

**Pädagogisches Zentrum
Rheinland-Pfalz
Bad Kreuznach**



PZ-Information 9/2004

Naturwissenschaften

Grundlagen der Ökologie

**Handreichung für das Wahlpflichtfach
Mathematik-Naturwissenschaften der
Realschule und für den fachübergreifenden
projektorientierten Unterricht**

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1	<u>Vorbemerkungen</u>	1
1.1	<u>Konzeption der Handreichung</u>	1
1.2	<u>Hinweise zur ökologischen Freilandarbeit</u>	7
2	Unterrichtspraktischer Teil	9
2.1	<u>Die Vielzahl der Lebewesen lässt sich ordnen</u>	9
2.2	<u>Lebewesen sind an ihre Umgebung angepasst</u>	12
2.3	<u>Komponenten eines Ökosystems</u>	14
2.4	<u>Nahrungsbeziehungen in einem Ökosystem</u>	15
2.5	<u>Zwischen den Gliedern einer Nahrungskette besteht ein Gleichgewicht</u>	18
2.6	<u>Lebewesen kommunizieren miteinander</u>	22
2.7	<u>Recycling ist eine Erfindung der Natur</u>	26
2.8	<u>Bewegung – Kennzeichen des lebenden Organismus</u>	30
2.9	<u>Energiefluss durch das Ökosystem</u>	33
2.10	<u>Ausgewählte Ökosysteme: Wiese – Hecke – Acker</u>	35

1 Vorbemerkungen

1.1 Konzeption der Handreichung

Ziel des Unterrichts im Fach Mathematik-Naturwissenschaften der Klassenstufen 9 und 10 der Realschule ist es, die Schülerinnen und Schüler ...

„... an grundlegende mathematisch-naturwissenschaftliche Methoden und Inhalte heran[zu]führen, mit deren Hilfe komplexe Wirkungsgefüge in der belebten und unbelebten Umwelt des Menschen erkannt werden können. Dabei kommt der Analyse natürlicher und technischer Systeme unter kybernetischen Gesichtspunkten besondere Bedeutung zu.“

Lehrplan für das Wahlpflichtfach Mathematik-Naturwissenschaften (Klassen 9 und 10) an Realschulen

Diesem Anspruch des Lehrplans versucht das nachfolgend beschriebene Unterrichtskonzept gerecht zu werden. Die im Lehrplan ausgewiesenen Grundsätze zur Unterrichtsgestaltung wurden bei der Erstellung der Arbeitsmaterialien berücksichtigt. Zur Erkenntnisgewinnung im Unterricht werden - soweit möglich - fachspezifische Methoden wie Beobachten, Beschreiben, Untersuchen, Experimentieren, Klassifizieren usw. herangezogen.

Zur Erarbeitung einzelner Themenbereiche sind Freilanduntersuchungen im Nahraum der Schule wünschenswert (Hinweise zur ökologischen Freilandarbeit folgen weiter unten). In Abhängigkeit vom Schulstandort, aber auch aus anderen Gründen, wird es jedoch nicht immer möglich sein, im Freiland zu arbeiten. Hier weist die Handreichung Alternativen auf. Allerdings sollte der Einsatz von Filmen u. Ä. immer die zweite Wahl sein. Ersatzweise können einzelne Themen auch im Rahmen kleinerer oder größerer Projekte erarbeitet werden. Zu einigen Lerninhalten, die regulär im planmäßigen Biologieunterricht der Klassen 5 - 10 behandelt werden, sind keine Materialien beigefügt. Hier verweisen wir auf Vorschläge aus dem eingeführten Biologiebuch und die teilweise sehr detaillierten Materialien aus den entsprechenden Lehrerhandbüchern oder Fachzeitschriften.

Die Handreichung greift die im Lehrplan ausgewiesenen Lerninhalte bzw. Lernschwerpunkte in zehn Themenfeldern auf. In der Regel haben diese Themenfelder Berührungspunkte, so dass sich vielfache Möglichkeiten zur Vertiefung und Festigung bereits behandelter Lerninhalte ergeben (siehe Übersicht). Einige Themenfelder können nur in einer bestimmten Abfolge behandelt werden, d. h., ihre unterrichtliche Behandlung setzt die Kenntnis bestimmter Lerninhalte voraus. Andere wiederum sind inhaltlich von anderen Themenfeldern unabhängig. Wie umfassend die einzelnen Themenfelder behandelt werden, hängt vom Interesse der Schülerinnen und Schüler, der Intention des Unterrichtenden und der Gesamtkonzeption der Schule für das Wahlpflichtfach Mathematik-Naturwissenschaften in den Klassenstufen 9 und 10 ab.

Die Themenfelder sind wie folgt überschrieben:

- Die Vielzahl der Lebewesen lässt sich ordnen
- Lebewesen sind an ihre Umgebung angepasst
- Komponenten eines Ökosystems
- Nahrungsbeziehungen in einem Ökosystem
- Zwischen den Gliedern einer Nahrungskette besteht ein Gleichgewicht
- Lebewesen kommunizieren miteinander
- Recycling ist eine Erfindung der Natur
- Bewegung - Kennzeichen des lebenden Organismus
- Energiefluss durch das Ökosystem
- Ausgewählte Ökosysteme: Wiese - Hecke – Acker

Für eine umfassende Umsetzung aller Themenbereiche in der Klassenstufe 10 muss mit Sicherheit, unter der Voraussetzung, dass das Wahlpflichtfach in der Klassenstufe 10 nur mit drei Wochenstunden unterrichtet wird, ein Schulhalbjahr angesetzt werden. Da bei einigen Themenbereichen nach Möglichkeit im Freiland gearbeitet werden sollte, spielt natürlich die Wahl der Jahreszeit eine nicht unbedeutende Rolle.

Nachfolgend ist eine Aufstellung beigefügt, aus der entnommen werden kann, welchem der zehn Themenfelder die im Lehrplan ausgewiesenen Lernziele zugewiesen sind.

Sachkompetenz	Methoden- und Sozialkompetenz	Hinweise	Verweise auf andere Lehrpläne	Themenfelder der Handreichung
<p><i>Bausteine</i></p> <p>Art</p> <p>Artenkenntnis</p>	<p>Tiere und Pflanzen gezielt beobachten, Unterscheidungskriterien entwickeln und Arten voneinander unterscheiden</p> <p>Arten wiedererkennen und mit ausgewählten Hilfen unbekannte Arten bestimmen können</p>	<p>Begriffe: Individuum - Art - Population</p> <p>Bestimmung der Arten nach Bestimmungshilfen (Abbildungen, binäre Schlüssel)</p>	<p>Bio: 7.1 Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und Tieren und unbelebter Natur in einem Ökosystem</p> <p>Bio: 1.2 Vielfalt der Pflanzen und deren Ordnung</p> <p>Bio: 7.1 Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und Tieren und unbelebter Natur in einem Ökosystem</p>	<p>- Die Vielzahl der Lebewesen lässt sich ordnen</p> <p>- Die Vielzahl der Lebewesen lässt sich ordnen</p>
<p><i>Wechselwirkungen</i></p> <p>Wirkung abiotischer Faktoren auf Körperbau und Lebensweise von Pflanzen und Tieren</p>	<p>Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge durch (Modell-) Experimente untersuchen</p>	<p>Wasser, Luftbewegung, Temperatur, Bodenzusammensetzung; Vergrößerung bzw. Verkleinerung der Oberfläche, Verdunstungsschutz</p> <p>Umweltbedingte Anpassung (Modifikation), genetische Anpassung (Mutation); Konvergenz bei der Entwicklung von Organen bei verschiedenen Arten.</p>	<p>Bio: 7.1 Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und Tieren und unbelebter Natur in einem Ökosystem</p> <p>Bio: 7.1 Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und Tieren und unbelebter Natur in einem Ökosystem</p> <p>Bio: 10.2 Nachkommen gleichen ihren Eltern</p> <p>Bio: 10.5 Evolution</p>	<p>- Lebewesen sind an ihre Umgebung angepasst</p> <p>- Lebewesen sind an ihre Umgebung angepasst</p>

Sachkompetenz	Methoden- und Sozialkompetenz	Hinweise	Verweise auf andere Lehrpläne	Themenfelder der Handreichung
Wechselwirkungen zwischen Organismus und belebter Umwelt mit positiver Wirkung	Auf der Grundlage von Beobachtungen auf Wechselwirkungen zwischen Lebewesen schließen; Modellversuche entwickeln und durchführen	Probiotisch (Samenverbreitung) symbiotisch (dto., Blütenbestäubung), Symbiose (Mykorrhiza, Leguminosen, Flechten)	Bio: 1.3 Verbreitung von Früchten und Samen Bio: 1.2 Vielfalt der Pflanzen und deren Ordnung	- Nahrungsbeziehungen in einem Ökosystem
Wechselwirkung zwischen Organismus und belebter Umwelt mit negativer Wirkung	Beobachtungen im Freiland in größere Zusammenhänge einordnen bzw. in vorgegebene Modelle einbringen	Einwirkung von Feinden: räuberisch lebende Tiere, Parasiten (Schlupfwespen, Blattläuse, Gallen), Krankheitserreger (Pilze); Einwirkung von Konkurrenten (Nahrung, Brutplätze usw.).		- Nahrungsbeziehungen in einem Ökosystem
<i>Strukturen von Ökosystemen</i> räumliche Strukturen	Vertikale und horizontale Strukturen erkennen und (zeichnerisch) darstellen können	Beispiele: Stockwerke des Waldes; Zonen in stehenden und fließenden Gewässern	Bio: 7.1 Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und Tieren und unbelebter Natur in einem Ökosystem	- Ausgewählte Ökosysteme: Wiese - Hecke - Acker
	Untersuchungen zur Präsenz und Häufigkeit einer Art durchführen	Kartierung der Pflanzen auf einer Wiese	Bio: 7.1 Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und Tieren und unbelebter Natur in einem Ökosystem	- Ausgewählte Ökosysteme: Wiese - Hecke - Acker
zeitliche Strukturen	Jahreszeitlich bedingte periodische Vorgänge beobachten, deuten und darstellen	Jahreszeitliche Veränderung eines Laubbaums; Migration (z. B. Vogelzug)	Bio: 4. Vögel	

Sachkompetenz	Methoden- und Sozialkompetenz	Hinweise	Verweise auf andere Lehrpläne	Themenfelder der Handreichung
gesellschaftliche Strukturen	Lebensvorteile durch Bildung gesellschaftlicher Strukturen beurteilen	Paarbildung bei der Fortpflanzung, Rangordnung in Herden, Arbeitsteilung in Tierstaaten	Bio: 2.1 Wildtiere Bio: 2.2 Haustiere	
<i>Prozesse in Ökosystemen</i> Materieflüsse	Nahrungsketten, -netze und -kreisläufe unter dem Gesichtspunkt des Massenflusses untersuchen und darstellen Aus experimentellen Untersuchungen auf Stoffkreisläufe schließen	Kreislauf: Produzenten - Konsumenten (versch. Ordnungen) - Destruenten; autotroph - heterotroph; Biomassenumsatz, Nahrungspyramide. Kohlenstoff-, Sauerstoff-, Stickstoffkreislauf	Bio: 7.1 Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und Tieren und unbelebter Natur in einem Ökosystem Bio: 7.1 Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und Tieren und unbelebter Natur in einem Ökosystem	- Komponenten eines Ökosystems - Recycling ist eine Erfindung der Natur
Energieflüsse	Nutzung und Entwertung von Energie in Nahrungsketten untersuchen und auswerten.	Wärmehaushalt (z. B. Keimung, Haarwechsel, Winterstarre); Energieflussdiagramm	Bio: 3.3 Reptilien Bio: 2. Umgang mit Tieren und ihren Lebensansprüchen	- Energiefluss durch das Ökosystem
Informationsflüsse	Techniken des Informationsaustausches zwischen Lebewesen beobachten	Optische, akustische und chemische Signale (z. B. Fell- und Gefiederfärbung, Vogelgesang, Duftstoffe)	Bio: 4. Vögel Bio: 2.2 Haustiere	- Lebewesen kommunizieren miteinander

Sachkompetenz	Methoden- und Sozialkompetenz	Hinweise	Verweise auf andere Lehrpläne	Themenfelder der Handreichung
<i>Steuerungen und Regelungen</i>				
Wachstum von Individuen und Populationen	Bedingungen des Wachstums von Pflanzen untersuchen	Gesetz vom Minimum (Versuche mit Gartenkresse und Bohnen)		- Recycling – eine Erfindung der Natur
	Faktoren für das Wachstum von Populationen in Modellversuchen darstellen	Untersuchungen an Blattlauspopulationen oder an Populationen von <i>Euglena gracilis</i>		- Zwischen den Gliedern der Nahrungskette besteht ein Gleichgewicht
Bewegungen	Auslösung von Bewegungen bei Individuen (Pflanzen und Tieren) experimentell untersuchen	Durch Licht und Schwerkraft gesteuerte Bewegungen (Klinostat)		- Bewegungen - Kennzeichen des lebenden Organismus
	Populationsbewegungen beobachten oder als Modellversuch planen und durchführen	Gründe: Nahrungsmangel, Übervölkerung		
Biologisches Gleichgewicht	Simulationen zum biologischen Gleichgewicht durchführen und auswerten	Planspiele; Computersimulation		- Zwischen den Gliedern der Nahrungskette besteht ein Gleichgewicht
Künstlich vereinfachtes Ökosystem (Ackerland)	Ständige Steuerung des Stoff- und Energieflusses an ausgewählten Beispielen untersuchen und modellhaft darstellen	Düngung, Zurückdrängen unerwünschter Pflanzen und Tiere		- Energiefluss durch das Ökosystem - Recycling – eine Erfindung der Natur

1.2 Hinweise zur ökologischen Freilandarbeit

Durch die ausgewählten Unterrichtsinhalte sollen den Schülerinnen und Schülern Kenntnisse und Einsichten der Ökologie vermittelt werden. Die Unterrichtsinhalte wenden sich vor allem an den kognitiven Bereich. Um auch den affektiven Bereich zu fördern, ist Freilandarbeit unverzichtbar. Sie fördert darüber hinaus das eigenständige Tun der Schülerinnen und Schüler und trägt mit dazu bei, dass im schonenden Umgang mit der Natur das Umweltbewusstsein verbessert wird.

Ein Grund dafür, dass Freilandarbeit bei Kolleginnen und Kollegen in der Regel wenig beliebt ist, ist der, dass sie mit einer etwas aufwendigeren Unterrichtsplanung verbunden ist. Daher sind nachfolgend einige Planungskriterien aufgeführt.

