

Didaktische Unterlagen zur Sonderausstellung



Bündner Naturmuseum
Museum da la natira dal Grischun
Museo della natura dei Grigioni

Bündner Naturmuseum
Masanserstr. 31, 7000 Chur
www.naturmuseum.gr.ch
081 257 28 41
DI-SO, 10-17 Uhr

evolution happens!

**Sonderausstellung
im Bündner Naturmuseum
12. September 2024 bis 19. Januar 2025**



Amt für Kultur
Uffiz da cultura
Ufficio della cultura

Echt vielfältig.
graubünden Cultura

Eine Produktion des
Zoologischen Museums der Universität Zürich

Inhaltsverzeichnis

1.	Informationen zum Bündner Naturmuseum.....	3
2.	Rahmenprogramm zur Sonderausstellung.....	4
3.	Informationen zur Sonderausstellung.....	5
3.1	Allgemeine Informationen	5
3.2	Orientierung in der Ausstellung	5
3.3	Hintergrundinformationen: Die wichtigsten Begriffe	6
3.4	Bezug Lehrplan 21	7
4.	Ausstellungsinhalte	8
4.1	Einführungsstation: Felsentaschenmaus (<i>Chaetodipus intermedius</i>)	8
4.2	Forschungsstation Pazifik-Feldgrille (<i>Teleogryllus oceanicus</i>).....	8
4.3	Forschungsstation Turks-und-Caicos-Echse (<i>Anolis scriptus</i>).....	9
4.4	Forschungsstation Echter Mehltau (<i>Blumeria graminis</i>).....	9
4.5	Forschungsstation Antibiotika.....	10
4.6	Forschungsstation Alpensteinbock (<i>Capra ibex</i>)	11
4.7	Forschungsstation Rübsen (<i>Brassica rapa</i>)	12
5.	Aktivitäten vor oder nach dem Ausstellungsbesuch	13
5.1	Raus gehen & forschen.....	13
5.2	Recherchieren & schreiben	13
6.	Aktivitäten und Aufträge in der Ausstellung	15
6.1	Möglicher Ablauf	15
6.2	Arbeitsblätter	16
6.3	Lösungen zu den Arbeitsblättern	22
6.4	Forschungsheft.....	23
7.	Literatur und Links.....	29

1. Informationen zum Bündner Naturmuseum

Öffnungszeiten: Dienstag bis Sonntag 10 – 17 Uhr
Montag geschlossen

Für Klassen ist das Museum auf Anfrage auch am Montag und vor 10 Uhr zugänglich.

Bitte melden Sie Ihren Museumsbesuch telefonisch an, damit wir 'Überbelegungen' verhindern können. Schulklassen sowie Lehrpersonen, die den Ausstellungsbesuch im Museum vorbereiten, haben freien Eintritt.

Falls Sie mit Ihrer Klasse zeichnen oder schriftliche Aufträge lösen möchten, verlangen Sie bitte **Unterlagen** und **Klappstühle** bei der Kasse. Dort erhalten Sie auch Papier sowie Blei- und Farbstifte.

Das Team der **Museumspädagogik** steht gerne zur Verfügung, wenn Sie eine Führung buchen möchten oder Fragen haben:

Flurin Camenisch: 081 257 28 41, flurin.camenisch@bnm.gr.ch

Olivia Kuchler: 081 257 20 55, olivia.kuechler@bnm.gr.ch

Wir wünschen Ihnen einen spannenden Museumsbesuch!

Impressum

Die Unterlagen wurden erarbeitet durch das Team des Naturhistorischen Museums der Universität Zürich, ergänzt durch die Naturmuseen Thurgau und Solothurn und für das Bündner Naturmuseum zusammengestellt durch Flurin Camenisch und Olivia Kuchler.

Es ist **ausdrücklich erlaubt**, die didaktischen Unterlagen für Schulzwecke zu kopieren. Sie finden die Unterlagen zum Download unter www.naturmuseum.gr.ch

Das Plakat zur Ausstellung wurde gestaltet durch Christina Luzzi (Ilanz). Bildquelle: Pixabay und Adobe Stock

2. Rahmenprogramm zur Sonderausstellung

Ein reichhaltiges Programm mit Führungen und Vorträgen vertieft das Thema:

Mi, 18. September 2024, 12.30 Uhr, Saal B12

Rendez-vous am Mittag

Unbekannte Vielfalt – Biodiversität von Wasserpilzen im Engadin

Vortrag von Dr. Andreas Bruder, Fachhochschule
Südschweiz (SUPSI)

Mi, 25. September 2024, 18.00 Uhr

Führung durch die Sonderausstellung

Mi, 2. Oktober 2024, 17.00–17.45 Uhr, Saal B12

NaturSpur, ab 9 Jahren

Charles Darwin – Ein Forscher, der die Welt auf den Kopf stellte

Vortrag von Flurin Camenisch, Zoologe und
Museumspädagoge, Bündner Naturmuseum

Mi, 23. Oktober 2024, 12.30 Uhr

Rendez-vous am Mittag

Führung durch die Sonderausstellung

Sa, 16. November 2024, 12.00–24.00 Uhr

Langer Samstag 2024

Evolution – Vielfalt dank Veränderung

Führung durch die Sonderausstellung, Vorträge,
Figurentheater, literarisches Musikerlebnis und
Weiteres mehr.

Informationen unter www.naturmuseum.gr.ch

Mi, 27. November 2024, 18.00 Uhr

Natur am Abend

Von Prachtfedern bis Löffelschnabel – Vielfalt unserer Vögel

Führung durch die Dauerausstellung

Mi, 4. Dezember 2024, 17.00–17.45 Uhr, Saal B12

NaturSpur, ab 9 Jahren

Bionik – Was wir von der Natur abgesehen haben

Vortrag von Flurin Camenisch, Zoologe und
Museumspädagoge, Bündner Naturmuseum

Mi, 11. Dezember 2024, 12.30 Uhr, Saal B12

Rendez-vous am Mittag

Was Dinosaurier und Coronaviren gemeinsam haben

Vortrag von Prof. Dr. Lukas Keller, Zoologisches
Museum der Universität Zürich

Mo, 16. Dezember 2024, 18 Uhr

Führung durch die Sonderausstellung

So, 19. Januar 2025, 11.00 & 14.00 Uhr

Letzte Führungen durch die Sonderausstellungen

Mi, 22. Januar 2025, 12.30 Uhr, Saal B12

Rendez-vous am Mittag

Wilde Wisente – wilde Schweiz?

Vortrag von Dr. Otto Holzgang, Leiter Projekt
Wisent Thal. Bitte beachten: Der Anlass findet
nach dem Ende der Sonderausstellung statt.

Ohne Angaben: Dauer ca. 60 Minuten, im
Bündner Naturmuseum. Weitere Informationen
unter www.naturmuseum.gr.ch

3. Informationen zur Sonderausstellung

3.1 Allgemeine Informationen

Evolution geschieht hier und jetzt

Evolution wird oft als langsamer, Jahrmillionen dauernder Prozess wahrgenommen, der in den Dinosauriern beispielhaft verkörpert wird und seit Erscheinen des modernen Menschen weitgehend abgeschlossen ist. Doch evolutive Vorgänge spielen sich kontinuierlich ab, auch im Hier und Jetzt, und manchmal so schnell, dass wir sie direkt beobachten können. Sie zeigen sich in der Entstehung von Antibiotikaresistenzen ebenso wie bei der Problembekämpfung des Mehltaus in der Landwirtschaft. Wo es Leben gibt, finden Veränderungen statt. Dies macht die neue Sonderausstellung «evolution happens!» mit Beispielen aus Medizin, Landwirtschaft und Naturschutz deutlich und greifbar.

Ausstellungselemente

Die Ausstellung wurde vom Naturhistorischen Museum der Universität Zürich in Zusammenarbeit mit dem Universitären Forschungsschwerpunkt (UFSP) «Evolution in Aktion: Vom Genom zum Ökosystem» erarbeitet. So soll nicht auf die herkömmlichen Evolutionsthemen wie vom «Affen zum Menschen» eingegangen werden, sondern vielmehr auf die evolutiven Prozesse im Mikrobereich. Der Fokus der Ausstellung liegt daher auf der Veränderung der Lebewesen innerhalb einer Population in kürzester Zeit.

Die Ausstellung stellt sieben Forschungsprojekte anhand von folgenden Organismen vor: Felsentaschenmaus, Pazifik-Feldgrille, Turks-und-Caicos Echse, Echter Mehltau, Antibiotika, Alpensteinbock und Rübsen. Die Station zur Felsentaschenmaus dient als Einführungsstation um die wichtigsten Begriffe einzuführen: vererbte Vielfalt, Selektion, Evolution. Die restlichen sechs Forschungsstationen stellen weitere Forschungsbeispiele dar, bei denen jeweils der Fokus auf einem anderen Aspekt der Evolution liegt.

3.2 Orientierung in der Ausstellung

Jede Station besitzt die folgenden Elemente:

- ◇ Schlüsselobjekt: stellt i.d.R. den Selektionsfaktor dar
- ◇ Erläuterung der vererbten Vielfalt bei der betreffenden Art
- ◇ Erläuterung des Prozesses, der die vererbte Vielfalt verändert
- ◇ Erläuterung des evolutiven Prozesses
- ◇ Zusammenfassung in Form einer Infografik
- ◇ Zusammenfassung in Textform mit QR-Code, der auf die Website der relevanten Forschungsgruppe führt (gelber Hintergrund)
- ◇ Nerd-Info (Hirnsymbol)

Wenn es um **vererbte Vielfalt** geht, ist dies **grün** hervorgehoben, **Selektion rot** und **Evolution gelb**.



3.3 Hintergrundinformationen: Die wichtigsten Begriffe

Evolution, was ist das?

Evolution beschreibt die Entwicklung der Lebensformen, sprich den Prozess der genetischen Veränderung von Lebewesen im Laufe der Zeit. Das erste Leben bildete sich mit den einzelligen Bakterien vor rund 3.5 Milliarden Jahren. Evolution hat kein Ziel und keine Optimierung im Sinn. Sie wird durch die Anpassung, also durch die natürliche Selektion und durch die sexuelle Selektion, das heisst der Bevorzugung eines Merkmals, gesteuert.

Vererbare Vielfalt, was ist das?

