

# **Abiturprüfung 2017**

## **BIOLOGIE**

**Arbeitszeit: 180 Minuten**

Der Fachausschuss wählt jeweils eine Aufgabe aus den Gebieten A, B und C zur Bearbeitung aus.

**Bei jeder Teilaufgabe steht die maximal erreichbare Anzahl von Bewertungseinheiten (BE).**



# A 1 Heimische Singvögel

Innerhalb der Wirbeltiergruppe der Vögel stellen die Singvögel die größte Gruppe dar. In Deutschland sind rund 170 Arten bekannt.

- 1 Der Kolkrahe (*Corvus corax*) war bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts in Nordostdeutschland weit verbreitet. Typisch für den in Deutschland größten Singvogel ist sein breites Nahrungsspektrum, das von an Meeresküsten angeschwemmten Schnecken und Muscheln über kleine Wirbeltiere wie Mäuse bis hin zu Aas reicht. Die unablässige Bejagung durch den Menschen führte am Anfang des 20. Jahrhunderts zum regionalen Aussterben des Kolkrahen, wie z. B. im 107 km<sup>2</sup> großen Untersuchungsgebiet (UG) „Greifswald/Wolgast“ im östlichen Teil Mecklenburg-Vorpommerns (Abb. 1).

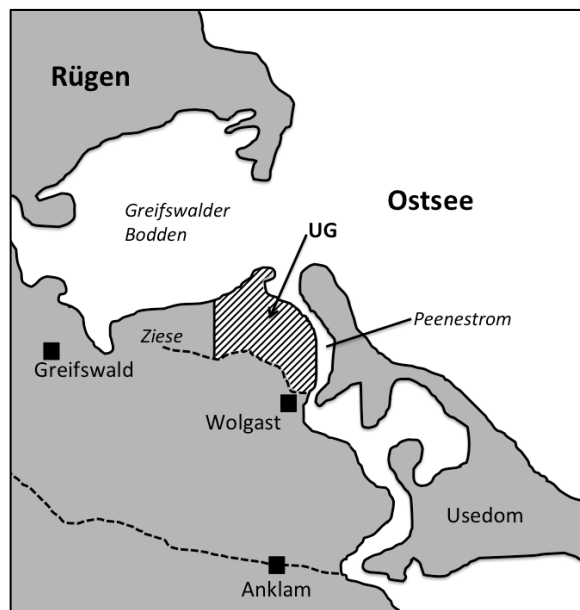


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes (UG) „Greifswald/Wolgast“<sup>1</sup>

Ein Wiederbesiedlungsversuch im Jahr 1955 in den Wäldern des UG zeigte nur langsam Erfolg: 1970 konnten lediglich drei Brutpaare mit jeweils eigenem Brutrevier gezählt werden. Die weitere Brutbestandsentwicklung des Kolkrahen im Untersuchungsgebiet lässt sich folgender Tabelle (Tab. 1) entnehmen. Die Revier- bzw. Brutdichte von 20,6 Revieren pro 100 km<sup>2</sup> im Untersuchungsgebiet „Greifswald/Wolgast“ ist seit Ende der 1980er Jahre relativ stabil. Sie gehört zu den absoluten Höchstwerten im mitteleuropäischen Raum.

Tab. 1: Brutbestandsentwicklung des Kolkrahen im Untersuchungsgebiet von 1970 bis 1988<sup>1</sup>

	1970	1972	1974	1976	1978	1980	1982	1984	1986	1988
Waldbrüter (Anzahl Reviere)	3	5	4	6	6	12	11	10	13	12
Offenlandbrüter (Anzahl Reviere)	0	0	1	3	3	4	7	5	9	10
Summe der Reviere	3	5	5	9	9	16	18	15	22	22
Dichte der Reviere pro 100 km <sup>2</sup>	2,8	4,7	4,7	8,4	8,4	14,9	16,8	14,0	20,6	20,6

(Fortsetzung nächste Seite)

- 1.1 Fertigen Sie ausgehend von den Daten aus Text und Tabelle ein Diagramm der Populationsentwicklung des Kolkkraben ab 1970 im gesamten Untersuchungsgebiet an und beschreiben Sie allgemein die darin erkennbaren Phasen einer Populationsentwicklung. [8 BE]
- 1.2 Wissenschaftler suchen einerseits nach Gründen für die Stabilität der Populationsdichte auf diesem hohen Niveau und andererseits auch nach Gründen für die Begrenzung des Populationswachstums. Sie haben als eine Hypothese formuliert, dass die Ursache für dieses hohe Niveau im Nahrungsangebot liegt.  
Geben Sie eine Begründung an, die diese Hypothese stützt, und stellen Sie zwei weitere Hypothesen auf, die als Grundlage für die Untersuchung der Begrenzung der Anzahl an Revieren dienen. [6 BE]
- 2 Der Stieglitz (*Carduelis carduelis*), auch Distelfink genannt, gehört zu den buntesten Singvögeln Europas. Er ernährt sich vornehmlich von den Samen verschiedener Blütenpflanzen.
- 2.1 Das auffällig bunt gefärbte Gefieder des Stieglitzes war schon im Mittelalter ein Motiv für Maler.  
Beschreiben Sie anhand von drei verschiedenen Aspekten den Nutzen auffälliger Farbmuster für die Kommunikation im Tierreich. Geben Sie für jeden Aspekt ein passendes Beispiel an. [6 BE]
- 2.2 Männliche Stieglitze beginnen im Frühjahr mit dem Balzgesang.  
Planen Sie ein Experiment, mit dem sich feststellen lässt, ob die Tageslänge der Auslöser für das Balzverhalten der Stieglitzmännchen ist. [5 BE]
- 2.3 Die Nahrung der körnerfressenden Stieglitze findet sich in der Regel lokal konzentriert und zeitlich befristet. Mehrmals am Tag fliegen die Vögel in Gruppen ein Nahrungsgebiet an. Bereits dort fressende Individuen locken weitere Tiere mit einem Lockruf an. Fressende Stieglitze sind ständig durch Fressfeinde gefährdet. Bei Annäherung eines Feindes warnen die Vögel einander, sobald sie diesen beim Kopfhoben erkennen. Die Ergebnisse einer Untersuchung zum Fressverhalten des Stieglitzes bei ausreichendem Nahrungsangebot sind in folgendem Diagramm vereinfacht dargestellt.

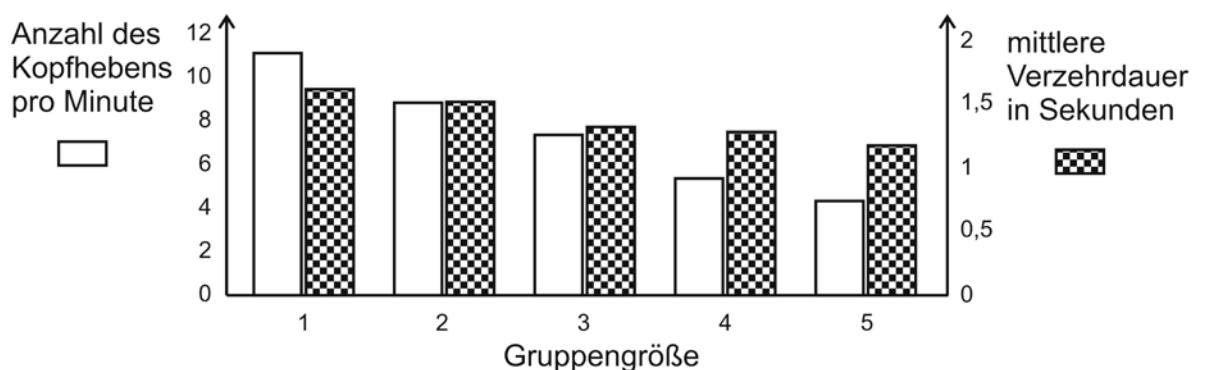


Abb. 2: Ergebnisse einer Untersuchung zur Anzahl des Kopfhobens und der mittleren Verzehrzeit eines Futterkorns bei unterschiedlicher Gruppengröße (N = 1, ..., 5 Individuen) von Stieglitzen<sup>2</sup>

Beschreiben Sie die Ergebnisse der Untersuchung und leiten Sie daraus eine ultimate Ursache für den Zusammenschluss der Stieglitze in Gruppen ab. [8 BE]

- 3 Viele heimische Singvögel ernähren sich von Insekten. Eine Studie aus dem Jahr 2013 befasste sich mit der Schädlingsbekämpfung durch natürliche Feinde. Sie untersuchte hierfür die Schäden, die Schmetterlingsraupen an Kohlpflanzen verursachen. Auf mehreren Untersuchungsflächen mit Kohlpflanzen und Schmetterlingsraupen wurden natürliche Feinde der Raupen ausgesetzt, auf einigen Flächen Fluginsekten alleine und auf weiteren Flächen Fluginsekten gemeinsam mit Vögeln. Eine Übersicht über ausgewählte Ergebnisse zeigt die folgende Tabelle.

Tab. 2: Untersuchungsergebnisse zur natürlichen Schädlingsbekämpfung<sup>3</sup>

<b>natürliche Feinde</b>	<b>Schädlingsrückgang um</b>	<b>Rückgang der Pflanzenschäden um</b>
Fluginsekten	90 %	70 %
Fluginsekten und Vögel	45 %	40 %

Interpretieren Sie die dargestellten Ergebnisse und beurteilen Sie auf dieser Grundlage die Hypothese, dass eine höhere Artenvielfalt zu einer verbesserten Schädlingsbekämpfung führt. [7 BE]

[40 BE]

Abbildungen und Tabellen:

<sup>1</sup> D. Glandt: *Der Kolkrabe in Mitteleuropa*. Biologisches Institut Metelen e.V., Metelener Schriftenreihe für Naturschutz, 1991, S. 23

<sup>2</sup> verändert nach: E. Glück: Benefits and costs of social foraging and optimal flock size in goldfinches (*Carduelis carduelis*). In: *Ethology* 74 (1987), S. 65-79

<sup>3</sup> E. A. Martin et al.: Natural enemy interactions constrain pest control in complex agricultural landscapes. In: *PNAS* 110 (2013), S. 5534-5539



## A 2 Affen

- 1 Affen leben häufig in Gruppen zusammen und zeigen ein komplexes Sozialverhalten. In der Form des Zusammenlebens unterscheiden sich einige Arten. Die Abbildung 1 zeigt die Familienstrukturen bei Gorillas und Gibbons. Das für die Gibbons dargestellte Paarungssystem ist für Säugetiere eher ungewöhnlich.

