

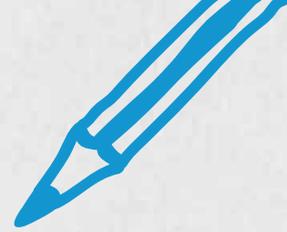
DYNAMISCHE STABILITÄT:

ÖKOSYSTEME VOR DER HAUSTÜR UND WELTWEIT

Zooschule Hannover



INHALTSVERZEICHNIS



EINLEITUNG	3
ÖKOSYSTEME VERSTEHEN	5
Ökologische Begriffe.....	5
Eigenschaften von Ökosystemen.....	6
VERÄNDERUNGEN IN ÖKOSYSTEMEN	9
ARTENVIELFALT UND ÖKOSYSTEME	13
Ökosysteme mit hoher und geringer Artenvielfalt.....	13
Warum ist Artenvielfalt wichtig?	15
ARTENSCHUTZ IN ÖKOSYSTEMEN	17
Bedrohung und Schutz	17
Themenvorschläge und Projektideen.....	18
QUELLEN	25
Abbildungsverzeichnis.....	25
Literaturverzeichnis	26

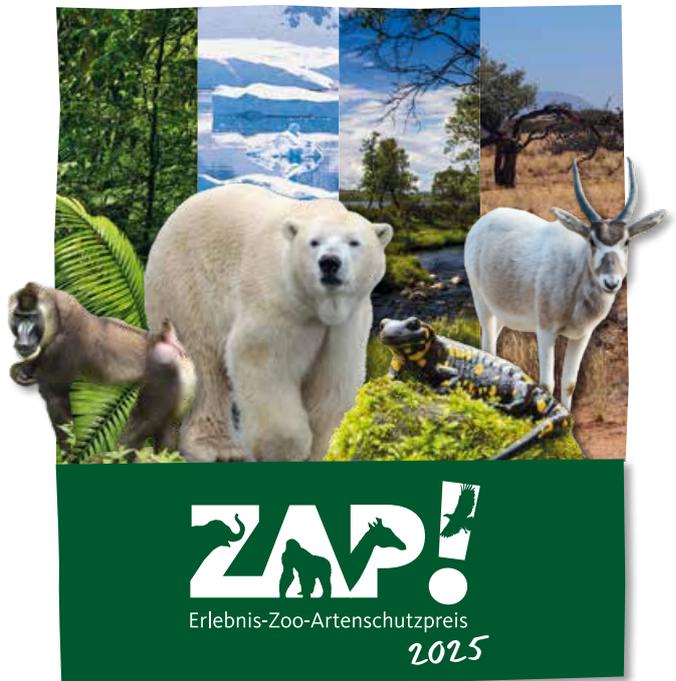
EINLEITUNG

Der Erlebnis-Zoo Hannover hat 2023 den **ZAP! Erlebnis-Zoo-Artenschutzpreis** ins Leben gerufen. Der Wettbewerb soll Schülerinnen und Schüler aus ganz Niedersachsen motivieren, sich für Artenschutzprojekte zu engagieren. Das Ziel: Artenschutz in Schulen sichtbar machen! Als größter außerschulischer Lernort Niedersachsens trägt der Erlebnis-Zoo Hannover mit dem Schulwettbewerb ZAP! das wichtige Thema Artenschutz in die Klassenzimmer und eröffnet damit eine breite Handlungsoption im Rahmen der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE).

Für den ZAP! 2024 beschäftigten sich mehr als 1.000 Schülerinnen und Schüler über Monate intensiv mit Schlüsselarten (auch Keystone Species genannt) und entwickelten spannende Projekte zu ihrem Schutz. Dabei wurden kreative Kommunikationsideen und praktische Artenschutzprojekte ausgezeichnet. Dem Aufruf des Zoos für den ZAP! 2024 waren über 60 Anmeldungen von Schulen aus ganz Niedersachsen gefolgt.



Abb. 1: Preisverleihung beim ZAP! 2024



Der ZAP! 2025, der dritte Artenschutzpreis des Erlebnis-Zoo Hannover, widmet sich der Dynamischen Stabilität von Ökosystemen vor der Haustür und weltweit.

Wir suchen Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler, die sich mit Ökosystemen – oder einem Teilbereich eines Ökosystems, wie einem Lebensraum oder einer Tierart – auseinandersetzen möchten. Wir suchen Projekte, die helfen, Ökosysteme zu schützen. Vom Moor entkusseln über den Krötenzaun bis zur Müllsammelaktion oder dem Erstellen von Informationsmaterial: Vieles ist möglich!

Der Weg zum erfolgreichen Artenschutzprojekt:

1. Ein Ökosystem oder einen Teilbereich (etwa den Lebensraum oder eine besondere Tierart im Ökosystem) auswählen.
2. Die Eigenschaften des Ökosystems, des Lebensraums oder der Tierart identifizieren und die Einflussfaktoren bestimmen.
3. Schutzmöglichkeiten erarbeiten und eigene Projekte umsetzen.

Schon gewusst?

Um mehr der großartigen ZAP!-Projekte würdigen zu können, hat der Erlebnis-Zoo ab dem Jahr 2024 die Preisvergabe verändert. Neben den beiden Sonderpreisen „Artenschutz aktiv“ und „Peer Learning“ gibt es nun in jeder der vier Preiskategorien die Gewinnplätze 1 – 10. Die Klassen auf diesen Plätzen werden zum großen ZAP!-Aktionstag, mit vielen Informations- und Mitmach-Angeboten, in den Zoo eingeladen.

Begeistern. Bilden. Erhalten.

In diesem Themenheft wird erklärt, was genau Ökosysteme sind – und warum Artenvielfalt und Artenschutz in Ökosystemen wichtig sind. Einige Ökosysteme, sowie Möglichkeiten des Artenschutzes in diesen Systemen, werden beispielhaft vorgestellt. Das Themenheft soll Lesende dazu ermutigen, Ökosysteme oder Teilbereiche von Ökosystemen eigenständig zu erforschen. Lehrende sind dazu eingeladen, Unterrichtsinspirationen oder Projektideen aus dem Themenheft zu ziehen. Wir wünschen Ihnen und Ihrer Klasse viel Spaß bei der Projektarbeit und freuen uns auf Ihre vielfältigen Projekte!

Übrigens: Auch die Projekte aus den vergangenen ZAP!-Jahren, mit den Schwerpunkten Amphibien oder Schlüsselarten, könnten mit einem neuen Fokus auf Ökosysteme weiterbearbeitet werden!

Ein Zoo-Besuch lohnt sich!

Im Erlebnis Zoo Hannover thematisieren wir in vielen Unterrichtsgängen und Führungen die spannenden Aspekte der Ökologie. Die Tieranlagen sind so gestaltet, dass sie nicht nur die Tierarten zeigen, sondern auch Lebensräume und ökologische Zusammenhänge widerspiegeln. Ein Beispiel sind unsere Vergesellschaftungsanlagen, in denen mehrere Tierarten gemeinsam leben, die auch in ihrem ursprünglichen Lebensraum aufeinandertreffen. Hier lässt sich beobachten, wie verschiedene Arten miteinander und mit ihrer Umwelt interagieren. Ein Besuch im Zoo bietet also nicht nur spannende Tierbegegnungen, sondern auch eine erlebbare Einführung in die Ökologie!

Für Rückfragen, Verbesserungsvorschläge und Kritik steht das Team der Umweltbildung und Zooschule – wie immer – gerne zur Verfügung.



Abb. 2: Die Gewinnklassen des ZAP! 2024 bei der großen Preisverleihung im Prunksaal des Erlebnis-Zoo

ÖKOLOGISCHE BEGRIFFE

ÖKOLOGISCHE BEGRIFFE

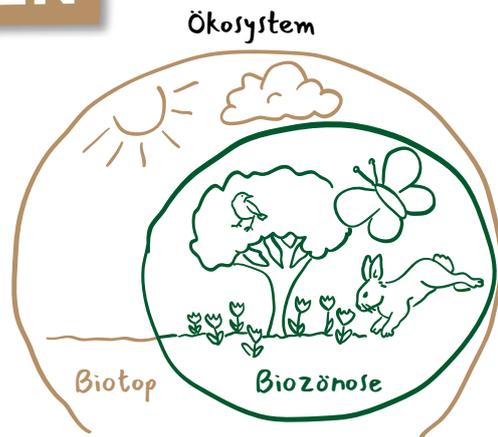


Ökosystem

Als Ökosystem bezeichnet man die Lebensgemeinschaft aus Pflanzen, Pilzen und Tieren in einem bestimmten Lebensraum, etwa in einem Ozean oder einem Wassertümpel. Es besteht also aus der unbelebten Umwelt und der Lebensgemeinschaft, der belebten Umwelt. Alle diese Bestandteile stehen in Wechselbeziehungen zueinander. Sie bilden ein System: Das Ökosystem.

Was genau ist die belebte Umwelt?

Die belebte Umwelt bezeichnet alle Lebewesen in einem Ökosystem. Das können Bakterien, Pilze, Pflanzen und Tiere sein. Auch der Mensch ist Teil der belebten Umwelt. Fachsprachlich werden die lebenden Bestandteile, die das Ökosystem beeinflussen, die biotischen Faktoren genannt. Die Gesamtheit aller Lebewesen eines Ökosystems wird Biozönose (Lebensgemeinschaft) genannt.



Was genau ist die unbelebte Umwelt?

Die unbelebte Umwelt bezeichnet die Teile eines Ökosystems, die nicht leben. Das können zum Beispiel das Gestein, der Mineralboden, die Luft und das Klima sein. Fachsprachlich werden die unbelebten Bestandteile, die das Ökosystem beeinflussen, die abiotischen Faktoren genannt. Die Gesamtheit aller unbelebten Teile eines Ökosystems wird Biotop (Lebensraum einer Lebensgemeinschaft in einem Gebiet) genannt.

➔ Beispiel: Ökosystem Wald

Im Ökosystem Wald wird die Lebensgemeinschaft (die Biozönose) von den Waldpflanzen und Waldtieren gebildet – vom Buschwindröschen, dessen Samen von Waldameisen weggetragen werden, bis zur Eiche, in der Buntspecht und Eichhörnchen zu Hause sind. Aber auch die Pilze und Bakterien gehören dazu. Die unbelebte Umwelt (das Biotop) besteht im Wald aus dem Waldboden, dem Untergrundgestein und dem typischen Waldklima: ausgeglichene Temperaturen, wenig Wind und Sonnenlicht sowie eine hohe Luftfeuchtigkeit.



Abb. 3



Abb. 4



Abb. 5



Abb. 6



Wörteralat

Die Abgrenzung der verschiedenen Begriffe in der Ökologie kann mitunter schwierig sein.

