

Pflanzen haben kein Skelett. Trotzdem haben ihre Stängel und Blätter oft eine bemerkenswerte Stabilität und Tragkraft, die sie teilweise dem Bau ihrer Zellen verdanken.

1. Welche Eigenschaften im Bau einer typischen Pflanzenzelle – im Vergleich zu einer tierischen Zelle – führen dazu, dass krautige Pflanzen auch ohne besondere Stützgewebe eine hohe Stabilität erreichen können?
2. Beschreiben Sie, wie die Pflanzenzelle diese Stabilität erlangt.
3. Skizzieren Sie eine typische Pflanzenzelle, wie man sie unter dem Lichtmikroskop erkennen kann.

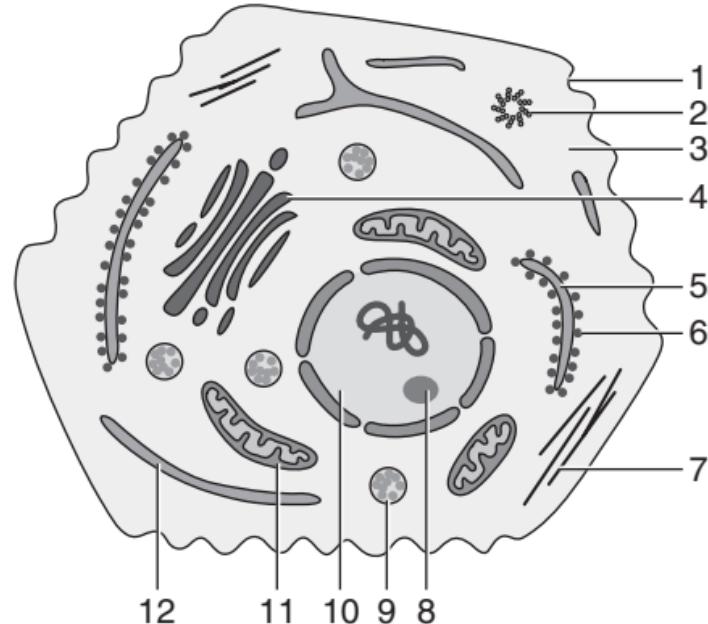


Foto: J. Christner

?

Die nebenstehende Abbildung zeigt schematisch das elektronenmikroskopische Bild einer Tierzelle.

1. Benennen Sie die bezifferten Strukturen und geben Sie in Stichworten deren Funktion an.
2. Nur das Elektronenmikroskop liefert ein derartig detailliertes Bild. Worauf beruht die Leistungssteigerung des Elektronenmikroskops im Vergleich zum Lichtmikroskop?
3. Wie kommen farbige elektronenmikroskopische Bilder zustande?



?

Wenn Menschen an Bakterien denken, denken sie häufig an gefährliche Organismen, die schlimme Krankheiten hervorrufen. Doch viele Bakterien sind ausgesprochen nützlich. Sie werden bei der Herstellung von Käse, Joghurt und Medikamenten eingesetzt und haben eine zentrale Bedeutung bei vielen Stoffkreisläufen in der Natur. Viele leben als Symbionten in unserem Körper. Vor allem sind Bakterien nicht nur die ältesten, sondern bis heute die erfolgreichsten Lebewesen. In der biologischen Forschung sind sie beliebte Forschungsobjekte.

1. Skizzieren und beschriften Sie eine Bakterienzelle!
2. Warum werden Bakterien bevorzugt als Untersuchungsobjekte der genetischen Forschung verwendet? Stützen Sie Ihre Begründung auf vier verschiedene Eigenschaften der Bakterien.
3. Begründen Sie, weshalb man heute in der Medizin dazu übergeht den Einsatz von Antibiotika bei leichten Erkrankungen einzuschränken.



Die elektronenmikroskopische Aufnahme zeigt einen Ausschnitt aus einer sehr spezialisierten Zelle.

1. Welche Strukturen erkennen Sie auf dem Ausschnitt? Zu welchem Zelltyp könnte der Bildausschnitt gehören?
2. Fertigen Sie eine beschriftete Skizze des Membran-umschlossenen Organells an.
3. Beschreiben Sie im Überblick die Funktion dieses Organells. Warum sind diese Organellen im vorliegenden Zelltyp so häufig?
4. Diskutieren Sie allgemein die Bedeutung der zellulären Kompartimentierung.

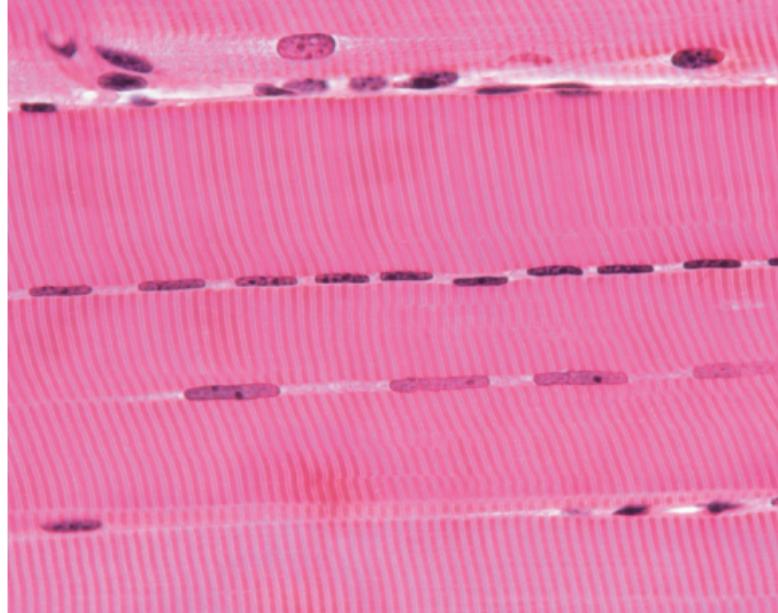


Foto: SPL – FOKUS, Hamburg

?

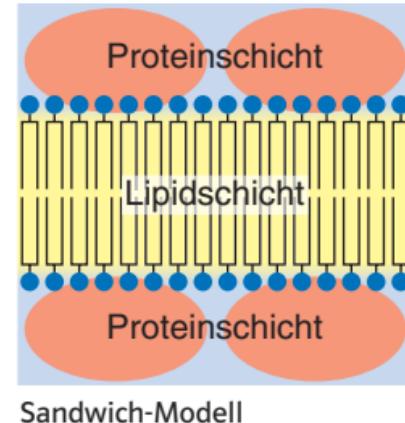
Im Jahr 2005 beobachteten japanische Wissenschaftler die Entstehung einer neuen Algenart. Ein begeißelter Einzeller ließ eine Grünalge zur Untermiete einziehen. Die Symbiose verursacht drastische Veränderungen in beiden Zellen. Der Einzeller wechselt zwischen einer räuberischen Phase und einer Wirtsphase mit Endosymbiont, dabei stellt er seinen Energiehaushalt von der heterotrophen auf die autotrophe Ernährung, also vom Fressen auf Solarenergie um. Im Verlauf der Anpassung der beiden Zellen entsteht so aus einem partikelfressenden Einzeller eine Pflanze; die Forscher nannten sie *Hatena*, zu Deutsch „rätselhaft“. Diese Beobachtung ist eine weitere Stütze der Endosymbiontentheorie, nach die Vorläufer aller pflanzlichen und tierischen Zellen durch Endosymbiose entstanden.

1. Welche Organellen haben die Vorläufer der Pflanzenzellen nach der Endosymbiontentheorie durch Endosymbiose erhalten? Welche besonderen Fähigkeiten haben sie dadurch erworben?
2. Nennen Sie vier Merkmale dieser Organellen, die die Endosymbiontentheorie stützen! Begründen Sie jeweils, warum Sie ein Merkmal als Beleg für die Endosymbiontentheorie betrachten.
3. Inwiefern kann man die Entdeckung der neuen Algenart *Hatena* als Stütze der Endosymbiontentheorie betrachten?



1936 stellten J. F. DANIELLI und H. DAVSON das klassische Sandwich-Modell der Biomembran vor: Die Biomembran besteht aus einer bimolekularen Lipidschicht. Die hydrophoben Schwänze der Lipide stehen sich im Innern gegenüber, die hydrophilen Köpfe auf der Außenseite sind von Proteinen überzogen.

1. Das Modell beruht vor allem auf der Deutung elektronenmikroskopischer Aufnahmen. Wie sieht die Zellmembran auf solchen Bildern aus? Begründen Sie das Aussehen.
2. Charakterisieren Sie den Bau und die Eigenschaften der Moleküle, die die Lipid-Doppelschicht einer Biomembran aufbauen (Skizze!).
3. Das Modell von DANIELLI und DAVSON kann einige wichtige Funktionen, wie den Stofftransport bzw. Stoffaustausch durch die Membran oder die Kommunikation mit Botenstoffen nicht begründen. Wie musste das Modell erweitert werden, um diese Eigenschaften zu erklären?



Sandwich-Modell



Stoffe können auf unterschiedliche Weise transportiert werden. Ein wichtiger Transportmechanismus der Zelle ist die Diffusion. In einem Versuch wurde der Diffusionsweg eines in Wasser gelösten Farbstoffes über einen Zeitraum von 10 Minuten gemessen. Die Temperatur betrug während des Versuchs 20°C.

1. Stellen Sie das Versuchsergebnis grafisch dar!
2. Erläutern Sie das Versuchsergebnis. Wie ist es erklärbar?
3. Der gleiche Versuch wird bei einer Temperatur von 30°C durchgeführt, die anderen Versuchsbedingungen sind unverändert. Welche Versuchsergebnisse erwarten Sie? Begründen Sie Ihre Aussage.

4. Neurotransmitter bewegen sich im synaptischen Spalt durch Diffusion. Obwohl Diffusion ein sehr langsamer Prozess ist, wird die Erregung in Sekundenbruchteilen von einer Zelle zur anderen übertragen. Erläutern Sie!

Zeit (s)	Diffusionsweg (mm)
1	0,087
10	0,275
30	0,477
60	0,675
600	2,13



Ein Rettich wird halbiert, anschließend wird auf eine Hälfte des Rettichs etwas Kochsalz gestreut. Man beobachtet, dass diese Hälfte feucht wird – sie weint, die andere nicht.

1. Welche Flüssigkeit lässt die Schnittstelle des Rettichs feucht werden und woher kommt sie?
2. Skizzieren Sie eine Zelle des Rettichs vor und nach dem Salzen. Erläutern und benennen Sie den dargestellten Vorgang.
3. Wie kann man experimentell die Zellsaftkonzentration einer Rettichzelle bestimmen? Erklären und begründen Sie das experimentelle Vorgehen.



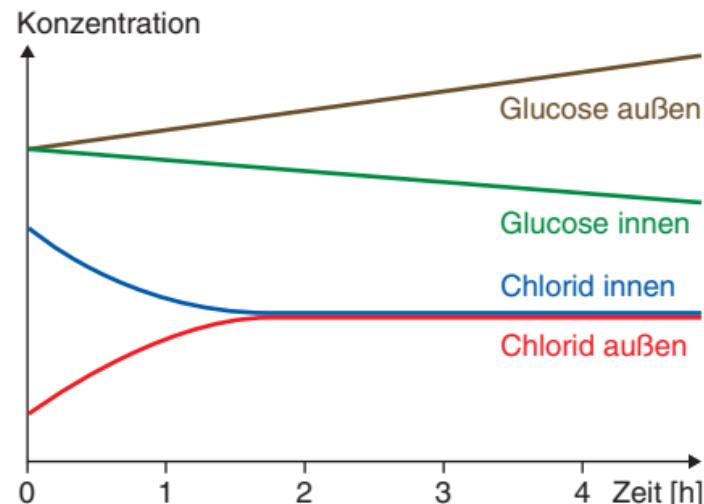
Foto: J. Christner

?

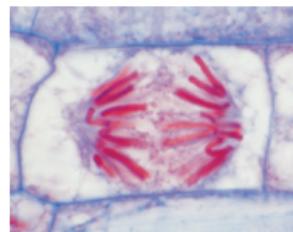
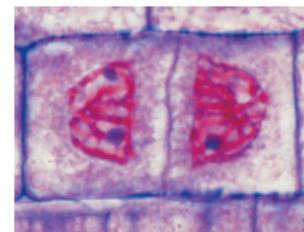
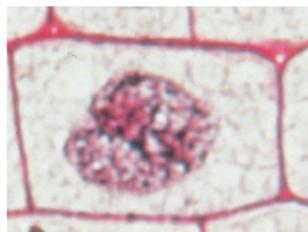
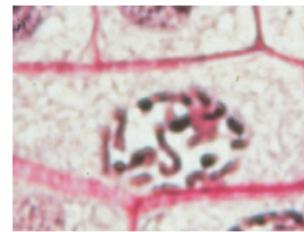
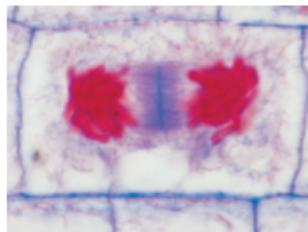
Glucose ist für die Zellen einer der wichtigsten Energieträger. Die Aufnahme dieses Moleküls aus dem Darm in die Dünndarmzellen ist deshalb für die Energieversorgung von großer Bedeutung.

In einem Experiment werden zwei wässrige Lösungen hergestellt: Beide enthalten die gleiche Konzentration an Traubenzucker (Glucose), aber unterschiedliche Mengen an Kochsalz (NaCl). Eine Lösung wird in einen frischen, gereinigten Rinderdarm gefüllt, zugebunden und in eine Schale mit der anderen, schwächer konzentrierten Lösung gehängt. Die Konzentrationen der Glucose und der Chlorid-Ionen werden fortlaufend gemessen. Die Messergebnisse sind in der nebenstehenden Grafik wiedergegeben.

- Um welche Transportmechanismen handelt es sich jeweils? Beschreiben und begründen Sie!
- Was versteht man unter einem trägervermittelten Transport?



1. Die Fotos zeigen verschiedene Phasen der Mitose. Geben Sie an, welche Phase jeweils dargestellt ist, beschreiben und ordnen Sie diese nach ihrer zeitlichen Abfolge.
2. Während der Interphase von Zellen der Wurzelspitze wurde festgestellt, dass rund 50 % aller Interphasezellen 10 ng DNA ($1\text{ng} = 10^{-9}\text{ Gramm}$) enthielten, 20 % enthielten 20 ng, die übrigen enthielten zwischen 10 und 20 ng. Erklären Sie den unterschiedlichen DNA-Gehalt pro Zelle!



?

Die geschlechtliche Fortpflanzung ist eine der großartigsten Erfindungen der Evolution. Dass sie im Tier- und Pflanzenreich derart weit verbreitet ist, stellt nach Ansicht von Evolutionsbiologen ein aufklärungsbedürftiges Faktum dar. Es gibt eine ganze Reihe von Hypothesen. Die am weitesten verbreitete geht davon aus, dass Sexualität der ständigen Erneuerung und Schaffung von Variabilität dient. Andere sehen im Schutz vor Parasiten die zentrale Bedeutung der Sexualität. Nach der DNA-Reparatur-Hypothese schützt die Meiose die Unversehrtheit der DNA. Die Forscher argumentieren, dass sich die Vorgänge während der Meiose besonders gut dazu eignen Schäden an der DNA auszubessern.

1. Warum ist die Meiose ein notwendiger Bestandteil der Sexualität?

2. Zeichnen Sie zur Erläuterung Ihrer obigen Aussage für eine Zelle ($2n = 4$) jeweils die Metaphase der ersten und zweiten Reifeteilung der Meiose! Beschriften und kommentieren Sie die Zeichnungen!
3. Das Foto zeigt eine Tetrade, einen Ausschnitt einer meiotischen Teilung. Beschreiben und erläutern Sie das Bild!



4. Erklären Sie die dritte Mendel'sche Regel (die Unabhängigkeitsregel) aus dem Verhalten der Chromosomen!
5. Nennen Sie zwei Organe im menschlichen Körper und ein Pflanzenorgan, in dem Meiosen ablaufen.



Opsin ist der Stoff, der zusammen mit Retinal das lichtempfindliche Pigment-Molekül Rhodopsin im Auge bildet. Opsin besteht aus einer Kette von 348 Aminosäuren. Vor kurzem ist die Reihenfolge dieser Bausteine entschlüsselt worden. Die räumliche Struktur besteht aus sieben schraubig gewundenen Abschnitten, die durch kurze, nicht-helikale Teile verbunden sind.

1. Zu welcher Stoffklasse gehört das Opsin?
2. Schreiben Sie die Strukturformel einer Aminosäure auf und geben Sie deren funktionelle Gruppen an. Zeigen Sie, wie sich zwei Aminosäuren zu einem Dipeptid vereinigen können.
3. Welche Bedeutung hat die Reihenfolge der Bausteine in einem solchen Molekül?
4. Welche Kräfte stabilisieren die schraubig gewundenen Abschnitte des Opsinmoleküls? Wie nennt man einen solchen Abschnitt in der Fachsprache?



Wasserstoffperoxid (H_2O_2) ist ein starkes Zellgift. Im Körper wird es schnell abgebaut, wenn es bei Stoffwechselprozessen entsteht:

$2H_2O_2 \rightarrow O_2 + 2H_2O$. In Vorratsbehältern kann man eine wässrige Lösung von Wasserstoffperoxid bei Zimmertemperatur monatelang aufbewahren.

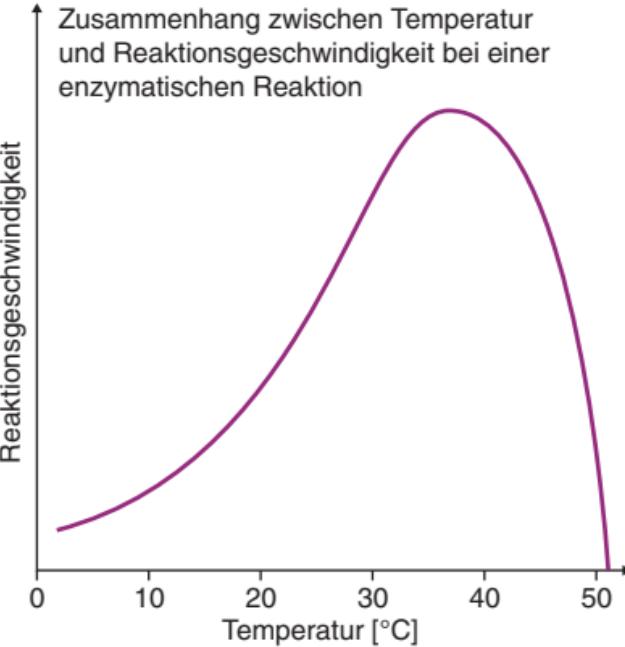
- Erhitzt man eine Wasserstoffperoxidlösung, so zerfällt H_2O_2 in Sauerstoff und Wasser; dabei wird Energie freigesetzt.
- Dieselbe Reaktion läuft auch bei Zimmertemperatur ab, wenn man zur Wasserstoffperoxidlösung eine Messerspitze Braunstein (MnO_2) zugibt.
- Übergießt man Hefe oder zerkleinertes Lebergewebe bei Raumtemperatur mit Wasserstoffperoxidlösung, so zerfällt das Wasserstoffperoxid unter starkem Aufschäumen.

1. Erläutern Sie die drei beschriebenen Methoden, Wasserstoffperoxid zu zersetzen; skizzieren Sie Energiediagramme für alle drei Reaktionen.
2. Nachdem das ganze Substrat umgesetzt ist, wird neue Wasserstoffperoxidlösung zugegeben. Was geschieht? Begründen sie Ihre Aussage.
3. Die drei oben beschriebenen Ansätze werden wiederholt, jedoch wird der Wasserstoffperoxidlösung vor Versuchsbeginn etwas Quecksilberchlorid ($HgCl_2$) zugegeben. Wie verlaufen die Versuche? Begründen Sie ihre Vermutungen!



