

Atmung

1) Einleitung

Unter dem weit gefassten Begriff „Atmung“ fasst man den Gasaustausch mit der Umwelt, den Transport der Atemgase in den Körperflüssigkeiten und die eigentlichen oxidativen Vorgänge in den Zellen zusammen.

Zu diesem Thema wurden folgende Versuche durchgeführt:

- Abhängigkeit des Absorptionsspektrums des Blutes von dessen O₂-Gehalt
- Bestimmung der Vitalkapazität der Lunge
- Bestimmung der Blutgruppe beim Menschen
- Bestimmung der Erythrozytenzahl
- Bestimmung des Q₁₀-Wertes der Larven von *Tenebrio spec.*

2) Beschreibungen der Versuche mit Auswertung und Diskussion:

2.1) Abhängigkeit des Absorptionsspektrums des Blutes von dessen O₂-Gehalt

2.1.1) Einleitung

Respiratorische Pigmente sind Verbindungen aus Proteinen und Metallionen. Bei Vertebraten ist das respiratorische Pigment das Hämoglobin.

Da Hämoglobin und die verschiedenen Gasverbindungen davon verschiedene charakteristische Absorptionsspektren haben, kann man die einzelnen Verbindungen durch die Lage der Absorptionsbanden unterscheiden!

2.1.2) Material

alte Blutkonserve, Photometer mit Computer und Drucker, Küvetten, Bechergläser, Pipetten, Pyleus-Ball, Einweghandschuhe, Natriumdithionit, Spatel, 0,4%ige Ammoniak-Lösung

2.1.3) Methode

Herstellen einer Stammlösung aus 2ml Blut und 50ml der Ammoniaklösung, die dann kräftig geschüttelt wird, bis die Blutlösung heller wird. Dann wird zweimal je 1ml entnommen, in zwei gesonderte Bechergläser gegeben und wiederum mit jeweils mit 30ml Ammoniaklösung versetzt. Das Hämoglobin in einem der beiden Bechergläser wird mit Na₂S₂O₈ reduziert und verdunkelt sich dabei. Dann erfolgt die photometrische Untersuchung der beiden Lösungen.

2.1.4) Ergebnis und Diskussion

Die Messdaten der photometrischen Untersuchung sind auf den folgenden zwei Seiten beschriftet zu sehen.

Die Soretbande von HbO₂ liegt mit einer Absorption von 2,65 bei **413nm**; die von Hb red. liegt mit einer Absorption von 2,37 bei **430nm**.

Das Absorptionsmaximum von Hb red. liegt mit einer Absorption von 0,265 bei einer Wellenlänge von **557nm**. Der α-Streifen von HbO₂ liegt mit einer Absorption von 0,309 bei einer Wellenlänge von **541nm**, der β-Streifen von HbO₂ mit einer Absorption von 0,325 bei einer Wellenlänge von **577nm**.

Diese Messwerte entsprechen in etwa den theoretischen Werten: Hb red. bei 555nm; HbO₂ bei 541 nm und 576nm.

Das Hämoglobin (Hb) ist der Träger des Sauerstoffs zwischen Lunge und Gewebe sowie von CO_2 bzw. HCO_3^- vom Gewebe zur Lunge. Es besteht aus vier Globinketten, die jeweils eine Häm-Gruppe besitzen. Die Häm-Gruppe besteht im Wesentlichen aus einem Tetrapyrrolring, der ein Fe^{2+} -Ion koordiniert. An die noch freie Koordinationsstelle wird dann das Sauerstoffmolekül gebunden. Das ist aber keine Oxidationsreaktion; das Eisen bleibt immer zweiwertig!

Statt Sauerstoff können aber auch noch andere Moleküle gebunden werden. Dazu zählt natürlich $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$ und einige giftige Substanzen, wie z.B. CO. CO ist giftig für uns, weil es mit dem Hb eine stabilere Verbindung eingeht, als es O_2 tut. Infolgedessen kann sich das Blut bereits bei sehr geringen Konzentrationen mit CO sättigen, so dass nicht mehr genügend Sauerstoff transportiert werden kann, was ohne Behandlung recht schnell tödlich enden kann.

