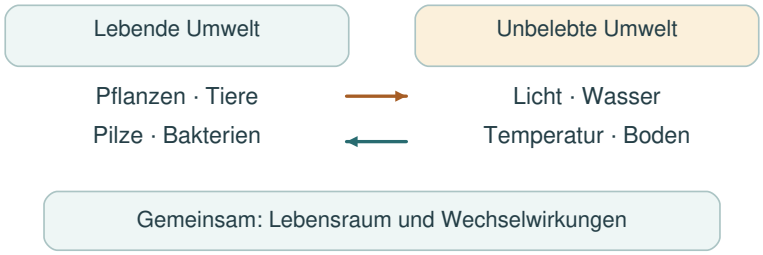
01 | WISSEN IM ZUSAMMENHANG

Ein Lebensraum ist ein Beziehungsnetz

Unter einer Eiche liegen Blätter. Raupen fressen an jungen Trieben, Vögel suchen Nahrung und Regenwürmer bearbeiten die Laubschicht. Gleichzeitig bestimmen Licht, Temperatur und Bodenfeuchte, welche Lebewesen dort gute Bedingungen finden.



Lebende und unbelebte Teile eines Waldökosystems beeinflussen sich. Die Darstellung nennt ausgewählte Beispiele und zeigt weder Größenverhältnisse noch alle Beziehungen.

1 · Lebewesen und Umwelt gehören zusammen

Ein **Ökosystem** umfasst die Lebensgemeinschaft und ihre unbelebte Umgebung samt ihren Wechselwirkungen. Der räumliche Lebensbereich heißt **Biotop**, die Gemeinschaft der Organismen **Biozönose**. Ein Teich, eine Wiese oder ein Wald kann als Ökosystem untersucht werden.

Zur unbelebten Umgebung gehören etwa Licht, Wasser, Temperatur und Mineralstoffe. Diese **abiotischen Faktoren** beeinflussen Wachstum und Überleben. Beziehungen zu anderen Lebewesen, etwa Nahrung, Konkurrenz oder Bestäubung, heißen **biotische Faktoren**. Beide Gruppen wirken gemeinsam.

2 · Eine Art lebt als Population

Alle Individuen einer Art in einem bestimmten Gebiet zur selben Zeit bilden eine **Population**. Ein Bestand kann durch Geburten und Zuwanderung wachsen. Sterbefälle und Abwanderung verringern ihn. Welche Entwicklung überwiegt, hängt von vielen Bedingungen ab.

Nahrung, Platz und Wasser sind begrenzt. Dadurch verändern sich Wachstumsraten. Eine **ökologische Nische** beschreibt die Ansprüche einer Art und ihre Beziehungen zur Umwelt. Dazu gehören beispielsweise bevorzugte Nahrung, Aktivitätszeiten und geeignete Temperaturen. Zwei Arten am selben Ort können unterschiedliche Ansprüche haben und deshalb verschiedene Teile des Lebensraums nutzen.

3 · Gemeinsam beobachten und vergleichen

Konkurrenz entsteht, wenn Organismen dieselbe begrenzte Ressource nutzen. Bei einer Beziehung mit gegenseitigem Nutzen profitieren beide Partner, etwa eine Blütenpflanze und ihr Bestäuber. Räuber ernähren sich von Beutetieren; auch diese Beziehung beeinflusst mehrere Bestände.

Eine Untersuchung vergleicht möglichst ähnliche Bedingungen. Miss zum Beispiel Bodenfeuchte und Licht an zwei Stellen und erfasse dort die Pflanzen. Wiederholte Beobachtungen helfen, Muster von einzelnen Zufällen zu unterscheiden. Ein Zusammenhang liefert anschließend eine Frage für weitere Untersuchungen. Dabei werden Beobachtung und mögliche Erklärung getrennt festgehalten.

Das gehört zusammen: Die Bedingungen am Standort beeinflussen Lebewesen. Lebewesen verändern zugleich ihre Umgebung. Ein Ökosystem entsteht aus diesem Zusammenspiel.

Öffne „Umwelt verändern“. Ändere nur das Wasserangebot, starte mit denselben Anfangswerten und vergleiche die Bestandskurven nach mehreren Modellschritten.

