Wintersemester 2019/20

Einführung in die Modellierung

Till Francke und Maik Heistermann

Universität Potsdam

Seminar *Einführung in die Modellierung*
im Modul *Versuchsplanung und Geoökologische Modellierung*

Wintersemester 2016/17

Einführung in die Modellierung

In diesem Semester

R als Werkzeug in der Modellierung

Ökologische Modelle

Hydrologische Modelle

(Ökohydrologische Modelle)

Wintersemester 2016/17

Einführung in die Modellierung

Heute

Populationsmodelle

Wachstum unter Umwelteinwirkung und logistisches Wachstum

Routinekämpfe

You Gotta Fight

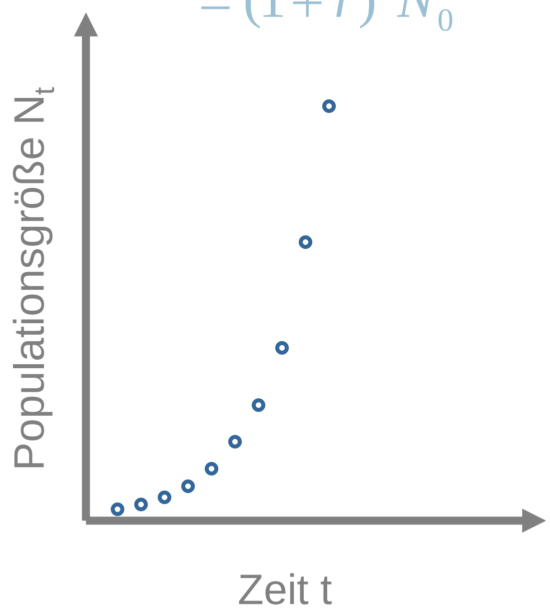
https://tinyurl.com/eim-1920-3

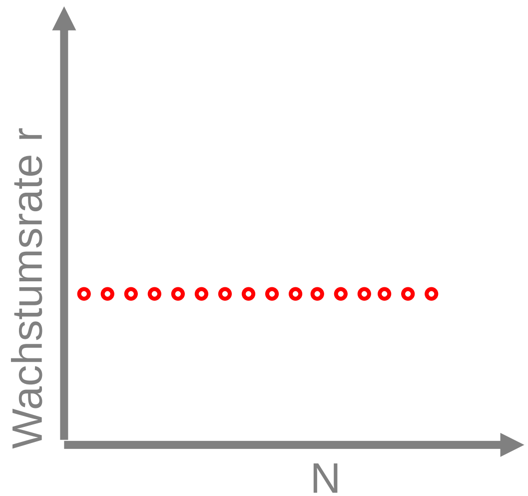
Exponentielles Wachstum - Merkmale

- einfachstes Modell für das unbegrenzte Wachstum: exponentielles Wachstum:

