

Arbeitsgruppe D 6 Clara Dees
 Susanne Duncker
 Anja Hartmann
 Kristin Hofmann

Kurs 7: Atmung

Im diesem Kurs ging es um die verschiedenen Aspekte des Begriffs „Atmung“. Wir experimentierten mit oxygeniertem und desoxygeniertem Blut, um deren Spektralkurven zu bestimmen, führten mit unserem eigenen Blut Versuche zur Blutgruppen- und Erythrozytenzahlbestimmung durch, maßen die Vitalkapazitäten unserer Lungen und berechneten den Sauerstoffverbrauch von Tenebrio-Larven. Wir erhielten eine Übersicht über den Gasaustausch und den Gastransport in unserem Körper und konnten durch unsere Experimente mit Tenebrio-Larven die gewonnenen Erkenntnisse zum Verständnis des Q_{10} -Wertes verwenden.

Experiment 1a: Abhängigkeit des Absorptionsspektrums des Blutes von dessen O_2 -Gehalt

In diesem Experiment ging es darum, herauszufinden, in wie weit sich die Absorptionsspektren von sauerstoffarmem und sauerstoffreichen Blut unterscheiden. Wir verwendeten für den Versuch Humanblut.

Um das Blut mit Sauerstoff anzureichern, gaben wir etwas Blut in ein Becherglas und schwenkten das Blut so lange, bis es sich hellrot verfärbt hatte.

Mit Hilfe einer Spatelspitze Natriumdithionit ($Na_2S_2O_4$) entzogen wir einem Milliliter Blut den Sauerstoff.

Zu jeweils 1 ml der beiden Proben wurden zur Verdünnung 30 ml 0,4 % NH_3 -Lösung gegeben. Beide Proben wurden mit dem Photospektrometer ausgewertet, die beiden Spektren wurden in einem Diagramm ausgedruckt. Dieses befindet sich als Anlage A im Anhang des Protokolls. Anlage B zeigt einen vergrößerten Abschnitt des gleichen Diagramms.

Das Spektrum des oxygenierten Blutes weist zwei Maxima auf, das des desoxygenierten Blutes nur eines. Desoxygeniertes Blut hat seine maximale Lichtabsorption bei Licht von 555 nm Wellenlänge, oxygeniertes Blut bei 541 nm und 577 nm. Diese Unterschiede ergeben sich aus der Konformationsänderung des Hämoglobinmoleküls bei Sauerstoffbindung.

Das Hämoglobin ist das respiratorische Pigment des Blutes der Vertebraten. Es ist eine Verbindung aus Proteinen und Metallionen und besteht aus vier Untereinheiten mit zwei α - und zwei β -Globinketten, die jeweils eine Häm-Gruppe mit einem Fe^{2+} -Zentralatom besitzen. An dieses Atom bindet je ein Sauerstoff, insgesamt binden also vier Sauerstoffatome reversibel pro Hämoglobinmolekül. Das Hämoglobin verteilt auf seinem Weg durch die Blutbahn den Sauerstoff im Körper, wo er verbraucht wird.

Experiment 1b: Bestimmung der Vitalkapazität der Lunge

Mit einem Handspirometer wurde von jedem Gruppenmitglied das Lungenvolumen bestimmt, um abhängig von Alter, Geschlecht und Rauchverhalten Aussagen treffen zu können. Da unsere Gruppe aus vier einundzwanzigjährigen Nichtraucherinnen besteht, ist die Diskussion über die Auswirkungen des Rauchens auf die Vitalkapazität der Lunge nicht auf unsere experimentell ermittelten Daten gestützt.

Das in Tabelle b angegebene Lungenvolumen ist der Mittelwert dreier Messungen, die in Tabelle a angegeben sind.