01 | ZUSAMMENHÄNGE VERTIEFEN

Veränderungen wirken mit Verzögerung

Von Trockenheit zu mehreren Beständen

1. Weniger verfügbares Wasser
Das Wachstum bestimmter Pflanzen wird begrenzt.

→

2. Veränderte Pflanzennahrung
Menge und Qualität der Nahrung können sich verändern.

→

3. Pflanzenfresser reagieren
Fortpflanzung, Überleben oder Wanderung können sich verschieben.

→

4. Folgen für Räuber
Auch ihr Nahrungsangebot kann sich zeitversetzt verändern.

Dies ist eine mögliche Wirkungskette. Stärke, Dauer und Richtung einzelner Folgen hängen von Arten und Umständen ab.

Ein Bestand reagiert nicht immer sofort auf eine veränderte Umwelt. Wird das Wasser knapp, kann zuerst das Pflanzenwachstum sinken. Erst später wird weniger Nahrung für Pflanzenfresser verfügbar. Wieder später kann sich dies auf Räuber auswirken. Eine solche Folge wird als **indirekte Wirkung** bezeichnet: Die Trockenheit verändert nicht nur unmittelbar die Wasserversorgung, sondern wirkt über Beziehungen im Nahrungsnetz weiter. Eine einzelne Messung kann diese Entwicklung leicht übersehen. Deshalb sind zeitliche Reihen und vergleichbare Ausgangsbedingungen wichtig. Auch Zuwanderung, Jahreszeiten und andere Nahrung können die Entwicklung beeinflussen.

Viele Arten gedeihen bei einem mittleren Bereich einer Umweltbedingung besonders gut. Das **Optimum** ist der günstige Bereich; es ist nicht automatisch der höchstmögliche Wert. Mehr Wasser kann einer trockenen Wiese helfen, dauerhaft überfluteter Boden kann für manche Pflanzen jedoch problematisch sein. Unterschiedliche Arten besitzen unterschiedliche Ansprüche. Die ökologische Nische beschreibt daher mehr als den Aufenthaltsort. Zwei Vögel im selben Wald können verschiedene Nahrung suchen oder zu verschiedenen Zeiten aktiv sein. Ihre räumliche Nähe bedeutet nicht, dass sie alle Ressourcen gleichermaßen nutzen.

Eine Modelluntersuchung verändert möglichst nur einen Faktor. Zeigt sich danach ein Unterschied, entsteht eine begründete Vermutung über die Ursache. In der Natur sind Bedingungen häufig miteinander verknüpft. Ein sonniger Standort kann zugleich wärmer und trockener sein. Für belastbare Erklärungen braucht es deshalb wiederholte Messungen und Vergleiche. Modelle ordnen mögliche Zusammenhänge; Beobachtungen zeigen, wie gut sie im untersuchten Lebensraum passen.

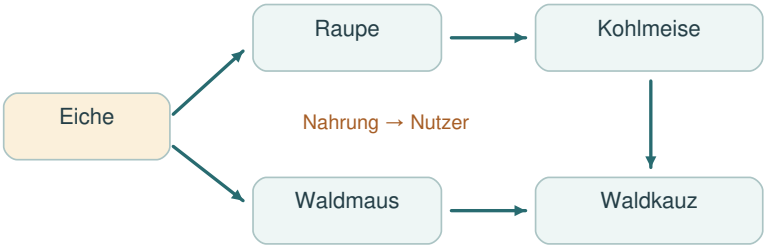
Ein fairer Vergleich
Starte zwei Modellverläufe mit denselben Anfangsbeständen. Ändere im zweiten Lauf nur das Wasserangebot. Vergleiche nach derselben Zahl an Schritten alle drei Kurven. So prüfst du eine konkrete Frage. Wenn gleichzeitig auch Licht und Räuberbestand verändert werden, lässt sich ein Unterschied schwerer einer Ursache zuordnen.

Genau unterscheiden
Häufige Verwechslung: Mehr von einem Umweltfaktor ist immer besser.
So stimmt es: Viele Arten haben einen günstigen Bereich. Sowohl zu wenig als auch zu viel Wasser oder eine ungeeignete Temperatur können Wachstum und Überleben begrenzen.

