



### Populationsdichte bei Wasserflöhen

- Leben die Arten einzeln, steigen ihre Populationsdichten durch Ausnutzung der Umweltkapazität. Dabei nutzt die kleine Art das geringere Angebot an Nahrung effektiver (Kurven liegen höher); die Anzahl der Tiere bei gutem Nahrungsangebot ist insgesamt bei beiden Arten höher als bei knappem.
- Herrscht Konkurrenz, so kommt es bei wenig Nahrung zu Konkurrenzausschluss (*Daphnia* stirbt aus); Koexistenz (Zusammenleben) ist nur bei viel Nahrung möglich.

**So die Musterlösung. Ich würde zu b) noch einen Kausalkreis sowie einen Vergleich zu anderen biotischen Wechselbeziehungen verlangen. Zu a) würde ich weitere Begriffsdefinitionen abfragen, z.B. was der Begriff Biokapazität bedeutet und welche Faktoren diese bedingen oder weiterführende Überlegungen z.B. zur Veränderung der Wachstumsrate  $r$ .**

### Die Mauereidechse Madeiras

- Die Zecken stellen Ektoparasiten mit einem relativ weiten Wirtsspektrum dar, in diesem Falle sind Mäuse, Eidechsen und Menschen als Wirte beschrieben, die temporär aufgesucht werden und für den Parasiten zur Fortpflanzung notwendig sind. Die Charakterisierung der *Borrellia*-Bakterien ist etwas schwierig, da sie auf Mäuse offenbar keinen schädigenden Einfluss haben. Beim Menschen rufen sie jedoch die Krankheit Borreliose hervor und können daher als Endoparasiten des Menschen bezeichnet werden. Die Beziehung zwischen Mensch und Eidechse kann annähernd als Konkurrenzsituation bzw. als Räuber-Beute-Verhältnis beschrieben werden.
- Nach dem ersten LOTKA-VOLTERRA-Gesetz müssten in einem natürlichem System die Populationsgrößen von Zecke und Maus periodisch schwanken, vorausgesetzt die Populationsgrößen von Zecke und Maus hängen jeweils nur voneinander ab. Die Maxima der Populationsgrößen sind dabei phasenweise verschoben. Nach dem zweiten LOTKA-VOLTERRA-Gesetz wäre zu erwarten, dass die Durchschnittsgrößen beider Populationen langfristig konstant bleiben. Das dritte LOTKA-VOLTERRA-Gesetz besagt, dass eine gleich starke Verminderung von Zecke und Maus dazu führt, dass sich – geht man davon aus, dass die Maus als einziger Wirt der Zecke in Frage kommt – die Population der Mäuse schneller erholt als die der Zecken. Die drei LOTKA-VOLTERRA-Gesetze lassen sich nur bedingt auf das Verhältnis Zecken-Mäuse anwenden, da es sich nicht um eine echte Räuber-Beute-Beziehung handelt, denn die Mäuse überleben das Blutsaugen. Zudem spielen auch die Populationen von Eidechse und Mensch eine Rolle. Vermindert man künstlich die Eidechsenpopulation, z. B. durch Vergiften, so nimmt die Wirtspopulation der Zecken ab und sie müssten auf einen anderen Wirt ausweichen. Dies könnten die Mäuse sein.
- Sind weniger Eidechsen vorhanden, weichen die Zecken auf andere Wirte wie Mäuse und Menschen aus. Eine Folge könnte sein, dass mehr Mäuse als zuvor mit *Borrellia*-Bakterien infiziert wären. Die Gefahr für den Menschen, von Zecken gebissen und außerdem noch mit *Borrellia* infiziert zu werden, stiege. Dies resultiert einerseits aus dem Ausweichen der Zecken, andererseits können sich die *Borrellia*-Bakterien besser ausbreiten, denn weniger Borrellien werden durch Kontakt der Zecken mit Eidechsen abgetötet. Der Mensch hat in diesem Fall durch seinen Eingriff die Bananen- und Weintraubenernte eventuell etwas verbessert, sich aber andererseits selbst in Gefahr gebracht, an der Borreliose zu erkranken.

