

KEYSTONE SPECIES

SCHLÜSSELARTEN FÜR ÖKOsysteme

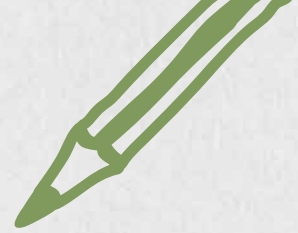
Zooschule Hannover



ERLEBNIS
ZOO
HANNOVER



INHALTSVERZEICHNIS



EINLEITUNG	3
KEYSTONE SPECIES – EIN SCHLÜSSEL FÜR GESUNDE ÖKOSYSTEME	4
VERSCHIEDENE TYPEN VON SCHLÜSSELARTEN	6
Spitzenprädatoren	7
Mega-Herbivoren	8
Samenverbreiter	9
Bestäuber	10
Ökosystem-Ingenieure	11
Ressourcen-Lieferanten	12
SCHLÜSSELARTEN IDENTIFIZIEREN	13
Fragenkatalog-Methode zum Identifizieren von Schlüsselarten	14
Schaubild-Methode zum Identifizieren von Schlüsselarten	15
SCHLÜSSELARTEN IM ARTENSCHUTZ	16
Was passiert, wenn eine Schlüsselart ausstirbt?	17
Wie schützt der Erlebnis-Zoo Schlüsselarten?	18
Was passiert, wenn eine Schlüsselart zurückkehrt?	20
MATERIALIEN	21
Recherche	21
Mein Schaubild	22
Rallye	23
Werde aktiv	28
Bestäuber-Exkursion	29
Lösung Rallye	31
Schlüsselarten im Erlebnis-Zoo	33
QUELLEN	38
Abbildungsverzeichnis	38
Literaturverzeichnis	39

EINLEITUNG

2023 wurde der **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!

Für den ZAP! 2023 wurden neugierige Fürsprecherinnen und Fürsprecher gesucht, die sich mit Amphibien auseinandersetzen und kreative Wege (er)finden, zum Sprachrohr dieser Tierklasse zu werden. Mehr als 1.000 junge Teilnehmende aus ganz Niedersachsen arbeiteten in über 500 Unterrichtsstunden spannende, kreative und inspirierende Kommunikationsprojekte zum Schutz der Amphibien aus. Kreativ, aktiv und inspirierend: Es wurde gerappt, getanzt, gefilmt, gemalt; es gab Ausstellungen, Exkursionen, Interviews, Umfragen – es wurde sogar gebuddelt. Aus über 50 Einsendungen galt es dann, die besten Kommunikations-Projekte zum Schutz der Tiere auszusuchen.

ZAP! 2024, der zweite Artenschutzpreis des Erlebnis-Zoo Hannover, widmet sich Keystone Species: Was haben Wolf, Hummel und Elefant gemeinsam? Sie sind Keystone Species, auch Schlüsselarten genannt.



Wir suchen Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler, die sich mit Schlüsselarten auseinandersetzen möchten. Welche Arten identifizieren die Schulgruppen als Schlüsselarten? Wie können wir gemeinsam Schlüsselarten in Deutschland und der Welt unterstützen?

Wir suchen Projekte, die über diese bedeutenden Tiere informieren, ihren Schutz fördern oder andere begeistern, an bestehenden Schutzmaßnahmen teilzunehmen.

Erleben. Entdecken. Erhalten

In diesem Themenheft wird der Begriff Keystone Species erklärt. Es soll die Lesenden dazu ermutigen, eigenständig zu erforschen, welche Tierarten zu den Keystone Species gehören und warum sie so bedeutend für unsere Umwelt sind. Im Erlebnis-Zoo sind Schlüsselarten ein Schwerpunkt der Artenschutzstrategie.

Wir wünschen Ihnen viel Freude beim Erforschen der Schlüsselarten und bei der Arbeit mit diesem Themenheft. Ab November 2023 werden spezielle Unterrichtsgänge zum Thema Keystone Species buchbar sein. Oder nutzen Sie zur Vertiefung ein Angebot über Artenschutz oder BNE im Erlebnis-Zoo.

Ein Besuch lohnt sich!

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



„Die Schülerinnen und Schüler sind so kreativ an die Aufgabe herangegangen, dass wir am liebsten alle ausgezeichnet hätten“, erklärte Zoo-Geschäftsführer Andreas M. Casdorff. „Tatsächlich haben alle Teilnehmenden gewonnen, denn alle sind zu Retterinnen und Rettern geworden, die mit ihren Kommunikationsprojekten helfen, die Amphibien zu schützen. Dafür möchten wir uns ganz herzlich bedanken!“

KEYSTONE SPECIES – EIN SCHLÜSSEL FÜR GESUNDE ÖKOSYSTEME

Jedes Lebewesen beeinflusst das Ökosystem, in dem es lebt. Ein Ökosystem ist ein vernetztes System, dessen Bestandteile (Tiere, Pflanzen, Pilze und die unbelebte Umwelt) in Wechselbeziehungen zueinander stehen. Diese Wechselbeziehungen sind sehr komplex. Manche sind für uns Menschen auf den ersten Blick nicht sichtbar.

Das Wissen über Merkmale und Lebensweisen von Arten ist elementar, um ihren Einfluss und die Wechselbeziehungen im Ökosystem zu verstehen. Als Keystone Species bzw. Schlüsselarten werden Arten bezeichnet, die einen besonders großen und stabilisierenden Einfluss in ihrem Ökosystem haben.

Schlüsselarten 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 essenziell für die Erhaltung der Artenvielfalt.



Abb. 1: Schlüsselarten im Blick: Wildbienen beeinflussen ein Ökosystem essenziell.

Keystone Species sind Arten, die im Verhältnis zu ihrer Häufigkeit einen überproportional großen Einfluss auf das Ökosystem haben, in dem sie leben.

Stabile Ökosysteme sind essentiell, letztlich sind sie unsere Lebensgrundlage.

Ökosysteme werden durch viele Einflüsse geschwächt, z. B. durch Extremwetterereignisse im Zuge der Klimaveränderungen oder durch Umweltverschmutzung mit Chemikalien und Plastik. Ein wichtiger Faktor, der Ökosysteme schwächt, ist auch der Rückgang der Artenvielfalt. Schlüsselarten spielen eine zentrale Rolle für die Stabilität von Ökosystemen und für die Erhaltung der Vielfalt.



Abb. 2: Arten und ihren Einfluss im Lebensraum verstehen – Auszug aus einem Memory-Spiel des Erlebnis-Zoo Hannover

ÖKOSYSTEME

Je nach Vorwissen, kann es nötig sein, mit der Klasse zusätzlich den Begriff Ökosystem zu erarbeiten.

Als Ökosystem bezeichnet man die Lebensgemeinschaft aus Pflanzen und Tieren in einem bestimmten Lebensraum.

Das Ökosystem Wald beispielsweise besteht aus der unbelebten Umwelt und der Lebensgemeinschaft, der belebten Umwelt. Die Lebensgemeinschaft wird gebildet von den Waldpflanzen und Waldtieren – vom Buschwindröschen, dessen Samen von Waldameisen weggetragen werden, bis zur Eiche, in der Buntspecht und Eichhörnchen leben. Aber auch die Pilze und Bakterien gehören dazu. Die unbelebte Umwelt besteht in unserem Beispiel aus dem Waldboden und dem typischen Waldklima: ausgeglichene Temperaturen, wenig Wind und Sonnenlicht, sowie eine hohe Luftfeuchtigkeit.



Abb. 3: Ökosystem Wald

Die Bestandteile eines Ökosystems sind miteinander vernetzt, sie stehen in Wechselbeziehungen zueinander. Das Funktionieren von Ökosystemen, und damit auch die für uns Menschen wichtigen Ökosystemdienstleistungen, hängt deshalb von den einzelnen Bestandteilen ab. Die Reaktion eines Ökosystems, z. B. auf den Wegfall einer Art, ist nicht eindeutig vorhersehbar.

Das Konzept der Schlüsselarten versucht, die zentralsten Arten für das Funktionieren eines Ökosystems ausfindig zu machen.

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. 4: 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.

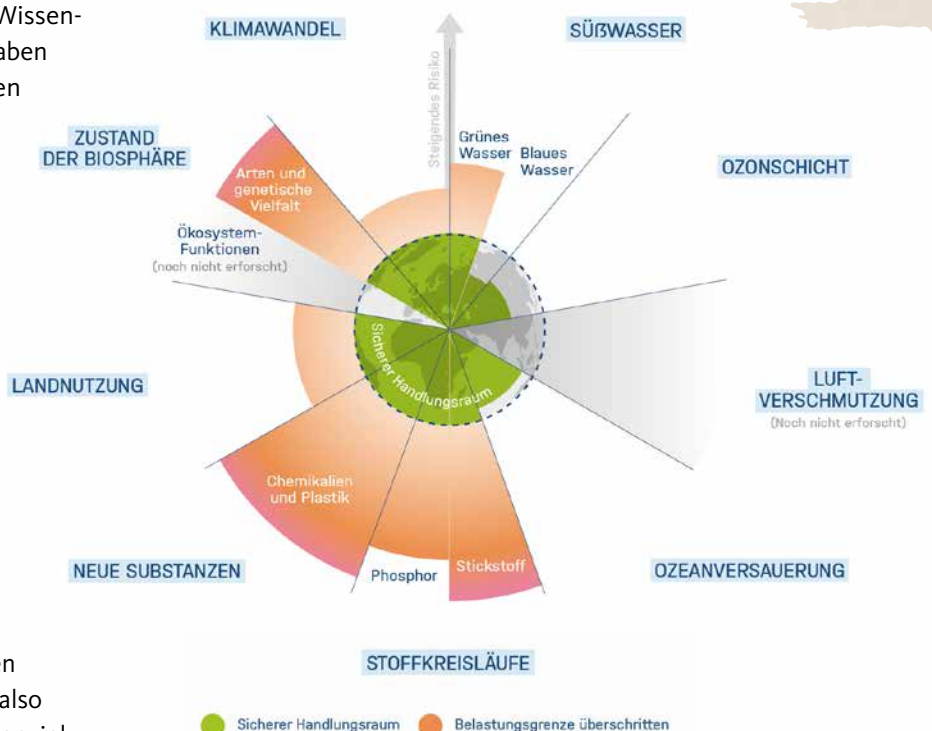


Abb. 4: Planetare Belastungsgrenzen

VERSCHIEDENE

TYPEN VON SCHLÜSSELARTEN

Keystone Species bzw. Schlüsselarten haben eine zentrale Rolle in dem Ökosystem, in dem sie leben. In dieser Rolle fördern sie die Artenvielfalt – z. B., indem sie die Häufigkeit anderer Arten beeinflussen oder den Lebensraum gestalten.

Unterschiedliche Schlüsselarten haben unterschiedliche Einflüsse. Je nachdem, welche Einflüsse sie haben, lassen sie sich grob in verschiedene Kategorien unterteilen. Wichtig ist, dass eine Schlüsselart dabei mehreren Kategorien gleichzeitig angehören kann.



Spitzenprädatoren



Mega-Herbivoren



Samenverbreiter



Bestäuber



Ökosystem-
Ingenieure



Ressourcen-
Lieferanten



Abb. 5: Artenvielfalt im Ökosystem Savanne. Die Tierarten stehen in Wechselbeziehungen zueinander. Der Afrikanische Elefant gilt dabei als Schlüsselart.



SPITZENPRÄDATOREN

Fleischfresser an der Spitze der Nahrungspyramide nennt man Spitzenprädatoren (oder auch „Top-Prädatoren“). Sie haben selbst keine Fressfeinde. Und: Sie sind oft Schlüsselarten. Spitzenprädatoren haben meist einen großen Einfluss auf die Verbreitung und den Bestand ihrer Beute-Arten. Entfernt man sie aus dem Ökosystem, verändert das die Häufigkeit der Beute-Arten. Das kann eine Reihe weiterer Auswirkungen nach sich ziehen, etwa eine größere Konkurrenz innerhalb und zwischen den verschiedenen Beute-Arten.



