

Populationsökologie

WS 2004/05

Felix Knauer

Arbeitsbereich Wildtierökologie und
Wildtiermanagement

Ziele und Inhalte

Ziel:

1. theoretisches Grundverständnis der Populationsdynamik großer Tiere
2. die Fähigkeit, dieses Verständnis auf praktische Probleme anzuwenden

Ziele und Inhalte

1. Überblick über verschiedene Forschungsbereiche in der Populationsdynamik
2. Grundlagen - einfaches Populationswachstum
2. der Faktor Zeit – Dichteabhängigkeit
3. Störungen im System – der Einfluß des Zufalls

Ziele und Inhalte

4. überlebenschfähige Minimalpopulationen – Konzept der MVP
5. Raum und Populationsdynamik – Metapopulationskonzept
6. Räumlich strukturierte Eingriffe in räumlich kontinuierliche Populationen

Ziele und Inhalte

7. Systeme mit mehreren Arten:
 - Räuber-Beute-Beziehungen
 - Konkurrenz
8. Räuber-Beute-Beziehungen in der Praxis
9. Analyse von Populationsdaten

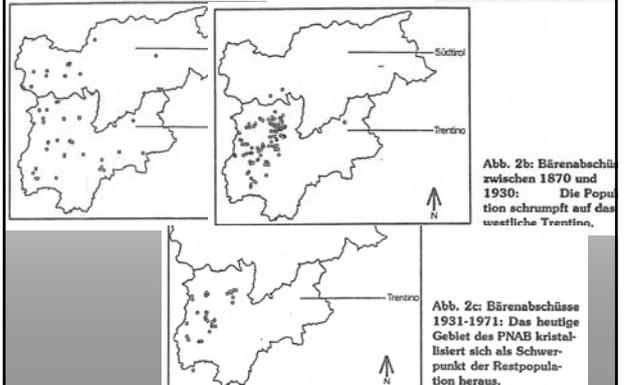
Bären im Trentino



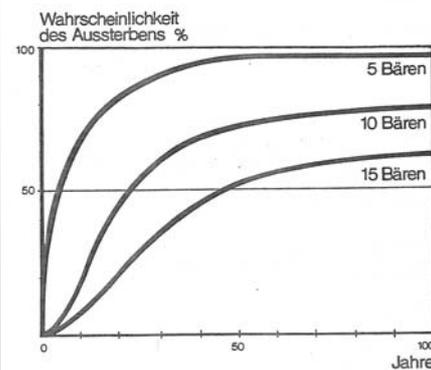
Bären im Trentino

- letzten autochthonen Bären in den Alpen
- Populationsgröße 1991 weitgehend unbekannt, Schätzungen: 2-15
- Gefährdungsursachen nicht klar
- im Rahmen eines Planes zur Rettung dieser Population

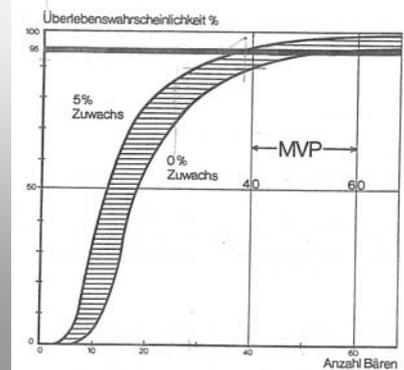
geschichtlicher Rückgang



Analyse status quo



Populationsziel



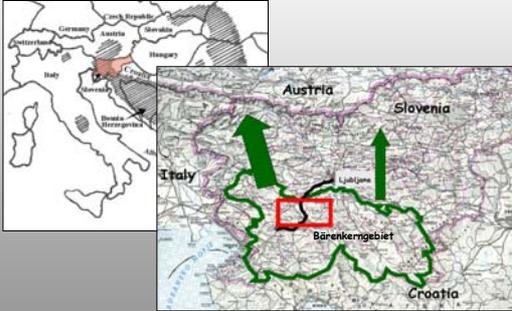
Ausbreitung der Bären in den Ostalpen



Ausbreitung der Bären in den Ostalpen

- Fragestellung: Potential für Wiederbesiedlung der Ostalpen
- Problem: keine Daten zu Habitatnutzung und Dispersal in fragmentierten Landschaften
- Methoden: Telemetrie, Simulation

Studienggebiet in Slowenien



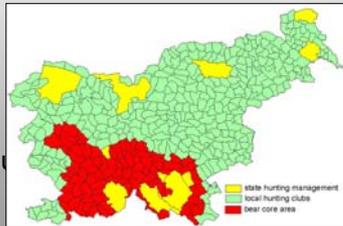
Studienggebiet in Slowenien



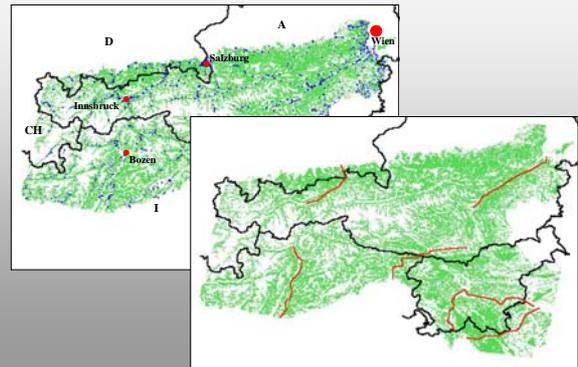
Jagdsystem in Slowenien

„Sozialistisches Jagdsystem“:

- Jagdfamilien
- große Reviere
- Fütterung
- staatlicher Einfluss



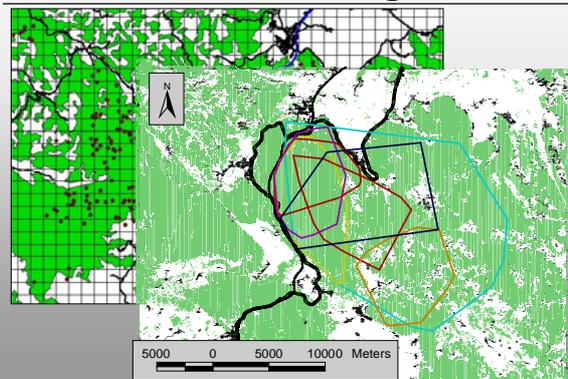
Studienggebiet Ostalpen



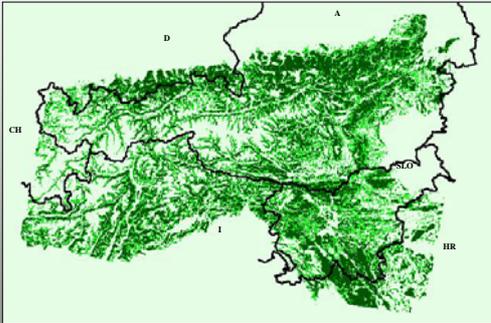
Methoden



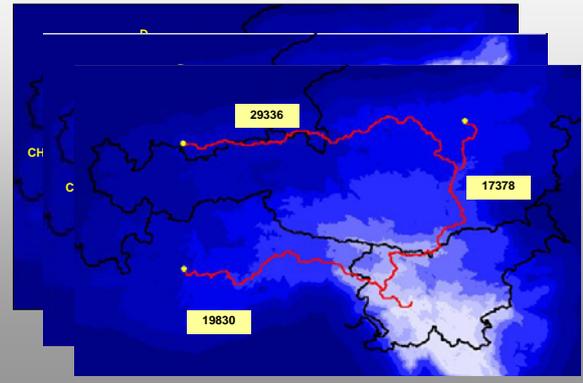
Auswertung



Ergebnis Habitatmodell



Ausbreitung und Korridore



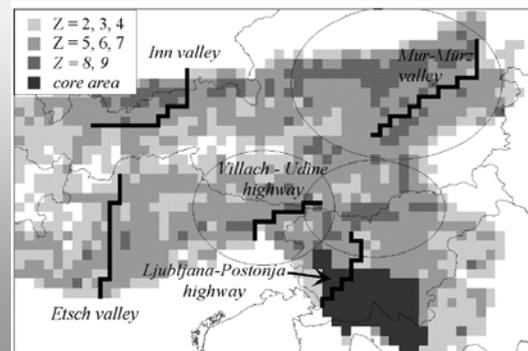
Simulation der Ausbreitung

zusammen mit Thorsten Wiegand, UFZ Leipzig

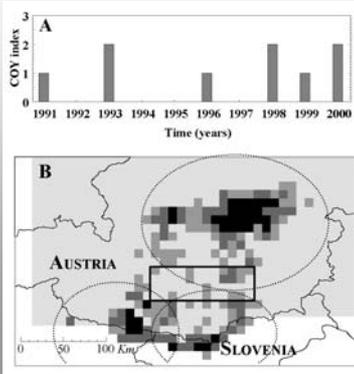
- individuen-basiert
- räumlich-explizit
- Parameterisierung nicht nur auf harten Daten, sondern auch auf Mustern

Ziel: Nachbildung der Populationsentwicklung 1992 - 2000

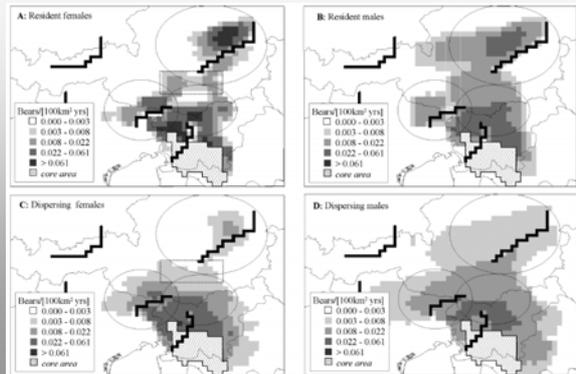
Datengrundlage - Habitat



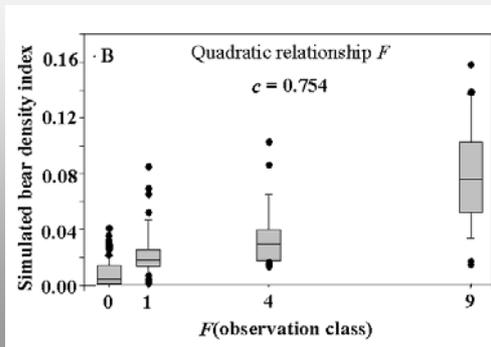
Datengrundlage – Demographie



Modellvorhersagen



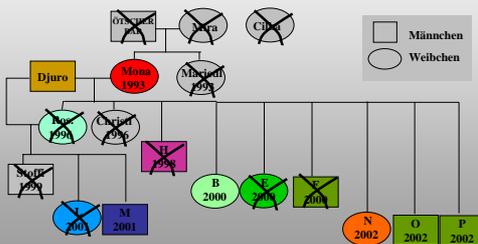
Modell und Realität



Ergebnisse zum Schutz

- Aussterberisiko in österreichischer Subpopulation von 1992 – 2000: 33% => sehr unwahrscheinlich, noch lange zu überleben
- Populationswachstum: 6,5%
- hohe Reproduktion + hohe Mortalität

Ergebnisse vom Monitoring



Notwendige Konsequenzen

- Mortalität muß reduziert werden
- weitere Aussetzungen sind nötig

nur – passieren wird nichts...