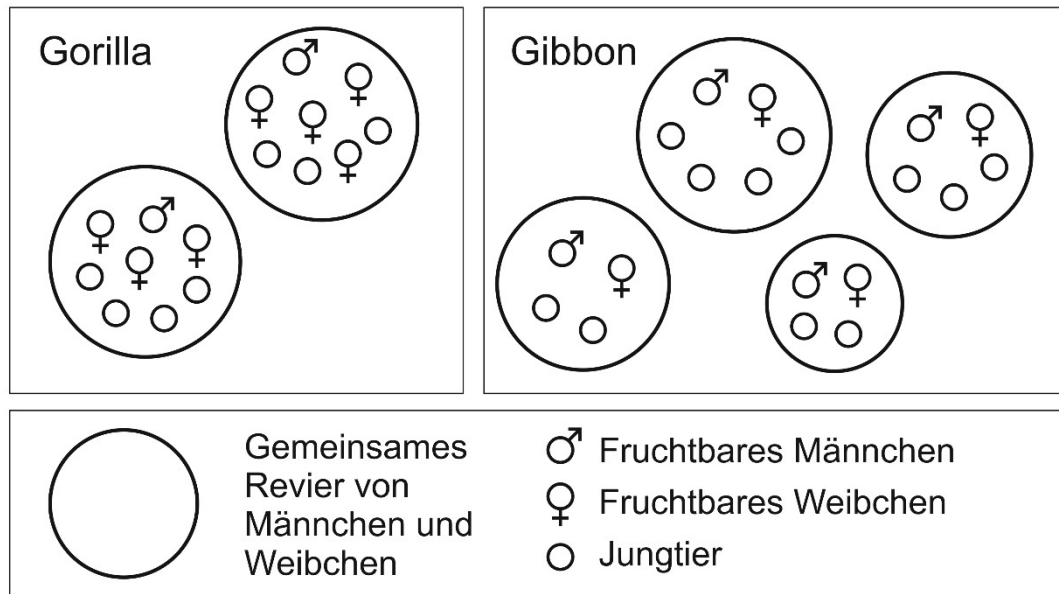


Abb. 1: Familienstruktur bei Gorillas und Gibbons<sup>1</sup>

Benennen und beschreiben Sie die in der Abbildung 1 dargestellten Paarungssysteme bei Gorillas und Gibbons. Geben Sie zwei mögliche ultimate Ursachen für die Ausbildung des Paarungssystems der Gibbons an.

[6 BE]

2 Schimpansen leben in Gruppen, denen mehrere fruchtbare Männchen und Weibchen sowie Jungtiere angehören. Unter den Männchen herrscht eine strikte Rangordnung. Vom ranghöchsten Alpha-Männchen stammt der Großteil der Jungtiere ab (ca. 50 bis 65 %), die nach einer etwa achtmonatigen Tragzeit geboren werden. Meist wird ein Junges geboren, Zwillinge sind wie beim Menschen selten. Die Entwöhnung von der Muttermilch findet mit etwa vier Jahren statt. In der Regel pflanzen sich Schimpansenweibchen und -männchen erst mit über 12 Jahren fort. In Freiheit werden Schimpansen etwa 40 Jahre alt.

2.1 Leiten Sie anhand des Textes die Fortpflanzungsstrategie der Schimpansen ab. [5 BE]

2.2 Infantizid ist unter Affen durchaus verbreitet. Definieren Sie den Begriff Infantizid und stellen Sie eine ultimate Ursache für Infantizid durch männliche Säugetiere dar. [4 BE]

2.3 Über mehrere Jahre beobachteten Wissenschaftler eine Schimpansengruppe. Es wurden die Rangpositionen der Schimpansenmännchen (Abb. 2) und das Verhalten von Weibchen, die gerade Junge haben (Abb. 3), aufgezeichnet.

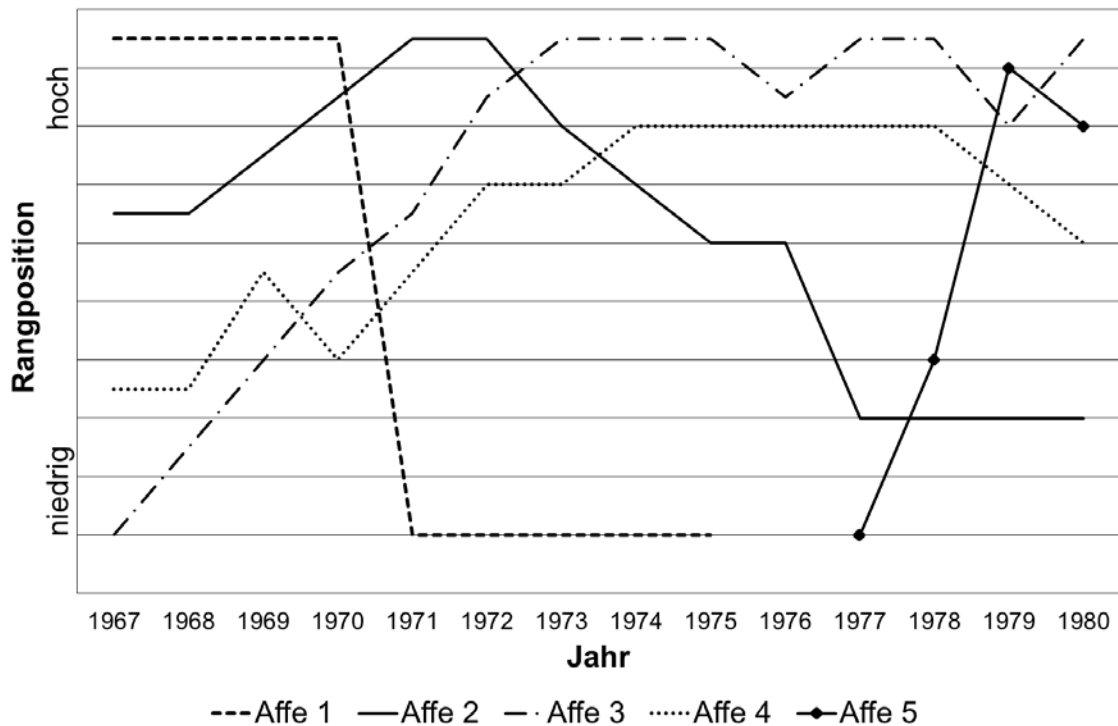


Abb. 2: Rangwechsel in der Alpha-Position einer Schimpansengruppe<sup>2</sup>

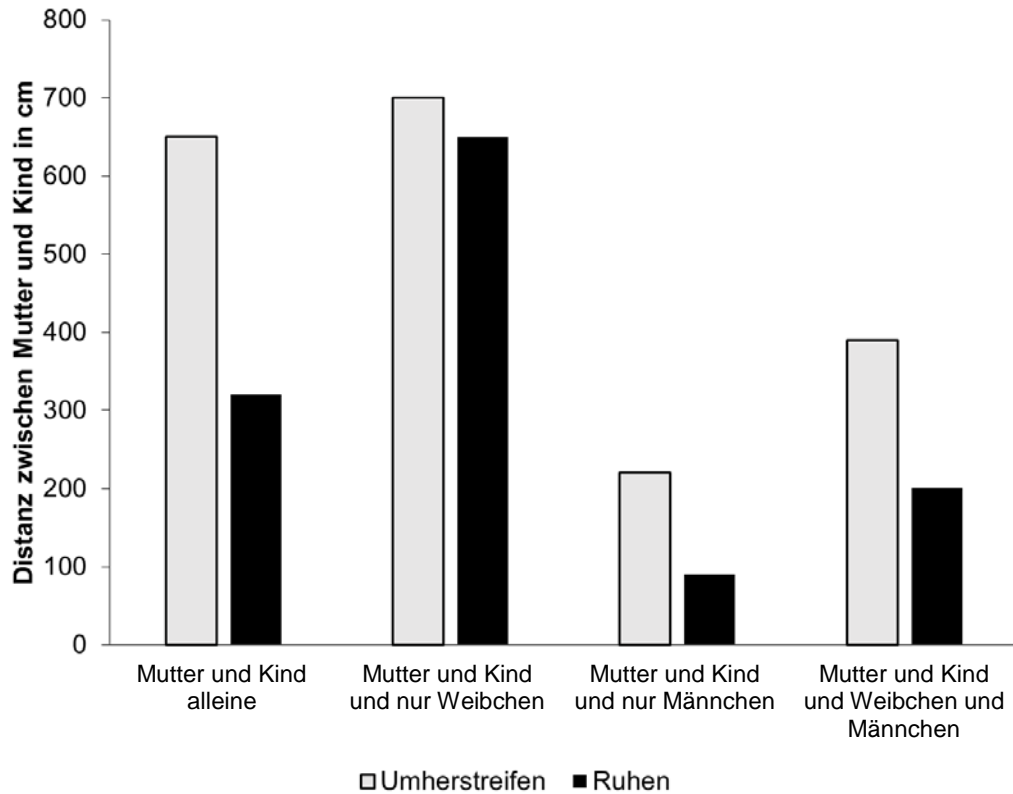


Abb. 3: Durchschnittliche Mutter/Kind-Distanz während des Umherstreifens und während der Ruhephasen bei Schimpansen, je nach Zusammensetzung der Gruppe<sup>3</sup>

Begründen Sie anhand des Textes und der Abbildungen 2 und 3, ob diese Daten die Hypothese „Infantizid tritt bei Schimpansen auf.“ stützen. [10 BE]

- 3 Ein Schimpansenforscher äußert folgenden Satz: „Das Aufstellen einer Rangordnung durch Kämpfe der Männchen innerhalb einer Affengruppe ist letztendlich eine Form der Aggressionskontrolle.“ Erläutern Sie diese Aussage. [6 BE]

- 4 Orang-Utans leben heute in freier Wildbahn nur noch in den tropischen Wäldern der beiden Inseln Sumatra (Indonesien) und Borneo (Indonesien, Malaysia, Brunei). Unter Verweis auf die Orang-Utans warnen Wissenschaftler vor einem durch den Menschen verursachten Verlust an Biodiversität. Die folgenden Abbildungen zeigen die Populationsentwicklung wildlebender Orang-Utans (Abb. 4), die Verbreitung der Wälder auf Borneo (Abb. 5) sowie die Entwicklung der Palmölproduktion in Indonesien und Malaysia seit 1975 (Abb. 6).