Abb. 6: Der Löwe gilt als Spitzenprädatator und Schlüsselart.



BEISPIEL: LÖWE

Der Löwe (*Panthera leo*) gilt als Spitzenprädatator und als Schlüsselart in den Grasländern und Savannen Afrikas. Seine Einflüsse auf die Artenvielfalt dort sind vielfältig und bedeutend:

- Löwen beeinflussen Pflanzenfresser wie Zebras, Gnus und Antilopen. Indem sie diese Arten erbeuten, tragen Löwen dazu bei, die Populationsgrößen auf einem bestimmten Level zu halten. Kurz gesagt: Sie regulieren die Anzahl der Pflanzenfresser. Das verhindert, dass die Grasländer und Savannen überweidet werden. Bei einer Überweidung würde die Pflanzendecke schneller „weggefressen“ werden, als sie sich regenerieren kann – und das würde weitere negative Effekte, zum Beispiel Nahrungsknappheit für die Pflanzenfresser, nach sich ziehen.
- Die Anwesenheit von Löwen beeinflusst auch das Verhalten und die Verteilung von Beutetieren. Pflanzenfresser passen ihre Wandlungsmuster an, um Gebiete zu meiden, in denen Löwen aktiv sind. Dies wiederum verändert die Häufigkeit und Verteilung der Pflanzen.
- Löwen sind nicht nur Prädatoren, sondern auch Aasfresser. Sie ernähren sich von Kadavern, die andere Raubtiere hinterlassen haben. Dies trägt zur Wiederverwertung von Nährstoffen im Ökosystem bei.



Abb. 7: Löwen und ihre Beutetiere



MEGA-HERBIVOREN

Große, pflanzenfressende Tiere – wie Elefanten, Nashörner und Flusspferde – nennt man auch Mega-Herbivoren. Mega-Herbivoren benötigen große Mengen pflanzlicher Nahrung pro Tag. Indem sie so viele Pflanzen fressen, beeinflussen sie die Zusammensetzung und die Struktur der Pflanzen in ihren Lebensräumen entscheidend. Mega-Herbivoren regulieren das Wachstum und die Verbreitung der Pflanzenarten und verändern die Pflanzenvielfalt. Das wirkt sich wiederum auf andere Pflanzenfresser, Insekten und Co. aus, die diese Pflanzen als Nahrung und Lebensraum nutzen.

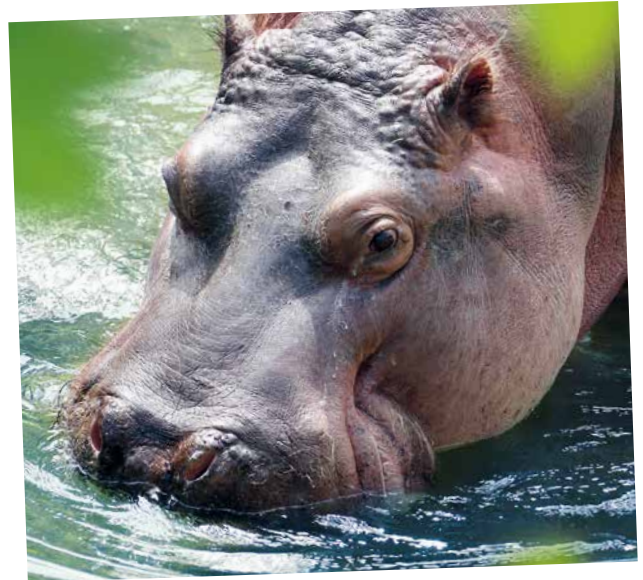


Abb. 8: Das Flusspferd gilt als Mega-Herbivore und Schlüsselart.



BEISPIEL: FLUSSPFERD

Flusspferde (*Hippopotamus amphibius*) sind große Pflanzenfresser und gelten als Schlüsselarten in ihren Süßwasserlebensräumen in Afrika. Ihre Fressaktivität hat große Auswirkungen auf das Ökosystem und die Pflanzen- und Tierarten darin. Flusspferde fressen große Mengen an Gräsern. Sie beweiden die Wasser- und Ufervegetation entlang von Flüssen und Seen, was folgende Effekte mit sich bringt:

- Flusspferde tragen dazu bei, das Wachstum von Wasser- und Uferpflanzen zu regulieren und zu kontrollieren. Dadurch wird das Wuchern dominanter Pflanzenarten verhindert. Die Vielfalt an Pflanzenarten wird so bewahrt.



Abb. 9: Flusspferde fressen große Mengen an Gräsern.

- Während ihrer Fressaktivitäten bewegen sich Flusspferde in und am Wasser. Sie zertrampeln und roden die hohen Pflanzen entlang der Uferlinie. Es entstehen Freiräume und Lichtungen, die das Wachsen lichtbedürftiger, niedrigerer Pflanzen begünstigen. Die Freiräume sind gleichzeitig Lebensräume für andere Wildtiere. Zugänge zum Wasser entstehen.
- Flusspferde spielen auch eine entscheidende Rolle im Stoffkreislauf. Aufgrund der großen Mengen an Pflanzen, die sie vertilgen, produzieren sie auch große Mengen an Kot. Der Kot enthält Nährstoffe. Wenn Flusspferde ihren Kot ins Wasser absetzen, wird er von Destruenten ("Mineralisierern") zersetzt. Diese Destruenten zersetzen organische Stoffe in anorganische Stoffe. Es entstehen Mineralsalze, wie z. B. Nitrate und Phosphate, die ins Wasser abgegeben werden. Das erhöht den Mineralsalzgehalt im Wasser, was dem Wachstum von Wasserpflanzen zugutekommt. Dies wiederum ist von Vorteil für Fische und Wirbellose, die sich von diesen Wasserpflanzen ernähren und darin Unterschlupf finden.

Flusspferde sind auch
Ökosystem-Ingenieure!



SAMENVERBREITER

Viele Pflanzen verbreiten sich, indem sie Früchte bilden, in denen sich ihre Samen befinden. Tierarten, die sich hauptsächlich von Früchten ernähren, sind Samenverbreiter: Sie scheiden die Samen mit ihrem Kot aus – oft weit entfernt von der Mutterpflanze. Aus den Samen entstehen neue Pflanzen. Damit tragen diese Tiere zur Verbreitung der Pflanzen bei und stellen Nahrung für andere Pflanzenfresser bereit. Samenverbreiter beeinflussen auch die Zusammensetzung von Pflanzengemeinschaften. Ohne das Verbreiten gäbe es eine geringere Pflanzenvielfalt, was zu einem unausgewogenen Ökosystem führen könnte. Samenverbreiter tragen sogar zum Wiederherstellen von Lebensräumen bei, zum Beispiel nach Waldbränden oder Abholzungen. Samenverbreitende Tierarten sind deshalb häufig Schlüsselarten.



BEISPIEL: DRILL

Der Drill (*Mandrillus leucophaeus*), eine eng mit den Pavianen verwandte Primatenart, gilt als Schlüsselart der Regenwälder in West- und Zentralafrika. Einer der Hauptgründe für diesen Status ist seine Rolle als wichtiger Samenverbreiter.

- Drills ernähren sich frugivor, das heißt, sie fressen überwiegend Früchte. Wenn sie die Früchte verzehren, nehmen sie die darin enthaltenen Samen verschiedener Pflanzenarten auf. Diese Samen durchlaufen das Verdauungssystem und werden später an verschiedenen Orten wieder ausgeschieden. Damit werden die Samen effektiv im Regenwald verbreitet.



Abb. 11: Der Drill ernährt sich hauptsächlich von Früchten.



Abb. 10: Der Drill gilt als Samenverbreiter und Schlüsselart.

- Drills legen auf der Suche nach Nahrung große Entfernungen innerhalb ihres Lebensraums zurück. Dadurch verbreiten sie Pflanzensamen auch in Gebieten, in denen die Pflanzen bisher nicht verbreitet waren. Außerdem ernähren sich Drills von einer Vielzahl von Früchte-bildenden Pflanzenarten, tragen also zum Verbreiten einer Vielfalt von verschiedenen Pflanzenarten bei. Andere Pflanzenfresser erhalten so ihre speziellen Nahrungsressourcen.
- Ferner hat man beobachtet, dass Drills Steine oder andere Werkzeuge benutzen, um harte Nüsse und Früchte aufzubrechen. Durch dieses Verhalten können Bereiche mit freiliegendem Boden entstehen, in denen Samen keimen und sich etablieren können.



BESTÄUBER

Bestäuber wie Bienen, Schmetterlinge, Vögel und südamerikanische Fledermäuse sind aufgrund ihrer entscheidenden Rolle bei der Bestäubung von Blütenpflanzen wichtige Schlüsselarten in vielen Ökosystemen. Wenn Bestäuber von Blüte zu Blüte fliegen, um sich zu ernähren, übertragen sie den Pollen von den männlichen Fortpflanzungs-Organen einer Blüte auf die weiblichen Fortpflanzungs-Organen einer anderen Blüte. Aus der so befruchteten Blüte entstehen Früchte und Samen. Viele Tiere ernähren sich von diesen Früchten. Mithilfe der Bestäuber vermehren sich die Pflanzen.



Abb. 12: Hummel-Arten gelten als Bestäuber und Schlüsselarten.



BEISPIEL: HUMMEL

Hummeln (Gattung *Bombus*) gelten als Schlüsselarten, und zwar aufgrund ihrer entscheidenden Rolle als effektive Bestäuber. Sie besuchen und bestäuben eine Vielzahl blühender Pflanzen, darunter Kultur- und Wildpflanzen.

- Hummeln besuchen verschiedene Pflanzenarten, um Nektar und Pollen zu sammeln. Dementsprechend sorgen sie für die Vermehrung verschiedener Pflanzenarten, halten also die Pflanzenvielfalt aufrecht. Diese Vielfalt bietet Lebensraum und Nahrung für andere Tierarten. Als „Frühstarter“ unter den Insekten bestäuben Hummeln insbesondere Frühblüher, die eine wichtige Nahrungsquelle für andere Insekten in der noch kalten Jahreszeit sind.

- Hummeln sind für die Bestäubung zahlreicher wirtschaftlich bedeutender Kulturpflanzen wie Tomaten, Blaubeeren, Erdbeeren und verschiedene Obstbäume unerlässlich. Diese Rolle der Hummeln in der Landwirtschaft wirkt sich direkt auf die Nahrungsmittelproduktion und damit auf die Ernährung der Menschen aus.
- Die Präsenz von Hummeln kann die Konkurrenz zwischen Pflanzenarten beeinflussen, da Hummeln auswählen, welche Blüten sie besuchen. Bei einigen Pflanzenarten haben sich im Laufe der Evolution die Blütezeiten angepasst oder spezifische Eigenschaften entwickelt, sodass Hummeln angelockt werden. Das bedeutet Veränderungen in den Pflanzengemeinschaften.



Abb. 13: Eine Wiesenhummel sammelt Nektar und Pollen.



ÖKOSYSTEM-INGENIEURE

Ökosystem-Ingenieure wie Biber und Termiten sind Schlüsselarten, indem sie ihre Umwelt physisch verändern – und zwar so, dass Lebensgrundlagen für andere Arten entstehen. Ökosystem-Ingenieure schaffen neue Lebensräume und beeinflussen die Verfügbarkeit von Ressourcen für andere Arten positiv. Arten, die große Mengen an Erde bewegen, die graben oder auf andere Weise kahle, pflanzenfreie Flächen schaffen, gehören auch dazu. Das Entfernen solcher Arten würde das Gleichgewicht eines Ökosystems stören und zu Kaskaden-artigen Effekten führen, die indirekt viele andere Arten betreffen.