Gene bestimmen über eine Vielzahl von Eigenschaften und Merkmalen – und das bei allen Lebewesen dieses Planeten. Säugetiere tragen jedes Gen in zweifacher Ausführung: Eines haben sie von der Mutter, das andere vom Vater geerbt. Das gilt beispielsweise auch für das Gen, welches für die Blutgruppe verantwortlich ist. Welche Blutgruppe man letztlich hat, entscheiden die Art und Kombination der beiden Blutgruppen-Gene. Wie die Blutgruppe existieren auch andere erbliche Merkmale in unterschiedlichen Varianten – das nennt man vererbare Vielfalt. Ohne vererbare Vielfalt gäbe es keine Evolution und keine Artenvielfalt. Aber nicht immer sind die Gene schuld. Zwei Tiere können beispielsweise unterschiedlich dick sein, ohne dass die Gene mit im Spiel sind. Bereits einige Studien an der Felsentaschenmaus konnten zeigen, dass bestimmte Bakterien des Verdauungstrakts Gewichtsunterschiede verursachen können: Die Darmbakterien des dünnen Tieres spalten Nahrung weniger effizient auf als diejenigen des dickeren Tieres und stellen so dem Körper weniger Kalorien zur Verfügung. Auch beim Menschen können viele Merkmale stark durch äussere Einflüsse geprägt werden. Treibt jemand zum Beispiel viel Sport, verändert sich das Aussehen des Körpers, nicht aber das Erbgut. Die Ausprägung vieler Merkmale wird durch beides bestimmt: die Gene und die Umwelt.

Selektion, was ist das?

Wer überlebt und pflanzt sich fort? Bei der Felsentaschenmaus ist das Überleben eine Frage der Tarnung. Helle Tiere sind auf Sandboden fast unsichtbar. Dadurch fällt es Fressfeinden schwerer, sie zu erspähen und zu fressen. Und wer nicht gefressen wird, kann sich fortpflanzen und seine Fellfarbe an die Nachkommenschaft weitergeben. Diesen Überlebens- und Fortpflanzungsvorteil, den eine helle Taschenmaus gegenüber einer dunklen Taschenmaus auf Sandboden hat, nennt man Selektion. Auf erkalteter, vulkanischer Lava dagegen ist es umgekehrt: Ein dunkles Tier hat gegenüber einem hellen Tier einen Selektionsvorteil und wird eher überleben und sich fortpflanzen. Ob eine Mutation Vor- oder Nachteile bringt, hängt also stark von den Umständen ab.

Mutation, was ist das?

Neue Varianten eines Merkmals treten immer zufällig und spontan auf. Sie entstehen durch Mutationen während der Zellteilung. Will sich die Zelle teilen, muss sie erst das gesamte Erbgut, also die ganze DNA kopieren und verdoppeln, damit es auf die beiden neuen Tochterzellen aufgeteilt werden kann. Bei diesem Vorgang und beim Zusammenfügen der DNA-Bausteine schleichen sich Fehler ein – das sind unsere Mutationen. Die meisten Mutationen haben keine Auswirkung auf die Ausprägung der Gene. Hin und wieder jedoch taucht eine auf, die dafür sorgt, dass sich ein Merkmal wie die Fellfarbe verändert. Damit tragen Mutationen zur vererbaren Vielfalt einer Population bei – indem sie diese erweitern.

3.4 Bezug Lehrplan 21

Die Zielgruppe der Ausstellung sind Jugendliche ab Sek 1 sowie Erwachsene. Die Ausstellung ist nicht für die Unter- oder Mittelstufe geeignet. Möchten Sie das Thema Evolution dennoch mit Ihrer Unter- oder Mittelstufenklasse behandeln, empfehlen wir, es wie folgt herunter zu brechen: Für Kleinere eignet sich das Thema "Anpassungen an die Umwelt"; für Grössere bieten sich beispielweise die Themen "Ordnungssysteme" sowie "Artenvielfalt" an. Um diese Themen aufzugreifen, sind die Dauer-ausstellungen besser geeignet als die Sonderausstellung. Sie finden in den Unterlagen einige Arbeitsblätter als Ideen-Inputs sowie auf S. 15 konkrete Beispiele für den Ablauf des Museumsbesuchs.

Die SuS können...

Zyklus 1 und 2: Natur, Mensch, Gesellschaft

NMG.2.4 (Artenvielfalt und Ordnungssysteme)

- d** Merkmale von Pflanzen und Tieren beschreiben, die diesen erlauben, in einem bestimmten Lebensraum zu leben (...).

NMG.2.5 (Geschichte der Erde, Entwicklung von Pflanzen, Tieren & Menschen)

- b** Vermutungen zur Entwicklung und Veränderung von Lebewesen anstellen und im Austausch Vorstellungen für sich klären und entwickeln.
- e** Informationen zu Entwicklungen und Veränderungen der Erde und der Lebewesen zeitlich einordnen und modellartig Vorstellungen zu zeitlichen Dimensionen sowie zu Prozessen strukturieren. Epochen der Erdgeschichte, Entwicklung und Veränderung von Lebewesen.

NMG.2.6 (Einfluss des Menschen auf die Natur, nachhaltige Entwicklung)

- h** zu Einflüssen des Menschen auf die Natur mögliche Folgen abschätzen, Erkenntnisse dazu ordnen und über eigene Verhaltens- und Handlungsweisen nachdenken.

Zyklus 3: Natur & Technik

NT.8.1 (Artenvielfalt in Beziehung zur Evolutionstheorie)

- a** (biologische) Ordnungssysteme der Lebewesen hinterfragen und als Modelle erkennen (z.B. Stammbäume).
- b** zentrale Prinzipien der Evolutionstheorie an Beispielen erkennen und Gesetzmässigkeiten nachvollziehen.
- c** die Veränderlichkeit der Arten erfassen, auftretende Probleme benennen und begründete Vermutungen äussern (z.B. Was spricht dafür, dass Teichfrosch, Wasserfrosch und Seefrosch verschiedene Arten sind, was dagegen?).

NT.8.3

Grundlagen der Genetik analysieren und erklären.

4. Ausstellungsinhalte

4.1 Einführungsstation: Felsentaschenmaus (*Chaetodipus intermedius*)

Felsentaschenmäuse stammen aus wüstenartigen Regionen mit sandigen Böden, wie sie etwa heute in den US-Bundesstaaten Arizona und New Mexico vorkommen. Dort sind Mäuse mit hellem Fell hervorragend getarnt und für hungrige Fressfeinde schwierig zu entdecken. Ob eine Taschenmaus ein helles oder dunkles Fell hat, wird durch ein einziges Gen bestimmt, das Mc1r heisst. Das Mc1r-Gen einer sandfarbenen Taschenmaus unterscheidet sich an vier Stellen von dem einer dunkelbraunen Taschenmaus. Die Farbe der Felsentaschenmaus wird also vererbt (vererbte Vielfalt).

Weitaus schlechtere Karten haben Artgenossen, die durch eine spontane Mutation im Mc1r-Gen ein dunkles Fell haben: Viele von ihnen werden gefressen, bevor sie sich fortpflanzen können. Daher bleibt der Anteil dunkler Tiere in diesen Populationen stets sehr klein. Hier wirkt die Selektion mittels Fressfeinden. Besiedelt eine Felsentaschenmaus-Population allerdings eine neue Region, in der der Boden mit Lavagestein bedeckt ist, wendet sich das Blatt. Nun sind die dunklen Mäuse gegenüber ihren hellen Artgenossen ganz klar im Vorteil. Plötzlich sind sie es nämlich, die von den Räubern verschont bleiben, während die hellen Tiere entdeckt und gefressen werden. Damit sind es die dunklen Felsentaschenmäuse, die sich mehrheitlich fortpflanzen und ihre dunkle Fellfarbe an ihre Nachkommen weitergeben. Mit der Zeit steigt daher ihr Anteil in der Population. Die dunkle Fellvariante wird häufiger. Diese Verschiebung hin zu mehr dunklen Mäusen kann relativ schnell geschehen – und ist nichts anderes als Evolution.

Evolution happens... durch Fressfeinde.

Der Selektionsfaktor ist der Fressfeind Schleiereule. Die verschiedenen Fellfärbungen der Felsentaschenmaus stellen die vererbte Vielfalt dar. Die besser getarnten Mäuse werden weniger gefressen und haben einen erhöhten Fortpflanzungserfolg.

4.2 Forschungsstation Pazifik-Feldgrille (*Teleogryllus oceanicus*)

Das für Grillen typische Zirpen produzieren nur die Männchen. Sie tragen unten an ihrem rechten Flügel eine gezahnte Schrillleiste, die sie beim Aneinanderreiben der Flügel über eine Verdickung im linken Flügel (Schrillkante) streifen. Das erzeugt einen Laut, mit dem Weibchen für die Paarung angelockt werden sollen. Zufällige Mutationen bringen immer wieder Männchen mit stark verkleinerter Schrillleiste hervor, sogenannte flatwing-Männchen. Im Gegensatz zu den Wildtyp-Männchen mit «normalen» Flügeln können die flatwing-Männchen keine Laute produzieren. Diese stummen Männchen haben gegenüber den zirpenden Männchen einen Nachteil: Sie können sich in der Regel nur paaren und ihre Gene weitergeben, wenn sie Weibchen in der Nähe von zirpenden Männchen abfangen.

Die parasitische Raupenfliege (*Ormia ochracea*) ist ungefähr so gross wie eine Stubenfliege. Für ihre Fortpflanzung ist sie auf Grillen angewiesen: Weibliche Fliegen brauchen Grillen, um ihre Larven auf ihnen abzulegen. Die Larven bohren sich in die Grillen hinein und fressen sie innerhalb einer Woche von innen auf. Ihre Opfer spüren die Fliegen über ihr feines Gehör auf. Es sind also nur die zirpenden Männchen, die von den Parasiten heimgesucht werden. Stumme Männchen dagegen bleiben verschont. Das hat auf der hawaiianischen Insel Kaua'i innerhalb weniger Jahre dazu geführt, dass nur noch knapp 10 Prozent der Pazifik-Feldgrillenmännchen zirpen können. Die genetische Zusammensetzung der Grillenpopulation hat sich dadurch stark verschoben.

Evolution happens... durch Parasiten.

Der Selektionsfaktor ist die parasitäre Fliege *Ormia ochracea*. Wenn diese fehlt, greift die sexuelle Selektion durch Grillenweibchen. Funktionierende und nicht funktionierende Schrillkanten bei Pazifik-Feldgrillen-Männchen stellen dabei die vererbte Vielfalt dar. Obwohl Weibchen Männchen mit Schrillkanten bevorzugen, setzen sich die stummen Männchen durch, da diese nicht von Parasiten aufgespürt werden können. Sie haben eine höhere Überlebenschance.

4.3 Forschungsstation Turks-und-Caicos-Echse (*Anolis scriptus*)

Turks-und-Caicos-Echsen sind endemisch auf den karibischen Turks- und Caicos-Inseln. Das bedeutet, dass die Art nur auf diesen Inseln lebt und nirgendwo sonst. Sie sind 44 bis 57 mm lang (ohne Schwanz), leben an Büschen und Bäumen bis drei Meter Höhe und ernähren sich von Insekten.

Um das Verhalten der Echse bei Sturm besser zu verstehen, setzte ein Forscherteam 40 Echsen auf eine Sitzstange. Sie wurden anschliessend von einem Laubbläser angeblasen – erst schwach, dann immer stärker. Die Forschenden stellten fest, dass kein einziges der Tiere am Boden Unterschlupf suchte. Alle 40 hielten sich an der Sitzstange fest, bis sie schliesslich sanft im gepolsterten Netz landeten. Daraus schlossen die Forschenden, dass ein Sturm wohl tatsächlich viele Echsen wegzuwehen vermag – und zwar diejenigen, die sich nicht so gut festhalten können. Die Selektion spielt.

