



IJSO 2019

DOHA, QATAR

16th International Junior Science Olympiad

Theoretische Klausur

07.12.2019



PRÜFUNGSREGELN

1. Du darfst KEINE anderen Hilfsmittel als deine Wasserflasche, persönliche Medikamente oder dir verordnete persönliche medizinische Hilfsmittel in den Prüfungsraum mitbringen.
2. Du musst an dem für dich bestimmten Tisch sitzen.
3. Prüfe zunächst, ob die von den Organisatoren zur Verfügung gestellten Hilfsmittel und Schreibutensilien (Stifte, Taschenrechner und Notizpapier) vollständig sind.
4. Löse KEINE Aufgaben, bevor das STARTSIGNAL gegeben wird.
5. Während der Prüfung darfst du den Prüfungsraum nur in Notfällen verlassen und auch dann nur in Begleitung einer Prüfungsaufsicht.
6. Wenn du das Bad aufsuchen musst, melde dich mit Handzeichen.
7. Du darfst andere Teilnehmende während der Prüfung NICHT stören. Falls du Hilfe brauchst, hebe deine Hand und warte, bis eine Aufsicht führende Person zu dir an den Platz kommt.
8. Es werden KEINE Fragen oder Diskussionen zu den Aufgabenstellungen zugelassen. Auch wenn du deine Klausur beendet hast, musst du an deinem Tisch sitzen bleiben, bis die Prüfungszeit zu Ende ist.
9. Am Ende der Prüfungszeit gibt es ein Stoppsignal. Nach dem Signal darfst du NICHTS mehr in deinen Antwortbogen eintragen. Hinterlasse dein Aufgabenblatt, deinen Antwortbogen sowie Stifte, Taschenrechner und Notizblätter ordentlich abgelegt auf deinem Tisch. Verlasse deinen Arbeitsplatz erst, wenn ALLE Antwortbögen eingesammelt worden sind.



HINWEISE ZUR BEARBEITUNG

1. Nach dem STARTSIGNAL stehen dir 4 Stunden zur Bearbeitung zur Verfügung.
2. Benutze NUR den Kugelschreiber (nicht den Bleistift!), den die Organisatoren zur Verfügung stellen.
3. Überprüfe deinen Namen, Code und das Land im Antwortbogen. Unterschreibe jede Seite deines Antwortbogens. Melde dich mit Handzeichen, falls dir kein Antwortbogen vorliegt.
4. Dir liegt eine 29-seitige Klausur vor – einschließlich des Deckblattes. Melde dich, falls dir Seiten fehlen.
5. Lies jede Aufgabe aufmerksam durch und schreibe die korrekten Antworten in die vorgesehenen Felder deines Antwortbogens.
6. Nur der ausgefüllte Antwortbogen wird bewertet. Bevor du die Antworten endgültig in deinem Bogen einträgst, nutze das dir zur Verfügung gestellte Notizpapier um Fehler auf dem Antwortbogen zu vermeiden.
7. Die erreichbare Punktzahl ist für jede Aufgabe angegeben.
8. Es gibt insgesamt 5 Aufgaben, jede Aufgabe hat 3 Teile. Prüfe, ob dir alle Aufgabenblätter vorliegen. Melde dich, falls dir Blätter fehlen.
9. Hilfreiche Informationen, die du für die Beantwortung benötigst, findest Du auf den Seiten 4 und 5.
10. Gib stets deinen Rechenweg an. Ohne Rechenwege werden keine Punkte vergeben.
11. Gib deine endgültigen Antworten mit einer angemessenen Stellenanzahl an.

ALLGEMEINE INFORMATIONEN

Konstanten	
Gravitationskonstante	$g = 9,81 \text{ m/s}^2$
allgemeine Gaskonstante	$R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
	$R = 0,08206 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
Brechungsindex von Luft	$n = 1$
Avogadro-Konstante	$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Lichtgeschwindigkeit	$c = 2,998 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Planck'sches Wirkungsquantum	$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Spezifische Wärmekapazität von Wasser	$c_w = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$
Druck	$1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa}$
Dichte von Wasser	$1 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$



geänderte Darstellung - Original in Printversion







**Blättere NICHT zur nächsten Seite um,
bevor das „START“-Signal gegeben
wurde. Ansonsten droht eine Strafe.**

Aufgabe 1

Teil 1:

Katar ist einer der wichtigsten Erdgas-produzierenden Staaten. Erdgas entsteht dadurch, dass tote marine Organismen auf den Meeresgrund sinken und mit Sediment überdeckt wurden. Die meisten der toten Organismen zersetzen sich, bevor sie mit Sediment überdeckt werden. Einige von ihnen jedoch werden mit dem Sediment vermengt. Da mit der Zeit mehr und mehr Sediment zu Boden sinkt, erhöht sich langsam die Temperatur. Wenn die Temperaturerhöhung einem gewissen Muster entspricht, werden einige der toten Organismen in Erdgas und – öl umgewandelt.



Flüssiggas-Tanker der Firma Qatargas

<http://www.qatargas.com/english/operations/qatargas-chartered-fleet>

- i. Gib das ausgeglichene Reaktionsschema für die vollständige Verbrennung von Erdgas (CH_4) an. Wenn die Produkte in der Gasphase vorliegen, beträgt die Verbrennungsenthalpie $-802,3 \text{ kJ/mol}$. (0,25 Punkte)
- ii. Wieviel Energie muss bei der Verbrennung von Methan freigesetzt werden, damit dabei die Temperatur von $60,0 \text{ mL}$ Wasser von $25,0 \text{ °C}$ auf $40,0 \text{ °C}$ steigt? (0,5 Punkte)
- iii. Berechne die C-H-Bindungsenthalpie mit Hilfe der folgenden Tabelle. (0,5 Punkte)

	O=O	O-O	H-O	C-O	C=O
Bindungsenthalpie in $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	498	142	464	358	841

Teil 2:

Qatargas ist ein weltweit führender Energiedienstleister. Das Unternehmen betreibt 14 Anlagen für die Produktion von Flüssigerdgas (LNG, Liquefied Natural Gas) mit einer jährlichen Produktionskapazität von 77 Millionen Tonnen. Damit ist Qatargas der weltgrößte Produzent von LNG.

Der LNG-Prozess:

Der erste Schritt der Verflüssigung ist die Trennung von Kondensat und Gas. Das abgetrennte Kondensat wird gelagert und dann exportiert. Das Erdgas fließt dann in die Verflüssigungsanlagen, wo es zu LNG verarbeitet wird. Während der ersten Phase des Prozesses werden schwefelhaltige Verbindungen, Kohlenstoffdioxid und Wasser schrittweise abgetrennt. Das erhaltene Gas wird dann mit Propan (C_3H_8) gekühlt.

Die schweren Kohlenwasserstoffe werden abgetrennt und in Flüssiggas (LPG, Liquefied Petroleum Gas) und Anlagenkondensat fraktioniert. Der zentrale Wärmetauscher jeder Anlage kühlt das Gas auf ungefähr $-150\text{ }^\circ\text{C}$, wobei es verflüssigt wird. Am Ende wird der Druck auf fast Null reduziert, die Temperatur wird auf $-162\text{ }^\circ\text{C}$ gesenkt und Stickstoff wird entfernt. Das LNG wird zwischengelagert, bevor es in einen Flüssiggas-Tanker überführt wird. Der Hauptzweck der Gasverflüssigung ist es, das Volumen zu verringern sowie den Transfer in die ganze Welt einfach und effizient zu gestalten.