Die Arbeit im Freiland muss gründlich vorbereitet werden. Neben rein formalen Überlegungen wie der Anmeldung des Unterrichtsganges bei der Schulleitung, der Information von Kolleginnen und Kollegen und unter Umständen auch der Eltern, spielt vor allem die inhaltliche Vorbereitung eine wichtige Rolle.

Die inhaltliche Vorbereitung beginnt mit der Sichtung geeigneter Literatur und eventuell der Suche nach außerschulischen Fachleuten, die mit Informationen weiterhelfen oder in das Unterrichtsvorhaben einbezogen werden können (z. B. erfahrene Fachlehrkräfte, Informanten vom BUND, aus der Verwaltung, vom NABU).

Unerlässlich ist die rechtzeitige Erkundung des Untersuchungsgebietes: Welche besonderen oder typischen Gegebenheiten weist das Gebiet auf? Welche Organismen kommen dort vor? Ist es durch anthropogene Einflüsse gestört, kann die Untersuchung später gestört werden? Wie groß sollte das Untersuchungsgebiet sein, so dass es weder überfordert noch unzureichende Ergebnisse liefert?

Spezielle Arbeitsmethoden für die Arbeit im Freiland müssen im Unterricht vorbereitet werden, damit sie von den Schülerinnen und Schülern im Gelände sicher beherrscht werden. Die Untersuchung abiotischer Faktoren setzt den sicheren Umgang mit den eingesetzten Messgeräten voraus. Für manche Messungen, z. B. der Messung von Feuchtigkeit oder Verdunstung (i. d. Regel mit einem Piche-Evaporimeter), von der Windstärke mit einem Windmesser oder der Helligkeit und dem Lichtgenuss mit Luxmeter oder Fotoapparat muss den Schülerinnen und Schülern das Prinzip der verwendeten Messgeräte bekannt sein. Werden empirische Faktoren zur Abschätzung des Windes herangezogen wie z. B. Laubbewegungen oder Bewegung der Zweige, setzt dies eine bestimmte Erfahrung bei der Beurteilung voraus.

Chemische Verfahren, die z. B. bei der Messung der Gewässergüte mit einem „Wasserkoffer“ zur Anwendung kommen, sind – auch im Hinblick auf Gefahren, die von den verwendeten Chemikalien ausgehen können – gründlich zu besprechen.

Zur Erfassung biotischer Faktoren, z. B. der Bestimmung von Organismen, sind Bestimmungsbücher für Wasserorganismen, Vögel und Pflanzen in ausreichender Zahl zur Verfügung zu stellen. Die Handhabung dieser Bestimmungsbücher muss an Beispielen eingeübt werden.

Geht es um die Erfassung von Populationen, sind Ergebnisse früherer Kartierungen bereitzustellen, Kartenmaterial zum Eintragen der Ergebnisse vorzubereiten usw.

Bei der Betrachtung und Untersuchung von pflanzlichen Bioindikatoren, z. B. Brenneseln oder Löwenzahn als Stickstoff-Anzeiger oder Vertrittpflanzen, sind Tabellen mit Indikatorpflanzen von der Lehrkraft bereit zu halten.

Die Lehrkraft sollte sich auch rechtzeitig Gedanken machen, wie das Untersuchungsgerät - vor Beschädigung geschützt - in das Untersuchungsgebiet transportiert werden kann. Gerätelisten helfen, damit auch alles Gerät wieder in die Schule zurückkommt und nicht im Gelände verloren geht.

Ein wichtiger Teil der Freiland- oder Experimentalarbeit ist die Erfassung der Rohwerte. Alle Werte sollten stets übersichtlich in vorbereitete Erfassungsbogen, am Besten in Tabellenform, mit Datum und Uhrzeit versehen, notiert werden. Die Rohdaten sind stets sorgfältig zu sammeln, nichts ist schlimmer, als Daten zu verlieren oder stundenlang nach Notizen zu suchen.

Man sollte bereits im Vorfeld überlegen, auf welche Weise Daten dargestellt und anschaulich belegt werden. Beispiele können sein: Tabellen, Diagramme oder Schemadarstellungen, unter Umständen ergänzt durch Fotos.

Die hier in aller Kürze dargestellten Überlegungen zur Vorbereitung und Durchführung von Freilandarbeit sind für die Hand der Lehrerinnen und Lehrer ausführlich in dem empfehlenswerten Taschenbuch „Freilandökologie“ von Mühlenberg beschrieben. Hier werden auch einzelne Untersuchungsmethoden detailliert erläutert. Es enthält auch Hinweise zur quantitativen Auswertung, die aber die Möglichkeiten des Wahlpflichtfachs wahrscheinlich übersteigen.

Literatur:

ERNST KLETT-VERLAG GMBH, Süßwassertiere – Ein ökologisches Bestimmungsbuch, Stuttgart 2006, ISBN 3-12-125530-4

MÜHLENBERG, MICHAEL: Freilandökologie. Quelle & Meyer, Heidelberg 1993

BILDUNGSHAUS SCHULBUCHVERLAGE WESTERMANN SCHROEDEL DIESTERWEG SCHÖNINGH WINKLERS GMBH, Erlebnis Naturwissenschaft: Ökologie – Materialien für den projektorientierten Unterricht, Braunschweig 2007, ISBN 978-3-507-76639-6

2 Unterrichtspraktischer Teil

2.1 Die Vielzahl der Lebewesen lässt sich ordnen

Lerninhalte

Derzeit sind etwa 1,5 Millionen Lebewesen - Pflanzen und Tiere - entdeckt und beschrieben worden. Da pro Jahr etwa 10 000 weitere entdeckt werden, muss ihre Gesamtzahl auf 10 bis 100 Millionen geschätzt werden. Die Klassifizierung dieser ungeheuren Vielzahl von Organismen, d. h., sie aufgrund gemeinsamer Merkmale der besseren Überschaubarkeit wegen zu Gruppen zusammenzufassen, ist ein wichtiges Teilgebiet der Biologie, der sogenannten Taxonomie (Systematik).

Eines der frühen bekannten Ordnungssysteme geht auf den schwedischen Medizinprofessor und Naturforscher Carl von Linné (1707 - 1778) zurück. Er veröffentlichte 1735 eine Schrift mit dem Titel „Systema naturae“, in der er ein Ordnungssystem (Taxonomie) für über 7 000 Pflanzen- und 4 000 Tierarten auf der Basis leicht zu erkennender äußerer (morphologischer) Merkmale vorschlug. Neben diesem Ordnungssystem verdankt ihm die biologische Wissenschaft die binäre Nomenklatur, d. h. das Prinzip des zweifachen Namens (Gattungs- und Artnamen) zur Bezeichnung von Lebewesen. Beruhte Linnés System noch ausschließlich auf der Bildung von Gruppen aufgrund äußerer Merkmale der Pflanzen und Tiere (natürliche Systematik), finden heute neben den auf gemeinsamer entwicklungsgeschichtlicher Abstammung beruhenden Ähnlichkeiten auch zytologische, anatomische, embryologische, biochemische und genetische Gemeinsamkeiten Berücksichtigung (wissenschaftliche Systematik).

Die auf diese Weise entstehenden Gruppen bilden eine hierarchisch gegliederte Pyramide, deren einzelne Ebenen dem unterschiedlichen Verwandtschaftsgrad zwischen den betreffenden Organismen entsprechen. Die grundlegende systematische Kategorie dieses Ordnungssystems, sozusagen die Basis der Pyramide im System der Pflanzen bzw. Tiere, ist die Art. Die Art umfasst die Gesamtheit aller Individuen, die in allen wesentlichen Merkmalen übereinstimmen. Ein weiteres, zuverlässigeres Kennzeichen der Zugehörigkeit zu ein und derselben Art ist die Fähigkeit zweier Individuen, unter natürlichen Bedingungen fruchtbare Nachkommen zu erzeugen. Nur wenige Arten sind über den gesamten Globus verbreitet. Meist sind sie nur in bestimmten - geographisch begrenzten - Verbreitungsgebieten anzutreffen, innerhalb derer sich die Arten in einzelne Populationen (die Gesamtheit aller Individuen einer Art innerhalb eines Verbreitungsgebietes bezeichnet man als Population), unterteilen. Die nächsthöhere Ebene, in der verwandtschaftlich nahe stehende Arten zusammengefasst werden, ist die Gattung. Mehrere Gattungen wiederum bilden eine Familie, dann folgen Ordnung, Klasse und, an der Spitze der Pyramide, die Abteilung. Anstelle der Kategorie Abteilung wird in der zoologischen Systematik jedoch der Begriff Stamm verwendet.

Das Bestimmen der Namen unbekannter Organismen aufgrund typischer Merkmale wird mithilfe von Bestimmungsschlüsseln vorgenommen. In der Regel sind solche Bestimmungsschlüssel dichotom (gr. „zweigeteilt“) aufgebaut, d. h., es werden jeweils zwei unterschiedliche Merkmale gegenübergestellt, zwischen denen der Benutzer, nach Vergleich mit dem Untersuchungsobjekt, seine Auswahl treffen muss. Einfachere Bestimmungsbücher arbeiten mit Abbildungen, anhand derer der Name eines Lebewesens ermittelt werden kann. Sind die Adressaten interessierte Laien, finden auch Kombinationen Verwendung.

Medien

- **Arbeitsblätter**

AB 1: Die Bestimmung von Lurchen mit einem dichotomen Bestimmungsschlüssel

Anhand der Abbildungen auf Druckvorlage (DV 1) kann der Bestimmungsschlüssel unter Umständen auch „erprobt“ werden.

DV 1: Kopiervorlage mit Karteikarten häufig vorkommender heimischer Lurche

AB 2: Erstellung eines Bestimmungsschlüssels

Vor dem Unterricht sind die aufgeführten Frühblüher von Lehrerinnen und Lehrern (oder besser zusammen mit den Schülerinnen und Schülern) zu besorgen. Selbstverständlich lässt sich der Arbeitsauftrag auch mit anderen Pflanzen sinngemäß bewältigen. Stehen die Blütenpflanzen nicht zur Verfügung, können die Merkmale vorgegeben werden, damit der Bestimmungsschlüssel erarbeitet werden kann.

Name	Blätter	Blütenfarbe	Blütenform	Kelch	Blütenblätter (Zahl)	Staubblätter	Stempel (Zahl)
Scharbockskraut	einfach	gelb	sternförmig	vorh.	8 - 12	viele	viele
Buschwindröschen	geteilt	weiß	sternförmig	fehlt	6 - 8	viele	viele
Gelbes Windröschen	geteilt	gelb	sternförmig	fehlt	6 - 8	viele	viele
Leberblümchen	dreilappig	blau	sternförmig	vorh.	6 - 10	viele	viele
Goldhahnenfuß	geteilt	gelb	sternförmig	vorh.	5	viele	viele
Goldnessel	einfach	gelb	zweilippig	vorh.		4	1

Muster eines möglichen Bestimmungsschlüssels:

Bestimmungsschlüssel für Frühblüher:

- 1 Blätter geteilt2**
Blätter einfach4
- 2 Kelchblätter vorhanden ⇒ Goldhahnenfuß**
Kelchblätter fehlen3
- 3 Blüten weiß ⇒ Buschwindröschen**
Blüten gelb ⇒ Gelbes Windröschen
- 4 Blüten blau ⇒ Leberblümchen**
Blüten gelb ⇒ Scharbockskraut

Weitere Medien

Anfertigung eines Bestimmungsschlüssels

Die Schülerinnen und Schüler erstellen einen Bestimmungsschlüssel für häufige Pflanzenarten an Wegrändern, Straßenböschungen und ähnlichen Standorten, der sich vor allem auf Anordnung und Form von Blättern stützt. Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, um den richtigen Namen einer Pflanze herauszubekommen. Der Laie wird im Allgemeinen versuchen, die zu bestimmende Art mit einer Abbildung zu vergleichen und so den Namen zu ermitteln („Bilderbuch-Methode“, z. B. in „Was blüht denn da?“). Eine solche Strategie berücksichtigt vor allem das Aussehen einer Pflanze. Eventuell kann durch Hervorhebung besonderer, für die Bestimmung wichtiger Merkmale auch bei dieser Methode das genaue Beobachten und Differenzieren gefördert werden. Eine andere Möglichkeit, die auch eine richtige Unterscheidung sehr ähnlicher Pflanzenarten ermöglicht, ist der Bestimmungsschlüssel. Hier wird die Information, die zum Erkennen einer Art führt, in einzelne Schritte unterteilt. Bei den allgemein üblichen zweigabeligen (dichotomen) Schlüsseln muss man beim Bestimmungsschritt zwischen zwei unterschiedlichen Merkmalsausprägungen unterscheiden und gelangt so nach mehreren Schritten zum gewünschten Namen. Die Verfasser haben beschrieben, wie mit wenig Aufwand Bestimmungsschlüssel erstellt werden können.

aus: KUHN, PROBST, SCHILKE: Biologie im Freien. Schroedel, Hannover 1986. ISBN 3-8156-3270-8, S. 197 ff.

Bestimmungsbücher

AICHELE, DIETMAR; GOLTE-BECHTLE, MARIANNE: Das neue 'Was blüht denn da?'. Wildwachsende Blütenpflanzen Mitteleuropas. Kosmos Naturführer, 56., Neubearb. u. erw. Aufl. 1997. ISBN: 3-440-07244-4

BARTHEL, PETER H.; FRIELING, HEINRICH: Das neue 'Was fliegt denn da?' Alle Vögel Mitteleuropas. Begr. v. Wilhelm Götz u. a. Kosmos Naturführer, 29. Aufl. 2001. ISBN: 3-440-08160-5

BELLMANN, HEIKO: Der neue Kosmos-Insektenführer. Kosmos Naturführer, 1999. ISBN: 3-440-07682-2

DIERL, WOLFGANG: Welcher Käfer ist das? Die häufigsten Käfer Mitteleuropas. Kosmos Naturführer, 2., bearb. u. aktualis. Aufl. 2001. ISBN: 3-440-08955-X

ENGELHARDT, WOLFGANG: Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? Pflanzen und Tiere unserer Gewässer. Eine Einführung in die Lehre vom Leben der Binnengewässer. Unter Mitarbeit von Peter Jürging, Jörg Pfadenbauer u. a. Kosmos Naturführer, 15. Aufl. 2003. ISBN: 3-440-09800-1

JÜNGLING, HAGER u. a.: Bestimmungsbuch für Pflanzen. Klett-Verlag, 2000. ISBN: 3-12-125510-X

Ausschließlich für die Hand der Kolleginnen und Kollegen, die spezielle Fragestellungen verfolgen, sind die folgenden Bestimmungsbücher geeignet:

SCHMEIL, OTTO; FITSCHEN, JOST: Flora von Deutschland und angrenzender Länder. Ein Buch zum Bestimmen der wildwachsenden und häufig kultivierten Gefäßpflanzen. Fortgef. v. Karlheinz Senghas u. Siegmund Seibold. Quelle & Meyer Bestimmungsbücher, 92. aktualis. Aufl. 2003. ISBN: 3-494-01328-4

ELLENBERG, HEINZ u. a.: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Verlag Erich Goltze, 3. Auflage 1991. ISBN: 3-884-52518-2

2.2 Lebewesen sind an ihre Umgebung angepasst

Lerninhalte

Die Entwicklung von höher entwickelten Lebewesen aus ihren Vorfahren bezeichnet man als Evolution. Durch zufällige Veränderungen des Erbgutes (Mutation) entstehen Varianten einer Art. Je besser diese Organismen an die jeweiligen Umweltbedingungen angepasst sind, desto größer ist ihre Überlebenschance, und damit steigt die Wahrscheinlichkeit, ihre im Erbgut niedergelegten Anpassungen an kommende Generationen weiterzugeben, bis hin zur Entstehung völlig neuer Arten. Die natürliche Auslese (Selektion) durch die Umwelt ist also neben der Mutation ein weiterer wichtiger Evolutionsfaktor. Begründet wurde diese „Selektionstheorie“ durch den britischen Naturforscher Charles Robert Darwin (1809-1882).