An der Unterseite jedes Fingers und Zehs sitzen bei der Turks-und-Caicos-Echse Haftpolster. Sie sind mit quergestellten Lamellen versehen. Diese presst die Echse zunächst mit der Hand oder dem Fuss auf die Unterlage und richtet sie dann erst auf. So entstehen mehrere luftleere Kammern, die es der Echse ermöglichen, an senkrechten, glatten oder sogar überhängenden Oberflächen hochzuklettern. Sie bilden nämlich mit der Oberfläche ein Vakuum, wodurch die Echse haften bleibt. Auch bei kleinen Unebenheiten fällt die Echse nicht herunter, da sich auf der Unterseite der Lamellen ein Filz aus feinsten Härchen befindet, der verhindert, dass Luft aus den Kammern entweicht.

Nachdem zwei Wirbelstürme über die Turks- und Caicos-Inseln gefegt waren, vermutete ein Forschungsteam aus den USA und Frankreich grosse Auswirkungen auf die Tierwelt der Inseln. Aus diesem Grund verglichen die Forschenden Messungen 25 verschiedener Körpermerkmale der Turks-und-Caicos-Echse vor und nach den Stürmen. So gelang ein Überblick über die Veränderung der Echsenpopulation, der zu einem spannenden Forschungsprojekt wurde: Die Mehrheit der Überlebenden hatte nämlich längere Vorder- und kürzere Hinterbeine als die meisten der sechs Wochen zuvor gefangenen Tiere. Auffällig waren auch ihre tendenziell grösseren Haftscheiben an den Händen.

Auch das mit einem Windkanal durchgeführte Experiment an 40 Tieren ergab: Echsen mit kleineren Haftscheiben sowie kürzeren Vorder- und längeren Hinterbeinen konnten sich weniger lang festhalten und wurden bei Wirbelstürmen und deren hohen Windgeschwindigkeiten öfter weggeweht. Die genetische Zusammensetzung der Echsenpopulation hatte sich tatsächlich innerhalb kurzer Zeit durch natürliche Selektion verändert! Heute ist die Haftpolsterfläche der Hände der Männchen auf Water Cay durchschnittlich knapp 1 mm² grösser als vor den beiden Wirbelstürmen.

Evolution happens... durch Wirbelstürme.

Der Selektionsfaktor ist der Wirbelsturm. Echsen mit grösseren und kleineren Haftscheiben an den Vordergliedmassen stellen die vererbte Vielfalt dar. Unwetterereignisse bewirken, dass spezielle vererbte Merkmale für bessere Überlebenschancen sorgen. Dadurch ändert sich die genetische Zusammensetzung einer Population innert Wochen.

4.4 Forschungsstation Echter Mehltau (*Blumeria graminis*)

Triticale ist eine Getreidesorte, die Ende des 19. Jahrhunderts künstlich erschaffen wurde. Sie ging als Mischform (Hybride) aus der Bestäubung von Weizen (*Triticum*) mit dem Pollen von Roggen (*Secale*) hervor. Triticale wird seit den 1930er-Jahren gezielt gezüchtet und seit den 1960er-Jahren vor allem als Futtergetreide, aber auch zur Brotherstellung angebaut. Das Hybridgetreide vereint die geringen Standortansprüche und robusten Eigenschaften des Roggens mit dem hohen Eiweissgehalt und der Ertragsfähigkeit des Weizens. In seinen Anfängen wies Triticale ausserdem eine hohe Resistenz gegen Mehltau auf, einem pilzlichen Krankheitserreger, der bei Weizen die Ernte um bis zu 45 Prozent verringern kann.

Der Echte Mehltau der Gräser (*Blumeria graminis*) ist ein Pilz, der Getreide und andere Gräser befällt. Es gibt allerdings nicht nur den einen Pilz *Blumeria graminis*. Vielmehr besteht die Art aus mehreren Spezialformen, die sich alle auf eine andere Wirtspflanze eingeschossen haben. So besiedelt der Weizen-

Mehltau *Blumeria graminis f. sp. tritici* ausschliesslich Weizen, nicht aber Roggen. Diese Spezialisierung auf einen bestimmten Wirt beruht darauf, dass die verschiedenen Formen des Mehltaus unterschiedliche Varianten genetischer Merkmale besitzen. Die «Graminis-Sippe» wird zudem immer vielfältiger: 2001 erhielt sie mit dem Triticale-Mehltau neuen Zuwachs zu den 8 bereits bekannten Spezialformen.

Um sich fortpflanzen und verbreiten zu können, produzieren Pilze Sporen. Diese werden meist vom Wind davongetragen, damit aus ihnen neue Pilze wachsen. Das gilt auch für den Echten Mehltau. In seinem Fall müssen die Sporen auf die Oberflächen von Pflanzen gelangen. Dort angekommen, keimen sie aus, bohren sich in die Pflanzenzellen und bilden eine fingerartige Struktur aus, mit der sie der Pflanze Nährstoffe entziehen. Das passiert aber nur, wenn die Pilzspore auf dem richtigen Wirt landet. Damit eine Pflanzenzelle überhaupt zugänglich wird, muss die Spore sie erst einmal erschliessen. Das funktioniert nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip: Jede Getreideart kann nur durch passende Spezialformen des Echten Mehltaus erschlossen werden.

2001 tauchte der Triticale-Mehltau erstmals auf. Damit hatte der Pilz die Resistenz des Triticales überwunden. Erbgut-Analysen der Universität Zürich zeigten, dass 12,5 Prozent der DNA des Triticale-Mehltaus mit der des Roggen-Mehltaus und 87,5 Prozent mit der des Weizen-Mehltaus übereinstimmten. Der neue Mehltau musste also durch Hybridisierung (Artkreuzung) der beiden bekannten Spezialformen entstanden sein. Hybride werden nicht nur – wie das Getreide Triticale – vom Menschen geschaffen, sondern entstehen auch durch natürliche Kreuzung. Beim Triticale-Mehltau geschah dies zufällig. Doch der passende Wirt stand schon bereit, so dass der Triticale-Mehltau überleben und sich ausbreiten konnte – ein ständiges Wettrüsten zwischen Wirt und Schädling. Die Evolution des Erregers spiegelt also die Evolution seines Wirts wider. Auf die künstliche Hybridisierung von Weizen und Roggen folgte die natürliche Hybridisierung des Weizen- und Roggen-Mehltaus.

Evolution happens... durch die Einwirkung des Menschen.

Der Selektionsfaktor sind die verschiedenen Triticale-Getreidesorten. Die Spezialformen des Echten Mehltaus widerspiegeln die vererbte Vielfalt. Spontane Kreuzungen zwischen Spezialformen jedes Echten Mehltaus führen zu Mischformen des Pilzes. Diese können sich nur ausbreiten, wenn ein passender Wirt vorhanden ist. Der Mensch schuf mit dem Triticale Ende des 19. Jahrhunderts einen solchen Wirt.

4.5 Forschungsstation Antibiotika

Vor der Entdeckung der Antibiotika endeten Infektionen, die heute einfach behandelt werden können, oft tödlich. Eine Blasenentzündung, eine Mandelentzündung, ja sogar eine kleine Schnittwunde konnten den Tod bedeuten. Ärzte waren oft machtlos. Zur Behandlung von Tuberkulose verordneten sie viel frische Luft – es gab einfach keine wirksamen Medikamente. Der schottische Bakteriologe Alexander Fleming entdeckte schliesslich das erste Antibiotikum Penicillin, das seit den 1940er-Jahren Millionen von Menschenleben gerettet hat. Zwar warnte schon Fleming davor, dass Antibiotika bei zu häufigem Einsatz wirkungslos werden können, doch nahm man ihn nicht ernst. Penicillin wurde anfangs sehr grosszügig eingesetzt – sogar in der Zahnpasta.

Schon kurze Zeit nachdem Penicillin auf den Markt kam, beobachtete man Bakterien, die das Antibiotikum überlebten, statt von ihm getötet zu werden. Diese Bakterien-Eigenschaft nennt man «Antibiotikaresistenz». Heute sind Dutzende Antibiotika auf dem Markt – und Bakterienstämme haben evolviert. Es gibt sogar mehrere, die gegen verschiedene Antibiotika bestehen können. Solche multiresistenten Bakterien werfen uns zurück in die Zeit vor der Entdeckung des Penicillins, als einfache Infektionen tödlich verlaufen konnten. Für das Jahr 2050 werden weltweit mehr als 10 Millionen Todesfälle aufgrund von Antibiotikaresistenzen erwartet. Antibiotika sind meistens Stoffwechselprodukte von Pilzen, die für Bakterien tödlich sind. Bakterien können allerdings bestimmte Mechanismen nutzen, um Antibiotika unwirksam zu machen. Solche Mechanismen unterliegen meist einfachen Änderungen im Bakterienerbgut, die durch spontane Mutationen entstanden sind:

1. Das Antibiotikum kann nicht in die Zelle eindringen, weil das Bakterium die Poren seiner Zellwand verschliesst.
2. Zellstrukturen werden so verändert, dass das Antibiotikum sie nicht angreifen kann.
3. Das Antibiotikum wird direkt wieder aus der Zelle gepumpt.
4. Spezielle Enzyme deaktivieren das Antibiotikum.

Erkrankt ein Patient an einer bakteriellen Infektion, dient ein Antibiogramm dazu, allfällig vorhandene Antibiotikaresistenzen zu ermitteln. Dafür entnimmt die Ärztin dem Patienten einen Gewebeabstrich. Die so aufgenommenen Bakterien streicht sie auf eine Platte mit Nährstoffen, auf der sie zu einer trüben Schicht heranwachsen. Die Ärztin gibt ausserdem verschiedene Antibiotika in Form von kleinen weissen Plättchen darauf, die das Bakterienwachstum hemmen sollen. Die kreisrunden Hemmhöfe um manche Antibiotika zeigen, dass drei von ihnen wirksam sind und das Bakterienwachstum verhindern. Drei Antibiotika-Tupfer bleiben ohne Wirksamkeit – da hat sich eine Bakterienresistenz gebildet.

Der «MEGA Plate»-Versuch: Die wachsende Bakterienkolonie breitet sich im ersten, antibiotikafreien Teil der «MEGA Plate» schnell aus und stösst schliesslich auf die erste mit Antibiotikum versehene Fläche. Hier werden die meisten Bakterienzellen durch das Antibiotikum abgetötet. Einzelne Bakterien sind allerdings durch zufällige Mutationen in ihrem Erbgut resistent und überleben das Antibiotikum. Diese Antibiotikaresistenz ist erblich und wird an die Bakterien-Nachkommen weitergegeben. So kann die Kolonie weiterwachsen, bis sie auf die Fläche mit der nächst höheren Konzentration des Antibiotikums trifft. Die Evolution der Antibiotikaresistenz wiederholt sich von einer Fläche zur nächsten: Spontan entstandene Mutationen ermöglichen es einzelnen Bakterien, die nächsthöhere Antibiotika-konzentration zu überleben, während andere Bakterien ohne diese Mutationen sterben. Das immer stärker werdende Antibiotikum selektiert immer effizientere Antibiotikaresistenzen. Dementsprechend ändert sich die genetische Zusammensetzung der ganzen Bakterienkolonie.