Messung	Anja	Clara	Kristin	Susanne
1	2300	2100	2200	3100
2	2900	2400	2200	2950
3	2600	2400	2100	2900

Mittelwert	2600	2300	2167	2983
------------	------	------	------	------

Tabelle a: Ergebnisse der Messungen der Vitalkapazität der Lunge mit gebildetem Mittelwert

Name	Alter	Geschlecht	Nichtraucher?	Ø Lungenvolumen in cm ³
Anja	21	Weiblich	Nichtraucher	2600
Clara	21	Weiblich	Nichtraucher	2300
Kristin	21	Weiblich	Nichtraucher	2167
Susanne	21	Weiblich	Nichtraucher	2983

Tabelle b: Vitalkapazitäten der Lungen der Gruppenmitglieder in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter und Rauchverhalten

Der Literaturwert für die Vitalkapazität der Lunge 21-jähriger Frauen liegt bei 2800 cm³ plus 3000 cm³ Residualvolumen. Anjas und Susannes Abweichung von diesem Wert kann als statistische Schwankung betrachtet werden, Claras Lungenvolumen ist erwartungsgemäß geringer als der Literaturwert, da sie etwas kleiner als durchschnittlich ist. Kristins Lungenvolumen überrascht zunächst aufgrund seiner geringen Größe, lässt sich aber durch ihren relativ schmalen Brustkorb und ihre kaum vorhandene sportliche Betätigung erklären.

Auswirkungen des Rauchens auf die Vitalkapazität der Lunge

Vom Rauchen geht ein unkalkulierbares Gesundheitsrisiko aus. Die vielen im Tabakrauch enthaltenen Schadstoffe und Gifte haben Einfluss auf den gesamten menschlichen Organismus. Einige wichtige Schadstoffe des Tabakrauchs und Rauchkondensats (Teer) sind Nikotin, Pyridin, Benzpyren, Ammoniak, Blei, Formaldehyd, Blausäure, Zink, Anilin, Stickoxide, Nickel und Schwefelwasserstoffe. Allein die Anzahl der krebserregenden Stoffe beläuft sich auf über 40. Die Lunge wird durch den direkten Kontakt mit den inhalierten Stoffen besonders stark geschädigt. Das Rauchkondensat legt sich auf die Alveolen, die quasi „zugeteert“ werden und somit einen schlechteren Gasaustausch zulassen oder im schlimmsten Fall überhaupt nicht mehr am Gasaustausch teilnehmen, sondern den respiratorischen Totraum vergrößern. Leider schadet auch das Passivrauchen.

Experiment 2a: Bestimmung der Blutgruppe beim Menschen

Für die Blutgruppenbestimmung verwendeten wir Antiseren zur Blutgruppenbestimmung (Anti-A, Anti-B, Anti-AB, Rh). Je ein Antiserum wurde in eine Vertiefung der Tüpfelplatte gebracht und anschließend das Blut der Freiwilligen hinzu gegeben und vermischt. Nach einer kurzen Wartezeit wurde das Gemisch auf Agglutination hin untersucht. Die erhaltenen Ergebnisse sind in Tabelle c aufgeführt.

Antikörper	Anja	Clara	Susanne
Anti-A	agglutiniert nicht	agglutiniert	agglutiniert
Anti-B	agglutiniert nicht	agglutiniert nicht	agglutiniert nicht
Anti-AB	agglutiniert nicht	agglutiniert	agglutiniert
Rh	agglutiniert	agglutiniert nicht	agglutiniert

Tabelle c: Ergebnisse der Blutgruppenbestimmung dreier Kursteilnehmer

Blutgruppenbestimmung:

- Anja
Bei Anja verklumpte außer dem Serum mit den Rhesus-Antikörpern nichts. Sie hat also weder die Antigene für die Blutgruppe A noch die für die Blutgruppe B, was der Blutgruppe 0 entspricht. Da das Rhesus-Serum verklumpte, ist sie rhesuspositiv und hat somit die Blutgruppe 0 positiv.
- Clara
Bei Clara verklumpte das Blut sowohl in Kontakt mit dem Antiserum A sowie mit dem Antiserum AB. Mit dem Rhesusfaktor-Antiserum verklumpte es ebenfalls nicht, was auf die Blutgruppe A negativ schließen lässt.
- Susanne
Bei Susanne verklumpte das Blut in Kontakt mit den gleichen Antiseren wie das Blut von Clara, mit dem Unterschied, dass auch das Rhesusfaktor-Antiserum eine Agglutination hervorrief. Susanne hat folglich die Blutgruppe A positiv.