Artenschutz bei Pflanzen

- Fragestellung: wie können ausgesuchte Arten in Agrarlandschaften überleben?
- Datengrundlage von 4 Doktoranden im Feld
- Methodischer Ansatz: Modellierung

Arten

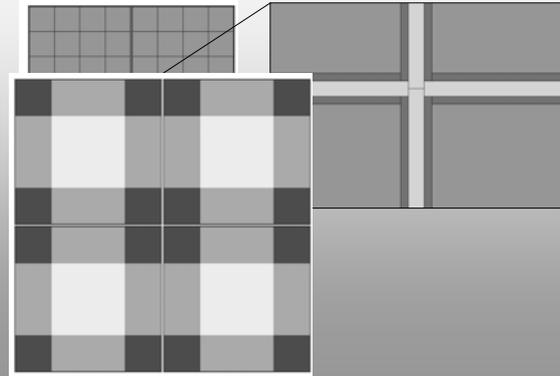


trait	SP	HR	HR_p
dispersal distance	short	long	long
longevity	long	short	short
seedbank persistence	short	short	long

Szenarien

1. Konventionelle Landwirtschaft
2. Vertragsnaturschutz
3. Naturschutzgebiet mit speziellem Management

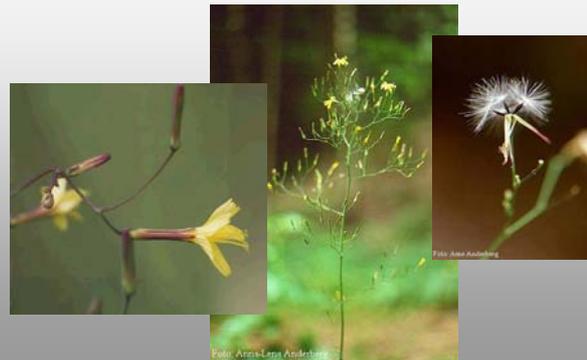
Modelllandschaft



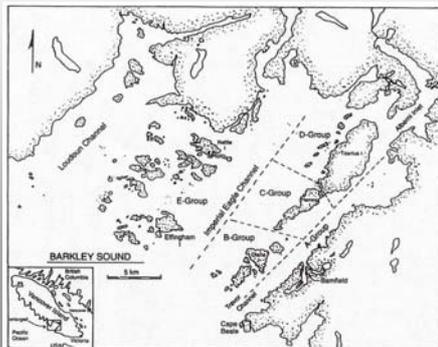
Does local density affect the dispersal distance in plants?

Felix Knauer, Hans Baveco, Paul Goedhart, Rene Jochem and Jana Verboom

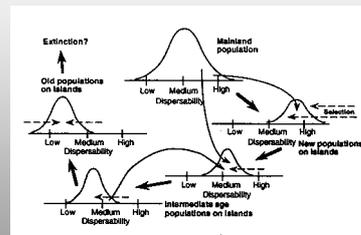
Wall lattice (Mycelis muralis)



The Cody and Overton hypothesis (J. Ecol. 1996)



The Cody and Overton hypothesis



Problem: Mainland population still 'fires'

Modeling approach

2 models and 5 dispersal curves to cover a large range of structural uncertainty

Both models are individual-based and spatially explicit

- each individual has own x/y-coordinates
- each individual has his own genotype

model 1	model 2
selfing	random mating
vector based	grid based (1 m)
open spots of bare ground ($10^3 \cdot 10 \text{cm}^2$)	

A model year

Plants live in suitable patches in the landscape

If seeds from last year fell within suitable habitat into an open spot, then they can germinate

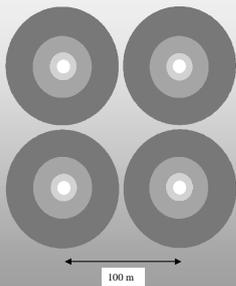
Individuals become 1 year older and seedlings can become adult

Adult plants flower and produce seeds

Seeds disperse following a predefined dispersal curve

Some individuals die

Basic experiment



patch size: 100, 400, 2000, 7500 m²

(radius: 5.6, 11.3, 25.2, 48.9 m, respectively)

population size: ~100, 400, 2000 plants

12 different settings

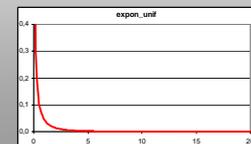
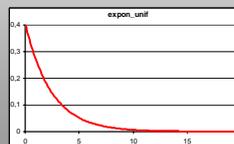
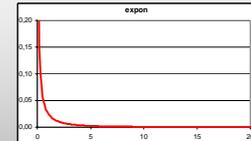
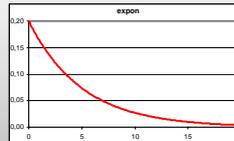
20 runs each

mean dispersal distance ranges from 0.1 to 30 m

Dispersal curves (1)

One- and

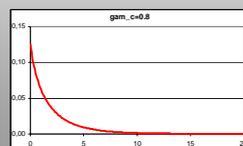
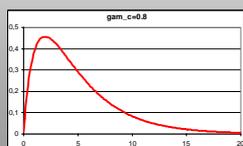
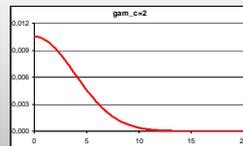
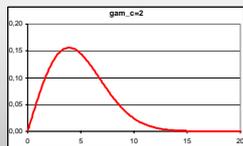
two-dimensional distributions



Dispersal curves (2)