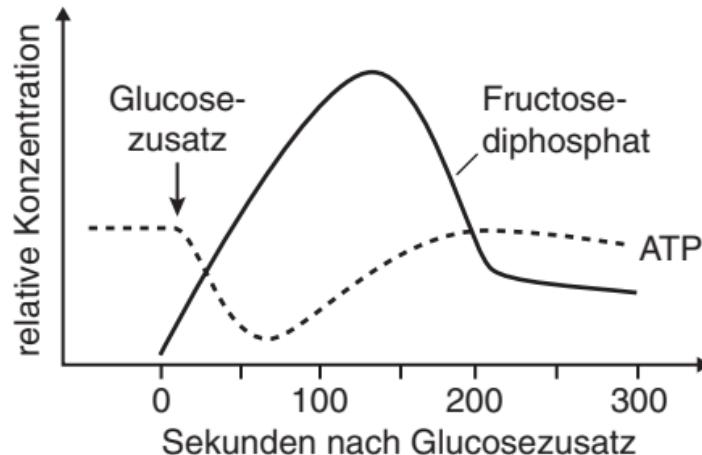
Enzyme können durch ganz verschiedene Faktoren inaktiviert werden, einerseits durch physikalische Faktoren wie Temperatur und kurzwellige Strahlung. Auch durch Säuren und Basen, Schwermetalle und andere Moleküle kann die Wirkung eines Enzyms vermindert oder unterbunden werden. Es gibt Inhibitoren, deren Wirkung reversibel ist, nach dem Auswaschen ist der alte Zustand wiederhergestellt. Es gibt aber auch solche, deren Wirkung nicht wieder gut zu machen ist, da sie das Enzym irreversibel schädigen.

1. Begründen Sie die im Text angeführten Möglichkeiten ein Enzym zu deaktivieren aus dem Bau und der Wirkungsweise eines Enzyms.
2. Beschreiben und deuten Sie die Kurve auf der Grafik rechts.



Zu einer Aufschämmung von Hefezellen wird Glucose gegeben. Die Konzentrationen von ATP und Fructosediphosphat werden kontinuierlich aufgezeichnet; sie sind in der Abbildung dargestellt.

1. Welche Aussagen lassen sich über den Ablauf der Bildung von Fructose-1,6-diphosphat in der vorgegebenen Zeit entnehmen? Beschreiben und begründen Sie den Kurvenverlauf!
2. Wie hängt die Konzentration des ATP mit der von Fructosediphosphat zusammen?
3. In welchem Kompartiment der Zelle wird Fructosediphosphat gebildet?
4. Lässt die dargestellte Reaktion – die Bildung von Fructose-1,6-diphosphat aus Glucose – einen Schluss darauf zu, ob der Zucker in den Hefezellen aerob oder anaerob abgebaut wird?



Glucose wurde in abgekochtem Wasser gelöst. In dieser Lösung wird Bäckerhefe aufgeschlämmt. 10 Glaskolben werden bis zum Rand mit dieser Suspension gefüllt. Jeder der Kolben steht in einem Wasserbad, dessen Temperatur exakt eingestellt werden kann. Aus dem verschlossenen Kolben führt ein Gasableitungsrohr in ein Becherglas mit Wasser, in dem man die entweichenden Gasbläschen zählen kann. Eine Versuchsreihe ergab folgende Ergebnisse:

1. Stellen Sie die Versuchsergebnisse in einem Diagramm dar und erklären Sie den Kurvenverlauf.
2. Nennen Sie den Namen des Stoffwechselprozesses, der unter den oben angegebenen Bedingungen in den Hefezellen abläuft, und erstellen Sie die Bruttogleichung dieses Prozesses.
3. Welche Auswirkung hätte es auf die Menge des gebildeten Gases, wenn den Hefezellen – bei gleich bleibendem Energiebedarf – während des Versuchs genügend Sauerstoff zur Verfügung stünde? Begründen Sie Ihre Antwort.

Temperatur des Wasserbades in °C	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Zahl der Gasbläschen pro Minute	7	10	14	23	38	52	78	39	8	2



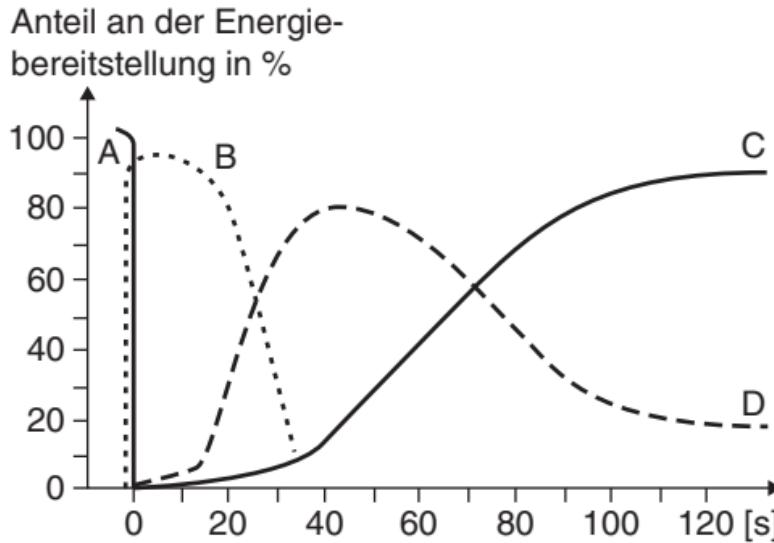
Der Biochemiker HANS KREBS – der Entdecker des Zitronensäure-Zyklus oder Tricarbonsäurecyclus – untersuchte den Stoffwechsel der Flugmuskulatur von Tauben. Er fand, dass C₄-Dicarbonsäuren (Säuremoleküle mit vier Kohlenstoffatomen) wie Oxalessigsäure und Äpfelsäure, bzw. ihre Anionen Oxalacetat und Malat, den Sauerstoffverbrauch von Muskeln anregen. Den gleichen Effekt hatten einige C₆-Tricarbonsäuren wie die Zitronensäure (Citrat) und sogar eine C₅-Verbindung – die α -Ketoglutarsäure (Ketoglutarat). Gab er nur geringe Mengen einer dieser Säuren zum Muskelgewebe, so wurde rasch eine vielfache Menge an Brenztraubensäure (Pyruvat), dem Endprodukt der Glykolyse, oxidiert. Bei Zugabe von Oxalessigsäure stieg die Konzentration der Zitronensäure sehr schnell an. Gab er andere organische Säuren zur Muskulatur, so fand er keine dieser Wirkungen.

1. Wie konnte diese Beobachtung den Weg für die Entdeckung des Zitronensäurezyklus bahnen?
2. Warum können geringe Mengen an zugegebener Oxalessigsäure die Oxidation einer vielfachen Menge an Brenztraubensäure veranlassen?
3. Der Zitronensäurezyklus wird als zentrales Drehkreuz des Stoffwechsels bezeichnet, obwohl er nur zwei ATP-Moleküle pro Molekül Glucose liefert. Welches ist die Aufgabe dieses aufwändigen Zyklus?
4. Stellen Sie die Teilschritte der Zellatmung tabellarisch dar. Aus der Tabelle sollten die Reihenfolge der Teilreaktionen, die Lokalisierung dieser Teilschritte in der Zelle, die Bilanz an Wasserstoff bzw. an reduzierten Coenzymen und die Energiebilanz (ATP) ersichtlich sein.



Ein Mittelstreckenläufer gewinnt die Energie, die er für eine 1000-Meter-Strecke benötigt, aus verschiedenen Prozessen, die alle in der Muskulatur ablaufen. Die Grafik zeigt, welche Stoffwechselwege die für die Muskelarbeit benötigte Energie liefern.

1. Was sagt die graphische Darstellung über das Nebeneinander und Nacheinander der verschiedenen Formen der Energiegewinnung aus?
2. Stellen Sie anaerobe und den aerobe Prozesse der Energiefreisetzung in der Muskelzelle einander gegenüber. Gehen Sie dabei auf die wesentlichen Reaktionsschritte, die Orte der Reaktion und die Energiebilanz ein.

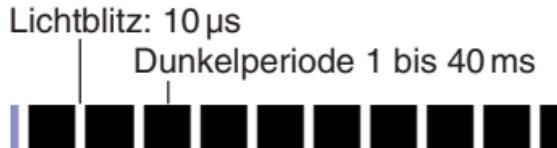


- A: Zerfall von ATP
B: Zerfall von Kreatinphosphat
C: Atmungskette
D: Glykolyse



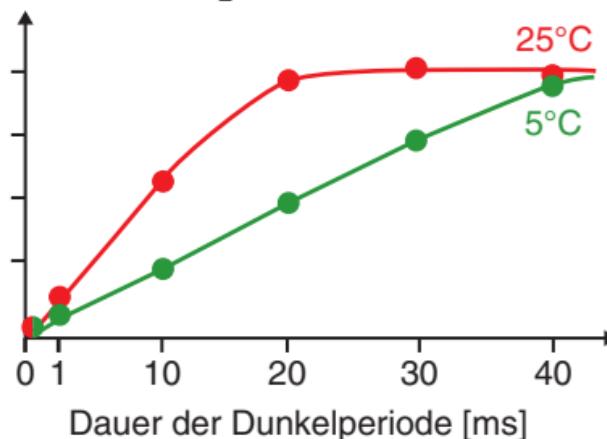
EMERSON und ARNOLD (1932) experimentierten mit Kulturen der einzelligen Grünalge *Chlorella*. Die Algen wurden mit sehr hellen Lichtblitzen von jeweils 10 µs bestrahlt. Zwischen den Lichtblitzen waren Dunkelperioden von einer und 40 ms eingeschoben (Bild 1). Einige der Kulturen wurden während der ganzen Versuchszeit bei 25 °C gehalten, andere bei 5 °C. Die Fotosyntheseraten beider Kulturen wurden in Versuchsserien mit unterschiedlich langen Dunkelperioden gemessen und aufgezeichnet (Bild 2). Als Maß für die Fotosyntheserate diente die Menge an Kohlenstoffdioxid, die die Algen einbauten.

1. Beschreiben und interpretieren Sie die beiden Kurven.
2. Welche grundlegende Aussage über den Verlauf der Fotosynthese konnte auf der Grundlage des beschriebenen Versuchs gemacht werden? Begründen Sie Ihre Annahme.



1 Schema der Belichtung: auf kurze Lichtblitze (10 µs) folgten unterschiedlich lange Dunkelperioden

Einbau von CO₂



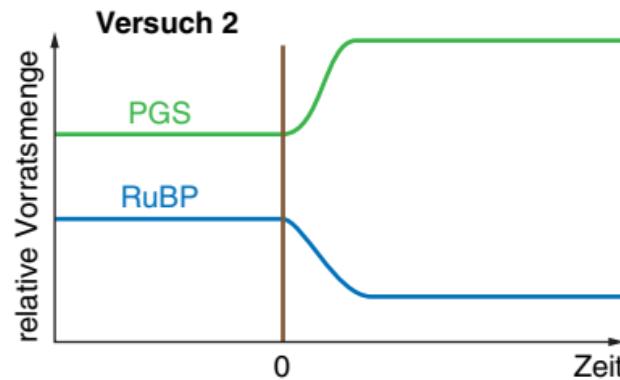
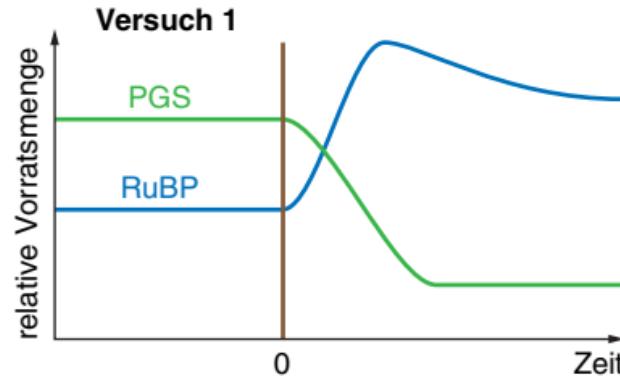
2 Ergebnis der Belichtungsversuche



Zur Untersuchung der Fotosynthese wurden zwei Suspensionen von Grünalgen zunächst unter konstanten Bedingungen gehalten. Während der Versuchszeit wurde der Vorrat an zwei Stoffen gemessen und aufgezeichnet: dem Zucker Ribulose-1,5-biphosphat (RuBP; Ribulosediphosphat) und der 3-Phosphoglycerinsäure (PGS; 3-Phosphoglycerat).

Zum Zeitpunkt 0 wurden Versuchsbedingungen geändert, bei jeder Suspension ein anderer Parameter. Die Grafiken zeigen stark vereinfacht die Ergebnisse der beiden Versuche.

1. Welche Teilreaktion der Fotosynthese wird hier untersucht? Wo läuft diese Reaktion ab?
2. Welche Versuchsbedingung wurde bei den beiden Versuchen jeweils zum Zeitpunkt 0 geändert? Interpretieren Sie den Verlauf der Kurven!



Die Bilder rechts zeigen zwei Maiskolben. Die Zahl der Körner wurde ermittelt:
Im linken Kolben zählte man 247 gelbe und 253 violette Körner, im zweiten Kolben waren 280 Körner violett und glatt, 95 violett und gerunzelt, 93 gelb und glatt und 32 gelb und gerunzelt.

1. Wie sahen die Elternpflanzen der beiden Maispflanzen aus, von denen diese Kolben stammen? Begründen Sie Ihre Annahmen!
2. Wie kann geprüft werden, welche Maiskörner in diesen Kolben heterozygot, welche homozygot sind?



Foto: J. Christner

?

Laban besaß eine Schafherde mit vielen weißen und einigen wenigen braunen Schafen. Sein Schwiegersohn Jakob erbat sich als Lohn für langjährige Dienste alle braunen Schafe, die bis zum Ende seiner Dienstzeit geboren wurden. Laban willigte ein, entfernte aber heimlich alle braunen Schafe seiner Herde. Trotzdem kamen in der Herde weiterhin braune Tiere zur Welt, es gab immer mehr braune Tiere in der Herde „daher ward der Mann über die Maßen reich, dass er viele Schafe, Mägde und Knechte hatte.“

nach Genesis 30

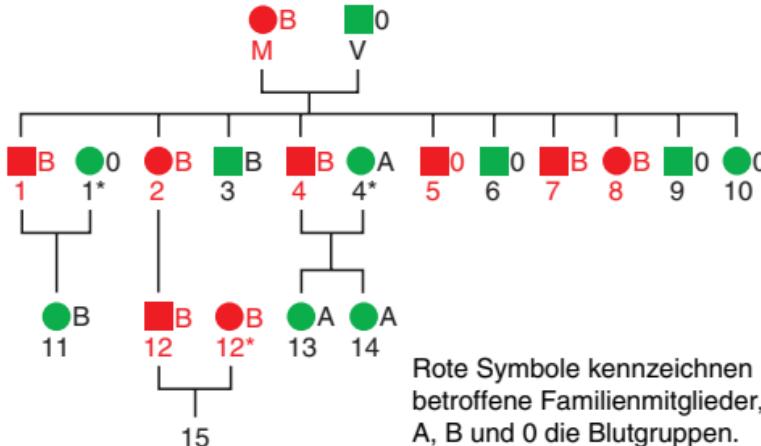
1. Welche Überlegungen zur Vererbung der Fellfarbe stellte Laban an?
2. Welcher Erbgang könnte der Färbung der Schafe zugrunde liegen? Entwerfen Sie eine Hypothese und skizzieren Sie den zugehörigen Erbgang.
3. Welche Mendel'sche Regel liegt dieser Geschichte zugrunde? Nennen und formulieren Sie diese!
4. Wie könnte Jakob erreicht haben, dass in seiner Herde immer mehr braune Schafe geboren wurden?



„Bis ich 10 Jahre alt war, führte ich ein unbeschwertes Leben, dann bekam meine Krankheit einen Namen: „Nagel-Patella-Syndrom“. Es folgten unzählige Untersuchungen und man entschloss sich meine linke Hand zu operieren. Ich konnte danach den Arm etwas weiter strecken. Danach begannen Probleme mit den Kniekehlen. Es folgten mehrere Eingriffe, um die Kniekehlen zu befestigen, da ich aber noch im Wachstum war, war der Erfolg immer nur von kurzer Dauer. Im Stammbaum meiner Familie tritt dieses Syndrom häufig auf.“

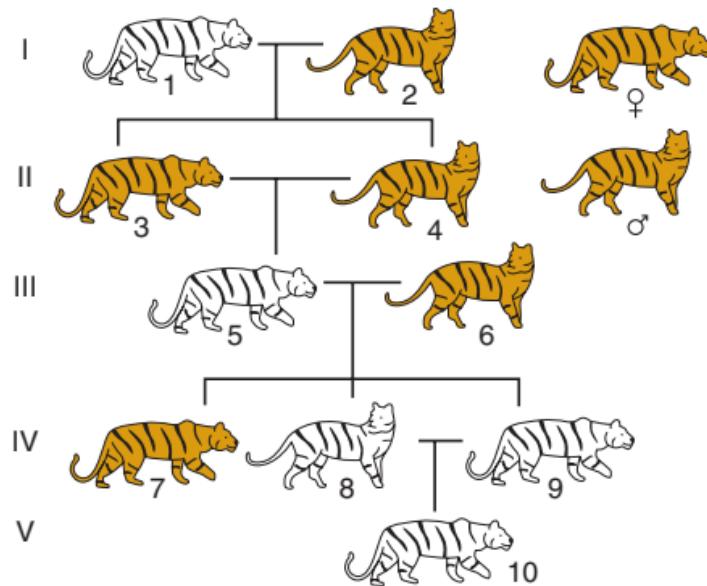
1. Welcher Erbgang liegt beim Nagel-Patella-Syndrom vor?
2. Geben Sie die Genotypen der Blutgruppen für die Personen 1, 3, 5 und 13 des Stammbaumes an.

3. Geben Sie eine Erklärung für die gleichzeitige Ausprägung von Blutgruppe B und dem Nagel-Patella-Syndrom bei vielen Personen!
4. Begründen Sie die Kombination von Blutgruppe 0 und dem Nagel-Patella-Syndrom bei Person Nr. 5!



Die Geschichte der weißen Tiger beginnt im Jahre 1951 als ein männlicher Bengalischer Tiger (*Panthera tigris tigris*) vom MAHARADSCHA SHRI MARTAND SINGH entdeckt und – nachdem seine Mutter und seine Geschwister getötet wurden – eingefangen wurde. Man geht davon aus, dass auf etwa 10.000 in freier Wildbahn geborener Tiger ein weißer Tiger kommt. Das besondere an den weißen Tigern sind die weiße Grundfärbung, die rosa Nase und die eisblauen Augen. Nebenstehende Grafik zeigt den Stammbaum eines weiblichen weißen Tigers (Nr. 10), der in einem Zoo geboren wurde.

1. Begründen Sie, warum in diesem Zoo so viele weiße Tiger geboren wurden.
2. Beweisen Sie, dass das Allel für die weiße Farbe weder X-chromosomal rezessiv noch X-chromosomal dominant ist. Reicht die Information dieses Stammbaums aus, um diese



- Frage eindeutig zu entscheiden?
3. Heute gibt es für bedrohte Tierarten internationale Zuchtprogramme, bei denen Tiere mit Zoos in aller Welt getauscht werden. Warum ist das für Artenschutzprogramme notwendig?



