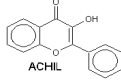




LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Éducation nationale,
de l'Enfance et de la Jeunesse
Service de coordination de la recherche
et de l'innovation pédagogiques
et technologiques

ABIOL
Association des Biologistes
Luxembourgeois



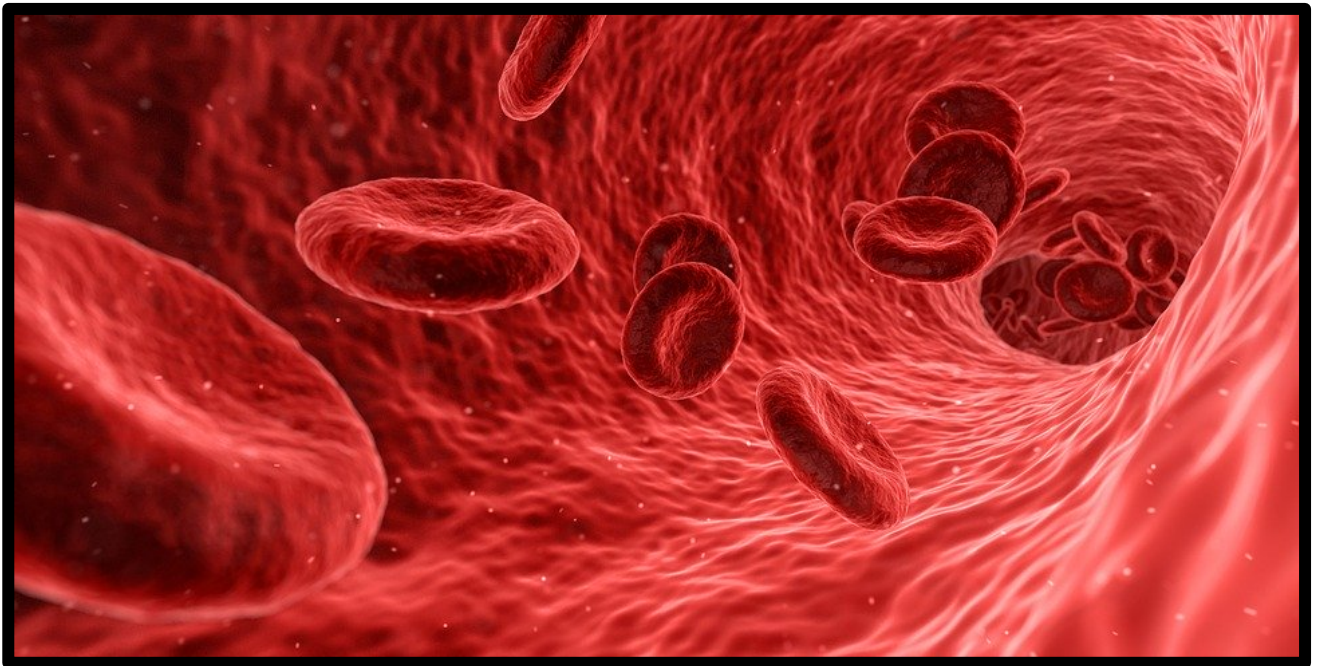
Fonds National de la
Recherche Luxembourg

A andré losch
fondatioun

13. Lëtzebuerger Naturwëssenschaftsolympiad

Finalrunde: Donnerstag, den 27. Februar 2020

Lycée Michel-Rodange, Luxembourg



**Blut ist ein ganz
besonderer Saft**

Johann Wolfgang von Goethe

Aufgabenbogen

Vorsichtsmaßnahmen

1. Tragt Laborkittel und Schutzbrillen während des gesamten Aufenthalts im Labor.
2. Bei der Arbeit mit Chemikalien sollen Einweghandschuhe getragen werden.
3. Essen und Trinken im Labor ist nicht gestattet.
4. Wenn Material zerbricht, sofort einem Jurymitglied Bescheid geben.
5. Den Anweisungen der Jurymitglieder ist immer Folge zu leisten.

