



NATUR  
HISTORI  
SCHES  
MUSEUM  
BERN

Neue Dauerausstellung

Didaktische Unterlagen

Wunderkammer



— Die Schausammlung

Fotografie: Nelly Rodriguez

[www.nmbe.ch](http://www.nmbe.ch)



Eine Institution der  
Burgergemeinde  
Bern

# Einleitung

Kostbare und empfindliche wissenschaftliche Sammlungen befinden sich normalerweise gut geschützt in einfach zu überwachenden und klimatisierbaren, erdbeben- und feuerfesten, diebstahl- und vandalensicheren, dunklen Kellergeschossen, wo nur Forschende Zutritt haben. Das Naturhistorische Museum Bern zeigt mit der Ausstellung *Wunderkammer - die Schausammlung* als erste Forschungsinstitution der Schweiz einem breiten Publikum eine einmalige, echte, unersetzbare und erst noch lichtempfindliche Nasssammlung von zoologischen Präparaten in einem öffentlich zugänglichen Obergeschoss, nicht temporär sondern auf unbegrenzte Zeit.

Für die Schulen öffnet sich damit ein Einblick:

1. in ein weitgehend unbekanntes Teilgebiet der **Biodiversität**,
2. in den grundlegenden Sinn und Zweck des **wissenschaftlichen Sammelns** in einer biologischen Forschungseinrichtung sowie
3. in die zunehmend wichtiger werdende gentechnische Methodik der **Artbestimmung mittels Barcoding**.

Die vorliegenden didaktischen Unterlagen sollen dazu anregen und ermöglichen, sich mit diesen drei Themenkreisen vertiefend zu befassen, ihre Bedeutung für das Leben einzuordnen und zu verstehen. In der Ausstellung können damit folgende **Kompetenzen des Lehrplans 21** angesprochen werden:

## 1./2. Zyklus

NMG 2.4 (4) *Die SuS können die Artenvielfalt von Pflanzen und Tieren erkennen und sie kategorisieren*

## 3. Zyklus

NT.8.1 *Die SuS können die Artenvielfalt in Beziehung zur Evolutionstheorie setzen. Sie kennen 3a) biologische Ordnungssysteme, 3b) Mutation, Rekombination, Selektion, 3c) Artkonzept*

NT.8.3 *Die SuS können Grundlagen der Genetik analysieren und erklären. Sie kennen 3a) Molekulare Genetik: DNA, Gene, Proteine, 3b) Prinzip der Gentechnik*

NT 9.1/2 *Die SuS können aquatische und terrestrische Ökosysteme...charakterisieren und beurteilen*

Die Aufträge und Zusatzinformationen richten sich also vorwiegend an SuS des 3. Zyklus. Die für Zyklus 2 geeigneten Aufträge finden sich auf mit  gekennzeichneten Seiten. Einige Aufgaben lassen sich auch im Zyklus 1 lösen (Seite markiert mit .

Um Aufträge an die spezifischen Bedürfnisse einer Klasse anzupassen und nur einzelne Fragen und Aufträge auszuwählen, werden die Arbeitsblätter zusätzlich zum PDF auch als Word-Doc zum Download bereitgestellt.

Wegen der Empfindlichkeit auf Dauerlicht ist die Beleuchtung in der Ausstellung so stark reduziert, dass nicht alle Objekte erkennbar und Etiketten oft nicht lesbar sind. Die SuS dürfen deshalb jeweils eine Taschenlampe benutzen (z.B. Handy).

Für kritische Rückmeldungen, Korrekturen und konkrete Ergänzungsvorschläge zu diesem Material sind wir dankbar und nehmen sie unter [pica@nmbe.ch](mailto:pica@nmbe.ch) gerne entgegen.

Wir wünschen Ihnen einen kognitiv erhellenden und auch ästhetisch erfreulichen Besuch mit vielen Neuentdeckungen.

Im November 2020 das Team *Bildung & Vermittlung des Naturhistorischen Museums Bern* (erstellt von Martin Ryser).

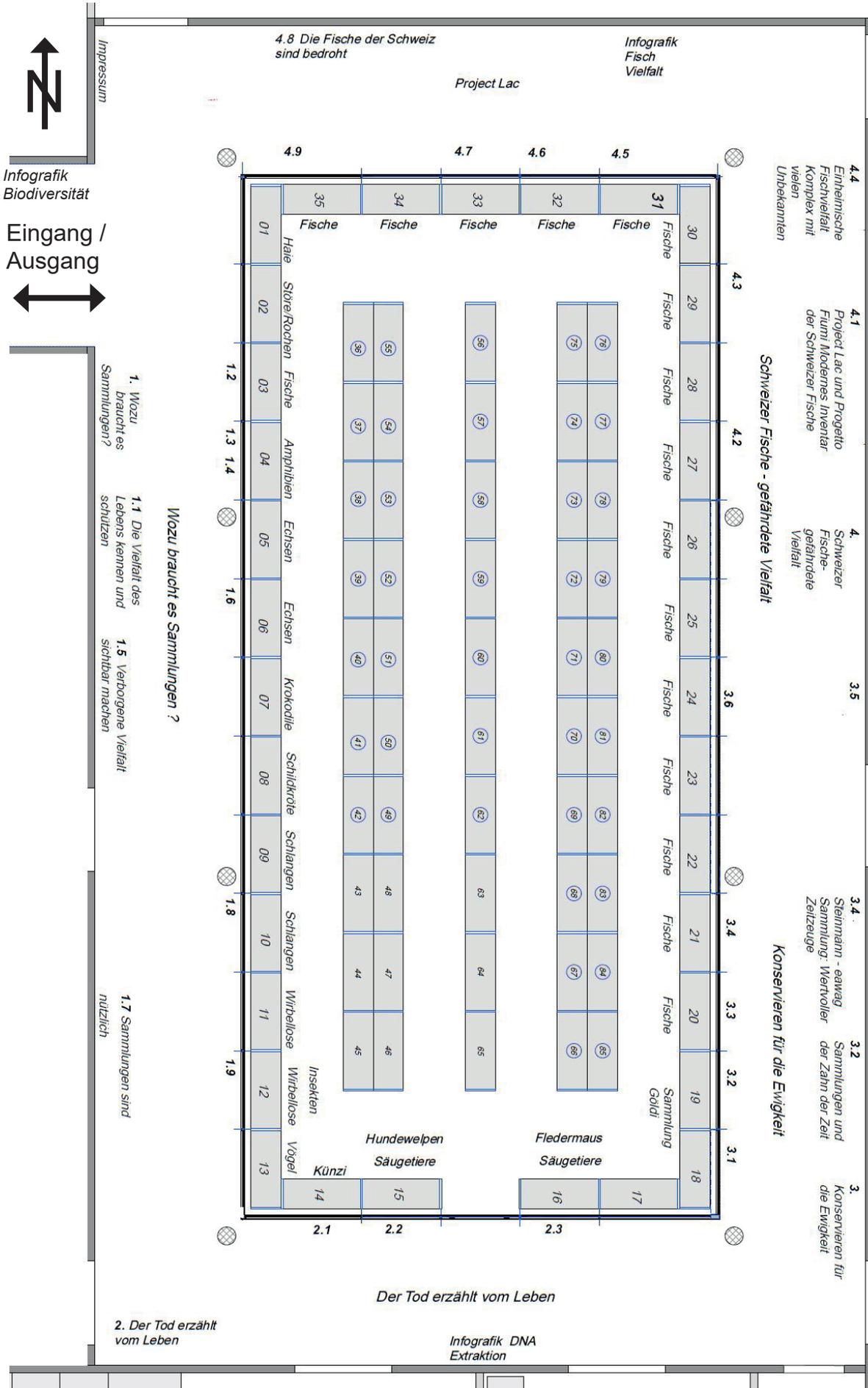
## Inhaltsverzeichnis

Einleitung	2
Ausstellungsplan	4
Vom Sammelsurium zur Sammlung	5
Wozu braucht es Sammlungen?	7
Infografik Biodiversität	9
Biodiversität, etwas genauer	11
DNA extrahieren - ganz einfach selber machen	13
Barcoding 1	14
Barcoding 2	16
Schönheit als Anfang des Schrecklichen	18
Der Tod erzählt vom Leben	20
Konservieren für die Ewigkeit	22
Was ist das im Glas?	24
Schweizer Fische - gefährdete Vielfalt	26



# Ausstellungsplan

mit Nummern der Texte und Gestelle



## Vom Sammelsurium zur Sammlung

Der Name *Wunderkammer* kam bereits ab 1560 in Gebrauch für Kuriositäten- und Kunstkabinette mit Ansammlungen von besonders „er-staunlichen“ und wunderlichen Gegenständen meist kunsthandwerklicher Art.

Später, vor allem im 18. Jh., kamen *Naturalienkabinette* dazu, in denen der stolze Besitzer seinen Gästen Raritäten aus dem Tier- und Pflanzenreich sowie Mineralien zur Bewunderung präsentierte. Daraus entstanden später die Naturhistorischen Museen.

Durch die Medien erreichen uns in den häufig kaum nachprüfbaren Kurzmeldungen heute pausenlos Kuriositäten aus der Welt der Natur und Kultur und befriedigen unsere „Neu-Gier“.

Eine besondere Zusammenstellung von „Unglaublichem“ gibt es seit über 100 Jahren, täglich und sogar gezeichnet bei B. Ripleys „Believe it or not“:  
<https://www.ripleys.com/cartoons/>



1. Suche drei staunenswerte, zweifelhafte, komische, schräge, verblüffende, dir neue Tatsachen oder Meldungen der letzten Woche aus den Medien, aus dem Museum oder aus dieser Ausstellung. Präsentiere sie schriftlich mit knappen Worten in 1 bis 2 Sätzen und ergänze sie, wenn möglich mit einem Foto oder einem einfachen Scribble.