Evolution happens... durch Antibiotika.

Antibiotika ist der Schlüsselfaktor, der Selektion bewirkt. Bakterienzellen mit und ohne Antibiotikaresistenzen stellen die vererbare Vielfalt dar. Bakterien mit Fähigkeit, Antibiotika unwirksam zu machen, haben einen Überlebens- und Fortpflanzungsvorteil.

4.6 Forschungsstation Alpensteinbock (*Capra ibex*)

In den steinigen Hängen des gesamten Alpenbogens, auf Höhen von 1'600 bis 3'200 Metern, lebt der Alpensteinbock. 53'000 Tiere gibt es heute – anfangs des 19. Jahrhunderts waren es nur noch wenige Dutzende bis einige Hunderte. Diese lebten im Gran Paradiso in Italien. In der Schweiz hingegen war der Alpensteinbock ganz ausgestorben. Um ihn wieder anzusiedeln, wurden einige wenige Tiere in die Schweiz gebracht, von denen heute alle Steinböcke im Land abstammen. Die Population war anfänglich sehr klein. Zufällige Ereignisse wie die Auswahl der auszusetzenden Steinböcke oder die Jagd bestimmten die genetische Zusammensetzung. Dem konnte eine natürliche Selektion kaum entgegenwirken und nachteilige Genvarianten häuften sich an. So haben Forschende der Universität Zürich nachgewiesen, dass schädliche Genvarianten beim Alpensteinbock häufiger vorkommen als bei anderen Steinbockarten. Ob und inwiefern die Inzucht hier eine Rolle spielt, ist noch offen.

Während der letzten Eiszeit war der Alpensteinbock noch über die Alpenregion hinaus verbreitet. Seit es aber vor rund 12'000 Jahren wieder wärmer wurde und sich das Eis zurückzog, ist sein Verbreitungsgebiet nur noch auf die Alpenregion beschränkt. Seit Jahrtausenden steht der Alpensteinbock auf der Abschussliste des Menschen. Früher stellte man ihm mit Speer sowie Pfeil und Bogen nach, später mit der Armbrust. Richtig gefährlich wurde es für den Steinbock aber erst, als im 15. Jahrhundert die Schusswaffen aufkamen. Im frühen 19. Jahrhundert war der Alpensteinbock bereits verschwunden, mit Ausnahme einer einzigen überlebenden Population in Italien. Diese bestand aus einigen Dutzend Tieren im streng bewachten privaten Jagdgebiet des italienischen Königs am Gran Paradiso. Mit der Dezimierung der Steinbockbestände ging ein grosser Teil der vererbaren Vielfalt dieser Art verloren. Zu Leibe gerückt wurde dem Alpensteinbock vor allem des Fleisches, des Fells und der Hörner wegen. Man glaubte aber auch, dass verschiedene Körperteile des Steinbocks heilende oder mystische Kräfte

besassen. Nach seiner Ausrottung wollte man den Alpensteinbock zurück in die Schweiz holen. Dafür wurden zunächst einzelne Tiere aus dem Aostatal (Italien) in Schweizer Tierparks und Zoos gebracht. Dort sollten sie für Nachwuchs sorgen, den man dann in den Alpen auswildern wollte. Für solche Nachzuchten fing man zwischen 1906 und 1935 rund 100 Steinböcke – die meisten davon illegal – aus der bereits stark verkleinerten Population in Italien ein. Diese zufällig ausgewählten Tiere bildeten die Grundlage für die spätere Wiederansiedlung in den Schweizer Alpen. Aus den Tierparks wurde eine wiederum zufällige Auswahl an Steinböcken in die Schweizer Alpen gebracht, wo die Tiere neue Kolonien gründen sollten, unter anderem im Weisstannental (SG), am Piz Albris (GR), am Briener Rothorn (BE) und am Mont Pleureur (VS). Diese Populationen stammten nur von sehr wenigen Tieren ab und lebten isoliert. Die vererbte Vielfalt der Alpensteinbock-Populationen ist auch heute noch gering. Glücklicherweise blieb gesamtschweizerisch die vererbte Vielfalt der Gran-Paradiso-Population grösstenteils erhalten, verteilt auf viele kleine Populationen.

Durch aktive Schutz- und Wiederansiedlungsprogramme sind die Alpensteinbock-Bestände in Europa bis heute wieder auf 53'000 Tiere angewachsen. Der Steinbock ist wieder in der gesamten Alpenregion verbreitet – in kleineren und grösseren Populationen. Genau 100 Jahre nach der ersten Wiederansiedlung von Alpensteinböcken in der Schweiz wurden am 8. Mai 2011 am gleichen Ort wie damals im St. Galler Weisstannental fünf Steinböcke und eine Steingeiss in die Freiheit entlassen. Diese erneuten Freilassungen sollten frisches Blut in die Kolonie im Weisstannental bringen und ihre vererbte Vielfalt erhöhen.

Die Steinbock-Population geht auf ein paar Gründer-Steinböcke zurück. In kleinen Populationen können sich zufällige Ereignisse viel schneller und stärker auf die vererbte Vielfalt auswirken. Da kann die Selektion auch mal in den Hintergrund rücken. Beim **Steinbockmodell** werden nachteilige Merkmale ersichtlich, die inzwischen in verschiedenen Populationen des Alpensteinbocks aufgetaucht sind: kleinere Hörner, geringeres Wachstum, höhere Anfälligkeit für Erkrankung der Hufe und Gamsblindheit.

Evolution happens... durch Zufall.

Zufällige Ereignisse prägten vor rund 100 Jahren die genetische Zusammensetzung der heutigen Steinbockpopulation. Durch Abschuss und der kleinen Anzahl Steinböcke ist die vererbte Vielfalt klein. Bei der geringen Anzahl Individuen können sich nachteilige oder schädliche Genvarianten anhäufen.

4.7 Forschungsstation Rübsen (*Brassica rapa*)

Brassica rapa, im Volksmund Rübsen genannt, ist bei vielen Insekten beliebt. Sie sammeln Nektar und übertragen Pollen von einer Blüte zur nächsten. Dadurch wird die Pflanze bestäubt und bildet Samen, aus denen die nächste Generation wächst. Verschiedene Insektenarten haben aber unterschiedliche Vorlieben. Manche bevorzugen die Blüten grosser Pflanzen, andere lassen sich von stark duftenden Blüten betören. Zudem gibt es Insekten, auf die der für Menschen nicht sichtbare UV-Farbanteil einer Blüte besonders verführerisch wirkt und solche, die allerlei verschiedene Blüten mögen.

Hummeln scheinen genau zu wissen, was sie wollen und fliegen fast ausschliesslich grosse Rübsen an. Die Wuchshöhe wiederum ist im Erbgut der Pflanzen festgelegt, was dazu führt, dass viele Nachkommen der von Hummeln bestäubten Pflanzen eher gross sind. Wird die Rübsenpopulation nun fortlaufend von Hummeln bestäubt, nimmt die Anzahl der grossen Rübsen mit jeder Generation zu. Mit der Zeit verschiebt sich die genetische Zusammensetzung so stark, dass die Population fast nur noch aus grossen Pflanzen besteht. Dies konnte das Experiment der Universität Zürich klar zeigen. Schwebfliegen, welche im selben Experiment untersucht wurden, zeigten keine deutlichen Blütenpräferenzen.

Evolution happens... durch Vorlieben.

Viele Bestäuber haben ausgeprägte Vorlieben und fliegen gezielt jene Pflanzen an, die die bevorzugten Eigenschaften besitzen. Das erhöht den Fortpflanzungserfolg dieser Pflanzen und die entsprechenden (genetisch festgelegten) Eigenschaften setzen sich in der Pflanzenpopulation durch.

5. Aktivitäten vor oder nach dem Ausstellungsbesuch

5.1 Raus gehen & forschen

Anpassungen auf der Wiese (Koevolution Blüten – Bestäuber)

Bei einer Beobachtungssequenz werden möglichst viele Blüten und Bestäuber auf der Wiese gesucht und genau betrachtet. Finden die SuS Merkmale, wie sich die Blumen und Insekten aneinander angepasst haben?

zB. lange Blüten einiger Nelkenarten, welche nur mit langen Saugrüsseln einiger Schmetterlingsarten bestäubt werden können. Andere Blütenmerkmale: Die Blütenfarbe, der Duft, Blühzeitpunkt (Jahreszeit, aber auch Tag/Nacht), etc. Andere Bestäubermerkmale: Grösse des Insekts, Aktivitätsrhythmus etc.

Anpassungen im Wald

Gemeinsam wird vor Ort besprochen, welche Lebensräume der Wald bietet.

zB. Baumkrone, auf dem Boden, im Boden, Totholz etc.; aber auch sehr spezifische Nischen wie Rinde, Moos, Wasserpflützen, sandige Stellen etc.

Welche Tiere leben in den Lebensräumen? Wie haben sie sich an den jeweiligen Lebensraum angepasst?

zB. Bodenbewohner sind (mit Ausnahme von Dachs und Fuchs) sehr klein, damit sie sich gut eingraben können; Baumbewohner müssen gut klettern können (zB. Krallen der Eichhörnchen) und dürfen nicht zu schwer sein, weil sie sonst die Äste nicht tragen; viele Tiere tarnen sich zum Schutz vor Feinden, wie das Haselhuhn, welches perfekt am Waldboden, auf Ästen und im Gebüsch getarnt ist.

5.2 Recherchieren & schreiben

Wer war Darwin?

Die SuS recherchieren in Büchern oder im Internet nach der Biographie von Darwin (1809 – 1882). Die gesammelten Infos zu Darwins Lebensweg stellen sie dann entlang einer Zeitachse zusammen und heben die wichtigsten Stationen hervor. Auch die Reise mit der Beagle kann auf einer stummen Weltkarte (https://media.diercke.net/omeda/89090__Erde_Kontinente_und_Ozeane.pdf) eingetragen und ergänzt werden mit der Beschriftung der Kontinente, Meere etc.

Zeit von Darwin

Wer waren die Zeitgenossen Darwins (Herrscher*innen, Politiker*innen, Literat*innen, Komponist*innen)? Die SuS tragen Informationen zusammen und stellen diese einander vor.

zB. Abraham Lincoln, Otto von Bismarck, Karl Marx, Königin Victoria, Vincent van Gogh, ...

Welche Weltereignisse fanden statt? Welche Erfindungen oder Entdeckungen wurden gemacht?

zB. Nationalstaatenbildung/-festigung in Europa; zunehmende Industrialisierung; Zahlreiche Erfindungen wie die des Dynamos, der Zündkerze, der Konservendose, des Portlandzements, der Eisenbahn etc.

