



11. Internationale Junior Science Olympiade

Theoretische Klausur

6. Dezember 2014



PRÜFUNGSREGELN

1. Überprüfe, dass deine Platznummer mit deinem ID-Code identisch ist.
2. Vor Beginn muss jeder Teilnehmende die von den Organisatoren zur Verfügung gestellten Hilfsmittel und Schreibutensilien überprüfen (Kugelschreiber, Lineal, Taschenrechner).
3. Teilnehmende dürfen keine anderen Hilfsmittel als ihre persönlichen Medikamente oder medizinische Hilfsmittel mitbringen.
4. Überprüfe die Vollständigkeit der Frage- und Antwortbögen. Wenn deine Frage- oder Antwortbögen unvollständig sind, melde dich und hebe deine Hand. Beginne nach dem Ertönen des Signaltons.
5. Während der Prüfung darfst du den Prüfungsraum nur in Notfällen verlassen und auch dann nur in Begleitung einer Aufsichtsperson.
6. Du darfst andere Teilnehmende nicht belästigen oder die Prüfung stören. Wenn du Hilfe brauchst, melde dich per Handzeichen und die Aufsicht wird dir zur Hilfe eilen.
7. Es werden keine Fragen oder Diskussionen zu den Aufgabenstellungen zugelassen. Alle Teilnehmenden müssen an ihrem Tisch bleiben, bis die Prüfungszeit zu Ende ist, auch wenn sie die Prüfung beendet haben oder nicht mehr weiter arbeiten wollen.
8. Am Ende der Prüfungszeit wird es ein Klingelsignal geben. Du darfst nichts mehr auf den Antwortbogen schreiben, nachdem die Zeit abgelaufen ist. Alle Teilnehmenden müssen (nach Aufforderung) den Raum leise verlassen. Die Frage- und Antwortbögen müssen ordentlich auf dem Tisch liegen gelassen werden.



Theoretische Klausur

11th International Junior Science Olympiad,
Mendoza, Argentinien

Bearbeitungszeit : 3 Std 30 min
Erreichbare Punkte : 30

LIES DIE FOLGENDEN HINWEISE GEWISSENHAFT DURCH:

1. Es stehen 3,5 Zeitstunden zur Bearbeitung zur Verfügung.
2. Überprüfe die Vollständigkeit der Frage- und Antwortbögen (Answer Sheet). Die Klausur besteht aus insgesamt 3 Aufgaben (28 Seiten).
3. Schreib deinen ID-Code auf jede einzelne Seite des Antwortbogens.
4. Schreibe die einzelnen Rechenschritte deines Lösungsweges gut nachvollziehbar und lesbar in den im Antwortbogen dafür vorgesehenen Kästen. Trage dein Endergebnis/ Antwort in das im Antwortbogen dafür vorgesehene Antwortfeld.



AUFGABE 1

Die schnelle Zunahme der Weltbevölkerung (momentan 6,7 Milliarden Menschen) und die Techniken, die wir entwickelt haben, um unsere Rohstoffe zu gewinnen, zu transportieren, zu verändern und zu nutzen, machen unseren Planeten zunehmend enger und weniger zukunftsfähig für seine Bewohner. In den letzten Jahren haben globale Umweltveränderungen unterschiedlichste Folgen gehabt. Obwohl die verschiedenen chemischen, physikalischen und biologischen Bestandteile, die auf der Erde zusammenwirken, sich schon immer verändert haben, hat das menschliche Handeln im letzten Jahrhundert eine fundamentale Rolle hinsichtlich des Ursprungs dieser Veränderungen gespielt.

Eine Gruppe von Umweltschützern einer Nicht-Regierungs-Organisation (NGO) haben sich in Verbindung mit dem Umweltministerium zum Ziel gemacht, die ökologische Bedeutung der Gattung *Larrea*, einer argentinischen Pflanzenart, die weit im Land verbreitet ist, zu beschreiben und zu beurteilen. Die NGO sieht folgende Nutzungsmöglichkeiten:

1. Einführung in die vegetative Bedeckung des Landes, die durch menschliche Aktivitäten verändert wurde
2. Soziale und kulturelle Bedeutung als natürliche Art.
3. Verwendung unter anderem in Kosmetik und Medizin
4. Nutzung als Bodenfestiger in Gegenden, die zu Erdbeben neigen

Die Gattung *Larrea*, Mitglied der Familie der *Zygophyllaceen* (Trivialname *Kreosotbusch*) bewohnt trockene Gebiete. In Argentinien kommen vier Arten vor: *Larrea cuneifolia*, *L. divaricate*, *L. nitida* and *L. ameghinoi*. Ihre Blätter sind von einer Art "Harz" bedeckt, das vor allem aus nordhydroguairesischer Säure (NDGA) $C_{18}H_{22}O_4$ besteht. Das „Harz“ verhindert Verdunstung und ist für einige Pflanzenfresser giftig.



Abbildung 1: Typische Landschaft in Mendoza. Im Vordergrund ein blühender Kreosotbusch (*Larrea sp.*).

1.1. Um die Nutzung von *Larrea* als natürlich vorkommende Art zur Begrünung veränderter Gegenden zu rechtfertigen, arbeitete eine Forschungsgruppe in einem Gebiet, in dem Bergbau betrieben wurde. Ihr Vorgehen war folgendes:

Zwei Gebiete wurden als Stichproben in der betroffenen Gegend ausgewählt. Eines wurde mit dem Kreosotbusch begrünt, das andere wurde der natürlichen Entwicklung überlassen.

Durch die Veränderung des Bodens unter dem Bewuchs begünstigen *Larrea*-Arten die Besiedlung durch andere Arten. Das Ziel dieses Versuchs war herauszufinden, ob die tatsächlich beobachtete Artenvielfalt diese Begünstigung der Kolonisierung bestätigt.

Die Artenvielfalt ist eine bedeutende Eigenschaft biologischer Gemeinschaften und kann beschrieben werden durch:

1. Artenreichtum (S): Anzahl verschiedener Arten in der Gemeinschaft
2. Artenausgewogenheit: Verhältnis der Individuen einer Art zur Gesamtanzahl an Individuen (relative Häufigkeit)



Theoretische Klausur

Der Pielou Index (J) ist ein Index, der zur Messung der Ausgewogenheit verwendet werden kann. Er ist gegeben durch die Gleichung:

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Es gilt:

H' = Shannon- Wiener Index (Werte siehe Tab. 1 und Tab. 2 auf der folgenden Seite)

$$H'_{\max} = \ln(S)$$

S: Artenreichtum

Berücksichtige folgendes:

1. der Shannon-Wiener-Index ist einer der Indizes zur Messung der Biodiversität
2. Artenhäufigkeit: absolute Anzahl Individuen einer Art

Die Daten aus beiden Stichproben sind in den folgenden Tabellen und Grafiken dargestellt:

Tabelle 1: Art, Anzahl und Wuchsform in der mit Larrea begrünter Gemeinschaft (Stichprobe 1)

Species	Abundance	Form of Life
<i>Acantholippia seriphioides</i>	300	shrub
<i>Condalia microphylla</i>	250	shrub
<i>Larrea cuneifolia</i>	400	shrub
<i>Larrea divaricata</i>	250	shrub
<i>Lycium tenuispinosum</i>	250	shrub
<i>Montea aphylla</i>	150	shrub
<i>Senna aphylla</i>	220	shrub
<i>Pyrrhocactus pachacoensis</i>	700	cactus
<i>Aristida mendocina</i>	220	grass
<i>Cottea pappophoroides</i>	210	grass
<i>Erodium cicatarium</i>	750	herbaceous
<i>Fabiana peki</i>	450	herbaceous
<i>Helenium donanum</i>	650	herbaceous
<i>Hoffmannseggia eremophila</i>	500	herbaceous
<i>Prosopis flexuosa</i>	150	tree
Shannon-Wiener Index (H')	2.57	

