrisch	
ÖB1 W6	Autökologie aquatisch	
ÖB2 W1	Populationsökologie	Autökologie & Artenschutz (aquatisch)
ÖB2 W2	Wechselwirkungen	Populationen
ÖB2 W3	Lebensgemeinschaften	Wechselwirkungen
ÖB2 W4	Ökosysteme, Naturschutz	Gemeinschaftsökologie
ÖB2 W5	Natur- & Artenschutz	Natur- & Artenschutz (lokal)
ÖB2 W6	Natur- & Artenschutz	Naturschutz

Oberengadin

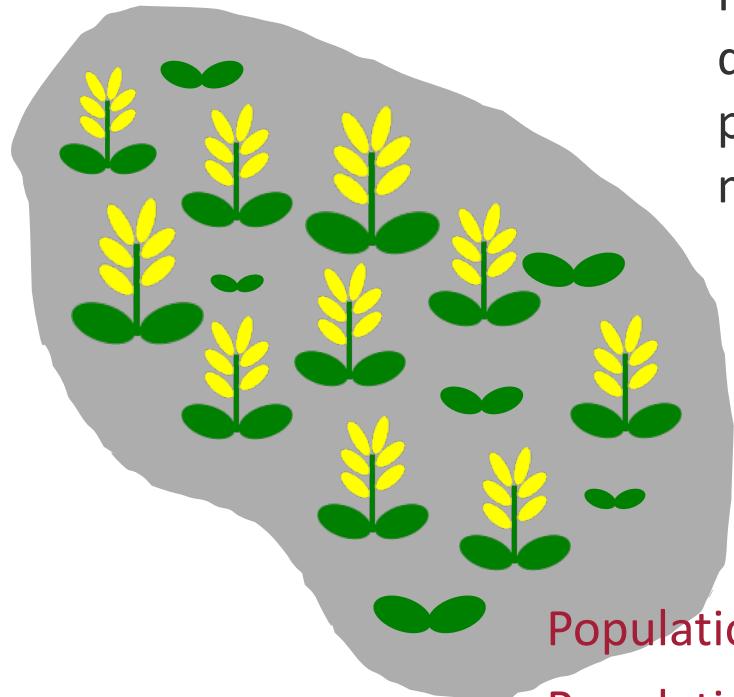


Lärchenwickler



Was ist eine Population?

Population: Gruppe von Organismen einer Art in einem bestimmten Gebiet.



Häufig auch: alle Organismen einer Art, die miteinander interagieren und sich potentiell (über mehrere Generationen) miteinander fortpflanzen können.

Viele Phänomene können nur auf Populationsebene beschrieben werden!

Populationen wachsen und können aussterben.

Populationen evolvieren, nicht Individuen!

Populationen sind Einheiten des Naturschutzes.



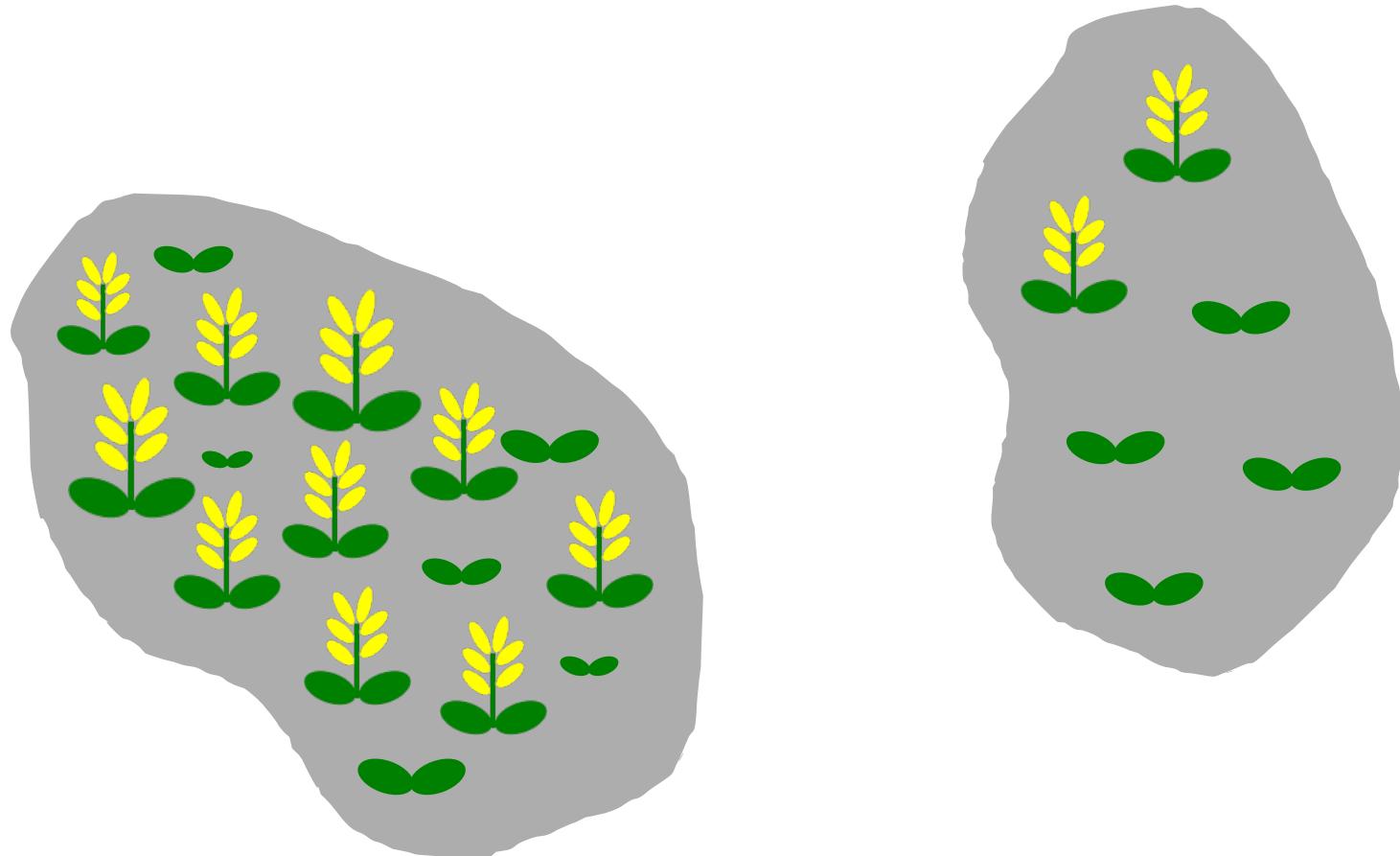
Übersicht über die Vorlesung

- > Beschreibung von Populationen
- > Populationswachstum
- > Intraspezifische Regulation von Populationen
- > Metapopulationen
- > *Life histories*



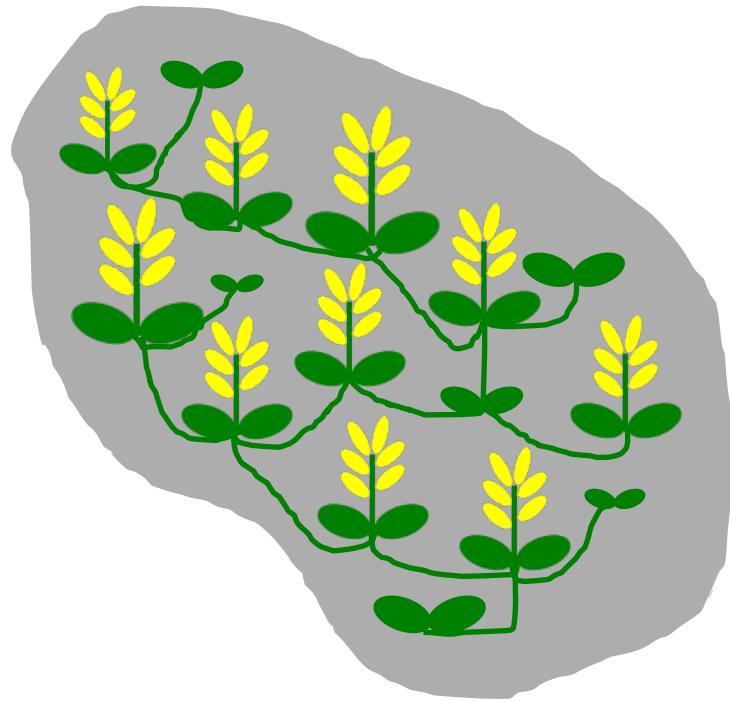
Beschreibung von Populationen

Beschreibung von Populationen?



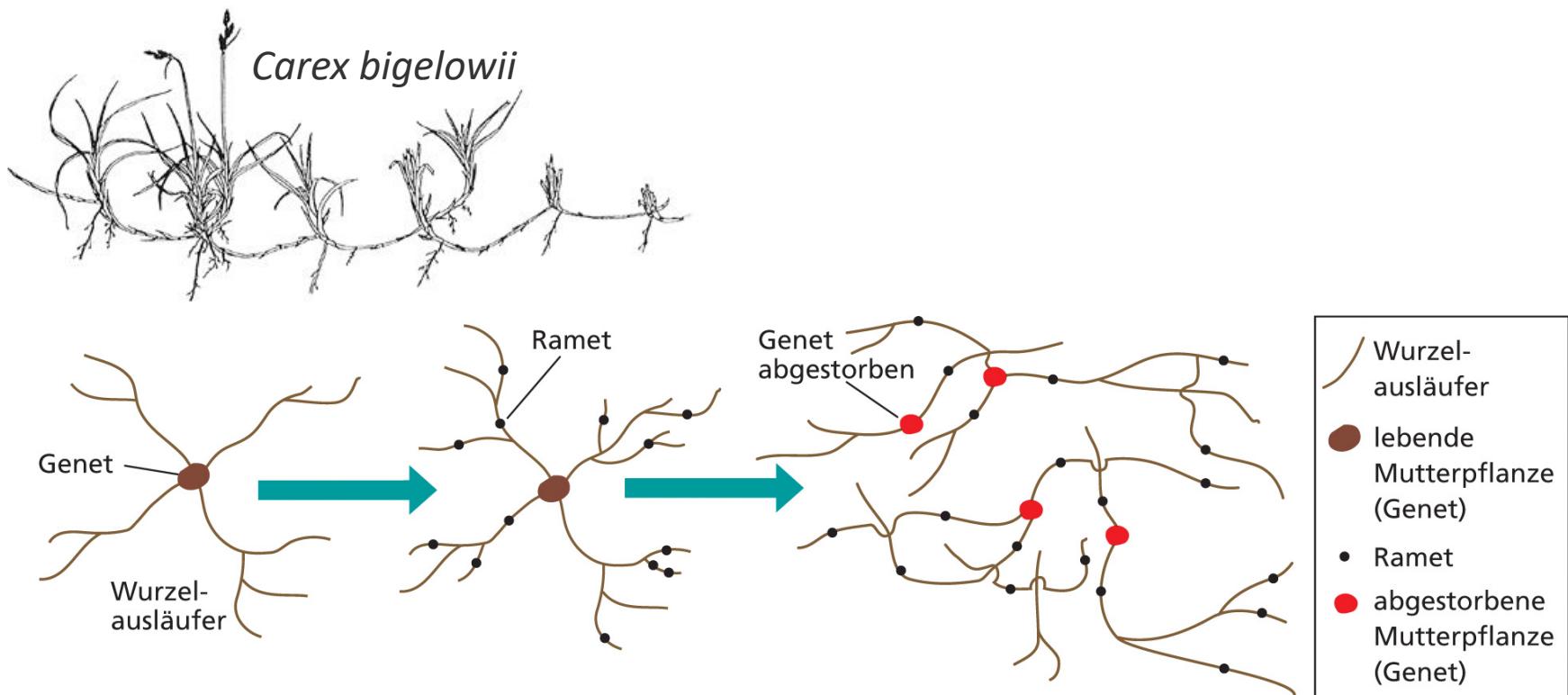
Beschreibung von Populationen

Was ist ein Individuum?



Was ist ein Individuum?

- > Viele Organismen sind **klonal**: **Genet** produziert vegetative Nachkommen (**Rameten**), die zumindest potentiell physiologisch unabhängig sein können.