Die Hauptformen des Hämoglobins, die hellrote oxygenierte Form (HbO_2) und die dunkelrote desoxygenierte Form (Hb red.), sind bereits mit bloßem Auge voneinander unterscheidbar. Die unterschiedliche Färbung und damit die unterschiedlichen charakteristischen Absorptionsspektren entstehen durch die Konformationsänderung durch Bindung der verschiedenen Liganden.

2.2) Bestimmung der Vitalkapazität der Lunge

2.2.1) Einleitung

Das maximale Luftvolumen, das von einer Person ein- und ausgeatmet werden kann, wird als Vitalkapazität bezeichnet.

Nach maximaler Ausatmung verbleiben noch etwa 1,5l Gas in der Lunge.

Das ein- und ausgeatmete Gasvolumen kann mit einem Spirometer gemessen werden.

2.2.2) Material

Handspirometer nach Buhl, Gruppenmitglieder

2.2.3) Methode

Jeder Proband misst dreimal nach Vorschrift im Skript, S.89 das Atemvolumen.

2.2.4) Ergebnis und Diskussion

| Name, Geschlecht | Alter | Raucher | Messwerte in ccm | Literaturwerte in ccm | Abweichung vom Literaturwert: |
|-------------------------|--------------|----------------|--|------------------------------|--------------------------------------|
| Steffi H.; ♀ | 21 | nein | 2900, 2990, 3150 → $\bar{O} = 3013,33$ | 2800 | + 7,619% |
| Anna-Kath. M.; ♀ | 22 | gelegentlich | 2750, 2300, 3000 → $\bar{O} = 2683,33$ | 2800 | - 4,167% |
| Sven D.; ♂ | 22 | nein | 4200, 4250, 4500 → $\bar{O} = 4316,66$ | 4300 | + 0,387% |
| Bernhard S.; ♂ | 21 | nein | 4000, 4500, 4550 → $\bar{O} = 4350$ | 4300 | + 1,163% |

Die einzige Raucherin in der Gruppe ist „leider“ auch keine richtige Kettenraucherin, sondern raucht nur gelegentlich. Dennoch ist in ihrem Fall das einzige Mal ein negatives Abweichen vom Literaturwert aufgetreten, was allerdings nicht zwingend durch das Rauchen bedingt sein muss, sondern auch daher rühren kann, dass sie z.B. einfach die „zierlichste“ der Gruppe ist.

Prinzipiell ist zu erwarten, dass starkes Rauchen die Vitalkapazität herabsetzt, weil dann die respiratorische Oberfläche durch den abgelagerten Teer verkleinert wird, was zu einer erhöhten Atemfrequenz, sprich zu Kurzatmigkeit führt. So ist das Volumen, das maximal ausgeatmet werden kann bei einem starken Raucher kleiner.

2.3) Bestimmung der Blutgruppe beim Menschen

2.3.1) Einleitung

Das Blut eines Menschen unterscheidet sich aufgrund erbbedingter Eigenschaften von dem anderer Menschen. Diese Eigenschaften, die sich durch Strukturen an der Oberfläche der Erythrozyten, die Antigene, ergeben, führen zu einer Immunreaktion, wenn sie, von entsprechenden Antikörpern im Blut des Empfängers erkannt werden. Deshalb kann Blut auch nicht von einem beliebigen Menschen auf einen anderen übertragen werden, da es beim Vorliegen unterschiedlicher Blutgruppen zur Agglutination (= Verklumpung) der Erythrozyten mit tödlichen Folgen kommt.

Die hier behandelten Blutgruppensysteme sind das ABO- und das Rhesus-System.

2.3.2) Material

Antiseren zur Blutgruppenbestimmung (Anti-A, Anti-B, Anti-AB, Rh), Tüpfelplatte, Alkohol, Papierhandtuch, Blutlanzette, Glasstab, Entsorgungsgefäß, Handschuhe

2.3.3) Methode

Die Tüpfelplatte wird beschriftet und jeder freiwillige Kursteilnehmer gibt – nach anstechen der Fingerbeere nach Skript, S.94 – ca. einen Tropfen Blut in jede der vier Vertiefungen der Tüpfelplatte. Anschließend werden die Antiseren dazugegeben und mit dem Blut vermischt (pro Vertiefung).

Nach einigen Minuten kann man beurteilen, mit welchem Antiserum das zu testende Blut verklumpt und nach dem Schema im Skript, S.93 auswerten.