- **Das Biotop** beschreibt die Gesamtheit der unbelebten (abiotischen) Einflussfaktoren von einer Lebensgemeinschaft in einem bestimmten Gebiet.
- **Das Habitat** beschreibt die Gesamtheit der unbelebten (abiotischen) Einflussfaktoren von einer Tierart.

Spricht man allgemein von einem Lebensraum, ist meist das Habitat gemeint. Beschreibt man das Habitat einer Tierart, wird meist auch die Pflanzenwelt mitbeschrieben.



Abb. 7



Abb. 8

EIGENSCHAFTEN VON ÖKOSYSTEMEN

Die unbelebte und die belebte Umwelt bilden überall auf der Welt unterschiedliche Lebensbedingungen. So ergeben sich **weltweit verschiedenste Ökosysteme**, wie zum Beispiel Wälder, Wiesen und Ozeane.

Je nachdem, auf welcher Ebene man Ökosysteme betrachtet, können typische Merkmale erfasst werden. Auf einer globalen Ebene sprechen wir beispielsweise vom „Ökosystem Wald“. Schaut man genauer hin, erkennt man spezifischere Ökosysteme: Es gibt nicht nur „den Wald“ als Ökosystem, sondern verschiedene Waldtypen – wie den Nadelwald, den Laubmischwald, den tropischen Regenwald und weitere.

Im Detail können sich Wälder auch innerhalb des Waldtyps unterscheiden, etwa Laubmischwälder. So gibt es zwischen der Eilenriede (dem Laubmischwald mitten in Hannover, Deutschland) und dem Laubmischwald im Great Smoky Mountains National Park (Tennessee, USA) Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede – etwa in der Artenvielfalt.



Abb. 9: Laubmischwald Eilenriede



Abb. 10 : Laubmischwald Great Smoky Mountains

Es ist für die Erarbeitung eines Ökosystems sinnvoll, die Betrachtungsebene festzulegen. Letztlich kann man sowohl die gesamte Erde als auch eine kleine Pfütze als Ökosystem betrachten.

Was haben alle Ökosysteme gemeinsam?

Ökosysteme unterscheiden sich also, aber sie haben auch grundlegende gemeinsame Eigenschaften. Generell gilt für Ökosysteme: Die Bestandteile stehen in Wechselbeziehungen zueinander – sie sind **verbunden und vernetzt**. In allen Ökosystemen gibt es dabei zahlreiche, ebenfalls miteinander **vernetzte Stoffkreisläufe** (z. B. Sauerstoff-, Kohlenstoff- und Wasserkreislauf). Stoffe „fließen“ auch in benachbarte Ökosysteme. Das heißt, zu anderen Ökosystemen ist der **Stofffluss offen**.

Zum Beispiel werden unsere Waldböden in Deutschland über Winde auch mit Mineralstoffen aus der Sahara gedüngt. Ökosystem Wald und Ökosystem Wüste sind somit sogar über weite Distanz verbunden.

Außerdem sind Ökosysteme **dynamisch-stabile** Systeme: Die Vernetzungen zwischen den Lebewesen und ihrer Umwelt sind in einem ökologischen Gleichgewicht. Das bedeutet aber nicht, dass das Ökosystem starr und unveränderlich ist: Es ist ein dynamisches System, das auf äußere Einflüsse reagiert.



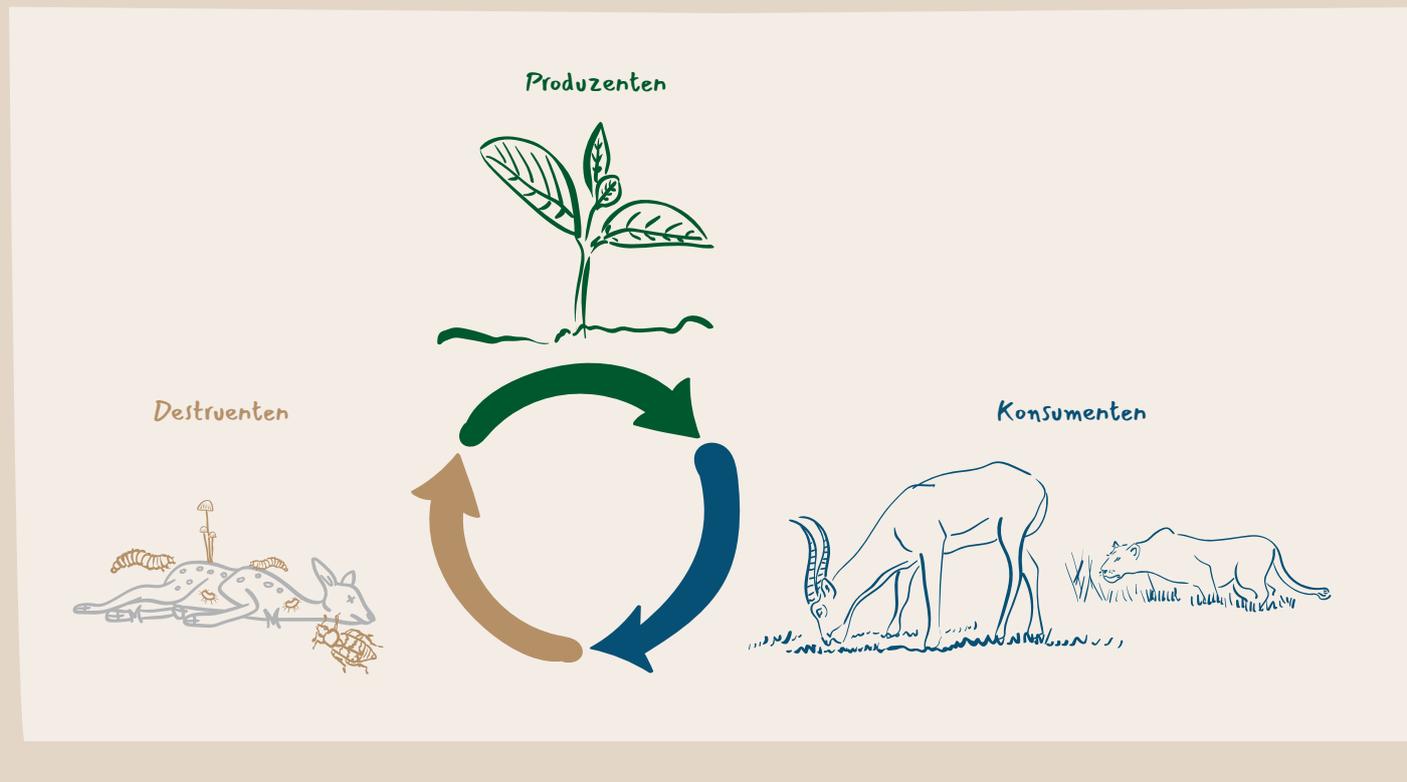
Lebewesen und Stoffkreisläufe im Ökosystem

Die Lebewesen in einem Ökosystem werden je nach ihrer Funktion in den Stoffkreisläufen als **Produzenten**, **Konsumenten** und **Destruenten** oder **Reduzenten** bezeichnet.

Die **Produzenten** sind die „Erzeuger“. Pflanzen etwa produzieren mithilfe von Licht, Wasser und Kohlenstoffdioxid (Stoffe aus der unbelebten Umwelt) die energiereiche Pflanzenmasse (Biomasse).

Die **Konsumenten** sind die „Verbraucher“. Zum Beispiel frisst die Antilope die Pflanzen. Der Löwe wiederum frisst die Antilope. Die Biomasse verändert sich.

Die **Destruenten** sind die „Zersetzer“. Sie zersetzen alles, was „übrigbleibt“. So entstehen aus den belebten Stoffen wieder unbelebte Stoffe.



Dynamische Stabilität

Die dynamische Stabilität ist eine wichtige Eigenschaft von Ökosystemen. Etwas ist dynamisch, wenn es „aktiv“ und „beweglich“ ist. Etwas ist stabil, wenn es seine Form trotz äußerer Einflüsse behält.

Ein Ökosystem ist also „dynamisch stabil“, wenn es auf Veränderungen reagiert, ohne seine Form (und Funktion) zu verlieren.

Ähnlich einem Wackelpudding „federt“ ein dynamisch-stabiles System wieder in sein Gleichgewicht zurück, wenn die Belastung vorüber ist.



Wie reagiert ein Ökosystem?

- Das Ökosystem kehrt nach einer Veränderung in den Ursprungszustand zurück (**Resilienz**):
- Das Ökosystem hält seine Funktionen trotz einer Veränderung aufrecht (**Resistenz**):

➤ Beispiel: Waldbrand in einem Kiefernwald

Ein Kiefernwald wird durch einen Waldbrand stark beschädigt. Nach dem Brand beginnen junge Kiefern und andere Pflanzenarten, aus den verbliebenen Samen im Boden wieder zu wachsen. In ein paar Jahren regeneriert sich der Wald, und die Tier- und Pflanzenarten kehren zurück. Der Wald zeigt Resilienz, da er nach der Störung in seinen vorherigen Zustand zurückkehrt.



Abb. 11

➤ Beispiel: Trockenphase in einer Wiese

Eine Wiese bekommt im trockenen Sommer einige Zeit keinen Regen ab. Obwohl einige Pflanzen ihre Blätter verlieren und weniger wachsen, bleiben die meisten Pflanzenarten bestehen. Die Wiese funktioniert weiterhin – zum Beispiel finden bestäubende Insekten immer noch Nahrung. Die Wiese zeigt Resistenz, da sie ihre Funktionen trotz der Trockenheit aufrechterhält.



Abb. 12

Zusammengefasst:

Ein Ökosystem besteht aus der belebten Umwelt (Biozönose) und der unbelebten Umwelt (Biotop). Ökosysteme haben folgende Eigenschaften:

- **Vernetzung:** Die Bestandteile eines Ökosystems sind durch vielfältige Wechselbeziehungen miteinander verbunden. Insbesondere sind so die Stoffkreisläufe vernetzt.
- **Offener Stofffluss:** Der Stofffluss ist zu anderen Ökosystemen offen.
- **Dynamische Stabilität:** Ökosysteme reagieren auf Veränderungen, etwa auf das Zuwandern von Tieren. Dabei behalten oder erlangen sie ihr ökologisches Gleichgewicht wieder – es sei denn, der Kippunkt wird überschritten.
- **Komplexität:** Ökosysteme sind aufgrund der vielfältigen Wechselbeziehungen komplex. Es ist kaum möglich, alle zu erfassen. Daher sind die Auswirkungen von Veränderungen schwer einschätzbar.

Der Komplexität begegnen

Mit Szenario-Modellen kann ermittelt werden, wie Ökosysteme sich durch Störungen wahrscheinlich verändern werden.