Ein schon von Darwin beschriebenes Beispiel sind die Finken der Galapagosinseln. Es sind Singvögel, die ausschließlich auf den Galapagosinseln vorkommen. Entwicklungsgeschichtlich gehen sie auf eine Stammart zurück, die vor etwa zehn Millionen Jahren vom südamerikanischen Festland auf die Inseln verdriftet wurde. Infolge Anpassung an unterschiedliche Umweltbedingungen entwickelten sich aus dieser Stammart verschiedene Arten, die vor allem aufgrund des wichtigen Konkurrenzfaktors Nahrung unterschiedliche Ernährungsstrategien entwickelten und somit verschiedene ökologische Nischen besetzen konnten. Ihre Spezialisierungen erkennt man an ihren unterschiedlichen Schnäbeln (siehe Arbeitsblatt [AB 1](#)) und ihrer Körpergröße.

Aber auch innerhalb einer Art oder bei verwandten Arten lassen sich Anpassungserscheinungen beobachten. Der amerikanische Zoologe J. A. Allen beobachtete, dass Körperanhänge wie Schwanz, Ohren oder Extremitäten in kälteren Klimabereichen relativ gesehen kleiner sind (Allensche Regel). So sind z. B. die Ohren des in Mitteleuropa beheimateten Rotfuchses mittelgroß, die des ihm verwandten Fennek oder Wüstenfuchses im Vergleich zu dessen Körpergröße sehr groß und die des arktischen Polarfuchses relativ klein. Allen deutete dies als Anpassung an das Klima: Der Wüstenfuchs lebt in heißem Klima, er muss Körperwärme u. a. über die Fläche der Ohren abgeben, um sich nicht zu überhitzen. Der Polarfuchs hat dagegen eine geringe Ohrmuschelfläche, damit er in der Polarkälte möglichst wenig Wärme verliert.

Eine ähnliche Beobachtung hat der Biologe C. Bergmann gemacht. Er stellte fest, dass Tiere einer Art bzw. verwandter Arten relativ größer sind, wenn sie in kälteren Klimabereichen heimisch sind. Sie sind kleiner, wenn sie in wärmeren Klimabereichen leben (Bergmannsche Regel). Er deutete dies, ähnlich wie Allen, als Anpassung an das Klima. Da der Quotient aus Körperoberfläche und Körpervolumen mit zunehmendem Körpervolumen abnimmt, verringert sich damit auch bei großen Tieren der Wärmeverlust über die Körperoberfläche. In kälterem Klima haben große Tiere also einen Überlebensvorteil gegenüber ihren kleineren Verwandten.

Medien

- **Arbeitsblätter**

AB 1: *Pinguine sind hervorragend an ein Leben im Wasser angepasst*

Der Kaiserpinguin und der Zwergpinguin besiedeln unterschiedliche Lebensräume. Mithilfe kurzer Steckbriefe wird ein Zusammenhang zwischen bestimmten Körpermerkmalen und den klimatischen Bedingungen der Lebensräume aufgezeigt.

AB 2: *Das Klima bestimmt die Körpergröße*

Mithilfe von Berechnungen und Versuchen wird die Bergmannsche Regel hergeleitet.

AB 3: *Allensche Regel*

Durch Vergleich ausgewählter Merkmale von drei verschiedenen Fuchsarten und durch vergleichende Betrachtungen von Lemmingsen wird die Allensche Regel veranschaulicht. Aufgabe 1.: Kopf eines Wüstenfuchses aus den Subtropen (C), eines heimischen Rotfuchses (B) und eines arktischen Eisfuchses (A). Die notwendigen Informationen über Lemmingsen können aus Tierbüchern oder aus dem Internet bezogen werden. Gegebenenfalls kann auch auf das Arbeitsblatt: „Lemmings kommen in unterschiedlichen Klimazonen vor“ (AB 3b) zurückgegriffen werden.

AB 4: *Der Schnabel der Galapagosfinken ist an die Nahrung angepasst*

Die sogenannten Galapagos- oder Darwinfinken gehen entwicklungsgeschichtlich auf eine Stammart zurück, aus der sich - vor allem aufgrund des wichtigen Konkurrenzfaktors Nahrung - in Anpassung an unterschiedliche Ernährungsstrategien verschiedene Arten entwickelt haben. Die Spezialisierungen drücken sich unter anderem in den Schnabelformen aus. An Beispielen lernen die Schülerinnen und Schüler das vielfältige Spektrum unterschiedlicher Schnäbel und der damit verbundenen Leistungen kennen.

AB 5: *Pflanzen gibt es auch in der Wüste*

Am Beispiel von Wüstenpflanzen wird aufgezeigt, auf welche Weise Pflanzen an extreme Klimate angepasst sein können.

AB 6: *Was ist deine Meinung? (Fröstelnde Frauen)*

Anhand eines Zeitungsartikels soll zu Überlegungen zum Thema angeregt werden.

2.3 Komponenten eines Ökosystems

Lerninhalte

Der Begriff Ökologie wurde erstmals 1866 von dem deutschen Biologen und Naturphilosophen Ernst Heinrich Haeckel (1834-1919) verwendet. Haeckel verstand unter Ökologie (gr. oïkos „Haus, Haushaltung, Heimat“) die Lehre vom Haushalt der Natur. Heute versteht man unter Ökologie die Teildisziplin der Biologie, die das Wirkungsgefüge zwischen Lebewesen untereinander und zwischen Lebewesen und ihrem Lebensraum untersucht.

Der Lebensraum eines Lebewesens wird durch abiotische (unbelebte Umwelt) und biotische (belebte Umwelt) Faktoren bestimmt. Zu den abiotischen Faktoren zählen u. a. Faktoren wie Licht, Wärme bzw. Sonneneinstrahlung, Feuchtigkeit, Wind, Zusammensetzung der Luft, Nährstoffangebot im Boden und im Wasser usw. Zur belebten Umwelt gehören sowohl Lebewesen der gleichen Art als auch artfremde Lebewesen.

Um die Ökologie eines bestimmten Lebensraums zu untersuchen, grenzt man den zu untersuchenden Lebensraum als Funktionseinheit von anderen Lebensräumen ab. Eine solche Funktionseinheit nennt man „Ökosystem“. Es besteht aus dem eigentlichen Lebensraum (Biotop), der durch seine abiotischen Faktoren charakterisiert ist und der an dieses Biotop angepassten Tier- und Pflanzengesellschaften (Biozönose). Die Gesamtheit aller Ökosysteme auf der Erde bildet die Biosphäre.

Ein selbstständig funktionsfähiges Ökosystem setzt sich - von den abiotischen Faktoren abgesehen - aus mindestens zwei weiteren Komponenten zusammen: den Produzenten und den Destruenten. Produzenten sind alle Lebewesen wie z. B. grüne Pflanzen, die mithilfe des Sonnenlichts anorganische in organische Stoffe umwandeln können. Die Destruenten (Zersetzer), z. B. Bakterien und Pilze, sind in der Lage, die von den Produzenten hervorgebrachten organischen Stoffe wieder in anorganische Stoffe umzuwandeln und sie so zu Bestandteilen der unbelebten Umwelt zu machen. Als dritte Komponente - neben Produzenten und Destruenten - können noch die Konsumenten zwischengeschaltet sein. Als Pflanzen- und/oder Fleischfresser sind sie auf die Leistung der Produzenten angewiesen, denn sie sind nicht in der Lage, anorganische in organische Stoffe umzuwandeln.

Medien

- **Arbeitsblätter**

AB 1: *Biosphere-Project: Hat die Zukunft schon begonnen?*

Mit einem Bericht über das – fehlgeschlagene – Biosphere-Projekt wird erarbeitet, welche unterschiedlichen Komponenten ein Ökosystem aufweist.

Zusätzliche Informationen über das Biosphere-Projekt siehe unten.

AB 2: *Bestandteile eines Ökosystems*

Die in dem Bericht über das Biosphere-Projekt gewonnenen Erkenntnisse werden durch die Bearbeitung dieses Arbeitsblattes systematisiert und gesichert.

- **Weitere Medien**

Aktuelle Informationen über das Biosphere-Project, leider nur in englischer Sprache, finden sich im Internet unter der Adresse: <http://www.b2science.org/>.

Lewin, R., Menzel, P.: Projekt Erde II. In: GEO Das neue Bild der Erde, Heft 2, 1991, S. 8 ff.

2.4 Nahrungsbeziehungen in einem Ökosystem

Lerninhalte

Eine Abfolge von Lebewesen, die nahrungsbedingt voneinander abhängig sind, bezeichnet man als Nahrungskette. So bilden z. B. Fichten oder Haselnusssträucher, von deren Früchten sich Eichhörnchen ernähren, die Anfangsglieder einer Nahrungskette. Die weiteren Glieder dieser Nahrungskette sind Baumrarder, die sich von den Eichhörnchen ernähren und der Uhu, zu dessen Beute wiederum der Baumrarder gehört. In der Abfolge einer Nahrungskette kann man Produzenten und Konsumenten (Pflanzenfresser und Fleischfresser - die nochmals in kleine und große Fleischfresser aufgeteilt werden können) unterscheiden. Endglieder (Endkonsumenten) der Nahrungsketten sind in der Regel große Fleischfresser, die oft nur wenige oder keine natürlichen Feinde haben.

Nahrungsketten existieren nicht isoliert voneinander. Pilze, die organische Abfälle zersetzen, dienen den unterschiedlichsten Pflanzenfressern wie Eichhörnchen, Mäusen und Hirschen als Nahrung. Amseln - als Allesfresser - verzehren sowohl tierische als auch pflanzliche Nahrung. Nahrungsketten weisen aus diesem Grund untereinander vielfältige Beziehungen auf. Die sich infolge solcher Querverbindungen ergebenden Systeme bezeichnet man als Nahrungsnetze. Als Grundsatz gilt: Je weiter Nahrungsnetze in einem Ökosystem vernetzt sind, desto stabiler ist das in dem betreffenden Ökosystem herrschende biologische Gleichgewicht.

Quantitative Betrachtungen bezüglich der Beziehungen zwischen den Gliedern einer Nahrungskette werden in sogenannten Nahrungspyramiden dargestellt, deren Basis üblicherweise die grünen Pflanzen (Produzenten) und deren Spitze die Endkonsumenten bilden. Je nachdem, welcher Aspekt hervorgehoben werden soll, unterscheidet man Zahlen-, Biomassen- oder Energiepyramiden. Bei der Betrachtung der Beziehungen zwischen den Lebewesen darf nicht der Eindruck entstehen, dass diese ausschließlich nahrungsbedingt sind. So sorgen z. B. Bienen auf ihrer Nahrungssuche für die Bestäubung von Blütenpflanzen, Vögel verbreiten Samen (Symbiose) oder dichte Hecken und Baumkronen bieten Versteckmöglichkeiten und damit Schutz vor Feinden (Probiose).

Medien

- **Arbeitsblätter**

AB [1a/1b](#): *Nahrungsbeziehungen in einer Hecke (2 Blatt)*

[KV 1](#): *Abbildung als Kopiervorlage*

Mit diesen beiden Arbeitsblättern sollen die Begriffe „Nahrungskette“ und „Nahrungsnetz“ erarbeitet und veranschaulicht werden. Außerdem wird deutlich gemacht, dass die Beziehungen zwischen den Lebewesen eines Ökosystems nicht auf Nahrungsbeziehungen beschränkt sind (s. o.). Beispiele finden sich in den Steckbriefen auf AB 1b (Gebüsche und Dornensträucher bieten beim Nisten Schutz vor Feinden, Gras, Laub und Moos dienen als Baumaterial für Nester) oder sind aus dem Biologieunterricht bekannt (Bienen bestäuben Blütenpflanzen, Verbreitung von Samen durch Vögel).

- **Filme**

Zu diesem Themenbereich wird eine Vielzahl von Filmen angeboten. Nachfolgend wird daher nur eine kleine Auswahl von Filmen aufgelistet, die unmittelbar mit der Thematik zu tun haben.

Aquatische Lebensräume:

Der See (CD-ROM: 6600100)

Mit einem Fotoapparat kann sich der Benutzer auf die Suche nach Tieren im und am See machen. Dabei erhält er Informationen über die Lebensweise und die Anpassung der Tiere an ihren Lebensraum. Insektenlarven können interaktiv bestimmt werden. Ein interaktiver Mikroskopierkurs wird angeboten, um auch mikroskopische Wasseruntersuchungen zu ermöglichen. Die vielfältigen Nahrungsbeziehungen im Ökosystem See werden dargestellt (Nahrungskette, Nahrungsnetz, Nahrungspyramide). Im See finden Veränderungen statt, die sowohl jahreszeitlich bedingt als auch durch den Menschen verursacht sind (Eutrophierung). Ändert der Benutzer Umweltbedingungen, wird die Auswirkung auf den See simuliert. Wie untersucht man einen See? Von den Messungen vor Ort bis zur Probenentnahme wird eine Anleitung gegeben.