One- and

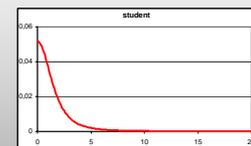
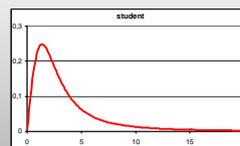
two-dimensional distributions



Dispersal curves (3)

One- and

two-dimensional distributions



Dispersal curves (4)

	expon	expon_unif	gam_c=2	gam_c=0.8	student
mean	5.01	4.93	4.85	5.00	5.07
50% perc.	3.48	1.71	4.55	3.97	2.60
90% perc.	11.51	5.89	8.31	10.23	9.17
95% perc.	14.92	8.06	9.44	12.80	14.31
99% perc.	23.17	118.40	11.64	18.80	38.78
99.9% perc.	35.11	315.23	14.06	27.88	158.76
max	50.07	336.88	17.99	43.44	2958.18

based on 50,000 simulations each

Higher densities = lower colonization potential?

Overcompensation by seed numbers:

- exponential: only within short to medium distances

- Student-t: always overcompensated

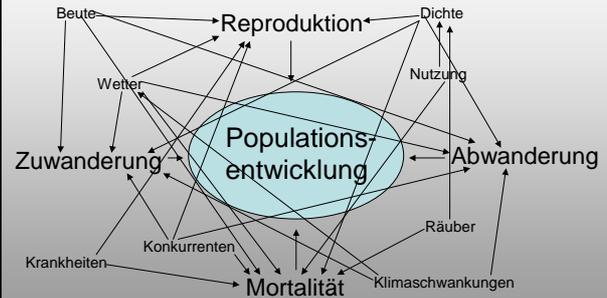
Big differences between dispersal curves!

=> Still - large populations are good for conservation, but ignoring this effect causes an overestimate of the colonization potential

Populationsdynamik

- Populationsdynamik: Lehre von der Entwicklung einer oder mehrerer, interagierender Populationen
- Population: eine Fortpflanzungsgemeinschaft, d.h. eine Anzahl von Individuen, die sich miteinander fortpflanzen
- Trend: Nicht-zufällige Zu- oder Abnahme einer Population

Einflußfaktoren



Populationsmodelle

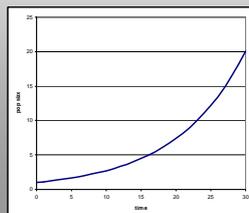
Einfachstes Modell: exponentielles Wachstum

$$N_t = N_0 e^{rt}$$

N: Populationsgröße

t: Zeit

r: Wachstum



Der Einfluß Zeit - Dichte

- langfristig gibt es immer Dichteeffekte in natürlichen Populationen
- Verständnis der Dichte ist essentiell
- Mechanismus des Dichteeffekts kann sehr wichtig für Modellierung sein

roe_popdyn_stable.xls

Störungen im System

- abiotische Faktoren
- biotische Faktoren
- Zufall: Umweltschwankungen und demographische Stochastizität

roe_popdyn_env_stoch.xls

Pascal's triangle.xls

roe_popdyn_env and demogr_stoch.xls

MVP – minimal viable population

4 Ebenen:

- demographische Stochastizität
- Inzuchtdepression
- Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Umweltbedingungen
- Katastrophen

MVP – minimal viable population

- Überlebensfähigkeit einer Population über einen angegebenen Zeitraum mit einer angegebenen Wahrscheinlichkeit
- oft über 100 Jahre mit 95%

$$S(t) = e^{-\frac{t}{T_m}} \Rightarrow T_m = -\frac{t}{\ln(S(t))}$$

T_m : mean life time

PVA – population viability analysis

- Werkzeug im Artenschutz
- anspruchsvolle Modellierung
- harte Daten nötig
- bisher selten quantitativ durchgeführt

PVA für den Dreizehenspecht im Schwarzwald



PVA für den Dreizehenspecht im Schwarzwald

Problem: Population ist relativ neu und noch klein und deshalb möglicher Weise gefährdet.

Fragestellung: Wie hoch ist das Aussterberisiko im Schwarzwald?

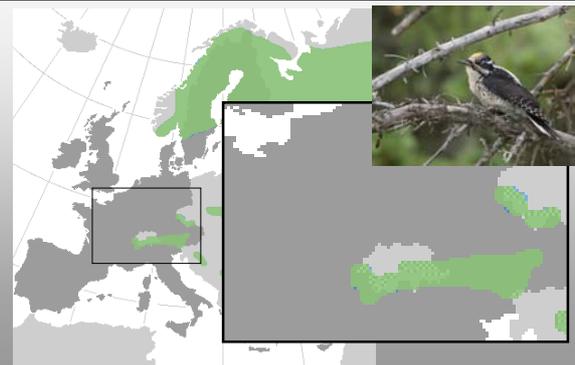
Methodischer Ansatz: Simulationsmodell

Der Dreizehenspecht

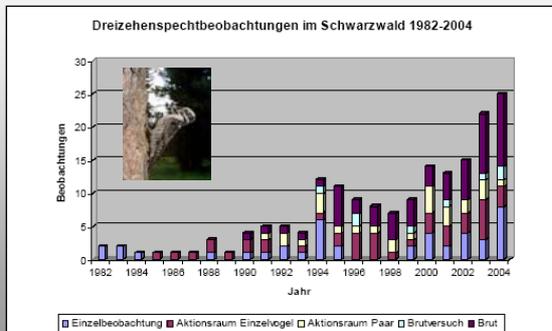
- Altvögel leben paarweise in Territorien (monogam)
- ernähren sich von Borkenkäfern, füttern ihre Jungen aber mit Bockkäferlarven
- diese befinden sich in Stammholz, das seit 2-5 Jahren tot ist
- kann wahrscheinlich älter als 10 Jahre werden



