

# Abiturprüfung 2025

## Biologie

**Arbeitszeit: 180 Minuten**

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

Als Hilfsmittel darf ein Rechtschreibwörterbuch Deutsch, das nach Erklärung des Verlags die aktuellen amtlichen Regeln vollständig umsetzt, verwendet werden.

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

Das Aufgabengeheft ist vom Prüfling mit dem Namen zu versehen und mit abzugeben.

Name des Prüflings: \_\_\_\_\_

# A 1 Skorpione

Skorpione (*Scorpiones*) sind eine Ordnung der Spinnentiere (*Arachnida*), deren charakteristische Merkmale zum einen der Giftstachel am Ende des Hinterleibs und zum anderen die Fangarme mit Scheren sind. Von den ungefähr 2000 weltweit bekannten Arten gelten etwa 25 aufgrund ihres Giftes für den Menschen als potenziell tödlich.

- 1 Im Gift des Gelben Fünfstreifenskorpions (*Leiurus quinquestriatus*) kommen u. a. die in Tabelle 1 aufgeführten Nervengifte vor, mit deren Hilfe er z. B. Mäuse erbeutet.

Tab. 1: Auswahl von Nervengiften des Gelben Fünfstreifenskorpions<sup>1</sup>

| Nervengift      | Wirkung und Wirkort                                    |
|-----------------|--------------------------------------------------------|
| $\alpha$ -Toxin | Daueröffnung von postsynaptischen Natriumionen-Kanälen |
| Agitoxin 1      | Hemmung von Kaliumionen-Kanälen in der Axonmembran     |

- 1.1 Fertigen Sie eine beschriftete Skizze einer chemischen Synapse im Nervensystem eines Beutetiers an. [5 BE]
- 1.2 Zeichnen Sie in Abbildung 1 den Verlauf eines postsynaptischen Potentials ein, das sich bei einer Gabe von  $\alpha$ -Toxin zum Zeitpunkt 0 ms ergibt, und begründen Sie den Unterschied in den Kurvenverläufen mit und ohne Giftgabe auf molekularer Ebene. [5 BE]

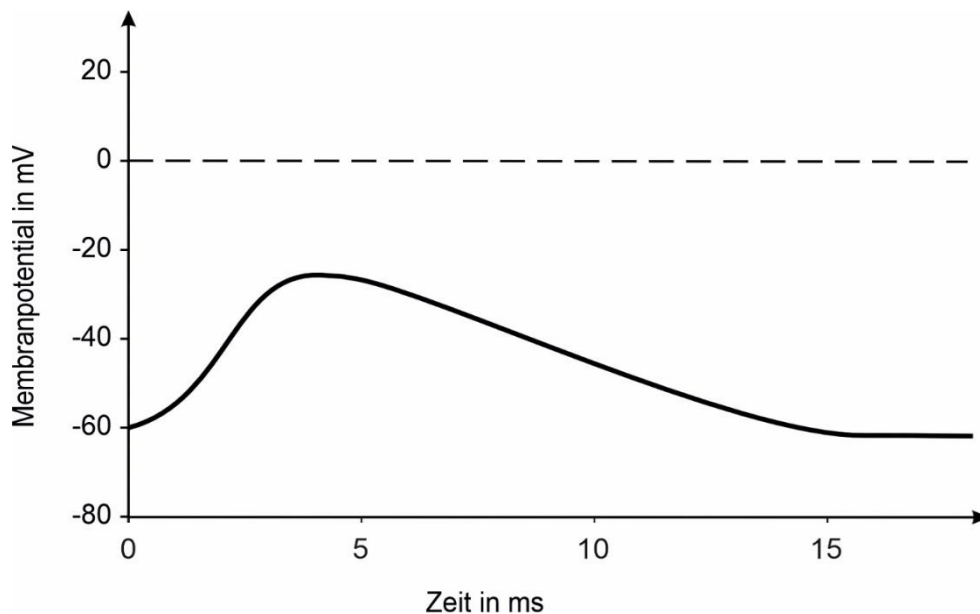


Abb. 1: postsynaptisches Potential nach vorausgehender Reizung beim Zeitpunkt 0 ms ohne Gabe von  $\alpha$ -Toxin

- 1.3 Erläutern Sie die Wirkung von Agitoxin 1 auf die Erregung am Axon eines Beutetiers unter Berücksichtigung der Ionentheorie. [5 BE]

- 2 Um die Giftigkeit eines Skorpions einzuschätzen, gibt es eine weit verbreitete Faustregel: Je kleiner ein Skorpion ist, umso stärker ist sein Gift. Es wird zudem diskutiert, ob man statt der Körperlänge auch das Dickenverhältnis zwischen Scheren und Schwanz zur Einschätzung der Giftigkeit heranziehen kann. Um diese Zusammenhänge zu überprüfen, wurden verschiedene Kenngrößen ausgewählter Arten ermittelt (Tab. 2).

Tab. 2: verschiedene Kenngrößen ausgewählter Skorpionarten (Durchschnittswerte)<sup>2,3</sup>; der LD<sub>50</sub>-Wert gibt die Giftdosis an, bei der 50 % der Beutetiere sterben.

| Art                           | Körperlänge in mm | Scherendicke in mm | Schwanzdicke in mm | Dickenverhältnis | tödliche Giftdosis als LD <sub>50</sub> -Wert in mg/kg |
|-------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------------------------------------------|
| <i>Hottentotta juliae</i>     | 113               | 5,1                | 6,0                | 0,85             | 3,02                                                   |
| <i>Buthus awashensis</i>      | 54                | 1,9                | 4,7                | 0,40             | 0,90                                                   |
| <i>Heterometrus yaleensis</i> | 75                | 11,6               | 4,4                | 2,64             | 300,00                                                 |
| <i>Pandinurus mazuchi</i>     | 93                | 10,5               | 4,5                | 2,33             | 40,00                                                  |
| <i>Parabuthus kabateki</i>    | 83                | 4,5                | 5,3                | 0,85             | 4,25                                                   |

Beurteilen Sie unter Bezugnahme auf die Daten in Tabelle 2, ob die Körperlänge oder das Scheren-Schwanz-Dickenverhältnis eines Skorpions eine verlässlichere Aussage über die Giftigkeit der aufgeführten Skorpionarten zulässt.

[6 BE]

- 3 Skorpione der Art *Parabuthus villosus* ernähren sich von Beutetieren, die in etwa ihrer Körpergröße entsprechen. Um Reptilien, Mäuse oder Insekten zu jagen, verlassen sie tagsüber ihre Verstecke und suchen sich einen geeigneten Platz, um der Beute aufzulauern. Mit Sinneshaaren nehmen diese Skorpione kleinste Erschütterungen am Boden in bis zu einem Meter Entfernung wahr und steuern dann zielgerichtet auf die Beute zu. Haben sie die Tiere mit den Scheren gepackt, wird die Beute sehr genau abgetastet. Passt das Tier ins Beutespektrum, injizieren sie mit mehreren Stichen Gift an einer geeigneten Stelle. Die Beute wird anschließend ins Versteck gebracht und dort verzehrt. Eine erneute Jagd findet erst nach mehreren Tagen wieder statt.
- 3.1 Erklären Sie das Verhalten der Skorpione beim Beutefang unter Verwendung ethologischer Fachbegriffe. Gehen Sie davon aus, dass es sich um eine erbo-kordinierte Verhaltensweise handelt.
- 3.2 Planen Sie ein Experiment, mit dem untersucht werden soll, ob die Körperbedeckung (Hornschuppen, Fell oder Chitinpanzer) für die Giftstiche nach vorherigem Ergreifen eines Beutetiers eine Rolle spielt.

[6 BE]

[5 BE]

- 4 Während der Paarungszeit geben die Weibchen mancher Skorpionarten ein Sexualpheromon an den Boden ab, das artgleiche Männchen anlockt und zur Begattung motiviert.
- 4.1 Interpretieren Sie das beschriebene Verhalten der Skorpione auf Grundlage des Sender-Empfänger-Modells. [5 BE]
- 4.2 Stellen Sie eine Kosten-Nutzen-Analyse der beschriebenen Kommunikation durch das Pheromon im Vergleich zur Kommunikation durch akustische Signale auf. [3 BE]
- 
- [40 BE]

Quellen:

- <sup>1</sup> Komposch, C. (2010). Skorpione und Skorpiongifte aus biologischer und humanmedizinischer Sicht. Biologiezentrum Linz, S. 301.
- <sup>2</sup> Fet, V. & Kovarik, F. (2020). New scorpion taxa (Arachnida: Scorpiones) described in the journal „Euscorpius“ in 2002-2020. Euscorpius, No. 300.
- <sup>3</sup> Van der Meijden, A. et al. (2017). Target Specificity in Scorpions; Comparing Lethality in Scorpion Venoms across Arthropods and Vertebrates. Toxins, 9(10), 312.

