

**Examinator/Examinatorin:**

**Kandidat/Kandidatin:**

**Bitte beachten Sie folgende Punkte:**

- Die Prüfung besteht aus einem allgemeinen Teil für alle Klassen und einem klassenspezifischen Themenschwerpunkt.
- Schreiben Sie auf jedes Blatt ihren vollständigen Namen und die Klasse.
- Alle Aufgaben sind in die dafür vorgesehenen Felder im Anschluss an die jeweilige Fragenstellung zu beantworten. Falls Sie mehr Platz benötigen, bitte die Rückseite des Aufgabenblattes benutzen und Aufgaben unbedingt mit Aufgabennummer versehen.
- Alle Aufgaben sind vollständig zu lösen. Es gibt keine Wahlmöglichkeiten.
- Nur leserlich geschriebene Antworten werden gewertet.
- Am Schluss werden alle Entwurfs- und Reinschriftblätter abgegeben.
- Den rechten Rand, der für Korrekturvermerke vorgesehen ist, nicht überschreiben.
- Sie können maximal 88 Punkte erreichen.
- Für die Maximalnote 6 muss nicht die volle Punktzahl erreicht werden.

Danke für Ihre Zusammenarbeit.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg!

Themenbereich		Thema	Punktzahl
1. Blut, Herz / Kreislaufsystem, Atmungssystem, Verdauungssystem		Blut, Herz und Kreislaufsystem	9.5
		Atmungssystem	3.5
		Ernährung / Verdauungssystem	7.5
			<b>20.5</b>
2. Hormonsystem / Nervensystem		Nervensystem	19
		Hormonsystem	5.5
			<b>24.5</b>
3. Genetik / Fortpflanzung Entwicklung		Klassische Genetik / Molekulargenetik	15
		Fortpflanzung / Entwicklung	16
			<b>31</b>
4a. Klassenspezifischer Schwerpunkt 4BM: Evolution			<b>12</b>
4b. Klassenspezifischer Schwerpunkt 4BZ: Muskulatur / Auge			<b>12</b>
4c. Klassenspezifischer Schwerpunkt 4E: Evolution			<b>12</b>

**1. Blut, Herz / Kreislauf**

**9.5P**

**Aufgabe 1: Blutbestandteile**

**(3P)**

**a)** Welche der folgenden Komponenten sind Bestandteil des Blutplasmas? Bestandteile, die im Blutplasma gelöst vorliegen, markieren Sie mit R, Bestandteile, die nicht im Blutplasma gelöst vorliegen, mit F. (1.5 P bei 0 Fehlern, 1P bei 1 Fehler, 0.5P bei 2 Fehlern, 0P bei 3 und mehr Fehlern)

- Albumin
- Glykogen
- HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Hydrogencarbonat)
- Na<sup>+</sup>
- Hämoglobin

**b)** Ordnen Sie den Blutzellen ihre Aufgaben oder Eigenschaften zu, indem Sie die entsprechenden Buchstaben hinter den Zelltyp schreiben. Alle Buchstaben müssen zugeordnet werden. (1.5 P)

1 Thrombocyten

2 Leukocyten

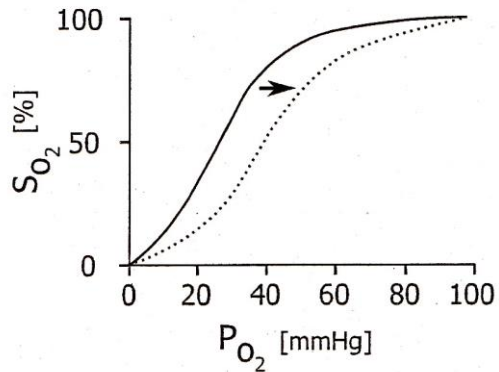
3 Erythrocyten

- A Bilden Hauptanteil des Hämatokrits.
- B Werden in der Höhe vermehrt gebildet.
- C Führen bei Verletzungen zu Wundverschluss.
- D Findet man bei Infektionen vermehrt im Blut.
- E Transportieren CO<sub>2</sub>.
- F Treten als verschiedene Zellformen auf.

## Aufgabe 2: Faktoren, die die Sauerstoffsättigung des Blutes beeinflussen

(1.5P)

Markieren Sie entsprechend der Aussagen des Diagramms richtige Aussagen mit R, falsche mit F. Ist ein Teil der Aussage falsch, gilt die gesamte Aussage als falsch. (1.5 P bei 0 Fehlern, 1P bei 1 Fehler, 0.5P bei 2 Fehlern, 0P bei 3 und mehr Fehlern)



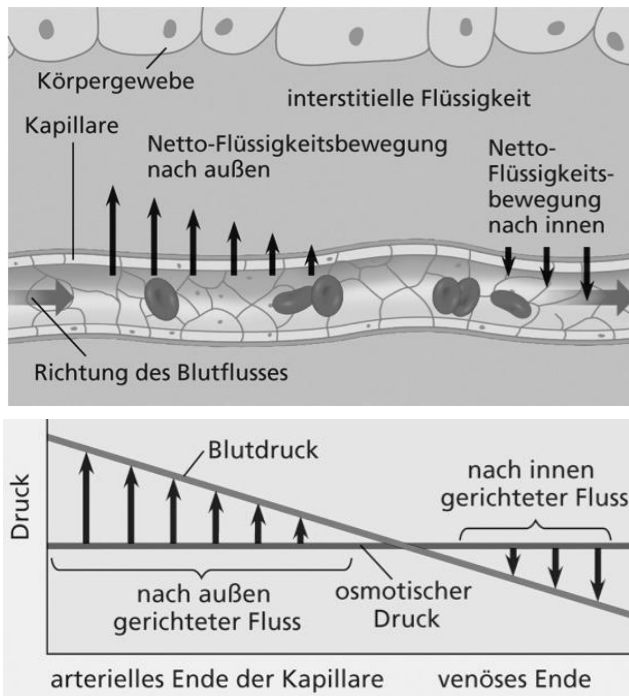
Sauerstoffsättigung des Blutes in Abhängigkeit des Partialdrucks. Ein Partialdruck von 100 mm Hg entspricht 133 Millibar oder Hektopascal. Eine Erhöhung der Temperatur und ein Absenken des pH-Wertes führen zu einer Verschiebung der Sättigungskurve nach rechts.

- \_\_\_ Eine lokale Erhöhung der Temperatur in Muskeln durch Muskelarbeit führt zu einer verbesserten O<sub>2</sub>-Abgabe an das Gewebe.
- \_\_\_ Eine Ansäuerung des Muskels vermindert den Sauerstoffpartialdruck.
- \_\_\_ Eine vermehrte Zellatmung erhöht den pH-Wert, was die Sauerstoffabgabe erleichtert.
- \_\_\_ Wenn die durchgezogene Linie die O<sub>2</sub>-Sättigungskurve einer schwangeren Frau repräsentiert, dann verläuft die Kurve ihres Ungeborenen nach links verschoben.
- \_\_\_ Bei einem O<sub>2</sub>-Partialdruck von 40 mm Hg ist die Sauerstoffsättigung des Blutes durch eine erhöhte Temperatur und ein saureres Milieu stärker vermindert als bei 80 mm Hg.