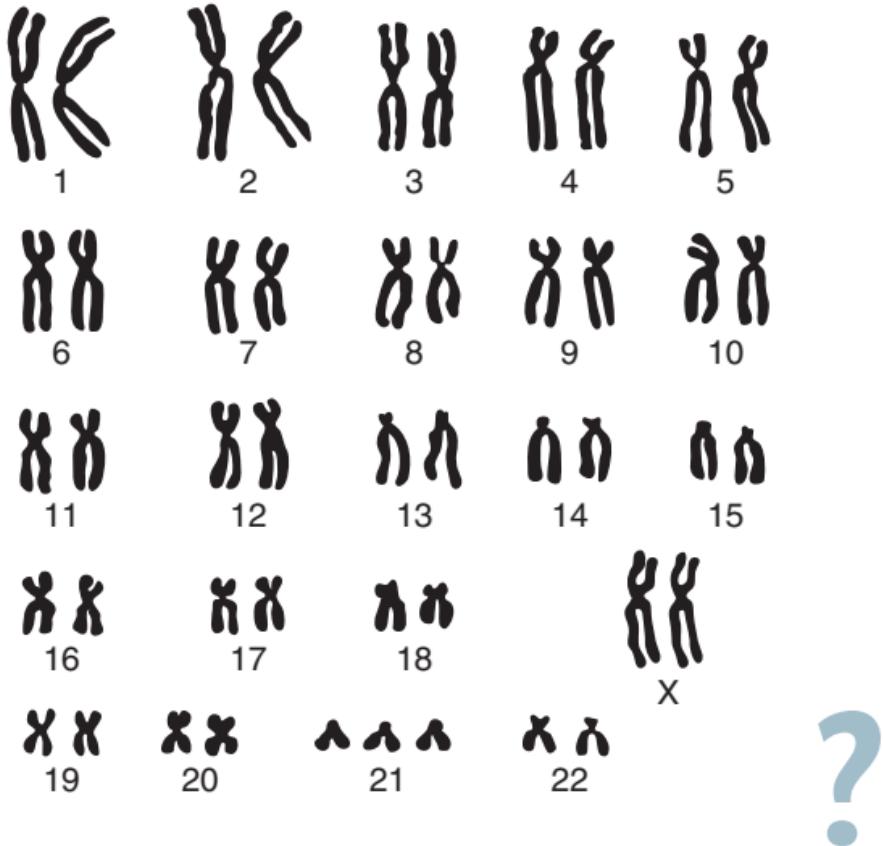
Die „Chromosomentheorie der Vererbung“ von
THEODOR BOVERI und WALTER STANBOROUGH SUTTON (1904)
ist eine der bedeutendsten biologischen Theorien.

1. Nennen Sie in einem Satz die Hauptaussage
dieser Theorie!
2. Welche wissenschaftlichen Befunde führten
die beiden Wissenschaftler zu dieser Theorie? Nennen Sie
vier Einzelaussagen, die auf diese Theorie hinweisen!
3. Inwiefern waren die Arbeiten von THOMAS HUNT MORGAN
an der Taufliege *Drosophila melanogaster* eine wichtige
Bestätigung der Chromosomentheorie der Vererbung?



Die Abbildung zeigt das geordnete Karyogramm eines Menschen.

1. Welche Informationen liefert das nebenstehende Karyogramm?
2. Nach welchen Kriterien werden die Chromosomen geordnet?
3. Aus welchem Zellteilungsstadium stammt das dargestellte Karyogramm? Warum eignet sich gerade dieses Stadium besonders gut für diesen Zweck?

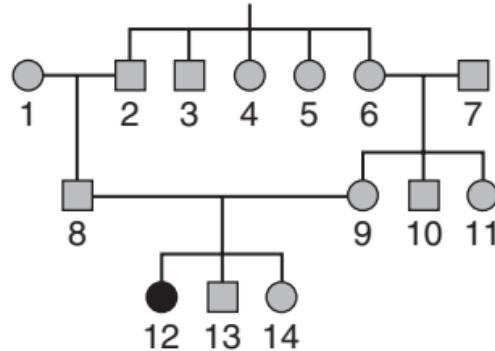


Das Tay-Sachs-Syndrom ist eine Störung des Fettstoffwechsels. Durch einen Defekt des Enzyms β -N-Acetylhexosaminidase sammelt sich ein Lipid in der Retina und in Nervenzellen an, das zum Untergang der entsprechenden Zellen führt. Bewegungs- und Sehfähigkeit gehen verloren, die Krankheit führt schon im Kleinkindalter zum Tode.

Das Auftreten der Krankheit wird durch genetische Untersuchungen im Vorfeld von Schwangerschaften und bei entsprechendem Befund mit dem Ziel von deren Vermeidung niedrig gehalten.

1. Welchem Erbgang folgt das Tay-Sachs-Syndrom?
2. Welche Untersuchungen und Maßnahmen sind geeignet, das Auftreten der Krankheit niedrig zu halten?

3. Welche Möglichkeiten gibt es, ein Paar, dessen Familie belastet ist, zu beraten?



Erbgang des Tay-Sachs-Syndroms in einer Familie.
Betroffen ist nur die Tochter 12.



Eine Elementaranalyse von drei Makromolekülen der Zelle erbrachte die in der Tabelle dargestellten Ergebnisse.

- Bei welcher der Proben handelt es sich um die DNA? Welche Makromoleküle wurden bei den beiden anderen Proben untersucht? Begründen Sie Ihre Annahmen!

Der Biochemiker ERWIN CHARGAFF extrahierte die Basen der DNA und bestimmte deren Konzentrationen durch Messung der UV-Absorption. Mit Hilfe des Lambert-Beer'schen Gesetzes erhielt er die molaren Konzentrationen. Dabei ermittelte CHARGAFF die folgenden Verhältnisse der DNA-Basen: Adenin zu Guanin = 1,43; Thymin zu Cytosin = 1,43; Adenin zu Thymin = 1,02; Guanin zu Cytosin = 1,02.

- Erläutern Sie, warum die Messungen CHARGAFFS ein wichtiger Schritt zur Aufklärung der DNA-Struktur war.

Probe	C %	H %	O %	N %	P %	S %
1	29	49	13	8	0	1
2	27	49	24	0	0	0
3	35	21	26	14	4	0

Tabelle: Prozentualer Anteil der Atome in drei Makromolekülen der Zelle

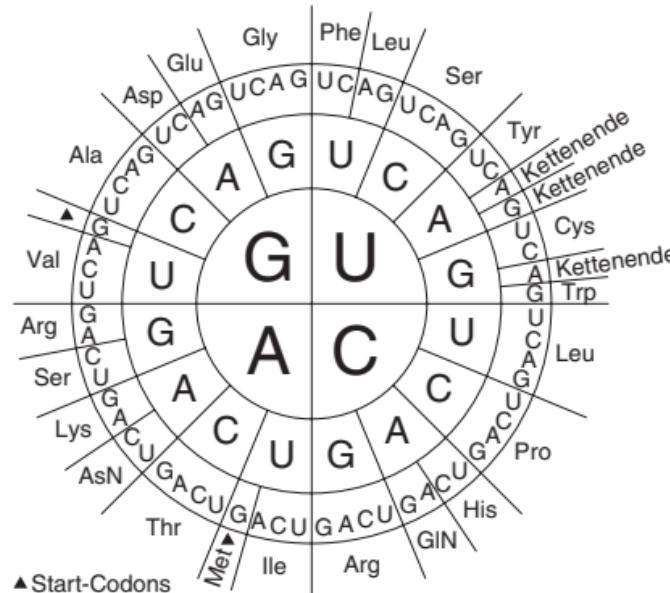


5' A T G A A A T T C T C G A A T A G C 3'
 3' T A C T T T A A G A G C T T A T C G 5'

Die DNA-Sequenz stammt vom Anfang eines Gens, das für ein Enzym des Fotosyntheseapparats codiert. Die untere Zeile stellt den codogenen Strang (template-Strang) dar.

1. Schreiben Sie die mRNA-Sequenz auf, die von diesem DNA-Stück abgelesen wird.
2. Übersetzen Sie die mRNA-Sequenz in eine Aminosäuresequenz. Geben Sie die Aminosäurereste mit Kürzeln aus drei Buchstaben an. Nehmen Sie die Code-Sonne rechts zur Hilfe!
3. Die 6. Base auf dem codogenen Strang wird durch die Base C ersetzt. Von welchem Typ von Mutation spricht man? Welche Auswirkung hat die Mutation auf das Protein, das hergestellt wird?

4. Das Basenpaar Nummer 11 dieser Reihe entfällt. Welchen Effekt hat diese Mutation auf das codierte Enzym?



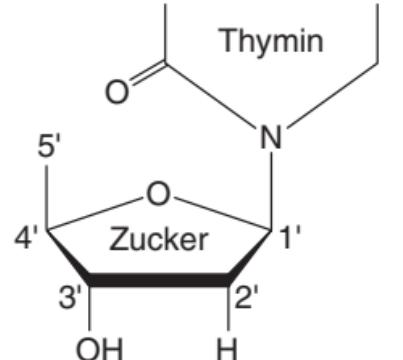
Code-Sonne



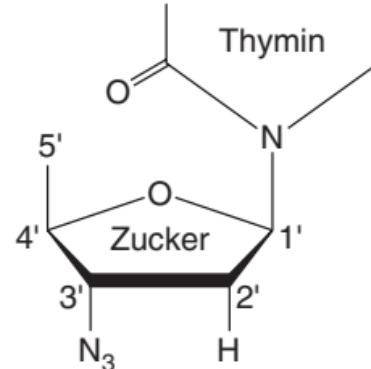
HI-Viren besitzen das Enzym Reverse Transkriptase. In Zellen von nicht durch das HIV infizierten Menschen kann dieses Enzym nicht nachgewiesen werden.

Das Medikament AZT (Azidodeoxythymidin) greift gezielt in den Vorgang der reversen Transkription ein. AZT besteht aus der Base Thymin und einem Zucker. Der Zucker unterscheidet sich von der Desoxyribose am C-Atom 3'. Dort ist die OH-Gruppe durch eine N₃-Gruppe ersetzt.

- Was versteht man in der Genetik unter Transkription? Wo spielt sich der Vorgang in menschlichen Zellen ab?
- Was ist eine reverse Transkription? Welche Rolle spielt dieser Prozess im Entwicklungszyklus von HI-Viren?
- Entwickeln Sie eine Hypothese, warum man AIDS mit AZT bekämpfen kann!



2'-Desoxythymidin



AZT

- Warum inhibiert das AZT die normale Transkription nicht?
- Was könnte der Grund dafür sein, dass AZT die Replikation der DNA nicht beeinflusst?



Die Replikation nach dem semikonservativen Prinzip wurde schon von WATSON und CRICK postuliert, da sie aus der DNA-Doppelstrang-Konstruktion der Erbinformation ableitbar ist. Bei jeder Zellteilung wird die genetische Information in Form von DNA an die neu entstehenden Zellen weitergegeben.

Mitomycin C ist ein Antibiotikum das aus *Streptomyces caespitosus* gewonnen wird. Mitomycin schiebt sich in die Doppelhelix der DNA zwischen benachbarte Basenpaare ein, dadurch werden beide DNA-Stränge kovalent aneinander gebunden. Früher wurde es gegen gram-positive Bakterien und gegen einige Viren eingesetzt. Heute verwendet man es als zytotoxisches Medikament.

1. Was bedeutet in diesem Zusammenhang „Semikonservative Replikation“?
2. Welche Auswirkungen hat Mitomycin auf die Replikation der DNA?
3. Welche Wirkung auf ein Krebsgeschwür erwarteten Sie?
4. Erklären Sie, warum Mitomycin die Gefahr einer Infektion erhöht!



Das Tumorsuppressorprotein p53 reguliert als Transkriptionsfaktor die Expression von Genen, die an der Kontrolle des Zellzyklus oder an der DNA-Reparatur beteiligt sind. Aufgrund dieser Eigenschaft wird p53 als „Wächter des Genoms“ bezeichnet. Seine medizinische Bedeutung erklärt sich aus dem Befund, dass p53 in der Hälfte aller menschlichen Tumoren mutiert ist. Das Protein p53 ist instabil, wird aber regelmäßig nachgeliefert. Kommt es in der DNA zu Schäden, etwa einem Doppelstrangbruch, so wird p53 stabilisiert, wodurch es sich in der Zelle anhäuft.

Diese Akkumulation setzt DNA-Reparatur-Mechanismen in Gang und stoppt den Zellzyklus. Die Zelle bekommt Zeit, sich selbst zu repa-

rieren, bevor sie sich teilt. Ist die DNA wieder in Ordnung, so sinkt der p53-Spiegel wieder, und nach einer Weile geht der Zellzyklus weiter. p53 kann durch chemische Stoffe geschädigt werden, zum Beispiel durch das im Tabakrauch enthaltene Benzopyren.

1. Definieren Sie den Begriff der Genexpression! Nennen Sie die Teilschritte der Genexpression.
2. Welche Wirkung hat ein Transkriptionsfaktor?
3. Erläutern Sie Schritt für Schritt, wie Tabakrauch zur Entstehung eines Tumors beitragen kann!
4. Welche Folgen hat eine Punktmutation im Gen Tp53?



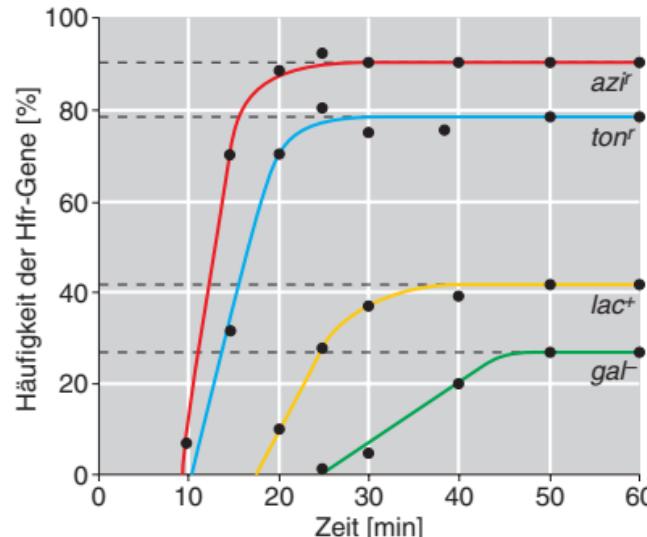
Zwei Bakterienstämme – ein Hfr-Stamm und ein F⁻-Stamm – unterscheiden sich in fünf Eigenschaften (Tabelle):

Hfr	str ^s , azi ^r , gal ⁺ , lac ⁺ , ton ^r
F ⁻	str ^r , azi ^s , gal ⁻ , lac ⁻ , ton ^s

- Sie sind gegenüber dem Phagen T1 resistent *ton^r* oder sensibel *ton^s*, können Laktose bzw. Galaktose abbauen *lac⁺*, *gal⁺* oder nicht *lac⁻*, *gal⁻*, sind gegenüber den Antibiotika Azithromycin und Streptomycin resistent *azi^r* bzw. *str^r* oder sensibel *azi^s*, *str^s*.

Kulturen beider Stämme werden gemischt. Einzelne Hfr-Zellen übertragen Gene auf F⁻-Zellen. Zu verschiedenen Zeiten wird die Konjugation unterbrochen. Die Bakterien werden auf Streptomycin-haltigen Agarplatten ausgestrichen, bebrütet und untersucht. Die Kurvenschar zeigt die Versuchsergebnisse.

- Erläutern Sie die Methode der Genkartierung durch unterbrochene Konjugation und geben Sie die Reihenfolge der Gene auf dem Chromosom an.
- Welche Aufgabe hat bei diesem Experiment das Antibiotikum Streptomycin in den Agarplatten?



Die Mukoviszidose, oder Cystische Fibrose (CF) ist die häufigste erbliche Stoffwechselkrankheit in Mitteleuropa. Bei dieser Krankheit bildet sich ein zäher Schleim auf den Schleimhäuten. Besonders betroffen sind die Ausführgänge der Atemwege sowie der Bauchspeicheldrüse und der Gallenblase.

Chlorid-Ionen werden aktiv durch das CFTR-Protein durch die Plasmamembran der Zellen transportiert. Dieses Membranprotein ist bei Mukoviszidose-Patienten verändert, da das zugehörige auf Chromosom 7 liegende CFTR-Gen mutiert ist.

Ausschnitt aus dem codogenen DNA-Strang des intakten und mutierten CFTR-Gens:

CFTR Gen:

3' ... CTTTATAGTAGAAACCACAAAGG ... 5'

mutiertes Gen A:

3' ... CTTTATAGTAGGCCACAAAGG ... 5'

mutiertes Gen B:

3' ... CTTTATAGTAGAGGCCACAAAGGG ... 5'

Das erste vom hier dargestellten Ausschnitt abgelesene mRNA-Codon ist GAA.

1. Welche Mutationstypen liegen hier vor? Welche Auswirkung hat die Mutation auf das von diesem Gen codierte Protein? (Die Code-Sonne, die Sie für die Beantwortung dieser Aufgabe benötigen, finden Sie auf dieser Karte unter „Wissen“).
2. Erklären Sie einen möglichen Zusammenhang zwischen dieser genetischen Störung und den Symptomen der Mukoviszidose!
3. Entwerfen Sie ein Verfahren, mit dem man eine Person darauf testen kann, ob sie Träger eines mutierten CFTR-Gens ist.



L-Tryptophan ist eine essentielle Aminosäure; sie kann vom menschlichen Körper nicht aufgebaut werden. Das Darmbakterium *E.coli* kann Tryptophan (Trp) aus einer einfachen Vorstufe selbst herstellen, tut dies aber nur dann, wenn in seiner Nahrung kein Tryptophan vorhanden ist. Die fünf Gene, die die zur Synthese nötigen Enzyme codieren, liegen auf dem Chromosom des Bakteriums eng beieinander.

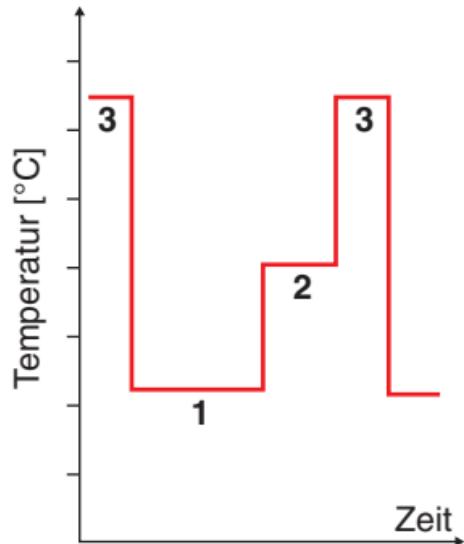
1. Entwerfen Sie ein Regelschema, wie die Tryptophan-Synthese des Bakteriums durch das Tryptophan in der Umgebung an- und abgeschaltet werden kann!
2. Erläutern Sie, warum die Regulation der Tryptophan-Synthese vorteilhaft für das Bakterium ist.
3. Beschreiben und begründen Sie, welchen Effekt eine Deletion des *trp*-Regulatorogens auf die Expression der Strukturgene des *trp*-Operators bei Anwesenheit und Abwesenheit von Tryptophan hätte.
4. Was erwarten Sie für die Tryptophan-Synthese in einer Bakterienzelle, die einen mutanten Repressor trägt, der auch in Abwesenheit von Tryptophan an DNA bindet?



Eine technische Anwendung der semikonservativen DNA-Vermehrung ist die Polymerase-Ketten-Reaktion (PCR = *polymerase chain reaction*). Die PCR ermöglicht – ausgehend von einem einzigen DNA Molekül – eine milliardenfache Vervielfältigung eines DNA-Abschnitts. Der Verlauf der PCR wird allein durch unterschiedliche Temperaturen gesteuert.