## A 2 Haushunde

Der Haushund (*Canis lupus familiaris*) gilt in Deutschland als eines der beliebtesten Haustiere. So sind nicht nur seine Verhaltensweisen sehr gut untersucht, sondern er steht auch im Zentrum tiermedizinischer Forschung.

- 1 Flöhe können als Parasiten bei Hunden zu gesundheitlichen Problemen führen. Ein Medikament zur Behandlung von Flohbefall enthält das Insektizid Afoxolaner, welches beim Blutsaugen vom Floh aufgenommen wird. Im Nervensystem der Insekten bindet es an die GABA-Rezeptoren postsynaptischer Chloridionen-Kanäle hemmender Synapsen, öffnet diese aber nicht. Dies führt nach kurzer Zeit zum Tod der Parasiten.
  - 1.1 Stellen Sie die beschriebene hemmende chemische Synapse in einer beschrifteten Skizze dar. [6 BE]
  - 1.2 Erklären Sie, weshalb der Wirkstoff Afoxolaner zum raschen Tod des Flohs führt. [5 BE]
  - 1.3 In zwei Studien wurde die Angabe eines Medikamentenherstellers untersucht, wonach Hunde einmal monatlich eine Kautablette mit dem für sie unschädlichen Wirkstoff Afoxolaner einnehmen sollen.  
 In der ersten Studie wurden jeweils 100 Flöhe an einer Futterstation mit Blutplasma von Hunden gefüttert. Die Blutmahlzeiten enthielten verschiedene Konzentrationen von Afoxolaner. Im Abstand von 24 Stunden wurden die toten Flöhe gezählt (Tab. 1).  
 In der zweiten Studie wurde die Konzentration von Afoxolaner im Blutplasma der Hunde nach je einer einmaligen Gabe mit unterschiedlicher Dosierung im Verlauf von fünf Wochen gemessen (Abb. 1).

Tab. 1: Ergebnisse der ersten Studie<sup>1</sup>

|                                  | <b>µg Afoxolaner pro mL Blutplasma</b>         |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------|------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                                  | 0,32                                           | 0,16 | 0,08 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,00 |
| <b>Beobachtungszeit<br/>in h</b> | <b>Anzahl toter Flöhe an der Futterstation</b> |      |      |      |      |      |      |
| 24                               | 100                                            | 100  | 62   | 33   | 6    | 0    | 1    |
| 48                               | -                                              | -    | 97   | 92   | 49   | 14   | 2    |
| 72                               | -                                              | -    | 100  | 100  | 96   | 46   | 2    |

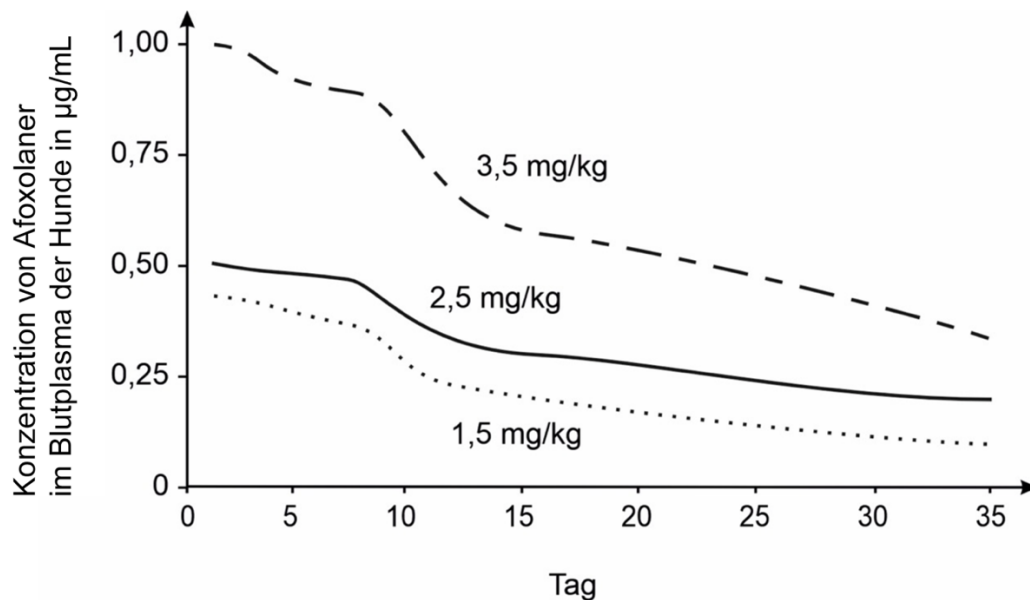


Abb. 1: durchschnittliche Konzentration von Afoxolaner im Blutplasma der Hunde in Abhängigkeit vom Untersuchungstag<sup>1</sup>

Werten Sie die Studienergebnisse aus und beurteilen Sie, ob eine monatlich einmalige Gabe des Medikaments in einer Dosierung von 2,5 mg/kg Körpergewicht ausreicht, um den Hund vor Flohbefall zu schützen. [8 BE]

2 Die Bildung von Rudeln kann auch heute noch bei verwilderten Haushunden beobachtet werden. Größe, Zusammensetzung und Lebensweise dieser Rudel sind sehr variabel und hängen von verschiedenen Umweltfaktoren ab. Forschende vermuten, dass diese Flexibilität bezüglich der Sozialstrukturen dazu beigetragen hat, dass Haushunde gut mit Menschen zusammenleben können.

2.1 Beschreiben Sie drei ultimate Ursachen der Rudelbildung bei verwilderten Haushunden. [6 BE]

2.2 Die typische Urinierposition von geschlechtsreifen männlichen Hunden ist im Stehen mit angehobenem Bein. Nach einer Hypothese handelt es sich hierbei um eine angeborene Verhaltensweise.

Planen Sie ein Experiment, mit dem diese Hypothese überprüft werden kann. [4 BE]

2.3 In einem Experiment wurden Tierheimhunde gefilmt, um herauszufinden, ob eine bestimmte Verhaltensweise der Hunde einen Einfluss darauf hat, wie schnell sie von einem Menschen adoptiert werden. Die Forschenden fanden eine einzige Verhaltensweise, die eine positive Auswirkung auf die Adoptionsgeschwindigkeit hatte: die Bewegung der Augenbrauen nach innen und oben. Dieser sogenannte Hundeblick ist in Abbildung 2 schematisch dargestellt.



Abb. 2: typischer Hundeblick<sup>2</sup>

Interpretieren Sie das Adoptionsverhalten des Menschen aus verhaltensbiologischer Sicht.

[4 BE]

- 3 Bei einem Hund kann während des Spazierengehens folgendes Verhalten beobachtet werden: Der Hund hat ständig die Nase am Boden, dabei läuft er einmal in die eine, kurz darauf in eine andere Richtung. Plötzlich bleibt der Hund stehen, richtet seine Nase gegen den Wind aus und schnüffelt intensiv. Da taucht am Horizont eine Gruppe Rehe auf. Der Hund dreht sich in Richtung der Rehgruppe, verharrt einen Moment und fixiert die Rehe. Ohne weitere Vorwarnung spurtet er kurz darauf los. Ab diesem Zeitpunkt bleibt jeder Rückrufversuch durch seinen Besitzer erfolglos.

Interpretieren Sie das beschriebene Verhalten aus ethologischer Sicht und begründen Sie, weshalb ein Rückruf durch den Besitzer nicht möglich ist.

[7 BE]

[40 BE]

Quellen:

<sup>1</sup> Shoop, W. L. et al.: Discovery and mode of action of afoxolaner, a new isoxazoline parasiticide for dogs. In: Veterinary Parasitology (2014), Volume 201, Issue 3-4, S. 179 – 189.

<sup>2</sup> Arnold, C. (2019): Hundeblick bietet einen evolutionären Vorteil. (aus: <https://www.nationalgeographic.de/tiere/2019/06/hundeblick-bietet-einen-evolutionaeren-vorteil>; aufgerufen am 21.04.23)

## B 1 Plankton

Zum Plankton zählt man alle lebenden Organismen, die im Wasser treiben und dabei von der Wasserströmung transportiert werden. Man unterteilt diese Gruppe von Lebewesen unter anderem in Zooplankton (Tiere), Phytoplankton (Pflanzen und Cyanobakterien) und Bakterioplankton (Bakterien).