Hinweise zu den Aufgaben

1. Ihr könnt die Aufgaben in jeder beliebigen Reihenfolge, individuell oder als Gruppe bearbeiten. Aufgrund der Zeitbeschränkung ist es ratsam, die Arbeit aufzuteilen.
2. Material, was allen Gruppen zur Verfügung steht, muss **sofort** nach Gebrauch an seinen ursprünglichen Platz zurückgebracht werden.
3. Der Arbeitsplatz muss genau so verlassen werden wie er vorgefunden wurde.
4. Alle Ergebnisse müssen in den **Antwortbogen** eingetragen werden.
5. Am Ende darf nur ein einziger Antwortbogen abgegeben werden.
6. **Punkteverteilung** für die einzelnen Aufgaben:

| | | |
|---|---|-----------|
| Versuch I: | Größenbestimmung von roten Blutkörperchen | (4 P.) |
| Versuch II: | Mikroskopische Zählung von Erythrozyten | (7,5 P.) |
| Versuch III: | Das Herz, eine Druck-Saug-Pumpe | (16,5 P.) |
| Versuch IV: | Der Blutkreislauf | (4 P.) |
| Versuch V: | Nachweisreaktionen | (17 P.) |
| Versuch VI: | Isotonische Kochsalzlösung | (15 P.) |
| Versuch VII: | Dichte der Flüssigkeit | (4 P.) |
| Versuch VIII: | Viskosität der Flüssigkeit | (7 P.) |
| Versuch IX: | Blutdruck | (8 P.) |
| Versuch X: | Kapillarität | (13 P.) |
| Arbeitsablauf, Sauberkeit, Organisation, Teamfähigkeit: | | (4 P.) |

Gesamtpunktzahl: (100 P.)

Versuch I: Größenbestimmung von roten Blutkörperchen

Hintergrundinformationen

Bei der Größenmessung von Zellen oder Mikroorganismen bedient man sich eines Messokulars mit Okularmikrometer, welches durch ein Objektmikrometer vorher geeicht wird.

Arbeitsanweisung

Aufgabe ist es den Durchmesser von Erythrozyten unter dem Lichtmikroskop zu bestimmen.

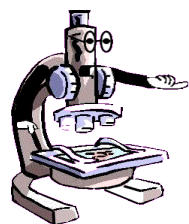
Material:

- Blut-Suspension mit EDTA (Anti-Koagulationsfaktor)
- Hayem'sche Lösung
- Mikropipette (1 mL / 10 µL)
- Eppendorf 5 mL
- Lichtmikroskop (1.000 x Vergrößerung)
- Messokular
- Immersionsöl
- Objektträger & Deckgläschen
- Einweghandschuhe Latex M



Durchführung der Blutverdünnung:

In ein Eppendorf werden 1990 µL Hayem'sche Lösung und 10 µL gut gemischtes EDTA-Blut mit einer Mikropipette pipettiert. Es entsteht eine Verdünnung von 1 : 200. Gut vermischen!