Der See (DVD: 4601000)

Die DVD „Der See“ bietet eine Kombination des Unterrichtsfilms „Lebensraum See“ (VHS 42-10419) und des Arbeitsvideos „Ökosystem See“ (VHS 42-02227). Die beiden Filme können sowohl einzeln als auch in einer interaktiven verknüpften Fassung betrachtet werden. Über Untertitel sind dabei zu verschiedenen Themen des Unterrichtsfilms ergänzende Video-Tricksequenzen aus dem Arbeitsvideo direkt abrufbar. Ein Bildarchiv mit Aufnahmen von ausgewählten Pflanzen und Tieren aus dem See erweitert das Medienangebot.

Lebensraum Weiher und Teich (VHS-Video: 4252109/18 Minuten; DVD 4644142)

Weiher und Teich sind nicht nur Produktionsstätten für Nahrung, sondern auch ökologisch äußerst wertvolle Trittsteine in der Flur mit einer artenreichen, jedoch weithin unbekannteren Flora und Fauna. Der Film bietet einen Einblick in dieses Ökosystem und seine Biozönose. Häufig vorkommende, wichtige und interessante Organismen daraus werden vorgestellt und in das vielfältig verflochtene Nahrungsnetz eingeordnet.

Lebensraum Wattenmeer (VHS-Video: 4201651/17 Minuten)

Extreme Lebensbedingungen für Lebewesen im Wattenmeer und spezielle Anpassungsformen an diesen Lebensraum. Außerdem werden Nahrungsketten vom Plankton bis zu den Vögeln aufgezeigt. (2 Kopiervorlagen).

Terrestrische Lebensräume:

Der Wald lebt (VHS-Video: 4247087/14 Minuten)

Für die Biologie des Laubwaldes sind Kleinlebewesen bedeutsamer als die großen Tiere. Der Film zeigt exemplarisch Beziehungen zwischen Pflanzen und Tieren im Laubwald. Auf dieser anschaulichen Grundlage werden zentrale Begriffe wie Nahrungskette, Nahrungsnetz und Stoffkreislauf entwickelt. Der Abbau eines Tierkadavers zeigt, dass alle Lebewesen des Waldes Glieder eines Stoffkreislaufes sind.

Die Stockwerke des Waldes (VHS-Video: 4202145/22 Minuten)

Bedingt durch den unterschiedlich starken Lichteinfall weisen naturnahe Wälder einen Aufbau in Stockwerken auf. In vier Kurzfilmen werden die Schichten vorgestellt: Moos-, Kraut-, Strauch- und Baumschicht. Dabei geht es um die pflanzlichen und tierischen Bewohner und ihre spezifischen Rollen im Wald.

Ökosystem Wald (VHS-Video: 4210380/15 Minuten)

Der Jahresablauf im Wald bildet den Leitfaden des Films, denn mit den Jahreszeiten verändert sich der für das Wachstum entscheidende Faktor, das Licht. Den verschiedenen Stockwerken des Waldes sind unterschiedliche Lebensgemeinschaften zugeordnet, innerhalb derer es Vernetzungen gibt. Einige Nahrungsbeziehungen sind als Ausschnitt des Nahrungsnetzes exemplarisch dargestellt. Angesprochen wird dabei auch die Pyramidenform der Nahrungskette.

Laubwald (VHS-Video: 4245401/21 Minuten), Wechselwirkung von Konsumenten und Destruenten, Licht, Wärme, Wasser im gesunden Wald, Abbau des Falllaubes.

Ökosystem Wiese (Medienpaket 5044104)

Das Medienpaket beinhaltet eine Videokassette (33 min.) und eine Folienreihe (9 Folien). Eine Wiese besteht aus Grashalmen und Blütenpflanzen, die Schmetterlinge, Hummeln, Bienen und Schwebfliegen anlocken. Außerdem finden sich Heuschrecken, Grillen und zahlreiche Vogelarten. Nahrungsketten und -netze verbinden sie. Der Film stellt dieses Ökosystem Wiese vor (Kommentar ist wertend). Folien sowie ein ausführliches Begleitheft mit Unterrichtseinheiten und Kopiervorlagen ergänzen den Film.

Weitere Videos zum Themengebiet:

Nahrungsnetze und Energiefluss (VHS-Video: 4202240/13 Minuten)

Der Film stellt den Aufbau von Nahrungsketten dar und beschreibt die Energieflüsse zwischen Lebewesen. Nach einer kurzen Erklärung der Photosynthese wird der Energiefluss von Produzenten zu Konsumenten und Destruenten sowie der Verlust an biologisch nutzbarer Energie auf jeder Stufe der Nahrungspyramide - vor allem durch Wärmeabstrahlung - genauer erläutert. Außerdem stellt der Film Versuche vor, mit denen die Strahlungsenergie der Sonne sowie die in Pflanzen und Tieren gebundene Energie gemessen werden können.

Literatur:

KNODEL, H., KULL, U.: Ökologie und Umweltschutz. J. B. Metzler, Stuttgart 1992

2.5 Zwischen den Gliedern einer Nahrungskette besteht ein Gleichgewicht

Lerninhalte

In einem ungestörten Ökosystem stellt sich zwischen Produzenten, Konsumenten und Destruenten ein ökologisches Gleichgewicht ein. Abzulesen ist dies z. B. an den Aufzeichnungen der Hudson-Bay-Company, einer kanadischen Gesellschaft, an die Trapper die Felle der von ihnen erlegten Pelztieren verkauften. Aus den Unterlagen über den Aufkauf von Luchs- und Schneehasenfellen für die Jahre 1845 bis 1935 geht hervor, dass die Zahl der angekauften Luchs- und Schneehasenfelle in diesem Zeitraum periodisch schwankt. Dies erlaubt Rückschlüsse auf die Zahl der Luchse und Schneehasen, da die Wahrscheinlichkeit, dass ein Trapper eines dieser Tiere erlegt, proportional zur Bestandsdichte dieser Tiere ist. Auffallend ist außerdem, dass auf ein Maximum der Zahl der Luchse zeitversetzt ein Maximum der Schneehasen folgt. Dazu muss man wissen, dass sich Luchse von Schneehasen ernähren, dass zwischen beiden also eine ernährungsbedingte Abhängigkeit besteht. Unter diesem Gesichtspunkt wird verständlich, dass die Zahl der Luchse ansteigt, wenn die Zahl der Schneehasen groß ist, da sich die Nahrungsbedingungen für die Luchse verbessern. Infolge dessen nimmt die Zahl der Schneehasen - da sie verstärkt Beute von Luchsen werden - wieder ab und so weiter. Diese Selbstregulation sorgt dafür, dass sich die Populationsdichte von Luchsen und Schneehasen über längere Zeiträume auf einen bestimmten Mittelwert einpendelt.

Die gleiche Fragestellung wurde 1931 von dem Italiener Vito Volterra aufgegriffen. Ihm ging es um die Erklärung periodischer Schwankungen der Fischbestände in der Adria. Etwa zeitgleich wurden ähnliche Überlegungen zu Räuber-Beute-Beziehungen von Alfred Lotka veröffentlicht. Daher trägt ihr Modell zur mathematischen Beschreibung von Räuber-Beute-Beziehungen die Bezeichnung „Lotka-Volterra-System“.

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die modellhafte Untersuchung des Einsatzes von Chemikalien in der Schädlingsbekämpfung. Neben den Problemen, die die Anreicherung dieser Schadstoffe oder ihrer Abbauprodukte in der Umwelt und damit auch in der Nahrungskette mit sich bringen, zeigt sich, dass ihre Verwendung in der Regel Räuber und Beute gleichermaßen schadet. Wenn die eingesetzten Stoffe nicht äußerst selektiv wirken, fallen ihnen nicht nur die Schädlinge, sondern oft auch die natürlichen Feinde dieser Schädlinge zum Opfer. Um so kritischer wird die Angelegenheit, wenn man bedenkt, dass die natürlichen Feinde gleich doppelt geschädigt werden. Ihnen wird durch die eingesetzten Gifte die Nahrung entzogen, und unter Umständen werden sie auch selbst ausgerottet. Nutznießer sind also in erster Linie die Schädlinge, die dann nur durch gesteigerte Mengen von Gift minimiert werden können.

Medien

- **Arbeitsblätter**

KV 1: „Bug vs. Bug“ - Marienkäfer sollen die chemische Keule ersetzen

Arbeitsblatt, mit dem das Prinzip biologischer Schädlingsbekämpfung hergeleitet werden kann. In erster Linie kann es zur Motivation der Schülerinnen und Schüler herangezogen werden, Simulationen mit DYNASYS zu planen.

AB 1: *Aufzeichnungen der Hudson-Bay-Company über den Aufkauf von Luchs- und Schneehasenfellen*

Die Hudson-Bay-Company wurde als englische Handelsgesellschaft 1670 gegründet. Die Privilegien umfassten u. a. das Handelsmonopol in der Region an der Hudson-Bay, dem späteren Rupert's Land. Ihr Handel mit Fellen und Häuten war zunächst so profitabel, dass die Gesellschaft rasch prosperierte. Konflikte mit Frankreich wegen des Pelzhandels und die Konkurrenz durch selbstständige Trapper erschwerten zunehmend die Aufrechterhaltung des Monopols. Anfang des 20. Jahrhunderts wandte sich die Hudson-Bay-Company auch anderen Einnahmequellen zu. In den achtziger Jahren zog sich die Gesellschaft mehr und mehr aus dem Pelzhandel zurück und gab ihn schließlich ganz auf.

In der aus vielen Veröffentlichungen bekannten Statistik ist die Zahl der aufgekauften Schneehasen- und Luchsfelle grafisch dargestellt. Man kann nun davon ausgehen, dass die Zahl der von Trappern aufgekauften Felle proportional zur Zahl der Schneehasen und Luchse in dem betreffenden Zeitabschnitt war. Insofern spiegelt die Statistik für den betreffenden Zeitraum die Größe der Schneehasen- und Luchspopulation im Bereich der Hudson-Bay wider.

AB 2: *Biologische Schädlingsbekämpfung in den Zuckerrohrplantagen Jamaicas*
Maßnahmen zur Bekämpfung von Schädlingen mit biologischen Methoden wurden schon früher eingesetzt. Ein häufig zitiertes Beispiel ist die Bekämpfung von Ratten in den Zuckerrohrplantagen Jamaikas mit Mungos, die auf Jamaika bis dahin nicht heimisch waren. Die Auseinandersetzung mit dem Sachverhalt zeigt, dass auch biologische Schädlingsbekämpfung nicht unproblematisch ist.

AB 3: *Schädlingsbekämpfung mit chemischen Methoden ist problematisch*
Mit diesem Arbeitsblatt lernt die Schülerin bzw. der Schüler mögliche Nachteile von Mitteln zur chemischen Schädlingsbekämpfung kennen. DDT galt lange Zeit als das Mittel zur Schädlingsbekämpfung. Erst nachdem es über mehrere Jahrzehnte eingesetzt worden war, erkannte man seine nachteiligen Wirkungen, was schließlich dazu führte, dass es in vielen Ländern nicht mehr eingesetzt werden darf. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch eine Diskussion zur Wirksamkeit von synthetischen Schädlingsbekämpfungsmitteln im Zusammenhang mit dem Ergebnis einer DYNASYS-Simulation.

LI 1: *DYNASYS - ein Programm zur interaktiven Modellbildung*
DYNASYS ist ein grafikorientiertes Modellbildungswerkzeug zur Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme. Von Interesse für den Unterricht in der Sek. I ist DYNASYS, weil mithilfe einfacher Elemente nur das Wirkungsgefüge der zu untersuchenden Systeme dargestellt werden muss, die entsprechenden mathematischen Gleichungen jedoch vom Programm im Hintergrund generiert werden. Eine Einführung in die Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme findet man unter der Adresse: <http://www.modsim.de> im Internet. Hier findet man für eine erste Einarbeitung in das Programm Beispiele aus verschiedenen Fächern sowie Literaturhinweise zur Vertiefung. Auch auf der Homepage der Hupfeld-Software (Adresse: www.hupfeld-software.de) finden sich viele interessante Hinweise zu DYNASYS.

DYNASYS wird als Sharewareprogramm vertrieben, wobei der Einsatz der Shareware-Version im Unterricht allerdings nicht gestattet ist. Das bedeutet, dass die Shareware-Version zwar für einen begrenzten Zeitraum kostenlos getestet und ausprobiert werden

kann, man sich bei weiterer Nutzung des Programms allerdings registrieren lassen muss. Eine Einzellizenz von DYNASYS kostet derzeit € 25,-, eine Schullizenz, die die freie Weitergabe des Programms an alle Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler der Schule erlaubt, € 75,-.

Ein Handbuch, das im PDF-Format unter der angegebenen Adresse auch zum Download verfügbar ist, beinhaltet eine kurze Einführung in die Modellbildung dynamischer Systeme. Außerdem werden auch viele Beispielmodelle erläutert. In einer Lehrerinformation (LI 1) werden fünf DYNASYS-Modelle näher beschrieben, wie man sie zusammen mit den Lernenden entwickeln kann. Die Modelle bauen mehr oder weniger aufeinander auf und werden zunehmend komplexer. Insofern ist es für das Verständnis der Schülerinnen und Schüler wichtig, dass vom einfachen zum komplexen Modell schrittweise vorgegangen wird. Faktoren, Startwerte und Konstanten können den Aufzeichnungen entnommen werden. Da aus solchen Simulationen auch Voraussagen möglich sind, sollte das fünfte Modell zur Simulation der chemischen Schädlingsbekämpfung nicht ausgelassen werden. Zur weiteren Vertiefung der Problematik dient AB 3: Schädlingsbekämpfung mit chemischen Methoden ist problematisch.

- **Versuche**

Experiment zur Populationsdichte

Geräte und Materialien: Kressesamen und Joghurt-Becher mit Erde

Durchführung: Die Kressesamen werden sehr dicht gesät und gegossen. Über den gesamten Versuchszeitraum wird die Erde gleichmäßig feucht gehalten. Alle drei Tage werden die Keimung und das Wachstum der Kresse kontrolliert.

Man kann davon ausgehen, dass innerhalb einer Woche die Hälfte der Kressesamen keimt und sich zu gesunden Kressepflanzen entwickelt. Etwa ein Drittel der Samen wird nicht keimen und die übrigen keimen zwar, gehen aber nach der Keimung zu Grunde. In der Regel werden nach etwa zwei Wochen alle Kressepflanzen zu Grunde gehen.