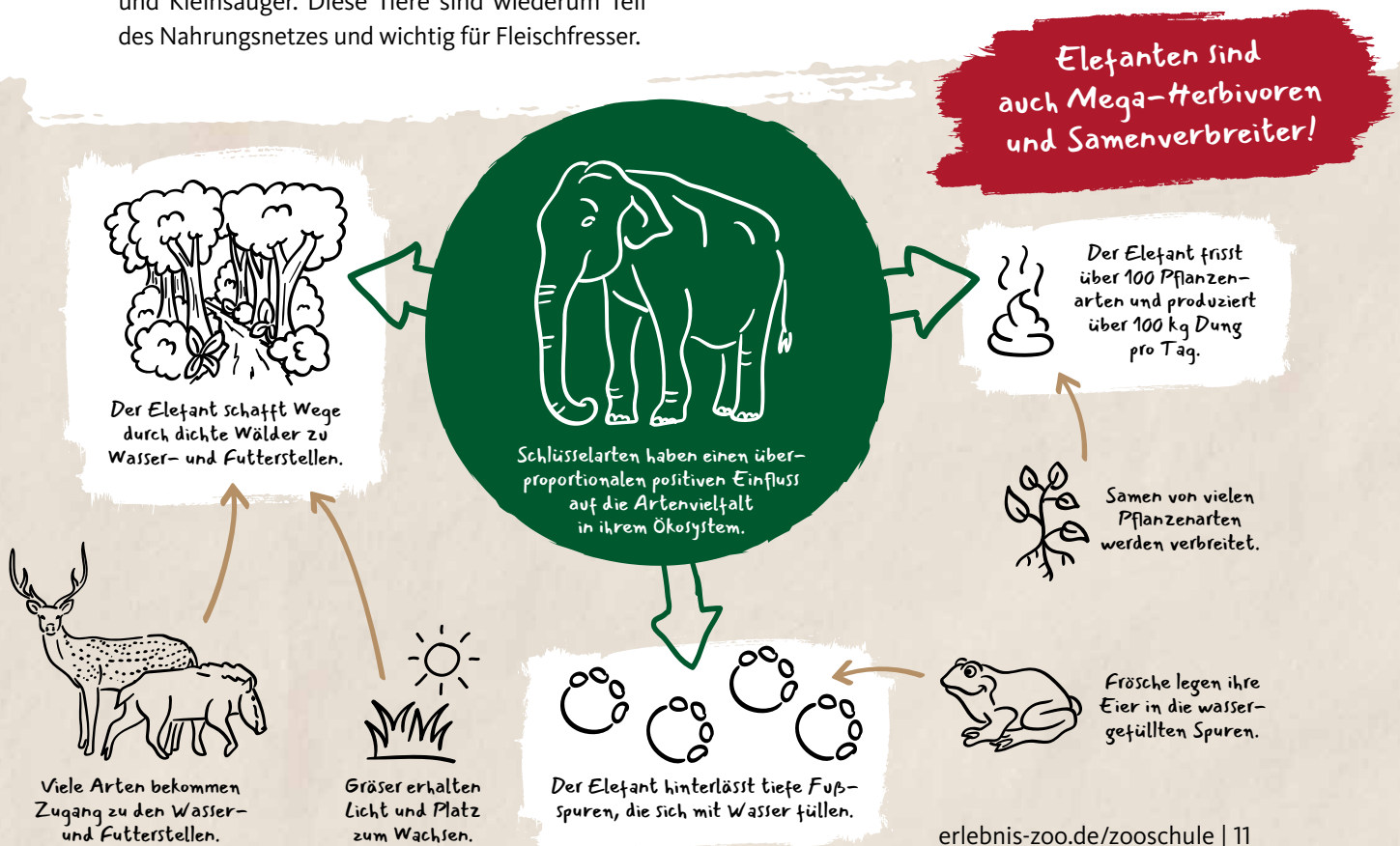
Abb. 14: Elefanten gelten als Ökosystem-Ingenieure und Schlüsselarten.



BEISPIEL: ELEFANTEN

Elefanten, sowohl Afrikanische Elefanten (*Loxodonta africana* und *Loxodonta cyclotis*) als auch Asiatische Elefanten (*Elephas maximus*), werden aufgrund ihres erheblichen Einflusses auf ihren Lebensraum oft als Ökosystemingenieure bezeichnet. Sie modifizieren die Umwelt auf verschiedene Weise und bewirken Veränderungen des Ökosystems.

- Elefanten entwurzeln bei der Nahrungssuche Bäume, brechen Äste ab und roden die Vegetation. So schaffen sie Lichtungen und offene Stellen in Wäldern. Durch die Lichtungen gelangt mehr Sonnenlicht auf den Waldboden, was das Wachstum von lichtbedürftigen Pflanzenarten fördert und die Pflanzenvielfalt erhöht. Die Lichtungen sind auch Lebensraum für kleinere Tiere, darunter Insekten, Reptilien und Kleinsäuger. Diese Tiere sind wiederum Teil des Nahrungsnetzes und wichtig für Fleischfresser.
- Indem Elefanten bei der Nahrungssuche Bäume fällen, entsteht Totholz. Totholz dient als Unterschlupf und Brutstätte für zahlreiche Insekten, Pilze und Mikroorganismen. Als Zersetzer sind diese Lebewesen am Abbau des Totholzes beteiligt, wodurch Mineralsalze zurück in den Boden gelangen. Die Mineralsalze werden so wieder für die Pflanzen verfügbar.
- Elefanten graben oder erweitern Wasserlöcher in trockenen Flussbetten. Diese Wasserlöcher sind nicht nur für die Elefanten, sondern auch für viele anderer Wildtiere in Trockenzeiten eine wichtige Quelle. In den Fußspuren, die Elefanten hinterlassen, sammelt sich zudem Regenwasser. Amphibien nutzen diese Mini-Teiche als Brutstätten.





RESSOURCEN-LIEFERANTEN

Arten, die eine lebenswichtige Ressource für andere Arten in einer Zeit der Knappheit (die oft saisonal auftritt) liefern, können Schlüsselarten sein. Der Ressourcen-Lieferant selbst ist vielleicht keine häufige Art, aber wenn er wegfällt, kann die Versorgungslücke nicht geschlossen werden. Meist sind solche Ressourcen-Lieferanten Pflanzen, die saisonal Früchte bilden und so in bestimmten Jahreszeiten die Hauptnahrungsquelle für Fruchtfresser stellen. Im weiteren Sinne können auch Beutetiere eine Ressourcen-liefernde Schlüsselart sein, zumeist in Kombination mit einer anderen Kategorie. Beispiele sind Schwarm-bildende Insekten oder Amphibien, deren Kaulquappen saisonal in Massen auftreten.



BEISPIEL: FEUERSALAMANDER

Feuersalamander (*Salamandra salamandra*) können, wie einige andere Amphibien, eine Schlüsselart sein. Das liegt insbesondere an ihrer Rolle als r-Strategen: Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie viele Nachkommen zeugen und die junge Population im Kaulquappen-Stadium groß ist – während die Populationsgröße im Erwachsenenstadium dann wieder sinkt. Die Kaulquappen sind eine wichtige Ressource für andere Arten im Ökosystem.

- Feuersalamander legen ihre Larven, die Kaulquappen, zu bestimmten Zeiten im Jahr in Gewässer ab. pro Weibchen sind es zwischen 10 und 70 Nachkommen. Das führt zu einem saisonal hohen Aufkommen von Kaulquappen. Für viele Tiere wie Insekten, Vögel, Reptilien und sogar andere Amphibien sind die Kaulquappen eine wichtige Nahrungsquelle in diesen bestimmten Zeiten des Jahres. Kaulquappen sind reich an Proteinen und Fetten. Dieser hohe Nährwert fördert das Wachstum und die Fortpflanzung der Tiere, die sich von ihnen ernähren.



Abb. 16: Die Larven der Feuersalamander kommen in großer Zahl vor.

Vorsicht!

Nicht jede wichtige Beutetier-Art ist automatisch eine Schlüsselart! Der Einfluss auf das Ökosystem muss im Verhältnis zur Häufigkeit der Art überproportional sein und mehrere Arten beeinflussen.



Abb. 15: Der Feuersalamander gilt als Ressourcen-Lieferant und Schlüsselart.

- Durch die Verteilung ihrer Eier und damit die der Kaulquappen auf verschiedene Gewässer können Feuersalamander die Zusammensetzung der in den Gewässern lebenden und jagenden Arten verändern. Befinden sich ihre Kaulquappen in einem Gewässer nicht, wandern ihre Beutegreifer möglicherweise ab. Dies kann Kaskaden-artige Auswirkungen auf andere Organismen im Ökosystem haben.
- Als aquatische Larven ernähren sich Feuersalamander von wirbellosen Wassertieren und Algen, und tragen so zum Stofffluss im aquatischen Ökosystem bei. Wenn Feuersalamander in ihr terrestrisches Erwachsenen-Stadium übergehen, übertragen sie Stoffe in Landökosysteme, die von landbewohnenden Pflanzen, Insekten und Zersettern verwertet werden können.

Feuersalamander sind auch Ökosystem-Ingenieure! Sie nehmen durch ihre unterirdischen Bauten Einfluss auf die Bodenbelüftung und den Stofffluss.

SCHLÜSSELARTEN

IDENTIFIZIEREN

Die Definition von Keystone Species bzw. Schlüsselarten, ist dynamisch und offen. Das heißt, dass nicht bei allen Arten eindeutig bestimmt werden kann, ob sie Schlüsselarten sind oder nicht. Die Rolle einer Art kann nämlich von Ökosystem zu Ökosystem variieren. Und: Ökosysteme sind komplex, sie verändern sich ständig. So, wie sich die Umweltbedingungen und die Art-Zusammensetzung innerhalb eines Ökosystems verändern, kann sich auch die Rolle einer Art innerhalb eines Ökosystems verändern. Die Einflüsse einer Art können zudem je nach Perspektive, aus der die Art betrachtet wird, anders eingeschätzt werden. Wissenschaftliche Studien können die Einflüsse messen, doch bei vielen Arten wurden solche ökologischen Studien noch nicht durchgeführt.



Abb. 17: Ökosysteme sind komplex und verändern sich.

Tipp: Zur Recherche eignet sich der Begriff „Keystone Species“ besser als „Schlüsselarten“.



Abb. 18: Recherche, Forschung und Beobachtung helfen beim Identifizieren von Schlüsselarten.

Dennoch: Es gibt Wege Schlüsselarten zu identifizieren. Wir stellen hier zwei Möglichkeiten vor, mit denen eine Schlüsselart von anderen Tierarten abgegrenzt werden können.

Um eine Art als Schlüsselart zu identifizieren, kann man eine Reihe von Fragen stellen. Im Folgenden sind einige wichtige Fragen aufgelistet, denen man auf den Grund gehen kann, um eine Art als Schlüsselart zu identifizieren. Die Beantwortung dieses Fragenkatalogs durch Recherche, ökologische Forschung und Beobachtung hilft dabei, eine Art als Schlüsselart zu bestimmen. Die Fragen beleuchten die mögliche Art aus verschiedenen ökologischen Perspektiven, sie überlagern sich daher teilweise. Eine weitere Herangehensweise ist die Schaubild-Methode, mit der man die vernetzte Wirkung der Schlüsselart in ihrem Ökosystem visualisiert.

FRAGENKATALOG-METHODE

ZUM IDENTIFIZIEREN VON SCHLÜSSELARTEN

1 Beeinflusst diese Art die Häufigkeit anderer Arten?

Was würde mit anderen Arten passieren, wenn die mögliche Schlüsselart abwesend ist? Gäbe es Veränderungen in der Anzahl der Tiere?

2 Beeinflusst diese Art die Verbreitung anderer Arten?

Was würde mit anderen Arten passieren, wenn die mögliche Schlüsselart abwesend ist? Gäbe es Veränderungen in der Verbreitung der anderen Arten im Ökosystem?

3 Erzeugt diese Art Kaskaden-artige Effekte?

Hängen weitere Arten von den Arten ab, die von der Schlüsselart beeinflusst werden? Gibt es indirekte Auswirkungen auf andere Arten, die durch die Schlüsselart verursacht werden?

4 Beeinflusst diese Art die Struktur oder Funktion des Ökosystems?

Spielt die Art eine Rolle bei der Gestaltung des Lebensraums? Erzeugt sie Elemente, die sonst nicht da wären? Oder beeinflusst sie den Stofffluss?