Die Blutgruppen haben eine große Bedeutung in der Medizin. Bei Operationen werden beispielsweise oft große Mengen Blut transfundiert. Dabei ist darauf zu achten, dass der Patient Blutkonserven bekommt, die genau seiner Blutgruppe entsprechen. Wie in unserem Versuch zu sehen war, würde sein Immunsystem auf Blut anderer Blutgruppen reagieren und es mit Hilfe der Antikörper verklumpen, was zu Arterienverstopfung und somit z.B. Hirnschlägen führen kann. Allerdings wird in Krankenhäusern nicht nur auf die Blutgruppe und den Rhesusfaktor geachtet, sondern auch auf andere Blutmerkmale, z.B. den Kell.-Wert oder den Genotyp des Rhesusfaktors, die man in seinem Blutspendeausweis findet.

In Notfällen, wenn die passende Blutgruppe nicht vorrätig ist, jedoch dringend benötigt wird, erhält der Patient bis zum Eintreffen „seiner“ Blutgruppe Blut der Blutgruppe 0 negativ. Blutspender der Blutgruppe 0 negativ werden oft als „Idealspender“ bezeichnet, da ihr Blut keine Antigene aufweist, gegen die das patienteneigene Blut Antikörper besitzt. Im Gegensatz zum „Idealspender“ gibt es auch den so genannten „Idealempfänger“, Menschen mit Blutgruppe AB positiv. Ihr Blut enthält weder Antikörper gegen das Antigen A oder B noch gegen das Antigen des Rhesusfaktors, da das Immunsystem all diese Antigene als körpereigen erkennt.

Bekommt eine rhesusnegative Mutter ein rhesuspositives Kind, so kann es ebenfalls zu Problemen mit den Antigenen kommen. Die Antikörper der Mutter gegen das Rhesus-Antigen durchqueren die Plazenta und zerstören die kindlichen Erythrozyten – vorausgesetzt, das Blut der Mutter kam zuvor schon einmal mit rhesuspositivem Blut in Kontakt. Im Gegensatz zu den Antikörpern gegen die Antigene A und B besitzt das Immunsystem ohne eine vorherige Sensibilisierung keine Antikörper gegen den Rhesusfaktor. Da bei der Geburt durch Verletzungen kindliches und mütterliches Blut in Kontakt kommen können, wird die Mutter durch Injektion von Rhesus-Antikörpern passiv immunisiert: Die eventuell im mütterlichen Blut vorhandenen kindlichen Erythrozyten werden sofort von den Antikörpern „maskiert“, die Mutter wird nicht sensibilisiert und es dürfte keine Schwierigkeiten bei einer Schwangerschaft mit einem weiteren rhesuspositiven Kind geben.

Experiment 2b: Bestimmung der Erythrozytenzahl

Um die Erythrozytenzahl pro mm^3 Nativblut berechnen zu können, verwendeten wir eine Zählkammer nach Neubauer. Einer Versuchsperson, in unserem Fall Susanne, wurden 5 μl Blut entnommen und mit 1000 μl 0,9 %iger NaCl-Lösung vermischt. Ein Tropfen des Gemischs wurde mit Hilfe der Neubauer'schen Zählkammer ausgezählt. Die Originaltabelle unserer Auszählung liegt diesem Protokoll als Anlage C bei.

In 0,02 mm^3 Blutlösung (das Volumen unter den 80 ausgezählten Kleinstquadraten von 0,0025 mm^2 Fläche und 0,1 mm Höhe) waren 404 Erythrozyten enthalten, was bei einer Verdünnung von 1:200 $4,04 \cdot 10^{12}$ Erythrozyten pro Liter Blut ergibt:

404 Erythrozyten in 0,02 mm^3 Blut ergeben 20200 Erythrozyten pro mm^3 Blut.

20200 Erythrozyten pro mm^3 Blut ergeben 20200000000 Erythrozyten pro Liter Blut

Verdünnung: 1:200 $\rightarrow 4\,040\,000\,000\,000$ Erythrozyten pro Liter Blut, das sind $4,04 \cdot 10^{12}$

Der Literaturwert für eine weibliche erwachsene Person lautet $3,5 - 5,0 \cdot 10^{12} / \text{l}$. Der von uns ermittelte Wert liegt innerhalb des oberen Bereichs des unteren Drittels dieses Wertes, was auf eine intakte Gesundheit der Versuchsperson hinweist.