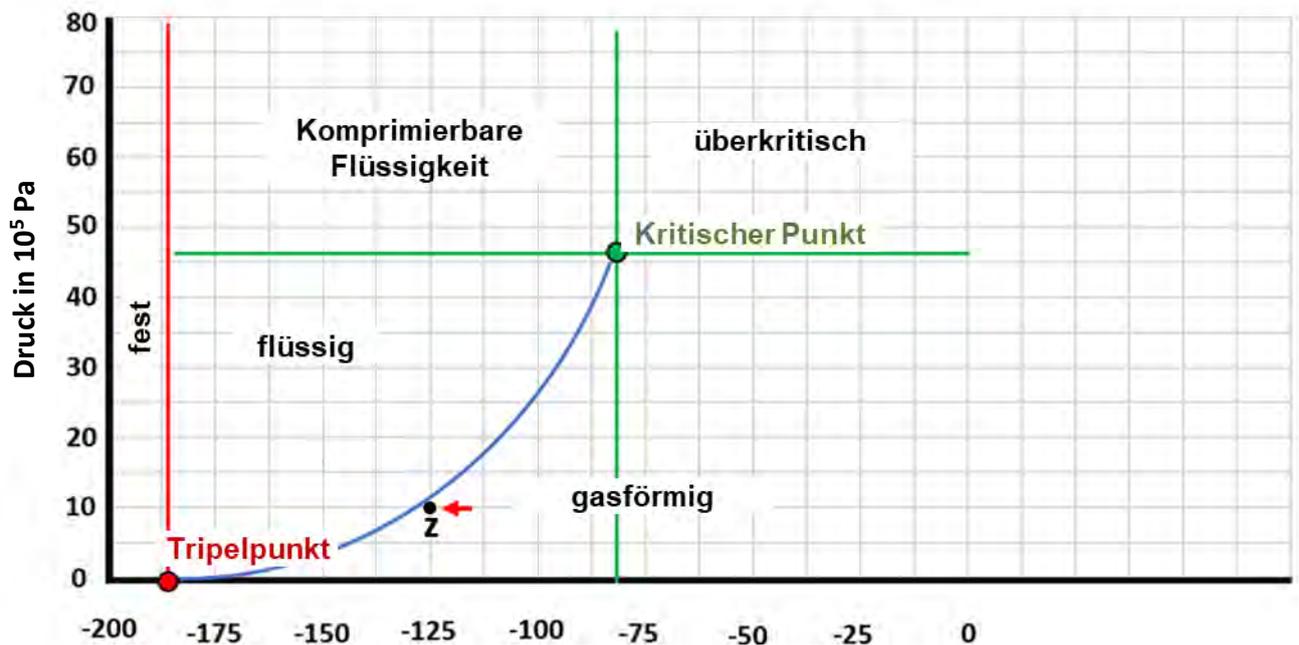
Die folgenden Aufgaben behandeln die Frage, wie stark das Gasvolumen durch Verflüssigung reduziert werden kann.

Ein Behälter enthält Gas bei einer Temperatur von $3,10 \cdot 10^2\text{ K}$ und einem Druck von 101 kPa .
i. Berechne das Volumen in m^3 , das von $1,25\text{ mol}$ des Gases eingenommen wird. Nimm an, dass es sich um ein ideales Gas handelt. (0,25 Punkte)

ii. Nimm an, dass sich die Gasmoleküle aus Teilaufgabe (i) näherungsweise als Kugeln mit einem Durchmesser von $2,50 \cdot 10^{-10}\text{ m}$ beschreiben lassen. Berechne den Anteil des Volumens, das von den Gasmolekülen eingenommen wird. (0,5 Punkte)

iii. Nimm an, dass es sich bei dem Gas in dem Behälter aus Teilaufgabe (i) um Erdgas handelt, welches hauptsächlich aus Methan besteht. Berechne unter Zuhilfenahme des gegebenen Phasendiagramms, um welchen prozentualen Anteil (bezogen auf Teilaufgabe (i)) sich das Volumen des Gases bis zum Punkt Z ändert, welcher einem Zustand kurz vor der Verflüssigung entspricht. Der Punkt Z ist in der Abbildung mit einem Pfeil markiert. (0,5 Punkte)

Phasendiagramm von Methan



Teil 3:

Zersetzung ist ein biologischer Prozess, der natürlich vorkommt und für die Wiederverwertung von Material essentiell ist. Die Geschwindigkeit dieses Prozesses hängt wesentlich von drei Faktoren ab: Bodenorganismen, Umweltbedingungen und Beschaffenheit des organischen Materials. Zersetzer zerlegen tote Organismen in ihre Grundbestandteile. Die folgenden Fragen befassen sich mit dem Prozess der Zersetzung.

i. Welches der folgenden Produkte wird während der Zersetzung nicht freigesetzt?
(0,25 Punkte)

- Kohlenstoffdioxid (CO₂)
- Pflanzennährstoffe
- Resynthetisierte organische Verbindungen
- Sauerstoff (O₂)

ii. Sehr hohe Temperaturen können den Zersetzungsprozess verlangsamen, da sie ...
(0,25 Punkte)

- zu Konformationsänderungen von Enzymen führen.
- zu Änderungen in den Aminosäuresequenzen von Enzymen führen.
- die Aktivierungsenergie von Enzymen erhöhen.
- die Bindefähigkeit von Enzymen an das Substrat erhöhen.



iii. Welcher der folgenden Faktoren beeinflusst die Zersetzung direkt? Wähle drei aus und markiere im Antwortbogen für alle Faktoren, ob der Faktor einen wichtigen Einfluss auf die Zersetzung hat (+) oder nicht (0). (0,25 Punkte)

- a. Temperatur
- b. Stickstoff
- c. Wasser
- d. Phosphat
- e. Sauerstoff
- f. Kohlenstoffdioxid
- g. Licht

Faktor	a	b	c	d	e	f	g
+/0							

iv. Sowohl der Energiefluss als auch der Stoffkreislauf können die Produktivität und Biodiversität von Ökosystemen bestimmen. Welcher der folgenden Organismen kann in beiden Prozessen aktiv beteiligt sein? (0,25 Punkte)

- a. Pilz
- b. Kamel
- c. Dattelpalme
- d. Insekt

v. Biomagnifikation bezeichnet die Anreicherung von bestimmten toxischen Substanzen entlang einer Nahrungskette und wirkt sich auf alle Tiere in der weiteren Nahrungskette aus. Biomagnifikation tritt vor allem bei Substanzen auf, die ... (0,25 Punkte)

- a. schwer abbaubar sind und fettlöslich sind.
- b. schwer abbaubar sind und wasserlöslich sind.
- c. leicht abbaubar sind und nicht wasserlöslich sind.
- d. leicht abbaubar sind und nicht fettlöslich sind.

vi. Eine Schülerin lagert zwei Äpfel – den ersten in einem leeren Glas und den zweiten in einem honiggefüllten Glas. Beide Gläser bleiben offen und entsprechend der Zersetzung ausgeliefert. Nach einem Monat beobachtet die Schülerin bei dem Apfel im leeren Glas mehrere schlechte Stellen, während der Apfel im Honig nach wie vor frisch wirkt.

Der Grund für diese Beobachtung ist, dass ... (0,25 Punkte)

- a. hohe Zucker-Konzentrationen zur chemischen Zerstörung der bakteriellen Zellwand führen.
- b. eine geringe Konzentration an für Bakterienwachstum nötigen Nährstoffen vorliegt.
- c. die Sauerstoff-Konzentration auf Null Prozent reduziert ist.

die hohe Zucker-Konzentration im Honig zu einem so hohen osmotischen Druck führt, dass Mikroorganismen nicht wachsen können.