1. Geben Sie an, welche Zutaten man außer der zu vermehrenden DNA-Probe für einen PCR-Ansatz benötigt (ohne Begründung).
2. Interpretieren Sie die Grafik rechts und beschreiben Sie, welcher Prozess jeweils bei den Temperaturbereichen 1, 2 und 3 abläuft.

3. Fügen Sie in die Grafik eine Temperatur-Skala ($^{\circ}\text{C}$) ein und geben Sie den Zeitabschnitt an, den ein Replikationszyklus benötigt.

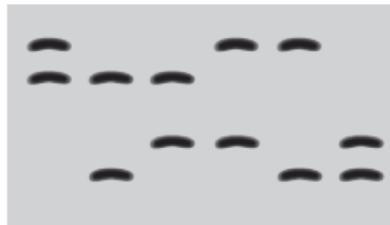


Die Abbildung zeigt die DNA-Profilanalyse zweier VNTR (*variable number of tandem repeats* = Regionen einer Familie). Hintergrund der Untersuchung war, dass einer Flüchtlingsfamilie mit drei Kindern Asyl gewährt wurde. Später kam ein Heranwachsender und beantragte ebenfalls eine Aufenthaltserlaubnis. Sowohl er wie auch die Familie behaupteten, er sei das vierte Kind der Familie. Die Behörden baten um die DNA-Profilanalyse, um die biologischen Verwandtschaftsverhältnisse zu klären.

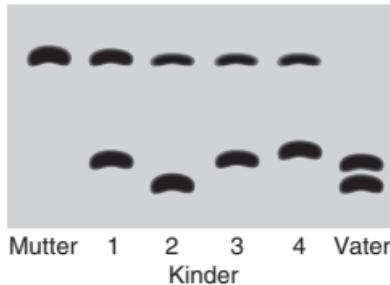
1. Beschreiben Sie zwei Eigenschaften, die bestimmte Regionen (VNTR-Regionen) des menschlichen Erbgutes für einen DNA-Fingerprint besonders geeignet machen?
2. Wie wird bei dieser Methode der interessierende DNA-Abschnitt sichtbar gemacht (z. B. für die Bilder rechts)?

3. Sind die als Mutter und Vater bezeichneten Erwachsenen die biologischen Eltern der Kinder 1, 2 und 3? Können sie auch die Eltern des vierten Kindes sein? Bitte begründen Sie Ihre Aussagen.

Probe 1

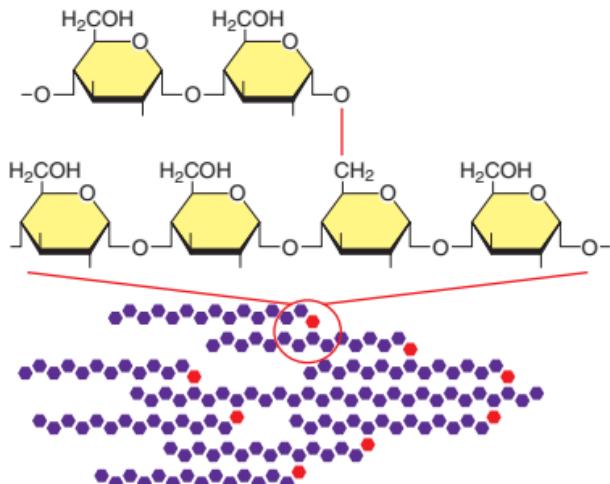
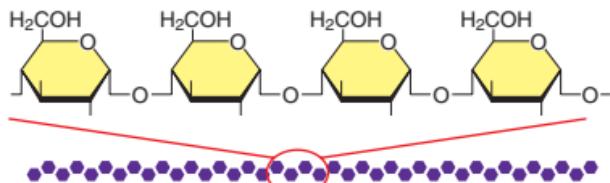


Probe 2



Kartoffeln sind nicht nur ein wichtiges Nahrungsmittel, sondern auch ein bedeutender Lieferant der industriellen Stärkeproduktion. Herkömmliche Kartoffeln produzieren ein Stärkegemisch aus Amylopektin und Amylose. In vielen technischen Anwendungen wird nur das Amylopektin benötigt; eine Trennung des Stärkegemisches ist jedoch sehr aufwändig. Amflora ist eine gentechnisch veränderte Kartoffel, die eine für technische Anwendungen optimierte Amylopektin-Stärke bildet. Der Amylosegehalt wurde auf 4 bis 6 % gesenkt. Diese neue Sorte hilft Material, Energie, Kosten zu sparen, die Belastung der Umwelt wird deutlich reduziert. Die Züchtung der neuen Kartoffelsorte gelang durch Anwendung der „Antisense-Technik“.

1. Erklären Sie das Prinzip der Antisense-Technik unter Verwendung einer beschrifteten Skizze!
2. Wie wird erreicht, dass in der Kartoffelknolle von Amflora keine Amylose hergestellt wird?



Amylyse (oben) und Amylopektin



Insulin ist ein Protein-Hormon, das in der Lage ist, den Blutzuckerspiegel im Körper zu senken. Mangelnde oder fehlende Insulinproduktion in den Inselzellen der Bauchspeicheldrüse führt zu Diabetes. Die Gentechnik hat Wege gefunden, Bakterienzellen zu „überreden“, das für Diabetiker lebenswichtige Insulin herzustellen. Vorher standen zur Behandlung nur Insuline zur Verfügung, die aus Bauchspeicheldrüsen von Schweinen, Rindern oder anderen Schlachttieren gewonnen wurden und die sich in ihrer Primärstruktur vom Insulin des Menschen geringfügig unterscheiden.

1. Beschreiben Sie, welche Schritte notwendig waren, um Bakterien zur Synthese von Insulin zu veranlassen.
2. Beurteilen Sie den Einsatz von gentechnisch hergestelltem Human-Insulin und Rinder-Insulin aus immunbiologischer Sicht!
3. Insulin muss injiziert werden. Warum kann es nicht in Form von Tabletten eingenommen werden?
4. Beurteilen Sie die Beobachtung, dass aus Schweinen und Rindern gewonnenes Insulin beim Menschen wirkt, aus evolutionsbiologischer Sicht.



In den Ländern der Dritten Welt, in denen Reis Grundnahrungsmittel ist, ist der Vitamin-A-Mangel weit verbreitet. Man schätzt, dass jedes Jahr 350 000 Kinder durch Vitamin-A-Mangel erblinden.

Forscher der ETH Zürich und der Universität Freiburg im Breisgau haben auf gentechnischem Weg den „Golden Rice“ entwickelt, eine Reissorte, die Beta-Karotin, einen wichtigen Vorläufer von Vitamin A enthält. Damit der Reis Beta-Karotin erzeugen kann, wurden ihm drei neue Gene übertragen, zwei aus Narzissen und eines aus einer Bakterienart (*Erwinia*). Neben den Strukturgenen, die für die Enzyme der Karotin-Synthese codieren, mussten auch endosperm-spezifische Promotor-Gene ins Reis-Genom eingebracht werden. (Das Endosperm ist das Nährgewebe der Samen, das die Nährstoffe enthält.)

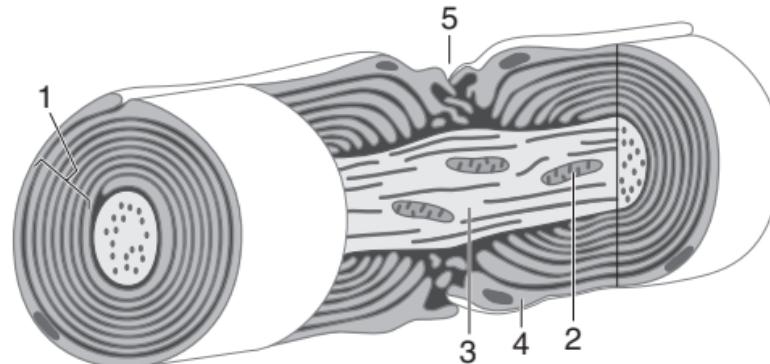
1. Stellen Sie einen Zusammenhang zwischen Vitamin-A-Mangel und Blindheit her!
2. Welche Eigenschaft des genetischen Codes macht die Übernahme eines Gens von einem Bakterium auf eine Pflanze möglich?
3. Beschreiben Sie die Methode, mit der fremde Gene – zum Beispiel die Gene für die Karotin-Synthese – in Pflanzenzellen übertragen werden!
4. Erläutern Sie die Bedeutung der endosperm-spezifischen Promotorgene bei der Entwicklung von Golden Rice.



Nervenzellen oder Neuronen bilden den wichtigsten Bestandteil des Gehirns und sind in vieler Hinsicht die außergewöhnlichsten Zellen, die das Leben hervorgebracht hat. Die meisten Neuronen des Gehirns sind winzig klein, manche nicht größer als ein paar Millionstel Meter im Durchmesser, aber ihre Zahl ist ungeheuer groß. Ihre Hauptaufgabe besteht darin, Information zu verarbeiten und an andere Neuronen weiterzuleiten. Damit bilden sie die Grundlage für alle Sinnes- und Verhaltensleistungen.

1. Fertigen Sie eine beschriftete Skizze einer multipolaren Nervenzelle an! (Erwartet werden zehn Angaben)

2. Skizzieren Sie drei weitere Typen von Nervenzellen und nennen Sie deren Namen.
3. Welchen Ausschnitt der Nervenzelle zeigt die Abbildung rechts? Beschriften Sie das Bild!



?

Sticht man eine Mikroelektrode in eine Nervenzelle ein und legt eine zweite Elektrode außen an die Zelle, so misst man über der Membran eine elektrische Spannung, die – je nach Zelle – zwischen -50 und -80 mV liegt. Diese Spannung wird als Ruhepotenzial bezeichnet. Wie kann über einer Zellmembran eine elektrische Spannung entstehen? Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit die Spannung entsteht? Wie wird die Spannung aufrechterhalten?

Erläutern Sie in wesentlichen Zügen die Theorie, die das Zustandekommen der Ruhespannung über der Membran einer Nervenzelle erklärt!



In zwei Experimenten wurde an der gleichen Nervenfaser jeweils das Aktionspotenzial gemessen.

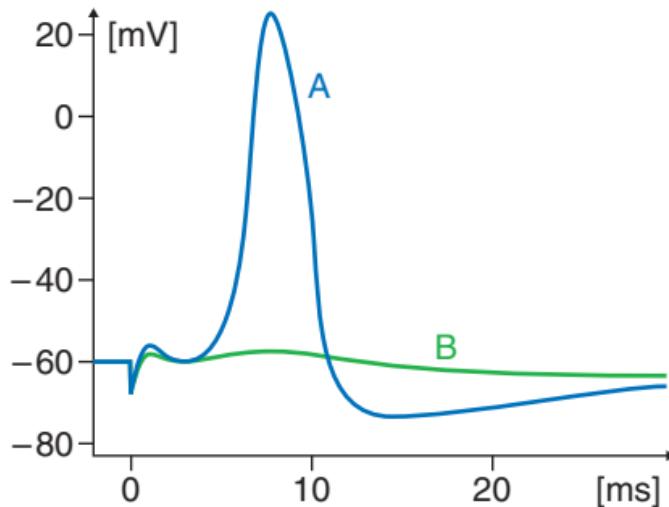
Der Spannungsverlauf in Abhängigkeit von der Zeit wurde mit dem Oszilloskop aufgezeichnet. Der kurze Spannungsabfall zu Beginn des Versuchs ist eine Folge der elektrischen Reizung der Nervenfaser.

Zur ersten Messung lag das Axon in einer Kochsalzlösung mit einer Konzentration von 300 mMol/l.

Vor der zweiten Messung wurde die Kochsalzlösung durch eine Glucose-Lösung gleicher Konzentration ersetzt.

1. Welche Kurve wurde bei der ersten Messung ermittelt? Begründen Sie Ihre Angabe!

2. Erklären Sie die Unterschiede zwischen den beiden Messergebnissen!



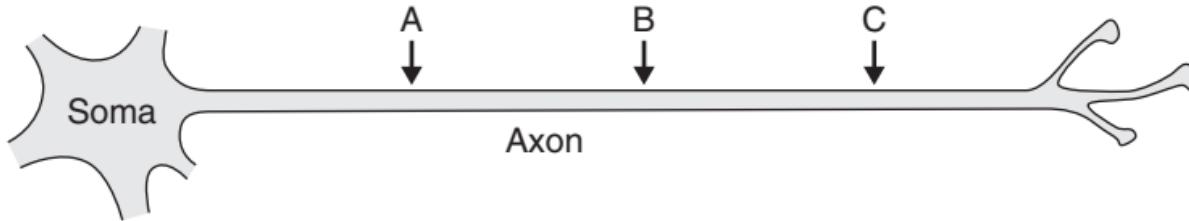
?

Das Axon der unten abgebildeten Nervenzelle wird gleichzeitig an den Stellen A und B über schwellig gereizt.

Um die Weiterleitung dieses Aktionspotenzials zu untersuchen, wurde an der Stelle C ein Oszilloskop angeschlossen. Die Pfeilspitzen geben die Lage der Elektroden an.

1. In welche Richtungen pflanzen sich die entstehenden Aktionspotenziale fort?

2. Was wird an der Stelle C gemessen?
3. Begründen Sie Ihre Antworten durch Beschreibung der Vorgänge auf der Axonmembran.
4. Skizzieren Sie die Kurve, die bei intrazellulärer Ableitung an der Stelle C gemessen wird. Die Messung soll zwei Millisekunden vor der Reizung beginnen. Beschriften Sie die einzelnen Phasen der Kurve mit den entsprechenden Fachausdrücken.



?

Die Tabelle zeigt Durchmesser und Leitungsgeschwindigkeiten verschiedener Nervenfasern

Axon	Durchmesser (µm)	Leitungsgeschwindigkeit (m/s)
Mensch, A-Faser	1-20	5-120
Mensch, B-Faser	< 4	3-15
Mensch, C-Faser	0,3-1,5	0,6 -3
Frosch	25	12
Tintenfisch, Riesenaxon	500-1000	max. 20

1. Analysieren Sie den Zusammenhang zwischen Durchmesser und Leitungsgeschwindigkeit der verschiedenen Fasern.
2. Stellen Sie eine begründete Hypothese auf zum Energieverbrauch der A-Faser des Menschen und dem Riesenaxon des Tintenfisches.
3. Welche Aufgaben könnten im Nervensystem des Menschen die A-Faser und die C-Faser haben? Begründen Sie Ihre Vermutung!



Cyanide sind starke Gifte; bei einem erwachsenen Menschen beträgt die letale Dosis etwa 140 Milligramm CN^- . Cyanid ist ein Atemgift, durch die Hemmung der Atmungskette kommt die Zellatmung schnell zum Erliegen.

Werden Cyanid-Ionen einer Nervenfaser zugeführt, so sind zunächst noch Aktionspotentiale auslösbar, allerdings sinkt die Erregbarkeit schnell ab, auch das Ruhepotential wird schwächer.

1. Auf welchem Weg wirkt sich das Cyanid auf die Membranspannung eines ruhenden Axons aus?
2. Erklären Sie, wie das Gift die Erregbarkeit eines Axons beeinflusst.



Der Pharmakologe OTTO LOEWI erhielt 1936 den Nobelpreis für Medizin für einen bahnbrechenden Versuch, den er schon im Jahre 1921 gemacht hatte.

Er präparierte das schlagende Herz eines Frosches mit den zuführenden Nerven und brachte es in eine Nährlösung. Als er den Vagus – einen Gehirnnerv – reizte, sank die Frequenz des Herzschlags. Anschließend brachte LOEWI nach Entnahme des ersten Herzen ein anderes Froschherz in diese Lösung und beobachtete, dass sich auch dessen Schlagfrequenz erniedrigte.

Aus diesem Experiment ließ sich eine grundlegende Erkenntnis zur Erregungsübertragung ableiten.

1. Formulieren Sie die Erkenntnis, die OTTO LOEWI aus diesem Versuch ableiten konnte.
2. Beschreiben Sie die Abfolge der neurophysiologischen Vorgänge bei diesem Experiment auf der Grundlage des heutigen Kenntnisstandes.
3. Welche Bedeutung hat der Vagus in unserem Nervensystem?



Botulismus ist eine schwere, oft tödlich verlaufende Form der Lebensmittelvergiftung: Botulinumtoxine zählen zu den stärksten Nervengiften. Trotzdem erfreuen sich Botulinustoxin-Injektionen in manchen Gesellschaftskreisen großer Beliebtheit. Das Toxin („Botox“) wird an verschiedenen Stellen in die Gesichtshaut gespritzt. Das Gift lähmt die Muskulatur und verhindert, dass man die Stirn runzelt oder die Augen zusammenkneift oder grimassiert. Dadurch wirkt die Haut glatter. Manche Geschäftsleute finden, dass die Injektionen für schwierige Verhandlungen nützlich sind, da Stress und Anspannung hinter einer ausdruckslosen Maske versteckt werden.

1. Skizzieren Sie eine neuromuskuläre Synapse und beschriften Sie diese.
2. Zeigen Sie, wie Botulismus die Arbeit der Synapse stört und zu den beschriebenen erwünschten und unerwünschten Folgen führt.

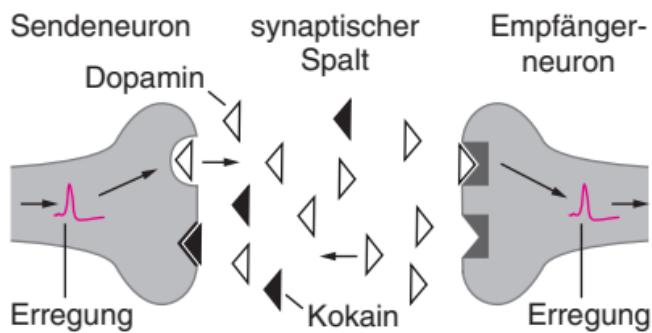


Im Gift der Kobra ist Kobratoxin enthalten, ein Nervengift das mit den Acetylcholin-Rezeptoren der motorischen Endplatte reagiert, ohne dabei eine Depolarisation auszulösen. Es steht in einem Wettbewerb um die Besetzung der Rezeptoren und verhindert die neuromuskuläre Reizübertragung durch den Transmitter Acetylcholin.

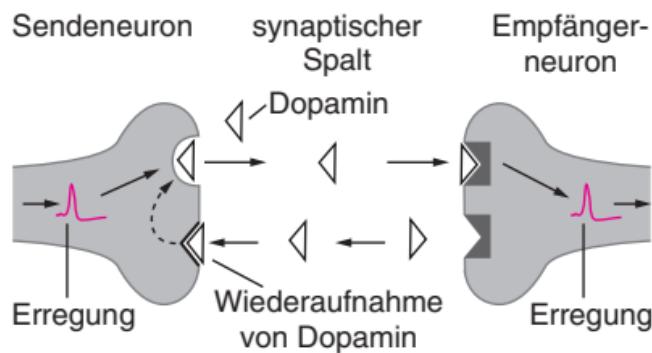
1. Beschreiben Sie, wie eine Nervenzelle die Menge des freizusetzenden Transmitters codiert.
2. Zeichnen Sie in die Skizze einer Synapse den Kreislauf des Acetylcholins ein, wie er bei ungestörter Synapsenfunktion auftritt.
3. Erläutern Sie die Auswirkungen des Kobratoxins an den motorischen Endplatten!
4. Welche Auswirkungen hat der Biss einer Kobra auf das gebissene Tier?
5. Welche Wirkung muss ein Gegenmittel haben, um die Giftwirkung des Kobratoxins aufzuheben?



Kokain-Missbrauch führt zu psychischer und physischer Abhängigkeit von der Droge. Bei fortgesetztem Konsum führt Kokain zu einer veränderten Produktion von Neurotransmittern, z. B. von Dopamin. Folge einer Kokainsucht sind lebensgefährliche Gesundheitsschäden wie Herz-Kreislauf-Störungen oder Herzattacken.