*Experiment 3: Bestimmung des Q_{10} -Wertes der Larven von *Tenebrio spec.**

Mit Hilfe eines Respirometers sollte der Sauerstoffverbrauch von Larven von *Tenebrio sp.* bestimmt werden. Dazu wurden die Larven in ein abgeschlossenes Gefäß (Messgefäß) gegeben, das über eine Verbindung mit Manometer mit einem identischen Gefäß (Kompensationsgefäß) ohne Larven, aber mit Volumenersatz, verbunden war. Die Verbindung der beiden Gefäße wurde mit KOH-Plättchen gefüllt, um den von den Larven erzeugten CO_2 zu binden, da dieser das Messergebnis des Sauerstoffs sonst beeinträchtigt hätte. Das ganze Respirometer stand in einem temperierten Wasserbad, das nach der Messung ausgetauscht wurde. So sollte der Sauerstoffverbrauch in Abhängigkeit von der Temperatur und der Q_{10} -Wert bestimmt werden.

Für die Messung wurden drei Larvengruppen verwendet, die jeweils drei verschiedene Temperaturen ausgesetzt wurden. Unsere Messergebnisse unserer Larvengruppe sowie die beiden Messergebnisse bei den anderen Temperaturen befinden sich als Anlage D bei diesem Protokoll. Der Sauerstoffverbrauch in ml pro Gramm Frischgewicht (g_{FG}) der Tiere wurde berechnet und gegen die Zeit in ein Diagramm eingetragen, welches sich ebenfalls im Anhang befindet (Anlage E). Unsere Messung ist rot gekennzeichnet.

Berechnung des Q_{10} -Wertes

Zur Berechnung des Q_{10} -Wertes musste zunächst das Gesamtvolumen V_{ges} des veratmeten Sauerstoffs pro 60 Minuten und Gramm Frischgewicht (g_{FG}) bei jeder Temperatur ausgerechnet werden, was wiederum die Menge des veratmeten Sauerstoffs n_{O_2} ergab, der mit Hilfe der Formel 6 im Skript berechnet wurde:

$$T1 = 17,2\text{ °C}$$

$$T2 = 25\text{ °C}$$

$$T3 = 31,6\text{ °C}$$

$$T1: V_{20} = 0,46\text{ ml/g}_{FG} \rightarrow V_{ges,T1} = 1,32\text{ ml/g}_{FG} \rightarrow n_{O_2} = 55,26\text{ }\mu\text{mol/(g*h)}$$

$$T2: V_{30} = 0,335\text{ ml/g}_{FG} \rightarrow V_{ges,T2} = 0,67\text{ ml/g}_{FG} \rightarrow n_{O_2} = 27,39\text{ }\mu\text{mol/(g*h)}$$

$$T3: V_{20} = 0,43\text{ ml/g}_{FG} \rightarrow V_{ges,T3} = 1,33\text{ ml/g}_{FG} \rightarrow n_{O_2} = 53,32\text{ }\mu\text{mol/(g*h)}$$

Unter der Annahme, dass Mehlkäfer-Larven hauptsächlich Kohlenhydrate als Substrat für die Zellatmung verwenden, ist für den physiologischen Brennwert E ist $17,6\text{ kJ/g}$ einzusetzen, für den spezifischen O_2 -Bedarf $B = 37500\text{ }\mu\text{mol } O_2/\text{g}$. Diese Werte wurden in Formel 5 im Skript eingesetzt, um die Stoffwechselrate S zu messen:

$$S_{T1} = 25,94$$

$$S_{T2} = 12,85$$

$$S_{T3} = 25,03$$

Diese Daten wurden in die Formel 4 im Skript eingesetzt, um den Q_{10} -Wert für die Temperaturdifferenzen zu bestimmen (Anmerkung: Ein Q_{10} -Wert von 1 würde bedeuten, dass sich die Stoffwechselrate beim Temperaturunterschied nicht geändert hat, ein kleinerer Wert als 1, dass die Stoffwechselrate bei höherer Temperatur geringer ist, ein größerer, dass die Stoffwechselrate bei höherer Temperatur höher ist):