Bei genauer Beobachtung stellt man fest, dass etwa die Hälfte der Kressesamen überhaupt nicht keimen kann, weil sie von den Sprossbildenden aus dem Boden gehoben werden und ihnen daher die für die Keimung notwendige Feuchtigkeit fehlt. Von den Kressekeimpflanzen geht wiederum ein Teil ein, weil die größeren Sprossen verhindern, dass Licht nach unten kommt. Einige streben offenbar nach mehr Licht und verlängern aus diesem Grund ihre Sprossachse über die der anderen, bis sie umknicken und infolgedessen eingehen. Die Wurzeln benötigen weniger Platz als die Sprosse und kommen daher mit dem begrenzten Platzangebot besser zurecht. Der „Kampf“ um das Licht spielt bei Pflanzen eine große Rolle. Dies zeigt sich z. B. auch bei Frühblüher im Wald. Populationsdynamische Prozesse, insbesondere bei großen Populationen, zeigen sich bei diesem Versuch deutlich.

- **Filme**

Lebensgemeinschaft im Garten (VHS 4247007/15 Minuten)

Am Beispiel der Blattlaus sowie ihrer Feinde und Nutznießer führt der Film in wichtige Begriffe und Probleme der Ökologie ein. Der Schwerpunkt liegt beim ökologischen Gleichgewicht und den Folgen des menschlichen Eingriffs.

Blattläuse (VHS 4253578/20 Minuten, DVD 4644221)

Die Fortpflanzung, Ernährung und Honigtau-Produktion der Blattläuse wird vorgestellt. Außerdem zeigt der Film die Symbiose von Blattläusen und Ameisen sowie eine Vielzahl von Feinden der Blattläuse.

- **Weitere Medien**

CAROW, KLAUS: *Populationsökologisches Würfelspiel*. Unterrichts Anregung für die Sekundarstufe II. Unterricht Biologie 112, Februar 1986, S. 33 ff.

John Conway's „Spiel des Lebens“ („Game of Life“) ist kein typisches Computerspiel. Es ist vielmehr der Klassiker aller sogenannten „Zellularautomaten“, der eines der interessantesten und faszinierendsten Experimente zur Simulation von Leben darstellt. Das Spiel wurde populär, nachdem es in einem Artikel, der 1970 in der Zeitschrift *Scientific American* erschien, beschrieben wurde. Es besteht aus einer Ansammlung von Zellen, die „bewohnt“ oder „unbewohnt“ sein können. Nach bestimmten mathematischen Regeln leben, sterben oder vervielfältigen sich die Zellen von einer Generation zur nächsten. Ausgehend von den Ausgangsbedingungen bilden sich dabei während des Spiels charakteristische Muster.

Man findet dieses Spiel unter der Adresse: <http://www.schwalfenberg.com/spiele/life/> im Internet. Hier ist auch eine Spielanleitung zu finden.

Das Populationsspiel (aus KUHN, PROBST, SCHILKE: *Biologie im Freien*. Schroedel, Hannover 1986. ISBN 3-8156-3270-8. S. 228 ff.) zeigt mit wenig Aufwand in einem einfachen, 30- bis 45minütigen Spiel Zusammenhänge zwischen Futterangebot und Vermehrungsrate einer Tierpopulation.

Das Spiel soll helfen, die dynamischen Beziehungen zwischen Populationsgröße und Nahrungsangebot eines bestimmten Gebietes zu verstehen. Die Schülerinnen und Schüler lernen den Begriff der „Nahrungskapazität“ eines Gebietes kennen. Die „Nahrungskapazität“ bezeichnet die größte Individuenzahl, die sich ohne Verminderung des Nahrungsangebotes längere Zeit in einem Gebiet ernähren kann.

2.6 Lebewesen kommunizieren miteinander

Lerninhalte

Alle höheren Tiere, auch solche, die als Einzelgänger leben, müssen zumindest in der Paarungszeit mit Artgenossen interagieren. Dieses Zusammentreffen oder Zusammenleben erfordert Formen der Verständigung, die den Austausch von Informationen sowohl zwischen Artgenossen als auch mit Angehörigen anderer Arten ermöglichen. Die Untersuchung der Kommunikation zwischen Tieren ist Gegenstand der Ethologie (Verhaltensforschung).

Die Bandbreite möglicher tierischer Kommunikationsmittel reicht von einfachen Möglichkeiten nonverbaler Kommunikation, z. B. durch einfache Signale, über differenzierte Formen der Kommunikation, z. B. durch ritualisierte Verhaltensweisen, bis zu hoch entwickelten Kommunikationssystemen durch Zeichensprache, z. B. bei der „Bienensprache“.

- **Kommunikation durch einfache Signale**

Chemische Stoffe: Bei manchen Tieren genügt ein einziger chemischer Stoff, um eine zielgerichtete, komplexe Verhaltensweise zu bewirken. So finden z. B. Borkenkäfer über weite Entfernungen ihre Partner, von denen ein Lockstoff - ein Pheromon - abgegeben wird. Man nutzt dies in der Forstwirtschaft aus, um Borkenkäfer in Pheromonfallen zu locken.

Im Zusammenhang mit dem Revierverhalten spielen olfaktorische Signale (Kot, Urin, Drüsensekrete) als Markierungen eine große Rolle.

Akustische Signale: Jeder kennt das Beispiel des Vogelgesangs, der z. B. zum Anlocken eines Weibchens dienen kann oder zur Abgrenzung des Reviers. Viele akustische Signale findet man in Frequenzbereichen, die der Mensch nicht wahrnehmen kann. Ratten benutzen z. B. Ultraschalllaute über 20 000 Hz (1 Hz = 1 Schwingung/Sekunde). Ihr noch hörbares, hohes Fiepen ist das „tiefste“ Geräusch, das sie von sich geben. Wirklich tiefe Töne erzeugen aber Elefanten. Ihre Rufe liegen im Infraschallbereich unter 20 Hz und können über sehr große Entfernungen wahrgenommen werden.

Ein weiteres Beispiel ist der Gesang der Wale. Ihre Frequenzen reichen vom für Menschen unhörbaren Ultraschall über ein hohes Zwitschern die ganze Tonleiter hinab bis zu einem tiefen Brummen. Wale können sich so über tausend Kilometer verständigen. Dies gelingt über eine besondere Zone im Meer, dem sogenannten „Schall-Kanal“, der erst vor kurzem entdeckt wurde. In diesem können sich Schwingungen extrem weit fortpflanzen. Schall hilft dem Pottwal auch in einer Tiefe von 3 000 Metern bei der Nahrungssuche.

Optische Signale: Optische Signale findet man ebenfalls bei vielen Tierarten. Auffallende Gefiedermerkmale wie der blaue Flügelspiegel der Stockerpel haben Signalwirkung im Zusammenhang mit Balzhandlungen. Rachen- oder Schnabelfarbe spielen eine wichtige Rolle beim Brutpflegeverhalten mancher Vogelarten.

- **Kommunikation durch ritualisierte Verhaltensweisen**

Bei verschiedenen Fasanenarten findet man auffallende Bewegungen, die aussehen, als ob das Männchen (der Hahn) nach Futter pickt. Dieses Futterlocken dient im Funktionskreis der Jungenaufzucht dem Hinweis auf geeignetes Futter. Nun findet man aber

im Funktionskreis der Fortpflanzung dieselbe Verhaltensweise, die durch besonders langsame Bewegungsabläufe und häufiges Wiederholen noch verstärkt auffällt. Sie dient der Balz mit einem Weibchen und stellt eine Ritualisierung des Futterpickens dar. Es soll beim potentiellen Geschlechtspartner Aggressions- oder Fluchtverhalten vermeiden.

Typische Kennzeichen von ritualisierten Verhaltensweisen:

- Die Verhaltensweisen entstammen einem anderen Funktionskreis und werden losgelöst von der ursprünglichen Motivation gezeigt.
- Bewegungen werden durch besonders intensive und häufig wiederholte Ausführung verstärkt.
- Auffällige Gefiederfärbungen, Körperteile oder Fellzeichnungen werden präsentiert (Bsp.: Schwanzfedern beim Pfau).

• **Kommunikation durch Zeichensprache**

Gut untersucht ist die sogenannte „Bienensprache“. Bienen beherrschen einen Code, mit dem sie wichtige Informationen austauschen können. Der österreichische Zoologe und Nobelpreisträger Karl v. Frisch (1886-1982) entdeckte diese „Bienensprache“ und entschlüsselte den ihr zugrunde liegenden Code.

Karl v. Frisch entdeckte, dass Honigbienen nach der Rückkehr zum Bienenstock den Artgenossen einige Tropfen des Nektars abgeben, anhand dessen die anderen Bienen die Qualität der Futterquelle feststellen können. Außerdem beginnen sie auf eigenartige Weise zu tanzen. Dieser „Tanz“ hat die Aufgabe, den anderen Bienen des Stocks die Richtung und die Entfernung der Futterquelle anzuzeigen: Liegt die Futterquelle in der Nähe des Bienenstockes, führen sie einen sogenannten „Rundtanz“ auf. Bei größerer Entfernung zur Futterquelle vollführen sie einen sogenannten „Schwänzeltanz“, dem ihre Artgenossen Informationen über Richtung und Entfernung der Futterquelle entnehmen können.

Medien

• **Arbeitsblätter**

AB 1: *Verstehst du deine Katze?*

Auf einem Arbeitsblatt sind typische Verhaltensweisen, wie sie bei Hauskatzen beobachtet werden können, erklärt. Das Arbeitsblatt ist der PZ-Information 15/97 „Vom Umgang mit Heimtieren“, S. 40/41 entnommen.

AB 2: *Anleitung zum Bau eines „Bienenkompasses“*

Vorlage und Bauanleitung zur Herstellung eines Bienenkompasses, mit dessen Hilfe sich der Zusammenhang zwischen der Richtung des Schwänzeltanzes auf der Wabe und der Richtung der Futterquelle relativ zum Stand der Sonne einfach ermitteln bzw. veranschaulichen lässt.

• **Filme**

Kommunikation bei der Honigbiene:

Entdeckung der Tanzsprache und Orientierung der Bienen (VHS-Video: 4247145/15 Min.)

Der Film informiert über folgende grundlegende Entdeckungen des Nobelpreisträgers Karl von Frisch: Tanzsprache der Bienen (ab 1923) - Orientierung der Bienen nach polarisiertem Licht (1949) - Lage des Schweresinnesorgans bei Bienen - Bedeutung der

ultravioletten Blütenmuster als Wegweiser zum Nektar. Ein Ausblick zeigt aufbauend auf den grundlegenden Forschungen Karl von Frischs neue Entdeckungen mit modernen Verhaltens- und elektrophysiologischen Methoden.

Die Honigbiene (VHS-Video: 4200242/20 Minuten, DVD: 4601020)

In vier Kurzfilmen informiert der Film über den Körperbau der Honigbiene, die Aufgabenverteilung im Stock, die Nahrungssuche und -aufnahme, den Rund- und Schwänzeltanz und zeigt Experimente zum Farbsehen.

Entfernungs- und Richtungsnachweis bei der Honigbiene (VHS-Video: 4246636/20 Min.)

Durch das Anbieten eines „wandernden Futtertisches“ und das Markieren von Immen wird dem Betrachter Einblick in das interne Verhalten eines Bienenstockes ermöglicht. Es wird der Rundtanz der Nahsammler und der Schwänzeltanz der Fernsammler bei verschiedenen Entfernungen gezeigt. Entfernungs- und Richtungsweisung werden nach ihren Orientierungsparametern - Rhythmus, Energieaufwand, Schnarrlaute, Transponieren des optischen Winkels - analysiert. Zeitlupenaufnahmen vertiefen den gewonnen Eindruck.

Kommunikation durch chemische Stoffe:

Der Schmetterlinge Liebesgrüße (VHS-Video: 4245178/26 Minuten)

Ein Kapitel der Insektenchemie sind die Pheromone. Analog zum natürlichen Vorbild lassen sich naturidentische Pheromone herstellen. Mit Pheromonködern lässt sich der Flugverlauf von Schadinsekten kontrollieren, deren Duftorientierung gestört und deren Übervermehrung eingedämmt werden kann. Pheromonfallen für Borkenkäfer und Lockstoffdispenser zur Verwirrung des Traubenwicklers im Weinbau sind erste Erfolge einer biologischen Bekämpfungsstrategie.

Mit Lockstoffen gegen Insekten (VHS-Video: 4201750/15 Minuten)

Der Film zeigt den Einsatz von Duftstoffen zur Schädlingsbekämpfung. Pheromone als „Verwirrstoffe“ verhindern beispielsweise im Weinbau die Massenvermehrung des Traubenwicklers, und in den Borkenkäfer-Fallen wirken Lockstoffe als Köder. (Kurzfassung des BASF-Filmes „Der Schmetterlinge Liebesgrüße“ 42-45178).

Verständigung durch Duftnoten (VHS-Video: 4202225/27 Minuten)

Der Film zeigt an zahlreichen Beispielen, dass Duftstoffe bei der Verständigung im Tierreich eine große Rolle spielen: Markierverhalten der Hunde, Sexuallockstoffe bei Berraffen, Reviermarkierung bei Wasserböcken und Warzenschweinen, Duftstoffe zur Verständigung über Nahrungsquellen bei Termiten und Ameisen, Sexuallockstoffe bei Borkenkäfer, Seidenspinner und Biene. Einige Vorgänge werden durch Experimente verdeutlicht.

Kommunikation durch akustische Signale:

Schallwellen unter Wasser (VHS-Video: 4202226/28 Minuten)

Fische und Säugetiere kommunizieren unter Wasser, um Reviere abzugrenzen, sich anzulocken, zur Orientierung, Abwehr und Beutejagd. Der Film zeigt Forscher, die mithilfe von Unterwassermikrofonen die Verständigungsformen untersuchen. In einem Korallenriff werden mit Tonaufnahmen verletzter Fische Haie angelockt. Das Kommunikationssystem der Pott- und Blauwale, die Gesänge der Buckelwale sowie die Jagdtechnik der Delphine mittels Echolot werden vorgestellt. Ausführlich demonstriert der Film

die Verständigung der Schwertwale, die in einer Langzeitstudie in einem kanadischen Fjord erforscht wird.

Delphine (VHS-Video: 4201772/14 Minuten)

Der Film vermittelt Basiswissen über die Wale mit deutlichem Schwerpunkt auf der Familie der Delphine. Die Anpassung dieser schnellen Schwimmer an das Leben im Wasser wird erläutert. Die wichtigsten Säugetiereigenschaften und die Unterschiede zum Fisch werden genannt. Breiten Raum nimmt die Erklärung der Echo-Ortung ein. Höhepunkte sind die Geburt eines Delphinbabys, aber auch faszinierende Über- und Unterwasseraufnahmen von freilebenden Delphinen.