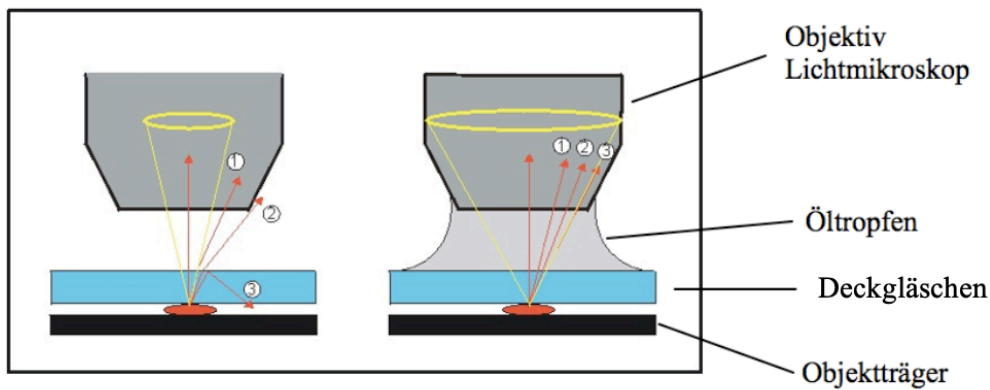


Bei der Größenbestimmung wird ein **Okularmikrometer** benutzt. Dabei muss jedoch der Abbildungsmaßstab der Objektive berücksichtigt werden!

Da der Abbildungsmaßstab der Objektive unterschiedlich ist, muss normalerweise eine Eichung des Okularmikrometers vorgenommen werden.

In unserem Falle wurde die Eichung bei einer Objektivvergrößerung von 100 x **bereits** durchgeführt! Ihr könnt die Größe der Erythrozyten sofort mit Hilfe der Skala im Okular und der Eichtablette am Arbeitsplatz ermitteln.

Untersucht das Präparat mit dem **Lichtmikroskop**. Beobachtet zuerst mit dem 10 x Objektiv, dann mit 40 x, dann mit dem 63 x Objektiv. Dreht zum Schluss das 100 x Objektiv ein. Gebt vorher aber einen Tropfen Immersionsöl im Strahlendurchgang **auf das Deckgläschen**, so dass beim Eindrehen des 100 x Objektivs ein Ölfilm zwischen Objektivlinse und Deckgläschen entsteht (siehe Abbildung auf der nächsten Seite).



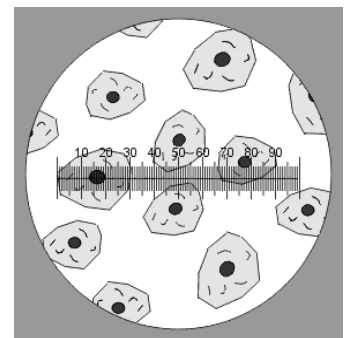
Durch Messung von 10 zufällig ausgewählten Erythrozyten, wird ein Mittelwert für den Durchmesser sowie die Dicke der roten Blutkörperchen ermittelt.

⇒ **Antwortbogen: I.1.**

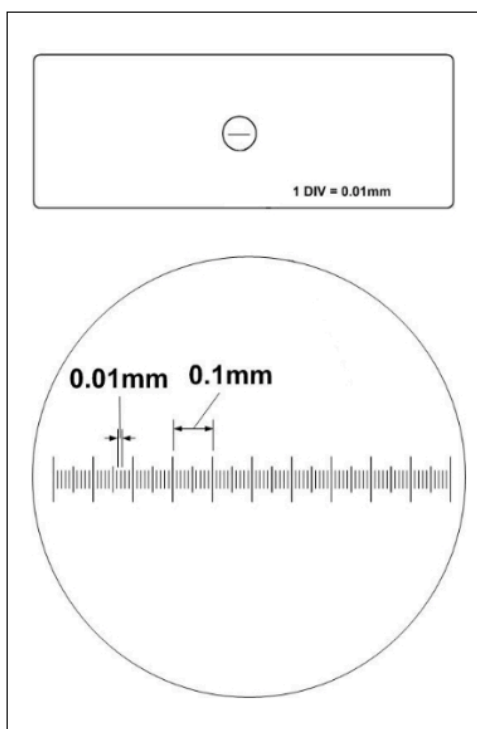
Zählt die Anzahl an Strichen im Messokular. Bestimmt danach **anhand der Eich-tabelle** die Größe der Zellen!

Gebt den gemittelten Durchmesser sowie die Dicke von Erythrozyten an.

⇒ **Antwortbogen: I.2.**



Zur Information: Eichung eines Messokulars



Bevor man mit einem **Messokular** exakte Messungen ausführen kann, muss zuerst eine Eichung mit einem **Objektmikrometer** (= **Objektträger mit eingeschliffener Skala**) erfolgen. Durch diese Eichung erhält man den Mikrometerwert für das Messokular.