Die Ausstellung hier ist eine *wissenschaftliche* Sammlung, auch wenn sie öffentlich für alle zugänglich ist.

2. a) Was macht den Unterschied aus zwischen einer wissenschaftlichen Molusken-sammlung gegenüber einer Muschelsammlung aus den Ferien?

2. b) Überlege dir welche Anpassungen dieser Sammlung nötig wurden, damit sie auch für das allgemeine Publikum „geniessbar“ ist?

3. Weshalb gibt es in wissenschaftlichen Sammlungen eigentlich immer so viele Stücke vom Gleichen? Welche der folgenden Antworten stimmen?

- a) Es sind dies Doubletten, die bei anderen Museen gegen neue Stücke getauscht werden können.
- b) Das kommt von der Hoffnung, immer ein noch schöneres Exemplar zu finden.
- c) Sie schauen nur gleich aus, aber beim genauen Betrachten gibt es oft feine Unterschiede. Manchmal sind die Unterschiede genetischer Art und nur im Labor erkennbar.
- d) Beim Sammeln wird alles mitgenommen und man schaut erst zu Hause, was schon vorhanden ist. Doppeltes wegzuwerfen wäre aber schade für den grossen Sammel-aufwand und kostet erst noch Kehrrechtgebühren, so bleibt halt alles da.
- e) Erst durch eine breite Auswahl an Exemplaren der gleichen Art ist die Variabilität erkennbar, d.h. die Unterschiede innerhalb einer Art werden nur so dokumentierbar.
- f) Die Typusexemplare (die eine Art definieren) sind so kostbar, dass man sie unter vielen ähnlichen wertlosen versteckt, damit Diebe sie nicht finden.
- g) Sammlungen werden auch nach der Anzahl Objekte bewertet...Ein Museum mit Millionen von Sammlungsobjekten gilt bei Forschern, Geldgebern und Laien mehr als ein bescheideneres.
- h) Sie dienen als Ersatz, wenn im Laufe der Zeit einzelne Exemplare Schaden nehmen oder in den Riesenmengen von Objekten nicht mehr gefunden werden.



## Lösungen vom Sammelsurium zur Sammlung

1. Eine Kuriosität aus dem Museum wäre zum Beispiel die Geschichte vom Grosswildjäger und Spender der Afrikatiere in diesem Museum, Bernhard von Wattenwyl: Auf der Safari 1924 wurde er von seinem 19. gejagten Löwen so stark verletzt, dass er am nächsten Tag starb. Seine ihn begleitende Tochter vollendete die Safari trotzdem und erlegte die auf der Liste noch fehlenden Tiere fürs Museum. (Bild und Löwenschädel vor den Afrikadoramen im Erdgeschoss)

2.a) Die wissenschaftliche Sammlung umfasst systematisch gefundene oder erworbene Objekte, die eine bestimmte Artengruppe oder eine Gegend abdecken. Immer gehört zu jedem Objekt mindestens Fundort, -datum und Finder. Der Zweck der Sammlung verfolgt eine wissenschaftliche Fragestellung gegenüber dem zufälligen Charakter der Funde, die als Souvenir, wegen ihrer Schönheit oder Seltenheit mitgenommen werden.

2.b) transparente Präsentation auf Glastablaren, Zeigen der attraktiveren Objekte auf der sichtbaren Aussenseite, reduzierte Beleuchtungsstärke wegen längerer Beleuchtungsdauer (bei den besonders beleuchteten „Highlights“ konservatorisch gesehen dennoch langfristig zu viel Licht), verstärkte Kontrolle der Luftfeuchtigkeit, welche mit den Besuchern eindringt, zusätzliche Beschriftungen und Erklärungen, Animationsfilm, Infografiken, didaktisches Material, Fenster ins Labor.

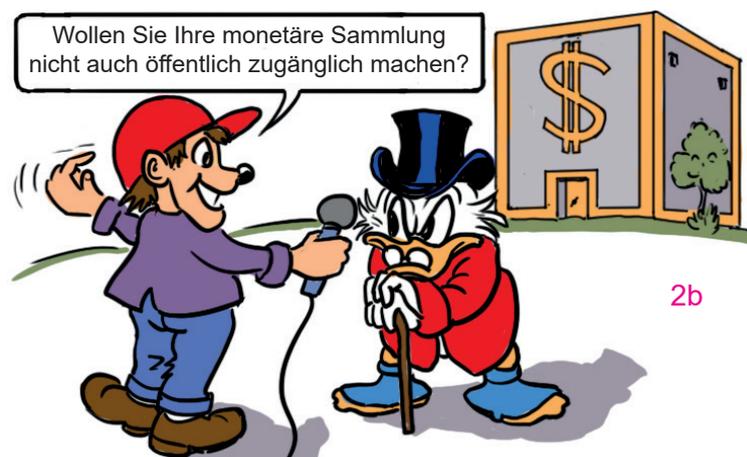
3. Richtig sind c und e



## Wozu braucht es Sammlungen?

1. Notiere dir in Stichworten die 4 wichtigsten Zwecke und Nutzen von wissenschaftlichen biologischen Sammlungen, die dir in den Sinn kommen. Lies danach den Text in der Ausstellung zum Kapitel mit obigem Titel.

2. Und warum sind die Sammlungen in den beiden Cartoons keine wissenschaftlichen Sammlungen?



3.a) Was sind kryptische Arten?

3.b) Nenne drei Beispiele für kryptische Artengruppen, die in der Ausstellung erwähnt werden.

4) Wann spricht man bei zwei Populationen von Lebewesen in der Biologie von zwei verschiedenen Arten? (Mehrfachnennungen sind möglich.)

Wenn sie...

- ...grössere, äusserliche Unterschiede zeigen,
- ...wesentliche genetische Unterschiede aufweisen,
- ...in grosser Distanz von einander leben,
- ...unterschiedliche ökologische Ansprüche an ihren Lebensraum haben,
- ...untereinander keine fruchtbaren Nachkommen zeugen können,
- ...verschiedene deutsche Namen haben,
- ...ungleiche lateinische Namen tragen,
- ...ihre Lebenszeit 1 Million oder mehr Jahre auseinander liegt (bei Fossilien),
- ...gegeneinander sehr aggressiv auftreten oder sich ignorieren.



## Lösungen zu „Wozu braucht es Sammlungen?“

1.

- Dokumentation von Verbreitungsgebieten und deren Veränderungen.
- Dokumentation der Biodiversität und Veränderung derselben.
- Nachweis von evolutiven Veränderungen einer Art.
- Zuverlässiger Erhalt und wissenschaftliche Zugänglichkeit von *Typusexemplaren*, den Referenz-Individuen einer Art. Der Vergleich eines Fundes mit dem Typus entscheidet erst definitiv darüber, ob es sich allenfalls um eine neue Art handelt.
- Materialdepot für zukünftige, zur Zeit noch unbekannte Fragestellungen.

2a) Es fehlt jeweils das Datum. Es sind blosse Behauptungen und keine nachprüfbar Liebesbeziehungen wegen fehlenden Familiennamen und Adressen. Der Zweck ist nicht wissenschaftlich sondern eher eine Art Dokumentation von Trophäen oder vielleicht auch nur eine Gedächtnisstütze.

2b) Die Geldanhäufung dient als Selbstzweck und zum privaten Vergnügen des Schwimmens im Geld. Zwar gibt es eine Buchhaltung der Einnahmen aber die einzelnen Taler sind nicht individuell identifizierbar.

3. a) Arten, die sich voneinander äusserlich nicht oder nicht zuverlässig unterscheiden lassen und nur genetisch zu trennen sind.

3. b) „Ugly brown frogs“ (1.4), Blindschleichen (1.6), Lanzenottern (1.8), Mausohren (2.3), Felchen (4.5), Elritzen (4.3),

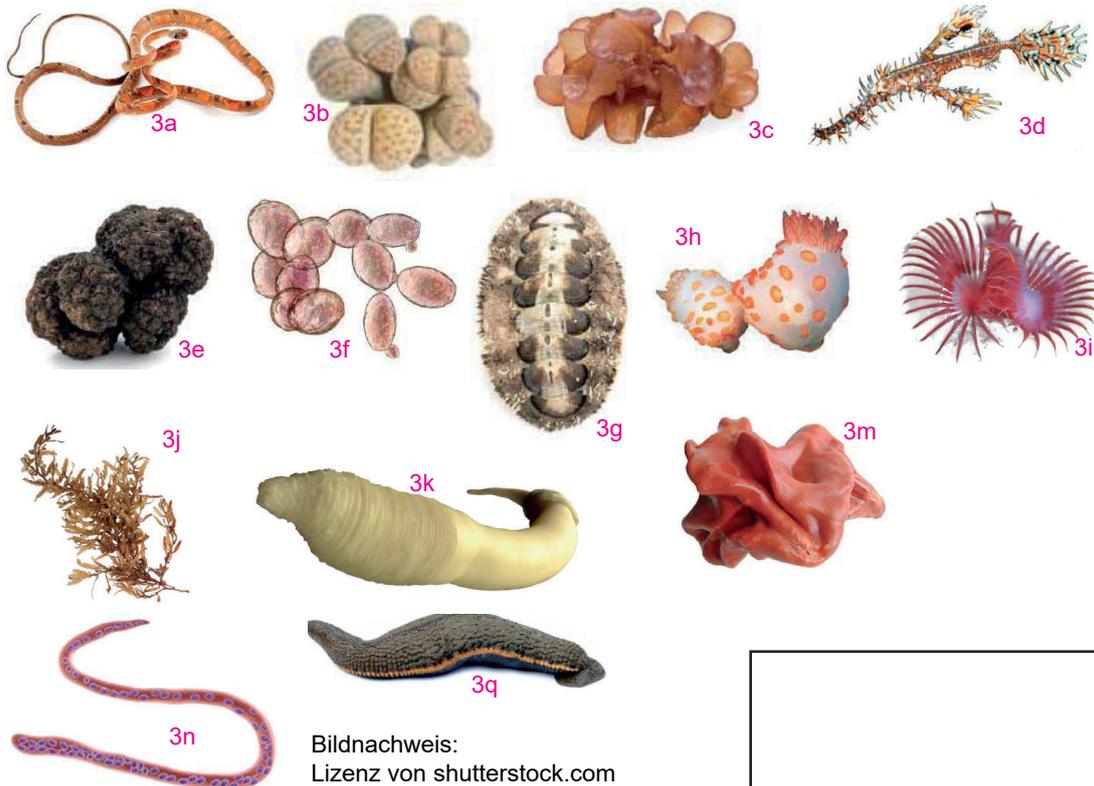
4. d, e, g



## Infografik Biodiversität

Schau dir die Infografik zur Biodiversität beim Eingang der Ausstellung genauer an:

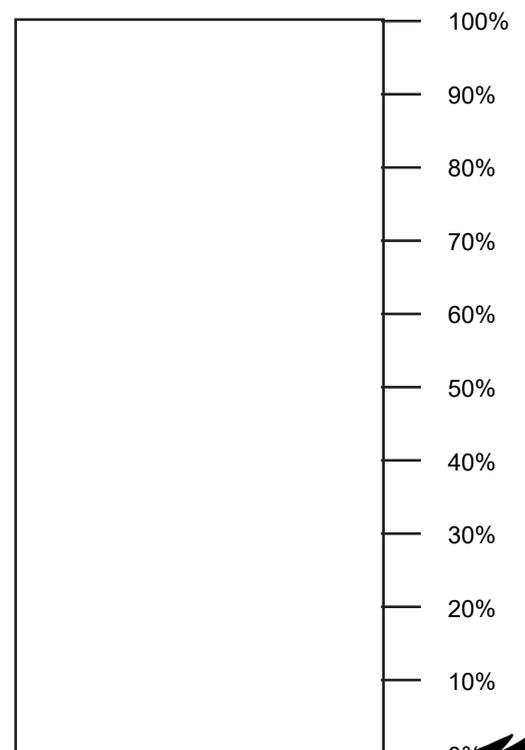
1. Rechne aus für wie viele Arten auf der Grafik ein einzelnes Bildchen steht. Nimm dafür die Gruppen der Chordatiere, Pilze und Urtierchen.
2. Welche Gruppen von Lebewesen sind in der Infografik **nicht** aufgenommen worden?
3. Zu welchen Artengruppen gehören die folgenden Lebewesen?



4. Berechne den Prozentanteil der 6 grössten Artengruppen (bis zu den Chordatiere) und trage sie in das nebenstehende Diagramm ein. Alle Gruppen zusammen haben 2'077'049 Arten. Trage die grösste Artengruppe zuunterst ein, darüber die nächstgrössere und schliesslich die Restlichen zuoberst. Gib ihnen je eine Farbe und beschrifte sie. 1 mm entspricht 1%.

5. Welche andere grafische Darstellung würde sich hier eignen um die Anteile der Artengruppen an der gesamten Artenzahl der Lebewesen darzustellen?  
(Es ist natürlich nicht verboten, diese anstelle oder zusätzlich zum einfachen Diagramm auf einem separaten Blatt zu konstruieren.)

6. Woran könnte es liegen, dass manche Gruppen mehr und andere weniger Arten beinhalten? Sammle dazu Möglichkeiten und Ideen.



## Lösungen zu Infografik Biodiversität

1. Chordatiere:  $49813 : 12 = 4151$ . Pilze  $140000 : 35 = 4000$ . Urtierchen  $8118 : 2 = 4051$ . Fazit: jedes Bild steht also für ca. 4000 Arten

2. Die Prokaryoten. Bakterien und Archaeen ohne Zellkern. (Nicht dabei sind Viren, die von den meisten Biologen nicht zu den Lebewesen gezählt werden.)

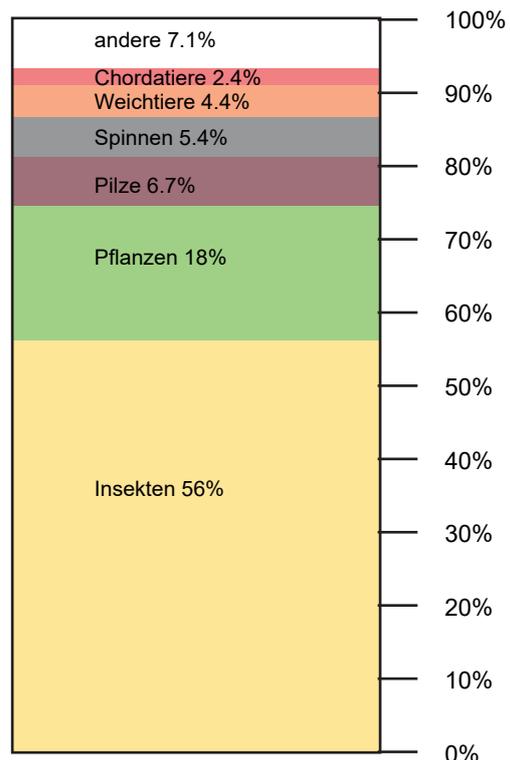
3. 3a Chordatiere, 3b Pflanzen, 3c Pilze, 3d Chordatiere, 3e Pilze, 3f Pilze, 3g Weichtiere, 3h Weichtiere, 3i Ringelwürmer, 3j Algen, 3k Fadenwürmer, 3m Schwämme, 3n Fadenwürmer, 3q Ringelwürmer

4. s. Grafik nebenan

5. Tortendiagramm. Die Anteile der Arten in einer Gruppe werden in einen Winkelanteil von  $360^\circ$  umgerechnet. Die Winkel von oben im Uhrzeigersinn her abtragen von den grössten zu den kleinsten, kolorieren und beschriften.

6. Die Artengruppen haben (mehr oder weniger) einen gemeinsamen Grundbauplan. Manche lassen sich offenbar leichter und schneller an neue oder spezielle Lebensräume und ökologische Bedingungen anpassen. Vor allem ist *der* Bauplan im Vorteil, der konkurrenzstärker gegenüber anderen ist: grössere Nachkommenzahl, Widerstandsfähigkeit gegen Fressfeinde, gegen Mangelzeiten und Krankheiten, Geschwindigkeit der Besiedlung neuer Gebiete, Effizienz der Nahrungsverwertung, Anpassungsgeschwindigkeit an neue Nischen (genetische Vielfalt, Generationsdauer).

Denkbar ist auch, dass ältere Gruppen länger Zeit hatten neue Arten zu bilden oder bei grossen Katastrophen einfach Glück hatten zu überleben.



## Biodiversität, etwas genauer

### Definition

Unter Biodiversität versteht man eine dreifache Vielfalt: die Vielfalt an **Arten**, die Vielfalt des **Erbguts** innerhalb der Arten und die Vielfalt an **Lebensräumen** und deren Beziehungen in einem bestimmten Gebiet.

1.
  - a) Wie erhöht sich die Biodiversität der Arten? Anders gefragt: Wie kommt es, dass es in einer Gegend mit der Zeit mehr Arten gibt als zuvor?
  - b) Wie erhöht sich die Vielfalt (Biodiversität) des Erbgutes einer Art? Oder umgekehrt: Wie verschwinden genetische Varianten, so dass die Artgenossen immer gleicher werden?
  - c) Wie erhöht oder vermindert sich die ökologische Vielfalt (Biodiversität) der Lebensräume?
- 2.a) Wie könnte man die Biodiversität messen?
- 2.b) Welches sind die Voraussetzungen um Biodiversität messen zu können oder anders gesagt was braucht es dazu?
3. Inwiefern ist Biodiversität für den Menschen „überlebenswichtig“? Was nützt sie ihm?
4. Für welche Bereiche bevorzugte der Mensch eine möglichst geringe Biodiversität?
5. Was könntest du persönlich in deiner Lebensumgebung beitragen um die Biodiversität zu fördern? Nenne 5 realistische Möglichkeiten.
6. Wie viele Arten leben in der Schweiz?
  6. a) Wie viele Arten an freilebenden Fischen sind in Schweiz festgestellt worden. (Vergleiche den Text Nr. 4.)
  6. b) Wie hoch schätzt du die Artenzahl der schweizerischen Brutvögel?
  6. c) Wie hoch schätzt du die Artenzahl der schweizerischen Säugetiere?
  6. d) Wie hoch schätzt du die Artenzahl der schweizerischen Pflanzen?
  6. e) Wie hoch schätzt du die Artenzahl der schweizerischen Insekten?



## Lösungen zu Biodiversität, etwas genauer

**1a)** In einem Gebiete erhöht sich die Anzahl der Arten 1. durch natürliche Einwanderung, menschliche Einschleppung/Aussetzung/Einführung von Arten aus anderen Gebieten oder 2. durch Entstehung von neuen Arten.

Die Entstehung einer neuen Art erfolgt am häufigsten durch räumliche Aufspaltung einer Population. Die Teilpopulationen entwickeln sich dann in unterschiedlicher Richtung, bis sie sich auch bei einer Wiedervereinigung nicht mehr untereinander fortpflanzen können.

**1 b)** Das Erbgut erfährt durch verschiedene Prozesse immer wieder kleine Veränderungen d.h. Mutationen. Werden die Mutationen in die nächsten Generationen weitergeben, erhöht sich die genetische Vielfalt. Bei der sexuellen Vermehrung erhöht sich die genetische Vielfalt zudem durch Neukombination der elterlichen Erbanlagen bei der Befruchtung. Eine starke Durchmischung der Population fördert damit die genetische Vielfalt und umgekehrt. Auch ein geringer Selektionsdruck erhöht die genetische Vielfalt, da mehr Genvarianten überleben.