AUFGABE 2**Teil 1:**

Kamele machen einen großen Teil von Katars Kulturerbe und Wüstentradition aus. Sie waren das einzige Verkehrsmittel, bevor moderne Alternativen wie Autos erfunden wurden. Dabei geht das Wort „Kamel“ auf das arabische Wort „Jamal“ zurück. Kamele können auch unter widrigen Bedingungen überleben und sind biologisch an die Wüste angepasst.

Arabische Kamele haben nur einen Höcker im Gegensatz zu asiatischen Kamelen mit zwei Höckern. Im Höcker wird das Fett Tristearin (molare Masse = $890 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) gespeichert. Bei Futterknappheit dient der Höcker zur Ernährung durch die Verbrennung von Fett, wobei Wasser und Energie freigesetzt werden.

geänderte Darstellung - Original in Printversion



Arabische Kamele, die in der Wüste von Qatar grasen.
(Copyright Hala Al-Easa)

Tristearin ist ein typisches tierisches Fett. Bei der Verbrennung von 4,45 g Tristearin entstehen 12,51 g Kohlenstoffdioxid und 4,98 g Wasser. Eine unbekannte Substanz (QI), die nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff besteht, wurde aus einem Gemisch aus Tristearin und QI isoliert und untersucht. Es wurde eine Probe von 4,67 g der reinen, gasförmigen Substanz QI vorbereitet. Eine kleine Menge der Probe wurde bei Sauerstoff-Überschuss verbrannt. Dabei wurden 151,2 mg CO_2 und 69,62 mg H_2O erhalten. Die Dichte von gasförmigem QI beträgt $4,668 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ bei $25,0 \text{ }^\circ\text{C}$ und 1,00 atm. Bevor die Wechselwirkungen zwischen QI und Tristearin untersucht werden können, muss die Summenformel der Substanz QI bestimmt werden.

i. Bestimme die Summenformel von QI. (2,0 Punkte)

ii. Nimm an, dass das Kamel das im Höcker gespeicherte Tristearin entsprechend einer Verbrennungsreaktion mit folgendem Reaktionsschema verstoffwechselt. Bestimme die fehlenden Stöchiometrie-Koeffizienten (a , b). (0,5 Punkte)

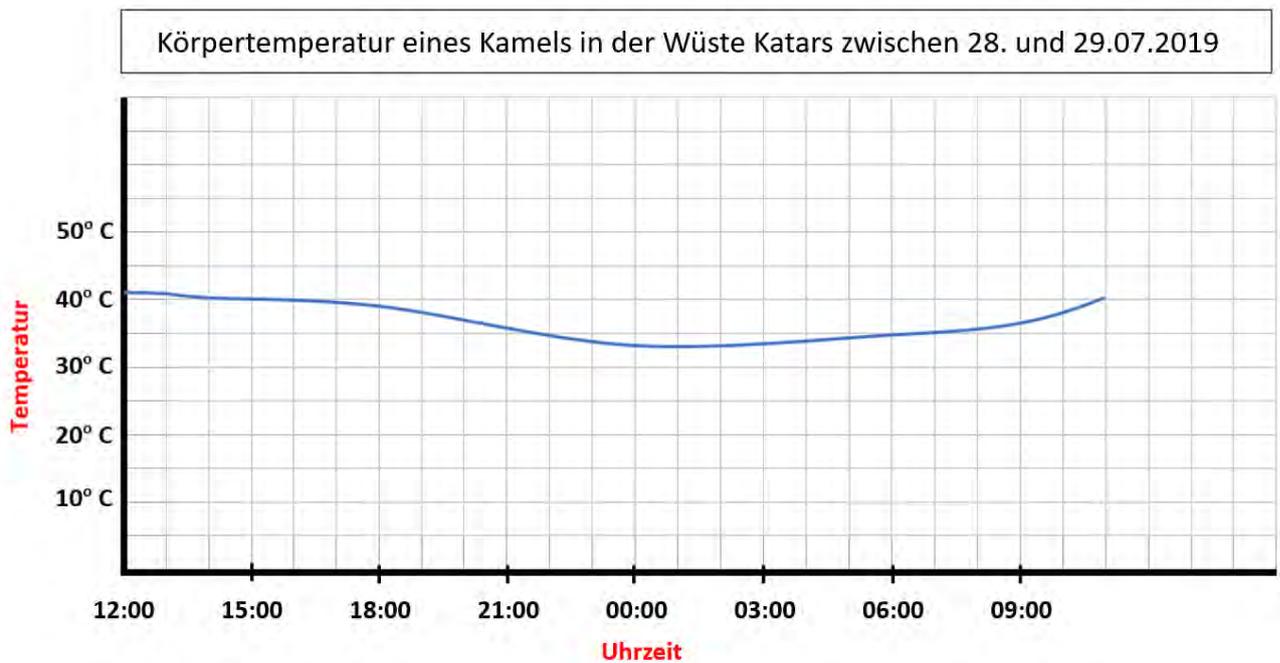


iii. Kamele sind gut an die heißen, trockenen klimatischen Bedingungen der Wüste angepasst. Dazu gehören die Fähigkeit, sich eine lange Zeit ohne Wasseraufnahme fortbewegen zu können, sowie die Fähigkeit, sehr schnell sehr viel zu trinken. Ein durchschnittliches Kamel kann innerhalb von drei Minuten 200 Liter (53 Gallonen) Wasser trinken. Nimm an, dass ein Kamel an einem Tag im Hochsommer 3,8 L Wasser durch die Oxidation von Tristearin aus seinem im Höcker gespeicherten Fett erzeugt. Berechne die Masse des Tristearins sowie die Anzahl der erzeugten ATP-Moleküle. Ein Mol Tristearin liefert 458 Mol ATP. (1,0 Punkte)

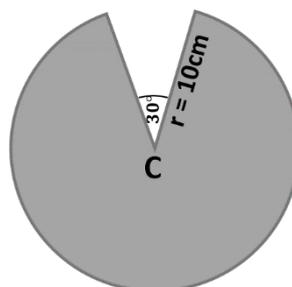
Teil 2:

Kamele können relativ große Schwankungen ihrer Körpertemperatur aushalten. Kamele können Wasser sparen, da sie bei steigenden Temperaturen nicht schwitzen, und auch mit sehr wenig Wasser überleben. Das Diagramm unten zeigt die typische Änderung der Körpertemperatur eines Kamels im Laufe eines Tages in der katarischen Wüste.

i. Nimm an, dass Kamele – wie Menschen – ihre Körpertemperatur durch Schwitzen präzise regulieren würden. Berechne die maximale Wassermenge (in Litern), die ein $5,50 \cdot 10^2$ kg schweres Kamel um 12 Uhr schwitzen müsste, um seine Körpertemperatur auf den niedrigsten Wert zu reduzieren, der an diesem Tag erreicht wird. Nimm an, dass nur die Verdunstung von Schweiß die Körpertemperatur des Kamels beeinflusst. (0,5 Punkte)
Hinweis: Die spezifische Wärmekapazität von Säugetieren ist $3,48 \cdot 10^3$ J/(kg·K) und die spezifische Verdampfungswärme von Wasser ist $2,42 \cdot 10^6$ J/kg bei der niedrigsten erreichten Temperatur.