5 Ist diese Art lebenswichtig für eine bestimmte Pflanzen- oder Tiergemeinschaft?

Ist die Art entscheidend für das Überleben oder die Fortpflanzung bestimmter Pflanzen- oder Tierarten? Könnten bestimmte Arten ohne die mögliche Schlüsselart gar nicht existieren?

6 Ist diese Art für die Bereitstellung und Verteilung von Ressourcen verantwortlich?

Stellt die Art lebenswichtigen Güter, wie Nahrung, Wasser oder Nistplätze bereit? Ist sie für die Verbreitung von Samen unerlässlich?

7 Hätte die Entfernung oder der Rückgang dieser Art negative Folgen für das Ökosystem?

Was geschieht mit dem Ökosystem, wenn die Schlüsselart entfernt wird? Gibt es negative Effekte, wie z. B. eine geringere Artenvielfalt, eine veränderte Dynamik des Ökosystems oder eine Instabilität des Ökosystems?

8 Unterstützt die wissenschaftliche Forschung den Status dieser Art als Keystone Species?

Gibt es Studien und wissenschaftliche Beweise, die die Schlüsselrolle der Art belegen? Wurde ihr Schlüsselart-Status von Forschenden anerkannt?



Abb. 19: Diese Seestern-Art *Pisaster ochraceus* war in den 1960er Jahren eine der ersten wissenschaftlich identifizierten Schlüsselarten.

Einfach ausprobieren!
Passende Arbeitsblätter
befinden sich im Kapitel
"Materialien".

SCHAUBILD-METHODE

ZUM IDENTIFIZIEREN VON SCHLÜSSELARTEN

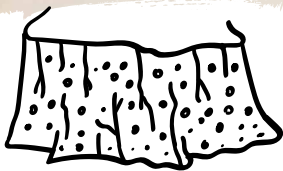
Wenn man die verschiedenen „Leistungen“ einer Schlüsselart skizziert und die Folgen für weitere Arten mittels Pfeilen und Bildern veranschaulicht, erhält man eine gute Übersicht über den Einfluss und die Vernetzung der möglichen Schlüsselart in ihrem Ökosystem. Ergibt sich ein komplexes Bild, ist der positive Einfluss der Art auf die Artenvielfalt möglicherweise bedeutend.

Mögliches Vorgehen:

1. Informationen zur möglichen Schlüsselart sammeln.
2. Die mögliche Schlüsselart in die Mitte eines Blatt Papiers zeichnen.
3. Für jede Leistung bzw. Tätigkeit der Art einen Pfeil weg von ihr zeichnen.

4. Die Tätigkeit der möglichen Schlüsselart durch ein Bild darstellen, das man an die Pfeilspitze setzt.
5. Bild dieser Tätigkeit mit einem Satz erklären.
6. Neben das Bild der Tätigkeit der möglichen Schlüsselart die Arten einzeichnen, die von dieser profitieren.
7. Pfeile von den profitierenden Arten zur Tätigkeit der möglichen Schlüsselart einzeichnen.
8. Bild der profitierenden Arten mit einem Satz zusammenfassen.

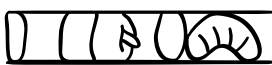
BEISPIEL SCHAUBILD-METHODE: GEMEINE PELZBIENE



Die Pelzbiene gräbt zum Nisten Gänge in lehmige Wände.



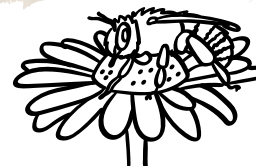
Andere Bienenarten nutzen alte Nistgänge.



Die Pelzbiene legt Eier, aus denen die Larven schlüpfen, in ihre Nistgänge.



Parasitische Larven der Ölkäfer oder Erzwespen ernähren sich von den Eiern und Larven.



Die Pelzbiene bestäubt viele frühblühende Pflanzenarten.



Verschiedene, früh im Jahr startende Insekten nutzen die Frühblüher.



Frühblüher vermehren und verbreiten sich.

Infos zur Gemeinen Pelzbiene (*Anthophora plumipes*)

- bestäubt viele Pflanzenarten
- früh im Jahr aktiv, daher wichtiger Bestäuber von Frühblüher (z. B. Obstbäume)
- sorgt für Vermehrung der Frühblüher, so dass andere Insekten Nahrung haben
- brütet in Steilwänden und gräbt dort Brutgänge, in die sie ihre Eier ablegt
- parasitische Insekten (Ölkäfer, Erzwespen, ...) legen ihre Eier ebenfalls in die Brutgänge
- Larven der parasitischen Insekten schlüpfen und essen die Eier und Larven der Pelzbiene
- verlassene Brutgänge werden Nistplätze für andere Bienen, Wespen etc.

Schlüsselarten haben einen überproportionalen positiven Einfluss auf die Artenvielfalt in ihrem Ökosystem.

SCHLÜSSELARTEN

IM ARTENSCHUTZ

Schlüsselarten fördern die Artenvielfalt!

Schlüsselarten und Artenvielfalt – das hängt eng zusammen. Doch aufgrund von Lebensraumverlust, Wilderei, Umweltverschmutzung, Klimaveränderungen und Co. gelten heutzutage viele Arten als bedroht, darunter Schlüsselarten wie Flusspferd, Asiatischer Elefant und Drill.



NICHT
GEFÄHRDET
LC

LEAST CONCERN

Die Art ist nicht vom Aussterben bedroht.



POTENTIELL
GEFÄHRDET
NT

NEAR THREATENED

Die Art könnte in naher Zukunft vom Aussterben bedroht sein.



GEFÄHRDET
VU

VULNERABLE

Das Risiko, dass die Art in naher Zukunft aussterben wird, ist **hoch**.



STARK
GEFÄHRDET
EN

ENDANGERED

Das Risiko, dass die Art in naher Zukunft aussterben wird, ist **sehr hoch**.



VOM
AUSSTERBEN
BEDROHT
CR

CRITICALLY ENDANGERED

Das Risiko, dass die Art in naher Zukunft aussterben wird, ist **extrem hoch**.



IN DER NATUR
AUSGESTORBEN
EW

EXTINCT IN THE WILD

Die Art existiert nur noch in Obhut außerhalb des ehemaligen Lebensraums.



AUSGESTORBEN
EX

EXTINCT

Das letzte Individuum der Art ist gestorben.

Nicht im Bild:

NOT EVALUATED: Die Art wurde noch nicht evaluiert.

DATA DEFICIENT: Datengrundlage unzureichend



Flusspferd



Asiatischer Elefant



Drill



Abb. 20: Ein Mensch bestäubt eine Erdbeer-Blüte.

WARNENDE BEISPIELE

Das Fehlen von Schlüsselarten kann auch für den Menschen drastische Folgen haben! So müssen Jägerinnen und Jäger kranke Tiere aus dem Wald entnehmen, wenn Spitzenprädatoren fehlen, oder Menschen müssen die Mandel- oder Apfelbäume bestäuben, wenn Insekten fehlen.

WAS PASSIERT,

WENN EINE SCHLÜSSELART AUSSTIRBT?

Das Aussterben einer Schlüsselart hätte gravierende Folgen für die Stabilität und die Artenvielfalt im Ökosystem. Der Rückgang oder sogar das Aussterben weiterer, mit der Schlüsselart verbundener Arten könnte die Folge sein! Am Beispiel des Spitzmaulnashorns wird das deutlich:



Sollte das Spitzmaulnashorn – von dem es nur noch wenige Vertreter in der Wildbahn gibt – aussterben, dann hätte das erhebliche ökologische Folgen. Einige wären:

- Spitzmaulnashörner als Mega-Herbivoren gestalten die Landschaft durch ihre Fressaktivitäten. Sie beeinflussen Pflanzengemeinschaften. Ihr Verlust könnte zu Veränderungen in der Vegetation führen und das Gleichgewicht der Pflanzenarten stören.
- Spitzmaulnashörner tragen auch zur Artenvielfalt bei, indem sie sich im Schlamm suhlen und damit Wasserstellen für andere Arten schaffen. Das Verschwinden von Spitzmaulnashörnern könnte zu einer geringeren Verfügbarkeit von Wasser für andere Arten führen.

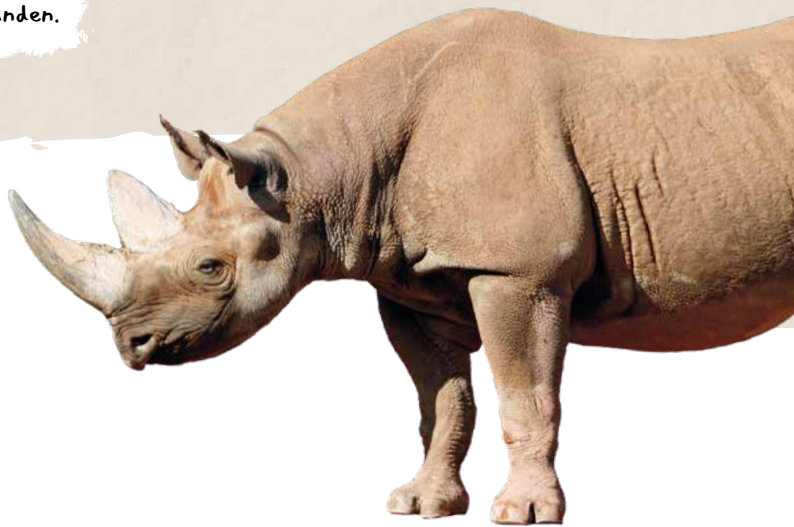


Abb. 21: Das Spitzmaulnashorn ist vom Aussterben bedroht.

- Spitzmaulnashörner verzehren eine Vielzahl von Pflanzen, und ihr Dung enthält Samen und Nährstoffe. Auf ihren Wanderungen verbreiten sie die Samen und Nährstoffe, und tragen so zu Pflanzenwachstum und Pflanzenvielfalt bei. Ihr Aussterben könnte beides verringern.

Schlüsselarten
schützen bedeutet,
Artenvielfalt
zu erhalten.

WIE SCHÜTZT DER ERLEBNIS-ZOO SCHLÜSSELARTEN?

Der Schutz bedrohter Tierarten ist sehr wichtig. Dies haben Zoos und andere Naturschutzorganisationen erkannt und setzen sich mit diversen Artenschutz-Projekten für die Erhaltung bedrohter Tierarten ein. Auch der Erlebnis-Zoo Hannover hat sich dem Artenschutz und insbesondere dem Schutz von Schlüsselarten verschrieben.



Abb. 22: Schlüsselarten im Erlebnis-Zoo entdecken und erhalten

Es gibt viele Artenschutzprojekte und -organisationen, die Auswahl ist nicht immer einfach. Im Rahmen der Strategie 2030 verabschiedete der Erlebnis-Zoo ein neues Artenschutzkonzept. Dieses Konzept ist leitend für die Auswahl und Planung der geförderten und selbst durchgeführter Artenschutz-Projekte. Vier zentrale Ansprüche an die Projekte werden formuliert: Sie ...

- ... folgen dem sogenannten **One Plan Approach**.
- ... berücksichtigen **Tier und Mensch**.
- ... finden auch **vor der Haustür** statt.
- ... legen einen Schwerpunkt auf den **Schutz von Schlüsselarten**.

Die Mehrheit der Artenschutzprojekte des Erlebnis-Zoos widmet sich Schlüsselarten. Da Schlüsselarten den Lebensraum besonders prägen und zur Artenvielfalt beitragen, und da dementsprechend mit dem Schutz dieser Tierarten gleich weitere Arten mitgeschützt werden, verspricht der Schutz von Schlüsselarten einen maximalen Effekt auf die Erhaltung der Artenvielfalt.



Abb. 23: Das Artenschutz-Konzept des Erlebnis-Zoos Hannover

DER ERLEBNIS-ZOO SCHÜTZT ZUM BEISPIEL ...

... NASHÖRNER



Der Erlebnis-Zoo unterstützt über die Organisation Save the Rhino ein Nashorn-Schutzgebiet in Kenia. Das Gebiet namens „Ol Jogi Wildlife Conservancy“ ist größer als Hannover! Ranger mit Spürhunden schützen die Nashörner dort rund um die Uhr vor Wilderei. Außerdem werden Spitzmaulnashörner vor Ort gezüchtet. Im „Ol Jogi“ haben insgesamt über 300 Menschen Arbeit. Mit ihren Familien leben sie im Schutzgebiet. Die Familien erhalten Weideflächen für ihre Nutztiere und Schulbildung für ihre Kinder.