- 1 Das Populationswachstum von Phytoplankton, wie das der Kieselalge *Skeletonema marinoi*, ist unter anderem abhängig von der Meersalzkonzentration. Um diesen Zusammenhang genauer zu untersuchen, wurden Proben von *S. marinoi* an zwei Stellen (BS, BA) mit jeweils unterschiedlicher Meersalzkonzentration entnommen (Abb. 1) und im Labor bei unterschiedlichen Salzkonzentrationen kultiviert. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zum Populationswachstum sind in Abbildung 2 dargestellt.

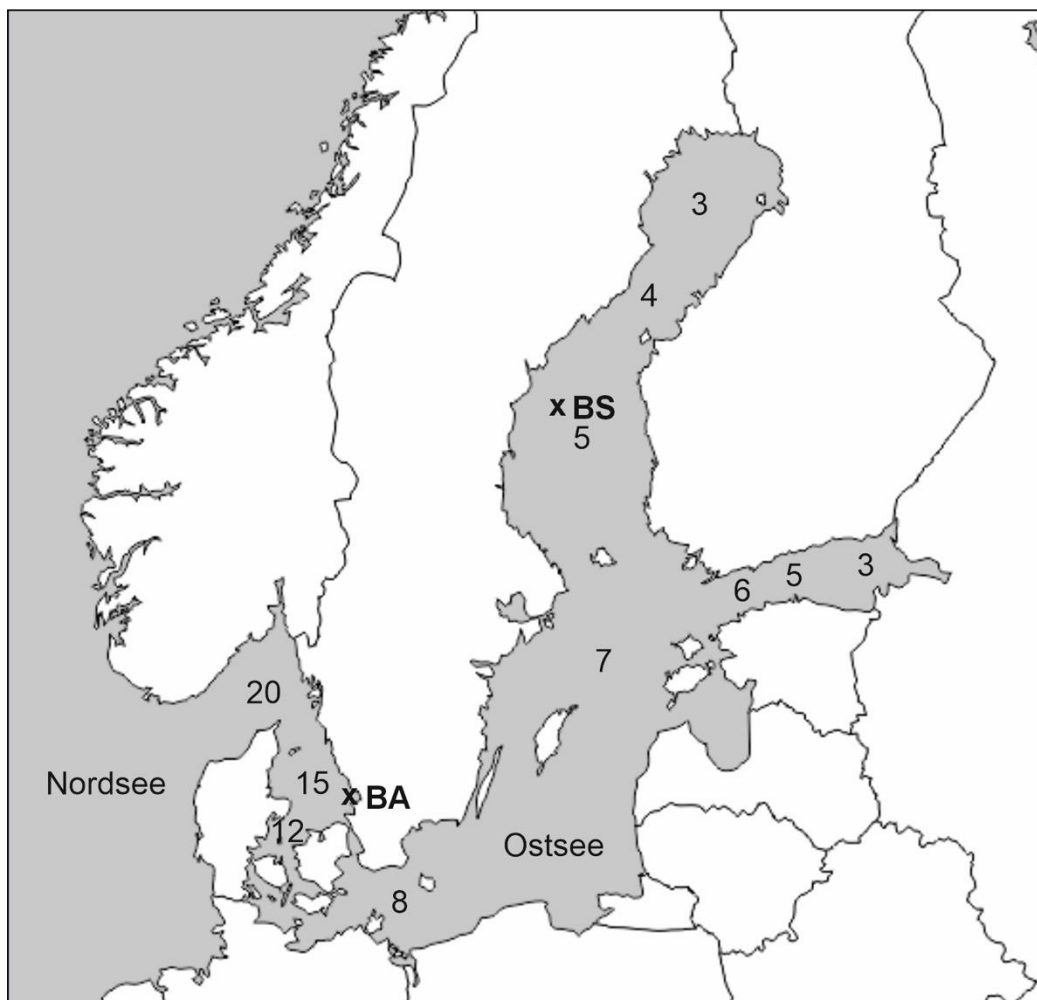


Abb. 1: Probenentnahmestelle BS und BA von *S. marinoi*; Zahlen: Meersalzgehalte in g/L<sup>1</sup>



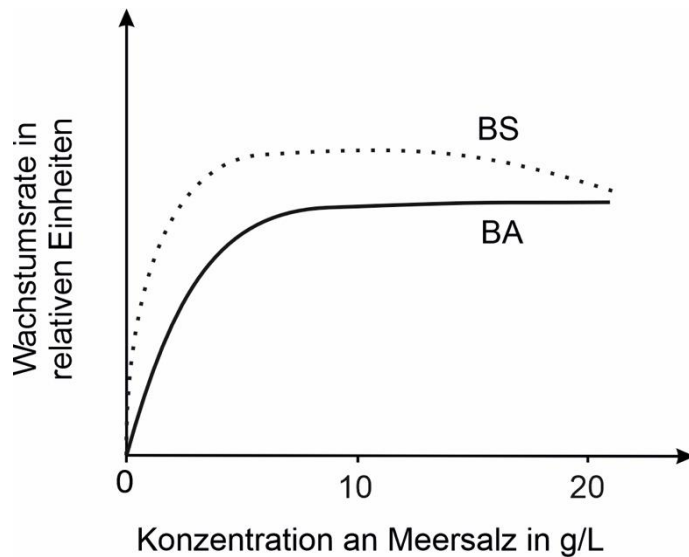


Abb. 2: Wachstumsraten verschiedener Kieselalgen-Populationen von *S. marinoi* in Abhängigkeit von Fundort und Meersalzkonzentration<sup>1</sup>

- 1.1 Beschreiben Sie jeweils die Abhängigkeit der Wachstumsrate von der Meersalzkonzentration für beide Populationen von *S. marinoi*. [4 BE]
  - 1.2 Erläutern Sie das Zustandekommen der Unterschiede in der Salztoleranz der verschiedenen Populationen von *S. marinoi* mithilfe der erweiterten Evolutionstheorie. [7 BE]
  - 1.3 Beschreiben Sie ein molekularbiologisches Verfahren, mit dem die Verwandtschaftsverhältnisse der verschiedenen Populationen von *S. marinoi* ermittelt werden können. [5 BE]
  - 1.4 In einem weiteren Versuch wurde das Fortpflanzungsverhalten von *S. marinoi* in Abhängigkeit von unterschiedlichen Außenfaktoren untersucht. Die Alge pflanzt sich ungeschlechtlich fort. Steigt jedoch der Salzgehalt im Wasser schnell stark an, pflanzt sie sich auch geschlechtlich fort.  
Erklären Sie den Wechsel von ungeschlechtlicher Fortpflanzung zu einer geschlechtlichen Fortpflanzung unter diesen veränderten Umweltbedingungen aus ultimer Sicht. [4 BE]
- 2 Die im Plankton vorkommende einzellige Alge der Art *Braarudosphaera bigelowii* enthält ein besonderes Zellorganell, den Nitroplasten, durch den die Zelle in der Lage ist, Stickstoff zu fixieren. Ursprünglich war dieses Zellorganell ein prokaryotisches Cyanobakterium der Art *Atelocyanobacterium thalassa*.
    - 2.1 Nennen Sie zwei Gemeinsamkeiten und zwei Unterschiede zwischen Pro- und Eukaryoten. [4 BE]

- 2.2 In Abbildung 3 ist der Verlauf einer ungeschlechtlichen Vermehrung von *B. bigelowii* durch Zellteilung schematisch dargestellt.