02 | WISSEN IM ZUSAMMENHANG

Nahrung verbindet Stoffe und Energie

Ein Eichenblatt wird von einer Raupe gefressen. Eine Kohlmeise kann diese Raupe erbeuten. Mit jeder Mahlzeit gelangen Stoffe und darin gespeicherte chemische Energie weiter. Mehrere solcher Wege bilden gemeinsam ein Nahrungsnetz.



Ausgewählte Nahrungswege im Wald: Die Pfeile führen von der Nahrung zum Nutzer. Der Waldkauz verbindet zwei Nahrungsketten. Weitere Beute- und Nahrungspfade bleiben hier vereinfacht.

4 · Produzenten bauen organische Stoffe auf

Grüne Pflanzen und Algen nutzen bei der **Fotosynthese** Lichtenergie. Aus Kohlenstoffdioxid und Wasser entstehen energiereiche organische Stoffe. Dafür benötigen sie außerdem Mineralstoffe und geeignete Bedingungen. Solche Organismen heißen **Produzenten**.

Organische Stoffe dienen als Baustoffe und als Ausgangsstoffe für die Energieversorgung. Tiere nehmen sie mit Nahrung auf. Als **Konsumenten** nutzen sie Pflanzen, andere Tiere oder organische Reste. Ein Allesfresser kann dabei Nahrung aus mehreren Ernährungsstufen aufnehmen. Seine Position im Netz hängt davon ab, welche Nahrung auf dem betrachteten Weg genutzt wird.

5 · Ein Nahrungsnetz hat viele Wege

Eine **Nahrungskette** zeigt einen ausgewählten Weg, etwa Eiche → Raupe → Kohlmeise. Der Pfeil führt von der Nahrung zu dem Organismus, der sie nutzt. Ein **Nahrungsnetz** verbindet mehrere Ketten. Eine Waldmaus nutzt Eicheln; sie kann selbst einem Waldkauz als Nahrung dienen.

Die Bedeutung einer Art ergibt sich aus ihren Verbindungen. Verändert sich ein Nahrungsangebot, können andere Beziehungen mitbetroffen sein. Die Stärke und Richtung solcher Folgen hängen vom gesamten Netz und von den Umweltbedingungen ab.

6 · Energie fließt durch Ernährungsstufen

Bei der **Zellatmung** wird chemische Energie für Lebensvorgänge nutzbar. Dabei wird auch Wärme an die Umgebung abgegeben. Weitere Energie bleibt in ungenutzter Nahrung oder gelangt mit Resten zu anderen Organismen. Nur ein Teil erreicht die nächste betrachtete Ernährungsstufe.

Ein Rechenmodell nimmt beispielsweise 10 % Weitergabe an: Aus 10 000 kJ werden 1 000 kJ, danach 100 kJ. Dieser Anteil ist eine vereinfachte Annahme. In der Natur unterscheiden sich die Werte zwischen Arten, Nahrung und Bedingungen.

Das gehört zusammen: Produzenten binden Lichtenergie in organischen Stoffen. Nahrungsbeziehungen geben Stoffe und Energie weiter; auf jedem Weg wird Energie verteilt und als Wärme abgegeben.

Wähle „Nahrungsnetz“ und den Lebensraum „Wald“. Verbinde erst Nahrung und Nutzer. Prüfe anschließend unter „Energiefluss“, wie der Weitergabeanteil die nächsten Stufen verändert.

02 | ZUSAMMENHÄNGE VERTIEFEN

Ein Nahrungsnetz ist mehr als eine Reihe

Eine Modellrechnung zur Weitergabe

1. Produzenten: 10 000 kJ
Ausgangsenergie des betrachteten Nahrungspfads.

→

2. Pflanzenfresser: 1 000 kJ
Bei 10 % Weitergabe: 10 000 kJ · 0,10.

→

3. Räuber: 100 kJ
Bei erneut 10 % Weitergabe: 1 000 kJ · 0,10.

Die Zahlen nutzen einen angenommenen Weitergabeanteil. 10 % ist kein fester Naturwert für alle Nahrungsbeziehungen.