Kommunikation bei Vögeln:

Amseln in unserem Garten (VHS-Video 4247157/15 Minuten)

Gesang und Rufe der Amseln dienen der Verständigung: Reviereinnahme, Verteidigung, Paarbildung, Bewachung der Brut, Warnung vor Feinden. Trick- und Realaufnahmen zeigen Körperhaltungen und -bewegungen, aus denen man auf die Stimmung des Vogels schließen kann. Auch Nestbau, Brutpflege und Nahrungserwerb werden deutlich.

Warum singen Vögel? (VHS-Video: 4247017/14 Minuten)

Im Film wird deutlich gemacht, dass Vogelgesänge artspezifische Merkmale sind, die eine große Bedeutung zur Reviermarkierung und als Werbegesang haben.

Weitere Medien

Tierstimmen: Unke, Frosch und Kröte (Kassette 2202635/17 Minuten)

An einem Teich haben sich Unken, Frösche und Kröten versammelt. Sie lassen ihre Stimmen erklingen, um Partner anzulocken. In ihrem Laichgewässer bilden sie Fortpflanzungsgemeinschaften. Die einleitende Reportage enthält die Stimmen von mehreren Rotbauchunken und Wasserfröschen sowie einer Kreuzkröte. Anschließend werden die Stimmen von Rotbauchunken, Erdkröten, Kreuzkröten, Grasfröschen und Wasserfröschen einzeln vorgestellt. Dabei wird die Funktion der inneren und äußeren Schallblase aufgezeigt. In einem Quiz sollen die Schülerinnen und Schüler die zuvor gehörten Tierstimmen Tonbeispielen richtig zuordnen.

Amsel, Drossel, Fink und Star (Kassette: 2200019/20 Minuten)

Tonaufnahmen von Vogelstimmen: Amsel - Singdrossel - Buchfink - Star.

Vogelstimmen: Kohlmeise, Blaumeise und Kleiber (Kassette: 2202633/20 Minuten)

Zu Beginn erklingt ein Vogelstimmenkonzert, an dem zwei Kohlmeisen und eine Blaumeise beteiligt sind. Dann stellt der Autor diese drei Stimmen einzeln vor und lässt sie danach noch einmal als Konzert erklingen. Anschließend wird der sehr variable Gesang der Kohlmeise mit Hilfe vergleichender Tonbandaufnahmen in seiner Grundstruktur aufgezeigt und es werden Merkhilfen für die Schülerinnen und Schüler gegeben. Auf ähnliche Weise erarbeitet der Autor die Struktur und Klangfarbe der Gesänge der Blaumeise und des Kleibers. Das Tonband schließt mit einem Vogelstimmenquiz, in dem Tonbeispiele den drei Vogelarten zugeordnet werden sollen.

2.7 Recycling – eine Erfindung der Natur

Lerninhalte

Da die von der Sonne eingestrahlte Energie beim Durchlaufen der Nahrungskette nach und nach in Wärmeenergie umgewandelt wird, ist sie für Organismen nicht mehr nutzbar. Wegen dieser „Verluste“ durch Umwandlung der Energie in Wärmeenergie ist der Energiehaushalt eines Ökosystems ständig auf Energienachschub von der Sonne angewiesen, damit sich ein Fließgleichgewicht einstellen kann.

Pflanzen benötigen neben der Energie der Sonne CO_2 aus der Luft, Mineralsalze und Wasser, um wachsen zu können. Tiere, die sich von Pflanzen ernähren, bauen diese Stoffe in andere, körpereigene Stoffe um. Wenn ein Tier stirbt, wird seine Leiche von Destruenten wieder in Mineralien zerlegt, die die Pflanzen zum Wachstum benötigen. Der Kreislauf schließt sich so. Die am Aufbau der Stoffe eines Ökosystems beteiligten Elemente werden also beim Durchlaufen des Kreislaufs in unterschiedliche Verbindungen eingebaut. Dabei bleibt ihre Menge konstant.

Stoffkreisläufe existieren für alle chemischen Elemente. Im Gegensatz zum Energiehaushalt stellt sich bezüglich des Stoffhaushaltes jedoch kein Fließgleichgewicht, sondern ein stationäres Gleichgewicht ein.

Stellvertretend für die Vielzahl möglicher im Unterricht zu thematisierender Stoffkreisläufe werden Arbeitsmaterialien zum Stickstoffkreislauf angefügt.

Medien

- **Versuche**

Nachweis von Stickstoffverbindungen im Boden (Lehrerversuch, ⚗)

Geräte und Chemikalien: Reagenzglas mit Stopfen, Reagenzglasgestell, Pipette, Spatel, Bodenprobe, konzentrierte Schwefelsäure, 10%ige Eisensulfatlösung

Durchführung: Eine Spatelspitze der Bodenprobe und 1 ml konzentrierte Schwefelsäure werden im Reagenzglas kräftig geschüttelt. Nachdem sich die Bodenteilchen im Reagenzglas abgesetzt haben, wird die Flüssigkeit im Reagenzglas vorsichtig mit der Eisensulfatlösung überschichtet. Wenn sich an der Berührungszone der beiden Flüssigkeiten ein brauner Ring bildet, ist dies ein Hinweis auf Stickstoffverbindungen (Nitrate) in der Bodenprobe.

Mit Merckoquant-Nitrat-Teststäbchen kann der Nitratnachweis auch im Schülerversuch durchgeführt werden: Man wiegt 100 g der Bodenprobe ab und verrührt sie mit 100 ml destilliertem Wasser zu einer Bodensuspension. Anschließend wird die Bodensuspension durch einen Faltenfilter gegossen. Im Filtrat wird der Nitratnachweis (Anweisungen auf der Packung beachten!) vorgenommen.

Zersetzung von Harnstoff mit Hilfe von Urease (Lehrerversuch oder Schülerversuch)

Geräte und Chemikalien: Reagenzglas, Reagenzglasgestell, Pipetten, 10%ige Harnstofflösung, 10%ige Ureaselösung, Phenolphthalein-Lösung.

Durchführung: In das Reagenzglas werden etwa 5 ml Harnstofflösung gegeben und anschließend einige Tropfen Phenolphthalein zugesetzt. Dann werden etwa 2 ml Urease

Lösung zugegeben. Nach einiger Zeit wird die Lösung durch das Phenolphthalein rosa, d. h., es sind OH^- -Ionen entstanden, die durch die Rosafärbung des Indikators angezeigt werden. Bei der Zersetzung von Harnstoff mithilfe des Enzyms Urease entsteht Ammoniak, der mit Wasser OH^- -Ionen bildet.

Düngeversuche mit Maispflanzen (Schülerversuch)

Geräte und Chemikalien: mind. 5 Marmeladengläser (mit zweifach durchbohrtem Deckel), Schale, Maissamen, Watte, destilliertes Wasser, Chemikalien gemäß untenstehender Tabelle

Durchführung: In einer Schale mit feuchter Watte werden Maiskeimlinge vorgezogen. Wenn die Pflanzen etwa 4 cm hoch sind, werden die Pflanzen vorsichtig herausgenommen und ihre Wurzeln mit Wasser abgespült. Dann werden die Pflanzen in Marmeladengläser mit der Nährlösung gebracht. Dazu muss in den Blechdeckel ein ausreichend großes Loch (Durchmesser ca. 2 cm) geschnitten werden, durch das die Pflanze hindurch passt, ohne sie zu beschädigen. Sie werden mit Watte so fixiert, dass ihre Wurzeln in die Nährlösung reichen. Außerdem muss sich im Deckel ein zweites, kleineres Loch befinden, durch das die Nährlösung belüftet werden kann (siehe Skizze). Anstelle des Blechdeckels können auch entsprechend große Styroporscheiben verwendet werden. Um die Wurzeln vor Lichteinwirkung zu schützen, werden die Gläser mit einem Kartonstreifen umwickelt, der mithilfe eines Gummiringes gehalten wird. Auf diesem Karton können auch Kennzeichnungen angebracht werden, damit die Gefäße nicht verwechselt werden.



Die Höhe der Pflanzen wird täglich gemessen. Die Messwerte werden in einem Protokollbogen festgehalten, in dem auch weitere Beobachtungen, z. B. Farbänderungen an den Blättern, notiert werden. Zur Auswertung wird die Höhe der Pflanzen in ein Koordinatensystem eingetragen.

Zusammensetzung der Nährlösungen:

Volllösung:

1 l Leitungswasser und ...

1,0 g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

0,25 g MgSO_4

0,25 g KH_2PO_4

0,25 g KNO_3

0,25 ml FeCl_3 - Lösung

Lösungen der Spurenelemente:

H_3BO_3 - Lösung

MnSO_4 - Lösung

CuSO_4 - Lösung

ZnSO_4 - Lösung

Herstellung der Lösungen:

Jeweils 1 g der Verbindungen in 1 l destilliertem Wasser lösen

Lösung ohne Stickstoff:

1 l destilliertes Wasser und ...

0,25 g MgSO_4 0,5 g KH_2PO_4 1,0 g $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 0,25 ml FeCl_3 - Lösungjeweils 1 ml der Lösung
der Spurenelemente**Lösung ohne Kalium:**

1 l destilliertes Wasser und ...

1,25 g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 0,25 g MgSO_4 0,5 g $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 0,25 ml FeCl_3 - Lösungjeweils 1 ml der Lösung
der Spurenelemente**Lösung ohne Calcium:**

1 l destilliertes Wasser und ...

0,25 g MgSO_4 0,25 g KH_2PO_4 1,25 g KNO_3 0,25 ml FeCl_3 - Lösungjeweils 1 ml der Lösung
der Spurenelemente**Lösung ohne Phosphor:**

1 l destilliertes Wasser und ...

1,0 g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 0,25 g MgSO_4 0,5 g KNO_3 0,25 ml FeCl_3 - Lösungjeweils 1 ml der Lösung
der Spurenelemente**Zu viel Dünger lässt Pflanzen vertrocknen**

Geräte und Chemikalien: Drei Marmeladengläser mit durchbohrtem Deckel (Bohrung \varnothing 20 mm), Blumendünger, Maiskeimlinge. Der Versuch lässt sich auch mit Bohnenpflanzen oder einfacher mit Kresse auf Watte durchführen!

Durchführung: Die Marmeladengläser mit Wasser und Düngerlösung mit normaler (siehe Angabe auf der Packung) bzw. zehnfacher Konzentration füllen. Die Maiskeimlinge mit Watte so im Deckel befestigen, dass ihre Wurzeln in die Wasser- bzw. Düngerlösungen eintauchen (siehe bei Versuch ③). Während sich die Maiskeimlinge in Wasser und der Nährsalzlösung mit der empfohlenen Konzentration normal entwickeln, vertrocknet der Maiskeimling in der Lösung mit zehnfacher Konzentration.

Obwohl ausreichend Wasser vorhanden ist, kann der Maiskeimling es nicht aufnehmen, da die hohe Konzentration der Nährsalzlösung der Osmose entgegenwirkt und dem Keimling statt dessen Wasser entzogen wird. Aus dem gleichen Grund werden Pflanzen auch bei exzessiver Verwendung von Streusalz geschädigt.

- **Arbeitsblätter**

AB [1a/1b](#): *Der Stickstoffkreislauf*

[AB 2](#): *Justus von Liebig und die Lehre von den Düngemitteln*

Das Arbeitsblatt enthält Informationen zu Justus von Liebig und seinem „Gesetz des Minimums“. In drei Versuchen werden exemplarisch Nachweismöglichkeiten von Calci-

um, Magnesium und Phosphor in einem Mineraldünger aufgezeigt. Zum Nachweis von Kalk wird etwa 10%ige Salzsäure verwendet. Zur Flammenprobe wird etwas Filtrat mit einem Magnesiastäbchen in die nichtleuchtende Flamme des Gasbrenners gehalten. Calcium färbt die Flamme ziegelrot.

Die beim Magnesiumnachweis verwendeten Lösungen sollten etwa 10 %ig sein.

Zur Herstellung der Ammoniummolybdat-Lösung für den Phosphornachweis tropft man solange konzentrierte Salpetersäure zu 0,1 M Ammoniummolybdat-Lösung, bis sich der auftretende Niederschlag wieder löst. Die Herstellung der Lösung muss aus Sicherheitsgründen durch die Lehrkraft vorgenommen werden.

AB 3: *Knöllchenbakterien stopfen das Leck im Stickstoffkreislauf*

Arbeitsblatt mit Informationen zu stickstoffbindenden Bakterien als Ergänzung zum Stickstoffkreislauf.

AB 4: *Bestimmungstafel für Bodentiere*

Einfache Bestimmungstafel für Bodentiere, die man in der Laubstreu finden kann. Die Suche nach den Bodentieren ist recht einfach: Die Schülerinnen und Schüler suchen auf dem Boden verrottende Biomasse nach Bodentieren ab. Diese Organismen findet man sowohl in der Laubstreu als auch an Holz, das auf dem Boden liegt. Hilfreich bei der Suche ist - neben Pinsel und Federstahlpinzette - eine sogenannte Becherlupe, in der man die Organismen sammeln und auch gleich betrachten kann. Die aufgefundenen Organismen gehören in der Regel zu den Destruenten (Zerkleinerer). Mineralisierer sind Bakterien, die man mit nur mithilfe eines Mikroskops erkennen kann.

2.8 Bewegung – Kennzeichen des lebenden Organismus

Lerninhalte

Bei den durch Reize ausgelösten Bewegungen pflanzlicher Organismen unterscheidet man zwischen Nastien und Tropismen. Der Unterschied besteht darin, dass bei den Nastien keine Beziehung zwischen der Richtung des Reizes und der Bewegung besteht, während bei den Tropismen ein solcher Zusammenhang festgestellt werden kann, d. h., es handelt sich um zum Reiz hin oder vom Reiz weg gerichtete Bewegungen. Nastien sind z. B. bei einigen Mimosenarten bekannt, die ihre doppelt gefiederten Blätter zusammenklappen, sobald sie mechanisch gereizt werden.

Tropismen sind in der Regel Wachstumsbewegungen, die auf durch pflanzliche Wachstumshormone bedingtem ungleichem Wachstum der beiden Seiten eines Pflanzenorgans beruhen. Dieses führt zu einseitiger Krümmung, dem Prinzip nach also ähnlich wie die Krümmung eines Bimetallstreifens bei Erwärmung. Am bekanntesten sind der Phototropismus und der Geotropismus. Unter Phototropismus (Lichtwendigkeit) versteht man die Ausrichtung chlorophyllhaltiger Pflanzenteile zum Licht hin (positiver Phototropismus). Im Gegensatz dazu verhält sich die Wurzelspitze negativ phototrop.