Gegenseitige Anpassungen in der Natur

Beim Mehltau findet eine gegenseitige Beeinflussung von Pilz und Getreide statt: Der Pilz kann nur auf dem Getreide wachsen, wenn er dieses erschlossen hat. Er braucht also einen bestimmten Schlüssel dazu, den es zuerst zu entwickeln gilt. Der Wirt wiederum wird sich in jene Richtung entwickeln, damit er nicht zugänglich ist für den Pilz – diese Entwicklung zeigt einen evolutiven Prozess. Kennen die SuS andere Beispiele aus der Natur?

zB. Brutparasitismus: Kuckuck entwickelt Strategien, damit das Kuckucksei und später das Küken möglichst nicht entdeckt wird: Er passt die Eier farblich den Eiern der Wirtsvögel an. Auf der anderen Seite entwickeln Wirtsvögel Abwehrmechanismen, damit das Ei, oder später das Junge erkannt und aus

dem Nest gestossen wird: Beispielsweise wird die Eiablage genauer kontrolliert, auf ausgewachsene Kuckucksvögel feindlich reagiert, oder die Nester werden versteckt.

zB. Viren und Immunsystem: Viren werden vom Immunsystem über die Oberflächenproteine erkannt. Viren mutieren laufend und wenn eine neue Mutation vom Immunsystem schlechter erkannt wird, ist diese erfolgreicher und löst eine 'alte Variante' des Virus ab. Das Immunsystem des Wirts passt sich der neuen Mutation ebenfalls an und kann diese dann auch erkennen und bekämpfen.

zB. Jäger-Beute-Verhalten: Fluchttiere entwickeln unterschiedliche Strategien um den Beutetieren besser zu entkommen (z.B. Hakenschlagen beim Feldhasen) und im Gegenzug sind die Jäger auf ihre bevorzugte Beute spezialisiert (z.B. Schnelligkeit, Wendigkeit, Fokus auf kranke oder alte Tiere).

Familienstammbaum

Die SuS erstellen einen Stammbaum ihrer Verwandtschaft. Dabei lohnt es sich, die Verwandtschaft bis mindestens zur Generation der Urgrosseltern zurück zu verfolgen. Auftretende Schwierigkeiten werden diskutiert. Warum wird es mit jeder Generation kniffliger?

zB. ist es schwierig, die Übersicht zu behalten; Personen die man befragen sollte leben nicht mehr; Geschwister der Vorfahren sind teilweise unbekannt (nur noch Hauptlinie überliefert); Ledige Namen sind nicht mehr bekannt; Identische Vor- und Nachnamen in mehreren Generationen, verschiedene Schreibweisen im Laufe der Zeit für denselben Namen, etc.

6. Aktivitäten und Aufträge in der Ausstellung

6.1 Möglicher Ablauf

Zyklus 3

- ◇ Kurze gemeinsame Einführung; worum geht es in der Ausstellung?
- ◇ Bei der Einführungsstation Felsentaschenmaus: Besprechung der wichtigsten Begriffe; Was bedeutet Evolution, Selektion, Mutation und vererbte Vielfalt?
- ◇ Aufteilung in Kleingruppen. Jede Gruppe widmet sich einem Forschungsprojekt und füllt die entsprechende Seite des "Forschungshefts" aus
- ◇ Überprüfen des Erlernten mit dem Arbeitsblatt "Kreuzworträtsel" oder mit einigen "Richtig oder falsch?"-Aussagen

Evolution in den Dauerausstellungen

Wie bereits erwähnt (S. 7), ist die Sonderausstellung auf Jugendliche und Erwachsene ausgerichtet. Unsere Ideen und Aufträge für Zyklus 1 und 2 sind deshalb an unsere Dauerausstellungen angelehnt.

Zyklus 1

Thema: Anpassungen an die Umwelt (& Artenvielfalt)

- ◇ Am Beispiel des Lebensraums Wald:
Die Tiere im EG kennenlernen: Welche leben im Wald? Wieso haben im Wald so viele Tiere Platz? Welche Lebensräume bietet der Wald? Wie müssen die Tiere angepasst sein, um dort zu leben? (Körperbau, Körpergröße etc.)
- ◇ Wieso können so viele Tiere koexistieren?
Welche Lebensräume sind bekannt? Wie sehen wir den Tieren an, wie oder wo sie leben? (z.B. Flügel -> Leben in der Luft; Schwimmhäute; Leben im Wasser; etc.). Lösen des Auftragsblatts "Anpassungen an die Umwelt" im EG (einfacher) oder 1. OG (etwas schwerer). Danach suchen die SuS weitere Tiere mit Merkmalen, die uns etwas über ihre Lebensweise erzählen.

Zyklus 2

Thema: Artenvielfalt (& Anpassungen an die Umwelt)

- ◇ Wieso können so viele Tiere koexistieren?
Zusammentragen, welche Lebensräume bekannt sind. Wie sehen wir den Tieren an, wie oder wo sie leben? (z.B. Flügel -> Leben in der Luft; Schwimmhäute; Leben im Wasser; etc.). Lösen des Auftragsblatts "Anpassungen an die Umwelt" im EG oder 1. OG. Danach suchen die SuS weitere Tiere mit Merkmalen, die uns etwas über ihre Lebensweise erzählen.

Thema: Ordnungssysteme

- ◇ Säugetiere
Welche Tiere sehen wir hier? Wie ist die Ausstellung im Erdgeschoss aufgebaut? Wie sind die Tiere gruppiert? Nach einem kurzen gemeinsamen Zurechtfinden versuchen die SuS, das Auftragsblatt "Ordnungssysteme" zu lösen.
- ◇ Wirbeltiere
Die Dauerausstellungen bieten es an, die Wirbeltiere genauer unter die Lupe zu nehmen: Was sind die Gemeinsamkeiten aller Wirbeltiere? Was unterscheidet die verschiedenen Klassen voneinander? Nach einem Überblick über die verschiedenen Klassen im 1. OG können im EG die Säugetiere noch detaillierter angeschaut werden.

6.2 Arbeitsblätter

Anpassungen an die Umwelt

Dauerausstellung, EG

Zyklus 1, 2

Manchmal sehen wir den Tieren an, wo oder wie sie leben.

1. Suche die Fotos im Erdgeschoss. Wie heissen die fotografierten Tiere?
2. Woran haben sich diese Tiere (mithilfe der fotografierten Körperteile) speziell angepasst?



Name: _____

Anpassung: _____



Name: _____

Anpassung: _____



Name: _____

Anpassung: _____



Name: _____

Anpassung: _____

Manchmal sehen wir den Tieren an, wo oder wie sie leben.

1. Suche die fotografierten Vögel in der Vogelvitrine. Wie heißen sie?
2. Woran haben sich diese Vögel (mithilfe der fotografierten Körperteile) speziell angepasst?
Bei den ersten 2 Bildern geht es um den Schnabel.



Name: _____

Anpassung: _____



Name: _____

Anpassung: _____



Name: _____

Anpassung: _____

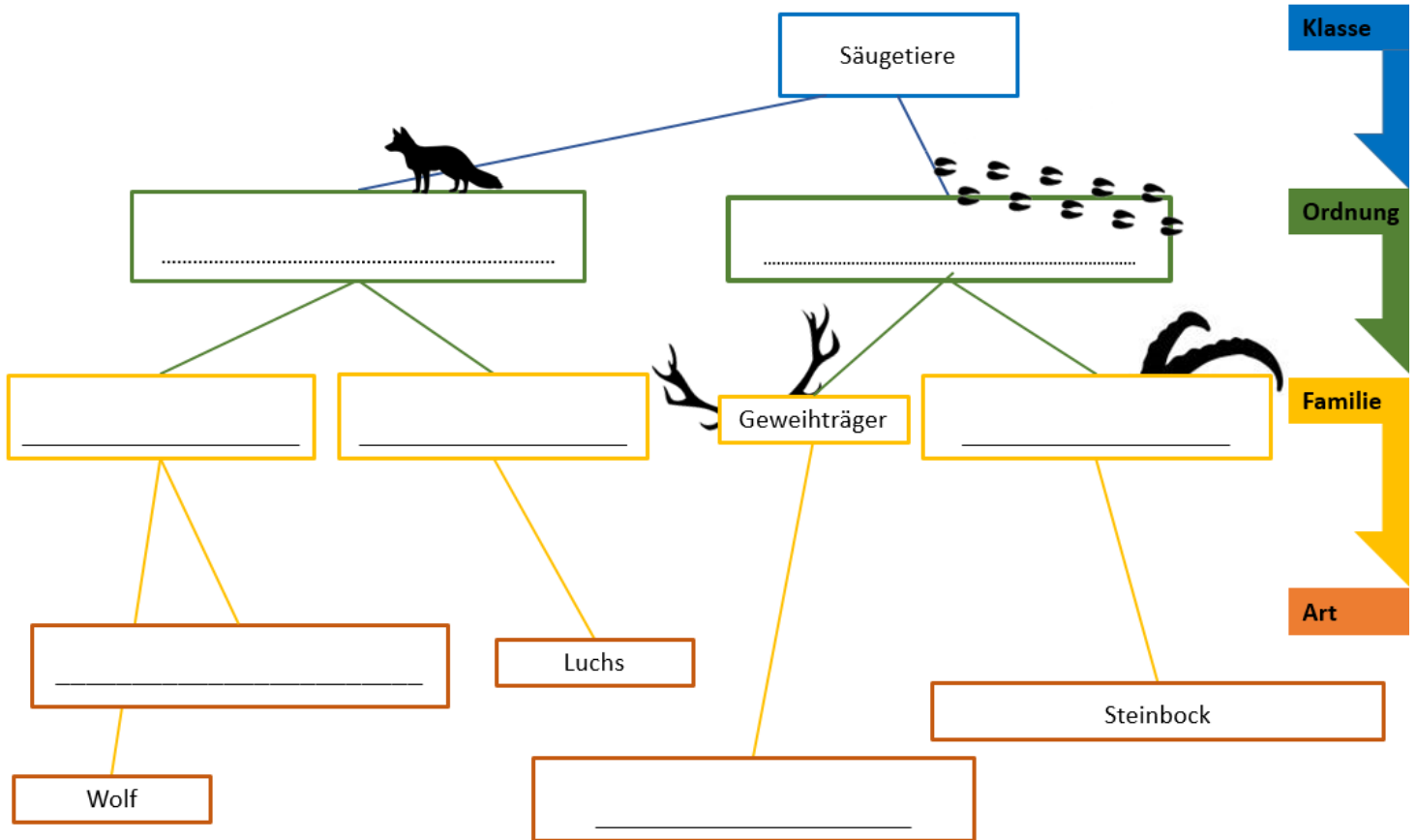


Name: _____

Anpassung: _____

- Schaue dich in der Dauerausstellung um. Du siehst hier alle Säugetiere, die es in Graubünden gibt. Versuche die Lücken im Stammbaum zu füllen.

