

# NATURA

Biologie für Gymnasien

bearbeitet von

Claus Reinhardt

Berufliche Oberstufe

Lösungen

Ernst Klett Verlag

Stuttgart · Leipzig

## **1. Auflage, 2011**

Alle Drucke dieser Auflage sind unverändert und können im Unterricht nebeneinander verwendet werden.

Die letzte Zahl bezeichnet das Jahr des Druckes.

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis §52 a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Fotomechanische oder andere Wiedergabeverfahren nur mit Genehmigung des Verlages.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2011. Alle Rechte vorbehalten. [www.klett.de](http://www.klett.de)

**Autoren:** Dr. Claus Reinhardt, Ludwig-Erhard-Berufskolleg Bonn, Studienseminar Köln

**Redaktion:** Rolf Strecker

**Mediengestaltung:** Marlene Klenk-Boock

**Gestaltung:** Prof. Jürgen Wirth; Visuelle Kommunikation, Dreieich unter Mitarbeit von Matthias Balonier, Evelyn Junqueira, Nora Wirth

**Illustrationen:** Prof. Jürgen Wirth; Visuelle Kommunikation, Dreieich unter Mitarbeit von Matthias Balonier, Evelyn Junqueira, Nora Wirth; Wolfgang Herzig, grafik-design · illustration, Essen;

Printed in Germany

A15150-045306-2

# Cytologie

## 1 Das mikroskopische Bild der Zelle

### Praktikum: Herstellung von mikroskopischen Präparaten (Seite 12/13)

- ⑧ Mikroskopieren Sie bei mittlerer Vergrößerung das Zwiebelhäutchen. Verschaffen Sie sich einen Überblick über die Gestalt und die Lage der Zellen. Fertigen Sie eine Umriss-skizze von 4 bis 5 aneinander liegenden Zellen an.
- *Die Skizze sollte zeigen, wie die Zellwände benachbarter Zellen jeweils aufeinander stoßen. „Kreuzungen“ sollten vermieden werden.*
- ⑨ Bringen Sie eine in Details gut erkennbare Zelle in die Gesichtsfeldmitte und untersuchen Sie diese mit dem nächstgrößeren Objektiv (40x). Welche Einzelheiten sind zu erkennen? Fertigen Sie von dieser Zelle eine möglichst genaue Skizze an (Größe auf dem Papier mindestens 10 cm). Achten Sie auf die richtigen Größenverhältnisse von Zelle und Zellbestandteilen.
- *Es sollte unbedingt darauf geachtet werden, dass die skizzierte Zelle groß genug angelegt wird, um die Einzelheiten mit hinreichender Genauigkeit darstellen zu können. In der Regel sind die Mittellamellen und Tüpfel recht gut erkennbar, während das Cytoplasma häufig Schwierigkeiten bereitet. Der Hinweis darauf, die Blende etwas zu schließen und die „Zellenden“ genauer zu betrachten, ist oft hilfreich, da der Cytoplasmabelag dort dicker ist. Der Zellkern mit seinen Nucleoli ist meist als etwas kontrastreichere Struktur zu erkennen. Zell- und Tonoplastenmembran sind nicht direkt sichtbar. Sie müssen mithilfe anderer Methoden erarbeitet werden.*
- ⑩ Mit einem Holzspatel oder einem Teelöffel schabt man vorsichtig aus der Mundhöhle etwas Schleim ab, der Mundschleimhautzellen enthält und bringt diesen in einen Wassertropfen auf den Objektträger. Bei der mikroskopischen Untersuchung werden die einzelnen Zellen nur schwer zu erkennen sein. Das liegt an der Kontrastarmut des Objekts, d.h. es ist überall fast gleich hell. In solchen Fällen färbt man das Präparat an, um es besser sichtbar zu machen. Dazu wird entsprechend der Abbildung eine Methylenblaulösung unter dem Deckgläschen hindurchgesaugt. Mikroskopieren Sie das ungefärbte und das gefärbte Präparat und vergleichen Sie. Fertigen Sie anschließend vom gefärbten Präparat eine Skizze an. Welche Details sind besonders gut gefärbt? Welche Unterschiede bestehen im Vergleich zur Zwiebelzelle?
- *Durch Aufnahme von Methylenblau erscheinen die Zellen insgesamt dichter und kontrastreicher. Die Mundschleimhautzellen sind dann gut zu erkennen, der Zellkern ist deutlich zu identifizieren. Da die Zellen im Unterschied zur Zwiebelhaut einzeln auf dem Objektträger liegen und keine Zellwand besitzen, ist ihre Form unregelmäßig und die Oberfläche erscheint „zerknauscht“.*

### Die Zelle im Elektronenmikroskop (Seite 17)

- ① Deuten Sie die elektronenmikroskopischen Bilder der Pflanzen- (Abb. 1) und der Hefezelle (Abb. 6).
- *Die Pflanzenzelle wird begrenzt von einer zellulosehaltigen Wand. Deutlich zu erkennen sind in der Zelle der Zellkern, die Plastiden, Mitochondrien und die mit Zellsaft gefüllte Vakuole. In der Hefezelle sind zahlreiche Vakuolen erkennbar. Sie erscheinen je nach Verlauf des Bruches beim Präparieren konvex oder konkav.*
- ② Stellen Sie Vor- und Nachteile der Elektronenmikroskopie im Vergleich zur Lichtmikroskopie dar.
- *Das Auflösungsvermögen des Elektronenmikroskops ist ca. 100-mal höher als das des Lichtmikroskops. Folglich werden kleinere Strukturen sichtbar gemacht. Ein entscheidender Nachteil der Elektronenmikroskopie besteht darin, dass lebende Objekte nicht untersucht werden können, da alle Materialien entwässert sein müssen.*
- ③ Bei der Elektronenmikroskopie untersucht man das gleiche biologische Objekt meist mit verschiedenartigen Verfahren. Begründen Sie dieses Vorgehen.
- *Die Gefahr der Artefaktbildung bei der Präparation ist hoch. Verschiedene Techniken helfen, Fehldeutungen von präparationsbedingten Strukturen zu vermeiden.*

### Der Zellkern (Seite 19)

- ① Erläutern Sie die elektronenmikroskopischen Verfahren, mit denen die beiden Bilder in Abbildung 1 gewonnen worden sind.
- *Die obere Abbildung zeigt die Struktur der Kernhülle in einem Gefrierätzpräparat. Die untere Abbildung entstammt einem Ultradünnschnitt. Sie verdeutlicht einen Querschnitt durch die Kernhülle. Anmerkung: Die methodischen Schritte, die zu den Bildern führten, sind jeweils auf Seite 17 des Schülerbuches beschrieben bzw. dargestellt.*
- ② Berechnen Sie unter Zugrundelegen der Tatsache, dass ein Zellkern in einer Säugetierzelle etwa einen Durchmesser von  $5 \cdot 10^{-6}$  m hat, die etwaige Vergrößerung des schematisch dargestellten Kerns in Abbildung 1 und in den elektronenmikroskopischen Bildern.
- *Im Schema wurde der Kern etwa 5000-fach, in den elektronenmikroskopischen Bildern auf etwa 20.000-fach vergrößert.*
- ③ Erklären Sie, welche grundsätzlichen biologischen Erkenntnisse mit den beiden zur Kerntransplantation beschriebenen Experimenten (Randspalte und Abbildung 5) gewonnen werden konnten.
- *Beide Versuche zeigen, dass im Zellkern die komplette Erbinformation des Tieres vorhanden sein muss.*

## 2 Zellvermehrung

### Praktikum: Kern- und Zellteilung (Seite 30)

Neben den Wurzelspitzen der Küchenzwiebel eignen sich zur Untersuchung von Teilungsstadien auch die Pferde- oder Puffbohne *Vicia faba*, die Gartenbohne *Phaseolus vulgaris* oder die Gartenerbe *Pisum sativum*. Die Samen werden in feuchtem Filterpapier zum Keimen gebracht und müssen ständig feucht gehalten werden, damit die Wurzeln kontinuierlich wachsen. Die meisten Teilungen finden in den frühen Morgenstunden statt. Die Spitzen werden abgeschnitten, wenn die Wurzeln etwa 1 bis 2 cm lang sind. In längeren Wurzeln findet nur noch Streckungswachstum statt und es ist keine Mitose mehr zu beobachten. Die Wurzelspitzen verbleiben bis zu 24 Stunden in der Karminessigsäure-Lösung.

### Stammzellen: Alleskönner und Vielkönner (Seite 31)

- ① Das Embryonenschutzgesetz (ESchG) vom 13.12.1990 verbietet künstliche Veränderungen der Keimbahnzellen. §8 lautet: „Keimbahnzellen im Sinne dieses Gesetzes sind alle Zellen, die in einer Zell-Linie von der befruchteten Eizelle bis zu den Ei- und Samenzellen des aus ihr hervorgegangenen Menschen führen, ferner die Eizelle vom Einbringen oder Eindringen der Samenzelle an bis zu der mit der Kernverschmelzung abgeschlossenen Befruchtung.“  
Bezieht sich dieses Gesetz auch auf Stammzellen und wenn ja, auf welche Sorte?
- *Es bezieht sich nur auf embryonale Stammzellen. Adulte Stammzellen fallen nicht unter den Schutz.*

### Fortpflanzung im Reagenzglas (Seite 32)

- ① Recherchieren Sie z.B. im Internet, wie die In-vitro-Fertilisation in Deutschland rechtlich geregelt ist (mögliche Suchbegriffe: Embryonenschutzgesetz, Fremdsamenspende, Eizellspende, Leihmutterchaft, überzählige Embryonen).
- *Das deutsche Embryonenschutzgesetz von 1990 verbietet die Gefrierkonservierung oder Weiterverwendung überzähliger Embryonen, Eizellspende und Leihmutterchaft. Strafbar macht sich auch, wer Erbinformationen einer menschlichen Keimzelle künstlich verändert, oder identische Kopien (Klone) schafft. Eizellen, in die soeben ein Spermium eingedrungen ist, dürfen aufbewahrt werden. Sie gelten nicht als Embryonen, da die Zellkerne von Spermium und Ei noch nicht miteinander verschmolzen sind.*
  - ② Bei einer In-vitro-Fertilisation ist es möglich, verschiedene genetische Merkmale festzustellen (z.B. das Geschlecht oder die Veranlagung zu bestimmten Krankheiten). Man spricht von Prä-Implantations-Diagnostik (PID). Welche Regelungen hat der Gesetzgeber erlassen, um eine Auswahl von Embryonen nach bestimmten Merkmalen (Embryonenselektion) zu verhindern (s. Seite 137)?
  - *In Deutschland wird die PID nicht angeboten. Strittig ist, ob sie mit dem Embryonenschutzgesetz vereinbar ist. Der Gesetzgeber denkt allerdings darüber nach, ob eine Regelung wie beim § 218, der die Abtreibung regelt, erlassen werden soll. Die PID wäre dann zwar illegal, bliebe aber straffrei.*

### Material: Reproduktionstechnik, Klonen (Seite 33)

- ① „Klonen“ bedeutet die Anfertigung genetischer Doppelgänger, „Klonieren“ die Vervielfältigung eines Gens. Reproduktionsbiologie und Gentechnik werden oft nicht auseinandergelassen. Warum war das Klonen des Schafes Dolly kein gentechnisches Experiment?
- *Weil bei Dolly die Erbinformation nicht künstlich verändert wurde. Es handelt sich um ein zellbiologisches Experiment.*
  - ② IAN WILMUT, der wissenschaftliche „Vater“ des Klonschafs Dolly, warnt vor Klonversuchen am Menschen, es gäbe „reichlich Beweise, dass dies völlig unverantwortlich“ wäre. Begründen Sie.
  - *Dolly zeigte frühzeitige Alterungserscheinungen; hunderte von Versuchen mussten durchgeführt werden, um zum Erfolg zu gelangen. Angesichts der medizinischen/gesundheitlichen Risiken wäre es nicht zu verantworten, derartige Methoden am Menschen auszuprobieren.*
  - ③ In den meisten Ländern ist das Klonen von Menschen verboten. Welche Gründe sprechen dafür?
  - *Medizinische Risiken (s. Lösungen zu Aufgabe 2), ethische (Mensch als Schöpfer oder Designer) und soziale Gründe (s. Lösungen zu Aufgabe 6) sprechen für ein Verbot.*
  - ④ Die Manipulation an menschlichen Keimen ist in Deutschland zwar grundsätzlich verboten, Grundlagenforschung an importierten menschlichen embryonalen Stammzellen wird auf Antrag aber genehmigt. Informieren Sie sich über die rechtliche Auffassung in anderen Ländern.
  - *In den USA und Israel beispielsweise ist Grundlagenforschung an menschlichen Embryonen erlaubt. Aus diesen Ländern werden auch Embryonen für die Grundlagenforschung nach Deutschland importiert.*
  - ⑤ Spielen Sie eine Gerichtsverhandlung mit verteilten Rollen durch, in der die geschiedenen Eheleute sich um das Schicksal ihrer eingefrorenen Embryonen streiten.
  - *individuelle Lösung*

- ⑥ Mithilfe der Reproduktionsmedizin kann das Alter, in dem eine Schwangerschaft möglich ist, beträchtlich erhöht werden. In Österreich ging z.B. der Kinderwunsch einer 61-jährigen Frau in Erfüllung. Dazu wurden einer jungen Spenderin Eizellen entnommen und in vitro mit Spermien des Partners der älteren Frau befruchtet. Die Embryonen wurden in die Gebärmutter der 61-Jährigen eingesetzt. Welche sozialen Folgen können derartige Praktiken für die Eltern, die erzeugten Kinder und für die Gesellschaft haben?
- *Sexualität, Alter und Schwangerschaft können beinahe vollständig voneinander getrennt werden. In Frage steht, ob eine Frau mit über 60 Jahren der späten Schwangerschaft und auch der Erziehung des Kindes körperlich und psychisch gewachsen ist. Das gesellschaftliche Problem, berufliche Karriere und Schwangerschaft miteinander zu vereinbaren wird technologisch gelöst. Nur Frauen, die finanziell gut gestellt sind, können sich derartige Praktiken leisten. Kommerzialisierung der intimsten Lebensbereiche; da die meisten Menschen wissen wollen, wer ihre leiblichen Eltern sind, ist mit späteren familiären Komplikationen zu rechnen.*

### Klonierungstechniken – Segen oder Fluch (Seite 35)

- ① Gegner des therapeutischen Klonens wenden neben den oben genannten ethischen Problemen auch ein, dass die Weiterentwicklung des therapeutischen Klonens letztlich auch das reproduktive Klönen fördert. Erklären Sie diesen Einwand.
- *Der Einwand ist richtig. Die Verfahren sind bis zum Blastocystenstadium identisch, d.h. alle Schritte, die der Verbesserung der Verfahren bis zu diesem Stadium dienen, könnten auch verbotenen reproduktiven Klonversuchen zugute kommen.*
- ② Führen Sie eine Pro-Contra-Diskussion. Was spricht für die oben genannten Verfahren, das dagegen? Beachten Sie für Ihre ethische Diskussion auch das zur Zeit gültige Abtreibungsrecht und das Selbstbestimmungsrecht der Frauen, die die Eizellen spenden.
- *Hinweise für die Diskussion: Der Schwangerschaftsabbruch ist in Paragraph 218 StGB geregelt. Der Schwangerschaftsabbruch auf Verlangen bzw. nach einer Vergewaltigung ist bis zur 12. Schwangerschaftswoche zulässig. Für Abbrüche aufgrund schwerwiegender Gefahren für die körperliche oder seelische Gesundheit der Schwangeren besteht keine Frist. Diskussionspunkte könnten sein: Ausbeutung der Eizellen spendenden Frauen; Embryos als Ersatzteillager; Probleme festzulegen, welche Krankheiten durch therapeutisches Klonen behandelt werden dürfen und welche nicht; ethische Aspekte hinsichtlich des Beginns des Lebens; Notwendigkeit weltweiter Regelungen, um Behandlungstourismus zu vermeiden, u.a.*
- ③ Informieren Sie sich über alternative Möglichkeiten zur Stammzellerzeugung (s. Seite 31).
- *Es wird zunehmend über Untersuchungen berichtet, bei denen adulte Stammzellen mittels entsprechender Behandlung durch Cytokine wieder in einen pluripotenten Zustand zurückversetzt werden.*
- ④ Welche Vor- und Nachteile hat PID und welche ethischen Probleme können sich ergeben?
- *Bei der PID werden in der Regel am dritten Tag nach der In-vitro-Befruchtung im Blastomerstadium (4-8-Zellstadium) diejenigen Embryos aussortiert, die positiv auf einen Marker für Krankheiten getestet worden sind. Grundsätzlich möglich wäre in Zukunft zusätzlich auch eine Selektion bezüglich von „Wunschmerkmalen“ wie Größe der Augen und Haarfarbe. Die PID ist aufgrund des Embryonenschutzgesetzes in Deutschland verboten.*  
*potenzielle Vorteile der PID: Die In-vitro-Fertilisation ist u.a. aufgrund der notwendigen hormonellen Stimulation der Frau sehr belastend. In der Regel werden immer mehrere Eizellen befruchtet. Da die so entstandenen Embryos allerdings nicht getestet werden dürfen, besteht für viele Frauen die Gefahr, dass falls es zu keiner erfolgreichen Schwangerschaft kommt, diese erneut in-vitro-fertilisiert werden müssen. Befürworter der PID führen weiter aus, dass der Embryo aufgrund des Embryonenschutzgesetzes besser geschützt ist als der Fetus und später bei Feststellung schwerwiegender Veränderungen abgetrieben werden darf. Viele Eltern fühlen sich den Belastungen, ein behindertes Kind zu haben, nicht gewachsen und wünschen sich zusätzlich zu den im Vergleich zur PID späten Schwangerschafts-Vorsorgeuntersuchungen weitere Tests.*  
*Nachteile der PID: Die grundsätzlich in Zukunft mögliche Selektion aufgrund von „weichen Merkmalen“ wie Geschlecht oder Haarfarbe sind ethisch verwerflich. Aber selbst die Selektion hinsichtlich der Vermeidung von Krankheiten wirft die Frage nach „erhaltungswürdigem Leben“ auf, die insbesondere in Deutschland nach den Tötungsprogrammen während des nationalsozialistischen Regimes höchst problematisch sind. Auch die Frage, ob mit diesen Techniken eine „normale“ Zeugung ohne Selektion mit allen Risiken langfristig gesellschaftlich geächtet (oder armen Menschen vorbehalten wäre) ist heikel.*

# Transportprozesse

## 1 Biomembran und Zellinhaltsstoffe

### Praktikum: Lipide (Seite 41)

- ① Erklären Sie die veränderten Eigenschaften der „verseiften“ Fettsäuren im Vergleich zu Fettsäuren.
  - *Seifen sind Natrium- oder Kaliumsalze höherer Fettsäuren. Durch die Verseifung entsteht das stark hydrophile Salz der Carbonsäure. Die verseiften Carbonsäuremoleküle haben damit ein hydrophobes (durch die Kohlenwasserstoffkette) und ein hydrophiles (Salz der Carbonsäure) Ende. Aufgrund des hydrophilen Endes ist die verseifte Fettsäure im Wasser löslich; aufgrund des hydrophoben Endes in lipophilen Substanzen ergibt sich so die Eigenschaften einer Seife wie man sie aus der Körperhygiene kennt.*
- ② Machen Sie mithilfe von Seite 40 Vorhersagen, wie sich die „verseiften“ Fettsäuren anordnen.
  - *Aufgrund der hydrophilen und hydrophoben Endes der verseiften Fettsäuren können diese wie Phospholipide auch Micellen und einen hauchdünnen Film auf dem Wasser bilden.*
- ③ Interpretieren Sie die Ergebnisse mithilfe der Seite 40.
  - *Phospholipide haben ein polares und ein unpolares Ende. Im Versuch hat sich wie bei der Einheitsmembran eine Doppellage gebildet, wobei die unpolaren Teile nach innen und die polaren nach außen zeigen.*

## 2 Transportprozesse

### Die Zelle – ein offenes System (Seite 44)

- ① Nennen Sie Beispiele, bei denen der Energiezufluss und Energieabfluss bei Zellen stoffgebunden und nichtstofflich erfolgt.
  - *Energiezufluss und Energieabfluss stoffgebunden: Aufnahme von Glucose in eine Drüsenzelle, Abgabe von Enzymen durch die Drüsenzelle. Energiezufluss und Energieabfluss nichtstofflich: Absorption von Licht durch grüne Pflanzenzellen. Abgabe von thermischer Energie durch Muskeln oder Leberzellen.*
- ② Leben ist nur bei ständigem Energiezustrom möglich. Erläutern Sie.
  - *Lebewesen bestehen aus energiereichen, hoch geordneten Stoffen, die einem andauernden Ab- und Umbau unterliegen. Der Wirkungsgrad biochemischer Reaktionen ist gering. Es kommt zur Abgabe von thermischer Energie. Zur Aufrechterhaltung biologischer Strukturen ist somit ständige Energiezufuhr notwendig.*
- ③ Beschreiben Sie das Fließgleichgewicht am Beispiel arbeitender Muskelzellen. Zeichnen Sie dazu ein Schema ähnlich wie in Abb. 1.
  - *Aufnahme von Glucose und Sauerstoff. Zellatmung liefert Energie für Muskelarbeit. Abgabe von Kohlenstoffdioxid, Wasser und thermischer Energie.*

### Praktikum: Stofftransport (Seite 45)

- ① Erläutern Sie Ihre Beobachtungen. Gehen Sie insbesondere auf den Zusammenhang zwischen Temperatur und Teilchenbewegung ein.
  - *individuelle Lösung*
- ② Notieren Sie nach etwa 10 Minuten Ihre Beobachtung. Erläutern Sie diese. Begründen Sie, warum eine Kartoffel Stärke und nicht Zucker speichert.
  - *In der Vertiefung mit Kochsalz bzw. Rohrzucker sammelt sich Feuchtigkeit. Beide Stoffe können nicht durch die Zellmembran diffundieren. Aufgrund ihres hohen osmotischen Wertes diffundiert Wasser aus der Kartoffelscheibe in die Vertiefung mit Kochsalz bzw. Zucker. In der Vertiefung mit Stärke ist keine Veränderung zu beobachten, da Stärke aus Makromolekülen besteht und nur einen geringen osmotischen Wert hat. Würde die Kartoffel in ihren Knollen Zucker speichern, würde Wasser aus der Umgebung osmotisch aufgenommen und die Zellen würden platzen.*
- ③ Die Abbildung zeigt einen Versuch mit einem Filmdosen-Osmometer zu Beginn, nach 30 und 60 min Versuchsdauer. Erläutern Sie den Versuch. Gehen Sie dabei insbesondere auf die Versuchsbedingungen ein.
  - *Im Inneren der Filmdose befindet sich eine Lösung sehr hoher Konzentration, z.B. Sirup. In der Umgebung befindet sich Wasser. Beide Phasen sind durch eine selektiv permeable Membran, z.B. Cellophan, getrennt. Wassermoleküle dringen durch die Membran in die Filmdose ein, der Flüssigkeitsspiegel im Steigrohr steigt.*
- ④ Vergleichen Sie diese mit weiteren Zellen. Zeichnen Sie anschließend eine Zelle im Ausgangszustand und in verschiedenen Phasen der Veränderung. Nach Anfertigung der Skizzen wird die Salzlösung durch destilliertes Wasser ersetzt. Notieren Sie Ihre Beobachtung. Erläutern Sie die Vorgänge der Plasmolyse und Desplasmolyse.
  - *individuelle Lösung*

- ⑤ Beschreiben Sie die Beobachtungen, die Sie nach 10 min in den verschiedenen Gefäßen machen können.
- *individuelle Lösung*
- ⑥ Entwickeln Sie eine begründete Hypothese für die unterschiedliche Farbe des austretenden Farbstoffs in den verschiedenen Versuchsansätzen.
- *Die Farbe eines bestimmten Farbstoffs hängt nicht nur von dem Farbstoff selbst ab, sondern auch von dem Lösungsmittel, in dem er gelöst ist, und von dem pH-Wert. So wird Rotkohlsaft im Chemieunterricht als pH-Indikator verwendet. Die Abhängigkeit der Farbe vom Lösungsmittel zeigt sich beispielsweise bei Iod. In Wasser gelöst ist es bräunlich, in Spiritus violett.*
- ⑦ Inwiefern handelt es sich bei diesen Versuchen um indirekte Nachweise von Lipiden und Proteinen?
- *Bei den Versuchen geht man von der Vermutung aus, dass Membranen Proteine und Lipide enthalten. Bleiben die Membranen bei einem Versuch intakt, tritt kein Saft aus dem Pflanzenmaterial in die Umgebung aus. Tritt unter bestimmten Versuchsbedingungen jedoch Saft aus, müssen Proteine oder Lipide geschädigt worden sein. Werden unter denselben Versuchsbedingungen isolierte Proteine, bzw. Lipide geschädigt, kann man daraus schließen, dass dies auch bei den Versuchen mit dem Pflanzenmaterial der Fall war.*

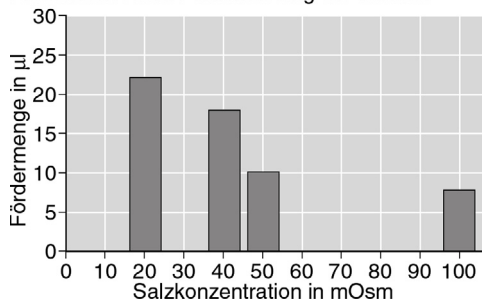
### Diffusion und Osmose (Seite 47)

- ① Erläutern Sie, ob es in dem U-Rohr (Abb. 2) zu einem Konzentrationsausgleich zwischen den Lösungen kommen kann..
- *Ein Konzentrationsausgleich kann nicht stattfinden, wenn die Membran 100 % undurchlässig für Zucker ist.*

### Material: Osmoregulation (Seite 49)

- ① Ordnen Sie die Erythrocyten in Abb. 2 (a, b, c) den verschiedenen Salzkonzentrationen zu und begründen Sie Ihre Entscheidung unter Verwendung der Fachbegriffe hypotonisch, hypertonisch und isotonisch.
- *Die Abbildung oben zeigt den Normalzustand (rund und in der Mitte leicht abgeflacht). Die Konzentration der gelösten Salze etc. ist innerhalb und außerhalb der Erythrocyten identisch (isotonisch). Die mittlere Abbildung ist die Stechapfelform. Die Erythrocyten sind geschrumpft. Es diffundieren mehr Wassermoleküle aus den Erythrocyten heraus als herein. Die Konzentration der gelösten Salze in den Blutzellen ist hypotonisch gegenüber der umgebenden Flüssigkeit. Die untere Abbildung zeigt geplatzte Erythrocyten. Die Zellen hatten gegenüber dem Außenmedium eine hypertonische Konzentration und Wassermoleküle diffundierten hinein.*
- ② Beschreiben Sie die Funktion der Blasenhaare und erläutern Sie, inwiefern es sich hierbei um Osmoregulation handelt.
- *Die Blasenhaare bestehen aus gestielten kleinen kugeligen Behältern. In diese außerhalb der lebenden Zellen liegenden Behälter wird das Überschüssige Salz abgesondert. Hierdurch ist es in den lebenden Zellen nicht mehr osmotisch wirksam.*
- ③ Beschreiben Sie die Funktion der pulsierenden Vakuole (Abb. 4).
- *Die pulsierende Vakuole sammelt aus dem umgebenden Cytoplasma der Zelle Flüssigkeit und gibt dieses in die Umgebung ab.*
- ④ Übertragen Sie die Messwerte (s.o.) in ein Koordinatensystem.
- *siehe Abbildung*

Pantoffeltierchen: Förderleistung der Vakuole



- ⑤ Erläutern Sie das Ergebnis und begründen Sie, warum die pulsierende Vakuole eine osmoregulatorische Funktion hat.
- *Da die Tätigkeit der pulsierenden Vakuole mit zunehmender Salzkonzentration im umgebenden Medium abnimmt, deutet dies auf einen Zusammenhang mit den osmotischen Werten hin. Mit zunehmender Salzkonzentration werden immer weniger Wassermoleküle in das Paramecium diffundieren, die Wahrscheinlichkeit der Diffusion aus der Zelle steigt hingegen an.*

### **Aktiver Transport, passiver Transport – der Fall Arsen (Seite 53)**

- ① Nach einer Vergiftung mit Arsendioxid nimmt die Konzentration im Blut rasch ab, während die Konzentration in Geweben, wie z.B. der Leber und der Niere rasch zunimmt. Erklären Sie diesen Zusammenhang durch die Aufnahme von Arsendioxid in die Zelle.
  - *Arsen wird mittels des Anionentransporters schnell aus dem Blut in die Zellen der unterschiedlichen Gewebe aufgenommen. Entsprechend nimmt die Konzentration von Arsen im Blut rasch ab und im Gewebe rasch zu.*
  
- ② Erklären Sie die typischen sehr starken Durchfälle, die nach einer akuten Arsenvergiftung zu beobachten sind. Gehen Sie davon aus, dass der Darminhalt hypertonisch ist.
  - *Arsen hemmt die ATP-Produktion der Zelle, wodurch der aktive Transport der Zelle gestört wird. Geht man davon aus, dass der Darminhalt hyperosmolar im Vergleich zum Cytoplasma ist, führt dies zu einem Wasserausstrom aus der Zelle entlang des Konzentrationsgradienten.*
  
- ③ Wie konnte sich in dem beschriebenen Fall das Arsendioxid im Grundwasser so verteilen, dass etwa 30% aller gebohrten Brunnen in Bangladesh als stark belastet gelten müssen?
  - *Beim Bohren der Brunnen durch arsenhaltige Schichten oxidiert dies, gelangte ins Grundwasser und verteilte sich dort durch Diffusion.*



# Enzyme

## 2 Reaktionsbedingungen

### Die Reaktionsbedingungen bestimmen die Enzymaktivität (Seite 59)

- ① Erklären Sie anhand der Eigenschaften der Enzyme, warum Fieber von 42 °C lebensgefährlich ist.
- Bei Temperaturen über 42 °C denaturiert bereits ein Teil der lebenswichtigen Enzymeiweiße, die dadurch mehr oder weniger stark ihre Funktion einbüßen. Das hat bei Anhalten dieses Zustandes den Zusammenbruch lebenswichtiger Stoffwechselfunktionen zur Folge.

### Praktikum: Enzyme (Seite 62)

#### Eigenschaften von Enzymen

**Versuch 1:** Braunstein entfaltet die gleiche Wirkung wie das Katalasepräparat aus Kartoffel oder Leber. Dass die Gasentwicklung auf die Gegenwart dieser Substanzen zurückzuführen ist, zeigt das Kontrollexperiment mit Sand. Damit der Sauerstoffnachweis mithilfe der Glimmspanprobe gelingt, sollte nicht gleich nach Beginn der Gasentwicklung die Probe durchgeführt werden, sondern erst ca. 30 Sekunden später. Dann hat sich in der Regel über der Flüssigkeit genügend reiner Sauerstoff angesammelt.

**Versuch 2:** Dieser Versuch zeigt die pH-Abhängigkeit der Enzymaktivität. Katalase wird sowohl bei sehr kleinen als auch bei sehr hohen pH-Werten denaturiert, sodass ihre Wirkung verloren geht, d.h. keine Gasentwicklung zu beobachten ist.

**Versuch 3:** Dieser Versuch zeigt die Denaturierung von Enzymen durch Schwermetalle, die in der Regel irreversibel ist. Sie beruht darauf, dass Schwermetalle sehr schwer lösliche Sulfide bilden, die in Gegenwart von Eiweiß dadurch entstehen, dass den Eiweißen der in ihnen enthaltene Schwefel entzogen wird, sodass ihre Tertiärstruktur zerstört wird. Wichtig für das Gelingen dieses Versuchs ist eine hinreichende Einwirkzeit der Schwermetalllösung auf das Katalasepräparat.

#### Versuche mit Amylase

Für die Untersuchungen kann auch das preisgünstige Pankreatin verwendet werden, das Amylase enthält. Zur Auswertung des Experiments: Der Kehrwert der Zeit ( $1/t$ ) bis zur Entfärbung ist ein Maß für die Reaktionsgeschwindigkeit bzw. für den Substratumsatz. Denn bis zur Entfärbung der Stärkelösung wird immer die gleiche Menge Substrat umgesetzt, vorausgesetzt, die Reagenzgläser sind sorgfältig mit den richtigen Mengen befüllt worden. Je kürzer die Zeit bis zur Entfärbung, desto größer der Substratumsatz pro Zeiteinheit, d.h. die Reaktionsgeschwindigkeit. Um den Zeitpunkt der Entfärbung besser zu erkennen, legt man weißes Papier unter oder hinter den Reagenzglasständer. Der Versuch belegt die RGT-Regel.

