

Kapitel 04.07 Biotische Umweltfaktoren



Freies Lehrbuch der Biologie von H. Hoffmeister und C. Ziegler
(unter GNU Free Documentation License, Version 1.2 (GPL)).

Die jeweils aktuellste Fassung finden Sie unter: <https://hoffmeister.it/index.php/biologiebuch>

Inhalt

Kapitel 04.07 Biotische Umweltfaktoren.....	1
Inhalt.....	2
Einfluss biotischer Faktoren auf Organismen.....	4
Wachstum einer Population.....	4
Die exponentielle Wachstumsformel.....	5
Kenndaten einer Population.....	5
Logistisches Wachstum von Populationen.....	6
Die logistische Wachstumsformel:.....	7
Modell: Populationswachstum von Kaninchen in Australien (Neubesiedlung).....	7
Regulation der Population durch biotische Faktoren.....	8
Übungsaufgabe: Spitzhörnchen und ihr Leben im Käfig.....	9
Wie wird das Populationswachstum reguliert?.....	10
Mechanismen zur Regulation der Populationsgröße.....	11
Tiere im Wald und ihre ökologischen Nischen.....	12
Tiere im Wald und ihre ökologischen Nischen.....	13
Der Sperber, ein Jäger im Wald.....	13
Die ökologische Nische.....	14
a) Einnischung heimischer Meisenarten.....	14
Was sind ökologische Nischen genau?.....	15
Übungsaufgabe: Das Leben der Kormorane.....	16
Nahrungsbeziehungen im Wald: Produzenten, Konsumenten, Räuber-Beute Beziehungen.....	18
a) Die Nahrungskette.....	18
b) Die Primärproduktion.....	18
c) Die Nahrungspyramide.....	20
d) Trophieebenen.....	20
Zusatzinformationen.....	20
Das Nahrungsnetz.....	21
Nahrungsketten & Nahrungsnetz.....	22
Die Nahrungspyramide.....	22
Welche Aussagen trifft also die Nahrungspyramide zu?.....	22
Interspezifische Konkurrenz (Konkurrenz verschiedenen Arten).....	24
Konkurrenzvermeidung durch Einnischung bei Entenvögeln.....	26
Einnischung und Konkurrenzvermeidung kann stattfinden aufgrund von:.....	26
Räuber-Beute-Beziehungen und biologisches Gleichgewicht.....	27
Beispielrechnung zum Massenaufreten:.....	27
Weitere Beispiele für Räuber-Beute Beziehungen.....	28
1) Blattlaus - Marienkäfer.....	28
2) Vögel - Insekten.....	28
3) Weitere Beispiele für Räuber-Beute-Beziehungen:.....	28
Fortpflanzungsstrategien.....	29
Bsp: Fortpflanzungsstrategien innerhalb der Gruppe der Kröten.....	30
Fast/ slow-Konzept.....	30
Populationsdynamik einer Räuber-Beute-Beziehung.....	31
a) Feldmäuse und Mäusebussard.....	31
b) Schneehase und kanadischer Luchs.....	31
Lotkas und Volterras Gesetze zur Räuber-Beute Beziehung.....	32
1. Regel (Schwankungsregel der Populationen):.....	32
2. Regel (Konstanzregel der Mittelwerte):.....	32
3. Regel (schnelleres Wachstum der Beutepopulation):.....	32
Volterras mathematische Aussage zur Dynamik von Räuber-Beute Beziehungen.....	33
Schneehase und kanadischer Luchs.....	34
Heuschreckenplagen durch die Wanderheuschrecke.....	35
Energie- und Stoffkreisläufe.....	36
Wiederholung: Die Destruenten schließen erst den Stoffkreislauf!.....	37
Wiederholungsaufgaben.....	38

Aufgabensammlung: Auswirkungen eines abiotischen Faktors.....	40
Aufgabensammlung: Gifteintrag ins Ökosystem.....	40

Einfluss biotischer Faktoren auf Organismen

Population = die Gesamtheit aller Individuen einer Art, die zur gleichen Zeit im selben Verbreitungsgebiet lebt (= Fortpflanzungsgemeinschaft).

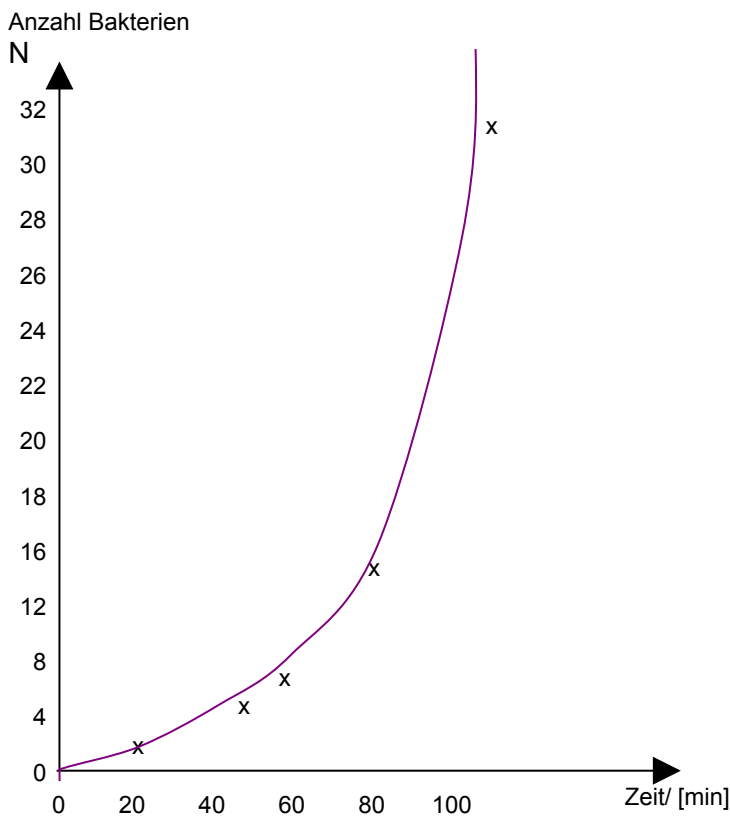
Wachstum einer Population

Natürlich haben nicht nur abiotische Faktoren Einfluss auf Lebewesen. Auch Lebewesen der eigenen Art oder Lebewesen anderer Arten haben Einfluss.

Zum besseren Verständnis dieser biotischen Faktoren (also von Lebewesen!) und ihrem Einfluss auf andere Lebewesen, schauen wir uns mal ein besonders einfaches Beispiel an, die ungeschlechtliche Teilung von Bakterien. Sie teilen sich durch eine Mitose. Auch Körperzellen höher entwickelter Lebewesen vermehren sich auf diese Weise, z.B. beim Wachstum, bei der Knochenheilung oder beim Heilen von Wunden.

Wachstumskurve einer Bakterienkultur

Bakterien teilen sich unter optimalen Bedingungen, wie genug Feuchtigkeit und genug Nahrung in ca. 20min. Geht man von einer einzelnen Zelle aus ($N_0=1$) und nimmt man als Generationszeit z.B. 20 Minuten, so würde man folgende Beobachtung machen:



Zeit	Generationen	Zellzahl	Exp.
0	0	1	2^0
20	1	2	2^1
40	2	4	2^2
60	3	8	2^3
80	4	16	2^4
$n \cdot 20$	n	2^n	2^n

Das Wachstum ist exponentiell.

**Mathematisch kann man also ganz einfach sagen: Nach n Generationen hat man 2^n Zellen.
($N_t = N_0 \cdot 2^n$)**

(N_t = Anzahl der Individuen zum Zeitpunkt t ; N_0 = Anzahl der Individuen zum Startpunkt)

Natürlich ist dies der optimale Fall. Er gilt z.B. für eine Bakterienkultur, die einen Lebensraum neu besiedelt.

Die exponentielle Wachstumsformel

$$\frac{dN}{dt} = r \cdot N$$

In Worten: Die Veränderung der Anzahl an Lebewesen (N) im Zeitabschnitt dt wird beschrieben durch das Produkt aus Wachstumsrate (r) und Individuenzahl

Kenndaten einer Population

$N_0 = 2$ (2 Gründerindividuen!)

Geburtenrate (b)

Sterberate (d)

Zuwachsrate = Vermehrungsrate (r)

=> $r = b - d$ => bei max. Popdichte: $b = d$

Beispiel: 2 Mäuse haben Nachwuchs. Es werden 10 Mäuse geboren, 4 davon sterben.

=> $r = 10 - 4 = 6$

=> = Vermehrungsrate, Anzahl der Individuen zu einem (späteren) Zeitpunkt t:

Unter Einbeziehung der Eltern:

$$N_t = N_0 + r \cdot N_0$$

$$N_t = 2 + 6 \cdot 2 = 14 \text{ Individuen}$$

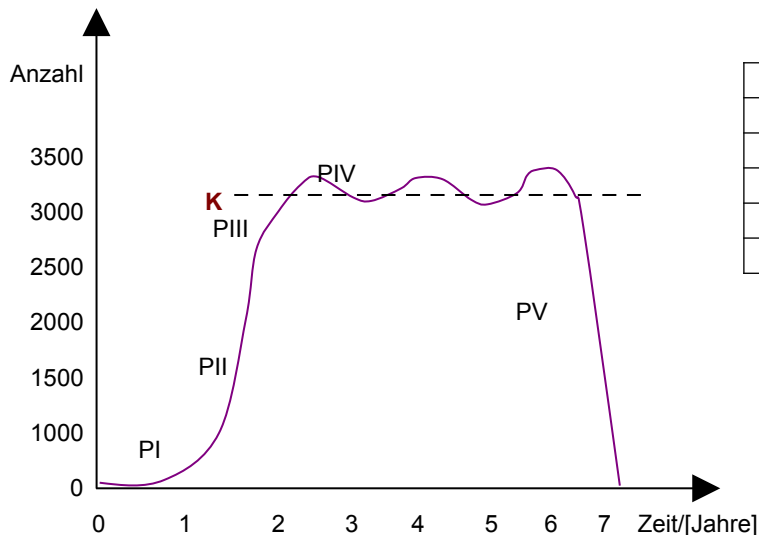
Logistisches Wachstum von Populationen

Exponentielles Wachstum gibt es in der freien Natur so gut wie nie!

Es findet immer eine Wachstumsbegrenzung durch Nahrungsmangel, Nahrungskonkurrenz, Lebensraumenge (und somit Dichtestress), Fressfeinden, usw. statt.

Betrachten wir einmal die Anzahl an Bakterien, die einen neuen Sandkasten auf einem Spielplatz besiedeln über die Jahre hinweg. Am Anfang liegt ein exponentielles Wachstum vor, aber was kommt dann?

Exponentielles Wachstum ist auf Dauer unmöglich. Durch abiotische und biotische Faktoren nimmt die Wachstumsrate der Population immer weiter ab, bis sich ein konstanter Wert einstellt.



Phase	Kennzeichen
I	Anlaufphase
II	Exponentielles Wachstum
III	Übergang in die stationäre Phase
IV	Stationäre Phase
V	Absterben

- **Phase I:** Am Anfang, also der Anlaufphase. Nimmt die Anzahl an Individuen nur sehr langsam zu. So kann es bei Neubesiedelungen eines Ökosystems z.B. besonders lange dauern, bis sich passende Partner zur Fortpflanzung finden. Generell gilt, dass sich Lebewesen in Ökosysteme erst mal „einspielen“ müssen.

Bei Bakterien und Pilzen gibt es noch eine weitere Besonderheit. Sie müssen sich unter Umständen auf neue Nahrungsquellen umstellen. Dies kann Stunden dauern! Während der Umstellung ist kein Wachstum zu beobachten.

- **Phase II:** Wenn die Anlaufphase überwunden ist und genügend Nahrung vorhanden ist und sonstige abiotische Faktoren stimmen kommt es in der Regel zum exponentiellen Wachstum.
- **Phase III:** In dieser Phase wird das Wachstum durch neue Faktoren gehemmt. Der üblichste Faktor ist neu entstandener Dichtestress. Weiteres Wachstum wird zusehends gebremst.
- **Phase IV:** Nun wird ein Zustand des **ökologischen Gleichgewichts** erreicht (K). Man bezeichnet diesen Zustand als die sogenannte **Umweltkapazität** bzw. **Kapazitätsgrenze**. Schwankungen ergeben sich aus dem Zusammenspiel abiotischer und biotischer Faktoren (z.B. dem erwähnten Dichtestress).
- **Phase V:** Sind die Schwankungen extrem oder kommt es zu Änderungen der Umwelt, kann dies zum Ende der Population führen. Oft wird ein solches Absterben auch durch weitere, neue Faktoren (z.B. Waldbrände, Umweltkatastrophen, menschliche Einflüsse, Gift usw.) ausgelöst.

In Ökosystemen stellt sich nach einer gewissen Startzeit immer eine ganz bestimmte Populationsdichte ein. Man spricht von einem logistischen Wachstum.

Man bezeichnet die sich einem Grenzwert (max. Population) annähernde Zunahme der Population als logistisches Wachstum.