Eine Nahrungskette verfolgt nur einen möglichen Weg. Ein **Nahrungsnetz** verbindet mehrere Wege, weil viele Tiere verschiedene Nahrung nutzen und selbst mehreren anderen Arten als Nahrung dienen. Dadurch kann sich die Bedeutung einer Verbindung verändern: Fehlt eine Nahrungsquelle, nutzen manche Tiere eine andere. Das ist jedoch nur möglich, wenn passende Nahrung tatsächlich verfügbar ist. Auch der Zeitpunkt zählt. Ein Nahrungsangebot kann für Jungtiere besonders wichtig sein, obwohl erwachsene Tiere mehr Auswahl haben. Das Netz zeigt daher Beziehungen; es erklärt ohne weitere Angaben noch nicht, wie stark jede Beziehung wirkt.

Mit der Nahrung werden Stoffe und chemisch gespeicherte Energie übertragen. Ein Tier baut einen Teil der aufgenommenen Stoffe in seinen Körper ein. Einen anderen Teil nutzt es für die Energieversorgung durch Zellatmung. Dabei wird Wärme abgegeben. Nicht alles wird gefressen oder verdaut; Reste und Ausscheidungen gelangen zu weiteren Organismen. Deshalb nimmt die für die nächste betrachtete Ernährungsstufe verfügbare Energiemenge ab. **Energie wird umgewandelt**, nicht einfach vernichtet. Die Wärme steht dem Nahrungsnetz jedoch nicht wieder in derselben nutzbaren Form zur Verfügung.

Eine Energiepyramide betrachtet Energiemengen innerhalb eines bestimmten Zeitraums und Gebiets. Sie ist keine einfache Zählung von Tieren. Viele kleine Tiere können zusammen weniger Körpermasse besitzen als wenige große. Auch Körpermasse und Energieübertragung sind verschiedene Größen. Beim Vergleichen musst du deshalb immer prüfen: Zeigt die Grafik Individuenzahl, Biomasse oder Energie, und welche Einheit gehört dazu?

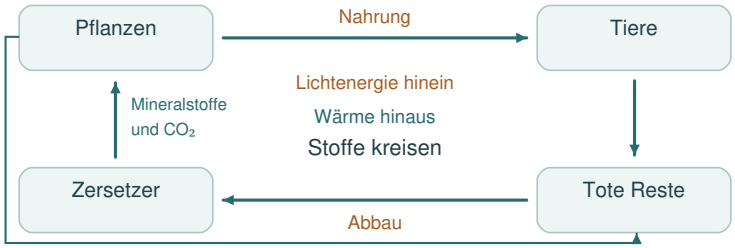
Pfeile bedeuten eine Übertragung
Der Pfeil Eiche → Raupe bedeutet: Die Raupe nutzt Stoffe und Energie aus der Eiche. Er zeigt deshalb von der Nahrung zum Nutzer. Verfolgt man anschließend Raupe → Kohlmeise, entsteht eine ausgewählte Kette. Weitere Nahrungspfade erweitern sie zum Netz; die Pfeile bedeuten keine Jagdrichtung.

Genau unterscheiden
Häufige Verwechslung: Energie kreist wie ein Stoff immer wieder zum Anfang zurück. **So stimmt es:** Stoffe können erneut aufgenommen werden. Nutzbare Energie wird unterwegs unter anderem als Wärme abgegeben; das Ökosystem benötigt daher fortlaufend neue Energiezufuhr.

03 | WISSEN IM ZUSAMMENHANG

Stoffkreisläufe halten Beziehungen in Gang

Das Laub vom Herbst wird nach und nach verarbeitet. Aus seinen Stoffen können später wieder Bestandteile einer Pflanze werden. Dafür wirken Tiere, Pilze, Bakterien, Wasser und chemische Vorgänge im Boden zusammen.



Vereinfachter Stoffkreislauf mit eigener Energiezufuhr. Reste entstehen auf allen Ernährungsstufen. Auch Pflanzen, Tiere und Zersetzer geben bei der Zellatmung CO_2 und Wärme ab.

7 · Abbau macht Stoffe wieder verfügbar

Detritus bezeichnet abgestorbenes organisches Material und Ausscheidungen. Tiere wie Regenwürmer zerkleinern und verarbeiten solche Reste samt den daran lebenden Mikroorganismen. Viele Pilze und Bakterien bauen organische Verbindungen weiter ab. Sie heißen **Zersetzer**.