### Aufgabe 3: Stoffaustausch in Kapillaren

(2.5P)

a) Ergänzen Sie die Lücken im Text. Der Text bezieht sich auf die gezeigte Abbildung. (1.5 P)



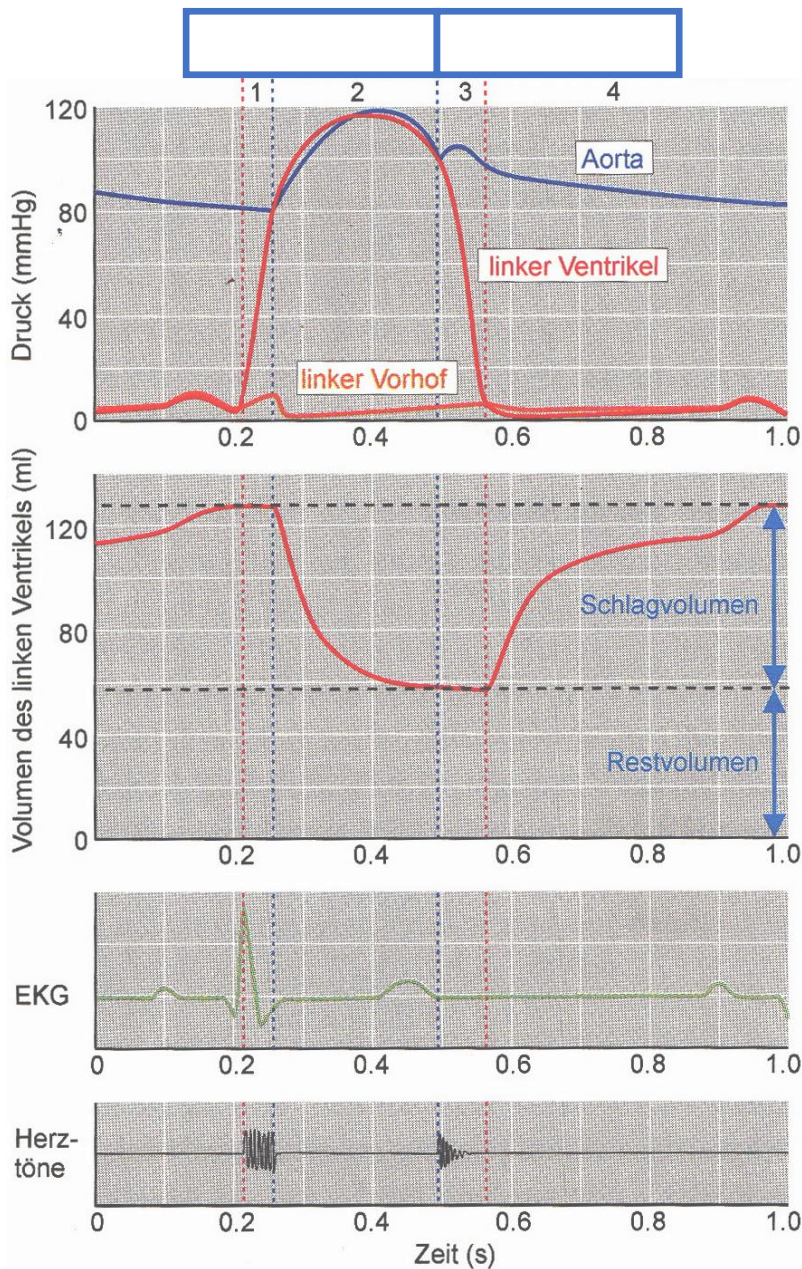
Im arteriellen Teil der Kapillare ist der nach aussen wirksame Blutdruck ..... als der nach innen gerichtete ..... Druck. Dies führt zum Abpressen von Flüssigkeit mit gelösten niedermolekularen Substanzen (Zucker, Ionen, Harnstoff). Der Stoffübertritt erfolgt bevorzugt zwischen den Epithelzellen über die ..... hinweg, deren feine Poren wie ein Molekülsieb wirken, das Proteine im Blut zurückhält. Aufgrund des hohen Strömungswiderstands in der Kapillare fällt der Blutdruck zum ..... Teil der Kapillare stark ab. In der Folge überwiegt der nach innen gerichtete ..... Druck. Somit wird im venösen Teil der Kapillare das abgepresste Wasser über Osmose wieder weitgehend ins Blutkreislaufsystem zurückgewonnen. Der nicht durch Osmose rückgewinnbare Anteil des abgepressten Plasmas wird über das ..... dem Blutgefäßssystem zugeführt.

b) Patienten mit Bluthochdruck leiden häufig unter einer Wassereinlagerung im Gewebe. Geben Sie eine Erklärung, wie diese Wassereinlagerung zustande kommt. (1P)

#### Aufgabe 4: Herzfunktion

(2.5P)

Die untere Abbildung zeigt die Druckverläufe im linken Vorhof, linken Ventrikel und der Aorta, die jeweiligen Schlagvolumina, das zugehörige EKG und die Herztöne.



a) Ergänzen Sie in den beiden blauen Kästchen, die über den Druckverläufen stehen, die Begriffe Diastole und Systole. (0.5 P)

b) Beschreiben Sie die Klappentätigkeit im Zeitintervall 1. (0.5 P)

c) Beschreiben Sie die Klappentätigkeit im Zeitintervall 3. (0.5 P)

d) Schildern Sie die Erregungsausbreitung im Herz, die zwischen 0,2 s und 0,25 s des gezeigten Herzzyklus erfolgt. Schildern Sie ebenso den Erregungszustand zwischen 0,3 und 0,4 s (1P)

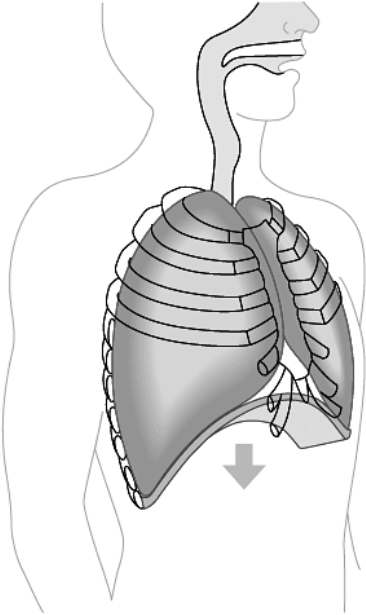
## 2. Atmungssystem

3.5P

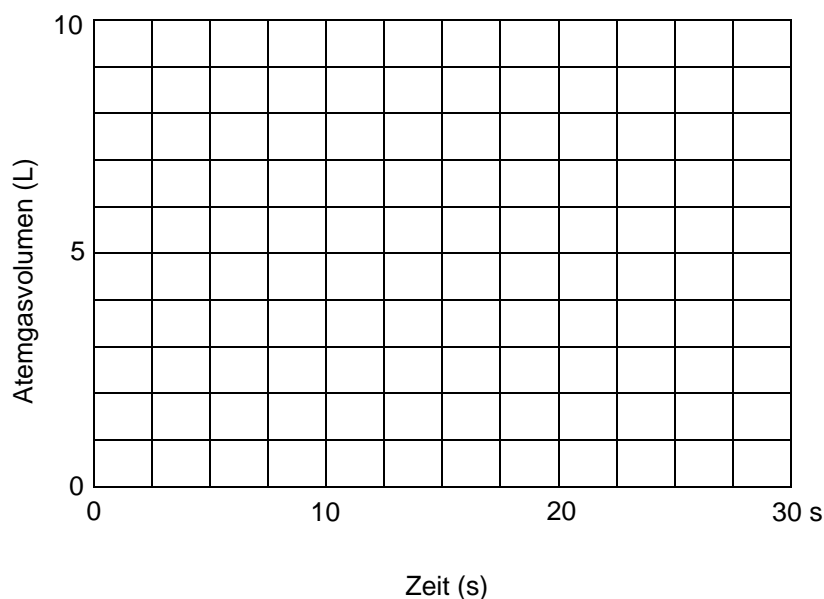
### Aufgabe 5: Lungenfunktion und Atmung

(3.5P)

a) Das Schema zeigt einen Menschen bei der Ventilation. Der Pfeil deutet die beginnende Bewegungsrichtung des Zwerchfells an. Kreuzen Sie bei folgenden Begriffspaaren die für die Abbildung zutreffende Aussage an. (1P)

	<p><b>Begriffspaare:</b></p> <p>_____ Der Mensch inspiriert.</p> <p>_____ Der Mensch expiriert.</p> <p>_____ Der Zwerchfellmuskel kontrahiert.</p> <p>_____ Der Zwerchfellmuskel wird gedehnt.</p> <p>_____ Die Lunge wird gedehnt.</p> <p>_____ Die Lunge zieht sich zusammen.</p> <p>_____ Der Brustkorb hebt sich.</p> <p>_____ Der Brustkorb senkt sich.</p>
--	--

b) Bei einer Atemmessung beim Lungenarzt werden folgende Messwerte erhalten: Atemzugfrequenz 12 Atemzüge pro Minute, Atemzugvolumen 1,5 L, inspiratorisches Reservevolumen 3 L, Vitalkapazität 6 L. Das Residualvolumen wurde aufgrund des Brustumfangs und der Körpergröße anhand einer Tabelle mit 1,0 L ermittelt. Skizzieren Sie ein Diagramm, aus dem der zeitliche Verlauf der genannten Messgrößen über den Zeitraum einer halben Minute hervorgeht und beschriften Sie sämtliche, möglicherweise auch nicht genannte Lungenvolumina bzw. Kapazitäten. (2.5P)



### 3. Biomoleküle, Verdauungssystem

7.5P

#### Aufgabe 6: Biomoleküle

(3P)

Die unten gezeigten Moleküle (1 – 5) sind typische Vertreter verschiedener Biomoleküle.

