

Die ökologische Nische

- Die ökologische Nische beschreibt die **Gesamtheit der Wechselbeziehungen** zwischen einer Art und ihrer Umwelt.
- Jede Tier- und Pflanzenart hat ihr eigenes Wirkungsfeld; sie braucht andere Nahrung bzw. andere Böden als andere Arten, hat andere Feinde und Parasiten, andere Aufenthaltsorte und Nistplätze. Diesen Tatbestand drückt das **Konzept der ökologischen Nische** aus: Die ökologische Nische ist die **Einheit aus einer Art und ihrer spezifischen Umwelt**. Zur Nische gehören sowohl die Ansprüche der Art an ihre Umwelt als auch die Angebote und Anforderungen dieser Umwelt an die Art.
- Vereinfacht kann man den Lebensraum eines Tieres mit der Adresse, die Nische mit dem **Beruf** eines Menschen vergleichen: Weil jede Art andere Nischen nutzt, können in einer Gemeinschaft viele Arten miteinander leben.
- Nach dem **Konkurrenzausschlussprinzip** können zwei Arten, welche die gleiche ökologische Nische bilden, nicht nebeneinander koexistieren. Selbst nahe verwandte Arten, die zur gleichen Gemeinschaft gehören, unterscheiden sich in einigen Faktoren, die für ihre Existenz wesentlich sind.
- Die **Fundamentalnische** einer Art entspricht dem optimalen Lebensraum der jeweiligen Art, wenn diese ihre Umwelt ohne Konkurrenten nutzen könnte. Die **realisierte Nische** einer Art ist ein Ausschnitt der Fundamentalnische, eingeschränkt durch Konkurrenten, Räuber und Parasiten.

Symbiose und Parasitismus

- **Symbiose** ist ein enges Zusammenleben artverschiedener Organismen zum gegenseitigen Vorteil.
- Das Leben auf der Erde ist in großem Maße durch **Kooperation** bestimmt:
 - Durch die Endosymbiose von Bakterien in Zellen von Archaeen entstanden Zellen mit Zellkernen, Mitochondrien und Plastiden.
 - Flechten sind Doppelwesen aus Pilz und Alge bzw. Cyanobakterium.
 - Knöllchenbakterien (*Rhizobium*) leben als Symbionten in Wurzelknöllchen der Leguminosen (Hülsenfrüchtler).
 - Mykorrhizen: Waldbäume leben in Symbiose mit Pilzen.
 - Menschen leben in Symbiose mit zahllosen Darmbakterien.
- Parasitismus ist mit einer Steigerung der Fitness des **Parasiten** auf Kosten der Fitness des Wirtes verbunden. Parasitismus ist eine besonders **erfolgreiche Lebensform**: Die überwiegende Zahl aller Lebewesen lebt parasitisch.
- Parasiten erwerben ihre Nahrung aus anderen Organismen; im Unterschied zu Räubern töten sie ihre Opfer nicht oder erst zu einem späten Zeitpunkt.
- Parasiten sind hoch spezialisierte Lebewesen. Ihr Habitat ist oft auf eine einzige Wirtsart beschränkt. Manche Parasiten leben während ihrer Entwicklung in verschiedenen Wirten.
- Man unterscheidet zwischen **Ektoparasiten** und **Endoparasiten**, je nachdem, ob sich der Parasit an oder in seinem Wirt aufhält.
- Parasiten haben eine wichtige **regulatorische Bedeutung** in Ökosystemen: Sie kontrollieren die Vermehrung ihrer Wirte und fördern die Mannigfaltigkeit.