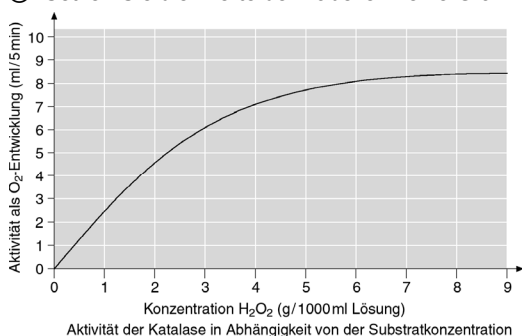
#### Versuche mit Urease

Versuch 2 zeigt die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Substratkonzentration, Versuch 3 die Substratspezifität (Urease reagiert nur mit Harnstoff, nicht aber mit Thioharnstoff).

### Material: Aufbau von Enzymen (Seite 63)

- ① Welche Rückschlüsse sind auf den Aufbau und die Wirkung des hier eine Rolle spielenden Enzyms möglich? Begründen Sie Ihre Schlussfolgerungen konkret anhand der einzelnen Experimente.
- Das Experiment von HARDEN und YOUNG zeigt,
    - dass die katalytisch wirksamen Moleküle im Cytoplasma gelöst sind (c),
    - dass zwei verschiedene Moleküle bzw. Moleküluntereinheiten die Kohlenstoffdioxidentwicklung katalysieren, für sich allein aber keine Wirkung zeigen (d) und dieses nur in Wechselwirkung miteinander vermögen (Versuchsreihe 2, 1. Versuch).
    - dass eine der beiden wirksamen Komponenten temperaturempfindlich (in Lösung 2 aus dem Inneren des Dialyseschlauchs) ist, die andere nicht (in Lösung 1 aus dem Gefäß, in das der Dialyseschlauch eintaucht).
    - dass die temperaturunempfindliche Komponente niedermolekular ist (denn sie diffundiert durch den Dialyseschlauch), die temperaturempfindliche hochmolekular ist (zu groß für die Poren des Dialyseschlauches). Das wirksame Enzym sollte also aus einer Proteinkomponente und einer abspaltbaren Nichtproteinkomponente (Coenzym) bestehen.

- ② Setzen Sie die Werte der Tabelle in eine Grafik um. Achten Sie dabei auf eine sinnvolle Achsenwahl und die Beschriftung.



- ③ Erläutern Sie den Kurvenverlauf. Welche verallgemeinerbaren Rückschlüsse sind auf die Wirkungsweise von Enzymen möglich? Gehen Sie dabei auch auf die einzuhaltenden Versuchsbedingungen ein.
- *Es handelt sich um eine typische Sättigungskurve. Um das vorliegende Ergebnis zu erhalten, wurde bei konstanter Temperatur und konstanter Enzymkonzentration die Substratkonzentration variiert und der Substratumsatz gemessen. Temperatur und Enzymkonzentration müssen deshalb konstant gehalten werden, weil auch durch sie die Reaktionsgeschwindigkeit beeinflusst wird. Will man aussagekräftige Ergebnisse erhalten, müssen also alle den Messwert beeinflussenden Größen bis auf eine (Variable) konstant gehalten werden. Bei niedrigen Substratkonzentrationen ist die Zahl der Substratmoleküle selbst der begrenzende Faktor. Die Enzymmenge ist im Vergleich so groß, dass praktisch augenblicklich alle Substratmoleküle umgesetzt werden, d.h. der größte Teil der zur Verfügung stehenden Bindungszentren ist unbesetzt. Deshalb kann zunächst auch durch Erhöhung der Substratkonzentration die Reaktionsgeschwindigkeit erhöht werden, bis die Zahl der Substratmoleküle so groß geworden ist, dass sie durch die begrenzt vorhandenen Enzymmoleküle nicht mehr sofort umgesetzt werden können. Die Kapazitätsgrenze wird nach und nach erreicht. Damit wird die Enzymmenge mit zunehmender Substratkonzentration immer mehr zum begrenzenden Faktor (abflachender Teil der Kurve), bis sie schließlich allein begrenzend wird. Die Kapazität der Enzyme (bestimmt durch ihre Wechselzahl) ist ausgeschöpft, d.h. alle Bindungszentren sind mit Substratmolekülen besetzt. Bei sehr hohen Substratkonzentrationen (hier nicht dargestellt) tritt wieder eine Abnahme des Substratumsatzes ein (Substrathemmung), da die Substratmoleküle um das Bindungszentrum der Enzyme konkurrieren und sich dabei gegenseitig behindern.*
- ④ Begründen Sie, weshalb bei allen Versuchen mit jeweils derselben Menge Harnstoff- und Ureaselösung gearbeitet wird.
- *Um das vorliegende Ergebnis zu erhalten, wurde bei konstanter Enzym- und Substratkonzentration und variabler Temperatur der Substratumsatz gemessen. Substrat- und Enzymkonzentration müssen deshalb konstant gehalten werden, weil auch durch sie die Reaktionsgeschwindigkeit beeinflusst wird.*
- ⑤ Erläutern Sie anhand der Grafik die Ergebnisse der Versuche einzeln und im Vergleich.
- *Das Ergebnis zeigt die starke Temperaturabhängigkeit enzymatisch katalysierter Reaktionen, bei denen die Reaktionsgeschwindigkeit bei einer Temperaturerhöhung um das Zwei- bis Vierfache zunimmt (RG-T-Regel). Dieser Zusammenhang spiegelt sich in den Messweltergebnissen auch wider, allerdings nur bei Temperaturen bis zu 40 °C. Die grafische Auswertung der Messergebnisse zeigt deutlich, dass die Reaktionsgeschwindigkeit bei den gemessenen Temperaturen bis 40 °C jeweils um mehr als das Doppelte zunimmt. Bei 50 °C flacht die Kurve nach einiger Zeit stark ab, d.h. der Substratumsatz kommt zum Erliegen. Bei 60 °C ist dieses schon kurz nach Versuchsbeginn der Fall, sodass insgesamt nur wenig Substrat umgesetzt wird. Ursache dafür ist die Denaturierung des Enzyms durch hohe Temperaturen, die bei 60 °C schneller einsetzt als bei 50 °C. Die Denaturierung bewirkt eine Zerstörung der Tertiärstruktur, was zum Verlust der Funktion führt. Die für die Funktion wichtige Passform (Schlüssel-Schloss-Prinzip) ist nicht mehr vorhanden.*

### 3 Anwendungen von Enzymwirkungen

#### „Kater“ und Enzyme – Einfluss von Enzymen auf den Alkoholabbau (Seite 65)

- ① Erklären Sie, warum hochprozentige alkoholische Getränke besonders schnell ins Blut übergehen.
- *Die Aufnahme des Alkohols geschieht mittels Diffusion. Die Diffusionsgeschwindigkeit hängt unter anderem vom Grad des Konzentrationsgefälles ab. Die Diffusion bei hochprozentigem Alkohol verläuft dann also schneller.*
- ② Erklären Sie, warum Trinker, die zusätzlich das MEOS rekrutieren können, schneller unter katerähnlichen Symptomen wie Müdigkeit und Gereiztheit leiden.
- *Unter (zusätzlichem) Einsatz des MEOS wird Alkohol schneller in Azetaldehyd abgebaut. Azetaldehyd bedingt die katerähnlichen Symptome. Wird also bei Trinkern, die zusätzlich das MEOS rekrutieren können, der Alkohol schneller in Azetaldehyd umgewandelt, haben diese schneller unter katerähnlichen Symptomen zu leiden.*
- ③ Erklären Sie, warum „trinkfeste“ Menschen besonders häufig ihren Führerschein verlieren und warum bei diesen in vielen Fällen besonders starke Schädigungen der Leber und des Gehirns beobachtet werden.
- *„Trinkfeste“ Menschen nehmen trotz hohen Alkoholspiegels weniger Symptome des Rausches wahr. Da für den Verlust des Führerscheins allerdings der Blutalkoholspiegel entscheidend ist, sind diese aufgrund der geringeren Rauschwahrnehmung besonders gefährdet.*

# Ernährung der Pflanzen

## 1 Energiehaushalt und Ernährung der Pflanze

### Praktikum: Transpiration (Seite 75)

① Stellen Sie diese Ergebnisse grafisch dar und deuten Sie die Befunde.

- Keine Veränderung in Gefäß 1, geringfügige Abnahme in den Gefäßen 2, 4 und 6, sehr starke Abnahme in Gefäß 3 und zweitstärkste Abnahme in Gefäß 5. Die Versuche belegen, dass die Transpiration über die Blattunterseite und dort über die Spaltöffnungen erfolgt.

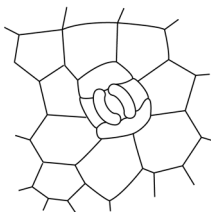
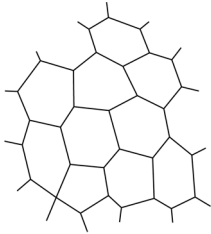
Anmerkung: Das Versuchsergebnis wird von mehreren Parametern beeinflusst: Vergleichbarkeit der Zweige, Sorgfalt beim Bestreichen und vor allem von der Pflanzenart: Bohnenblätter besitzen auf der Ober- (40 Stomata/mm<sup>2</sup>) und Unterseite (ca. 280 St./mm<sup>2</sup>) Spaltöffnungen, während die Fliederblätter sie nur auf der Unterseite haben (ca. 33 St./mm<sup>2</sup>). Trotzdem sollte das Säulendiagramm die beiden Maxima in den Proben 3 und 5 haben.

② Mikroskopieren Sie je ein kleines Gewebestück der Ober- und Unterseite des Blattes. Fertigen Sie Ausschnittsskizzen an. Zeichnen Sie insbesondere die Strukturen genau, über die eine Wasserabgabe erfolgen könnte.

Ermitteln Sie die Anzahl der Epidermiszellen im Sehfeld. Wie groß ist der prozentuale Anteil der Zellen, die die Spaltöffnungen umschließen?

- siehe Abbildungen

Tradescantia  
Oberseite  
(obere Epidermis)



Unterseite  
(untere Epidermis)

③ Geben Sie anschließend zu dem Gewebestück der Blattunterseite einige Tropfen Natriumchloridlösung. Beobachten Sie unter dem Mikroskop und deuten Sie.

- Die Zugabe der 10%igen Natriumchloridlösung führt zum osmotischen Wasserentzug, die Schließzellen entspannen sich und der Porus schließt sich.

Anmerkung: Der Versuch kann fortgesetzt werden, indem man Aqua dest. unter das Deckgläschen saugt und so die NaCl-Lösung verdünnt. Daraufhin öffnen sich die Stomata wieder.

④ Zählen Sie die Spaltöffnungen auf 1 mm<sup>2</sup>. Messen Sie mithilfe des Okularmikrometers die Länge und Breite von 10 Spaltöffnungen und bestimmen Sie die Mittelwerte. Nehmen Sie stark vereinfacht an, dass Spaltöffnungen rechteckig seien. Berechnen Sie die Fläche eines Porus, die Fläche aller Pori pro mm<sup>2</sup> Blattfläche und ihren prozentualen Anteil.

- Ein mögliches Ergebnis könnte sein: 28 Stomata pro mm<sup>2</sup>, Porusgröße in Leitungswasser 27 µm Länge und 10 µm Breite. Damit ergibt sich die Fläche aller Pori eines mm<sup>2</sup> Blattfläche zu 0,0076 mm<sup>2</sup>, d.h. der prozentuale Anteil der Porusfläche beträgt 0,76% (s. FLINDT 2002)

- ⑤ Berechnen Sie jeweils die Gesamtfläche und den Umfang der Löcher sowie die Gewichts-differenzen. Deuten Sie das Ergebnis und beziehen Sie Ihre Ergebnisse auf die Transpiration bei Pflanzen.
- Im Folgenden ist für jede Schale die Gesamtfläche in  $\text{mm}^2$ , der Gesamttrand in mm und ein mögliches Beispiel für die Gewichts-differenz in g angegeben:

Nr.	Fläche	Rand	Differenz
1	–	–	0,017
2	154	44	0,154
3	154	88	0,159
4	157	126	0,178
5	154	1231	0,21

Werden bei gleicher Porengesamtfläche die einzelnen Öffnungen kleiner (Abnahme des Durchmessers), steigt der Gesamt-rand. Die Verdunstung nimmt zu, da aufgrund der vielen kleinen Wasserdampfkuppen über jeder Pore erstens der Raum größer geworden ist, in den die Wassermoleküle ohne gegenseitige Störung hinein diffundieren können und zweitens der Wasser-dampfgradient zugenommen hat.

## 2 Einflussfaktoren auf die Fotosynthese

### Praktikum: Versuche zur Fotosynthese (Seite 79)

- ① Stellen Sie zur Auswertung die Versuchsergebnisse grafisch dar (Blasenanzahl pro Minute gegen die Wellenlänge des Farbfilter). Welche Schlüsse lassen sich aus den Versuchen ziehen?
- Durch Abkochen des Wassers wird praktisch alles  $\text{CO}_2$  aus dem Wasser entfernt. Es sollten nur noch sehr wenige Sauerstoffbläschen entstehen. Mineralwasser enthält viel  $\text{CO}_2$ , es sind daher mehr Gasblasen zu zählen. Bei Dunkelheit wird kein (bei Raumlicht weniger) Sauerstoff freigesetzt. Beim Einsatz verschiedener Farbfilter ist die Blasenanzahl unterschiedlich.
- ② Deuten Sie die Ergebnisse aller Versuche.
- Im abgekochten Wasser fehlt der Fotosynthese das Substrat und durch  $\text{CO}_2$ -Zusatz wird sie gefördert. Die Zahl der Sauerstoffbläschen ist ein direktes Maß für die Fotosyntheserate. Durch Abdunkeln wird belegt, dass Licht unentbehrlich ist und die verschiedenen Farbfilter verdeutlichen die unterschiedliche Wirksamkeit der verschiedenen Wellenlängen (ähnlich wie beim ENGELMANN-Versuch).
- ③ Markieren Sie die Laufmittelfront auf der Platte und messen Sie ihre Entfernung von der Startlinie. Verfahren Sie auf gleiche Weise mit den einzelnen Farbstoffbanden und ermitteln Sie deren  $R_f$ -Werte. Bestimmen Sie die Farbstoffe (s. Tabelle).
- Anmerkung: Bei Verwendung von Trägermaterial und Laufmittel entsprechend den Versuchsanweisungen sollten sich die auf der Praktikumsseite bereits notierten Lagen der Farbstoffbanden einstellen. Bei einem anderen Trägermaterial (z.B. Papier) oder einer anderen Laufmittelmischung findet man in der Regel dieselben Farbstoffe wieder, doch entsprechen ihre Positionen nicht mehr den angegebenen  $R_f$ -Werten.
- ④ Bestrahlen Sie die Blattfarbstoffe auf der entwickelten DC-Platte mit UV-Licht (360 nm). Augen schützen!
- Bei Belichtung mit einer UV-Lampe zeigt sich eine rote Fluoreszenz der beiden Chlorophylle.

### Sonnenblätter – Schattenblätter (Seite 81)

- ① Erläutern Sie, wie im Interesse der Ertragssteigerung begrenzenden Faktoren der Fotosynthese entgegengewirkt wird.
- In Gewächshäusern kann die  $\text{CO}_2$ -Konzentration erhöht und die Temperatur den jeweils kultivierten Pflanzen angepasst werden. Auch die Beleuchtungsstärke wird entsprechend angepasst. Zusätzlich werden Wasserversorgung und Mineralstoffdüngung geregelt.

### 3 Ablauf der Fotosynthese

#### Die lichtabhängige Reaktion (Seite 83)

- ① Finden Sie zwei grundlegende Übereinstimmungen der ATP-Gewinnung in den Chloroplasten und der in den Mitochondrien. Vergleichen Sie dazu die Abbildungen auf dieser Seite und auf Seite 97.
- *Bei der ATP-Gewinnung in den Chloroplasten und der in den Mitochondrien findet sich eine Elektronentransportkette und bei beiden wird für die ATP-Gewinnung ein Protonengradient erzeugt.*

#### Die lichtunabhängige Reaktion (Seite 85)

- ① Mitgebrachte Pflanzen werden immer noch häufig vor allem nachts aus den Patientenzimmern entfernt. Die Begründung ist, dass Pflanzen nachts  $O_2$  verbrauchen und  $CO_2$  produzieren und der so erniedrigte  $O_2$ -Spiegel bzw. erhöhte  $CO_2$ -Spiegel die Patienten gefährden könne.
- Erklären Sie mithilfe der Vorgänge in der lichtabhängigen Reaktion sowie den Informationen bezüglich der äußeren Einflüsse auf die Fotosynthese (s. Seite 80), ob die Begründung grundsätzlich sinnvoll ist. Schätzen Sie anschließend den nächtlichen Sauerstoffverbrauch eines Menschen und den einer mitgebrachten Pflanze im Patientenzimmer ab.
- *Richtig ist, dass Pflanzen in Dunkelheit kein  $O_2$  bilden. Daher ist  $CO_2$  in geringen Mengen messbar, das aus dem Energiestoffwechsel der Pflanze selbst stammt. Diese  $CO_2$ -Menge ist allerdings im Vergleich zu der von Patienten produzierten vernachlässigbar.*  
*Hinweis: Sind bei  $C_3$ -Pflanzen bei starkem Sonnenlicht die Spaltöffnungen geschlossen, kommt es zur Fotorespiration und ebenfalls zu einer  $CO_2$ -Produktion.*
- ② Die lichtunabhängige Reaktion wird auch Dunkelreaktion genannt. Erklären Sie, warum die Syntheseleistungen der lichtunabhängigen Reaktionen trotzdem meistens bei Tageslicht ablaufen müssen und in Dunkelheit rasch zum Erliegen kommen.
- *Die Regeneration von  $NADPH+H^+$  und ATP geschieht während der Lichtreaktion. Da  $NADPH+H^+$  und ATP für den Aufbau der Kohlenhydrate während der Dunkelreaktion notwendig sind, geschieht bei den meisten Pflanzen die Dunkelreaktion bei Tageslicht.*

# Energieversorgung beim Menschen

## 1 Atmung und Blutkreislauf

### Blut (Seite 92)

- ① Das Hormon (und Dopingmittel) Erythropoetin (EPO) erhöht die Anzahl der Erythrocyten, ohne das Plasmavolumen zu erhöhen. Dies verschlechtert die Fließeigenschaften des Blutes und kann die Gerinnung aktivieren. Leiten Sie daraus die Vorteile und Gefahren von EPO ab.
  - *EPO erhöht die Sauerstofftransportleistung des Blutes, aber es verschlechtert die Fließeigenschaften des Blutes und aktiviert die Gerinnung. Damit erhöht sich die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Organinfarkten. In der Tat wurden bei EPO-gedopten Radsportlern häufiger Herzinfarkte beobachtet.*

### Erythrocyten transportieren den Sauerstoff (Seite 93)

- ① Kohlenstoffmonooxid entsteht bei unvollständigen Verbrennungsvorgängen wie beim Zigarettenrauchen und bindet ca. 200-mal fester an Hämoglobin als Sauerstoff. Warum sind Raucher dadurch körperlich weniger leistungsfähig?
  - *Die vom Kohlenstoffmonooxid besetzten Hämoglobin-Moleküle fallen für den Sauerstofftransport aus. Anmerkung: Das kann bei einem Raucher durchaus  $\frac{1}{3}$  des Hämoglobins sein. Entsprechend schlecht werden die Muskeln mit Sauerstoff versorgt und entsprechend schlecht ist ihre Leistungsfähigkeit.*
- ② Erklären Sie mithilfe von Abbildung 1, warum die Gabe von 100%igem Sauerstoff bei Gesunden wenig sinnvoll ist.
  - *Die Sauerstoffsättigungskurven des Myoglobins und des Hämoglobins verlaufen asymptotisch, d.h. beim Gesunden führt die Gabe von 100%igem Sauerstoff zu keiner zusätzlichen Sättigung des Myoglobins oder Hämoglobins.*

## 2 Dissimilation – Zellatmung

### Gärung – es geht auch ohne Sauerstoff (Seite 98)

- ① Hefe wird in gut belüfteten Behältern vermehrt, arbeitet aber im Teig oder beim Bierbrauen unter Luftabschluss. Begründen Sie.
  - *Ist Sauerstoff vorhanden, benutzen die Zellen den energetisch günstigeren Weg der Zellatmung. Fehlt Sauerstoff, kann Hefe als fakultativer Anaerobier auf die Gärung „umschalten“.*
- ② Gefäße zur Bereitung von Sauerkraut müssen völlig sauber und luftdicht abgeschlossen sein. Was würde sonst geschehen?
  - *Aerobe Bakterien, Hefen und Schimmelpilze würden sich vermehren. Anmerkung: Der feingehobelte Weißkohl wird unter Zusatz von Speisesalz fest eingestampft. Gefördert durch das Einstampfen entzieht das Salz den Pflanzenzellen Nährstoffe und Wasser, das die Luft zwischen den Kohlschichten verdrängt. Die Deckel müssen so beschwert werden, dass der dicht gepackte Kohl vollständig von Lake bedeckt ist. Die Sauerkraut-Fermentation ist abgeschlossen, wenn der Milchsäuregehalt ca. 1,5% erreicht hat; der Säure-Wert (pH-Wert) liegt dann bei 4,1 oder tiefer. Bei herkömmlichen Verfahren (bei 18–20 °C) dauert der Prozess etwa 4 und mehr Wochen.*

### Praktikum: Versuche zur Gärung (Seite 99)

#### Untersuchung von Sauerteig

Probe 1 und 2 zeigen annähernd neutrale pH-Werte (ca. 6–7), Probe 3 ca. pH-Wert 4.

*Deutung:* In Probe 3 wird eine Säure produziert, wobei Enzyme bzw. lebende Organismen beteiligt sind. Diese wurden in Probe 2 durch Erhitzen zerstört. Die Gasentwicklung („Der Teig geht auf“) lässt vermuten, dass weitere Prozesse beteiligt sind: Kohlenstoffdioxid entsteht durch Atmung und/oder Gärung von Hefezellen.

#### Backen eines Sauerteigbrotes

Das angegebene einfache Rezept kann verfeinert werden: Der Teig wird lockerer, wenn Hefe zugesetzt wird. Das Brot wird saftiger, wenn man dem Teig etwas Speiseöl oder Margarine zugibt. Der Backvorgang sollte mit hoher Temperatur beginnen (Vorheizen auf 180–200 °C) und nach 20 min auf 160 °C abgesenkt werden. Die Kruste wird dann nicht so hart und trocken. Vor dem Absenken der Temperatur kann man das Brot mit gequirtem Ei bestreichen. Das ergibt eine glänzende Kruste. Das selbstgebackene Brot sieht dem üblichen Vollkornbrot trotzdem wenig ähnlich. Wenn man dem Teig aber Honig, Zuckercouleur oder Puderzucker zusetzt, entsteht das handelsüblich „dunkle Vollkornbrot“, dessen Farbe nichts mit dem „vollen Korn“ zu tun hat, sondern nur durch den Zuckersatz erreicht wird.

## Alkoholische Gärung

- ② Beobachten Sie die Lösungen in den Waschflaschen und deuten Sie Ihre Beobachtungen.
- Die Calciumhydroxidlösung in der ersten Waschflasche bindet Kohlenstoffdioxid, das in der Luft enthalten ist. Eine Trübung in der zweiten Waschflasche ist also auf die Kohlenstoffdioxid-Produktion der Hefe zurückzuführen. Im belüfteten Versuchsansatz fällt sie etwas geringer aus als im unbelüfteten, da hier Atmung möglich ist. Da bei der Gärung bedeutend weniger ATP pro Glucose-Einheit entsteht als bei der Atmung, muss die Hefe im belüfteten Ansatz zur Produktion des nötigen ATP weniger Glucose umsetzen als im unbelüfteten, wo sie nur durch Gärung ATP bilden kann.
- ③ Lassen Sie die Ansätze (ohne weitere Heizung) einen weiteren Tag stehen. Destillieren Sie dann (getrennt) den Inhalt der beiden Reagenzgläser. Vergleichen Sie dabei die Siedetemperaturen. Begründen Sie den Unterschied.
- Im Reagenzglas aus dem unbelüfteten Ansatz lässt sich Ethanol durch Destillation nachweisen, das durch alkoholische Gärung entstanden ist. Im belüfteten Ansatz entsteht praktisch keines, da hier die Hefe ihren Energiebedarf aus der Atmung decken kann.
- ④ Versuchen Sie, die ersten 10 Tropfen des Destillats zu entzünden. Begründen Sie Unterschiede zwischen den beiden Ansätzen.
- Der belüfteten Ansatz zeigt bei der Destillation einen höheren Anfangs-Siedepunkt, da hier kaum Ethanol entstanden ist. Die ersten Tropfen des Destillats enthalten praktisch nur Wasser und brennen nicht. Aus dem unbelüfteten Ansatz kann Ethanol destilliert werden (der Anfangs-Siedepunkt dürfte um 80 °C liegen), das in den ersten Tropfen so hoch konzentriert ist, dass es entzündet werden kann.
- ⑤ Erhitzen Sie und vergleichen Sie die Siedetemperaturen.
- Der Anfangs-Siedepunkt liegt im Reagenzglas aus dem belüfteten Ansatz um 100 °C (Siedepunkt des Wassers), im unbelüfteten Ansatz bei ca. 80 °C (Siedepunkt des Ethanols: 78°C).
- ⑥ Wenn Dampf aus dem Steigrohr strömt, versuchen Sie (mehrmals), ihn zu entzünden. Welchen Stoff weisen Sie damit nach?
- Aus dem unbelüfteten Ansatz wird ein Wasser-Ethanol-Gemisch ins Steigrohr destilliert. Im Steigrohr kondensiert es, wird aber durch die Hitze von unten erneut verdampft. Da Ethanol niedriger siedet als Wasser, wird es durch die Kondensations- und Verdampfungsschritte im Steigrohr immer höher konzentriert (Prinzip der fraktionierten Destillation) und reichert sich im Dampf so hoch an, dass er entzündet werden kann.
- ⑦ Vergleichen Sie beide Ansätze in Bezug auf Siedetemperatur und Brennbarkeit. Begründen Sie.
- Dies ist im belüfteten Ansatz nicht möglich, da hier kaum Ethanol entstanden ist.

## 3 Muskulatur trainieren

### Die Muskelkontraktion (Seite 100)

- ① Bei zu starker, ungewohnter Dauerbelastung eines Muskels verkrampft er: Er wird steif und hart. Welche Ursachen könnte das haben?
- Die Zufuhr von ATP ist unzureichend und die Myosinköpfchen können sich nicht vom Aktin lösen, d.h. die „Weichmacher-Wirkung“ von ATP fehlt.

### Material: Die Rolle des ATP bei der Muskelkontraktion (Seite 101)

Die Materialseite eignet sich für eine differenzierte Gruppenarbeit. Da die Aufgaben für viele Schüler schwer zu lösen sind und die Muskelzelle durch die fehlende Zellabgrenzung oft als eine unübersichtliche Struktur angesehen wird, sollte ergänzendes Material bereitgestellt werden. Die Doppelseite im Buch vereinfacht, um die Vorgänge für die Schüler transparent zu machen. Auch für ältere Schüler ist der „Comic“ zur Kontraktion (siehe Randspalte) informativ.

- ① Ermitteln Sie mithilfe der obigen Versuchsergebnisse die richtige Reihenfolge der Schemata in der nebenstehenden Abbildung.
- Start mit **Bild d**, Bezüge zum Text sind in Klammern angegeben: Vor dem Eintreffen eines Nervenimpulses ist die  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration im Cytoplasma durch die Aktivität der Membranpumpen am ER (1) gering. Folglich sind Aktin und Myosin getrennt (6c). In diesem Zustand wird das am Myosinkopf gebundene ATP (4) nicht gespalten (5).  
**Bild b**: Durch den Einfluss der Nervenimpulse erhöht sich die  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration im Cytoplasma (2). Dadurch verändert Myosin seine räumliche Struktur so, dass es mit Aktin in Kontakt tritt (6a). Die an Aktin gebundenen Proteine verändern ihre Lage. So wird die Bindung von Aktin und Myosin möglich.  
**Bild e**: Die ATPase-Wirkung des Myosins (5) kommt zum Tragen, ATP wird zu ADP und P gespalten.  
**Bild c**: Nach der Phosphatabspaltung löst sich ADP vom Myosinkopf (4). Myosin ändert dadurch seine räumliche Struktur (6b).  
**Bild a**: Ein neues ATP-Molekül kann angelagert werden.  
**Bild d**: Die ATP-Anlagerung führt zur 90°-Stellung des Myosinkopfes, Myosin löst sich von Aktin (6b).