Umgekehrt reduziert sich die genetische Vielfalt wenn die Population kleiner wird, der Selektionsdruck steigt oder durch klonende Fortpflanzung

**1 c)** Die grundlegende Vielfalt der Lebensräume (Biotope) in einem Gebiet ist in erster Linie durch naturräumliche Faktoren bestimmt. Klima: Im Allgemeinen gilt, je wärmer ein Gebiet bei ausreichender Feuchtigkeit ist, desto mehr Ökosysteme sind möglich. Auch findet man mehr Ökosysteme je grösser die Reliefunterschiede sind (Gebirge vs. Flachland) und je vielfältiger der geologische Untergrund ist, dadurch Entstehung unterschiedlicher Bodentypen.

Die Eingriffe des Menschen bedeuten meist eine Abnahme der Ökosystemvielfalt: Intensivierung der Landwirtschaft (grössere, gleichförmige Anbauparzellen ohne Hecken, Unkräuter und Insekten), Entsumpfung bzw. Bewässerung, Überbauungen. Dagegen führte die Einführung der (heute *traditionell* genannten) Landwirtschaft in unseren Breiten zu einer Erhöhung der ökologischen Vielfalt gegenüber einer natürlichen, flächendeckenden Bewaldung.

**2.a)** Artenvielfalt: Anzahl aller Arten (Pflanzen, Insekten, Vögel etc.) pro Flächeneinheit (z.B. Hektare) durch Spezialisten bestimmen. Wenn möglich wird die Bestandesaufnahme regelmässig (z.B. alle 10 Jahre) wiederholt, um die zeitliche Entwicklung zu dokumentieren.

Genetische Vielfalt: für einzelne Arten (z.B. Geparde, Äpfel) wird das Genom von möglichst vielen Individuen analysiert, für die gesamte Art oder auch nur in einem Gebiet.

Ökologische Vielfalt: Aufnahme der Anzahl verschiedener Lebensräume und ökologischer Nischen und Wechselwirkung in einem Gebiet durch Ökologen.

**2.b)** Fachleute mit umfassenden Artenkenntnissen, Organisation eines Monitorings (Aufnahme der Arten in einem Gebiet), mit möglichst regelmässiger Wiederholung um Änderungen festzustellen.

**3.** Der Mensch kann wie seine bisherige Geschichte zeigt, auch mit einer von ihm arg reduzierten Biodiversität überleben und sich sogar zunehmend weiter vermehren und verbreiten. Doch ohne andere Lebewesen kann er (wenigstens bisher) nicht existieren. Denke etwa an die Nahrungsmittel aus Pflanzen und Tieren oder an die Bestäubung durch Insekten. Je grösser die Biodiversität desto grösser ist auch das Potenzial um noch unbekannte Arzneien, Nahrungsmittel oder Hilfsstoffe (z.B. Pflanzenschutzmittel) zu finden, die in der Zukunft gegen eine sonst unbesiegbare Seuche oder Hungersnot die Rettung sein könnten.

**4.** Wenn auch für die Zucht von Nutztieren und -pflanzen verschiedene Varianten zur Auswahl Voraussetzung sind, braucht eine möglichst effiziente intensive Landwirtschaft doch nur die produktivsten Individuen. Deshalb werden möglichst nur identische Klone der besten Varianten verwendet.

Bereits in der ursprünglichsten Landwirtschaft wurden Tiere und Nutzpflanzen nicht mehr in der Vielfalt der freien Natur gesucht, gejagt bez. gesammelt sondern gezielt ausgewählt und auf klar abgegrenzten Flächen (Gehegen, bewachten Weiden bzw. Gärten und Feldern) gebracht und dort in „Monokulturen“ gehalten.

**5.** Brutgelegenheit für Vögel, Insekten und Fledermäuse installieren, Biotop anlegen, Vielfalt an einheimischen Blumen und Sträuchern im Garten fördern statt Rasen, politisches und praktisches Engagement in der Raumplanung und Naturschutzinstitutionen, Verzicht auf grosse Wohnfläche um Bedarf nach mehr Bauland zu bremsen,

6. a) ca. 130 Fischarten, 6. b) ca. 200 Brutvogelarten, 6. c) ca. 111 (90) Säugetierarten, 6. d) ca. 5275 Pflanzenarten (inkl. Algen), 6. e) ca. 16'600 Insektenarten evtl. bis 60'000



## DNA extrahieren - ganz einfach selber machen

Im Labor der Ausstellung wird aus den Gewebeproben die DNA herausgeholt, um sie zur Analyse der Basenabfolge (Sequenz) einzuschicken. Die Schritte des professionellen Vorgehens zeigt dir die angebrachte Infografik vor dem Labor.

**Du kannst DNA aber auch selber herausholen, zu Hause oder in der Schule:**

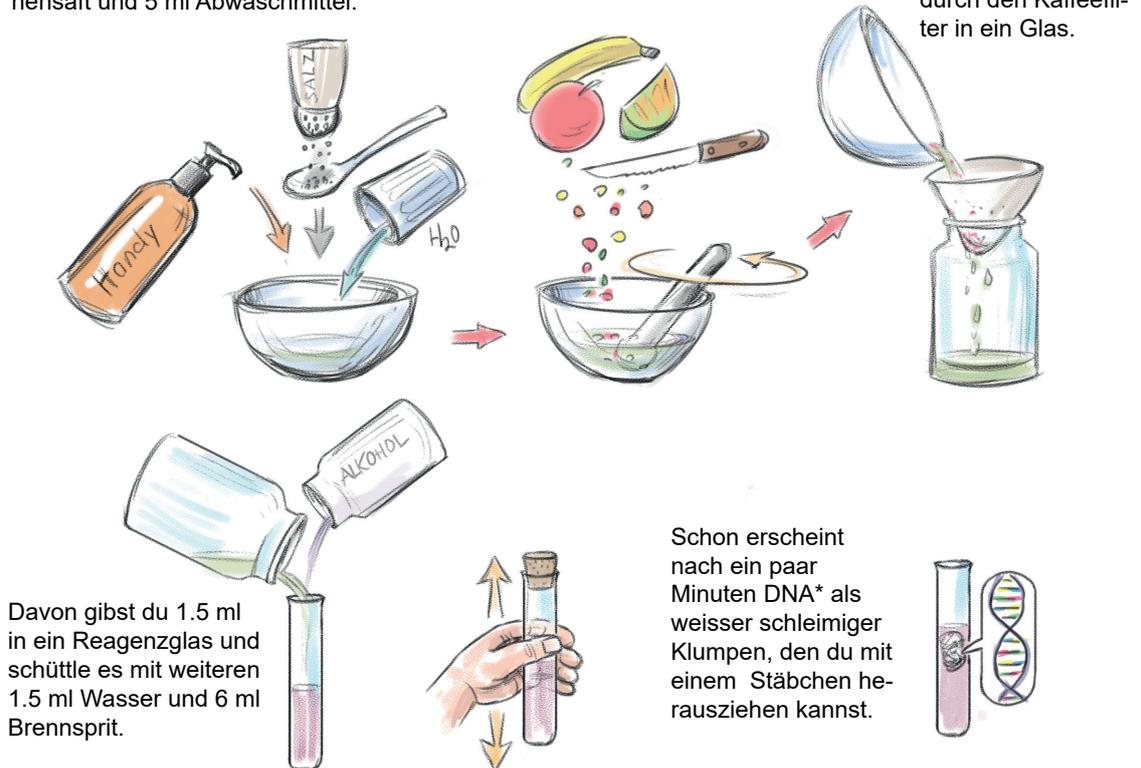
**Zutaten:** ein Viertel Tomate oder Zwiebel oder anderes Gemüse, Kochsalz, Zitronensaft, Abwaschmittel, Messer und Schneidbrett, Mörser oder Mixer, Kaffeefilter (oder Haushaltspapier), Brennsprit (oder besser Isopropanol aus der Apotheke), Reagenzglas oder kleines Gefäss, Stäbchen oder Zahnstocher, Wasser (destilliert, falls möglich).

**Vorgehen:** (1 Teelöffel hat ca. 2 ml, ein Esslöffel ca. 10 ml.)

In einem Mörser (oder einem sonstigem Gefäss) stellst du erst den **Extraktionspuffer** her:  
In 20 ml warmes (60°) Wasser kommen 0.5 g Salz, 25 ml Zitronensaft und 5 ml Abwaschmittel.

Zerstückle das Gemüse, gib es in den Mörser mit dem Extraktionspuffer und mörsere alles 1 Minute lang. Statt zu mörsern kannst du es auch 5 Sekunden in einem Mixer pürieren.

Filtere die Mischung durch den Kaffeefilter in ein Glas.



### Erklärung:

Zuerst muss die DNA aus dem Zellkern befreit werden. Mit dem Mörsern bricht man die pflanzlichen Zellwände auf, mit der Zitronensäure und der Seife des Abwaschmittels löst man die Kernmembrane auf, da diese fetthaltig ist. Die DNA löst sich im Wasser, da sie sich an die Dipole der Wassermoleküle bindet. So geht sie problemlos durch den Kaffeefilter. Mit der Zugabe von Alkohol wird die DNA unlöslich und verklumpt, da dieser keine Polarität wie Wasser aufweist.

\*Neben DNA sind im Klumpen allerdings etliche weitere Stoffe aus den Zellen vorhanden.



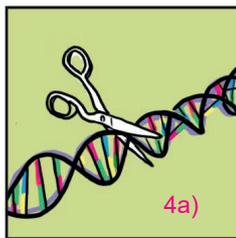
# Barcoding 1

Im angeschlossenen Labor der Ausstellung wird aus Gewebeproben von Tieren die DNA isoliert und aufbereitet. Die DNA wird anschliessend an spezialisierte Labors eingeschickt zur Sequenzierung d.h. zur Bestimmung der Abfolge der 4 Typen von Nukleinbasen Adenosin, Thymin, Guanin und Cytosin. Dieses artspezifische Abfolgemuster stellt die genetische Information von Lebewesen dar und ist der Barcode, mit dem sich die Art oder auch die stammesgeschichtliche Verwandtschaft schliesslich bestimmen lässt.