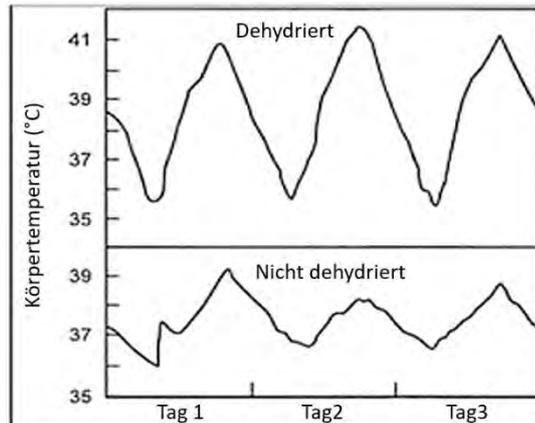


ii. Kamelfüße sind gut an das Überleben in der Wüste angepasst. Die weit gespreizten Füße verhindern das Einsinken im weichen Sand. Darüber hinaus verringert die große Fußfläche den Druck auf den Sand. Verwende das skizzierte Fußmodell und berechne den Druck auf den Sand durch das Gewicht des stehenden Kamels (Masse wie in i). (0,5 Punkte)



Teil 3:

Um Wasserverlust durch Verdunstung zu verhindern, schwankt die Körpertemperatur eines Kamels über den Tag um einige Grad Celsius. Dies ist im Diagramm unten für ein gut getränktes (nicht dehydriertes) und ein dehydriertes Kamel dargestellt. Kamele können ca. 2900 kcal Wärme akkumulieren, was einer Einsparung von 5 Litern Wasser entspricht. Die tagsüber gespeicherte Wärme (die zu deutlichen Körpertemperatur-Schwankungen führt) wird nachts abgeführt (Schmidt-Nielsen, 1997).



Schwankung der Körpertemperatur eines gut getränkten und eines dehydrierten Kamels (Schmidt-Nielsen, 1997)

- i. Welcher Zustand führt dem obigen Diagramm zufolge zu einer stärkeren Schwankung der Körpertemperatur? (0,25 Punkte)
 - a. Gut getränkt
 - b. Dehydriert

- ii. Welches Produkt entsteht/ Welche Produkte entstehen beim Abbau gesättigter Fette im Kamelhöcker? (0,5 Punkte)
 - a. Fettsäuren und Glycerin
 - b. Wasser, Fettsäuren und Glukose
 - c. Fettsäuren, Aminosäuren und Kohlenstoffdioxid
 - d. Nur Wasser

- iii. Ein Kamel hat ein helles Sommerfell und relative lange, schlanke Beine. Diese Merkmale helfen dem Kamel ... (0,25 Punkte)
 - a. den Körper von der intensiven Wärmestrahlung des Wüstensandes abzuschirmen.
 - b. in der sandigen Wüste gut laufen zu können.
 - c. beim Abkühlen am Tag als adaptive Methode.
 - d. bei allen drei obigen Antworten.

geänderte Darstellung - Original in Printversion

Die obigen Abbildungen zeigen die allgemeinen Strukturen des Verdauungssystems von Herbivoren und Carnivoren, wie z.B. dem Arabischen Kamel und der Arabischen Wildkatze, die beide in der katarischen Wüste leben. Das Kamel ist ein Herbivor und kann Gras und dornige Pflanzen fressen. Die Wildkatze ist ein Carnivor und frisst Nagetiere sowie andere kleine Säugetiere. Wegen Überjagung ist sie als bedrohte Art eingestuft.

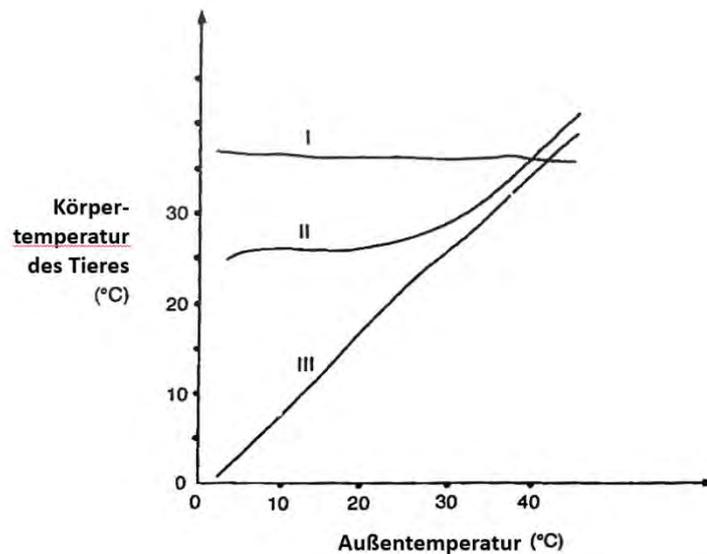
iv. Welches Organ des Verdauungssystems hilft, harte und spitze Nahrung zu sammeln und zu verdauen? (0,25 Punkte)

- a. Speiseröhre
- b. Pansen
- c. Dickdarm
- d. Blinddarm

v. Der Blinddarm von Herbivoren ist größer als der von Carnivoren, weil er hilft ... (0,25 Punkte)

- a. Proteine zu verdauen.
- b. Kot aufzubewahren.
- c. Zellulose abzubauen.
- d. Lipide abzubauen.

vi. Das folgende Diagramm zeigt die Ergebnisse eines Experiments, bei dem die Körpertemperatur von drei verschiedenen Organismen aufgezeichnet wurde, während sich die Umgebungstemperatur verändert.



Ausgehend vom obigen Diagramm und Deinem Wissen zu Temperatur-Regulation: Welche der folgenden Aussagen ist nicht korrekt? (0,5 Punkte)

- Organismus I könnte ein Vogel sein.
- Organismus II hechelt und/oder schwitzt möglicherweise bei Umgebungstemperaturen zwischen 20 °C und 25 °C.
- Organismus II ist poikilotherm bei Umgebungstemperaturen zwischen 5 °C und 20 °C.
- Organismus III könnte eine Schlange sein.

Aufgabe 3

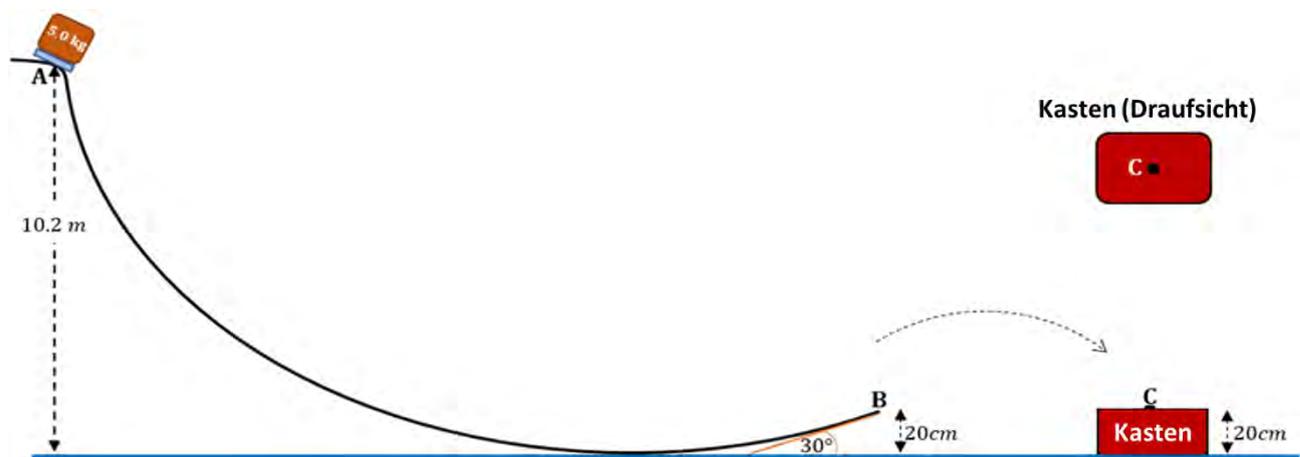
Teil 1:

(2,5 Punkte)

Ein würfelförmiger Holzblock (5,00 kg) wird aus der Ruhe losgelassen und gleitet entlang einer rauen Bahn von Punkt A zu Punkt B. Um die Reibung zwischen Holzblock und Bahn zu verringern, wurde eine dünne Eisschicht (0,500 g) der Temperatur $-5,00\text{ }^{\circ}\text{C}$ an der Unterseite des Holzblocks angebracht, wie die Abbildung zeigt. Am Punkt B ist diese Eisschicht vollständig geschmolzen und der Holzblock bewegt sich anschließend durch die Luft. Der Holzblock landet in Punkt C auf einem Kasten in einer gewissen Entfernung von Punkt B (siehe Abbildung). Nimm an, dass das Eis keine Wärme mit dem Holzblock und der Luft austauscht und dass keine Luftreibung auftritt. Berechne die folgenden Größen:

- Die Zeit, die die Bewegung des Holzblocks von Punkt B zu Punkt C dauert.
- Den Abstand zwischen Punkt B und Punkt C, in dem der Kasten platziert werden muss.
- Die Maximalhöhe über dem Boden, die der Holzblock zwischen Punkt B und Punkt C erreicht.