Der Mikrometerwert gibt an, wie groß der Abstand zwischen zwei Teilstrichen des Mikrometers im Präparat ist. Ein Objektmikrometer besteht aus einem herkömmlichen Objektträger, auf dem eine zumeist 1 mm lange, aus 100 Teilstrichen bestehende Skala aufgebracht ist. Der Abstand zwischen 2 Teilstrichen beträgt somit genau 10 μm .

Der Objektmikrometer muss für den Eichvorgang zunächst genau wie ein Präparat auf den Objektisch gebracht werden. Die Eichung erfolgt dann nach der Fokussierung des Objektmikrometers durch das Okular.

Versuch II: Mikroskopische Zählung von Erythrozyten

Hintergrundinformationen

Eine **Zählkammer** (hier Thoma-Zählkammer) dient zur Ermittlung der **Gesamtzahl** von Zellen in einer Lösung. Hauptsächlich werden Zählkammern im Labor zur Blutanalyse (Zählung von Erythrozyten, Leukozyten und Thrombozyten) sowie zur Zählung von Bakterien, Pilzsporen, Spermien oder Hefezellen benutzt.

Arbeitsanweisung

Ziel dieses Versuchs ist es festzustellen, wie viele rote Blutkörperchen in 1mL Blut enthalten sind.

Material

Die **Zählkammer** des stark verdickten Objektträgers aus Spezialglas weist zentral zwei plane, rechteckige Vertiefungen (0,1 mm) auf, in welche ein Raster aus 16 Großquadraten eingätzt ist.

Wir benutzen hier eine Doppelzählkammer **mit zwei Zählkammern**.

Auf den beiden unbearbeiteten Seitenflächen der Zählkammer befinden sich folgende Angaben:

- das System des Zählnetzes (hier nach Thoma)
- der Name und das Warenzeichen des Herstellers
- die **Kammertiefe in mm (0,1 mm)**
- die Fläche des kleinsten Quadrates in mm^2

Jedes der 16 (4 x 4) Großquadrate ist in jeweils 16 (4 x 4) Kleinquadrate aufgeteilt.

Die Seitenlänge eines Großquadrates beträgt 0,25 mm.

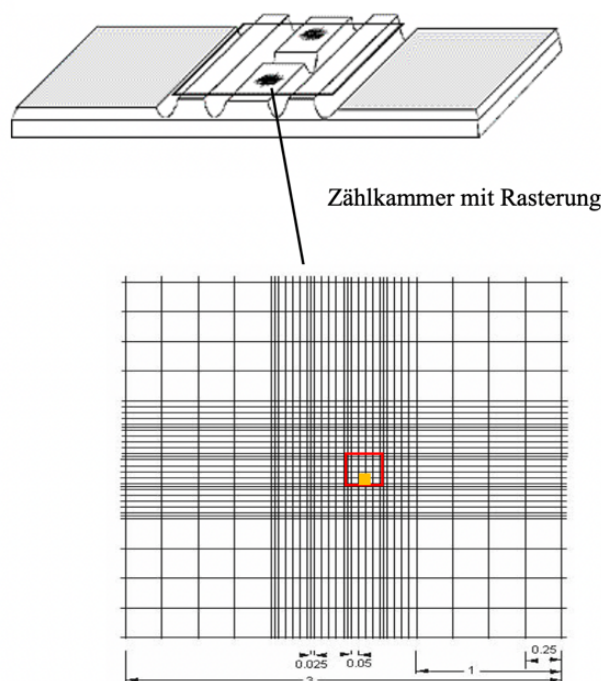
Weiter benötigtes Material:

Mikropipette

Destilliertes Wasser

Lichtmikroskop (400 x Vergrößerung)

Blut-Suspension (Verdünnung 1 : 200 siehe oben)

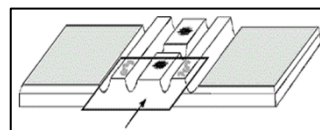


✂ Arbeitsanweisung

1. Aufbringen des Deckgläschens

Die Außenstege werden mit destilliertem Wasser befeuchtet und das Deckglas wird dann mit sanftem Druck von vorn auf die Zählkammer aufgeschoben.