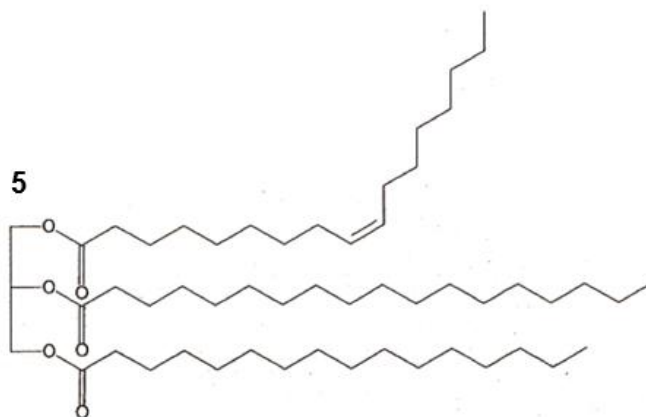
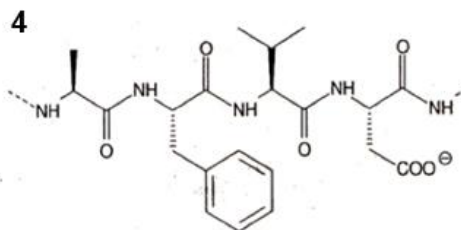
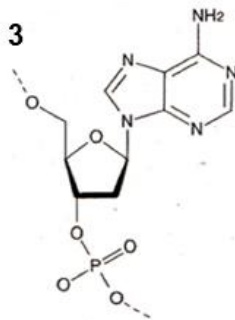
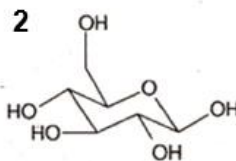
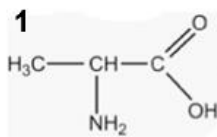
a) Umranden Sie im entsprechenden Molekül eine Peptidbindung rot und benennen Sie den Typ des Makromoleküls. (0.5P)

b) Nennen Sie die Moleküle, aus denen das Molekül 5 aufgebaut ist und geben Sie an, in welchem Gewebe es in grösseren Mengen vorliegt. (1P)

c) Woran ist zu erkennen, dass es sich bei 3 um einen Ausschnitt der DNA und nicht der RNA handelt? (0.5P)

d) Nennen Sie vier Makromoleküle in denen Molekül 2 als Monomer eingebaut ist. (1P)

e) Markieren und benennen Sie die funktionellen Gruppen von Molekül 1. (0.5 P)





## Aufgabe 7: Verdauung und Resorption

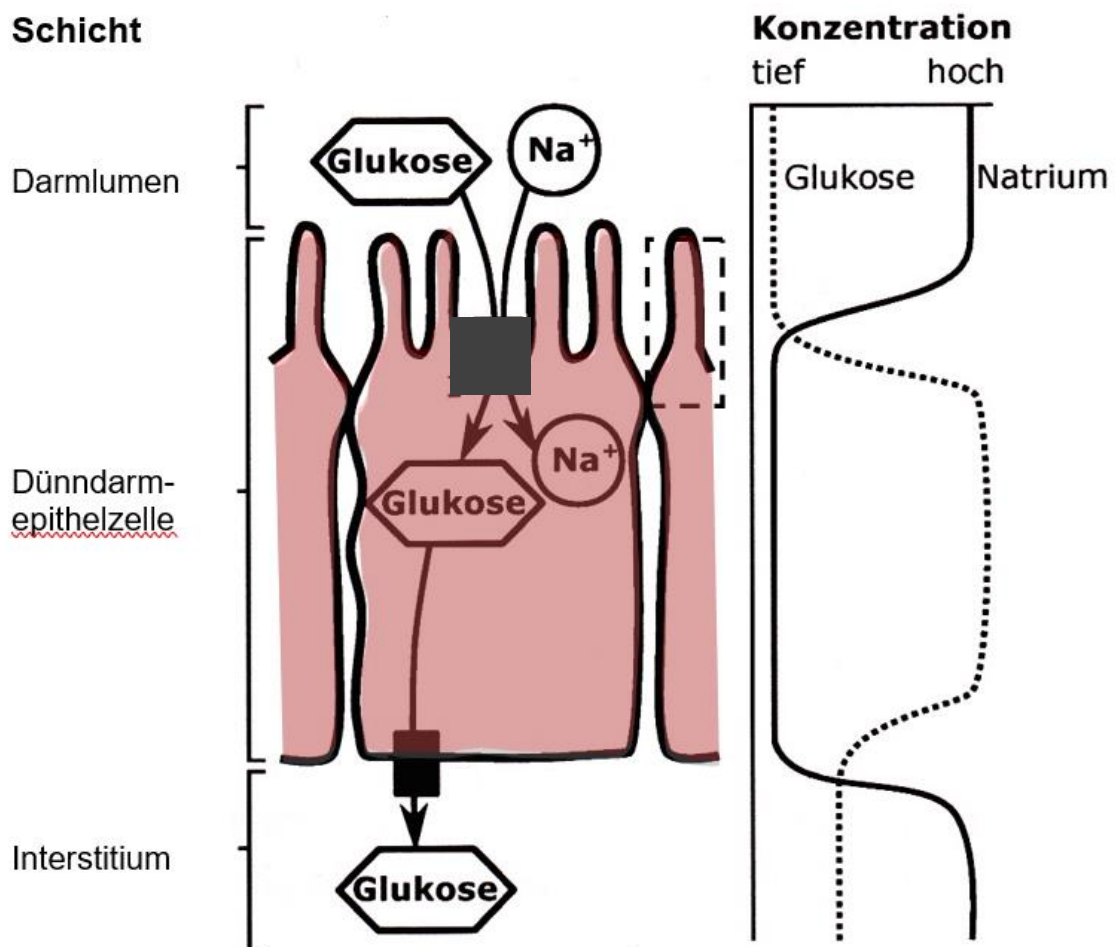
(2.5P)

**a)** Markieren Sie richtige Aussagen in Bezug auf die Funktion des Magens mit R, falsche mit F. Ist auch nur ein Teil der Aussage falsch, gilt die gesamte Aussage als falsch. (1.5 P bei 0 Fehlern, 1P bei 1 Fehler, 0.5P bei 2 Fehlern, 0P bei 3 und mehr Fehlern)

- \_\_\_ Die Bildung des Intrinsic Factors ist eine lebenswichtige Funktion des Magens, weil ohne Intrinsic Factor kann kein Vitamin B12 im Dünndarm resorbiert werden.
- \_\_\_ Salzsäure wird in den Hauptzellen der Magenschleimhaut produziert.
- \_\_\_ Die Salzsäure aktiviert die inaktive Vorstufe Fibrinogen zum aktiven Fibrin.
- \_\_\_ Das Abtöten von Keimen ist eine wichtige Funktion des Magens.
- \_\_\_ Der Pylorus reguliert die Abgabe des Mageninhalts an den Zwölffingerdarm.

**b)** Die Abbildung zeigt den Mechanismus der Glukoseresorption im Dünndarm und den Verlauf der  $\text{Na}^+$ - und Glukosekonzentration in verschiedenen Schichten des Darmes.