Tipp: Die Tiere derselben Ordnung stehen in der Ausstellung immer beieinander. Die Namen der Ordnungen stehen gross an den Wänden.



- Was sind die typischen Merkmale der Gruppen, der der Luchs angehört? Ergänze:

Klasse: Säugetiere

alle Säugetiere haben ein Fell
Säugetiere sind lebendgebärend
sie säugen ihre Jungen mit Milch

Ordnung:

.....

Familie:

.....

Finde die Unterschiede

Zyklus 1,2

Suche die 10 nachteiligen Merkmale in der Steinbock-Kolonie auf dem rechten Bild.
Wenn du magst, kannst du die Steinböcke ausmalen!

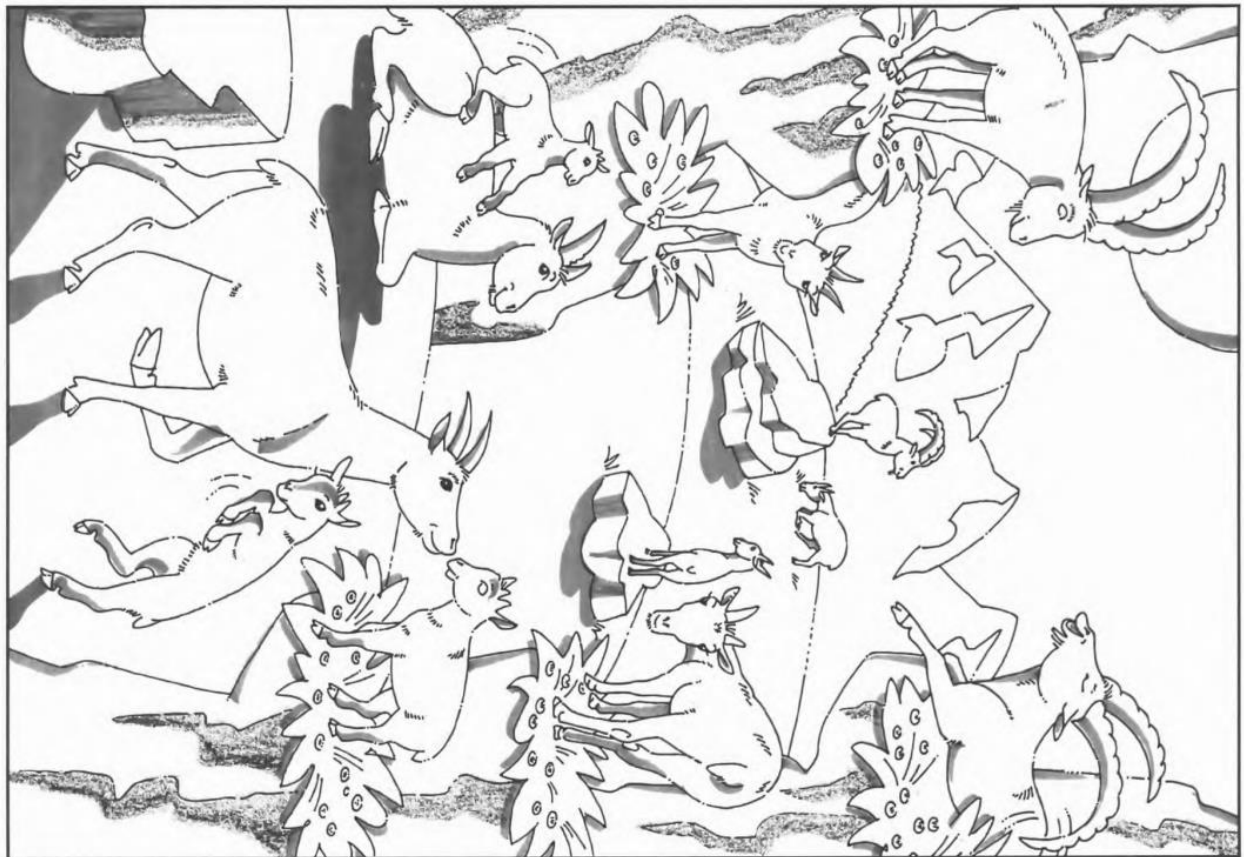


Illustration: Maja Bläsi

Richtig oder falsch?

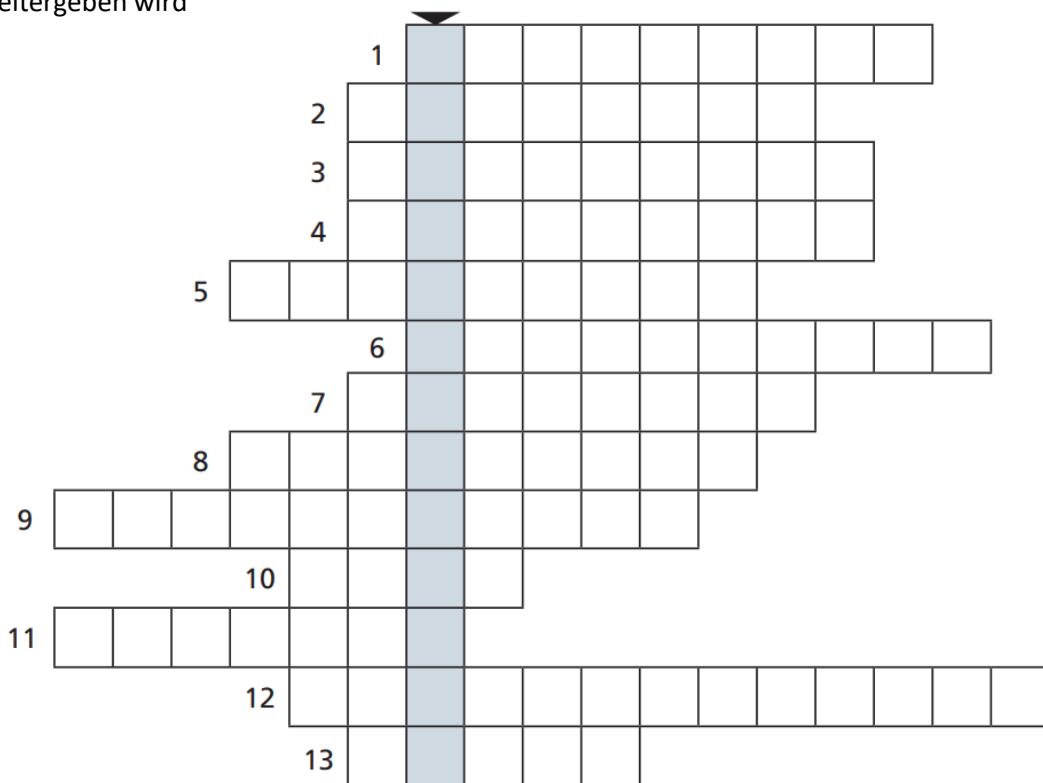
Zyklus 3

Kreuze das linke Kästchen an, wenn du denkst, dass es richtig ist. Wenn du denkst, dass die Aussage nicht stimmt, kreuze das rechte Kästchen an.

- | | richtig | falsch |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1. Helle Felsentaschenmäuse haben immer einen Vorteil. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Helle und dunkle Felsentaschenmäuse sind zu vergleichen mit dicken und dünnen. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Stumme Pazifik-Feldgrillen haben einen Vorteil; sie werden nicht von Parasiten gehört. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Das Überleben der Turks-und-Caicos-Echsen ist abhängig von ihren Füßen. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Die Evolution ist längst abgeschlossen. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. Für die Evolution braucht es Gene, die an die Nachkommen weitergegeben werden. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. Der Triticale-Mehltau entstand vor der Triticale-Wirtspflanze. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8. Steinböcke waren in der ganzen Schweiz ausgerottet. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9. Die Vielfalt der Gene (genetische Variabilität) ist bei den Steinböcken gering. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10. Welches Merkmal in der Natur überlebt, ist Zufall. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 11. Mutationen entstehen in der Natur zufällig. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 12. Die Natur möchte möglichst viele Arten haben. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 13. Indem viel Antibiotika verabreicht wird, entstehen vermehrt resistente Bakterien. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 14. Wirbelstürme haben bei der Turks-und-Caicos-Echse einen Einfluss auf die Ausbildung gewisser Merkmale. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 15. Dass gewisse Grillen-Männchen nicht zirpen können, ist zufällig entstanden. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 16. Antibiotika-Resistenzen haben für uns Menschen keine negativen Folgen. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 17. Der Begründer der Evolutionstheorie hiess Bill Darwin. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 18. Darwins Theorie löste eine Welle der Empörung aus – vor allem in Kirchenkreisen. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 19. Der Mensch greift nicht in evolutive Prozesse ein. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Lies die Sätze und schreibe deine Antwort in die vorgesehenen Kästchen. Die Antworten findest du alle in der Ausstellung. (ä= ä)

1. Den Überlebens- und Fortpflanzungsvorteil, den eine helle Taschenmaus gegenüber einer dunklen Taschenmaus auf Sandboden hat
2. Wenn neue Varianten eines Merkmals zufällig und spontan auftreten
3. Eine Mischform zwischen Weizen und Roggen
4. So nennt man den Prozess, der die Entwicklung aller Lebensformen beschreibt
5. Wenn Bakterien ein Antibiotikum überleben, nennt man das Antibiotika-...
6. Ohne ... Vielfalt gäbe es keine Evolution und keine Artenvielfalt
7. Wie nennt man die Haftscheiben bei der Turks-und-Caicos-Echse?
8. So nennt man das Prinzip, mit welchem nur ein spezieller Mehltau-Pilz das entsprechende Getreide aufschliessen kann: das ...-Schloss-Prinzip
9. In der Schweiz nehmen Menschen täglich 100 kg ... ein
10. Nachteilige Merkmale wie beispielsweise eine höhere Anfälligkeit der Erkrankung der ... oder Gamsblindheit treten in Steinbock-Populationen immer wieder auf
11. Der Selektionsfaktor bei der Pazifik-Feldgrille ist ein ...
12. Zufällige Mutationen bringen bei der Pazifik-Feldgrille immer wieder Männchen mit verkleinerter ... hervor
13. Die Fellfarbe der Felsentaschenmaus ist ein Merkmal, welches in den ... verankert ist und weitergegeben wird



Lösungswort



Wie lautet das Ende des Spruchs? Von wem stammt der Satz und was beschreibt er?

6.3 Lösungen zu den Arbeitsblättern

Anpassungen an die Umwelt, Erdgeschoss

Die Hufe der Gämse sind angepasst an das Klettern in steilen Felswänden.

Die Hinterfüsse des Bibers dienen mit den Schwimmhäuten als Antrieb im Wasser.

Die Stacheln des Igels schützen vor Fressfeinden.

Die grossen Krallen an den Vorderfüssen helfen dem Dachs beim Graben der Höhlen.