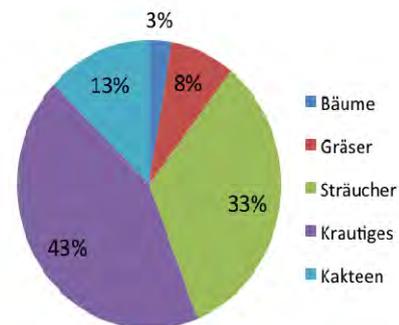


Abb. 2: Anteil der Wuchsformen

Tabelle 2: Art, Anzahl und Wuchsform der Gemeinschaft, die der natürlichen Entwicklung überlassen wurde (Stichprobe 2)

Species	Abundance	Forms of Life
<i>Spartium junceum</i>	80	shrub
<i>Larrea cuneifolia</i>	200	shrub
<i>Lycium chilense</i>	70	shrub
<i>Spartium junceum</i>	50	shrub
<i>Aristida mendocina</i>	1000	grass
<i>Cottea pappophoroides</i>	250	grass
<i>Stipa sp.</i>	300	grass
<i>Arjona longifolia</i>	70	herbaceous
<i>Buddleja mendozencis</i>	25	herbaceous
<i>Hysterionica jasionoide</i>	30	herbaceous
<i>Junellia aspera</i>	40	herbaceous
<i>Lecanophora heterophylla</i>	55	herbaceous
<i>Oenotera odorata</i>	20	herbaceous
<i>Salsola kali</i>	25	herbaceous
<i>Cercidium praecox</i>	50	tree
Shannon-Wiener Index (H')	1.95	

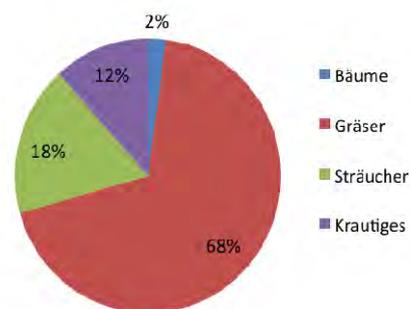


Abb. 3: Anteil der Wuchsformen



Theoretische Klausur

1.1.1. Fülle Tabelle 3 (auf dem Antwortblatt) mit den Informationen zu den Gemeinschaften aus.

Gemeinschaft	Artenreichtum (S)	Gesamtanzahl an Individuen (N)	Name der dominierenden Art	Anzahl der Individuen der häufigsten Art	J
Stichprobe 1: Gemeinschaft mit Kreosotbusch begrünt					
Stichprobe 2: Gemeinschaft mit natürlicher Entwicklung					

1.1.2. Gib an, welche Gemeinschaft die größere Biodiversität hat.

1.1.3. Kennzeichne jede der Äußerungen A bis C auf dem Antwortblatt entweder mit wahr (T) oder falsch (F), abhängig davon, ob die Antwort in 1.1.2. mit dieser Aussage begründet werden kann.

A. Nach zehn Jahren unterscheiden sich die Gemeinschaft, die mit <i>Larrea</i> begrünt wurde und die Gemeinschaft, die der natürlichen Entwicklung überlassen wurde, stark im Artenreichtum, was dem unterstützenden Effekt von <i>Larrea spp.</i> bestätigt.	
B. Das Vorhandensein von <i>Larrea</i> in Stichprobe 1 erhöhte die Häufigkeit von Büschen und krautigen Pflanzen. Dies könnte bedeuten, dass <i>Larrea</i> das Wachstum von anderen Arten begünstigt, wodurch die Ausgeglichenheit der Gemeinschaft erweitert wird.	
C. Die begünstigenden Auswirkungen deuten darauf hin, dass die begrünte Gemeinschaft (Stichprobe 1) eine geringere Verteilung der Wuchsformen zeigt als die Gemeinschaft, die dem natürlichen Verlauf überlassen wurde.	

Theoretische Klausur

- 1.2. Als die geeignete Art zur Begrünung gefunden war, wurde die NGO gebeten, ein arides Gebiet auf den Berghängen von Mendoza zu begrünen. Abbildung 4 zeigt das zu begrünende Gebiet. Berechne die Flächen A, B, C und D sowie die komplette Fläche der Gegend. Gib das Endergebnis in Quadratmetern an.

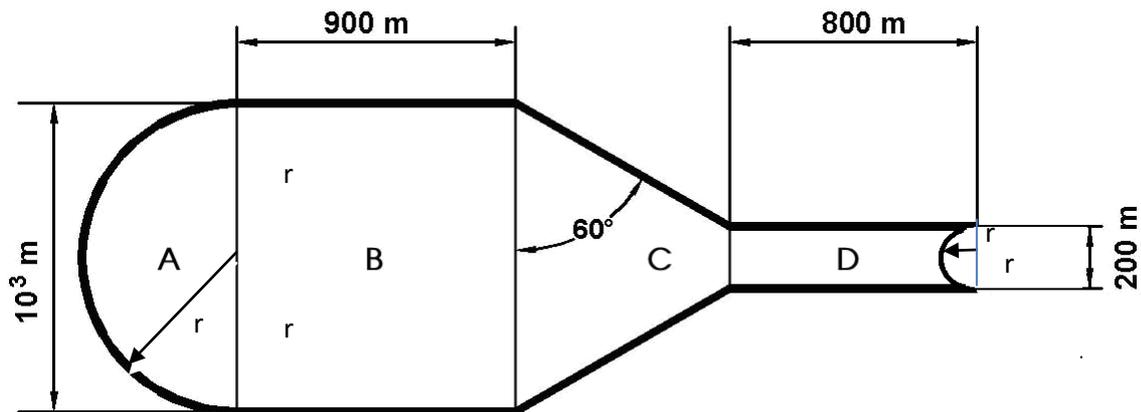


Abbildung 4: Schematische Darstellung des zu begrünenden Gebiets.

- 1.3. Ein weiteres Problem, verursacht durch den Verlust an natürlicher Vegetation vor allem in Gebieten mit Abhängen, ist das Auftreten von Steinschlag. Ein Querschnitt eines solchen Berghangs bei Mendoza zeigt Abbildung 5.