Ergänzen Sie im Bild an der richtigen Stelle den für die Aufnahme von Glukose fehlenden Teil des Transportmechanismus und benennen Sie ihn. (1P)







## 1. Neurobiologie

19P

## Aufgabe 9: Vorgänge an Nervenzellen

(13.5P)

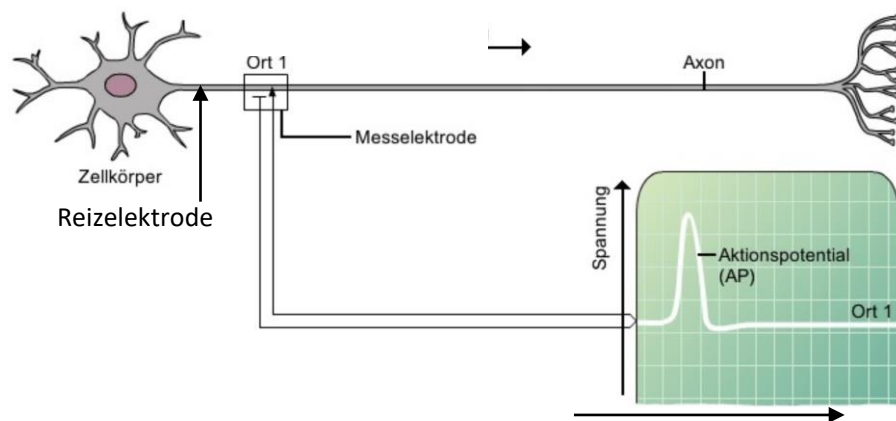
a) Erläutern Sie die Entstehung des Ruhepotenzials bei Nervenzellen des Menschen unter Verwendung von Abb. 1. Fertigen Sie dazu eine einfache beschriftete Zeichnung an. Erklären Sie, welcher Prozess die Voraussetzung für die Bildung des Ruhepotenzials aufrechterhält. (4P)

Ionenart	extrazellulär (mmol/l)	intrazellulär (mmol/l)	Permeabilitätskoeffizient
Natriumionen	150	5	0,04
Kaliumionen	5	120	1,0
organische Anionen	0	155	0,0

**Abbildung 1:** Ionenkonzentrationen und Permeabilitätskoeffizienten für einige Ionenarten an der menschlichen Nervenzellmembran. Der Permeabilitätskoeffizient ist ein relatives Maß dafür, wie leicht ein Ion durch eine Membran hindurchtreten kann. Je niedriger der Wert, desto schwerer ist es, die Membran zu passieren.

b) Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf eines Aktionspotenzials und beschriften Sie auch die Koordinaten (2P). Erklären Sie seinen Verlauf mit den zu Grunde liegenden Ionenbewegungen (3P).

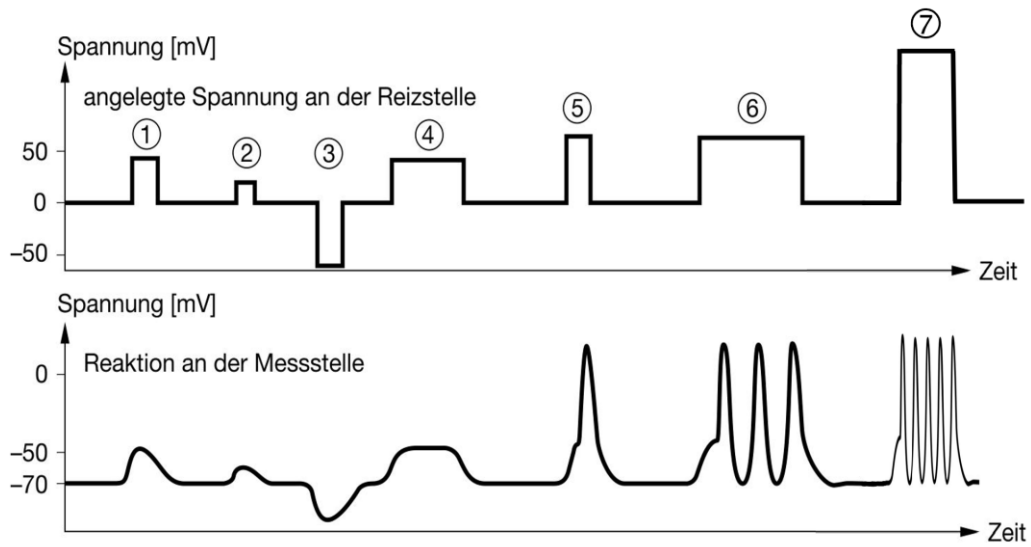
c) Aktionspotenziale können an einem Axon auch durch Anlegen eines Reizstromes ausgelöst werden. Dabei verwendet man eine Reizelektrode, die in das Axon eingestochen wird und einen Reizstrom auslöst. An der Messelektrode kann dann durch eine ebenfalls eingestochene Messelektrode die Spannung am Axon gemessen werden. Diese Experimentanordnung ist in **Abb. 2** dargestellt.



**Abbildung 2**

Formulieren Sie zwei mögliche Fragestellungen, die zu den in **Abb. 2** dargestellten Experimenten geführt haben. (1P)

d) Die Ergebnisse einiger solcher Experimente sind in **Abb. 3** (①-⑦) zusammengefasst. Erklären Sie stichpunktartig die in **Abb. 3** dargestellten Reaktionen des Axons an der Messelektrode. (3.5P)

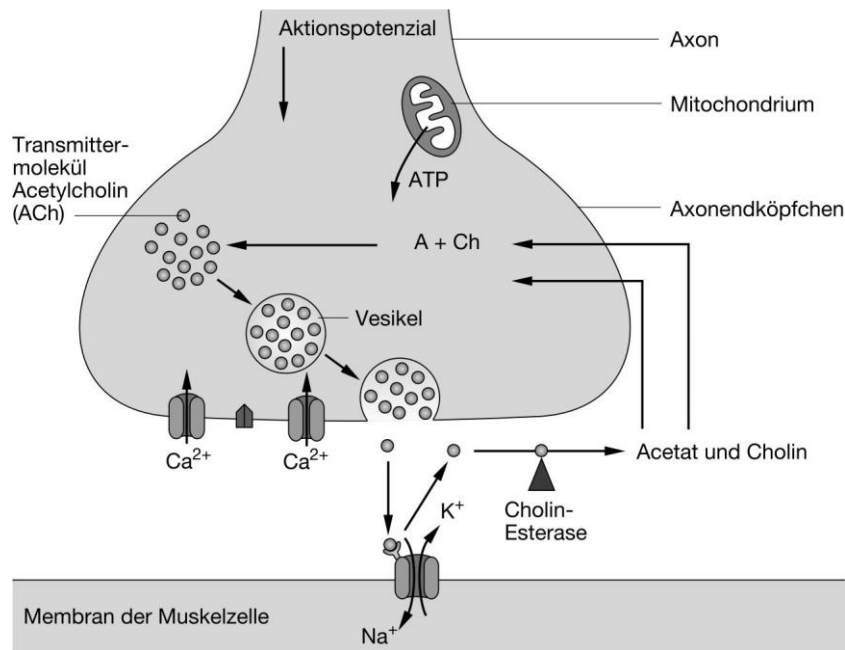


**Abbildung 3:** Experimente zur Untersuchung des Membranpotenzials nach Reizung einer Nervenzelle

## Aufgabe 10: Vorgänge an Synapsen

(5.5P)

a) Beschreiben Sie die in Abb. 4 dargestellten Prozesse in strikter chronologischer Abfolge und unter Berücksichtigung dessen, was diese Prozesse in der postsynaptischen Membran auslösen! (2.5P)



**Abbildung 4:** Informationsübertragung an Synapsen einer motorischen Endplatte

b) Beschreiben Sie, welche besonders auffälligen Symptome Sie bei den in Abb. 5 aufgeführten Giften erwarten würden und begründen Sie das jeweilige Zustandekommen der Symptome. **(1.5P)**

In manchen Sommern wird in den Zeitungen über so genannte „rote Tiden“ auf dem Meer berichtet. Diese Rotfärbung des Meerwassers beruht auf „Algenteppichen“ der einzelligen Alge *Gymnodinium breve*. Die Alge produziert das hochwirksame Fischgift **Brevetoxin**, das wie Acetylcholin an die Rezeptoren der Natriumionen-Kanäle der postsynaptischen Membran einer motorischen Endplatte binden und diese öffnen kann, aber nicht von der Cholinesterase abgebaut wird.