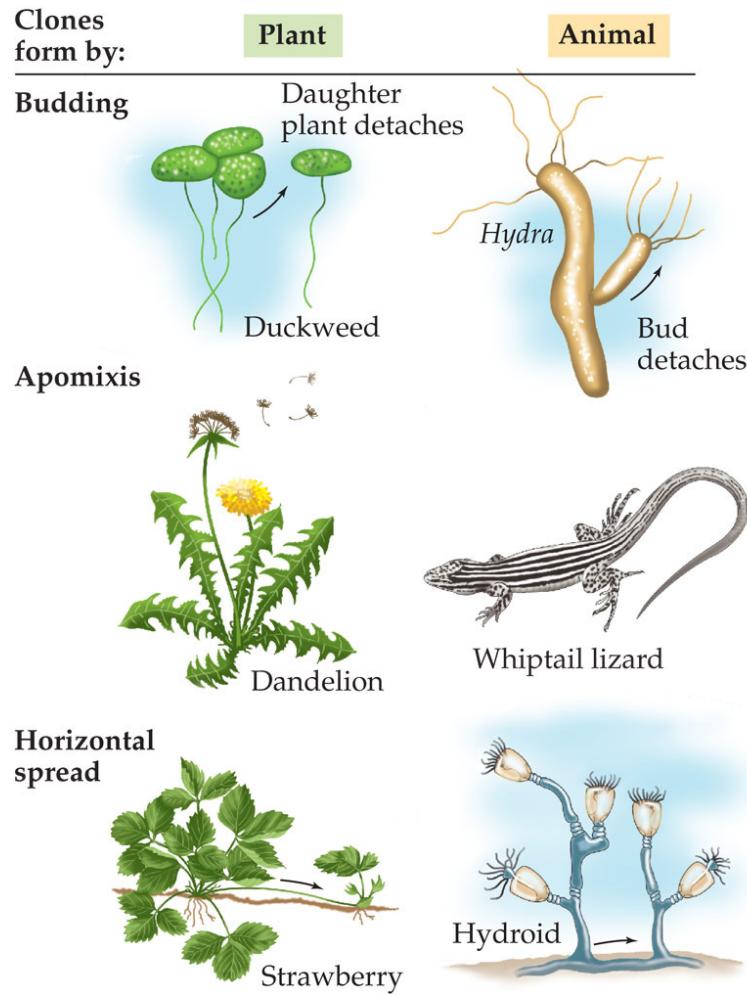


Was ist ein Individuum?



ECOLOGY 3e, Figure 9.5
© 2014 Sinauer Associates, Inc.

Amerikanische Zitterpappel
(*Populus tremuloides*)



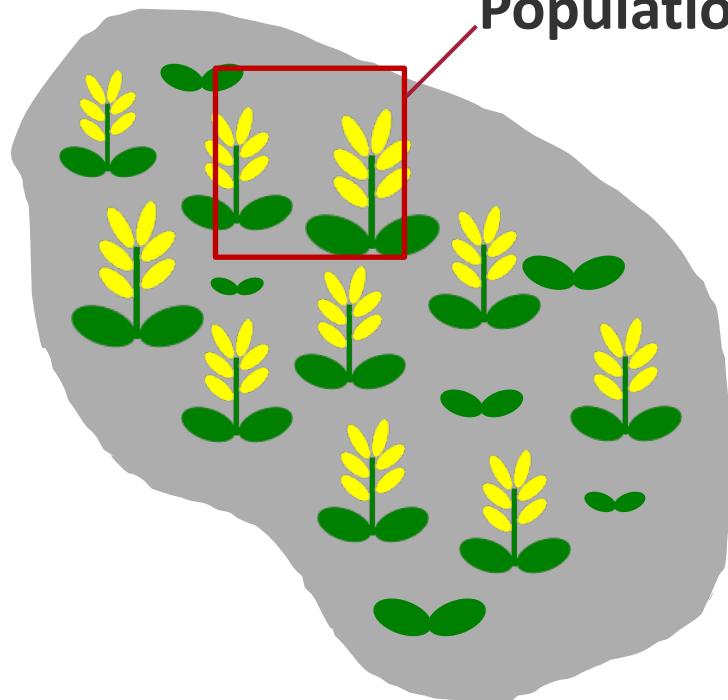
ECOLOGY 3e, Figure 9.6
© 2014 Sinauer Associates, Inc.



Beschreibung von Populationen

Populationsgröße = 16 Individuen

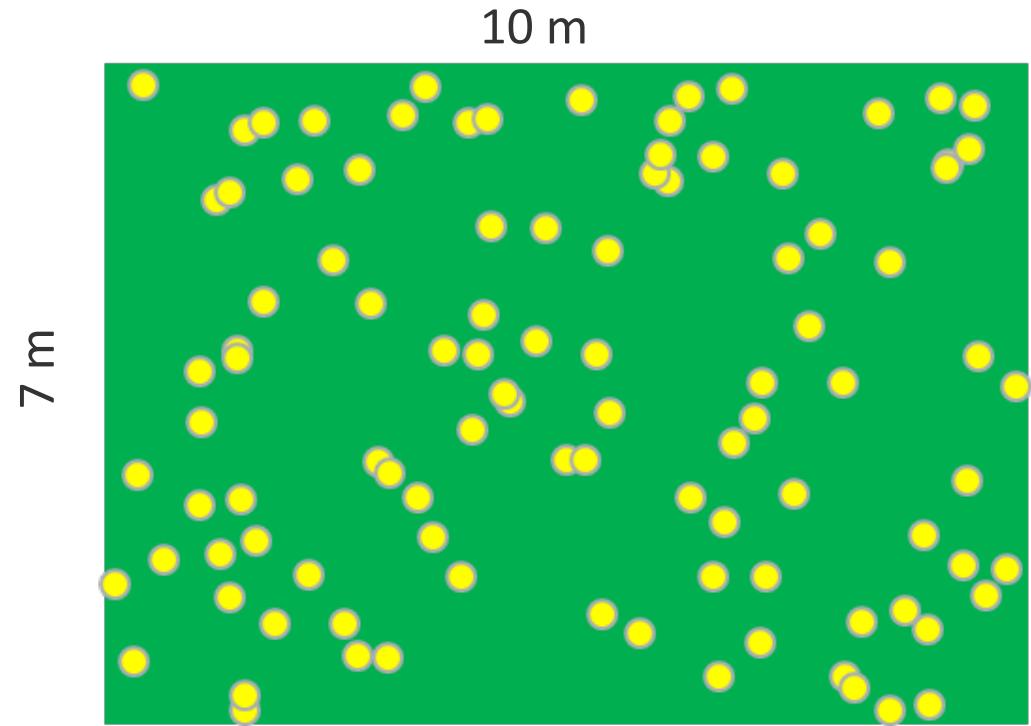
Populationsdichte = 2 Individuen / m²



Überbegriff **Abundanz**: Anzahl oder Dichte (pro Flächeneinheit) der Organismen einer Population.



Schätzung der Populationsgröße und -dichte

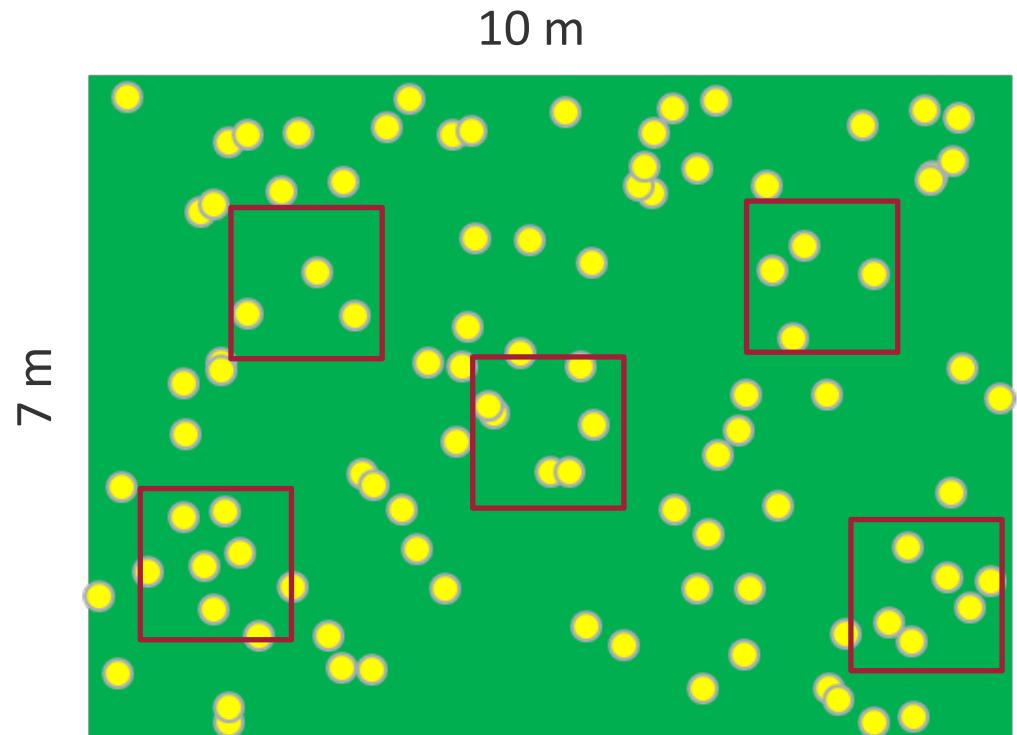


Zählung aller Individuen?

Schätzung der Populationsgröße und -dichte

Quadrat (2 m x 2 m)

- 1) 3 Pflanzen
 - 2) 4 Pflanzen
 - 3) 6 Pflanzen
 - 4) 7 Pflanzen
 - 5) 7 Pflanzen
- $\Sigma 27 \text{ Pflanzen}$**



Gesamtfläche d. Quadrate: $4 \text{ m}^2 * 5 = 20 \text{ m}^2$

Geschätzte Dichte $1.35 \text{ Pflanzen/m}^2$

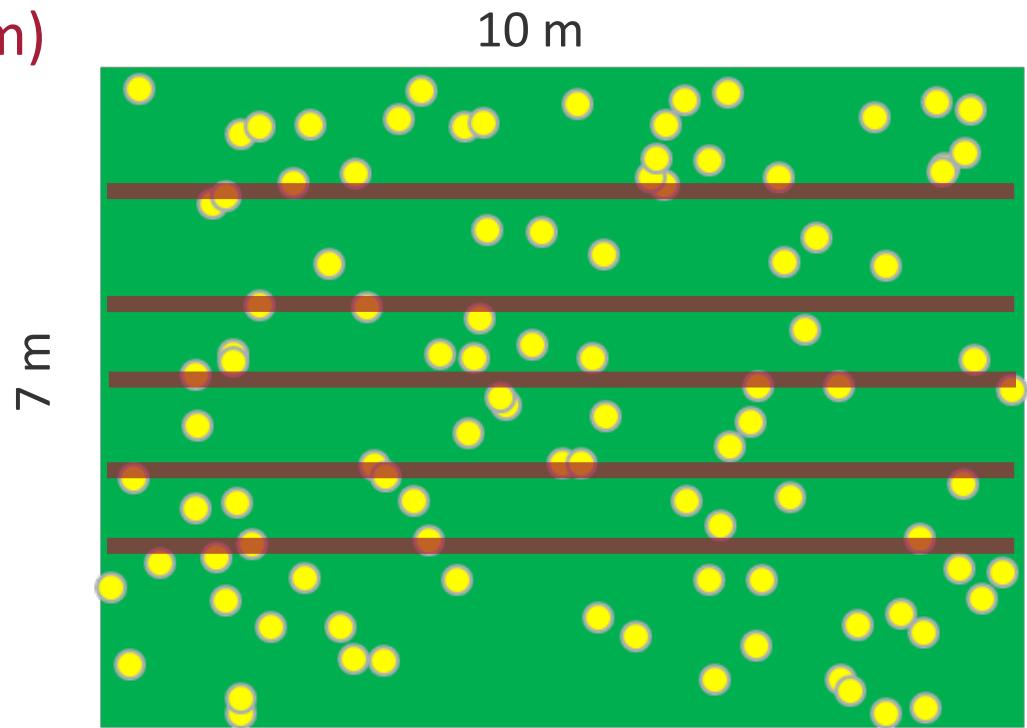
Gesamtfläche: $70 \text{ m}^2 \rightarrow$ Geschätzte Populationsgröße: 94.5 Pflanzen



Schätzung der Populationsgröße und -dichte

Transekte (je 0.4 m x 10 m)

- 1) 8 Individuen
 - 2) 3 Individuen
 - 3) 7 Individuen
 - 4) 5 Individuen
 - 5) 7 Individuen
- $\Sigma 30 \text{ Pflanzen}$**



Transekts-Gesamtfläche: $0.4 \text{ m} * 10 \text{ m} * 5 = 20 \text{ m}^2$

Geschätzte Populationsdichte: 1.5 Pflanzen/ m^2

Gesamtfläche: $70 \text{ m}^2 \rightarrow$ Geschätzte Populationsgrösse: 105 Pflanzen

Linientransekte



ECOLOGY 3e, Ecological Toolkit 9.1, Figure B
© 2014 Sinauer Associates, Inc.