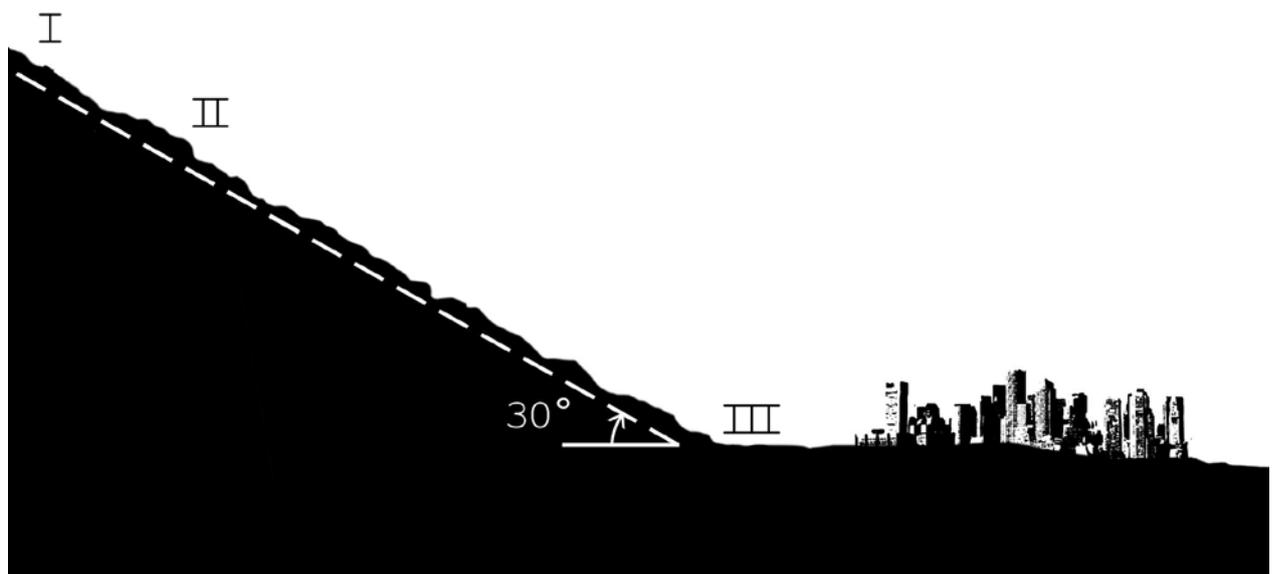


Abbildung 5: Querschnitt durch das Gelände

- 1.3.1. Während eine Gruppe von Arbeitern an Punkt I Rekultivierungsaufgaben durchführt, bemerken sie einen Felsbrocken, der sich ohne Rotation mit einer Geschwindigkeit von $10,0 \text{ m s}^{-1}$ bergab bewegt. Die Entfernung zwischen Punkt I und Punkt II beträgt $50,0 \text{ m}$. Der Gleitreibungskoeffizient zwischen Felsbrocken und Untergrund beträgt in diesem Abschnitt $0,46$. Berechne die Geschwindigkeit des Felsbrockens, wenn er Punkt II passiert. Vernachlässige dabei den Luftwiderstand und gehe von einer glatten Oberfläche aus. (Die Erdbeschleunigung beträgt $9,81 \text{ m s}^{-2}$.)
- 1.3.2. Die Anwesenheit von Vegetation hilft das Ablösen und Abrutschen von Gestein zu verhindern. Nimm an, dass der $200,0 \text{ m}$ lange Abschnitt von Punkt II bis Punkt III rekultiviert wurde und der Felsbrocken aus Aufgabe 1.3.1. Punkt III mit der Geschwindigkeit 0 m s^{-1} erreicht. Berechne den Gleitreibungskoeffizient für diesen Abschnitt unter der Annahme, dass er in diesem Abschnitt konstant ist.
- 1.4. Zur Bestimmung der Bodenqualität haben Wissenschaftler chemische Analysen des veränderten Bodens durchgeführt und die Optimum-Werte für das Wachstum von *Larrea spp.* bestimmt. Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse.

Faktor	Zusammensetzung des veränderten Bodens	Optimum-Werte für das Wachstum von <i>Larrea</i>
Biomasse (in Gewichtsprozent)	0,90	3,33
Stickstoff, total (in mg kg^{-1})	1033,00	1353,00
Nutzbarer Phosphor (in mg kg^{-1})	1,00	8,12
Nutzbares Kalium (in mg kg^{-1})	1199,00	1444,00
Feuchtigkeit (in Gewichtsprozent)	10,52	12,97
pH	7,54	7,10

Tabelle 4: Zusammensetzung des veränderten Bodens und Optimum-Werte für das Wachstum von *Larrea spp.*

Larrea ist tolerant gegenüber veränderten Böden in der Wüste, zeigt jedoch nur eine geringe Toleranz gegenüber Böden mit hoher Phosphor-Konzentration. Der veränderte Boden muss mit Dünger bis zu einer Tiefe von 0,3 m behandelt werden, um die optimalen Nährstoffwerte zu erreichen. Die Zusammensetzung des vorgeschlagenen Düngers ist bezogen auf die Masse: 30 % N, 15 % P₂O₅ und 15 % K₂O.

(Dichte des Bodens: $1,63 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$; Relative Atommasse: P: 31; O: 16; K: 39; N: 14)

- 1.4.1. Nenne den Nährstoff, den du wählen würdest, um die Menge an zu nutzendem Dünger zu bestimmen.
- 1.4.2. Berechne, wie viel Kilogramm Dünger pro Quadratmeter Fläche zugegeben werden muss. Runde die Ergebnisse auf zwei Dezimalstellen.
- 1.4.3. Bestimme die Konzentration der Hydroxidionen OH⁻, die für den in Tabelle 4 dargestellten pH-Wert des veränderten Bodens verantwortlich ist.
- 1.4.4. Nenne den Säure-Base-Indikator aus Tabelle 5, den du auswählen würdest, um den pH-Wert des veränderten Bodens qualitativ zu bestimmen und die Farbe, die der Indikator annehmen würde. Gib auf dem Antwortblatt Indikator und Farbe durch Nennung der in Klammern angegebenen Abkürzungen an!

Indikator	pH-Intervall	Farbe
Methylorange (MO)	3,1 – 4,4	rot (R) – gelb (Y)
Bromthymolblau (BB)	6,2 – 7,5	gelb (Y) – blau (B)
Methylrot(MR)	4,2 – 6,2	rot (R) – gelb (Y)
Metacresolsulfonphtalein (MP)	7,8 – 9,2	gelb (Y) – lila (P)
Phenolphthalein (PP)	8,3 – 10,0	farblos (C) – violett (V)

Tabelle 5: Verhältnis zwischen Indikator, pH-Intervall und Farbe.

- 1.4.5. Der pH-Wert des Bodens kann in Gegenden mit erhöhter Konzentration an löslichem Natriumcarbonat Na₂CO₃ und geringem Niederschlag hoch sein. Dies liegt an der Hydrolyse-Reaktion des Carbonats in Wasser H₂O. Notiere das ausgeglichene Reaktionsschema für die völlige Dissoziation von Na₂CO₃ in Wasser.
- 1.4.6. Notiere das ausgeglichene Reaktionsschema der Reaktion, die für die Erhöhung des pH-Werts im Boden verantwortlich ist.

Theoretische Klausur

1.5. *Larrea* wurde vielfach von den Ureinwohnern verwendet, inklusive der Nutzung von *Larrea cuneifolia* als Kompass, der abhängig von der Stellung der Sonne ist. Die Pflanze positioniert sich derart, dass sie das milde Morgen- und Nachmittagssonnenlicht auffängt, aber das starke Sonnenlicht am Mittag vermeidet, um Austrocknung vorzubeugen. Abbildung 6 zeigt vier Zeichnungen des Blattes von *Larrea*, jedes mit einer anderen Ausrichtung.