Die Ausbildung von Interferenz-Linien (Newton'sche Ringe) zwischen Außenstegen und Deckglas zeigt, dass das Deckglas richtig aufgesetzt ist.

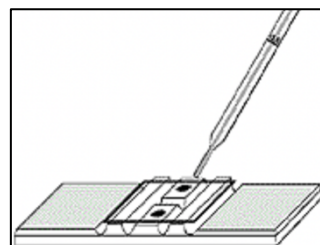


2. Beschicken

Die Pipette mit der **gut gemischten** Blutzellen-Suspension wird genommen und die ersten Tropfen werden verworfen. Die Pipette außen trockenwischen und dann schräg halten, bis sich ein kleiner Tropfen an der Pipettenspitze gebildet hat.

Diesen Tropfen bringt man an die Stelle zwischen Deckglas und Zählkammer. Beide Zählkammern werden so befüllt.

Durch Kapillarkwirkung füllt sich der Spalt zwischen Deckglas und Kammerboden. Noch bevor die verdünnte Zellsuspension an den Rändern des Kammerteils überquellen kann, muss die Pipettenspitze bereits wieder beiseite gezogen werden. Sind Luftblasen sichtbar oder ist die Flüssigkeit über die Ränder in die Rinnen übergequollen, so muss die Kammer gereinigt und erneut beschickt werden.



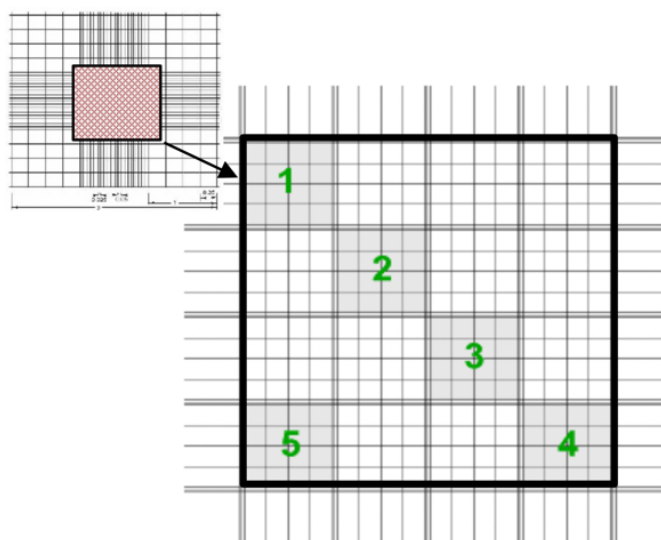
Im Anschluss lässt man die Zellen 2 Minuten sedimentieren (absinken)!

3. Auszählen der Zellen

Um ein möglichst genaues Ergebnis zu erzielen, ist es wichtig jeweils **fünf Großquadrate** auszuzählen (in den beiden Zählkammern). Die Auswahl der Großquadrate erfolgt standardisiert nach dem nebenstehenden Schema. Gezählt werden die Zellen, welche über vier Quadrate diagonal angeordnet sind sowie die in einem fünften Großquadraten links unten.

Es werden pro Zählung und Zählkammer also insgesamt 5 Großquadrate mit jeweils 16 Kleinquadraten ausgezählt.

Dieser **Vorgang wird 2-mal durchgeführt**, bei jeweils neu beschickter Zählkammer. Das heißt die beiden Zählkammern werden also je zweimal gezählt.