Dabei werden Mineralstoffe verfügbar, die Pflanzen gelöst über ihre Wurzeln aufnehmen. Bei der Zellatmung der Bodenorganismen entsteht auch Kohlenstoffdioxid. Temperatur, Feuchtigkeit und Sauerstoffangebot beeinflussen den Abbau. Boden verbindet so Lebensraum, Wasserspeicher und Stoffumwandlung.

8 · Stoffe durchlaufen Kreisläufe

Kohlenstoff gelangt bei der Fotosynthese aus CO_2 in organische Stoffe. Durch Nahrung wird er weitergegeben. Pflanzen, Tiere und viele Mikroorganismen setzen bei der Zellatmung wieder CO_2 frei. Einige Kohlenstoffverbindungen bleiben längere Zeit im Boden gespeichert.

Auch Wasser und Mineralstoffe wechseln zwischen Organismen und Umgebung. **Stoffkreisläufe** beschreiben diese Wege. Energie fließt dagegen gerichtet: In vielen Ökosystemen liefert die Sonne neue Energie, während Wärme abgegeben wird.

9 · Veränderungen brauchen mehrere Blickrichtungen

Trockenheit kann Pflanzenwachstum verringern und damit Nahrung für Tiere verändern. Zusätzliche Nährstoffe können in Gewässern starkes Algenwachstum fördern. Beim anschließenden Abbau wird Sauerstoff verbraucht. Eine einzelne Veränderung kann also mehrere miteinander verbundene Vorgänge auslösen.

Biologische Vielfalt umfasst Unterschiede innerhalb von Arten, zwischen Arten und zwischen Lebensräumen. Diese Vielfalt beeinflusst, wie ein Ökosystem auf Veränderungen reagiert. Schutzmaßnahmen berücksichtigen deshalb Lebensräume, Beziehungen und Umweltbedingungen gemeinsam. Modelle liefern prüfbare Vermutungen; Messungen prüfen sie am untersuchten Ort.

Das gehört zusammen: Atome werden in neuen Stoffen erneut verwendet. Energie wird fortlaufend zugeführt, verteilt und als Wärme abgegeben. Beide Betrachtungen erklären gemeinsam das Ökosystem.

Fachbücher und Quellen stehen auf Seite 7. Die Onlinefassung verlinkt außerdem die passenden Lehrbuchkapitel.

03 | ZUSAMMENHÄNGE VERTIEFEN

Boden verbindet Abbau, Speicherung und neues Wachstum

Ein vereinfachter Weg des Kohlenstoffs

1. CO_2 in der Umgebung
Pflanzen nehmen Kohlenstoff für die Photosynthese auf.

→

2. Organische Stoffe
Kohlenstoff wird in Pflanzenkörper und Nahrung eingebaut.

→

3. Reste und Bodenleben
Abgestorbenes Material wird umgebaut oder länger gespeichert.

→

4. Zellatmung
Pflanzen, Tiere und viele Mikroorganismen geben CO_2 ab.

Zurück zum Ausgangspunkt: Der Ablauf beginnt erneut.

Der Kreislauf zeigt nur ausgewählte Wege. CO_2 entsteht durch Zellatmung auf mehreren Stufen; im Boden bleibt auch Kohlenstoff gespeichert.

Abgestorbene Blätter verschwinden nicht plötzlich. Zunächst zerkleinern Tiere und andere Einflüsse das Material. Bakterien und Pilze bauen organische Verbindungen weiter um. Ein Teil wird in ihre eigenen Körper eingebaut, ein Teil bei der Zellatmung genutzt. Dabei gelangen Kohlenstoffverbindungen unter anderem als CO_2 in die Umgebung. Zugleich werden Mineralstoffe verfügbar. Die Geschwindigkeit hängt von Feuchtigkeit, Temperatur, Sauerstoff und der Zusammensetzung des Materials ab. Ein trockenes Blatt und ein weiches, feuchtes Pflanzenstück können deshalb verschieden schnell abgebaut werden. **Zersetzung** ist ein Zusammenspiel vieler Vorgänge und Organismen.