Anpassungen an die Umwelt, 1. OG

Der Grünspecht braucht seinen langen, kräftigen Schnabel, um Löcher in morsches Holz zu schlagen und im Boden oder in Ameisenhaufen nach Nahrung zu stöbern.

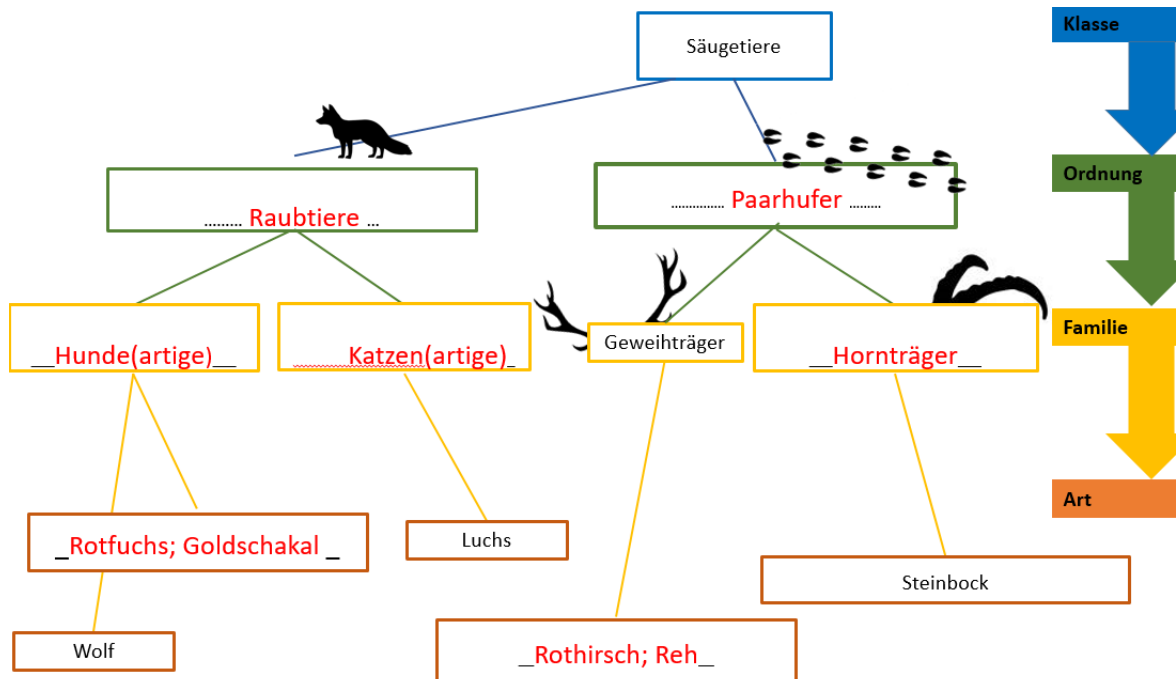
Den pfeilartigen Schnabel des Eisvogels braucht er, um im Wasser Fische zu fangen.

Dank der Schwimmhäute kann sich der Gänsesäger im Wasser perfekt fortbewegen.

Die Schleiereule braucht gute Füsse mit grossen Krallen, um ihre Beutetiere festzuhalten.

Ordnungssysteme

1.



2. **Ordnung:** Raubtiere sie fressen Fleisch (einige fast ausschliesslich, andere sind Allesfresser); sie haben das typische Raubtiergebiss mit den spitzen Eckzähnen
- Familie:** Katzen Körperbau; sie sind alle Räuber; Augen (gross und nach vorne gerichtet); Schädel (klein, rundlich); Gesicht (kurz, flach); Pfoten (Krallen einziehbar, Zehengänger)

Finde die Unterschiede



Richtig oder falsch?

1. x, 2. x, 3. ✓, 4. ✓, 5. x, 6. ✓, 7. x, 8. ✓, 9. ✓, 10. x, 11. ✓, 12. x, 13. ✓, 14. ✓, 15. ✓, 16. x, 17. x, 18. ✓, 19. x

Erklärungen zu den falschen Aussagen: 1 Das stimmt für helle Mäuse auf hellem Sandboden, nicht aber für helle Mäuse auf dunklem Lavaboden. Da werden sie eher entdeckt. // 2 Hell und dunkel ist genetisch vererbbar, dick und dünn nicht. // 5 Evolution ist ein andauernder Prozess. // 7 zuerst gab es den Wirt, also die Triticale-Getreidesorte und erst danach den Mehltau. Hätte es ihn früher gegeben, hätte er nicht überlebt. 10 Merkmale, die in der Natur vorherrschen, sind nie zufällig. Sie dienen der guten Anpassung an einen Lebensraum oder werden von Weibchen bevorzugt (sexuelle Selektion). // 12 Die Natur hat kein Ziel. // 16 Je mehr Resistenzen bestehen, desto weniger gut wirken Antibiotika, desto höher wird das Sterberisiko bei bakteriellen Erkrankungen. // 17 Charles Darwin // 19 Durch Zucht, Jagd, Auswilderung etc. greift der Mensch in evolutive Vorgänge ein.

Kreuzworträtsel

1	Selektion	8	Schlüssel
2	Mutation	9	Antibiotika
3	Triticale	10	Hufe
4	Evolution	11	Parasit
5	Resistenz	12	Schrilleiste
6	vererbbar	13	Genen
7	Lamellen		

Lösungswort: Survival of the ... fittest

Gemäss Evolutionstheorie überleben die am besten angepassten Individuen. Der Spruch wurde vom Sozialphilosophen Herbert Spencer geprägt und von Charles Darwin übernommen und daraus der Begriff der natürlichen Selektion abgeleitet.

6.4 Forschungsheft

Mit dem Forschungsheft über die nächsten 4 Seiten können die SuS in Kleingruppen selbstständig die Ausstellung erforschen und sich danach über das Gelernte austauschen.

Zyklus 3

evolution happens!

Ohne **vererbare Vielfalt** und **Selektion** oder zufällige Veränderungen, keine **Evolution**.



Dieses Heft gehört:

Lernziele zum Besuch der Sonderausstellung «evolution happens»

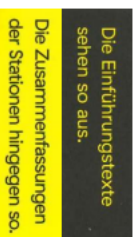
- ✓ Sie beschreiben an einem konkreten Beispiel, welche Faktoren wichtig sind, damit Evolution stattfindet.
- ✓ Sie können an einem neuen, unbekanntem Beispiel dieses Wissen anwenden und die Faktoren bezeichnen.

Wie finden Sie sich zurecht?

Die Ausstellung besteht aus 7 Stationen (Einführungsstation mit der Felsentaschenmaus und 6 weitere Forschungsbeispiele).

Alle Stationen sind gleich aufgebaut:

- Wenn es um **vererbare Vielfalt** geht, ist dies **grün** hervorgehoben, **Selektion rot** und **Evolution gelb** (vgl. Kopfzeile auf den folgenden Seiten)
- Den gelben Punkten am Boden folgend, werden Sie zum Einführungstext geleitet:
- Eine Zusammenfassung des Themas finden Sie jeweils in diesem Format:
- Die QR-Codes führen jeweils zur Webseite der Forschungsgruppe.
- Sind Sie am Thema interessiert, finden Sie Zusatzinformationen bei diesem Symbol



Auftrag Gruppenpuzzle

1. Sie bearbeiten die zugeteilte Station in Ihrer **Expertengruppe** und stellen sicher, dass alle Gruppenmitglieder die Aspekte «Vererbare Vielfalt», «Selektion» bzw. «Zufällige Veränderungen» und «Evolution» des Beispiels erläutern können. Die Aufgaben zu Ihrer Station (vgl. folgende Seiten) helfen Ihnen dabei.
2. In Ihrer **Unterrichtsguppe** stellen Sie sich die einzelnen Stationen gegenseitig vor und ergänzen die entsprechenden Antworten auf den Seiten dieses Hefts.

evolution happens!

Ohne **vererbare Vielfalt** und **Selektion** oder zufällige Veränderungen, keine **Evolution**.

Pazifik-Feldgrille (*Teleogryllus oceanicus*)

VERERBBARE VIELFALT

Auf den hawaiianischen Inseln gibt es zwei verschiedene Typen von Männchen der Pazifik-Feldgrille. Wie unterscheiden sich die beiden Typen?

SELEKTION

Ergänze die Lücken:

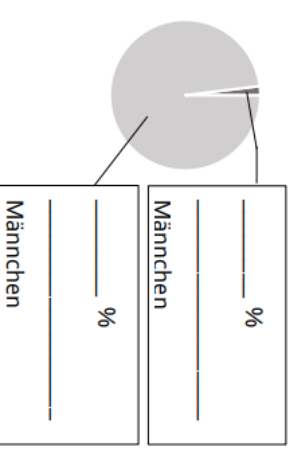
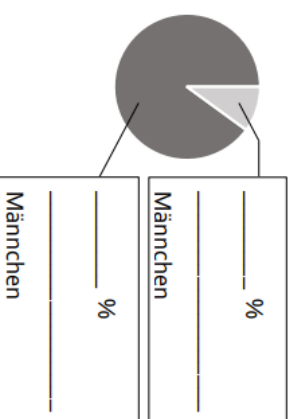
Die parasitische Raupenfliege mit dem Namen _____ legt ihre Eier auf die _____ Grillenmännchen. Die Grillenmännchen werden von den Larven, die aus den Eiern schlüpfen, aufgefressen. Dort, wo die Fliege verbreitet ist, haben also die _____ Männchen einen Vorteil: sie überleben und können sich vermehren.

EVOLUTION

Schau dir die Station genau an und beschrifte die beiden Kreisdiagramme zu den männlichen Pazifik-Feldgrillen auf den hawaiianischen Inseln.

Insel: _____

Insel: _____



evolution happens!

Ohne  vererbare Vielfalt und  Selektion oder zufällige Veränderungen, keine  Evolution.

Turks-und-Caicos-Echse (*Anolis scriptus*)

VERERBBARE VIELFALT

Wie unterscheiden sich die Füsse der einzelnen Turks-und-Caicos-Echsen voneinander? Studiere die Infografik und das Heft.

SELEKTION

Schaue ins aufgelegte Forschungsheft!

- a. In welchem Jahr zogen die beiden Wirbelstürme Irma und Maria über die Turks-und-Caicos-Inseln?

b. Welche Windgeschwindigkeiten können solche Wirbelstürme erreichen?

über _____ km/h

EVOLUTION

Kreuze an, welche Echsen die Wirbelstürme eher überlebt haben:

- Echsen mit kleinen Haftschleiben und kurzen Vorderbeinen
- Echsen mit grossen Haftschleiben und langen Vorderbeinen

evolution happens!

Ohne  vererbare Vielfalt und  Selektion oder zufällige Veränderungen, keine  Evolution.