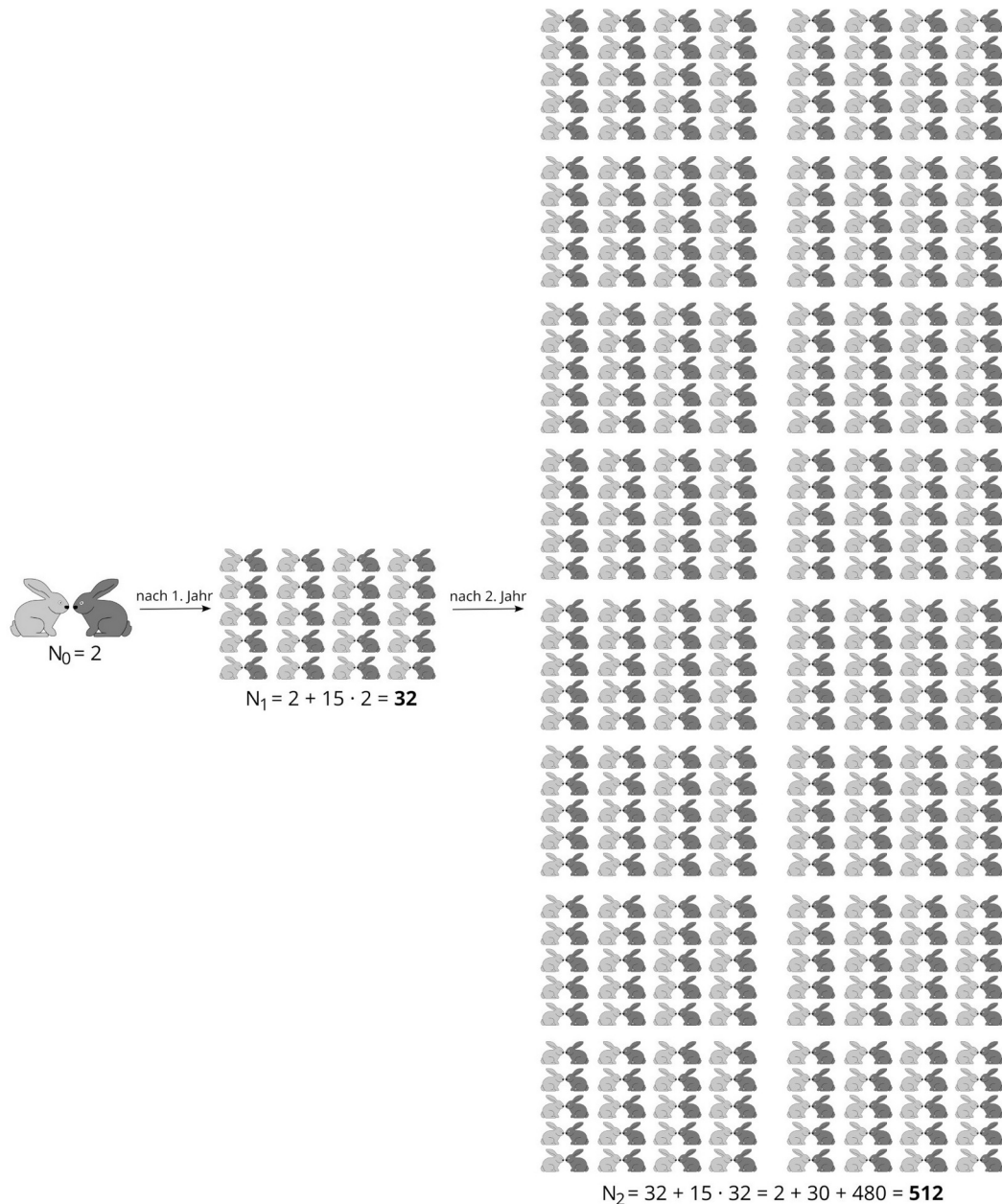
Die logistische Wachstumsformel:

$$\frac{dN}{dt} = r \cdot \left(\frac{K - N}{K} \right) \cdot N$$

K = Kapazität

Modell: Populationswachstum von Kaninchen in Australien (Neubesiedlung)**Basisdaten:**

- $N_0 = 2$ Lebewesen
- Geburtenrate $b = 15$
- Sterberate $d = 0$
- Zuwachsrate $r = b - d = 15$



Daraus folgt:

Gesamtanzahl nach 1. Jahr:

$$N_1 = 2 + 15 \cdot 2 = 32 \text{ Kaninchen}$$

$$N_1 = N_0 + r \cdot N_0 = (1 + r) \cdot N_0$$

Gesamtanzahl nach 2 Jahren:

$$N_2 = 32 + 15 \cdot 32 = 2 + 30 + 480 = 512 \text{ Kaninchen}$$

$$N_2 = N_1 + r \cdot N_1 = (1 + r) \cdot N_1$$

$$= (1+r)^2 \cdot N_0$$

Gesamtanzahl nach t Jahren:

$$N_t = (1 + r)^t \cdot N_0$$

Regulation der Population durch biotische Faktoren

Intakte Ökosysteme sind durch die Fähigkeit der Selbstregulation gekennzeichnet. Diese Regulation der Populationsdichte erfolgt durch **dichteunabhängige** und **dichteabhängige Faktoren**.

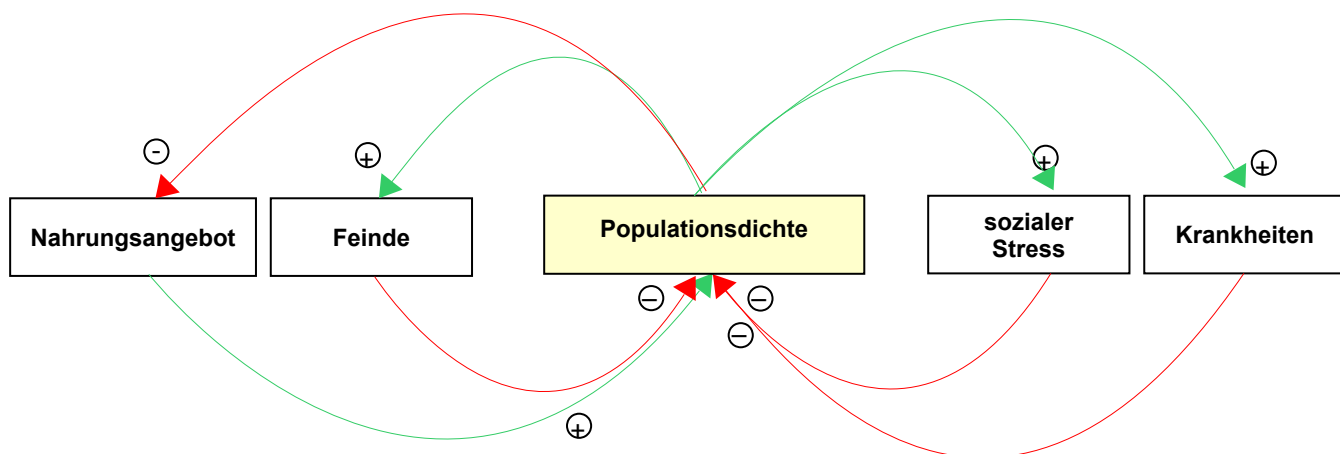
Dichteunabhängige Faktoren (abiotische Faktoren):

Bodenart, Lichtmenge, Nahrungsqualität, Niederschlagsmenge, sonstige Wasserversorgung, Temperatur, Wind

Dichteabhängige Faktoren (biotische Faktoren):

Artgenossenanzahl, ansteckende Krankheiten, Kannibalismus, Nahrungsmenge, Parasiten, Krankheitserreger Platzangebot zum Leben, Fortpflanzung, Revierbildung usw., Feinde & Räuber, Tierwanderungen, Anzahl an Nahrungspflanzen

Der Wettbewerb der eigenen Artgenossen um Nahrung, Raum und Geschlechtspartner usw. wird als **Intraspezifische Konkurrenz** bezeichnet.



Pfeil mit + : Je mehr, desto mehr; je weniger, desto weniger

Pfeil mit – : Je mehr, desto weniger; je weniger, desto mehr

Übungsaufgabe: Spitzhörnchen und ihr Leben im Käfig

Spitzhörnchen (*Tupaia glis*) sind den Primaten ähnliche Säugetiere, welche in Südostasien leben. Sie haben ein auffälliges Aussehen, mit einer spitzen Schnauze, welche an den Verzehr von Insekten angepasst ist. Sie sind also nicht mit den echten Hörnchen verwandt, welche Nagetiere sind.

Brutpflege in der freien Natur:

Ein Pärchen bekommt bei erfolgreicher Fortpflanzung in regelmäßigen Abständen Nachwuchs, welcher in einer Art Nest, welches das Weibchen gebaut hat, in Baumhöhlen abgelegt wird. Im Vergleich zu anderen Säugetieren wird dieser Nachwuchs nur selten gesäugt.

Das Weibchen säugt zum ersten Mal nach der Geburt und dann nur noch im Abstand von ca. 48-56 Stunden. Bemerkenswert ist, dass das Weibchen nach dem Säugen den Nachwuchs verlässt und erst nach Ablauf der Zeit wiederkommt. Nach dem ca. 15-minütigen Säugen werden die Jungtiere mit einem stark riechenden Sekret aus der weiblichen Sternaldrüse markiert.

Dieser Geruch ist bei jedem Weibchen einzigartig und macht den Nachwuchs so als familienzugehörig erkennbar. Nach ca. vier bis fünf Wochen sind die Jungtiere ausgewachsen und das Weibchen kehrt nicht mehr zu ihnen zurück. Nach insgesamt vier Monaten sind die Nachkommen selbst geschlechtsreif.

In Käfighaltung:

In Zoos wird der Nachwuchs von den Eltern in der Regel nach 2 Monaten getrennt. Geschieht dies nicht, so kommt es ab dem vierten Monat zu einer starken Stressreaktion der Eltern (erkennbar an den aufgestellten Schwanzhaaren).

Typischerweise löst ein männliches Jungtier immer die Stressreaktion beim Vater aus, ein weibliches entsprechend bei der Mutter. Gleichzeitig beobachtet man schnell eine eingeschränkte Nierenfunktion, welche durch Geruchs-Hormone (=Pheromone) der Jungtiere ausgelöst wird.



„Schwanzstreubewert“ in Käfighaltung (bezogen auf 12h):

Bei 20% => Kannibalismus

Bei 50-60% => Sterilität

Bei 90% => Elterntod durch Nierenversagen, trotz normaler Nahrungsaufnahme

In Käfighaltung kann man zwei Dinge beobachten:

Beobachtung 1: Trotz ausreichender Nahrung wird der Nachwuchs oft von den Eltern gefressen.

Beobachtung 2: In Gefangenschaft sterben die Eltern an einer inneren (scheinbar selbst ausgelöst) Vergiftung durch Nierenversagen (durch zu hohen Harnstoffgehalt im Körper). Dies geschieht immer dann, wenn viele Nachkommen aus einem Wurf gleichzeitig geschlechtsreif werden.

Aufgaben:

- Erkläre an diesem Beispiel kurz die Begriffe Ökosystem und Population.
- Erkläre und deute die beiden Beobachtungen unter Verwendung biologischer Fachbegriffe.
- Erstelle ein (gezeichnetes) Schema, welches die Regulation der Population der Spitzhörnchen zeigt.
- Nenne weitere allgemeine Faktoren, welche Einfluss auf Populationen haben. Unterscheide zwischen dichteabhängigen und dichteunabhängigen Faktoren.
- Spitzhörnchen werden in Freiheit oft nur 2-3 Jahre alt. In Gefangenschaft (z.B. in Zoos) hingegen bis zu 12 Jahre alt. Welche Gründe sind vermutlich dafür verantwortlich?

Wie wird das Populationswachstum reguliert?

**Ein intaktes Ökosystem ist durch die Fähigkeit der Selbstregulation gekennzeichnet!
Die Regulation der Populationsdichte im Ökosystem erfolgt durch dichteunabhängige
und dichteabhängige Faktoren.**

Dichteabhängige Faktoren sind die Mehrzahl der biotischen Faktoren. Sie sind die eigentlichen Regulatoren der Populationsdichte. Während die dichteunabhängigen Faktoren proportional zum Populationsbestand wirken, ist der Einfluss der dichteabhängigen auf Einhaltung der maximalen Populationsdichte ausgerichtet.

Dichteabhängige Faktoren	Dichteunabhängige Faktoren
Intraspezifische Konkurrenz: Nahrungsmenge Gedrängefaktor Revierbildung Tierwanderungen Kannibalismus	Klima: Licht Temperatur Feuchte Wind Boden Nahrungsqualität
Artspezifische Feinde: Räuber Parasiten	Nichtspezifische Feinde: Räuber, die in der Regel andere Beute bevorzugen.
Ansteckende Krankheiten	Nichtansteckende Krankheiten

Intraspezifische Konkurrenz:

Die Dichte einer Population wird wesentlich durch den Wettbewerb der Artgenossen um Nahrung, Raum und Geschlechtspartner bestimmt. Steigt in einem Lebensraum die Zahl der artgleichen Individuen, so nimmt der Wettbewerb zu.

Mechanismen zur Regulation der Populationsgröße

1. Territorialität

Viele Tierarten besetzen bestimmte Reviere. Sie verteidigen in diesem ihre Lebensansprüche gegenüber ihren Artgenossen. An den Grenzen des Reviers kommt es zu Territorialkämpfen. Die Konsequenz ist eine optimale Ausnutzung des vorhandenen Lebensraums sowie eine Konstanz der Populationsdichte.

2. Nahrungsverknappung

Nahrungsmangel in einem bestimmten Gebiet ist sehr oft ein limitierender Faktor:

=> Unterernährung => höhere Sterberate sowie verminderte Fruchtbarkeit => Rückgang der Populationsgröße

3. Gedrängefaktor

Dichtestress kommt vor, wenn zu viele Lebewesen in einem bestimmten Gebiet leben (Auslöser ist oft eine vorherige Massenvermehrung).

Mögliche Folgen sind hormonelle Umstellungen => Lethargie (Gleichgültigkeit), erhöhte Sterberate

4. Kannibalismus

Ebenfalls durch Dichtestress, in Kombination mit Nahrungsmangel, kann bei Überschreiten einer gewissen Populationsdichte Kannibalismus vorkommen. Ursache ist oft eine erhöhte Aggressivität sowie ein Versagen von Schutzmechanismen wie Demutsgebärden.