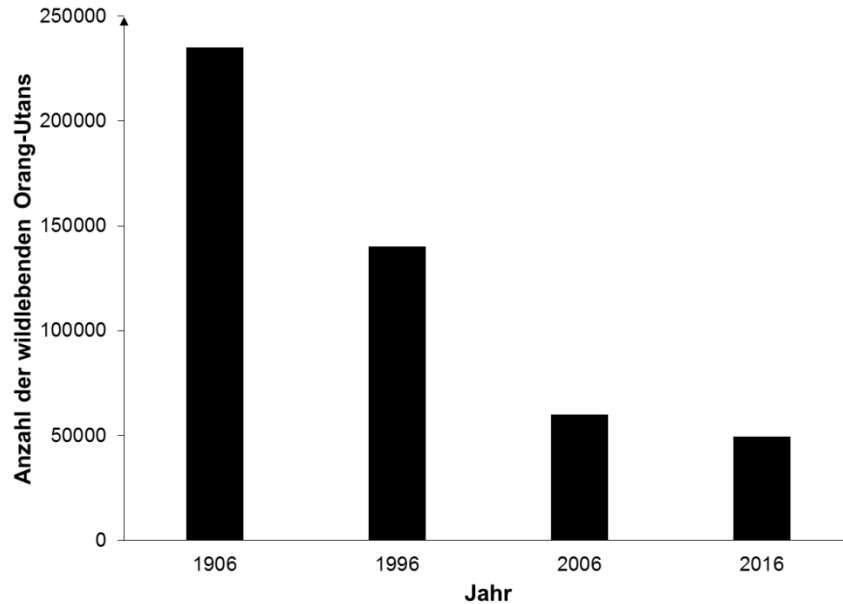


Abb. 4: Populationsentwicklung der wildlebenden Orang-Utans<sup>4</sup>

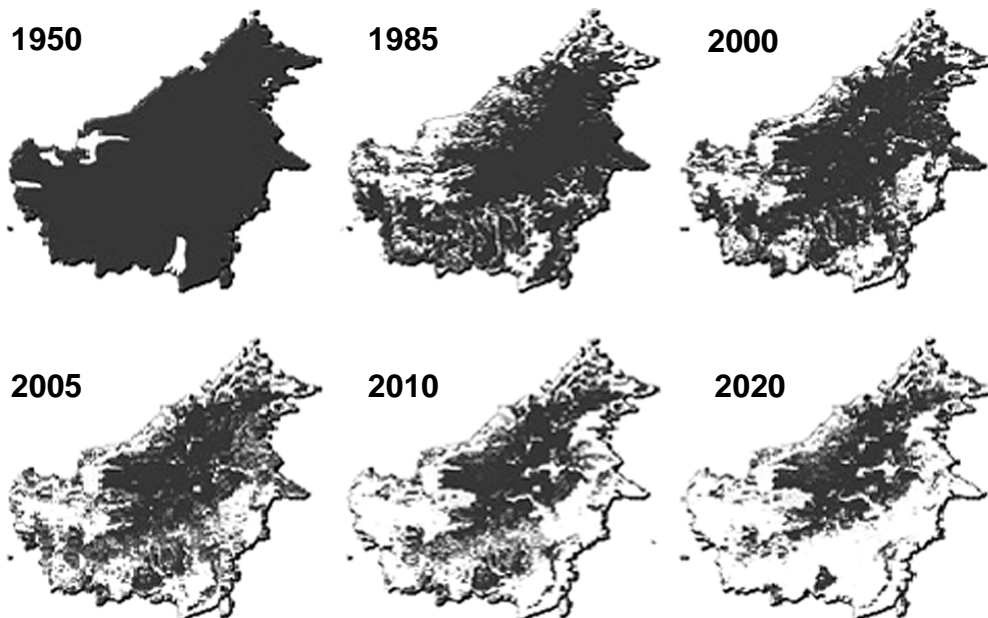


Abb. 5: Waldgebiete auf Borneo, Waldgebiete sind schwarz dargestellt<sup>5</sup>



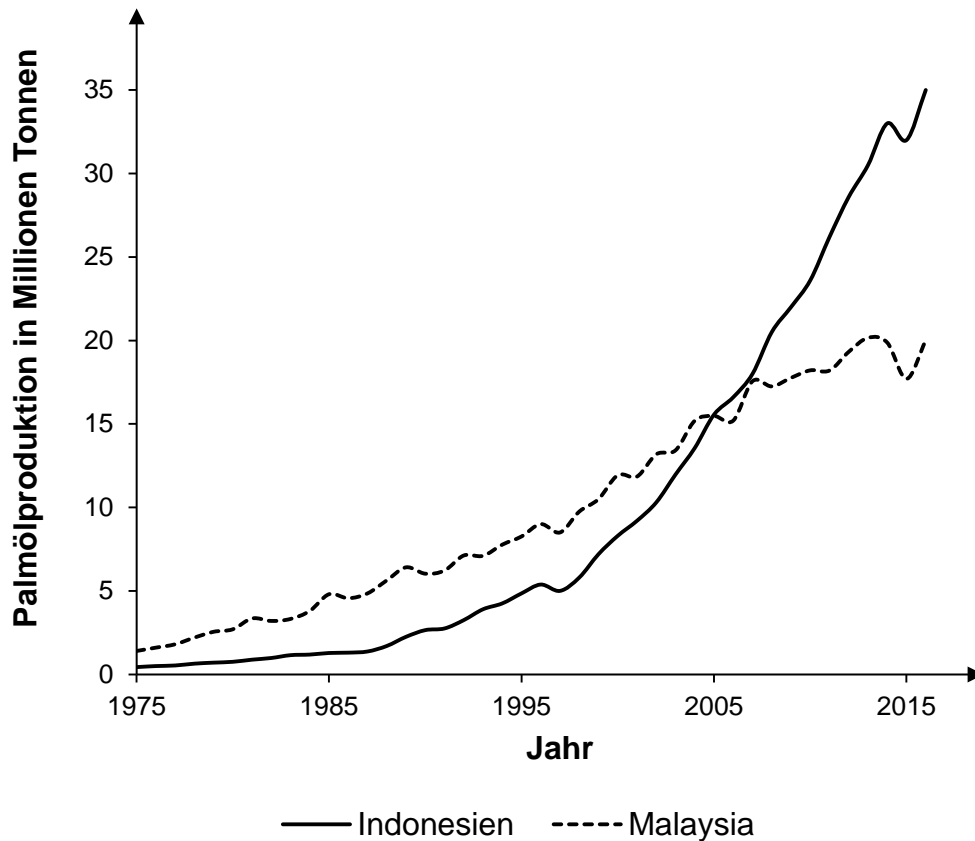


Abb. 6: Entwicklung der Palmölproduktion in Indonesien und Malaysia<sup>6</sup>

Definieren Sie den Begriff Biodiversität und erläutern Sie mithilfe der Abbildungen 4 bis 6, inwieweit die Warnung der Wissenschaftler begründet ist.

[9 BE]

[40 BE]

Abbildungen und Tabellen:

<sup>1</sup> verändert nach: D. Macdonald: *Enzyklopädie der Säugetiere*, Tandem Verlag, 2004, S. 296

<sup>2</sup> verändert nach: G. Hornung et al.: *Verhaltensbiologie, Materialien für den Sekundarbereich II*, Schroedel Verlag, 2008, S. 93

<sup>3</sup> verändert nach: E. Voland: *Soziobiologie*, Spektrum Verlag, 3. Auflage, 2009, S. 31

<sup>4</sup> verändert nach: WWF International: *Species fact sheet: Orang-utans*, 2006

<sup>5</sup> [blog.wwf.de/wp-content/uploads/2015/09/deforestation-borneo.png](http://blog.wwf.de/wp-content/uploads/2015/09/deforestation-borneo.png), zuletzt aufgerufen am 25.11.2016

<sup>6</sup> [www.indexmundi.com/agriculture/?country=my&commodity=palm-oil&graph=production](http://www.indexmundi.com/agriculture/?country=my&commodity=palm-oil&graph=production), zuletzt aufgerufen am 14.12.2016



## B 1 Fische

- 1 In den zwei mexikanischen Flüssen Pichucalco (Pich) bzw. Tacotalpa (Tac) gibt es Abschnitte mit einer erhöhten Konzentration an Dihydrogensulfid ( $\text{H}_2\text{S}$ ) im Wasser, in anderen Flussabschnitten ist das Wasser dihydrogensulfidfrei. Verschiedene Fischarten der Gattung *Poecilia* kommen in allen Bereichen der zwei Flüsse vor, obwohl Dihydrogensulfid als giftig und umweltgefährlich eingestuft ist. Eine Ursache für die Giftigkeit von Dihydrogensulfid wird in dessen Wirkung auf das Enzym Cytochrom-c-Oxidase (COX) vermutet. Es katalysiert in den Mitochondrien einen Reaktionsschritt, bei dem Elektronen auf Sauerstoffmoleküle übertragen werden.
- 1.1 Eine Untersuchung zeigt, dass die Enzymaktivität von COX durch Dihydrogensulfid beeinflusst wird. Die Untersuchungsergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengefasst.