Echter Mehltau der Gräser (*Blumeria graminis*)

VERERBBARE VIELFALT

Vom Echten Mehltau der Gräser gibt es verschiedene Spezialformen. Jede Spezialform ist auf eine bestimmte Getreidesorte spezialisiert. Finde mit Hilfe der Schlüssel und Schlüssellöcher heraus, welche Spezialform auf welche Getreidesorte spezialisiert ist. Wenn die Kombination von Schlüssel und Schlüsselloch stimmt, dann leuchtet der Text. Verbinde dann die Spezialform mit der passenden Getreidesorte:

Tritici	Roggen (<i>Secale</i>)
Secalis	Gerste (<i>Hordeum</i>)
Triticale	Hafer (<i>Avena</i>)
Hordei	Weizen (<i>Triticum</i>)
Avenae	Triticale

SELEKTION

Mit der Getreideart Triticale schuf der Mensch eine geeignete Wirtspflanze für eine neue Spezialform des Mehltaus. Welche beiden Getreide wurden gekreuzt, um Triticale zu erhalten?

_____ und _____

EVOLUTION

Ergänze die Lücken:

Der Triticale-Mehltau tauchte in der Schweiz das erste Mal im Jahr _____ auf. Forscher der Universität Zürich haben herausgefunden, dass der Triticale-Mehltau durch eine Kreuzung aus dem Mehltau, der auf _____ spezialisiert ist und demjenigen, der auf _____ spezialisiert ist, entstanden ist.

evolution happens!

Ohne vererbare Vielfalt und Selektion oder zufällige Veränderungen, keine Evolution.

Antibiotikaresistenzen

VERERBBARE VIELFALT

Ein einzelnes Bakterium kann innerhalb von wenigen Stunden eine ganze Kolonie gründen. Bei dieser schnellen Vermehrung schleichen sich oft Fehler in das Bakterienerbgut ein. Man spricht dabei von Mutationen.

Wie viele Mutationen sind in einer Bakterienkolonie, die seit Tagesanbruch wächst, bis jetzt entstanden? (Tipp: Zähler oberhalb der Säule)

SELEKTION

In der Schweiz nehmen die Menschen pro Tag fast 100 kg Antibiotika zu sich. Die Säule zeigt dir, wie viele einzelne Portionen dies ungefähr sind.

Schätzfrage: Wie viele Kapseln sind in der Säule ausgestellt?

EVOLUTION

Ergänze die Lücken:

Das erste Antibiotikum, das entdeckt wurde, heisst _____. Antibiotika sind Medikamente, die krankheitserregende _____ abtöten sollen.

Wenn Antibiotika dieses Ziel bei einem Krankheitserreger nicht erreichen, dann sagt man, dieser Krankheitserreger ist _____. Für das Jahr 2050 erwartet man, dass weltweit mehr als _____ Menschen wegen Antibiotikaresistenzen sterben werden.

evolution happens!

Ohne vererbare Vielfalt und Selektion oder zufällige Veränderungen, keine Evolution.

Rübsen (*Brassica rapa*)

VERERBBARE VIELFALT

Auf dem Rübsenfeld hat es grosse und kleine Blüten. Lies nach, wie sich die Pflanzen mit solchen Blüten voneinander unterscheiden.

Grosse Blüten	Kleine Blüten
• _____	• _____
• _____	• _____
• _____	• _____

SELEKTION

Kreuze an, was auf die beiden Insekten zutrifft:

- | | |
|---|---|
| Hummeln... | Schwebfliegen |
| <input type="checkbox"/> ...besuchen am liebsten kleine Blüten. | <input type="checkbox"/> ...besuchen am liebsten kleine Blüten. |
| <input type="checkbox"/> ...besuchen am liebsten grosse Blüten. | <input type="checkbox"/> ...besuchen am liebsten grosse Blüten. |
| <input type="checkbox"/> ...besuchen alle Blüte gleich häufig. | <input type="checkbox"/> ...besuchen alle Blüte gleich häufig. |



EVOLUTION

Verschiebe den Regler beim Rübsenfeld und schaue dir dabei die aufleuchtenden Blüten genau an. Was beobachtest du?

Wenn nur Hummeln auf dem Feld sind (Regler ganz links), dann...

Wenn nur Schwebfliegen auf dem Feld sind (Regler ganz rechts), dann...

evolution happens!

Ohne  **vererbbare Vielfalt** und  **Selektion** oder zufällige Veränderungen, keine  **Evolution**.

Steinbock (*Capra ibex*)

VERERBBARE VIELFALT

Einzelne Steinböcke unterscheiden sich voneinander, genauso wie wir Menschen auch alle etwas anders sind. Notiere vier Merkmale, in denen sich einzelne Steinböcke voneinander unterscheiden können. Vorschläge findest du an der Station!

- _____
- _____
- _____

ZUFÄLLIGE VERÄNDERUNG

Die vererbbare Vielfalt in einer Population einer Art kann sich über die Zeit auch zufällig verändern, zum Beispiel wenn Steinböcke nicht nach bestimmten Merkmalen gejagt werden oder wenn man die Tiere für die Wiederansiedlung nach dem Zufallsprinzip auswählt.

Woher stammen die Steinböcke, aus denen man in Schweizer Zoos und Tierparks Tiere für die Wiederansiedlung herangezüchtet hat?

EVOLUTION

Auf dem Gebiet der Schweiz gibt es heute wieder Steinböcke. Welches Problem hat aber unsere Steinbockpopulation? Kreuze die richtige Antwort an.

- Die Tiere sind alle sehr klein.
- Es sind weniger als 1.000 Tiere.
- Die vererbbare Vielfalt der Population ist sehr klein und nachteilige Merkmale haben sich angehäuft.
- Es sind fast nur Männchen.

Vervollständigen Sie den Lückentext mit den fehlenden Wörtern: nicht zufällig / Optimierung / genetisch / Fortpflanzungsvorteil / Ziel / steigt / zufällig

Zusammenfassung

In einer Population gibt es eine grosse Vielfalt unter den Individuen. Diese Vielfalt ist _____ bedingt und daher vererbbar.

Evolution beschreibt den Prozess der genetischen Veränderung von Populationen von Lebewesen im Laufe der Zeit. Evolution hat kein _____ und keine _____ im Sinn.

Mutationen sind Veränderungen im Erbgut von Individuen, die beispielsweise beim Kopieren des Erbguts passieren können. Mutationen passieren _____.

Manchmal, aber nicht immer, führen Mutationen zu Merkmalsänderungen (z.B. Fellfarbe), die unter bestimmten Bedingungen den Trägern der Mutationen einen Überlebens- und damit einen _____ geben können (Selektion). Ist das der Fall, _____ mit der Zeit der Anteil der Träger solcher Mutationen in der Population: Evolution findet statt.

Selektion ist _____: Die Schleiereule fängt nicht irgendwelche Felsentaschenmäuse, sie fängt diejenigen, die sie am besten sieht (vgl. Sugus-Spiel).

Was hat Ihnen an der Ausstellung besonders gut gefallen oder was hat Sie erstaunt?

Lösungen Forschungsheft

Pazifik-Feldgrille

- VV** Die einen Grillenmännchen können zirpen, die anderen nicht.
- S** *Ormia ochracea*; zirpenden; stummen
- E** Insel Kaua'i (links): 10 % zirpende Männchen und 90 % stumme Männchen
Insel Hawai'i (rechts): 2 % stumme Männchen und 98 % zirpende Männchen

Turks-und-Caicos-Echse

- VV** Die einzelnen Echsen besitzen an ihren Füssen unterschiedlich grosse Haftpolster.
- S** a. 2017; b. 260 km/h
- E** Echsen mit grossen Haftscheiben und langen Vorderbeinen

Echter Mehltau

- VV** Tritici – Weizen (*Triticum*)
Secalis – Roggen (*Secale*)
Triticale – Triticale
Hordei – Gerste (*Hordeum*)
Avenae – Hafer (*Avena*)
- S** Weizen und Roggen
- E** 2001; Weizen; Roggen

Antibiotika

- VV** individuelle Lösung, je nach Zeitpunkt
- S** 96'000 Kapseln. So viele Antibiotika-Dosen werden von der Schweizer Bevölkerung täglich zu medizinischen Zwecken eingenommen.
- E** Penicillin; Bakterien; (antibiotika)resistent; 10 Millionen

Rübsen

- VV** Grosse Blüten: grossgewachsen; intensiver Duft; hoher UV-reflektierender Farbanteil
Kleine Blüten: kleingewachsen; schwacher Duft; tiefer UV-reflektierender Farbanteil
- S** Hummeln...besuchen am liebsten grosse Blüten.
Schwebfliegen...besuchen alle Blüten gleich häufig.
- E** ... nimmt der Anteil an grossen Blüten im Feld zu. -> mehr grossgewachsene Pflanzen mit intensivem Blütenduft und hohem UV-reflektierenden Farbanteil
... kommen etwa gleich viele grosse und kleine Blüten auf dem Feld vor. -> keine Veränderung in eine bestimmte Richtung

Steinbock

- VV** z.B. Körpergrösse, Fellfarbe, Hornlänge; aber auch Anfälligkeit gegenüber Krankheitserregern
- S** Sie stammen aus dem Gran Paradiso Nationalpark in Italien.
- E** Die vererbte Vielfalt der Population ist sehr klein und nachteilige Merkmale haben sich angehäuft.

Zusammenfassung

genetisch; Ziel; Optimierung; zufällig; Fortpflanzungsvorteil; steigt; nicht zufällig

7. Literatur und Links

Museumsshop

Alle mit * markierten Artikel sind im Museumsshop zu finden.

Sachliteratur

*Über die Entstehung der Arten

Jazzybee Verlag, Charles Darwin, 2016

Leben – Verblüffende Erfindungen der Evolution.

THEISS, Lane, S., 2015

*Warum die Giraffe nicht in Ohnmacht fällt

Diogenes, Rundell, K., 2023

*Insekten – Erfolgsmodelle der Evolution

Springer Verlag, Gnatzy, W., 2023

Unterrichtshilfen und –Materialien

Evolution verstehen

schulverlag blmv, Wilhelm, M., 2009

Evolution - Leben im Wandel

Kantonaler Lehrmittelverlag St.Gallen, Bürgin, T., 2006

Kinder- und Bilderbücher

Abenteuer Evolution

Reihe: Was ist was, Tessloff Verlag, Baur, M., 2020

*Evolution – Ein Mitmachbuch

Hanser C., Radeva, S., 2021

Ab 6 Jahren

*Darwins Entstehung der Arten

Hanser C., Radeva, S., 2019

Ab 5 Jahren

Evolution für Babys

Loewe Verlag GmbH, Ferrie, Ch. & Florance, C., 2019

Der Baum des Lebens – ein Bilderbuch über das Leben von Charles Darwin

Hanser Verlag, Sis, P. & Schickert, H., 2004

Links

evolutionoflife09 – Kanal auf YouTube

Trickfilme für SuS und Lehrpersonen

Filme

Darwins Reise zur Evolution

Planet schule, SWR, verfügbar in der ARD Mediathek

Ein viertelstündiger Film über die Reise Darwins und einige seiner Entdeckungen