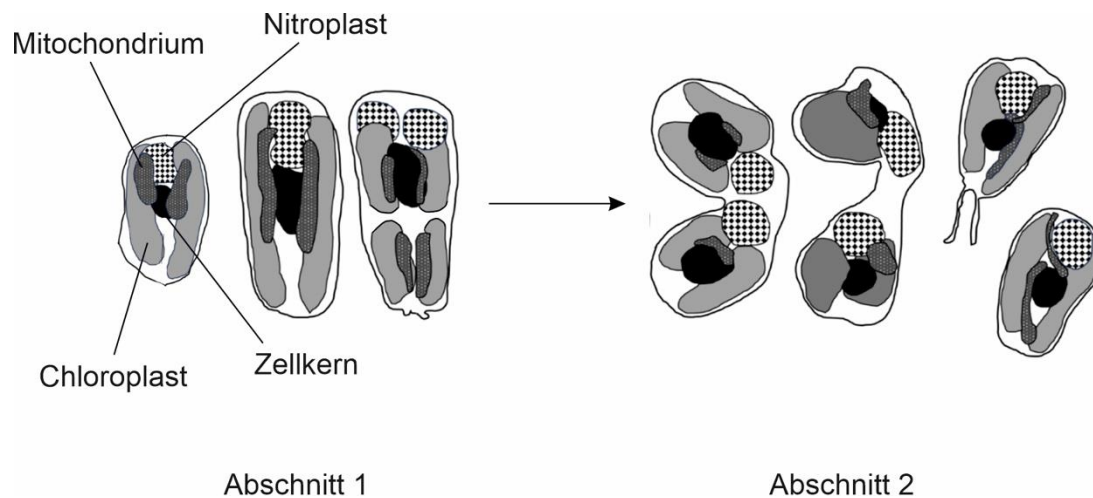


Abb. 3: schematische Darstellung der Zellteilung von *B. bigelowii*<sup>2</sup>

Beschreiben Sie mit Hilfe der Abbildung 3 den Ablauf der Zellteilung der einzelligen Alge *B. bigelowii* und erläutern Sie die Phasen der Mitose, die zwischen Abschnitt 1 und Abschnitt 2 ablaufen.

[10 BE]

- 3 Bei bestimmten Dinoflagellaten, den *Warnowiaceae*, handelt es sich um eine Familie von einzelligen Eukaryoten des Planktons, die lichtempfindliche Strukturen aufweisen. Abbildung 4 zeigt einen Ausschnitt des Stammbaums dieser Familie. In Abbildung 5 sind verschiedene lichtempfindliche Strukturen dieser Dinoflagellaten dargestellt.

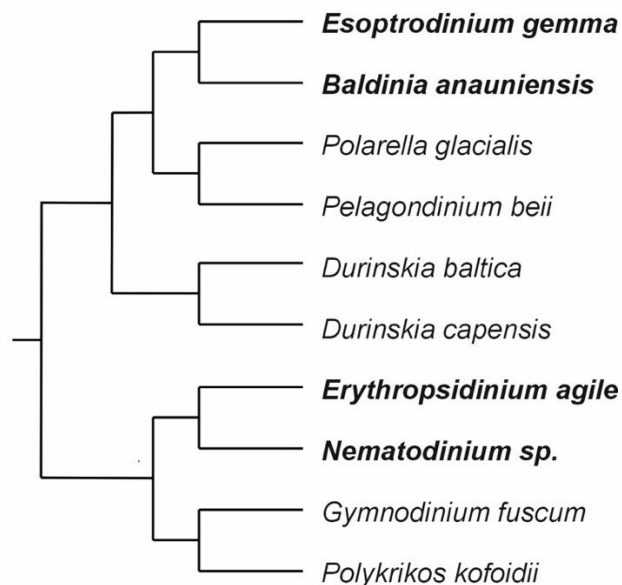


Abb. 4: Stammbaum verschiedener Dinoflagellaten<sup>3</sup>

| Dinoflagellat                |                                                                                    | lichtempfindliche Strukturen                                                       | Beschreibung                                  |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <i>Esoptrodinium gemma</i>   |   |   | Öltröpfchen                                   |
| <i>Baldinia anauniensis</i>  |   |   | zusätzlich Struktur vergleichbar mit Netzhaut |
| <i>Erythropsiidium agile</i> |   |  | zusätzlich Struktur vergleichbar mit Hornhaut |
| <i>Nematodinium sp.</i>      |  |  | zusätzlich Bläschen vergleichbar mit Linse    |

Abb. 5: schematische Darstellung von Dinoflagellaten und deren lichtempfindlicher Strukturen<sup>3</sup>

Diskutieren Sie anhand von Abbildung 4 und 5, inwieweit die drei Homologiekriterien erfüllt sind, um eine Homologie der lichtempfindlichen Strukturen von *B. anauniensis* und *Nematodinium sp.* zu belegen.

[6 BE]

[40 BE]

#### Quellen:

- <sup>1</sup> Sjöqvist, C., Godhe, A., Jonsson, P. R., Sundqvist, L., & Kremp, A. (2015). Local adaptation and oceanographic connectivity patterns explain genetic differentiation of a marine diatom across the North Sea–Baltic Sea salinity gradient. *Molecular ecology*, 24(11), 2871-2885.
- <sup>2</sup> Coale, T. H., Loconte, V., Turk-Kubo, K. A., Vanslebrouck, B., Mak, W. K. E., Cheung, S., ... & Zehr, J. P. (2024). Nitrogen-fixing organelle in a marine alga. *Science*, 384(6692), 217-222.
- <sup>3</sup> Gavalis, G. S., Hayakawa, S., White III, R. A., Gojobori, T., Suttle, C. A., Keeling, P. J., & Leander, B. S. (2015). Eye-like ocelloids are built from different endosymbiotically acquired components. *Nature*, 523(7559), 204-207.

## B 2 Widerstandsfähigkeit gegen HI-Viren

Es gilt als gesichert, dass bereits Anfang des 20. Jahrhunderts ein Urtyp des HI-Virus (Human immunodeficiency virus) von Affen auf Menschen übertragen wurde. In Deutschland waren im Jahre 2023 ca. 96.700 Menschen mit dem HI-Virus infiziert. Bei 96 % dieser Menschen kann das HI-Virus aufgrund einer rechtzeitig begonnenen HIV-Therapie im Blut nicht mehr nachgewiesen werden.

1 Eine Infektion mit dem Virus zieht eine schleichend zunehmende Schwächung des Immunsystems nach sich und führt in der Folge meist zu AIDS (acquired immunodeficiency syndrome), welches durch eine Kombination von Symptomen gekennzeichnet ist. Unbehandelt führt eine Infektion mit dem HI-Virus innerhalb einiger Jahre zum Tod.

1.1 Das HI-Virus ist ein Retrovirus, d. h. die Erbsubstanz liegt in Form von RNA vor. Vergleichen Sie DNA und RNA bezüglich ihres Aufbaus unter Mitverwendung beschrifteter Skizzen.

[6 BE]

1.2 Für die Herstellung von Medikamenten gegen das HI-Virus werden unter anderem gentechnische Methoden verwendet. Hierzu werden Bakterien eingesetzt, die mittels gentechnisch modifizierter Plasmide bestimmte Wirkstoffe produzieren können. Zusätzlich besitzen diese modifizierten Plasmide Gene, deren Produkte zur Synthese von Fluoreszenzfarbstoffen nötig sind (Abb. 1).

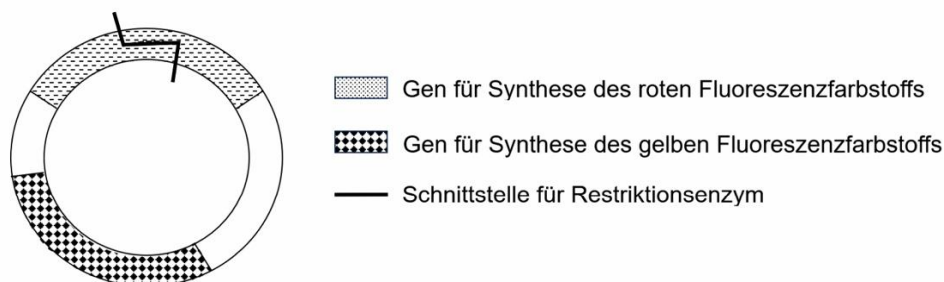


Abb. 1: Plasmid zur Einschleusung von Fremd-DNA

In einem Versuch soll ein bestimmter proteinbasierter Wirkstoff durch Bakterien hergestellt werden. Abbildung 2 zeigt das Ergebnis nach Vermehrung der gentechnisch behandelten Bakterien auf einem Nährmedium unter optimalen Bedingungen.

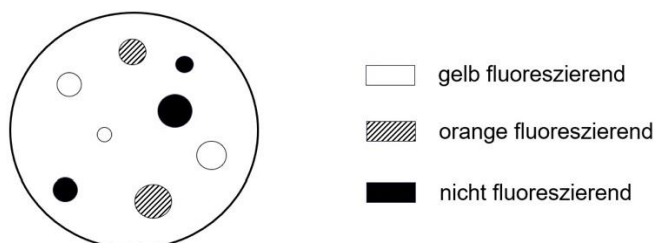


Abb. 2: Petrischale mit Bakterienkolonien

Erklären Sie anhand der Abbildungen 1 und 2, bei welchen der dargestellten Bakterienkolonien die Aufnahme des modifizierten Plasmids jeweils erfolgreich bzw. nicht erfolgreich war.