- ② Stirbt ein Wirbeltier, so tritt nach einigen Stunden Todesstarre ein: Alle Muskeln werden starr und hart. Gehetztes Wild zeigt nach dem Tode eine extrem kurze Zeit bis zum Einsetzen der Totenstarre. Erklären Sie diese Phänomene; überlegen Sie, in welche Phase der unten stehenden Abbildung sich ein Muskel in Totenstarre befindet.
- *Nach dem Tod wird kein ATP mehr produziert. Das hat zwei Konsequenzen: Die Ionenpumpen kommen zum Erliegen (d.h. es liegt eine relativ hohe  $Ca^{2+}$ -Konzentration im Cytoplasma vor) und ATP als instabiler Stoff nimmt allmählich ab (kann also die ATP-Bindungsstelle nicht mehr besetzen). Stellung (e) bleibt erhalten.*
- ③ Die Zugabe von ATP auf einen frisch isolierten Muskel führt nicht, wie man zuerst vermuten könnte, zu einer Kontraktion. Überlegen Sie, wie man tatsächlich eine Kontraktion auslösen könnte.
- *Ein frisch isolierter Muskel kann allein durch ATP nicht kontrahieren, denn zusätzlich ist eine hohe  $Ca^{2+}$ -Konzentration notwendig (6c). Er bleibt unter ATP-Einfluss „weich“ (d). Um Kontraktionen auszulösen, müssen  $Ca^{2+}$ -Ionen zugeführt werden.*



# Stoffwechsel und Verdauung

## 1 Ernährung und Verdauung beim Menschen

### Regulation des Körpergewichts (Seite 108)

- ① Ein Grundsatz der Ernährungspyramide ist, dass unbehandelte langkettige Kohlenhydrate die Grundlage der Ernährung bilden sollten (s. Seite 106). Erklären Sie unter Zuhilfenahme des Schemas zur Gewichtsregulation am Beispiel des Verzehrs eines Vollkornprodukts, warum dieser Grundsatz sinnvoll ist.
- *Bei langkettigen Kohlenhydraten, wie sie in Vollkornprodukten vorkommen, flutet Glucose langsam an, entsprechend kommt es zu keinem Insulin-Schock. Da also Glucose über längere Zeit anflutet und es zu keinem schnellen Glucoseabfall im Blut durch den Insulin-Schock kommt, wird länger eine Sättigung empfunden, was der Gewichtsregulation zuträglich ist.*
- ② Rezeptorveränderungen sind ein Grund für genetisch verursachte Fettleibigkeit. Welche Rezeptorveränderungen kämen nach dem oben genannten Schema infrage?
- *Bei genetisch verursachter Fettleibigkeit wird eine verminderte Empfindlichkeit der Leptinrezeptoren angenommen, entsprechend entsteht das Sättigungsgefühl dann nur bei sehr hohen Leptinspiegeln.*

### Messen des Energieumsatzes (Seite 109)

- ① Berechnen Sie den Energieumsatz des Sportlers in der Abbildung bei normaler Mischkost; nutzen Sie dafür auch die Tabelle in der Randspalte. Rechnen Sie die gegebenen Werte auf den ganzen Tag hoch. Welcher Energieumsatz ergäbe sich in einer Hungerphase.
- *Sauerstoffverbrauch: 0,48 l/min → 691,2 Liter Sauerstoff pro Tag. Die Berechnung des Energieumsatzes erfolgt durch die Multiplikation des Sauerstoffverbrauchs mit dem jeweiligen kalorischen Äquivalent:*
    - a) *normale Ernährung: RQ = 0,9; dies entspricht dem kalorischen Äquivalent von 20,61 kJ/l → 691,2 l/Tag x 20,61 kJ/l = 14246 kJ/Tag.*
    - b) *in der Hungerphase: RQ = 0,71 entsprechend einem kalorischen Äquivalent von 19,62 kJ/l → 691,2 l/Tag x 19,62 kJ/l = 13561 kJ/Tag.*
- ② Der RQ-Wert von Mittelamerikanern liegt deutlich über dem von Europäern. Begründen Sie.
- *Die Nahrung von Mitteleuropäern ist deutlich fettreicher als die der südamerikanischen Landarbeiter, die sich im Wesentlichen von Mais ernähren. Daher liegt der RQ-Wert der Landarbeiter praktisch bei 1,0 (RQ für Kohlenhydrate), der der Mitteleuropäer ist weiter in Richtung 0,7 (RQ für Fett) verschoben.*

# Genetik

## 1 Keimzellen

### Befruchtung und Meiose (Seite 120)

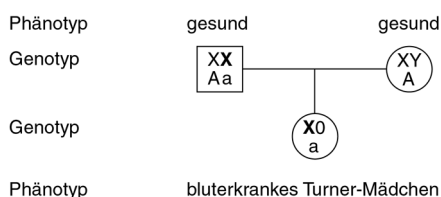
- ① Nennen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede bei der Bildung weiblicher und männlicher Keimzellen (s. Seite 121).
- *männlich: Durch die Meiose entstehen vier gleich große, aber genetisch neu kombinierte Spermazellen. Sie differenzieren sich zu Spermien (Spermienkopf mit Akrosom, Mittelstück, Schwanzfaden).*  
*weiblich: Durch die Meiose entsteht eine Eizelle, kleine Polkörperchen werden jeweils nach der Meiose I und II abgeschnürt. Die Eizelle bildet mit verschiedenen Hilfszellen und Hüllen das Ei. Die Meiose II wird erst nach dem Eindringen des Spermiums abgeschlossen.*
- ② Stellen Sie die Vorgänge bei Mitose und Meiose in Form einer Tabelle einander gegenüber.
- **Mitose:**  
*In teilungsfähigen Körperzellen (2n, 4C)*  
*dauert höchstens einige Stunden*  
*Prophase – Metaphase – Anaphase – Telophase*  
*Anaphase: Trennung der Chromatiden am Zentromer*  
*Anzahl der Chromosomensätze bleibt gleich, DNA-Menge wird halbiert.*  
*Tochterzellen sind genetisch gleich (2n, 2C) und ähnlich groß.*
  - **Meiose:**  
*In den Urkeimzellen der männlichen und weiblichen Keimdrüsen (2n, 4C)*  
*Dauert einige Tage, Wochen oder Jahre, besteht aus zwei Teilungsschritten (Meiose I und Meiose II).*  
*Prophase I (sehr lang) – Metaphase I – Anaphase I – Telophase I und Interkinese – Prophase II – Metaphase II – Anaphase II – Telophase II*  
*Prophase I: Paarung der homologen Chromosomen und Stückaustausch (Rekombination).*  
*Anaphase I: Trennung der homologen Chromosomen (1n, 2C) und anschließend zufallsgemäße Verteilung auf die Pole (Rekombination).*  
*Anaphase II: Trennung der Chromatiden am Zentromer (1n, 1C).*  
*Es entstehen genetisch neu kombinierte Tochterzellen.*

### Variabilität durch Rekombination (Zettelkasten Seite 120)

- ① „Der Apfel fällt nicht weit vom Stamm!“ Wie lässt sich diese Aussage trotz der oben genannten Prozesse erklären?
- *Die Prozesse der Rekombination erklären, warum Kinder genetisch unterschiedlich zu ihren Eltern sind. Trotzdem besagt bereits der Name „Rekombination“, dass es sich um eine Neuordnung des genetischen Materials der Eltern handelt, woraus sich selbstverständlich ergibt, dass Kinder dann Ähnlichkeiten mit ihren Eltern haben.*

### Gonosomale Chromosomenabweichungen (Seite 125)

- ① In welchem Abschnitt der Meiose muss bei der Entstehung der Spermazellen eine Fehlverteilung stattfinden, damit bei anschließender Befruchtung das Diplo-Y-Syndrom zustande kommen kann?
- *Wenn in der Meiose II die beiden Y-Chromatiden nicht getrennt werden, entsteht ein Spermium, das zu XYY führen kann.*
- ② Welche möglichen Karyotypen erwarten Sie bei den Kindern eines Mannes mit dem Diplo-Y-Syndrom? Begründen Sie Ihre Antwort.
- *Mit je 25 % Wahrscheinlichkeit entstehen Keimzellen mit X, Y, XY, YY. Die beiden ersten führen zu normalen Kindern, die beiden anderen zum Klinefelter- bzw. Diplo-Y-Syndrom.*
- ③ Erklären Sie die beiden Erbgänge in der Randspalte. Geben Sie dabei die Genotypen der beteiligten Personen an und zeigen Sie, welche besonderen Vorgänge bei der Keimzellenbildung stattgefunden haben müssen.
- *Die Bluterkrankheit (Hämophilie A) wird X-chromosomal-rezessiv vererbt:*  
*a = Allel für die Bluterkrankheit*  
*X = X-Chromosom mit dem Allel a*



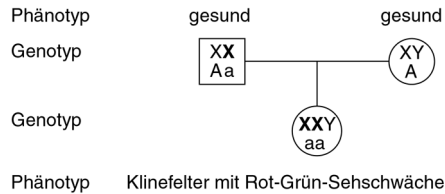
Durch Nondisjunction in der 1. Reifeteilung können Spermien mit beiden Gonosomen oder Spermien ohne Gonosom entstehen. Wenn eines der gonosomenfreien Spermien zufällig eine Eizelle befruchtet, die in der 1. Reifeteilung das X-Chromosom mit dem Allel *a* erhielt (X), entsteht ein Turner-Mädchen (45, X0). Dieses Mädchen ist hemizygot (*a*) von der Bluterkrankheit betroffen.

Die Rot-Grün-Sehschwäche wird X-chromosomal-rezessiv vererbt:

*a* = Allel für Rot-Grün-Sehschwäche

**X** = X-Chromosom mit dem Allel *a*

Die Rot-Grün-Sehschwäche kann bei einem Klinefelter Sohn nur auftreten, wenn beide X-Chromosomen das rezessive Allel *a* tragen. Es muss deshalb bei der Entstehung der Eizelle in der 2. Reifeteilung der Meiose zu einer Nondisjunction beim X-Chromosom mit dem Allel *a* gekommen sein. Diese Eizelle (24, XX) wurde von einem Spermium (23, Y) befruchtet.

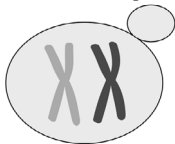


## Das Down-Syndrom (Seite 126)

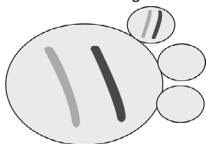
- ① Informieren Sie sich, wie Karyogramme angefertigt werden (s. Seite 124)
  - Lösung s. Schülerbuch Seite 124
- ② Eine freie Trisomie 21 kann auch auf eine fehlende Chromosomentrennung (Nondisjunction) in der Meiose I zurückgehen. Entwerfen Sie ein Schema analog zur Randspaltenabbildung.
  - siehe Abbildung



1. Reifeteilung



2. Reifeteilung



## 2 Vererbungslehre

### Vererbungslehre von Mendel und Chromosomentheorie (Seite 129)

- ① MENDEL experimentierte auch mit Erbsenpflanzen, die sich in zwei Merkmalen unterschieden (Dihybride). Leiten Sie aus Abbildung 1 die 3. Mendel'sche Regel (Unabhängigkeitsregel) ab: Merkmalspaare können beim dihybriden Erbgang in neuen Kombinationen auftreten.
  - In der  $F_2$ -Generation treten Merkmalskombinationen auf, die in der P- und  $F_1$ -Generation nicht beobachtet wurden, nämlich Samen, die grün und rund sind sowie gelb und kantig.
- ② „Verschwindet das Blondinengen?“, fragte eine Zeitung kürzlich. Gehen Sie als Vereinfachung davon aus, dass das Allel für blonde Haare rezessiv und das für dunkle Haare dominant ist. Erstellen Sie ein Kreuzungsschema (P,  $F_1$ ,  $F_2$ ) und überprüfen Sie die Hypothese. Bei welchen Konstellationen wird das Gen für blonde Haare stark abnehmen?
  - So lange die Nachkommenzahl entsprechend groß ist, kann ein Allel nicht verschwinden, sondern nur phänotypisch nicht zur Ausprägung kommen. Bei geringer Nachkommenzahl ist es allerdings möglich, dass bei heterozygoten Partnern nur reinerbig braune Kinder zur Welt kommen. In diesem Fall würde das Allel tatsächlich seltener.

## Verfahren der Humangenetik (Seite 133)

- ① Analysieren Sie die Familienstammbäume für Albinismus, erbliche Kurzfringigkeit und Rot-Grün-Blindheit. Um welche Erbgänge handelt es sich jeweils? Bestimmen Sie den Genotyp möglichst vieler Individuen.
  - *Das Allel für Albinismus ist rezessiv, das Allel für erbliche Kurzfringigkeit ist dominant. Rot-Grün-Blindheit hat (wahrscheinlich) einen X-chromosomalen Erbgang, da nur Söhne betroffen sind. Das Allel für Rot-Grün-Blindheit muss rezessiv sein, weil nicht merkmals tragende Eltern Kinder bekommen, die das Merkmal tragen. Die in der Randspalte vorgeschlagenen Genotypen sind teilweise spekulativ. Beim X-chromosomal gebundenen Erbgang sind die Genotypen männlicher Träger eindeutig, alle Frauen müssen heterozygot sein, da sie das Merkmal phänotypisch nicht aufweisen, jedoch Söhne mit dem Merkmal haben.*
- ② Warum tritt Hämophilie A bei Frauen wesentlich seltener auf als bei Männern?
  - *Sie muss in Bezug auf Hämophilie A homozygot sein (Mutter Überträgerin oder krank und Vater krank).*
- ③ Welche Personen fungieren bei der Hämophilie A (Abb. 1) als Konduktorinnen? Begründen Sie.
  - *Alle Frauen, die nicht an Hämophilie A leiden aber kranke Söhne bekommen sind Konduktorinnen.*
- ④ Genetisch bedingte Erkrankungen werden mit verschiedenen Verfahren wissenschaftlich untersucht. Stellen Sie eine Tabelle zur Hämophilie A zusammen, in der die Erkenntnisse aus Klassischer Genetik, Cytogenetik, Molekularbiologie und Biochemie aufgelistet sind.
  - *siehe Tabelle*

Klassische Genetik	X-chromosomal rezessiver Erbgang
Cytogenetik	Das rezessive Hämophilie-A-Allel ist auf dem X-Chromosom gelegen
Molekularbiologie	Das Faktor VIII-Gen besteht aus 2351 Codons, verteilt über 26 Exons. Den schweren Krankheitsausprägungen liegen Deletionen zugrunde.
Biochemie	Patienten fehlt Faktor VIII der Blutgerinnungskaskade. Das Protein besitzt 1997 Aminosäuren, es liegt im Blut gesunder in einer Konzentration von 0,5–1,0 mg/mol vor

## Material: Klassische Humangenetik (Seite 135)

- ① Entwerfen Sie ein Rekombinationsquadrat zu den Merkmalen des AB0-Blutgruppensystems.
  - *siehe Abbildung*

### Eltern

Phänotyp	AB	und	0
Genotyp	AB	×	00
Keimzellen	$\textcircled{A}$	$\textcircled{B}$	$\textcircled{0}$

### Kinder

Genotyp	A0	oder	B0
Phänotyp	A	oder	B

- ② Ein dihybrider Erbgang mit einem Elternteil der Blutgruppe AB und dem hypothetischen Genotyp AaBb hätte zu einem wesentlich höheren Anteil an Kindern mit der Blutgruppe 0 (Genotyp: aabb) geführt als BERNSTEIN festgestellt hat. Begründen Sie (3. Mendel'sche Regel).
  - *Nach der dritten Mendel'schen Regel (Unabhängigkeits- bzw. Neukombinationsregel) spalten die vier Phänotypen im Verhältnis 9:3:3:1 auf. Unter der Annahme eines dihybriden Erbgangs müssten von 3000 untersuchten Kindern statistisch rund 188 den Phänotyp 0 (Genotyp aabb) aufweisen.*
- ③ BERNSTEIN konnte alle 13 Kinder mit der Blutgruppe 0 auf eine unklare Vaterschaft zurückführen. Ohne diese Kenntnis hätte das Modell der multiplen Allelie nicht widerspruchsfrei auf die Vererbung des AB0-Blutgruppensystems angewandt werden können. Begründen Sie, warum nie Kinder der Blutgruppe 0 geboren werden, wenn ein Elternteil die Blutgruppe AB hat.
  - *Weil die Allele A und B gegenüber dem Allel 0 dominant sind und der Elternteil mit der Blutgruppe AB zwangsläufig eines von beiden Allelen an seine leiblichen Kinder weitergibt.*

- ④ Interpretieren Sie die in den Tabellen aufgeführten Angaben. Welche der genannten Krankheiten bzw. Merkmale halten Sie für genetisch bedingt?
- *Mit Ausnahme des Keuchhustens liegen die Übereinstimmungen bei den in der oberen Tabelle genannten Krankheiten bei eineiigen Zwillingen meist doppelt so hoch wie bei zweieiigen. Vergleichend kann auf eine genetische Disposition für diese Erkrankung geschlossen werden. Allerdings fehlen Angaben darüber, ob die Zwillingspaare gemeinsam oder getrennt aufgewachsen sind. Dass dieser Umstand eine nicht unerhebliche Rolle spielt, geht aus der unteren Tabelle im Schülerband hervor: Gemeinsam aufgewachsene eineiige Zwillinge unterscheiden sich deutlich weniger in den Merkmalen Körpergewicht und Intelligenz als getrennt aufgewachsene eineiige aber auch als zweieiige Zwillinge. Aufgrund dessen kann auf eine starke Umweltkomponente geschlossen werden. Das Merkmal Körpergröße scheint in hohem Maße genetisch determiniert zu sein, weil es diesbezüglich praktisch keinen Unterschied macht, ob eineiige Zwillinge getrennt oder gemeinsam aufgewachsen sind.*

### **Material: Pränatale Diagnostik (Seite 137)**

- ① Zeichnen Sie für den Stammbaum folgender Familie und berechnen Sie folgende Wahrscheinlichkeiten.
- a) Das erste Kind eines phänotypisch gesunden Elternpaares leidet an einer autosomal-rezessiv vererbten Krankheit. Wie groß ist die Erkrankungswahrscheinlichkeit für das nächste Kind?
  - b) Ein Elternteil ist Überträger einer autosomal-rezessiv vererbten Krankheit, der andere homozygot gesund. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass ihr Kind erkrankt?
- a) *Die Eltern müssen heterozygote Träger der Mutation sein. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Mutation in eine Keimzelle gelangt ist jeweils  $\frac{1}{2}$ . Für jede Zygote  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ , also 25 %.*
- b) *0% für die Erkrankung, 50 % für die Übertragung.*
- ② Vergleichen Sie die Methoden hinsichtlich des Risikos für das Kind und der Zeit, die den Eltern für eine Entscheidung bleibt.
- *Das Risiko für eine Fehlgeburt ist bei der Amniozentese am geringsten (0,5%), dicht gefolgt von der Chorionzottenbiopsie (0,5–1%). Die Chorionzottenbiopsie kann allerdings schon einen Monat früher vorgenommen werden und lässt den Eltern mehr Zeit für eine Entscheidung.*
- ③ Welchen Eltern würden Sie zu einer pränatalen Diagnostik raten?
- *Erhöhtes Alter der Schwangeren, Verdächtiger Ultraschallbefund oder auffälliges Ergebnis beim Triple-Test, familiäres Risiko für eine genetische Erkrankung oder Behinderung.*
- ④ Der Triple-Test misst die Konzentration von drei Hormonen im Blut der Mutter (ab der 15. Schwangerschaftswoche). Bei genauer Kenntnis des Schwangerschaftsalters kann aus den Messwerten errechnet werden, ob ein erhöhtes Risiko besteht, dass das ungeborene Kind am Down-Syndrom oder an einer gestörten Entwicklung des Neuralrohres („offener Rücken“, Spina bifida) leidet. Es gibt jedoch viele falsch-positive und einige falsch-negative Ergebnisse. Diskutieren Sie Vor- und Nachteile des Tests.
- *Ein unauffälliges Testergebnis ist keine Garantie für ein gesundes Kind, sondern liefert nur eine Aussage über veränderte Wahrscheinlichkeiten für ein krankes Kind, es kann eine Amniozentese also nicht vollständig ersetzen. Der Test liefert unauffällige Ergebnisse z.B. wenn das Stadium der Schwangerschaft nicht genau bekannt ist (unter 15 Wochen). Ein auffälliges Testergebnis muss unbedingt durch eine Amniozentese bestätigt werden, es kann sonst die werdenden Eltern unnötig ängstigen.*
- ⑤ PID ist in Deutschland verboten. Stellen Sie Argumente der Befürworter und Gegner gegenüber und bilden Sie sich eine eigene Meinung.
- *Pro: Warum ist es verboten, eine genetische Behinderung vor der Implantation des Keimes festzustellen, wenn die Abtreibung des implantierten Keimes noch Monate später aus gleichem Anlass erlaubt ist?*  
*Contra: Auswahl von Embryonen gleicht einer „Qualitätskontrolle“ für ungeborene Kinder (Geschlechtswahl u.a.), menschliche Selektion wird möglich, Problematik von Designer-Babys, wo bleibt das Lebensrecht für Behinderte?*

# Molekulargenetik

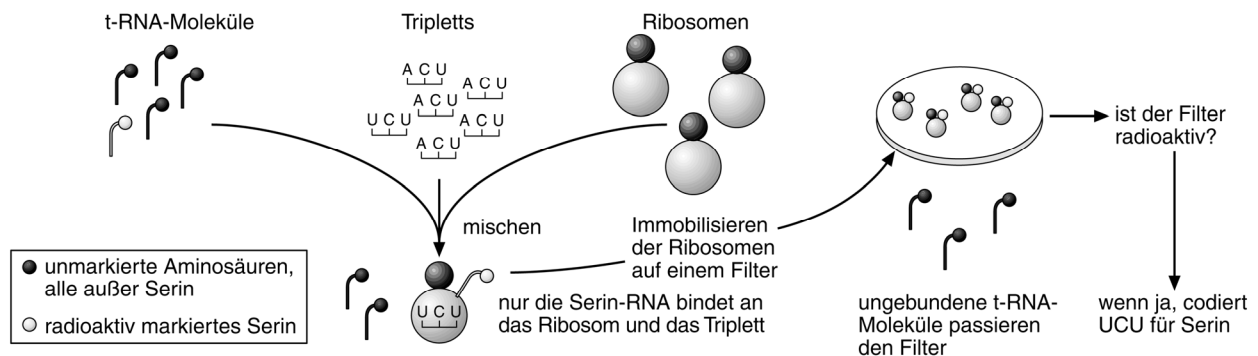
## 2 Genexpression

### Der genetische Code (Seite 146)

- ① Suchen Sie das Startcodon und translatieren Sie diese m-RNA-Sequenz:  
 5'UUAGAUGAGCGACGACCCCUAAAAUUACCUAGUAGUAGCCAU3'  
 – Start- und Stopp-Codon sind: Met-Ser-Asp-Glu-Pro-Leu-Lys-Phe-Thr-Stopp-Stopp-Stopp
- ② In welche Aminosäuresequenz wird folgender Abschnitt eines codogenen Strangs der DNA übersetzt?  
 3'CTGGCTTGAACCCGTTCTTCTATC5'  
 – Die m-RNA lautet: 5'GACCGAUGACUGGGCGAAGAAGAUAG3'  
 Die Aminosäuresequenz lautet: Met-Thr-Gly-Arg-Arg-Arg-Stopp
- ③ Lassen Sie den ersten Buchstaben im Beispielsatz „VORDERRNAISTDIEDNA“ weg und behalten den „Tripletcode“ bei, wird der Sinn des Satzes entstellt. Welche Konsequenz hätte es, wenn in der oben gezeigten DNA-Sequenz die erste Base wegfällen würde?  
 – Die m-RNA lautet: 5'ACCGAUGACUGGGCGAAGAAGAUAG3'  
 Durch die Verschiebung des Leserasters entfällt das Start-Codon AUG, es gibt kein Genprodukt.

### Material: Die Entdeckung des genetischen Codes (Seite 147)

- ① Skizzieren Sie den Versuchsaufbau von NIRENBERG und LEDERER, mit dem der genetische Code entschlüsselt wurde.  
 – siehe Abbildung



- ② Welche Schlüsse können Sie aufgrund der experimentellen Befunde zur Bedeutung der Triplets UUU und UCU ziehen?  
 – UUU codiert für die Aminosäure Phenylalanin (Phe).
- ③ Aus den Ribosomenpräparationen wurden vor den Triplettsbindungstests alle m-RNA-Moleküle der Herkunftszellen entfernt. Warum?  
 – Die radioaktiv markierten Aminosäuren wären ansonsten bei der Translation der m-RNAs der Herkunftszelle in die Proteine eingebaut worden, die Radioaktivität hätte sich auf dem Filter wiedergefunden, die Bedeutung der kurzen m-RNAs bekannter Sequenz hätte sich nicht aufklären lassen.
- ④ Verwendet man Poly-U, Poly-A, Poly-C bzw. Poly-G, erhält man die unten aufgeführten Peptide mit jeweils nur einer Aminosäureart. Damit ist die Bedeutung von 4 Triplets geklärt. Geben Sie diese an.  
 – In der künstlichen m-RNA folgen immer die gleichen Triplets aufeinander und werden natürlich in ein Protein aus immer gleichen Aminosäuren übersetzt. Die vier Triplets und ihre Bedeutung sind:  
 UUU = Phenylalanin    AAA = Lysin    CCC = Prolin    GGG = Glycin
- ⑤ Verwendet man RNA, in der zwei Nucleotide abwechselnd vorkommen, erhält man Peptide, in denen sich zwei Aminosäure abwechseln. Erklären Sie dies. Kann man durch diese Versuche die Bedeutung weiterer Triplets eindeutig klären?  
 – Es ist nicht klar, an welcher Stelle die Translation beginnt. Ist A der Translationsstart, ergibt sich die Triplet-Reihenfolge ACA-CAC-ACA-CAC-... Das Peptid hätte die Aminosäuresequenz: Thr-His-Thr-His-... Ist C der Translationsstart, ergibt sich die Triplet-Reihenfolge CAC-ACA-CAC-ACA-... Das Peptid hätte die Aminosäuresequenz His-Thr-His-Thr.

- ⑥ Verwendet man andere, regelmäßige Polynucleotide aus längeren Untereinheiten, erhält man im Gemisch verschiedene Peptide (s. unten). Warum werden dann jeweils mehrere verschiedene Peptide aufgebaut? Klären Sie mithilfe der Angaben zu Aufgabe 4 und 5 die Bedeutung weiterer Nucleotide auf.
- Auch hier ist wieder nicht festgelegt, wo die Translation beginnt, es sind mehrere Tripletraster möglich:  
 AAC-AAC-AAC-AAC-... = Poly Asn  
 ACA-ACA-ACA-ACA-... = Poly Thr  
 CAA-CAA-CAA-CAA-... = Poly Gln  
 Auf die Bedeutung der Triplets kann erst im Vergleich mit anderen Versuchsergebnissen geschlossen werden. Beispielsweise tritt sowohl in Poly-AC als auch in Poly-AAC das Triplett ACA auf. In beiden erzeugten Peptiden findet sich folglich die von ACA codierte Aminosäure Thr. Damit ist aber auch klar, dass das zweite in Poly-AC mögliche Triplett CAC für die Aminosäure Histidin codieren muss.
- ⑦ Auch RNA-Moleküle mit 4 regelmäßig wechselnden Nucleotiden wurden konstruiert. Welche Triplets lassen sich mithilfe des Produktes (s. Tabelle) klären? Warum tritt eine Wiederholung in der Primärstruktur nach 4 Aminosäuren auf?
- Mit Poly-ACCC ergibt sich ein Peptid mit dem sich wiederholenden Sequenzmotiv Thr-His-Pro-Pro-Thr-His-Pro-Pro-... unabhängig vom Startpunkt. Die vier möglichen Starttriplets (ACC, CCC, CCA, CAC) legen lediglich fest, an welcher Aminosäureposition der „Einstieg“ in das Sequenzmotiv genommen wird. Dass das Triplett CCC für Pro codiert, zeigt Aufgabe 4. Nach Pro folgt im Peptid entweder Pro oder Thr. Da ACC immer auf das Triplett CCC folgt, muss es für Thr codieren, CCA ebenfalls für Pro. Dass CAC für His codiert, geht aus Aufgabe 4 hervor, ACC bleibt übrig, es codiert folglich für die übrig bleibende Aminosäure Thr.

### Translation – ein Protein entsteht (Seite 150)

- ① Das Codon AUG hat zwei verschiedene Bedeutungen, je nachdem ob es sich am Anfang einer m-RNA befindet oder nicht. Begründen Sie.
- Am Anfang einer m-RNA kennzeichnet das Codon AUG als Startcodon den Beginn der Translation. Jedes neu synthetisierte Peptid beginnt daher mit der Aminosäure Methionin, die aber meist später abgetrennt wird. Steht das AUG nicht am Beginn der m-RNA codiert es lediglich für die Aminosäure Methionin.
- ② Ein Ausschnitt eines Peptids lautet: ... Ser - Val - Lys - Met - Ala ...  
 Geben Sie eine mögliche Sequenz der m-RNA und der codogenen DNA an.
- Eine mögliche Lösung wäre:  
 m-RNA: 5' UCU GUG AAA AUG GCU 3'  
 codogene DNA: 3' AGA CAC TTT TAC CGA 5'

### Proteinbiosynthese bei Eukaryoten (Seite 153)

- ① Menschliches Insulin kann von „unprogrammierten“ Bakterienzellen erzeugt werden. Mit welchen Schwierigkeiten ist aufgrund der unterschiedlichen Genetik von Pro- und Eukaryoten zu rechnen?
- Eukaryotische Gene sind gestükkelt, prokaryotische hingegen nicht. Das heißt, würde das Insulin-Gen auf Bakterien übertragen, könnten die Introns nicht entfernt werden, da Prokaryoten die entsprechenden Spleiß-Enzyme nicht besitzen. Die Proteinbiosynthese des Insulins gelänge nicht. Um dieses Problem zu umgehen, schreibt man die Insulin-m-RNA, die aufgrund des Spleißens keine Introns mehr aufweist, mithilfe des Enzyms Reverse Transkriptase in c-DNA und überträgt sie auf Bakterien.
- ② Bei der Erforschung der Proteinbiosynthese haben Hemmstoffe eine wichtige Rolle gespielt, da mit ihnen gezielt bestimmte Schritte blockiert werden können. Welcher Schritt wird von den in der Tabelle genannten Stoffen jeweils blockiert? Welche Hemmstoffe sind theoretisch als Antibiotikum in der Medizin geeignet?
- Transkriptions-Blocker: Actinomycin blockiert die Transkription, indem es sich an DNA anlagert; Rifampicin und Amanitin blockieren die RNA-Polymerase.  
 Translations-Blocker: Streptomycin, Chloramphenicol und Erythromycin binden an die Ribosomen und blockieren diese; Tetracycline verhindern die Bildung beladener t-RNA-Moleküle an Ribosomen; Puromycin wird anstelle beladener t-RNA-Moleküle an Ribosomen gebunden und blockiert die Translation; Kirromycin verhindert das Vorrücken der t-RNA am Ribosom; Cycloheximid verhindert die Verknüpfung der Aminosäuren.  
 Als Antibiotikum müssen die Stoffe für eukaryotische Zellen ungiftig sein, wenn sie in der Medizin Anwendung finden sollen. Aus diesem Grund scheiden Actinomycin D, Amanitin, Puromycin und Cycloheximid aus. Bevor die verbleibenden Wirkstoffe allerdings in der Medizin eingesetzt werden dürfen, sind sie z.B. auf ihre Verträglichkeit, ihre Wirkdauer und Dosierung hin zu untersuchen.

## Struktur der Proteine (Seite 155)

- ① Bauen Sie mit Perlen und einer Schnur ein Modell für die Proteinstrukturen.
  - *Die verschiedenfarbigen Perlen stehen für die unterschiedlichen Aminosäuren. Die Abfolge der bunten Perlen auf der Perlschnur ist Modell für die Primärstruktur. Wird diese Kette z.B. um den Arm gewickelt, kann dies modellhaft für die Sekundärstruktur stehen. Wird der umwickelte Arm gebeugt, sodass sich der umwickelte Unterarm zum umwickelten Oberarm anordnet, kann dies als Modell für die Tertiärstruktur stehen. Bringt man beide umwickelten und gebeugten Arme in Anordnung wäre dies das Modell für die Quartärstruktur.*
- ② Welche Auswirkungen auf die Proteinstruktur hat die Veränderung eines Triplets auf DNA-Ebene (s. Seite 146)?
  - *Bei einer Missense-Mutation wird für eine andere Aminosäure translatiert. Dies bedingt auf jeden Fall eine Veränderung der Primärstruktur mit sich. Sind die Eigenschaften der so translatierten Aminosäure unterschiedlich zu der ursprünglichen kann dies auch die Sekundär-, Tertiär- und ggf. auch die Quartärstruktur eines Proteins verändern, was dann zu veränderten Eigenschaften des Proteins führen könnte.*
- ③ Erklären Sie, warum eine erhöhte Körpertemperatur Bakterienwachstum hemmen bzw. Abkochen oder abiotische Desinfektion Bakterien abtöten kann.
  - *Jedes Bakterium hat ein bestimmtes Temperaturoptimum. Dieses liegt bei humanpathogenen Arten meist bei ca. 37 °C, also bei unserer Körpertemperatur. In diesem Bereich herrschen optimale Wachstumsbedingungen. Steigt die Umgebungstemperatur über dieses Optimum hinaus, z.B. bei Fieber oder beim Abkochen, sinkt die Reaktionsgeschwindigkeit der bakteriellen Enzyme, bis diese sowie weitere bakterielle Proteine schließlich ganz denaturieren und die Bakterien gehemmt bzw. abgetötet werden. Bei der chemischen Desinfektion werden verschiedene Wirkstoffe verwendet, die die Bakterienmembran und somit die gesamte Zelle zerstören. Hierbei wird die Tertiärstruktur der Membranproteine durch Reaktion mit dem Wirkstoff aufgehoben, die Proteine denaturieren.*

## 3 Regulation der Genaktivität

### Vom Genotyp zum Phänotyp (Seite 159)

- ① Erklären Sie, warum das gezielte An- oder Ausschalten von Genen beim Menschen mittels Substanzen schwierig ist.
  - *Je komplexer ein Organismus ist, desto schwieriger ist es möglich vorauszusagen, ob man ein Gen oder mehrere Gene ein- oder ggf. ausschaltet. Daher gestaltet sich die Übertragung von Modellorganismen auf den Menschen meist schwierig.*

## 4 Auswirkungen von DNA-Schäden

### DNA-Schäden und Reparatur (Seite 160)

- ① Eine Punktmutation wirkt sich nicht immer aus (stumme Mutation). Zeigen Sie dies an einem Beispiel (siehe auch Seite 146).
  - *Die Redundanz zeigt sich darin, dass viele Aminosäuren, vor allem die in Proteinen häufiger verwendeten, durch mehrere Basentriplets verschlüsselt werden. Oft spielt die dritte Base des Triplets keine Rolle dafür, welche Aminosäure codiert wird (Wobble-Hypothese). Wird sie durch eine Mutation verändert, ist in einem solchen Fall keine Veränderung im codierten Peptid zu beobachten.*

### Folgen einer Punktmutation (Seite 161)

- ① Die Sichelzellanämie ist eine autosomal rezessiv vererbte Krankheit. Diagnostisch wird häufig eine Hämoglobinelektrophorese genutzt (s. Randspalte). Erklären Sie das Zustandekommen der einzelnen Banden.
  - *Das Hämoglobin des Gesunden und das Sichelzellanämie-Hämoglobin (HbS) sind unterschiedliche Proteine, entsprechend ergeben sich in der Proteinelektrophorese unterschiedliche Banden. Überträger sind bezüglich des Hämoglobins heterozygot – entsprechend wird sowohl Hb als auch HbS gebildet und beide Banden sind in der Proteinelektrophorese nachweisbar.*
- ② Finden Sie mithilfe der Codesonne (s. Seite 146) mehrere Möglichkeiten für stille Punktmutationen.
  - *Die Aminosäure Alanin (Ala) wird durch vier unterschiedliche Triplets codiert. Eine Punktmutation der dritten Base des Triplets würde daher stumm verlaufen.*
- ③ Eine weitere Form der Mutation ist die so genannte Rasterschubmutation, bei der eine einzelne Base inseriert (zusätzlich eingefügt) oder deletiert (aus der DNA entfernt) ist. Diskutieren Sie die Folgen dieser Mutation.
  - *Bei einer Rasterschubmutation kommt es zu einer Verschiebung des Leserasters. Dadurch werden in der Regel vollkommen andere Aminosäuren translatiert. Dies führt in der Regel zu erheblichen Veränderungen der Proteinstruktur. Eine Rasterschubmutation verläuft meistens nicht stumm.*



## Krebs – eine Folge fehlgesteuerter Gene? (Seite 163)

- ① Begründen Sie, weshalb Mutationen in Proto-Onkogenen dominant vererbt werden, während Mutationen in Tumorsuppressorgenen rezessiv vererbt werden, ein Effekt also nur dann auftritt, wenn beide Alle des Gens verändert sind.
  - *Es genügt die Anwesenheit eines einzigen Onkogens, um das Zellwachstum zu stimulieren. Wenn dagegen ein Tumorsuppressorgen ausfällt, kann das andere die Tumorbildung dennoch verhindern.*
- ② Erklären Sie, weshalb Krebs in manchen Familien gehäuft auftritt.
  - *Man geht davon aus, dass mehrere Mutationen erforderlich sind, um eine Zelle entarten zu lassen. Hat eine Person bereits ein mutiertes Gen geerbt, genügt möglicherweise eine weitere Mutation, um in Körperzellen Krebs auszulösen.*

## Material: Programmierter Zelltod (Seite 164)

- ① Zellen sterben auch nach Gewalteinwirkung oder Verbrennung. Erläutern Sie anhand Abb. 1, wie sich dieser als Nekrose bezeichnete Zelltod von der Apoptose unterscheidet.