Nahrungskette

- Das Konzept der **Nahrungskette** beschreibt Stoffflüsse im Ökosystem in vereinfachter und idealisierter Darstellung. In der Nahrungskette lebt jeweils das folgende Lebewesen vom Verzehr des vorhergehenden.
- Die **Trophie-Ebene** beschreibt die Stellung eines Lebewesens in der Nahrungskette:
 - **Produzenten** (Primärproduzenten) sind Pflanzen oder Cyanobakterien („Blualgen“). Sie ernähren sich **autotroph** („selbst ernährend“) durch Fotosynthese oder Chemosynthese.
 - **Primärkonsumenten** (Konsumenten 1. Ordnung) sind Pflanzenfresser.
 - **Sekundärkonsumenten** (Konsumenten 2. Ordnung) sind Fleischfresser oder Parasiten.
 - **Endkonsumenten** (Tertiärkonsumenten, Konsumenten 3. Ordnung) sind Fleischfresser oder Parasiten.
 - **Destruenten** leben von Detritus, z. B. Bakterien und Pilze.
 - Konsumenten und Destruenten ernähren sich **heterotroph** (von anderen Lebewesen).
- Besondere Bedeutung hat das Konzept der Nahrungskette im Zusammenhang mit der **Anreicherung von Schadstoffen**. Nicht abbaubare Stoffe (z. B. Schwermetall-Ionen, Chlorkohlenwasserstoffe) reichern sich in aufeinander folgenden Trophie-Ebenen an: Biomagnifikation. Der Mensch als Endkonsument unterliegt der Schadstoffanreicherung in der Nahrungskette, besonders durch die Muttermilch.
- Nahrungsbeziehungen sind meist verzweigt; kaum ein Lebewesen gehört nur einer einzigen Nahrungskette an. Die Nahrungsbeziehungen einer Lebensgemeinschaft gleichen eher einem Netz mit vielen Knoten. Sie können als **Nahrungsnetz** dargestellt werden.

Biomasse-Pyramiden

- Die quantitativen Verhältnisse einer Nahrungskette kann man in einer **Biomasse-Pyramide** darstellen. Sie vergleicht die Masse der Organismen aufeinander folgender trophischer Bereiche.
 - Die Biomasse nimmt mit steigender Trophieebene ab: Als Faustregel nimmt man an, dass die Primärkonsumenten $1/10$, die Sekundärkonsumenten $1/100$ der Masse der Produzenten besitzen.
- Konsumenten
3. Ordnung
Fleischfresser

Konsumenten
2. Ordnung
Fleischfresser

Konsumenten
1. Ordnung
Pflanzenfresser

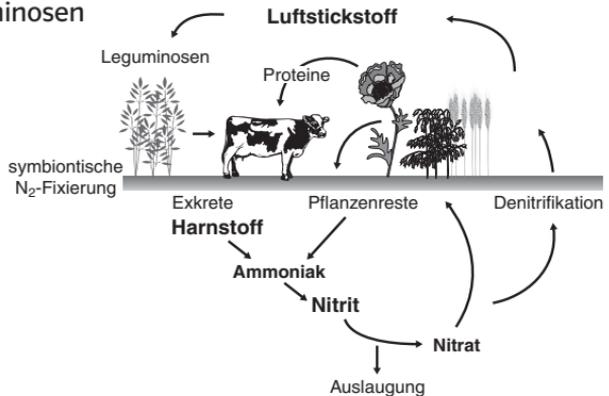
Produzenten:
Pflanzen
- Produktionspyramiden** geben ein Bild vom Energiefluss durch die Nahrungskette: Sie zeigen an, welche Biomasse pro Zeit von den einzelnen trophischen Stufen produziert wird.
 - Die Energieweitergabe in der Nahrungskette ist **ineffizient**. Der Anteil der Energie, der von einer trophischen Ebene zur nächsten weitergegeben wird, ist die ökologische Effizienz der Energieweitergabe. Ökologen gehen von einer durchschnittlichen Effizienz von 10% aus. Im Wald ist sie deutlich kleiner. Je weiter eine Population in der Nahrungskette von den Produzenten entfernt ist, desto knapper wird ihre Energiebasis.
 - Zwischen Biomasse und Produktion eines Ökosystems besteht kein unmittelbarer Zusammenhang: Die Biomasse der Gräser eines Graslandes ist viel kleiner als die der Bäume des Waldes; ihre Produktion dagegen ist um ein Mehrfaches höher.
 - In jedem Ökosystem ist die Zahl der trophischen Bereiche (die **Länge der Nahrungskette**) durch die Ineffizienz der Energieweitergabe begrenzt. Innerhalb jeder Trophiestufe begrenzt die zur Verfügung stehende Energie die Zahl der Organismen und deren Biomasse.