Verbreitung



Situation im Schwarzwald



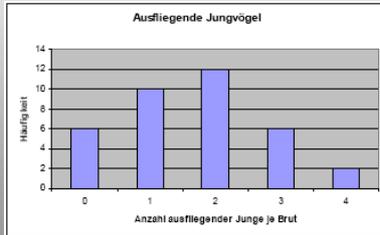
Schadholzanfall



verfügbare Daten

aus Berchtesgaden:

- Überlebenswahrscheinlichkeit Altvögel: 70-75%
- Bruterfolg:



pattern oriented approach

durch „Nachsimulieren“ beobachteter Muster werden Parameterwerte eingeeengt

⇒ bestmögliche Parameterkombination

⇒ erlaubt Schätzungen auch mit geringen Datenmengen, aber oft ist Genauigkeit schwer abschätzbar

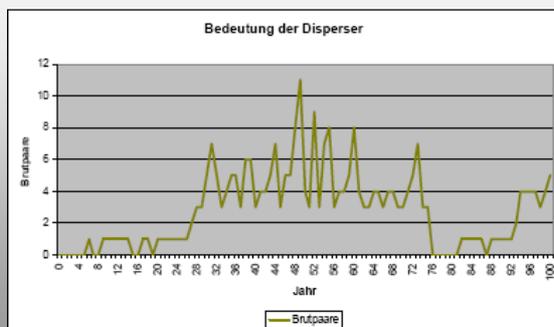
Modellstruktur

- individuenbasiert
- räumlich implizit
- Umweltschwankungen
- 3 Altersklassen, beide Geschlechter
- 3 Verhaltensklassen: territorial, Floater, Zuwanderer

Ergebnisse

Anzahl Mindestterritorien	6
Zeitverzögerung von Schaden bis Nutzung	4
Anzahl Zuwanderer/Jahr	1
ÜW Territorieninhaber	80-85%
ÜW Floater	30-70%
ÜW Jungtiere	30-40%

Prognosen



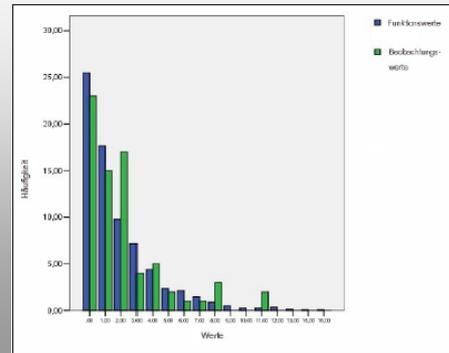
Prognosen

- wie groß ist die Überlebenswahrscheinlichkeit?
- jedoch Zuwanderung
- deshalb: wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, in Zukunft eine Dreizehenspecht-population im Schwarzwald zu haben?
- Problem: Vorhersage Schadholz

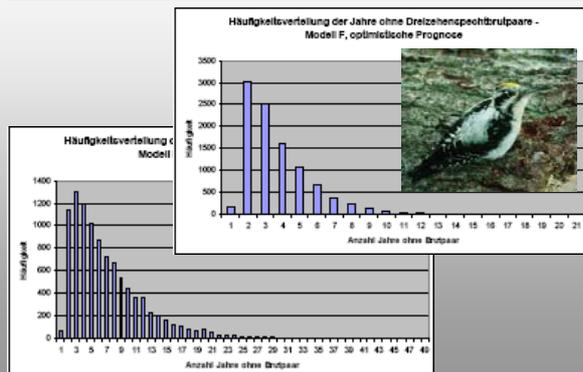
Schadholzanfall



Zufallszahl Schadholz



Unsicherheit der Prognose



Zusammenfassung Ergebnisse

- hohe Überlebenswahrscheinlichkeiten territorialer Vögel
- Floater vorhanden
- Population recht stabil

Implikationen für Schutz



Metapopulationstheorie

The approximation formula T_m^* for the mean lifetime T_m of a metapopulation

$$T_m^*(M, v, c, \rho, \rho_0) := T_m^*(M, v, \frac{c_{\text{tot}}}{v}, \rho_{\text{tot}})$$

consisting of two major components:

the approximation formula T_m^* for the homogeneous case

$$T_m^*(M, v, \frac{c_{\text{tot}}}{v}, \rho) := \frac{1}{v} e^{M(v \cdot \rho)} a(M, \rho) \left(\frac{c_{\text{tot}}}{v} \right)^{v \cdot M \cdot \rho}$$

with

$$a(M, \rho) = \frac{(M-1)!}{M(M-1)^{M-1} (1+\rho) (1+0.03M^2 \rho^{0.008M} e^{-0.03M})}$$

$$b(M, \rho) = (M-1)(1-0.57\rho^{0.2})$$

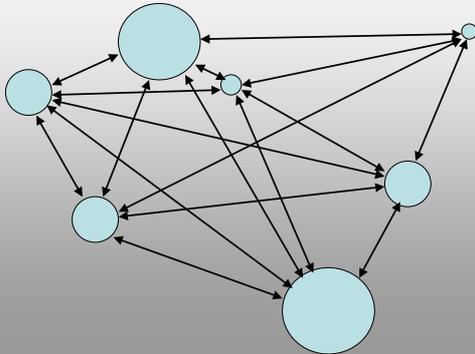
and all the relevant aggregated parameters

$$v_{\text{agg}} = \prod_{i=1}^M v_i^{p_i}$$

$$\left(\frac{c_{\text{tot}}}{v} \right)_{\text{agg}} = \prod_{i=1}^M \max \left(\sqrt{v_i}, \sqrt{\frac{1}{2} \left(\frac{\sum_{k \neq i} c_k}{v_i} \right)^{-2} + \left(\frac{\sum_{k \neq i} c_k}{v_i} \right)^{-2-1}} \right)^{v_i M}$$

$$\rho_{\text{agg}} = \frac{1}{M(M-1)} \sum_{i=1}^M \sum_{j \neq i}^M \rho_{ij}$$