Der Name DNA-Barcoding hat das Verfahren erhalten durch den bekannten Waren-Strichcode (= Barcode), an den das Abbild des Chromatogramms der Nukleinbasenabfolge der DNA optisch erinnert. Praktisch verwendet wird allerdings eine digitale Zahlenabfolge und nicht der hier gezeigte farbige Barcode, wie auch die anderen Illustration unten vereinfacht und symbolisch zu verstehen sind.

Schaue dir das Video an und beantworte die folgenden Fragen:

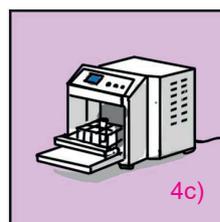
1. Was sind die prinzipiellen Unterschiede zwischen einem Barcode auf Verkaufswaren und dem genetischen Barcode von Lebewesen?
2. Was ist der Zweck von Barcoding?
3. Welches sind die Vorteile des Barcoding gegenüber früheren Methoden?
4. Ordne unten die einzelnen Schritte eines Barcoding in der richtigen Reihenfolge. Einzelne Schritte sind zusätzlich zum Video eingefügt. Welches Bild passt gar nicht dazu?



4a) Biochemisches ausschneiden eines bestimmten Abschnittes der DNA.



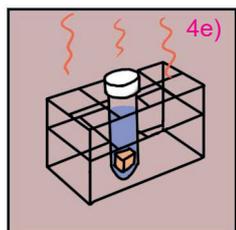
4b) Konservieren des Tieres in Alkohol oder Formalin.



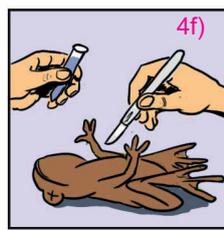
4c) Isolieren der DNA mit dem DNA-Extraktor.



4d) Suchen und Fangen des zu bestimmenden Tieres und schonendes Töten.



4e) Zur Untersuchung wird die Gewebeprobe aufgetaut.



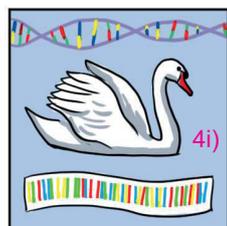
4f) Entnahme einer Gewebeprobe.



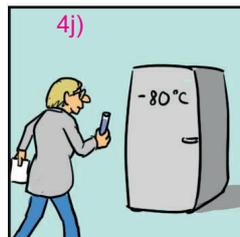
4g) Bestimmung der artcharakteristischen Abfolge der 4 Typen von Nukleinbasen.



4h) Planen des Projekts und Einholen der Genehmigungen.



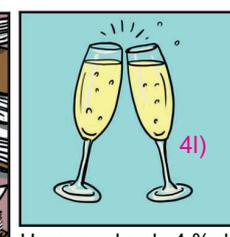
4i) Hoppla: Da ging wohl etwas daneben. Eine Übereinstimmung die schwer zu erklären ist.



4j) Einfrieren der Gewebeprobe bei - 80°C zur späteren Untersuchung



4k) Vergleich des erhaltenen Basenmusters mit bereits bekannten Mustern in der Referenzbibliothek.



4l) Hurra: mehr als 4 % der Basenabfolge ist neu. Wir haben ziemlich sicher eine neue Art gefunden und können uns einen neuen Namen dafür überlegen.

## Lösungen zum Barcoding 1

1. Schnelle, günstige, objektive, automatisierbare Methodik, um Organismen nach ihrer Art eindeutig zu bestimmen.

2. eindeutiges Zuweisen zu einer Art (Bestimmen), sofern diese Art bereits bekannt ist und der Barcode zum Vergleich vorhanden ist.

3.

- Anwendbar ohne Spezialwissen über die untersuchten Organismengruppe. Die Spezialisten, die bisher zur Artbestimmung nötig waren, sind selten und es gibt sie immer weniger. Ausserdem sie sind viel teurer als das Barcoding. Die Experten sind jedoch unabdingbar um erst mal eine Referenzdatenbank anzulegen, dh.
- Auch Eier, Larven und Teile des Organismus, (Knochenteile, Blut, Haarwurzeln, Holz) und Produkte (Kot, Spucke, Spinnennetz) lassen sich damit eindeutig einer Art zuschreiben
- Bestimmung und Trennung von äusserlich nicht unterscheidbaren Arten.
- Die Unterschiede und Übereinstimmungen in der Basensequenz des DNA-Abschnittes geben auch eindeutige Hinweise auf die Verwandtschaft zu anderen Arten.

4. 4h, 4d, 4f, 4j, 4b, 4e, 4c, 4a, 4g, 4k, 4l, (4i)



## Barcoding 2

5. a) Wie viele Fischarten tummeln sich in diesem See mindestens?
5. b) Beschreibe die unterschiedlichen Lebensräume welche jede Fischart bevorzugt.
5. c) Was ist beim Fischadler und seiner Beute ökologisch zweifelhaft?



6. Hier noch eine echt anspruchsvolle Frage für einen IQ  $\geq 115$  ;-). Von wie vielen Arten stammen diese „Barcodes“, wenn wir annehmen, dass an mindestens 4% der Plätze unterschiedliche Nukleinbasen sitzen müssen, damit es eine andere Art ist?  
Tip: Mit einer S-chere lässt sich manches „chere“.

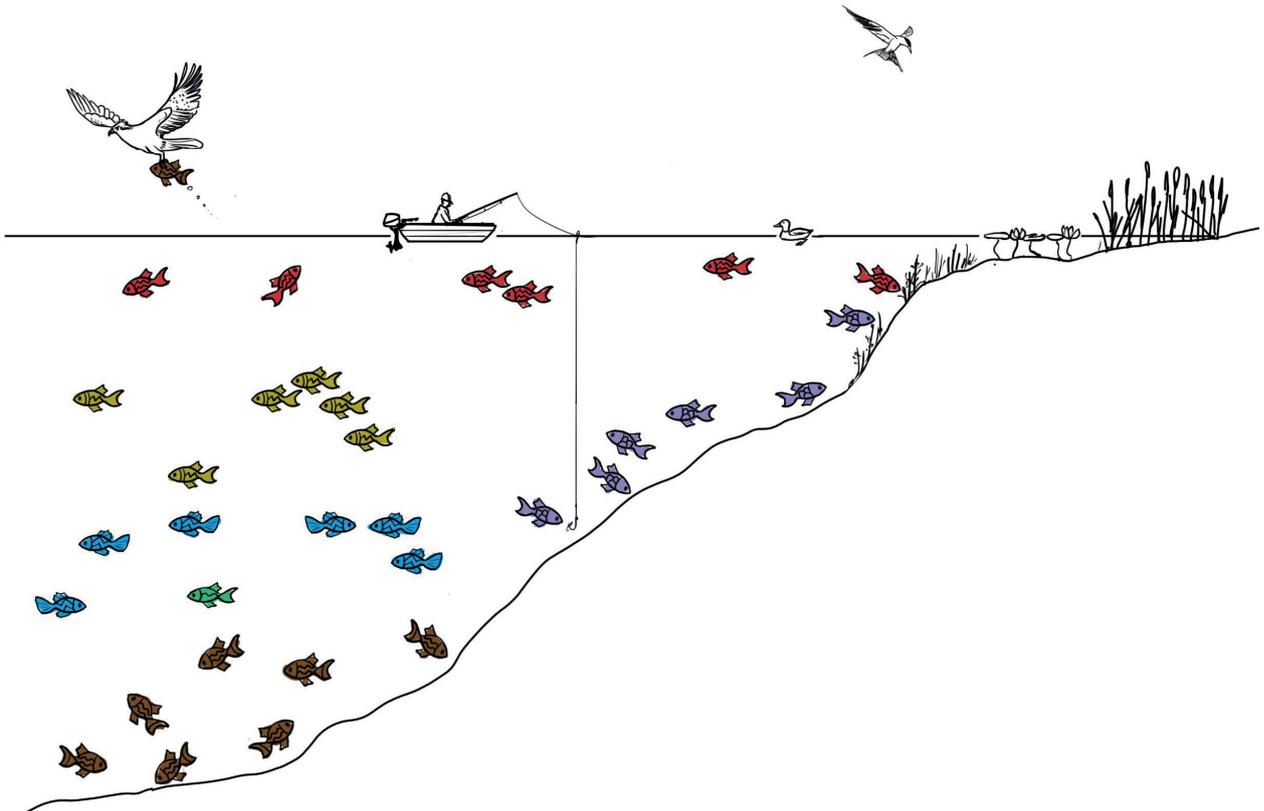


## Lösungen zum Barcoding 2

5.a) 6 Arten (s. Grafik mit Fischen kolorierte nach Art )

5.b) rot: oberflächennahe, lila: mittlere Tiefe, nahe Grund; braun: tiefes Wasser, Grundnähe; blau: mittlere Tiefe, freies Wasser; olivgrün: mittlere Tiefe, aber über Blauen, freies Wasser; grün: vmtl. mittlere Tiefe, freies Wasser. (s. Lösung unten, Grafik nach Arten koloriert)

5.c) Der Fischadler holt sich seine Beute durch Stosstauchen nur im oberflächennahen Wasser. Der Fisch bewohnt aber tiefen Bereiche, was unwahrscheinlich ist. Aber nicht unmöglich, da einzelne Fische ausnahmsweise sich auch anderswo aufhalten können. (Natürlich wäre er er auch nicht so nahe von einem menschlichen Fischer unterwegs.)