Hinweis: Spezifische Wärmekapazität von Eis ist $2090\text{ J}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$,
die Schmelzwärme von Eis bei $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ist $3,33 \cdot 10^5\text{ J}/\text{kg}$.



Teil 2:

Betrachte in dieser Aufgabe einen Block aus 0,10 kg Trockeneis (festes CO₂) mit einer Temperatur von -255 °C.

i. Der Gefrierpunkt von Trockeneis liegt mit einer Temperatur von -78,5 °C niedriger als der Gefrierpunkt von Wasser bei 0 °C. Welche Aussage erklärt dies am besten? (0,25 Punkte)

- In Trockeneis gibt es kein Netto-Dipolmoment und es gibt Dipol-Dipol-Interaktionen.
- Sowohl in Trockeneis als auch in festem Wasser gibt es Van-der-Waals-Kräfte, jedoch sind diese in Trockeneis stärker. Daher liegt der Gefrierpunkt von Trockeneis niedriger.
- Festes Wasser ist polar und weist nur Dipol-Dipol-Interaktionen auf.
- Sowohl in Trockeneis als auch in festem Wasser gibt es polare Bindungen und Van-der-Waals-Kräfte. Jedoch gibt es nur in festem Wasser Wasserstoffbrückenbindungen.

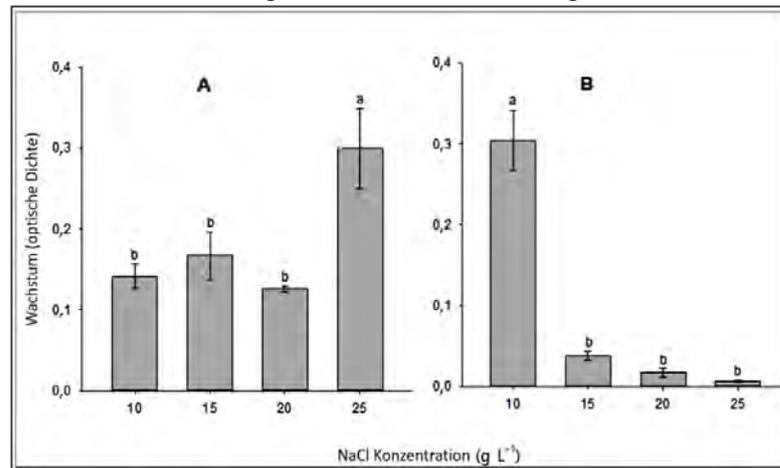
ii. Wenn ein Eisblock der Masse 0,500 g mit der Temperatur -5,00 °C auf 150 °C erhitzt wird, werden dafür 1559 J benötigt. Berechne das Verhältnis aus dem gegebenen Wert für die spezifische Wärmekapazität von Eis und der spezifischen Wärmekapazität von Wasserdampf. (1,0 Punkte)

Verwende als Verdampfungswärme von Wasser bei 100 °C als $2,256 \cdot 10^6$ J/kg.

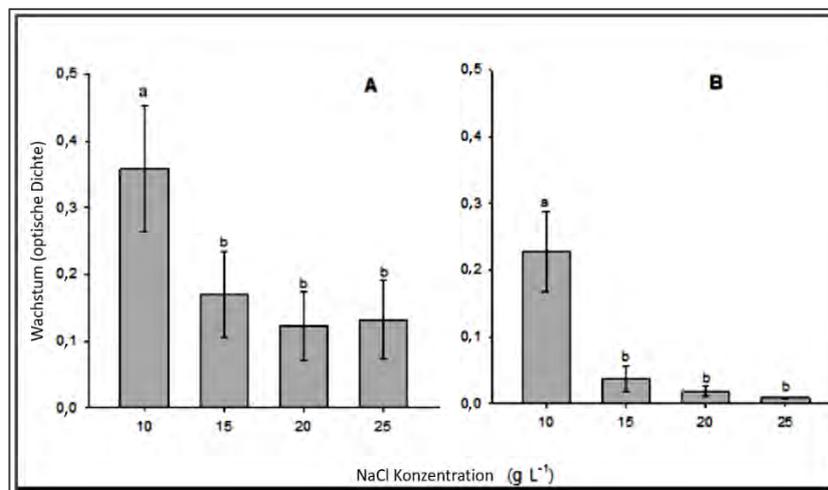
Hinweis: Die spezifische Wärmekapazität von Eis ist $2,09 \cdot 10^3$ J/(kg·°C) . Die spezifische Schmelzwärme von Eis bei 0 °C beträgt $3,33 \cdot 10^5$ J/kg.

Teil 3:

An der Qatar University wurde eine Studie durchgeführt, in der die biologische Sanierung unter natürlichen Wüstenbedingungen simuliert wurde (Abu-Dieyeh *et al.*, 2019). Die Autoren isolierten quecksilber-tolerante Bakterienstämme aus dem katarischen Küstengebiet und untersuchten das Wachstum potentiell interessanter Bakterien in Gegenwart verschiedener Salzkonzentrationen. Ein Teil der Ergebnisse ist in der folgenden Abbildung dargestellt.



Acinetobacter schindleri



Bacillus infantis

Einfluss der Salinität (NaCl-Konzentration) auf das Wachstum zweier Bakterienstämme in Nährmedium – in Abwesenheit (A) und in Gegenwart von 10 ppm HgCl₂ (B). Innerhalb jedes einzelnen Diagramms besteht kein signifikanter Unterschied zwischen Werten, die mit gleichen Buchstaben markiert sind ($P \leq 0,05$). Die Fehlerbalken stellen die Standardabweichung der Mittelwerte dar (N = 5).