Metapopulationstheorie



Definitionen

- Metapopulation: Population von Populationen, d.h. Subpopulationen, die durch Dispersal miteinander verbunden sind
- Subpopulationen: Einzelpopulationen, die weitgehend unabhängig von einander sind
- Dispersal: Austausch von Individuen zwischen Subpopulationen

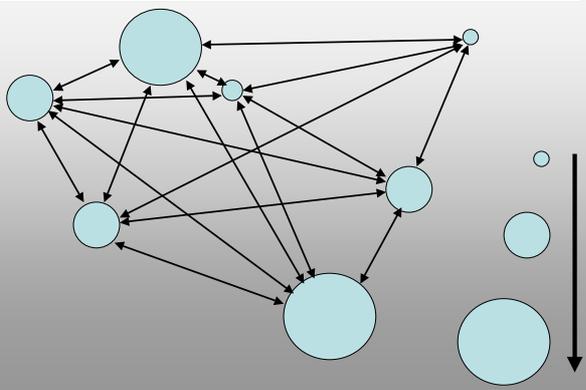
Beschreibung

- beschreibt Dynamik von Aussterben und Wiederbesiedeln
- die gesamte Metapopulation kann überleben
- auch wenn jede Subpopulation gelegentlich ausstirbt

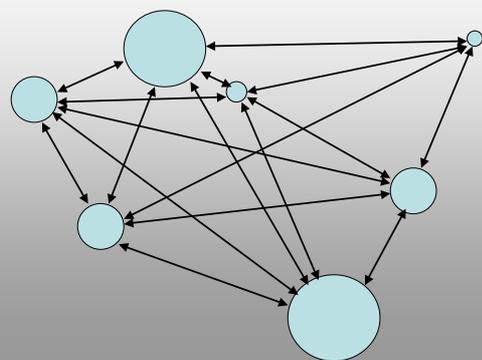
Bedeutung

- Metapopulationstheorie beschreibt das Überleben von Populationen in fragmentierten Landschaften
- Vorteil: mathematische Grundlage
- Nachteil: meist nicht realistisch genug, um Vorhersagen für die Realität abzuleiten
- aber: hat viel zum Verständnis zur Dynamik räumlich diskontinuierlicher Populationen beigetragen

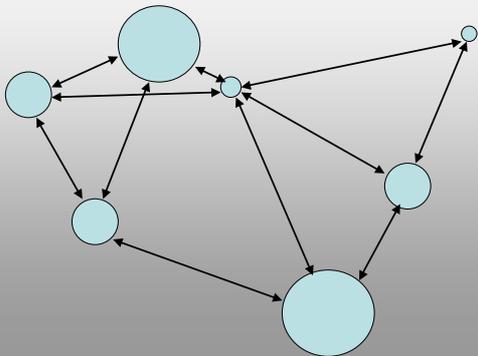
Überlebensfähigkeit der Einzelpopulationen



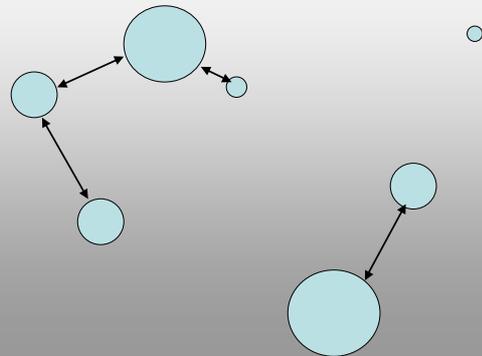
Dispersaldistanzen absolut



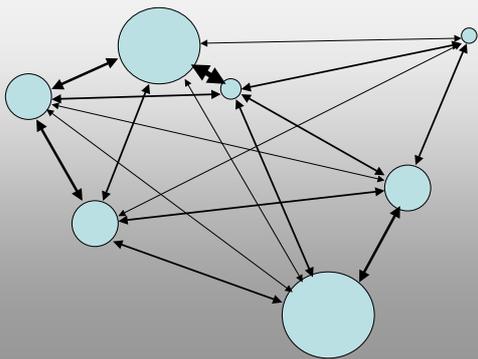
Dispersaldistanzen absolut



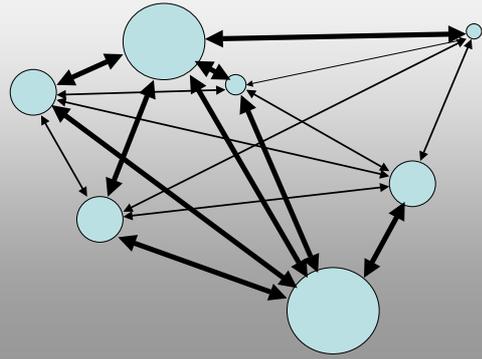
Dispersaldistanzen absolut



Dispersaldistanzen relativ (1)



Dispersaldistanzen relativ (2)

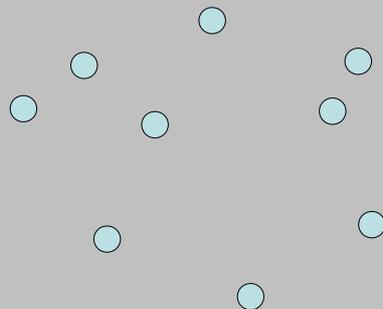


Levins` Metapopulation

- alle Subpopulationen gleich groß
- globales Dispersal
- => Aussterbewahrscheinlichkeit gleich
- aber abhängig vom Status der Metapopulation