Tab.: Wirkung von Dihydrogensulfid auf das Enzym COX<sup>1</sup>

Versuchsansatz	$\text{H}_2\text{S}$ -Konzentration in $\mu\text{mol/l}$	Sauerstoffkonzentration	Enzymaktivität in %
1	0	normal	100
2	60	normal	77
3	120	normal	68
4	240	normal	57
5	240	deutlich erhöht	100

Leiten Sie anhand der Informationen aus der Tabelle die Wirkung von Dihydrogensulfid auf das COX-Enzym auf molekularer Ebene ab. [7 BE]

- 1.2 In einer weiteren Versuchsreihe stellen Wissenschaftler die Hypothese auf, dass die Aktivität der COX-Enzyme von Fischen, die in dihydrogensulfidhaltigem Wasser leben, von Dihydrogensulfid nicht negativ beeinflusst wird. Sie isolieren hierfür COX-Enzyme aus Individuen verschiedener *Poecilia*-Arten und untersuchen diese. Die Ergebnisse sind im folgenden Diagramm (Abb. 1) dargestellt.

Hinweise:

In den Untersuchungen werden die Fischarten nur mit den abgekürzten Namen ihrer Heimatflüsse bezeichnet.

Der Namenszusatz „-S“ bedeutet, dass die Fischart dort in dihydrogensulfidhaltigem Wasser lebt.

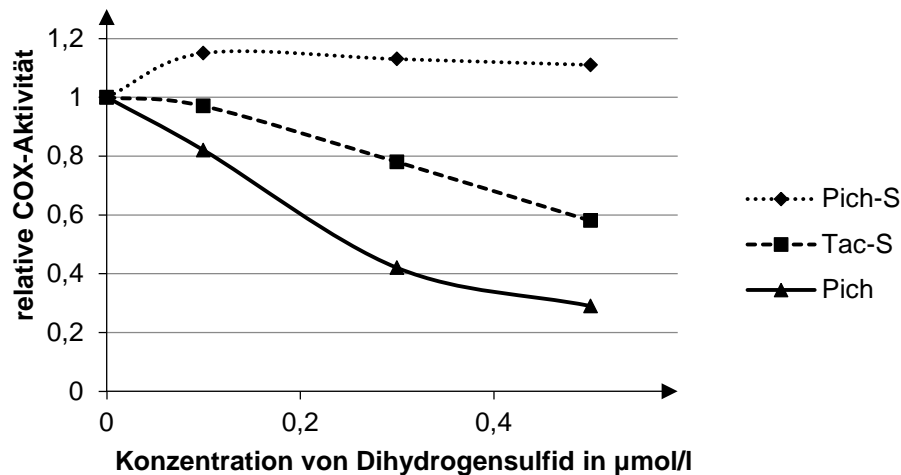


Abb. 1: COX-Aktivität in Abhängigkeit von der  $\text{H}_2\text{S}$ -Konzentration<sup>2</sup>

- Leiten Sie ab, ob sich die Datenreihen zur Überprüfung der Hypothese eignen und welche Schlussfolgerungen ggf. gezogen werden können. [6 BE]
- 1.3 Nur wenige *Poecilia*-Arten können in dihydrogensulfidhaltigem Wasser leben. Erklären Sie die Entwicklung der dihydrogensulfidunempfindlichen Fischart Pich-S innerhalb der Gattung *Poecilia* durch die erweiterte Evolutionstheorie. [9 BE]
- 1.4 Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, unter welcher Voraussetzung auch ein Fisch der Art Pich (vgl. Abb. 1) zeitweise in dihydrogensulfidhaltigen Flussabschnitten überleben könnte. [3 BE]

- 2 Schwerträger (*Xiphophorus*) sind beliebte Aquarienfische. Die Abbildung 2 zeigt die Umrisszeichnungen eines Männchens (♂) und eines Weibchens (♀). Besonders auffällig ist beim Männchen die verlängerte Schwanzflosse, die als Schwert bezeichnet wird und namensgebend ist. Sie wird erst beim Erreichen der Geschlechtsreife ausgebildet und bei der Balz dem Weibchen mehrmals bei verschiedenen Schwimmmanövern präsentiert. In mehreren Experimenten werden Wirkungen des Schwertes auf männliche bzw. weibliche Fische untersucht.

Experiment A:

Bei Männchen mit natürlich ausgebildetem Schwert und künstlich gekürztem Schwert wird in Abwesenheit bzw. Gegenwart eines Weibchens der Sauerstoffverbrauch der Männchen gemessen.

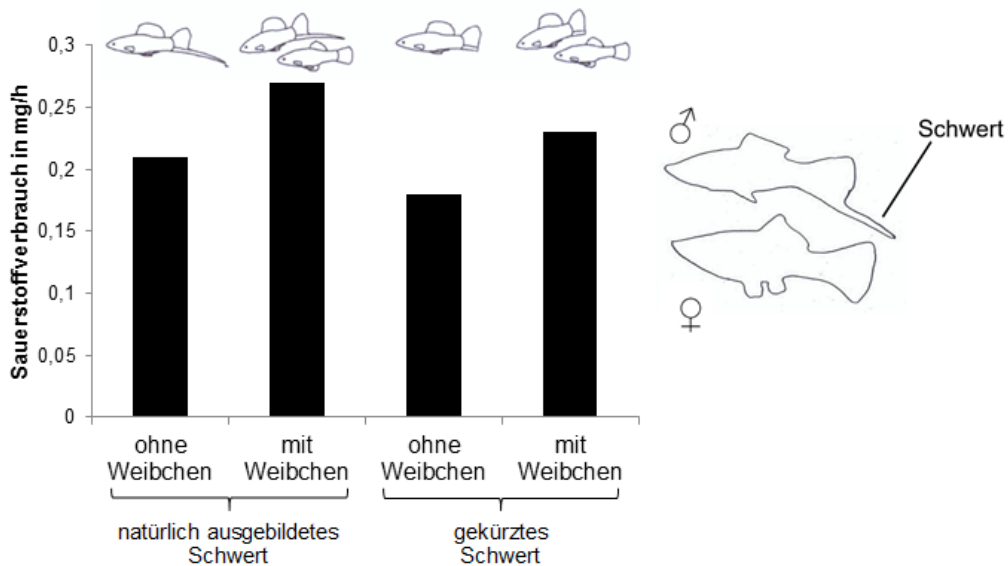


Abb. 2: Sauerstoffverbrauch pro Stunde von *Xiphophorus-montezumae*-Männchen beim Schwimmen<sup>3</sup>

Experiment B:

In jedem Versuchsdurchgang sind immer gleichzeitig zwei Männchen mit unterschiedlich langen Schwertern und ein Weibchen anwesend.

Es wird jeweils die Schwertlänge der Männchen gemessen und die Zeitdauer, die ein Weibchen mit dem jeweiligen Männchen verbringt.

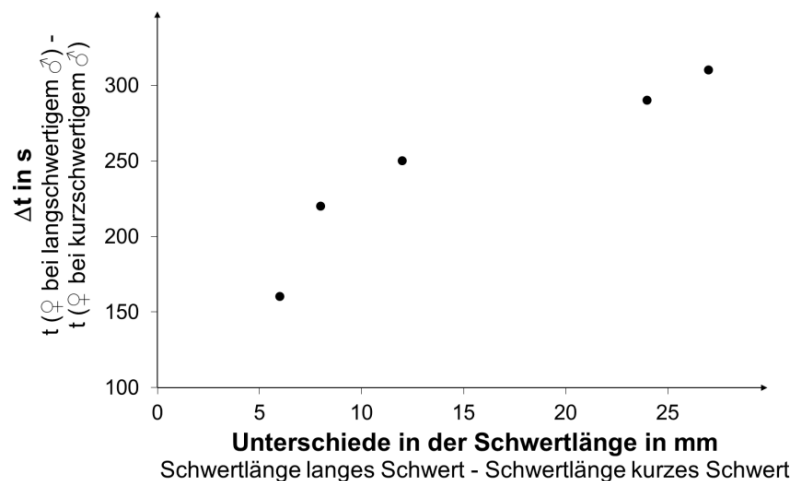


Abb. 3: Unterschiede der gemeinsam verbrachten Zeiten von Weibchen und Männchen in Abhängigkeit von den Unterschieden der Schwertlänge<sup>4</sup>

(Fortsetzung nächste Seite)

- 2.1 Die Wissenschaftler gehen davon aus, dass die Länge des Schwertes die direkte Fitness eines Männchens beeinflusst. Erklären Sie unter Bezug auf die Ergebnisse der beiden Experimente je eine positive und eine negative Wirkung des Schwertes auf die direkte Fitness eines Schwertträgermännchens. [9 BE]

- 2.2 In zwei natürlichen Lebensräumen werden die relativen Schwertlängen der männlichen Fische bestimmt (Abb. 4). Ein Lebensraum ist frei von Fressfeinden der Fische, im anderen leben Fressfeinde.

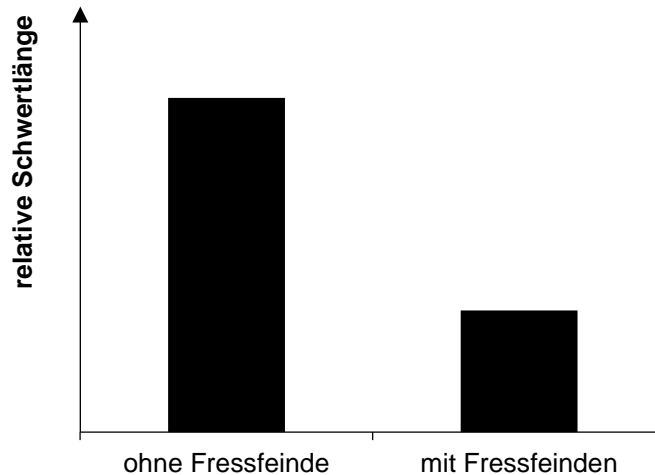


Abb. 4: Relative Schwertlänge bei *Xiphophorus helleri* in Abhängigkeit von der Anwesenheit von Fressfeinden<sup>5</sup>

Bei dem in Experiment B beobachteten Verhalten der Fischweibchen spricht man von sexueller Selektion.