Beim Geotropismus wird die Bewegung durch die Schwerkraft ausgelöst. Die Sprossachse von Pflanzen ist negativ geotrop und im Gegensatz wächst die Wurzel nach unten, ist also positiv geotrop.

Medien

- **Versuche**

Seismonastie bei der Mimose

Versuchspflanzen und Geräte: Die Mimosen müssen mehrere Wochen vor dem Unterricht aus Samen gezogen werden. Falls die Samen nicht im örtlichen Samenhandel beschafft werden können, kann man sie sich auch schicken lassen. Eine Adresse ist auf S. 33 angegeben.

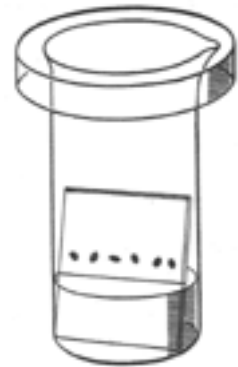
Durchführung: Die Reaktion der Mimose (*Mimosa pudica* L.) auf mechanische Reize lässt sich gut beobachten. Dazu werden die Mimosen (Topfpflanzen) in einem warmen Raum (möglichst über 20 °C) an einer erschütterungsfreien Stelle aufgestellt. Wichtig ist, dass vor dem Versuch gewartet wird, bis sich alle Blattfiederchen völlig entfaltet haben. Mit einer Bleistiftspitze lassen sich die endständigen Fiederchen eines Blattes durch eine kräftige Berührung reizen. Unmittelbar nach der Berührung klappen die Fiederchen des gereizten Blattes paarweise aneinander. Diese Bewegung pflanzt sich über das ganze Teilblatt fort und greift auch auf die anderen Blattteile über. An diesen Blattteilen, die nicht direkt einen Berührungsreiz empfangen haben, klappen die Blättchen jedoch von der Mitte her nach außen fortschreitend zusammen. Nach dem Zusammenklappen der Fiederchen senkt sich nach einer kräftigen Reizung auch das ganze Blatt plötzlich nach unten. Einige Minuten später hebt sich das Blatt wieder und die Fiederchen entfalten sich. Nach sehr kräftigen Reizen beteiligen sich auch noch andere Blätter an den genannten Bewegungen. Es können sich gelegentlich auch die Blattstiele senken, bevor alle Fiederchen zusammengeklappt sind. Die Mimose reagiert also auf Berührungsreize durch Zusammenklappen der Blattfiederchen und Senken der Blatt-

stiele. Der Reiz wird von der Berührungsstelle durch das ganze Blatt geleitet. Die Bewegung, die durch äußere Reize ausgelöst wird, beruht auf einer Änderung der Gewebespannung in den als Gelenken ausgebildeten Ansatzstellen der Blatt- und Fiederstiele. Der Vorgang ist beliebig oft wiederholbar. Jedoch ist bei kurzfristigen Wiederholungen eine Abstumpfung der Pflanze gegenüber der Reizung festzustellen, die eine Zeit anhält.

Die Wurzel der Gartenkresse reagiert auf die Schwerkraft

Versuchspflanzen und Geräte: Samen der Gartenkresse, ein Bogen Filterpapier, Glaskammer mit Abdeckung, Glasplatte (ca. 15 x 15 cm)

Durchführung: Eine Glasplatte (ca. 15 x 15 cm) wird mit feuchtem Filterpapier bedeckt. Auf das feuchte Filterpapier werden einige Kressesamen in einer Reihe aufgebracht. Anschließend wird die Platte in eine Glaskammer, deren Boden etwa 1 cm hoch mit Wasser bedeckt ist, gestellt. Das Filterpapier muss auf jeden Fall Kontakt zum Wasser haben, damit die keimenden Samen feucht bleiben. Die Glaskammer wird mit einem dunklen Karton abgedeckt. Nach einigen Tagen sind die Wurzeln der gekeimten Kressepflänzchen etwa 2 cm lang. Dann wird die Glasplatte mit den Kressepflänzchen in der feuchten Kammer um 90° gedreht. Wenn man nach ein, zwei Tagen nachschaut, sieht man, dass die Wurzeln der Kressepflänzchen ihre Wuchsrichtung in Richtung Erde beibehalten haben. Die Wurzeln weisen jetzt einen Knick in einem Winkel von 90° auf. Entsprechendes gilt für den Stängel.



Positiver und negativer Phototropismus bei Pflanzen

Versuchspflanzen und Geräte: Kohlsamen, großes Einmachglas mit Deckel, schwarzes Papier, Tesafilm, Glasplatte, ein Bogen Filterpapier

Durchführung: Ein großes Einmachglas wird so mit schwarzem Papier umhüllt, dass an einer Seite ein senkrechter Spalt von etwa 2 cm Breite frei bleibt. Das Glas wird innen mit Filterpapier ausgekleidet (auch hier den Spalt frei lassen, damit von außen beobachtet werden kann!) und der Boden einige Zentimeter hoch mit Wasser bedeckt. Nun umwickelt man eine Glasscheibe ebenfalls mit Filterpapier, setzt mit der Pinzette einige Kohlsamen darauf und stellt sie dann senkrecht in das Glas, wobei eine Kante auf die Lichtöffnung weist. Dann wird das Gefäß mit dem Deckel verschlossen und so aufgestellt, dass die Öffnung zum Licht weist.

Innerhalb von etwa fünf Tagen bilden sich Sprosse und Wurzeln. Die Sprosse wenden sich dem Licht zu, die Wurzeln vom Licht weg, da sich die oberirdischen Teile der Kohlpflanzen positiv und die unterirdische negativ phototrop verhalten.

Versuche mit dem Pflanzenhormon IES

Versuchspflanzen und Geräte: Zur Vorbereitung der Versuche sind aus Bohnensamen Keimpflanzen zu ziehen (Dauer ca. eine Woche!). Das Pflanzenhormon IES (ca. 1 g) wird mit etwas Vaseline zu einer Paste verrührt.

Durchführung: Etwas IES-Paste wird an den Stängeln der Bohnenkeimpflanzen an einer Stelle einseitig aufgetragen. Anschließend werden die Keimpflanzen an einem Ort mit diffusem Licht aufgestellt. Einseitiger Lichteinfall ist dabei auf jeden Fall zu vermeiden! Nach wenigen Stunden, spätestens am nächsten Tag, krümmt sich der Stängel in die der Auftragsstelle der Paste gegenüberliegende Richtung, da auf der Seite der Auftragsstelle durch IES das Wachstum des Stängels einseitig gefördert wird.

- **Materialien**

Sämereien können, falls sie am Schulort nicht zu beschaffen sind, unter der Adresse www.exotische-saemereien.de im Internet bestellt werden.

Phytohormone können im Internet bei <http://wcp-laborhandel.de> bestellt werden. 10 g Kaliumsalz der Indol-3-Essigsäure kosten dort z. B. 31,10 EUR + 16 % MwSt.

2.9 Energiefluss durch das Ökosystem

Lerninhalte

Ökosysteme können nur als offene Systeme dauerhaft bestehen. Die für die vielfältigen Prozesse in einem Ökosystem erforderliche Energie wird von der Sonne geliefert. Da bei der Umwandlung von einer Energieform in eine andere stets „Energieverluste“ auftreten, wird ein Teil der Energie entwertet, d. h. als Wärmeenergie, die für die Lebewesen nicht verwertbar ist, an die Umgebung abgegeben. Energie durchfließt also das Ökosystem nur, so dass ein Ökosystem auf ständigen Energienachschub von der Sonne angewiesen ist. Die von den Produzenten aus anorganischen Stoffen aufgebauten organischen Stoffe bestehen einerseits aus den an ihrem Aufbau beteiligten Elementen (siehe: „Recycling - eine Erfindung der Natur“) und dienen zugleich als „Energiespeicher“, da in ihren Molekülen chemische Energie gespeichert ist. Wenn die Konsumenten diese Stoffe aufnehmen, werden sie also mit den Rohstoffen für den eigenen Stoffwechsel versorgt; gleichzeitig sind die aufgenommenen Stoffe Energieträger, die für Lebensvorgänge (z. B. Muskelarbeit) benötigt werden. Bei den damit verbundenen Energieumwandlungen wird - wie oben schon beschrieben - ein Teil der Energie entwertet und ein anderer Teil bleibt in der aufgebauten Biomasse gespeichert.

Als Faustregel gilt, dass ca. 65 % der aufgenommenen Energie als Wärmeenergie „verloren“ geht oder in Stoffen gespeichert werden, die für die nachfolgenden Glieder der Nahrungskette nicht mehr verwertbar sind (z. B. Horn oder Knochen), ca. 25 % der aufgenommenen Energie werden in verwertbarer Biomasse gespeichert und nur 10 % an die nachfolgenden Glieder der Nahrungskette weitergegeben. Da alle Lebewesen irgendwann sterben und von den Destruenten abgebaut werden, heißt das, dass die gesamte von der Sonne aufgenommene Energie beim Durchlaufen der Nahrungskette in Wärmeenergie umgewandelt wird.

Diese Tatsache erklärt, warum es aus energetischer Sicht günstiger ist, sich anstelle von Fleisch von Pflanzenkost zu ernähren, denn je länger die Nahrungskette, desto größer sind die Energieverluste. Bei der Erzeugung von Fleisch gehen ca. 90 % der in den Futterpflanzen gespeicherten Energie verloren. Zur Erzeugung von Fleisch mit einem Energiegehalt von einem Kilojoule sind demzufolge Futterpflanzen mit einem Energiegehalt von 10 Kilojoule erforderlich. Der zunehmende Fleischkonsum der Weltbevölkerung stellt also auch, von anderen Problemen, die mit der Fleischerzeugung verbunden sind abgesehen, ein Problem dar. In Entwicklungsländern, in denen aus klimatischen Gründen die Anbauflächen kaum erweitert werden können, stellt also die Fleischerzeugung einen schieren Luxus dar. Allerdings besteht dabei die Gefahr, dass zu wenig Eiweiß aufgenommen wird. Diese „Proteinlücke“ kann ein gewichtiges Ernährungsproblem darstellen.

Medien

- **Arbeitsblätter**

[FV 1](#): Energie in der „Einbahnstraße“ - Energiefluss durch ein Ökosystem (Beispielrechnung) und [Lösungsblatt](#)

[AB 1](#): Energie in der „Einbahnstraße“ - Energie durchfließt das Ökosystem

[AB 2](#): Energiefluss durch das Ökosystem (Zusammenfassung)

Am Beispiel eines Ökosystems wird eine Energiebilanz vorgenommen. Wie oben bereits dargestellt, soll den Schülerinnen und Schülern anhand einer Berechnung deutlich gemacht werden, dass die von der Sonne aufgenommene Energie beim Durchlaufen des Ökosystems schrittweise in Wärmeenergie, die von Lebewesen nicht mehr genutzt werden kann, umgewandelt („entwertet“) wird. Von einem Glied der Nahrungskette werden nur etwa 10% der mit der Nahrung aufgenommenen Energie an das nächste Glied der Nahrungskette weitergegeben. Diese Tatsache ist von erheblicher Bedeutung bei der Erzeugung von Nahrungsmitteln. Im Schnitt werden etwa 65 % der in der Nahrung gespeicherten Energie veratmet, d. h., sie dient zum Bestreiten von Lebensvorgängen. Etwa 25 % werden in der produzierten Biomasse gespeichert. Früher oder später wird die Biomasse von Destruenten zu energiearmen, anorganischen Stoffen abgebaut, so dass letztendlich auch die in der Biomasse gespeicherte Energie in Wärmeenergie umgewandelt wird.

Zu der Folie gehören ein Lösungsblatt (FV 1: Lösungen) und eine Kopiervorlage (AB 1: Energie in der „Einbahnstraße“ - Energie durchfließt das Ökosystem). Alternativ kann auch das Arbeitsblatt (AB 2: Energiefluss durch das Ökosystem) zur Zusammenfassung eingesetzt werden.

AB 3: *Energie und die Herstellung von Nahrungsmitteln*

Dieses Arbeitsblatt soll eine Diskussionsgrundlage zur Reflexion über energetische Zusammenhänge der landwirtschaftlichen Erzeugung von Nahrungsmitteln liefern. Auf dem Arbeitsblatt ist die Energiebilanz für die Erzeugung von Nahrungsmitteln in einer hochtechnisierten Landwirtschaft dargestellt. In landwirtschaftlichen Ökosystemen wird bei der Ernte ein Großteil der Biomasse dem Stoffkreislauf entzogen, so dass die fehlenden Stoffe durch Düngung wieder ersetzt werden müssen. Interessant ist ein Vergleich der in Nahrungs- und Futterpflanzen gespeicherten Energie mit dem Energiebeitrag, der in den fertigen Speisen enthalten ist. Außerdem wird ein erheblicher Anteil an externer Energie benötigt, der den entsprechenden Energiebetrag in der fertigen Nahrung fast um das Sechsfache übersteigt.

AB 4: *Körner oder Keule - Mastvieh frisst den Armen das Getreide weg*

Die energetischen Gesetzmäßigkeiten bei der Erzeugung von Nahrungsmitteln machen sich besonders in den ärmeren, bevölkerungsreichen Ländern der Erde bemerkbar. Mit einem Ausschnitt aus einem Artikel der Wochenzeitung „Die Zeit“ kann den Schülerinnen und Schülern diese Problematik vor Augen geführt werden. Der Artikel liefert eine Fülle von Informationen, mit denen die bisher gewonnen Erkenntnisse vertieft und gefestigt werden können.

• **Filme**

Nahrungsnetze und Energiefluss (VHS-Video: 4202240/13 Minuten)

Der Film stellt den Aufbau von Nahrungsketten dar und beschreibt die Energieflüsse zwischen Lebewesen. Nach einer kurzen Erklärung der Photosynthese wird der Energiefluss von Produzenten zu Konsumenten und Destruenten sowie der Verlust an biologisch nutzbarer Energie auf jeder Stufe der Nahrungspyramide - vor allem durch Wärmeabstrahlung - genauer erläutert. Außerdem stellt der Film Versuche vor, mit denen die Strahlungsenergie der Sonne sowie die in Pflanzen und Tieren gebundene Energie gemessen werden können.