*Nekrose: Durch äußere Gewalteinwirkung entstandene Zellrümpfer werden von Makrophagen aufgenommen.*  
*Apoptose: Die Zelle schnürt membranumschlossene Bläschen ab, die von Makrophagen aufgenommen werden.*
- ② Die Nekrose wird oft einem „Mord“, die Apoptose einem „Selbstmord“ gleichgesetzt. Erklären Sie.
  - *Die Nekrose beruht auf äußerer Gewalteinwirkung auf die Zelle, die Apoptose wird durch die Zelle selbst eingeleitet.*
- ③ Beschreiben Sie die Entwicklung des menschlichen Fußes und bringen Sie diese Entwicklung mit der Apoptose in Zusammenhang (Abb. 1).
  - *Zunächst sind die fünf Zehen des Fußes noch durch Gewebe miteinander verbunden. Dieses Gewebe wird später abgebaut, die Zehen sind dann frei beweglich. Das Absterben der Zellen erfolgt zu einem bestimmten Zeitpunkt und in koordinierter Weise – es ist genetisch programmiert.*
- ④ Bei vielen Tieren werden in der Entwicklung Zell- und Gewebeteile zurückgebildet. Nennen Sie Beispiele, für die Apoptose verantwortlich sein könnte.
  - *Schwanz der Kaulquappe, Gewebe der Raupe bei der Verpuppung, Rückbildung der Gebärmutter nach der Entbindung, Rückbildung der Kiemen bei der Metamorphose von Lurchen.*
- ⑤ Beim Menschen wird P53 von einem Gen auf Chromosom 17 codiert. Es wird als Tumor-Suppressorgen bezeichnet, verhindert also die Entstehung von Krebs. Erklären Sie diese Wirkung.
  - *P53 gibt das Apoptose-Signal. Zellen, die sich in Krebszellen umgewandelt haben, vernichten sich dadurch selbst.*
- ⑥ Krebs auslösende Viren bilden ein Protein, das an P53 bindet und es dadurch inaktiviert. Inwieweit begünstigt das die Vermehrung der Viren?
  - *Inaktives P53 kann die Apoptose einer von Viren infizierten Zelle nicht mehr einleiten. Daher teilt sich die Zelle weiter und das Virus wird vermehrt.*
- ⑦ Rote Blutzellen besitzen keinen Zellkern und sind sehr kurzlebig. Warum werden gealterte Rote Blutzellen nicht durch Apoptose, sondern in einem speziellen Organ, der Leber, vernichtet?
  - *Rote Blutzellen haben keinen Zellkern, also keine Gene für die Apoptose.*

## 5 DNA-Analyse

### DNA-Vervielfältigung und Auftrennung (Seite 167)

- ① Vergleichen Sie die PCR mit der DNA-Replikation in Zellen.
  - *In beiden Fällen handelt es sich um eine Vervielfältigung von DNA. Allerdings wird bei der Replikation das gesamte Genom einmal kopiert, während bei der PCR nur ein Abschnitt mehrfach kopiert wird.*
- ② Zeigen Sie durch ein Kreuzungsschema, wie oft bei der Zucht mit heterozygoten Schweinen Nachkommen mit MHS auftreten.
  - *gesundes Allel: A, verändertes Allel: a.*

	A	a
A	AA	Aa
a	aA	aa (krank)

*Bei der Zucht mit heterozygoten Tieren sind zu 25% kranke Nachkommen zu erwarten.*

- ③ Bei der Entwicklung der PCR war die Methode noch sehr aufwändig, da MULLIS noch keine hitzeresistente DNA-Polymerase hatte. Erläutern Sie, wie er vorgegangen sein muss.
- Seine DNA-Polymerase wurde bei jedem Denaturierungsschritt durch die Hitze zerstört. Er musste also vor jedem Syntheseschritt neue DNA-Polymerase zugeben. Dieses Vorgehen war zwar langwierig und teuer, führte aber auch zum Erfolg.
- ④ Erklären Sie, welche Eigenschaften die Primer haben müssen, damit die gesamte Schweine-DNA in die PCR gegeben werden kann und dennoch nur der zu untersuchende DNA-Abschnitt vervielfältigt wird.
- Die Primer müssen zu Sequenzen vor und nach dem zu kopierenden Abschnitt komplementär sein, die sonst im Genom nicht vorkommen. Dies ist durch entsprechend lange Primer möglich. Je länger ein Primer ist, desto seltener kommt die komplementäre Sequenz im Genom vor.
- ⑤ Erläutern Sie das Testergebnis in Abb. 4 und geben Sie an, welche Tiere zur Zucht geeignet sind.
- Das Gel zeigt für die Tiere A - F das Ergebnis des Restriktionsverdau mit Cfo I. Nur das gesunde Allel wird durch das Restriktionsenzym in zwei Abschnitte geschnitten. Die Abschnitte sind 293 und 186 Basenpaare lang. Ein gesundes Allel erzeugt zwei Banden bei 293 bp und bei 186 bp. Ein verändertes (krankes) Allel wird nicht geschnitten und bildet eine Bande bei 479 bp. Bei heterozygoten Tieren liegt ein normales und ein verändertes Allel vor und daher finden sich in diesen Fällen drei Banden. Ergebnis: Kranke Tiere (rezessiv) sind A, C und D. Gesunde Überträger (heterozygot) sind die Tiere B und F. Nur das gesunde Tier E ist homozygot und für die Weiterzucht geeignet.
- ⑥ Erläutern Sie, warum Farbstoffe, die sich an DNA anlagern, oft krebserregend sind.
- Durch die Anlagerung wird die Replikation gestört und es kommt vermehrt zu Mutationen (z. B. Rastermutationen). Je mehr Mutationen sich in einer Zelle ansammeln, desto höher ist das Risiko, dass daraus eine Krebszelle entsteht.

### Ermittlung der Basensequenz (Seite 169)

- ① Geben Sie die entstehenden DNA-Fragmente im zweiten Ansatz von Abb. 1 an.
- Möglich sind die folgenden Fragmente:  
GATG,  
GATGTAATCG oder  
GATGTAATCGA (falls kein ddGTP eingebaut wurde).
- ② Erklären Sie, warum beim modernen Sequenzierungsverfahren in Abb. 3 der Detektor nicht am Gel entlang geführt werden muss.
- Die markierten Fragmente wandern durch das Gel und kommen nacheinander am Detektor vorbei.
- ③ Sowohl das ursprüngliche als auch das moderne Verfahren beruhen auf denselben Prinzipien. Beschreiben Sie die Gemeinsamkeiten der beiden Verfahren.
- In beiden Fällen wird ausgenutzt, dass die DNA-Synthese nach dem Einbau eines Didesoxynucleotids abbricht (Strangabbruchverfahren). Zudem sind jeweils die Didesoxynucleotide markiert. Auch werden in beiden Fällen die unterschiedlichen Fragmente durch eine Gelelektrophorese aufgetrennt.

### Genetischer Fingerabdruck (Seite 171)

- ① In Abbildung 2 sind vergleichbare Ausschnitte aus dem genetischen Fingerabdruck einer Mutter (M), ihrer Tochter (T) und möglicher Väter (V) wiedergegeben. Welcher Mann kann der leibliche Vater sein? Begründen Sie.
- Der in Abbildung 170.2 gezeigte Ausschnitt des Restriktionsfragment-Musters von Mutter (M), Tochter (T) und verschiedenen Männern (V1 – V4) zeigt, dass es Übereinstimmungen mit der Mutter gibt und solche Banden, die nur väterlich vererbt sein können. Die oberste Bande bei der Tochter kann nur durch die Person V4 erklärt werden.
- ② Bei Brustkrebs-Patientinnen werden regelmäßig in einem bestimmten Gen („Brustkrebsgen“) Mutationen gefunden. Ein ursächlicher Zusammenhang ist unsicher, denn es gibt Frauen, die diese Mutation ebenfalls aufweisen, aber nicht erkranken. Stellen Sie sich vor, eine Frau ließe ihre DNA testen, Ergebnis positiv. In welchen Konflikt könnte sie geraten? Bedenken Sie auch, dass es keine wirksame Therapie gibt.
- Die Frau bekommt bei positiver Testung die Information, mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit an Brustkrebs zu erkranken. Ob sie also tatsächlich erkrankt, ist nicht sicher. Das könnte ihr Leben belasten. Andererseits könnte sie den Schluss ziehen, regelmäßig Brustkrebsuntersuchungen durchführen zu lassen, um auftretende Wucherungen möglichst früh erkennen und entfernen zu lassen.

## 6 Grundlagen der Gentechnik

### Überblick über gentechnische Methoden (Seite 173)

- ① Erklären Sie, warum Insulin injiziert werden muss und nicht in Form von Tabletten verabreicht werden kann.
  - *Da Insulin ein Protein ist, würde es durch die Verdauung zerstört und nicht in der benötigten Form in das Blut aufgenommen.*
- ② Begründen Sie, unter welchen Voraussetzungen ein Gen nach der Übertragung in eine andere Zelle immer noch für dasselbe Produkt codiert.
  - *Die grundlegende Voraussetzung ist die Universalität des genetischen Codes. Da alle Lebewesen denselben Code verwenden, erzeugt derselbe DNA-Abschnitt in unterschiedlichen Organismen das gleiche RNA-Transkript. Sofern das fremde Gen überhaupt abgelesen wird, sind weitere Voraussetzungen, dass dieselben Bereiche als Exons dienen und das Transkript beim Spleißen gleich behandelt wird.*
- ③ Ein DNA-Abschnitt für Humaninsulin soll in Bakterienzellen eingebracht werden. Begründen Sie, welche der hier genannten Verfahren zur Isolierung der Fremd-DNA geeignet sind.
  - *Da Bakterien wie Escherichia coli nach der Transkription kein Spleißen durchführen, ist ein Isolierungsverfahren vorzuziehen, das sicherstellt, dass der DNA-Abschnitt keine Introns enthält. Dies ist der Fall, wenn von der m-RNA ausgegangen wird, da diese keine Introns mehr enthält. Ebenso kann bei einer künstlichen Erzeugung des DNA-Abschnitts die richtige Aminosäuresequenz ermöglicht werden. Geeignet sind also die beiden letzten Isolierungsverfahren.*

### Restriktionsenzyme und Ligasen (Seite 175)

- ① Geben Sie an, mit welchem Restriktionsenzym in Abb. 1 bei Beispiel 5 geschnitten wurde.
  - *Es wurde mit EcoR1 geschnitten.*
- ② Erklären Sie, warum es wichtig ist, dass Plasmid und Fremd-DNA mit dem gleichen Restriktionsenzym geschnitten werden.
  - *Damit die Enden der DNA-Abschnitte zusammenpassen, müssen diese mit demselben Restriktionsenzym geschnitten werden. Falls klebrige Enden vorhanden sind, ist die Zusammenlagerung leichter.*
- ③ Erläutern Sie, wie anhand der Produkte der Markergene erkannt werden kann, ob das Fremdgen in das Plasmid in Abb. 2 erfolgreich eingefügt wurde.
  - *Da die Schnittstelle im Marker-Gen 1 liegt, wird dieses Gen durch das Einfügen eines Fremd-Gens unwirksam. Fehlt also das Produkt von Marker 1 ist dies ein Hinweis darauf, dass das Fremd-Gen erfolgreich eingefügt wurde. Es könnte aber auch sein, dass das Genprodukt von Marker 1 deshalb fehlt, weil das Plasmid nicht vorhanden ist. Marker 2 ist notwendig, um sicherzustellen, dass das Plasmid vorliegt und abgelesen wird. Wenn also Genprodukt von Marker 2 nachgewiesen werden kann, jedoch das Genprodukt von Marker 1 fehlt, kann davon ausgegangen werden, dass ein transgenes Plasmid vorliegt.*
- ④ Stellen Sie in einer Tabelle Zielorganismen und geeignete Vektoren zusammen.
  - *siehe Tabelle*

Zielorganismen	geeignete Vektoren
Bakterien	Plasmide (Transformation), Bakteriophagen, Elektroporation, Liposomen
Pflanzenzellen	Agrobacterium tumefaciens, particle gun, Elektroporation (bei Protoplasten), Liposomen (bei Protoplasten)
Tierzellen	Viren, Mikroinjektion, Elektroporation, Liposomen

### Gentechnische Herstellung von Insulin (Seite 177)

- ① Begründen Sie, warum beim Blau-Weiß-Verfahren die Bakterien in den weißen Kolonien ein Plasmid mit Fremd-DNA enthalten müssen.
  - *Da sie auf dem Medium mit Ampicillin wachsen, müssen sie ein Plasmid enthalten. Da sie weiße Kolonien bilden, muss das Galactosidase-Gen auf dem Plasmid unwirksam sein. Dies ist der Fall, wenn Fremd-DNA in die Schnittstelle im Galactosidase-Gen eingefügt worden ist.*
- ② Erklären Sie, warum es für die Vermehrung der transgenen Bakterien vorteilhaft ist, wenn das Medium keine Lactose enthält.
  - *Solange Lactose fehlt, werden die Strukturgene zum Lactoseabbau nicht unnötigerweise gebildet. Dies schont Ressourcen und ermöglicht ein schnelleres Wachstum der Bakterien.*
- ③ Heute wird auch Proinsulin für Diabetiker pharmazeutisch hergestellt und wie aktives Humaninsulin ins Gewebe injiziert.
  - a) Skizzieren Sie den entsprechenden Plasmidvektor.
  - b) Geben Sie Vorteile dieser Produktionsweise an.
  - *Der Plasmidvektor muss die A- und B-Kette des Insulins direkt hintereinander enthalten. Für die Insulinproduktion ist nur die Kultur von einem Bakterienstamm notwendig. (Bei der ersten gentechnischen Herstellung von Insulin war es noch nicht möglich DNA-Abschnitte von solcher Größe in Plasmide zu integrieren.)*

## Gentherapie (Seite 179)

- ① Vergleichen Sie die beiden Gentherapien bezüglich ihrer Wirkung auf den Patient und dessen Nachkommen.
  - *Keimbahntherapie: Dauerhafte Veränderung bei allen Zellen der Nachkommen des Patienten. Keine Heilung für den Patient. Somatische Gentherapie: Nur der Patient ist betroffen, da die Veränderung nicht an die Nachkommen weitergegeben werden. Nur wenige Zellen werden verändert. Oft nur vorübergehende Heilung, da Zellen mit Defekt wieder nachgebildet werden.*
- ② Erklären Sie, warum ASHANTI nach der Gentherapie nur zum Teil das von ihr benötigte ADA herstellen konnte und immer noch auf Injektionen angewiesen war.
  - *Vermutlich gelang die Veränderung bei zu wenigen Zellen, so dass die körpereigene Produktion des Enzyms nicht ausreichte.*
- ③ Erläutern Sie, warum die Wirkung der somatischen Gentherapie oft nur kurzfristig ist.
  - *Wenn die adulten Stammzellen im Gewebe nicht verändert wurden, bilden diese weiterhin Zellen mit dem Gendefekt. Nach einiger Zeit sind die veränderten Zellen wieder durch defekte Zellen ersetzt.*
- ④ Erklären Sie, welche besonderen ethischen Probleme die Keimbahntherapie aufwirft.
  - *Der Patient entscheidet über eine genetische Veränderung, die nicht ihn, sondern seine Nachkommen betreffen wird und dessen Folgen vielleicht nicht sicher abschätzbar sind.*

## Gentherapie (Zettelkasten Seite 179)

- ① Formulieren Sie mit eigenen Worten, auf welche Schwierigkeiten bei der Gentherapie Prof. KAY hinweist.
  - *Er weist darauf hin, dass das Zusammenwirken der Gene noch nicht in allen Details verstanden wird.*
- ② Nehmen Sie zu dem Zitat von Prof. CAPLAN Stellung.
  - *Er bagatellisiert die Auswirkungen der Keimbahntherapie durch den Vergleich mit Impfungen und Trinkwasseraufbereitung. Zum einen können die Auswirkungen einer Keimbahntherapie dramatischer sein und zum anderen verschweigt er dabei, dass die Betroffenen bei der Keimbahntherapie nicht zustimmen können, während dies bei Impfungen möglich ist.*

## Gentechnik in Diagnostik und Therapie (Seite 181)

- ① Humangenetiker können das menschliche Genom auf etwa 800 Krankheiten testen. Begründen Sie, in welchen Fällen Sie eine genetische Diagnose von Erbkrankheiten für sinnvoll halten.
  - *Hier sind unterschiedliche Stellungnahmen möglich. Viele Menschen sind der Ansicht, dass ein Gentest nur dann sinnvoll ist, wenn auch eine entsprechende Therapie zur Verfügung steht.*
- ② Beschreiben Sie ein Verfahren, mit dem geprüft werden kann, ob die Fremd-DNA erfolgreich in CHO-Zellen integriert worden ist.
  - *Ein Antibiotikum-Resistenzgen als Marker ist hier nicht möglich, da es sich um Säugerzellen handelt. Es ist daher ein Marker notwendig, dessen Genprodukt auf andere Weise nachgewiesen werden kann. Denkbar sind Gene, die für Farbstoffe codieren (z. B. grün fluoreszierendes Protein).*
- ③ Geben Sie an, welche Vorteile die Gewinnung eines Wirkstoffs aus der Milch eines Tieres gegenüber der Herstellung mit CHO-Zellen bietet.
  - *Der Wirkstoff kann permanent gewonnen werden, ohne Schaden für das Tier oder die Zellkultur. Eine Produktionssteigerung wäre durch Klonen des gentechnisch veränderten Tieres denkbar.*

## DNA-Chip (Zettelkasten Seite 181)

- ① Erklären Sie, warum nach der Hybridisierung gespült werden muss.
  - *Damit wird sichergestellt, dass nur die DNA-Fragmente zurückbleiben, die auch hybridisiert haben. Da die zu untersuchende DNA markiert wurde, wäre sonst in jedem Fall ein Signal zu registrieren.*

## Gentechnik in der Landwirtschaft (Seite 183)

- ① Informieren Sie sich über die Argumente für und gegen die Gentechnik am Beispiel von Herbizidresistenz, Insektenresistenz und „Anti-Matsch-Tomate“.
  - *Herbizidresistenz: Pro: Herbizide können gezielter eingesetzt werden, oft schon früh in der Vegetationsperiode, was auch die Einsatzmenge reduziert. Contra: Abnehmer geraten in Abhängigkeit von Gentech-Firmen, da sie Saatgut nicht mehr selbst gewinnen können. Der Herbizideinsatz wird möglicherweise vermehrt. Gesundheitsbedenken transformierter Pflanzen, Auswilderungsrisiko*
  - Insektenresistenz: Pro: Weniger Insektizide sind nötig. Contra: Gesundheitsbedenklichkeit und Auswilderungsrisiko transformierter Pflanzen*
  - Gen-Tomate: Pro: bessere Transport- und Lagerfähigkeit. Contra: Unsichtbares Altern und Verlust von Vitaminen und anderen Inhaltsstoffen. Die Tomate altert trotzdem, ihr Vitamingehalt nimmt ab. Gesundheitsbedenklichkeit transformierter Pflanzen.*

**Material: Gen-Ethik (Seite 184/185)**

- ① In dem Gespräch wird den Kritikern und den Befürwortern der Gentechnik vorgeworfen zu übertreiben. Erläutern Sie jeweils die Argumentation dafür.
  - *Kritiker übertreiben, da sie die Bedeutung der Gene überbewerten und zu Verschwörungstheorien neigen. Befürworter übertreiben, indem Sie werbewirksame Schlagzeilen über angebliche Forschungserfolge in die Welt setzen, um Ruhm und Forschungsgelder zu erlangen.*
- ② Beschreiben Sie Fälle, in denen Sie eine Keimbahntherapie erlauben bzw. verbieten würden.
  - *Hier sind viele Fälle denkbar, die unterschiedlich bewertet werden können. Entscheidend ist eine sinnvolle Diskussion über folgende Problemfelder:  
staatliche Regelung – individuelle Freiheit;  
Interessen der Eltern – Interessen des Kindes.*
- ③ Beschreiben Sie, welcher mögliche Widerspruch in der Rechtsprechung hier angesprochen wird.
  - *Während eine Abtreibung unter bestimmten Voraussetzungen nicht strafrechtlich verfolgt wird, steht die Manipulation von Embryonen unter Strafe. (Juristisch wird dies damit begründet, dass eine Schwangere durch ihren Embryo wesentlich stärker in ihrem Leben beeinflusst wird, als ein Forscher, der Embryonen für Forschungszwecke braucht.)*
- ④ Belegen Sie, wie der Import von embryonalen Stammzellen verteidigt wird.
  - *Wer schon vorhandene Stammzelllinien verwendet, muss keine weiteren Embryonen zur Herstellung dieser Linien verbrauchen.*
- ⑤ Erläutern Sie die Kritik, die der Cartoon ausdrückt.
  - *Bei gentechnischen Veränderungen stehen Vorteile für die wirtschaftliche Nutzung im Vordergrund, während Folgen für Ökosysteme und Umwelt nicht berücksichtigt werden.*
- ⑥ Begründen Sie, warum für die Kennzeichnungspflicht ein Schwellenwert erforderlich ist.
  - *Da geringe Verunreinigungen in der Praxis kaum zu vermeiden sind, müssten dann so viele Produkte gekennzeichnet werden, dass die Kennzeichnung ihren Sinn verlieren würde.*
- ⑦ Erläutern Sie, inwiefern die Regelungen die drei genannten Prinzipien erfüllen.
  - *Transparenz durch Kennzeichnung; Koexistenz durch Vorgabe von Mindestabständen und Heckenpflanzungen; Haftung durch den Verursacher.*
- ⑧ Das erwähnte Gesetz wurde als „Gentechnikverhinderungsgesetz“ kritisiert. Nehmen Sie dazu Stellung.
  - *Da der Landwirt, der gentechnisch verändertes Saatgut ausbringen will, für die Folgen durch diesen Anbau haftet, werden die Risiken schlecht abschätzbar und der Anbau damit erschwert.*
- ⑨ Teilen Sie die Rollen einzelnen Gruppen zu. Sammeln Sie in jeder Gruppe für Ihre Rolle Argumente und Gegenargumente.
  - *siehe Tabelle*

	<b>Argument</b>	<b>Gegenargument</b>
Landwirt A	Verdienst; Anbau auf eigenem Land; Saatgut freigeben	Auswirkungen auf Nachbarn; Risiken schlecht abschätzen
Landwirt B	Gefahr für Bio-Handel; Überproduktion	Anbau rechtlich möglich
Sprecherin	wenig Herbizide; unbegründete Ängste	Resistenzen zu erwarten
Bürgermeister	Grundwasser schonen; moderne Landwirtschaft muss möglich sein	gerade die moderne Landwirtschaft hat das Grundwasser belastet
Bürgerinitiative	Resistenzen und neue Parasiten denkbar; Interessen der Konzerne stehen im Vordergrund	generelle Technikfeindlichkeit

- ⑩ Notieren Sie weitere Argumente, die in der Podiumsdiskussion vorgebracht werden könnten.
  - *Im Lauf der Diskussion könnte ein Kompromiss gesucht werden, der die Voraussetzungen und Regelungen für den Anbau benennt und die Verantwortlichkeiten klärt.*
- ⑪ Bestimmen Sie in jeder Gruppe einen Sprecher und führen Sie die Podiumsdiskussion durch.
  - *individuelle Lösung*

# Hormone

## 1 Hormone

### Die Hierarchie der Botenstoffe (Seite 189)

① Bei Winterschläfern wie der Fledermaus fand man im Herbst eine Rückbildung der Schilddrüse. Erst gegen Ende der Winterperiode erreichte sie wieder Normalgröße. Erläutern Sie die Zusammenhänge unter Berücksichtigung der biologischen Bedeutung des Winterschlafes.

- *Während des Winterschlafs wird im Hypothalamus weniger TRF und resultierend in der Hypophyse weniger TSH gebildet. Die Folge ist eine geringere Produktion in der Schilddrüse, die entsprechend an Volumen verliert, was eine Verminderung des Grundumsatzes, der im Winterschlaf zur Überbrückung der kalten Jahreszeit mit schlechten Nahrungsbedingungen gewünscht ist, zur Folge hat.*

*Hinweis: Der Winterschlaf ist ein Zustand der Lethargie zur Überbrückung der nahrungsarmen Zeit im Winter. Das Phänomen Winterschlaf findet sich bei einigen Säugern aus den Familien der Insektenfresser, Nagetiere und Fledermäusen. Die Winterschlafbereitschaft wird durch die verkürzte Tageslänge eingeleitet. Auslöser des Winterschlafs ist das Unterschreiten einer für jede Tierart spezifischen Außentemperatur. Aufgrund der niedrigeren Schilddrüsenhormonkonzentration im Blut sinkt während des Winterschlafs die Körpertemperatur bei den meisten Tieren auf 0 °C bis 10 °C ab, bei Fledermäusen sind Werte bis –10 °C möglich. Bei den Tieren findet sich in dieser Zeit ein generell verminderter Stoffwechsel, was sich in einer Herzfrequenz von 2 bis 3 Schlägen pro Minute und Atempausen über Minuten zeigt. Gleichzeitig ist der Energieumsatz auf etwa 10 bis 15 % des Grundumsatzes reduziert.*

*Während des Winterschlafs ist die Thermoregulation der Tiere nicht ausgeschaltet, sondern auf einen geringeren Sollwert eingestellt. Wird die spezifische Minimaltemperatur unterschritten, führt dies zu einer Steigerung der Schilddrüsenaktivität und damit verbunden zu einer höheren Stoffwechselleistung, ggf. auch zum Aufwachen aus dem Winterschlaf.*

*(Ein praktischer Leitfaden zum Thema Kältestarre bei Schildkröten findet sich auf der Seite der Schildkröteninteressengemeinschaft der Schweiz: <http://www.sigs.ch/blatt7.aspx>)*

### Hormonelle Steuerung des weiblichen Zyklus (Seite 193)

① Die Antibabypille ist eine sehr sichere Art der Verhütung. Dies ergibt sich dadurch, dass diese an zwei empfängnisrelevanten Stellen eingreift. Erschließen Sie sich diese Stellen aus dem Text.

- *Durch die Antibabypille sinkt der Blutspiegel von LH und FSH. Bei geringem FSH-Spiegel kommt es zu keiner Eireifung, bei geringen LH-Spiegeln zu keinem Eisprung.*

② Die Geschlechtshormone der Frau wirken (wie alle Hormone) nicht nur am Eierstock sondern im ganzen Körper. Recherchieren Sie die typischen Nebenwirkungen der Antibabypille.

- *Neben den im Text genannten Nebenwirkungen finden sich häufig allgemeine Symptome wie Schwindel, Kopfschmerzen, Ansammlung von Wasser in den Beinen (Ödeme); Brustspannung, Gewichtszunahme und Hautreaktionen. Einige Zeit war eine gering erhöhte Auftretenswahrscheinlichkeit von Brustkrebs datiert worden, die sich allerdings nur für Mädchen bestätigte, die sehr früh mit hohen Östrogendosen über lange Zeit verhüten. Ovarial- und Endometriumkarzinome scheinen unter Einnahme von Östrogenen etwas seltener aufzutreten, ebenso Mastopathien (knotige Veränderungen in der Brust).*

③ Die Regulation der Testosteronproduktion beim Mann geschieht ebenfalls über LH. Erklären Sie aufgrund dieser Information einen Mechanismus, warum mit Testosteron gedopte Frauen häufig keine Regelblutung mehr haben.

- *Hohe Testosteronspiegel, die durch Doping erreicht werden, koppeln negativ zur Hypophyse zurück und vermindern so den LH-Spiegel, wodurch es zu keinem Eisprung kommt.*

### Stress (Seite 195)

① Vor einer Klassenarbeit setzen Schüler ihre Mitschüler dem Stressor „unbekannte exotische Inhalte“ für die Klassenarbeit aus. Beschreiben Sie die Folgen so erzeugter Stressreaktionen auf deren Leistungsfähigkeit.

- *Durch die Stressreaktion wird vermehrt Noradrenalin freigesetzt. Noradrenalin bewirkt, dass vermehrt auf ältere Hirnregionen unter Umgebung der Großhirnrinde zugegriffen wird. Da für die Lösung anspruchsvoller Klassenarbeitsaufgaben das Großhirn so blockiert ist, ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass sich der Stress noch weiter erhöht und so tatsächlich eine schlechte kognitive Leistung erzielt wird.*

② Stellen Sie mithilfe des oben stehenden Textes Symptome und Krankheiten zusammen, die auftreten können, wenn ein Mensch unter chronischem Stress leidet.

- *Typische Krankheiten sind: Magengeschwüre, Infektanfälligkeit, Nervosität, erhöhte Herzinfarktgefahr (aufgrund der erhöhten Fett- und Glucosespiegel im Blut).*

# Neurobiologie

## 1 Reizaufnahme und Erregungsleitung

### Praktikum: Nervenzelle (Seite 199)

- ① Vergleichen Sie die beiden Abbildungen in ihrer Aussagekraft. Weshalb erscheinen im Foto die Axone nicht in ihrer vollen Länge?
  - Die Golgi-Färbung ordnet die erkennbaren Nervenzellen in der Großhirnrinde der Katze verschiedenen Schichten zu. Die Zeichnung von CAJAL verdeutlicht das Netzwerk der Neuronen und den Verlauf der einzelnen Fortsätze.

### Das Aktionspotential (Seite 203)

- ① Erläutern Sie, weshalb man bei der Depolarisation, die zur Bildung des Aktionspotentials führt, von einem sich selbst verstärkenden Vorgang spricht (s. Randspalte).
  - Durch die Änderung der Spannung an der Membran steigt die Wahrscheinlichkeit, dass einige  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle für eine kurze Zeit geöffnet werden. Die einströmenden  $\text{Na}^+$ -Ionen verstärken der Veränderung der Membranspannung und führen somit zu einer größeren Wahrscheinlichkeit für die kurzzeitige Öffnung weiterer  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle in der Umgebung. Dies geht solange, bis alle  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle in der Umgebung aktiviert und letztlich wieder inaktiviert sind.