Da die Algengifte über die Nahrungskette durch Konsum von Schalentieren, z. B. Muscheln, in den Menschen gelangen, hat man die Vergiftungsphänomene als „*Shellfish Poisoning*“ bezeichnet. Eine andere toxische Wirkung hat die wasserlösliche Substanz **Saxitoxin** der Alge *Gonyaulax*. Dieses Gift verstopft die Natriumionen-Kanäle in der postsynaptischen Membran einer motorischen Endplatte.

**Abbildung 5: Algengifte**

c) Nehmen Sie zu folgender Aussage mit Hilfe der in Abb. 5 gegebenen Information begründet Stellung: „Bei einer Vergiftung mit Brevetoxin können unter bestimmten Voraussetzungen geringe Mengen des Giftes Saxitoxin als Gegenmittel eingesetzt werden.“ **(1.5P)**



## 2. Hormonsystem

5.5P

### Aufgabe 11: Hormon- und Nervensystem im Vergleich

(2.5P)

Vergleichen Sie Nerven- und Hormonsystem, indem Sie drei Unterschiede (**0.5P** pro Unterschieds-paar) und vier Gemeinsamkeiten (**1P**) beschreiben.

Unterschiede	Nervensystem	Hormonsystem
Ausbreitungsgeschwindigkeit		
Wirkungsdauer des Effekts		
Art der Signalübermittlung		

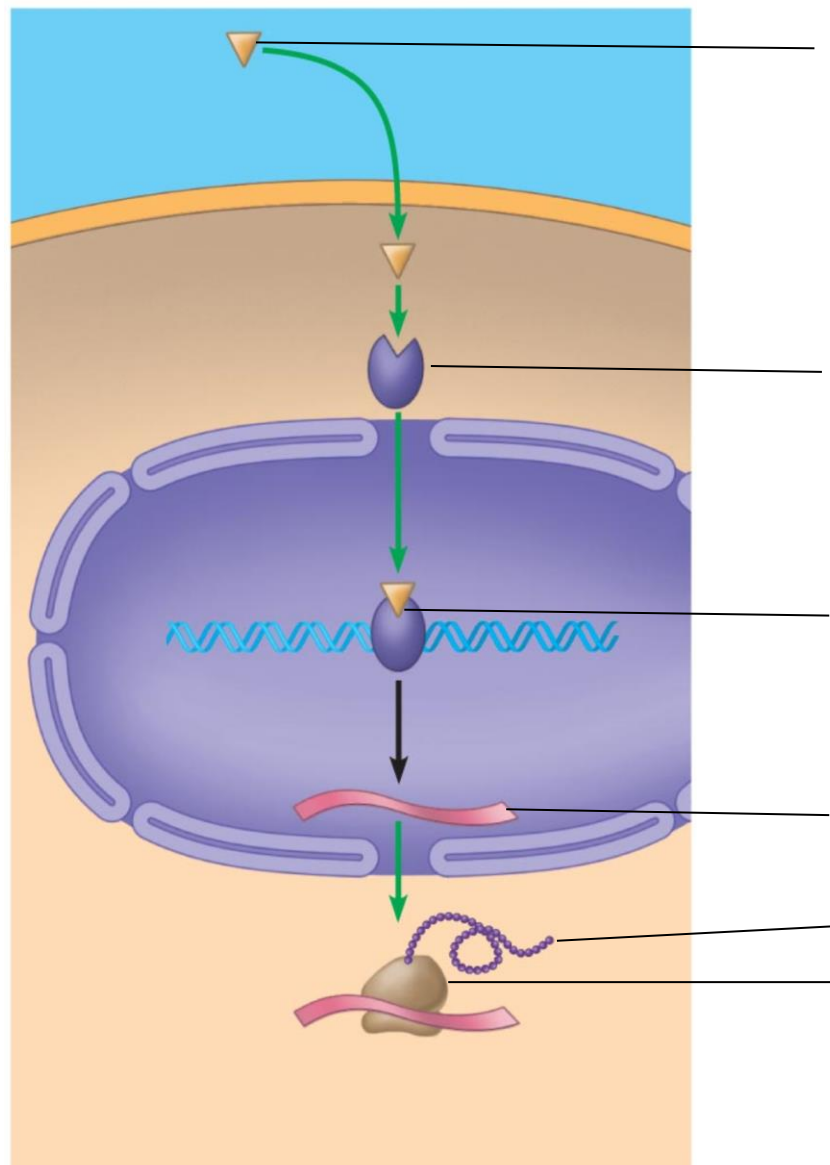
#### Gemeinsamkeiten:

1. ...
2. ...
3. ...
4. ...

**Aufgabe 12: Beispiel einer Hormonwirkung**

**(3P)**

**a)** Abbildung 6 zeigt die Wirkungskaskade eines bestimmten Hormons. Um welche biochemische Hormonfamilie handelt es sich? Geben Sie ein explizites Beispiel dieser Hormonfamilie an. **(0.5P)**



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

**Abbildung 6:** Wirkungsmechanismus eines Hormons

**b)** Beschriften Sie die für die Hormonwirkung angezeigten Strukturen in Abb. 6. **(1.5P)**

**c)** Nennen Sie vier mögliche Funktionen des Genprodukts. **(1P)**

**1. Genetik**

**15P**

**Aufgabe 13: Erbgänge bei Hunderassen**

**(7P)**

Die Vielfalt der Hunderassen und deren Züchtung erfreut die Menschheit schon seit langem.

**a)** Tab. 1 macht nähere Angaben zur Vererbung der beiden Merkmale Haarform und Haarfarbe bei Hunden mit dem Phänotyp „dunkel, kurzhaarig“. Die Zahlen geben an, wie häufig der jeweilige Phänotyp unter sämtlichen Nachkommen des betreffenden Kreuzungstyps auftrat. Alle Elternpaare dieses Kreuzungstyps hatten identische Genotypen hinsichtlich der betrachteten Merkmale.

Geben Sie an, welche Merkmale dominant und welche rezessiv vererbt werden. Begründen Sie Ihre Antwort anhand eines Kreuzungsschemas. Notieren Sie die entsprechenden Geno- und Phänotypen. (4P)

Tabelle 1 Nachkommenzahlen von Hundeeltern mit dem Phänotyp dunkel, kurzhaarig

Phänotypen der Eltern	Phänotypen der Nachkommen			
	Dunkel, kurzhaarig	Dunkel, langhaarig	Weiss, kurzhaarig	Weiss, langhaarig
Dunkel, kurzhaarig x Dunkel, kurzhaarig	89	31	29	11

**b)** Geben Sie die Genotypen der Eltern aus dem Kreuzungsmuster in Tab. 2 an. (1P)

Tabelle 2 Nachkommenzahlen von Hundedeltern mit dem Phänotyp weiss, kurzhaarig

Phänotypen der Eltern	Phänotypen der Nachkommen			
	Dunkel, kurzhaarig	Dunkel, langhaarig	Weiss, kurzhaarig	Weiss, langhaarig
Weiss, kurzhaarig x Weiss, kurzhaarig	0	0	28	9

**c)** Treffen Sie anhand der Ergebnisse für das Kreuzungsmuster aus Tab. 1 eine Aussage über die Verteilung der vier Allele im Genom und begründen Sie. Unter welchen Bedingungen ist nicht mehr mit diesem Ergebnis zu rechnen? (2P)

## Aufgabe 14: Progerie – zu jung, um zu altern

(8P)

### Information



Alterungserscheinungen bei an Progerie erkranktem Kind

Eigentlich sind es ganz normale Kinder, die spielen, lachen und die gleichen Bedürfnisse haben wie ihre Altersgenossen. Eines fällt jedoch auf: Der Alterungsprozess der weltweit nur etwa 200 bis 250 an Progerie erkrankten Kinder verläuft fünf- bis zehnmal schneller als bei gesunden Menschen. So leiden die betroffenen Kinder schon ab dem ersten Lebensjahr an Wachstumsstörungen, ihre Haut altert schneller, mit den Jahren kommen Haarausfall, Arterienverkalkung (Arteriosklerose), Gelenkverschleiss (Arthrose) und Knochenschwund (Osteoporose) hinzu. Herzinfarkt oder Schlaganfall als Folge einer Arteriosklerose führen zu einem sehr frühen Tod, im Schnitt mit bereits 13 Jahren. Bei den Kindern lässt sich eine Deformation eines grossen Teils der Zellkerne feststellen. Inzwischen weiss man, dass eine Mutation im Lamin-Gen zu veränderten

Strukturproteinen führt, die für diese Zellschädigung verantwortlich sind und die Vergreisung bereits im Kindesalter verursacht.