**Auch hier würde ich zusätzlich Kausalkreise verlangen. In welcher Reihenfolge die Lotka-Volterra-Gesetze genannt werden, ist egal, es sich dies von Literatur zu Literatur unterscheidet. Alle drei Gesetze lassen sich aus den Grafiken ableiten, bzw. beschreiben die Kurvenverläufe.**

**Ferner würde ich den Begriff der Einnischung an dieser Stelle erklärt haben wollen, würde dies aber in der Aufgabenstellung natürlich formulieren.**



- 1 Bedingt durch die relativ kleine Oberfläche haben Lemminge einen hohen Wärmeverlust und damit einen erhöhten Grundumsatz im Vergleich zu größeren Säugern. Ihr Körperbau verkleinert das relative Verhältnis von Oberfläche zu Volumen (BERGMANN-Regel), durch die kurzen Körperanhänge wird der Wärmeverlust weiter minimiert (ALLEN-Regel).
- 2 • **A:** Typische Oszillation, regelmäßige Schwankungen einer Population über einen längeren Zeitraum hinweg.  
 • **B:** Oszillation mit Gradation, da einerseits regelmäßige Schwankungen (4–5 Jahres-Rhythmus) in der Populationsgröße erkennbar sind, andererseits eine, für r-Strategen typische Massenvermehrung stattfindet.  
 • **C:** Fluktuation, da die Populationsgröße über längere Zeiträume hinweg (bedingt durch den dichteunabhängigen Faktor „Temperatur“) dem veränderten Umweltwiderstand folgt.

- 3 Die Zuwachsrates  $r_{\max}$  beträgt  $\ln 3 = 1,098$ . Die Entwicklung der Population lässt sich über die Formel  $N_t = N_0 \cdot e^{r \cdot t}$  berechnen oder durch sukzessive Verdreifachung der jeweiligen Populationsgröße (somit wird eine Kettenfrage vermieden!). Die grafische Auftragung ergibt eine typische exponentielle Kurve (Abb. 4) mit dem Wert  $N_7 = 4\,4374$ .

Die Verhältnisse sind nur modellhaft wiedergegeben. Die Umweltkapazität  $K$  mit allen darin enthaltenen dichteabhängigen Faktoren (z. B. Fressfeinde, intra- und/oder interspezifische Konkurrenz, Krankheiten) sowie die Einwirkung dichteunabhängiger Faktoren wird nicht berücksichtigt (so genannter Umweltwiderstand). Ein logistisches Wachstum ist daher als realistisch zu erwarten.

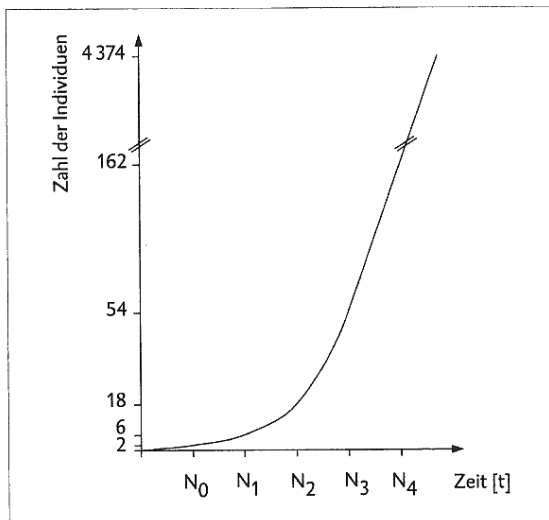


Abb. 4: Die grafische Auftragung der Tabellenwerte ergibt eine typische exponentielle Kurve.

- 4 Nach den Beobachtungen in Point Barrow scheinen vor allem spezialisierte Beutegreifer die Populationsgröße der Lemminge zu limitieren. In diesem Fall ist es das Mauswiesel, dessen Population nach ansteigender Lemmingpopulation eine deutliche Steigerung erfährt. Zugvögel und andere Beutegreifer sind hingegen von untergeordneter Bedeutung.

Bezüglich der Anpassungen an die niedrigen Temperaturen könnte man noch das Leben unter der Erde erwähnen. Ferner könnten hier stoffwechselspezifische Eigenschaften genannt und erläutert werden, z.B. der Verlauf der Stoffwechselrate in Bezug zur Wärmeproduktion oder ähnliches.

Einmal mehr handelt es sich um eine Aufgabe, bei der das Lesen und Interpretieren von Wachstumskurven sowie der Umgang mit den Parametern im Vordergrund steht. In der Klausur müssen Sie aber nicht mit einer komplexen Rechenaufgabe rechnen, da wir das nicht im Unterricht geübt haben. Eine genaue Betrachtung und Interpretation der Parameter der Wachstumsgleichung ( $K$ ,  $r$ ,  $N$ ,  $K-N$ , ...) hingegen haben wir im Unterricht gemacht.

Ferner wäre noch zu diskutieren, ob Lemminge  $K$ - oder  $r$ -Strategen sind, poikilo- oder homoiotherm bzw. eury- oder stenotherm sind, und ob sie Konformer oder Regulierer sind.