Beispiel: Anhand von Klimamodellen und Szenarien können Vorhersagen über die kommenden Folgen der Klimaveränderungen errechnet werden. Die IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) veröffentlicht regelmäßig den wissenschaftlichen Konsens der Szenarien zum globalen Klimawandel.

Schon gewusst?

Ein Ökosystem ist nur bis zu einem gewissen „Kippunkt“ dynamisch-stabil. Seine Fähigkeit, sich von Störungen zu erholen (**Resilienz**) oder sie abzuwehren (**Resistenz**), ist begrenzt. Wenn zu viele Störungen oder Veränderungen auftreten, erreicht das bestehende Ökosystem seinen Kippunkt. Es ist nicht mehr funktionsfähig, ein neues System mit anderen Merkmalen entsteht.

Beispiel: Wiese

Eine Wiese kann im Sommer einer Trockenphase ausgesetzt sein. Hält die Dürre über einen zu langen Zeitraum an, kann sich das System eventuell nicht mehr von dem Wassermangel erholen.

VERÄNDERUNGEN IN ÖKOSYSTEMEN

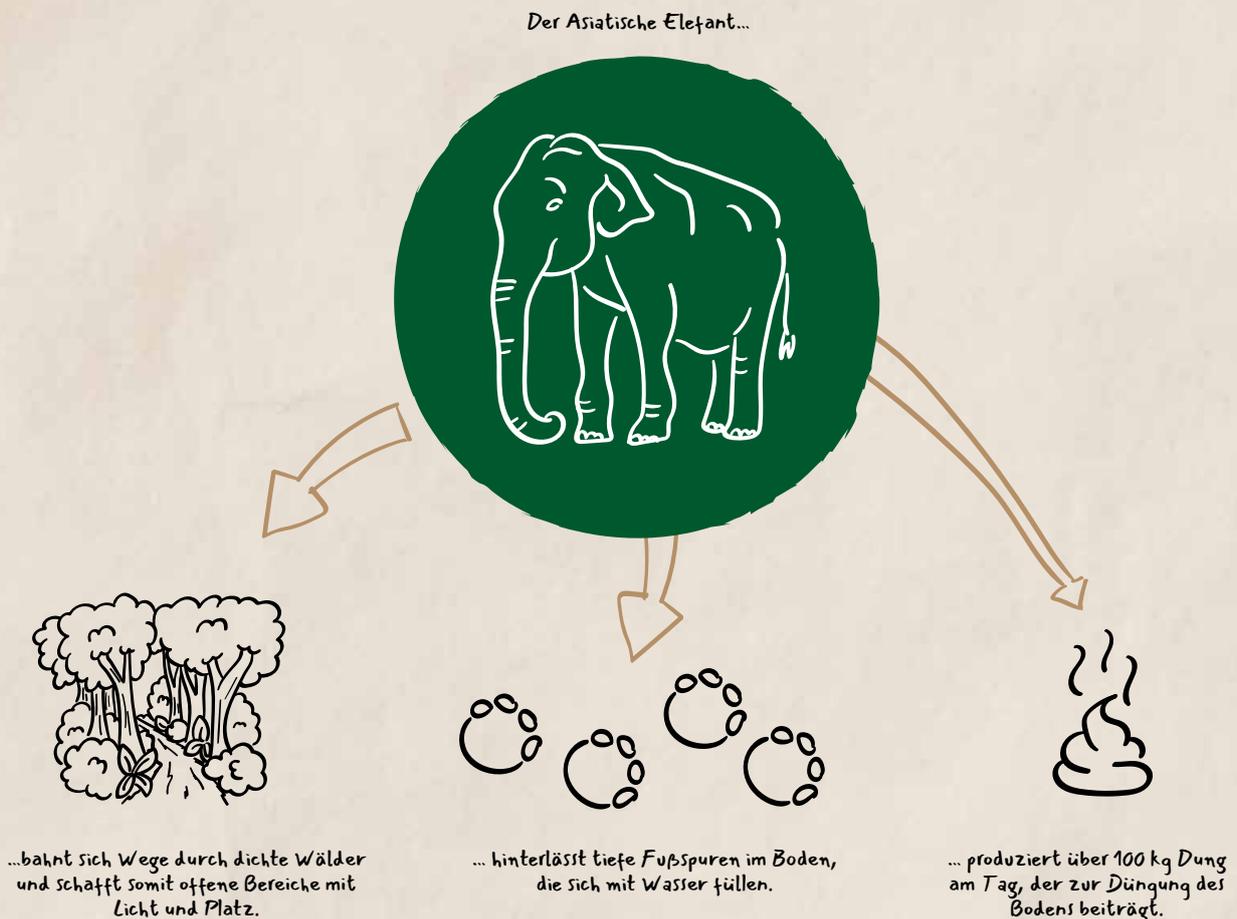
Biozönose und Biotop, also die belebte Umwelt und die unbelebte Umwelt, treten immer im Zusammenspiel auf: als Ökosystem. Ändert sich die unbelebte Umwelt, also zum Beispiel das Klima, ändert sich auch die Lebensgemeinschaft. Ändert sich die Lebensgemeinschaft, also zum Beispiel die Zusammensetzung der Arten, verändert sich auch die unbelebte Umwelt. Weil alle Bestandteile eines Ökosystems auf diese Weise miteinander vernetzt sind, hängt das Funktionieren von Ökosystemen von den einzelnen Bestandteilen ab.



Abb. 13: Lebensgemeinschaften und Lebensräume gehören zusammen.

➔ Beispiel: Einfluss des Asiatischen Elefanten auf die unbelebte Umwelt

Verschwindet der Elefant aus seinem Ökosystem, verändert sich die unbelebte Umwelt. Die Fußabdrücke im Boden verschwinden, der Mineralboden erhält weniger Dünger, die Licht- und Platzbedingungen verändern sich ... – und das hat Auswirkungen auf die anderen Lebewesen im Ökosystem.



Wodurch werden Ökosysteme langfristig verändert?

Ökosysteme und ihre Bestandteile werden durch viele Einflüsse verändert. Die Einflüsse können einen natürlichen Ursprung haben, sie entstehen jedoch meistens durch menschliche Aktivitäten. Einige der möglichen Einflüsse sind:

- **Klimawandel:** Veränderungen in Temperatur und Niederschlag beeinflussen das Wachstum von Pflanzen, das Verhalten von Tieren und die Verfügbarkeit von Wasser. Dürren oder Hitzewellen können Lebensräume unbewohnbar machen.



Abb. 14

- **Naturkatastrophen** (z. B. Vulkanausbrüche, Erdbeben, Überschwemmungen): Diese Ereignisse verändern die Umwelt plötzlich. Pflanzen und Lebensräume werden zerstört, Tiere kommen um. Das führt oft zu großen Veränderungen im Ökosystem.



Abb. 15

- **Einführung invasiver Arten:** Nicht-heimische Arten können heimische Pflanzen und Tiere verdrängen – etwa, wenn sie keine natürlichen Feinde haben. Das verändert das Ökosystem.



Abb. 16

- **Umweltverschmutzung:** Chemikalien, Plastik oder Abwässer beeinflussen die Gesundheit von Lebewesen. Verschmutzung kann beispielsweise giftige Stoffe in die Umwelt bringen. Das kann dazu führen, dass ganze Tier- oder Pflanzenarten aussterben.



Abb. 17

- **Landwirtschaft und Abholzung:** Das Umwandeln von Wäldern oder Wiesen in Felder und Weiden verringert die Artenvielfalt. Es stört auch die Stoffkreisläufe, wie zum Beispiel den Wasserkreislauf.



Abb. 18

- **Übernutzung von Ressourcen:** Wenn Tiere, Pflanzen oder Rohstoffe zu stark genutzt werden, können sich die natürlichen Bestände nicht mehr erholen. Nahrungsketten oder Stoffkreisläufe könnten zum Beispiel durch zu viel Fischfang gestört werden. Dies verändert das Ökosystem.



Abb. 19

- **Tourismus:** Wenn zu viele Menschen empfindliche Gebiete besuchen, kann der Boden abgetragen oder verdichtet werden. Pflanzen werden zerstört und Tiere können gestört oder vertrieben werden.



Abb. 20

- **Stadtentwicklung:** Wenn Menschen Städte bauen und ausweiten, werden mehr Böden versiegelt, sodass weniger Wasser in den Boden eindringen kann. Natürliche Lebensräume wie Wälder und Wiesen werden bebaut, was bedeutet, dass viele Tiere und Pflanzen ihre Heimat verlieren. Zudem führt die Luft-, Licht- und Lärmverschmutzung in Städten zu weiteren Problemen für die Natur.



Abb. 21



Abb. 22



Natur- und Kulturlandschaft

Fast jeder Bereich auf der Erde ist von Menschen beeinflusst. Vom Menschen unberührte Naturlandschaften gibt es kaum noch, sogar in der Antarktis finden wir Plastikpartikel in den Gletschern. Die Heide bietet artenreiche und naturschutzfachlich wertvolle Habitate für viele bedrohte Tierarten, ist aber tatsächlich eine Kulturlandschaft. Umgangssprachlich sprechen wir von Kulturlandschaften, wenn sie stark vom Menschen beeinflusst werden. In Ökosystemen ist der Einfluss des Menschen oft prägend. Würde der Mensch das Ökosystem der Heideflächen nicht Freihalten, würde sich dieses in einen Wald verändern.



Konzept der planetaren Belastungsgrenzen

In den letzten Jahrzehnten belasten menschliche Aktivitäten zunehmend die Ökosysteme unseres Planeten. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Stockholm Universität haben bereits 2009 neun Belastungsgrenzen definiert. Diese Grenzen sollten nicht überschritten werden, damit die Lebensgrundlagen für den Menschen gewahrt bleiben.

Das Modell der Belastungsgrenzen soll wie ein Frühwarnsystem funktionieren und zum vorsorgenden Handeln motivieren.

Es wird jährlich erfasst und bewertet, welche Belastungsgrenzen wie weit vorangeschritten sind. (vgl. Abb. 23: Die orangenen Flächen zeigen, wo die Grenzen bereits heute überschritten sind). Eine dieser neun Grenzen beschreibt den Zustand der Biosphäre, also die Ökosystemfunktionen und die Artenvielfalt. Die Artenvielfalt gilt als stark belastet.