[7 BE]

- 2 Um in eine menschliche Zelle gelangen zu können, bindet das HI-Virus, wie zahlreiche andere Viren, an den Rezeptor CCR5 in der Membran einer potenziellen Wirtszelle. Nach dem Eindringen in die Wirtszelle erfolgt die Vermehrung der Virusbestandteile. Bei der anschließenden Freisetzung zahlreicher neuer Viren wird die Wirtszelle zerstört.

Forschende fanden menschliche Zellen, die gegen eine HIV-Infektion mit einer bestimmten Virusvariante vollständig resistent sind. Weitere Untersuchungen zeigten, dass diese Resistenz auf einer Mutation des Rezeptorgens CCR5 auf Chromosom 3 beruht. Homozygoten Trägern dieser Mutation fehlen die CCR5-Rezeptoren in der Membran der Zellen.

- 2.1 Bei einer genetischen Untersuchung soll ermittelt werden, ob eine Person gegen das HI-Virus aufgrund einer Mutation im CCR5-Gen resistent ist. Hierzu werden Gensequenzen bestimmt und verglichen.

A: Ausschnitt aus dem nicht-codogenen Strang des CCR5-Gens

5' TTT CCA TAC AGT CAG TAT 3'

B: Ausschnitt aus dem nicht-codogenen Strang des CCR5-Gens mit Mutationen

5' TTT CCA TAC AGC CAG TAC 3'

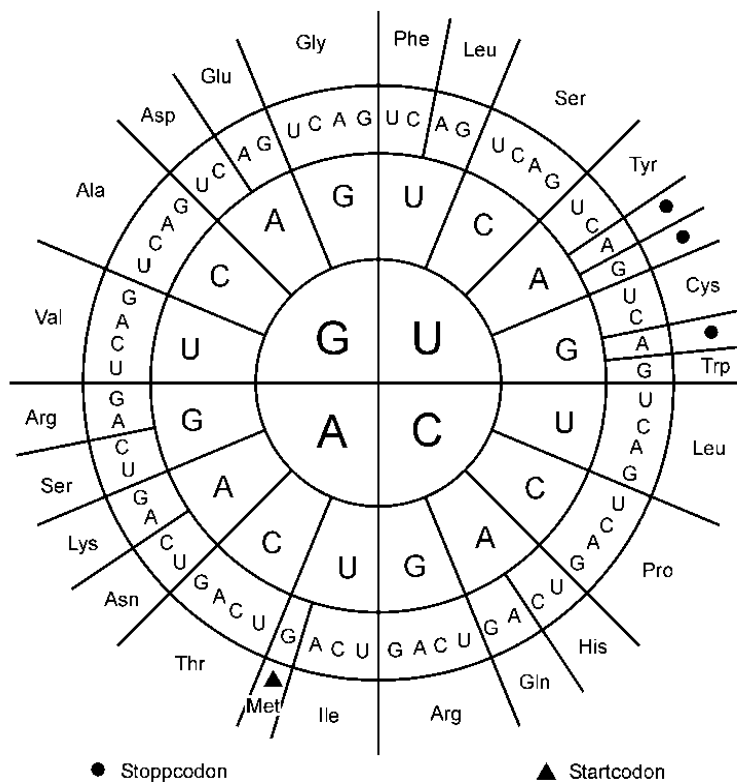


Abb. 3: Codesonne

Leiten Sie mit Hilfe der Code-Sonne (Abb. 3) ab, ob der Ausschnitt aus dem nicht-codogenen Strang des CCR5-Gens mit Mutationen Ursache für eine Resistenz gegenüber dem HI-Virus sein kann, und benennen Sie jeweils den vorliegenden Mutationstyp. [6 BE]

- 2.2 Der Vergleich einer Testgruppe von heterozygoten Trägern der HIV-Resistenzmutation [he] mit einer Vergleichsgruppe homozygoter Träger des nichtmutierten Gens [ho] lieferte folgende Daten:

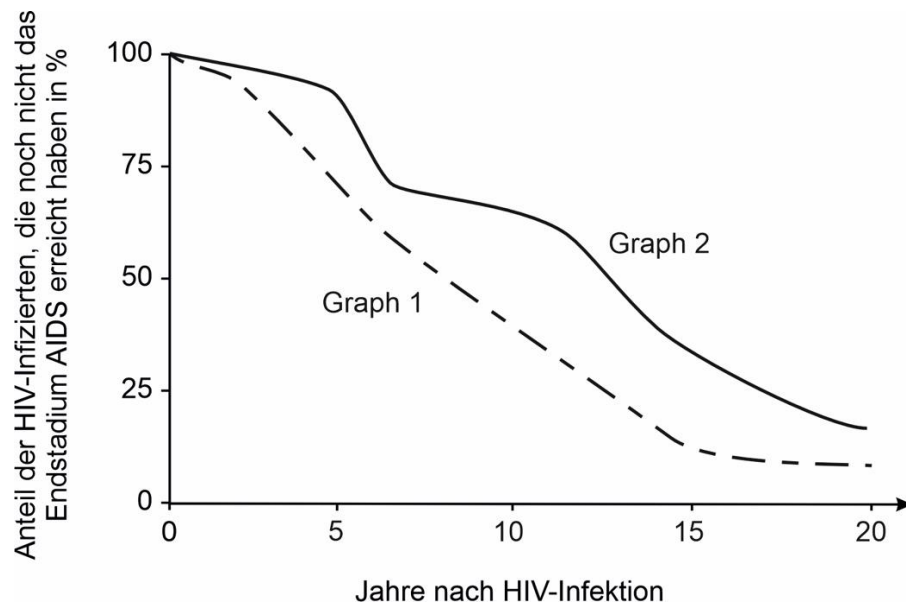


Abb. 4: Anteil der HIV-Infizierten, die noch nicht das Endstadium erreicht haben, im zeitlichen Verlauf<sup>1</sup>

Ordnen Sie die beiden Graphen in Abbildung 4 den Testgruppen [he] und [ho] begründet zu. [6 BE]

- 2.3 Ein Mann ist vollständig resistent gegenüber einer HIV-Infektion aufgrund der Mutation des CCR5-Rezeptorgens. Seine Partnerin ist homozygote Trägerin des nichtmutierten CCR5-Rezeptorgens. Erläutern Sie, mit welcher Wahrscheinlichkeit Kinder dieses Paares gegen das HI-Virus vollständig resistent sind und inwiefern das Geschlecht des resistenten Partners eine Rolle spielt. [6 BE]

- 2.4 Aus historischen Quellen weiß man, dass in Europa zwischen 1347 und 1670 regelmäßig wiederkehrende Seuchen mit starken inneren Blutungen auftraten. Im Norden Europas waren diese sogar bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts verbreitet. Heute weiß man, dass diese u. a. von Viren verursacht wurden. In Abbildung 5 ist die geographische Verbreitung der Resistenzmutation des CCR5-Rezeptorgens dargestellt:

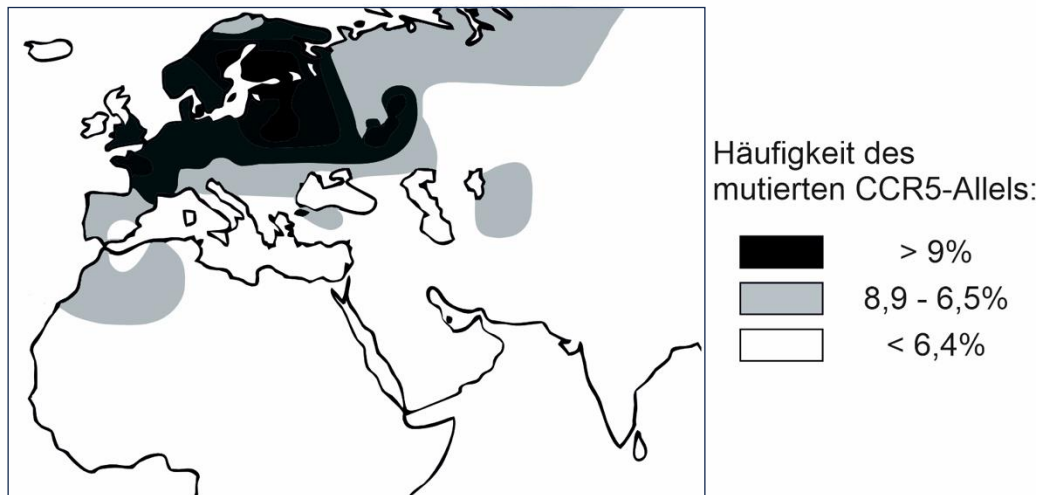


Abb. 5: Häufigkeit des mutierten CCR5-Allels in Europa, Westasien und Nordafrika im Jahre 2002<sup>2</sup>

Erklären Sie mithilfe der synthetischen Evolutionstheorie die geographische Verbreitung der Resistenzmutation des CCR5-Rezeptorgens.