Anschließend wird der **Mittelwert der Zellzahl eines Großquadrates** berechnet. Anhand des Mittelwertes und des bekannten Volumenanteils eines Großquadrates sowie durch Beachtung der Verdünnungen wird die Zellzahl von roten Blutkörperchen pro mL Blut bestimmt.

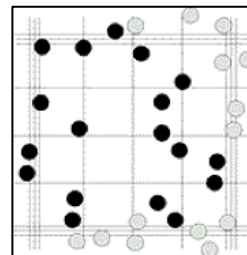


Achtung beim Auszählen!

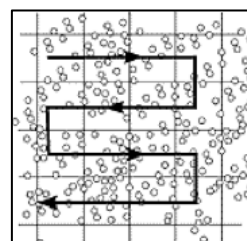
Beim Auszählen gilt es folgende Regeln zu beachten:

A. Damit Zellen, die auf oder an Begrenzungslinien liegen, nicht doppelt gezählt oder bei der Zählung übergangen werden, gilt folgende Grundregel:

*Mitgezählt werden alle Zellen im Quadrat sowie Zellen, die **an oder auf der Linie von 2 der 4 Seiten eines Quadrates** liegen, z. B. an der linken und oberen Linie (schwarz markiert). Die Zellen an oder auf der rechten und unteren Linie werden nicht mitgezählt (weiß gefärbt).*



B. Dies gilt auch für die Art des eigentlichen Zählvorganges der 16 Kleinquadrate in einem Großquadrat. Die Auszählung der Kleinquadrate soll standardisiert mäanderförmig (siehe Abbildung) erfolgen. Diese Vorgehensweise verhindert z. B. Doppelzählungen!



Auswertung

II.1. Ermittelt den Mittelwert der **Zellzahl pro Großquadrat**

⇒ **Antwortbogen: II.1.**

II.2. Berechnet das **Volumen** eines Großquadrates (Seitenlänge von 0,25 mm; Kammertiefe von 0,1 mm)

⇒ **Antwortbogen: II.2.**

II.3. Gebt die Verdünnung der Zellsuspension an.

⇒ **Antwortbogen: II.3.**

II.4. Gebt die Anzahl von Erythrozyten pro mL Blut an.

⇒ **Antwortbogen: II.4.**

II.5. Wie hoch ist die durchschnittliche Lebensdauer von Erythrozyten im menschlichen Blut, wenn pro Tag rund 1 % aller Erythrozyten abgebaut/neu gebildet wird?

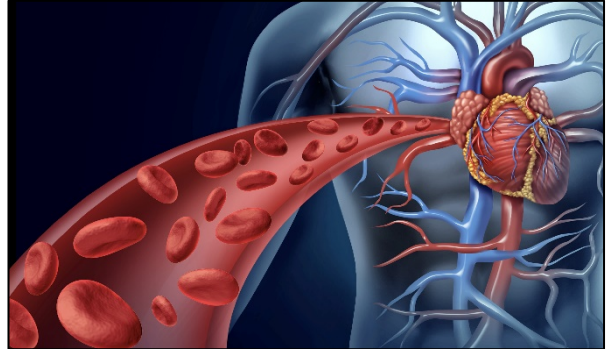
⇒ **Antwortbogen: II.5.**

Versuch III: Das Herz, eine Druck-Saug-Pumpe

Das menschliche **Herz** ist ein kräftiger, kegelförmiger Hohlmuskel. Es liegt im Brustkorb hinter dem Brustbein mit der Spitze zur linken Seite hin.

Als Motor unseres Blutkreislaufs besitzt es eine enorme Leistungsfähigkeit - es pumpt täglich etwa 8 000 Liter Blut durch den Körper. Bei sportlicher Anstrengung kann es seine Leistung erheblich steigern.

Nach der Untersuchung eines Schweineherzens sollt ihr in der Gruppe die Pumpleistung eures Herzens in verschiedenen Situationen messen und die Ergebnisse erklären.