Energiefluss im Ökosystem

- Während sich die Stoffe in ständigem Kreislauf befinden, sind Ökosysteme in Bezug auf die Energie **offene Systeme**.
- Die Sonne ist die **Energiequelle** fast aller Ökosysteme. Produzenten wandeln die Lichtenergie in chemische Energie um. Die in den organischen Stoffen gebundene Energie wird von Stufe zu Stufe der Nahrungskette geringer, weil ein großer Teil der Energie in Form von Wärme an die Umwelt abgegeben wird.
- Alle Lebensvorgänge sind von **Energieumwandlungen** begleitet. Ohne Energieumwandlungen ist Leben nicht möglich. Bei allen diesen Umwandlungen gilt der erste Hauptsatz der Thermodynamik: Energie kann von einer Form in eine andere überführt werden; sie entsteht nicht neu und geht nicht verloren.
- Für jeden dieser Prozesse gilt aber auch der zweite Hauptsatz der Thermodynamik: Wird Energie von einer Form in eine andere umgewandelt, so wird ein Teil davon in Wärme überführt. Wärme ist eine Energieform, die im Ökosystem nicht wieder in andere Energieformen zurückgeführt werden kann. Sie geht als nutzbare Energie verloren. So wird beim Durchlaufen der Nahrungskette die gesamte Energie schließlich in Wärme umgewandelt. Wegen der Ineffizienz der Energieumwandlung bleiben Ökosysteme nur bei **dauernder Energiezufuhr** lebensfähig.
- Die Ineffizienz bei der Energieweitergabe in Nahrungsketten hat Folgen für die **Ernährungsstrategien der Menschheit**. In den Industrieländern wird ein großer Teil der pflanzlichen Produktion an Schlachttiere verfüttert. 70–90% der in den Pflanzen gespeicherten Energie gehen bei der Umwandlung für die Nahrungskette verloren.

Stoffkreisläufe im Ökosystem

- Atmung und Fotosynthese sind die zentralen Reaktionen des **Kohlenstoffkreislaufs**: In der Fotosynthese werden Kohlenhydrate aufgebaut. Die Rückführung des Kohlenstoffs in die Atmosphäre geht über Wege, die Minuten (Atmung der Pflanze) oder Jahrtausende (Bildung von Kohle oder Karbonatgestein) dauern. Biologische Stoffkreisläufe sind gekoppelt mit Vorgängen in der Geosphäre und Atmosphäre: **biogeochemische Zyklen**.
- Pflanzen benötigen neben CO_2 und H_2O eine Reihe anorganischer Ionen, z. B. Nitrat, Phosphat, Sulfat, Kalium und Kalzium. Diese Mineralstoffe bezeichnet man als Pflanzennährstoffe.
- Mineralsalze, die von den Pflanzen dem Boden entnommen werden, müssen diesem wieder zugeführt werden. Die **Mineralisation** übernehmen die Destruenten.
- Oft ist Stickstoff der limitierende Umweltfaktor für das Wachstum der Pflanzen. Ein Teil des Stickstoffbedarfs in Ökosystemen wird durch **Stickstoffkreisläufe** gedeckt: Destruenten mineralisieren organisch gebundenen Stickstoff zu Ammonium (Ammonifikation) und weiter zu Nitrit und Nitrat (Nitrifikation). Pflanzen assimilieren Nitrat, durch die Nahrungskette gelangt der Stickstoff in die Konsumenten. Knöllchenbakterien, die in Symbiose mit den Leguminosen leben, können Luftstickstoff assimilieren und damit Verluste ausgleichen, die durch Denitrifikation entstehen.



Nachhaltigkeit und das Prinzip der Rückführung

- Alle Elemente sind in begrenzten Mengen vorhanden. Durch ständige Rückführung (*recycling*) gibt es in natürlichen Ökosystemen weder Rohstoffmangel noch Müllprobleme. Der Abfall des einen Lebewesens wird zum Rohstoff für das andere. Das **Prinzip der Rückführung** ist allen Ökosystemen gemeinsam.
- Das **Konzept der Nachhaltigkeit** beschreibt die Nutzung eines Systems in einer Weise, dass dieses System in seinen wesentlichen Eigenschaften erhalten bleibt und sein Bestand auf natürliche Weise nachwachsen kann.
- Aus einem nachhaltig bewirtschafteten Wald wird nicht mehr Holz entfernt, als im gleichen Zeitraum nachwächst. Die Nutzung wird aus dem Vorrat und dem erwarteten Zuwachs abgeleitet. Das sorgt für fortdauernde, gleich bleibende Erträge und ist damit vorbildlich für landwirtschaftliche und industrielle Produktionsweisen, bei denen oft die Grundlagen der Produktion zerstört werden.
- **Ökologische Nachhaltigkeit** hat das Ziel, Natur und Umwelt für nachfolgende Generationen zu erhalten. Dazu gehören:
 - schonender Umgang mit den Ressourcen der Natur,
 - Erhalt der Artenvielfalt,
 - Schutz des Klimas und Pflege von Landschaftsräumen.
 - Rückführung von Abfällen zur Erzeugung neuer Produkte.
- Entwicklung zukunftsfähig zu machen, heißt, dass die gegenwärtige Generation ihre Bedürfnisse befriedigt, ohne die Fähigkeit der zukünftigen Generation zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse befriedigen zu können.