Entlang einer Linie werden alle sichtbaren Individuen gezählt und ihr Abstand von der Linie aufgenommen.



Fang-Wiederfang-Methode

- > 1. Fang und Markierung von n_1 Individuen
- > 2. Wiederfang von n_2 Individuen, davon M markiert

$$\frac{\# \text{ Wiedergefangen}}{\text{2. Stichprobe}} = \frac{\# \text{ Markiert}}{\text{Populationsgrösse}}$$

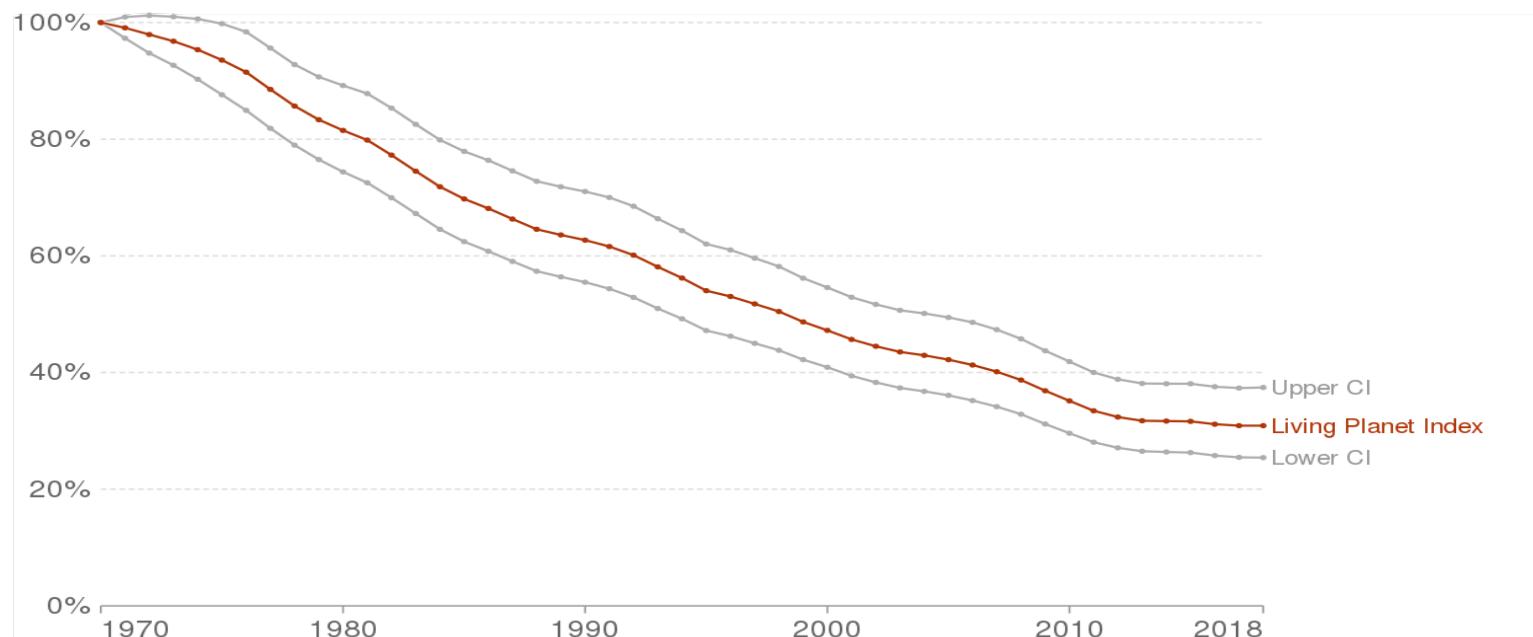
$$\frac{M}{n_2} = \frac{n_1}{N}$$

$$\text{Populationsgrösse } N = \frac{n_1 n_2}{M}$$



Living Planet Report des WWF

16.704 Zeitreihen von Populationsgrössenschätzungen von 4.005 Wirbeltierarten (Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel, Säugetiere): Populationsgrössen haben 1970-2022 um 60% abgenommen! www.livingplanetindex.org



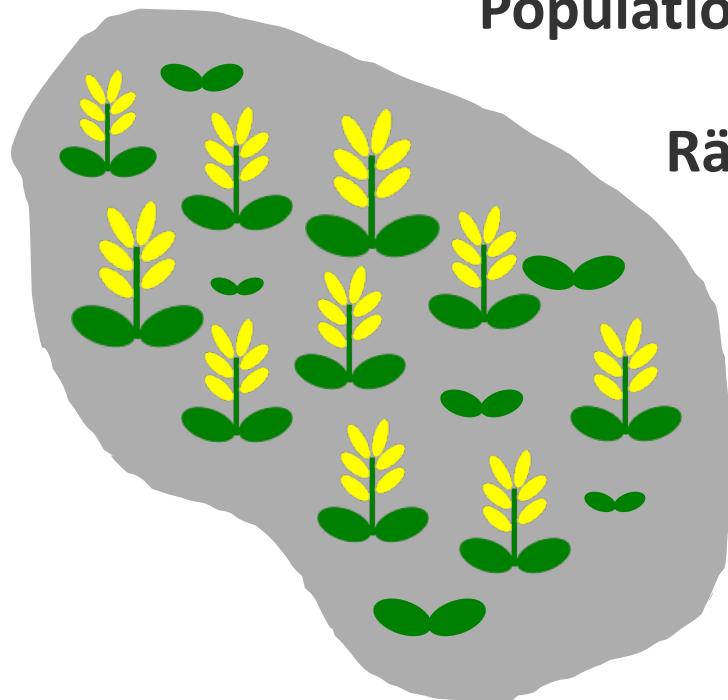
Source: World Wildlife Fund (WWF) and Zoological Society of London
Note: 95% upper and lower confidence intervals are shown in grey.