2.10 Ausgewählte Ökosysteme: Hecke – Wiese – Acker

Lerninhalte

Wiesen, Wald und Ackerland sind Ökosysteme, die vom Menschen geschaffen und unterhalten werden. Noch in der Jungsteinzeit, d. h. vor etwa 7500 Jahren, prägten Mischwälder, unterbrochen von kleinen Sumpf- und Trockengebieten, auf denen Gras wuchs (Naturwiesen), das Landschaftsbild Mitteleuropas. Als der Mensch jedoch sesshaft wurde, begann er mit der Rodung der Wälder, um Land für den Anbau von Kulturpflanzen und die Viehhaltung zu gewinnen. Im Mittelalter wurden landwirtschaftliche Flächen sehr schonend genutzt. Ein Teil wurde im Herbst mit Winterweizen oder -roggen eingesät; der zweite Teil wurde im Frühjahr mit Gerste, Roggen, Hafer, Bohnen oder Erbsen bestellt und der dritte Teil lag brach (Dreifelderwirtschaft). Diese zunächst vorherrschende extensive Nutzung änderte sich aber mit der beginnenden Industrialisierung im 19. Jahrhundert. Durch die zunehmende Intensivierung der Landwirtschaft, durch den Einsatz von Maschinen wurde die ursprüngliche Naturlandschaft in verhältnismäßig kurzer Zeit in eine Kulturlandschaft umgewandelt.

Mit der Veränderung der Landschaft durch die moderne Landwirtschaft sind jedoch die Wiesen - komplexe Lebensräume für eine Vielzahl von Pflanzen- und Tierarten - immer mehr zurückgedrängt und infolgedessen unzählige Pflanzen- und Tierarten in ihrem Bestand gefährdet worden.

Weiden sind keine Wiesen, obwohl sie diesen auf den ersten Blick ähneln. Viele Wiesenpflanzen können jedoch der Trittbelastung durch das Weidevieh nicht standhalten und werden in ihrem Bestand dezimiert. Intensive Bewirtschaftung führt dazu, dass Weiden im Gegensatz zu Wiesen relativ artenarme Biotope darstellen, obwohl dies bei richtiger Pflege und umsichtiger Nutzung vermeidbar wäre.

Hecken waren früher aus dem Landschaftsbild nicht wegzudenken. Bei der Umgestaltung der Landschaft von einer Natur- zu einer Kulturlandschaft mussten allerdings die meisten Hecken landwirtschaftlich nutzbaren Ackerflächen weichen, obwohl sie wichtige Aufgaben für die Landschaft und die Ökologie erfüllen.

Hecken tragen wesentlich zum Artenreichtum in der Kulturlandschaft bei. Sie werden vor allem von Holzgewächsen - Sträuchern und kleineren Bäumen - gebildet. Insbesondere Dornen tragende Arten bilden undurchdringliche Biotope, die Singvögeln und kleinen Säugetieren Schutz bieten und unersetzliche Brutbiotope für heckenbrütende Vögel sind. Die Pflanzen einer Hecke bieten darüber hinaus auch vielfältige Nahrung für ihre Bewohner, angefangen von den kleinsten Humus bildenden Zersetzern über Blatt fressende Schmetterlingslarven bis zu Samen und Frucht verzehrenden Vögeln. Auch als Windschutz sind Hecken sehr wichtig. Durch das Abbremsen des Windes verhindern sie das Austrocknen des Bodens. In flurbereinigten Regionen können schwere Schäden durch Abtragung der fruchtbaren oberen Bodenschicht infolge Winderosion eintreten. Allein aus diesem Grund werden heute wieder Hecken geschont und neu angelegt.

In unserer vorwiegend durch agrarische Gesichtspunkte bestimmten Kulturlandschaft sind Hecken meist zu klein und vor allem zu weit voneinander entfernt, wodurch ein Austausch zwischen Bewohnern benachbarter Hecken unmöglich wird. Man weiß heute, dass der Aktionsradius von Heckenbewohnern nicht sehr weit in die Feldflur hinausreicht. Diese Strecke ist bei den meisten Tierarten so gering, dass sie nicht die nächste

Hecke erreichen können, wenn diese ein Kilometer entfernt ist. Je kleiner und je schlechter die Möglichkeiten zur Fortbewegung sind, um so kürzer ist die Reichweite eines Tieres. Schon ein geteilter Feldweg stellt für Mäuse ein schwierig zu überwindendes Hindernis dar. Hecken sollten daher keine größeren Lücken aufweisen, mindestens einen halben Kilometer lang und fünf Meter breit sein und mit weiteren Ökosystemen wie Feldrainen, Ackerrandstreifen, natürlichen Bachläufen sowie Teichen und Tümpeln vernetzt sein.

Natürliche Ökosysteme weisen durch ihren großen Artenreichtum eine hohe Stabilität gegenüber äußeren Einflüssen auf. Bei Agrarökosystemen wird jedoch eine möglichst hohe Nettoprimärproduktion (hoher Hektarertrag) angestrebt. Wirtschaftliche Gesichtspunkte zwingen daher zu Monokulturen, auf denen nur bestimmte Nutzpflanzen angebaut werden. Um möglichst hohe Erträge zu erzielen, greift der Landwirt regulierend ein, so dass natürliche Mechanismen weitestgehend ausgeschaltet werden. Das Wachstum unerwünschter Wildpflanzen, sogenannter Unkräuter, ist unerwünscht und wird mit vielfältigen Methoden weitgehend eingedämmt. Konventioneller und ökologischer Landbau unterscheiden sich darin nur durch die Methode, die zur Eliminierung dieser Unkräuter führt. Wildpflanzenpopulationen außerhalb der Ackerflächen haben für den Landwirt keine Bedeutung und werden als nutzloser Flächenverbrauch eingeschätzt. Durch die Beschränkung der Artenvielfalt werden auch die für natürliche Ökosysteme charakteristischen Selbstregulationsmechanismen eingeschränkt. Nitrate, Pestizide, die als Düngemittel oder zur Bekämpfung von Schadinsekten ausgebracht werden, belasten das Grundwasser. Intensive Bodenbearbeitung fördert zudem Erosion der fruchtbaren Bodenschichten und fördert das Austrocknen des Bodens.

Medien

- **Arbeitsblätter**

AB 1: *Streuobstwiese oder Obstplantage*

Charakteristisch für Obstplantagen ist ihre besonders extensive Nutzung, um einen möglichst hohen Hektarertrag zu erzielen. Anhand von Berichten eines Besitzers einer Streuobstwiese bzw. des Besitzers einer Obstplantage sollen die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Anbaukonzepte herausgearbeitet und im Hinblick auf die damit verbundenen ökologischen Gesichtspunkte diskutiert werden.

Eine Gegenüberstellung zeigt die typischen Unterschiede:

Streuobstwiese	Obstplantage
Hochstämme bis 1,8 m	Niederstämme bis 1 m
kräftige Stämme mit rissiger Borke; zum Teil Baumhöhlen	dünne, glatte Stämme ohne Risse und Höhlen
große Abstände zwischen den Bäumen (8 bis 10 m)	dichte Pflanzungen in Reihen, dazwischen befahrbare Grasstreifen
auch alte und morsche Bäume im Bestand	regelmäßiger Ersatz alter und kranker Bäume
Ertragsdauer 50 Jahre und mehr	Ertragsdauer: 15 bis 20 Jahre
unterschiedlich alte Bäume und verschiedene Obstsorten, die zu unterschiedlichen Zeiten reif werden	vorwiegend eine Obstsorte; Früchte werden zur gleichen Zeit reif
verschiedene Obstsorten; geringe Krankheitsanfälligkeit	Monokultur mit erhöhtem Krankheitsrisiko

ligkeit geringer Ertrag trotz großen Flächenbedarfs; wenig Tafelobst; überwiegend Mostobst extensive Nutzung vielfältiger Pflanzenbewuchs mit ein bis zwei Mahden jährlich Düngung der Altbäume nicht notwendig Ernte zeitaufwendig und nicht ungefährlich Lebensraum für viele Tierarten ökologisch wertvoller Lebensraum	hoher Ertrag auf kleiner Fläche, viele äußerlich makellose Früchte intensive Nutzung Grasbewuchs mit häufigem Mulchen regelmäßige Düngung Ernte ungefährlich, oft vom Boden aus Lebensraum für Tiere sehr eingeschränkt ökologisch wenig wertvoller Lebensraum
---	--

Klaus Brauner: Streuobstbau oder Obstplantage? (Unterricht Biologie. 257/2000, S. 19 ff.)

- **Versuche**

Sammeln von Kleintieren in Hecken und Bäumen

Weißes Tuch auf dem Boden auslegen, dabei die Ränder etwas hochziehen. An den Ästen über dem Tuch schütteln. Anstelle des Tuches kann man auch einen aufgespannten hellen Regenschirm mit der Öffnung nach oben in einen Ast hängen. Eine andere Methode besteht darin, dass man die Äste mit Gazebeuteln umwickelt. Allerdings muss man dann möglichst jeden Tag kontrollieren.

Zeigerpflanzen - Indikatoren für die Standortbedingungen

Pflanzen stellen mehr oder weniger ausgeprägte Ansprüche an ihre Standorte. So gibt es z. B. Pflanzen, die ausschließlich oder bevorzugt an feuchten Stellen zu finden sind, während andere wiederum nur auf trockenen Böden gedeihen. Neben dem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens gibt es weitere Parameter (z. B. der pH-Wert des Bodens, sein Stickstoffgehalt, die Licht- und Wärmeverhältnisse), die dafür ausschlaggebend sind, ob eine bestimmte Pflanzenart an einem Standort gedeihen kann oder nicht. Kennt man also die Ansprüche einer Pflanzenart an ihren Standort, so kann man aus ihrem Vorkommen Rückschlüsse auf die am Standort vorherrschenden Boden- und Klimaverhältnisse ziehen. Pflanzenarten, die dabei eine besonders deutliche Bindung an bestimmte Standortbedingungen besitzen, werden daher als „Zeigerpflanzen“ bezeichnet. An ihrem gehäuftem Auftreten innerhalb eines Verbreitungsgebietes kann man daher auf Boden- und Klimaverhältnisse an diesem Standort schließen. Dies mit um so größerer Sicherheit, wenn sie zusammen mit weiteren Zeigerpflanzen auftreten.

Hohe Nitratkonzentration, d. h. sehr viel Stickstoff, wird durch die Große Brennessel angezeigt. Der Ackerschachtelhalm zeigt dagegen feuchte, sandige Lehmböden an. Kalkliebende Pflanzen sind z. B. die Kleine Brennessel und die Rote Taubnessel. Bei einer Beurteilung der Standortbedingungen ist das Buch von „Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa“. Hier sind für die meisten Pflanzen die Ansprüche an Standortbedingungen aufgelistet.

- **Filme**

Die Wiese im Jahreslauf (VHS-Video: 4201945/13 Minuten)

Wiesen sind von Menschenhand geschaffene Ökosysteme. Sie unterliegen zwei- bis mehrfacher Mahd und zeigen einen typischen jahreszeitlichen Rhythmus, dessen Erscheinungsformen Aspekte genannt werden. Diese Aspekte werden im Film vom Frühling bis zum Herbst verfolgt: Bearbeiten des Bodens, erste Frühlingsboten, erste (Löwenzahn) und zweite (Hahnenfuß) gelbe Welle, Grasblüte und erste Mahd im Hoch-

stand der Wiesenpflanzen. Es folgen Heuernte, Nachwachsen der Pflanzen zum zweiten Hochstand, Herbst und Einbruch des Winters.

Ökosystem Wiese (Medienpaket 5044104)

Das Medienpaket beinhaltet eine Videokassette (33 min) und eine Folienreihe (9 Folien). Eine Wiese besteht aus Grashalmen und Blütenpflanzen, die Schmetterlinge, Hummeln, Bienen und Schwebfliegen anlocken. Außerdem finden sich Heuschrecken, Grillen und zahlreiche Vogelarten. Nahrungsketten und -netze verbinden sie. Der Film stellt dieses Ökosystem Wiese vor. Folien sowie ein ausführliches Begleitheft mit Unterrichtseinheiten und Kopiervorlagen ergänzen den Film.

Lebensraum Hecke (VHS-Video: 4280598/15 Minuten)

Der Film stellt die Bedeutung der Heckenlandschaft für Pflanze und Tier dar. Auch die wichtigsten Sträucher, die Lebensraum und Nahrungsangebot für Insekten und Vögel (Dompfaff, Goldammer, Nachtigall) bestimmen, werden gezeigt. Im Zentrum der Sendung steht eine Rebhuhnfamilie, die von Frühling bis Winter beobachtet wird.

Lebensraum Hecke (VHS-Video: 4202066/16 Minuten)

Typische Heckenformen in Nord-, Mittel- und Süddeutschland. Die artenreiche Pflanzen- und Tierwelt in einer Hecke. Beseitigung von Hecken im Rahmen der landwirtschaftlichen Rationalisierungsmaßnahmen und ihre Folgen.

Unter dem Stichwort "Landwirtschaft" erhalten Sie auf den Seiten des LMZ Rheinland-Pfalz die nachfolgenden Videofilme sowie weitere informative Materialien zum Thema.

Der leise Wandel - Integrierter Pflanzenbau in der Landwirtschaft

(VHS-Video: 4245677/18 Minuten)

In der öffentlichen Meinung gelten die Bauern als maßgeblich beteiligt an der Belastung der Umwelt. Der Film zeigt auf, dass Wirtschaftlichkeit und Umweltschonung nicht gegensätzlich sein müssen. Dazu erläutert er das Prinzip des integrierten Pflanzenbaus.

Hat die Kornblume noch eine Chance? - Ökologische Folgen der modernen Landwirtschaft, (VHS-Video: 4200772/17 Minuten)

Bilder einer Landschaft: Unsere Landschaft zwischen Natur und Kultur

(VHS-Video: 4252454/30 Minuten)

Sollen Landschaften um ihrer selbst willen geschützt werden? Kulturlandschaften sind über Jahrtausende gewachsen. Die Intensivierung der Landwirtschaft hat dazu geführt, dass einige Landschaftsformen nicht rationell genutzt werden können. Der Film zeigt an Beispielen aus dem Kauersbachtal, dem Taubertal, der Schwäbischen Alb und Oberschwaben, wie eine regionalbezogene Vermarktung traditionell erwirtschafteter Produkte diese Landschaften erhalten hilft.

Der Boden und seine Fruchtbarkeit: Der Boden und seine Zerstörung (VHS-Video: 4245728/8 Minuten)

Literatur

SCHMIDT, Hubert: Die Wiese als Ökosystem. - Aulis Verlag Deubner & CoKG, Köln. ISBN: 3-7614-0444-1.

ELLENBERG, HEINZ u. a.: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Verlag Erich Goltze, 3. Auflage 1991. ISBN: 3-884-52518-2.