- i. Welche ist die abhängige Variable im beschriebenen Experiment? (0,25 Punkte)
- NaCl-Konzentration
 - Bakterienart
 - Bakterielles Wachstum (Optische Dichte)
 - Die Bedingungen im Experiment waren unverändert.

ii. Ausgehend von den in der Abbildung dargestellten Ergebnissen, ist *Acinetobacter schindleri* bei Abwesenheit von Quecksilber toleranter gegenüber hoher Salinität ($\geq 25 \text{ g L}^{-1}$). (0,25 Punkte)

- a. Richtig
- b. Falsch

iii. Beachte die Signifikanzen der in der Abbildung dargestellten Ergebnisse und entscheide, welche der folgenden Aussagen falsch ist? (1,0 Punkte)

- a. In Gegenwart von Quecksilber inhibierte jede der NaCl-Konzentrationen 15, 20 oder 25 g L^{-1} das Wachstum von *A. schindleri* gleichstark.
- b. In Abwesenheit von Quecksilber war das Wachstum von *A. schindleri* signifikant stärker bei einer NaCl-Konzentration von 25 g L^{-1} als unter geringeren NaCl-Konzentrationen.
- c. Im allgemeinen Trend wuchsen beide Bakterienstämme besser in Abwesenheit von Quecksilber.
- d. Das Bakterium *B. infantis* ist zur biologischen Sanierung trockener und durch Quecksilber belasteter Böden potentiell besser geeignet.

iv. Welche der folgenden Aussagen erklären am besten, warum die Autoren der Studie die Salinität der katarischen Umwelt untersucht haben? (0,5 Punkte)

i	Die Autoren waren an der Untersuchung hitzeresistenter Bakterien interessiert.
ii	Die Autoren waren auf der Suche nach salztoleranten Bakterien.
iii	Die Autoren waren auf der Suche nach nicht-salztoleranten Bakterien.
iv	Die Autoren waren an der biologischen Sanierung von Quecksilberbelastung in Wüstenumgebungen interessiert.

- a. i und iii.
- b. iii und iv.
- c. ii und iv.
- d. ii und iii.

v. Die Experimente wurden durchgeführt, um ein endogenes Bakterium zu finden, das Quecksilber aus durch Leuchtstoffröhren verseuchten Wüstenboden aufnehmen kann. Welche weiteren Untersuchungen sollten mit einem zuvor isolierten Bakterienstamm durchgeführt werden, um dessen Wirksamkeit und Überlebensfähigkeit im katarischen Boden (hohe Salinität) zu verifizieren? (1,0 Punkte)

- a. Laborexperimente zur Untersuchung des Überlebens des Stammes bei verschiedenen Temperaturen.
- b. Laborexperimente zur Untersuchung des Überlebens des Stammes bei verschiedenen Feuchtegraden.
- c. Laborexperimente zur Untersuchung des Überlebens des Stammes bei verschiedenen Kombinationen aus Temperaturen und Feuchtegraden.
- d. Kurz- und Langzeitstudien in der Natur zur Untersuchung des Überlebens und der Wirksamkeit des Stammes im katarischen Boden.



vi. Nimm an, dass einer der oben genannten Bakterienstämme eine Quecksilber-Toleranz als Adaptation trägt. Welche der folgenden Aussagen trifft am wahrscheinlichsten zu, wenn ein Wissenschaftler diesen Stamm auf einer neuen Kulturplatte mit angereichertem Medium kultiviert? (0,5 Punkte)

- Die neu gewachsenen Bakterien werden die Adaptation verlieren und nicht weiterhin tolerant gegenüber Quecksilber sein.
- Die neu gewachsenen Bakterien werden die Adaptation beibehalten und weiterhin tolerant gegenüber Quecksilber sein.
- Die neu gewachsenen Bakterien könnten die Adaptation verlieren, aber weiterhin tolerant gegenüber Quecksilber sein.
- Es ist schwer vorherzusagen, ob die neu gewachsenen Bakterien tolerant gegenüber Quecksilber sein werden.

vii. Nimm an, dass das Umweltgift Quecksilber (Hg) in einem See auftritt und folgende Nahrungskette vorliegt:

Phytoplankton → Zooplankton → Kleiner Fisch (Art X) → Größerer Fisch (Art Y) → Größter Fisch (Art Z) → Wasservogel.

Ein Freund will einen Kilogramm Fisch kaufen und fragt Dich, welche Art am wenigsten toxisch belastet ist. Welche Art empfiehlst Du Deinem Freund? (0,25 Punkte)

- Art Y
- Art Z
- Art X
- Alle sind gleichstark toxisch belastet.

Aufgabe 4

Teil 1:

geänderte Darstellung - Original in Printversion

In Vorbereitung auf die Fußball-WM 2022 in Katar macht ein Fußballverein eine Untersuchung zur spezifischen Spannung (*maximale Zugkraft pro Querschnittsfläche*) am Wadenmuskel eines Spielers. Folgende anatomische Daten wurden gemessen:

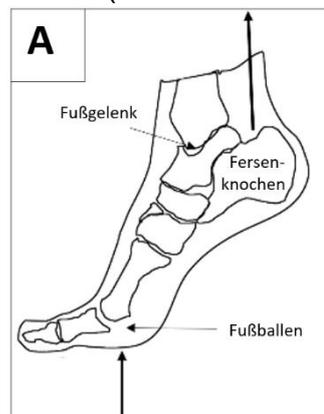
Masse des Spielers = 72,0 kg

Querschnittsfläche des Wadenmuskels = 23,0 cm²

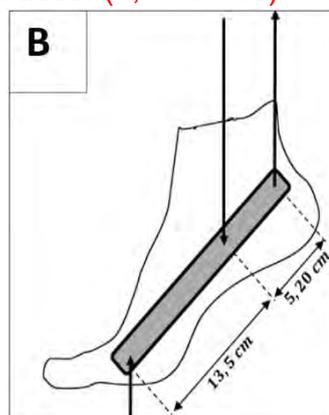
Abstand des Fußballens zum Knöchelgelenk = 13,5 cm

Abstand des Fersenknochens zum Knöchelgelenk = 5,20 cm

i. Spezifische Spannung: Der Fußballspieler hebt seine Ferse so hoch wie möglich und balanziert auf dem Ballen von einem Fuß (siehe Skizze A).

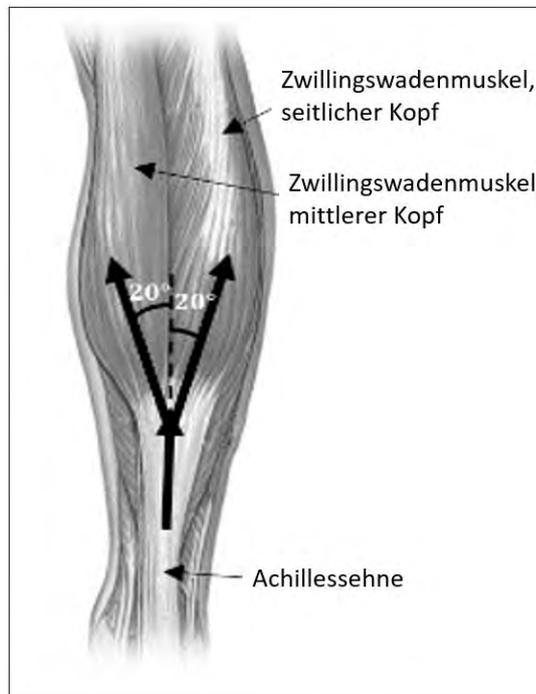


a. Wie hoch ist die Zugkraft in der Achilles-Sehne, wenn der Fußballspieler auf diese Weise auf einem Fußballen balanziert? Betrachte alle Fußknochen als unbiegsam (siehe Skizze B) und vernachlässige deren Eigenmasse. (1,0 Punkte)



b. Berechne die spezifische Spannung im Wadenmuskel. (0,5 Punkte)

c. Zwei Gastrocnemius-Muskeln (laterales und mediales Köpfchen) ziehen gleich stark und bewirken zusammen 60 % der Kraft auf die Achilles-Sehne (siehe Abbildung). Berechne die Kraft, die jeder einzelne dieser beiden Muskeln auf die Sehne ausübt. (0,5 Punkte)



ii. Knochenstabilität:



Bei einem gesunden Fußballspieler kann der Schienbeinknochen eine Kraft von 36,0 N pro $4,90 \cdot 10^2 \text{ mm}^2$ Wirkungsfläche aushalten, bevor er bricht. Die Skizze zeigt Spieler A, der versehentlich Spieler B direkt gegen das Schienbein tritt, das sich in Ruhe befindet. Nach dem Tritt bewegt sich das Bein von Spieler B mit einer Geschwindigkeit von 4,25 m/s rückwärts. Die Masse des Beins ist 3,20 kg und die Dauer des Kraftstoßes ist 55,0 ms bei einer Wirkungsfläche von $6,20 \cdot 10^2 \text{ mm}^2$.