In den allermeisten Fällen tritt die Mutation spontan auf, es existieren aber auch Familien, bei denen die Krankheit vererbt werden kann.

**a)** Analysieren Sie den Stammbaum (Abb. 1). Beschreiben sie den Erbgang der Progerie und begründen Sie Ihre Angaben mit zwei Argumenten. Geben Sie dazu zwei Positionen im Stammbaum an, um Ihre Aussagen zu belegen. (3P)

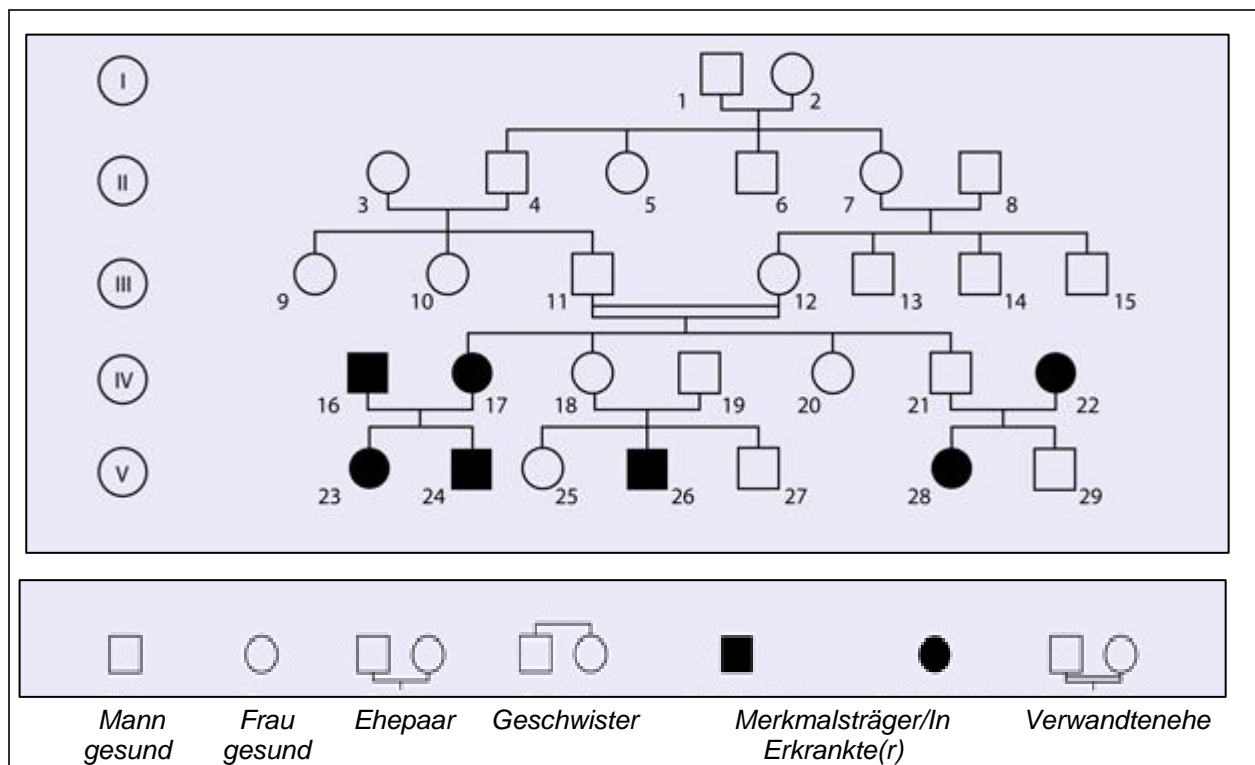


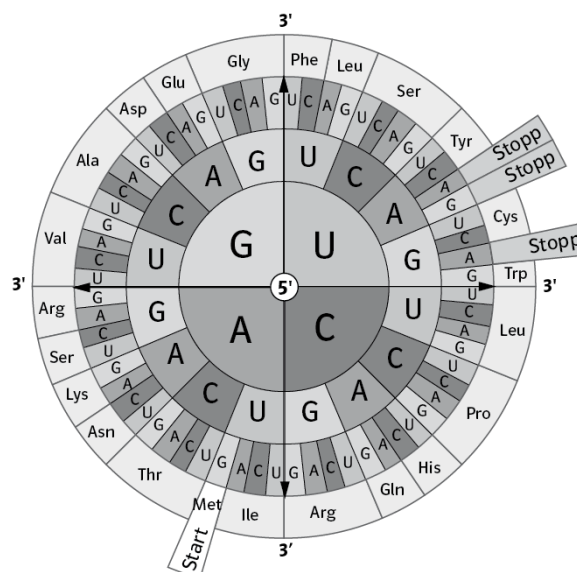
Abb. 1 Stammbaum einer von Progerie betroffenen Familie

**b)** Geben Sie ausgehend von Abb. 2 die mRNA und die Aminosäuresequenz der entsprechenden Ausschnitte für das Protein Lamin A und das mutierte Protein Lamin A (Progerin) an (2P). Erklären Sie, um welchen Typ von Genmutation es sich handelt (1P). Begründen Sie, warum die Wissenschaftler hier zunächst nicht davon ausgehen konnten, dass diese Mutation für das Krankheitsbild der Progerie verantwortlich ist (1P)

Bei an Progerie erkrankten Personen tritt eine Variante auf, die auf eine Genmutation im Lamin-Gen zurückzuführen ist. Das mutierte Genprodukt wird als Progerin bezeichnet. Die Tabelle zeigt den Ausschnitt aus dem Exon 11 (nicht-codogener Strang) des Lamin-Gens dieser beiden Varianten.

Triplett-Nr. im Gen	606 607 608 609 610
<b>Lamin-Gen</b>	5' ... CAG GTG GGC GGA CCC ... 3'
<b>mutiertes Lamin-Gen</b>	5' ... CAG GTG GGT GGA CCC ... 3'

Ausschnitt aus dem Exon 11 (nicht-codogener Strang) des Lamin-Gens



Codesonne zur Übersetzung von mRNA-Tripletts in Aminosäuren

Abb. 2 Ausschnitt aus dem Exon 11 (nicht-codogener Strang) des Lamin-Gens und Codesonne



<b>Lamin A</b>	
nicht-codogener Strang der DNA	5' ... CAG GTG GGC GGA CCC ... 3'
mRNA	
Aminosäuresequenz	
<b>Progerin</b>	
nicht-codogener Strang der DNA	5' ... CAG GTG GGT GGA CCC ... 3'
mRNA	
Aminosäuresequenz	

c) Erklären Sie unter Einbezug von Abb. 3, wie es doch zu einer Veränderung des Proteins kommt.  
(1P)