[9 BE]

[40 BE]

Quellen:

<sup>1</sup> de Roda Husman, A. M., Koot, M., Cornelissen, M., Keet, I. P., Brouwer, M., Broersen, S. M., ... & Schuitemaker, H. (1997). Association between CCR5 genotype and the clinical course of HIV-1 infection. *Annals of internal medicine*, 127(10), 882-890.

<sup>2</sup> Limborska, S. A., Balanovsky, O. P., Balanovskaya, E. V., Slominsky, P. A., Schadrina, M. I., Livshits, L. A., ... & Spitsyn, V. A. (2002). Analysis of CCR5Δ32 geographic distribution and its correlation with some climatic and geographic factors. *Human heredity*, 53(1), 49-54.

## C 1 Chlamydomonas

*Chlamydomonas reinhardtii* ist eine weltweit verbreitete Süßwasseralge, die in der Lage ist, neben der Fotosynthese verschiedene andere Stoffwechselwege zu betreiben.

- 1 Unter Stressbedingungen wechselt die einzellige Grünalge *Chlamydomonas reinhardtii* zu folgendem Stoffwechselprozess:

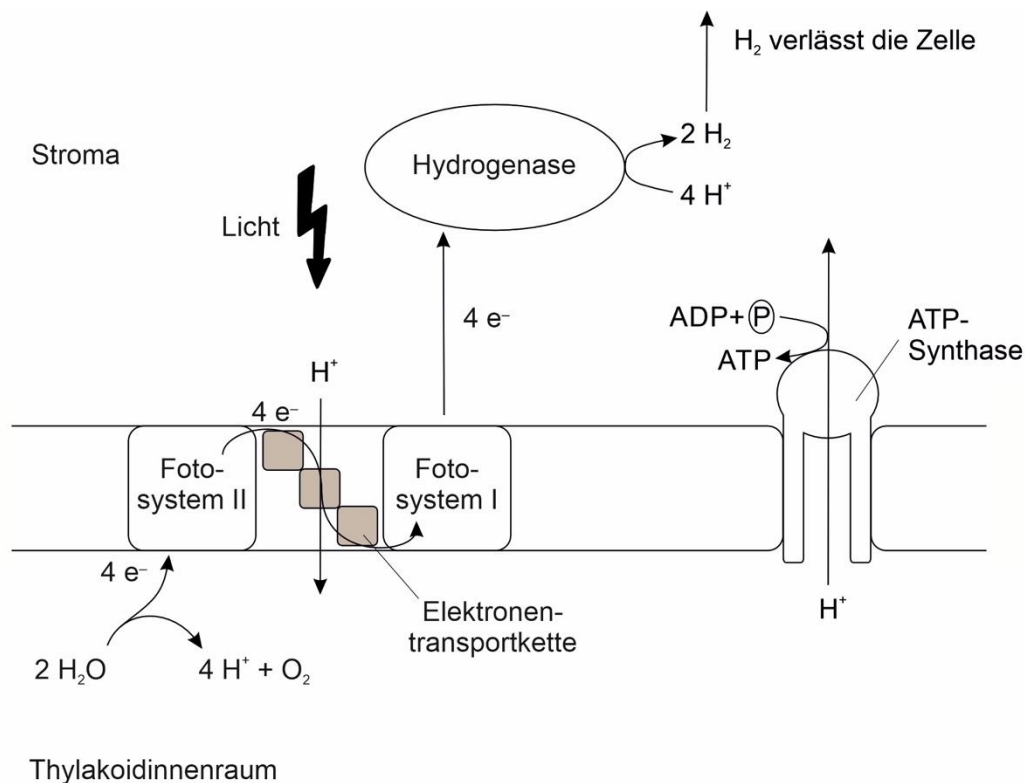


Abb. 1: alternativer Stoffwechselprozess bei *Chlamydomonas reinhardtii*<sup>1</sup>

- 1.1 Formulieren Sie die Bruttogleichung der lichtabhängigen Reaktionen der Fotosynthese. [3 BE]
- 1.2 Beschreiben Sie anhand von Abbildung 1 zwei Gemeinsamkeiten und einen Unterschied zu den lichtabhängigen Reaktionen der Fotosynthese und erklären Sie die Auswirkungen dieses alternativen Stoffwechselwegs auf den Aufbau von Biomasse. [6 BE]
- 1.3 Die Hydrogenase aus *C. reinhardtii* wurde gentechnisch mehrmals verändert. In einem Laborexperiment wurde die Wasserstoffproduktion des Enzyms des Wildtyps mit den Enzymen zweier Mutanten in Abhängigkeit von der Ferredoxin-Konzentration bestimmt (Tab.). Die Ferredoxin-Konzentration stellt ein Maß für die verfügbaren Elektronen dar.



Tab.: Wasserstoffproduktion in Abhängigkeit von der Ferredoxin-Konzentration für das Enzym des Wildtyps und die Enzyme zweier Mutanten<sup>2</sup>

|                                                                 | <b>Wasserstoffproduktion pro mg Enzym<br/>in <math>\mu\text{mol/L}</math> in einer Minute</b> |                            |                            |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>Ferredoxin-Konzentration in <math>\mu\text{mol/L}</math></b> | <b>Enzym des Wildtyps</b>                                                                     | <b>Enzym von Mutante 1</b> | <b>Enzym von Mutante 2</b> |
| 0                                                               | 0                                                                                             | 0                          | 0                          |
| 5                                                               | 70                                                                                            | 75                         | 20                         |
| 10                                                              | 110                                                                                           | 150                        | 22                         |
| 15                                                              | 130                                                                                           | 176                        | 24                         |
| 20                                                              | 140                                                                                           | 200                        | 26                         |
| 25                                                              | 149                                                                                           | 207                        | 26                         |
| 30                                                              | 150                                                                                           | 210                        | 26                         |
| 35                                                              | 150                                                                                           | 210                        | 26                         |
| 40                                                              | 150                                                                                           | 210                        | 26                         |

1.3.1 Interpretieren Sie die Messwerte für die Wildtyp-Hydrogenase.

[5 BE]

1.3.2 Formulieren Sie eine Hypothese auf Teilchenebene zur Erklärung der Unterschiede der Messwerte zwischen dem Enzym des Wildtyps und den Enzymen der beiden Mutanten.

[3 BE]

- 2 In einem Experiment wurde das Populationswachstum von *C. reinhardtii* untersucht. Hierzu wurde gegenüber der Kontrolle (Ansatz 1) bei ansonsten gleichen Bedingungen das Kohlenhydrat Cellulose von Tag 1-10 zugesetzt (Ansatz 2). Ab Tag 11 enthielt auch Ansatz 2 keine Cellulose mehr.

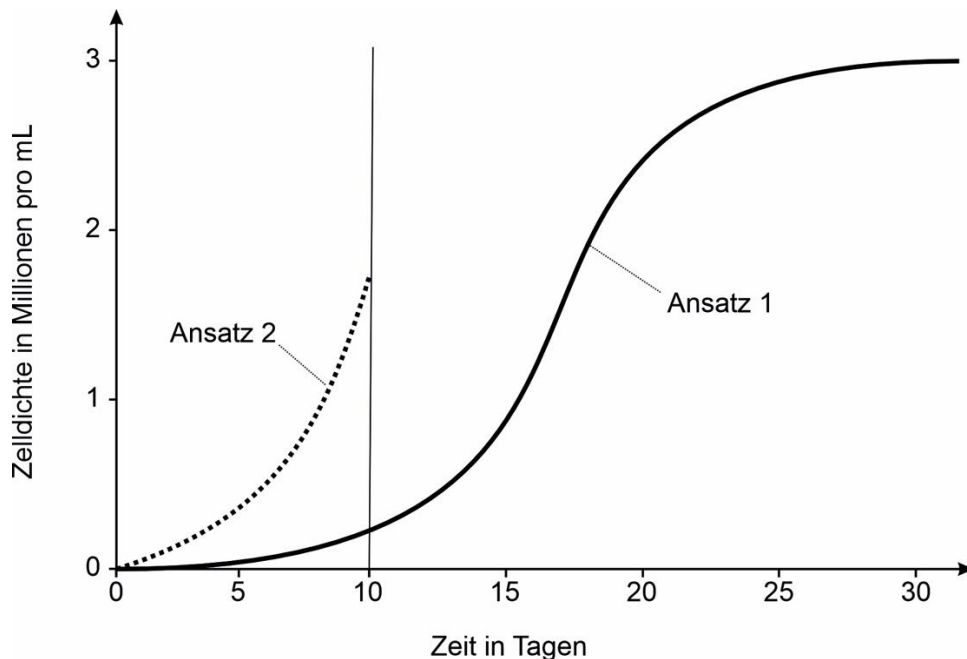


Abb. 2: Wachstumsanalyse des Wildtyps<sup>3</sup>

Ordnen Sie die Phasen des typischen Populationswachstums dem Kurvenverlauf des Kontrollansatzes (Ansatz 1) begründet zu. Zeichnen Sie einen hypothetischen weiteren Kurvenverlauf von Ansatz 2 von Tag 10 bis Tag 30 ein und begründen Sie diesen.