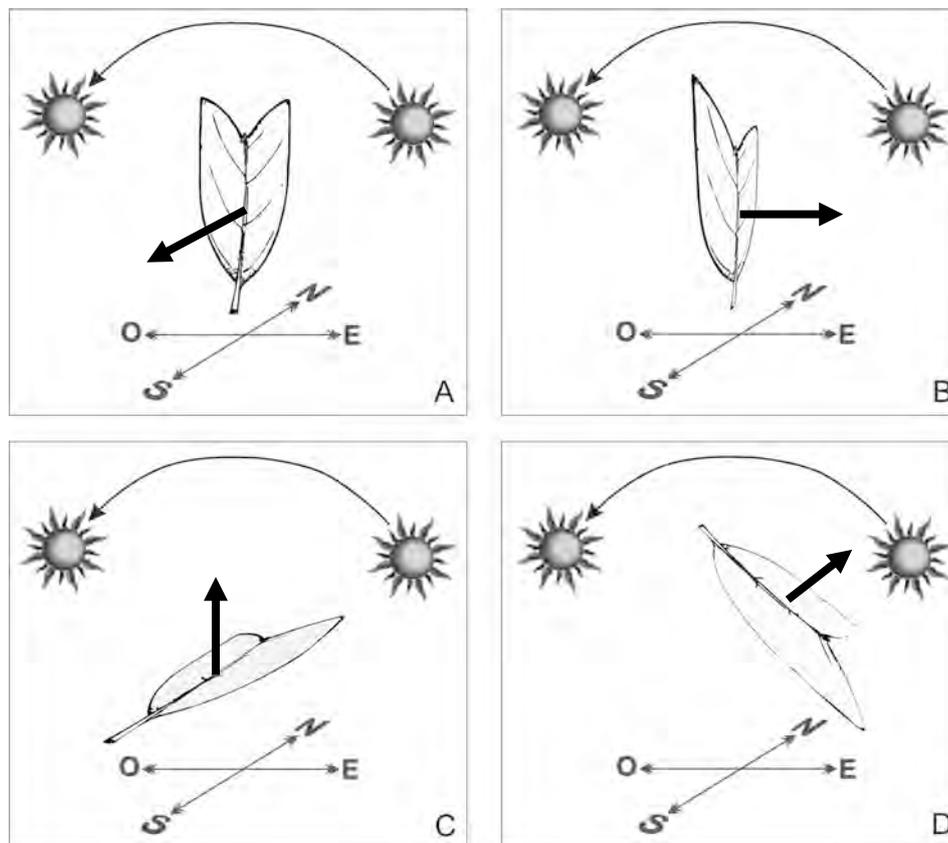


Abbildung 6: *Larrea cuneifolia* Blätter in verschiedenen Ausrichtungen. Die Pfeile zeigen die Ausrichtung der Blattoberseite

1.5.1. Benenne die Abbildung, welche die Beschreibung in 1.5 am besten zeigt.

1.5.2. Wähle aus den folgenden Möglichkeiten die Aussage aus, die die Antwort aus 1.5.1. erklärt:

- Die Wellenlänge des von der Sonne ausgesendeten Lichts ist zu verschiedenen Tageszeiten unterschiedlich.
- Die Frequenz des von der Sonne ausgesendeten Lichts ist zu verschiedenen Tageszeiten unterschiedlich.
- Die Blattoberfläche ist zu verschiedenen Tageszeiten senkrecht zur Sonneneinstrahlung positioniert.
- Die Umgebungstemperatur ist zu verschiedenen Tageszeiten unterschiedlich.

1.6. Die nordihydroguairretische Säure (NDGA) $C_{18}H_{22}O_4$, die im Harz von *Larrea*-Blättern vorkommt, hat wegen ihrer Eigenschaften als Antioxidans, Antikarzinogen und antivirale Substanz viele Anwendungen in der kosmetischen und in der medizinischen Industrie. Eine Methode, um diese Säure zu identifizieren, beruht auf ihrer Reaktion mit Ammoniummolybdat-Tetrahydrat $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$. Dabei bildet sich ein orange gefärbter Komplex. Die Absorption eines einfallenden Lichtstrahles einer bestimmten Wellenlänge wird gemessen, nachdem er eine transparente Küvette, in der sich die gefärbte Lösung befindet, passiert hat (siehe Abbildung 7). Die Absorption hängt direkt von der Konzentration des gefärbten Komplexes in der Lösung ab, der Licht dieser spezifischen Wellenlänge absorbiert.

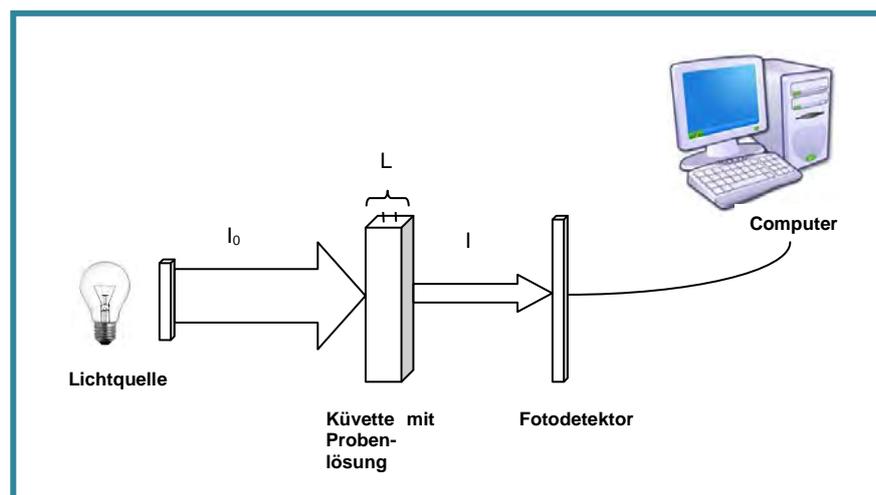


Abbildung 7: Schematischer Aufbau für die Absorptionsmessung

Wenn man NDGA aus den Blättern der *Larrea sp.* extrahiert, werden ebenso andere Substanzen mit extrahiert. Diese Substanzen stören die quantitative Bestimmung von

NDGA. Da sie einige funktionale Gruppen enthalten, die auch in NDGA vorkommen, reagieren sie ebenfalls mit Ammonium-Molybdat unter Bildung des farbigen Komplexes.

Aus den Blättern der *L. divaricata* und *L. cuneifolia* wurden alkoholische Extrakte hergestellt. Bei diesen Extrakten wurden mit der Ammonium-Molybdat-Methode bei verschiedenen Wellenlängen Absorptionsmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 dargestellt.

Wellenlänge (in nm)	400	450	500	550	600	650
Durchschnittliche Absorption anderer Substanzen in den Extrakten	0,82	0,33	0,15	0,07	0,05	0
NDGA Absorption in <i>L. divaricata</i>	1,00	0,84	0,53	0,22	0,09	0,03
NDGA Absorption in <i>L. cuneifolia</i>	0,99	0,81	0,46	0,20	0,06	0,04

Tabelle 6: Absorptionen von NDGA und von anderen Substanzen in *L. divaricata* und *L. cuneifolia* bei den entsprechenden Wellenlängen

1.6.1. Stelle in einem Koordinatensystem die Absorptionswerte für die drei Proben aus Tabelle 6 jeweils als Funktion der Wellenlänge graphisch dar. Benutze für jede Absorptionskurve eine andere Farbe.

1.6.2. Gib mit Hilfe der Daten in Tabelle 6 an, welche Wellenlänge am besten geeignet ist, um NDGA von den anderen Substanzen zu unterscheiden.

Eine Beziehung zwischen der Absorption und der Konzentration der betreffenden Substanz ist durch den folgenden Ausdruck gegeben:

$$A = c \cdot \epsilon \cdot L$$

Hierbei sind A die Absorption der Probe (dimensionslos), c die Konzentration der Substanz (in mol L⁻¹), L die optische Weglänge (siehe Abbildung 7), ϵ der molare Absorptionskoeffizient (in mol⁻¹ L cm⁻¹), der von der analysierten Substanz, der betrachteten Wellenlänge und den experimentellen Bedingungen abhängt.