1. Vergleichen Sie die links dargestellte Erregungsübertragung mit Beteiligung von Kokain mit der rechts gezeigten Übertragung durch die ungestörte Synapse.
2. Zeigen Sie anhand des Vergleichs die stimulierende Wirkung des Kokains auf, die sich unter anderem in einer Erhöhung der Atem- bzw. der Pulsfrequenz manifestiert.

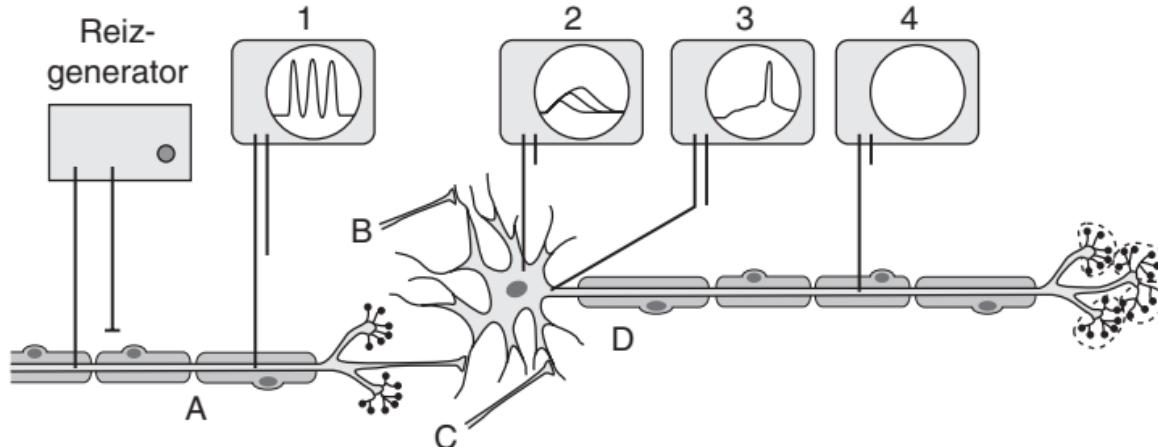


?

In einem Experiment wird ein Axon A durch einen Reizgenerator mit drei aufeinanderfolgenden kurzen Impulsen elektrisch erregt. Vier Messanordnungen zeichnen die Reaktion dieses Axons (Oszilloskop 1) sowie einer nachgeschalteten Nervenzelle D (Oszilloskope 2 – 4) auf.

1. Welche Aussage(n) über die Erregungsleitung an der Membran des Somas (=Zellkörpers) erlaubt das dargestellte Experiment?

2. Zeichnen Sie den Spannungsverlauf, den das Oszilloskop 4 bei intrazellulärer Ableitung anzeigt.
3. Wie würde die Kurve am Oszilloskop 4 aussehen, wenn gleichzeitig je *ein* Impuls von den Axonen A, B und C ankommt? Welche Aussage können Sie über die Vorgänge an der Membran des Zellkörpers der Zelle D bei dieser Versuchsanordnung machen?



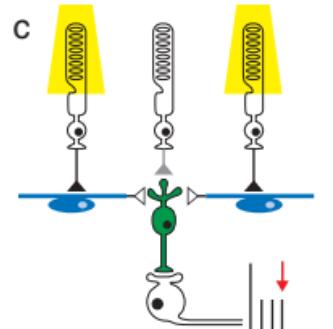
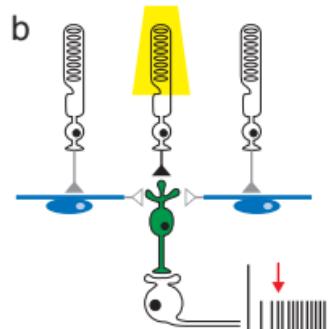
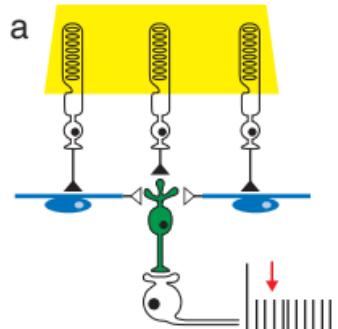
?

Licht, das auf die Netzhaut trifft, erregt die Rezeptoren. Die Erregung wird in der Netzhaut verrechnet und dann über die Axone der Ganglionenzellen zum Gehirn weitergeleitet.

Die Abbildung zeigt in starker Vereinfachung drei Versuchsanordnungen, dazu ist jeweils die an der ableitenden Ganglionzelle ermittelte Impulsfrequenz eingezeichnet. Drei Rezeptoren, die mit einer Ganglionzelle verschaltet sind, werden mit unterschiedlichen Mustern belichtet; die Pfeile geben den Beginn der Belichtung an:

- a. Diffuses Licht fällt auf ein Netzhautareal;
- b. ein Lichtpunkt trifft den zentralen Rezeptor;
- c. ein Lichtring trifft die randlichen Sinneszellen.

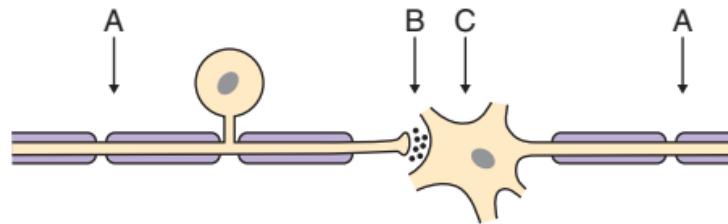
1. Beschreiben Sie die Verschaltung der Zellen in der Netzhaut.
2. Erläutern Sie das Zustandekommen des jeweiligen Frequenzmusters.
3. Gehen Sie auf die biologische Bedeutung dieser Verschaltung ein.



Unser Gehirn erhält alle Informationen über die Umwelt durch Nervensignale von Sinneszellen. Dabei müssen Reizart (Qualität), Reizstärke (Quantität) und Reizdauer mitgeteilt werden.

1. Wie werden Reizstärke und Dauer des Reizes jeweils im Axon (A), im Zellkörper (Soma, C) und im synaptischen Spalt (B) codiert?
2. Wie wird die Qualität der Erregung codiert. Wie erfährt das Gehirn, welche Reizart (Licht, Schall oder Geruch) die Erregung hervorgerufen hat?

3. Wo spricht man in diesem Zusammenhang von analoger, wo von digitaler Codierung?



?

Bei Bestreichen der Fußsohle mit einer Nadel führen die Zehen eine Greifbewegung aus. Diese Bewegung erfolgt reflektorisch, man bezeichnet sie als Fußsohlenreflex oder Plantarreflex.

1. Was versteht man unter einem Reflex?
2. Welche Bedeutung haben Reflexe im Allgemeinen?
3. Es werden zwei große Gruppen von Reflexen unterschieden. Nennen Sie und charakterisieren Sie beide und geben Sie jeweils ein Beispiel (ohne Fußsohlenreflex). Zu welcher Gruppe von Reflexen ist der Fußsohlenreflex zu rechnen? Begründen Sie.

4. Zeichnen Sie einen Querschnitt des menschlichen Rückenmarks (Skizze über $\frac{1}{2}$ Seite) und beschriften Sie diesen. Zeichnen Sie in die Skizze zusätzlich die Strukturen des Fußsohlen-Reflexes.



Durchblutungsstörungen, Blutungen, Tumore und Verletzungen können die Sehbahn – die Verbindung zwischen Auge und Gehirn – unterbrechen. Zur Diagnostik einer solchen Sehbahnläsion wird zunächst das Gesichtsfeld der betroffenen Person untersucht, aus den Ausfällen kann man auf den Ort der Unterbrechung schließen:

A sieht mit beiden Augen, kann aber jeweils nur noch Dinge auf der rechten Seite wahrnehmen, für Ereignisse auf der linken Hälfte ihres Gesichtsfelds ist sie blind.

B hat die „Scheuklappenblindheit“. Sie erkennt Gegenstände in der Mitte ihres Sehfeldes, randlich stehende Dinge werden durch eine schnelle Augenbewegung erfasst oder bleiben unbemerkt.

C ist „seelenblind“. Er ist unfähig, irgendeinen gesehenen Gegenstand zu erkennen oder eine Person zu identifizieren, obwohl er sehen kann. D sieht mit dem linken Auge nicht, obwohl beide Augen vollkommen intakt sind.

Bei E wurde festgestellt, dass Augen und Sehbahn vollkommen intakt sind. Trotzdem reagiert er nur auf Ereignisse, die sich im Gesichtsfeld links von seiner Nase abspielen; was auf der rechten Seite liegt, wird nicht bemerkt.

Ordnen Sie den unter A bis E beschriebenen Symptomen die Stelle der Unterbrechung oder Verletzung der Sehbahn oder des Hirnfeldes zu!



Nach der stereochemischen Theorie des Riechens wird jedes Molekül aufgrund der ihm eigenen räumlichen Struktur dann wirksam, wenn es zu einem Rezeptor der Membran passt.

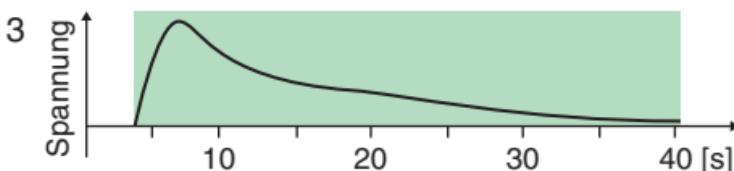
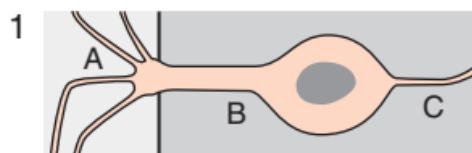
1. Wo finden Sie im Nervensystem Muster, die analog zu diesem Beispiel arbeiten? Wie bezeichnet man das allgemeine Prinzip?

Eine Riechsinneszelle (Abb. 1) wurde mit einem Geruchsstoff gereizt. Die Antwort der Zelle wurde mit zwei Elektroden gemessen (Abb. 2 und 3).

2. Zeigen Sie, an welchen Stellen der Sinneszelle die Spannung jeweils gemessen wurde. Worin liegt die Ursache, dass an einer Zelle so unterschiedliche Messwerte erfasst werden?

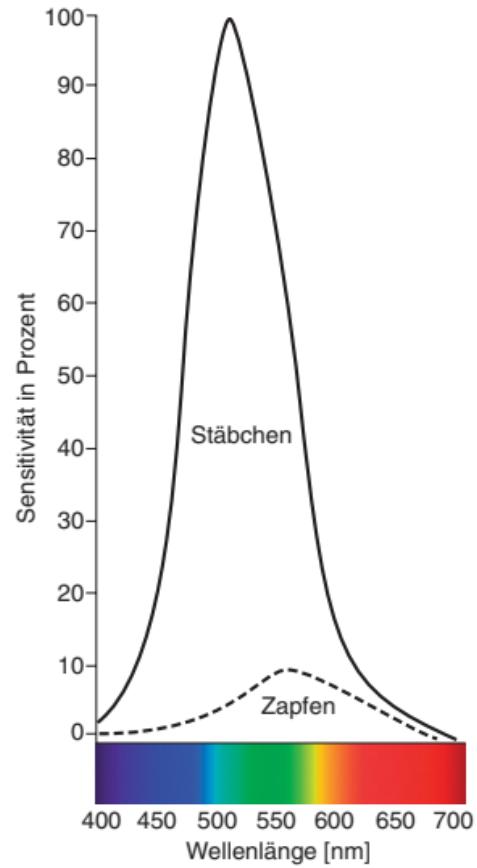
Gerüche gleich bleibender Intensität nimmt man nach kurzer Zeit nicht mehr wahr.

3. Wie spiegelt sich dies in der Antwort der Geruchsinneszelle? Welche biologische Bedeutung vermuten Sie hinter dieser Erscheinung?



Betrachtet man einen Strauch mit roten Beeren bei Tageslicht, so fallen die leuchtenden Beeren zwischen den Blättern sofort auf. Schaut man denselben Strauch im schwachen Dämmerlicht an, so wirken die Beeren dunkel, während die Blätter hell silbrig glänzen.

1. Erklären Sie dieses Phänomen mithilfe der Kurven in Abbildung 1!
2. Zeichnen und beschriften Sie eine Skizze, die wesentliche Details des Aufbaus eines Stäbchens wiedergibt!
3. Welche Folgen hat die Lichtabsorption in einem solchen Stäbchen in Bezug auf die beteiligten Moleküle?



Eine Frau, die an Typ-I-Diabetes erkrankt ist, bringt ein gesundes Kind zur Welt. Während der Schwangerschaft hat sich ihre Krankheit soweit gebessert, dass sie keine Insulin-Injektionen mehr benötigte.

Kurz nach der Geburt kommt das Kind in eine schwere Krise, es droht am hypoglykämischen Schock zu sterben; auch die Mutter braucht nach der Geburt wieder Insulin-Injektionen.

1. Erklären Sie ...
 - ... die Besserung der Krankheit während der Schwangerschaft,
 - ... die Ursache des Schocks beim Neugeborenen und
 - ... das Wiederauftreten des Diabetes bei der Mutter nach der Geburt.
2. Überlegen Sie eine Methode, wie das Leben des Neugeborenen zu retten ist!
3. Wie hätte man die Krise nach der Geburt verhindern können?



Der Axolotl (*Ambystoma mexicanum*) ist ein nachtaktiver mexikanischer Schwanzlurch. Dieses Tier verbleibt sein Leben lang im Larvenstadium (Neotenie), pflanzt sich auch so fort und wächst auf 24 – 30 cm heran. Kennzeichnend sind drei große Kiemenäste an jeder Kopfseite, wie sie auch heimische Molchlarven tragen. Im Aquarium beobachtet man gelegentlich seine Umwandlung zum landlebenden Salamander. Ausgewachsene Axolotl verwandeln sich im Experiment zur Landform, wenn man sie mit Schilddrüsengebebe von Schlachttieren füttert. Zum gleichen Ergebnis führt eine Injektion von Hypophysenhormonen.

In Kreuzungen mit Tigerquerzahnmolchen (*Ambystoma tigrinum*) erweist sich die Neotenie als rezessives Merkmal. Die Mischlinge entwickeln sich wie andere Molcharten. Es gibt jedoch

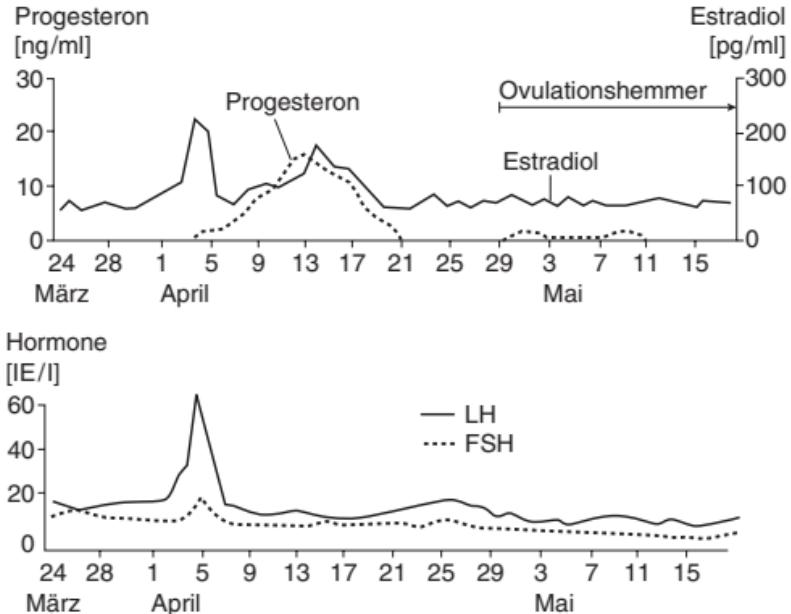
Stellen, an denen sich Tigerquerzahnmolche im Larvenstadium fortpflanzen. Sie wachsen schneller und laichen schon, wenn ihre Artgenossen sich gerade zum Landtier umwandeln. Besetzt man Teiche, die von neotenischen Tigerquerzahnmolchen bewohnt sind, mit Fischen, so verschwinden die neotenischen Exemplare, und nur die verwandelten überleben.

1. Beschreiben Sie den Ablauf der Metamorphose bei Schwanzlurchen!
2. Erstellen Sie ein begründetes Modell, mit dem Sie das Ausbleiben der Metamorphose beim Axolotl erklären können!
3. Entwickeln Sie eine begründete evolutionsbiologische Hypothese, die das Ausbleiben der Metamorphose beim Axolotl erklären könnte!



Im Blut einer jungen Frau wurde die Konzentration einiger Hormone untersucht und über einen Zeitraum von zwei Monaten aufgezeichnet. Gemessen wurde der Gehalt an Estradiol (= Östradiol; ein Estrogen), Progesteron (ein Gestagen) und die Gonadotropine FSH und LH. Im ersten Monat war der Ovarialzyklus ohne medikamentöse Einflüsse. Im zweiten Monat nahm die Frau einen temporären Ovulationshemmer ein, der Estrogene und Gestagene enthält, „die Pille“. Die Messdaten sind in den Kurven rechts dargestellt.

1. Geben Sie für die vier genannten Hormone die Bildungsorte und jeweils einen Wirkort an.
2. Erklären Sie die Zusammenhänge zwischen den vier in den Grafiken dargestellten Kurven vor und nach Beginn der Einnahme des Ovulationshemmers.



Nach der Statistik der Weltgesundheitsorganisation ist die Lungenentzündung weltweit die häufigste zum Tode führende Infektionskrankheit.

Die Lungenentzündung (Pneumonie) ist eine durch Krankheitserreger verursachte Entzündung des Lungengewebes. Die weitaus häufigste Form der Lungenentzündung wird durch Bakterien, so genannte Pneumokokken hervorgerufen. Unbehandelt leidet der Patient etwa 7 bis 14 Tage lang an den Krankheitssymptomen mit hohem Fieber, bevor es – sofern das Abwehrsystem des Kran- ken den Krankheitserreger besiegen kann – zu einer langsamen Erholung kommt. Gegen Pneumokokken gibt es Impfstoffe, die gefährdeten Personen vorbeugend verabreicht werden können.

1. Beschreiben Sie, wie das Abwehrsystem des Körpers die bakteriellen Krankheitserreger bekämpft und besiegen kann.
2. Fertigen Sie eine beschriftete Skizze eines typischen Antikörpers an!
3. Wie muss ein Impfstoff beschaffen sein, der vorbeugend gegen eine Pneumokokken-Infektion verabreicht werden kann?



Im März 2003 kam ein Arzt mit Symptomen einer schweren Lungenentzündung auf dem Flughafen in Frankfurt an. Er wurde untersucht und in Quarantäne genommen. Der Verdacht lautete auf „Schweres akutes Atemnotsyndrom“ (SARS). Der Erreger von SARS ist ein Coronavirus, das bis zum Ausbruch einer Epidemie in Ostasien unbekannt war. Heute bezeichnet man es als SARS-assoziiertes Coronavirus (SARS-CoV). Schon in drei Jahre alten Blutproben wurden Antikörper gegen den SARS-Erreger gefunden. Aber damals war keine der infizierten Personen ernsthaft erkrankt. Dies bedeutet, dass der Erreger schon vor einiger Zeit von Tieren auf den Menschen übergesprungen ist.

1. Stellen Sie eine Hypothese auf, die erklärt, warum das bisher eher harmlose Virus plötzlich gefährlich wurde!
2. Schildern Sie im Überblick die Immunantwort nach einer SARS-Infektion unter Verwendung der Fachsprache.