### Aufgabe zum Mutualismus

- 1
  - Blattschneiderameisen zerschneiden Blätter und tragen sie in ihren Bau.
  - Auf den eingetragenen Blättern kultivieren die Ameisen Pilze.
  - Die Ameisen düngen die Blätter mit ihrem Kot.
  - Die Pilze nutzen ihnen fehlende Protein spaltenden Enzyme aus dem Kot der Ameisen zur Eiweißverdauung.
  - Die Ameisen ernten die „Pilzkohlrabi“ als Nahrung für ihre Larven und machen sich so über die Cellulose abbauenden Pilze den Blätterbestand des Regenwaldes nutzbar.
  - Die Ameisen sorgen für die Verbreitung der Pilze.
- 2 Der „Mutualismus“ kann als eine obligate Symbiose gedeutet werden, bei dem die Existenz einer Art in absoluter Weise von der Gegenwart eines Partners abhängig ist und umgekehrt. Beide Populationen sind beim Mutualismus begünstigt – aber gänzlich von einander abhängig geworden. Grundlage ist hierbei die Kombination von Kohlenstoff- und Stickstoffwechsel bei Ameise und Pilz.

**Die unterschiedlichen Wechselbeziehungen müssen Sie drauf haben. Bezüglich der anderen intraspezifischen Wechselbeziehungen wie Karpose sollten Sie auch Bescheid wissen. Denken Sie auch nochmal über unsere Diskussionsansätze nach, ob z.B. bei den Mykorrhizapilzen mit den Pflanzen eine (Eu)Symbiose oder ein Mutualismus vorlag.**

### San-Losé-Schildlaus

- 1 Offensichtlich besaß die San-José-Schildlaus zum Zeitpunkt der Einführung keine natürlichen Feinde. Mögliche Ursache hierfür könnte das ausgeprägte Schild sein, unter dem sich auch die Jungtiere vor Fressfeinden geschützt entwickeln können. Im direkten Wettstreit mit Nahrungskonkurrenten (gleiche ökologische Nische) war die San-José-Schildlaus daher deutlich überlegen. Zusätzlich boten die Monokulturen der Obstbäume ideale Nahrungsbedingungen.
- 2 Die Schlupfwespe ist ein Parasitoid, d. h. sie tötet ihren Wirt ab. Die an der Schildlaus abgelegten Eier entwickeln sich zu Larven, die den Wirt als Nahrungsquelle nutzen. Dabei ist die eingeführte Schlupfwespe hoch spezifisch, da sie nur die San-José-Schildlaus parasitiert. Eine Gefahr für andere Insekten des einheimischen Ökosystems besteht somit aller Wahrscheinlichkeit nach nicht. Wie in den Kurven deutlich erkennbar ist, wird durch die Schlupfwespe die San-José-Schildlaus-Population innerhalb von 14 Jahren auf ca. 5 % ihrer Größe des Jahres 1959 vermindert.
- 3 Es liegt eine typische Räuber-Beute-Beziehung vor (VOLTERRA-Gesetze). Wie in Abb. 4 im Ansatz ersichtlich, machen die Populationen der beiden Insekten Phasen verschobene Dichtemaxima und -minima durch. Eine dauerhafte Reduktion der Populationsdichte der San-José-Schildlaus ist nur bei konsequenter Nachzucht und permanenter Freisetzung der Schlupfwespe zu erwarten. Anderenfalls werden die Populationsdichten regelmäßig und Phasen verschoben um einen Mittelwert schwanken. Eine völlige Ausrottung des Schädlings wird auf diese Weise nicht erreicht. Bei entsprechenden Monitoring-Verfahren können möglicherweise die Maxima der Schädlingspopulation bei rechtzeitigem Aussetzen der Schlupfwespe vermindert werden.

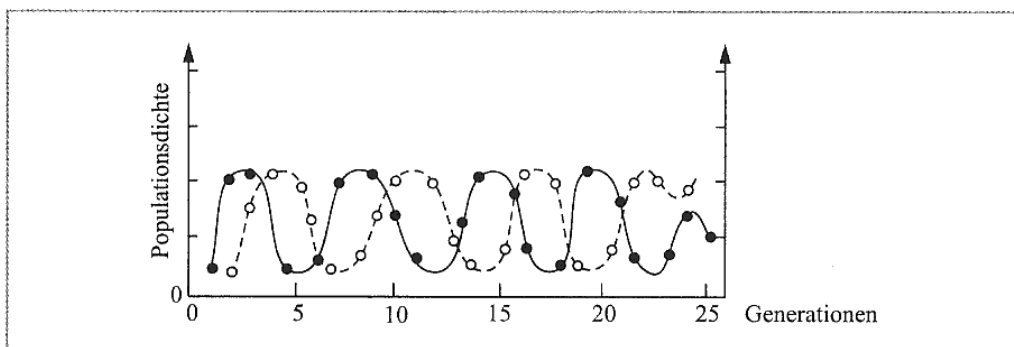


Abb. 4: ● = San-José-Schildlaus  
○ = Schlupfwespe *P. periciosi*

**Auch hier würde ich Kausalkreise/ oder auch Regelkreise abverlangen und den Regelkreis zum Parasitismus mit anderen Regelkreisen anderer intraspezifischer Wechselbeziehungen vergleichen wollen. Ein anderes Beispiel wird sich sicher finden lassen, z.B. Beziehung zum Obstbaum.**