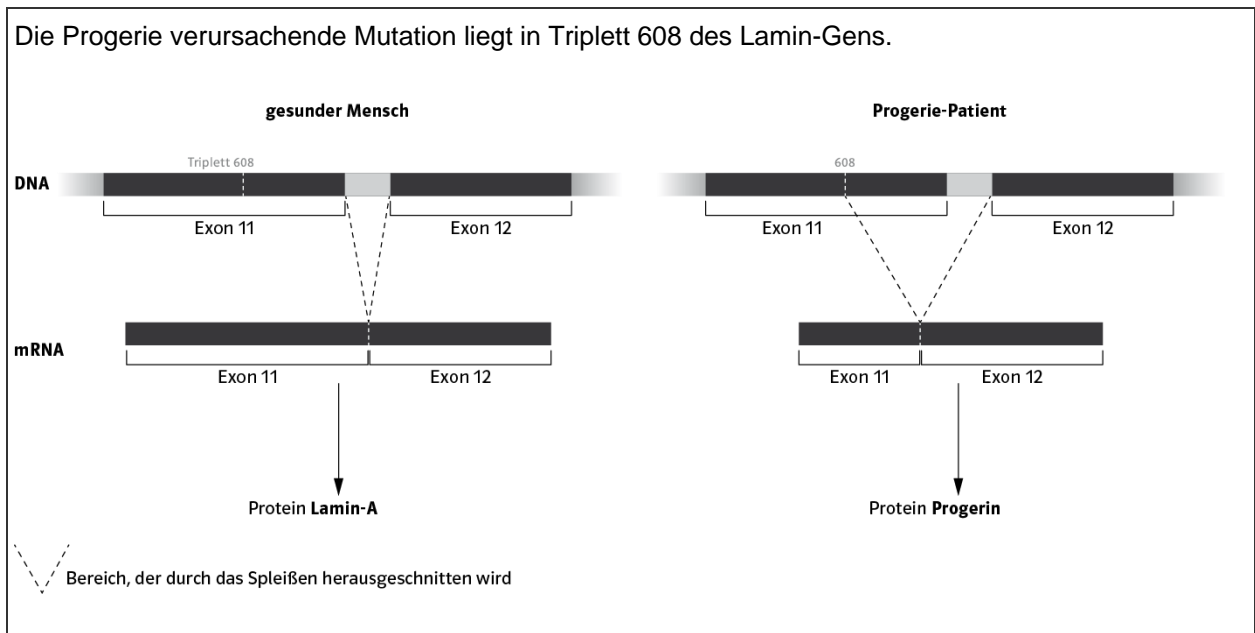


Abb. 3 Auswirkungen der Mutation im Lamin-Gen

## 2. Fortpflanzung und Entwicklung

16P

### Aufgabe 15: Von der Gametenbildung bis zur Embryonalentwicklung

(10P)

a) Erläutern Sie je einen Zweck und ein Beispiel für das Vorkommen der beiden Zellkernteilungsformen Mitose und Meiose. Gehen Sie dabei auch auf einen wesentlichen Unterschied der beiden Formen ein. (2P)

b) Beschreiben Sie die Vorgänge 1 – 8 in Abb. 1 unter Verwendung der entsprechenden Fachbegriffe. Gehen Sie jeweils auch auf den Zustand der Chromosomen ein (1-Chromatid- / 2-Chromatid-Chromosomen) (8P).

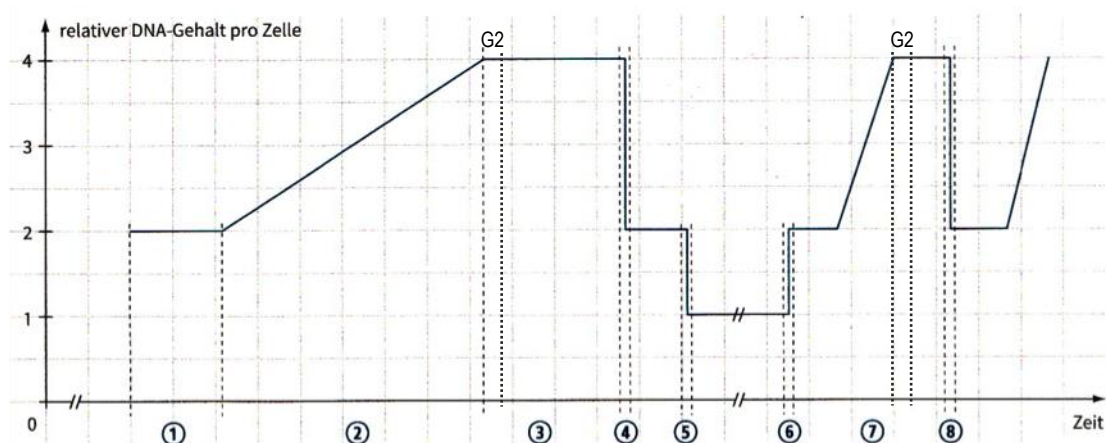


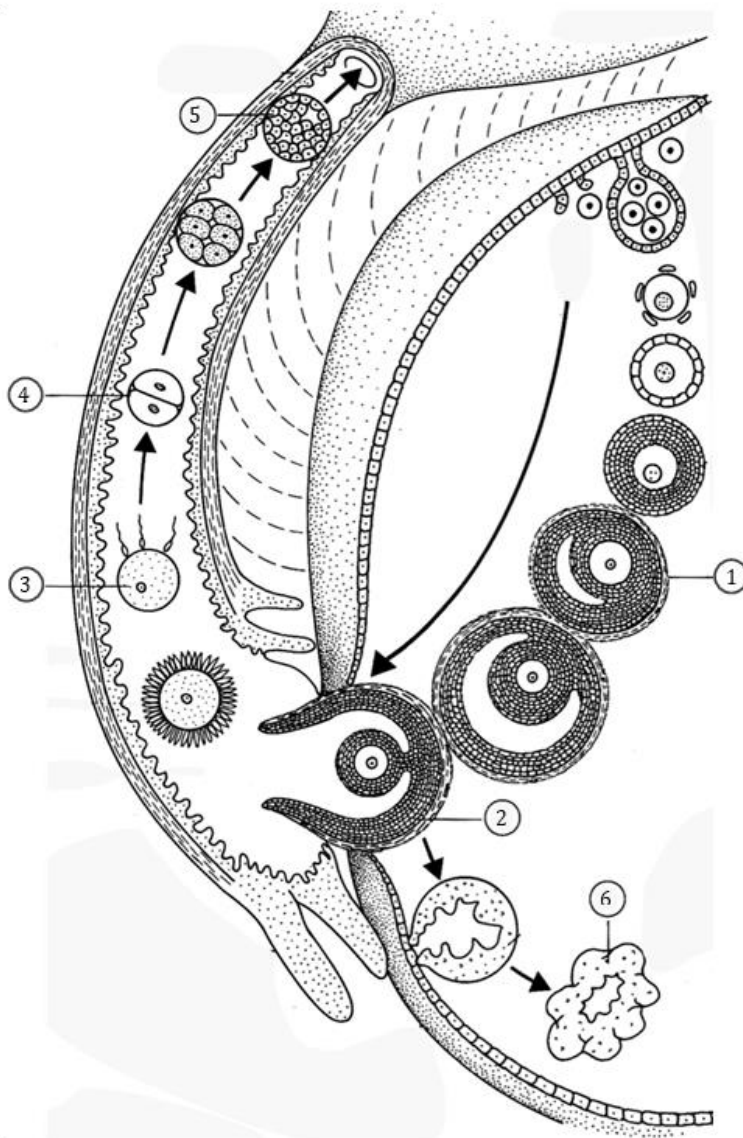
Abb. 1: Veränderung des DNA-Gehalts von Zellen im Entwicklungszyklus eines Menschen



### Aufgabe 16: Frühe Embryonalentwicklung des Menschen

(6P)

a) Die Abbildung zeigt die Vorgänge von der Entstehung der Eizelle bis hin zu den ersten Entwicklungsstadien eines menschlichen Embryos.



Die Ziffern in der Tabelle beziehen sich auf die mit den entsprechenden Ziffern bezeichneten Strukturen und Vorgänge in der Abbildung. Benennen Sie diese. (3P)

Ziffer	Struktur / Vorgang
1	
2	
3	
4	
5	
6	

**b)** Beurteilen Sie die Gültigkeit folgender Aussagen. Begründen Sie Ihre Antwort (je 1P, tot. 3 P):

A: In den allermeisten Fällen wird die Eizelle nur von einem einzigen Spermium befruchtet!

B: Das Entfernen einer Blastomere bei Struktur 4 lässt den Embryo absterben!

C: Eineiige Zwillinge entstehen durch die Befruchtung der Eizelle mit zwei Spermien!



**Aufgabe 17: Die Evolution der Buntbarsche in Ostafrika****(6P)**

Die zu den Knochenfischen zählenden Buntbarsche oder Cichliden (Cichlidae) bilden mit ca. 1700 beschriebenen Arten die drittgrößte Fischfamilie weltweit. Sie kommen sowohl im Süß- als auch im Salzwasser vor. Besonders groß ist die Vielfalt der Buntbarsche in den drei geologisch jungen ostafrikanischen Seen Viktoria-, Tanganjika- und Malawisee (s. Karte). Dort wurde die Evolution der Cichliden-Arten in den letzten Jahrzehnten umfassend erforscht.