[6 BE]

- 3 *C. reinhardtii* besitzt mit dem sogenannten Augenfleck ein lichtsensitives Zellorganell. Dieser ist von einer Biomembran umschlossen, die lichtempfindliche Membranproteine enthält. Fällt Licht auf die Membran, so kommt es zu einem passiven Protonentransport in das Zellorganell.

Erstellen Sie jeweils eine beschriftete Skizze eines Ausschnitts der Augenfleckmembran auf Teilchenebene im beleuchteten und im unbeleuchteten Zustand.

[7 BE]

- 4 Die Reaktion von Algen auf unterschiedliche Umwelteinflüsse ist Gegenstand vieler Forschungen. Unter anderem werden fotosynthetisch aktive Grünalgen der Gattung *Chlamydomonas* auf ihre Tauglichkeit hin untersucht, als Bioindikator Umweltgifte anzuzeigen.

- 4.1 Im Rahmen einer solchen Untersuchung wurden Wasserproben mit unterschiedlichen Mengen von Kupfer-Nanopartikeln vermischt und das Wachstum von *Chlamydomonas*askulturen darin überprüft.

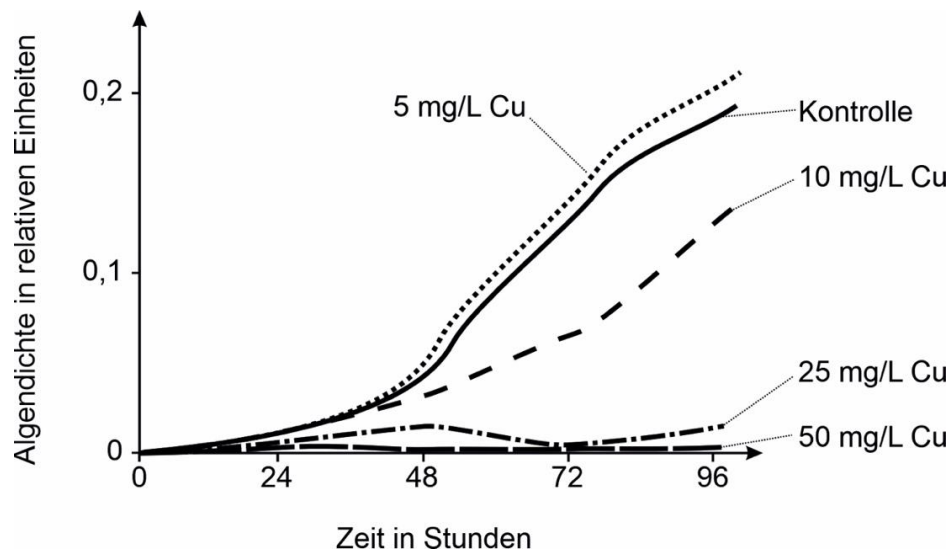


Abb. 3: Algendichte bei unterschiedlichen Konzentrationen an Kupfer-Nanopartikeln<sup>4</sup>

Beurteilen Sie auf Basis von Abbildung 3 die Eignung von *Chlamydomonas* als Bioindikator für Kupfer-Nanopartikel anhand zweier Kriterien. [5 BE]

- 4.2 Zur Bestimmung der Algendichte wurde die Lichtabsorption der Algensuspension bei einer bestimmten Wellenlänge gemessen. Leiten Sie mithilfe einer Skizze des Absorptionsspektrums von Chlorophyll eine geeignete Wellenlänge für das Messverfahren ab. [5 BE]

[40 BE]

#### Quellen:

- <sup>1</sup> Hemschemeier, A., Melis, A., & Happe, T. (2009). Analytical approaches to photobiological hydrogen production in unicellular green algae. *Photosynthesis research*, 102, 523-540.
- <sup>2</sup> Winkler, M., Kuhlert, S., Hippler, M., & Happe, T. (2009). Characterization of the key step for light-driven hydrogen evolution in green algae. *Journal of Biological Chemistry*, 284(52), 36620-36627.
- <sup>3</sup> Cellulose degradation and assimilation by the unicellular phototrophic eukaryote *Chlamydomonas reinhardtii*. <https://www.nature.com/articles/ncomms2210>, aufgerufen am 25.10.2024.
- <sup>4</sup> Janova, A., Kolackova, M., Bytesnikova, Z., Capal, P., Chaloupsky, P., Svec, P., ... & Huska, D. (2021). New insights into mechanisms of copper nanoparticle toxicity in freshwater algae *Chlamydomonas reinhardtii*: Effects on the pathways of secondary metabolites. *Algal Research*, 60, 102476.

## C 2 Moore

Moore sind Feuchtgebiete, in denen sich durch die Stoffwechselvorgänge von Torfmoosen (*Sphagnum*) und unterschiedlichen Bakterien organisches Material ansammelt. Dabei wächst das Moor durch immer neue Torfmooschichten stetig an.

- 1 Die Fotosyntheseaktivität jeder Moospflanze hängt stark vom jeweiligen Standort innerhalb des Moores ab.
  - 1.1 Fertigen Sie eine beschriftete Skizze des elektronenmikroskopischen Aufbaus des fotosynthetisch aktiven Zellorgans einer Torfmoospflanze an. [5 BE]
  - 1.2 In einer Studie untersuchten Forschende die fotosynthetischen Reaktionen von *Sphagnum*-Pflanzen bei unterschiedlicher Wasserverfügbarkeit. Bei hoher Wasserverfügbarkeit erkennt man, dass die Pflanze mit einem Wasserfilm überzogen ist, der die Kohlenstoffdioxid-Verfügbarkeit in der Pflanze herabsetzt. Forschende haben diesen Einfluss des Wasserfilms mit einem Experiment überprüft.

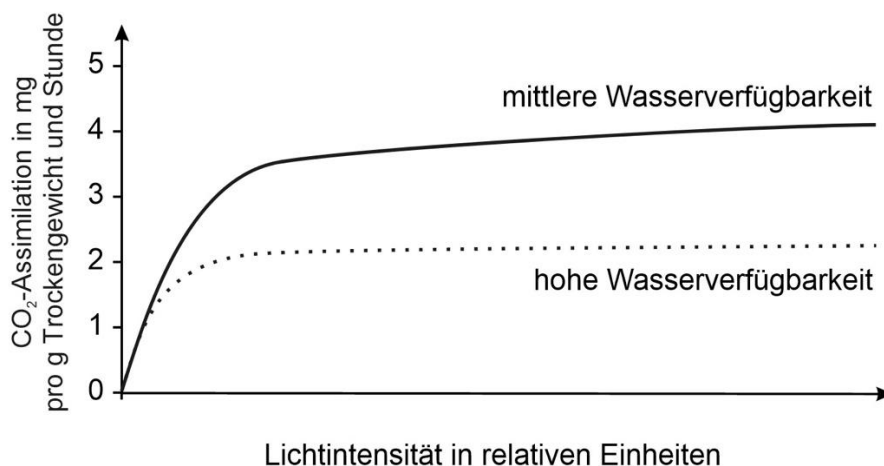


Abb. 1: CO<sub>2</sub>-Assimilation von Moosen in Abhängigkeit von der Lichtintensität, gemessen bei unterschiedlicher Wasserverfügbarkeit<sup>1</sup>

Beschreiben Sie eine mögliche Durchführung eines Experiments, durch das die in Abbildung 1 gezeigten Ergebnisse ermittelt werden könnten.