... ELEFANTEN



Über den Verein „Chances for Nature e. V.“ schützt der Erlebnis-Zoo wilde Elefanten und Arbeitselefanten in Myanmar. Elefantenbesitzer erhalten z. B. die medizinische Versorgung ihrer Tiere – und vermieten sie im Gegenzug nicht für illegale Abholzungen. So wird der Lebensraum der wilden Elefanten bewahrt. Ein weiteres Ziel ist, Mensch-Tier-Konflikte zu vermeiden. Hierzu wird an Schulen und im Umweltzentrum des Reservats unterrichtet. Dabei kann Unterrichtsmaterial aus der Zooschule des Erlebnis-Zoos zum Einsatz kommen.



... DRILLS



Der Erlebnis-Zoo ist eng mit dem Verein Rettet den Drill e.V. verbunden. Dieser wurde von Zootierpflegenden gegründet. Gemeinsam mit dem Verein fördert der Zoo ein über 100 Quadratkilometer großes Schutzgebiet in den Afi Mountains (Nigeria). Direkt neben dem Schutzgebiet liegt die Drill Ranch, auf der etwa 700 Drills leben. Das Ziel ist, die Tiere in den Afi Mountains auszuwildern. In Kamerun unterstützen Zoo und Verein das Limbe Wildlife Centre. Hier werden verwaiste und illegal als Haustiere gehaltene Drills aufgenommen.



Tipp:
Infos zu diesen
und weiteren
Projekten finden
sich auf unserer
Homepage!

WAS PASSIERT, WENN EINE SCHLÜSSELART ZURÜCKKEHRT?

Wenn eine verschwundene Schlüsselart in ein Ökosystem zurückkehrt, beispielsweise durch Wiederansiedlung oder Einwanderung, löst dies einen Kaskaden-artigen Effekt ökologischer Veränderungen aus:

- Die Artenvielfalt des Ökosystems nimmt tendenziell zu, da die Schlüsselart die Artenvielfalt fördert und verhindert, dass einzelne Arten das Ökosystem dominieren.
- Auch kann es zu sichtbaren Veränderung des Lebensraums hin zu einem natürlicheren Status kommen, wenn die zurückkehrende Schlüsselart einen Einfluss als Ökosystem-Ingenieur hat. Stoffkreislauf und die Stabilität des Ökosystems können sich durch die Wiederkehr der Schlüsselart verbessern.

Um den Erfolg der Rückkehr der Schlüsselart langfristig zu gewährleisten, müssen Mensch-Tier-Konflikte minimiert werden. Bestimmte, vom Menschen durchgeführte Bewirtschaftungs- und Erhaltungsmaßnahmen können erforderlich sein.

Wussten Sie schon?

Wölfe im Yellowstone National Park, USA

Es gibt viele Beispiele für zurückgekehrte oder wiederangesiedelte Keystone Species. In Deutschland sind z. B. Waldameisen vielerorts wieder zurückgekehrt, und der Luchs ist im Harz wiederangesiedelt worden.

Die Wiederansiedlung der Wölfe im Yellowstone-Nationalpark ist wohl eines der best-dokumentiertesten Beispiele für die Rückkehr einer Schlüsselart, durch die ein aus der Balance geratenes Ökosystem wieder ein natürliches Gleichgewicht erlangt. Das Projekt wird von einem umfangreichen Monitoring begleitet.

Seit der Wiederansiedlung von Wölfen in den Jahren 1995–1997 hat sich das Ökosystem des Nationalparks erholt. Die Herden der Wapitis, die Hauptbeutetiere der Wölfe, sind stabiler und gesünder geworden. Sie wandern wieder verstärkt, um dem Jagddruck auszuweichen. Dadurch konnte sich die Vegetation erholen und weiteren Arten wieder einen Lebensraum bieten. Tierarten wie der Biber oder einige Singvögel konnten zurückkehren. Vorhandene Tierarten wie Bären oder Dachse konnten sich wieder verstärkt vermehren. Durch den Spitzenprädatoren Wolf wurden kleinere Räuber wie Kojoten oder Füchse reduziert, wodurch sich z. B. die Bestände von Mäusen und Kaninchen stabilisieren konnten. Auch Falken und anderen Greifvögeln wurde es damit wieder ermöglicht, sich zu entfalten. Sie profitieren z. B. von den Futterresten (Aas) der Wölfe.



Abb. 24: Wölfe wurden im Yellowstone-Nationalpark wiederangesiedelt.

Insgesamt konnten im Yellowstone-Nationalpark viele positive Effekte der Wölfe auf das Ökosystem erfasst werden. Eine höhere Tier- und Pflanzenvielfalt sowie gesündere und stabilere Populationen wurden nachgewiesen.

Tip: Auf den [Seiten des Nationalparks](#) finden Sie ausführliche Ergebnisse der Dokumentationen und hilfreiche Lehrmaterialien, inklusive Videos zu den Wolfsrudeln.

Das Projekt wird auch in einigen Naturdokumentationen vorgestellt, z. B. in der Arte-Reportage „Die Rückkehr der Wölfe. Das Wunder im Yellowstone-Nationalpark“.

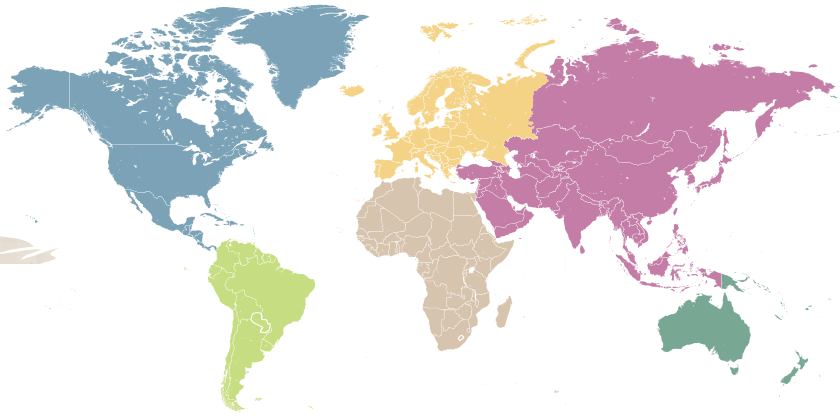
Für einen kurzen Überblick empfehlen wir das [Video von National Geographic](#) auf Englisch oder mit den [deutschen Texten](#).

Etwas einfacher gehalten ist das [Video von Brodie Farquhar](#), welches mit deutschen Untertiteln zu finden ist.

RECHERCHE

TIERART:

WO LEBT DIE TIERART?



LEBENSRAUM

Kreuze an und beschreibe den Lebensraum.



Wald



Wasser



Steppe



Berge



Wüste



Polargebiet

LEBENS-GEMEINSCHAFT

Beschreibe, welche Tiere und Pflanzen es im Lebensraum der Tierart noch gibt.

ROLLE DER TIERART

Welche Rollen spielt die Tierart im Ökosystem, in dem sie lebt? Kreuze an:



Spitzenprädatoren



Mega-Herbivoren



Samenverbreiter



Bestäuber

Die Tierart beeinflusst das Ökosystem durch ihre Ernährungsweise in besonderem Maße.

Die Tierart bewirkt, dass sich andere Arten vermehren.



Ökosystem-Ingenieure

Die Tierart verändert den Lebensraum in ihrem Ökosystem.



Ressourcen-Lieferanten

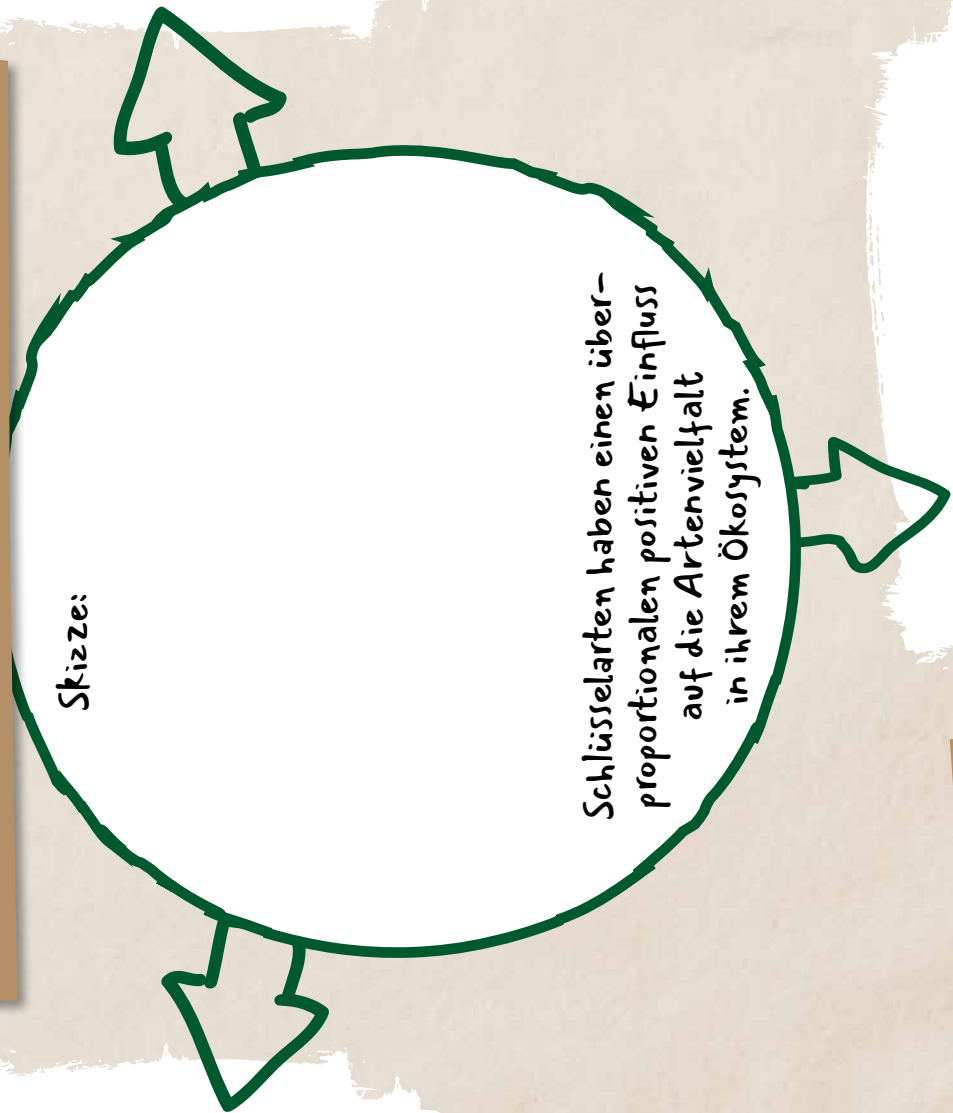
Die Tierart liefert anderen Arten saisonal wichtige Ressourcen, z. B. Nahrung.

LEBENSWEISE

Notiere weitere Infos zur Lebensweise der Tierart.

MEIN SCHAUBILD

ART:



Einfluss durch:



Einfluss auf:

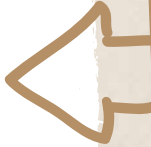
ERLEBEN.
 ENTDECKEN.
 ERHALTEN.

Einfluss auf:



Einfluss durch:

Einfluss durch:



Einfluss auf:

RALLYE

SCHLÜSSELARTEN

1. STATION

Wir suchen eine Schlüsselart, die am liebsten Obst isst. Dabei werden die Pflanzensamen mitgegessen und unverdaut (an anderen Orten) wieder ausgeschieden. Das gesuchte Tier hilft dadurch vielen Pflanzen, sich zu vermehren. Es ist eine Schlüsselart im tropischen Regenwald von Kamerun, Nigeria und auf der Insel Bioko.



Frage

Welche Besonderheit zeigt das Fell des Männchens?