### Fortleitung des Aktionspotentials (Seite 205)

- ① Erklären Sie, warum die saltatorische Erregungsleitung weniger Energie benötigt als die kontinuierliche.
  - Bei der saltatorischen Fortleitung wird das Aktionspotential auf einer gleich langen Strecke gegenüber dem kontinuierlichen Auslösen bei nicht myelinisierten Axonen seltener ausgelöst. Der Energiebedarf hängt jedoch nicht direkt von der Auslösung, sondern von der ATP verbrauchenden  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -Pumpe ab, deren Pumprate von der intrazellulären  $\text{Na}^+$ - und der extrazellulären  $\text{K}^+$ -Ionenkonzentration abhängt.
- ② Im Experiment wird ein präpariertes Axon in der Mitte überschwellig gereizt. Wie unterscheidet sich die Erregungsleitung in diesem Versuch von der unter natürlichen Verhältnissen?
  - Unter natürlichen Verhältnissen läuft das Aktionspotential nur vom Axonhügel in Richtung Synapse, da die hinter dem Aktionspotential liegenden Bereiche refraktär sind. Bei experimenteller Reizung in der Mitte des Axons könnte sich die Erregung nach beiden Seiten ausbreiten.
- ③ In der unten stehenden Tabelle sind Beispiele für die mittlere Leitungsgeschwindigkeit unterschiedlicher Neurone angegeben. Leiten Sie aus den Daten die beiden Faktoren ab, die die Geschwindigkeit der Erregungsleitung beeinflussen und begründen Sie.
  - Faktor Myelinisierung: Axone mit Myelinscheiden haben wesentlich höhere Leitungsgeschwindigkeiten wegen der saltatorischen Erregungsleitung.
  - Faktor Faserdurchmesser: Axone mit größerem Querschnitt haben höhere Leitungsgeschwindigkeiten, weil der innere elektrische Widerstand in Längsrichtung des Axons kleiner ist.
- ④ Entzündliche Erkrankungen der Nerven können die Markscheiden schädigen. Eine typische Untersuchungsmethode ist die Messung der Leitungsgeschwindigkeit. Machen Sie eine begründete Voraussage, wie sich bei diesen Patienten die Leitungsgeschwindigkeit ändert.
  - Die morphologische Grundlage für die schnellere saltatorische Reizweiterleitung in Nerven ist die Markscheide. Wird diese z.B. durch entzündliche Erkrankungen geschädigt, ist anzunehmen, dass dies zu einer Verringerung der Leitungsgeschwindigkeit im betroffenen Nerv führt.

## 2 Neuronale Schaltungen

### Synapsen (Seite 207)

- ① Erklären Sie den Unterschied zwischen den Natriumionenkanälen in der Axonmembran und am synaptischen Spalt.
  - Die Ionenkanäle in der Axonmembran sind spannungsgesteuert, reagieren also auf das elektrische Feld der Umgebung. In der postsynaptischen (auf den Dendriten und im Bereich des Zellkörpers) hingegen befinden sich Rezeptorproteine, zu denen die Transmittermoleküle wie ein Schlüssel zum Schloss passen. Dies führt zu einer kurzen Formveränderung des Rezeptorproteins und zum Öffnen der Ionenkanäle (ligandengesteuerte Kanäle).
- ② Welche Bedeutung hat die hohe Geschwindigkeit, mit der in den synaptischen Spalt abgegebene Transmittermoleküle gespalten werden (50 Moleküle/ms)?
  - Die Transmittermoleküle wirken direkt oder indirekt auf die Ionenkanäle im synaptischen Spalt. Würden sie nicht sehr schnell abgebaut, könnten sich die ankommenden Impulse immer weiter addieren und es gäbe keine Abklingphase in der Erregung.

## Material: Synapsengifte als Arzneimittel (Seite 209)

- ① Erläutern Sie die Zusammenhänge zwischen der Bildung von Antikörpern, die sich gegen den Acetylcholinrezeptor richten, und dem Auftreten der oben beschriebenen Symptome.
  - *Bei Myasthenia gravis ist die Erregungsübertragung zwischen Nerv und Muskel gestört. Das Immunsystem bildet Antikörper, die sich gegen die Acetylcholinrezeptoren richten und diese blockieren oder zerstören. Der freigesetzte Transmitter Acetylcholin kann daher nur an wenige Rezeptoren binden und nur wenige Natriumionenkanäle werden geöffnet. Die Depolarisation ist zu gering, um ein Aktionspotential auszulösen; eine Kontraktion der Muskelfaser unterbleibt.*
- ② Schlagen Sie auf dieser Grundlage mögliche medikamentöse Behandlungsmethoden vor.
  - *Acetylcholinesterasehemmer, z. B. Neostigmin, verlängern die Wirkungsdauer des freigesetzten Transmitters und ermöglichen so eine ausreichende Depolarisation. Denkbar ist auch der Einsatz von Anti-Antikörpern, die sich gegen die schädigenden Antikörper richten.*
- ③ Informieren Sie sich z.B. im Internet über gängige Therapieverfahren und erläutern Sie diese.
  - *Mögliche Adressen: [www.dmg-online.de](http://www.dmg-online.de); [www.myasthenia-gravis.de](http://www.myasthenia-gravis.de); [www.dgn.org](http://www.dgn.org).*
- ④ Beschreiben Sie das Experiment und seine Ergebnisse.
  - *Durch schonendes Abschnüren wird die Blutversorgung eines Beins unterbunden, ohne die motorischen Nerven zu schädigen. Anschließend wird Curare in den Bauchlymphsack injiziert. Werden mithilfe von Elektroden die motorischen Nerven, die die Beinmuskulatur versorgen, auf beiden Körperseiten gereizt, so kontrahiert nur die Muskulatur des Beins, das von der Blutversorgung abgeschnitten ist. Wird dagegen die Muskulatur direkt gereizt, kontrahieren die Muskeln beider Beine.*
- ⑤ Welche Aussage über Wirkort und Wirkungsweise von Curare können Sie machen? Begründen Sie.
  - *Die Versuche von BERNARD zeigen, dass Curare die Erregungsübertragung zwischen Nerv und Muskelfaser an den motorischen Endplatten blockiert.*
- ⑥ Welche Eigenschaften eines synaptischen Hemmstoffs sind eine wesentliche Voraussetzung für einen therapeutischen Einsatz?
  - *Die Wirkung des Hemmstoffs muss genau bekannt und vor allem reversibel sein.*
- ⑦ Was spricht gegen die Verwendung von Alkylphosphaten, um die Wirkung von Tubocurarin aufzuheben?
  - *Alkylphosphate hemmen das Enzym Acetylcholinesterase irreversibel.*
- ⑧ Was können Sie aufgrund der Wirkung von Neostigmin über den genauen Wirkort von Curare bzw. Tubocurarin aussagen? Begründen Sie.
  - *Eine Hemmung der Acetylcholinesterase erhöht die Wirkungsdauer des freigesetzten Transmitters und hebt die Wirkung von Curare bzw. Tubocurarin auf. Daraus lässt sich folgern, dass Curare die Acetylcholinrezeptoren der postsynaptischen Membran reversibel besetzt, ohne die Natriumionenkanäle zu öffnen. Wird der enzymatische Abbau des Transmitters gehemmt, können dennoch genügend Kanäle geöffnet werden, um eine ausreichende Depolarisation für eine Kontraktion auszulösen.*
- ⑨ Wieso wird Atropin häufig vor Augenuntersuchungen auf das Auge getropft?
  - *Wird Atropin in den Bindehautsack des Auges getropft, erreicht es durch Diffusion die Iris und den Ziliarmuskel des Auges. Hier blockiert es die Signalübertragung an den parasymphatischen Synapsen. Der Ziliarmuskel erschlafft und die Pupille weitet sich, was eine Untersuchung des Augenhintergrunds erleichtert.*
- ⑩ Geweitete Pupillen signalisieren anderen Menschen Aufmerksamkeit und machen eine Person „sympathischer“. Erklären Sie daraus die Bezeichnung „belladonna“ für das Gift der Tollkirsche.
  - *Früher wurde Atropin aus kosmetischen Gründen zur Pupillenerweiterung eingesetzt, das erklärt die wissenschaftliche Bezeichnung Atropa belladonna (bella donna, ital. = schöne Frau).*
- ⑪ Atropin wird aber auch als Gegenmittel bei einer Vergiftung mit einem Acetylcholinesterase-Hemmstoff gegeben. Erläutern Sie.
  - *Alkylphosphate hemmen die Acetylcholinesterase. Da die Transmittermoleküle nicht abgebaut werden, bleiben die Natriumionenkanäle der postsynaptischen Membran geöffnet und es kommt zur Dauerdepolarisation. Atropin hat eine lindernde Wirkung, da es die Natriumkanäle besetzt und so den Natriumioneneinstrom verringert.*



## Reflexe (Seite 213)

- ① Lösen Sie den Kniesehnenreflex aus. Achten Sie auf die Reihenfolge von Reaktion und bewusster Wahrnehmung.
  - *Hinweis: Ursachen für das Nichtgelingen des Versuchs können das Nichttreffen der Grube unter der Kniescheibe sein oder die Tatsache, dass die Beinmuskeln nicht entspannt sind. Bei richtiger Durchführung kann die Versuchsperson wahrnehmen, dass das Hochschnellen des Unterschenkels erst wahrgenommen wird, nachdem die Reaktion erfolgt ist.*
- ② Neugeborene zeigen einen Greifreflex, der sich durch Berühren der Handinnenfläche auslösen lässt. Klassifizieren Sie den Reflex und geben Sie seine biologische Bedeutung an.
  - *Wird die Hand als ein Körperteil aufgefasst, so muss der Greifreflex als ein Eigenreflex gelten, allerdings werden zum Greifen wesentlich die Fingermuskeln angespannt, die nicht Ort der Reizung sind (Fremdreflex). In jedem Fall muss es sich um einen polysynaptischen Reflex handeln, da die Muskeln aller Finger beteiligt sind, und zwar jeweils Agonist und Antagonist.*
- ③ Der Herzschlag wird beim Menschen durch ständige, periodische Signale eines Muskelknotens (Sinusknoten) ausgelöst. Vergleichen Sie diesen Vorgang mit dem Ablauf eines Reflexes.
  - *Die rhythmische Kontraktion beruht auch auf einer einfachen Nervenschaltung, wird aber nicht durch singulär auftretende Außenreize ausgelöst.*
- ④ Beschreiben Sie anhand der Abbildung 4 die Fortleitung der Erregung beim Reflexbogen.
  - *Ausgelöst durch die Dehnung der Muskelspindel entsteht ein Rezeptorpotential im sensorischen Neuron, das in eine fortgeleitete Erregung übersetzt und in dieser Form über das Axon als Afferenz zum ZNS hingeleitet wird. An seiner Synapse zum motorischen Neuron entsteht nach der Transmitterausschüttung ein graduiertes Potential (EPSP), das über den Zellkörper bis zum Axonhügel gelangt und dort in eine fortgeleitete Erregung umgesetzt wird (Efferenz, vom ZNS zum Muskel hin). An den motorischen Endplatten sind nach der Transmitterausschüttung lokale, graduierte Potentiale messbar, deren Summe zur Muskelkontraktion führt.*

## Das Gehirn: Ort des Gedächtnisses (Seite 217)

- ① Beschreiben Sie, welche synaptischen Veränderungen die Informationsspeicherung ermöglichen.
  - *Der Informationsspeicherung ermöglicht die Verstärkung bestehender synaptischer Verbindungen zwischen Neuronen oder die Ausbildung neuer Synapsen.*
- ② Vergleichen Sie in Abbildung 3, welche Teile des Gehirns beim Wahrnehmen und Erinnern aktiv sind.
  - *Bei der Wahrnehmung von Bildern treten ausgedehnte Aktivitäten der primären und sekundären sensorischen Sehfelder in beiden Hemisphären auf. Beim Erinnern ist nur in der linken Hemisphäre ein kleiner Bereich aktiv. Er liegt an der gleichen Stelle, die auch beim Wahrnehmen aktiv ist.*  
*Bei der Wahrnehmung von Klängen treten in beiden Hemisphären einigermaßen symmetrisch verteilt an jeweils zwei Stellen Aktivitäten auf. An der Farbwiedergabe ist erkennbar, dass im dem Bereich mit der größeren Ausdehnung die Aktivität nicht überall gleich intensiv ist.*  
*Beim Erinnern sind nur in der linken Hemisphäre an zwei Orten Aktivitäten registrierbar. Sie befinden sich an der gleichen Stelle, die auch beim Wahrnehmen aktiv werden, jedoch sind sie kleiner.*
- ③ Erklären Sie, soweit möglich, die Bedeutung der unten aufgeführten Lerntipps.
  - *Nicht alle bekannten Regeln lassen sich schlüssig erklären. Hier Erklärungsmöglichkeiten zu einigen Lerntipps:*
    - *Interesse an der Sache verbessert die Lernleistung.*  
*Die Bereitschaft, sich mit einer Sache zu beschäftigen, verbessert den Speichervorgang. Möglicherweise werden dabei mehr Hinweisreize abgespeichert als bei geringem Interesse am Lerngegenstand.*
    - *Neues immer wieder mit Bekanntem verknüpfen.*  
*Das verbessert die Speicherung. Bekanntes stellt Hinweisreize dar, mit deren Hilfe Erinnern besser gelingt.*
    - *Lernstoff portionieren und auf verschiedene Tage verteilen.*  
*Für dauerhaftes Lernen werden im Laufe der Zeit neue synaptische Verknüpfungen angelegt. Dieser Vorgang unterliegt vermutlich gewissen Einschränkungen und kann nicht beliebig intensiviert werden.*
    - *Gelerntes mehrfach wiederholen.*  
*Mehrfaches Abrufen der gespeicherten Information verbessert die Speicherung.*
    - *Regelmäßig Lernpausen einlegen*  
*Für dauerhaftes Lernen werden im Laufe der Zeit neue synaptische Verknüpfungen angelegt. Möglicherweise wirken Lernpausen unterstützend für die Ausbildung dieser Verknüpfungen und wirken daher konsolidierend beim Gedächtnisprozess.*
    - *Das Gehirn verarbeitet Erfahrungen im Schlaf und bei körperlicher Aktivität. Nach dem Lernen u.ä.), sondern Sport treiben oder ausruhen.*  
*Emotional stark beanspruchende Aktivitäten führen zur Extinktion. Möglicherweise kommt es nicht zur Konsolidierung frisch gelernter Sachverhalte, indem die Ausbildung zugehöriger synaptischer Verknüpfungen unterbleibt, möglicherweise zugunsten der Ausbildung anderer Verknüpfungen.*

### 3 Bau und Funktion des Nervensystems

#### Das Nervensystem des Menschen (Seite 221)

- ① In Stresssituationen wird durch den Sympathicus die Leistungsfähigkeit gefördert. Zivilisationskrankheiten, wie z. B. erhöhtes Infarktrisiko, Vergrößerung der Nebennieren, Störung des Sexualverhaltens u.a. werden auch auf Dauerstress zurückgeführt. Zeigen Sie die Zusammenhänge auf (Abb. 2).
- *Infarkt: Bei Dauerstress kommt es zu einer dauerhaften Erhöhung des Blutdrucks. Erhöhter Blutdruck ist ein Risikofaktor für die Arterienverkalkung und damit für den Herzinfarkt. Hinweis: Beim Herzinfarkt wird der Herzmuskel nicht mehr ausreichend mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgt. Bei dauerndem Stress schlägt das Herz schneller und braucht daher mehr Sauerstoff und Nährstoffe zur Bedarfsdeckung. Sind bei einem Menschen die Arterien bereits zum Beispiel durch Arterienverkalkung verengt, kann nicht mehr so viel Blut hindurchfließen wie für das schnell schlagende Herz notwendig wäre. Folge ist eine relative Unterversorgung des Herzens (Angina pectoris) mit Herzinfarkt ähnlichen Beschwerden.*
- Nebennierenvergrößerung: Die Stresshormone Adrenalin, Noradrenalin und bei Dauerstress auch Cortisol werden in den Nebennieren gebildet. Bei Dauerstress müssen diese Hormone dauerhaft in größeren Mengen gebildet werden, entsprechend vergrößert sich die endokrine Drüse, die Nebenniere.*
- Sexualverhalten: Die Sexualfunktionen sind komplex gesteuert. Sowohl der Sympathicus als auch der Parasympathicus sind beteiligt. Die Erektion des Mannes wird parasympathisch gesteuert. Bei Menschen, die im Dauerstress leben und diesen auch außerhalb der Arbeitswelt empfinden, besteht eine andauernde Stimulation des Sympathicus. Da das sympathische und das parasympathische System häufig gegensätzliche Wirkungen im Körper haben, ist in diesem Zustand die parasympathisch gesteuerte Erektion nur erschwert möglich. Folgen können zusätzlicher Stress auch im Sexualverhalten sein, was einer Erektion weiter abträglich ist. Abgesehen davon erscheint ein Partner im Dauerstress in einer Beziehung nicht unbedingt attraktiv.*

# Verhaltensbiologie

## 1 Grundlagen zum Verhalten

### Wahlversuche (Zettelkasten Seite 230)

- ① Analysieren Sie den Versuchsaufbau und erläutern Sie das Ergebnis unter Berücksichtigung kausaler und funktionaler Gesichtspunkte.
  - *Durch die Versuchsanordnung können sich die beiden Männchen nicht sehen und damit auch nicht gegenseitig beeinflussen. Die Partnerwahl des Weibchens wird offensichtlich nur durch die Größe und Balzdarbietungen des jeweiligen Männchens beeinflusst. Die Versuchsplanung ging also vermutlich von der Hypothese aus, dass Buntbarschweibchen ihre Männchen nach bestimmten Kriterien aussuchen und die Verpaarung nicht durch den Kampf der Männchen untereinander entschieden wird. Die Wahl des größeren Männchens legt den Schluss nahe, dass die Größe ein Indikator für die Eignung des Männchens im Sinne väterlicher Fürsorge ist. Größere Männchen können z. B. bessere Beschützer oder aggressivere Verteidiger sein.*

### Prägung (Seite 231)

- ① „Jemand hat mich geprägt!“ Erklären Sie, ob diese Aussage biologisch stimmt.
  - *In der Biologie ist der Begriff „Prägung“ streng definiert, bei der die auslösenden Reize für angeborene Verhaltensweisen erlernt werden. Die Prägung kann nur in der sensiblen Phase stattfinden und ist in der Regel irreversibel und unabhängig von Belohnungen. eine Person kann also einen großen Einfluss auf einen anderen Menschen haben, prägen im biologischen Sinne kann dies den Menschen (zum Glück) allerdings nicht.*

### Konditionieren und Erziehung (Seite 233)

- ① Ein Kind räumt nur sehr selten seine Spielsachen weg. Erarbeiten Sie mithilfe jeder der im Text genannten operanten Konditionierungsarten einen Plan, wie erreicht werden kann, dass das Kind aufräumt.
  - *Wenn das Kind auch nur einzelne Spielsachsen wegräumt, wird dies konsequent durch Belohnungen verstärkt. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass das Kind zunehmend mehr Ordnung schafft.*
- ② Beurteilen Sie anhand von Abbildung 1 mögliche Gefahren von Filmen und Comics auf Kinder.
  - *Das Beobachten von Gewalt, deren Ausführung belohnt wird, führt bei Filmen und Zeichentrickmodellen zu einem höheren allgemein aggressiven Umgang als die Live-Beobachtung. Auch die direkte Nachahmung von Gewalttaten wird erheblich gesteigert. Der Versuch legt nahe, dass die Beobachtung von Gewalt mittels dieser beiden Medien aggressives Verhalten verstärkt.*

## 2 Verhalten in Populationen

### Aggression und Rangordnung (Seite 243)

- ① Begründen Sie auf der Grundlage einer Risikoabwägung, warum die Männchen häufiger Rangordnungen ausbilden als die Weibchen.
  - *Kämpfe zwischen Tieren einer Art bergen immer ein großes Verletzungsrisiko (Kosten), das durch Vorteile (Nutzen) bei einem Sieg ausgewogen werden muss. Da der Nutzen für Männchen – durch Zugang zu Weibchen mehr Nachkommen zeugen zu können – meist wesentlich größer ist als für Weibchen, die um Futter kämpfen, sind Kämpfe um Rangordnungen bei Männchen häufiger.*

### Verhalten und Computerspiele (Seite 245)

- ① Erstellen Sie ein klassisches Konditionierungsschema, das zeigt, wie bei Gewalt verherrlichenden Computerspielen eine Assoziation zwischen brutalem Töten und Glücksgefühlen beim Spieler entstehen kann.
  - *Bei diesen Spielen wird das Glücksgefühl beim Spielgewinn mit brutalem Töten assoziiert.*
- ② Erstellen Sie ein Informationsplakat, in dem Sie alle relevanten Einzelinformationen zusammenstellen. Geben Sie klar Auskunft, wer besonders gefährdet ist. Beenden Sie Ihr Plakat mit Ihrem persönlichen Fazit, ob Sie Gewalt verherrlichende Computerspiele als gefährlich einschätzen oder nicht.
  - *Da die Assoziation von Glücksgefühl beim Spielgewinn mit brutalem Töten in der Regel unbewusst erfolgt, könnte man sich vorstellen, dass entsprechend labile Menschen nach dieser Konditionierung Glücksgefühle beim brutalen Töten von Menschen empfinden.*
- ③ Fassen Sie zusammen: Warum kann Ausleben von Gewalt zu mehr Gewalt führen?
  - *Neuere Befunde sprechen eher gegen die Frustrations-Aggressions-Hypothese und für die Theorie des Modelllernens, die annimmt, dass das Ausleben von Gewalt zu einer Verstärkung der Aggression führt. Ist das Ausleben der Gewalt zusätzlich mit einer Belohnung verknüpft, sei es direkt im Sinne der operanten Konditionierung oder indirekt im Sinne des Modelllernens, kann dies die Aggression weiter verstärken.*

# Immunbiologie

## 1 Krankheitserreger und Immunsystem

### Bakterien (Seite 248)

- ① Antibiotika töten pathogene und apathogene Bakterien. Erklären Sie, warum häufig nach einer Antibiotikatherapie bakteriell verursachter Durchfall auftritt.
  - Neben dem erwünschten Abtöten der pathogenen Erreger werden auch die apathogenen Bakterien unter anderem im Darm abgetötet. Bei der Neubesiedlung des Darms nach der Antibiotikatherapie wird dieser dann häufig zuerst von pathogenen Durchfall verursachenden Bakterien besiedelt.
- ② „Händewaschen ist der wichtigste Schutz vor Übertragung von bakteriellen Infektionskrankheiten.“ Erklären Sie anhand der Eigenschaften der Bakterien, warum diese Vorbeugung einer nachträglichen Antibiotikatherapie vorzuziehen ist.
  - Einmal in den Körper eingedrungen, vermehren sich Bakterien exponentiell, d.h. die Bakterienlast ist dann sehr viel höher und der Betreffende leidet bereits unter den Krankheitssymptomen. Außerdem besteht immer die Möglichkeit, dass sich eine Antibiotikaresistenz ausbildet und die Krankheit dann schwerwiegend verläuft.
- ③ Informieren Sie sich über den Unterschied zwischen hygienischer und chirurgischer Händedesinfektion.
  - Chirurgische Händedesinfektion: Ziel: Abtöten aller pathogener und apathogener Mikroorganismen; Durchführung: Zwei Minuten Hände und Unterarme mit Seife waschen, dann 5 Minuten mit alkoholischem Desinfektionsmittel einreiben.
  - hygienische Händedesinfektion: Ziel: Abtöten aller pathogenen Mikroorganismen nach Patientenkontakt; Durchführung: 30 bis 60 Sekunden Einreiben mit alkoholischem Desinfektionsmittel, danach ggf. Hände waschen.

### Angepasstheit von Bakterien: Genetische Rekombination (Seite 249)

- ① Erklären Sie die Mechanismen, die bei zu kurzem und übermäßigem Einsatz von Antibiotika zu Resistenzentstehung führen können.
  - Nach kurzem Antibiotikaeinsatz sind noch nicht alle Bakterien abgetötet. Nach Absetzen des Antibiotikums sinkt der Antibiotikumspiegel im Blut. Bakterien, die verblieben sind und Ansätze von Resistenzen haben, können bei den niedrigen Antibiotikaspiegeln überleben und sich anschließend wieder vermehren. Wird das Antibiotikum erneut gegeben, wird es mindestens erheblich weniger wirksam sein.
- ② Die Transduktion kann auch in der Gentechnik angewandt werden. Welche Nachteile hat diese im Vergleich zur Transformation?
  - Bei der Transduktion werden neben den gewünschten Genen auch die Gene des Phagen übertragen, was unvorhersehbare Folgen haben kann.

### Viren (Seite 250)

- ① Stellen Sie den Mechanismus zusammen, wie auch einem Vogelgrippevirus, der nur über direkten Kontakt zu Geflügel übertragen wird, und dem menschlichen Grippevirus ein hochgefährlicher neuer Grippevirus entstehen kann.
  - Es müsste zu einer Rekombination kommen, d.h. ein Mensch muss gleichzeitig durch direkten Kontakt mit Geflügel an der Vogelgrippe und an einer durch den menschlichen Grippevirus verursachten Grippe erkranken. Unter diesen Umständen besteht die Möglichkeit der Rekombination zu einem neuen hoch gefährlichen Grippevirus.

### Mechanismen des Immunsystems (Seite 253)

- ① Beschreiben Sie mit einem Flussdiagramm, wie die Symptome einer Entzündung entstehen.
  - Makrophagen phagozytieren Bakterien ... geben Cytokine ab ... Erweiterung von Blutgefäßen (Rötung); Mastzellen geben Histamin ab ... erhöhte Durchlässigkeit der Kapillarwände ... Blutplasma tritt vermehrt aus (Schwellung) ... Druck auf Nervenenden (Schmerz).
- ② Begründen Sie, warum die Entzündungsreaktion zur unspezifischen Abwehr gezählt wird.
  - Weil die eingedrungenen Bakterien lediglich als fremd erkannt werden, zählt die Entzündungsreaktion zur unspezifischen Abwehr.

### Spezifisches Abwehrsystem (Seite 255)

- ① Erklären Sie, warum eine Hepatitis-A-Impfung keinen Schutz gegen Hepatitis B gibt.
  - Im Laufe der Immunisierung werden spezifische Antikörper gegen das verabreichte Antigen gebildet, d.h. im vorliegenden Fall hat der Körper Antikörper gebildet, die nur für Antigene des Hepatitis A Virus spezifisch sind (und damit nicht „passend“ für andersartige Antigene wie z.B. die Antigene des Hepatitis B Virus).

- ② Wie ist es möglich, dass ein Erwachsener, der als Kind gegen Kinderkrankheiten, z.B. Poliomyelitis, geimpft worden ist, als Erwachsener daran erkrankt?
- *Das Prinzip der Impfung ist die Bildung von Gedächtniszellen. Je nachdem, in welchem Maße der Impfstoff die Bildung von Gedächtniszellen anregt, liegen nach einer bestimmten Zeit (meist zwischen 1 und 10 Jahren) nicht mehr ausreichend Gedächtniszellen vor, um eine Immunität zu gewährleisten. Deshalb wird eine Auffrisch- („Booster-) Impfung verabreicht, sodass wieder ausreichend neue Gedächtniszellen gebildet werden.*
- ③ Überlegen Sie mithilfe des Textes, wann eine passive Impfung unbedingt angebracht ist.
- *Wird ein nicht Immunisierter infiziert, kann dieser vor dem Ausbruch der Krankheit (so ein entsprechender passiver Impfstoff vorliegt) durch eine passive Impfung geschützt werden, bei der bereits (z.B. von einem Pferd) gebildete spezifische Antikörper verabreicht werden. Bei der passiven Impfung ist zu beachten, dass der Impfschutz nur so lange besteht, bis der Körper die fremden Antikörper abgebaut hat.*
- ④ Kinderärzte bezeichnen das Nicht-Impfen von gesunden Kindern als „unsozial“. Wie lässt sich dies erklären?
- *Ein Geimpfter schützt nicht nur sich selbst vor der Krankheit, sondern verhindert gleichzeitig deren Ausbreitung. Auf diese Art und Weise sind Menschen, die aus medizinischen Gründen nicht geimpft werden können (bzw. bei Auslandsreisen Menschen in Drittstaaten, die sich aus ökonomischen Gründen nicht impfen lassen konnten) relativ sicher.*

## 2 Wenn die Abwehr fehlschlägt

### AIDS (Seite 259)

- ① Notieren Sie Faktoren, die dazu führen, dass die HI-Viren nicht wirkungsvoll vom Immunsystem bekämpft werden können.
- *In den T-Helferzellen sind Viren nur über die zelluläre Immunreaktion zu bekämpfen. Für die Aktivierung von T-Killerzellen sind jedoch T-Helferzellen nötig. Durch die Zerstörung von T-Helferzellen ist das Immunsystem aber stark geschwächt.*
- ② Reverse Transkriptase schreibt RNA in DNA um. Erklären Sie, warum ein Hemmstoff gegen dieses Enzym die Virenvermehrung eindämmt und gleichzeitig menschliche Zellen schont.
- *Das Enzym Reverse Transkriptase ist notwendig, um virale RNA in DNA umzuschreiben und ins Genom von Zellen zu integrieren. Durch die Hemmung dieses Enzyms kann der Neubefall von Zellen eingedämmt werden. Gesunde menschliche Zellen enthalten keine Reverse Transkriptase und werden daher durch den Hemmstoff auch nicht geschädigt.*
- ③ Das Enzym Reverse Transkriptase arbeitet sehr ungenau. Erklären Sie, warum HI-Viren oft neue Varianten bilden.
- *Durch Schreibfehler bei der Reversen Transkription werden veränderte DNA-Stränge in das Genom eingebaut und so neue Varianten von HI-Viren gebildet.*
- ④ Beschreiben Sie mit Hilfe der Abb. 3 den Unterschied zwischen einer HIV-Infektion und der Krankheit AIDS.
- *Eine HIV-Infektion liegt vor, wenn HI-Viren im Körper sind. Das Krankheitsbild AIDS ist durch eine geringe Zahl von T-Zellen und gleichzeitig eine hohe Viruslast gekennzeichnet. Opportunistische Infektionen sind dann häufig.*
- ⑤ Geben Sie mögliche Gründe für die Zunahme der HIV-Infektionen in Deutschland an.
- *In den Medien spielt die AIDS-Prävention heute keine große Rolle. Deshalb denken viele Menschen, dass die Gefahr einer HIV-Infektion gesunken sei. Zudem werden Fortschritte bei der AIDS-Therapie falsch verstanden. Manche Bürger sind der falschen Ansicht, dass AIDS inzwischen heilbar sei. Dabei kann lediglich der Verlauf unter oft starken Nebenwirkungen verzögert werden.*

### Transplantation (Seite 263)

- ① Beschreiben Sie den Vorgang der Abstoßung eines Hauttransplantats nach Abbildung 2.
- *Nach der Transplantation bilden sich neue Blutgefäße, die das transplantierte Gewebe mit Blut versorgen. Nach einigen Tagen kommt so das Transplantat verstärkt mit Leukocyten in Kontakt und wird durch die zelluläre Immunreaktion abgestoßen.*
- ② Im Jahre 1907 gelang dem Wiener Arzt EDUARD ZIRM die erste erfolgreiche Transplantation einer Augenhornhaut. Erklären Sie, warum diese Transplantation ohne Verwendung von Immunsuppressiva gelingen konnte.
- *Die Hornhaut ist nicht durchblutet. Daher gelangen keine Leukocyten zum fremden Gewebe und die Abstoßung bleibt aus.*
- ③ Schildern Sie die Auswirkungen auf die Organspende, wenn der Tod erst nach dem vollständigen Ausfall aller Organe festgestellt werden dürfte.
- *Damit wären die Organe stark geschädigt und für eine Transplantation kaum mehr verwertbar.*

### Organspende – Pro und Contra (Zettelkasten Seite 263)

- ① Notieren Sie, mit welchen Argumenten die beiden Personen ihre Haltung zur Organspende begründen und nehmen Sie selbst Stellung zur Problematik der Organspende.
- *Herr Ketzler betont die Not der Patienten, die auf eine Organspende angewiesen sind. Er zweifelt nicht an der korrekten Feststellung des Todes. Herr Jöms zweifelt die Diagnose Hirntod an und geht stattdessen von einem längeren Sterbeprozess aus. Dieser Prozess soll nach seiner Ansicht nicht durch eine Organentnahme gestört werden.*

# Ökologie

## 1 Angepasstheit und ökologische Potenz

### Der Einfluss der Temperatur auf Lebewesen (Seite 267)

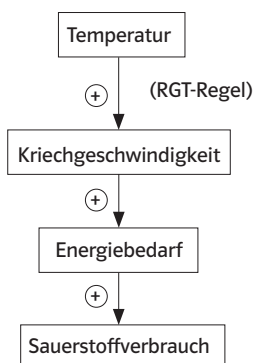
- ① Vergleichen Sie das Vorkommen und die Laichzeiten von Bachforelle und Karpfen mit den Laborergebnissen (Abb. 4).
  - Die Alttiere der Bachforelle haben ein Temperaturoptimum von ca. 8–12 °C. Damit sind sie an ihr Habitat (relativ kalte Gebirgsbäche) gut angepasst. Auch die Laichzeiten im Winter steht im Einklang mit dem Optimum bei noch tieferen Temperaturen von 4–6 °C. Der Karpfen dagegen zeigt ein Temperaturoptimum von ca. 12–26 °C. Damit ist diese eurypotente Art an die Verhältnisse in stehenden Gewässern gut angepasst, da die Temperatur dort im Jahresverlauf stark schwankt. In Gebirgsbächen dagegen ist im Jahresverlauf keine große Temperaturschwankung zu beobachten. Dazu passt die Stenopotenzen der Bachforelle. Die Laichzeit des Karpfens steht im Einklang mit den Ansprüchen des Karpfenlaichs (hohe Temperaturen zwischen 17 °C und 28 °C).
- ② Vergleichen Sie die Toleranzkurve des Mehlwurms (Abb. 3) mit der Temperaturabhängigkeit der Enzymaktivität (Abb. 58.2).
  - Beide Kurven zeigen ein sehr ähnliches Maximum und ähnliche Grenzwerte. Das deutet darauf hin, dass die Temperaturtoleranz des Mehlwurms durch die physiologischen Grenzen seiner Enzymaktivität bestimmt wird.