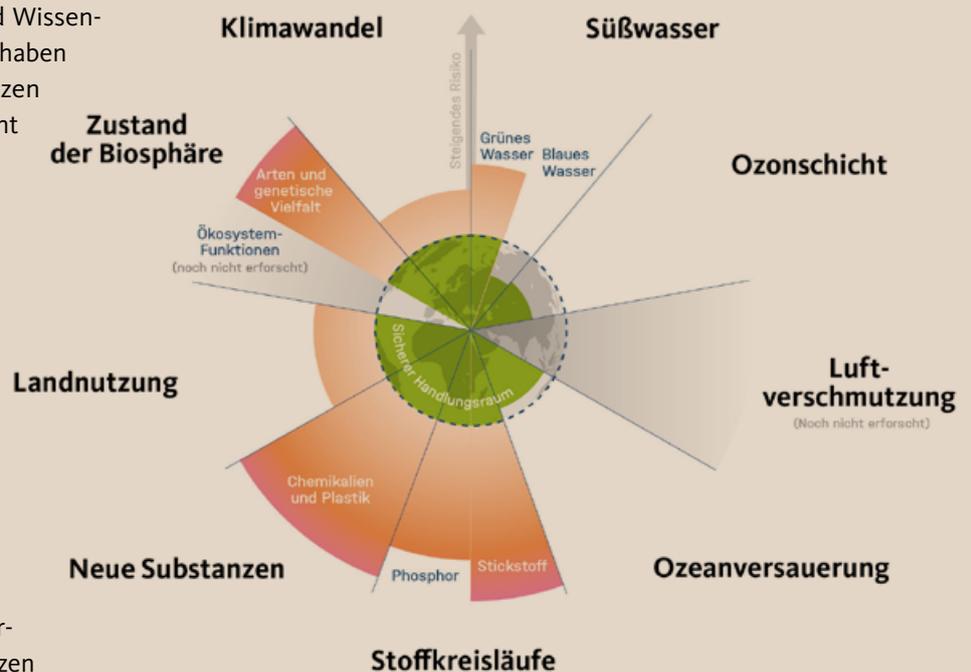


Abb. 23: Planetare Belastungsgrenzen



Veränderungen in Ökosystemen untersuchen

Wie ein Ökosystem auf Einflüsse und Veränderungen reagiert, etwa auf den Wegfall einer Art, ist nicht eindeutig vorhersagbar. Aufgrund der vielen Wechselwirkungen und Vernetzungen in Ökosystemen ist es außerdem schwierig zu sagen, welche Einflüsse ein Ökosystem besonders stark verändern. Denn es ist zu komplex, alle Wechselbeziehungen im Detail zu erfassen. Ein Ansatz ist, das Ökosystem reduziert zu betrachten und die wichtigsten Funktionen und Beziehungen auszumachen. Die Reduktion ist für ein Verständnis des Ökosystems wichtig!

Daher ist es möglich und sinnvoll, wenn Sie sich in Ihrem ZAP!-Projekt gegebenenfalls nur mit einem Teilaspekt eines Ökosystems auseinanderzusetzen.

Wenn man ein Ökosystem nur vereinfacht betrachtet – indem man es auf einzelne Teile oder seine wichtigsten Funktionen reduziert – birgt das jedoch die Gefahr, dass unauffällige, aber wichtige Beziehungen zwischen Arten übersehen werden. So gibt es Symbiosen, die überlebenswichtig für einzelne Arten sind: etwa die zwischen Orchideen und gewissen Pilzen oder die von Solitärbienen mit bestimmten Futterpflanzen. Daher ist es langfristig wichtig, die Beziehungen in einem Ökosystem vertiefend zu verstehen und weiter zu erforschen.

Schlüsselarten

Das Konzept der Schlüsselarten versucht beispielsweise, die zentralsten Arten für das Funktionieren eines Ökosystems ausfindig zu machen. Einige Tierarten haben einen besonders großen und stabilisierenden Einfluss in ihrem Ökosystem. Diese besonders einflussreichen Tierarten nennt man Schlüsselarten (Keystone Species). Sie schaffen Lebensgrundlagen für andere Arten. Würde eine Schlüsselart aussterben, zöge dies viele weitere Veränderungen mit sich. Womöglich würden weitere Arten im Bestand zurückgehen. Schlüsselarten sind also essenziell für die dynamischen Stabilität der Ökosysteme!

Das Arbeit zu Schlüsselarten aus dem ZAP! 2024 passt auch zum ZAP!-Thema 2025, da Schlüsselarten eine zentrale Rolle in ihrem Ökosystem spielen!

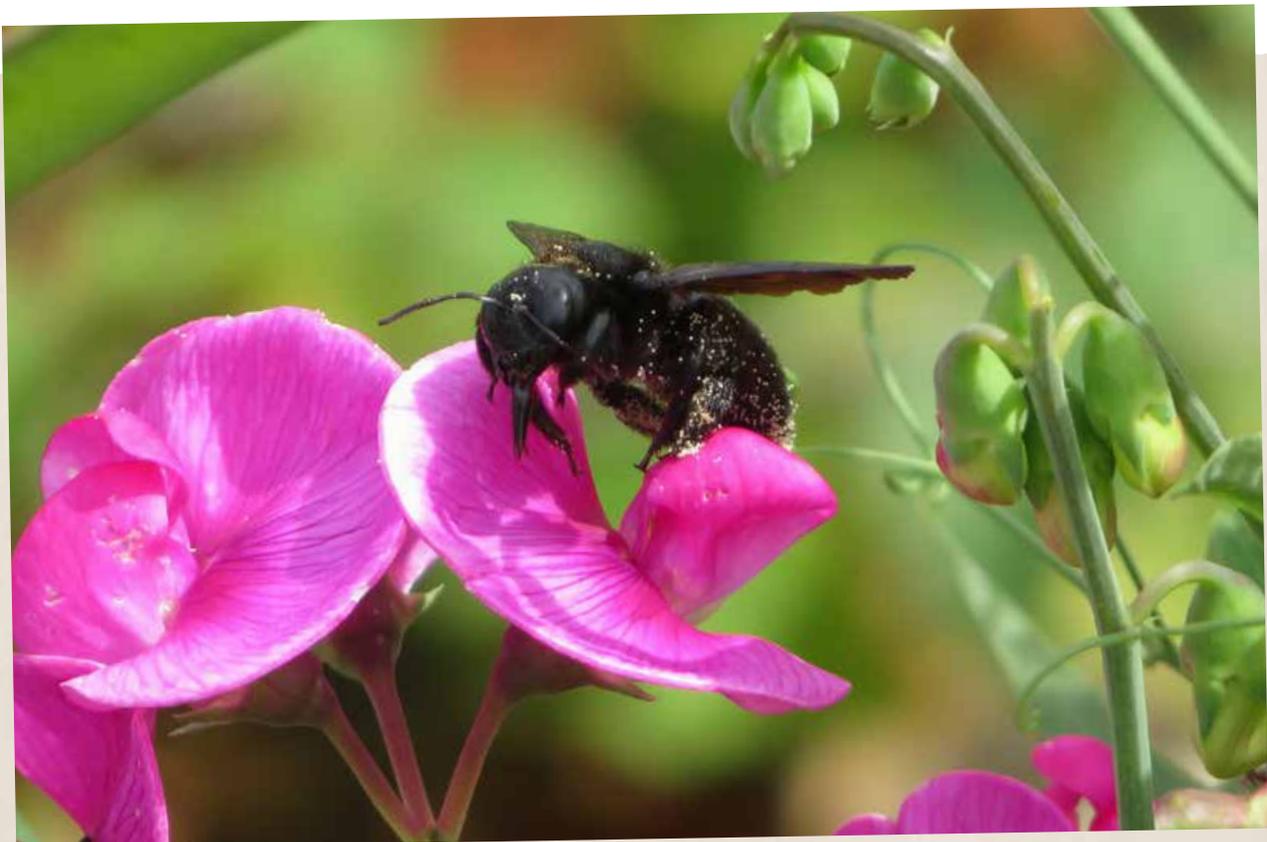


Abb. 24: Holzienen sind Schlüsselarten und bevorzugen Schmetterlings- und Lippenblütler als Futterpflanzen

ARTENVIELFALT UND ÖKOSYSTEME

ÖKOSYSTEME MIT HOHER UND GERINGER ARTENVIELFALT

In einem Ökosystem leben verschiedene Tiere, Pflanzen, Pilze und andere Lebewesen. Im Wald leben Bäume wie Eichen und Buchen, Pilze wie der Fliegenpilz, Vögel wie der Eichelhäher, Säugetiere wie der Rotfuchs und Insekten wie die Waldameise oder die Baumhummel.



Abb. 25



Abb. 26

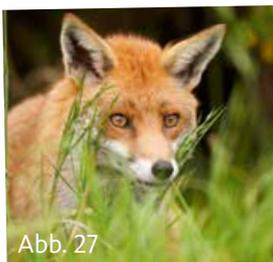


Abb. 27

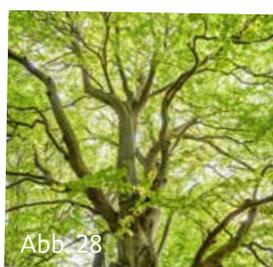


Abb. 28

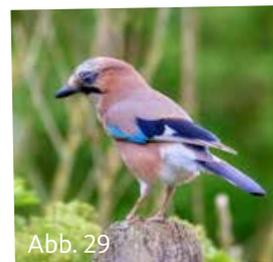
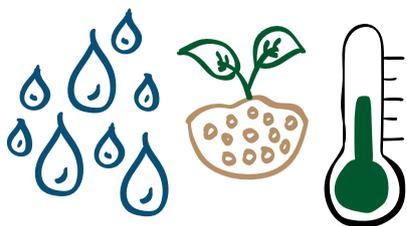


Abb. 29

Als „**Artenvielfalt**“ bezeichnet man die **Anzahl dieser verschiedenen Arten** in einem bestimmten Gebiet, etwa in einem Ökosystem. Es gibt Ökosysteme mit hoher Artenvielfalt, die viele verschiedene Arten von Tieren und Pflanzen beherbergen. Ebenso gibt es Ökosysteme mit geringerer Artenvielfalt. In diesen leben häufig Spezialisten – Arten, die stark an die besonderen Bedingungen des Ökosystems angepasst sind. Da sie nur in diesen speziellen Umgebungen überleben können, sind sie oft besonders bedroht. Gleichzeitig sind diese Spezialisten besonders wichtig für die globale Artenvielfalt, weil sie einzigartig sind und oft eine Schlüsselrolle im Ökosystem spielen.

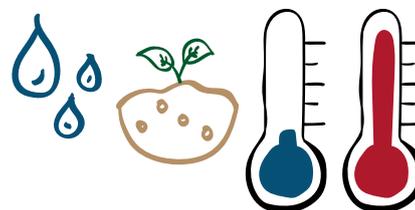
Ökosysteme mit hoher Artenvielfalt

haben meist günstige Umweltbedingungen: reichlich Wasser, Nährstoffe und milde bis warme Temperaturen. So können viele Pflanzen- und Tierarten nebeneinander leben.