$$N_t = N_{t-1} + r \cdot N_{t-1}$$
$$= (1+r)^t N_0$$

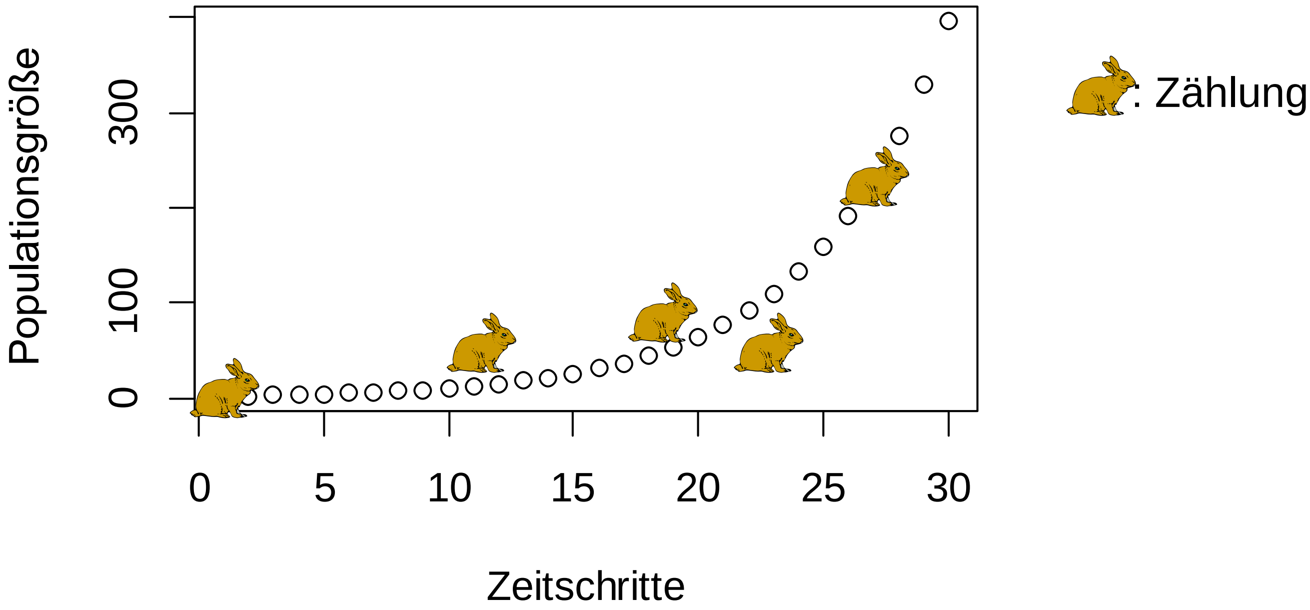
$$r(N) = const$$





r ist dichteunabhängig

Vergleich mit Beobachtungen



Realität: nichtmonotones Wachstumsverhalten → variable Wachstumsrate

Welche Erkärungen könnte es geben?

Dichteunabhängige Prozesse ✓

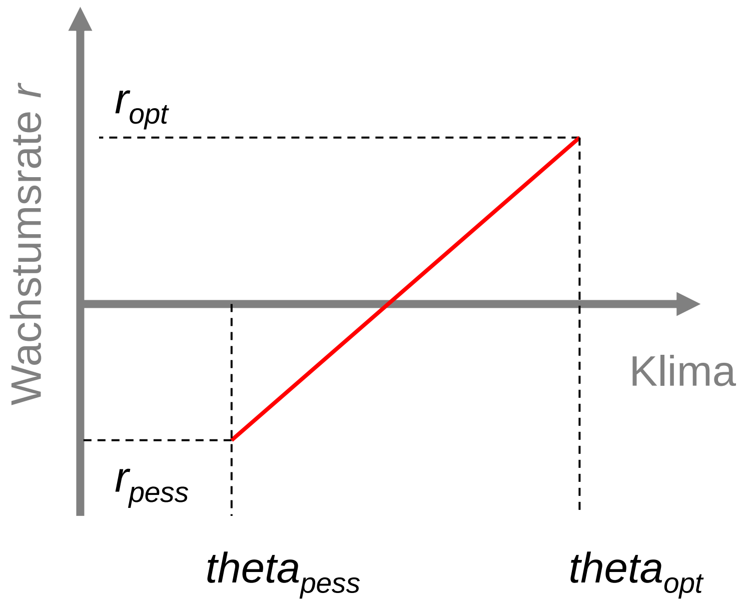
Klima
Störungsereignisse

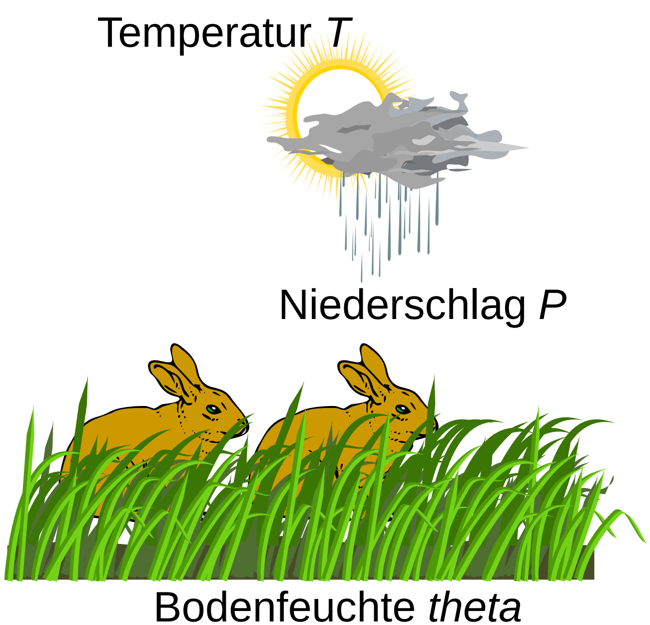
Dichteabhängige Prozesse ✗

intraspezifische Konkurrenz
interspezifische Konkurrenz
Räuber-Beute-Beziehungen

Umsetzung im Modell: $N_t = N_{t-1} + r(t) \cdot N_{t-1}$

r (t): Wachstumsrate als Funktion von Umweltvariablen
(z.B. Pflanzenwachstum, Temperatur, Niederschlag, Bodenfeuchte)