### Das Konzept der ökologischen Nische (Seite 271)

- ① Leiten Sie die Punkte A, B und C in Abbildung 1b aus der Abbildung 3a ab.
  - Punkt A und C beziehen sich auf eine Lufttemperatur von 27 °C, die auch im unteren Diagramm bei 60%iger Luftfeuchtigkeit direkt ablesbar ist (Überlebensrate von 90 %). Punkt C findet sich bei gleicher Temperatur und 90%iger Luftfeuchtigkeit; die Überlebensrate beträgt etwa 85 %. Punkt B findet sich im linken oberen Diagramm (12 °C, 20%ige Überlebensrate, dagegen nicht im unteren Diagramm, da dort keine Werte für 12 °C angegeben sind).
- ② Vergleichen Sie die unterschiedlichen Temperaturoptima des Apfelwicklers bei verschiedener Luftfeuchte mit den Lebensbedingungen der Puppe (Internet).
  - Der Apfelwickler überwintert als Raupe, die sich ungefähr Mitte April (je nach Witterung) bis Anfang Mai verpuppt. Die nächste Generation verpuppt sich im Juli. Mitte April ist es deutlich kühler, aber auch feuchter als im trockeneren und wärmeren Juli. Die Merkmalskombination trocken/warm und feucht/kühl entspricht tendenziell also diesen beiden Generationen und kann als Angepasstheit aufgefasst werden. Es ist aber noch eine andere Deutung als Angepasstheit möglich: Die Puppen finden sich entweder im Boden (kühler, feucht) oder in Ritzen der Baumrinde (wärmer und trocken, wenn sonnenexponiert).

### Material: Die ökologische Nische von Strudelwürmern (Seite 272)

- ① Stellen Sie fest, in welchen Temperaturgrenzen die drei Arten jeweils im Bachsystem A vorkommen.
  - Verbreitung: *Cr. alpina* bis ca. 7°C, *P. felina* von 7 °C bis 13°C, *D. gonocephala* oberhalb von 13°C.
- ② Stellen Sie den Zusammenhang zwischen Sauerstoffverbrauch (Abb. 3), Kriechgeschwindigkeit (Abb. 4) und Temperatur in einem Pfeildiagramm dar (Symbolik wie Seite 271).
  - siehe Abbildung



- ③ Erläutern Sie die Konsequenzen bezüglich der Temperaturtoleranz, die Sie bei den drei Arten erwarten.
  - Der hohe Sauerstoffbedarf von *Cr. alpina* setzt dieser Art physiologische Grenzen: Im wärmeren Wasser ist der Sauerstoffgehalt zu gering bzw. der Sauerstoffverbrauch zu hoch. Deshalb ist diese Art stenopotent und an kaltes Wasser angepasst. *D. gonocephala* ist dagegen an wärmeres Wasser angepasst, da sein Sauerstoffbedarf am geringsten ist. Falls die geringe Kriechgeschwindigkeit kein Problem ist (Nahrungserwerb), sollte diese Art sehr eurypotent bezüglich der Temperatur sein.

- ④ Stellen Sie eine begründete Hypothese zur Verbreitung der drei Arten im Bachsystem A auf.
- Die Verteilung der drei Arten legt den Verdacht nahe, dass sie sich gegenseitig ausschließen.  
Hypothese: Das Material erlaubt als Hypothese nur die Annahme, dass es um Nahrungskonkurrenz geht. Da alle drei Arten dieselbe knappe Ressource Nahrung nutzen, kann nach dem Konkurrenzausschlussprinzip jeweils nur die bestangepasste in einem Abschnitt existieren. *Cr. alpina* ist kälteangepasst und dort auch am schnellsten. Das ist ein Vorteil beim Nahrungserwerb. *Cr. alpina* ist den beiden anderen Arten in der Jagd überlegen. Möglicherweise vermindert seine Population die Beutedichte so stark, dass sie für die Existenz der beiden anderen Arten zu gering wird. *D. gonocephala* ist als langsamster Strudelwurm am konkurrenzschwächsten. Er kann nur dort existieren, wo die beiden anderen Arten aufgrund der physiologischen Grenzen nicht vorkommen. *Polycelis f.* ist konkurrenzstärker als *D. gonocephala*, aber konkurrenzschwächer als *Cr. alpina*.
- ⑤ Nennen Sie mögliche Gründe für das Fehlen von *Polycelis felina* in Bach B.
- Für *Polycelis f.* liegt ein pH-Wert von 7,5 bereits im Pessimum. *D. gonocephala* und *Cr. alpina* dagegen können diesen pH-Wert noch gut tolerieren. Dagegen liegt der pH-Wert von 6,7 im deutschen Bachsystem für alle drei Arten im Optimum. Deshalb können dort alle drei Arten gut existieren.
- ⑥ Vergleichen Sie die Verbreitung der Arten in den beiden Bachsystemen und nennen Sie eine mögliche Erklärung für die Unterschiede.
- Im französischen Bachsystem besetzt *D. gonocephala* die Temperaturzone des fehlenden *Polycelis felina*. Das ist möglich, da dieser Temperaturbereich für ihn keine physiologische Barriere darstellt, sondern nur eine ökologische (Hypothese: Konkurrenz). Fehlt der Konkurrent, kann sich *D. gonocephala* hier ausbreiten.
- ⑦ „Bei konkurrenzstarken Arten gleicht die Fundamentalnische weitgehend der Realnische.“ Überprüfen Sie, inwieweit diese Regel im vorliegenden Fall zutrifft.
- Die Fundamentalnische ist physiologisch und nicht durch Konkurrenz begrenzt. Bei *Cr. alpina* entspricht die Fundamentalnische völlig der Realnische. Da diese Art am konkurrenzstärksten ist, entsprechen sich diese beiden Nischenelemente. Bei *D. gonocephala* ist die Fundamentalnische (hier: ökologische Potenz bezüglich Temperatur und Sauerstoff) sehr breit, er ist weitgehend bezüglich Temperatur und pH-Wert eurypotent. Die Realnische ist nur ein kleiner Ausschnitt dieser Fundamentalnische, da in weiten Teilen die konkurrenzstärkeren Arten dominieren und *D. gonocephala* verdrängen. *P. felina* ist konkurrenzstärker als *D. gonocephala* aber konkurrenzschwächer als *Cr. alpina*. Das legen der Sauerstoffverbrauch und die Kriechgeschwindigkeit nahe.

### Praktikum: Untersuchungen zur ökologischen Nische (Seite 273)

- ① Erstellen Sie jeweils für jedes Untersuchungsgebiet und für jede Art folgendes Raster bzw. Diagramm:
- senkrecht Beleuchtungsstärke, waagrecht Temperatur
  - Häufigkeitsverteilung der Arten in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke.
  - individuelle Lösung
- ② Vergleichen Sie die Umweltansprüche beider Arten.
- individuelle Lösung
- ③ Bestimmen Sie alle 15 Minuten die Verteilung der Individuen auf der Temperaturorgel. Verändert sich die Verteilung nicht mehr wesentlich, tragen Sie diese Ergebnisse als Häufigkeitsverteilung grafisch auf.
- individuelle Lösung
- ④ Berechnen Sie die Temperaturmittelwerte für beide Arten.
- individuelle Lösung
- ⑤ Vergleichen Sie diese Ergebnisse mit Ihren Freilandergebnissen.
- individuelle Lösung
- ⑥ Untersuchen Sie, ob die Arten eher Licht oder Schatten bevorzugen.
- Bei kleinen Arten kann der Deckel einer Petrischale zur Hälfte dunkel beklebt werden. Die Tiere werden in die Schale gesetzt und mit dem Deckel zugedeckt (heller Raum). Nach einiger Zeit werden die Individuen im hellen und dunklen Bereich ausgezählt.
- ⑦ Wandeln Sie die oben beschriebenen Untersuchungen so ab, dass Sie die ökologischen Ansprüche und Präferenzen verschiedener Asselarten bezüglich Temperatur und Luftfeuchtigkeit untersuchen können.
- Durch Erwärmung einer Hälfte der Petrischale von unten bzw. das Auslegen der Petrischale mit Filterpapier (halb feucht, halb trocken) wird der Aufenthalt nach einiger Zeit bei sonst gleichen Umweltbedingungen verglichen.

## Konkurrenz um Ressourcen (Seite 275)

- ① Untersuchen Sie mithilfe der Abbildung 250.1, inwieweit alle Faktoren mit wechselseitiger Beeinflussung als Ressourcen bezeichnet werden können.
  - *Faktoren wie Fressfeinde und Artgenossen (Konkurrenten) stehen auch in wechselseitiger Beeinflussung, sind aber keine Ressourcen. Manche Ressourcen wie Sauerstoff oder der Flugraum zeigen bei Landtieren nicht die typischen Kriterien einer Ressource, nämlich bei hoher Populationsdichte zu verknappen. Dazu ist das Angebot zu groß und der Verbrauch zu gering.*
- ② Vergleichen Sie die Fundamental- und die Realnische der Waldbäume (Abb. 3 und Randspalte) und erklären Sie die Unterschiede.
  - *Rotbuche: Fundamentalnische (Optimum) und Realnische gleichen sich weitgehend. Das spricht für Konkurrenzstärke. Diese begründet sich in den minimalen Lichtansprüchen der Jungbäume, die als einzige unter dem tatsächlich im Rotbuchenwald herrschenden Lichtangebot liegen.  
Die Stieleiche kann nur in den Bereichen als dominierende Baumart existieren, die außerhalb des Optimums der Rotbuche liegen. Vermutlich ist in diesem Fall das Blätterdach der Rotbuche nicht so dicht, damit fällt mehr Licht auf den Boden und auch Jungeichen können existieren. Unklar bleibt, weshalb sich nicht trotzdem die Jungbuchen neben der Stieleiche behaupten.  
Die Waldkiefer hat die höchsten Lichtansprüche. Diese sind weder im Buchen- noch im Eichenwald erfüllt. Jungkiefen können also nur in Bereichen aufwachsen, in denen diese beiden Baumarten nicht – oder nur schlecht – existieren können. Da sie die konkurrenzschwächste Art sind, ist ihre Realnische am meisten eingeschränkt.*

## 2 Populationsökologie

### Grundlagen der Populationsökologie (Seite 277)

- ① Erklären Sie unter Verwendung von Abbildung 2, wie sich die menschliche Population wahrscheinlich in Zukunft verändern wird.
  - *Die menschliche Bevölkerung befindet sich noch im exponentiellen Abschnitt der Wachstumskurve. Es ist zu erwarten, dass begrenzende Faktoren zunehmend an Gewicht gewinnen werden. Dann würde die Kurve in den logistischen Teil übergehen und an die Kapazität oszillieren.*

### Parasitismus (Seite 280)

- ① Überprüfen Sie anhand der genannten Beispiele, welche Basiskonzepte angesprochen werden.
  - *Ektoparasiten sind durch spezielle Haftorgane und ihren flachen Körperbau optimal an den jeweiligen Wirt angepasst. Hier wird das Basiskonzept „Variabilität und Angepasstheit“ angesprochen.  
Die geringe Größe, die Spezialisiertheit und der Wirtswechsel der Endoparasiten (hier Kleiner Leberegel) zeigen eine enorme Angepasstheit an den jeweiligen Wirt („Variabilität und Angepasstheit“). Durch den Vermehrungszyklus des Egels wird das Basiskonzept „Reproduktion“ angesprochen. Darüber hinaus findet ein regulierender Prozess statt, der die infizierte Ameise auf einem Grashalm verharren lässt, was das Basiskonzept „Steuerung und Regelung“ anschneidet.*

## 3 Ökosysteme

### Primärproduktion (Seite 283)

- ① Erklären Sie, inwieweit der zunehmende Fleischkonsum den Hunger in der Welt begünstigt.
  - *Von einer Trophiestufe zur nächsten geht ein großer Teil der Energie verloren, d.h. um die gleiche Energie mit Fleisch bereitzustellen zu können, ist ein Vielfaches an Energie in Form von Futterpflanzen notwendig (die z.B. im Falle von Mais dem Menschen bereits als Nahrung dienen könnten).*

### Stoffkreislauf und Energiefluss (Seite 285)

- ① Stellen Sie anhand der Abbildung 1 Bildungsprozesse (Quellen) und fixierende Prozesse (Senken) für Kohlenstoffdioxid gegenüber.
  - *Bildungsprozesse (Quellen): Zellatmung; Zersetzung durch Destruenten; Brände; zivilisatorischer Verbrauch; Atmung und Zersetzung durch Konsumenten und Destruenten im Meer  
fixierende Prozesse (Senken): Fotosynthese der Produzenten; chemische und geologische Prozesse; Ablagerung in Sedimenten*
- ② Berechnen Sie von der Strahlungsenergie, die täglich auf die Atmosphäre trifft, den bis zur Erdoberfläche gelangenden Anteil (in %).
  - *auf die Atmosphäre treffende Energie = 100 000 (kJ/m<sup>2</sup> x Tag), entspricht 100 %;  
bis zur Erdoberfläche durchgedrungene Energie = 10 000 (kJ/m<sup>2</sup> x Tag), entspricht 10 %.*



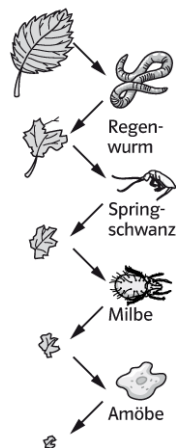
- ③ Eine Wassermühle soll als Modellvorstellung für die enge Verbindung zwischen Stoffkreislauf und Energiefluss dienen. Erläutern Sie die Vorzüge und Grenzen der Modellvorstellung.
- *Stoffe reagieren unter Energieaufnahme – Rad dreht sich; Energie wird dabei (teilweise) entwertet. Energiefreisetzung durch Stoffumwandlungen wird nicht dargestellt.*

### Ökosystem Wald (Seite 287)

- ① Der Massenbefall durch Laub fressende Schadinsekten stellt nur sehr selten eine wirkliche Bedrohung für die betroffenen Wälder dar. Begründen Sie diese Aussage.
- *Physiologische Begründung: Bäume haben nur einen relativ kleinen Teil ihrer Biomasse als Laubblätter angelegt. Bei Verlust der Blätter reichen die Mineralstoffvorräte in der Regel für einen neuen Austrieb aus. Die Insektenlarven sind dann durch Verpuppung verschwunden.*  
*Ökologische Begründung: Das vielfältige Nahrungsnetz im Wald führt dazu, dass eine Vielzahl von Fressfeinden (Insekten fressende Vögel, Spinnen, Raubinsekten wie Ameisen) die Zahl der Schädlinge nachhaltig dezimieren kann.*

### Praktikum: Wald (Seite 289)

- ① Mikroskopieren Sie die Probe in Tagesabständen (Mikroskop, Stereolupe) und protokollieren Sie die Veränderungen. Vergleichen Sie die Beobachtungen in den verschiedenen Bodenproben.
- *Bei diesen Untersuchungen sollte man darauf achten, dass beim Mikroskopieren das Präparat durch die Beleuchtung erwärmt wird und dadurch schnell austrocknen kann. Es ist darauf zu achten, dass die Feuchtigkeit immer ausgeglichen wird, da sonst Messergebnisse verfälscht werden.*
- ② Ordnen Sie das Vorkommen der gefundenen Pflanzen im Wald den gemessenen abiotischen Faktoren zu und vergleichen Sie Ihre Befunde mit der Abbildung unten rechts. Erläutern Sie die Vorteile der Zeigerarten gegenüber den physikalischen Messungen (s. Seite 288).
- *Die biologischen Befunde werden nicht immer mit den abiotischen Messwerten übereinstimmen, da viele Pflanzen kurzfristige Schwankungen durchaus ertragen können.*
- ③ Stellen Sie mithilfe der gesammelten, abgestorbenen Substrate des Waldbodens die fortschreitende Zersetzung auf einem Plakat dar. Ordnen Sie den jeweiligen Zersetzungsstufen die gefundenen Kleintiere zu und notieren Sie diese auf dem Plakat. Erläutern Sie die Bedeutung dieser Kleinlebewesen bei der Mineralisierung. Gehen Sie hierbei auch auf die Präferenzen der gefundenen Bodenbewohner ein.
- *siehe Abbildung*



### Gefährdung des Waldes (Seite 291)

- ① Erklären Sie die Wirkung des ausgebrachten Calcium-Magnesiumcarbonats auf die Bäume.
- *Die im Boden deponierten Säuren werden neutralisiert, der Magnesiumanteil für die Nadeln und Blätter erhöht und die dem Wald entzogenen Mineralstoffe wieder zurückgegeben.*

## Eutrophierung (Seite 294)

- ① Suchen Sie eine Erklärung für das „Umkippen“. Nutzen Sie Abbildung 2 und 3.
  - *Eine hohe Wassertemperatur senkt zum einen den Sauerstoffgehalt des Wassers durch geringere Sauerstoffsättigung, vor allem aber durch höhere Stoffwechselaktivität der Organismen (Sauerstoffzehrung). Das Algenwachstum wird weiter gefördert, damit nimmt die Gesamtbiomasse des Gewässers zu. Die absterbenden Algen sinken nach unten und werden dort mit der abgestorbenen Biomasse der Konsumenten von den Bakterien zersetzt. Dieser Vorgang senkt den Sauerstoffgehalt tieferer Wasserschichten bis auf Null. Als Folge davon verschieben sich die mikrobiellen Prozesse von einem Übergewicht der Chemosynthese zu Prozessen wie der Nitratatmung. Dadurch entstehen giftige Substanzen wie Ammoniak und Schwefelwasserstoff. Das Gleichgewicht zwischen oxidierenden und reduzierenden Prozessen ist besonders deutlich am Verhältnis der Oxidations- zur Reduktionsschichtdicke im Benthos zu sehen (Abb. 2). Die Oxidationsschicht schützt das freie Wasser vor den Giftstoffen in der Reduktionsschicht. Deshalb ist ein „Umkippen“ vor allem zu erwarten, wenn die Oxidationsschicht völlig verschwunden ist. Das „Umkippen“ ist ein Aufschaukelungsprozess: Durch die toten Fische fällt eine große Menge organischer Substanz ab, die bei der mikrobiellen Zersetzung die Reste von Sauerstoff im Gewässer noch verzehrt und zudem die reduzierten (also toxischen) Formen der Mineralstoffe freisetzt. Dadurch steigt die Giftkonzentration, noch mehr Fische sterben etc.*
- ② Begründen Sie, weshalb das „Umkippen“ eines Sees vor allem im Sommer gegen Ende der Nacht erfolgt.
  - *Die hohen Wassertemperaturen im Sommer senken den Sauerstoffgehalt und steigern den Sauerstoffverbrauch im Gewässer (s. Aufgabe 1). Nachts findet keine Fotosynthese und damit keine Sauerstoffproduktion statt. Folglich ist der Sauerstoffgehalt des Gewässers morgens am niedrigsten.*
- ③ Wie kann man „Umkippen“ kurz- und langfristig verhindern?
  - *Kurzfristig ist die Belüftung des Gewässers sinnvoll. Langfristig hilft nur die Reduktion der Nährstoffzufuhr und das Abfischen organischer Substanz, z.B. von Wasserpflanzen. Auch der Fischbesatz darf nicht zu hoch sein.*

## Fließgewässer (Seite 297)

- ① Stellen Sie die Parameter  $BSB_5$ , Ammonium/ Ammoniak- und Sauerstoffgehalt (Abb. 2) in eine kausale Beziehung.
  - *Ein hoher  $BSB_5$ -Wert zeigt eine starke Sauerstoffzehrung an. Folglich zeigt das Gewässer dann vor allem in größerer Wassertiefe einen geringen Sauerstoffgehalt. Als Folge ergibt sich ein recht hoher Ammonium- bzw. Ammoniakgehalt, da unter diesen Bedingungen Nitratatmung stattfindet.*
- ② Welche Folgen erwarten Sie bei einer starken Erwärmung eines Fließgewässers, etwa durch Einleitung des Kühlwassers von Kraftwerken?
  - *Die Erwärmung des Gewässers vermindert die maximal mögliche Sauerstoffsättigung, vor allem aber erhöht sie gemäß der RGT-Regel den Sauerstoffverbrauch pro Zeiteinheit. Als Folge davon steigt die Gefahr eines „Umkippens“ erheblich.*
- ③ Vergleichen Sie die natürliche Selbstreinigung und die Abwasserklärung (s. Zettelkasten).
  - *Die Abwasserklärung nutzt dieselben Prinzipien wie die Selbstreinigung, allerdings in zeitlich und räumlich stark verkürzter Weise. Das ist möglich, indem zum einen die abzubauenen Masse organischer Substanz durch die mechanische Reinigungsstufe deutlich vermindert wird und zum anderen künstlich Luft und damit Sauerstoff zugeführt wird. Deutlich unterschiedlich ist die Verminderung der Nitratbelastung in der Kläranlage: Durch den geregelten Wechsel von Nitratatmung und Aufoxidation kann Stickstoff als Luftstickstoff in die Atmosphäre entweichen. Dieser Prozess wird im Fließgewässer wegen der fehlenden Regelung nur in untergeordnetem Maße stattfinden, sodass bei natürlicher Selbstreinigung mit einem Anstieg des Nitratgehaltes zu rechnen ist. Das wiederum kann zu erhöhtem Algenwachstum und damit wiederum bei niedriger Strömung und geringer Wasserdurchmischung zu Sauerstoffmangel führen. Auch die Phosphate werden in der Kläranlage aus dem Gewässerkreislauf entfernt. Das geschieht vor allem durch das Absetzen der organischen Substanz, die Phosphat gebunden hat, im Nachklärbecken. Dieser Schlamm wird im Faulturn umgesetzt, das Phosphat kann als Dünger verwendet werden. In der Kläranlage ist also der Selbstreinigungsprozess perfektioniert.*

## Naturschutz im Weltnaturerbe Wattenmeer (Seite 299)

- ① Beschreiben Sie die Einnischung der Tiere im Wattenmeer unter Berücksichtigung der Schnabellänge der Vögel und der Eingrabbtiefe der Beutetiere.
  - *Die Tiere besiedeln unterschiedliche Stockwerke des Wattbodens:  
5 bis 10 cm: Pfeffermuschel, Seeringelwurm, Herzmuschel, Plattmuschel;  
unter 10 cm: Pierwurm, Sandklaffmuschel, Bäumchenröhrenwurm.  
Die tiefer eingegrabenen Tiere leben vorwiegend im besser durchlüfteten Sand- und Mischwatt. Schlickkrebse, Kotpillenwürmer und Wattschnecken besiedeln das sauerstoffarme Schlickwatt. Die Schnabellänge der Vögel entspricht der Eingrabbtiefe der Beutetiere.*

# Evolution

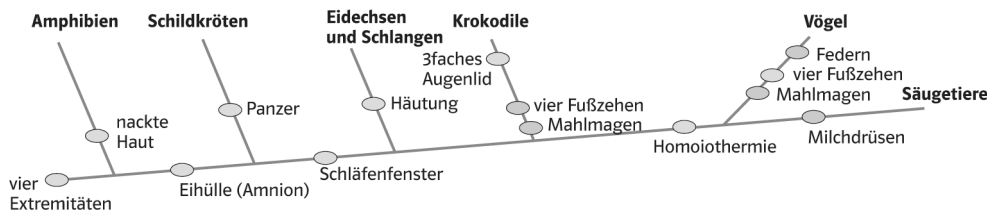
## 1 Grundzüge der Evolution

### Was ist eine Theorie? (Seite 305)

- ① Machen Sie am Beispiel der Formulierung der Abstammungshypothese die induktive Vorgehensweise deutlich.
  - Aufgrund der Ähnlichkeit von bestimmten heutigen Organismen mit fossilen Funden (z. B. Fische) wird geschlossen, dass sich alle heute lebenden Organismen auf gemeinsame Vorfahren zurückführen lassen. Das ist ein induktiver Schluss, da eine Aussage über einzelne Beispiele auf das Allgemeine übertragen werden.
- ② Nehmen Sie Stellung zur Aussage eines Fernsehjournalisten: „Wo der Beweis fehlt, da beginnt die Theorie“.
  - Hier liegt ein umgangssprachliches Verständnis von Theorie im Sinne eines unbewiesenen Aussagegebäudes vor. Naturwissenschaftliche Theorien sind nicht beweisbar. Ihre Hypothesen werden durch Naturbeobachtung und Experiment geprüft. Sie gelten solange als richtig solange sie der Überprüfung standhalten, d. h. solange sie nicht widerlegt wurde.
- ③ Im Mittelalter gab es einen Streit unter philosophischen Gelehrten wie viele Engel auf den Kopf einer Stecknadel passen. Erklären Sie warum dieses Problem mit naturwissenschaftlichen Methoden nicht geklärt werden kann.
  - Naturwissenschaftliche Aussagen beruhen auf Naturbeobachtungen und Experimenten. Engel sind der Beobachtung nicht zugänglich. Es ist sinnlos, Hypothesen zu bilden, da diese nicht überprüft werden können. (Oder: Überprüfbare Aussagen über die Eigenschaften von Engeln sind nicht möglich.) Daher ist der genannte Streit der naturwissenschaftlichen Methode nicht zugänglich.

### Evolution durch natürliche Selektion (Seite 306)

- ① Erklären Sie auch mithilfe der Abbildung in der Mittelspalte, warum der Sozialdarwinismus (Recht des Stärkeren) nicht der Theorie nach DARWIN entspricht.
  - Im Sozialdarwinismus nimmt sich der Stärkere das, was er meint, dass es ihm zustehe. Die von DARWIN beschriebene natürliche Auslese beschreibt, dass die besser angepassten Individuen sich eher und mit größerer Anzahl fortpflanzen können, also eine größere reproduktive Fitness haben.
- ② Stellen Sie die grundlegenden Aussagen von DARWINS Selektionstheorie in einem Flussdiagramm dar. Unterscheiden Sie dabei Beobachtungen von Folgerungen.
  - siehe Abbildung



## Lamarcks Vorstellungen (Seite 307)

- ① Erläutern Sie die Abbildung in der Mittelspalte im Sinne der Lamarck'schen Evolutionstheorie.
  - *Die Abbildung verdeutlicht den Lamarck'schen Grundsatz, wonach die Veränderungen der Umweltverhältnisse, in diesem Fall die zunehmende Baumhöhe, neue Bedürfnisse erfordern. Die Verlängerung des Giraffenhalses wird also durch ein inneres Bedürfnis ausgelöst, sich an die veränderte Baumhöhe anzupassen. Durch den häufigen und dauernden Gebrauch des Giraffenhalses, wird dieses Organ vergrößert und gekräftigt.*
- ② Vergleichen Sie tabellarisch die Theorien von LAMARCK und DARWIN am Beispiel der Entstehung des Giraffenhalses. Stellen Sie dabei Unterschiede und Übereinstimmungen gegenüber.
  - *Unterschiede:*  
*DARWIN: Der lange Hals der Giraffen entsteht aufgrund der genetischen und phänotypischen Variabilität der Art. So gibt es natürlicherweise Giraffen mit etwas längerem und etwas kürzerem Hals. Die mit dem längeren Hals werden stets ausgewählt (selektiert).*  
*LAMARCK: Der lange Hals der Giraffen entsteht durch den Gebrauch des langen Halses.*  
*Gemeinsamkeiten DARWIN und LAMARCK: Die Eigenschaften werden vererbt. (In diesem Fall nur teilweise relevant. Beide vertreten die Deszendenztheorie.)*

## 2 Variabilität und Artbildung

### Allopatrische Artbildung (Seite 314)

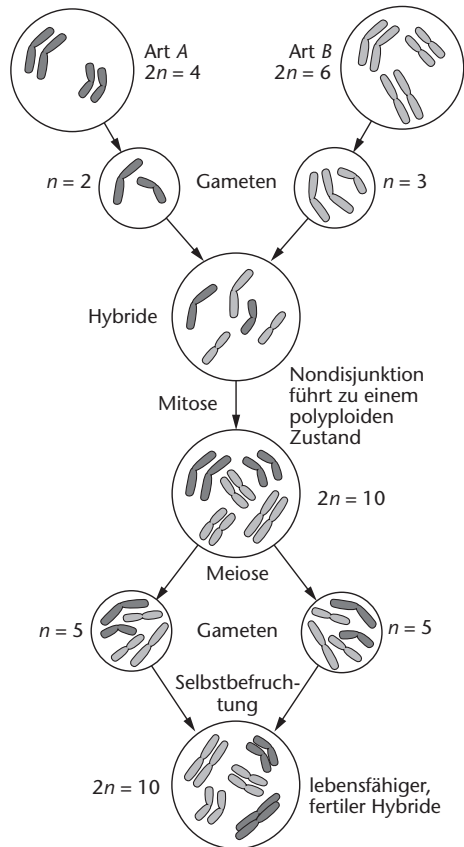
- ① Warum kann es für eine Art von Vorteil sein, wenn es innerhalb der Art eine große Vielfalt gibt.
  - *Bei einer hohen Variabilität im Genpool einer Art führt dies auch zu einer größeren phänotypischen Variabilität. Damit sind die Chancen größer, dass es Individuen gibt, die einer neuen Umweltbedingung eher angepasst sind, sodass sich diese trotz der neuen Umweltbedingung fortpflanzen können.*
- ② In der Wirtschaft gilt: Unterschiedlichkeit der Mitarbeiter ist kein Hindernis, sondern eine Chance. Stützen Sie diese Hypothese dadurch, dass Sie erörtern, welche Vorteile Variabilität für eine Art und in Analogie für ein Unternehmen hat.
  - *Ändert sich die Marktlage für ein Unternehmen, zum Beispiel weil neue Märkte erschlossen werden sollen, ist es vorteilhaft, Mitarbeiter mit unterschiedlichen Fähigkeiten und Interessen zu haben. Ein Kollege, der vielleicht schlecht Englisch spricht, dafür aber die Sprache des Marktes, der erschlossen werden soll, wäre ein Beispiel für die Vorteilhaftigkeit von Unterschiedlichkeit (Variabilität) von Mitarbeitern.*

### Der Zufall begünstigt die Artbildung (Seite 315)

- ① Erklären Sie den Einfluss der Gendrift bei der Besiedelung einer weit vom Festland entfernten Insel durch eine Vogelart.
  - *Es kann zu einer Gendrift kommen, wenn nur eine kleine Population von Vögeln dieser Art auf die weit vom Festland entfernte Insel verschlagen werden, denn in dem beschriebenen Fall ist durch die große Entfernung der Insel die Wahrscheinlichkeit gering, dass weitere Vögel dieser Art auf diese Insel verschlagen werden. Da die kleine Population von Vögeln nicht den gesamten Genpool der Vogelart auf dem Festland repräsentiert und die Wahrscheinlichkeit der Wiedervermischung mit der Ursprungsart gering ist, kann es (ohne das Auftreten von Mutationen und Selektion) zu Schwankungen der Allelfrequenzen und damit zu einer Gendrift kommen.*

### Sympatrische Artbildung (Seite 317)

- ① Stellen Sie grafisch den Mechanismus dar, der dazu führt, dass Allopolyploide fruchtbar werden. Hybridisieren Sie dafür eine Art mit einem Chromosomensatz von 2 Chromosomen und eine mit einem Chromosomensatz von 3 Chromosomen. Führen Sie eine Nondisjunktion durch und schließlich eine Selbstbefruchtung.
- siehe Abbildung



### Populationsgenetik (Seite 319)

- ① Die sogenannte Hardy-Weinberg-Regel beschreibt, dass Kreuzungen die Allelhäufigkeiten einer idealen Population nicht ändern. Überprüfen Sie dies, indem Sie zwei Folgegenerationen für das Birkenspannerbeispiel erstellen und untersuchen.
- Im genannten Fall kennt man die Häufigkeit von  $AA = 36\%$  und von  $aa = 16\%$ . Im Kreuzungsquadrat werden die haploiden Allele der Keimzellen eingetragen, d.h.  $A$  und  $a$ . Entsprechend muss für die Häufigkeit von  $A$  die Wurzel von  $36\% = 0,6$  und für die Häufigkeit von  $a$  die Wurzel aus  $16\% = 0,4$  eingetragen werden. So entsteht die identische Kreuzungsquadrat wie das der Elterngeneration. Bei einer weiteren Folgegeneration ist das Ergebnis identisch.
- ② Die Milchzuckerunverträglichkeit (Lactose-Intoleranz) wird rezessiv vererbt. In Norddeutschland sind davon etwa  $9\%$  aller Menschen betroffen. Berechnen Sie mithilfe der Hardy-Weinberg-Regel die Häufigkeit der gesunden Überträger.
- Lactose-Intoleranz wird rezessiv vererbt, d.h. die Allelhäufigkeit für  $aa$  ist  $9\%$ .  $q^2$  ist  $9\%$ ,  $q$  ist dann die Wurzel aus  $9\% = 0,3$ . Aus  $p+q=1$  folgt  $p=1-q=0,7$ . Setzt man dies in die Hardy-Weinberg-Gleichung ein, ergibt sich:  $0,7^2 + 2 \times 0,7 \times 0,3 + 0,3^2 = 1$ , d.h.  $49\% + 42\% + 9\% = 1$ . Die Häufigkeit der Überträger ( $Aa$ ) beträgt damit  $42\%$ .