Beurteilen Sie folgende Aussage eines Biologen: „Die in einem Lebensraum zu beobachtenden Merkmale der Tiere sind ein Ergebnis der Wirkung sowohl der sexuellen als auch der natürlichen Selektion.“ Beziehen Sie sich in Ihrer Erklärung auf die in Abbildung 4 dargestellten Ergebnisse. [6 BE]

[40 BE]

Abbildungen und Tabellen:

<sup>1</sup> verändert nach: J. P. Collman et al.: Using a functional enzyme model to understand the chemistry behind hydrogen sulfide induced hibernation. In: *PNAS* 106, no 52 (2009), p. 22090-22095

<sup>2</sup> verändert nach: M. Pfenninger et al.: Parallel evolution of cox genes in H<sub>2</sub>S-tolerant fish as key adaptation to a toxic environment. In: *Nature Communications*, 2014, p. 1-7

<sup>3</sup> verändert nach: A. L. Basolo, G. Alcaraz.: The turn of the sword: length increases male swimming costs in swordtails. In: *Proc. R. Soc. Lond. B*, 270 (2003), p. 1631-1636

<sup>4</sup> verändert nach: A. L. Basolo: Female preference for male sword length in the green sword tail, *Xiphophorus helleri*. In: *Animal Behaviour*, 40 (1990), p. 332-338

<sup>5</sup> verändert nach: A. L. Basolo and W. E. Wagner Jr: Covariation between predation risk, body size and fin elaboration in the green swordtail, *Xiphophorus helleri*. In: *Biological Journal of the Linnean Society*, 83 (2004), p. 87-100



## B 2 Kannenpflanzen

Bei den Kannenpflanzen der Gattung *Nepenthes* handelt es sich um tropische Pflanzen, die auf stickstoffarmem Untergrund vorkommen. Fehlende Stickstoffversorgung wirkt sich prinzipiell negativ auf das pflanzliche Wachstum aus.

Um ihren Stickstoffbedarf decken zu können, bilden die Pflanzen tüten- oder kannenförmige Fallgruben aus, mit deren Hilfe sie z. B. Insekten fangen. Diese werden dabei mithilfe von Duftstoffen und verschiedenen Signalfarben angelockt und im Inneren der Kanne in einer Verdauungsflüssigkeit enzymatisch abgebaut. Die verwertbaren Bestandteile werden anschließend von der Pflanze aufgenommen.

- 1 Die einzelnen Bestandteile der Kanne einer Kannenpflanze (Abb. 1) übernehmen verschiedene Aufgaben: Der stark verbreiterte Teil (a) dient hauptsächlich der Photosynthese. Eine Ranke (b) ermöglicht es der Kannenpflanze sich um Äste zu winden und Halt zu finden. Bei jungen Pflanzen ist die Kanne (c) von einem Deckel (d) verschlossen, der das Kanneninnere vor zu viel Niederschlagswasser bewahrt.

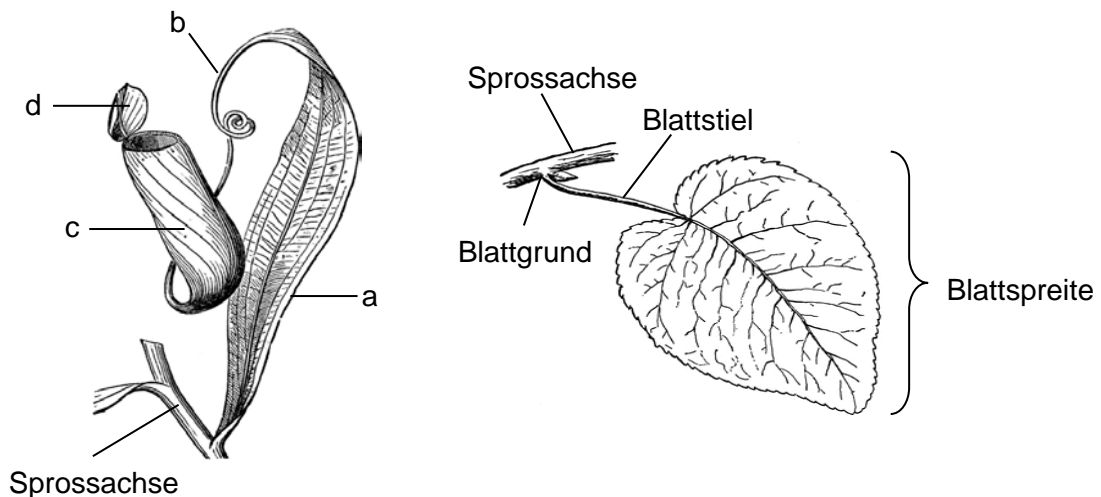


Abb. 1: Bauteile einer Kannenpflanze (links), Blatt einer Pappel (rechts)<sup>1</sup>

Erklären Sie, ob es sich bei den Strukturen (a) bis (d) der Kannenpflanze und dem Pappelblatt um homologe Organe handeln kann.

[3 BE]

- 2 Im tropischen Asien sind über 90 verschiedene *Nepenthes*-Arten bekannt, die alle auf extrem stickstoffarmem Untergrund wachsen.
  - 2.1 Die Kannenpflanze *Nepenthes rafflesiana*, die im Regenwald von Borneo zu finden ist, bezieht den für ihren Stoffwechsel notwendigen Stickstoff nicht ausschließlich aus der Verdauung von Insekten. Ca. 35 % des Stickstoffbedarfs deckt sie über den Kot von Wollfledermäusen (*Kerivoula hardwickii*), die die Kannenpflanzen durch Echoortung aufspüren. Die Kannen bieten der ca. 5 cm großen Wollfledermaus tagsüber einen Schlafplatz, wobei diese kopfüber an der Kannenwand hängt. Bei *Nepenthes rafflesiana* unterscheidet man zwei Unterarten, *N. rafflesiana elongata* und *N. rafflesiana typica* (s. Tab.), wobei nur eine dieser beiden Unterarten die beschriebene Stickstoffquelle nutzt.

(Fortsetzung nächste Seite)

Tab.: Vergleich der zwei Unterarten von *Nepenthes rafflesiana*<sup>2</sup>

Kriterium	<i>Nepenthes rafflesiana elongata</i>	<i>Nepenthes rafflesiana typica</i>
Kannengröße	ca. 25 cm hoch	ca. 10 cm hoch
Menge gebildeter Duftstoffe	gering	sehr hoch
Füllhöhe des Verdauungsaftes in der Kanne	ca. 2,5 cm	ca. 6 cm

Leiten Sie unter Berücksichtigung der in der Tabelle aufgeführten Kriterien begründet ab, welche der beiden Unterarten von *Nepenthes rafflesiana* ihren Stickstoffbedarf teilweise aus Wollfledermaus-Kot deckt, und stellen Sie unter Verwendung evolutionsbiologischer Zusammenhänge pro Kriterium je eine begründete Hypothese auf, wie sich die in der Tabelle angegebenen Merkmale verändern könnten, wenn die Fledermäuse im Lauf der Evolution an Größe zunehmen.

[6 BE]

- 2.2 Die große Vielfalt der in Südostasien vorkommenden *Nepenthes*-Arten zeigt sich u. a. in unterschiedlichen Ausprägungen der Kannenstrukturen, wie folgende Aufstellung zeigt:

*N. albomarginata*: längliche Kannenform; Kranz von lebenden weißen Haaren am oberen Rand der Kanne, der von Termiten gefressen wird, die dabei leicht in die Kanne fallen können

*N. ampullaria*: Kannen tonnenförmig mit vollständig zurückgezogenem ovalem Deckel; Kannen am Waldboden teppichartig dicht nebeneinander angeordnet; keine Nektardrüsen; Kannen enthalten meist verrottende Laubblätter von Urwaldbäumen

*N. bicalcarata*: verbreiteter Abschnitt am unteren Kannenansatz, der Wohnraum für die Ameisenart *Camponotus schmitzi* bietet, deren Kot und Kadaver von den Pflanzen verwertet werden können; Besitz von Nektardrüsen

Erklären Sie die Entstehung der großen Vielfalt südostasiatischer *Nepenthes*-Arten im gleichen Verbreitungsgebiet aus evolutionsbiologischer Sicht.

[6 BE]

- 3 Erklären Sie auf der Grundlage einer Kosten-Nutzen-Analyse die Beobachtung, dass *Nepenthes*-Pflanzen an besonders lichtarmen Standorten bzw. auf stickstoffreichem Untergrund keine Kannenfallen ausbilden.

[5 BE]

- 4 Bei der Verdauung von gefangenen Insekten in der Kanne entstehen u. a. Ammonium-Ionen ( $\text{NH}_4^+$ -Ionen), die dann in die Pflanzenzellen aufgenommen werden. Das folgende Diagramm (Abb. 2) zeigt Messergebnisse zum Transport der Ammonium-Ionen in eine Pflanzenzelle.

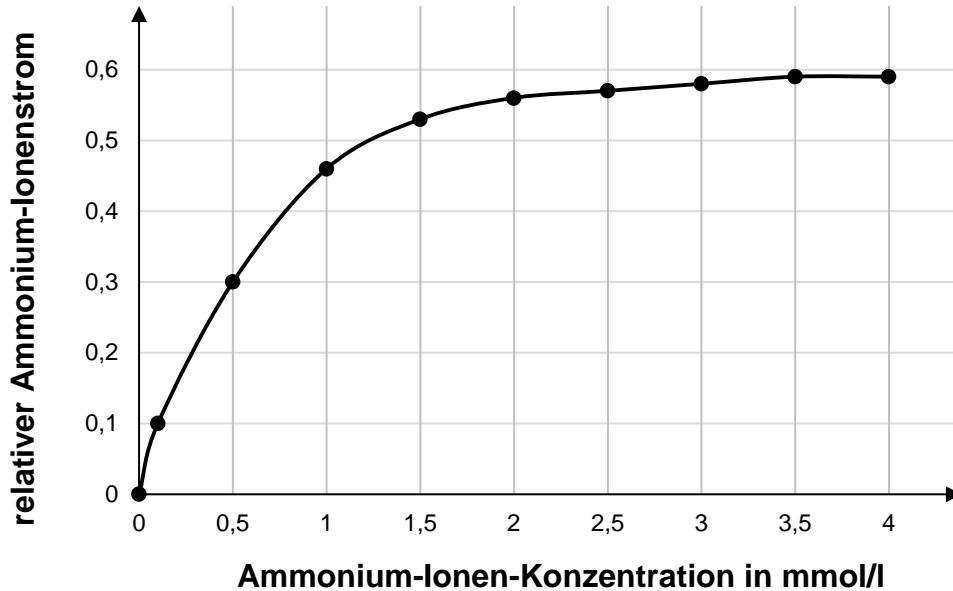


Abb. 2: Abhängigkeit des Ammonium-Ionen-Transports von der Konzentration der Ammonium-Ionen<sup>3</sup>

Leiten Sie aus den dargestellten Messergebnissen den zugrundeliegenden Transportvorgang ab und erläutern Sie diesen auf molekularer Ebene. [6 BE]

- 5 In den Kannen der verschiedenen *Nepenthes*-Arten leben Vertreter zahlreicher Bakteriengruppen, darunter auch Purpurbakterien der Gattung *Rhodospirillum*, die in der Lage sind Photosynthese zu betreiben.