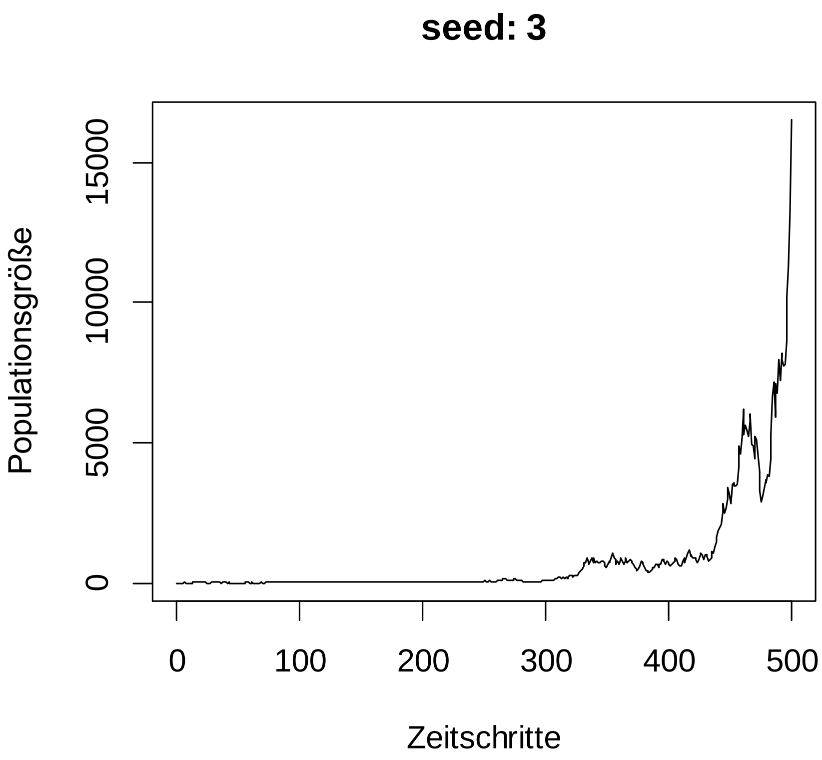




r ist umweltabhängig

Vergleiche zwei Populationen mit zufälliger Wachstumsrate *r* zwischen *r_opt* und *r_pess* [-0,2; 0,25] bzw. [-0,25; 0,2] (`3_exp_Wachstum_umwelt.R`)