### Selektionsfaktoren (Seite 321)

- ① Erklären Sie, warum viele Zuchtrassen einer Art unter natürlichen Bedingungen nicht lebensfähig wären.
- Selektionskriterien der Zucht durch den Menschen sind z.B. hoher Ertrag, Lebensfähigkeit unter industriellen Zuchtbedingungen und schnelles Wachstum, d.h. Organismen, die diesen künstlichen, menschlichen Selektionskriterien genügen, tun dies oft nicht mehr für natürliche Selektionskriterien, da viele abiotische und biotische Selektionsfaktoren unter Zuchtbedingungen für die Tiere selbst keine Rolle mehr spielen. Beispielsweise finden sich keine natürlichen Räuber mehr unter Zuchtbedingungen.

### 3 Evolution und Verwandtschaft

#### Molekulare Verwandtschaft (Seite 329)

- ① Vergleichen Sie den Cytochrom-c-Vergleich (Abb. 1) mit der Systematik des Tierreiches.
- *Der Stammbaum aus dem Cytochrom c-Vergleich passt sehr genau zur Systematik des Tierreiches. Er gibt die engere Verwandtschaft der Wirbeltiere in Abgrenzung zu Wirbellosen ebenso wieder wie die Verwandtschaftsverhältnisse innerhalb der Wirbeltiere (Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel und Säuger). Auch die Anzahl der Unterschiede bei Vertretern innerhalb der Wirbeltierklasse entspricht der allgemeinen Systematik.*

#### Methoden der Paläontologie (Seite 331)

- ① Stellen Sie die Entwicklung der drei Pferdemerkmale Körpergröße, Fuß und Zähne einander tabellarisch gegenüber.
- *siehe Tabelle; beachtenswert ist, dass die Evolutionsschübe der drei Merkmale zu unterschiedlichen Zeiten aufgetreten sind.*

Zeitalter	Körpergröße (cm)	Anzahl der Zehen	Entwicklung der Zähne
Eozän	25–50	4	niedrige Kronen, gering ausgebildete Schmelzfalte
Oligozän	60	3	mittelhohe Kronen, gering ausgebildete Schmelzfalte
Miozän	100	3	mittelhohe Kronen, gering ausgebildete Schmelzfalte
Pliozän	125	1	hohe Kronen, differenzierte Schmelzfalte
Pleistozän	125–190	1	hohe Kronen, differenzierte Schmelzfalte

- ② Fassen Sie die evolutiven Trends zusammen, die beim Vergleich von Sinornis und Archaeopteryx erkennbar sind (s. Randspalte).
- *starke Entwicklung des Brustbeins mit einem Kiel als Ansatzstelle für die immer leistungsfähigere Flugmuskulatur*
  - *Verkürzung der Schwanzwirbelsäule*
  - *Entstehung des Pygostyls*
  - *Rückbildung der Krallen*
  - *Rückbildung der Zähne und Entstehung eines Hornschnabels*
  - *Anpassung des Schulter- und Armskeletts an die fliegende Fortbewegungsweise*
  - *starker Selektionsdruck zur Verminderung des Gewichts*

#### Mensch und Schimpanse – ein Vergleich (Seite 333)

- ① Vergleichen Sie Mensch und Schimpanse hinsichtlich Lebensraum, Fortbewegung, Nahrung sowie Verhalten und stellen Sie eine Beziehung zur Anatomie her. Inwieweit lassen solche Vergleiche auch Rückschlüsse auf das Verhalten ausgestorbener Hominiden zu?
- *Viele Verhaltensabläufe schlagen sich in der Anatomie nieder, sodass Fossilien indirekte Rückschlüsse auf das Verhalten zulassen. Bei ausgestorbenen Arten ist das die einzige Möglichkeit, Mutmaßungen über das Verhalten anzustellen (s. Tabelle).*

	Schimpanse	Mensch	Skelett des Menschen
Lebensraum	Waldbewohner im tropischen Afrika	heute alle Landlebensräume	
Fortbewegung	Klettern, Knöchelgang, laufen mit gebeugtem Körper	aufrechter zweibeiniger Gang	Beine länger als Arme, schüsselförmiges Becken, Fußgewölbe, Hinterhauptsloch in der Mitte des Schädels, S-förmige Wirbelsäule, verlagerter Körperschwerpunkt
Verhalten	einfacher Werkzeuggebrauch, intensive Mimik, Gestik, Lautbildung, komplexes Sozialverhalten	komplexer Werkzeuggebrauch, artikulierte Sprache, komplexes Sozialverhalten	Präzisionsgriff: Daumen kann den Fingern gegenüber gestellt werden; tiefer Kehlkopf, großes Gehirn
Nahrung	Pflanzenkost, Früchte, ergänzend Fleisch, Insekten	Mischkost	mahlendes Gebiss, Eckzähne nicht als Reißzähne ausgebildet

## Herkunft des Homo sapiens (Seite 334)

- ① Begründen Sie, warum sich mt-DNA gut für Stammbaumanalysen eignet.
  - Mitochondrien und damit die mt-DNA werden nur über die Eizelle (also maternal) vererbt. Es gibt daher keine Rekombination der DNA. Selektionsneutrale Mutationen häufen sich mit der Zeit an. Je mehr Mutationen eine Art im Vergleich zu einer anderen Art aufweist, umso weiter liegt die Trennung dieser Arten zurück. Aus mt-DNA-Vergleichen lassen sich genetische Distanzen berechnen und daraus Stammbäume konstruieren.
- ② Vergleichen Sie den Stammbaum auf Seite 335 mit den in Abb. 1 dargestellten Ausbreitungswegen.
  - Einer genetischen Distanz von 0,2 entsprechen ca. 100 000 evolutiv getrennte Jahre. Die Afrikaner weisen eine genetische Distanz von 0,2 gegenüber den übrigen Menschen aus, vor 100 000 Jahren wanderten die Menschen also aus Afrika aus. Sie gelangten vor etwa 60 000 Jahren (genetische Distanz 0,12) nach Eurasien und etwas später nach Australien, vor 35 000 Jahren nach Amerika (0,07).
- ③ Stellen Sie die wichtigsten Aspekte des Out of Africa-Modells und der Hypothese von der multiregionalen Entwicklung gegenüber.
  - „Out of Africa“: Homo sapiens entstand vor höchstens 200 000 Jahren in Afrika und verdrängte vor 100 000 Jahren die Neandertaler, die von einer früheren Besiedlungswelle vor etwa 1 Million Jahren von Homo erectus/Homo ergaster abstammten. Es gab in Europa zwei weit auseinander liegende Besiedlungswellen von Homo.
    - Multiregionale Entwicklung: Auch nach der multiregionalen Theorie stammt die Gattung Homo aus Afrika. Homo erectus bzw. ergaster gelangte vor etwa 1 Million Jahren nach Europa und Asien und entwickelte sich dort parallel und unabhängig voneinander weiter zum modernen Menschen, zum Neandertaler und asiatischen Formen. Es gab also nur eine Besiedlungswelle.
- ④ Begründen Sie, nach welcher der Theorien die gemeinsame Wurzel aller Menschen weiter zurückliegt.
  - Nach der multiregionalen Theorie liegt die Wurzel aller Menschen weiter zurück, sie sind also weniger verwandt als nach der „Out of Africa“-Theorie.
- ⑤ Beschreiben Sie anhand des Stammbaums von S. 335 die Entwicklungslinien, die von Australopithecus zu Homo sapiens führen.
  - Australopithecus anamensis, A. afarensis, A. africanus, Homo habilis, H. ergaster, H. heidelbergensis, H. sapiens.

## Material: Vielfalt der Menschen (Seite 336/337)

- ① Stellen Sie die wesentlichen Merkmale im Schädel- und Skelettbau von Neandertaler und modernem Menschen gegenüber (Abb. 1).
  - siehe Tabelle

	Neandertaler	Mensch
Körperbau	gedrungen, muskulös, ca. 1,5 m	grazil, damals ca. 1,75 m
Schädelform	lang, niedrig	hoch, rund
Oberaugenwülste	vorhanden	fehlen
Kinn	fliehendes Kinn	Vorspringen des Kinns
Gehirnvolumen	1200–1700 cm <sup>3</sup>	1200–1450 cm <sup>3</sup>

- ② Stellen Sie begründet einen Zusammenhang zwischen dem Körperbau des Neandertalers, seiner Verbreitung und den damaligen Klima her.
  - Der gedrungenen Körperbau und die damit verbundene relativ kleine Körperoberfläche können ein Vorteil bei eiszeitlichen Lebensbedingungen sein, da dadurch die Wärmeabgabe reduziert ist. Allerdings konnte auch der moderne Mensch diese klimatischen Bedingungen vertragen, da Feuergebrauch und Kleidung die Anpassungsunterschiede verkleinern.
- ③ Stellen Sie die Befunde aus Molekularbiologie und Paläontologie zusammen, die für die Vermischung bzw. ein Aussterben des Neandertalers sprechen. Begründen Sie, warum viele Wissenschaftler heute eher von der Art Homo neanderthalensis als von der Unterart Homo sapiens neanderthalensis sprechen.
  - Pro Vermischung (paläontologische Befunde): Neandertaler und Menschen lebten von 150 000 bis 30 000 nebeneinander in den gleichen geografischen Regionen (Europa).
    - Pro Aussterben (molekularbiologische Befunde): Die mt-DNA-Analyse zeigt keinen Überlappungsbereich der Kurven von Neandertaler/ Mensch und Mensch/ Mensch. Demnach hat es keine genetische Vermischung gegeben. Eine fruchtbare Kreuzung findet nur unter Individuen der gleichen Art und deren Unterarten statt. Stuft man den Neandertaler als eigene Art ein, hält man also eine Vermischung mit dem anatomisch modernen Menschen für nicht möglich. Der Neandertaler ist dann eine Schwesterart, aber kein direkter Vorfahre des Menschen.

- ④ Erläutern Sie, weshalb die Befunde der vergleichenden DNA-Untersuchung das „Out of Africa“-Modell stützen (Abb. 2). Welches Ergebnis wäre nach der Hypothese der multiregionalen Entstehung des heutigen Menschen zu erwarten?
- *Die Hypothese von der multiregionalen Entstehung geht davon aus, dass in verschiedenen geografischen Regionen Homo sapiens mehrfach parallel aus Homo erectus/ Homo ergaster entstand, ein intensiver Genaustausch führte dann zu einer einheitlichen Art Homo sapiens. In Europa wäre dann der Neandertaler der direkte Vorfahre des anatomisch modernen Menschen. Das Out of Africa-Modell geht dagegen von zwei Wellen der Besiedlung Europas aus, die erste führte zum Neandertaler, die zweite zum anatomisch modernen Menschen. Ein Genaustausch fand nicht statt. Die Anzahl der Sequenzunterschiede zwischen Neandertaler und Menschen aus verschiedenen geografischen Regionen liegt zwischen 27,1 und 28,3 von 379 Basenpaaren, liegt also bei 7 % und variiert nur wenig. Der Sequenzvergleich innerhalb der Menschenpopulationen liefert mit durchschnittlich 8 Unterschieden (2 %) wesentlich geringere Werte. Bei einer Durchmischung wären Übergänge (Zwischenwerte) zu erwarten. Es hätte also eine zusammenhängende Kurve beim Vergleich Mensch/ Mensch und Mensch/ Neandertaler entstehen müssen. Der mt-DNA-Vergleich stützt also das Out of Africa-Modell.*
- ⑤ Analysieren Sie die Verteilung der Hautfarben auf der Erde und erläutern Sie die Evolutionsmechanismen, die zu dieser Verteilung geführt haben.
- *Die Verteilung der Hautfarben korreliert stark mit der jeweils regionalen Intensität der UV-Einstrahlung. Sie ist offensichtlich Selektionsfaktor für die Ausbildung der jeweiligen Hautfarbe, sodass in Gebieten mit starker UV-Intensität der UV-Schutz stärker ausgebildet ist. So gibt es stark dunkelhäutige Menschen nicht nur in Afrika, sondern auch in Australien, Indien und Südamerika. Entsprechendes gilt für die übrigen Farbintensitäten.*
- ⑥ Abbildung 5 zeigt ein Dendrogramm nach CAVALLI SFORZA. Die Verzweigungen zeigen die genetische Nähe aufgrund der Häufigkeitsverteilung von 120 Allelen. Die Kästchen geben die Hautfarbe der in der Abbildung genannten Menschen an. Erläutern Sie mithilfe des Dendrogramms die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen den heutigen Menschen. Vergleichen Sie die Ergebnisse mit dem mt-DNA-Stammbaum (s. Seite 334).
- *Man kann grundsätzlich zwischen Afrikanern und Nichtafrikanern unterscheiden. Innerhalb der Nichtafrikaner sind zwei Großgruppen zu erkennen, die Eurasier und Australasier. Ihre gemeinsamen Vorfahren sind jünger als die von Afrikanern und Nichtafrikanern. Interessant ist, dass die Asiaten keiner gemeinsamen Linie angehören. Vielmehr werden die Südasiaten den Australasiern und die Nordasiaten, welche mit den Amerikanern einen gemeinsamen Ursprung haben, den Eurasiern zugeordnet. Die Europäer bilden gemeinsam mit den Indern die zweite Linie der Eurasier. Diese Ergebnisse stimmen grundsätzlich mit denen überein, die sich aus dem Vergleich der mt-DNA ergaben.*
- ⑦ Stellen Sie die Ergebnisse aus Aufgabe 1 und 2 der Einteilung der Menschheit in Großrassen gegenüber und nehmen Sie eine vorläufige Bewertung vor.
- *Die Einteilung in die Großrassen Negride, Asiate, Europide und Australide lässt sich mit den neueren Forschungsergebnissen nicht vereinbaren, da die Verteilung der Hautfarbe und die auf genetischen Daten beruhenden Stammbäume nicht mit den Großrassen zur Deckung zu bringen sind. Die Stammbäume liefern ein wesentlich differenzierteres Bild.*
- ⑧ Rasse ist „ein soziales Konstrukt — mehr Ausdruck sozialer Zuordnungen als ein Spiegelbild biologischer Unterschiede“. Nehmen Sie Stellung zu diesem Zitat von CRAIG VENTER.
- *CAVALLI SFORZA hat festgestellt, dass es sinnlos ist, in biologischem Sinne von Rassen zu sprechen. Der Rassenbegriff ist vielmehr Ausdruck von sozialer und politischer Zuordnung.*
- ⑨ Fassen Sie begründet zusammen, weshalb die Einteilung der Menschen in „Rassen“ nicht haltbar ist.
- *Da die traditionelle Einteilung in Großrassen vor allem auf dem Vergleich äußerer Merkmale beruht, wird nur ein kleiner Teil der Gene für den Vergleich erfasst. Die äußeren Merkmale sind meist als Anpassungen an klimatische Bedingungen zu deuten. Die DNA-Analysen erfassen jedoch einen wesentlich größeren Querschnitt an Genen, vor allem auch Gene, die nicht äußerlich sichtbare Merkmale betreffen. Zudem unterscheiden sich die Menschen nur in einem kleinen Teil ihrer Gene. Dieses und die unter 1 bis 4 genannten Fakten lassen sich nicht mit der Einteilung in Rassen vereinbaren.*

## Kulturelle Evolution (Seite 339)

- ① Ordnen Sie die Steinzeitmenschen, die Kunstwerke geschaffen haben, einer der Ihnen bekannten Menschenarten zu und begründen Sie die Zuordnung.
- *Um solche Kunstwerke herstellen zu können, bedarf es einer beträchtlichen Intelligenz, verbunden mit handwerklicher Geschicklichkeit. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist ein gut ausgebildetes Großhirn, so wie es Homo sapiens besitzt.*
- ② Formulieren Sie plausible Hypothesen, zu welchem Zweck unsere Vorfahren Kunstwerke geschaffen haben.
- *Aus der Tatsache, dass viele der Kunstgegenstände klein sind und eine Art Öse haben, könnte man schließen, dass sie als Schmuck (Anhänger o. ä.) Verwendung fanden. Ferner kommen noch Frauenfiguren als Fruchtbarkeitssymbole, Tiere als Amulette zur Beschwörung bei der Jagd und Tier-Mensch Darstellungen als Darstellung von Göttern in Frage. Figürliche Darstellungen, die zu diesen Zwecken dienen, sind aus vielen Kulturen des Homo sapiens bekannt.*



## 4 Die Evolution des Lebens auf der Erde

### Frühe biologische Evolution: erste lebende Zellen (Seite 341)

- ① Beschreiben Sie den Urey-Miller-Versuch (Abb. 340.1) und seinen Modellcharakter für die Entstehung organischer Verbindungen in der Uratmosphäre.
  - *Unten im Kolben wird Wasser zum Sieden gebracht. Mit dem Wasserdampf gelangt das an der linken Seite eingeleitete Gasgemisch in den oberen Kolben. Hier wird das Gemisch aus Methan, Ammoniak, Kohlenstoffdioxid, Wasserstoff und Wasser elektrischen Ladungen ausgesetzt. Wasserdampf und neu entstandene Verbindungen kondensieren im Kühler und gelangen über den Abscheider wieder in den unteren Kolben, usw.*  
*Modellcharakter: Auch in der Uratmosphäre war ein Gasgemisch elektrischen Entladungen ausgesetzt. So können einfache organische Verbindungen entstehen.*
- ② Anaerobe Bakterien findet man heute beispielsweise im Faulschlamm. Erklären Sie das Vorkommen.
  - *Anaerobe Bakterien gehen bei Kontakt mit Sauerstoff zugrunde, da sie keinen Oxidationsschutz besitzen. Sie können daher nur in anaeroben Lebensräumen wie Faulschlamm existieren.*

### Endosymbiontentheorie: Eukaryoten entstehen (Seite 342)

- ① Nennen Sie weitere Beispiele für die Entstehung neuer taxonomischer Gruppen durch die Kombination von Arten.
  - *Flechten: Symbiose Pilz/ Alge und Pilz/ Cyanobakterium*

### Mehrzeller entstanden mehrmals in der Evolution (Seite 343)

- ① Die Grünalge Volvox gilt als besonders einfacher Mehrzeller (s. Seite 27). Beschreiben Sie Bau und Organisation der kugelförmigen Alge.
  - *Bis zu 20 000 Zellen sind durch Plasmabrücken verbunden und umkleiden gemeinsam eine Hohlkugel. Es gibt Zellen, die auf Fortbewegung, Ernährung oder sexuelle Fortpflanzung spezialisiert sind. Tochterkugeln entstehen vegetativ durch Abschnürung von Zellgruppen in das Kugellinnere und werden erst durch das Absterben der Mutterkugel freigegeben.*
- ② Gibt es nach phylogenetischen Gesichtspunkten eine systematische Gruppe der „Mehrzeller? Begründen Sie.
  - *Nein, denn das hieße, dass sich alle Mehrzeller (Säugetiere, Rosengewächse, Fliegenpilze usw.) auf eine gemeinsame Stammart zurückführen ließen. Tatsächlich stammen die mehrzelligen Pflanzen von Grünalgen ab, die mehrzelligen Tiere sind unabhängig von den Pilzen aus heterotrophen Einzellern entstanden.*

### Material: Evolution oder Kreation? (Seite 345)

- ① Fassen Sie die Positionen der Theologen, der Kreationisten, des Intelligent-Design und der Naturwissenschaftler zur Frage „Schöpfung oder Evolution?“ zusammen.
  - *Kreationisten: Ausgangspunkt der Aussagen ist das Wort Gottes, so wie es in der Bibel geschrieben steht. Es ist in wörtlichem Sinne wahr und alle Beobachtungen und wissenschaftliche Aussagen werden im Lichte dieser Wahrheit interpretiert und gewertet.*  
*Intelligent Design: Grundsätzlich wird die Evolution als Tatsache akzeptiert. Die Ursache wird in der Kraft des Schöpfers gesehen, der in der Schöpfungswoche Grundtypen geschaffen hat. Aus denen haben sich dann durch die Evolution die verschiedenen Arten entwickelt.*  
*Theologen: Die naturwissenschaftlichen und die theologischen Zugänge zur Wirklichkeit sind nicht miteinander vergleichbar. Naturwissenschaftler machen Aussagen über die Welt. Religionen machen Aussagen über den Sinn, der sich dem Menschen dadurch offenbart, dass sein Schöpfer mit ihm in ein einzigartiges persönliches Verhältnis tritt.*  
*Naturwissenschaftler: Sie befassen sich nicht mit der Frage nach einem transzendenten Schöpfer, da sie mit naturwissenschaftlichen Methoden nicht erfassbar ist.*  
*Die Hypothesen zu einem Schöpfergott sind nicht überprüfbar. Daher können Fragen nach dem Schöpfer nicht mit naturwissenschaftlichen Methoden beantwortet werden. Sie sind sinnlos. Naturwissenschaftler beschäftigen sich mit Aussagen (Hypothesen) über Lebensprozesse, die überprüfbar sind.*
- ② Erklären Sie die verschiedenen zitierten Positionen in Zusammenhang mit den Grundannahmen, auf die sie sich stützen.
  - *Biblische Aussagen: Erschaffung und Ende der Welt durch die Schöpfermacht Gottes*  
*Theologische Aussagen: Grundlage: Bei biblischen Aussagen, im Vergleich zu naturwissenschaftlichen Aussagen, handelt es sich um verschiedene Zugänge zur Wirklichkeit. (s. Aufg. 1)*  
*Kreationistische Aussagen: Die biblischen Aussagen sind im wörtlichen Sinne wahr. Daher ist die Erde ca. 6 000 Jahre alt.*  
*Intelligent Design: Grundlage: Grundtypen sind durch Schöpfung entstanden. Innerhalb dieser Grundtypen können neue Arten entstehen und Evolution ist möglich.*  
*Naturwissenschaftler: Grundlage sind die Naturgesetze, mit deren Hilfe sich die Lebensprozesse wie zum Beispiel die Evolution beschreiben und erklären lassen.*

- ③ Ordnen Sie die Zitate auf dieser Seite den Aussagen von MONTAGU zu und begründen Sie ihre Zuordnung.
- *„Sicherheit ohne Beweise“: Das geoffenbarte Wort Gottes ist die göttliche sichere Wahrheit (siehe SCHEURER, WHITCOMB). Somit braucht es keinen Beweis.*
  - *„Beweise ohne Sicherheit“: Die Evolutionstheorie ist durch zahlreiche Befunde belegt und ihre Hypothesen sind sehr gut abgesichert. Dennoch liegt es in der Art der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, dass eine Theorie nur so lange als richtig gilt, bis sie widerlegt ist. Daher gibt es keine Sicherheit.*
- ④ Interpretieren Sie die Karikatur von DARWIN.
- *Das Bild zeigt einen Affenkörper mit dem Kopf DARWINS. Ein Mischwesen aus Mensch und Affe soll die aus Darwins Theorie als skandalös empfundene Schlussfolgerung karikieren, wie absurd die Annahme einer Abstammung des Menschen von affenähnlichen Vorfahren sei.*
- ⑤ Erklären Sie, was NEUKAM mit „God of gaps“ meint.
- *Gott als Lückenbüßer („God of gaps“) bedeutet, dass sein Wirken immer dann als Erklärung herangezogen wird, wenn es noch keine wissenschaftliche Erklärung für bestimmte Phänomene gibt.*
- ⑥ Vergleichen Sie die naturwissenschaftliche Methode der Theoriebildung (s. Seite 304) mit der Vorgehensweise, mit der die Kreationisten ihre Aussagen gewinnen.
- *Ausgangspunkt der Aussagen ist das Wort Gottes, so wie es in der Bibel geschrieben steht. Es ist in wörtlichem Sinne wahr und alle Beobachtungen und wissenschaftliche Aussagen werden im Lichte dieser Wahrheit interpretiert und gewertet. Die biblischen Aussagen liefern das Gedankengebäude und es werden Daten und Begriffe gesucht, die dazu passen. Die naturwissenschaftliche Methode beruht auf der Bildung von Hypothesen, die durch Naturbeobachtungen und/oder Experimente formuliert wurden. Die Hypothesen werden ständig durch weitere Beobachtungen und Experimente überprüft. Sind sie in Einklang mit der Hypothese, so wird diese gestützt. Sind sie im Widerspruch, so muss die Hypothese (und damit die Theorie) verworfen werden. Bei der naturwissenschaftlichen Methode werden die Theorien an die Wirklichkeit angepasst. Kreationisten passen ihre Aussagen über die Wirklichkeit an ihre wörtliche Auslegung der Bibeltexte an.*

# Basiskonzepte

## Basiskonzept: Struktur und Funktion (Seite 349)

- ① Zur Abwehr von Krankheitserregern produziert das Immunsystem der Wirbeltiere spezifische Antikörper, die zu molekularen Strukturen des Erregers, den sog. Antigenen, passen. Sie treten in einer unüberschaubaren Vielfalt auf.  
Wie wird die Passgenauigkeit erreicht und welche Folgen hat die Wechselwirkung?
  - *Antikörper entstehen nach dem Baukastenprinzip: Die Vielfalt der Rezeptormoleküle wird aus einer überschaubaren Anzahl von DNA-Abschnitten durch Umsortierung erzeugt. Vergleichbar dem Lego-System kann mit wenigen Bausteintypen eine Vielfalt von fertigen Produkten durch unterschiedliche Kombination hergestellt werden.*
- ② Die organischen Basen Adenin und Thymin sowie Cytosin und Guanin liegen in der DNA gepaart vor. Über Wasserstoffbrücken stehen sie miteinander in Wechselwirkung.  
Analysieren Sie die Unterschiede in Bezug auf Struktur und Funktion im Vergleich zu einem Enzym-Substrat-Komplex oder zu den molekularen Wechselwirkungen zwischen Transmitter und Rezeptor.
  - *In der Basenpaarung der DNA liegt eine Wechselwirkung zwischen den Partnern vor (jeweils eine „lange“ und eine „kurze“ Base, Möglichkeit zur Ausbildung von zwei bzw. drei Wasserstoffbrücken), die bei der Replikation und bei der Transkription den Aufbau des zweiten zu ergänzenden Stranges genau festlegt. In eine bestimmte Enzymstruktur passt nur ein definiertes Substrat und in diesem Komplex wird nur eine spezifische Umsetzung katalysiert. An Synapsen kann ein Transmitter durch Besetzen „seines“ Rezeptors Ionenkanäle öffnen und somit zur Weiterleitung der Information beitragen.*
- ③ Gegeneinander gerichtete Effekte gibt es auch bei Stoffwechsel-, Wachstums- und Entwicklungsprozessen. Erläutern Sie Antagonismus im Gegensatz zu Synergismus (harmonisches Zusammenwirken) jeweils an einem Beispiel.
  - *Antagonisten in der Steuerung von Stoffwechselprozessen sind z. B. der Sympathicus und der Parasympathicus und direkt in Stoffwechselfvorgängen auf- und abbauende Enzyme. Zum Wachstum eines Organismus trägt die Zellteilung bei, ihr Gegenspieler ist der Zelltod z. B. durch Apoptose, das Wachstum einer Population wird u. a. durch Geburten und Sterberate bestimmt. Entwicklungsprozesse werden durch fördernde und hemmende Hormone gesteuert.*
- ④ Bei Hunden, Schafen und anderen Säugetieren findet man ein sogenanntes Wundernetz, das durch Aufspaltung der Kopfarterien in hundert parallel verlaufender Gefäße entsteht. Es durchzieht eine blasenartig aufgetriebene Vene, die Blut aus der Nasen- und Mundschleimhaut führt.  
Warum kann der Hund einen Hasen zu Tode hetzen?
  - *Im Wundernetz fließt arterielles Blut in Richtung Gehirn. Aus der Nasenschleimhaut fließt in den Venen abgekühltes Blut ins Körperinnere zurück; das arterielle Blut wird damit abgekühlt (vergleichbar Gegenstromprinzip). Hetzt der Hund einen Hasen, entsteht durch die Bewegung Wärme, die beim Hasen letztlich zu einer Überhitzung des Gehirns führen kann (da er kein Wundernetz besitzt).*

## Basiskonzept: Reproduktion (Seite 351)

- ① Die sogenannte Big-Bang-Strategie wird z.B. von einigen Baumbusgewächsen verfolgt: Die Organismen durchlaufen über mehrere Jahre nur vegetative Wachstumsphasen, investieren dann ihre gesamte Energie in eine einzige sexuelle Reproduktionsphase und sterben danach ab.  
Nennen Sie die Vor- und Nachteile.
  - *Erfolgt die Blüten- und Fruchtbildung z. B. in außergewöhnlich niederschlagsreichen Jahren, werden Samenbildung und Keimung sowie das Wachstum aller Jungpflanzen gefördert. Nachteil ist, dass keine kontinuierliche Verjüngung der Bestände erfolgt. Vorteile sind, dass den Pflanzenfressern derart viele Samen und Jungpflanzen zur gleichen Zeit zur Verfügung stehen, dass nicht alle Bambusgewächse verzehrt werden können.*
- ② Beim Pazifischen Lachs zehren die Männchen und Weibchen während der Wanderung zum Paarungsort von ihrem Körpervorrat und gehen nach dem Abbläichen zugrunde.  
Beschreiben Sie Kosten und Nutzen dieser Strategie.
  - *Durch die zahlreichen Tiere, die z. B. die Flüsse hinauf wandern, können Räuber wie der Bär nur einen begrenzten Anteil der Elterntiere fangen. Auch die Feinde der Jungtiere haben nur kurzfristig ein hohes Angebot. Der Fortpflanzungserfolg wird dadurch erhöht. Die langfristige Investition der Elterntiere in den Aufbau der Körpervorräte und die Produktion von Keimzellen erzeugt Kosten, die beim vorzeitigen Tod der Elterntiere extrem hoch sind.*
- ③ Beurteilen Sie Revierverteidigung, Brutpflege oder Brutfürsorge oder den Bau spezifischer Nester zur Aufzucht der Nachkommen im Hinblick auf die reproduktive Fitness.
  - *Revierverteidigung kann unterschiedliche Ziele haben, sichert aber z. B. während der Fortpflanzungsperiode die Ernährung der Jungtiere. Brutpflege (die Eltern versorgen die Nachkommen direkt) und Brutfürsorge (Eltern sorgen nur für günstige Entwicklungsbedingungen, aber nicht direkt für die Nachkommen) machen sich aus biologischer Sicht nur bezahlt, wenn sie den eigenen Jungen zugute kommen, sodass die Verbreitung der eigenen Gene gesichert wird. Der Bau spezifischer Nester erhöht ebenfalls die Überlebensrate der Nachkommen. Alle Verhaltensweisen tragen zur Erhöhung der reproduktiven Fitness bei.*
- ④ Reproduktion im Sinne von „Erzeugung von Nachkommen“ bedeutet nicht automatisch Vermehrung. Begründen Sie dies.
  - *Würde ein Paar nur einen Nachkommen während seines Lebens erzeugen, hätte es sich zwar fortgepflanzt, die Population würde aber insgesamt abnehmen.*