- P Die Beine haben kein Fell.
- F Der Po ist Blau-rot gefärbt.
- N Die Ohren sind gestreift.

2. STATION



Die nächste Schlüsselart jagt erfolgreich andere Tierarten, wie Zebras, Gnus oder Impalas. Dem großen Jäger entkommen nur gesunde und fitte Tiere. So bleiben die Gruppen der Beutetiere gesund, Seuchen und Krankheiten verbreiten sich weniger.

Diese Schlüsselart beeinflusst auch das Verhalten der Beutetiere. Die Anwesenheit des Raubtiers kann sie dazu bewegen, ihr Gebiet zu wechseln. Das gibt den Pflanzen die Möglichkeit nachzuwachsen. Diese Schlüsselart ist ein Top-Prädator und wird auch als "König der Tiere" bezeichnet.

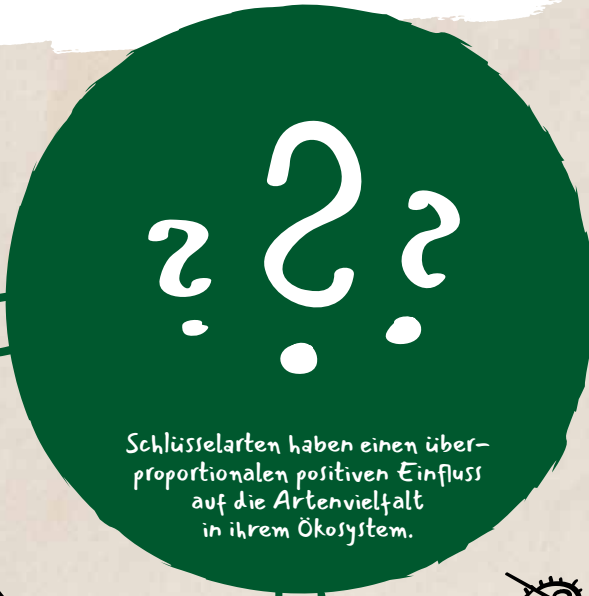
Frage

Schaut euch auf der Anlage um. Welche möglichen Beutetiere kann das Tier sehen?

- L Pferdeantilope
- I Zebra
- E Pelikan

3. STATION

Die nächste Schlüsselart ist wieder ein Top-Prädator. Diese Tiere jagen in Nordamerika.



Die Pflanzen in der Uferzone können wachsen und gedeihen.



Er bewirkt, dass Elche Flussufer meiden und seltener dort weiden.



Jungbäume werden nicht überweidet und können wachsen.



Pflanzenfresser-Herden werden nicht zu groß.



Er frisst Pflanzenfresser – oft kranke oder schwache Tiere.



Pflanzenfresser-Herden bleiben gesund.



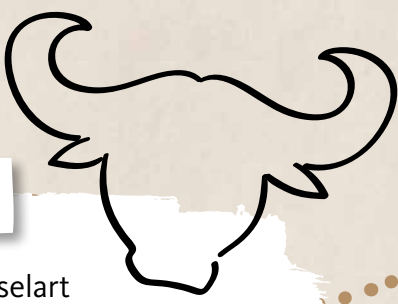
Viele Aasfresser fressen die Überreste.



Kleinsäuger werden weniger gejagt.



Er hinterlässt beim Fressen Aas.



Frage

Welche Fellfarbe haben die fünf Tiere des Rudels im Erlebnis-Zoo?

- US** Sie sind schwarz, weiß und grau
- ER** Sie sind alle braun.
- ST** Sie sind alle weiß.

4. STATION


Die gesuchte Schlüsselart ist ein Mega-Herbivor, also ein großer Pflanzenfresser. Seine Nahrung beeinflusst die Pflanzenvielfalt. Diese haarige Schlüsselart hält Bäume und Sträucher kurz und wiegt ca. 1.000 kg.

Neben der vielen Nahrung beeinflussen diese Tiere ihr Umfeld auch als Ökoingenieure, z. B. suhlen sie sich gern im Sand oder in Flussläufen.

Frage

Mit welchen Tieren lebt die Tierart zusammen?

- T** Pelikan
- S** Wildputen
- O** Hornrabe



Möglicher Untermieter:

5. STATION

Die gesuchte Schlüsselart baut große Tunnelsysteme unter der Erde. Das hält den Boden gesund. Auch bieten die Tunnelsysteme anderen Tieren einen Lebensraum. Die kleinen Gruppentiere sind Ökoingenieure.

Frage

Zu welcher Säugetiergruppe gehört das Tier?

- CH Raubtier SP Beuteltier
 PF Nagetier



6. STATION

Die nun gesuchte Schlüsselart ist ein Ökoingenieur, ein Samenverbreiter und ein Mega-Herbivor. Diese grauen Riesen fressen täglich fast 100 kg Grünschnitt und sorgen mit ihren großen Haufen für Dünger.

Frage

Was essen die Tiere außer den geschnittenen Gräsern?

- D M&M's, Pommes, Müsli, Gemüse
 L Früchte und Fleisch
 E Heu, Laub, Früchte, Äste, Baumrinde



7. STATION



Nach dem größten Tier wird nun ein kleines Tier gesucht, ein Amphib. Es ist ein Ökoingenieur und ein saisonaler Ressourcenlieferant. Eine große Statue von diesem Tier hängt am Tor des Zoologicums.

Frage

Welche Schlüsselart ist gesucht?

- R Feuersalamander D Wasserechse K Erdbiene

8. STATION



Die letzte Schlüsselart ist ein Bestäuber. Wenn Bestäuber von Blüte zu Blüte fliegen, um sich zu ernähren, übertragen sie Pollen. Aus der so befruchteten Blüte entstehen Früchte und Samen. Viele Tiere ernähren sich von diesen Früchten. Mithilfe der Bestäuber vermehren sich die Pflanzen.

Frage

Der Erlebnis-Zoo setzt sich für bedrohte Wildbienen ein und schafft auch vor Ort wichtige Blühflächen und Nistmöglichkeiten. Schaut euch die Fläche gegenüber der Tauben und Kolkraben an. **Welches artenreiche Biotop wird hier im Ausschnitt gezeigt?**

- L Betonwüste
 D Streuobstwiese
 B Fettwiese



LÖSUNG

Auch das gesuchte Wort benennt eine Schlüsselart. Diese afrikanischen Tiere beeinflussen ihr Umfeld im Wasser und an Land. Sie zählen zu den Mega-Herbivoren und Ökosystem-Ingenieuren.

WERDE AKTIV!

SCHLÜSSELARTEN IDENTIFIZIEREN

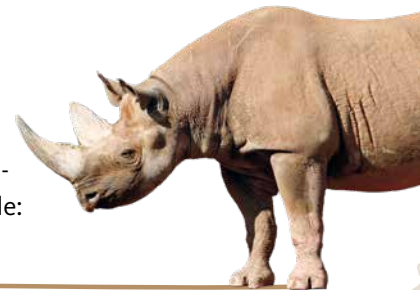


HEIMISCHE SCHLÜSSELARTEN

Im Erlebnis-Zoo Hannover leben z. B. der Weißstorch und verschiedene Wildbienen-Arten. Fallen dir weitere Schlüsselarten ein, die in Deutschland leben? Sammle:

SCHLÜSSELARTEN IN DER GANZEN WELT

In jedem Lebensraum gibt es Schlüsselarten. Im Erlebnis-Zoo Hannover kannst du Schlüsselarten verschiedener Lebensräume besuchen, etwa den Asiatischen Elefanten oder den Amerikanischen Bison. Welche Schlüsselarten ferner Lebensräume findest du am spannendsten? Sammle:



MEINE SCHLÜSSELART

Es gibt viele Schlüsselarten, welche interessiert dich besonders?

BEDROHUNG

Schlüsselarten haben einen besonders großen und positiven Einfluss auf ihren Lebensraum. Doch viele Schlüsselarten sind bedroht. Ist deine ausgewählte Schlüsselart bedroht? Recherchiere:



WERDE AKTIV!

SCHLÜSSELARTEN IDENTIFIZIEREN

SCHUTZ

Ist deine Schlüsselart bereits bedroht? Oder kann sie vorsorglich unterstützt werden? Was braucht deine Tierart? Kreuze an und sammle:

- Saubere Landschaften _____
- Zugang zu Nahrung und Wasser _____
- Nist- oder Brutstätten _____

TU WAS!

Was könntest du tun, um deine Tierart zu unterstützen? Sammle:



Nisthilfen errichten



Futter anbieten



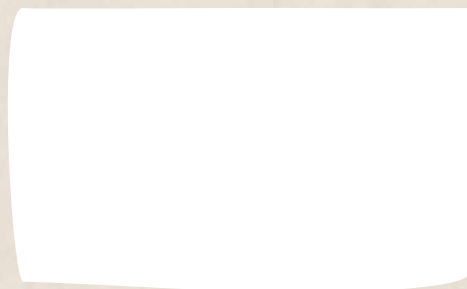
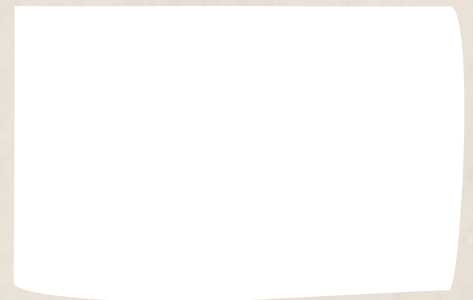
Menschen informieren



Klima schützen



Landschaft sauber halten



INSEKTEN-EXKURSION



WILDBIENEN SIND BESTÄUBER

- **Bestäubung:** Wildbienen sind wichtige Bestäuber von Blütenpflanzen. Sie spielen eine entscheidende Rolle bei der Pflanzenvermehrung und der Erhaltung der Pflanzenvielfalt. Während viele Wildbienen-Arten unselektiv bestäuben, sind bis zu 25% spezialisiert, d. h. sie bestäuben eine bestimmte Pflanzengattung oder -art, die sich wiederum an diese Bienen angepasst hat. Der Verlust einer der Arten hätte unmittelbare Auswirkungen auf die andere.
- **Vegetationsdynamik:** Wildbienenarten sind an die Bestäubung der lokalen Pflanzenwelt angepasst und sind dabei bis zu dreimal effizienter als Honigbienen. Sie sorgen somit für die Erhaltung

der heimischen Pflanzenwelt. Das wirkt sich bis hin zur Luft- und Wasserqualität des Ökosystems aus. Ohne heimische Wildbienen würden viele unserer heimischen Pflanzenpopulationen zurückgehen, was sich auf andere Arten auswirken würde, die auf sie als Nahrung und Schutz angewiesen sind.

- **Räuber-Beute-Beziehungen:** Wildbienen sind eine wichtige Nahrungsquelle für Vögel, bestimmte Käferarten und einige Säuger, z. B. der Dachs.
- **Mensch-Wildtier-Dynamik:** Von Mandelbäumen bis hin zu Obstbäumen und Gemüsepflanzen bestäuben Wildbienen die vom Menschen angebaute Nutzpflanzen. Bienen allgemein sind für jeden dritten Bissen der von Menschen verzehrten Lebensmittel verantwortlich.

ERLEBEN.
ENTDECKEN.
ERHALTEN.

INSEKTEN-EXKURSION

ARTENSCHUTZ VOR DER HAUSTÜR

TIERFAKTEN

WELCHE ARTEN?

Solitärbienen und Hummeln in Niedersachsen

BEDROHUNG?

Laut Roter Liste Niedersachsens sind 60% der "Wildbienen"-Arten bedroht. *Wildbienen = Familie "Apidae" ohne die Staaten-bildenden Arten der Gattung Apis (Honigbienen); korrekter: Solitärbienen und Hummeln*

VERBREITUNG DER WILDBIENEN

In Deutschland sind 550 Bienenarten heimisch. In Niedersachsen findet man 350 davon, im Raum Hannover sind es mindestens 125 verschiedene Arten.