Levins.xls

Levins` Metapopulation

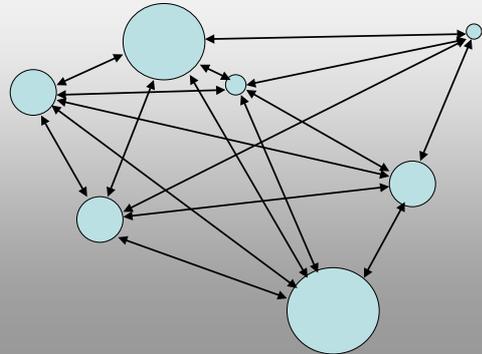


Hanski's Metapopulation -

räumlich „realistische“ Metapopulationstheorie

- diskrete Habitate
- meßbare Aussterbewahrscheinlichkeit für alle Subpopulationen
- Subpopulationen durch Dispersal verbunden
- Dynamik der Subpopulationen weitgehend unabhängig

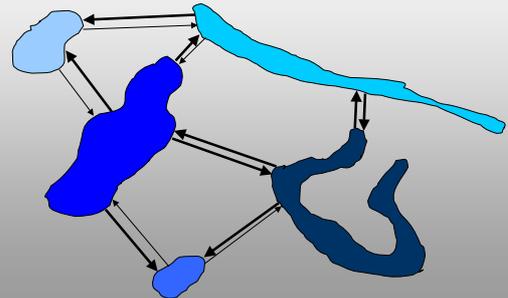
Hanski's Metapopulation



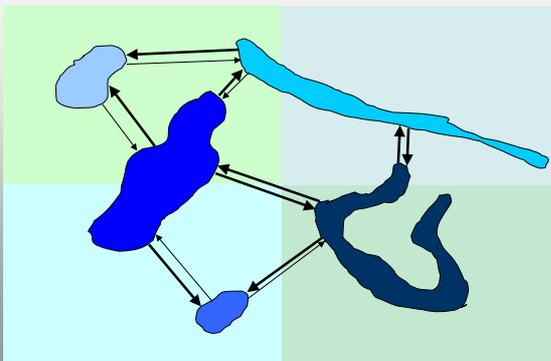
„realistisch“ vs realistisch

- Rescue – Effekt
- Allee – Effekt
- korreliertes Aussterben und Wiederbesiedeln
- überlebensfähige Subpopulationen

räumlich strukturierte Populationen



räumlich strukturierte Populationen



räumlich strukturierte Populationen

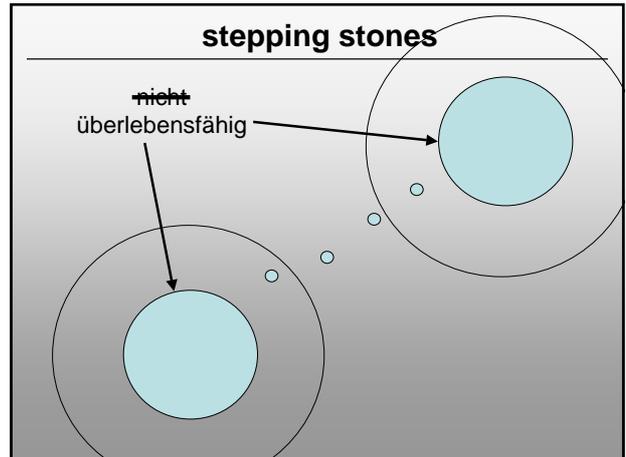
- Realität zu komplex für mathematische Modelle
- einziger Modellansatz derzeit räumlich explizite, individuen-basierte Simulationsmodelle
- aber diese sehr aufwendig
- daher meist Expertenmeinung