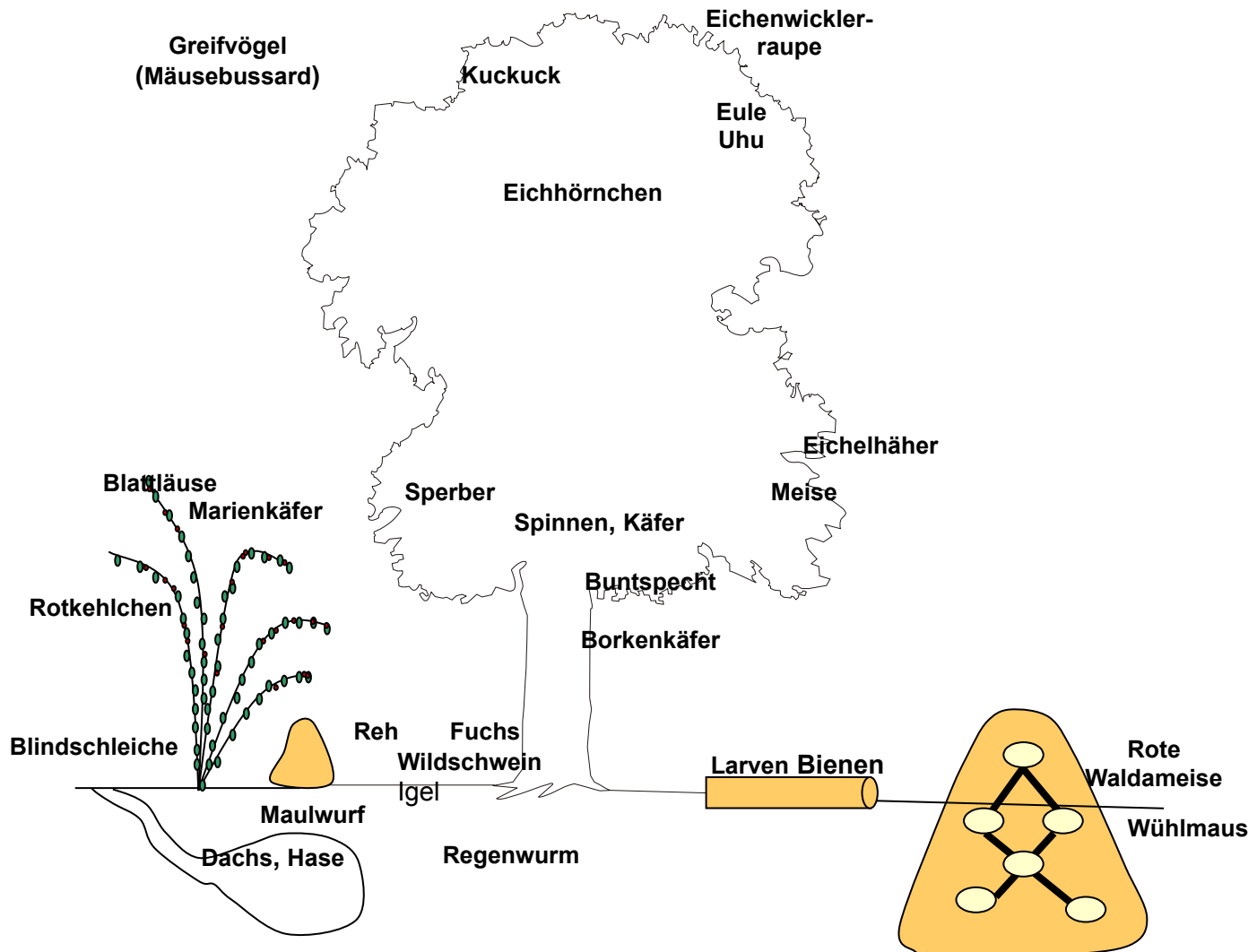
5. Emigration

Bei großen Populationen, die sich oberhalb der Kapazitätsgrenze befinden, kann es zum Wegzug von Teilen der Population kommen (z.B. bei Bienenvölkern, Lemmingsen, Ratten usw.)

Intraspezifische Konkurrenz: Wettbewerb der Artgenossen untereinander um Nahrung, Lebensraum und Geschlechtspartner.

Tiere im Wald und ihre ökologischen Nischen

Der Wald ist ein prima Lebensraum (Biotop) für viele Tierarten. 20% aller in Deutschland vorkommender Tiere benötigen den Wald. Er bietet ihnen Nahrung, Schutz, Wohnraum uvm.



Durch den Stockwerksaufbau bietet der Wald Lebensraum für viele verschiedene Tiere. Dabei hat jede Tierart bevorzugte Aufenthaltsbereiche.

Diese werden durch Umweltbedingungen, durch die Nahrung und durch Fressfeinde vorgegeben!

Dabei sind für die Tiere vor allem folgende Umweltbedingungen wichtig:

- Temperatur/ Licht
- Feuchtigkeit
- Angebot an Nahrung (Konkurrenz mit anderen Tieren)
- Schutz vor Feinden

Die Gesamtheit aller Umweltbedingungen, die für das Überleben einer Art notwendig sind, nennt man „Ökologische Nische“.

Warum können Meise und Sperber im gleichen Stockwerk wohnen?

Beide haben verschiedene Nahrung

=> sie besetzen folglich unterschiedliche ökologische Nischen

=> Tiere belegen verschiedene ökologische Nischen, auch um Konkurrenz zu vermeiden.

(=> Konkurrenzvermeidungsprinzip)

Tiere im Wald und ihre ökologischen Nischen

Kennst Du noch die Stockwerke des Waldes? Kennzeichne sie und zeichne dann die Tiere und Pflanzen in ihrem passenden Stockwerk ein.



Der Sperber, ein Jäger im Wald



Die ökologische Nische

a) Einnischung heimischer Meisenarten

Die Meisen sind eine Familie mit 51 Arten. Sie gehören zur Ordnung der Sperlingsvögel. Die meisten Arten leben in baumreichen Gebieten. Sie finden ihre Nahrung (zum Teil Insekten und Samen) in den Ästen der Bäume. Im Winter bleiben die Meisen hier (Standvögel) und dabei tun sie sich zu größeren Verbänden zusammen.



a) Die Blaumeise

Mit ungefähr 10-12 cm und einem Gewicht zwischen 9-12g gehört sie zu den größeren Meisenarten. Auffällig ist ihre besondere Blaufärbung im Gefieder. Männchen und Weibchen sind optisch nicht zu unterscheiden. Sie ernähren sich ausschließlich in den Zweigen von Bäumen von Insekten, Spinnen und im Winter auch von Beeren und ölhaltigen Samen.

b) Die Kohlmeise

Die Kohlmeise ist mit 14cm Körperlänge die größte und mit durchschnittlich 20g auch die schwerste und am häufigsten zu findende Meise in Deutschlands Laub- und Mischwäldern. An Kehle und Kragen ist sie schwarz (mit weißen Wangenflecken) und an der Unterseite ist sie gelb gefärbt. Bei Männchen erkennt man ein dunkles und breites „Brustband“.

Die Kohlmeise ist ein Nahrungsopportunist und ihre Nahrung besteht vor allem im Sommer aus Insekten und im Winter auch aus Früchten, Samen, Knospen und Nüssen. Sie ist dabei eher in den unteren Regionen der Bäume, nahe dem Baumstamm zu finden (häufig auch auf dem Boden).



Kohlmeisen sind in den Morgenstunden und noch mal in der Dämmerung besonders aktiv. Sie verteidigen ihr Territorium und sind in einer Saison monogam. Sie können bis zu 10-15 Jahre alt werden.



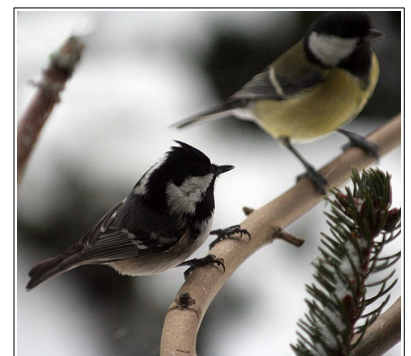
c) Die Haubenmeise

Die Haubenmeise kommt vor allem in Nadel- und manchmal auch in Mischwäldern vor. Sie ist ca. 12 cm lang und typisch schwarz-weiß gemustert. An den Seiten geht die Farbe ins leicht orange-cremefarbene über.

Ihre Nahrung besteht im Sommer vor allem aus Insekten und im Winter auch von Samen und wenigen Früchten. Sie findet diese Nahrung in mittleren Abständen vom Baumstamm.

Aufgaben:

1. Auf dem rechten Foto siehst Du, dass beide Meisenarten in einem Ökosystem vorkommen. Wie ist das zu erklären?
2. Die Weidenmeise kommt fast nur in Stammnähe vor, die Haubenmeise im mittleren Astbereich. Die Tannenmeise ist am äußeren Ast zu finden.
Erstelle eine Skizze über das Vorkommen der 5 Dir nun bekannten Meisenarten.
3. Vervollständige: Die unterschiedlichen ökologischen Nischen...
4. Definiere den Begriff „Einnischung“.



Was sind ökologische Nischen genau?

Lebewesen versuchen in Ökosystemen Konkurrenz vermeiden. Deshalb suchen sie sich also Lebensräume, in denen sie sozusagen einzigartig angepasst sind.

Man nennt die Gesamtheit aller für eine Art überlebenswichtigen Umweltfaktoren (also alle abiotischen und biotischen) zusammen die ökologische Nische einer Art.

Man kann eine ökologische Nische auch als die minimalen Anforderungen einer Art definieren, aus denen sich ein passender Lebensraum ergibt.

Dieser Begriff ist allerdings weniger als Raumangabe oder als Ort zu verstehen, sondern als spezifische Beziehungen einer Art mit der Umwelt (=„Beruf“ der Art) zu verstehen (aus dieser sich aber unter Umständen der Ort ergibt!).

Die Ausbildung unterschiedlicher ökologischer Nischen stellt im Ökosystem das wirkungsvollste Prinzip zur Vermeidung von Konkurrenz dar.

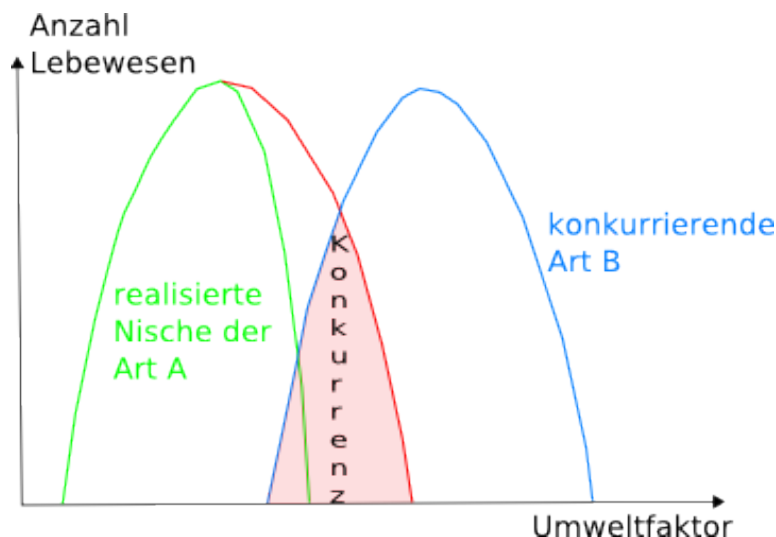
Ökologische Nischen entstehen z.B. durch:

Unterschiedliche Nahrungsquellen, unterschiedliche Jagdmethoden und Jagdreviere, verschiedenen Bedürfnisse an abiotischen Faktoren, verschiedene Organe für Nahrungssuche und Beutefang, unterschiedliche Aktivitätszeiten (Tag- und Nachtjäger), verschieden effizienten Stoffwechsel und somit unterschiedliches Ausnutzen der zur Verfügung stehenden Nahrung, unterschiedlichen Wärmebedarf usw.

=> Es können nie zwei Arten mit gleichen Ansprüchen eine gemeinsame ökologische Nische besetzen. Eine von beiden wird aussterben oder abwandern.

Aufgaben:

1. Erkläre die folgende Grafik der zwei Arten
2. Erkläre an diesem Beispiel den Unterschied zwischen physiologischer und ökologischer Potenz.



Zusatzinformationen:

- https://de.wikipedia.org/wiki/ökologische_Nische
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Meisen>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Blaumeise>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlmeise>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Schwarzkopfmeise>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Haubenmeise>

Übungsaufgabe: Das Leben der Kormorane

Der Kormoran (*Phalacrocorax carbo*) ist eine Vogelart, die an das Leben am Wasser angepasst ist. Das Verbreitungsgebiet der Art umfasst große Teile Europas, Asiens und Afrikas, außerdem Australien und Neuseeland sowie Grönland und die Ostküste Nordamerikas. Kormorane leben an Meeresküsten und auch an den Ufern größerer Flüsse und Seen.

In Mitteleuropa war die Art durch Jagd und verschmutzte Gewässer fast vollständig ausgerottet. Seit den 2000er Jahren nimmt der Bestand wieder deutlich zu.

In Deutschland findet man die meisten Brutpaare in Mecklenburg-Vorpommern (60 % des deutschen Kormoranbestands). Seit den 1980er Jahren, wo der Kormoran praktisch in Deutschland nicht mehr vorkam, nimmt ihre Anzahl seit Jahren wieder stabil zu. Auch in Brandenburg (ca. 2500



Brutpaare), Niedersachsen (ca. 2000 Brutpaare), Schleswig-Holstein (ca. 1000 Brutpaare), Sachsen-Anhalt (ca. 1000 Brutpaare) und weiteren Bundesländern findet man heute den Kormoran wieder. Auch in Österreich und der Schweiz, vor allem am Bodensee, ist der Kormoran heimisch.

Körperbau: Ausgewachsene Kormorane sind meist zwischen 80 bis 100 cm groß und verfügen über eine Spannweite von bis zu 1,60m. Ihr Gewicht beträgt je nach Art und Alter zwischen 1,7 bis 3,2 kg.

Sein schwarzes Gefieder enthält kein Fett, wie das von anderen Wasservögeln. Die zum Einfetten notwendige Bürzeldrüse am Hinterteil fehlt. Die Federn werden also beim Tauchen durchnässt, was aber beim tieferen Tauchen ein deutlicher Vorteil ist, da so weniger Auftrieb vorliegt.

Nach dem Tauchen müssen Kormorane ihre Federn im Wind trocknen, was zur typischen Körperhaltung mit ausgestreckten Flügeln führt (siehe Bild).

Zum tieferen Tauchen sind die vier Zehen, durch Schwimmhäute verbunden sind, sowie die steuerbaren Schwanzfedern eine große Hilfe. Auch die Knochen haben, für Vögel untypisch, deutlich weniger Hohlräume. Die Luft der Hohlräume würde das Tauchen erschweren.

Im Wasser schiebt sich eine durchsichtige Nickhaut (wie ein zusätzliches Augenlid) vor die Hornhaut. Dies dient dem Schutz des Auges.

Der Oberschnabel weist eine extrem scharfe Spitze auf, die das Greifen der Beute erleichtert. Der Unterschnabel kann sich beim Schlucken dehnen, sodass auch größere Fische verschluckt werden können.