BEDROHUNG DER WILDBIENEN

Für Deutschland, Niedersachsen und Hannover gilt, dass rund 60% der dort lebenden Bienenarten bedroht sind. Ein Bedrohungsfaktor ist der Verlust von Lebensraum: In der "aufgeräumten" Landschaft fehlt es an Blühflächen als Nahrungsquellen und an geeigneten Strukturen zum Nisten und Überwintern. Einige Bienenarten nisten im Totholz, andere graben Nistgänge in Sandflächen und Abhänge. Des Weiteren werden in der Landwirtschaft Insektizide, Herbizide und Düngemittel eingesetzt, die den Wildbienen und anderen Insekten schaden.

Wildbienen sind Schlüsselarten (Keystone Species)! Sie fördern Artenvielfalt in ihrem Ökosystem.

GEMEINSAM FÜR DIE WILDBIENE!

Der Erlebnis-Zoo Hannover unterstützt Wildbienen durch das Anlegen von Blühflächen und Nistmöglichkeiten sowie den Verzicht auf Insektizide! Darüber hinaus fördert der Zoo den Solitärbienengarten des Vereins Hannover summt e.V. am Naturfreundehaus Hannover. Auch hier werden Nisthilfen errichtet, Beete als Nahrungsquellen für Wildbienen angelegt, Überwinterungsmöglichkeiten geschaffen u.v.m. Ein wichtiger Bestandteil des Projektes ist das Monitoring ("regelmäßige Bestandsaufnahme") der vorkommenden Arten.

Hannover summt! ist Teil der bundesweiten Initiative Deutschland summt! zum Schutz der Wildbienen.



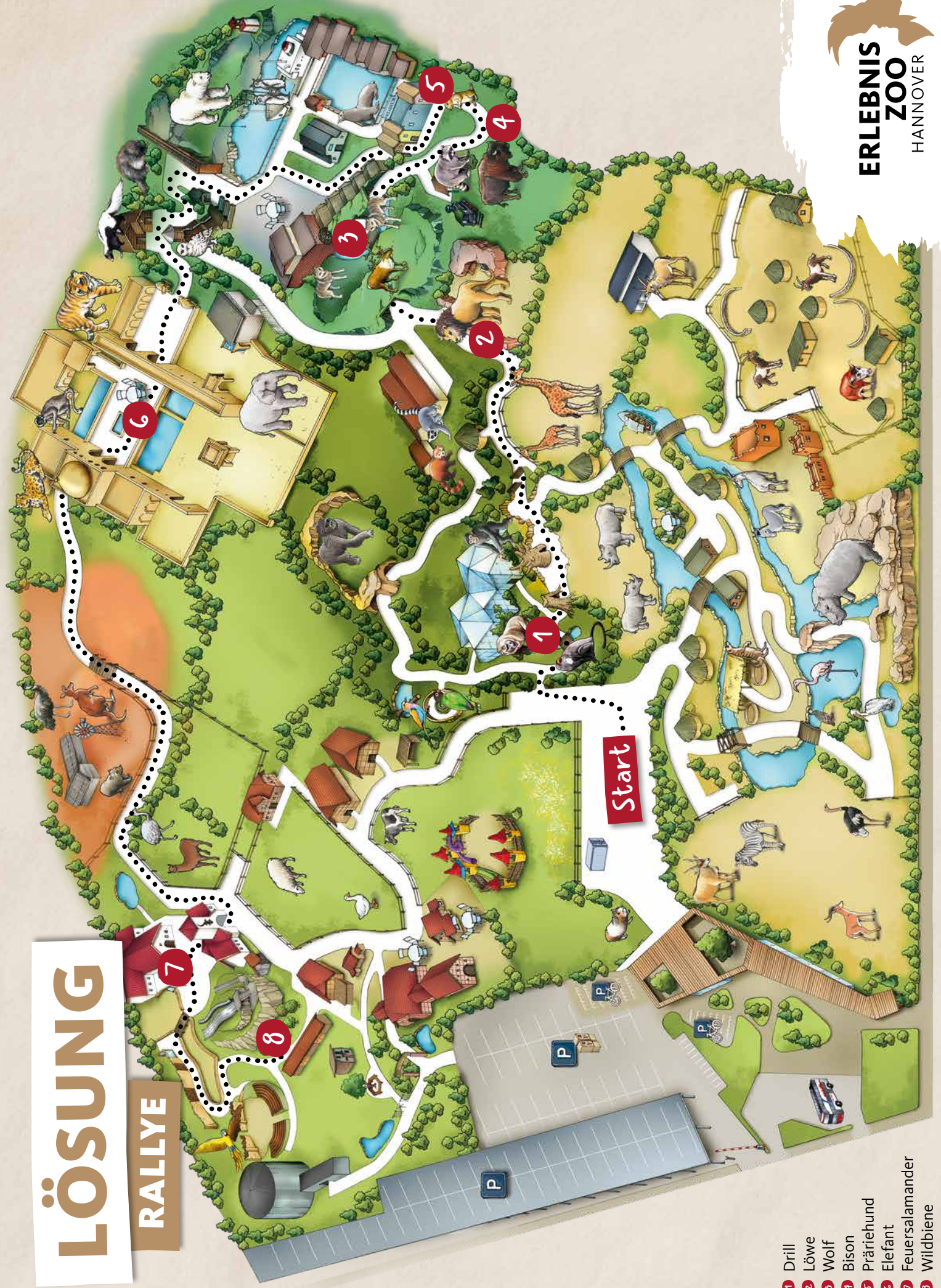
Zum Webauftritt des Projekts



Der Weg vom Erlebnis-Zoo zum Solitärbienengarten

LÖSUNG

RALLYE

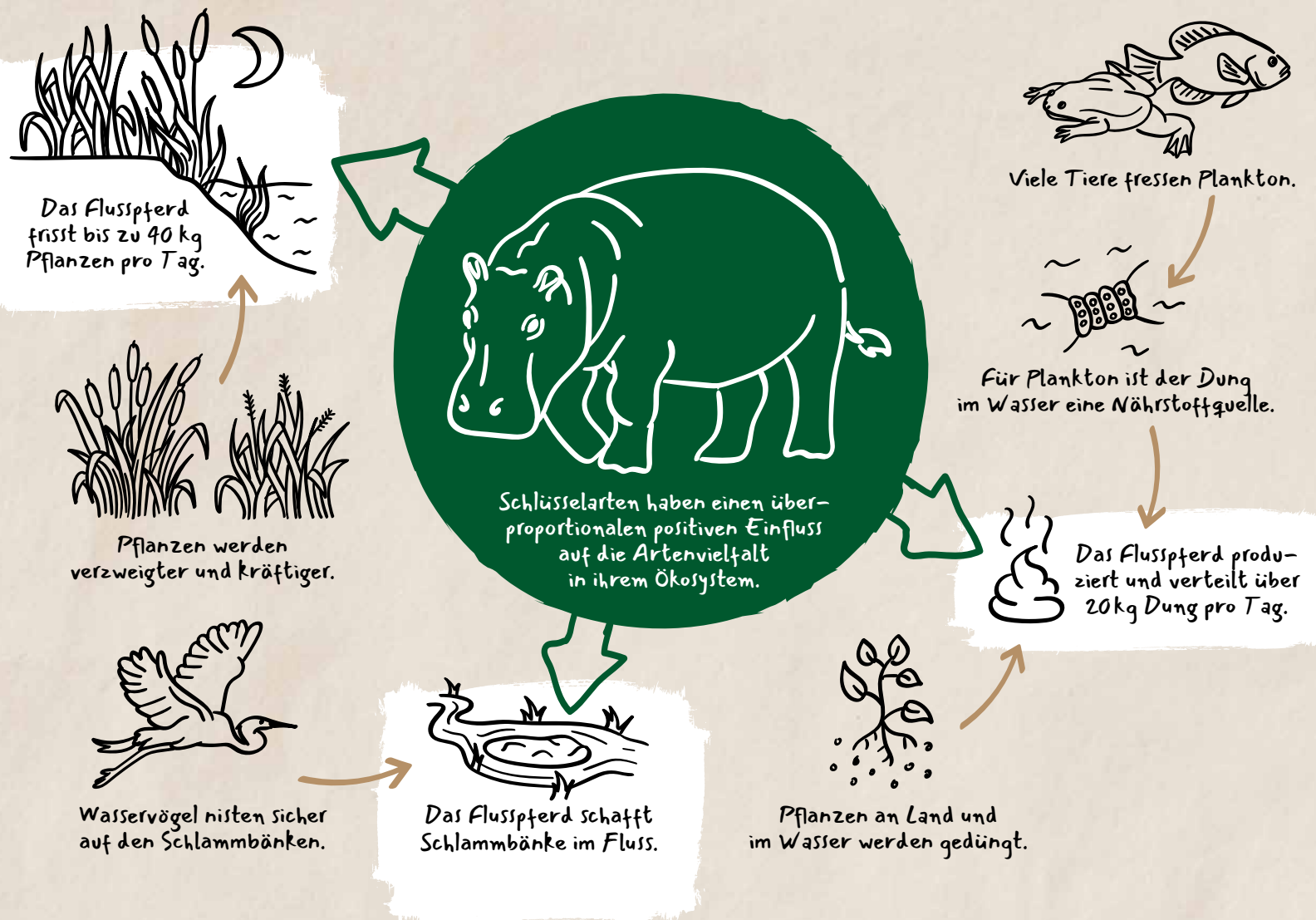


- 1 Drill
- 2 Löwe
- 3 Wolf
- 4 Bison
- 5 Präriehund
- 6 Elefant
- 7 Feuersalamander
- 8 Wildbiene

LÖSUNG

RALLYE

FLUSSPFERD



ARBEITSBLATT

Schlüsselarten im Erlebnis-Zoo

BEISPIELE FÜR...

... GESICHERTE SCHLÜSSELARTEN

(im wissenschaftlichen Konsens als Schlüsselart identifiziert)

- Amerikanischer Bison
- Asiatischer Elefant
- Drill
- Flusspferd
- Löwe
- Rentier/Karibu
- Schwarzschnauze-Präriehund
- Spitzmaulnashorn
- Südlicher Hornrabe
- Tiger
- Weißstorch
- Wildbienen-Arten
- Wolf

... MÖGLICHE SCHLÜSSELARTEN

(es gibt Hinweise, dass diese Arten Schlüsselarten sind, aber bisher keinen wissenschaftlichen Konsens)

- Addax/Mendesantilope
- Ara-Arten
- Erdmännchen
- Flamingo-Arten
- Katta
- Kronenkränich
- Leopard
- Rabengeier
- Rußköpfchen
- Schwarzweißer Vari
- Schimpanse
- Steppenadler
- Weißkopfseeadler
- Westlicher Gorilla



Foto: Cyril Ruoso

DRILL

Mandrillus leucophaeus

Drills sind in erster Linie Samenverbreiter.

- **Samenverbreitung:** Drills ernähren sich hauptsächlich von Früchten, Samen und Blättern. Beim Verzehr von Früchten verschlucken sie Samen, die später mit dem Kot ausgeschieden werden. Dieser Prozess trägt dazu bei, dass sich die Samen von der Pflanze, von der sie stammen, entfernen. Indem sie die Verbreitung und Keimung einer großen Vielfalt von Pflanzenarten erleichtern, beeinflussen Drills die Zusammensetzung und Struktur des Waldes. Das wirkt sich auf andere Arten aus, die auf diese Pflanzen als Nahrung und Unterschlupf angewiesen sind.
- **Räuber-Beute-Beziehungen:** Drills sind auch Beute für große Raubtiere wie Leoparden und Adler. Ihre Anwesenheit im Ökosystem trägt zur Unterstützung der Raubtierpopulationen bei und wirkt sich somit auf die gesamte trophische Struktur des Lebensraums aus.

LÖWE

Panthera leo



Löwen sind Spitzenprädatoren.

● **Räuber-Beute-Beziehungen:** Löwen tragen zur Regulierung der Populationen ihrer Beutetiere bei, z. B. Pflanzenfresser wie Zebras, Gnus und Impalas. Ihre Jagdaktivitäten tragen dazu bei, die Überweidung der Vegetation durch Pflanzenfresser zu verhindern, was sich wiederum auf die Zusammensetzung und Gesundheit der Pflanzengemeinschaften auswirkt. Dies kann Kaskaden-artige Auswirkungen auf andere Arten haben. Der Wegfall der Löwen würde zu einem Ungleichgewicht führen, bei dem sich bestimmte Beutetierpopulationen vermehren und die Vegetation abgrasen, wodurch der Lebensraum für viele andere Arten zerstört wird.