Vergleich mit Beobachtungen



- unbegrenzte Kapazität des Habitats unrealistisch

→ Modell unzulänglich

→ Berücksichtigung dichteabhängiger Effekte

Dichteunabhängige Prozesse

Klima
Störungsereignisse

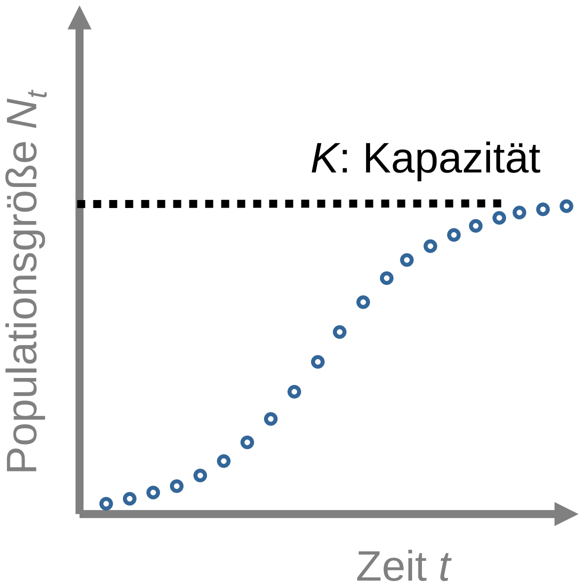
Dichteabhängige Prozesse

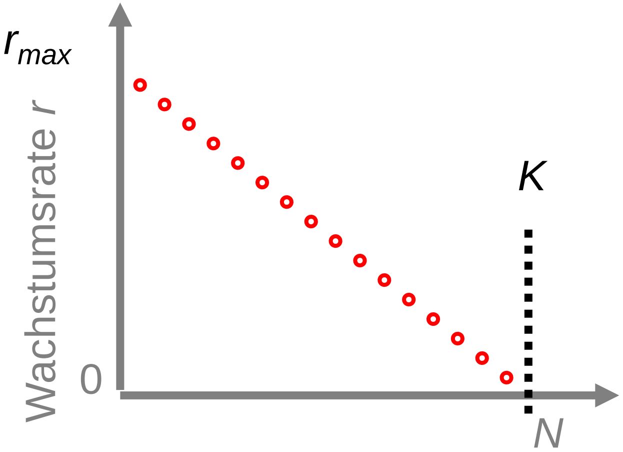
intraspezifische Konkurrenz
interspezifische Konkurrenz
Räuber-Beute-Beziehungen

- einfachstes Modell für das Wachstum unter Konkurrenz: logistisches Wachstum

$$N_t = N_{t-1} + r(N_{t-1}) \cdot N_{t-1}$$

$$r(N_{t-1}) = r_{\max} \cdot \left(1 - \frac{N_{t-1}}{K}\right)$$





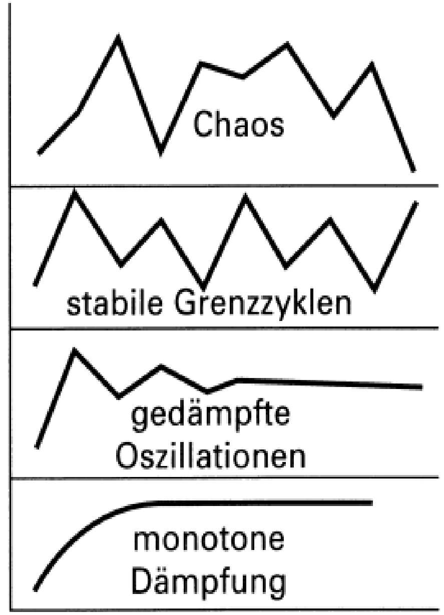
r → dichteabhängig

Populationsmodell in R umsetzen und für verschiedene r_{max} und K vergleichen (Parameterwerte siehe `4_log_Wachstum.R`)

III. Logistisches Wachstum – seltsame Effekte

Bei hohen Reproduktionsraten: Überschwingen und Oszillationseffekte

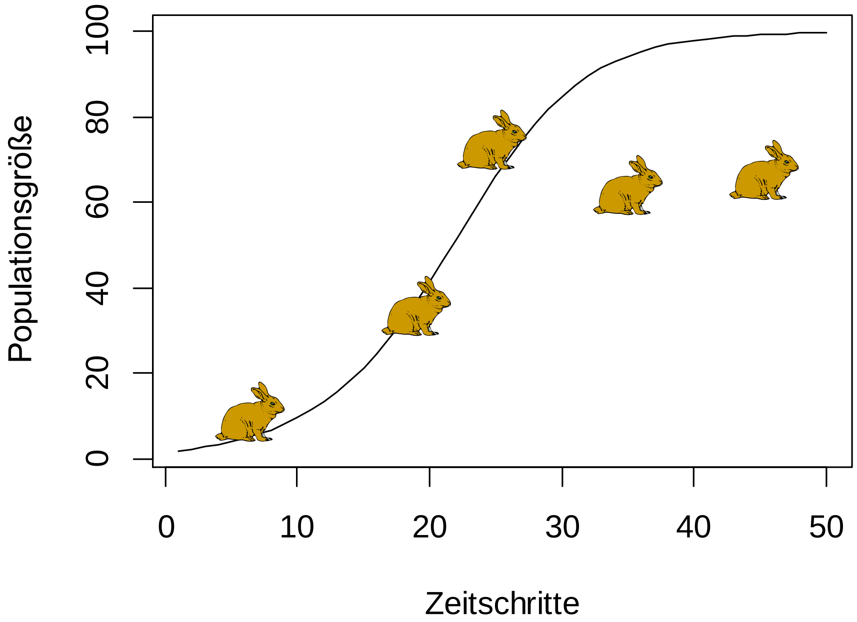
$2.57 < r_{max}$		chaotisches Zeitverhalten
$2.449 < r_{max}$	< 2.57	komplexe Periodizität
$2.000 < r_{max}$	< 2.449	stabile Periodizität um K
$1.000 < r_{max}$	< 2.000	gedämpftes Einschwingen auf K
$0 < r_{max}$	< 1.000	monotone Konvergenz



nach May(1974, 1976)