Wird der Schienbeinknochen von Spieler B diesen Tritt überstehen ohne zu brechen? (0,25 Punkte)

Wähle im Antwortbogen aus : () Yes OR () No

Trage deinen Lösungsweg im Antwortbogen ein. (1,0 Punkte)

Auf das Bein des Spielers wirken keine weiteren äußeren Kräfte ein.

iii. Entwicklung von Schienbeinschonern:

Viele Firmen verkaufen Schienbeinschoner um Tritte zu absorbieren, die bei Fußballspielen Knochenbrüche verursachen können. In einem Experiment wurden die Schienbeinschoner verschiedener Marken verglichen. Eine Unterschenkel-Attrappe wird nacheinander mit verschiedenen Schienbeinschonern bekleidet, unter denen jeweils ein Kraftsensor installiert ist, der den Kraftstoß auf das Schienbein misst. Ein Tritt-Simulator stellt den Tritt eines anderen Spielers nach. Die folgende Tabelle fasst die Messergebnisse zusammen.

geänderte Darstellung -
Original in Printversion

Schienbein-schoner	Dauer des Kraftstoßes in ms	Tritt-Kraft in N	Kraft auf den Sensor N
Marke (1)	15	1066	11,5
Marke (2)	15	867	11,2
Marke (3)	17	846	17,8
Marke (4)	20	778	8,8
Marke (5)	13	622	9,0
Marke (6)	13	1096	6,6
Marke (7)	17	550	32,5

Sortiere die Marken der in der Tabelle gegebenen Schienbeinschonern nach Effektivität des Schutzes, die aus dem Betrag der absorbierten Kraft pro Wirkungszeit hervorgeht. Sortiere absteigend, beginnend bei der Marke mit dem besten Schutz. (0,5 Punkte)

Teil 2:

Unter Doping versteht man im Sport die Einnahme von verbotenen leistungssteigernden Substanzen durch Athleten und Wettkämpfer. Die Liste verbotener Substanzen ist lang. Sie beinhaltet unter anderem Stimulanzien, anabole Steroide, Aminosäuren etc. Doping-Tests können auf Basis von Blut- oder Urinproben durchgeführt werden. Für Dopingtests setzt man verschiedene Technologien ein.

i. Eine der Technologien in Dopingtests ist der Einsatz von Ionen-selektiven Elektroden (ISE). Wie aus dem Namen hervorgeht, sind sie selektiv für gewisse Ionen. Metamphetamin (MA) ist ein Stimulans des Zentralnervensystems (ZNS) und die am häufigsten missbrauchte Droge der Welt. Eine MA-ionenselektive Elektrode gehorcht der Gleichung

$$E(V) = const. + 0,059 \cdot \log([MA^+])$$

Wenn die Elektrode in eine MA⁺-Lösung mit der Konzentration 0,100 M getaucht wird, wird ein Potential von -0,430 V abgelesen. Wie groß ist [MA⁺], wenn E(V) = -0,300 V abgelesen wird? (0,5 Punkte)

Teil 3:

Während sportlicher Aktivitäten, können Sportler unter Muskelermüdung leiden. Muskelermüdung ist die abnehmende Fähigkeit eines Muskels, Kraft aufzubauen. Dabei gibt es zwei hauptsächliche Ursachen für Muskelermüdung: (1) Neuronal aufgrund der eingeschränkten Fähigkeit von Nerven, durchgängige Signale zu generieren und (2) Metabolisch aufgrund der verringerten Fähigkeit der Muskelfasern zu kontrahieren. Letzteres ist die verbreitetere Ursache.

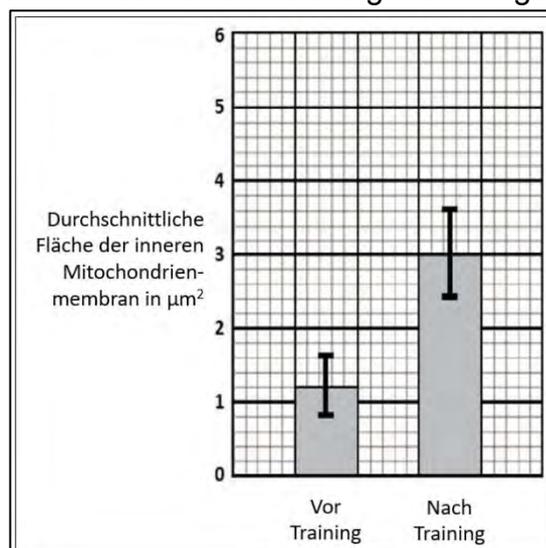
i. Welche Ursache(n) ist (sind) die entscheidende(n) für metabolisch verursachte Muskelermüdung? Wähle genau eine Antwort. (0,5 Punkte)

- a. Aufgrund langanhaltender Muskelkontraktionen, wird der Sauerstoff im Muskel komplett aufgebraucht, sodass dieser anaerobe Atmung betreibt.
- b. Die Blutzirkulation/ Der Blutfluss im Muskel nimmt ab.
- c. Die extremen Wetterbedingungen.
- d. a und b sind korrekt.

ii. Anhand von Gewebeuntersuchungen von Skelettmuskeln, kann entschieden werden, ob eine Person Langstreckenläuferin ist oder nicht. Das diagnostisch am weitesten verbreitete Merkmal ist ... (0,25 Punkte)

- a. die Farbe der Muskelfaserzellen.
- b. die Zahl der Mitochondrien pro Muskelfaserzelle.
- c. die Zahl an rauen endoplasmatischen Retikula pro Muskelfaserzelle.
- d. die Größe der Muskelfaserzellen.

iii. Das folgende Diagramm zeigt die Ergebnisse eines Experiments, bei dem die Fläche der inneren Mitochondrien-membran gemessen wurde. Dabei wurden Proben von Fußballspielern vor und nach einem Trainingsprogramm untersucht. Betrachte aufmerksam das Diagramm und beantworte anschließend die folgende Frage:



Welche der folgenden Aussagen erklärt den Zustand nach dem Training am besten? (0.5)

- Die ATP-Produktion steigt, weil die Fläche der inneren Mitochondrienmembran steigt.
- Die ATP-Produktion sinkt, weil die Fläche der inneren Mitochondrienmembran steigt.
- Die ATP-Produktion bleibt gleich und es besteht keine Korrelation mit der Fläche der inneren Mitochondrienmembran.
- Es besteht kein relevanter Zusammenhang zwischen der ATP-Produktion und den gezeigten Ergebnissen.

Aufgabe 5

Teil 1:

Eines der spektakulärsten Ausstellungsstücke im Nationalmuseum von Katar (NMoQ, National Museum of Qatar) ist der Perlenteppich von Baroda. Er wurde 1865 vom Maharadscha von Baroda in Auftrag gegeben und gilt seit langem als bemerkenswertes Kunstwerk. Der Teppich von Baroda wurde aus mehr als 1,5 Millionen Perlen des Arabischen Golfs sowie aus Rubinen, Smaragden, Saphiren und Diamanten hergestellt.

geänderte Darstellung - Original in Printversion



Der Teppich von Baroda.