● **Vegetationsdynamik:** Außerdem beeinflussen Löwen das Verhalten ihrer Beutetiere. Die Angst vor Raubtieren kann zu Veränderungen in den Bewegungsmustern und dem Weideverhalten von Pflanzenfressern führen, was wiederum das Wachstum und die Verteilung der Vegetation beeinflussen kann. Dies wiederum wirkt sich auf das gesamte Ökosystem aus.

WOLF

Canis lupus

Unterart: Timberwolf (*Canis lupus occidentalis*)



Wölfe sind Spitzenprädatoren.

● **Räuber-Beute-Beziehungen/Vegetationsdynamik:** Die Jagdaktivitäten von Wölfen tragen dazu bei, den Bestand an Pflanzenfressern wie Hirsche und Elche zu kontrollieren. Dies wiederum wirkt sich auf die Vegetationsdynamik des Ökosystems aus. Ohne Wölfe können Pflanzenfresser-Populationen wachsen, was zu Überweidung und Veränderungen in der Zusammensetzung der Pflanzenarten führt.

● **Einfluss auf andere Tierarten:** Die Anwesenheit von Wölfen beeinflusst das Verhalten von Beutetieren. Die Angst vor Raubtieren kann zu Änderungen der Bewegungsmuster und des Futtersuchverhaltens von Pflanzenfressern führen, was sich auf das Wachstum und die Verteilung der Vegetation auswirken kann. Dies wiederum kann sich auf andere Arten auswirken, die auf dieselben Pflanzen angewiesen sind.

Die Wiederansiedlung von Wölfen in bestimmten Gebieten, wie dem Yellowstone-Nationalpark, hat gezeigt, dass sie Schlüsselarten sind. Die Wiederansiedlung von Wölfen hatte Kaskaden-artige Auswirkungen auf das gesamte Ökosystem, einschließlich Veränderungen in der Verteilung der Beutetierarten, dem Verhalten anderer Raubtiere und sogar der physischen Geografie der Landschaft.

AMERIKANISCHER BISON

Bison bison

Unterart: Waldbison (*Bison bison athabasca*)



Bisons sind Mega-Herbivoren und Ökosystem-Ingenieure.

- **Vegetationsdynamik:** In der Vergangenheit spielten Bisons eine wichtige Rolle bei der Gestaltung des Ökosystems der nordamerikanischen Prärie. Ihre Weidetätigkeit trug dazu bei, das Grasland zu erhalten, indem sie das Vordringen von Sträuchern und Bäumen verhinderte. Dies wiederum beeinflusste die Pflanzenvielfalt, und ferner auch den Stoffkreislauf und die Verfügbarkeit von Lebensräumen für andere Arten.
- **Wasserquellen:** Bisons sind auch dafür bekannt, dass sie Suhlen erzeugen, d. h. Vertiefungen im Boden, die durch ihr Roll- und Reibeverhalten entstehen. Diese Suhlen sind kleine Wasserquellen und Mikrohabitate für andere Tiere.

Der Rückgang der Bisonpopulationen in der Vergangenheit hat diese ökologischen Prozesse gestört und zu Veränderungen der Graslandstruktur und der Artenzusammensetzung geführt. Bemühungen zur Wiederherstellung der Bisonpopulationen und ihrer Rolle als Weidegänger werden als entscheidend für die Wiederherstellung dieser Ökosysteme angesehen.

SCHWARZSCHWANZ-PRÄRIEHUND

Cynomys ludovicianus



Präriehunde sind in erster Linie Ökosystem-Ingenieure.

- **Lebensraum-Modifikation:** Präriehunde legen komplexe Tunnelsysteme an. Ihre Aktivitäten beeinflussen die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften ihrer Lebensräume. Die Höhlen der Präriehunde schaffen wichtige Mikrohabitate für andere Arten, darunter Reptilien, Insekten und kleine Säugetiere. Die Höhlen verbessern auch die Wasserfiltration, was die Bodenerosion verhindert und zur Wasserrückhaltung beiträgt.
- **Vegetationsdynamik:** Durch den selektiven Verzehr bestimmter Pflanzenarten beeinflussen Präriehunde die Zusammensetzung und Struktur der Vegetation. Dies kann sich auf die Häufigkeit von Pflanzenarten auswirken und folglich auch auf die Tiere, die auf diese Pflanzen als Nahrung oder Lebensraum angewiesen sind.

- **Räuber-Beute-Beziehungen:** Präriehund-Städte ziehen Fleischfresser wie Falken, Adler und Kojoten an. Diese Fleischfresser sind auf Präriehunde als Nahrungsquelle angewiesen, und ihre Anwesenheit beeinflusst die Dynamik der gesamten Räuber-Beute-Beziehung im Ökosystem.
- **Feuerregime:** Die reduzierte Vegetation in der Umgebung von Präriehund-Städten wirkt als Brandschneise und kann das Feuerregime verändern. Dies kann die Häufigkeit und Intensität von Bränden in Graslandökosystemen beeinflussen.

ASIATISCHER ELEFANT

Elephas maximus



Asiatische Elefanten sind Ökosystem-Ingenieure und Mega-Herbivoren.

- **Lebensraum-Modifikation:** Elefanten schaffen Lichtungen in Wäldern, tragen durch ihre Fressaktivitäten zur Erhaltung offener Grasflächen bei und graben Wasserlöcher. Dies kann einer Vielzahl anderer Arten zugutekommen, die auf diese Ressourcen angewiesen sind.
- **Samenverbreitung:** Elefanten verzehren eine Vielzahl von Früchten und Pflanzen, und ihr Verdauungssystem kann nicht alle Samen vollständig aufspalten. Wenn sie unterwegs sind und ihren Kot absetzen, tragen sie dazu bei, dass die Samen über verschiedene Gebiete verteilt werden, was zur Erhaltung der Artenvielfalt beiträgt.
- **Vegetationsdynamik:** Elefanten sind selektive Fresser, die oft bestimmte Pflanzenarten bevorzugen und andere meiden. Indem sie bestimmte Pflanzen verzehren, können sie das Überwuchern dieser Arten verhindern und eine vielfältige Pflanzengemeinschaft fördern.
- **Nährstoffkreislauf:** Da Elefanten Pflanzen fressen und Kot ausscheiden, tragen sie zum Stoffkreislauf in ihrem Lebensraum bei. Die durch Destruenten mineralisierten Nährstoffe im Kot reichern den Boden an und können sich positiv auf das Pflanzenwachstum und die Gesundheit des Ökosystems auswirken.



- **Wasserquellen:** Elefanten schaffen Zugang zu Wasserlöchern, was anderen Tieren zugutekommt, vor allem in Gebieten, in denen es nur wenige Wasserquellen gibt.
- **Einfluss auf andere Tierarten:** Elefanten können das Verhalten anderer Tiere in ihrem Ökosystem beeinflussen. Ihre Anwesenheit und ihre Aktivitäten können sich auf die Räuber-Beute-Dynamik auswirken, und andere Tiere könnten auf ihre Anwesenheit reagieren, indem sie bestimmte Gebiete meiden oder ihr Verhalten ändern.
- **Mensch-Wildtier-Dynamik:** Die Anwesenheit von Elefanten kann auch das menschliche Verhalten und die Landnutzungsmuster beeinflussen, was wiederum Auswirkungen auf die Ökosystemdynamik und die Naturschutzbemühungen haben kann.



WILDBIENEN-ARTEN

diverse Arten der Gattung *Apis*

Wildbienen sind Bestäuber.

- **Bestäubung:** Wildbienen sind wichtige Bestäuber von Blütenpflanzen. Sie spielen eine entscheidende Rolle bei der Pflanzenvermehrung und der Erhaltung der Pflanzenvielfalt. Während viele Wildbienen-Arten unselektiv bestäuben, sind bis zu 25 % der Wildbienen spezialisiert, d. h. sie bestäuben eine bestimmte Pflanzengattung oder -art, die sich wiederum an diese Bienen angepasst hat. Der Verlust einer der Arten hätte unmittelbare Auswirkungen auf die andere.
- **Vegetationsdynamik:** Wildbienenarten sind an die Bestäubung der lokalen Pflanzenwelt angepasst und sind dabei bis zu dreimal effizienter als Honigbienen. Sie sorgen somit für die Erhaltung der heimischen Pflanzenwelt. Das wirkt sich bis hin zur Luft- und Wasserqualität einer Umgebung aus. Ohne Wildbienen würden viele unserer heimischen Pflanzenpopulationen zurückgehen, was sich auf andere Arten auswirken würde, die auf sie als Nahrung und Schutz angewiesen sind.
- **Räuber-Beute-Beziehungen:** Wildbienen sind eine wichtige Nahrungsquelle für Vögel, bestimmte Käferarten und einige Säuger, z. B. Dachse.
- **Mensch-Wildtier-Dynamik:** Von Mandelbäumen bis hin zu Obstbäumen und Gemüsepflanzen bestäuben Wildbienen die vom Menschen angebauten Nutzpflanzen. Bienen allgemein sind für jeden dritten Bissen der von Menschen verzehrten Lebensmittel verantwortlich.



QUELLEN

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

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

Titel: chamnan phanthong – stock.adobe.com

Abb. 1: hakase420 – stock.adobe.com

Abb. 3: quickshooting – stock.adobe.com

Abb. 4: Julia Blenn / Helmholtz-Klima-Initiative

Abb. 5: R. M. Nunes – stock.adobe.com

Abb. 7: gudkovandrey – stock.adobe.com

Abb. 9: falco – pixabay.com

Abb. 11: Fabian – stock.adobe.com

Abb. 12: kie-ker – pixabay.com

Abb. 13: Myriams-Fotos – pixabay.com

Abb. 14: Lars Schmidt-Eisenlohr – stock.adobe.com

Abb. 15: Dmitry – stock.adobe.com

Abb. 16: Wolfgang – stock.adobe.com

Abb. 17: AlainAudet – pixabay.com

Abb. 19: Joshua – stock.adobe.com

Abb. 20: pressmaster – stock.adobe.com

Abb. 24: Danita Delimont – stock.adobe.com

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)
- Bond, W. J. (1994). Keystone species. In *Biodiversity and ecosystem function* (pp. 237–253). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Davic, R. D. (2003). Linking keystone species and functional groups: a new operational definition of the keystone species concept. *Conservation Ecology*, 7(1).
- Hale, S. L., & Koprowski, J. L. (2018). Ecosystem-level effects of keystone species reintroduction: A literature review. *Restoration Ecology*, 26(3), 439–445.
- Jäkel, L. (2021). Die Bedeutung von Schlüsselarten: Arten mit besonderer Bedeutung für das ökologische Gleichgewicht. *Die Grundschulzeitschrift*, 2021(329), 27–29.
- Jordan, F. (2009). Keystone species and food webs. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1524), 1733–1741.
- 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)
- Mills, L. S., Soulé, M. E., & Doak, D. F. (1993). The keystone-species concept in ecology and conservation. *BioScience*, 43(4), 219–224.
- National Geographic Society (o. A.): Keystone Species.
<https://education.nationalgeographic.org/resource/keystone-species/> (Stand: 16.10.2023)
- National Park Service: Yellowstone (2023): Gray Wolf
<https://www.nps.gov/yell/learn/nature/wolves.htm> (Stand: 16.10.2023)
- Shurin, J. B., Aranguren-Riaño, N., Duque Negro, D., Echeverri Lopez, D., Jones, N. T., Laverde-R, O., ... & Pedroza Ramos, A. (2020). Ecosystem effects of the world's largest invasive animal. *Ecology*, 101(5), eo2991.
- Simpson, M. G. (2010). Species and Conservation in Plant Systematics. pp 649–668.
- Western, D. (1989). The ecological role of elephants in Africa.

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

Stand 10.2023