Jagdweise und Nahrung: Kormorane jagen Fische im Wasser (Tauchdauer meist unter einer Minute, meist im Bereich 1-3m Wassertiefe), meistens mit einem Sprung von einem Ast aus. Anschließend sitzen sie oft auf Ästen und lassen ihr Gefieder trocknen.

Pro Tag braucht ein Kormoran ca. 240g bis 800g Fisch. Dabei werden vor allem kleine bis mittelgroßen See- und Süßwasserfische erbeutet. Aber auch Krabben, Krebse und große Garnelen, (sehr selten Bismarratten oder Entenküken) werden verzehrt. In Deutschland werden dabei vor allem Weißfische, Karpfen, Dorsche, Äschen, Flussbarsche, Rotaugen und andere gefressen.

Da Fische besonders energiereiche Nahrung sind, reichen dem Vogel oft 30-60 Minuten Jagd am Tag um seinen Nahrungsbedarf zu decken.

Zur **Fortpflanzung** bilden Kormorane Kolonien von bis zu mehreren Tausend Brutpaaren. Sie bauen Nester am Boden, auf Bäumen oder auf Klippen. Die Geschlechtsreife setzt mit 3 oder 4 Jahren ein. Die Brutpaare leben meist in einer monogamen Saisonehe. Das Nest enthält nach der Eiablage zwischen April und Juni, meist zwischen 3 und 5 Eiern. Die Brutzeit beträgt 23–30 Tage. Die Jungvögel werden mit hochgewürgten Fischen gefüttert. Nach ca. 50-60 Tagen werden die Jungvögel flügge. Trotzdem werden sie noch über fast 3 Monate weiter von den Eltern gefüttert.

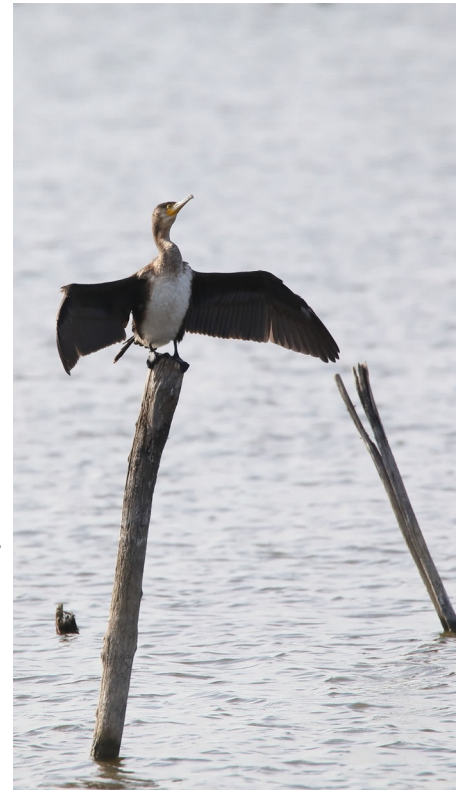
Wanderung: Kormorane sind je nach Population Standvögel, Teilzieher oder Zugvögel. Irische und britische Kormorane wandern im Herbst oft nach Portugal. Deutsche und niederländische Kormorane wandern seltener. Wenn eine Wanderung stattfindet, kann sie bis nach Nordafrika führen.

Natürliche Feinde: Kormorane haben je nach Region unterschiedliche Fressfeinde. Waschbär, Marderhund, Mink (= Amerikanischer Nerz), Rotfuchs, Habicht, Seeadler, Steinadler, Uhu, Silbermöwe und Nebelkrähe sind typische Räuber. Gerade in Hessen wurden durch Waschbären Kormorane sehr stark dezimiert.

Nimmt ein Fressfeind überhand, wie z.B. der Seeadler können sich Kolonien aufspalten. Seeadler töten Alt- und Jungvögel (auch aus Nestern). Man hat auch mehrfach beobachtet, dass Seeadler Scheinangriffe fliegen und die Kormorane bereits verschluckte Fische auswürgen (um besser fliehen zu können). Diese ausgewürgten Fische ziehen vor allem erwachsene Seeadler den Kormoranen als Nahrung vor.

In meinem Kanal findet ihr ein Video zur Lebensweise des Kormorans: <https://youtu.be/pwB3fjDicBc>

(Achtet mal bei 2:20 Min auf das Auswürgen des Fisches)



Aufgaben:

1. Definiere ökologische Nische.
2. Beschreibe mithilfe von Text und Video die ökologische Nische tabellarisch. Die Tabelle sollte mindestens die folgenden Aspekte beinhalten:

Vorkommen	
Biotop (Temperatur, Wasser usw...)	
Nahrung	
Jagdweise	
Jagdort	
Aktivität	
Schlaf- und Nistplätze	
Wanderung	
Vermehrung, Vermehrungsstrategie	
Fressfeinde	
Mimikry, Mimese	

3. Erkläre den stark schwankenden Tagesbedarf an Fischen.
4. Erläutere die morphologischen und physiologischen Anpassungen der Kormorane an ihre ökologische Nische.

Nahrungsbeziehungen im Wald: Produzenten, Konsumenten, Räuber-Beute Beziehungen

a) Die Nahrungskette

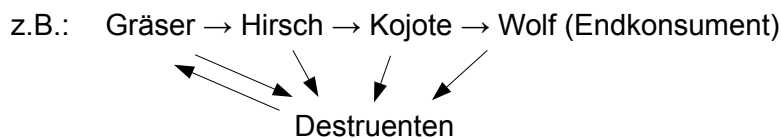
1. Beispiel: **Fichte ---> Borkenkäfer ---> Specht**
2. Beispiel: **Jungbäume ---> Rehwild ---> Mensch**
3. Beispiel: **Algen ---> Kleintiere (Krill) ---> Bachforelle ---> Karpfen ---> Hecht**

Nahrungskette: Mehrere Organismen stehen miteinander in Verbindung.

Man kann die einzelnen Glieder benennen:

Produzent ---> Konsument 1. Ordnung ---> Konsument 2. Ordnung ---> Konsument 3. Ordnung ---> Destruent
 1. Trophieebene 2. Trophieebene 3. Trophieebene 4. Trophieebene 5. Trophieeb.

An welcher Stelle stehen die Destruenten?



b) Die Primärproduktion

Betrachtet man nun ausschließlich die Pflanzen, kann man eine Unterscheidung hinsichtlich der Nutzung der von der Sonne aufgenommenen Energie aufstellen.

Der Begriff „Primärproduktion“ bezeichnet hierbei die Produktion von **Biomasse** (durch Produzenten wie Pflanzen, Algen, Blaualgen und photosynthesetreibende Bakterien) mithilfe von Licht oder chemischer Energie aus anorganischen Substanzen.

Bruttoprimärproduktion (P_b) = Gesamtmenge der durch Produzenten gebildeten organischen Materie/ Energie

Nettoprimärproduktion (P_n) = Energiemenge, die letztlich für den Aufbau des Pflanzenkörpers genutzt wird. Der Rest (ca. 40-60%) wird für den Stoffwechsel der Pflanze, v.a. die Zellatmung (=Respiration) genutzt.

$$P_n = P_b - R \quad (R = \text{Respiration})$$

(oder seltener auch: $NPP = BPP - \text{Zellatmung}$)

Maßeinheit: mg(C)

($\text{h} \cdot \text{m}^2$)

bzw.: kJ

($\text{h} \cdot \text{m}^2$)

Die Primärproduktion wird aufgeteilt in die Bruttoprimärproduktion (BPP = Gesamtmenge) und die Nettoprimärproduktion.

Für die BPP werden ca. 1 bis 3 Prozent der Sonneneinstrahlung verwendet. Für die Nettoprimärproduktion, die auch das Wachstum und die Nährstoffspeicherung der Pflanze berücksichtigt, werden nur ca. 1 Prozent des Sonnenlichts genutzt.

Maßeinheit der Primärproduktion:

Pro Zeiteinheit und Fläche gebundene Menge anorganischen Kohlenstoffs (bzw.: umgesetzte Energie pro Zeit und Fläche)

Beispiele: Nettoprimärproduktion pro Jahr:

Laubwald: 1,45 kg/ m²·Jahr

Nadelwald: 1,57 kg/ m²·Jahr

Wiesen: 1,41 kg/ m²·Jahr

Acker: 1,10 kg/ m²·Jahr

Die höchste Nettoprimärproduktion findet man in Wattenmeeren und tropischen Regenwäldern.

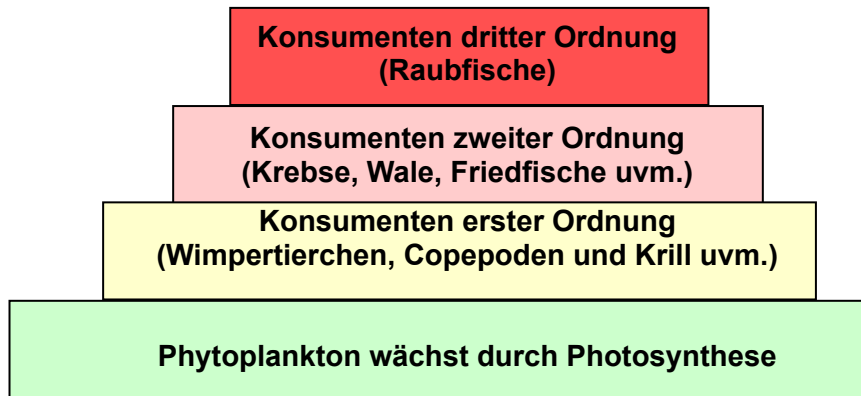
Zusatzinformationen:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Primärproduktion>

c) Die Nahrungspyramide

Beispiel 1: Ozean - Produktion durch Photosynthese:

(Beachte, die Darstellungsfläche ist nicht proportional zur Anzahl der Lebewesen!)



d) Trophieebenen

Die Nettoprimärproduktion P_n steht den Konsumenten erster Ordnung (Pflanzenfressern) zur Verfügung, d.h. die Sonnenlichtenergie geht als chemische Energie in die nächste Trophieebene ein (Übergang von der **1. Trophieebene** zur **2. Trophieebene**).

Jeder Wechsel der Trophieebene ist mit einem Energieverlust von bis zu 90% verbunden)

1. Verlust durch Atmung des Lebewesens vor seinem heldenhaften dahinscheiden: (ca. 40-60 %)
2. Verlust durch nicht verdaubare (verwertbare) Biomasse¹. Diese wird vom Konsument in der Regel ausgeschieden (die Exkremente sind dann eine gute energiereiche Nahrungsquelle für Destruenten).
3. Verlust durch nicht aufgenommene Biomasse, wie z.B. Knochen und Fell bei Fleischfressern.

Betrachtet man nun einen Schritt über zwei Trophieebenen, so werden von Ebene zu Ebene nur ca. 10% der Energie weitergegeben. Das macht in der Summe einen Verlust von 99%. Bei drei Trophieebenen liegt schon ein Verlust von 99,9% vor (usw.).

=> Der Materiefluss der chemischen Elemente ergibt im Ökosystem einen Kreislauf

=> Der Energiefluss im Ökosystem ergibt keinen Kreislauf, da Energie mit der Umwandlung in Bewegungsenergie oder Wärmeenergie dem Ökosystem verloren geht.

Zusatzinformationen

<https://de.wikipedia.org/wiki/Räuber-Beute-Beziehung>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Primärproduktion>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Respiration>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Trophie>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Hechte>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Karpfen>

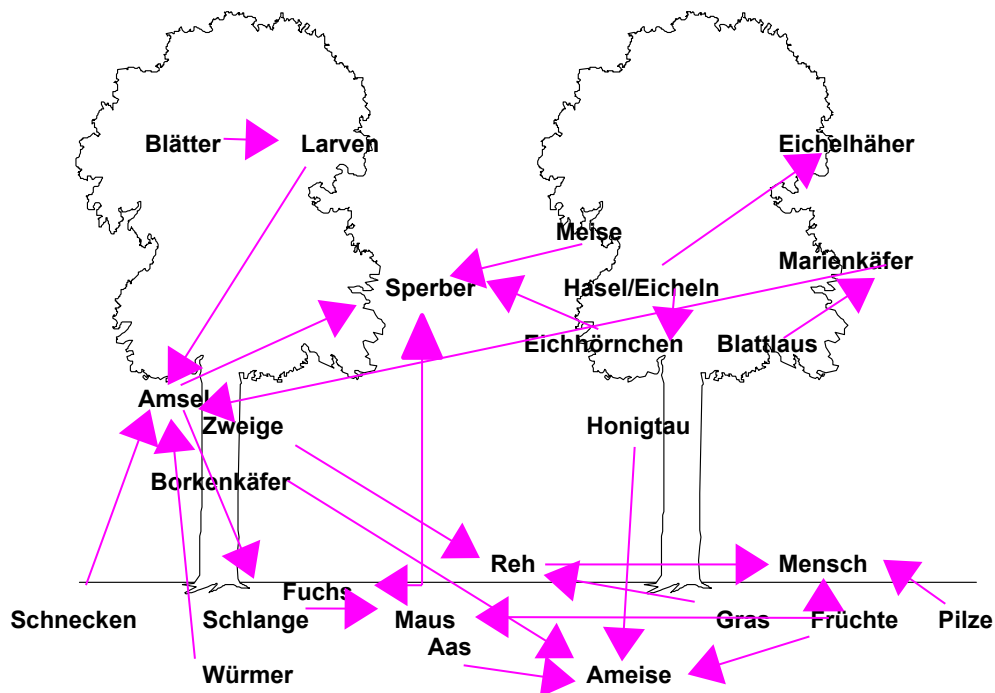
<https://de.wikipedia.org/wiki/Forelle>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Bachforelle>

¹ durch fehlende Enzyme im Konsumenten

Das Nahrungsnetz

Hier ein Beispiel für Tiere in ihrer ökologischen Nische und ihrem typischen Nahrungsbedarf:



Nahrungsnetz: Zeigt die komplexen Nahrungsbeziehungen durch die Verbindung von vielen Nahrungsketten.

Vergleiche:

Nahrungskette: Mehrere Organismen stehen miteinander in Verbindung.
Man kann die einzelnen Glieder benennen.