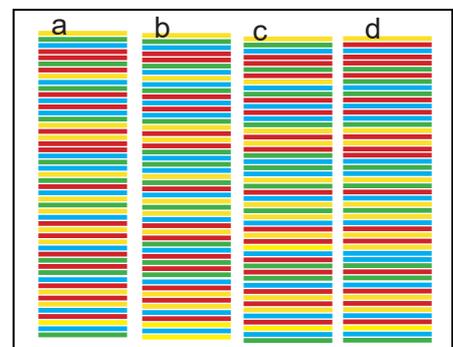
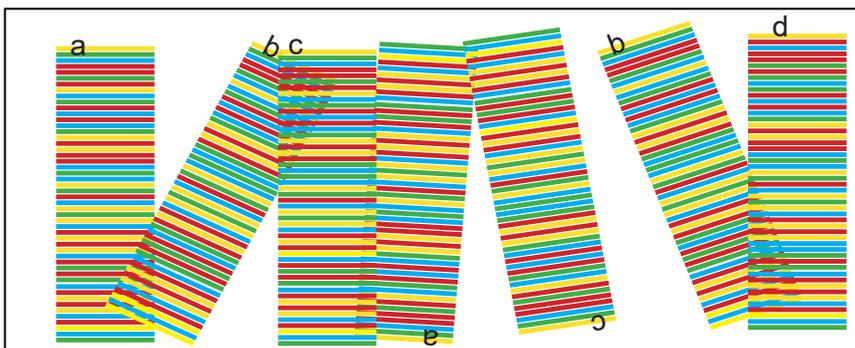


6.) Zwischen a und b gibt es 4 Unterschiede auf die 50 Basen (=8% Unterschied) , d.h. es sind 2 verschiedene Arten.

Zwischen a und c hat es 1 unterschiedliche Base (= 2%), d.h. sie gehören zur gleichen Art.

Zwischen a und d hat es 3 Unterschiede auf 50 Basen (= 6% Unterschied), d.h. es sind 2 verschiedene Arten.

Die Codes stammen von **3 Arten!**



## Schönheit als Anfang des Schrecklichen \*

Auch wenn manche Präparate ein gruseliges Gefühl auslösen können, hat die Ausstellung für manche auch etwas Schönes.

Das visuelle Gruseln nützt sich durch Gewöhnung ab, so dass man die Abscheu recht schnell verliert. Es sei denn, sie sei mit moralischem Widerwillen gekoppelt, etwa wenn Mitleid mit einem getöteten Geschöpf mitschwingt oder wenn man sich ein niedliches Tier noch lebendig vorstellt. Der Gruseffekt ist umso grösser je eher man eine Abnormalität von etwas Bekanntem wahrnimmt. Zum Beispiel die verlorene Farbenvielfalt des lebendigen Tieres, die unnatürliche Haltung im Glas, das eingesperrte, herzige Hundewelpen, das am Ertrinken ist (in Wirklichkeit eine Totgeburt konserviert in Alkohol).

Dagegen braucht der ästhetische Genuss, d.h. das Erkennen von Schönheit, nicht selten viel Gewöhnungszeit. Was erst als Chaos wahrgenommen wird, lässt erst mit der Zeit seine besondere Ordnung erkennen, etwas, das wir als Schönheit empfinden. Das gleiche gilt ja für einen neuen Mal- oder Musikstil.

1. Welche Präparate findest du besonders gruselig? Kannst du sogar benennen weshalb sie dir gruselig, abscheulich, hässlich oder furchteinflössend erscheinen?

2. Kannst du auch Objekte, Ausblicke, Bilder, Stimmungen in der Wunderkammer nennen, die du als schön oder visuell spannend empfindest? Was könnten hier die Gründe dafür sein, weshalb sie dir zumindest optisch gefallen?

3. Suche dir ein Glas mit interessantem Inhalt und zeichne es möglichst genau mit Bleistift.

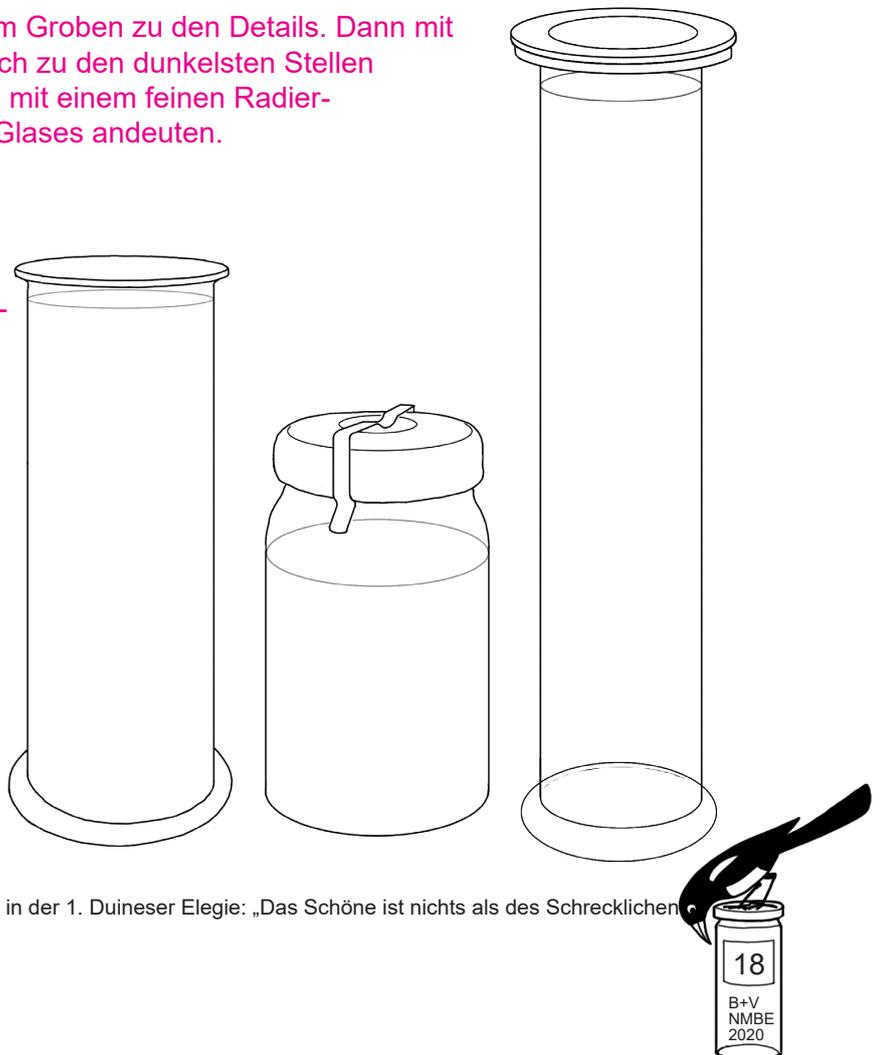
Zuerst eine feine Vorzeichnung vom Groben zu den Details. Dann mit kräftiger werdenden Schraffuren sich zu den dunkelsten Stellen vorarbeiten. Am Schluss kannst du mit einem feinen Radiergummi noch die Glanzeffekte des Glases andeuten.

4. (Alternative zu Aufgabe 3.)

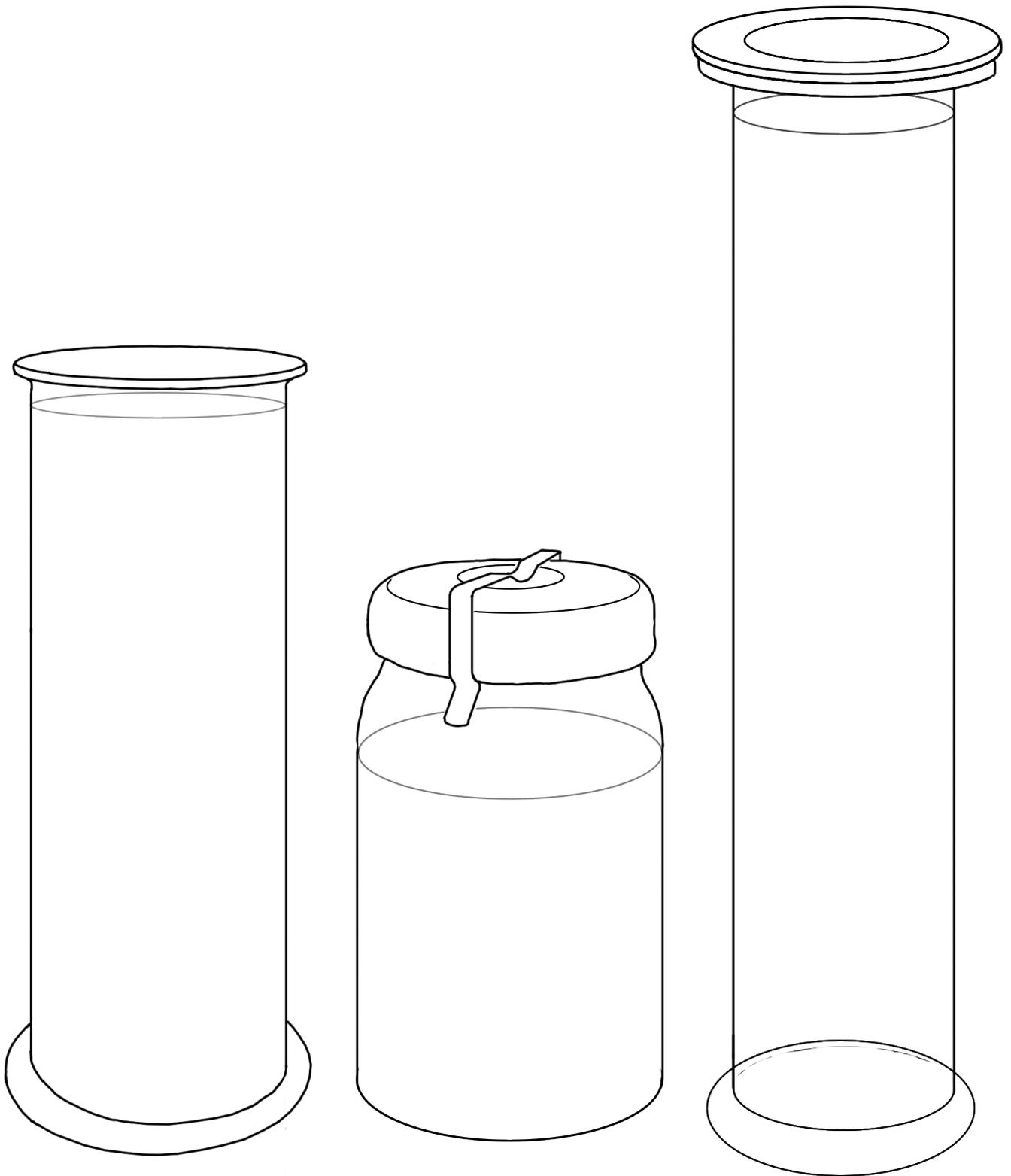
Nimm die nebenstehende Vorlage, grössere auf der folgenden Seite oder entwerfe selber ein alkoholfülltes Glas und zeichne in dieses deinen eigenen Fantasieinhalt:

z.B. Giraffe, Rose, Alien, Pottwal, Kentauer, Drache, Dampflock, Schnorchler, Schrumpfköpfe, Elfe, Spitzmaschine etc.