Wichtige Begriffe rund ums Herz

Herzfrequenz und Puls

Die Herzfrequenz (**HF**) ist die Anzahl der Herzschläge pro Minute.

Wie schnell das Herz schlägt, hängt nicht nur vom Alter, sondern auch von der körperlichen Belastung und vom Trainingszustand ab: Bei Belastung kann die Herzfrequenz auf maximal 160-180 Schläge pro Minute ansteigen. Bei Ausdauersportlern schlägt das Herz in Ruhe seltener als bei Untrainierten, etwa 40- bis 50-mal pro Minute.

Schlägt das Herz, wird Blut in die Arterien gepresst. Diese Druckwelle wandert vom Herzen ausgehend in alle Blutgefäße des Körpers und ist als **Puls** messbar. An den Stellen, an denen Arterien dicht unter der Haut entlanglaufen, wie z. B. am Hals oder am Handgelenk, kann man den Pulsschlag ertasten.

Schlagvolumen

Das Schlagvolumen (**SV**) ist die Menge Blut, die das Herz bei einem Herzschlag in den Körper pumpt. **Bei maximaler Belastung des Herzens ist es anderthalbmal so groß als in Ruhe.**

Ejektionsfraktion

Die Ejektionsfraktion (**EF**) ist die Menge Blut, die die Herzkammern im Verhältnis zur Gesamtmenge Blut in den Herzkammern pro Herzschlag in den Körper pumpen. **Bei Gesunden beläuft sich die EF auf etwa 60 % des Kammerinhalts.** Kennt man die Ejektionsfraktion, so kann man das Schlagvolumen berechnen:

$$\text{SV} = \text{EF} \times \text{Kammerinhalt}$$

Herzminutenvolumen

Das Herzminutenvolumen (**HMV**) ist die Menge Blut, die das Herz in einer Minute in den Blutkreislauf pumpt.

Es berechnet sich aus der Herzfrequenz (**HF**) und dem Schlagvolumen (**SV**):

$$\text{HMV} = \text{HF} \times \text{SV}$$

Herzfrequenzerholung (~Erholungspuls)

Der Erholungspuls ist ein Gradmesser für die allgemeine sportliche Leistungsfähigkeit. Er gibt Auskunft darüber, wie schnell der Herzschlag nach körperlicher Belastung wieder in seinen Normalzustand zurückkehrt. Je fitter und trainierter ein Athlet ist, d. h. je größer seine aerobe Kapazität ist, desto schneller erholt er sich nach körperlicher Belastung. Eine übliche Methode ist, die Differenz aus dem Belastungspuls am Ende einer Trainingseinheit und dem Puls 1 Minute danach zu rechnen. Eine Differenz von 20 Schlägen pro Minute nach einer Minute ist etwa ein Anzeichen eines geringen Fitnesslevels, während eine Differenz von 30 - 50 Schlägen pro Minute auf ein sehr hohes Fitnesslevel schließen lässt.

📖 Hintergrundinformationen: Das Schweineherz, ein Modellorgan

Das Schweineherz ähnelt im Aufbau, in der Größe und in der Funktionsweise dem menschlichen Herzen. Wegen dieser Ähnlichkeit wird es auch von vielen Forschern für zukünftige Organ Spenden in Betracht gezogen.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die absoluten und relativen Herzgewichte bei Mensch und Schwein.

Bei den in unserem Praktikum verwendeten Herzen von jungen Schweinen entspricht dieses Verhältnis nahezu dem Verhältnis beim Menschen (0,5 %).



| Art | Herzgewicht | relativ zum Körpergewicht |
|---------|-------------|---------------------------|
| Mensch | 300-500 g | 0,40 - 0,50 % |
| Schwein | 240-500 g | 0,23 - 0,28 % |

Material:

Schweineherz, Schüssel, Becherglas (1 L), Trichter, Waage, Wasser, Einmalhandschuhe, PASPORT-Handsensoren für die Herzfrequenz-Messung, SPARK-Datenerfassungsgerät **oder** PASCO airlink mit I-Pad

✂️ Arbeitsanweisung

Aufgabe III.1.: Zeichnet und beschriftet das Schweineherz (Vorderseite, Herzspitze nach unten gerichtet) im Maßstab 1:2.