Ein Chemiker erhielt zwei Extrakte, einen von Blättern der *L. divaricate* und einen von *L. cuneifolia*, vergaß jedoch, sie zu kennzeichnen. Er beschloss, die Extrakte in zwei Gefäße,



gekennzeichnet mit A und B, zu füllen und die Absorption für jede Probe bei 500 nm zu messen. Er verwendete hierbei eine Küvette mit 1 cm optischer Weglänge.

Mit $\epsilon = 8920 \text{ mol}^{-1} \text{ L cm}^{-1}$ und einer Molmasse von 302 g mol^{-1} für NDGA maß er eine Absorption von 0,47 für Probe A und von 0,52 für Probe B.

- 1.6.3. Berechne die NDGA-Konzentration (in mg L^{-1}) für jede Probe. Nimm dabei an, dass die Proben von anderen Substanzen gereinigt wurde.
- 1.6.4. Gib zu Probe A und B die jeweils zugehörige Spezies an. Verwende dafür die Informationen in Tabelle 6 und die für A und B gemessenen Absorptionswerte.
- 1.6.5. 500 mL einer wässrigen Lösung der Konzentration $0,2 \text{ g NDGA}/100 \text{ mL}$ soll aus Blättern der *L. divaricate* zubereitet werden. Es ist bekannt, dass getrocknete Blätter der *L. divaricate* $7 \text{ g NDGA}/100 \text{ g}$ enthalten. Bestimme die Masse von frischen Blättern der *L. divaricate*, die man für die Herstellung der Lösung braucht. Berücksichtige dabei, dass frische Blätter $8 \text{ g Wasser}/100 \text{ g}$ enthalten (Die Dichte des Wassers bei $20 \text{ }^\circ\text{C}$ beträgt 1 g cm^{-3}).



AUFGABE 2

Unter Klimaveränderung versteht man eine durch die Natur und/oder den Menschen verursachte langfristige Änderung der durchschnittlichen Wetterbedingungen. Momentan ist dies ein umweltpolitisches Thema von globaler Bedeutung.

Einige Themen, die in Bezug auf die Klimaveränderung kritisch von der wissenschaftlichen Gemeinschaft betrachtet werden sind:

- a. Die Auswirkungen des Sauren Regens auf Frischwasser-Reservoirs sowie die zunehmende Schwierigkeit, die Bevölkerung flächendeckend mit Wasser zu versorgen.*
- b. Schmelzende Gletscher als eine direkte Folge der globalen Erwärmung.*

Die steigende Konzentrationen verschiedener Gase in der Atmosphäre, z.B. Treibhausgase unter denen Kohlenstoffdioxid CO_2 , Methan CH_4 und Stickstoffdioxid NO_2 zu finden sind, ist eine Folge der Nutzung fossiler Brennstoffe durch den Menschen sowie von intensiver Landwirtschaft und Bodenveränderungen. Die Ansammlung dieser Gase hat zu einem Anstieg der durchschnittlichen Temperatur an der Erdoberfläche geführt, der als "globale Erwärmung" bekannt ist. Eine weitere Folge der steigenden Treibhausgas-Konzentrationen im Zusammenwirken mit Schwefeldioxid SO_2 ist der Saure Regen. Dieser wird auch auf natürlichem Wege durch vulkanische Eruptionen und heiße Quellen ermöglicht. Die schädigende Wirkung niedriger pH-Werte auf wässrige Ökosysteme tritt unmittelbar ein; weitere Folgen sind erhöhter Verschleiß von Baumaterialien, Skulpturen und Monumenten. Außerdem löst Saurer Regen Metalle wie Blei Pb und Kupfer Cu in Wasserrohren. Dennoch kann der Schwefel im Sauren Regen auch vorteilhaft sein. Schwefeldioxid wird in Sulfate (als Aerosol) umgewandelt, welche die Reflexion von Sonnenstrahlung verstärkt und der globalen Erwärmung durch Begrenzung der natürlichen Methanproduktion durch Mikroorganismen in Feuchtgebieten entgegenwirkt.

- 2.1. Normaler Niederschlag besitzt aufgrund der Reaktion von vorhandenem CO_2 mit der Luftfeuchtigkeit zu Kohlensäure H_2CO_3 einen pH-Wert von etwa 5,65. Sinkt der pH-Wert unter 5 (z.T. sogar bis auf 3) wird der Niederschlag als Saurer Regen bezeichnet. Die giftigen Bestandteile sind Schwefeldioxid SO_2 und Stickstoffmonoxid NO , welche Nebenprodukte der Verbrennung von Kohle und Kohlenwasserstoffen sind. Durch eine Reihe von chemischen Reaktionen wird SO_2 und NO in Schwefeltrioxid SO_3 und Stickstoffdioxid NO_2 umgewandelt. Diese verbinden sich mit atmosphärischem Wasser zu den entsprechenden Säuren und führen damit zu einem niedrigen pH-Wert.



- 2.1.1. Notiere die Reaktionsschemata der chemischen Reaktionen, durch die aus SO_3 und CO_2 jeweils mit Wasser eine Säure gebildet wird.
- 2.1.2. Das unausgeglichene Reaktionsschema der chemischen Reaktion, durch die im Sauren Regen Salpetersäure gebildet wird, lautet:



Formuliere die Reaktionsschemata für beide Redox-Teilreaktionen sowie für die ausgeglichene Gesamtreaktion.

- 2.2. Unerwünschte chemische Reaktionen wie das Lösen von Aluminiumhydroxid $\text{Al}(\text{OH})_3$ im Boden bei $\text{pH} < 4$ haben aufgrund der Giftigkeit des Aluminiums massive Auswirkungen auf Fische, Amphibien und Insekten. Der Säuregehalt des Wassers führt außerdem zu gravierenden Komplikationen bei wirbellosen Tieren mit einem Exoskelett in Form von Kalkschalen aus Calciumcarbonat CaCO_3 , da das Lösen dieses Minerals begünstigt wird.

Die Bewohner einer Stadt in der Nähe der Anden haben eine Störung im Ökosystem eines Sees und dessen Umgebung (bis in einige Kilometer Entfernung) bemerkt. Die Änderungen haben sich deutlich in einem Rückgang der einheimischen Flora und Fauna gezeigt, wobei eine große Anzahl an toten Fischen und Amphibien am Ufer des Sees gefunden wurde. Um die Ursache des Problems zu finden und mögliche Lösungen entwickeln zu können, haben Wissenschaftler eine Analyse des Wassers durchgeführt. Als Grund für das Fischsterben wurde dabei eine Aluminiumvergiftung festgestellt.

- 2.2.1. Berechne die Löslichkeit in mol L^{-1} von Aluminiumhydroxid $\text{Al}(\text{OH})_3$ im Seewasser, das einen pH-Wert von 5,2 hat. Das Löslichkeitsprodukt (K_{ps}) beträgt dabei $5 \cdot 10^{-33}$.

- 2.3. Das Wasser-Leitungsnetz der oben genannten Stadt ist in Abbildung 8 dargestellt, wobei V_1 bis V_{11} Verteilerknoten darstellen und V_1 der Hauptknoten mit Anbindung an das Wasserwerk ist.

Früher wurden Wasserrohre aus Blei gefertigt. Mit der Zeit zersetzen sich die Rohre, was aufgrund der Anwesenheit des Schwermetalls im Wasser zu Vergiftungserscheinungen (Bleivergiftung) bei den Menschen geführt hat. Daher müssen die alten Wasserrohre durch neuere, aus Polyvinylchlorid PVC gefertigte Rohre ersetzt werden. Zur Vermeidung unnötiger Kosten soll dabei die Anzahl der Rohre verringert werden.