Nicht vergessen: ein Etikett mindestens mit „wissenschaftlichem“ Namen, Funddatum und -Ort, gehört dazu.



\* Nach dem Aphorismus von Rainer Maria Rilke in der 1. Duineser Elegie: „Das Schöne ist nichts als des Schrecklichen Anfang, den wir gerade noch ertragen.“



# Der Tod erzählt vom Leben

Lies den Text in der Ausstellung zum Kapitel mit diesem Titel.

## Zum Text 2.3

Die neu entdeckte Fledermausart *Myotis crypticus* übernachtet jeweils in den gleichen Schlafplätzen wie ihre Schwesterart *Myotis nattereri*. Die genetische Unterscheidung gelang durch Analyse von Kotproben in den Schlafplätzen. Unterschiede bei den ökologischen Ansprüchen sind bisher nicht bekannt.

1.a) Kannst du wesentliche Unterschiede in den Schädeln der 4 kryptischen *Myotis*-Arten finden?

1.b) Weshalb gilt die Fledermaus *Myotis crypticus* nur wegen ein paar genetischen Unterschieden als eine eigene Art?

1.c) Kannst du vermuten weshalb angenommen wird, dass doch Unterschiede in den ökologischen Ansprüchen der verschiedenen Arten vorhanden sind, obschon noch keine bekannt sind?



A) *Myotis crypticus* B) *Myotis nattereri*  
C) *Myotis zenatius* D) *Myotis escaleraei*

## zum Text 2

2. Kannst du dir vorstellen welche wissenschaftliche Fragen zu *Klimawandel* und *Umweltgiften* mit wissenschaftlichen Sammlungen angegangen und möglicherweise beantwortet werden können.

## Zum einleitenden Text 2 noch etwas Sprachliches:

Der Titel und die Aussage im ersten Satz scheinen bei wortwörtlicher Lesung nicht so ganz zu stimmen: Ist es wirklich *der Tod der von Leben erzählt*? und steckt im *sterilen Raum* tatsächlich *das pralle Leben*?

Ein solcher Widerspruch, wie etwa auch „der Reichtum der Armen“ ist ein rhetorisches Element und wird von den Sprachwissenschaftlern *Oxymoron* genannt und ist natürlich nicht wörtlich zu verstehen.

3 a) Was genau an den beiden Aussagen ist denn nicht richtig?

3 b) Kannst du dir vorstellen und erklären weshalb man solche bewussten „Falschaussagen“, die aber „richtig verstanden werden, als Sprachelemente gerne verwendet?

3.c) Kennst du ähnliche Stilelemente?



## Lösungen zu „Der Tod erzählt vom Leben“

1.a) Die vier Arten zeigen zwar kleinste Unterschiede bei den Schädeln. Ob diese aber nur individuell vorhanden sind oder typisch für die einzelne Art, lässt sich anhand von nur je einem Beispiel nicht sagen. Dazu müsste man eine grössere Stichprobe vergleichen können.

1.b) Die Unterschiede sind offenbar so gross, dass die beiden Populationen nicht mehr gemeinsame fruchtbare Nachkommen haben können.

1.c) Zwei Arten mit den genau gleichen ökologischen Ansprüchen im gleichen Gebiet, würden sich so stark konkurrenzieren, dass die schwächere Art, sehr bald verdrängt würde.

2.

Sind Gewebeproben aus verschiedenen Zeiten vorhanden, können unter Umständen eingelagerte Giftstoffe nachgewiesen und auf eine zeitliche Entwicklung ihrer Umweltbelastung geschlossen werden. Die untersuchte Chemikalie muss meistens bekannt sein, ebenfalls deren Abbaurate unter verschiedenen Bedingungen. Die Proben sollten dabei möglichst aus der gleichen Gegend stammen, zu möglichst vielen Zeitpunkten und in regelmässigen, möglichst kurzen Zeitabständen gesammelt worden sein.

Gibt es z.B. Hinweise, ob das Unkrautvertilgungsmittel Glyphosat von Amphibien aufgenommen wird und sich im Gewebe dauerhaft anreichert? Wie hoch ist die Konzentration in verschiedenem Gewebe? Kann man eine zeitliche Entwicklung der Konzentration von Glyphosat in Fröschen nachweisen oder ein charakteristische räumliche Verteilung? Gibt es einen Zusammenhang der Konzentrationszeitreihen mit Populationschwankungen der Amphibien? Ähnliche Fragen können natürlich auch für andere künstliche Stoffe gestellt werden.

Aus tierischen Gewebeproben kann höchstens indirekt auf einen **Klimawandel** geschlossen werden. z.B. wenn als Ursache für eine Änderung der **Artenzusammensetzung** ein genereller Temperaturanstieg am wahrscheinlichsten ist. Ein klarer Nachweis ist aber schwierig zu erbringen, da viele andere Faktoren die Artenzusammensetzung beeinflussen. Bei den neu in die Schweiz eingewanderten Schmetterlingen oder bei der sich ausbreitenden Tigermücke könnte die Klimaerwärmung jedoch tatsächlich eine Hauptursache der Arealausdehnung sein.

Eindeutiger zu belegen ist ein Klimawandel nach Pollen in datierbaren Schichten von Bodenbohrungen, meist in Mooren oder im Seegrund. Die Zusammensetzung der Häufigkeit von Pollen unterschiedlicher Pflanzen lässt Aussagen über die damalige Vegetation und damit über das Klima zu.

3. a) Der Aufbewahrungsort in den Tiefkühltruhen ist tatsächlich weitgehend steril, dh. ohne vermehrungsfähige Mikroorganismen. Die Zellen der Gewebeproben wären z.T. bei normaler Raumtemperatur zwar noch teilungsfähig aber sicher nicht als *pralles Leben* zu bezeichnen, da sich hier kein richtiger Organismus vermehren könnte. Gemeint ist mit „prallem Leben“ die *Information* über die einstigen Lebewesen, die in diesen Gewebeteilen steckt und aus der man sehr viel über das Leben herausfinden kann.

3. b) Solche Stilelemente machen die Sprache „farbig“ d.h. abwechslungsreich, so dass die Lesenden gerne weiterlesen und nicht gedanklich wegen Langeweile abschweifen.

3. c) Ähnliches gilt für *Übertreibungen* oder *Ironie*.



## Konservieren für die Ewigkeit

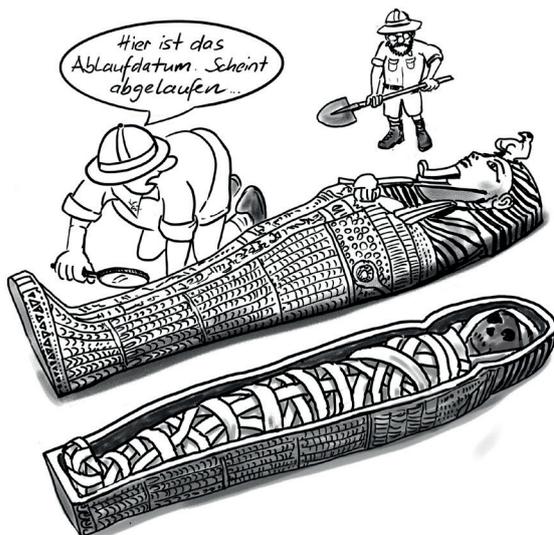
Lies den Text in der Ausstellung zum Kapitel mit diesem Titel.

1a) Welche Konservierungsmethoden hat oder hätte man schon in der Steinzeit anwenden können, etwa um Nahrungsüberschüsse für Hungerzeiten aufzubewahren?  
1b) Welche weiteren Konservierungsmethoden kennst du?

2. Welche Konservierungstechniken werden in der Sammlung genutzt?

3. Worauf muss bei der Konservierungstechnik dieser Sammlung besonders geachtet werden?

4. Warum werden die Proben nicht einfach eingefroren? Sie würden dabei ja sogar ihre Farbe behalten.



## Lösungen zu „Konservieren für die Ewigkeit“

1a) Seit Urzeiten verwendet: Dörren und Trocknen an der Sonne oder über dem Feuer; Räuchern; Kühlen unter Schneehaufen oder zumindest am Schatten, unter Wasser oder wenn vorhanden in einer Eishöhle. Wenn es nur um das Anlegen einer Energiereserve für Notzeiten ging, ass man einfach über den aktuellen Bedarf bis die Kalorien als Bauchfett gespeichert wurden.

1b) weitere Methoden: Wasserentzug durch: Einpökeln mit Salzen, Eindicken, mit Zucker Einkochen, gefriertrocknen. Schwefeln, fermentieren, vakuumieren, Schutzgasatmosphäre, Antioxidationsmittel, bestrahlen, pasteurisieren, sterilisieren, einbalsamieren, plastinieren, gerben.