Ostafrikanische Seen mit besonders großer Vielfalt an Buntbarschen

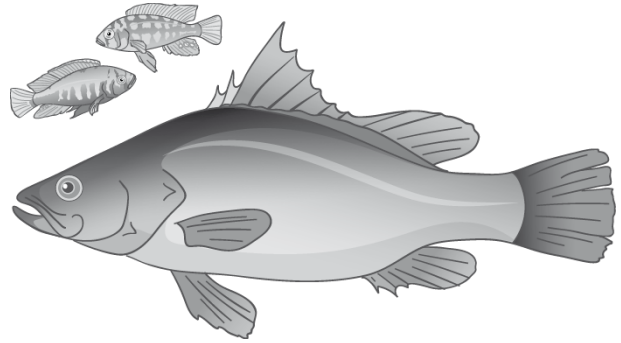
**a)** Definieren Sie die Begriffe „sympatrische Artbildung“ und „allopatrische Artbildung“. Wenden Sie die Definitionen auf das Beispiel der Buntbarsche im Viktoria-See an (Material 1). (3P)

<b>Material 1: Buntbarsche des Viktoria-sees</b>
<p>Die Vielfalt der Buntbarsche des Viktoria-sees hat bei Evolutionsbiologen großes Interesse hervorgerufen. Der Viktoria-See ist zuletzt vor 14 700 Jahren vollständig ausgetrocknet. Genetische Untersuchungen haben ergeben, dass mit großer Wahrscheinlichkeit alle Buntbarscharten in diesem See von einer aus Flüssen eingewanderten Ursprungsart abstammen. Man geht davon aus, dass aktuell etwa 400 bis 500 Cichlidenarten im Viktoria-See vorkommen. Sie besiedeln dort verschiedene Tiefenzonen und Habitate. Aufgrund ihrer oft sehr bunten Färbungen werden viele Arten gerne auch als Aquarienfische gehalten.</p> <p>Ausschließlich im Viktoria-See vorkommende Buntbarscharten der Gattung Haplochromis werden aufgrund ihrer Ernährungsweise in verschiedene Gruppen unterteilt (in Klammern ist jeweils die Anzahl beschriebener Arten angegeben): Fischfresser (130 Arten), Algenfresser (45), Insektenfresser (29), Fischbrutfresser (24), Schneckenfresser (31), Planktonfresser (21), Krustentierfresser (13), Schlammfresser (13), Parasitenfresser (2) und Schuppenfresser (1).</p>

### Material 2: „Darwins Alptraum“

Da die meisten Buntbarscharten im Viktoriasee höchstens 20 cm groß werden und es deshalb sehr mühsam ist, sie zu befischen, wurde 1950 der größere Nilbarsch *Lates niloticus* in den Viktoriasee eingesetzt. Dieser vermehrte sich dort explosionsartig. Die darauffolgende ökologische und wirtschaftliche Katastrophe wurde auch als „Darwins Alptraum“ bezeichnet.

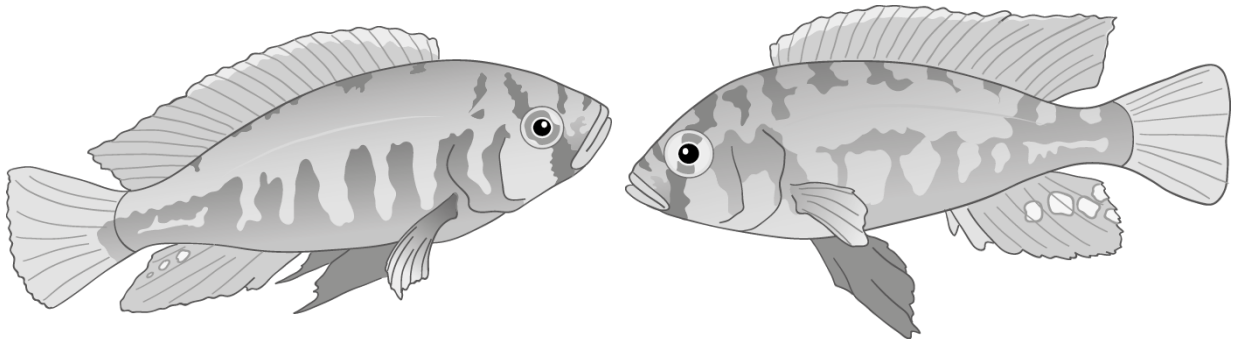
Der Nilbarsch stammt ursprünglich aus den Flüssen Nil und Niger. Er wird durchschnittlich einen Meter lang, kann aber auch beinahe doppelt so lang werden und wiegt dann bis zu 200 kg. Mit drei Jahren und einer Körperlänge von ca. 75 cm wird er geschlechtsreif. Die Jungfische ernähren sich zunächst von Plankton, später von Insektenlarven und Krustentieren. Ausgewachsene Nilbarsche sind reine Fischjäger und besiedeln in bis zu 60 m Wassertiefe alle Lebensräume in einem See.



Größenvergleich: Nilbarsch (unten) und Buntbarsche der Gattung Haplochromis

**b)** Erläutern Sie anhand von Material 1, warum es bei der Besiedelung des Viktoriasees zu einer adaptiven Radiation gekommen ist. (1P)

**c)** Diskutieren Sie 2 mögliche Folgen des Einsetzens des Nilbarsches (Material 2) für die Fauna des Viktoriasees. (2P)

**Material 3: Fortpflanzung bei Buntbarschen der Gattung Haplochromis**

Männchen der Art *Haplochromis nyererei* (links) und der Art *Haplochromis sauvagei* (rechts), mit unterschiedlich stark ausgeprägten Eiflecken

a) Alle Haplochromis-Arten sind Maulbrüter. Mit flatternden Körperbewegungen, bei denen besonders die mit sogenannten Eiflecken versehene Afterflosse präsentiert wird, wirbt das Männchen um das Weibchen. Während und unmittelbar nach dem Abbläuen nimmt das Weibchen die noch unbefruchteten Eier ins Maul. Das Männchen gibt die Spermienzellen erst dann ab, wenn das Weibchen nach den Eiflecken schnappt. Die Jungen schlüpfen, je nach Wassertemperatur, nach 15 bis 25 Tagen. Sie werden oft noch mehrere Tage bewacht und nachts sowie bei Gefahr vom Weibchen wieder ins Maul aufgenommen.

b) Buntbarschweibchen achten sehr genau auf die Färbung der Männchen und wählen nur den ihnen passend erscheinenden Partner. In letzter Zeit kommt es jedoch aufgrund von zunehmenden Wasserverschmutzungen des Viktoriasees vermehrt zu Hybridisierungen der eng verwandten Arten *Haplochromis nyererei* und *H. sauvagei*, da die Weibchen nicht mehr zwischen den Männchen unterscheiden können. Der daraus resultierende Nachwuchs ist fertil.

a) Erläutern Sie unter dem Aspekt der synthetischen Evolutionstheorie die Entstehung der Eiflecken der Männchen bei der Gattung Haplochromis (Material 3 a). (1P)

**b)** Nennen Sie einen evolutionären Vorteil der Fortpflanzungsstrategie „Maulbrüter“ im Vergleich zu Freilaichern (Material 3 a). (1P)

**c)** Definieren Sie den morphologischen und den biologischen Artbegriff. Diskutieren Sie unter Berücksichtigung von Material 3 b die beiden Artbegriffe anhand von *H. nyereri* und *H. sauvagei*. (2P)

d) Ermitteln Sie die zur ostafrikanischen Buntbarsch-Gattung *Haplochromis* verwandtschaftlich nächste Buntbarsch-Gattung und deren Verbreitungsgebiet (Material 4). Interpretieren Sie die gezeigte geografische Verbreitung der Buntbarsche und die Verwandtschaftsbeziehungen. Leiten Sie ab, ob die Buntbarsche ursprünglich aus dem Süßwasser oder Salzwasser stammen. (2P)