Konzepte für die Praxis

- stepping stones
- Korridore
- source-sink
- key patch approach

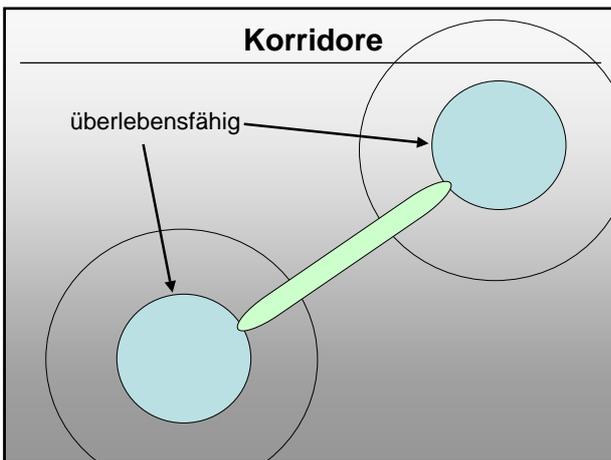
stepping stones

nicht
überlebensfähig



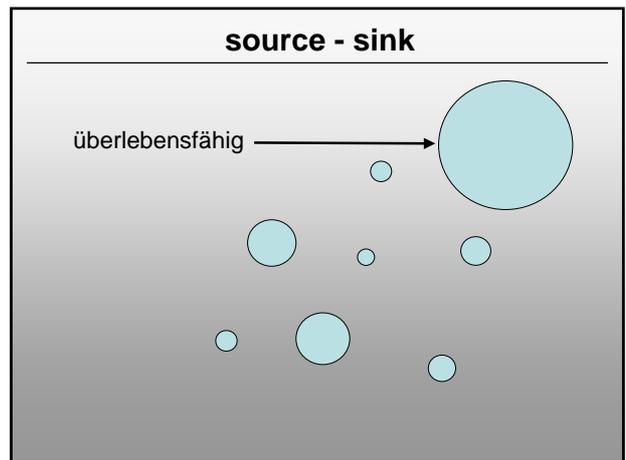
Korridore

überlebensfähig



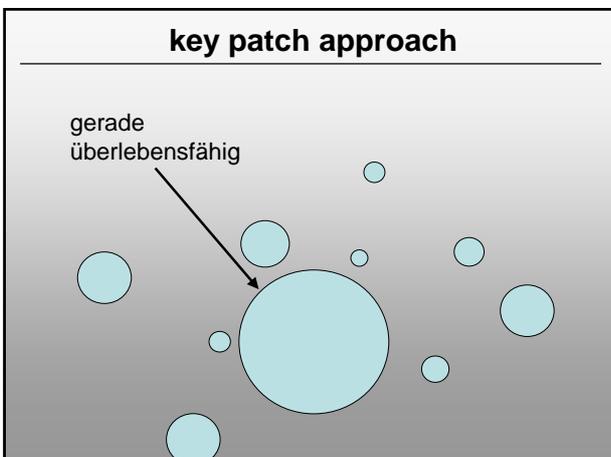
source - sink

überlebensfähig



key patch approach

gerade
überlebensfähig



Kontrolle räumlich strukturierter Populationen

Räumlich strukturierte Eingriffe in räumlich kontinuierliche Populationen:

- Abschußplanung bei Rehen

Kontrolle wandernde Populationen:

- Rotwild im SNP
- Kormorane

Abschußplanung Rehwild

Beispiel:

- 200 ha Revier mitten in
- 5000 ha Hegegemeinschaft

Annahmen:

- Hegegemeinschaft mit konstantem Abschluß
- Revier variiert

Abschußplanung Rehwild

aus theoretischer Sicht:

- Dynamik kann unterschiedlich sein (Abschüsse)
 - Dispersal ist global
 - aber Aussterbewahrscheinlichkeit ist null
- => Fragestellung Dynamik beider Populationen, nicht Überleben

Wanderungen - Dispersal

Wanderungen:

- oft jahreszeitlich (Vogelzug, Karibous)
- in der Regel „Umzug“ ganzer Populationen
- in der Regel Rückkehr in Ursprungsgebiet

Wanderungen - Dispersal

Dispersal:

- meist subadulte Individuen
- keine Rückkehr
- oft über längere Zeiträume als Wanderungen

Der Schweizer Nationalpark



Der Schweizer Nationalpark



Der Schweizer Nationalpark



Der Schweizer Nationalpark



SNP - Übersicht

- Gegründet 1914 als Totalschutzgebiet
- 3 Ziele:
Naturschutz, Forschung, Information
(„Der Nationalpark ist ein Reservat, in dem die Natur vor allen menschlichen Eingriffen geschützt und namentlich die gesamte Tier- und Pflanzenwelt ihrer natürlichen Entwicklung überlassen wird“)
- Größe: 17240 ha
- Besucher: ca. 150 000 pro Jahr

SNP - Schalenwild



Ansprüche an das Rotwildmanagement

- Rotwild muß im Park für die Besucher sichtbar sein
- die Rotwildschäden müssen tolerierbar bleiben
- der Umgang mit dem Rotwild durch die Parkverwaltung soll von der lokalen Bevölkerung mitgetragen werden

SNP – Umgang mit Rotwild

- ausgerottet im 19. Jahrhundert wegen Konkurrenz mit Alpwirtschaft und Attraktivität als Jagdbeute
- ab 1908 Zuwanderung von Vorarlberg und Tirol
- ab 1972 Reduktionsabschüsse im Park => Verhaltensänderung
- Sonderjagd im Nov/Dez außerhalb des Parks

SNP – Vor- und Nachteile

Vorteile:

- gesicherte Reduktion
- Sichtbarkeit des Rotwildes im Park

Nachteile

- geringe Akzeptanz bei den Jägern

Kormoran



Kormoran

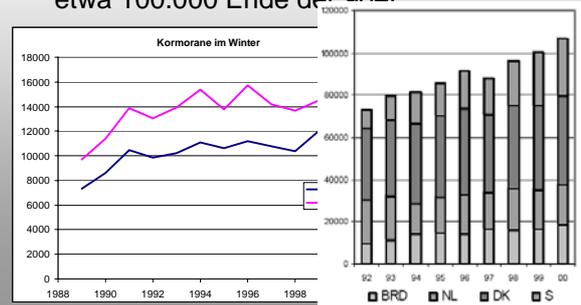
- „arger Fischeschädling“
- rotter bedrohte Fischarten



NABU

Kormoran - Bestand

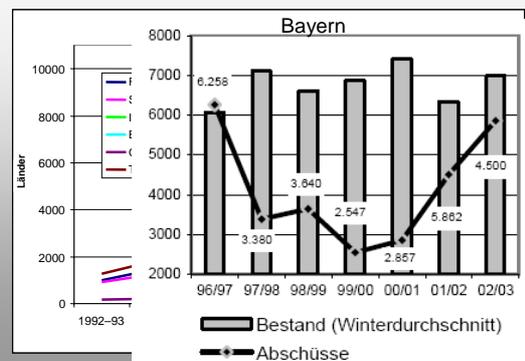
- Anstieg von 5000 Paare um 1970 auf etwa 100.000 Ende der 90er



Kormoran - Schäden

- Schäden oft beträchtlich an kleinen Teichen und strukturalarmen Flußabschnitten
 - Schäden gering und nicht quantifiziert an großen Seen und Flüssen
- => „Kormoranverordnungen“

Kormoran - Abschüsse



Kormoran - Zukunft