- bei diskreten Prozessen: u.U. sinnvolle Prozessbeschreibung
- bei kontinuierlichen Prozessen: numerischer Effekt → kleinere Zeitschritte wählen

Vergleich mit Beobachtungen



: Zählung

Nichtmonotones Wachstum

→ Umweltbedingungen beeinflussen maximale Kapazität

Dichteunabhängige Prozesse ✓

Klima
Störungsereignisse

Dichteabhängige Prozesse ✓

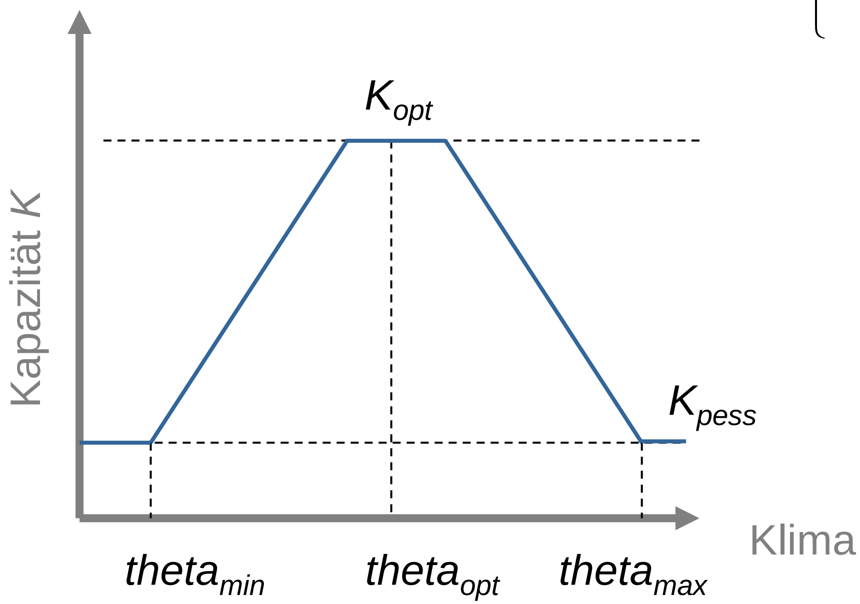
intraspezifische Konkurrenz
interspezifische Konkurrenz
Räuber-Beute-Beziehungen

IV. Verbindung: Logistisches Wachstum + Umwelteinwirkungen

- momentane Wachstumsrate ist dichteabhängig (logistisches Wachstum)
- Habitatkapazität ist umweltabhängig (z.B. Funktion von *theta*)

$$K = f(theta, K_{pess}, K_{opt}, theta_{\min}, theta_{opt}, theta_{\max})$$

$$K = \begin{cases} theta < theta_{opt} : K_{pess} + \dfrac{K_{opt} - K_{pess}}{theta_{opt} - theta_{\min}} * (theta - theta_{\min}) \\ theta \geq theta_{opt} : K_{pess} + \dfrac{K_{opt} - K_{pess}}{theta_{opt} - theta_{\max}} * (theta - theta_{\max}) \end{cases}$$