Ökosysteme mit geringer Artenvielfalt

haben oft extreme Umweltbedingungen: wenig Wasser und Nährstoffe und besonders kalte oder heiße Temperaturen. Nur wenige, spezialisierte Arten können hier leben.



Es gibt auch Ökosysteme mit **reduzierter Artenvielfalt**. Hier haben Menschen das Ökosystem stark verändert. Beispiele sind Monokulturen. Solche Ökosysteme sind meist besonders anfällig gegenüber Störungen.



Wörtersalat

Die Abgrenzung der verschiedenen Begriffe in der Ökologie kann mitunter schwierig sein.

- Die **Artenvielfalt** bezieht sich speziell auf die Anzahl der verschiedenen Arten.
- Die **Biodiversität** ist der umfassendere Begriff. Mit Biodiversität meint man nicht nur die Artenvielfalt, sondern auch die Vielfalt innerhalb einer Art (also z. B. genetische Unterschiede zwischen Individuen) und die Vielfalt der Lebensräume und Ökosysteme selbst.

Während Artenvielfalt nur die Anzahl der Arten beschreibt, ist Biodiversität der übergeordnete Begriff für die gesamte Vielfalt des Lebens auf der Erde.

↳ Beispiele: Ökosysteme mit hoher Artenvielfalt

↳ Beispiele: Ökosysteme mit geringer Artenvielfalt

Tropische Regenwälder: Sie haben die höchste Artenvielfalt aller Ökosysteme auf dem Festland der Erde. Man findet Tausende von Baumarten, unzählige Insekten, Vögel, Säugetiere, Reptilien und Amphibien in den tropischen Regenwäldern.



Abb. 30

Korallenriffe: Diese Meeres-Ökosysteme beherbergen eine riesige Vielfalt an Fischen, Korallen, Weichtieren, Krustentieren und anderen Meereslebewesen.



Abb. 31

Feuchtgebiete: Feuchtgebiete wie Sümpfe und Flussmündungen sind Übergangsbereiche zwischen Wasser und Land. Sie sind Heimat für eine große Anzahl von Pflanzenarten, Wasservögeln, Amphibien, Fischen und Insekten.



Abb. 32

Wüsten: Wüsten haben hohe Temperaturen, wenig Wasser und mineralsalzarm Böden. Es gibt nur wenige Arten, die an diese extremen Bedingungen angepasst sind – etwa bestimmte Pflanzen (Sukkulenten), Reptilien, Insekten und speziell angepasste Säugetiere.



Abb. 33

Polare Regionen (Arktis und Antarktis): Diese Gebiete haben eine niedrige Temperatur. Das ist eine Herausforderung für Lebewesen. Pflanzen haben nur eine kurze Zeit im Jahr, in der sie wachsen können. Hier leben nur Tierarten, die an die Kälte angepasst sind – zum Beispiel Robben, Eisbären (Arktis) und Pinguine (Antarktis).



Abb. 34

Tiefsee: Die Tiefsee ist kalt, dunkel, nährstoff- und mineralsalzarm, was das Überleben vieler Arten erschwert. Die Artenvielfalt ist gering und die wenigen Lebewesen sind stark an die extremen Bedingungen angepasst, wie Tiefsee-Anglerfische oder Riesenkalmare.



Abb. 35



Der Artenvielfalt auf der Spur

Welche Arten leben in Regenwald, Wüste und Co.? Um ein Gefühl für die Artenvielfalt in Ökosystemen zu bekommen, kann man recherchieren und für verschiedene Ökosysteme die dort vorkommenden Tier- und Pflanzenarten auflisten. Achtung: Wenn man nach Arten in „Wüste“ oder „Wald“ sucht, hat man womöglich sehr viele Suchergebnisse. Denn es gibt viele Typen von Wüsten (wie die Sahara oder die Gobi), die jeweils ganz eigene Arten haben. Für ein genaueres Bild ist es sinnvoller, Arten in bestimmten Typen von Wüsten, Wäldern und Co. zu suchen, wie zum Beispiel Arten im „Amazonas-Regenwald“.

WARUM IST ARTENVIELFALT WICHTIG?

Je mehr verschiedene Arten es in einem Ökosystem gibt, desto besser bleibt es bei Veränderungen funktionsfähig. In einem artenreichen Ökosystem gibt es oft

mehrere Arten, die die gleiche Aufgabe erfüllen. Wenn eine Art ausfällt, erfüllen andere Arten die Aufgabe weiterhin.

⇨ Beispiel: Schädlinge im Wald

Ein Wald mit vielen verschiedenen Pflanzen ist widerstandsfähiger gegenüber Schädlingen. Man stelle sich vor, ein Wald hätte nur eine Baumart. Wenn ein Schädling genau diese massiv nutzt, könnten alle Bäume des Waldes sterben. Es gäbe dann keinen Lebensraum mehr für die Tiere, die in den Bäumen leben. In einem Wald mit vielen verschiedenen Baumarten hat der Schädling weniger Einfluss, weil nicht alle Baumarten betroffen sind.



Abb. 36: geschädigte Monokultur aus Fichten



Abb. 37: Borkenkäfer

⇨ Beispiel: Bestäuber auf der Wiese

Angenommen, alle Bienen würden von einer Wiese verschwinden – was passiert dann? Viele Pflanzen, die von den Bienen bestäubt werden, würden keine Samen mehr bilden. Ohne Samen können sie sich nicht vermehren. Dann finden die Tiere, die von diesen Pflanzen leben, weniger Nahrung. Die Arten-Zusammensetzung würde eine ganz andere werden.



Abb. 38: Insektenbestäubung



Abb. 39: artenreiche Wiese

Zusammengefasst:

- **Ökosysteme mit hoher Artenvielfalt** kommen meist mit Veränderungen zurecht. Sie bleiben trotz Veränderungen funktionsfähig – auch wenn eine Art verschwindet.
- **Ökosysteme mit geringer Artenvielfalt** sind anfälliger für Veränderungen. Wenn eine Art verschwindet, kann das größere Auswirkungen haben.

Funktionierende, dynamisch-stabile Ökosysteme sind unsere Lebensgrundlage.

Für uns Menschen ist es von entscheidender Bedeutung, dass wir funktionierende, dynamisch-stabile Ökosysteme haben. Denn Ökosysteme versorgen uns – sie sichern unser Überleben, unsere Gesundheit und unseren Wohlstand.

➔ Beispiele für Ökosystem-Dienstleistungen



Abb. 40: Arzneiwirkstoffe aus Pflanzen

Medizin: Viele moderne Medikamente stammen aus Pflanzen, Tieren und Kleinstlebewesen, die in stabilen Ökosystemen leben. Eine große Artenvielfalt erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass wir neue Heilmittel für Krankheiten entdecken.



Abb. 41: Sauberes Wasser durch intakte Flüsse

Wasser: Feuchtgebiete und Flusssysteme filtern Schadstoffe, speichern Wasser und regeln den Wasserfluss. Dadurch haben wir sauberes und sicheres Trinkwasser.



Abb. 42: Saubere Luft durch gesunde Wälder

Luft: Wälder und andere pflanzenreiche Ökosysteme nehmen Kohlenstoffdioxid aus der Luft auf und produzieren Sauerstoff, den Lebewesen zum Atmen brauchen.



Abb. 43: Sturmflut-Schutz durch Küstenwälder

Schutz vor Naturgefahren: Wälder und Feuchtgebiete können Hochwasser reduzieren, indem sie Wasser aufnehmen und langsam abgeben. Mangrovenwälder und Korallenriffe schützen Küstenregionen vor Sturmfluten.



Abb. 44: Nahrungsquelle Fisch in Meeres-Ökosystemen

Nahrung: Ökosysteme wie z. B. Meere und Insektenwiesen sind direkt oder indirekt Quellen unserer Nahrung. Ein Großteil unserer Obst- und Gemüsepflanzen wird von Insekten bestäubt.



Ökosystem-Dienstleistungen

Funktionierende Ökosysteme sichern die Lebensgrundlagen von uns Menschen – denn sie erbringen „Ökosystem-Dienstleistungen.“ Ökosystemdienstleistungen sind direkte und indirekte Beiträge von Ökosystemen zum menschlichen Überleben und Wohlergehen. Beispiele sind das Reinigen von Wasser oder das Freisetzen von Sauerstoff im Rahmen der Fotosynthese.

ARTENSCHUTZ IN ÖKOSYSTEMEN

BEDROHUNGEN UND SCHUTZ

Ökosysteme und die darin lebenden Arten werden weltweit durch verschiedene menschliche Aktivitäten bedroht. All diese Einflüsse wirken sich negativ auf die Artenvielfalt, die dynamische Stabilität und das Funktionieren der Ökosysteme aus.

Wie genau wirken sich diese Bedrohungen auf Ökosysteme aus?

Um das zu untersuchen, ist es hilfreich, von einer bestimmten Tierart auszugehen. Denn jede Art spielt in ihrem Lebensraum eine Rolle, sei es als Bestäuber, Beutegreifer, Pflanzenfresser oder als Nahrung für andere Tiere. Wenn die Art geschwächt wird oder gar verschwindet, kann sich das gesamte Ökosystem lang-

fristig verändern. Indem wir die Auswirkungen auf eine Art untersuchen, können wir oft Rückschlüsse auf die komplexen Zusammenhänge im Ökosystem als Ganzes ziehen. So können wir verstehen, wie die Bedrohungen das Ökosystem als Ganzes betreffen.

Was bringt der Schutz einzelner Arten?

Indem wir den Verlust einer Art verhindern, schützen wir nicht nur diese Art selbst, sondern auch das Netzwerk von Wechselwirkungen, in dem sie eingebunden ist. Zum Beispiel: Wird ein Bestäuber durch Pflanzenschutzmittel bedroht, beeinträchtigt das nicht nur diese Art – sondern auch die Pflanzen, die sie bestäubt, sowie die Tiere, die von diesen Pflanzen leben.

⇒ Beispiele für bedrohende menschliche Aktivitäten:



Abholzung



Landwirtschaft



Verschmutzung



Überfischung



Bergbau



Einführung
invasiver Arten



Staudämme



Künstliche
Beleuchtung



Pflanzenschutz- und
Insektenschutzmittel



Tourismus



Städtebau



Abb. 45: Großflächige Abholzung ist ein globales Problem



Abb. 46: Großflächiger Einsatz von Pestiziden in Monokulturen schadet der Artenvielfalt



Abb. 47: Umweltverschmutzung belastet Ökosysteme weltweit.