2. Aufbewahrung in Alkohol und Formaldehyd, bei wenig Licht, bei kühler Temperatur und konstanter, relativ geringer Luftfeuchtigkeit.

3. Konstante Überwachung der Temperatur und des Füllstandes der Gefäße, möglichst dichte Verschlüsse der Gläser, Abzug von verdunstendem Alkohol und Formaldehyd.

4. Beim Einfrieren werden die Zellwände durch Eiskristalle weitgehend zerstört. Dazu drohen hohe Energiekosten. Wiederholtes Auftauen und Wiedereinfrieren bei Probenentnahme beschädigen das Gewebe zusätzlich. Das Risiko von Totalverlust bei Stromausfall ist trotz Notgenerator hoch, da ein Schaden rasch eintritt.



## Was ist das im Glas?

1. Versuche dir vorzustellen wie die in den Gläsern konservierten Tierarten im Leben aussehen. Welche der jeweils 3 Fotos entspricht dem Tier im Glaszylinder?

*Mustelus mustelus*, Grauer Glatthai, Gestell-Nr. 1



1.a.1



1.a.2



1.a.3



1.a.4

*Muraena helena*, Mittelmeer-Muräne, Gestell-Nr. 3



2.a.1



2.a.2



2.a.3



2.a.4

*Terrapene carolina trinungius*, Dreizehn-Dosenschildkröte, Gestell-Nr. 8



3.a.1



3.a.2



3.a.3



3.a.4

*Bubulcus ibis*, Kuhreiher, Gestell-Nr. 13



4.a.1



4.a.2



4.a.3



4.a.4

*Rana catesbeiana*, Nordamerikanischer Ochsenfrosch, Gestell-Nr. 1



5.a.1



5.a.2



5.a.3



5.a.4

## Lösungen zu „Was ist das im Glas?“

### ***Mustelus mustelus*, Grauer Glatthai**

Diese Haie aus dem Mittelmeer werden bis 1,6 m lang und sind lebendgebärend. Hier sehen wir Embryonen, die noch an der nährenden Dottersack-Plazenta des Muttertieres hängen. Bis 15 etwa 30 cm lange Fische werden nach einer Tragzeit von 10 Monaten geboren.

1.a.1 Delfin 1.a.2. Fischsaurier, 1.a.3 Grauer Glatthai, 1.a.4 Weisser Hai

### ***Muraena helena*, Mittelmeer-Muräne**

2.a.1 und 2.a.3 Mittelmeer-Muräne, 2.a.2 und 2.a.4 Seeschlange

*Terrapene carolina trinungius*, Dreizehn-Dosenschildkröte

3.a.4

### ***Bubulcus ibis*, Kuhreiher**

4.a.1 Graureiher, 4.a.2 Kuhreiher, 4.a.3 Silberreiher, 4.a.4 Seidenreiher

### ***Rana catesbeiana*, Nordamerikanischer Ochsenfrosch**

5.a.1, 5.a.2., 5.a.4 Ochsenfrosch (5.a.4 Jungtier), 5.a.3 Erdkröte



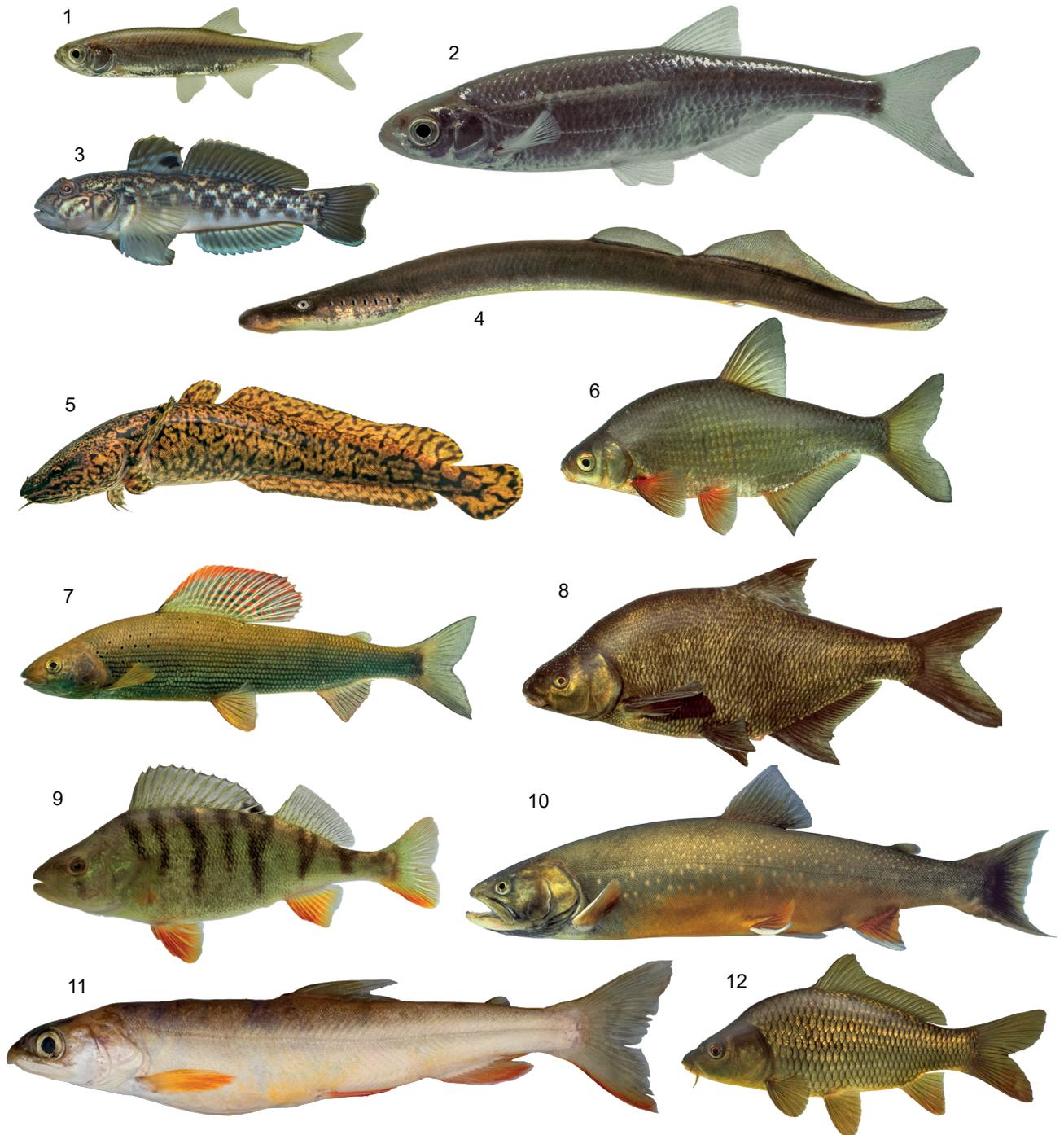
# Schweizer Fische - gefährdete Vielfalt

Z1 Z2

1. In der Schweiz gibt es über 100 Fischarten. Welche Begründung für den Reichtum an Fischarten findest du in der Ausstellung (Text 4)? Kommen dir weitere mögliche Ursachen in den Sinn?

2. Welches sind die Bedrohungen für die Biodiversität bei den Fischen (Text 4.8)?

3. Kannst du die folgenden Fische richtig benennen und bei einzelnen sogar ihr Herkunftsgewässer angeben? (Die Abbildungen sind nicht im gleichen Massstab!)



## Lösung zu „Schweizer Fische - gefährdete Vielfalt“

1.

Das nach dem Rückzug der eiszeitlichen Gletscher entstandene vielfältige Gewässernetz. Die vielen neu zu besiedelnden Biotope begünstigten die Entstehung neuer Arten. Auch die 4 getrennten Flusseinzugsgebiete (Rhein, Rhone, Inn, Ticino) in welchen sich die nach der Eiszeit wieder eingewanderten Fischarten unterschiedlich weiterentwickelten, bis die Unterschiede sie als eigene Arten ausweisen, förderten die hohe Biodiversität. Durch zahlreiche Aussetzungen erhöhte auch der Mensch schliesslich die Artenzahl.

2,

- Überdüngung und Umweltgifte (wirken auf Fische direkt oder auf Kleinlebewesen, die Fischen als Nahrung dienen).
- Verlust von Verstecken und Laichplätzen (natürliche Ufer, Kiesbänke) durch Kanalisierung und Begradigungen.
- Stauwehre und Hochwasserschwellen, die Wanderung von Fischen behindern,
- Wassererwärmung (durch erwärmtes Grundwasser infolge häufigeren Wärmepumpen, Abwasser-Ausflüssen, Industriekühlwasser, KKW-Kühlwasser, Strassenentwässerung, Klimaerwärmung)
- Invasive fremde Fischarten (bisher 14 Arten), die einheimische Arten verdrängen.
- Massenvermehrung von eingeschleppten Muscheln als Nahrungskonkurrenten bei Kleinlebewesen
- zu kleine Restwassermengen unter Stauwehren im Gebirge,
- Schwallwasserbetrieb von Kraftwerken,
- Durchspülen von Stauseen und damit Belastung durch zu viel Feinmaterial,
- Metallgitter die als sogenannte Totholzsammler Schwemmholz vermindern, das für viele Fischarten wichtig wäre.
- Lokale starke Zunahme von Kormoranen, die Fischpopulationen stark verändern können
- Einfluss durch Fischerei: z.B. schnellwachsende Felchen werden bevorzugt gefangen, so dass mit der Zeit die langsamer wachsenden überwiegen. Lokale Überfischung.

3.

1. Moderlieschen 2. Laube 3. Schwarzmund-Grundel 4..Flussneunauge.. 5. Trüsche 6..Blicke.. 7. Äsche... 8. Brachsmen..9..Flussbarsch, Egli..10 Seesaibling 11..Tiefseesaibling. 12. Karpfen