- 5.1 Bei den Lichtreaktionen der Photosynthese von *Rhodospirillum* wird u. a. ein Protonengradient aufgebaut, der für die Synthese von ATP genutzt wird. Auch bei der Photosynthese grüner Pflanzen spielt ein solcher Protonengradient für die ATP-Synthese eine wichtige Rolle.

Stellen Sie die Prozesse, die bei der Photosynthese grüner Pflanzen zur chemiosmotischen Bildung von ATP führen, in Form einer beschrifteten Skizze dar. [9 BE]



5.2 Ein energetisches Schema der Lichtreaktionen bei Purpurbakterien wie *Rhodospirillum* ist in Abbildung 3 dargestellt.

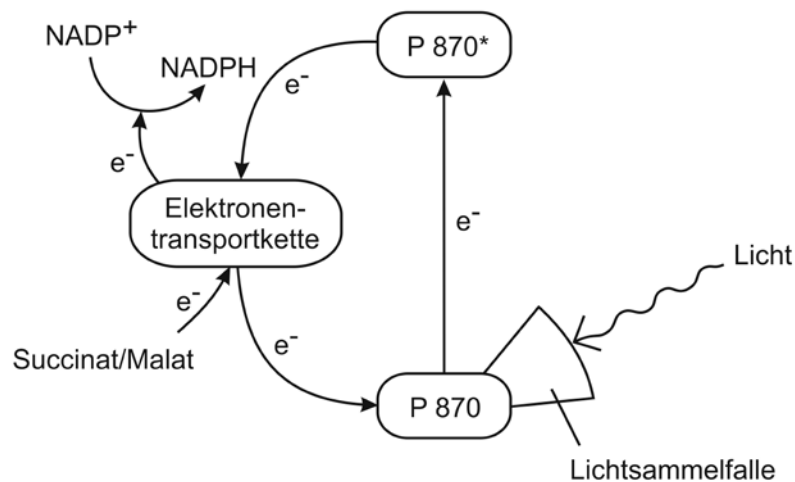


Abb. 3: Modell des Elektronenflusses in den Lichtreaktionen bei der Bakteriengattung *Rhodospirillum*<sup>4</sup>

Vergleichen Sie auf der Grundlage der Abbildung 3 die Vorgänge bei den Lichtreaktionen bei *Rhodospirillum* mit den Lichtreaktionen bei grünen Pflanzen im Hinblick auf jeweils zwei selbstgewählte Gemeinsamkeiten und zwei Unterschiede.

[5 BE]

[40 BE]

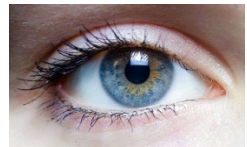
Abbildungen und Tabellen:

<sup>1</sup> <http://etc.usf.edu/>, zuletzt aufgerufen am 14.12.2016

<sup>2</sup> T. U. Grafe et al.: A novel resource-service mutualism between bats and pitcher plants. In: *Biology Letters* 7 (2011), p. 436-439

<sup>3</sup> verändert nach: S. Scherzer et al.: The *Dionaea muscipula* Ammonium Channel DmAMT1 Provides  $\text{NH}_4^+$  Uptake Associated with Venus Flytrap's Prey Digestion. In: *Current Biology* 23 (2013), 1649-1657

<sup>4</sup> verändert nach: H. G. Schlegel: *Allgemeine Mikrobiologie*, Thieme Verlag, Stuttgart, 1992, S. 420



## C 1 Netzhaut und deren Erkrankungen

Bei Retinitis pigmentosa handelt es sich um eine Gruppe von Augenerkrankungen, die genetisch bedingt sind. Hierbei verlieren Photorezeptoren in der Netzhaut der betroffenen Personen ihre Funktionsfähigkeit. Mögliche Folgen reichen von Nachtblindheit, Einengung des Gesichtsfeldes, Verschlechterung des Farb- und Kontrastsehens bis hin zur vollständigen Erblindung. Derzeit sind mindestens 150 Gene bekannt, bei denen eine Mutation zu einer erblichen Netzhauterkrankung führt.

- 1 In einer Familie tritt eine Form der Retinitis pigmentosa auf. Zur Untersuchung der Vererbung wurde der Stammbaum der Familie erstellt (Abb. 1).

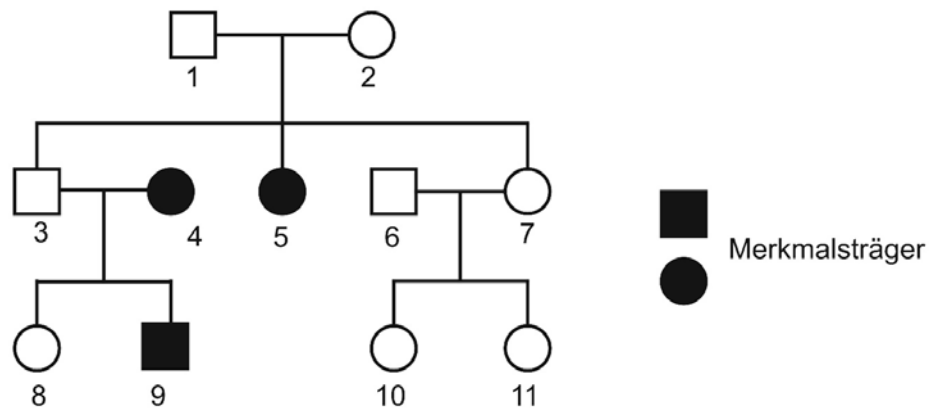


Abb. 1: Stammbaum einer Familie, bei der Retinitis pigmentosa auftritt

Leiten Sie den vorliegenden Erbgang ab, indem Sie nicht zutreffende Erbgänge begründet ausschließen. Geben Sie alle möglichen Genotypen der Personen 2, 5, 6, 7 und 8 an und ermitteln Sie die Wahrscheinlichkeiten, mit denen die Personen 6 und 7 ein erkranktes Kind bekommen können.

[9 BE]

- 2 Abbildung 2 zeigt den Zustand von Stäbchen (Lichtsinnesezellen des Menschen) im Dunkeln und im Hellen.

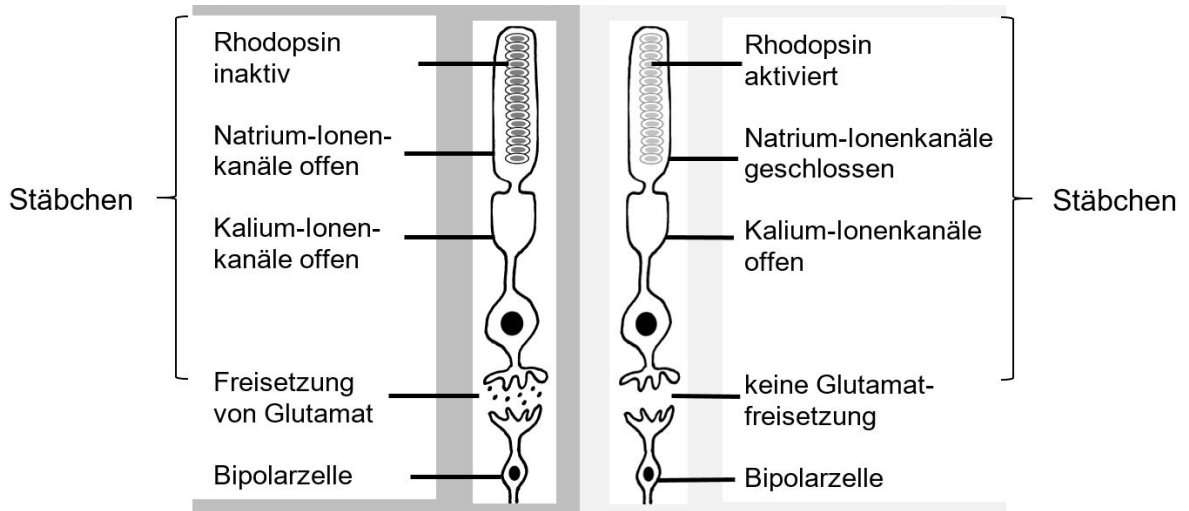


Abb. 2: Zustand eines Stäbchens im Dunkeln (links) und im Hellen (rechts)

Belichtet man ein Stäbchen, das sich zunächst im Dunkeln befindet, mit Lichtblitzen unterschiedlicher Stärke, misst man die in Abbildung 3 dargestellten Membranpotentiale.