2.3.4) Ergebnis und Diskussion

Versuchsergebnisse:

| | Anti-A | Anti-B | Anti-AB | Rh | → Blutgruppe |
|-------------------------|--------|--------|---------|----|--------------|
| Steffi Hauke | -- | -- | -- | + | 0+ |
| Bernhard Schnepf | -- | -- | -- | + | 0+ |
| Sven Dachs | + | + | + | + | AB+ |
| Anna Mischtal | -- | -- | -- | + | 0+ |

Bei **Bluttransfusionen** kann nicht jeder jedes beliebige Spenderblut empfangen, da es bei Nicht-Übereinstimmung der Blutgruppen zu einer Immunreaktion, einer Agglutination der Antikörper mit den entsprechenden Antigenen kommt. Eine Verklumpung bzw. Agglutination von Blut im Körper hat tödliche Folgen. Wenn Spenderblut zugeführt wird, muss also die Blutgruppe übereinstimmen. Führt man dagegen nur Blutserum zu, so werden die Möglichkeiten größer: Ein Empfänger der Blutgruppe 0 kann beispielsweise alle anderen Seren empfangen und das Serum von einem AB-Spender kann beispielsweise allen anderen Gruppen zugeführt werden, ohne dass eine Immunreaktion auftritt. Bei Bluttransfusionen ist auch noch auf Rhesusunverträglichkeit zu achten.

85% aller Europäer besitzen auf den Erythrozyten das D-Antigen, sie sind rhesuspositiv, der Rest besitzt dieses Antigen nicht und ist rh-negativ. Beim Rhesusystem sind normalerweise nicht ständig Antikörper im Blut enthalten. Wichtig für das Verständnis des folgenden Gedankengangs ist auch noch, zu wissen, dass ein rh-positives Allel in der Vererbung über ein rh-negatives Allel dominiert. Bei einer **rh-negativen Mutter** und einem rh-positiven Vater kann ja ein rhesuspositiver Embryo entstehen, der in der Mutter heranwächst. Durch die Plazentaschranke ist normalerweise ja das kindliche von dem mütterlichen Blut getrennt. Aber z.B. bei der Geburt kann etwas kindliches Blut in den mütterlichen Blutkreislauf gelangen und dort die Bildung von Anti-D Antikörpern auslösen. Gedächtniszellen des Immunsystems ermöglichen dann bei einer zweiten Schwangerschaft mit einem rh-positiven Kind die Herstellung von Anti-D Antikörpern. Diese Antikörper können die Plazentaschranke durchdringen und Blutkörperchen des Kindes verklumpen, was beim Embryo zu einer Schädigung z.B. des Gehirns und zu Gelbsucht führen kann. Abhilfe schafft man z.B., indem man der rh-negativen Mutter bei der Geburt des ersten rh-positiven Kindes Anti-D spritzt, die die rh-positiven Erythrozyten, die beim Abreißen der Plazenta in den müt-

terlichen Kreislauf gelangen, zerstören, noch bevor das Immunsystem der Mutter durch das Rhesusantigen angeregt werden kann.

2.4) Bestimmung der Erythrozytenzahl

2.4.1) Einleitung

Den größten Anteil der zellulären Blutbestandteile bilden die Erythrozyten. Deren Hauptaufgaben sind der O₂-Transport, Mitwirkung am CO₂-Transport und Regulation des pH-Wertes. Sie tragen den respiratorischen Farbstoff Hämoglobin. Die Erythrozytenkonzentrationen von Männern und Frauen sind verschieden.

2.4.2) Material

Zählkammer nach Neubauer mit Deckglas, Mikroskop, Mikropipetten, Blutlanzetten, Handschuhe

2.4.3) Methode

wie im Skript, S.95, allerdings gab unsere Versuchsperson nur 3µl Blut, keine 5µl.

2.4.4) Ergebnis und Diskussion

Eingesetzt wurden bei uns 3µl Blut eines **männlichen** Kursteilnehmers. → Verdünnung hier **1/333.333**

Das Volumen unter den ausgezählten Kleinstquadraten beträgt **0,02mm³**.

Die *Wertetabelle* des Versuchs ist auf der *vorherigen Seite* zu sehen. Insgesamt befanden sich unter den 80 Kleinstquadraten **302** Erythrozyten! In einem Kubikmillimeter (= 1µl) befinden sich dann hochgerechnet **15100** Erythrozyten. Berücksichtigt man nun die Verdünnung, so erhält man **5,033 Mio. Erythrozyten** in **1mm³ (=1µl)** Blut des Kursteilnehmers.