- Beim Restaurieren des Teppichs von Baroda fiel in der Elementaranalyse im Labor ein außergewöhnliches Mineral auf, das man zuvor nicht mit Perlen in Verbindung gebracht hatte. Dieses Mineral ist als *Smithsonit* (ZnCO_3) bekannt. Mischt man *Smithsonit* mit Perlen, die nur CaCO_3 enthalten, und setzt das Gemisch hohen Temperaturen aus, wird unter Freisetzung von Kohlenstoffdioxid festes ZnO und CaO erhalten. Angenommen, 30,00 g eines Gemisches aus ZnCO_3 und CaCO_3 liefern 12,00 g CO_2 , welchen Massenanteil (mit korrekter Anzahl signifikanter Stellen) hatte dann *Smithsonit* in der Ausgangsmischung? Gib auch ein ausbalanciertes Reaktionsschema an. (2,0 Punkte)
- In unmittelbarer Nähe des Nationalmuseums von Katar befindet sich die Doha Corniche, eine wunderschöne Strandpromenade, die sich über sieben Kilometer erstreckt. Die Verschmutzung der Meere hat zugenommen. Viele Schadstoffe wie Schwermetalle schaden marinen Lebensräumen. Eines dieser Schwermetalle ist Chrom (${}_{24}\text{Cr}$). Natürlich vorkommendes Chrom (Cr) besteht aus vier stabilen Isotopen, ${}^{50}\text{Cr}$, ${}^{52}\text{Cr}$, ${}^{53}\text{Cr}$, und ${}^{54}\text{Cr}$. Am häufigsten ist ${}^{52}\text{Cr}$ (83,789 % relative Häufigkeit).

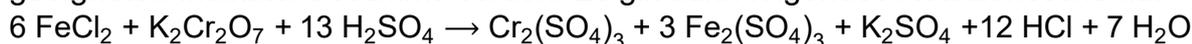


Isotop	Relative molare Häufigkeit	Halbwertszeit $t_{\frac{1}{2}}$
^{50}Cr	4.345 %	stabil
^{51}Cr	künstliches Radioisotop	27,7025 d
^{52}Cr	83.789 %	stabil
^{53}Cr	9.501 %	stabil
^{54}Cr	2.365 %	stabil

a. Berechne die relative Atommasse von Chrom. Nutze dazu die relative Häufigkeit der stabilen Isotope. (0,25 Punkte)

b. Welche Masse in Gramm nimmt ^{53}Cr in 250 kg FeCr_2O_4 ein? (0,25 Punkte)

iii. Der Eisen(II)-Gehalt kann in einer schwefelsauren Lösung mit Dichromat gegen einen geeigneten Indikator bestimmt werden. Es gilt dann folgendes Reaktionsschema:



a. Erstelle das Reaktionsschema für die Teilreaktion der Oxidation. (0,25 Punkte)

b. Erstelle das Reaktionsschema für die Teilreaktion der Reduktion. (0,25 Punkte)

iv. Chrom wird auch für die Herstellung von Legierungen mit Zink und Kupfer eingesetzt (Galvanik), welche Anwendung in der Medizin und Industrie finden. Das Reduktionspotential für $\text{Cr}^{3+/0}$ beträgt -0,74 V. Welches der folgenden Elemente kann demnach in einer galvanischen Zelle eingesetzt werden, in welcher die Anode aus Chrom besteht? Berechne E_{Zelle} für beide Reaktionen.

a. Kupfer (Reduktionspotential = +0,34 V) (0,25 Punkte)

b. Zink (Reduktionspotential = -0,76 V) (0,25 Punkte)

Teil 2:

Katar ist eine Halbinsel an der Ostküste der Arabischen Halbinsel und an der mittleren Westküste des Arabischen Golfs. Kataris handelten mit Perlen, die sie aus dem Arabischen Golf gesammelt haben.

Perlen werden von Salz- oder Süßwassermollusken gebildet – eine diverse Gruppe von Tieren wie Muscheln und Schnecken. Wenn ein kleiner Bodenpartikel oder ein Schalenfragment ins Innere einer Molluske gelangt, wird es Schicht für Schicht ummantelt bis sich letztendlich eine Perle gebildet hat.

i. Warum produzieren diese Tiere Perlen? (0,25 Punkte)

a. Um Fressfeinde abzuwehren

b. Um sich selbst vor eingelagerten Fremdkörpern zu schützen

c. Um schön auszusehen

d. Um Lichtreflexionen zu erzeugen, die Bewegung bei Nacht ermöglichen



ii. Die Bildung von Perlen in Muscheln könnte mit ihrem Verhalten zur Nahrungsaufnahme zusammenhängen. Sie ernähren sich durch ... (0,25 Punkte)

- a. Fressen von Stücken fester Nahrung.
- b. Filtrieren von Nahrung aus einer Flüssigkeit.
- c. Fressen von flüssiger Nahrung.
- d. Fressen von Nektar.

iii. Die Bildung von Perlen kann durch die folgende Interaktion beschrieben werden: (0,25 Punkte)

- a. Biotische und abiotische Faktoren interagieren
- b. Ein Schalenfragment und ein Bodenpartikel interagieren
- c. Abiotische Faktoren und ein Bodenpartikel interagieren
- d. Abiotische Faktoren und die Schale der Molluske interagieren

iv. Als Vertreter der aquatischen Wirbellosen erfolgt der Gasaustausch bei Muscheln über ... (0,25 Punkte)

- a. Lungen.
- b. die Haut.
- c. Kiemen.
- d. den Mund.

v. Gehe von der folgenden Nahrungskette aus: (0,25 Punkte)

Phytoplankton → Muschel → Seestern → Seeotter → Delfin

Obwohl Delfine in der Regel große Fische fressen, ernähren sie sich aufgrund von Überfischung inzwischen vermehrt von Seeottern. Was bedeutet es für die Muscheln, wenn es weiterhin zu Überfischung der großen Fische kommt?

- a. Die Populationsdichte der Muscheln nimmt zu.
- b. Die Populationsdichte der Muscheln nimmt ab.
- c. Kein eindeutiger Effekt auf die Populationsdichte der Muscheln.
- d. Die Delfine werden Muscheln fressen.

vi. Mollusken sind die Nahrungsquelle für verschiedene Wirbeltiere wie z.B. Fische und Möwen. Welche Beziehung besteht zwischen Mollusken und Möwen? (0,25 Punkte)

- a. Mutualismus
- b. Prädation
- c. Kommensalismus
- d. Parasitismus

**Teil 3:**

In Kränen, Aufzügen und beim Sport werden Stahlseile aus einer Chromstahl-Legierung verwendet.

i. Berechne die Gewichtskraft unter der ein 2,0 m langes Chromstahl-Stahlseil mit einer Querschnittsfläche von $2,0 \text{ mm}^2$ um 0,50 mm gedehnt wird. Nimm einen Elastizitätskoeffizient von 220 GPa an. (0,5 Punkte)

ii. In welchem Verhältnis steht die Verlängerung zweier Chromstahl-Stahlseile bei gleicher wirkender Kraft, wenn sie ein Längenverhältnis von 1:3 und ein Durchmesser Verhältnis von 3:1 aufweisen? (0,5 Punkte)

iii. Ein Chromstahl-Stab mit Elastizitätskoeffizient Y und Längenausdehnungskoeffizient α wird zwischen zwei Halterungen mit dem Abstand L eingespannt. Er hat eine Querschnittsfläche A und Länge L . Gib eine Formel für die vom Stab auf die Halterungen ausgeübte Kraft an, wenn der Stab um ΔT erwärmt wird. Nimm an, dass sich die Querschnittsfläche beim Erwärmen nicht ändert, und gib die Lösung in Abhängigkeit von Y , A , L , α und ΔT an. (0,5 Punkte)

Ende der Klausur