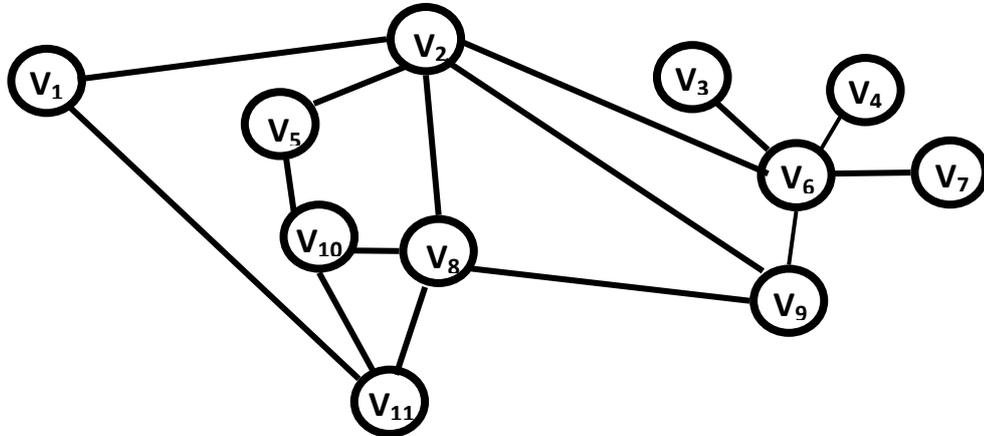


Abbildung 8: Wasser-Leitungsnetz

2.3.1. Gib die maximale Anzahl an Wasserrohren an, die entfernt werden können, ohne die Wasserversorgung aller Verteilerknoten zu unterbrechen.

2.4. Blei reichert sich im Körper an und beeinflusst normalerweise die Leber, die Nieren und das Nervensystem. Die übermäßige Aufnahme hat einen Einfluss auf das Nervensystem, was geistige Retardierung, geringe durchschnittliche Körpergröße sowie Störung bei alltäglichen Aktivitäten zur Folge hat. Schon die Aufnahme geringer Mengen Blei kann zu Schäden des Nervensystems bei Kindern und Feten führen.

Der obere Grenzwert für die Blei-Konzentration im Blut liegt für Erwachsene bei 0,038 mg/100 mL, bei Kindern bei 0,005 mg/100 mL. Die Blei-Konzentrationen im Blut bei 5 Erwachsenen (Testreihe 1) und 5 Kindern (Testreihe 2) aus der betrachteten Stadt sind in Tabelle 7 dargestellt.

Testreihe	Blei-Konzentration im Blut (in mg/100 mL)				
1. Erwachsene	0,057	0,020	0,087	0,060	0,065
2. Kinder	0,004	0,010	0,009	0,008	0,007

Tabelle 7: Blei-Konzentration im Blut (in mg/100 mL) bei Erwachsenen und Kindern.

2.4.1. Berechne die durchschnittliche Blei-Konzentration im Blut für beide Testreihen. Gib an, ob die gültigen Grenzwerte für die beiden Testreihen überschritten werden (A: bei Erwachsenen; B: bei Kindern; C: bei beiden).

2.5. Leben auf der Erde ist nur aufgrund der Energie von der Sonne und durch die Anwesenheit von Treibhausgasen, die die Infrarotstrahlung absorbieren, die von der Erdoberfläche emittiert wird, möglich. Ein Teil dieser absorbierten Strahlung wird zu den oberen Regionen der Atmosphäre wieder ausgesendet, während ein anderer Teil wieder in Richtung der Erdoberfläche ausgesendet wird und damit ihre Temperatur erhöht.

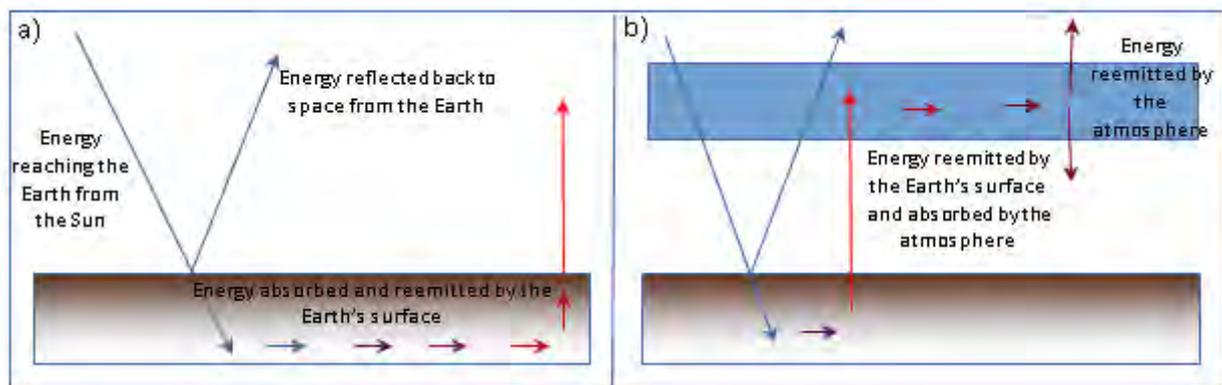


Abbildung 9. a) ohne Atmosphäre. b) mit Atmosphäre

Man betrachte die Sonne als einen schwarzen Körper. Die Oberfläche der Sonne strahlt bei einer Temperatur von 5500 °C Energie ab. Ein Teil dieser Energie erreicht die oberste Schicht der Atmosphäre mit einer mittleren einfallenden Intensität von etwa 341 W m⁻². 30 % dieser Intensität wird ins Weltall reflektiert und der Rest wird von der Erdoberfläche absorbiert. Diese strahlt einen Teil davon mit größeren Wellenlängen (Infrarot-Strahlung) zurück.

2.5.1. Berechne die Gleichgewichtstemperatur für die Erdoberfläche ohne Atmosphäre (Abbildung 9a). Gib deine Ergebnisse in K und in °C an.

Die Intensität I (in W m⁻²), die von einem schwarzen Körper abgestrahlt wird, folgt dem Stefan-Boltzmann-Gesetz:

$$I = \sigma T^4 \text{ mit } \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

Betrachte die Erde als schwarzen Körper, der Energie abstrahlt.

2.5.2. Die Atmosphäre ist für den größten Teil der hochfrequenten Strahlung, die von der Sonne kommt, durchlässig, nicht aber für niederfrequente Strahlung (der infrarote Teil

des elektromagnetischen Spektrums) wie die von der Erdoberfläche wieder ausgesendete Strahlung. Dafür sind vor allem die Treibhausgase verantwortlich.

Berechne die Gleichgewichtstemperatur für die Erdoberfläche mit Atmosphäre (Abbildung 9b). Gib deine Ergebnisse in K und in °C an.

Nimm dabei an, dass die Atmosphäre die gesamte Strahlung, die von der Erdoberfläche ausgesendet wird, absorbiert und in beide Richtungen – nämlich zurück zur Erde und in den Weltraum – zu gleichen Anteilen wieder aussendet. Beginne zunächst mit dem Energiegleichgewicht für die Erdoberfläche und für die Atmosphäre.

Hinweis:

Nimm an, dass die Atmosphäre nur Energie von der Erdoberfläche absorbiert und dass beide beide als schwarzer Körper zu betrachten sind.