- ⑤ Die verschiedenen Formen der ungeschlechtlichen (vegetativen) Fortpflanzung gewährleisten, dass ein Individuum Kopien aller seiner Gene weitergibt. Stellen Sie die Vor- und Nachteile im Vergleich mit der geschlechtlichen Fortpflanzung dar.
- *Durch ungeschlechtliche Fortpflanzung können schnell zahlreiche Nachkommen mit der gleichen genetischen Ausstattung entstehen, sodass Ressourcen optimal genutzt werden. Auf Dauer kann aber durch mangelnde Rekombination eine genetische Verarmung eintreten. Bei Prokaryoten wird dies z. B. durch Konjugation verhindert. Geschlechtliche Fortpflanzung gewährleistet stets eine genetische Rekombination, durch die eine bessere Anpassung an die Umwelt möglich wird; sie erfordert aber höhere Investitionen durch die Partnersuche.*
- ⑥ Fitness im Sinne DARWINS wird nicht an der Anzahl der Nachkommen gemessen, sondern daran, wie viele von ihnen überleben und selbst wieder Nachkommen haben. Daraus ergeben sich unterschiedliche Fortpflanzungsstrategien. Erläutern Sie die Zusammenhänge.
- *Zu einem optimalen Lebensfortpflanzungserfolg können neben bestimmten anatomischen Strukturen auch genetisch bedingte Verhaltensweisen (Strategien) oder individuelle Taktiken beitragen. Sie werden im Wesentlichen durch ökologische Bedingungen selektiert (K- und r-Strategen), sind aber auch von der sexuellen Selektion abhängig.*
- ⑦ Buschblauhäher haben sog. „Helfer am Nest“, die sich selbst nicht fortpflanzen. Unter welchen Bedingungen kann dieses auf den ersten Blick uneigennützig (altruistische) Verhalten einen reproduktiven Fitnessgewinn darstellen?
- *Sind die Helfer mit den Jungtieren nahe verwandt, sorgen sie durch dieses altruistische Verhalten dafür, dass ein Teil ihrer eigenen Gene in die nächste Generation gebracht werden, obwohl sie sich selbst nicht fortpflanzen (weil dies z. B. aufgrund der ökologischen Bedingungen nicht möglich ist).*

### Basiskonzept: Kompartimentierung (Seite 353)

- ① Welche Vorteile bietet die Kompartimentierung?
- *In verschiedenen Kompartimenten können ganz unterschiedliche Reaktionen gleichzeitig ablaufen, es herrschen verschiedene Reaktionsbedingungen (pH-Wert, Enzymausstattung, Substrate). Produkte können getrennt voneinander gespeichert und kontrolliert transportiert werden.*
- ② „Die Identität eines Zellkompartiments beruht im Wesentlichen auf spezifischen Proteinbestandteilen seiner Membran.“ Begründen Sie diese Aussage.
- *Membranproteine kontrollieren den Im- und Export von Substanzen und entscheiden damit über die Zusammensetzung des von ihnen umschlossenen Zellkompartiments. Sie selbst entstehen unter der Regie des Zellkerns bzw. der organelleigenen DNA (im Falle der Plastiden und Mitochondrien). Sie werden entsprechend der im Gewebetyp aktivierten Erbinformation synthetisiert und sind als spezifische Enzyme aktiv bzw. beeinflussen als Baustoffe die Struktur der Membran.*
- ③ Welchen Beitrag leistet die Endosymbiontentheorie, um die Entstehung der Zellkompartimentierung zu erklären?
- *Nach dieser Theorie entwickelten sich Mitochondrien und Chloroplasten aus Prokaryoten, die in eine größere Zelle aufgenommen wurden. Die Membranstrukturen stützen diese Theorie: Die innere Membran leitet sich von der Zellmembran der Endosymbionten her, die äußere entstand aus der Zellmembran der Wirtszelle. Ringförmige DNA-Moleküle und bakterienähnliche Ribosomen in den Organellen und ihre Fähigkeit, durch Teilung aus ihresgleichen zu entstehen, sind weitere Belege.*
- ④ Mitochondrien und Plastiden sind Organellen mit einer Doppelmembran. Welche Reaktionsräume werden jeweils gegeneinander abgegrenzt und welche Prozesse laufen dort ab?
- *Die Prozesse der Zellatmung sind auf Cytoplasma (Glykolyse) und Mitochondrienmatrix (Citronensäurezyklus) sowie Innenmembran der Mitochondrien (Atmungskette) verteilt. Die lichtabhängigen Prozesse der Fotosynthese laufen an den Thylakoidmembranen und der Calvin-Benson-Zyklus im Chloroplastenstroma ab. In beiden Fällen sind die Teilschritte, die eine räumliche Nähe und eine hohe Präzision der zusammenarbeitenden Proteine bzw. Enzyme erfordern, an Membranen gebunden. Insgesamt können abbauende und aufbauende Reaktionen voneinander getrennt und trotzdem gleichzeitig ablaufen.*
- ⑤ Von E. SCHNEPF wurde 1965 die Regel formuliert, dass eine biologische Membran immer eine plasmatische Phase von einer nicht plasmatischen Phase trennt. Überprüfen Sie dies anhand der Kompartimente der Eucyten.
- *An allen einfachen Membranen (ER, Lysosomen, Vakuole) ist dies offensichtlich, weil der Organellinhalt nicht plasmatisch ist. An Doppelmembranen gibt es im Innern des Organells eine plasmatische Grundsubstanz (Karyoplasma, Chloroplastenstroma, Mitochondrienmatrix). Zwischen den beiden Membranen existiert aber jeweils ein nicht plasmatischer Innenraum, sodass auch hier die Regel zutrifft.*
- ⑥ Vom Biotop zur Biosphäre lässt sich ebenso wie von der Zelle bis zum Organismus eine „Einschachtelung von Kompartimenten“ verschiedener Organisationsstufen sehen. Erläutern Sie dies und nennen Sie Beispiele.
- *Der Reihe Zelle – Gewebe – Organ – Organismus kann man die Reihe Biotop – Biozönose – Ökosystem – Großlebensräume (z. B. Steppen oder Wüsten) – Biosphäre gegenüberstellen. Die jeweils kleinere Einheit prägt die Struktur und Funktion der nächst größeren.*
- ⑦ Lysosomen enthalten Verdauungsenzyme in einem stark sauren Milieu, das durch Energie verbrauchende Protonenpumpen aufrechterhalten wird. Welche Bedeutung hat dabei die Kompartimentierung?
- *Durch die Lysosomenmembran wird die Zelle vor Selbstverdauung geschützt.*

## Basiskonzept: Steuerung und Regelung (Seite 355)

- ① Verdeutlichen Sie die Unterschiede zwischen Steuerung und Regelung an einem Elektro-Spielzeugboot mit und ohne Fernbedienung.
  - *Steuerung bedeutet eine Beeinflussung der Richtung oder Intensität von Vorgängen (z. B. durch Fernbedienung wird ein neuer Kurs festgelegt). Regelung stellt einen Kreisprozess dar, in dem Abweichungen durch negative Rückkopplung kompensiert werden (z. B. bei Kursabweichungen des Bootes wird eine entgegengesetzte Richtung eingeschlagen). Ein Boot ohne Fernbedienung kann weder gesteuert noch bei Kursabweichung korrigiert werden.*
- ② Die Regelung des Blutdrucks ist im Gegensatz zur Pupillenreaktion ein Beispiel für eine sogenannte „zeitliche Integralregelung“: Der Regelprozess erreicht trotz anhaltender Störgröße einen Sollwert und hält ihn ein. Erläutern Sie dies für Blutverluste infolge einer Verletzung.
  - *Mechanische Gleichgewichte: Beispiel Kuckucksuhr oder Balkenwaage; Überlaufsystem: Regentonne mit Ablauf in einer bestimmten Höhe. Biologisches Beispiel: Wenn der Blutzuckerspiegel nicht mehr reguliert werden kann, ist Zucker im Urin nachweisbar. Beispiel Feed-forward-System (Vorwärtsregelung im Gegensatz zu Feedback): Unsere Erwartung beeinflusst die Wahrnehmung. Für einen nervösen Rucksacktouristen, der nachts durch den Wald läuft, könnte beispielsweise jeder gebogene Stock auf dem Boden wie eine Schlange aussehen.*
- ③ Das Prinzip der negativen Rückkopplung beruht darauf, Abweichungen von einem Sollwert durch Gegenwirkungen zu verringern oder vollständig zu kompensieren. Andere Modelle sind mechanische Gleichgewichte, Überlaufsysteme, chemische Pufferung oder „feed-forward-Systeme“. Informieren Sie sich darüber und erläutern Sie die Unterschiede.
  - *Durch große Blutverluste würde ein extremer Druckabfall entstehen, der Herz und Gehirn schädigt. Daher führen die durch die Sinnesorgane in der Halsschlagader festgestellten Abweichungen zu einer Neueinstellung des Spannungszustandes in der Wandmuskulatur aller Blutgefäße.*
- ④ Erläutern Sie die dargestellten technischen Regelsysteme und vergleichen Sie ihren Aufbau und ihre Funktion mit ausgewählten biologischen Systemen.
  - *Das Prinzip der automatischen Wasserstandsregelung wird z. B. im Spülkasten einer Toilette genutzt. Durch den Schwimmer (Mess- und Regelglied kombiniert) schließt sich der Zulauf, wenn eine bestimmte Höhe des Wasserstands erreicht ist. Mit dem Fliehkraftregler wurde z. B. der Antrieb von Dampfmaschinen (Lokomotiven) geregelt. Der Fliehkraftregler hat dabei durch den Anschluss an ein Schwungrad eine horizontale Drehrichtung (Pfeil). Je schneller sich das Schwungrad dreht, desto mehr heben sich die Gewichte. Die Konstruktion ist mit einem Ventil verbunden, durch das z. B. der Dampfdruck abgesenkt wird, sodass das Schwungrad sich wieder langsamer dreht. Beide Beispiele sind wie der Regelkreis in der Pupillenreaktion Proportionalregelungen.*
- ⑤ Positive Rückkopplung verstärkt sich selbstständig. Suchen Sie nach je einem Beispiel in Biologie und Technik. Erläutern Sie jeweils die Zusammenhänge.
  - *Positive Rückkopplung verstärkt sich selbstständig (Aufschaukelungskreis): Wird z. B. ein Fußballspiel von den Zuschauern mit anfeuernden Kommentaren „belohnt“, verbessert sich die Spielbereitschaft und -leistung der Fußballer. Im „Teufelskreis“ der Drogenabhängigkeit wird durch das Wohlbefinden oder die Leistungsfähigkeit nach der Drogeneinnahme der ständig steigende Drogenkonsum bewirkt.*
- ⑥ Muskeln erhalten den Befehl, sich zu verkürzen, sowohl über  $\alpha$ -Motoneurone als auch über  $\gamma$ -Fasern, die zu den Muskelspindeln führen. Bereiten Sie ein Kurzreferat zur gegenseitigen Beeinflussung von Muskelspindel und Muskel bei Kontraktion und Dehnung vor.
  - *Die Muskelspindeln sind Längenmesser (Dehnungsrezeptoren). Sie enthalten zwei Sensortypen: Der eine registriert ruckartige Verlängerungen des Muskels (Beschleunigung), der andere die erreichte Länge. Beides ist z. B. bei Reflexen notwendig. Die Muskelspindel besitzt aber auch selbst kontraktile Bereiche, durch die die Länge der Spindel entsprechend einem vorgegeben Sollwert verändert wird. Diese Steuerung übernehmen  $\gamma$ -Motoneurone. Im Gegensatz dazu regulieren  $\alpha$ -Motoneurone den Ablauf der Muskelkontraktion. Die Sollwertverstellung wird aktiv vom ZNS signalisiert, die Muskellänge folgt dem neuen Sollwert entsprechend einem Regelkreis.*

## Basiskonzept: Stoff- und Energieumwandlung (Seite 357)

- ① Die Reaktionsgeschwindigkeit-Temperatur-Regel (RGT-Regel) besagt, dass durch eine Temperaturerhöhung um 10 °C die Reaktionsgeschwindigkeit um das 2- bis 4fache steigt. Belegen Sie die Gültigkeit dieser Regel an Beispielen aus der Biologie.
  - Die Reaktionsgeschwindigkeit-Temperatur-Regel stimmt nur bedingt für einen engen Temperaturbereich um 20 °C. Homoiotherme Tierarten verfügen über Regelmechanismen, die den Zellstoffwechsel auf die jeweilige Körpertemperatur einstellen. Poikilotherme Tiere passen sich auch im Zellstoffwechsel den jeweiligen Außentemperaturen an. Tiefe Temperaturen bedingen dabei auch einen geringeren Stoffwechsel. Sogar eine gänzliche Einstellung des Zellstoffwechsels ist möglich (Kältestarre).
- ② Die Zellatmung hat für die Energiegewinnung aerober Organismen eine zentrale Bedeutung. Welche Stoffwechselwege münden in die Glykolyse, den Tricarbonsäurezyklus und die Atmungskette? Vergleichen Sie diese Vernetzungen mit einem geeigneten technischen Beispiel.
  - Die Glykolyse ist sowohl unter aeroben wie auch unter anaeroben Bedingungen für alle Organismen ein essentieller Stoffwechselweg. In Gegenwart von Sauerstoff können die meisten tierischen Organismen Lipide, Aminosäuren und Kohlenhydrate durch oxidative Prozesse vollständig abbauen. Findet Gärung statt, kann nur Glucose zur ATP-Bildung herangezogen werden. Ähnlich der Automobilfertigung ist die Glykolyse demnach die zentrale „Bandstraße“, um die baukastenähnlich weitere Stoffwechselwege angeordnet sind, die wiederum untereinander vernetzt sein können.
- ③ Auf den ersten Blick erscheint es energetisch günstiger, ein Konformer zu sein. Auch in die ungeschlechtliche Fortpflanzung scheinen Organismen weniger Energie investieren zu müssen. Trotzdem sind zahlreiche Tierarten Regulierer bzw. pflanzen sich erst nach aufwändiger Partnersuche fort. Beurteilen Sie dies.
  - Konformer unter den Tieren suchen aktiv Bereiche mit lebensfreundlichen Temperaturen auf, müssen hierzu also auch Energie investieren und sind in ihrer Gesamtaktivität weitgehend von den Umweltbedingungen abhängig. Gleiches gilt für Konformer unter den Pflanzen (Flechten und Moose), deren Lebensrhythmus in hohem Maß von den Feuchtigkeitsverhältnissen abhängt. Regulierer sind von ungünstigen Faktoren unabhängiger. Bei ständig ungeschlechtlicher Fortpflanzung können „Fehler“ im genetischen Programm nicht mehr korrigiert werden.
- ④ Je höher die Körpertemperatur eines Tieres ist, desto schneller kann es sich bewegen. Analysieren Sie die begrenzenden Faktoren.
  - Einen Zusammenhang zwischen Körpertemperatur und Bewegungsfähigkeit findet man nur in begrenzten Bereichen bei poikilothermen Tieren. Einer steigenden Körpertemperatur sind physiologische Grenzen gesetzt. Regulationsmechanismen verhindern im Allgemeinen den Wärmetod.
- ⑤ Manche Samen und Dauerstadien von Tieren können sehr lange Zeiträume überdauern. Wie gelingt das?
  - Im Zustand der Abiose wird der Wassergehalt der Zellen abgesenkt, damit die Lebensprozesse auf ein Minimum reduziert werden können. Oft werden die Dauerstadien von speziellen Hüllen umgeben und enthalten relativ viel Reservestoffe. Durch die verminderte Stoffwechselaktivität kommen Bewegungen, Wachstum und Entwicklung zum Erliegen.

## Basiskonzept: Information und Kommunikation (Seite 359)

- ① Stellen Sie für je ein Beispiel aus der Verhaltensbiologie, Neurophysiologie, Stoffwechselbiologie und Genetik dar, wie Sender und Empfänger aufeinander abgestimmt sind.
  - Verhaltensbiologie: Hier gibt es zahlreiche Beispiele für Verhaltensweisen, die dann entstehen, wenn zwei Individuen wechselseitig Signale aussenden. Neurophysiologie: Hier sind z. B. die Rezeptoren auf die jeweiligen Reizqualitäten (optisch, akustisch, mechanisch, chemisch) abgestimmt. In der Stoffwechselbiologie können Substrate als „Sender“ einer Information und Enzyme als „Empfänger“ betrachtet werden. Gleiches gilt für Hormone und ihre Zielzellen. Genetik: Die DNA kann als informationsabgebende Substanz über die Proteine zahlreiche Empfänger im Bau- und Betriebsstoffwechsel erreichen.
- ② Im Rundfunk haben Kurz- und Mittelwellensender erheblich schlechtere Sendequalität als UKW-Stationen. Finden Sie eine Begründung.
  - Beim UKW-Verfahren wird eine Schwingung in kurz aufeinander folgende einzelne Impulse zerlegt und von der Sendestation ausgestrahlt. Vom Empfänger werden die Impulse aufgenommen und im Radio wieder in Schwingungen zurückverwandelt. Dies hören wir als Ton oder Geräusch. Diese „Frequenzcodierung“ entspricht dem Prinzip der Nervenleitung und ist weniger störanfällig als das Sendeprinzip der Kurz- und Mittelwellensender.
- ③ Stellen Sie die verschiedenen Codierungsmechanismen bei der Informationsübermittlung in Nervensystemen dar.
  - Am Zellkörper wirkende Transmitter erzeugen je nach Intensität der ankommenden Impulse variable Potentialhöhen (Amplituden-Code). Durch Verrechnung der eingehenden Informationen entstehen am Axonhügel fortgeleitete Aktionspotentiale nach dem Alles-oder-Nichts-Gesetz aber mit unterschiedlicher Frequenz (Frequenz-Code). Diese werden an der Synapse in eine mehr oder weniger starke Transmitterausschüttung übersetzt.
- ④ Pflanzen speichern die Information über Belichtungsverhältnisse in Phytochrom-Molekülen. Stellen Sie die Arbeitsweise dieses Moleküls dar und erläutern Sie, wie dadurch Information verarbeitet wird.
  - Phytochrome sind Eiweiße mit Pigmentanteilen, die durch Lichteinwirkung reversibel in eine andere Form umgelagert werden und dadurch z. B. Gene ein- oder ausschalten können. Die dadurch angestoßenen Signalketten sind z. B. für Keimung, Blüteninduktion bei Langtag- oder Kurztagpflanzen, Etiolement und Fototropismus verantwortlich.

- ⑤ Bücher, Filme, eine CD oder DVD sind Beispiele für technische Speichermedien. Vergleichen Sie diese Datenträger mit den biologischen Informationsträgern hinsichtlich der Art der Information, ihrer Speicherung und Weitergabe.
- *Technisch werden z. B. magnetische (Videobänder für Filme) und optische Systeme (Buch, DVD, CD) genutzt. Sie nutzen ebenso wie andere Informationsträger (wie z. B. Chipkarten, Halbleiter oder Blindenschrift, mechanische Speicher) überwiegend physikalische Prinzipien. Biologische Informationsträger sind z. B. die DNA, die Gedächtniszellen des Immunsystems, das Gehirn, die Hormone, die Reflexbahnen oder der Genpool. Es handelt sich dabei um „chemische Speichersysteme“ und neuronale Verschaltungen, die untereinander in Kontakt treten können. Technische Speichermedien benötigen zur Weitergabe der auf ihnen festgelegten Information spezifische Lesegeräte (Ausnahme Buch).*
- ⑥ Begründen Sie die Aussage, dass Nucleinsäuren sowohl der Informationsspeicherung als auch der Informationsübertragung dienen.
- *In der DNA ist die Erbinformation in der Nucleotidsequenz gespeichert. Die m-RNA überträgt diese Information an den Ort der Proteinbiosynthese. Die DNA selbst wird aber auch zum Informationsüberträger, wenn nach der Replikation Mitose oder Meiose erfolgt.*
- ⑦ Nennen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Nerven- und Hormonsystem. Vergleichen Sie diese Form der Informationsübertragung mit der zellulären Kommunikation bzw. der Kommunikation zwischen Individuen.
- *Gemeinsamkeiten: Beide dienen der Kommunikation (Regulation, Steuerung) innerhalb des Organismus und beide haben antagonistisch wirkende Regel-/ Steuersysteme (hemmende und erregende Synapsen, antagonistisch wirkende Hormone). Im Nervensystem sind elektrische Signale (große Distanzen) und Neurotransmitter (kleine Distanzen) in Nerven bzw. Synapsen aktiv. Die Übertragungsgeschwindigkeit ist groß, die Wirkung wird schnell hervorgerufen. Im Hormonsystem werden die Botenstoffe durch den Blutstrom verteilt. Die Verbreitungswege sind nicht wie die Nervenbahnen fest vorgegeben und die Zielzellen werden aufgrund ihrer Rezeptoren gefunden. Der Informationsgehalt wird durch die chemische Struktur der Hormone bestimmt. Die Übertragungsgeschwindigkeit ist gering, die Wirkung längerfristig. Die zelluläre Kommunikation ähnelt dem Hormonsystem auf sehr kleinem Raum. Die Kommunikation zwischen Individuen hat Ähnlichkeiten mit der Informationsübertragung im Nervensystem.*
- ⑧ Warum kann man die Lautäußerungen „sprechender“ Papageien nicht als Sprache bezeichnen?
- *„Sprechende“ Papageien wiederholen Laute, die durch Dressur gelernt wurden. Es wird damit keine kontextbezogene Information weitergegeben oder kommuniziert.*
- ⑨ Diskutieren Sie die Bedeutung der Signalfarben in den Balztrachten vieler Tiere. Vergleichen Sie dies mit der Funktion von Warnfarben.
- *Die auffälligen Signalfarben können dem Anlocken des Sexualpartners dienen oder Konkurrenten warnen, aber auch Feinde aufmerksam machen. Sie unterliegen der sexuellen Selektion. Warnfarben haben ähnlich wie Tarnfarben eine Bedeutung im Räuber-Beute-System.*

### **Basiskonzept: Variabilität und Angepasstheit (Seite 361)**

- ① Man sagt, die Selektion arbeitet nach dem Schrotschussprinzip. Erläutern Sie dies.
- *Mit dem „Schrotschussprinzip“, ist gemeint, dass von den ungezielt in alle Richtungen streuenden Schrotkörnern (hier Umweltfaktoren) einige zufällig auf passende Objekte (hier Merkmale) treffen. Durch den Zufallstreffer werden die Objekte „angepasst“. Im Nachhinein erscheint dies wie eine zielgerichtete und zweckmäßige Anpassung, was aber auf die Selektionsvorgänge nicht zutrifft.*
- ② Suchen Sie nach einem Beispiel für genetisch fixierten Polymorphismus, balancierten Polymorphismus sowie Plastizität und vergleichen Sie die Beispiele.
- *Genetisch fixierter Polymorphismus: Die Vielgestaltigkeit von Individuen einer Art gibt es z. B. bei Farbpolymorphismen (z. B. verschieden gefärbte und gebänderte Individuen bei Schnirkelschnecken, rote und schwarze Eichhörnchen, braune und graue Farbphasen bei Waldkauz und Kuckuck oder auch die zwischen rot-violett und weiß variiende Blütenfarbe des Lerchensporn). Auf zwei Morphen beschränkt ist der Sexualdimorphismus.*  
*Balancierter Polymorphismus: Die Vorteile des Allels in den Heterozygoten und die Nachteile des Allels in den Homozygoten halten sich in dieser Gleichgewichtssituation die Waage (z. B. Sichelzellanämie: Homozygote erkranken, Heterozygote sind weniger anfällig für Malaria als gesunde Personen).*  
*Plastizität: Hochland-/Tiefenform von Löwenzahnpflanzen, verschieden stark ausgeprägte Muskulatur, ökologische Potenz; Bezug zu Modifikationen. Der Genotyp gibt nur die Reaktionsnorm vor, durch die Umwelteinflüsse entstehen unterschiedliche Phänotypen.*
- ③ Nach Hirnverletzungen können Betroffene unter entsprechender Therapie bestimmte Tätigkeiten wieder erlernen oder vollständig gesund werden. Worauf beruht das und wie lässt es sich erklären?
- *Entsprechend der Neuroplastizität wird Wissen nicht als Ganzes, sondern verstreut in verschiedenen Gehirnbereichen gespeichert und mit unterschiedlichen Assoziationen verknüpft und kann dann auch wieder neu kombiniert und reaktiviert werden.*
- ④ Biochemische Anpassungen können auf Veränderung der Genexpression oder der Enzymaktivität beruhen. Erläutern Sie dies.
- *Genexpression wird entweder über Substratinduktion oder Endproduktrepression oder vergleichbare Mechanismen und durch Hormone reguliert. Die Enzymaktivität kann insbesondere bei allosterischen Enzymen gehemmt oder aktiviert werden. In beiden Fällen werden biochemische Reaktionen den augenblicklichen Erfordernissen angepasst.*

- ⑤ Durch die Evolution lässt sich einerseits die hohe Diversität der Lebensformen erklären, andererseits aber auch die Tatsache, dass alle Organismen gemeinsame Kennzeichen des Lebendigen aufweisen. Begründen Sie dies.
- *Diversität, d. h. die große Vielfalt verschiedener Organismen entsteht im Verlauf der Evolution. „Rückwärts“ betrachtet lässt sich z.B. durch die molekulare Verwandtschaft ein gemeinsamer Ursprung der Organismen finden.*
- ⑥ Prüfen Sie die Eignung des Begriffs „Überleben des Stärkeren“ zur Beschreiben der Selektion.
- *Der Begriff „survival of the fittest“ wurde von HERBERT SPENCER 1862 infolge von DARWINS Formulierung im „Kampf ums Dasein“ geprägt und häufig als Überleben des Stärkeren interpretiert. Dies ist aber falsch, da bestimmte Individuen nicht, weil sie am besten zum Überleben geeignet sind zu Eltern einer neuen Generation werden, sondern dieses ausschließlich durch den Besitz von bestimmten definierten Merkmalen werden.*
- ⑦ Viele Krankheitserreger lassen sich durch Antibiotika nicht mehr bekämpfen. Beschreiben Sie den Prozess der Resistenzbildung und ermitteln Sie den Bezug zu Variabilität und Angepasstheit.
- *Die Entstehungsweise resistenter Bakterien zeigt, dass einige Organismen innerhalb einer Population durch eine Prädisposition einen Selektionsvorteil haben.*
- ⑧ In der medizinischen oder industriellen Forschung wird ein Ausgangsstoff in kleinen Schritten gezielt oder zufällig verändert und dann auf Wirksamkeit geprüft. Vergleichen Sie dies mit der biologischen Evolution.
- *Diesem Vorgehen entspricht in der biologischen Evolution das Auftreten von Mutationen, deren Effekte ebenfalls meist kleinschrittige Veränderungen bewirken und der Selektion.*
- ⑨ Vergleichen Sie die Umfärbung der Scholle, eines Hermelins im Winter und die Tarnfarbe eines Feldhasen unter dem Aspekt von Anpassung und Angepasstheit.
- *Die Umfärbung der Scholle ist eine spontane, individuelle Anpassung an den Untergrund (Tarnung, physiologischer Farbwechsel). Der morphologische Farbwechsel des Hermelins (Sommer-/Winterkleid) dient ebenfalls der optischen Tarnung durch Anpassung an die sich farblich verändernde Umgebung, ist aber lang anhaltend, vollzieht sich im Zusammenhang mit dem Haarwechsel und betrifft alle Tiere einer Art. Die Tarnfarbe des Feldhasen ist im Jahresverlauf stets gleich und stellt eine Angepasstheit dar.*

### Basiskonzept: Geschichte und Verwandtschaft (Seite 363)

- ① „Der genetische Code ist universell und redundant.“ Erläutern Sie diese Behauptung und den Bezug zum vorliegenden Thema.
- *Die Redundanz ergibt sich aus der Tatsache, dass für die 20 Aminosäuren, die am Proteinaufbau beteiligt sind, 64 Triplettkombinationen zur Verfügung stehen. Die Degeneration zeigt sich daran, dass meist mehr als ein Triplet den Einbau einer Aminosäure codiert. Da der genetische Code in dieser Form für alle Organismen gleichermaßen gilt (Universalität) ist dies ein Beleg für ihre gemeinsame Herkunft.*  
*Anmerkung: Nur für sehr wenige Organismen (meist Archaeobakterien) sind ungewöhnliche Aminosäuren und abweichende Tripletzuordnungen bekannt.*
- ② Gilt das Zufallsprinzip auch für die Koevolution? Diskutieren Sie mögliche Zusammenhänge.
- *Koevolution bedeutet in der Stammesgeschichte die wechselseitige Anpassung interagierender Arten, die zu einer Sicherung und Vervollkommnung ihrer Existenz und Fortpflanzung führt. Zufälle spielen hier in Form von solchen Mutationen eine Rolle, die in diesem Prozess die Entwicklung vorangetrieben haben.*
- ③ Suchen Sie nach je einem Beispiel für „Zweckmäßigkeit“ aus den Bereichen Biologie, Medizin und Technik. Welche Kriterien liegen der Auswahl zugrunde?
- *Der biologische Zweck liegt immer in den Konsequenzen, die ein Merkmal für das Überleben und den Fortpflanzungserfolg eines Individuums hat (Adaptationswert; ultimate Ursache. Beispiel: Stäbchenretina bei nachtaktiven Wirbeltieren. Im Gegensatz dazu ist in Medizin und Technik damit stets eine zielgerichtete Aktivität gemeint. Beispiel: Eine Behandlung zielt auf eine bestimmte Wirkung ab; ein technisches Gerät ist so beschaffen, dass es ein bestimmtes Ziel besonders gut erfüllt.*
- ④ Lebewesen besitzen im Unterschied zu nicht lebenden Systemen ihr eigenes, über Millionen Jahre optimiertes, genetisches Programm. Betrachten Sie mögliche Auswirkungen der Gentechnik unter evolutionären Gesichtspunkten.
- *Die Gentechnik greift in diese optimierten Systeme ein. Unter evolutionären Gesichtspunkten bewirkt sie also unter Umständen Prozesse, die bereits durch die Selektion „aussortiert“ wurden, da sie nicht optimal waren.*
- ⑤ Analysieren Sie die besonderen Einflüsse, denen Inselpopulationen ausgesetzt sind, unter genetischen und evolutionsbiologischen Aspekten.
- *Inselpopulationen sind gekennzeichnet durch scharfe Separation von der Landflora und -fauna, starke Beschränkung ihres Areals und relative Artenarmut bei meist hohem Anteil an Endemiten. Einzelne Arten können eine adaptive Radiation zeigen. Durch den eingeschränkten Genpool haben auch Rekombinationsmechanismen nur begrenzte Wirksamkeit. Es liegt keine ideale Population vor.*
- ⑥ Das Aktualitätsprinzip wurde von C. LYELL (1797-1875) formuliert. Er versuchte, in der Vergangenheit abgelaufene Prozesse nur durch solche Kausalfaktoren zu erklären, die auch heute wirksam und daher analysierbar sind. Welche Evolutionsfaktoren könnten demgemäß zur biologischen Vielfalt geführt haben?
- *Nur Mutation und Selektion können entsprechend dem Aktualitätsprinzip heute analysiert werden. Alle anderen Vorgänge, wie sie z. B. zur Entstehung von Fossilien führt, sind nach diesem Prinzip nicht erklärbar. In der heute gültigen synthetischen Evolutionstheorie hat LYELLS Idee demzufolge keine Bedeutung.*