Nicht jeder Kohlenstoff gelangt sofort zurück in die Luft. Ein Teil bleibt längere Zeit in organischem Bodenmaterial gespeichert. Solche **Speicher** und die Wege zwischen ihnen gehören zu einem Stoffkreislauf. Der Kreislauf ist also kein Förderband mit überall gleicher Geschwindigkeit. Pflanzen nehmen Kohlenstoff vor allem als CO_2 auf und bauen ihn in organische Stoffe ein. Für Mineralstoffe nutzen sie dagegen vor allem gelöste Teilchen aus dem Boden. Diese Wege darf man nicht zu der Aussage verkürzen, Wurzeln würden fertigen Humus als Nahrung einsaugen.

Der Zusammenhang erklärt auch Veränderungen in Gewässern. Zusätzliche Nährstoffe können starkes Algenwachstum begünstigen. Sterben viele Algen ab, kann ihr Abbau viel gelösten Sauerstoff verbrauchen. Tiere mit hohem Sauerstoffbedarf geraten dann unter Druck. Diese mögliche Folge heißt **Eutrophierung**. Menge, Zeitpunkt und örtliche Bedingungen entscheiden über die Auswirkungen. Lebensraumschutz betrachtet deshalb Stoffeinträge, Lebensgemeinschaften und die Verbindungen zwischen Wasser, Boden und Luft gemeinsam.

Warum viele Algen zum Problem werden können
Ein Gewässer erhält zusätzliche Nährstoffe. Zunächst wachsen möglicherweise mehr Algen. Wenn viel davon abstirbt, steigt die Menge des abbaubaren Materials. Sauerstoffverbrauchende Organismen können beim Abbau den Sauerstoffgehalt senken. Eine Beobachtung von grünem Wasser allein erklärt den gesamten Verlauf jedoch noch nicht.

Genau unterscheiden
Häufige Verwechslung: Zersetzer stellen neue Energie für den Kreislauf her.
So stimmt es: Zersetzer nutzen chemische Energie aus organischen Stoffen und geben Wärme ab. Sie machen Stoffe wieder verfügbar, erzeugen aber keine Energie aus dem Nichts.

Wissen anwenden und weiterdenken

Drei ergänzende Entdeckeraufträge. Erkläre deine Beobachtungen mit den Zusammenhängen aus dem Wissenstext.

1 · Umwelt verändern

Ausprobieren: Tippe „Ausgangssituation“. Verändere nur „Wasserangebot“ und nutze „Zehn Schritte“. Starte für den Vergleich wieder mit denselben Anfangswerten.

Beobachten: Verändern sich Produzenten, Pflanzenfresser und Räuber gleichzeitig oder zeitversetzt?

Erklären: Welche Folgen sind unmittelbar durch Wasser erklärbar, welche laufen über Nahrung weiter?

Modellgrenze: Die Werte sind fiktive Bestandsindizes, keine Tierzahlen. Das Grundmodell ersetzt keine Vorhersage für einen bestimmten Wald oder Teich.

2 · Nahrungsnetz

Ausprobieren: Wähle „Wald“. Verbinde Nahrung und Nutzer. Öffne danach „Energiefluss“, stelle 10 000 kJ und 10 % Weitergabe ein und vergleiche die Stufen.

Beobachten: In welche Richtung verlaufen die Pfeile? Welche Werte verändern sich, wenn du nur den Weitergabeanteil erhöhst?

Erklären: Warum kann eine Nahrungskette die Stoffweitergabe zeigen, ohne einen Energiekreislauf zu bilden?

Modellgrenze: Die Blockbreiten sind keine maßstäblichen Energiemengen. Der Weitergabeanteil ist eine frei gewählte Modellannahme.

3 · Stoffkreislauf

Ausprobieren: Gehe mit „Nächste Station“ durch den Kreislauf. Vergleiche danach unter „Umwelt verändern“ zwei gleiche Ausgangslagen mit und ohne „Zersetzer aktiv“.

Beobachten: Welche Stoffe werden wieder verfügbar? Welche Folgen zeigt das Modell für die Bestände?

Erklären: Weshalb können Stoffe im Kreislauf bleiben, während ständig neue nutzbare Energie benötigt wird?

Modellgrenze: Das Modell fasst verschiedene Stoffkreisläufe zusammen. Speicherung im Boden und reale Abbauzeiten werden nicht vollständig dargestellt.

Interaktive Werkstatt öffnen →

Fachliche Quellen und weiterführende Literatur

Biology 2e