- 2.6. Eine der Theorien zum Klimawandel behauptet, dass sich der Planet wegen des Treibhauseffektes erwärmt und dieses wiederum die Ursache für das Schmelzen der Gletscher ist.



Abbildung 10: Gletscher Perito Moreno, Santa Cruz, Argentinien

- 2.6.1. Berechne in diesem Zusammenhang die minimale Energie, die man benötigt, um einen Eisblock mit der Masse von 10.000 kg und einer Temperatur von -10 °C vollständig zu schmelzen.

Thermodynamische Konstanten:

Spezifische Wärmekapazität von Eis: $c = 2,093 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Schmelzwärme von Eis: $l = 333,7 \text{ J g}^{-1}$



AUFGABE 3

Die Sportphysiologie untersucht die Antworten und Anpassungen des menschlichen Körpers an körperliche Anstrengung. Diese Reaktionen und Anpassungen hängen von zahlreichen Faktoren ab, wie zum Beispiel Intensität, Dauer oder Häufigkeit der Ausführung der körperlichen Aktivität; oder auch anderen, wie Ernährung, Umgebungsbedingungen und genetischer Veranlagung der Individuen.

Eine 13-jährige Teenagerin macht gerne Sport. Sie hat mehrere Monate für einen Wettkampf trainiert. Heute ist sie früh aufgestanden und hat ihr Frühstück gegessen, das aus einer Tasse Milch, einer Scheibe Toast und einer Banane bestand.

3.1. Die Verdauung von Kohlenhydraten besteht im Abbau der langen Molekülketten zu einfacheren Molekülen. Die Enzyme des Körpers katalysieren diese Umformung.

3.1.1. Markiere in Tabelle A mit einem Kreuz X, basierend auf den Informationen in den Tabellen A und B, das sekretorische Organ, das das Enzym produziert, welches an der Verdauung der Stärke in der Toastscheibe beteiligt ist. Trage anschließend die passende Nummer aus Tabelle B ein, und ordne dadurch das Organ, in dem das Enzym produziert wird, zu.

Hinweis: Das gleiche Enzym kann von mehreren Organen produziert werden.

Tabelle A		
Organ	An der Verdauung von Stärke beteiligtes sekretorisches Organ	Enzym
Leber		
Magen		
Speicheldrüsen		
Dickdarm		
Zwölffingerdarm		
Speiseröhre		
Dünndarm		

Tabelle B	
1	Phospholipase
2	Maltase
3	Amylase
4	Lipase
5	Glucosidase
6	Sucrase

3.1.2. Beim Frühstück hat sie auch Kohlenhydrate aus Milch und Früchten aufgenommen, die im Verdauungsprozess durch die Aktivität spezifischer Enzyme in einfachere Zucker gespalten werden.

Theoretische Klausur

Fülle Tabelle C, die enzymatische Reaktionen zeigt, auf dem Antwortbogen aus. Schreibe den dem Enzym entsprechenden Buchstaben in das grüne Kästchen und die den Produkten entsprechende Zahl in die blauen Kästchen (jede Zahl kann mehrfach verwendet werden).

Enzyme		Produkte	
A	Creatin kinase	1	Maltose
B	Amylase	2	Glucose
C	Lactase	3	Fructose
D	Glucosidase	4	Lactose
E	Sucrase	5	Galactose
F	Maltase	6	Saccharose (sucrose)

Tabelle C	
starch	
maltose	
lactose	
saccharose (sucrose)	

Nach dem Frühstück geht die Sportlerin für ihr tägliches Trainingsprogramm auf den Sportplatz. Wenn wir die Bewegungen der Sportlerin und die Abläufe in der Muskulatur im Detail betrachten, können wir sagen:

3.2. "Die Muskulatur bildet zusammen mit dem Skelettsystem das muskuloskeletale System, das für die Bewegung des menschlichen Körpers verantwortlich ist. Der Mechanismus der Muskelkontraktion kann durch eine geordnete Abfolge von Prozessen erklärt werden.

3.2.1 Tabelle D enthält Einzelschritte der Muskelkontraktion. Vervollständige Tabelle E (auf dem Antwortblatt), indem du die Buchstaben der Einzelschritte in der richtigen Reihenfolge einträgst.



Tabelle D: Einzelschritte der Muskelkontraktion	
A.	ATP wird zu ADP + P _i (anorganisches Phosphat) gespalten und das Myosin-Köpfchen wird von der Bindungsstelle entfernt.
B.	Acetylcholin wirkt lokal am Sarkolemm und öffnet zahlreiche Ionenkanäle. Dadurch können viele Natriumionen durch das Sarkolemm strömen, wodurch ein Aktionspotential in der Muskelfaser ausgelöst wird.
C.	Das Aktionspotential depolarisiert das Sarkolemm. Ca ²⁺ -Ionen werden aus dem sarkoplasmatischen Retikulum freigesetzt.
D.	Ca ²⁺ -Ionen werden zurück in das sarkoplasmatische Retikulum gepumpt. Dort verbleiben sie bis ein neues Aktionspotential ankommt.
E.	Ein Aktionspotential erreicht die Synapse zwischen Motoneuron und Muskelzelle und Acetylcholin wird am Endknöpfchen ausgeschüttet.
F.	Ca ²⁺ -Ionen verursachen Anziehungskräfte zwischen Actin und Myosin. Die Aktin- und Myosinfilamente ordnen sich innerhalb eines Sarkomers so an, dass ihre organisierte Wechselwirkung zur Muskelkontraktion führt. Während der Kontraktion binden die Myosinköpfchen an das Actin und ziehen die Filamente Richtung Sarkomermitte.

Tabelle E	
Reihenfolge	Entsprechender Buchstabe
1	
2	
3	
4	
5	
6	

3.2.2 Abbildung 11 stellt die Muskelkontraktion dar. Fülle die vorgegebenen Platzhalter mit den entsprechenden Buchstaben aus.

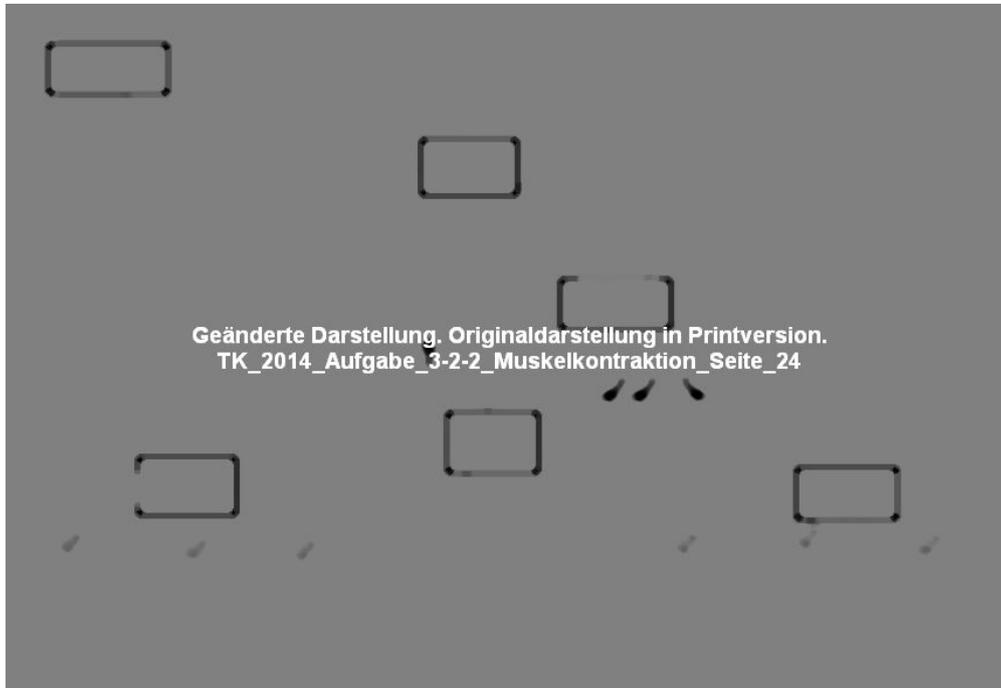


Abbildung 11: Darstellung der Muskelkontraktion

Die Kontraktion des Skelett-Muskels umfasst vielfache gleichzeitige Verkürzungen der Sarkomere. Das bedeutet, dass das Gleiten von Actin- und Myosin-Filamenten stattfindet, so dass sie als "Maschine" arbeiten. Damit dieser Prozess stattfinden kann, sind mechanische Kräfte und Energie erforderlich. Die Kräfte werden durch die quergestreiften Fasern erzeugt und die Energie kommt aus der Hydrolyse von ATP zu ADP + P_i.