Beschreibung von Populationen

Populationsgröße = 16 Individuen

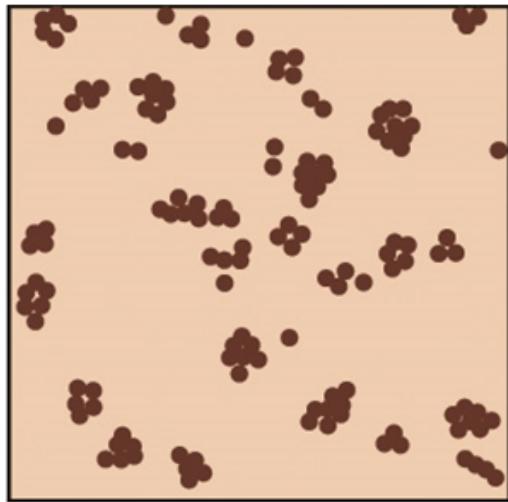
Populationsdichte = 2 Individuen / m²



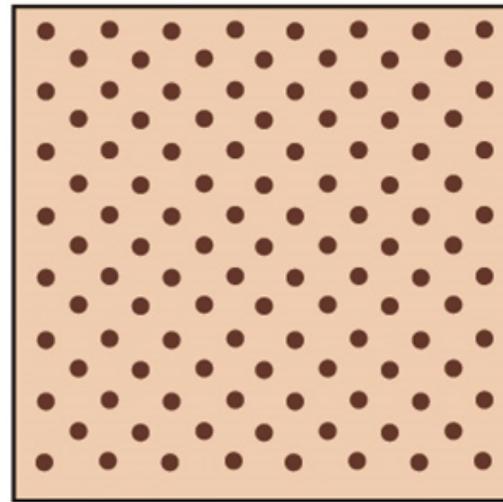
Räumliche Verteilung der Individuen



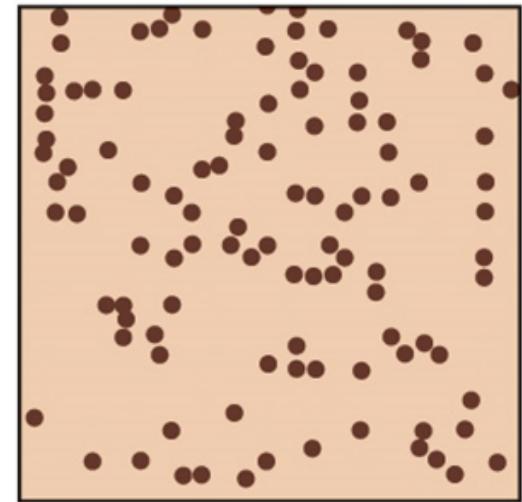
Räumliche Verteilung der Individuen



Geklumpt



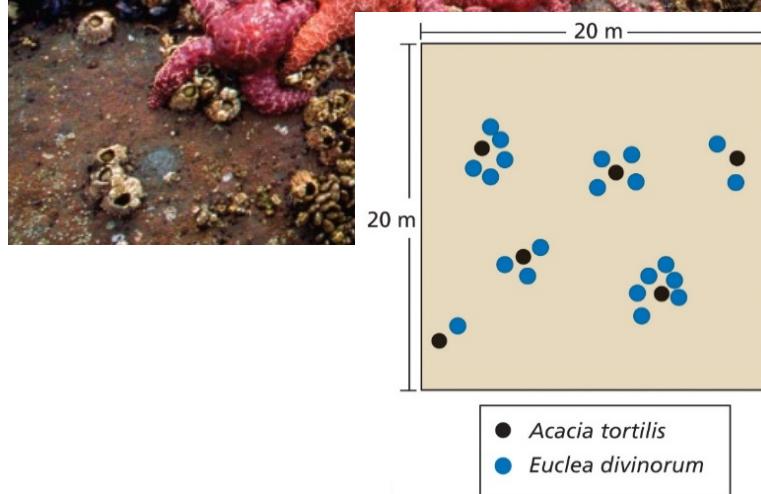
Regelmässig



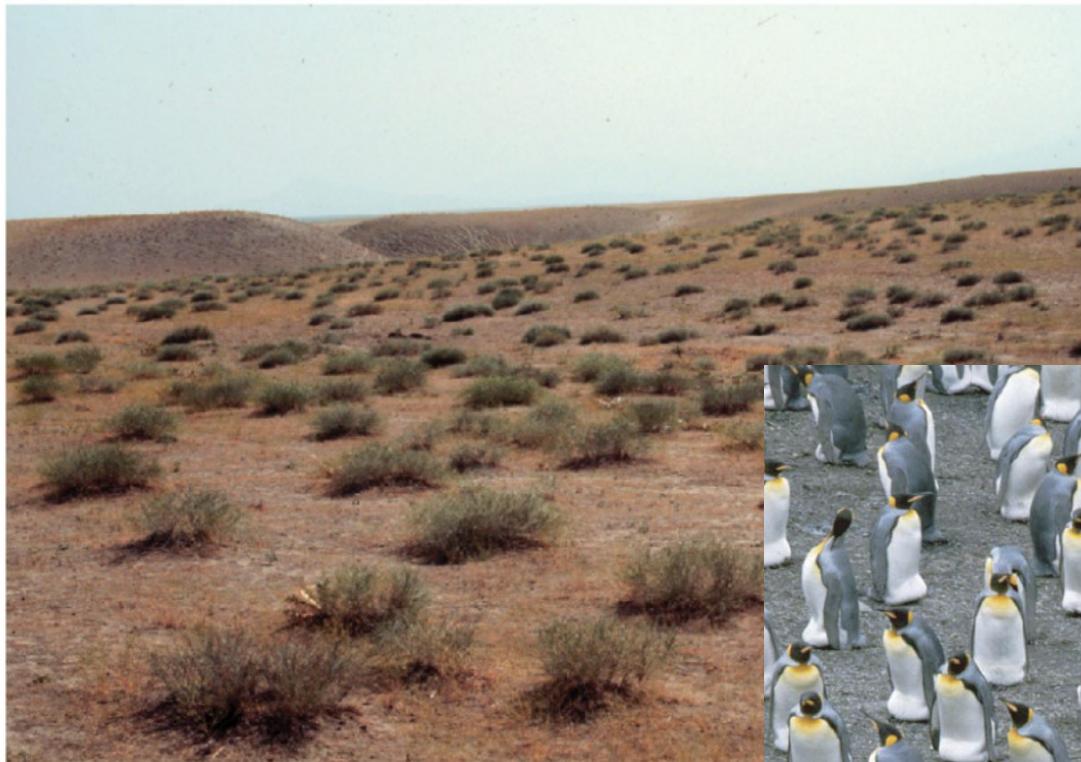
Zufällig



Räumliche Verteilung der Individuen



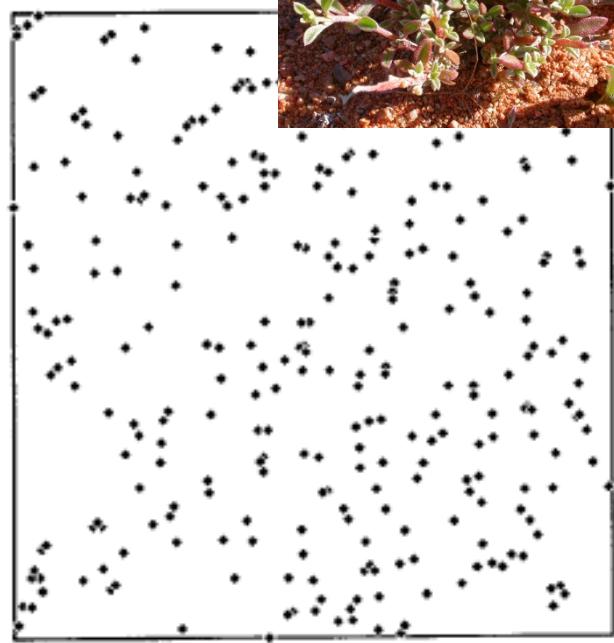
Räumliche Verteilung der Individuen



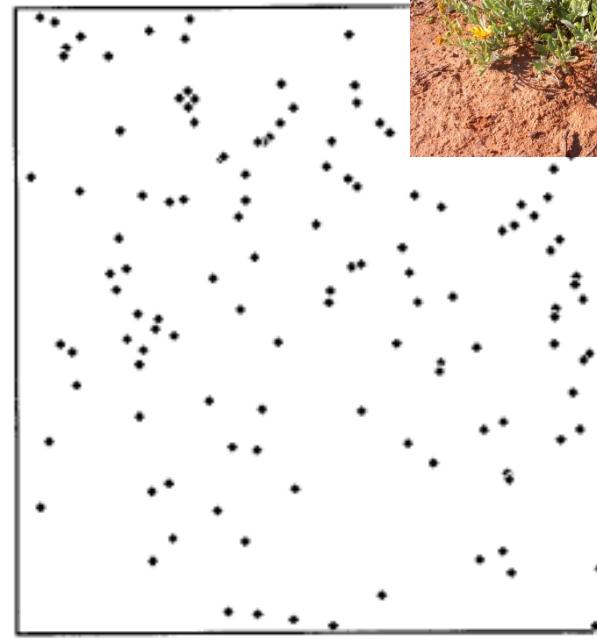
Räumliche Verteilung der Individuen



Galenia fruticosa



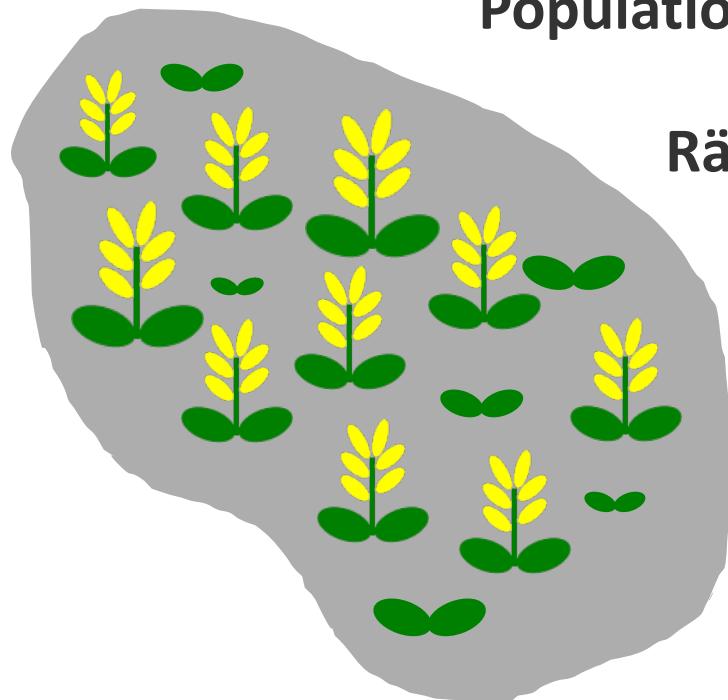
Osteospermum sinuatum



Beschreibung von Populationen

Populationsgröße = 16 Individuen

Populationsdichte = 2 Individuen / m²



Räumliche Verteilung der Individuen

Populationsstruktur

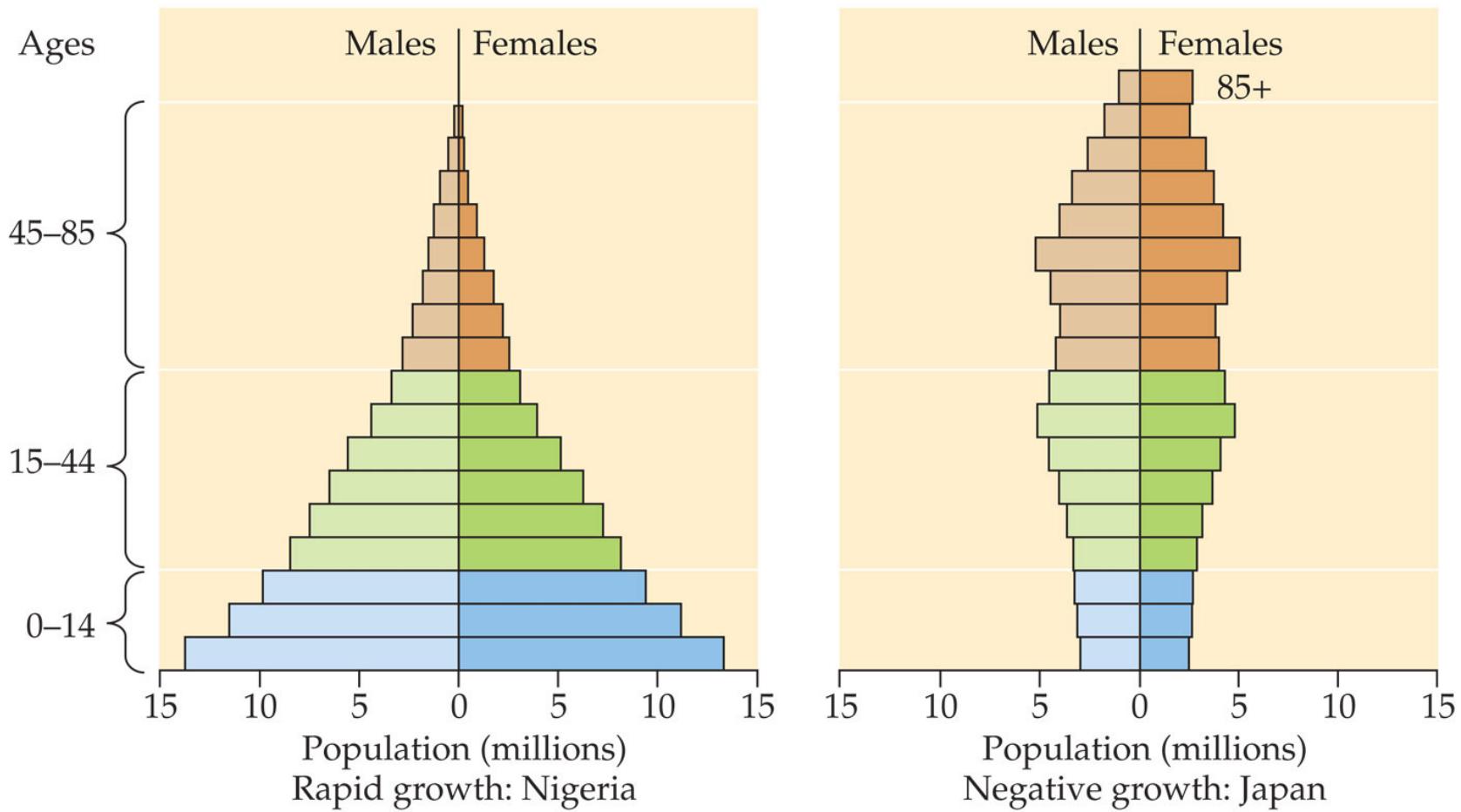
6 x



10 x



Struktur von Populationen



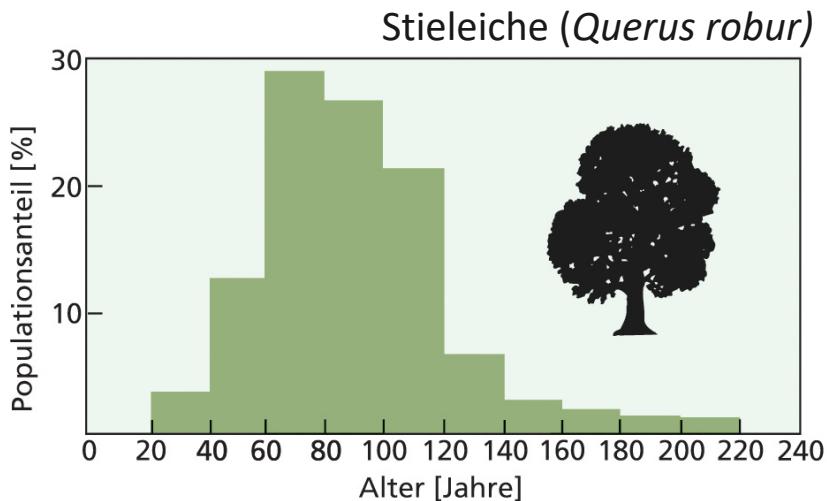
ECOLOGY 3e, Figure 10.7 (Part 1)

© 2014 Sinauer Associates, Inc.

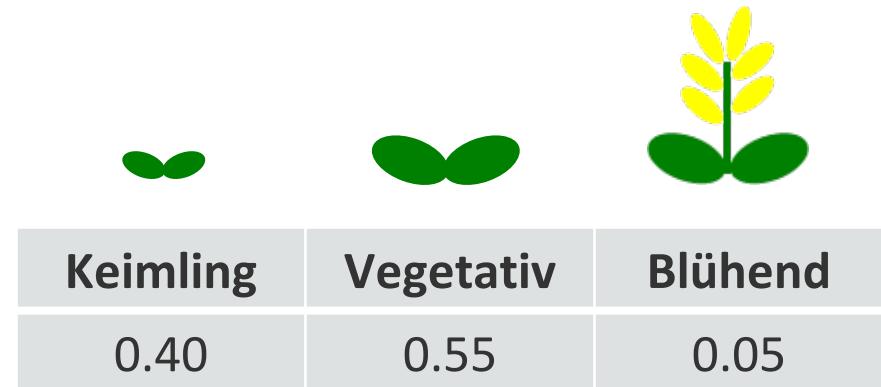


Struktur von Populationen

Anhand des Alters
Age structure



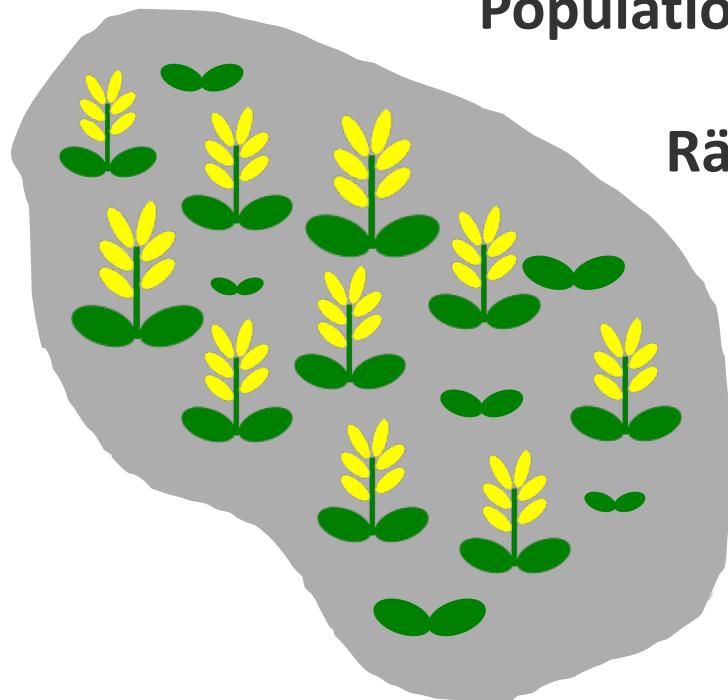
Anhand von Entwicklungsstadien
Stage structure