Nach einem Zeitungsbericht wollte der Gesundheitsminister eines deutschen Bundeslandes mit folgenden Argumenten Eltern dafür gewinnen, ihre Kinder gegen Masern impfen zu lassen:

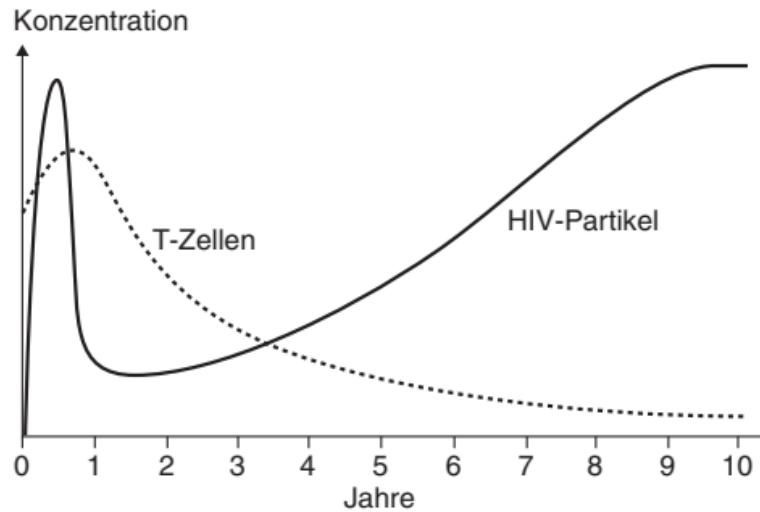
„Der Vorteil für geimpfte Kinder liegt klar auf der Hand. ... Notwendig ist ... in jedem Fall nicht nur die erste, sondern auch die zweite Impfung vor dem Eintritt in die Schule. ... Der Impfschutz ist nicht nur für das eigene Kind von Vorteil, sondern auch für die Familie, für die Nachbarschaft, den Freundeskreis und letztlich für die ganze Gesellschaft.“

1. Welche Vorteile hat eine Masernimpfung für die geimpften Kinder?
2. Stellen Sie den vermutlichen Verlauf der Antikörperkonzentration (in relativen Einheiten) bei geimpften und nicht geimpften Kindern in den ersten beiden Wochen nach einer Masern-Infektion dar.
3. Welchen Vorteil könnten Familie, Nachbarschaft, Freundeskreis und die Gesellschaft von der Impfung eines Kindes haben?
4. Warum ist eine zweite Impfung empfehlenswert?



Eine Person, die mit dem HI-Virus infiziert ist, wurde einige Jahre lang untersucht auf die Konzentration der T-Zellen und der Viren. Die Kurve gibt die Untersuchungsergebnisse wieder.

1. Was geschah im ersten Jahr nach der Infektion?
2. Vom 2. bis zum 5. Jahr nach der Infektion hatte die Person geschwollene Lymphknoten. Beschreiben Sie, welche Vorgänge zur Schwel lung der Lymphknoten geführt haben.
3. Was geschieht mit dem Immunsystem im 9. Jahr der Infektion?
4. Eine Gruppe von Medikamenten, die zur Behandlung von AIDS eingesetzt werden, bezeichnet man als „Reverse-Transkriptase-Hemmer? Was können diese Medikamente bewirken?



In einer Versuchsserie werden Transplantationen an Inzuchtstämmen von Mäusen vorgenommen. Nach zwei Wochen wird das Ergebnis geprüft.

Versuch 1: Auf eine Maus des Stammes A wird Haut einer Maus ihres Stammes transplantiert.

Versuch 2: Auf eine Maus der Inzuchtlinie A wird Haut einer Maus der Linie B verpflanzt.

Versuch 3: Zwei Monate später überträgt man auf eine Maus der Linie A aus Versuch 2 erneut Haut einer Maus der Linie B.

Versuch 4: Mäuse der Stämme A und B werden gekreuzt. Haut eines Tieres vom Stamm B wird auf eine Hybrid-Maus der F1-Generation übertragen.

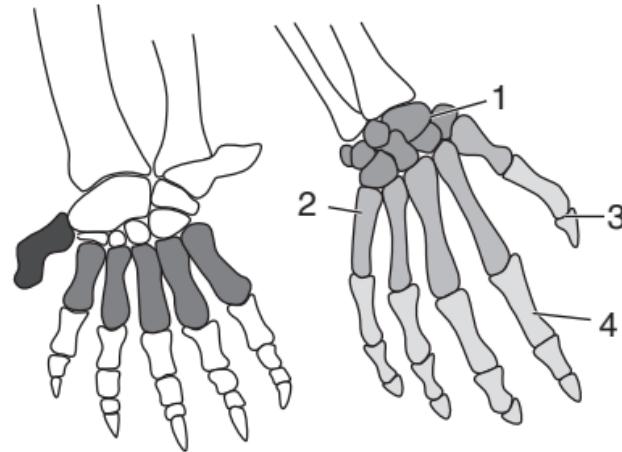
Versuch 5: Einer Maus des Stammes B hat man als Embryo am 15. Tag der Schwangerschaft Zellen der Maus A injiziert. Das ausgewachsene Tier erhält ein Transplantat einer Maus der Linie A.

1. Wie werden Inzuchtstämme hergestellt? Welche Vorteile bieten sie bei immunologischen Versuchen?
2. Wie reagieren bei den fünf Versuchen die Mäuse auf die Transplantate? Geben Sie jeweils eine kurze Begründung!
3. Was sagt die Versuchsserie über das Erkennen von „Eigen“ und „Fremd“ aus?
4. Bei einigen der Versuche wird das verpflanzte Hautstück abgestoßen. Welcher Teil des Immunsystems ist für die Abstoßung verantwortlich?
5. Welche Rückschlüsse lässt die Versuchsserie auf Probleme bei Organtransplantationen beim Menschen zu? Nennen Sie zwei Möglichkeiten, diesen Problemen zu begegnen!



Der Paläontologe STEPHEN JAY GOULD beschreibt seine Beobachtungen an Pandas im Zoo von Washington: „... *beinahe die ganze Zeit waren sie damit beschäftigt, ihren geliebten Bambus zu fressen. Sie saßen aufrecht und hielten die Bambusrohre mit ihren Vorderpfoten. Dabei entfernten sie die Blätter und verzehrten die Seitentriebe. ... Sie hielten die Bambusrohre in ihren Pfoten und streiften die Blätter ab, indem sie die Rohre zwischen einem offenbar beweglichen Daumen und den übrigen Fingern hindurchführten. Das stellte mich vor ein Rätsel ...*“

1. Sind die Hand des Menschen und die Pfote des Panda homologe Strukturen? Begründen Sie Ihre Antwort mit den Homologiekriterien.
2. Benennen Sie die in der Abbildung dargestellten anatomischen Strukturen 1 bis 4 aus dem Handskelett des Menschen.



Handskelett des Großen Panda (*Ailuropoda melanoleuca*, links) und eines Menschen; die rechte Pfote und die rechte Hand werden von oben gesehen.

3. Geben Sie an, ob es sich bei dem Daumen des Panda und dem Daumen des Menschen um analoge oder homologe Strukturen handelt. Begründen Sie Ihre Entscheidung.



Hämoglobin besteht aus vier Untereinheiten, wobei jede aus dem eisenbindenden Molekül Häm und einem Proteinanteil – dem Globulin – besteht. Das Globulin besteht aus vier Untereinheiten: Zwei Alpha-Ketten und zwei Beta-Ketten, jede ein Polypeptid aus rund 140 Aminosäuren.

Die Tabelle zeigt, an wie vielen Stellen sich die Aminosäuresequenz der Alpha-Ketten sich bei verschiedenen Tierarten unterscheidet. Dabei gibt es einige Stellen der Kette, die bei allen gleich sind, andere, die sich häufig unterscheiden. Bei Menschen unterscheidet sich die Alpha-Kette von der Beta-Kette an 85 Stellen, Länge und Struktur der beiden Polypeptide stimmen jedoch weitgehend überein.

	Hai	Karpfen	Huhn	Maus
Mensch	79	68	35	16
Maus	79	68	39	
Huhn	83	72		
Karpfen	85			

1. Entwerfen Sie nach diesen Daten ein Kladogramm (ein Baumdiagramm), das die Verwandtschaft der fünf Arten darstellt.
2. Beschreiben Sie zwei Methoden, mit denen der Stammbaumentwurf überprüft werden könnte.
3. Geben Sie eine Erklärung dafür, dass manche Aminosäuren bei allen Tieren identisch, andere häufig getauscht sind.
4. Entwerfen Sie eine Hypothese zur Entstehung der beiden relativ ähnlichen Globine (α - und β -Kette) des Menschen.



Im Oktober 2004 fanden Archäologen auf der indonesischen Insel Flores Reste einer ausgestorbenen Menschengruppe, die sie als *Homo floresiensis* bezeichneten. Knochen von sechs oder sieben Menschen wurden in Sedimenten gefunden, die zwischen 94 000 und 13 000 Jahre alt sind. Diese Menschen waren viel kleiner als moderne Menschen, Erwachsene wurden 1m groß und wogen 25 kg. Ihre Arme waren relativ lang, das Gehirn mit 380 cm³ extrem klein. Sie hatten dicke Überaugenwülste, eine fliehende Stirn und kein Kinn. In den gleichen Schichten fand man anspruchsvolle Steinwerkzeuge, darunter Beile, Klingen, Stichel und Schaber, sogar Speerspitzen. Einige Forscher nehmen an, dass es sich bei der Art um einen Nachfahr des *Homo erectus* handelt.

1. Wie können 18 000 Jahre alten Funde datiert werden? Beschreiben eine geeignete Methode detailliert!
2. Nennen Sie je zwei Argumente, die für bzw. gegen die Abstammung vom *Homo erectus* sprechen.
3. Diskutieren Sie eine alternative Erklärung der Herkunft von *Homo floresiensis*.



Mauersegler, Mehlschwalbe und Rauchschwalbe sind Tiere des freien Luftraums, die sich in Lebensweise und Körperbau ähneln. Alle drei sind Kulturfolger. Sie haben lange, schmale Flügel, einen gabelförmigen Schwanz, einen kleinen breiten Schnabel und ein tief gespaltenes Maul. Alle drei sind Zugvögel, die in Afrika südlich der Sahara überwintern. Trotzdem wird der Mauersegler im System der Vögel näher zu den Kolibris gestellt, nicht zu den Singvögeln, wie die Schwalben.

1. Erklären Sie die auffallende Ähnlichkeit zwischen Rauch- und Mehlschwalbe einerseits, zwischen Segler und Schwalben andererseits.
2. Beschreiben Sie, wie man durch den Präzipitintest die Verwandtschaft von Mauerseglern und Schwalben prüfen könnte.
3. Welche Angaben benötigen Sie, um zu entscheiden, ob es sich beim Zugverhalten der drei Arten um homologe oder analoge Verhaltensweisen handelt?



Mauersegler



Mehlschwalbe



Rauchschwalbe



„Von Anfang an war Archaeopteryx dazu prädestiniert, ein Paradebeispiel für die Gültigkeit der Darwin'schen Theorie vom Transformismus der Arten zu werden. Die mosaikartige Mischung von anatomischen Merkmalen zweier verschiedener Tierklassen in ein und demselben Individuum machte ihn zur lehrbuchmäßigen Übergangsform zwischen Reptilien und Vögeln. ...“

(nach P. Wellnhofer: *Archaeopteryx*, Spektrum der Wissenschaft, 9/1989)

1. Erläutern Sie am Beispiel des *Archaeopteryx* den Begriff „Mosaikform“.
2. Welche Merkmale kennzeichnen *Archaeopteryx* als Reptil, welche weisen ihn als Vogel aus?
3. Warum gilt *Archaeopteryx* als Paradebeispiel für die Evolutionstheorie?



Foto: Okapia, Frankfurt



„.... 1938 aber tauchte plötzlich einer der legendären Quastenflosser wieder auf: gefischt aus dem Indischen Ozean. Damit war unvermutet ein weitläufiger Vorfahre unserer eigenen Wirbeltiervergangenheit dem Meer entstiegen. Keine andere der fast 28 000 heute bekannten Fisch-Arten hat seitdem die Öffentlichkeit mehr bewegt als dieses „lebende Fossil“. Quastenflosser leben, wie wir jetzt wissen, in 180 bis 200 m Tiefe.“ (Geo 9/1990 S.64)

1. Zeigen Sie am Beispiel des Quastenflossers *Latimeria chalumnae*, was man unter einem „lebenden Fossil“ versteht. Gehen Sie dabei auch auf den Lebensraum des Fisches ein!
2. Welche Rolle spielten die Quastenflosser in der Evolution der Landwirbeltiere?
3. Ist *Latimeria chalumnae* als Vorfahr der Säugetiere zu betrachten? Begründen Sie Ihre Antwort!



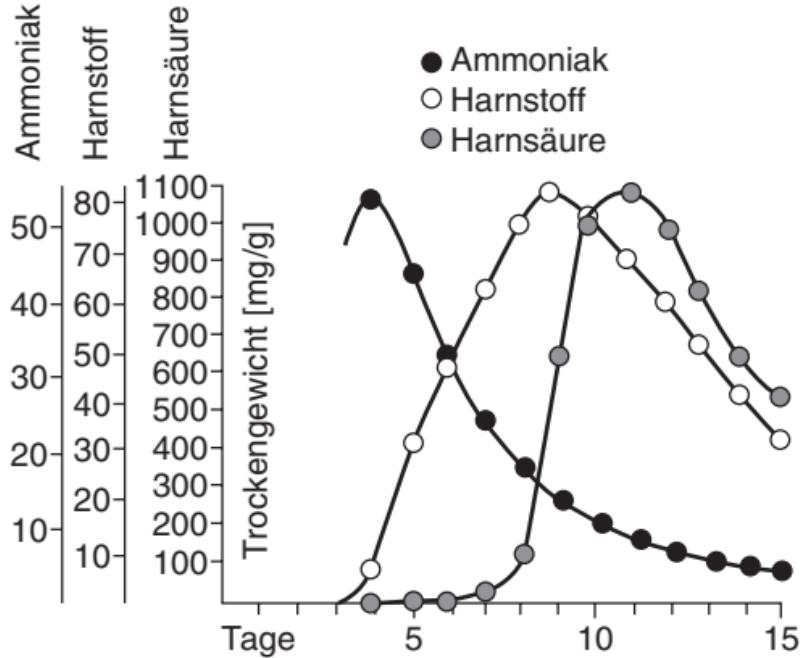
Foto: epa str – Picture Alliance, Frankfurt

4. Führen Sie zwei weitere Beispiele für lebende Fossilien an!



Beim Abbau von Proteinen im Stoffwechsel fällt Stickstoff an, der in verschiedener Form ausgeschieden werden kann: Knochenfische und Amphibienlarven scheiden ihn überwiegend in Form von Ammoniak (NH_3) aus, Säugetiere, viele Amphibien und Reptilien als Harnstoff, Vögel als Harnsäure. Die Harnsäure wird meist in Form von Salz als weißer Brei dem Vogelkot beigelegt. Während seiner Embryonalentwicklung durchläuft ein Huhn verschiedene Stadien der Stickstoffausscheidung.

1. Formulieren Sie die biogenetische Grundregel HAECKELS.
2. Inwiefern lässt sich diese Regel auf die Stickstoffausscheidung während der Embryonalentwicklung des Huhnes anwenden?
3. Nennen Sie zwei Merkmale aus der Keimentwicklung des Menschen, die man mit HAECKELS biogenetischer Regel deuten kann!



„Gibt es ein treffenderes Beispiel als das Känguru? Dieses Tier, das seine Jungen in dem unter dem Hinterleibe befindlichen Beutel trägt, hat die Gewohnheit angenommen, beinahe aufrecht und bloß auf seinen Hinterbeinen und auf seinem Schwanz zu stehen und sich nur durch ununterbrochene Sprünge fortzubewegen, bei denen es, um seinen Jungen nicht unbequem zu werden, die aufrechte Haltung beibehält. Es hat sich daraus folgendes ergeben:

- Seine Vorderbeine, die es sehr wenig gebraucht, und auf die es sich nur dann stützt, wenn es seine aufrechte Haltung aufgibt, sind im Verhältnis zu den übrigen Teilen zurückgeblieben und sind mager, äußerst klein und beinahe kraftlos geblieben.*
- Die Hinterbeine, die beinahe immer in Tätigkeit sind, entweder um den Körper zu tragen oder*

um die Sprünge auszuführen, haben hingegen eine beträchtliche Entwicklung erlangt und sind groß und stark geworden.

- Der Schwanz endlich, der zur Unterstützung des Körpers und zur Ausführung seiner hauptsächlichsten Bewegungen stark gebraucht wird, hat an seiner Basis eine äußerst ansehnliche Dicke und Kraft erlangt.“*

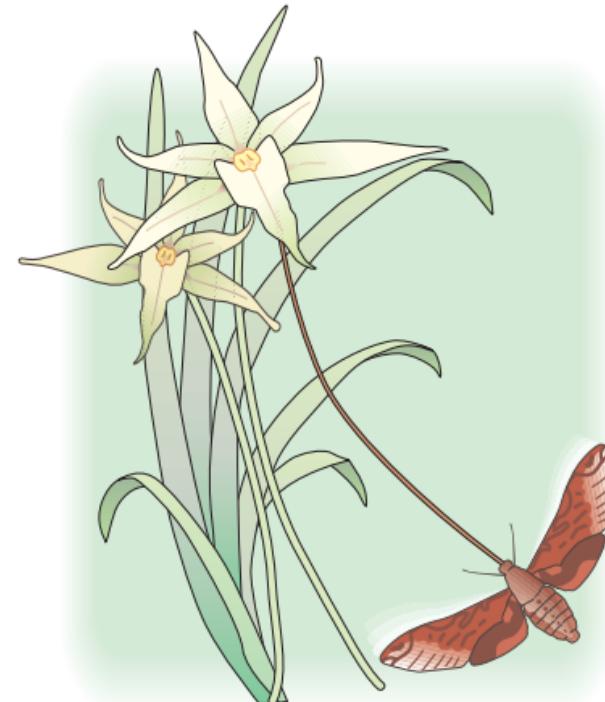
1. Welche Evolutionstheorie wird in diesem Zitat vertreten? Begründen Sie Ihre Aussage!
2. Nennen Sie die wesentlichen Gedankengänge der betreffenden Theorie.
3. Welche Annahmen des Autors sind heute widerlegt?
4. Wie erklärt die Synthetische Theorie der Evolution die beschriebenen Fakten?



Der „Stern von Madagaskar“ ist eine Orchidee, die endemisch auf der Insel Madagaskar wächst. Die sternförmige Blüte hat einen Durchmesser von bis zu 12 cm, sie duftet intensiv in der Nacht. Auffällig ist der über 25 cm lange Blütensporn, an dessen Grund sich Nektar befindet. Obwohl damals kein Insekt bekannt war, das diesen Nektar erreichen kann, behauptete CHARLES DARWIN, es müsse einen Nachtfalter geben mit einem 25 cm langen Rüssel, der diese Orchidee bestäubt. Mit dieser These zog er sich jedoch den Spott der Insektenforscher zu, weil die Evolution dieses Falters nach Darwins eigener Theorie nicht möglich wäre: Im Jahr 1903 wurde der vorhergesagte Falter gefunden, er bekam den wissenschaftlichen Namen *Xanthopan morgani praedicta*.

1. Stellen Sie die Hauptaussagen von DARWINS Selektionstheorie dar.

2. Entwerfen Sie ein Szenario, wie sich nach Darwins Theorie die Evolution des Nachtfalters vollzogen haben könnte.



?