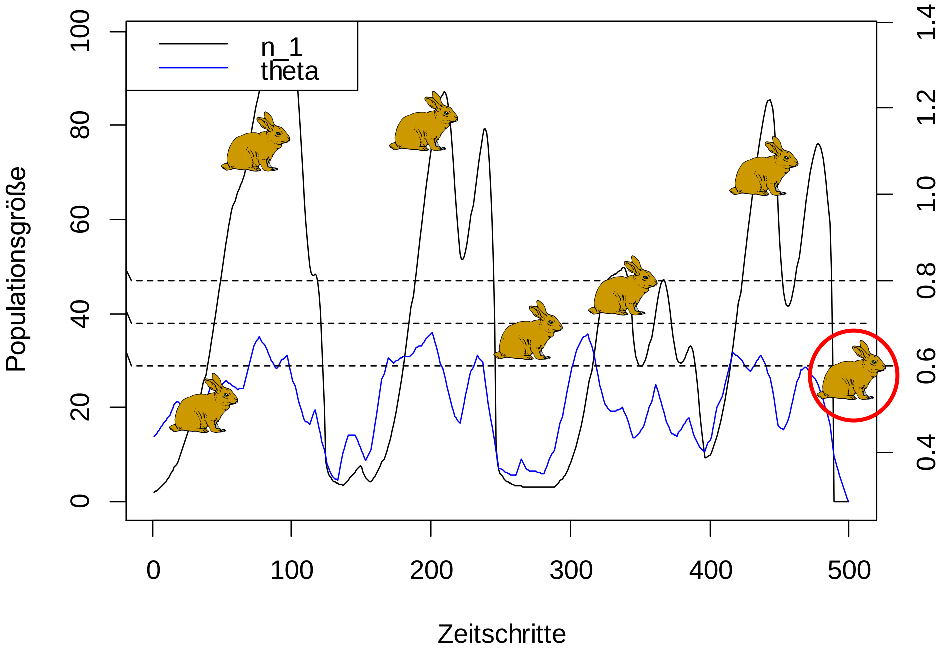


$$r(N, theta) = r_{\max} \cdot \left(1 - \frac{N}{K(theta)}\right)$$

r → dichte- und umweltabhängig

Kombiniertes Modell (`5_log_Wachstum_umwelt.R`); $n0 = 2$, $K=100$, $nt = 50$ für verschiedene r_{max} (1; 2; 2,5; 3) vergleichen

Vergleich mit Beobachtungen

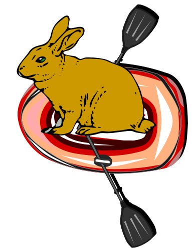


: Zählung

Population stirbt nicht aus

Grund: Besiedlung von Nachbarinsel

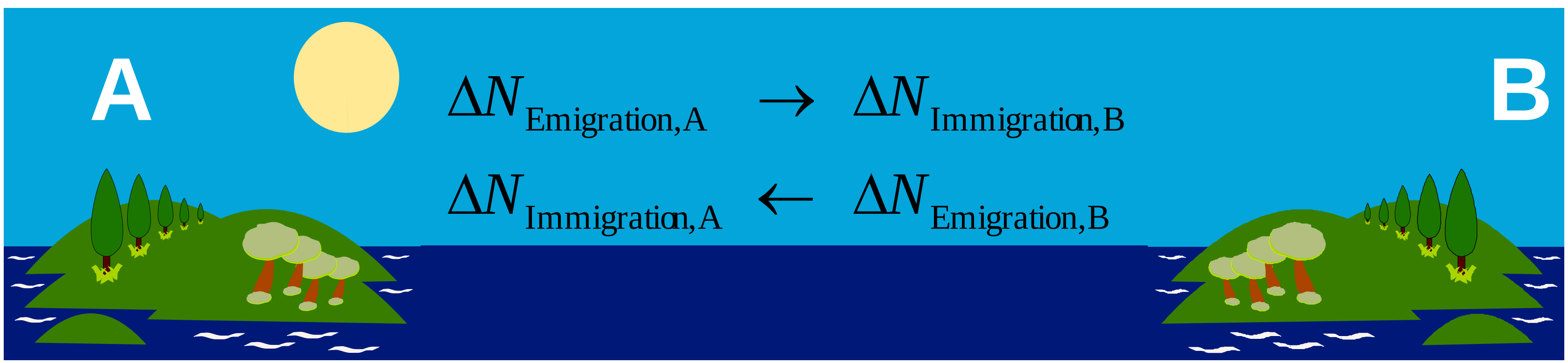
→ Interaktion mit anderen Populationen



$$N_t = N_{t-1} + r(t) \cdot N_{t-1} + \Delta N_{\text{Migration}}$$

$$\Delta N_{\text{Migration}} = \Delta N_{\text{Immigration}} - \Delta N_{\text{Emigration}}$$

$$\Delta N_{Emigration} = m \cdot N\ (t-1)$$



Modell mit Migration (`6_log_Wachstum_umwelt_gekoppelt.R`) zwischen zwei Populationen.

Einfluss von Migration

unabhängige Umwelt | neg. korrel. Umwelt

ohne Migration

mit Migration