Nennen Sie die fotosynthetischen Reaktionen, die durch die reduzierte Kohlenstoffdioxid-Verfügbarkeit beeinträchtigt werden und geben Sie die dazugehörige Bruttogleichung an. [6 BE]

- 1.3 Der Großteil der *Sphagnum*-Pflanzen steht im Moor stets unter Wasser. Dadurch ergeben sich mehrere Schichten im Moor mit jeweils typischen Stoffwechselprozessen. So kommt es neben der Fotosynthese von Moospflanzen auch zu Stoffwechselprozessen von Bakterien (Abb. 2).

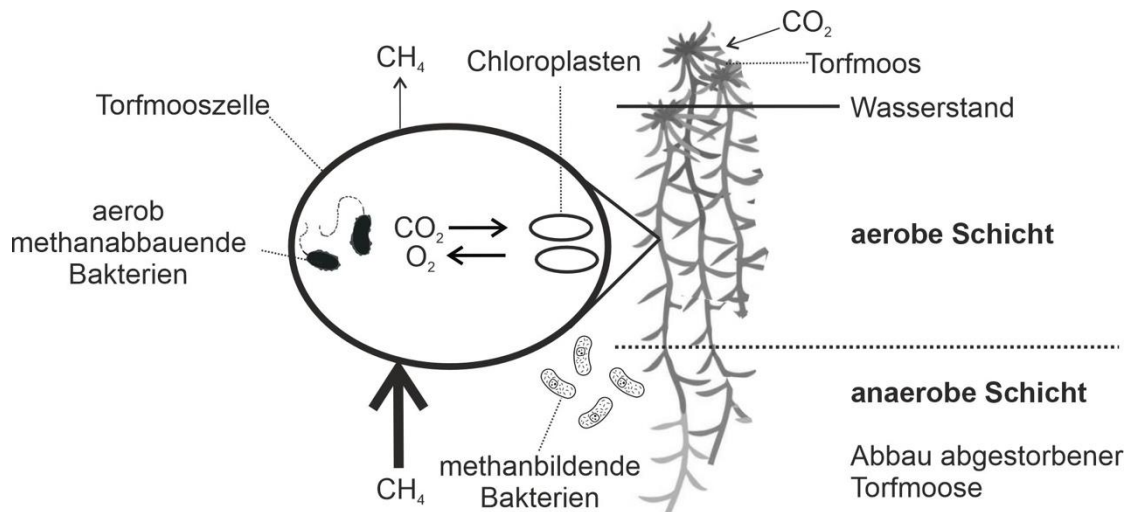


Abb. 2: ausgewählte Wechselbeziehung in Mooren<sup>2</sup>

Erläutern Sie jeweils einen Vorteil für *Sphagnum*-Arten und methanabbauende Bakterien durch das in Abbildung 2 dargestellte Zusammenleben. [6 BE]

- 2 Torf bildet sich über lange Zeiträume durch den langsamen enzymatischen Abbau von Pflanzenmaterial und besteht unter anderem aus Cellobiose. Als Nebenprodukt dieses Abbaus können Polyphenole entstehen. Während in gut durchlüfteter Erde der Abbau von Cellobiose durch das Enzym  $\beta$ -Glucosidase schnell verläuft (Abb. 3), wird er bei der Torfbildung in den anaeroben Schichten des Moores durch das Vorkommen von Polyphenolen gehemmt. Bei Anwesenheit von Sauerstoff werden Polyphenole durch das Enzym Phenoloxidase abgebaut (Abb. 3).

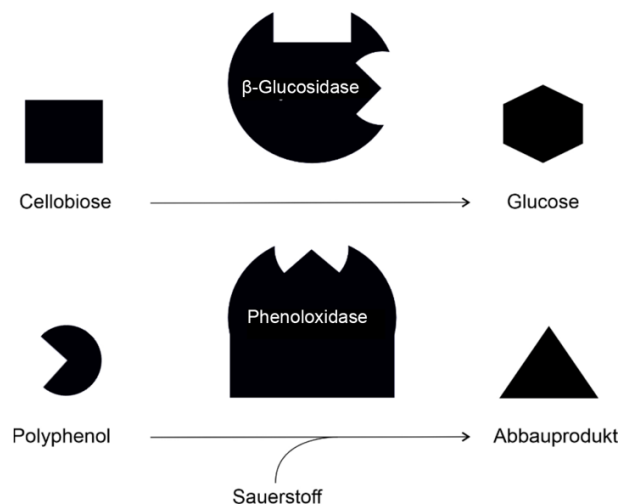


Abb. 3: schematische Darstellung enzymatischer Abbauprozesse in gut durchlüfteter Erde

Erläutern Sie auf Teilchenebene die Art der bei der Torfbildung vorliegenden Hemmung. Gehen Sie dabei auf die Notwendigkeit anaerober Bedingungen ein. [6 BE]

- 3 Durch die Assimilation von Kohlenstoffdioxid sind Ökosysteme in unterschiedlichem Maße in der Lage, Kohlenstoff zu speichern und damit die Menge von klimaschädlichen Gasen in der Atmosphäre zu reduzieren.

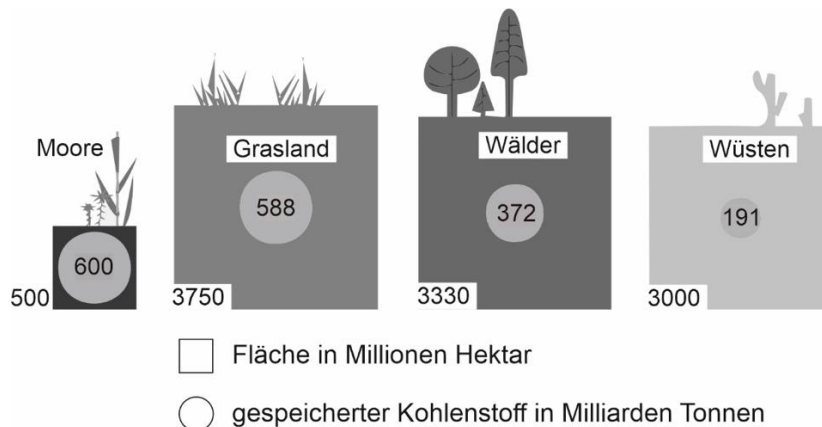


Abb. 4: Fläche und gespeicherter Kohlenstoff für verschiedene Ökosysteme weltweit<sup>3</sup>

Erläutern Sie unter Zuhilfenahme von Abb. 4 die Auswirkungen einer Umwandlung von Grasland zu Mooren auf die Kohlenstoffdioxidbilanz.

[4 BE]

- 4 Das Moor ist u. a. für Insekten und Vögel ein vielfältiger Lebensraum. Auch um diese Lebensräume zu schützen, werden vormals trocken gelegte Moore wieder vernässt. In solchen renaturierten Feuchtgebieten siedelt sich die Gemeine Stechmücke (*Culex pipiens*) an. Deren Weibchen legen jeweils etwa 150-300 Eier. Vom Ei bis zur geschlechtsreifen Stechmücke dauert die Entwicklung 10-14 Tage. In nur kurzer Zeit etabliert sich somit eine stabile Population.
- Auch Wirbeltiere wie die Moorente (*Aythya nyroca*) siedeln sich an. Sie legt 7-11 Eier, die vom Weibchen 3-4 Wochen ausgebrütet werden. Die geschlüpften Jungtiere sind Nestflüchter, werden jedoch noch etwa zwei Monate durch die Mutter geschützt. Mit einem Alter von einem Jahr werden die Tiere geschlechtsreif.

- 4.1 Erstellen Sie ein Diagramm, das die Entwicklung einer Mückenpopulation in einem kürzlich wieder vernässten Moor aufzeigt, und ordnen Sie diesem die einzelnen Phasen der Populationsentwicklung zu.

[5 BE]

- 4.2 Erklären Sie zwei Unterschiede der Populationsentwicklung einer Mücken- und einer Moorentenpopulation unter Berücksichtigung der Fortpflanzungsstrategien beider Tierarten.

[8 BE]

[40 BE]

Quellen:

- <sup>1</sup> Hanson, D. T., & Rice, S. K. (Eds.). (2014). *Photosynthesis in bryophytes and early land plants* (Vol. 37). Dordrecht, Netherlands: Springer, S.240.
- <sup>2</sup> <https://www.wilfried-probst.de/tag/vertorfung>, aufgerufen am 15.6.2024.
- <sup>3</sup> Mooratlas (2023). Heinrich-Böll-Stiftung. (o. D.). Heinrich-Böll-Stiftung.