Die Sehpigmente der Stäbchen und Zapfen – Rhodopsin und Jodopsin – sind Komplexe aus dem Protein Opsin und dem Aldehyd Retinal. Die Unterschiede in der spektralen Empfindlichkeit der drei Zapfenarten kommt dadurch zustande, dass sich die Opsine leicht unterscheiden. Die Aminosäuresequenzen der Rot- und Grün-Pigmente unterscheiden sich in 15 von 364 Aminosäuren; ihre Gene liegen auf dem X-Chromosom. Zum Blau-Pigment und zum Rhodopsin bestehen mehr Unterschiede; diese werden von autosomal Genen codiert.

Mehrere Halbaffen und die Affen Südamerikas haben auf ihrem X-Chromosom nur *ein* Gen für ein Sehpigment, auf Autosomen liegen die Gene für Rhodopsin und das Blau-Pigment. Trotzdem

können viele Weibchen ihre Umgebung „in voller Farbe“ (trichromatisch) sehen, die Männchen dagegen sind partiell farbenblind.

1. Erklären Sie das Phänomen, dass manche Halbaffenweibchen ein deutlich besseres Farbunterscheidungsvermögen haben als die Männchen und andere Weibchen.
2. Entwickeln Sie eine Hypothese, die erklärt, warum im Auge des Menschen vier sehr ähnlich aufgebaute Farbpigmente vorkommen.
3. Rhodopsin als Sehfarbstoff findet man auch bei Insekten und Krebsen. Wie kann diese Beobachtung gedeutet werden?



Der Gepard *Acinonyx jubatus* ist der Geschwindigkeitskönig unter den Landtieren, er erreicht auf kurzen Strecken eine Geschwindigkeit von bis zu 120 km/h. War er einst über ganz Afrika und Vorderasien verbreitet, so leben heute weltweit schätzungsweise noch etwa 12 000 Geparde, um die tausend Tiere werden in Wildparks und Zoos gehalten. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass Tiere die tausende von Kilometern entfernt voneinander geboren wurden, kaum Abstoßungsreaktionen nach Hautverpflanzungen zeigen.

1. Welchen Rückschluss auf den Genpool des Gepards können Sie aus der fehlenden Abstoßungsreaktion bei Transplantationen ziehen?
2. Entwickeln Sie eine Hypothese, die diese Eigenschaft des Genpools aus der Evolution der Geparde herleitet.

3. Welche Folgen könnten die genetische Variabilität und die Populationsgröße für die Zukunft der Tierart haben? Erläutern Sie in diesem Zusammenhang die Bedeutung des Genpools.

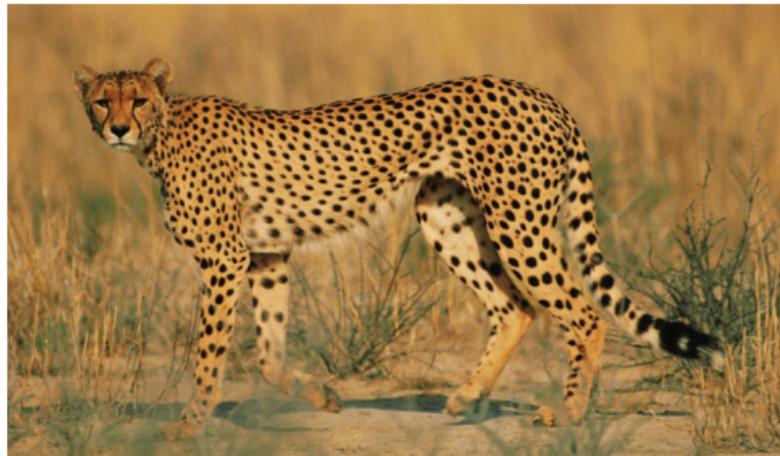
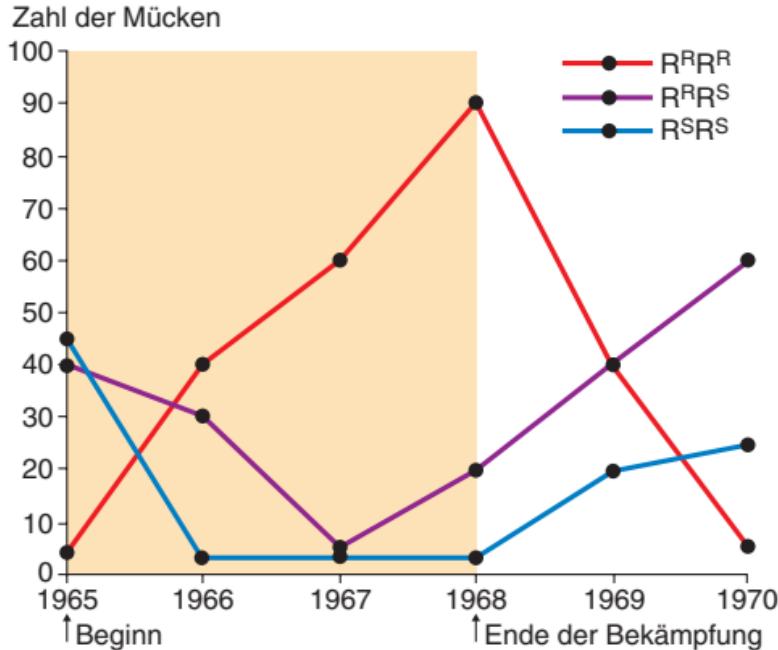


Foto: RF – Corbis, Frankfurt



Eine Stechmücken-Population wurde mit dem Insektizid DDT bekämpft. Die Bekämpfungsaktion begann im Jahr 1965 und wurde 1968 beendet. Während dieser Zeit und zwei Jahre danach wurden Mücken auf ihren Genotyp untersucht. Die Art weist einen Genlocus auf, in dem es zwei Allele R^R und R^S gibt, welche die Resistenz der Mücken gegen Insektizide, besonders gegen das DDT beeinflussen: Die Grafik zeigt den prozentualen Anteil der Genkombinationen in einer Population.

1. Beschreiben Sie die Antwort der Population auf den DDT-Einsatz.
2. Warum konnte die Population so schnell reagieren?
3. Entwickeln Sie eine Hypothese, die erklärt, warum die Tiere mit dem Genotyp $R^R R^R$ nach 1968 so schnell absank.



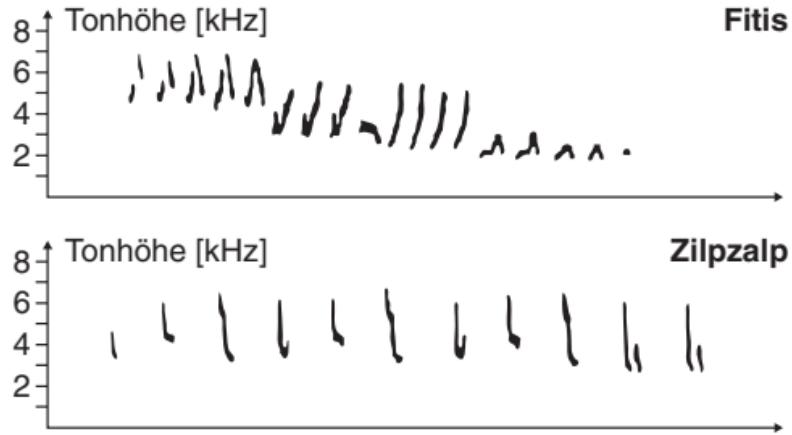
Im 13. Kapitel seines Buches „Die Entstehung der Arten“ forderte CHARLES DARWIN, dass ein vernünftiges System der Lebewesen auf zwei Kriterien beruhen muss: dem Grad der Ähnlichkeit und der gemeinsamen Abstammung. In einem solchen System besteht jede Gruppe von Organismen aus den Nachkommen eines gemeinsamen Vorfahren – die Gruppe ist also monophyletisch. Die Verwandtschaft der Lebewesen zeigt sich am Vorkommen homologer Merkmale. Dieses System wird als „natürliches System“ bezeichnet, weil es die abgestuften Ähnlichkeiten zwischen den Arten als Folge von Verwandtschaftsgraden deutet. Ordnungsmerkmale für ein natürliches System zu suchen bedeutet nach gemeinsamen Merkmalen zu suchen.

1. Zeigen Sie anhand von fünf geeigneten homologen Merkmalen, dass die Säugetiere innerhalb der Wirbeltiere eine natürliche Verwandtschaftsgruppe bilden.
2. Warum ist der Besitz einer Wirbelsäule kein geeignetes Merkmal um die Säugetiere zu charakterisieren?
3. Nehmen Sie Stellung zu der Behauptung:
Beim Erstellen des Systems geht es nicht um die Homologie, sondern darum, welches Merkmal abgeleitet und welches ursprünglich ist.



Zilpzalp und Fitis sind zwei sehr ähnliche Singvögel, doch an ihren Gesängen (s. Abb.) kann man sie erkennen. Der Zilpzalp lebt in lichten Wäldern und Feldgehölzen, er baut sein Nest im Gestrüpp, der Fitis bevorzugt Hecken und Gebüsch, er nistet am Boden. Oft treten beide Arten nebeneinander auf. Ihre Verbreitungsgebiete sind ähnlich, allerdings kommt der Zilpzalp weiter im Westen und Süden vor, der Fitis geht weiter nach Norden.

1. Welche Beobachtung führt die Biologen zu der Annahme, dass Fitis und Zilpzalp zwei unterschiedliche Arten und nicht etwa Rassen einer Art sind?
2. Erläutern Sie an diesem Beispiel das Prinzip der Fortpflanzungsisolation.



3. Entwerfen Sie ein Szenario, das aufzeigt, wie die beiden Geschwisterarten aus einer gemeinsamen Stammart entstanden sein könnten.



Aeonium ist eine Gattung sukkulenter Pflanzen der Subtropen. Die 35 *Aeonium*-Arten, die auf den Kanarischen Inseln leben sind endemisch: Sie kommen nur auf diesen Inseln vor. Andere Aeonien gibt es in Marokko, Madeira und Ostafrika. Die Gattung gehört zur Familie der Dickblattgewächse (*Crassulaceae*). Die Wuchshöhe variiert von extrem niedrig bleibenden Rosetten bis zu meterhoch werdenden Bäumchen.

1. Geben Sie eine Erklärung dafür, dass auf dem recht kleinen Gebiet der Kanarischen Inseln so viele verschiedene, nahe miteinander verwandte Arten vorkommen.
2. Erklären Sie, wie man sich nach der Synthesischen Evolutionstheorie die Entstehung der verschiedenen *Aeonium*-Arten vorstellen kann!
3. Warum werden die *Aeonium*-Arten oft als „Darwin-Finken unter den Pflanzen“ bezeichnet?



Fotos: J. Christner

Unter den Lippfischen und den Schleimfischen gibt es zwei kleine Fischarten, die sich in der Körpergröße, in Form und Farbe, und sogar in der Schwimmweise und im Lebensraum stark ähneln.

Der Lippfisch ernährt sich von Parasiten, die auf der Haut anderer Fische sitzen. Sogar große Raubfische erlauben den Lippfischen ihnen unbehelligt nahe zu kommen, um die Parasiten von ihrer Haut zu pflücken, obwohl sie andere Fische gleicher Größe fressen. Der Lippfisch schwimmt ihnen entgegen und beginnt sie abzusuchen, er sucht Flanken, Flossen, Kiemen, Zähne und manchmal auch den Rachen seiner Kunden ab. Die Putzkunden bleiben ruhig stehen, sperren das Maul auf und spreizen die Kiemendeckel ab. Die Raubfische lassen aber auch Schleimfische in ihre Nähe. Diese jedoch reißen

Stücke aus den Flossen der Raubfische. Die angegriffenen Fische drehen sich sofort um, lassen aber den Angreifer, der ruhig stehen bleibt, meist unbehelligt.



Lippfisch *Labroides*



Schleimfisch *Aspidontus*

1. Gibt es einen Evolutionsdruck für den Schleimfisch, dem Lippfisch ähnlich zu werden? Begründen Sie detailliert was die Anwesenheit oder Abwesenheit eines solchen Evolutionsdrucks verursacht.
2. Welche Folgen hat die zunehmende Ähnlichkeit der Fische für den Lippfisch?
3. Welcher Selektionsdruck wirkt auf die Putzkunden der Lippfische?



Unter einer Präadaptation oder Prädisposition versteht man in der Evolutionsbiologie das Vorhandensein von Merkmalen, die sich bei einer späteren Veränderung der Umweltbedingungen als Selektionsvorteil erweisen. Auf den ersten Blick stellen sie eine evolutionäre Anpassung schon vor Eintritt des Selektionsfaktors dar. Eine ganze Reihe solcher Präadaptationen ermöglichte die Evolution des Menschen und seiner Kultur.

1. Erläutern Sie am Beispiel der Greifhände des Menschen den Begriff der Präadaptation.
2. Erläutern Sie, wie sich die Angehörigen der Primaten auf bestimmte Lebensräume spezialisierten und zeigen Sie an zwei weiteren Beispielen, wie wesentliche Fähigkeiten des Menschen aus dieser Spezialisierung zu erklären sind!



Die berühmteste Fälschung in der Geschichte der Wissenschaft ist der „Piltdown-Mensch“. Bei Grabungen in Südengland wurden Schädelstücke, die Hälfte eines Unterkiefers und einige Zähne gefunden. Die Fragmente ließen sich wegen fehlender Bruchränder nur mühsam zusammensetzen, doch am Ende glaubten die Wissenschaftler den Schädel eines eigenartigen Wesens zu erkennen: Das gewölbte Schädeldach besaß menschliche, der Unterkiefer eindeutig affenartige Merkmale.

Etwa aus der gleichen Zeit stammt ein Fund aus Südafrika, der den Spitznahmen „Kind von Taung“ bekam, von seinem Finder als *Australopithecus africanus* bezeichnet wurde. Während die Wissenschaft den „Piltdown Menschen“ damals weithin als Vorläufer des Menschen akzeptierte, wurde dem Fossil von Taung mit seinem affenähnlichen Schädel und den menschenähnlichen Zähnen die Anerkennung verweigert.

1. Warum konnte nur einer der beiden Funde zur Reihe der menschlichen Vorfahren gezählt werden?
2. Welche Stellung weist man dem *Australopithecus africanus* heute im Stammbaum des Menschen zu?



„Piltdown-Mensch“ (oben) und „Kind von Taung“



Im Jahr 1978 entdeckten Archäologen im Gebiet von Laetoli in Nordtansania menschenähnliche Fußspuren, die in gehärteter Vulkanasche konserviert worden waren. Die Spuren sind zwischen 3,4 und 3,8 Millionen Jahre alt. Sie zeigen, dass unsere Urahnen aufrecht gingen, schon bevor sie Steinwerkzeuge herstellten. Ein auffallender Unterschied zwischen dem Menschen und den übrigen Primaten ist die dauernd aufrechte Körperhaltung. Damit ging im Verlauf der Evolution eine Umformung des Skeletts einher.

1. Welche Menschen- oder Vormenschenart hat die Spuren in der Asche hinterlassen?
2. Beschreiben Sie vier wesentliche, mit dem aufrechten Gang verbundene Unterschiede zwischen dem Skelett des Menschen und dem eines Menschenaffen.
3. Diskutieren Sie adaptive Vorteile, die mit dem aufrechten Gang des Menschen verbunden waren.



Fußspuren von Laetoli

Foto: John Reader/SPL/Photo-FOCUS, Hamburg



Tiere eines Löwenrudels teilen ihre Beute miteinander, und schützen ihre Jungen gemeinsam. Bei der gegenseitigen Fellpflege säubern sie sich von Blut und Schmarotzern. Kann sich eine Löwin durch eine Verletzung nicht mehr an der Jagd beteiligen, so wird sie vom Rudel mit versorgt und kann sogar Junge aufziehen.

Vampirfledermäuse überleben ohne Säugetierblut nur zweieinhalb Tage. Jede Nacht kehren etwa zehn Prozent der Fledermäuse mit leerem Magen heim. Satte Vampire füttern die hungrenden Artgenossen, die den nächsten Tag nicht überleben würden.

Altruistisches Verhalten, bei dem ein Tier einem andern auf eigene Kosten hilft, ist in der Tierwelt weit verbreitet, widerspricht aber auf den ersten Blick der Selektionstheorie. Soziobiologen erklären die Evolution solcher Verhaltensweisen mit der Annahme, dass dem altruistischen Verhalten ein genetischer Egoismus zugrunde liegt.

1. Erläutern Sie die Deutung altruistischen Verhaltens durch genetischen Egoismus.
2. Entwerfen Sie eine alternative These, welche die Evolution altruistischen Verhaltens erklären kann.



Die Schimpansenforscherin JANE VAN LAWICK-GOODALL beobachtete in Afrika, wie ein Grasbrand die Strauße von ihren Nestern vertrieb, die Eier blieben unbewacht zurück. Schmutzgeier versuchten die Eier mit Schnabelhieben zu öffnen, hatten aber keinen Erfolg weil die Schalen zu hart waren. Nun begannen sie, in der Nähe nach Steinen zu suchen, nahmen diese in den Schnabel und schleuderten sie gegen das Ei. Nach einigen Schlägen zerbrach die Schale und die Mahlzeit konnte beginnen. Um zu sehen ob dieses Verhalten allen Schmutzgeiern angeboren ist, brachte ein Zoodirektor

eine unbefruchtete Straußeneier in einen Raubvogelkäfig zu den Schmutzgeiern. In die Nähe der Eier legte er einige Steine. Sofort zeigten die Vögel Interesse für die Eier und die Steine. Sie wälzten die Steine rings um die Eier, kletterten auf diese und begannen, sich darauf niederzulassen. Erst nach fünfzehn Tagen, als die Eier platzen, ließen sie von ihnen ab.

1. Deuten und charakterisieren Sie die beiden im Text beschriebenen Formen des Verhaltens.
2. Warum reagierten die Vögel im Zoo völlig anders als die in der Savanne?



Der Kuckuck ist ein Brutparasit. Das Weibchen legt seine Eier einzeln in Nester von bestimmten Singvögeln. Dabei bevorzugt jedes Weibchen eine bestimmte Singvogelart als Wirt, ihre Eier sind den Eiern dieser Art farblich angepasst. Der junge Kuckuck schlüpft meist vor den anderen Vögeln und wirft die Eier oder Jungvögel des Wirtsvogels über den Nestrand. So schaltet er seine Nahrungskonkurrenten aus. Der Jungkuckuck hat einen riesigen roten Rachen, der bei den Wirtseltern einen starken Fütterungstrieb auslöst. Nach dem Ausfliegen des jungen Kuckucks sitzt er auf Pfählen oder ähnlichen Sitzgelegenheiten und lässt sich von seinen Wirtsvögeln füttern.

1. Beschreiben Sie die im Bild zu sehenden Verhaltensweisen von Teichrohrsänger und Kuckuck mit Hilfe ethologischer Begriffe.
2. Der Rachen des Jungkuckucks löst bei den Wirtsvögeln mehr Fütterungsreaktionen aus als der Rachen der eigenen Jungen. Wie erklären Sie dieses Verhalten?
3. Wie vermag ein Kuckucksweibchen Eier zu legen, die den Eiern seiner Wirtsvogelart angepasst sind? Entwerfen Sie zwei Hypothesen, die dieses Phänomen erklären.



Foto: K.H. Volkmar –
Wildlife, Hamburg



Maulbrüter sind Fische, die ihre befruchteten Eier oder die geschlüpften Jungfische in ihr Maul nehmen. Ein Beispiel für maternale Maulbrutpflege ist der Augenfleck-Maulbrüter *Haplochromis burtoni*. Weibchen dieser Art nehmen Eier und Brut in ihr Maul auf. Beim Männchen treten als Teil der Balzfärbung orangerote, dunkel gerandete Flecken auf der Afterflosse auf (s. Abb.). Das Männchen fordert das Weibchen durch Bewegungen dazu auf, nach diesen Flecken zu schnappen und gibt gleichzeitig seinen Samen ab.