THEMENVORSCHLÄGE UND PROJEKTIDEEN

⇒ Themenvorschlag 1: Der Kaiserpinguin in der Antarktis

Die Art:

Mehrere Pinguinarten, wie der Kaiserpinguin, leben in kalten Polarregionen der Antarktis. Sie sind an diese einzigartige Umgebung angepasst und spielen eine wichtige Rolle im Ökosystem. Sie jagen Fische, Krill und andere Meerestiere. Auch sind sie selbst eine Nahrungsquelle für größere Raubtiere wie Seeleoparden und Schwertwale.

Eine der Bedrohungen:

Der Klimawandel wirkt sich auf die eisigen Lebensräume der Pinguine aus. Das Eis schmilzt - das bedeutet, es gibt weniger Brutplätze. Kaiserpinguine brüten im Winter nämlich auf den Meereisflächen. Im Zuge der Klimaveränderungen schmilzt das Meereis früher im Jahr - teilweise so früh, dass die Brutsaison der Pinguine noch nicht vorbei ist. So können die Pinguine keinen Nachwuchs bekommen. Die Kaiserpinguine beginnen daher mittlerweile, auf dem Festland zu brüten. Zusätzlich zieht sich der Krill, die Nahrung der Pinguine,

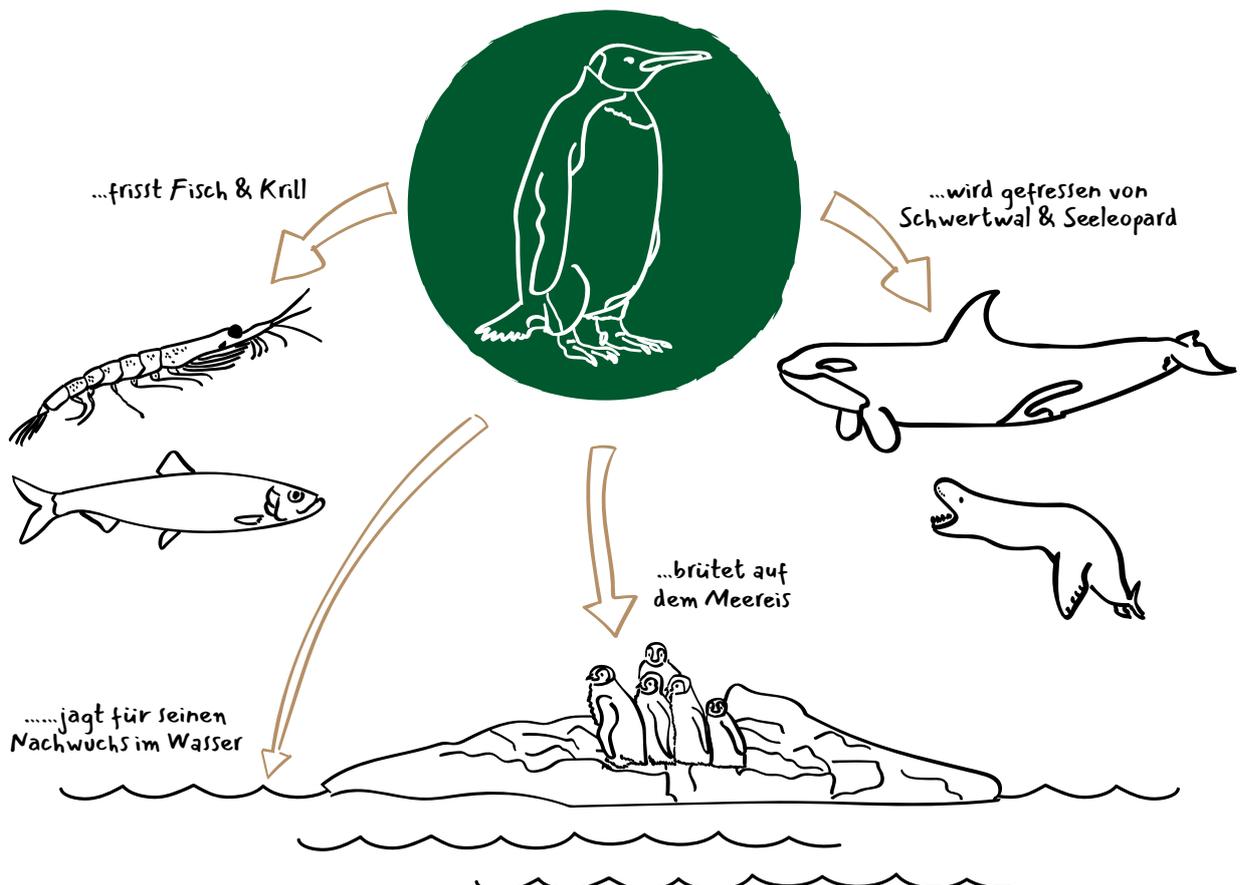


Abb. 48: Brütender Kaiserpinguin

in die kälteren Meeresbereiche, weiter vom Festland weg, zurück. So müssen die Pinguine längere Strecken schwimmen, um Nahrung für ihre Jungtiere zu finden. Das verringert die Überlebenschancen der Jungtiere und der Elterntiere. Weniger Jungtiere werden erfolgreich aufgezogen.



Der Kaiserpinguin...



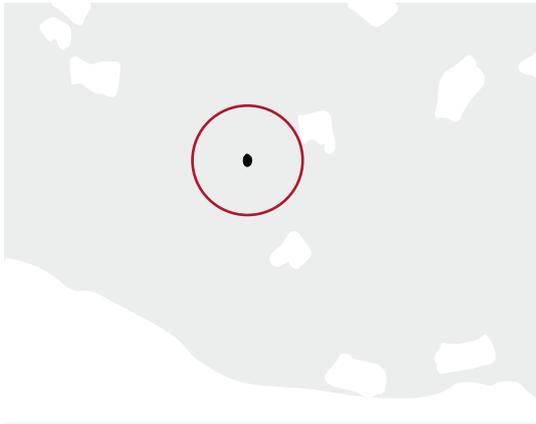


Abb. 49: Früherer Standort der Pinguinkolonie im Eis im Dezember

Das Schaubild zeigt Daten, die von Forschenden auf Smyley Island in der Antarktis 2022 erhoben wurden. Der Kreis markiert den früheren Standort einer Kaiserpinguin-Kolonie. Im Dezember ist das Eis, auf dem die Pinguine sonst standen, bereits geschmolzen – die Brutsaison dauert bis zum Januar.



Abb. 50: Dezember 2022 größtenteils eisfrei

Ihr interessiert euch für den Schutz der Pinguine? Schaut euch auch den Antarktis-Vertrag an. Hierin stehen globale Absprachen, um das besondere Ökosystem der Antarktis zu schützen.



Abb. 51: Brutkolonie Kaiserpinguine

Impuls zum ZAP!-Projekt:



Hier könntet ihr Projekte zu den Zielen 13, 14, 15 und 16 erarbeiten.

Klimaschutz ist Artenschutz!

Um den Pinguinen und ihrem Ökosystem zu helfen, müssen wir den Klimawandel stoppen. Dies können wir tun, indem wir den CO₂-Ausstoß reduzieren. Als ZAP! – Projekt zum Schutz von Kaiserpinguinen bieten sich dazu viele Möglichkeiten.

Schritt 1: Der Start in das Projekt könnte eine Recherche rund um den Pinguin und das besondere Ökosystem, in dem er vorkommt, sein – oder zum Klimawandel und wie er verschiedene Ökosysteme verändert.

Schritt 2: Im nächsten Schritt könnten Informationen zu Klimaschutzprojekten gesammelt werden. Gibt es spannende Projekte, die zu eurer Projektgruppe passen? Wie engagiert sich eure Schule für den Klimaschutz?

Schritt 3: Legt ein Projekt fest. Engagiert euch beispielsweise im Moorschutz! Moore sind natürliche CO₂-Speicher. Die Erhaltung von Mooren ist eine der wirksamsten Maßnahmen, um CO₂-Ausstöße zu senken und den Klimawandel zu bekämpfen. Hier könntet ihr Naturschutzverbände unterstützen und helfen, Moore zu entkusseln.

Schritt 4: Projektabschluss. Reflektiert gemeinsam euer Projekt. Vielleicht können eure Erfahrungen, Eindrücke oder neugewonnenen Informationen an andere weitergegeben werden?

So unterstützt ihr direkt ein Ökosystem vor der Haustür und indirekt Ökosysteme weltweit. Ihr helft dem heimischen Kranich und dem arktischen Kaiserpinguin.



Abb. 52: Moore als natürliche CO₂-Speicher

Ein völlig anderes Projekt könnte eine Informationsveranstaltung zum Pinguin und seiner Bedrohung sein. So hat das Schillergymnasium aus Hameln mit einer Informationsveranstaltung und einer Spendensammelaktion zum Hai im vergangenen ZAP!-Jahr den zweiten Platz gewonnen. Vielleicht könnt ihr auf eurer Veranstaltung für Klimaschutz werben?



Abb. 53: Aktionstag des Schillergymnasium Hameln zum ZAP! 2024

⇒ **Themenvorschlag 2:**
Der Drill im tropischen Regenwald

Die Art:

Der Drill ist ein seltener Affe, der in den tropischen Regenwäldern Westafrikas lebt. Er ernährt sich größtenteils von Baumfrüchten. Die großen Samen („Kerne“) einiger Früchte wirft er vor dem Verzehren in den Wald. Die Samen anderer Früchte scheidet er mit dem Kot wieder aus. Auf seiner Suche nach den besten Futterplätzen ist er weite Strecken im Wald unterwegs. So verbreitet er die Samen, trägt damit zur Erneuerung des Waldes bei und fördert die Pflanzenvielfalt.

Eine der Bedrohungen:

Neben Wilderei sind die Drills vor allem durch Abholzung des Regenwaldes für den Konsum bedroht. Die Wälder werden für Holz, Landwirtschaft oder Industrieflächen gerodet. Das Holz wird verarbeitet und verkauft. Es entstehen große Plantagen, etwa für Palmöl oder Mastbetriebe. Dadurch wird der Lebensraum der Drills stark eingeschränkt. Die Drills verlieren ihre Nahrung und ihre Rückzugsorte. Ohne die Drills geht auch ein wichtiger Teil des Regenwald-Ökosystems verloren.