Produzent (= Pflanze) ---> Konsument 1. Ordnung ---> Konsument 2. Ordnung ---> Konsument 3. Ordnung

Zusatzaufgaben

1. Finde Nahrungsketten, die aus mindestens 4 Gliedern bestehen. Schaffst Du 5?
2. Erkläre am Beispiel Borkenkäfer/Specht den Begriff „Räuber - Beute - Beziehung“.
3. Worin besteht für Förster die sogenannte „Rehwildproblematik“?
4. Warum ist die biologische Realität durch Nahrungsnetze besser beschrieben als durch die Nahrungskette

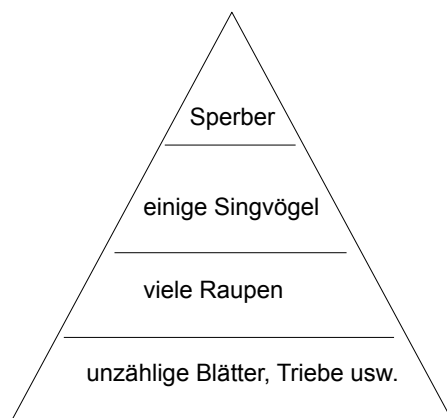
Nahrungsketten & Nahrungsnetz

1. Erstelle eine Nahrungskette aus den folgenden Lebewesen. Kennzeichne die Trophieebenen und benenne Produzenten und Konsumenten. Definiere dazu den Begriff Endkonsument.

- Wanderfalke
- Marienkäfer
- Sommerlinde
- Stubenfliege
- Rotkehlchen
- Amsel
- Rauchschwalbe
- Grasfrosch
- Blattlaus
- Mistkäfer

2. Erweitere die Nahrungskette zu einem Nahrungsnetz, indem du mindestens 8 weitere Arten zfügst.

Die Nahrungspyramide



Ein Sperber braucht ca. 100 Vögel à 20 g, um sein Gewicht von **200 g** zu erreichen.

In der Natur liegen vielfältige Nahrungsbeziehungen vor. Dabei ist es immer möglich, dass ein Tier die Nahrung eines anderen ist. Man spricht von Nahrungsketten. Ordnet man diese Tiere anhand ihres Gewichtes/ Energiegehaltes (nicht Anzahl), erhält man eine pyramidenartige Verteilung.

Welche Aussagen trifft also die Nahrungspyramide zu?

- Die Nahrungspyramide gibt die Nahrungskette an: Sperber Singvögel -> Raupen -> Blätter.
- Die Flächen zeigen den Energieverlust von Stufe zu Stufe (nicht die Anzahl der Lebewesen! - evtl. jedoch die Masse!). Allerdings sind die Darstellungen oft nicht proportional.
- Die Nahrungspyramide zeigt Fressfeinde sowie die Räuber-Beutebeziehung.

Zusatzinformationen:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Nahrungskette>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Nahrungsnetz>

Mögliche Lösung Aufgabe 2:

Wanderfalke - Tertiärkonsument (Endkonsument)
Rotkehlchen - Sekundärkonsument
Blattläuse - Primärkonsument
Phloemsaft der Linde (Produzenten)

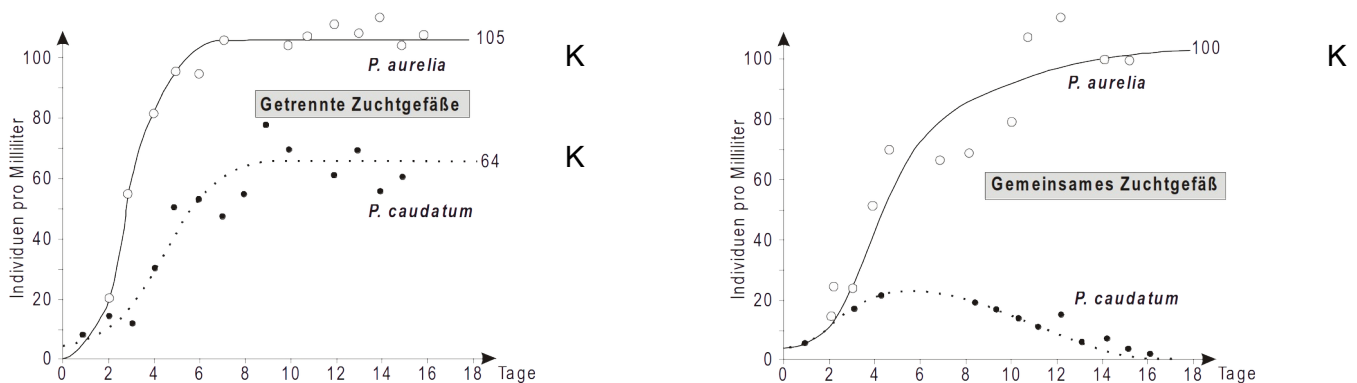
=> Grüne Pflanzen produzieren durch Fotosynthese energiereiche organische Stoffe wie Kohlenhydrate her. Ohne Produzenten gibt es keine Nahrungsketten.

In Ökosystemen gibt es aber keine isolierten Nahrungsketten. Diese sind vielmehr Ausschnitte aus komplexen Nahrungsnetzen.

Interspezifische Konkurrenz (Konkurrenz verschiedenen Arten)

Natürlich gibt es nicht nur Konkurrenz innerhalb einer Art (=intraspezifisch). Auch artverschiedene Lebewesen können miteinander um Nahrung, Licht, Wohnplatz usw. stehen (= interspezifische Konkurrenz). Untersuchungen an zwei verschiedenen Pantoffeltierchen Arten (=Paramecium) zeigen, dass 2 Arten, die für ihre Existenz die gleichen Ökofaktoren beanspruchen miteinander so stark in Konkurrenz stehen, dass eine von beiden ausstirbt (oder in der freien Natur evtl. abwandert)

1. Versuch: Untersuchung zweier in ihren Ansprüchen identischen Paramecium-Arten (nach Gause, aus Begon et al., 1934)



Beschreibung und Schlussfolgerungen:

Insgesamt starten in Grafik 1 die Populationen mit einem exponentiellen Wachstum, welches dann abflacht und dann eine stationäre Phase erreicht. Es liegt also ein logistisches Wachstum vor! Die Kapazitätsgrenzen sind jeweils für die Arten angegeben. Die Kapazität der Art *Paramecium caudatum* ist insgesamt geringer. Ursache können eine verschiedene Artgröße, andere Platzansprüche und somit ein früheres Erreichen von dichteabhängigen Faktoren sowie unterschiedliche Nahrungsausnutzung sein.

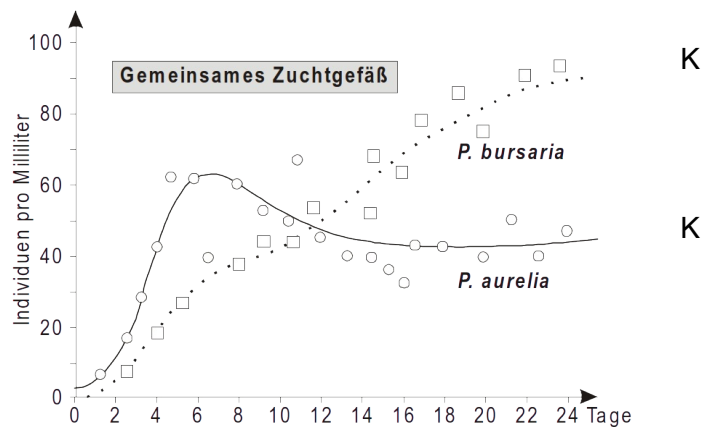
In Grafik zwei sieht man von *Paramecium aurelia* ebenfalls ein logistisches Wachstum, allerdings fällt auf, dass es in diesem Fall verlangsamt ist. Eine stabile Phase wird erst nach ca. 20 Tagen erreicht. *Paramecium caudatum* wächst anfangs ebenfalls gut, aber schon nach 5 Tagen kommt es zum Abflachen der Kurve. Genau zu diesem Zeitpunkt ist mit 20 + 80 Tieren/ml scheinbar die Kapazität erreicht. In der Folge kommt es zu einer Verringerung der *Paramecium caudatum*, bis sie schließlich nach ca. 16 Tagen nicht mehr messbar sind.

Es liegt eine Konkurrenzsituation vor. Offenbar haben beide Arten ähnliche Ansprüche und benötigen den gleichen Platz und identische Nahrung. Dieser Konkurrenzkampf wird von der überlegenen *Paramecium aurelia* gewonnen. Sie setzt sich durch und verdrängt die schwächere Art.

Die hier geltende Konkurrenz führt im gemeinsamen Gefäß zum Aussterben von *Paramecium caudatum*.

Es gilt das Konkurrenzausschlussprinzip: Zwei Arten mit identischen Ansprüchen können nicht nebeneinander existieren (eine von beiden wird verdrängt)!

2. Versuch: Untersuchung zweier in ihren Ansprüchen ähnlichen, aber nicht identischen Paramecium-Arten (nach Gause, aus Begon et al.)



Beschreibung und Schlussfolgerungen:

Paramecium aurelia liegt nun in einem gemeinsamen Gefäß mit Paramecium bursaria vor. Während die Anzahl der Tiere von Paramecium bursaria sehr langsam aber stetig wächst, legt Paramecium aurelia anfangs wieder ein schnelles und exponentielles Wachstum vor. Allerdings flacht dieses ab dem 6. Tag deutlich ab, es kommt zeitweise zu einem Rückgang der Population. Vermutlich war am 6. Tag die Kapazität von rund 100 Tieren/ ml erreicht (ca. 40 + 60 Tiere/ml). Während diese Kapazitätsgrenze Paramecium bursaria scheinbar „unbeeindruckt“ lässt, findet bei Paramecium aurelia eine Stabilisierung auf dem Niveau von 45 Tieren/ml statt. Nach ca. 12 Tagen hat sich Paramecium bursaria zahlenmäßig durchgesetzt, was auf eine Anpassung, z.B. auf das Erschließen einer neuen Nahrungsquelle bei Paramecium bursaria zurückzuführen ist. Die Konkurrenzsituation ist somit entschärft, beide Arten überleben.

=> Konkurrenzvermeidungsprinzip:

Arten in einem komplexen Ökosystem versuchen Konkurrenz zu vermeiden, indem sie sich in ihren Ansprüchen anpassen. Man spricht vom Konkurrenzvermeidungsprinzip. Dies findet man in der freien Natur bei sehr vielen Ökosystemen. Je komplexer dabei ein Ökosystem ist, desto eher ist ein Ausweichen möglich.

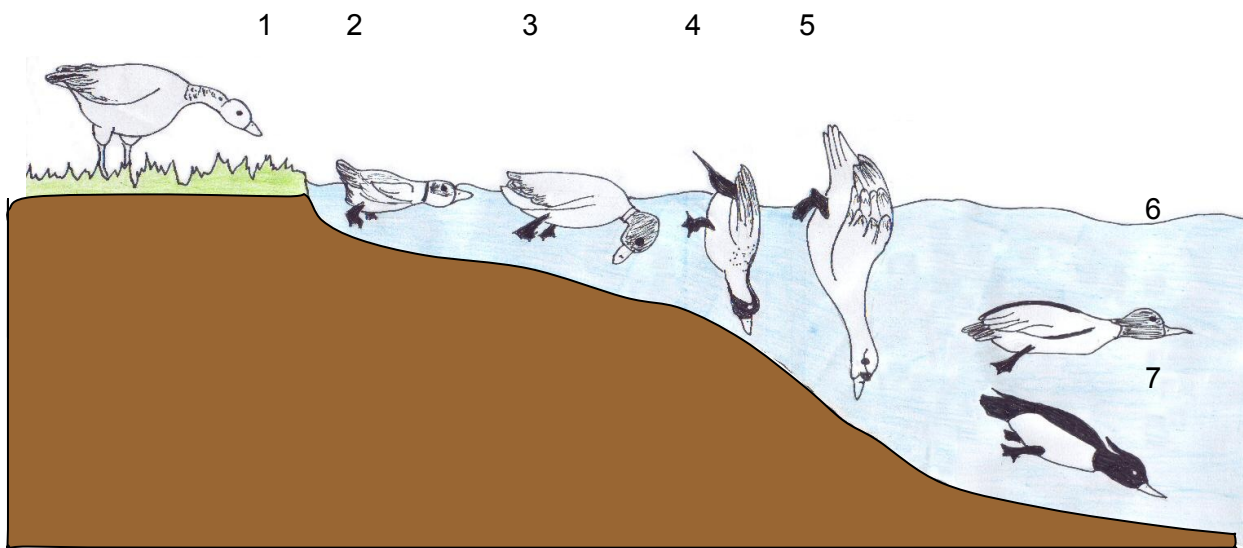
Besonders Arten mit einer hohen physiologischen Potenz können Konkurrenz vermeiden, indem sie an den Rand ihrer (euryöken) Optimumskurven ausweichen.

Diese Anpassung der Art in ihren Ansprüchen stellt im Grunde eine Erweiterung der ökologischen Nische dar. Vermutlich konnte Paramecium aurelia in einigen Bereichen von ihren Optima ausweichen. Besonders bei euryöken Arten ist dies möglich.