$$T1\text{ zu }T2: \log Q_{10} = 0,39 \rightarrow Q_{10} = 2,46$$

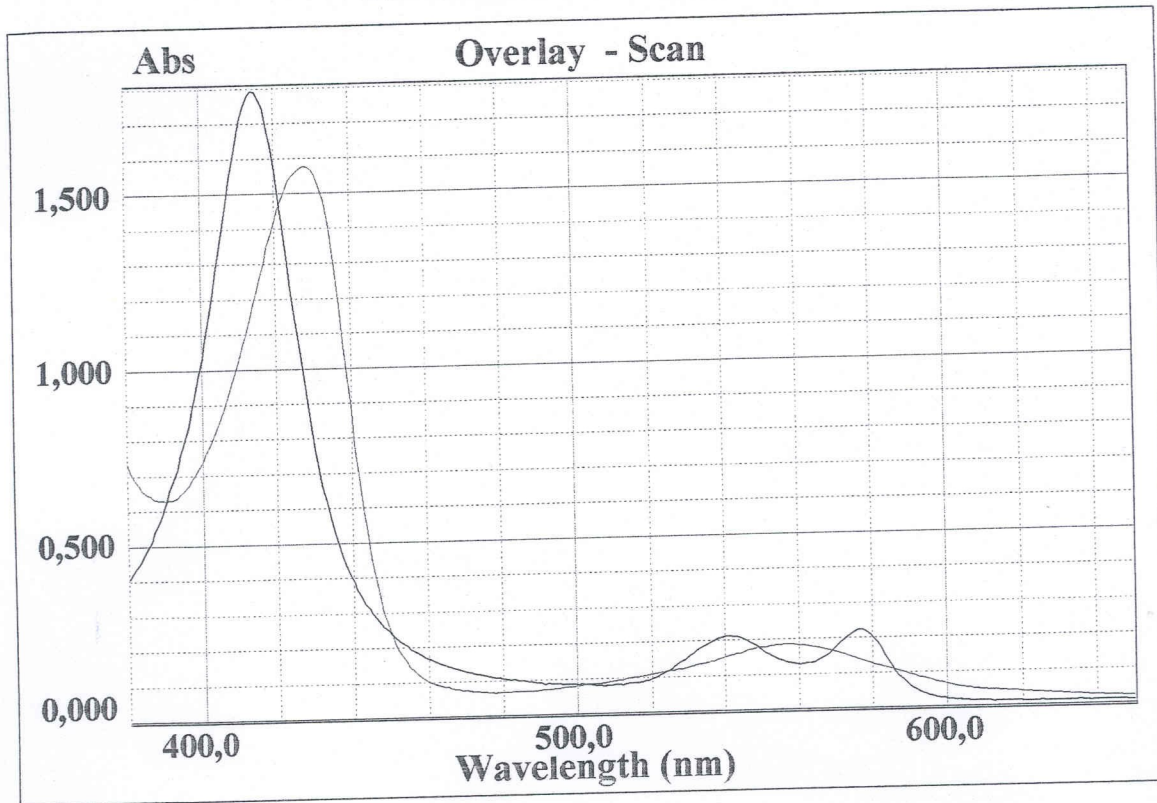
$$T2\text{ zu }T3: \log Q_{10} = 0,44 \rightarrow Q_{10} = 2,74$$

Aus diesen Werten kann man folgern, dass sich die Stoffwechselrate der Tiere sowohl beim Temperaturwechsel von $17,2\text{ °C}$ auf 25 °C als auch bei einer weiteren Erhöhung auf $31,6\text{ °C}$ um etwas mehr als das Doppelte erhöht. Dies bestätigt die RGT-Regel von van t'Hoff.

Mögliche Fehlerquellen bei diesem Versuch:

- Systematische Fehler
 - a. Die Gefäße des Respirometers könnten nicht vollständig abgedichtet gewesen sein. Dies hätte zur Folge, dass die Larven nicht nur den Sauerstoff aus dem Gefäß, sondern auch den aus der Umgebungsluft verbrauchen könnten.
 - b. Das Manometer könnte nicht mehr korrekt geeicht sein.
 - c. Das Wasserbad könnte aufgrund falscher Anzeige der Thermometer die falsche Temperatur gehabt haben.
- Zufällige Fehler
 - a. Die Daten des Manometers könnten von uns falsch abgelesen worden sein.
 - b. Unsere Gruppe könnte Rechenfehler bei der Berechnung des Q_{10} -Wertes gemacht haben.

Praktikum 4.Semester



Praktikum 4.Semester