Die Literaturwerte für die Erythrozytenkonzentration von Männern liegen zwischen 4,5 - 6 Mio. Erythrozyten pro µl. Unsere Versuchsperson liegt in diesem Bereich.

2.5) Bestimmung des Q₁₀-Wertes der Larven von Tenebrio spec.

2.1.1) Einleitung

Van t'Hoff erkannte eine 2- bis 4-fache Geschwindigkeitsänderung von kinetischen Prozessen bei einer Temperaturänderung um genau 10°C, die als RGT-Regel bekannt ist. Auch die Stoffwechselrate folgt dieser Regel. Der Temperaturkoeffizient der Stoffwechselraten wird Q₁₀ genannt.

Im Versuch soll aus dem O₂-Verbrauch von Larven des Mehlkäfers bei verschiedenen Temperaturen der Q₁₀-Wert bestimmt werden.

2.1.2) Material

Larven von Tenebrio spec., KOH, Respirometer mit Stativ und Schlauchklemme, Umlaufkühler, temperiertes Wasserbad, Thermometer, Stoppuhr

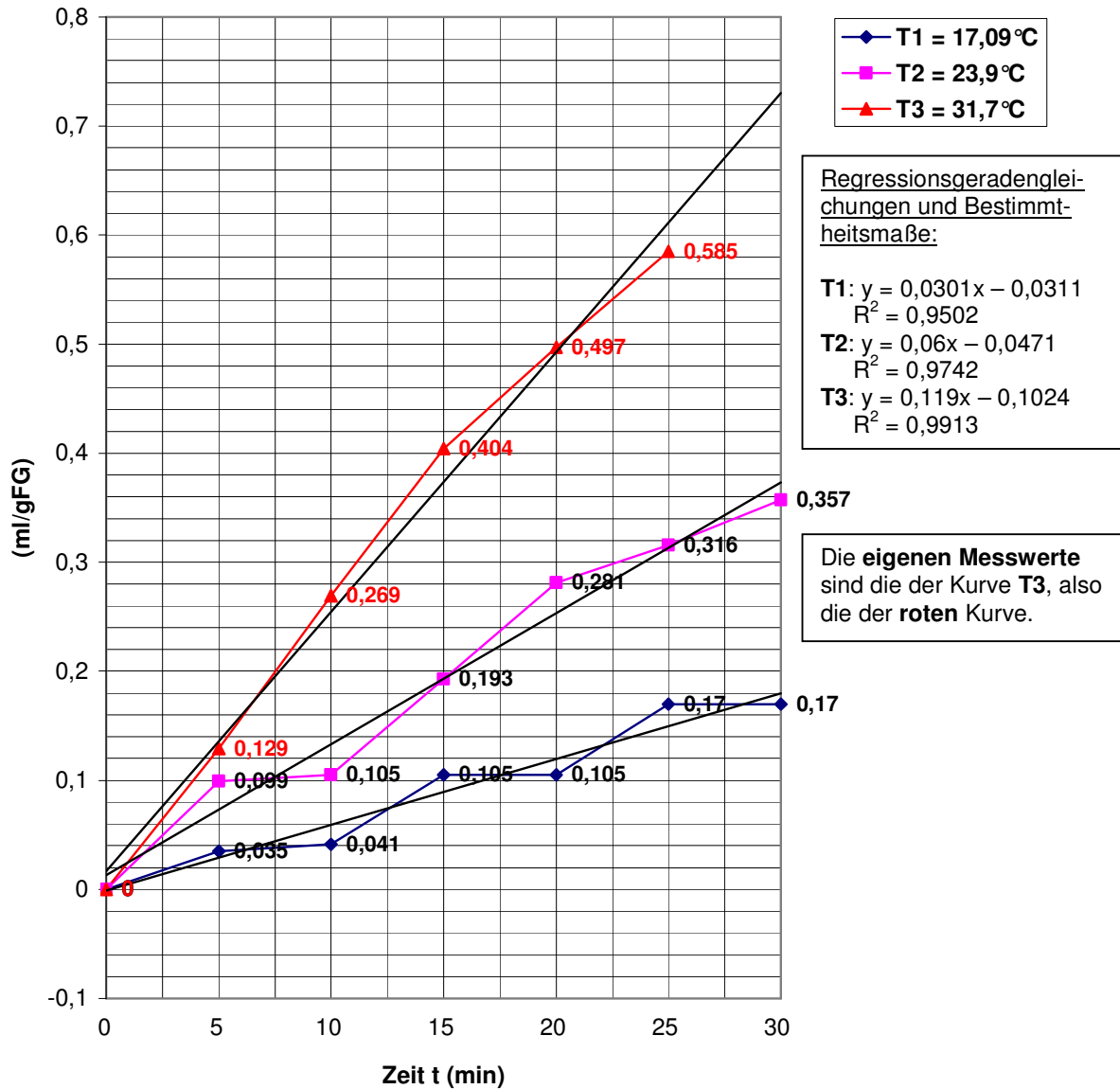
2.1.3) Methode

Versuch nach Skript, S.99f

2.1.4) Ergebnis und Diskussion

Die Wertetabelle ist auf der nächsten Seite zu sehen.

Grafik: Sauerstoff-Verbrauch je Gramm Frischgewicht



Berechnung des Q_{10} -Wertes:

Die originalen Werte sind in der unteren Tabelle auf der *vorherigen* Seite zu finden; hier wird nur mit den relevanten Werten fortgefahren. Die entsprechenden Formeln und Konstanten wurden dem Skript S.98-101 entnommen!

| | T_1 (°C) = 17,09 | | T_2 (°C) = 23,9 | | T_3 (°C) = 31,7 | |
|---|---|-----------------------|---|-----------------------|--|-----------------------|
| Σ O₂-Verbrauch in 30min | 0,29 ml → | 0,170 ml/g | 0,61 ml → | 0,357 ml/g | 1,2 ml → | 0,702 ml/g |
| Σ O₂-Verbrauch in 60min | 0,58 ml → | 0,339 ml/(g*h) | 1,22 ml → | 0,713 ml/(g*h) | 2,4 ml → | 1,404 ml/(g*h) |
| n_{O_2} in $\mu\text{mol}/(\text{g}\cdot\text{h})$ | 14,2423 | | 29,2681 | | 56,1577 | |