Beschreibung von Populationen

Populationsgröße = 16 Individuen

Populationsdichte = 2 Individuen / m²



Räumliche Verteilung der Individuen

Populationsstruktur

6 x

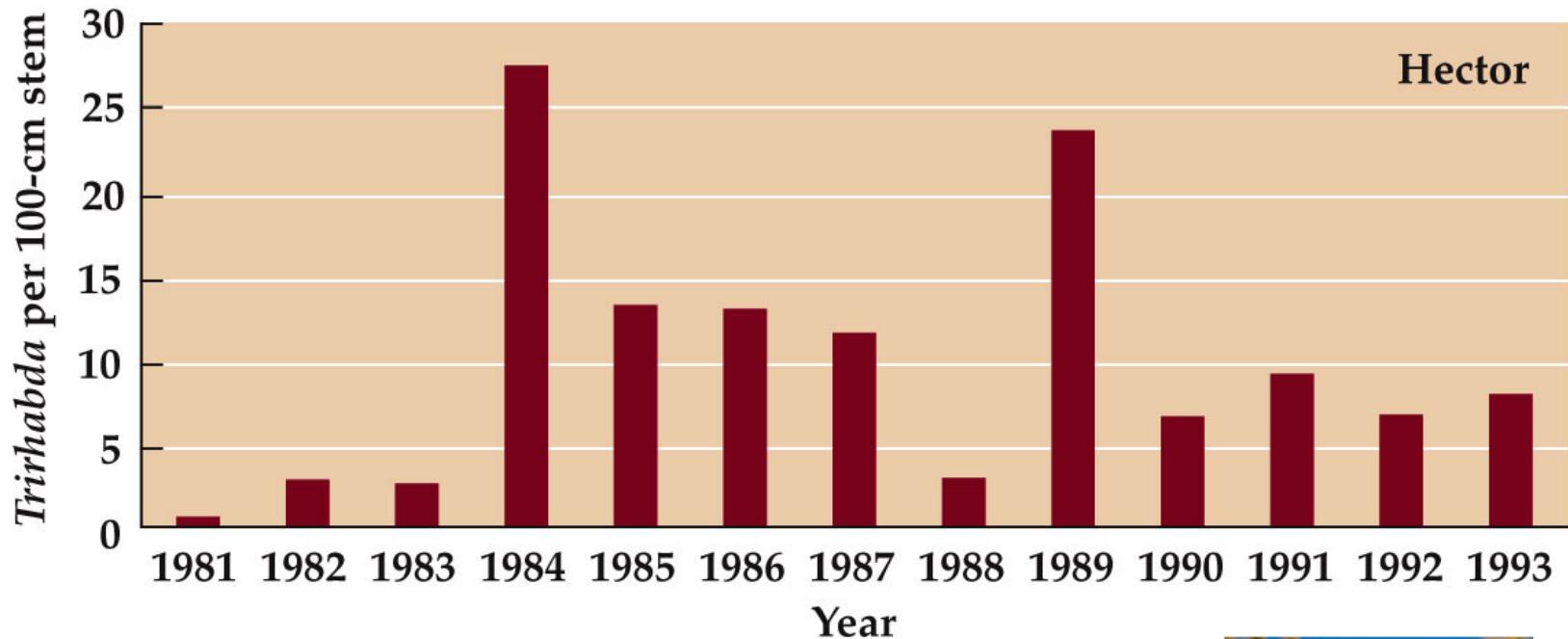


10 x



Populationen sind dynamisch!

Dynamik über die Zeit



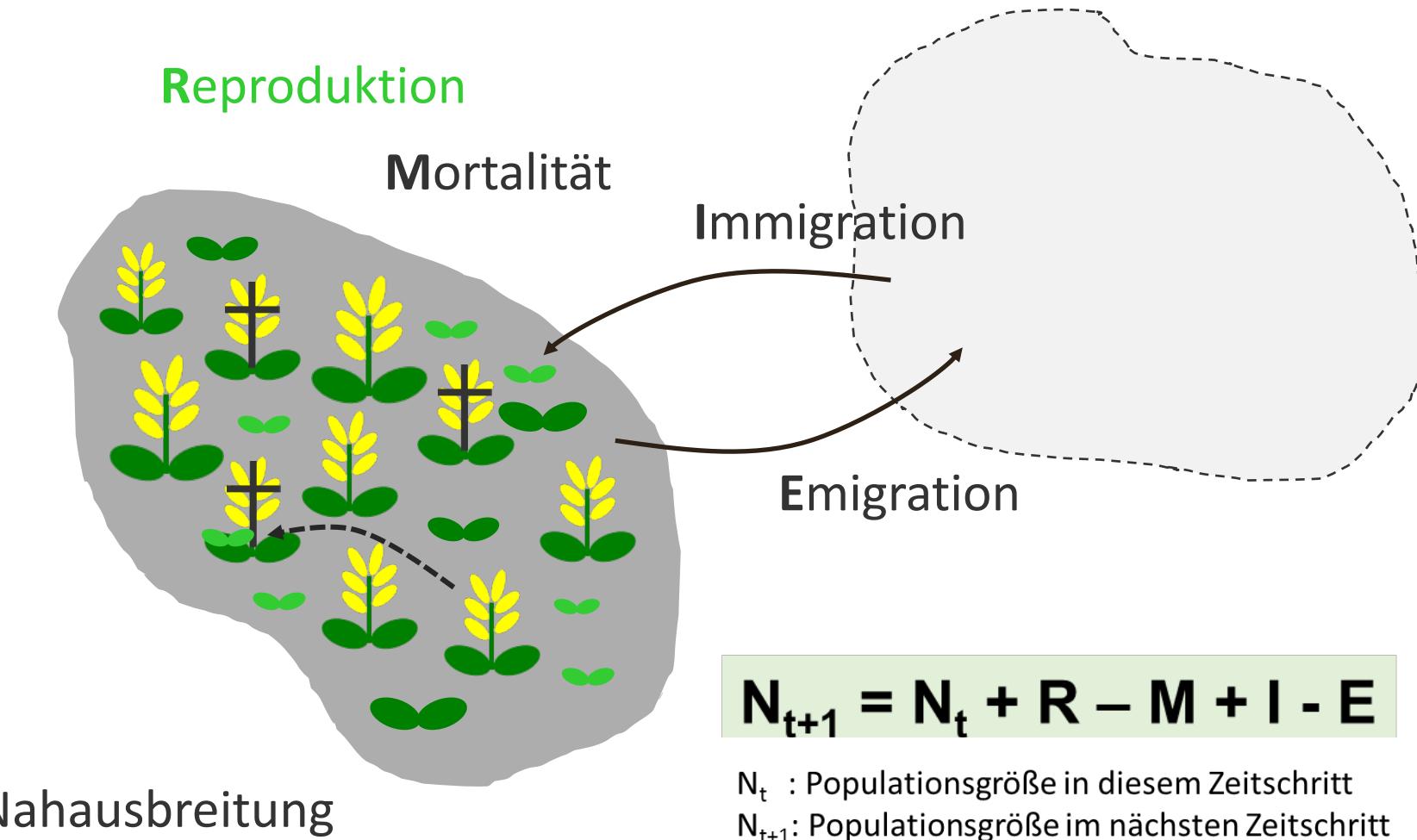
ECOLOGY 2e, Figure 8.3 (Part 2)

© 2011 Sinauer Associates, Inc.

Blattkäfer Trirhabda virgata
auf der Goldrute



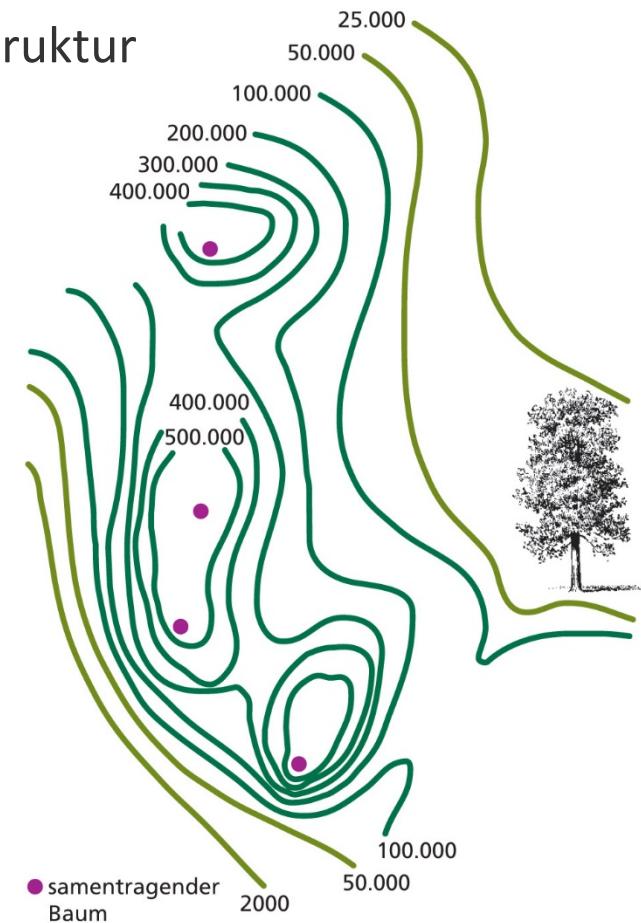
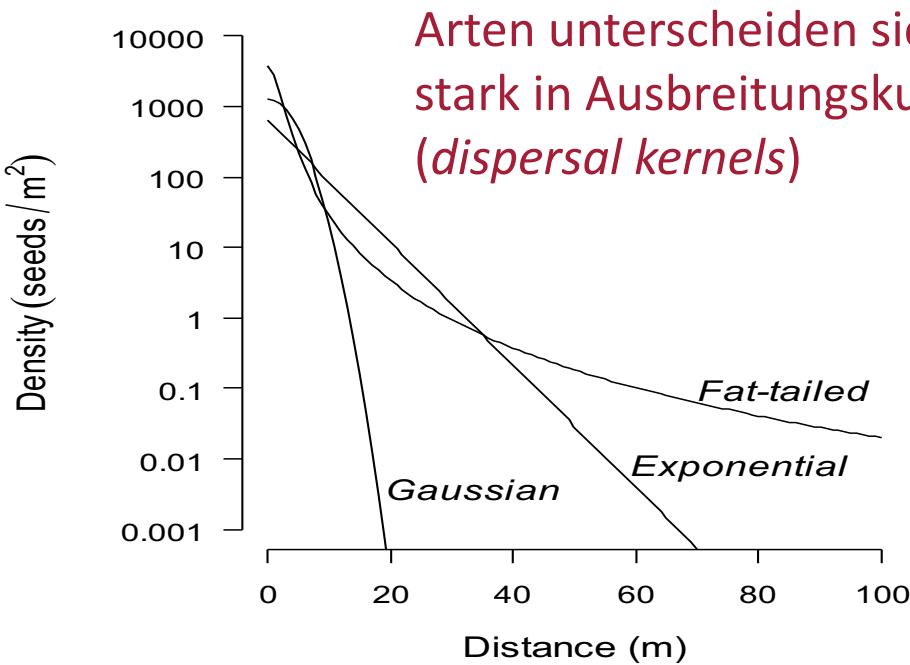
Populationen sind dynamisch



Dynamik im Raum

Nahausbreitung beeinflusst:

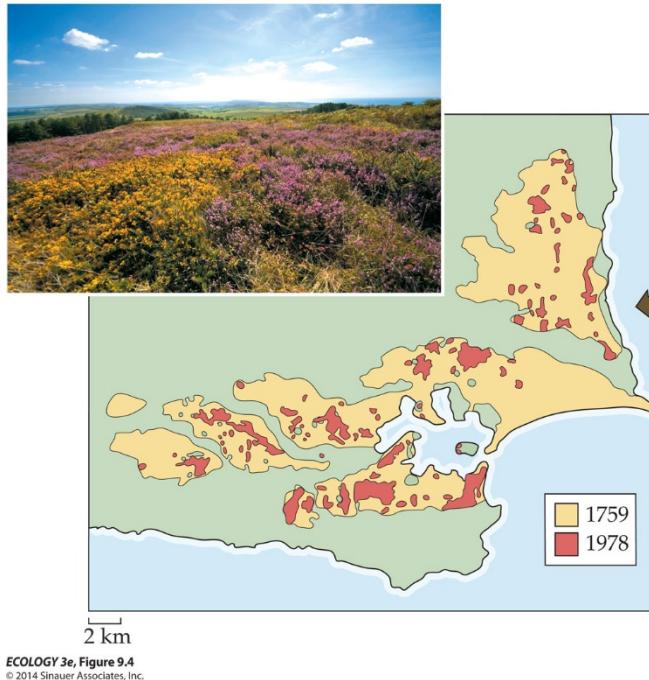
- > Genetische und räumliche Populationsstruktur
- > Populationsdynamik



Dynamik im Raum

Fernausbreitung beeinflusst insbesondere:

- > Besiedelung von Habitatfragmenten (→ Metapopulationen)
- > Migration von Populationen (Klimawandel, Invasionen)



Invasiver Kudzu
in Nordamerika



Populationswachstum

Exponentielles Populationswachstum

Wachstum in einer geschlossenen Population:

$$\text{Wachstum} = \text{Geburten} - \text{Mortalität}$$

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = bN - dN = (b - d)N = rN$$

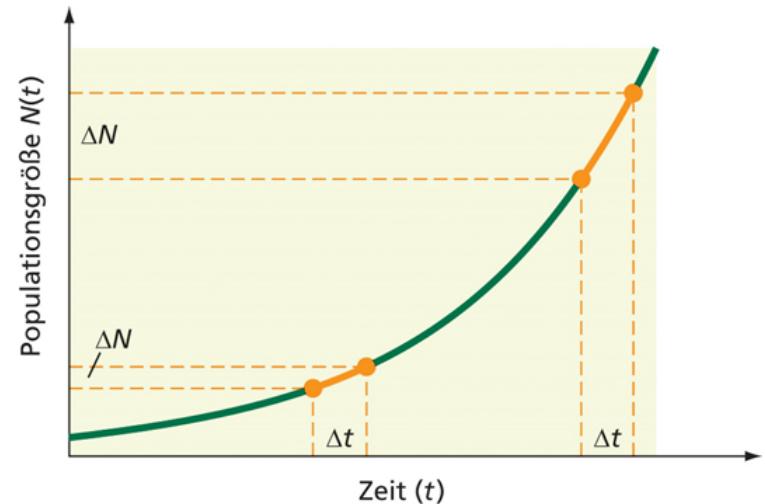
$$N(t) = N(0)e^{rt}$$

N = Populationsgrösse

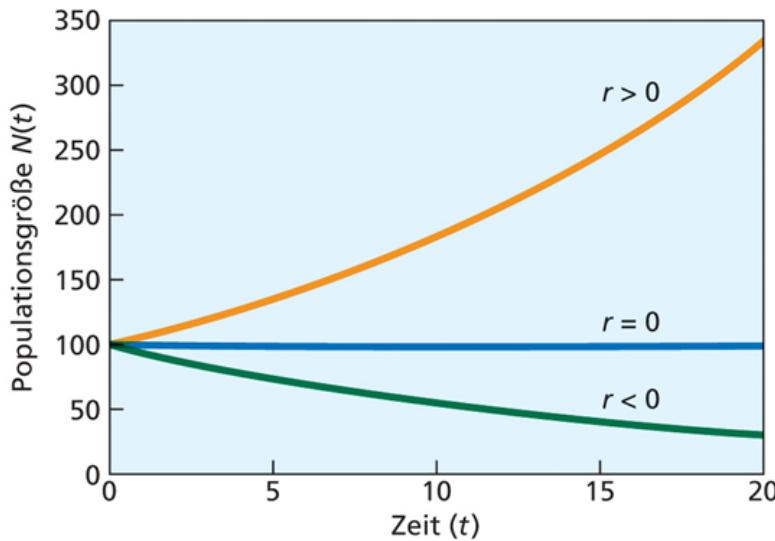
b = Geburtenrate

d = Sterberate

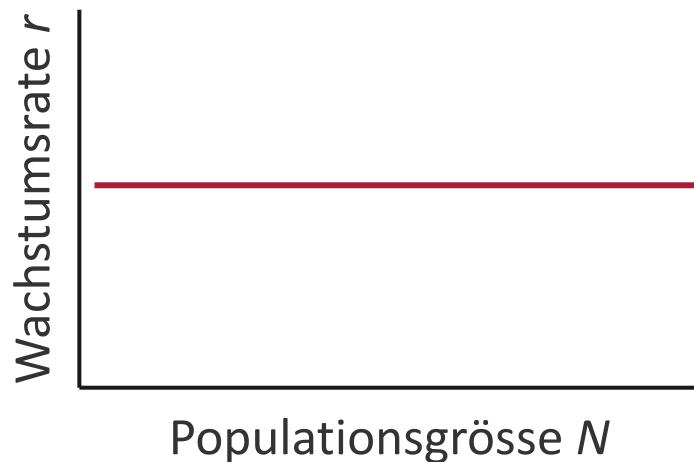
$r = b-d$ = **intrinsische Wachstumsrate**



Exponentielles Populationswachstum



Population wächst exponentiell, wenn $r > 0$

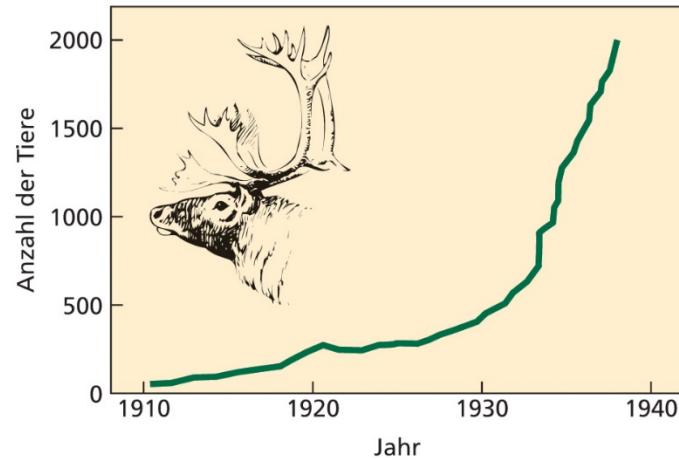


Geburten- und Sterberaten, und damit Wachstumsrate r , unabhängig von N !

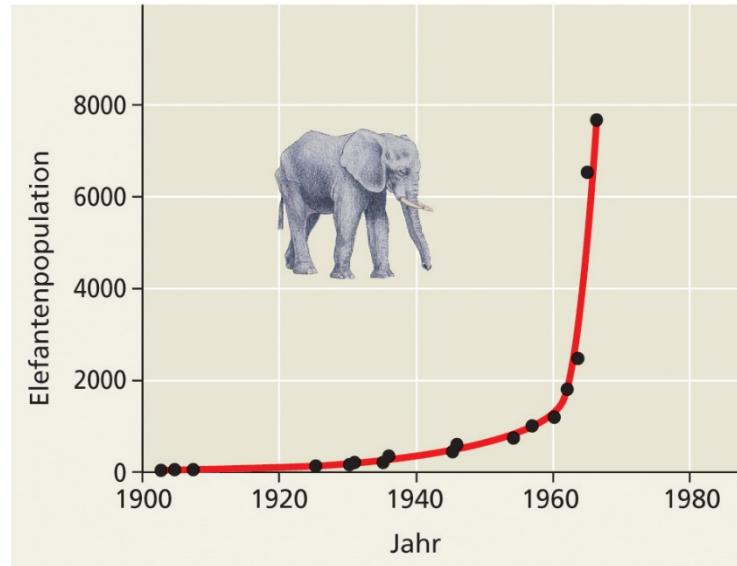
→ Dichteunabhängiges, unbegrenztes Wachstum



Gibt es exponentielles Wachstum in der Realität?



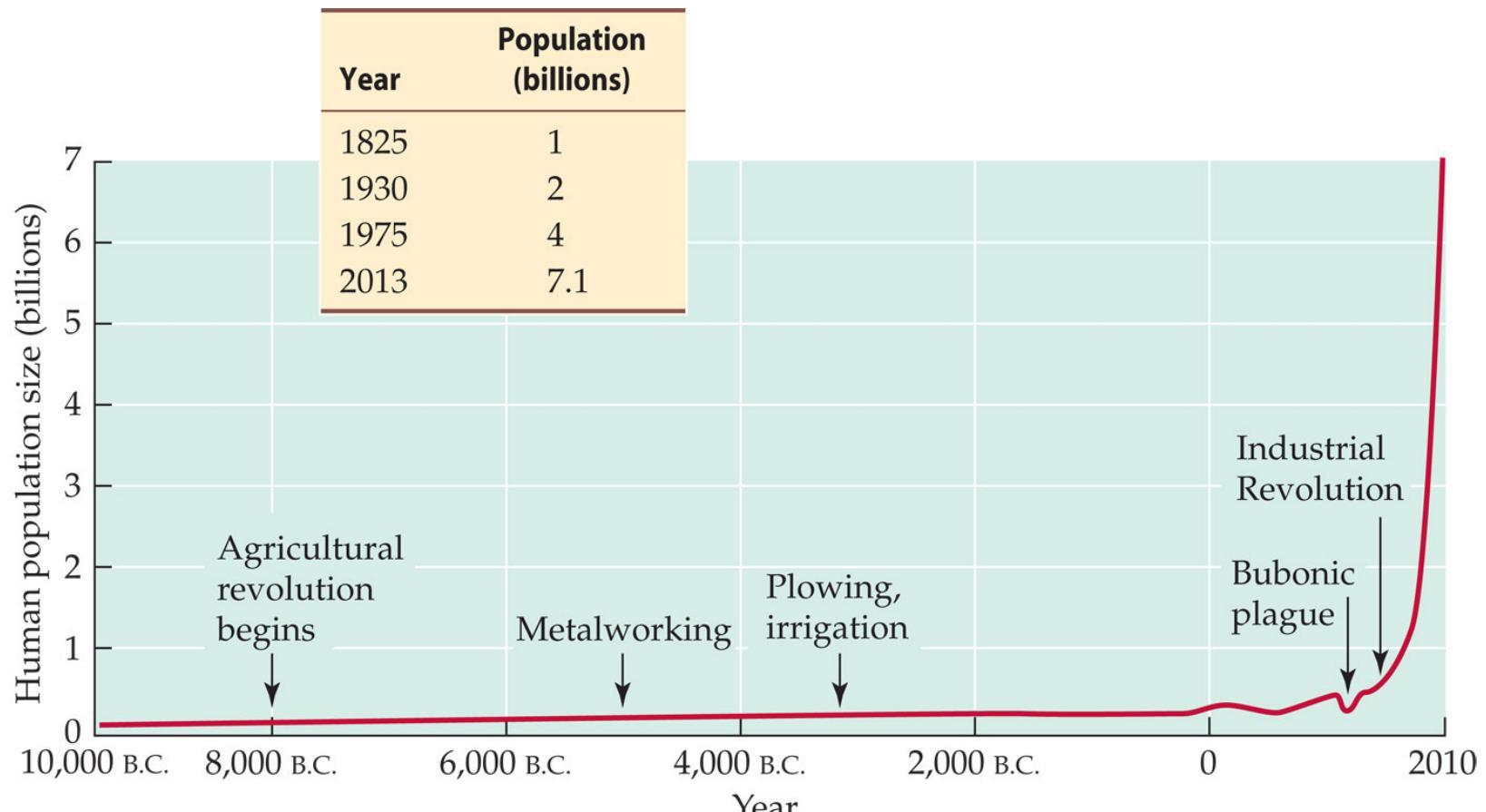
Rentiere auf St. Paul-Insel
(Alaska) angesiedelt



Elefanten im Krüger-Nationalpark



Gibt es exponentielles Wachstum in der Realität?



ECOLOGY 3e, Figure 10.2
© 2014 Sinauer Associates, Inc.

Life tables

Wachstum in altersstrukturierten Populationen: Reproduktion und Mortalität sind alters- oder stadienabhängig!

→ *Life tables* (Sterbetafel) als „Buchhaltungssystem“, das dem Leben und Sterben eine **Kohorte** von Individuen folgt.