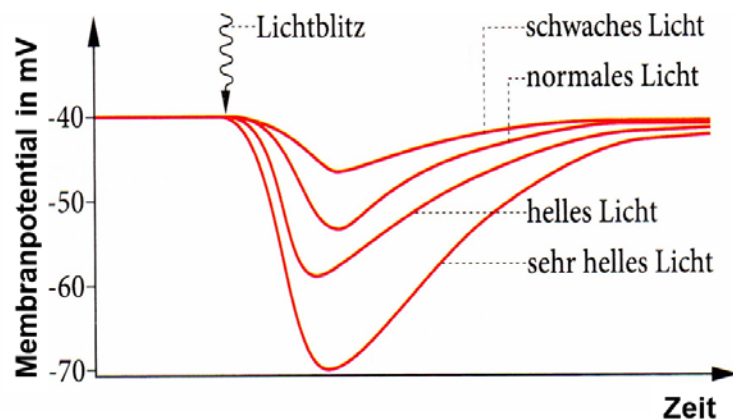


Abb. 3: Membranpotentiale von Stäbchen bei Dunkelheit und unterschiedlich starken Lichtreizen<sup>1</sup>

Erläutern Sie das Zustandekommen der Membranpotentiale der Sinneszellen bei Dunkelheit und nach Gabe eines sehr hellen Lichtblitzes. Gehen Sie davon aus, dass die Ionenverteilung an der Membran der Stäbchen der an der Membran einer typischen Nervenzelle entspricht.

[6 BE]

- 3 Bei einer Form der Retinitis pigmentosa tritt eine Veränderung im mehr als 3000 Basenpaare umfassenden *RPE65*-Gen auf. Das als RPE65 bezeichnete Genprodukt, ein Enzym, umfasst 533 Aminosäuren.

- 3.1 Entwerfen Sie eine schematische, beschriftete Skizze, in welcher die Schritte der mRNA-Prozessierung allgemein veranschaulicht werden.

[5 BE]

(Fortsetzung nächste Seite)

3.2 Am *RPE65*-Gen eines an Retinitis pigmentosa erkrankten (A) und eines gesunden (B) Menschen wurde eine Sequenzanalyse des codogenen Strangs der DNA durchgeführt. Die Tabelle zeigt das Ergebnis.

Tab.: Ergebnis der Sequenzanalyse des codogenen Strangs der DNA eines an Retinitis pigmentosa erkrankten (A) und eines gesunden (B) Menschen;  
 – = Base vorhanden<sup>2</sup>

Nr. der Base des codogenen Strangs	Person A				Person B			
	C	T	A	G	C	T	A	G
610			–				–	
		–				–		
				–				–
		–				–		
		–				–		
615								–
			–				–	
			–				–	
	–				–			
620			–				–	
621		–				–		

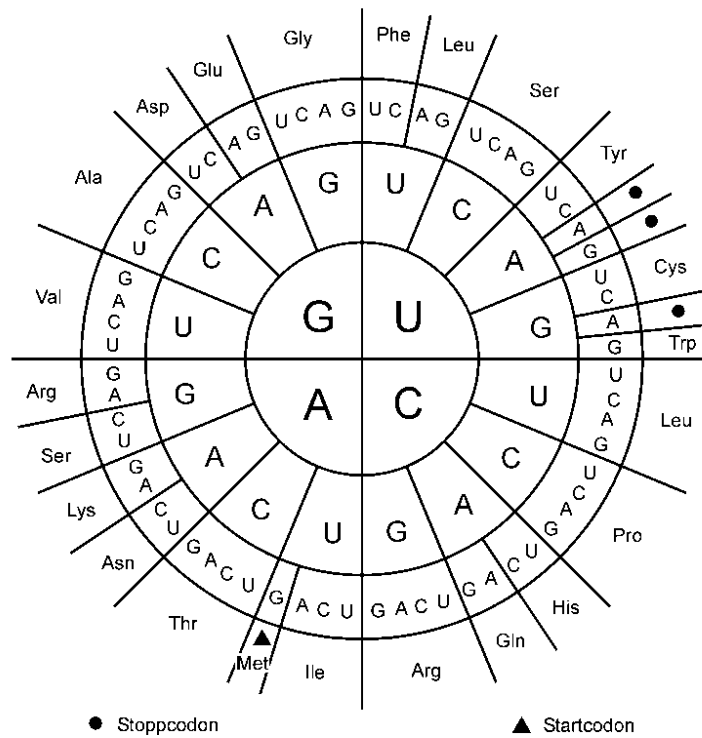


Abb. 4: Code-Sonne

3.2.1 Leiten Sie mithilfe der Code-Sonne (Abb. 4) jeweils die Aminosäuresequenz für den angegebenen DNA-Ausschnitt von Person A und B ab.

[6 BE]

(Fortsetzung nächste Seite)

- 3.2.2 Erläutern Sie den vorliegenden Mutationstyp bei Person A und dessen Folgen für das Genprodukt. [5 BE]
- 4 Seit einigen Jahren wird eine neuartige Behandlungsmethode für RPE65-Mutationen erprobt. Dabei handelt es sich um eine Gentherapie, die direkt an den Zellen des Auges erfolgt.  
Beschreiben Sie das Prinzip der Durchführung dieser Gentherapie beim Menschen. [4 BE]
- 5 Die sogenannte Keimbahntherapie, eine Form der Gentherapie, bei der Gene in Keimzellen bzw. befruchtete Eizellen eingeschleust werden, ist in Deutschland nicht erlaubt. Eine Familie, die von Retinitis pigmentosa betroffen ist, fragt beim Gesetzgeber nach: „Warum ist die Gentherapie an Zellen des Auges erlaubt, die Keimbahntherapie aber verboten? Die Keimbahntherapie hätte für betroffene Familien so viele Vorteile.“  
Um zu einer Urteilsfindung zu kommen, ist es nötig, fachliche Argumente mit Werten in Beziehung zu setzen. Folgende Werte werden häufig genannt: Umweltschutz, Glück, Freundschaft, Gesundheit, Freiheit, Leidverringerung, Wohlstand, Würde des Menschen, Bildung, Sicherheit, Gehorsam, Fortschritt.
- Nennen Sie ein Pro- und ein Contra-Argument zur Einführung der Keimbahntherapie und wählen Sie aus der Liste für jedes Argument einen Wert aus, der mit dem Argument verbunden ist. Nehmen Sie unter Einbeziehung dieser Argumente und Werte Stellung zur oben genannten Forderung der Familie. [5 BE]

---

[40 BE]

Abbildungen und Tabellen:

<sup>1</sup> verändert nach: M. Ebel et al.: *Grüne Reihe, Materialien SII, Neurobiologie*, Schroedel Verlag, 2015, S. 72

<sup>2</sup> <http://www.retina-international.org/files/sci-news/rpe65mut.htm>, zuletzt aufgerufen am 25.11.2016



## C 2 Gehörsinn und erbliche Schwerhörigkeit

Ursachen für Schwerhörigkeit können neben Schädigungen im Mittelohr oder im Gehirn u. a. auch im Innenohr zu finden sein.

- 1 Im Innenohr der Säugetiere befinden sich die Hörsinneszellen, die an ihrer Oberseite feine Härchen besitzen. Diese Härchen sind in den mit Flüssigkeit gefüllten Schneckenengang eingebettet. Werden Schwingungen auf das Innenohr übertragen, treten Wellen auf, die zur Auslenkung der Sinneszellhärchen führen. Abbildung 1 zeigt die Sinneszellen mit unterschiedlicher Ablenkung ihrer Härchen und die daraus resultierenden Vorgänge.

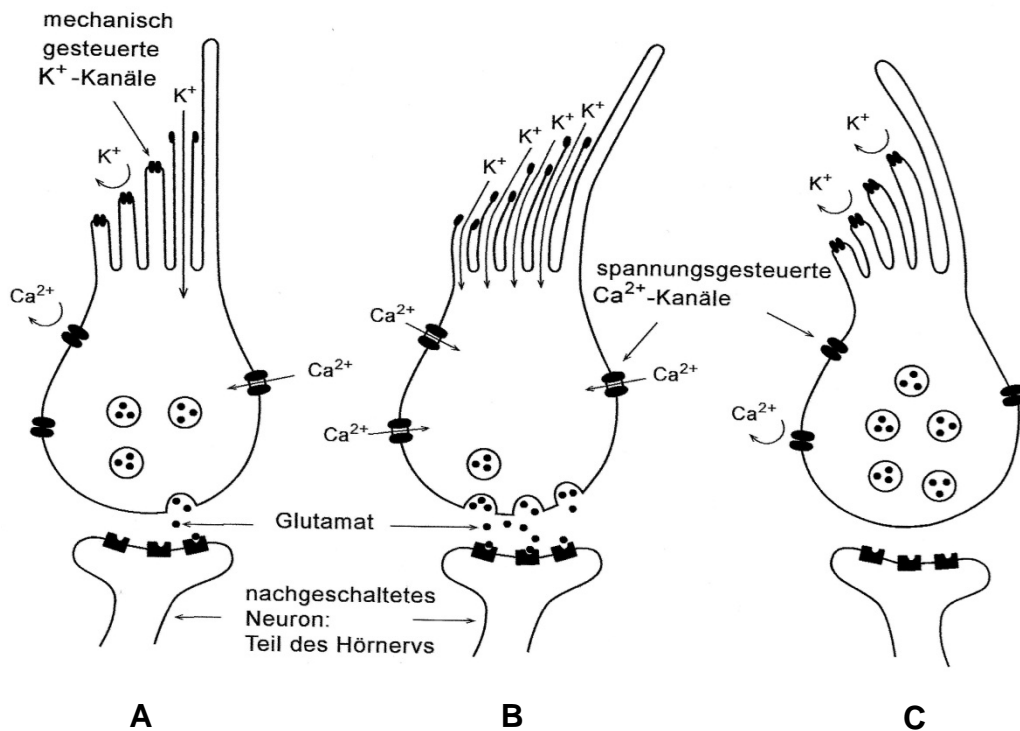


Abb. 1: Sinneszellen im Innenohr mit unterschiedlicher Auslenkung ihrer Härchen<sup>1</sup>

- 1.1 Bei einer neurophysiologischen Untersuchung ergaben sich die in Abbildung 2 angegebenen Membranpotentiale an den Sinneszellen bei den in Abbildung 1 bezeichneten Zuständen A, B und C.