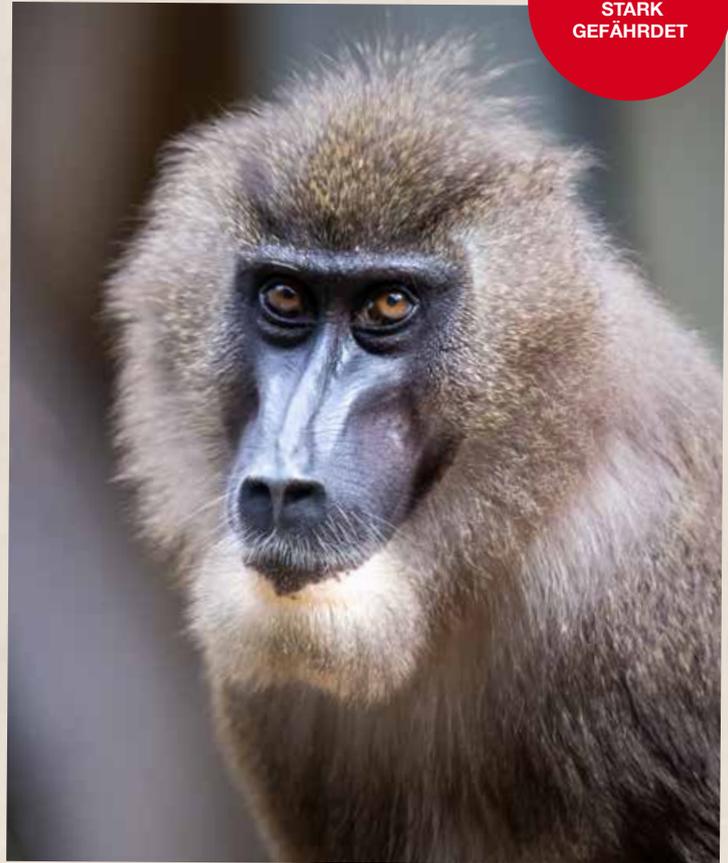
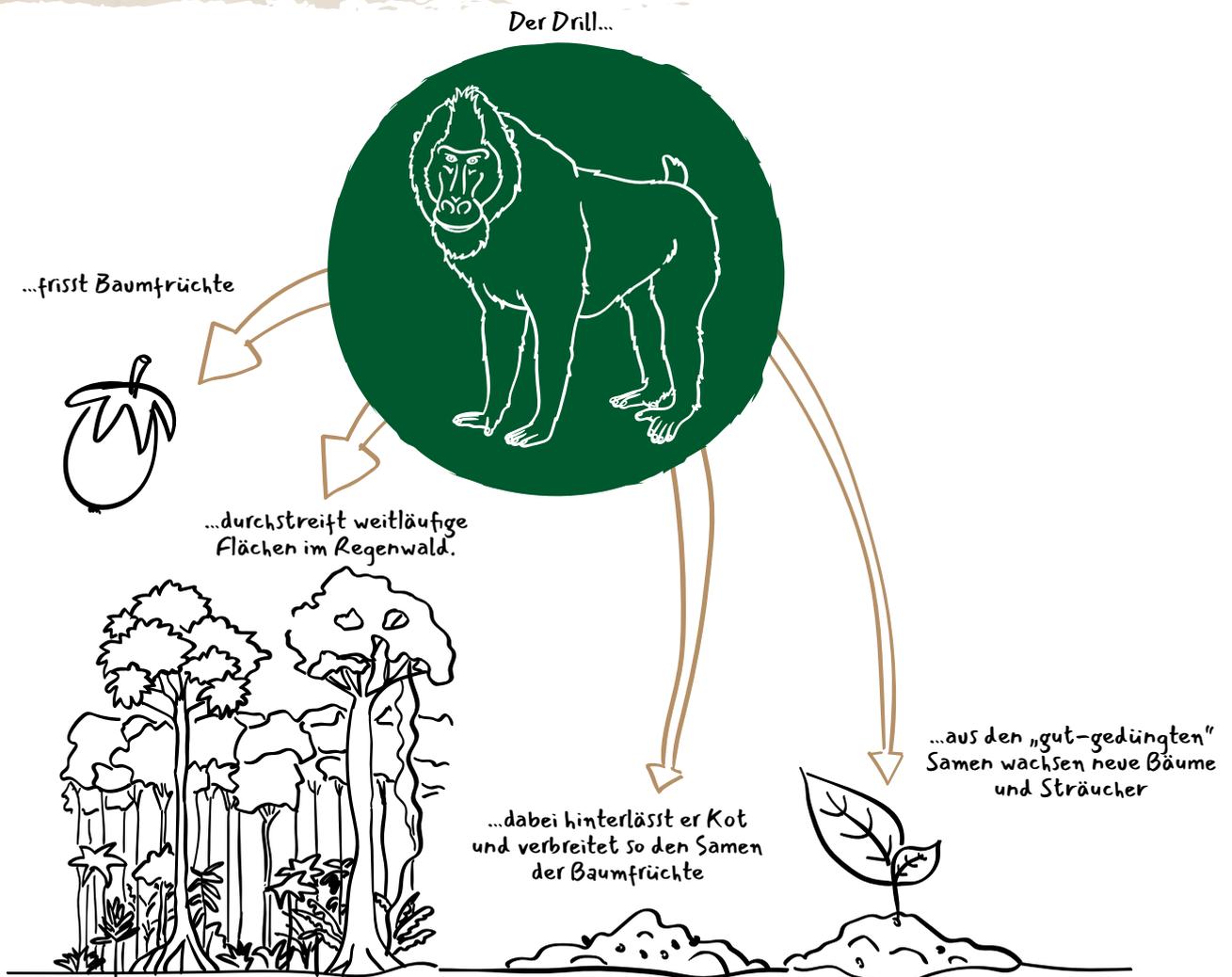


Abb. 54: Drills gehören zu den gefährdetsten Affen Afrikas



Impuls zum ZAP!-Projekt:



Hier könntet ihr Projekte zu den Zielen 12, 15 und 16 erarbeiten.

Um den Drills und ihrem Ökosystem zu helfen, müssen wir uns mit dem Konsum von Produkten aus dem Regenwald auseinandersetzen. Dies können wir tun, indem wir nachhaltige Produkte konsumieren und bestimmte Produkte oder Inhaltsstoffe meiden. Als ZAP! – Projekt zum Schutz von Drills bieten sich dazu viele Möglichkeiten.

Schritt 1: Recherchiert über den Drill, sein Ökosystem und die Bedrohungen darin. Die Folgen von Abholzung für Mensch und Tier können besprochen werden. Wie hängt die Abholzung der tropischen Wälder mit Produkten, die wir konsumieren zusammen?

Schritt 2: Welche Produkte begegnen euch häufig im Alltag? Gibt es in eurem Umfeld Projekte zum nachhaltigen Konsum? Welches Projekt würde zu eurer Klasse passen?

Schritt 3: Legt ein Projekt fest. Zum Beispiel könntet ihr in eurer Schule über die Problematik von Palmöl informieren und in eurem Schulkiosk den Verkauf von palmölfreien Produkten fördern.

Schritt 4: Projektabschluss. Reflektiert gemeinsam euer Projekt. Vielleicht können eure Erfahrungen, Eindrücke oder neugewonnenen Informationen an andere weitergegeben werden?

So unterstützt ihr Ökosysteme, die von Abholzungen und dem Anbau für den globalen Konsum betroffen sind. Ihr helft beispielsweise dem Drill und anderen Regenwaldbewohnern.



Abb. 55: Konsumverhalten überdenken, um..



Abb. 56: ... Ressourcen zu schonen

➔ Themenvorschlag 3:

Der Igel in Heckenlandschaften und Mischwäldern

Die Art:

Der Braunbrust-Igel ist eine heimische Art, die in vielen europäischen Wäldern, Gärten und Parks vorkommt. Igel ernähren sich hauptsächlich von Schnecken und Insekten. Sie tragen so im Nahrungsnetz dazu bei, dass zum Beispiel Insektenpopulationen nicht zu groß werden. Die Igel sind vor allem in den Abendstunden unterwegs. Dabei laufen sie weite Strecken, um sich satt zu essen. Besonders im Spätsommer und Herbst brauchen Igel viel Nahrung, damit sie mit einer dicken Speckschicht durch den Winter kommen.

Eine der Bedrohungen:

Igel leben in unseren Gärten und sind dort wichtige Akteure im Ökosystem. Sie sind jedoch stark bedroht durch zunehmend „aufgeräumte Landschaften“: kurzgemähte Rasengärten, Schottergärten, das Fehlen von Laub, Bäumen und Unterholz. Diese strukturlosen Flächen bieten kaum Schutz oder Nahrung für die Tiere. Igel brauchen Laub- und Holzhaufen sowie dichte Vegetation, um sich zu verstecken, Nester zu bauen und Insekten und Schnecken zu finden.