Table 1 Gray Squirrel Life Table

x	n_x
0	530
1	159
2	80
3	48
4	21
5	5

x = Alter

n_x = Anzahl Individuen

(aus: Smith & Smith (2014) *Elements of Ecology*)



Life tables

Table 1 Gray Squirrel Life Table

x	n_x	I_x	d_x	q_x
0	530	1.0	371	0.7
1	159	0.3	79	0.5
2	80	0.15	32	0.4
3	48	0.09	27	0.55
4	21	0.04	16	0.75
5	5	0.01	5	1.0

I_x = Überleben = Anzahl Überlebende (x) / Anfangszahl

d_x = Mortalität = Anzahl der im Intervall x bis $x+1$ Sterbenden

q_x = altersspezifische Mortalitätsrate = d_x/n_x

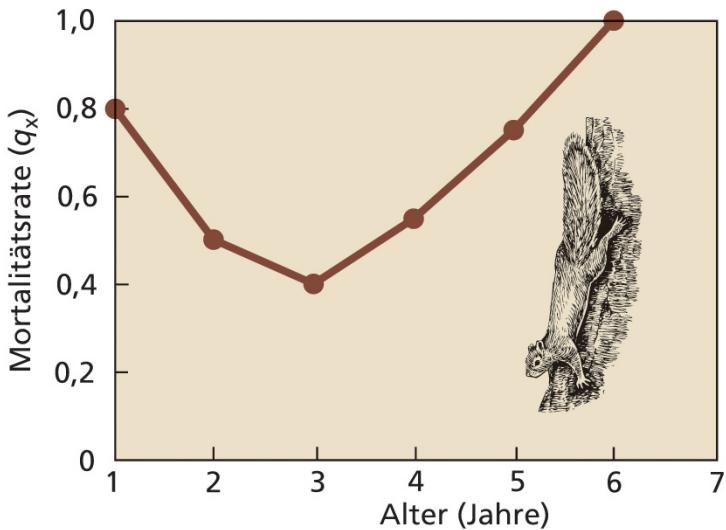


Life tables

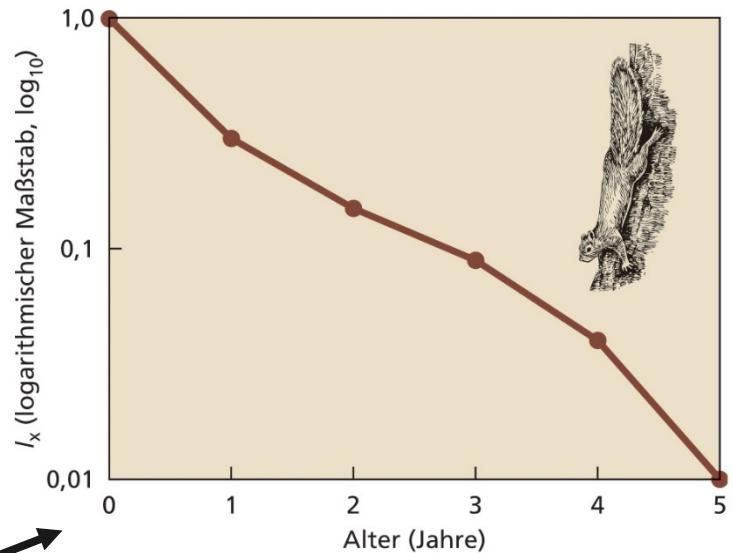
Table 1 Gray Squirrel Life Table

x	n_x	I_x	d_x	q_x
0	530	1.0	371	0.7
1	159	0.3	79	0.5
2	80	0.15	32	0.4
3	48	0.09	27	0.55
4	21	0.04	16	0.75
5	5	0.01	5	1.0

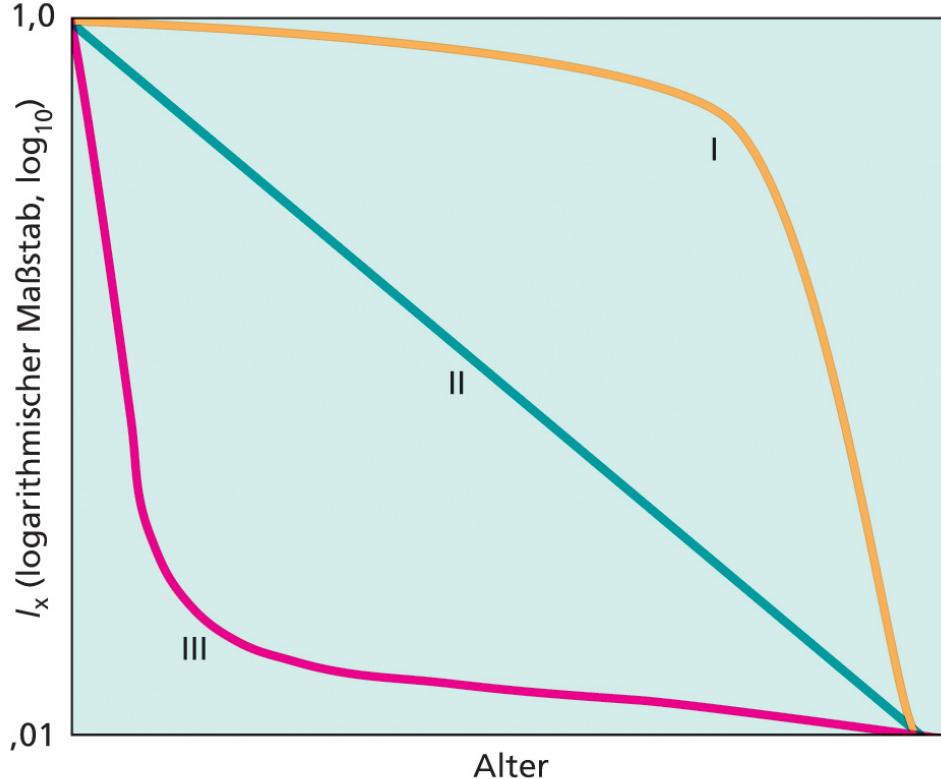
Mortalitätskurve



Überlebenskurve



Drei Grundtypen von Überlebenskurven



I = Menschen, langlebige Säugetiere

II = Viele Vögel, Nager, Reptilien, mehrjährige Pflanzen

III = annuelle Pflanzen, Fische, Bäume, die meisten Invertebraten,...

Life tables

Table 4 Gray Squirrel Fecundity Table

x	l_x	b_x	$l_x b_x$
0	1.0	0.0	0.00
1	0.3	2.0	0.60
2	0.15	3.0	0.45
3	0.09	3.0	0.27
4	0.04	2.0	0.08
5	0.01	0.0	0.00
Σ		10.0	1.40

(aus: Smith & Smith (2014) *Elements of Ecology*)

Mit zusätzlichen Daten zur Reproduktion kann man die mittlere Nachkommenzahl pro Individuum berechnen:

Net reproductive rate R_0

b_x = Natalität = Nachkommen im Intervall x bis $x+1$



Life tables

Table 5 Age-Specific Survival and Birthrates for Squirrel Population

x	l_x	q_x	s_x	b_x
0	1.0	0.7	0.3	0.0
1	0.3	0.5	0.5	2.0
2	0.15	0.4	0.6	3.0
3	0.09	0.55	0.45	3.0
4	0.04	0.75	0.25	2.0
5	0.01	1.0	0.0	0.0

Mit Hilfe von Geburten und
alterspezifischer Überlebensrate
 s_x lässt sich Wachstum der
Population voraussagen

Alterklasse	Jahr 1	Jahr 2
0	20	...
1	10	...
2	...	
GESAMT		30

$$\text{Wachstumsrate } \lambda = \frac{N_{t+1}}{N_t} =$$

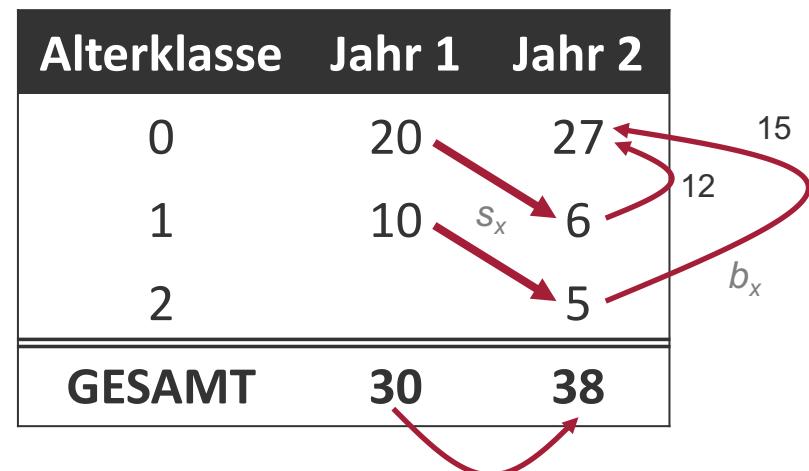


Life tables

Table 5 Age-Specific Survival and Birthrates for Squirrel Population

x	l_x	q_x	s_x	b_x
0	1.0	0.7	0.3	0.0
1	0.3	0.5	0.5	2.0
2	0.15	0.4	0.6	3.0
3	0.09	0.55	0.45	3.0
4	0.04	0.75	0.25	2.0
5	0.01	1.0	0.0	0.0

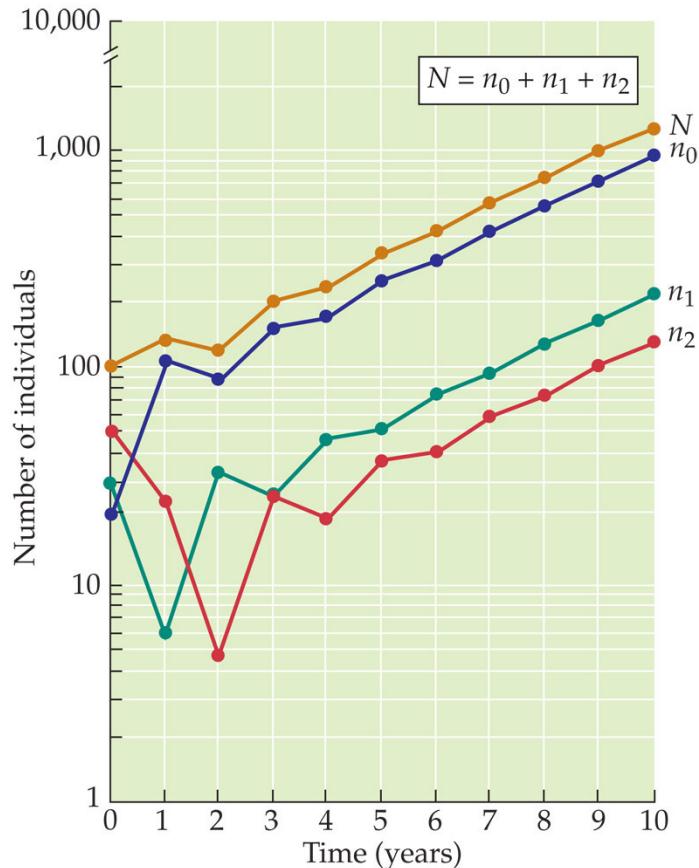
Mit Hilfe von Geburten und alterspezifischer Überlebensrate s_x lässt sich Wachstum der Population voraussagen



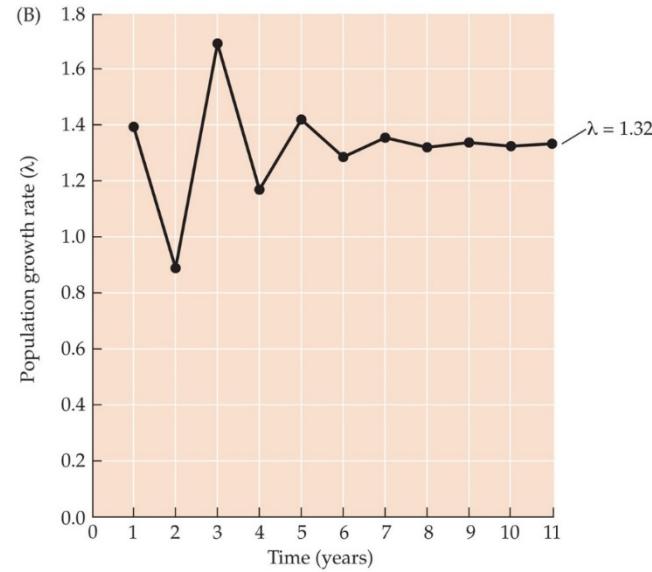
$$\text{Wachstumsrate } \lambda = \frac{N_{t+1}}{N_t} = 1.27$$



Stabile Alterstruktur



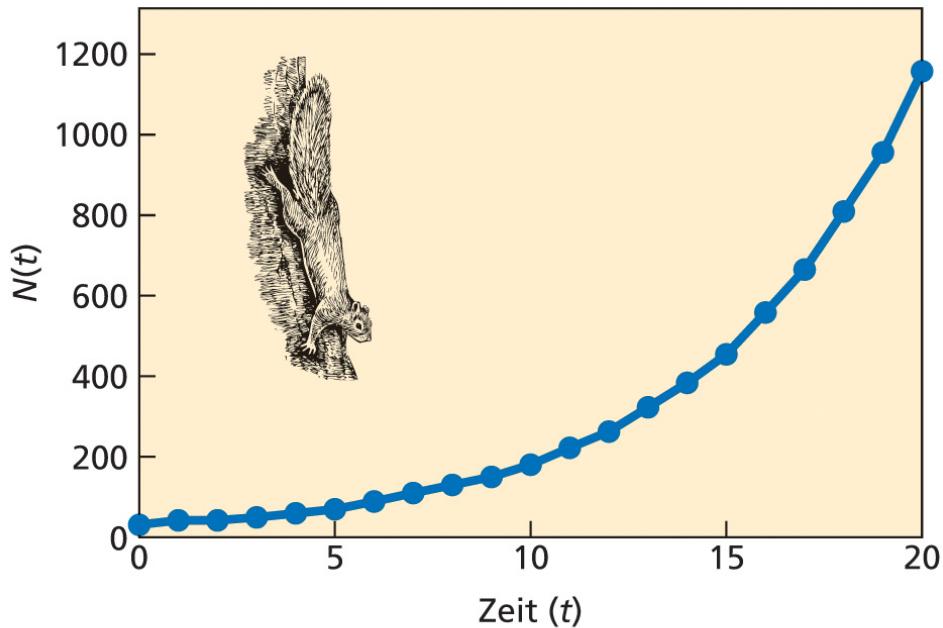
ECOLOGY 3e, Figure 10.8 (Part 1)
© 2014 Sinauer Associates, Inc.