| Stoffwechselrate S in $\text{kJ}/(\text{g}\cdot\text{h})$ | $6,68439 \cdot 10^{-3}$ | | $1,37365 \cdot 10^{-2}$ | | $2,63567 \cdot 10^{-2}$ | |
| Q_{10}-Werte der $\Delta\text{Temp.}$: | $T_1 - T_3$ s. rechts | <u>2,8797</u> | | <u>2,3059</u> | <u>[2,5575 (T₁-T₃)]</u> | |

Der Q_{10} -Wert ist ein Maß für die Änderung von Stoffwechselraten in Abhängigkeit der Temperaturerhöhung. Das heißt, je größer der Q_{10} -Wert, desto größer ist die Reaktionsgeschwindigkeitszunahme bei der jeweiligen Temperaturänderung. Theoretisch wäre also in diesem Fall hier zu erwarten, dass der Q_{10} -Wert von T_2 und T_3 ($\Delta T=7,8$) etwas größer ist als der

von T_1 und T_2 ($\Delta T=6,81$), weil die Temperaturdifferenz von T_2 und T_3 etwas größer ist, was rein theoretisch zu einer größeren Geschwindigkeitsänderung der kinetischen Prozesse, hier der Stoffwechselprozesse, führen müsste. Dies ist aber hier nicht der Fall.

So kann man sagen, dass eventuell zwar Messfehler auch noch enthalten sein können und der ständige Gewichtsverlust der Larven toleriert wurde, aber dennoch hier ein deutliches Abweichen von der RGT-Regel festzustellen ist. Die Stoffwechselrate nimmt also hier nicht ganz so schnell, wie sie es bei der Temperaturänderung müsste, zu.

Daraus könnte man schließen, dass man sich im zweiten Temperaturbereich im Stoffwechsel der Tenebrio-Larven an irgendeine Sättigungskurve z.B. eines Enzyms annähert, so dass dann die Stoffwechselrate nicht mehr so schnell ansteigen kann, was wiederum dann zu einem kleineren Q_{10} -Wert führen müsste.

(Der Q_{10} -Wert über den gesamten Bereich ($T_1 - T_2$) liegt in etwa wie ein Mittelwert zwischen den beiden anderen.)