Zusatzinformationen:

https://de.wikipedia.org/wiki/Interspezifische_Konkurrenz

Konkurrenzvermeidung durch Einnischung bei Entenvögeln



1. **Die Graugans:** Nahrungsaufnahme an Land, v.a. Pflanzen, Gräser
2. **Die Krickente:** pflanzliche Nahrung von der Wasseroberfläche
3. **Stockente:** Wasserpflanzen, Kleintieren in sehr geringen Tiefen
4. **Spießente:** Wasserpflanzen, Kleintieren in geringen Tiefen
5. **Höckerschwan:** Wasserpflanzen, Kleintieren in mittleren Tiefen
6. **Reiherente:** Zooplankton und Kleintiere am Boden. Dazu taucht sie einige Meter tief
7. **Gänsesäger:** tauchender Jäger auf der Suche nach Kleintieren und kleinen Fischen

Einnischung und Konkurrenzvermeidung kann stattfinden aufgrund von:

- Unterschiedlicher Nahrungart
z.B. Vögel fressen Körner, Insekten oder Nektar => Schnabelform ist unterschiedlich
- Unterschiedlicher Nahrungs- bzw. Beutegröße
Fuchs (klein) ↔ Wolf (groß)
Sperber (klein) ↔ Habicht (groß)
- Unterschiedlicher Orte der Nahrungssuche
Blaumeise (Boden) ↔ Kohlmeise (Astspitzen)
- Unterschiedlicher Aktivitätszeiten
Eule (nachtaktiv) ↔ Bussard / Adler (tagaktiv)
- Unterschiedliches Balz- und Fortpflanzungsverhalten
- Unterschiedliche Balz- und Fortpflanzungszeiten

Zusatzinformationen (mit Bildern)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Graugans>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Krickente>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Stockente>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Spießente>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Höckerschwan>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Reiherente>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Gänsesäger>

Räuber-Beute-Beziehungen und biologisches Gleichgewicht

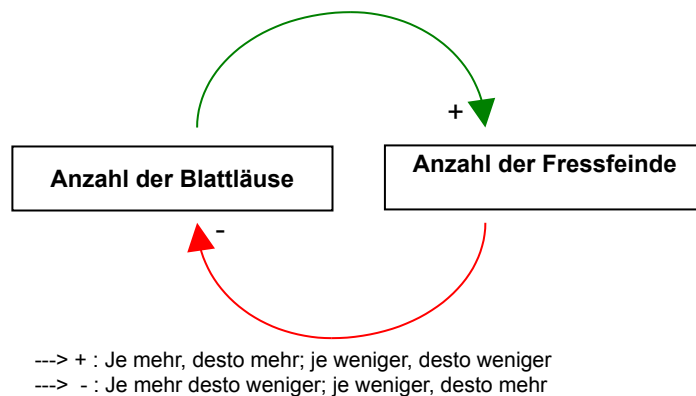
Massenaufreten kennst Du vielleicht von Mückenplagen, Blattlausplagen oder auch von den Heuschreckenplagen, welche gelegentlich in Afrika auftreten. Diese Tiere sind r-Strategen, welche massenhaft auftreten können und sich plötzlich exponentiell vermehren.

Beispiel: Blattläuse sind Pflanzenschädlinge (4000 Arten). Sie ernähren sich von Pflanzensaft. Ein Weibchen bringt ca. alle 14 Tage Junge zur Welt, die ihrerseits ebenfalls Junge in sich tragen, ohne dass eine Befruchtung stattgefunden hat (sogenannte „Jungfernzeugung“).
Durch den Entzug des Pflanzensaftes werden Pflanzen geschädigt.

Natürliche Feinde sind Marienkäfer, Florfliegen, Schwebfliegen, Schlupfwespen (letztere legen ihre Eier in die Blattläuse und Ernähren sich von den inneren Organen).

Man kann die Tiere nun in **Räuber** (z.B. Marienkäfer) und **Beute** (z.B. Blattläuse) unterteilen:

In einem natürlichen System hat jedes Tier Feinde, die sich von ihnen ernähren. Diese Fressfeinde sorgen dafür, dass der Bestand einer Tierart nicht zu groß wird:



Die Anzahl der Beutetiere ist von der Anzahl der Fressfeinde (Räuber) abhängig, aber auch der umgekehrte Fall trifft zu: Wenig Beute führt zum Hungern der Fressfeinde, die sich dadurch weniger vermehren.

Regel: Je mehr Nahrung vorhanden ist, desto besser kann sich eine Tierart vermehren.

Im günstigsten Fall kontrolliert sich die Anzahl der Tiere von selbst. Man spricht von einem biologischen Gleichgewicht. (=> keine Art stirbt aus)

Liegt kein biologisches Gleichgewicht vor, kann es zu einem Massenauftreten einer Art kommen.

Beispielrechnung zum Massenauftreten:

1 Fliege legt 1000 Eier, nach drei Tagen können die Fliegen aus jedem Ei 1000 neue Eier legen.
 (Verhinderung durch Kälte, Nahrungsmangel, Feinde, wie Spinnen, Vögel, Frösche)
 => Unkontrollierte Vermehrung einer Tierart

Prinzipien gegen Massenauftreten:

- chemische Bekämpfung
- Einsatz von Fressfeinden (findet in Natur fast immer statt, wenn nicht...)
- Nahrungsmangel (In der Natur normal)
- Kälte

Weitere Beispiele für Räuber-Beute Beziehungen

1) Blattlaus - Marienkäfer

(milder Winter) => große Anzahl an Blattläusen => Anzahl der Feinde nimmt innerhalb der nächsten Wochen zu => Anzahl an Blattläusen nimmt ab => Feinde haben weniger Nahrung, Anzahl nimmt ab => Anzahl an Blattläusen nimmt zu.



Vierzehnpunkt-Marienkäfer frisst Blattlaus²

Viele Zusatzinformationen

<https://de.wikipedia.org/wiki/Marienkäfer>

2) Vögel - Insekten

Bsp. Mischwald: Es sind viele Insekten vorhanden, von denen sich viele natürliche Feinde ernähren. (Singvögel). Diese natürlichen Feinde fressen das „Überangebot“ weg. Durch die reichliche Nahrung können sich die Feinde sehr gut vermehren, bis die Insektennahrung knapp wird. Dadurch verringert sich die Anzahl an Feinden, was zu einer Zunahme an Insekten führt.

3) Weitere Beispiele für Räuber-Beute-Beziehungen:

Gelbbrandkäfer - Fische
 Larven, die im Wasser leben - Fische
 Kleine Fische - Hechte
 Mäuse - Fuchs
 Borkenkäferlarve - Specht
 Kaninchen - Wolf
 Habicht - Feldmaus

² Quelle Bild: Public Domain by Scott Bauer - https://de.wikipedia.org/wiki/Bild:P-14_lady_beetle.jpg - thank you

Fortpflanzungsstrategien

Man unterscheidet zwei grundlegende Fortpflanzungsstrategien/ Reproduktionsstrategien bei Lebewesen. Sie werden als r-Strategie und K-Strategie bezeichnet. Sie gelten besonders für die Neubesiedlung von Biotopen.

Grob unterteilt kann man sagen, dass r-Strategen auf eine hohe Reproduktionsrate (r) setzen, wohingegen K-Strategen nur wenig Nachwuchs haben, diesen aber z.B. durch Brutpflege bessere Überlebenschancen ermöglichen (K steht für Kapazität). Es liegt also im Grunde entweder eine Quantität-(r)-Strategie oder eine Qualität-(K)-Strategie vor.

Bei vielen Arten kennt man allerdings auch fließende Übergänge, d.h. die Ausprägung ist nicht bei allen Arten gleich. Hintergrund dieser beiden Strategien ist letztlich, wie die im Ökosystem begrenzten Ressourcen an Energie und Materie von einer Generation an die nächste Generation unter möglichst geringem Verlust weitergegeben werden können.

Kategorie	r-Strategie	K-Strategie
Umweltbedingungen	Leben in Biotopen mit unvorhersehbaren und wechselnden Bedingungen	Leben in stabilen Biotopen
Populationsdichte im Vergleich zur Kapazitätsgrenze des Biotops	Niedrig, da noch weit entfernt von der Kapazitätsgrenze K, aber natürlich mit sehr vielen Individuen.	Hoch in Bezug zu K, aber Gesamtanzahl eher gering.
Fortpflanzungsalter	niedrig	hoch
Anzahl Nachkommen	sehr hoch	eher niedrig
Lebensdauer	eher niedrig	eher hoch
Körpergröße	gering	größere Tiere
Art der Vermehrung	geschlechtlich und teilweise ungeschlechtlich	nur geschlechtliche Vermehrung

Kennzeichen von r-Strategen	Kennzeichen von K-Strategen
Zu finden oft in Biotopen mit unvorhersagbaren und wechselnden Umweltbedingungen.	Lebensräume mit stabilen Umweltbedingungen
Nur vorübergehende Besiedlung (z.B. Neubesiedlung, Pionierpflanzen usw.)	dauerhafte Besiedlung
Oft hohe Vermehrungsrate (bis hin zum Massenaufreten) mit ähnlich hoher Sterberate. Die Nachkommen werden schnell geschlechtsreif, kurze Geburtenabstände, hohe Wurfgröße	Individuenanzahl schwankt innerhalb von Grenzen => Regulation z.B. durch Räuber und /oder Konkurrenz. Die Nachfahren brauchen lange Zeiträume bis zur Geschlechtsreife. (=> Brutpflege)
Meist kurze Lebensdauer	meist lange Lebensdauer
Die Umweltkapazitätsgrenze wird meist nicht erreicht, da sie <u>sehr</u> hoch liegt.	die für die Art und das Biotop typische Umweltkapazitätsgrenze wird in der Regel erreicht
Meist geringe Körpergröße	meist große Körpergröße
	oft großes und leistungstärkeres Gehirn
Ungeschlechtliche Fortpflanzung ist hier öfter anzufinden (Parthenogenese).	nur sexuelle Fortpflanzung
z.B.: Blattläuse, einjährige Pflanzen	z.B.: Bäume, große Raubtiere, Greifvögel

Bsp: Fortpflanzungsstrategien innerhalb der Gruppe der Kröten

Kröten leben an Land und suchen zur Fortpflanzung in der Regel ihre Geburtstümpel/-seen wieder auf. Sie sind dämmerungs- und nachtaktiv.

Bei der Habitat-Besiedlungsstrategie unterscheidet man zwischen ortstreuen Arten (eher K-Strategen), welche immer wieder den Geburtstümpel aufsuchen (wie z.B. die Erdkröte) und Krötenarten, welche umhervagabundierenden und neue Gewässer zur Besiedlung suchen (eher r-Strategen) wie z.B. die Kreuzkröte.

Zusatzinformationen:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Fortpflanzungsstrategie>

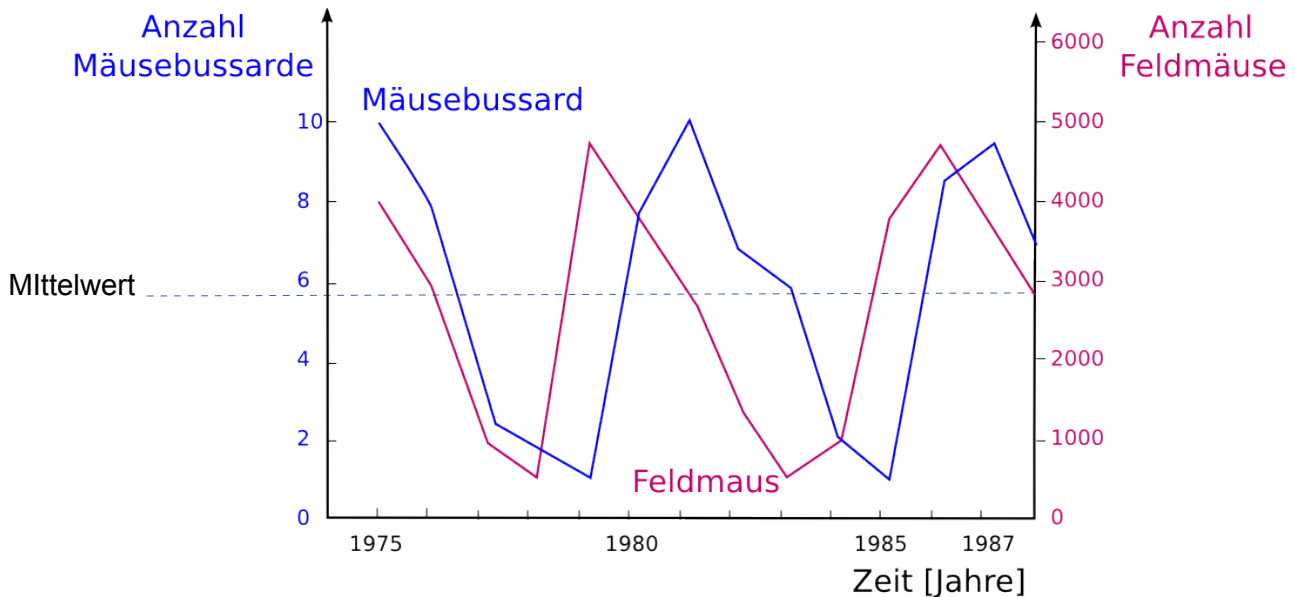
Fast/ slow-Konzept

Der Vollständigkeit halber soll hier noch ein weiteres Konzept erwähnt werden:

Schon in den 80er Jahren kam Kritik am r/K-Strategien-Konzept auf. Nicht alle Tiere passen in dieses starre Konzept. Arten unterscheiden sich im Tempo ihrer Lebenszyklen und der Lebensdauer. In der Natur findet man entweder einen schnellen Lebenszyklus (ähneln r-Strategen) oder einen langsamen Lebenszyklus (ähneln K-Strategen).

Populationsdynamik einer Räuber-Beute-Beziehung

a) Feldmäuse und Mäusebussard



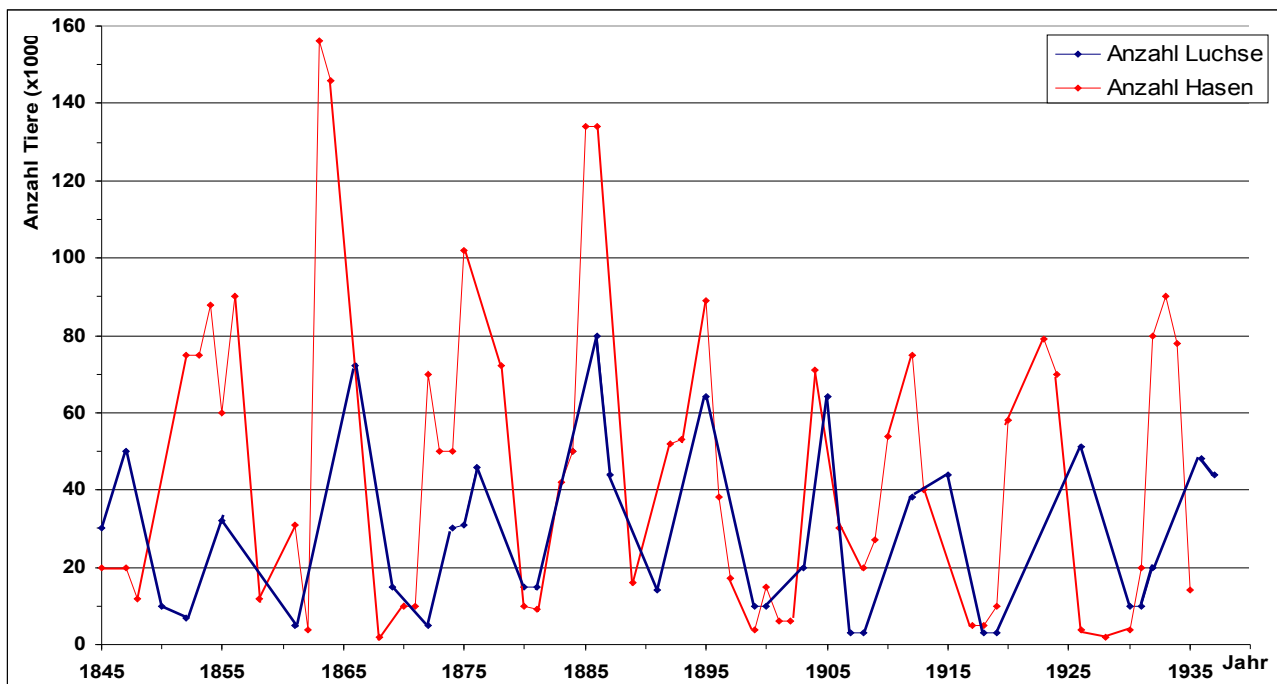
Betrachtet man die Kurven der Anzahl der beiden Populationen, kann man über den Zeitraum von mehreren Jahren regelmäßige Schwankungen um einen Mittelwert feststellen.