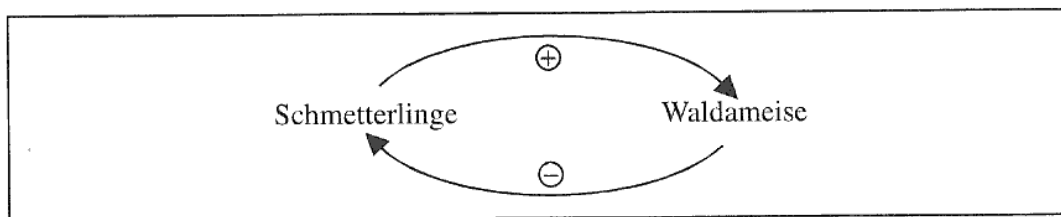
**Des Weiteren könnte man hier auch zur Einnischung Fragen stellen. Auch der Begriff der Konvergenz kann hier mit einbezogen werden, wenn man hinterfragt, weshalb die eingeführte Schlupfwespe denn so gut an das hiesige Ökosystem angepasst ist.**



## Laubfressende Schmetterlinge

- 1 Vor 1959 traten geringfügige Populationsschwankungen auf. Seit dem Pesticideinsatz ab 1960 nimmt die Fläche des geschädigten Eichenwaldes immer weiter zu. Es kommt zwar immer wieder zu Populationseinbrüchen – in den Jahren 1966, 1976, 1984 –, auf die jedoch ein immer stärkerer Anstieg der Populationsgröße folgt. Während Mitte der sechziger Jahre etwa 200 000 ha Wald geschädigt wurden, waren es Ende der achtziger Jahre ca. 600 000 ha, dies entspricht einer Verdreifachung der Fläche.
- 2 Durch den Einsatz von Insektenvernichtungsmitteln (Pestiziden) werden die Schmetterlinge getötet und deren Population geschädigt. Die Population der natürlichen Feinde wie der hier genannten Waldameise wird ebenfalls geschädigt. Diese Schädigung wirkt sich jedoch stärker aus, da die Waldameise zum einen direkt durch das Insektenvernichtungsmittel, zum anderen indirekt geschädigt wird, indem sie ihrer Nahrungsgrundlage beraubt wird. Die Waldameisenpopulation wird also länger brauchen, um sich von der Schädigung durch Insektenvernichtungsmittel zu erholen, als die Schmetterlingspopulation. Dies ist ein Beispiel für die III. volterrasche Regel.

3



- 4 Der integrierte Pflanzenschutz versucht den Verbrauch von Insektenvernichtungsmitteln und anderen Pflanzenschutzmitteln zu begrenzen, indem erst bei aktueller Gefahr des Kahlfraßes solche Mittel ausgebracht werden. Durch die gezielte Förderung der natürlichen Feinde eines Schadinsektes versucht man dessen Population auf ein für das gesamte Ökosystem erträgliches Maß zu begrenzen. In diesem Beispiel wird die Waldameise durch waldbauliche Maßnahmen wie dem Schutz alter Baumstrünke als Platz zur Anlage von Ameisenbauten gefördert.
- 5 Der Verzicht auf chemische Schädlingsbekämpfung und die Förderung der Feinde der Schmetterlingsarten wird eine funktionsfähige Rauber-Beute-Beziehung wiederherstellen. Es wird zu periodischen Schwankungen sowohl der Räuber als auch der Beutepopulation kommen, wobei die Größe der Räuberpopulation nach der Größe der Beutepopulation ihr Maximum erreichen wird. Die Größe beider Populationen wird um einen Mittelwert schwanken, der der Kapazität (Tragfähigkeit) des Ökosystems für die beiden Tierarten entspricht. In diesen Zusammenhängen kommen die I. und II. volterrasche Regel zum Ausdruck.

**Auch diese Aufgabe soll Sie nochmals an die Lotka-Volterra-Gesetze erinnern und Ihre Lese- und Verständnisfähigkeit von Graphen schulen.**