ECOLOGY 3e, Figure 10.8 (Part 2)
© 2014 Sinauer Associates, Inc.

Wenn die *life table* konstant bleibt, dann nähert sich die Population einer **stabilen Altersstruktur** an, mit einer **konstanten Wachstumsrate λ** .

Geometrisches Wachstum

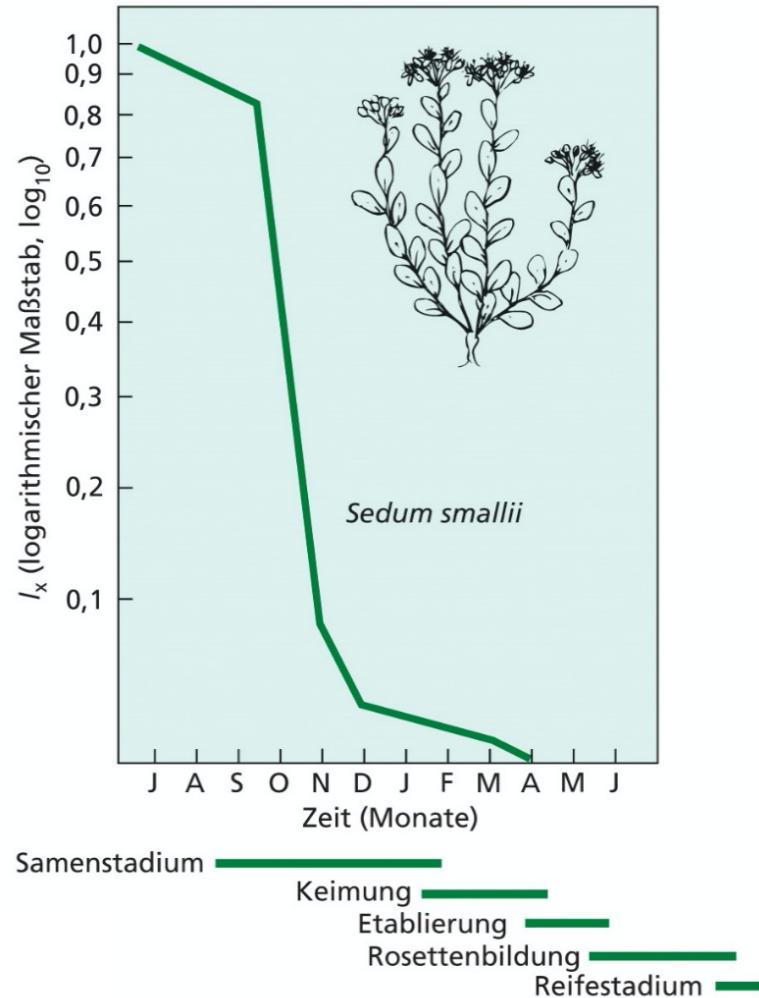
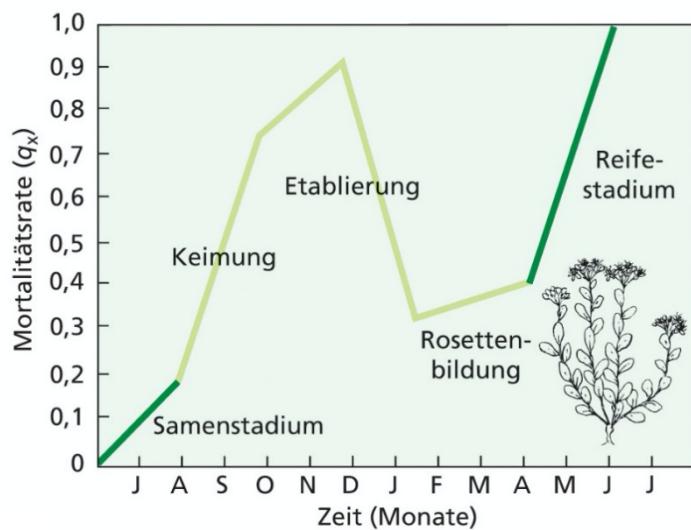


$$N(t) = N(0) * \lambda^t$$

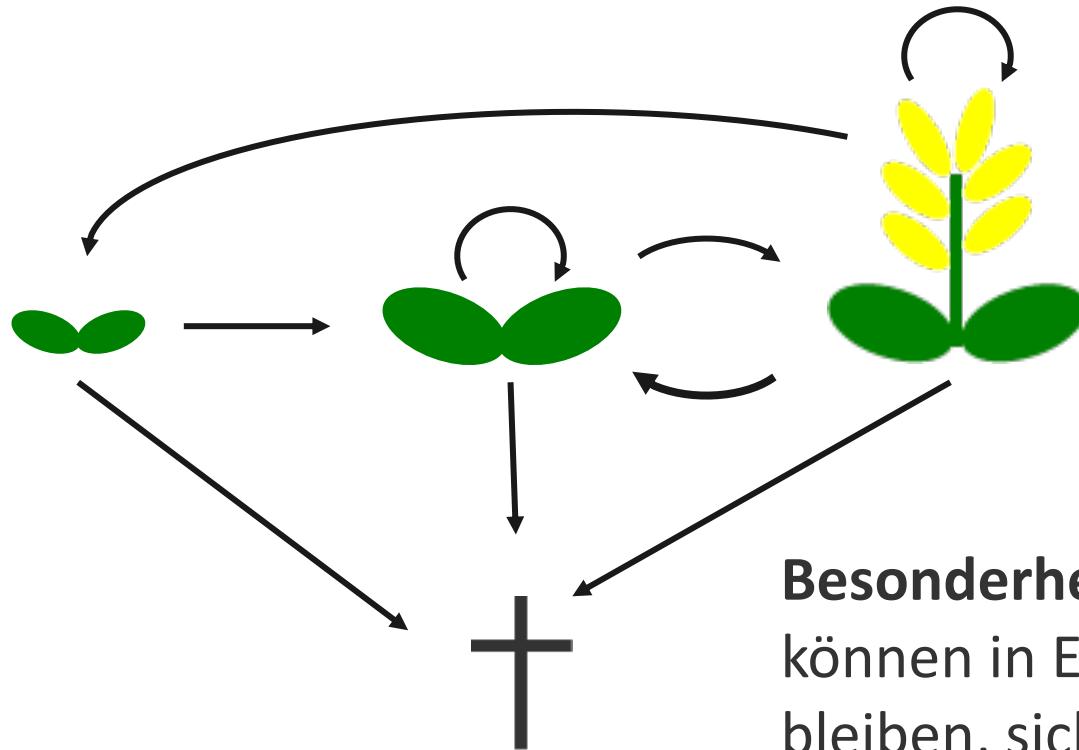
$$N(t + 1) = N(t) * \lambda$$

Geometrisches Wachstum der Population

Pflanzenpopulationen mit *stage structure*

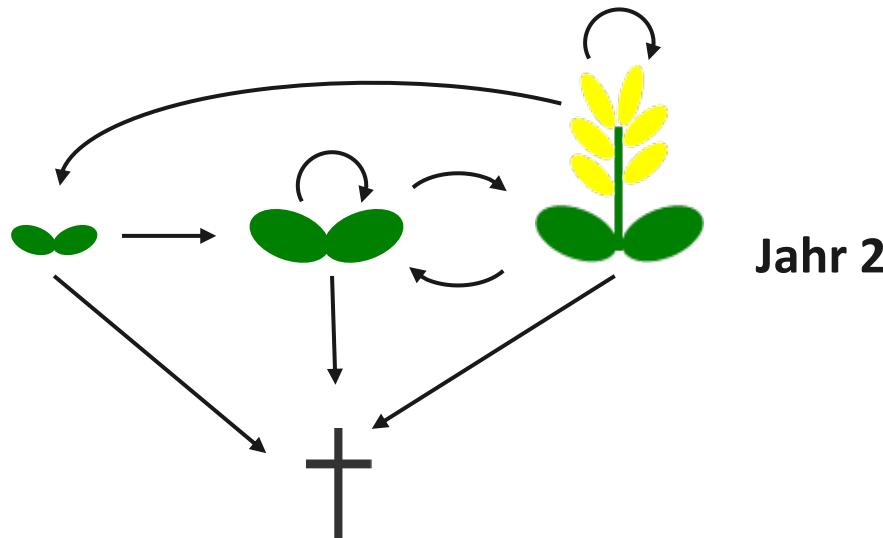


Pflanzenpopulationen mit *stage structure*



Besonderheit: Individuen können in Entwicklungsstufen bleiben, sich zur nächsten Stufe weiterentwickeln, oder sogar wieder von reproduktiv zu vegetativ zurückfallen

Pflanzenpopulationen mit *stage structure*



	Jahr 1		
	Stage 1	Stage 2	Stage 3
Stage 1	0	0	0.2
Stage 2	0.1	0.5	0.3
Stage 3	0	0.2	0.4

Populationsmatrix A

Matrixpopulationmodelle

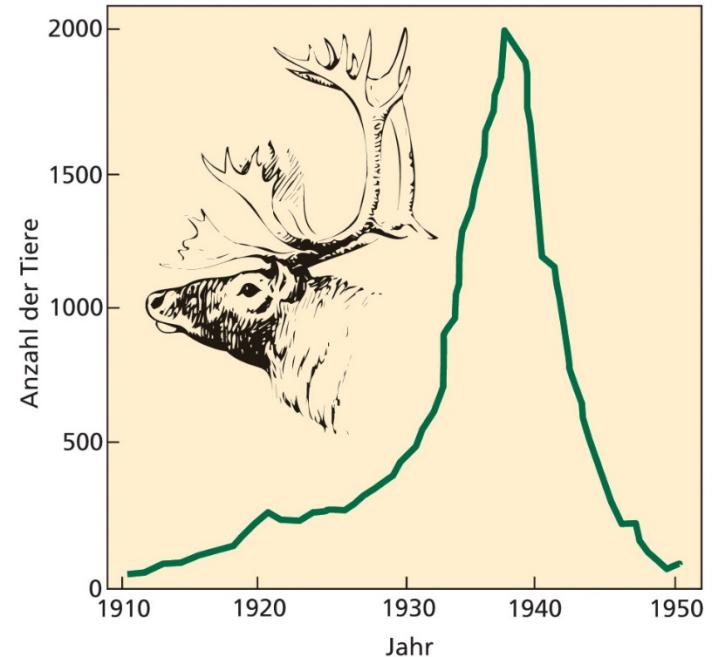
$$\begin{pmatrix} N_{t+l_1} \\ N_{t+l_2} \\ N_{t+l_3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_1 & F_2 & F_3 \\ S_1 & 0 & 0 \\ 0 & S_2 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_{t_1} \\ N_{t_2} \\ N_{t_3} \end{pmatrix} .$$

Matrix-Datenbanken für Pflanzen und Tiere:
COMPADRE/COMADRE, <https://comadre-db.org/>



Allgemeines zum Populationswachstum

- > Reale Populationen haben immer eine stochastische Komponente: **demographische Stochastizität** und **Umweltstochastizität** in Geburten und Sterberaten.
- > Populationen können aussterben, wenn $r<0$ oder $R_0<1$, oder durch Zufallsereignisse, Katastrophen
- > Je kleiner die Population, desto grösser die Aussterbewahrscheinlichkeit → *Vorlesung Tielbörger*



Hat das ganze einen praktischen Nutzen?

Life tables und Matrixpopulationsmodelle erlauben besseres Verständnis von Populationen im **Naturschutz**:

- > Wohin geht der Trend einer Population?
- > Welche Alters- oder Entwicklungsstadien sind kritisch?
- > Wie hoch ist die Aussterbewahrscheinlichkeit?



Was Sie nach dieser Vorlesung wissen sollten

- > Definition der Population
- > Eigenschaften von Populationen: Grösse, Dichte, Struktur, räumliche Verteilung
- > Wie man Populationsgrößen schätzen kann
- > Exponentielles Wachstum
- > *Life tables*, Überlebenskurven