Offensichtlich scheinen beide Kurven auch miteinander in Beziehung zu stehen. Kannst Du diese erklären?

Die Populationsdynamik solcher Räuber-Beute-Beziehungen wurde von Lotka und Volterra in Regeln gefasst (siehe folgende Seite).

Die Populationsdichten der Räuber und der Beute sind voneinander abhängig.

b) Schneehase und kanadischer Luchs



Die Bestände von Schneehase und kanadischen Luchs, erfasst durch gefangene/ geschossene Tiere (nach Elton)

Lotkas und Volterras Gesetze zur Räuber-Beute Beziehung

1925 bis 1926 haben der österreichische Mathematiker Alfred James Lotka und der italienische Mathematiker Vito Volterra versucht Räuber-Beute Beziehungen in mathematischen Gleichungen auszudrücken. Man nennt diese Gleichungen auch die Volterra-Regeln:

1. Regel (Schwankungsregel der Populationen):

Die Individuenzahlen von Beute und Räuber schwanken bei ansonsten konstanten Bedingungen periodisch und sind gegeneinander zeitlich verschoben. Das heißt, die Population hat nie eine statisch feste Größe.

2. Regel (Konstanzregel der Mittelwerte):

Die durchschnittliche Größe einer Population ist konstant. Die Individuenzahl schwankt dabei um einen Mittelwert.

3. Regel (schnelleres Wachstum der Beutepopulation):

Wird eine Räuber-Beute-Beziehung durch äußere Einflüsse (zeitlich begrenzt!) gestört, so erholt sich die Beutepopulation schneller als die Räuberpopulation.

Diese Regel ist nicht ganz so trivial wie die beiden ersten. Dahinter verbergen sich natürlich unterschiedliche Fortpflanzungsstrategien. Die Beute gehört oft zu den r-Strategen, wohingegen der Räuber oft ein K-Strategie ist.

Eine mögliche äußere Störung kann z.B. die Schädlingsbekämpfung von Insekten sein. Diese Insekten werden vergiftet und dies führt direkt (durch Nahrungsmangel) und indirekt (durch Aufnahme von Gift), zur Verringerung der Räuberpopulation.

Wird das Gift abgesetzt, so bleibt das Gift noch lange in der Räubergeneration erhalten und schädigt diese und die Beutepopulation (vor allem bei r-Strategen) vermehrt sich sehr rasch! Das eigentliche Ziel, die Verringerung der Schädlingsinsekten, ist somit ins Gegenteil umgeschlagen.

Bewertung der Regeln:

- die Regeln beschreiben eine Zweierbeziehung aus mathematischer Sicht, tatsächlich sind die ökologischen Systeme komplexer. Die Grundaussagen sind aber richtig!
- Diese Regeln sind natürliche, dynamische Regeln, d.h. sie können nicht so streng angewendet werden, wie Naturgesetze. Sie stellen vielmehr eine Vereinfachung dar.

So gibt es einige Einschränkungen, welche die Konstanz dieser Regeln bricht:

1. Sie gelten nur bei einer Räuber-Beute Beziehung zwischen zwei Arten
2. Der Einfluss von Schwankungen der abiotischen Faktoren bleibt unberücksichtigt (z.B. trockene Sommer oder kalte Winter)
3. Auch biotische Faktoren, wie z.B. Dichtestress bleiben unberücksichtigt.

Aufgaben:

1. Erkläre mithilfe der dritten Volterra-Regel das Massenauftreten von Schädlingen innerhalb von Monokulturen
2. Welchen Einfluss hat langfristig gesehen der kurzfristige Einsatz eines Insektizides in einem Weinberg?
3. Begründe, woran man erkennt, dass bei funktionierenden Räuber-Beute-Beziehungen ein biologisches Gleichgewicht vorliegt.

Zusatzinformationen:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Volterra-Regeln>

https://de.wikipedia.org/wiki/Population_%28Biologie%29

<https://de.wikipedia.org/wiki/Populationsdichte>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Populationsdynamik>

Volterras mathematische Aussage zur Dynamik von Räuber-Beute Beziehungen

Die Lotka-Volterra-Gleichung, auch als Jäger-Beute-Gleichung bekannt, beschreibt die Dynamik und Wechselwirkung von Jäger- und Beutepopulationen.

Volterra untersuchte Fischpopulationen in der italienischen Adria. Während des ersten Weltkriegs war die Fischerei in der Adria fast zum Erliegen gekommen, sodass sich alle Arten ungestört vermehren konnten. Volterra fiel auf, dass die Populationen der Raubfische wesentlich größer war als die der Beutefische.

Population der Beutetiere = x (Volterra vermutete hier ein lineares Wachstum = a)

Population der Raubfische = y

Beutefangrate der Räuber = b

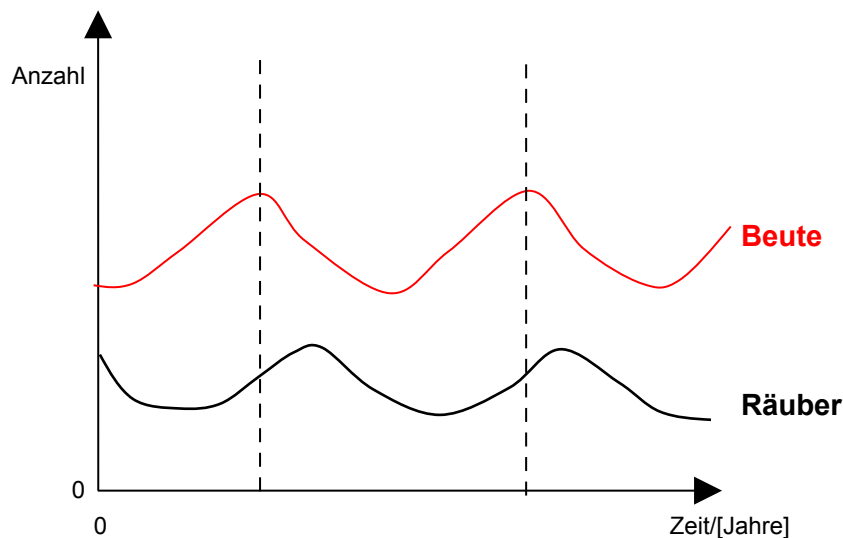
Wachstumsrate = c

Reproduktionsrate = d

$$\frac{dx}{dt} = x(a-by) \quad \frac{dy}{dt} = -y(c-dx) \quad \Rightarrow \quad \frac{dx}{dt} = \frac{dy}{dt} = 0$$

Diese letzte Gleichung sagt im Grunde, dass die Anzahl an Räubern und Beute über längere Zeit im Grunde konstant ($=0$) bleibt und somit um einen Mittelwert schwanken.

Trägt man die Populationsschwankungen in einem Zeitdiagramm auf, so erkennt man Verläufe, die Sinuskurven ähneln (allerdings mit einer leichten „Phasenverschiebung“ von Beute zu den Jägern).



Zusatzinformationen:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Lotka-Volterra-Gleichung>

Schneehase und kanadischer Luchs³

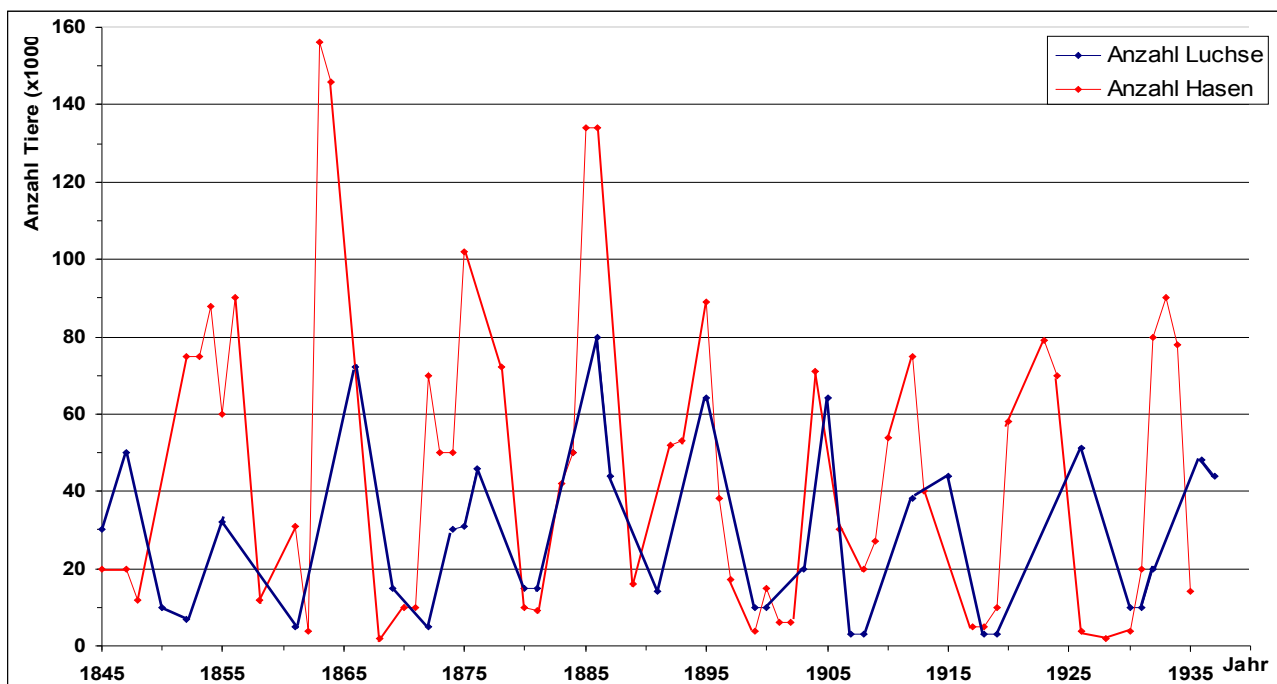
Schneehase im Sommer



Schneehase im Winter



Kanadischer Luchs



Die Bestände von Schneehase und kanadischen Luchs, erfasst durch gefangene/ geschossene Tiere (nach Elton)

=> Es liegt ein biologisches Gleichgewicht vor, bei dem sich Schneehase und Luchs gegenseitig in ihrer Anzahl regulieren. In einem biologischen Gleichgewicht schwankt zwar die Anzahl der Lebewesen, aber es tritt kein Massenaufreten auf und keine Art stirbt aus.

Aufgaben

1. Erkläre den Begriff Fressfeind.
2. Beschreibe ein Schema, was die Regulation von Blattlaus und Marienkäfer wiedergibt.
3. Stelle ein Schema auf, was die Beziehung zwischen Kaninchen und Wolf wiedergibt.
4. In Australien wurden vor über 150 Jahren Kaninchen eingeschleppt, die dort keine Feinde hatten. Was war wohl die Folge? Was schlägst Du für Lösungen vor?
5. Nenne Folgen eines milden Winters für Insekten wie Wespen und Stechmücken?

³ Quelle Bilder: https://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Mountain_Hare_Scotland.jpg (public domain) - Thanks to Andrew Easton
https://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Arctic_Hare.jpg (public domain) - Thanks to U.S. Fish & Wildlife Service
<https://en.wikipedia.org/wiki/Image:Lynx-canadensis.jpg> (public domain) - Thanks to Erwin & Peggy Bauer

Heuschreckenplagen durch die Wanderheuschrecke

Wie kann es zu einem Massenaufreten von Heuschrecken kommen?