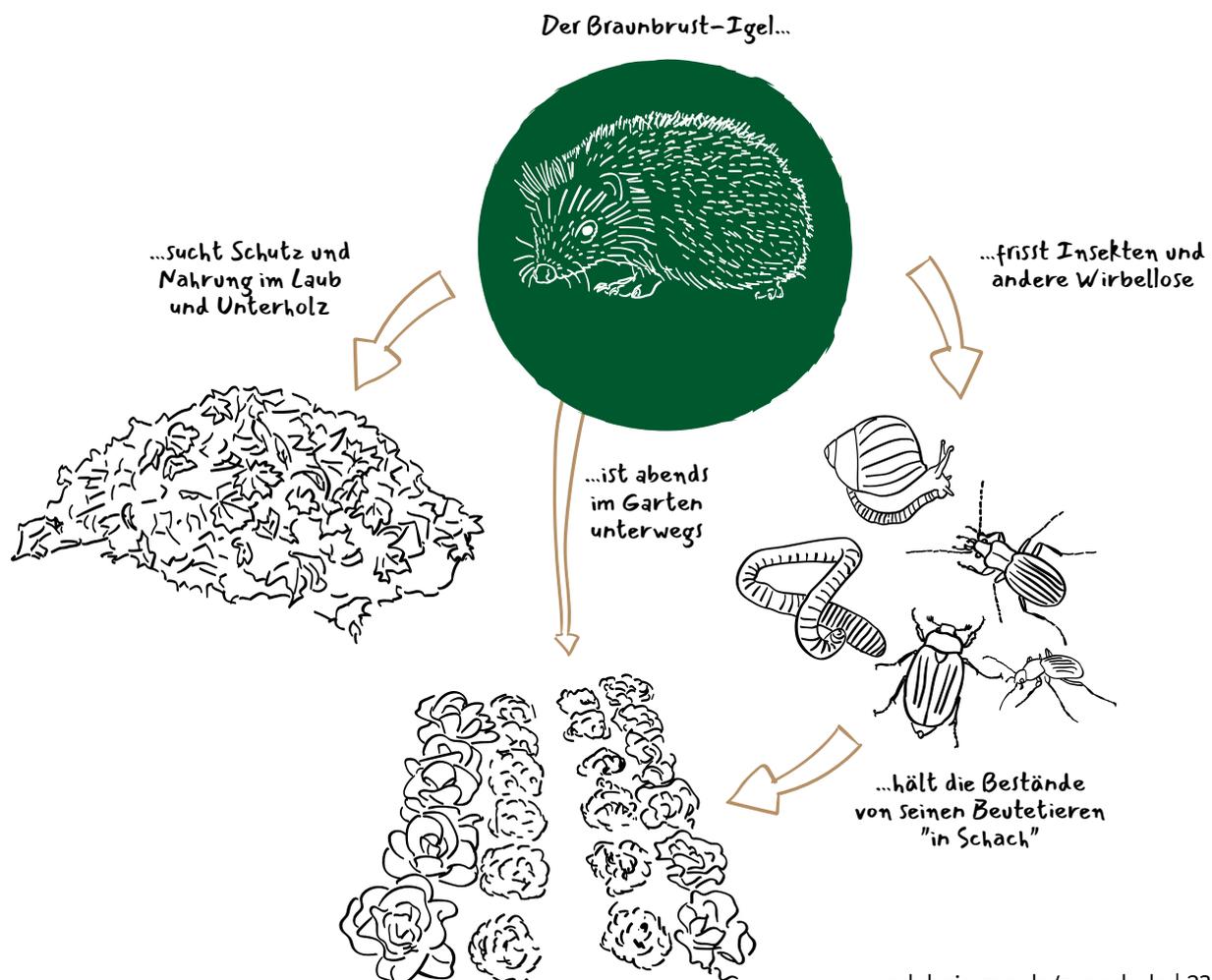
Abb. 57: Ein Igel auf Nahrungssuche



„Sterile“ Gärten verringern nicht nur das Nahrungsangebot, sondern nehmen den Igel auch die wichtigen Rückzugsorte für den Winterschlaf und die Jungenaufzucht. Der Verlust ihrer natürlichen Lebensräume macht es Igel zunehmend schwer, in städtischen und ländlichen Gebieten zu überleben.



Abb. 58: Schottergarten als Negativ-Beispiel



Impuls zum ZAP!-Projekt:



Hier könntet ihr Projekte zu dem Ziel 15 erarbeiten.

Lebensräume schützen – Igel unterstützen!

Um den Igel zu helfen, müssen wir die Gestaltung unserer Gärten und Landschaften hinterfragen und anpassen. Wir können beitragen, indem wir naturnahe Gärten fördern und auf „aufgeräumte“ Landschaften verzichten. Als ZAP! – Projekt zum Schutz von Igel gibt es viele Möglichkeiten.

Schritt 1: Startet mit einer Recherche über die Bedürfnisse des Igels und die Bedeutung von naturnahen Gärten. Was macht einen Garten igelfreundlich? Welche Pflanzen und Strukturen benötigen Igel und naturnahe Gärten allgemein?

Schritt 2: Erkundet, welche Arten von Gärten in eurem Umfeld verbreitet sind. Gibt es schon Projekte, die sich für „wilde Gärten“ einsetzen? Was kann auf dem Gelände eurer Schule passieren, um den Lebensraum für Igel und andere Tiere zu fördern?

Schritt 3: Legt ein Projekt fest. Zum Beispiel könntet ihr in der Schule oder in eurem Viertel einen „Igelgarten“ anlegen, mit Laubhaufen und Igelhotels. Oder ihr könnt Informationen über die Bedeutung von naturnahen Gärten unter Menschen verbreiten, die einen Garten haben.

Schritt 4: Projektabschluss. Reflektiert gemeinsam euer Projekt. Welche Ideen hättet ihr für zukünftige Projekte, um die Umwelt für Igel und andere Tiere zu verbessern? Wie könnt ihr andere Menschen für den Schutz der heimischen Wildtiere sensibilisieren?

So unterstützt ihr die Gesundheit und Entwicklung von Ökosystemen direkt vor eurer Haustür, indem ihr durch naturnahe Gartenpflege Lebensräume für viele Arten schafft!



Abb. 59: Auch eine Benjeshecke im Garten kann den Igel unterstützen

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Wenn nicht anders angegeben, stammen die Fotos und Zeichnungen aus dem Bestand des Erlebnis-Zoo Hannover.

Titel: Dmitry Rukhlenko – stock.adobe.com

Abb. 1: Tim Schaarschmidt – Erlebnis-Zoo Hannover

Abb. 2: Tim Schaarschmidt – Erlebnis-Zoo Hannover

Abb. 3: Ralphs_Fotos – pixabay.com

Abb. 4: VOJTa Herout – stock.adobe.com

Abb. 5: Peggychoucair – pixabay.com

Abb. 6: krzysztofniwolny – pixabay.com

Abb. 7: kracmar – pixabay.com

Abb. 8: fridzema – pixabay.com

Abb. 9: Bärbel Miemietz – commons.wikimedia.org

Abb. 10: USchick – commons.wikimedia.org

Abb. 11: Ylvers – pixabay.com

Abb. 12: shivaphotographyy – pixabay.com

Abb. 13: pixabay

Abb. 14: PublicDomainPictures – pixabay.com

Abb. 15: Natalia_Kollegova – pixabay.com

Abb. 16: diehochzeitsfilmer – Erlebnis-Zoo Hannover

Abb. 17: somchairakin – stock.adobe.com

Abb. 18: Frank – stock.adobe.com

Abb. 19: HieuNghiaMini – pixabay.com

Abb. 20: pixabay.com

Abb. 21: pixabay.com

Abb. 22: pixabay.com

Abb. 23: pik-potsdam.de

Abb. 24: aundkgruber – pixabay.com

Abb. 25: Leuchtpunkt – pixabay.com

Abb. 26: susannp4 – pixabay.com

Abb. 27: Mark Bridger – Fotolia

Abb. 28: FelixMittermeier – pixabay.com

Abb. 29: Sekau67 – pixabay.com

Abb. 30: quickshooting – stock.adobe.com

Abb. 31: joakant – pixabay.com

Abb. 32: Ruud Morijn – stock.adobe.com

Abb. 33: ekulik2011 – stock.adobe.com

Abb. 34: Makri27 – pixabay.com

Abb. 35: edb3_16 – stock.adobe.com

Abb. 36: Makalu – pixabay.com

Abb. 37: goldi59 – stock.adobe.com

Abb. 38: Nennieinszweidrei – pixabay.com

Abb. 39: kareni – pixabay.com

Abb. 40: jarmoluk – pixabay.com

Abb. 41: raiKom – pixabay.com

Abb. 42: eyetronic – stock.adobe.com

Abb. 43: pixabay.com

Abb. 44: StefanoKass – pixabay.com

Abb. 45: bones64 – pixabay.com

Abb. 46: hpgruesen – pixabay.com

Abb. 47: EmirhanMetin – pixabay.com

Abb. 48: MemoryCatcher – pixabay.com
Abb. 49: Erlebnis-Zoo Hannover
Abb. 50: Erlebnis-Zoo Hannover
Abb. 51: MemoryCatcher – pixabay.com
Abb. 52: Chris Engel – pixabay.com
Abb. 53: ZAP! 2024 Beitrag Schillergymnasium Hameln
Abb. 54: Markus Müller – Erlebnis-Zoo Hannover
Abb. 55: Minerva Studio – stock.adobe.com
Abb. 56: guentermanaus – stock.adobe.com
Abb. 57: Fotolia
Abb. 58: U. J. Alexander – stock.adobe.com
Abb. 59: Andreas Zickert – Erlebnis-Zoo Hannover

LITERATURVERZEICHNIS

Amy MCKeever (2020): Ökosysteme: Warum manche Tiere wichtiger sind als andere.
<https://www.nationalgeographic.de/tiere/2020/12/oekosysteme-warum-manche-tiere-wichtiger-sind-als-andere>
(Stand: 16.10.2023)

Arese Lucini, F., Morone, F., Tomassone, M. S., & Makse, H. A. (2020).
Diversity increases the stability of ecosystems. *PloS one*, 15(4), eo228692.

Bond, W. J. (1994). Keystone species. In *Biodiversity and ecosystem function* (pp. 237 – 253).
Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Brauner, K. (2024). Das Ökosystem Wald: Seine Struktur und Bedeutung erfahren und kennenlernen.
Schulmagazin 5 – 10, 2024 (9 + 10), 73 – 91.

Bpb: Bundeszentrale für politische Bildung (2024): Ökosystem.
<https://www.bpb.de/kurz-knapp/lexika/das-junge-politik-lexikon/321526/oekosystem/>
(Stand: 04.12.2024)

Fretwell, P. T., Boutet, A., & Ratcliffe, N. (2023). Record low 2022 Antarctic sea ice led to catastrophic breeding failure of emperor penguins. *Communications Earth & Environment*, 4(1), 273.

GEO (2023): Vier von fünf Kolonien ohne Nachwuchs: Droht dem Kaiserpinguin das Aus?
<https://www.geo.de/natur/tierwelt/klimawandel--stirbt-der-kaiserpinguin-aus--33764574.html>
(Stand: 04.12.2024)

Härdtle, W. (2024). Biodiversität, Ökosystemfunktionen und Naturschutz.
Springer-Verlag.

Helmholtz Klima Initiative (2023): Pinguine und ihre Zukunftsaussichten im Klimawandel.
<https://www.helmholtz-klima.de/aktuelles/pinguine-und-ihre-zukunftsaussichten-im-klimawandel>
(Stand: 04.12.2024)

Ives, A. R., & Carpenter, S. R. (2007). Stability and diversity of ecosystems. *science*, 317(5834), 58-62.

Krautwig, T. und A. Krieger (2022): Planetare Grenzen: Neun Leitplanken für die Zukunft.

Planetare Grenzen: Neun Leitplanken für die Zukunft | Helmholtz-Klima-Initiative
(Stand: 16.10.2023)

Sadava, D., Hillis, D. M., Heller, H. C., Hacker, S. D., Markl, J., Sadava, D., ... & Hacker, S. D. (2019).
Ökosysteme. Purves Biologie, 1755-1786.

Stiftung Unternehmen Wald (2024): Was ist ein Ökosystem.
<https://www.wald.de/waldwissen/was-ist-ein-oekosystem/>
(Stand: 04.12.2024)

Toepfer, G., & Toepfer, G. (2011). Historisches Wörterbuch der Biologie:
Geschichte und Theorie der biologischen Grundbegriffe. Band 1: Analogie—Ganzheit

UBA – Umweltbundesamt (2022): Klimamodelle und Szenarien:
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/klimamodelle-szenarien#was-sind-treibhausgasszenarien-und-wofur-werden-sie-genutzt>
(Stand: 04.12.2024)

Zooschule
Erlebnis-Zoo Hannover
Adenauerallee 3
30175 Hannover
Tel.: 0511/93677 - 615
zooschule@erlebnis-zoo.de
erlebnis-zoo.de/zooschule

Stand 12.2024