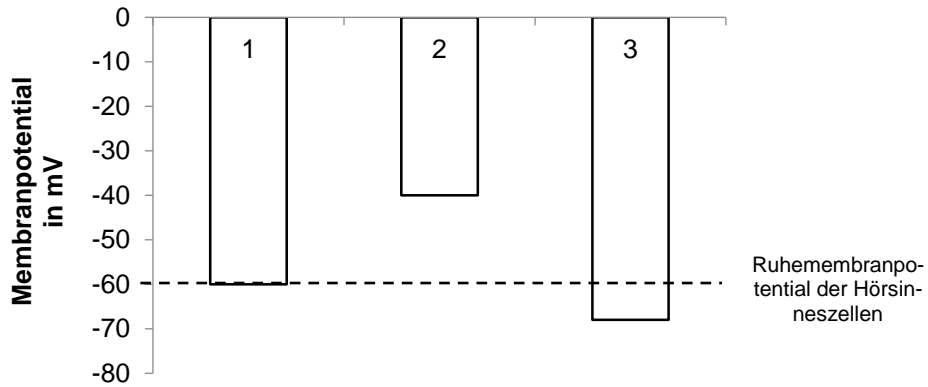


Abb. 2: Membranpotentiale an den Sinneszellen

Erläutern Sie mithilfe der Abbildungen 1 und 2 die Vorgänge, die zur Ausbildung der Potentiale 2 und 3 führen. [9 BE]

1.2 Die Abbildung 3 zeigt zwei Aktionspotentialfrequenzen I und II an den nachgeschalteten Neuronen aus Abbildung 1.

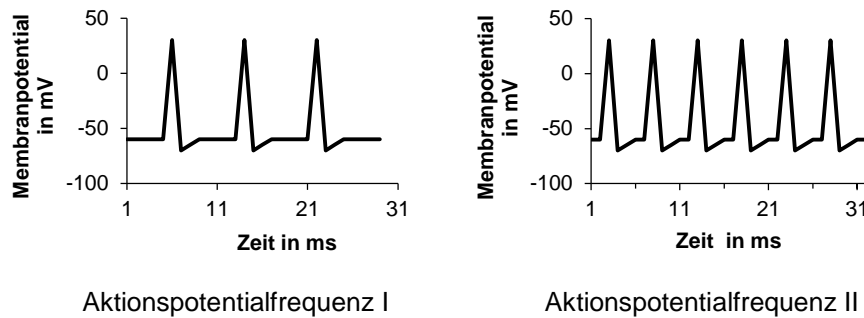


Abb. 3: Frequenzen von Aktionspotentialen an nachgeschalteten Neuronen<sup>2</sup>

Ordnen Sie die dargestellten Aktionspotentialfrequenzen I und II an den nachgeschalteten Neuronen den Zuständen A bzw. B der Hörsinneszellen aus Abbildung 1 zu und begründen Sie Ihre Zuordnung. [5 BE]

- 1.3 Die Hörsinneszellen sind durch ihre Lage im Innenohr in zwei verschiedene Bereiche eingebettet: Während die Härchen der Sinneszellen in die Endolymphflüssigkeit des Schneckengangs ragen, sind ihre Zellkörper u. a. von Perilymphflüssigkeit umgeben (Abb. 4). In der Tabelle sind die relativen Kalium-Ionenkonzentrationen in verschiedenen Bereichen des Innenohrs angegeben.

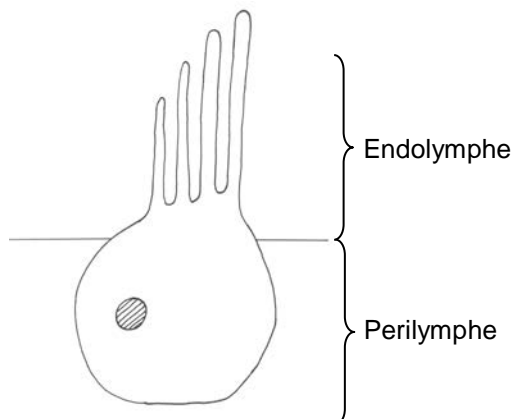


Abb. 4: Lage von Hörsinneszellen im Innenohr

Tab.: Kalium-Ionenkonzentrationen in verschiedenen Bereichen des Innenohrs

Bereich	relative Kalium-Ionenkonzentration
Endolymph	140
Zellplasma der Sinneszellen	140
Perilymph	5

Die Repolarisation der Sinneszellmembran erfolgt über passiven Transport von Kalium-Ionen.

Definieren Sie den Begriff „passiver Transport“, stellen Sie eine begründete Hypothese auf, in welchem Bereich der Hörsinneszelle sich Kanäle für den passiven Transport zur Repolarisation befinden, und erklären Sie, wie eine Repolarisation der Sinneszellmembran erfolgt.

[7 BE]

- 2 Neben vielen anderen Formen erblicher Schwerhörigkeit lässt sich eine häufigere Form auf eine bestimmte Mutation im *GJB2*-Gen, das für das Protein Connexin 26 codiert, zurückführen. Das Protein Connexin 26 ist 227 Aminosäuren lang und bildet einen Ionenkanal, der für die Anreicherung von Kalium-Ionen in der Endolymph des Schneckengangs benötigt wird.
- 2.1 Die folgende Abbildung zeigt Ausschnitte aus dem codogenen Strang des voll funktionsfähigen *GJB2*-Gens und zwei mögliche Mutationen.

Triplet-Nr.:	12	13	14	15		
voll funktionsfähig:	3`-	CCC	CAT	TTG	TTC	-5`
Mutation 1:	3`-	CCC	CAA	TTG	TTC	-5`
Mutation 2:	3`-	CCC	ATT	TGT	TC	-5`

Abb. 5: Ausschnitt aus dem codogenen Strang des *GJB2*-Gens und mögliche Mutationen

(Fortsetzung nächste Seite)



Ermitteln Sie mithilfe der Code-Sonne (Abb. 6) die Aminosäuresequenz des intakten Connexin 26 für die Positionen 12-15. Benennen Sie anschließend die vorliegenden Mutationstypen 1 und 2 und beurteilen Sie, welche der beiden Mutationen für die Connexin-26-bedingte erbliche Schwerhörigkeit verantwortlich ist. [7 BE]

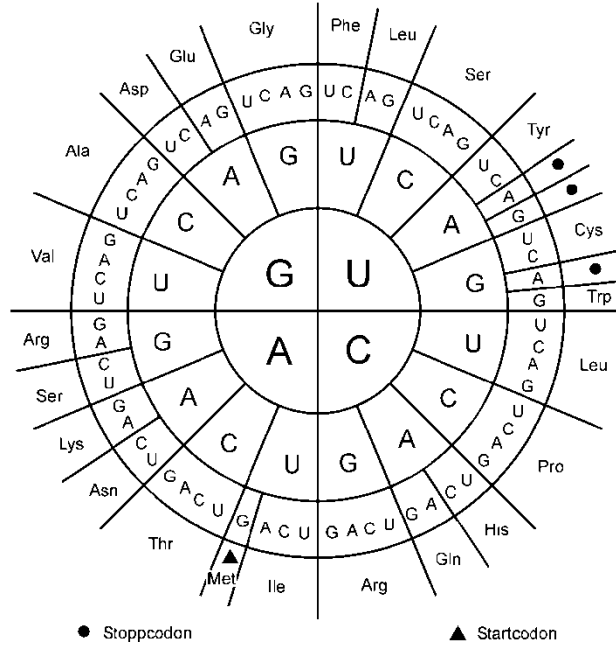


Abb. 6: Code-Sonne

2.2 Im Folgenden ist der Stammbaum einer Familie dargestellt, in der die Connexin-26-bedingte erbliche Schwerhörigkeit auftritt (Abb. 7).

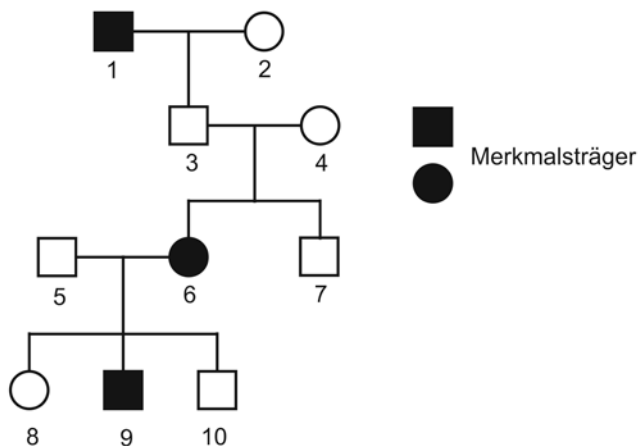


Abb. 7: Stammbaum einer Familie mit gehäuftem Auftreten Connexin-26-bedingter erblicher Schwerhörigkeit

Leiten Sie aus dem Stammbaum die Art der Vererbung der Connexin-26-bedingten erblichen Schwerhörigkeit ab, indem Sie nicht zutreffende Erbgänge begründet ausschließen. Geben Sie die Genotypen der Personen an, die Sie für Ihre Entscheidung benötigen. [7 BE]

(Fortsetzung nächste Seite)

- 2.3 Zur Ermittlung des Übertragerrisikos wird ein Gentest auf die häufige Mutation im *GJB2*-Gen angeboten. In Fachkreisen wird diskutiert, ob der Gentest bei einer Pränataldiagnostik durchgeführt werden sollte. Ein Mediziner äußert im Rahmen der Debatte: „Familien sollten unbedingt den Gentest in der Pränataldiagnostik nutzen, um Aufschluss darüber zu erhalten, ob ein Kind von erblicher Schwerhörigkeit betroffen sein wird.“

Um zu einer Urteilsfindung zu kommen, ist es nötig, fachliche Argumente mit Werten in Beziehung zu setzen. Folgende Werte werden häufig genannt: Umweltschutz, Glück, Freundschaft, Gesundheit, Freiheit, Leidverringering, Wohlstand, Würde des Menschen, Bildung, Sicherheit, Gehorsam, Fortschritt.

Nennen Sie ein Pro- und ein Contra-Argument zur Durchführung dieses Gentests im Rahmen der Pränataldiagnostik und wählen Sie aus der Liste für jedes Argument einen Wert aus, der mit dem Argument verbunden ist. Nehmen Sie unter Einbeziehung dieser Argumente und Werte Stellung zur oben genannten Forderung des Mediziners. [5 BE]

---

[40 BE]