3.3 Als Teil ihres täglichen Trainings führt die Sportlerin auch eine Gewicht-Hebe-Routine durch, um ihre Muskeln zu stärken.

3.3.1. Die typische maximale Kraft einer "Maschine" aus Myosin-Actin, wie in den Muskeln vorgefunden, ist $5,0 \cdot 10^{-12}$ N. Berechne die minimale Anzahl der "Maschinen", die ein Muskel beim Heben einer Masse von 50 kg beanspruchen müsste (Die Erdbeschleunigung beträgt $9,81 \text{ m s}^{-2}$).

Theoretische Klausur

3.3.2. Diese Maschinen verbrauchen ATP. Die typische Kraft, die von einer Myosin-Maschine ausgeübt wird, ist $5,0 \times 10^{-12} \text{ N}$, und ihre typische Geschwindigkeit ist etwa $11 \cdot 10^{-9} \text{ m s}^{-1}$. Berechne die Leistung in J s^{-1} , die von einer Myosin-Maschine aufgebracht wird.

3.4. *Verschiedene Nahrungsmittel versorgen den Organismus mit verschiedenen Mengen von Energie, damit er seine Funktionen ausführen kann. Die Verbrennungsgleichung für Glukose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) ist eine der am häufigsten benutzten Gleichungen zur Beschreibung dieses Prozesses.*

3.4.1. Die Nahrung, die von der Sportlerin zum Frühstück eingenommen wird, entspricht 90 g Glukose. Berechne die Masse von Kohlenstoffdioxid CO_2 , die bei der vollständigen Verbrennung entsteht. (Relative Atommasse: C: 12; O: 16; H: 1)

3.4.2. Berechne die Anzahl der Sauerstoffatome in 90 g Glucose.

3.5. *Nun macht die Sportlerin einen kurzen Geschwindigkeitstest auf gerader Strecke und dann einen auf einer kreisförmigen Bahn.*

3.5.1. Auf der geradlinigen Bahn entspricht ihre Geschwindigkeit dem Graphen in der folgenden Abbildung. Bestimme jeweils die Momentanbeschleunigung an den Punkten A, B und C.

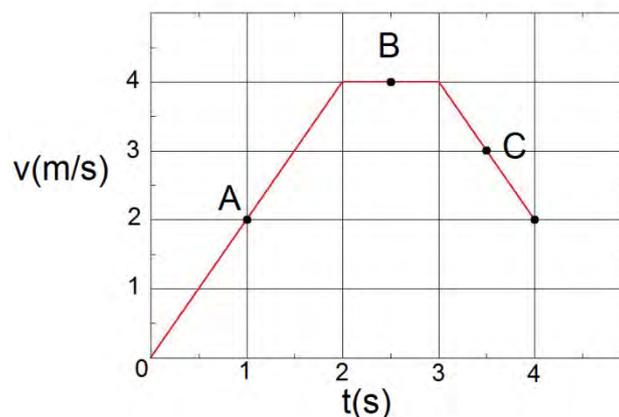


Abbildung 12: Geschwindigkeit als Funktion der Zeit



Theoretische Klausur

- 3.5.2. Berechne die Länge der Strecke, die sie in den ersten zwei Sekunden des Laufs zurücklegt.
- 3.5.3. Die kreisförmige Bahn beginnt bei $t = 4$ s mit der Geschwindigkeit in Abbildung 12. Die begrenzende Reibungskraft zwischen Schuh und Laufbahn erlaubt es der Sportlerin nicht, die Kreisbeschleunigung (Zentripetalbeschleunigung) von $3,0 \text{ m s}^{-2}$ zu überschreiten. Berechne den minimalen Radius, den ihre Kreisbahn haben darf. Gehe von einer konstanten Geschwindigkeit auf der Kreisbahn aus.

3.6. Vor Trainingsbeginn unterzog sich die Sportlerin eines medizinischen Checkups. Der Druck und das Volumen für verschiedene Teile des Herzens in Abhängigkeit von der Zeit sowie ein Elektrokardiogramm und ein Phonokardiogramm sind in Abbildung 13 dargestellt



Abbildung 13: Verschiedene Ereignisse, die während dreier Herzzyklen in verschiedenen Teilen des Herzens ablaufen

- 3.6.1. Berechne mit den Informationen aus Abbildung 13 die Zeitspanne (in s) von einem Herzzyklus.
- 3.6.2. Berechne die entsprechende Herzfrequenz (Herzschläge pro Minute).

Theoretische Klausur

- 3.6.3. Gib an, in welchen Zeitintervallen das ventrikuläre Volumen abnimmt. Beachte dabei, dass die Intervalle, in denen das Volumen konstant bleibt, 0,05 s dauern.
- 3.6.4. Gib den maximalen Wert an, den man für den ventrikulären Druck beobachtet.
- 3.7. Nach dem Training fühlte sich die Sportlerin erregt, deshalb bat sie jemanden, ihren Puls zu messen. In diesem Moment hatte niemand eine Uhr zur Hand, aber ein Physik-Student sagte, er könnte improvisieren und die Zeit mit Hilfe eines einfachen Pendels messen, indem er es leicht um seine Gleichgewichtsposition schwingen lässt (Abbildung 14). Jeweils nach 15 Schwingungen des Pendels maß der Physik-Student 20 Pulsschläge und kam zu dem Ergebnis, dass die Herzfrequenz der Sportlerin doppelt so groß war, wie diejenige, die vor Trainingsbeginn gemessen worden war (die Frequenz, die in Aufgabe 3.6.2 berechnet worden ist).

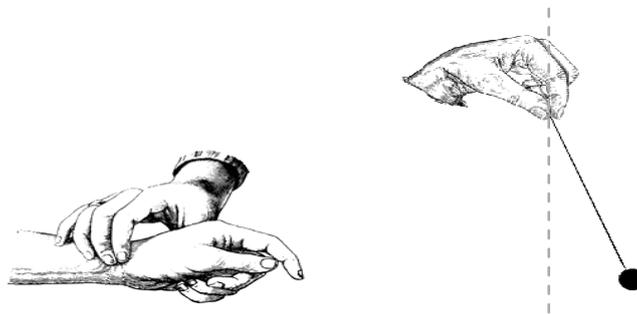


Abbildung 14: Pulsmessung mit einem einfachen Pendel

- 3.7.1. Berechne die Länge L des Pendels, das der Student für die Messung benutzt hat. Für die Schwingungsdauer eines einfachen Pendels gilt:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

(Erdbeschleunigung $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$)