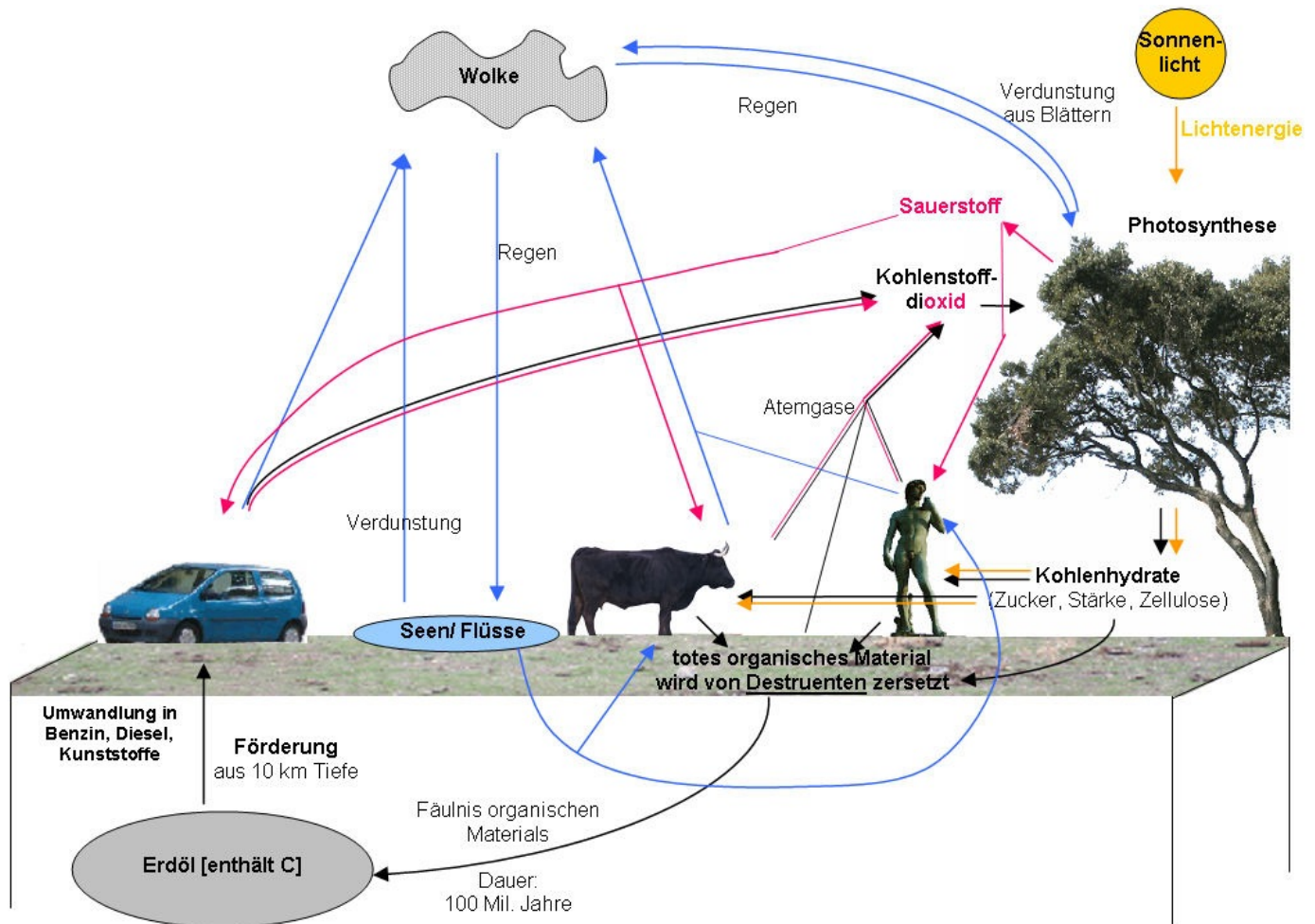
Informiere Dich, wie es zu Heuschreckenplagen kommen kann.

<https://de.wikipedia.org/wiki/Heuschreckenplage>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Heuschrecken>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Kurzfühlerschrecken>



Energie- und Stoffkreisläufe

schwarz: Kohlenstoffkreislauf, **blau:** Wasserkreislauf,

rot: Sauerstoffkreislauf (Oxid = Sauerstoff)

orange: Energie in Form von Licht oder in Form von **energiereichen** Verbindungen (Kohlenhydrate)

Hinweise:

- Destruenten (Zerkleinerer und Bakterien) zersetzen nicht nur Blätter, Laub und Pflanzenreste, sondern auch tote Tiere. Dabei entstehen Mineralsalze, Wasser und Kohlenstoffdioxid.
- Kohlenstoff findet sich in der Natur zum einen in drei großen, miteinander im Austausch stehenden Reservoiren:
 1. in der Atmosphäre als Kohlenstoffdioxid
 2. im Boden und in Verwitterungsmaterial
 3. im Ozean (in Form von gelöstem Kohlenstoffdioxid).

Weiterhin ist Kohlenstoff im Boden in der Form von Erdöl und Erdgas gespeichert.

- Eine Kuh produziert pro Tag rund 120l Methan (Schafe ca. 80l). Dieses ist, neben Kohlenstoffdioxid, ein kohlenstoffhaltiges Gas, welches die Atmosphäre schädigt => Treibhauseffekt => Erwärmung des Klimas.
- Bei Stoffwechselvorgängen in Mensch und Tier (durch die Kohlenhydratverdauung) und bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen wie Benzin und Diesel, entstehen immer Kohlenstoffdioxid und Wasser (letzteres ist sichtbar im Winter am Auspuff und beim Ausatmen).
- Die Stoffkreisläufe sind geschlossen, alle Stoffe (wie Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasser und Mineralsalze) werden immer wieder verwendet. Der Energiekreislauf ist nicht geschlossen. Es muss ständig neue Energie dem System zugeführt werden. Dies geschieht durch die Sonne. Der Grund ist ein permanenter Verlust durch Wärmeabgabe, z.B. in den Weltraum sowie der Energiebedarf für Lebensvorgänge und der daraus entstehenden Wärme, die ebenfalls verloren geht.
- Sauerstoff wird vom Menschen in Mensch und Tier durch die Atmung in Kohlenstoffdioxid umgewandelt. Dazu sind Kohlenhydrate notwendig. Kohlenstoffkreislauf und Sauerstoffkreislauf haben also eine Verbindung!

Wiederholung: Die Destruenten schließen erst den Stoffkreislauf!

Da ja nicht alles, was Pflanzen produzieren, auch von Konsumenten gefressen wird, muss die restliche Pflanzenzersetzung sowie das zersetzte Tierkadaver von Destruenten zersetzt werden, da erst so der Stoffkreislauf, bezüglich des **Materieflusses** geschlossen wird.

Erinnere Dich, keine neue Materie, also keine weiteren Stoffe, Atome, Elemente usw. müssen zugeführt werden. Ökosysteme sind in Bezug auf Stoffe also selbst erhaltend.

Die Destruenten zersetzen tote Tier- und Pflanzenkörper sowie deren Ausscheidungen (=Exkremente), ernähren sich so von den abgestorbenen ersten beiden Gruppen. Dabei lassen sie am Ende sehr energiearme Verbindungen wie CO_2 und Wasser sowie Mineralsalze zurück.

Destruenten wandeln also organischen Substanzen wieder in anorganische Substanzen (unter Energiegewinn für sich selbst!) um.

Aus toter Materie entsteht also wieder Wasser, Kohlendioxid sowie viele Mineralsalze wie Magnesiumsalze, Calciumsalze, Kaliumsalze, Natriumsalze, Phosphatsalze, Sulfatsalze, Chloridsalze, Nitratsalze, usw. Diese werden dann von den Wurzeln der Produzenten wieder aufgenommen und in die Pflanzen eingebaut.

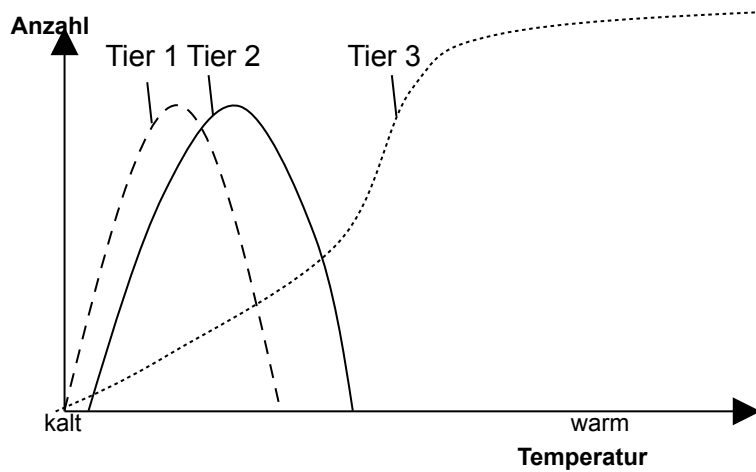
=> Stoffwechsel der Mikroorganismen:

Organische Stoffe ---> anorganische Stoffe (Wasser, Kohlenstoffdioxid, Nährsalze)

Wiederholungsaufgaben

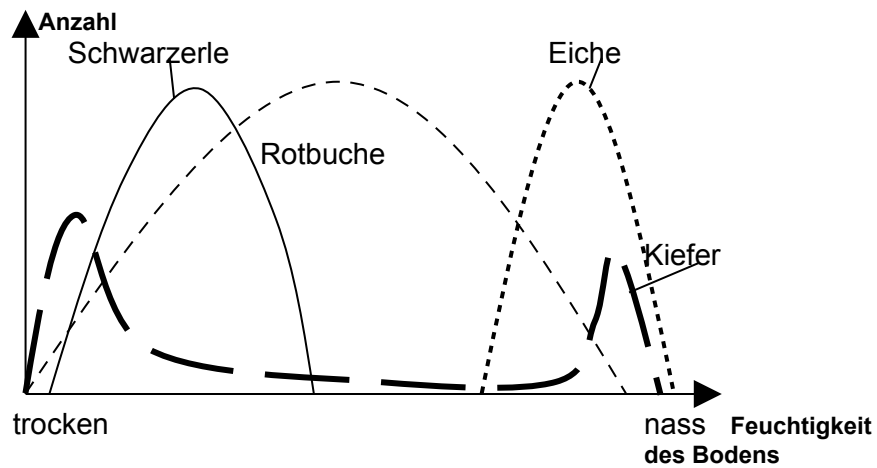
1. Erkläre die Begriffe: Ökosystem, Biotop, Biozönose, Destruenten, Konsumenten, Habitat
2. Erstelle ein Schema zum Materie und Energiefluss im Ökosystem.
3. Beschreibe Photosynthese und Atmung. Nenne dazu auch jeweils Ausgangsstoffe und Produkte.
4. Nenne abiotische Faktoren und stelle in einer Tabelle ihre Auswirkungen auf
5. Teile die Lebewesen in einem Ökosystem verschiedenen Gruppen zu.
6. Erkläre die Begriffe: Toleranzbereich, Optimum, Pessimum, Euryök, Stenök
7. Was sagt das Wirkungsgesetz der Umweltfaktoren?
8. Welchen Einfluss haben die Ökofaktoren Licht, Temperatur und Feuchtigkeit auf Tiere und Pflanzen. Finde je Faktor mindestens 5 Beispiele!
9. Was sagen die Bergmann'sche Regel, die Allen'sche Regel und die RGT-Regel?
10. Wie hat der Mensch die Ökosysteme verändert und welche Folgen hat das für ihn?
11. Erkläre die Begriffe „exponentielles Wachstum“, Population, logistisches Wachstum
12. Wo kann exponentielles Wachstum nur stattfinden?
13. Nenne biotische Faktoren und beschreibe ihren Einfluss auf Populationen.
14. Wie regulieren sich Populationen? Finde Beispiele und erkläre genau.
15. Definiere Konkurrenzausschluss und Konkurrenzvermeidungsprinzip und nenne Beispiele.
16. Was ist eine ökologische Nische? Erkläre mit Deinen Worten.
17. Beschreibe die ökologische Nische von Klee, Weinbergschnecke und einem Raubvogel.
18. Erkläre die Begriffe Nahrungsnetz und Nahrungspyramide. Welche hältst Du zur Beschreibung von Ökosystemen für besser geeignet?
19. Erkläre den Begriff Fressfeind und nenne Beispiele.
20. Gelten diese Prinzipien nur bei Tieren oder auch bei Pflanzen? Finde Beispiele.
21. Beschreibe ein Schema, was die Regulation von Blattlaus und Marienkäfer wiedergibt.
22. Stelle ein Schema auf, was die Beziehung zwischen Kaninchen und Wolf wiedergibt.
23. In Australien wurden vor über 150 Jahren Kaninchen eingeschleppt, die dort keine Feinde hatten. Was war wohl die Folge? Was schlägst Du für Lösungen vor?
24. Welche Folgen hat ein milder Winter für Insekten wie Wespen und Stechmücken?
25. Ein Beispiel für die Einnischung bei Taubenarten: Ringel- und Hohltauben leben Bäumen in verschiedenen Bereichen. Die Ringeltaube lebt in den Ästen von Rotbuchen, die Hohltaube hingegen ehemaligen Spechthöhlen. Auch ihre Nahrung ist verschieden. Während die Ringeltaube vor allem Früchte, Larven und Raupen frisst, ernährt sich die Hohltaube ausschließlich von Früchten.
 - a) Erkläre an diesem Beispiel die Begriffe ökologische Nische und das Konkurrenzvermeidungsprinzip.
 - b) Leben beide Tierarten bezüglich ihrer abiotischen und biotischen Faktoren im Optimum.
26. Im Great-Barrier-Rief hat man beobachtet, dass das Füttern von Fischen und Seeschildkröten die Korallenriffe stark schädigt. Kannst Du einen Zusammenhang sehen? (Tipp: nicht alles, was an Nahrung ins Wasser geworfen wird, wird auch von Fischen verspeist. Viele Bissen fallen so zu Boden.)
27. Treibhausgase wie Methan (CH_4) und Kohlenstoffdioxid (CO_2) erwärmen das Klima. Welche Konsequenzen sind bei einem Temperaturanstieg um 1°C im Jahresmittel denkbar. Versuche dabei möglichst ganzheitlich zu denken und berücksichtige, dass im Ökosystem alles miteinander in Beziehung steht.
28. Inwiefern hat eine generelle Änderung von abiotischen Faktoren Einfluss auf die in einem Biotop lebenden Arten?
29. Die Erde ist der einzige Planet des Sonnensystems, auf dem Leben möglich ist. Stelle den Zusammenhang zwischen abiotischen Faktoren und der eventuellen Möglichkeit von Leben auf anderen Planeten auf.
30. Definiere anhand des Beispiels den Begriff ökologische Nische und dann die „realisierte“ sowie die „fundamentale ökologische Nische“.

31. Welche Aussagen kannst Du über die folgende Grafik treffen:



32. Welche Aussagen kann man für die Luchs - Schneehasen Statistik nach Elton treffen

33. Erkläre die folgende Grafik unter Verwendung der passenden Fachbegriffe und finde Gründe, die Kurven zu erklären.



Aufgabensammlung: Auswirkungen eines abiotischen Faktors

Durch die Erwärmung des Klimas und damit der Erwärmung der Nordsee kommen immer mehr nicht heimische Arten ins Ökosystem Wattenmeer. Ein Beispiel ist die pazifische Auster, welche vor 10 Jahren hier noch unbekannt war. Sie hat eine dickere Schale als die Nordseeauster. Sie ist so dick, dass sie durch heimische Vogelarten nicht geöffnet werden kann.

Was sind die Folgen?

=> Energiefluss unterbrochen, da die Austern natürlich Nahrung aufnehmen, aber diese nicht an die nächste Trophieebene weitergegeben wird => massive Störung!

Aufgabensammlung: Gifteintrag ins Ökosystem

Finde ein Beispiel, welches sich auf die folgende Grafik anwenden lässt und erläutere kurz.