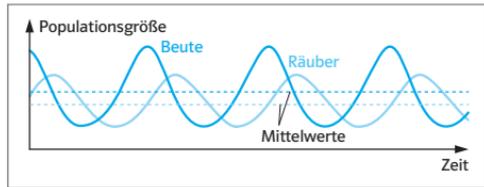
Wachstum und Regulation von Populationen

- Jeder Population steht ein begrenzter Raum und ein begrenztes Nahrungsangebot zur Verfügung. Auf Grund der **Ressourcenlimitierung** kann eine maximale Bestandsgröße nicht überschritten werden. Übernutzung des Lebensraumes lässt eine Population zusammenbrechen. Die Gesamtheit der Faktoren, die das Wachstum begrenzen, bezeichnet man als Umweltwiderstand.
- Die **Populationsdichte** (Individuenzahl je Flächeneinheit) wird durch Geburten- und Sterberate und Migration bestimmt.
- Der Kontrolle entzogenes Wachstum verläuft exponentiell. **Exponentielles Wachstum** ist durch konstante Verdoppelungszeiten gekennzeichnet. Stellt man exponentielles Wachstum graphisch dar, so erhält man eine Exponentialkurve.
- Wachstumsmodelle zeigen in der Anfangsphase einen exponentiellen Anstieg, dann wird das Wachstum langsamer, es hört auf, wenn die Kapazitätsgrenze erreicht wird: **logistisches Wachstum**.
- Die **Kapazität** ist das maximale Fassungsvermögen, die höchstmögliche Individuenzahl einer Population in einem Lebensraum. Sie ist abhängig von der Gesamtheit der Umweltfaktoren und der Fähigkeit der Lebewesen diese auszunutzen.
- Umweltfaktoren wie Nahrungsmangel, Gedrängefaktor oder Feinddruck, die Populationen dezimieren, wirken dichteabhängig: Sie treffen große Populationen stark, kleine verschonen sie weitgehend. **Dichteabhängige Faktoren** wirken damit als Regulatoren der Populationsgröße durch negative Rückkopplung.
- **Dichteunabhängig** wirken Klimafaktoren (Tauwetter im Frühjahr, Trockenheit) und Naturkatastrophen auf die Populationsgröße.

Räuber-Beute-Systeme

- Die Wirkung der dichteabhängigen Regulation wird modellhaft an Räuber-Beute-Systemen beschrieben. Populationsschwankungen in idealisierten Systemen, in denen sich *ein* Räuber von *einem* Beutetier ernährt, werden mathematisch analysiert und in den **Lotka-Volterra-Regeln** (Volterra-Regeln) ausgedrückt.
- Erste Volterra-Regel: Die **Populationsgrößen** von Räuber und Beute **schwanken periodisch**. Die Schwankungen der Räuberpopulation folgen zeitlich versetzt denen der Beutepopulation.

- Zweite Volterra-Regel: Die Größe der Räuber- und Beutepopulationen schwankt jeweils um einen **Mittelwert**. Die Größe der Mittelwerte



hängt von den Wachstums- und Schrumpfraten der Populationen, nicht aber von den Anfangsbedingungen ab.

- Mathematisch werden diese Zusammenhänge mit folgender Gleichung beschrieben:

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

(dN/dt = Wachstumsrate der Population je Zeiteinheit, N = Individuenzahl, r = Zuwachsrate, K = Umweltkapazität, maximale Größe einer Population)

- Die Volterra-Regeln gelten unter der Voraussetzung, dass zwischen den beiden Arten lediglich eine Räuber-Beute-Beziehung besteht und sonstige Umweltfaktoren zu vernachlässigen sind.
- Die dritte Lotka-Volterra-Regel beschreibt die Antwort eines Räuber-Beute-Systems auf eine **Störung**: Werden Räuber- und Beutepopulation gleichermaßen dezimiert, so erholt sich die Beutepopulation schneller als die Räuberpopulation.