1. Welche Aufgaben haben Attrappen in den Experimenten der Verhaltensforscher?
2. Warum kann man die Flecken des Maulbrüters mit Attrappen vergleichen?



Foto: Daniel Neumann – Panther Media, München

3. Manche Biologen bezeichnen die Flecken als Beispiel für innerartliche Mimikry. Nehmen Sie Stellung!
4. Welche biologische Bedeutung hat die beschriebene Verhaltensweise?



- a) Als ein 11 Monate alter Junge zu einer weißen Maus krabbelte, um mit ihr zu spielen, gab es einen lauten Knall; der Junge fing an zu weinen. Auch bei weiteren Annäherungsversuchen knallte es. Bald genügte der Anblick einer weißen Maus oder eines anderen Tieres mit Fell um das Kind zum Weinen zu bringen.
 - b) Eine Taube wurde jedes Mal, wenn sie ihren Kopf über eine bestimmte Marke erhob, mit Futter belohnt. Nach einiger Zeit lief sie mit hoch erhobenem Kopf umher.
 - c) Tauscht man die Eier verschiedener Prachtfinkenarten aus und lässt die Jungen von Ammen einer anderen Art aufziehen, so paaren sie sich später mit Angehörigen der Ammenart.
 - d) Ein Hund, der zum Wildern in den Wald läuft, wird sofort nach dem Zurückkommen bestraft. Der Hund meidet daraufhin den Ort, an dem er bestraft wurde.
 - e) Das Sperren junger Buchfinken lässt sich durch Erschütterungen des Nestes und durch den Lockruf der Eltern auslösen. Löst man das Sperren mehrfach durch Erschüttern aus, so reagieren die Nestlinge nicht mehr darauf. Bietet man jedoch den Lockruf, so sperren sie sofort wieder.
- Ordnen Sie die beschriebenen Verhaltensweisen bestimmten Lernformen zu.



„Es sind vor allem die ..., scheinbar überflüssigen und plötzlichen Bewegungen, wie Körper- und Kopfschleudern, Zickzacksprünge oder hopsende Fortbewegungen, die das Spiel kennzeichnen. Diese Spielausdruckselemente treten hauptsächlich am Anfang des Spiels auf: bei der Spielaufforderung. ... Der Wolf [legt sich] vor den Partner auf die ausgebreiteten Vorderbeine, mit dem Vorderkörper fast auf dem Boden. Der Schwanz und manchmal der ganze Hinterkörper wird ruckartig bewegt, ebenso der Kopf. Die Augen sind groß und rund und fixieren kurzfristig den Partner. Aus dieser Haltung springt der Wolf plötzlich los, entweder vom Partner weg, um ihn so zu einer Verfolgungsjagd aufzufordern, oder auf ihn zu, woraus sich dann ein Beißspiel entwickelt.

Im Spiel lassen sich bestimmte Rollen erkennen. Beim Rennspiel sind dies Verfolger und Verfolgter. Der erstere zeigt Ausdruckselemente der Aggressi-

on. Der letztere kneift den Schwanz zwischen die Beine und legt die Ohren zurück, als ob er wirklich fliehen würde. Anders als im Ernstfall kann er aber im Kreis laufen und so bald selbst zum Verfolger werden. Oder er stellt sich plötzlich, und es kommt zu einem Beißspiel. Der Verfolger kann aber auch ausweichen und weiterrennen, wodurch er jetzt, mit eingekniffenem Schwanz, zum Verfolgten wird.“

1. Zeigen Sie am vorstehenden Text, was das Spiel charakterisiert und von ernsthaften Verhaltensweisen unterscheidet.
2. Welche Funktionen hat das Spiel im Leben eines Säugetiers?



Der Große Plöner See ist ein See in der Holsteinischen Schweiz. Dieser mit 30 km² Oberfläche größte See Schleswig-Holsteins wird vom Fluss Schwentine durchflossen. Im 13. Jahrhundert ging der See recht schnell vom oligotrophen in einen eutrophen Zustand über. Als Ursache dafür wird die Sperrung des natürlichen Ablaufs angenommen. In der Folge stieg der Wasserspiegel um mehr als zwei Meter. Teile der flachen Uferregion wurden überflutet und bildeten einen neuen Lebensraum, in dem eine üppige Flora und Fauna gedieh. Im 20. Jahrhundert folgte ein weiterer sprunghafter Anstieg der Eutrophierung.

1. Was versteht man unter Eutrophierung?
2. Beschreiben Sie den Vorgang der Eutrophierung!
3. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Aufstauung des Flusses und der Eutrophierung des Sees?
4. Was könnten die Ursachen der Eutrophierung im 20. Jahrhundert gewesen sein?



In einem Seenprogramm sollen verschiedene Seen Oberschwabens saniert werden, darunter der Stadtteich von Bad Waldsee. Dieser hat eine Wasserfläche von 14,7 ha und eine maximale Tiefe von 11,5 m; er entstand gegen Ende der Würmeiszeit vor ca. 16 000 Jahren. Die Tabelle zeigt einige Messwerte an.

Sein Einzugsgebiet besteht zu 22 % aus Wald, zu 59 % aus landwirtschaftlicher Nutzfläche; davon sind 61 % Grünland, 38 % Ackerland. Der zuführende Bach ist begradigt.

Ab 1985 traten über einige Jahre Blaualgenblüten auf.

1985 wurde eine Tiefenwasserableitung in 10 m Tiefe installiert, die 22 l/s Wasser aus dem Hypolimnion in den Ablauf fördert. Wegen Geruchsbelästigung am Auslauf wurde die Tiefenwasserableitung auf 6–8 m Tiefe verlegt, im Jahr 2002 wurde sie wieder tiefer gelegt.

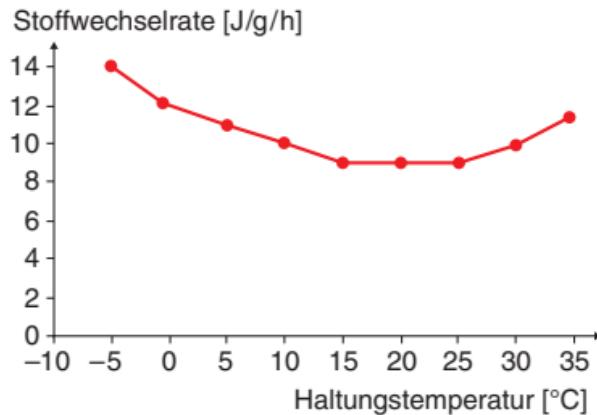
1. Beurteilen Sie den Ernährungszustand des Sees und begründen Sie Ihre Beurteilung.
2. Diskutieren Sie die Auswirkungen einer Tiefenwasserableitung.
3. Machen Sie Vorschläge, wie der See weiter saniert werden kann.

	1985	1987	1988	1995	1996	2002	2004
P im Wasser ($\mu\text{g/l}$)	130	100	54	40	37	62	42
P am Grund ($\mu\text{g/l}$)				760	730	115	
Chlorophyll a ($\mu\text{g/l}$)		33	20	25	32	23	19
Sichttiefe (m)			1,4	1,3	1	1	?



Springhasen (*Pedetes capensis*) sind nachtaktive Nagetiere, die in Trockengebieten Afrikas leben. Tagsüber schlafen sie in rund 80 cm tiefen Erdbauten, in denen die Temperatur recht konstant bei 12 °C liegt. Biologen untersuchten, wie es den Springhasen möglich ist, mit dem Wassermangel und den extremen Temperaturen zwischen 33 °C und 3 °C in ihrem Lebensraum umzugehen.

Dazu wurden Springhasen in Gefangenschaft beobachtet und untersucht. Die Grafik stellt den durchschnittlichen Sauerstoffverbrauch bei verschiedenen Temperaturen dar. Bei Temperaturen unter 15 °C rollten sich die Tiere zusammen, versteckten die Köpfe zwischen den Hinterbeinen, wickelten den Schwanz um den Rücken und zitterten. Bei 35 °C waren die Blutgefäße in den Ohren erweitert und die Tiere verteilt Speichel über Gesicht und Kehle.

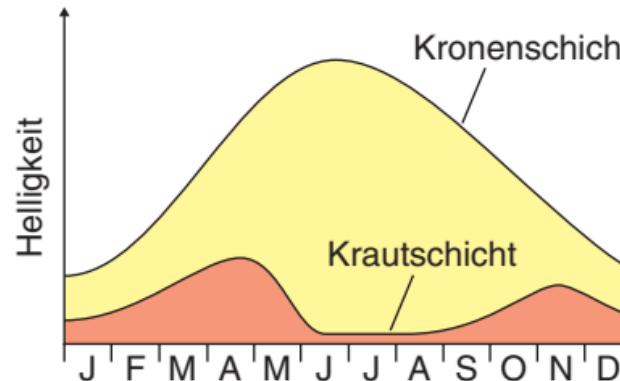


1. Wie erklären Sie, dass der Stoffwechsel sowohl bei niedrigen als auch bei höheren Temperaturen an Intensität zunimmt?
2. Was tragen die beobachteten Verhaltensweisen zur Regulation der Körpertemperatur bei.
3. Springhasen in einem Gehege mit konstant 20 °C erhielten Trockenfutter und Trinkwasser, doch sie tranken nicht. Wie haben die Tiere ihren Wasserhaushalt aufrecht erhalten?



Ein naturnaher Laubmischwald ist aus mehreren Schichten aufgebaut. Zu jedem Stockwerk gehören andere charakteristische Pflanzen- und Tierarten. Die Grafik zeigt die Helligkeit, die in einem Laubwald die Kronen- und die Krautschicht erreicht.

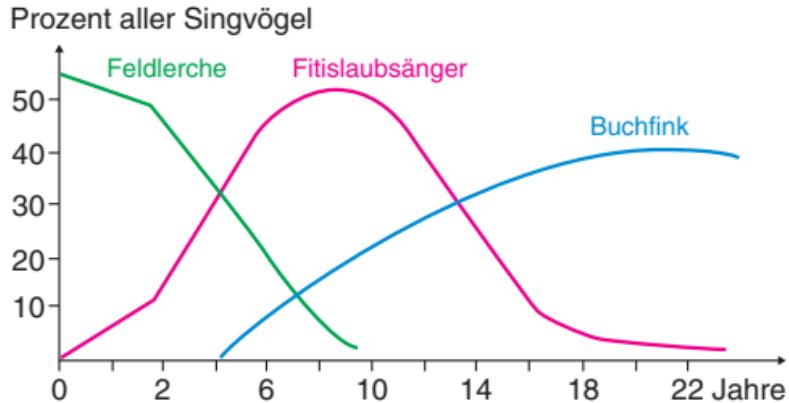
1. Stellen Sie die Schichtung eines Waldes der gemäßigten Zone grafisch dar und geben Sie für die oberirdischen Schichten je ein typisches Beispiel für eine Pflanze an.
2. Erläutern Sie an zwei Beispielen, wie die Pflanzen der Krautschicht an ihren Standort angepasst sind.
3. Beschreiben Sie zwei weitere abiotische Faktoren, die in der Krautschicht anders ausgeprägt sind als in der Kronenschicht und zeigen sie Anpassungen der Pflanzen an diese Faktoren auf.



?

Ein Wald wurde gerodet, der Kahlschlag blieb über viele Jahre sich selbst überlassen. In einem Zeitraum von 25 Jahren entwickelte sich auf dieser Fläche wieder ein Wald. Durch die Rodung und in den Jahren danach änderte sich die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft tiefgreifend. Einige der vielen Veränderungen in der Vogelwelt während der Wiederbewaldung sind aus der Grafik abzulesen.

1. Beschreiben Sie den Vorgang der Wiederbewaldung in der Fachsprache und definieren Sie den Begriff der Sukzession.
2. Vergleichen Sie die Durchsetzungsfähigkeit von Pflanzen mit verschiedenen Fortpflanzungsstrategien in den Jahren nach dem Kahlschlag.

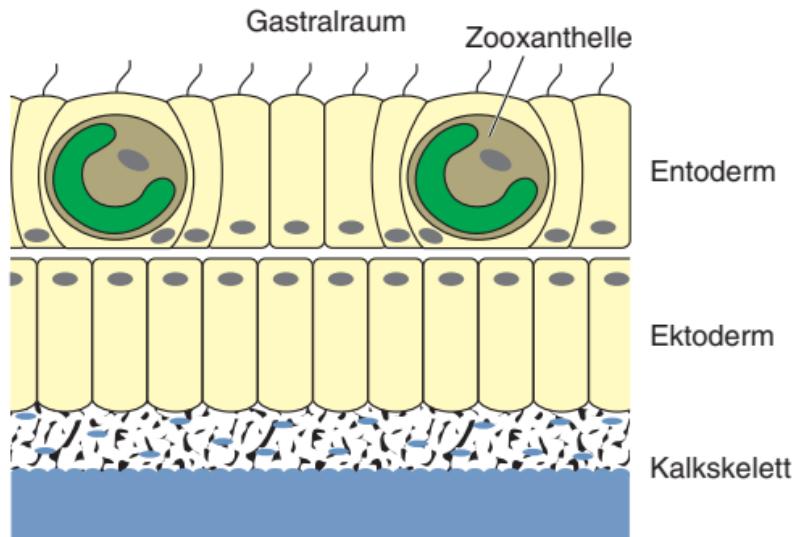


3. Welche Ursachen könnten zu den in der Grafik dargestellten Veränderungen in der Vogelwelt geführt haben? Schließen Sie auf wichtige Ansprüche der drei Vogelarten an ihre Umwelt.



Die meisten Korallenarten leben in Symbiose mit einzelligen Algen – den Zooxanthellen. Die Zooxanthellen wurden von den Korallen mit der Nahrung aufgenommen, aber nicht verdaut, sondern lebend in das Entoderm eingelagert. Hier leben sie innerhalb der Zellen. Man kann von einem Kurzschluss sprechen, der dafür sorgt, dass die wertvollen, immer wieder umbaubaren Bausteine im Organismus verbleiben und nicht an die Umgebung verlorengehen.

1. Das Symbiosekonzept zwischen der Koralle und ihren Symbionten beruht auf dem Austausch von Stoffwechselprodukten. Geben Sie an drei Beispielen an, wie sich die Produkte und Ausgangsstoffe der beiden Symbiosepartner ergänzen.
2. Die intensive Kalkproduktion – manche Korallen wachsen bis zu 25 cm im Jahr – kann nur durch die Mithilfe der Zooxanthellen stattfin-



Schematischer Schnitt durch eine Steinkoralle

den. Der Aufbau des Kalkskeletts der Korallen beruht weitgehend auf der chemischen Reaktion

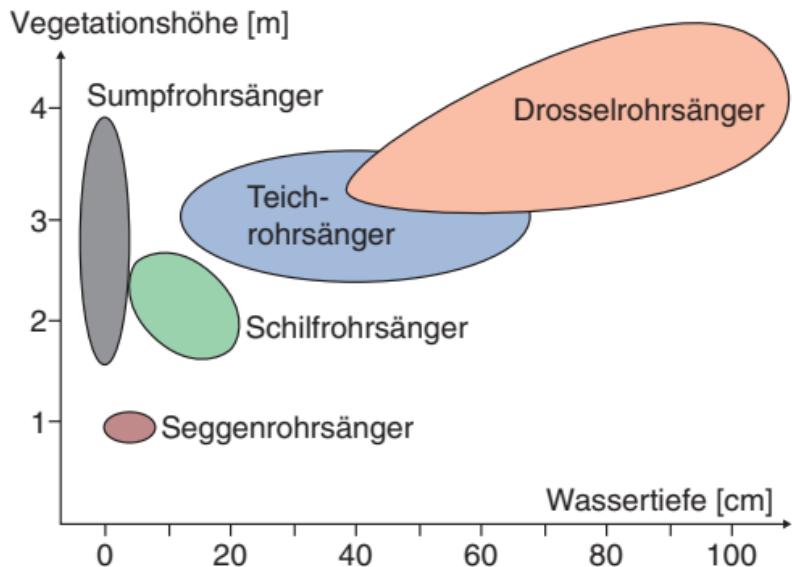


Erklären Sie, welchen Beitrag die Alge zu dieser Reaktion leistet.



Rohrsänger sind Singvögel. Die meisten von ihnen sind unauffällig braun oder grau gefärbt und leben in Uferhabitaten im Schilf. Entwässerungsmaßnahmen, Uferverbauungen und Eutrophierung der Gewässer gefährden die Bestände. Manchmal kann man verschiedene Arten von Rohrsängern in verschiedenartigen Bereichen des gleichen Sees beobachten, zwei Aspekte dieser Bereiche sind in der Grafik dargestellt.

1. Erläutern Sie am Beispiel der Rohrsänger den Begriff der ökologischen Nische
2. In welchen weiteren – in der Grafik nicht dargestellten – Teilbereichen dürften sich die Nischen dieser Vögel unterscheiden?
3. Zeigen Sie an diesem Beispiel, warum die Kenntnis der Nische eine wichtige Voraussetzung für den Artenschutz ist.



Beziehungen zwischen Wassertiefe und Vegetationshöhe in den Revieren von fünf Rohrsängerarten

?

Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Ökosystems wird seine Produktion an organischer Substanz ermittelt. In einem Eichen-Hainbuchenwald wurde die jährliche Produktion der verschiedenen trophischen Stufen ermittelt. In der Tabelle sind die Werte angegeben.

1. Geben Sie für jede trophische Stufe zwei Beispiele an.
2. Stellen Sie die in der Tabelle genannten Werte grafisch dar!
3. Leiten Sie eine allgemeine Regel über den Energiefluss in Ökosystemen ab!
4. Erklären Sie den Unterschied zwischen Bruttoproduktion und Nettoproduktion.
5. Erläutern Sie, wie die Abnahme der Biomasse innerhalb der Nahrungskette zustande kommt!

Ernährungsstufe	Trockengewicht /ha/Jahr
Produzenten:	
Bruttoproduktion	24 t
Nettoproduktion	12 t
Konsumenten 1. Ordnung	20 kg
Konsumenten 2. Ordnung	2 kg
Zersetzer	800 kg



In vielen Ökosystemen stellt Stickstoff den limitierenden Ökofaktor für das Wachstum der Pflanzen dar. Die Fähigkeit bestimmter Bakterien, Stickstoff aus der Luft zu fixieren und ihn biologisch verfügbar zu machen, ist daher die Grundlage einer der wichtigsten biochemischen Reaktionen auf der Erde.

1. Nennen Sie drei Stoffgruppen in Lebewesen, die Stickstoff enthalten.
2. Beschreiben Sie zwei Wege, die vom Luftsickstoff bis zum stickstoffhaltigen Molekül in einer Pflanzenzelle führen und geben Sie die Funktion der daran beteiligten Organismen an.
3. Skizzieren Sie den Kreislauf des Stickstoffs in einem Weideland.



Blattläuse ernähren sich von Pflanzensaft und gelten aus diesem Grund als Schädlinge. Außerdem können sie Viren übertragen oder Pflanzen-gallen induzieren. Blattlausweibchen bringen ohne vorherige Paarung millionenfach Nachkommen zur Welt. Bei warmem trockenem Wetter wachsen die Populationen explosionsartig. Viele Gartenbesitzer bekämpfen die Blattläuse mit Insektiziden: Man unterscheidet zwischen Ködermitteln, Kontaktgiften, Atemgiften, Fraßgiften und systemisch wirkenden Mitteln. Systemische Mittel werden von der Pflanze über die Wurzeln oder über die Blätter aufgenommen und gelangen durch den Saftstrom in die Triebe und werden dort gepeichert, um dann in den Organismus der saugenden Schädlinge zu kommen.

1. Benennen Sie die Gefahren einer Bekämpfung der Blattläuse mit Insektiziden.
2. Beschreiben Sie Alternativen zum Insektizideinsatz.