⇒ **Antwortbogen: III.1.**

Aufgabe III.2.: Drückt das Blut / die Flüssigkeit aus dem Schweineherz, legt es in ein Becherglas, wiegt das leere Schweineherz und notiert das Gewicht.

- Füllt das leere Herz über die Venen mit Wasser, indem ihr es unter den Wasserhahn haltet oder einen Trichter benutzt. Legt das maximal mit Wasser gefüllte Herz in ein Becherglas und wiegt es. Ihr ermittelt am besten das mittlere Gewicht des gefüllten Herzens (3 Messungen mit immer wieder frisch gefülltem Herzen).
- Berechnet das maximale Blutvolumen im Herz.

⇒ **Antwortbogen: III.2.**

Aufgabe III.3.: Berechnet mit Hilfe der Ejektionsfraktion (**EF**) ① das Schlagvolumen im Ruhezustand und ② bei Belastung.

⇒ **Antwortbogen: III.3.**

Aufgabe III.4.: Messt

- ① die Herzfrequenz während 1 Minute im Ruhezustand (im Sitzen) = Ruhe-Herzfrequenz
- ② die Herzfrequenz 3 Minuten lang während einer körperlichen Anstrengung = Belastungs-Herzfrequenz
- ③ die Zeit nach der Anstrengung bis zum Erreichen der Ruhe-Herzfrequenz (im Sitzen)

Die **Herzfrequenz-Messung** erfolgt über die PASPORT-Handsensoren und das SPARK-Datenerfassungsgerät (oder über die App auf dem iPad).

⇒ **Antwortbogen: III.4.**

Inbetriebnahme und Handhabung der Apparatur

Verbindet das blaue Zwischenstück der Handgriff-Herzfrequenzsensoren mit dem PASCO airlink-Aufsatz **oder** mit dem SPARK-Datenerfassungsgerät und schaltet den airlink ein.

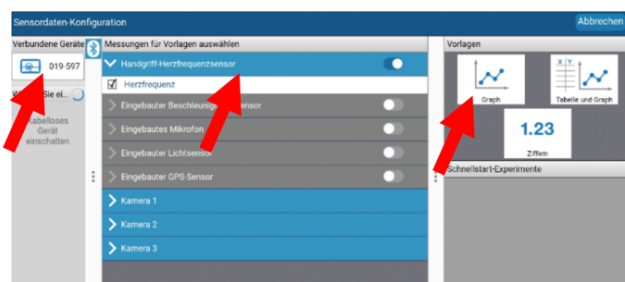


Wählt auf dem iPad (über PASCO airlink verbunden) **oder** auf dem Spark-Datenerfassungsgerät im *Auswahlmenü* die Einstellung *Messwerte*.



Verbindet das iPad mit dem Datenerfassungsgerät über airlink (Geräte nebeneinanderlegen und angegebene airlink-Nummer bestätigen). Diese Etappe entfällt mit dem Spark-Gerät.

Falls nicht bereits automatisch erkannt, wählt den *Handgriff-Herzfrequenzsensor* an.



Wählt *Graph*, dann das Display: Herzfrequenz in Schlägen pro Minute auf der Y-Achse und Zeit in Sekunden auf der X-Achse.

Macht euch mit dem Handgriff-Herzfrequenzsensor vertraut:


Es gibt 3 LED-Lämpchen am blauen Zwischenstück:

- Gelb (im Standby): leuchtet wenn die Handsensoren richtig mit dem Zwischenstück und dem Datenerfassungsgerät verbunden sind, aber die Handsensoren nicht gehalten werden.
- Grün (Messung läuft): leuchtet wenn die Handsensoren richtig umfasst werden und die Pulsmessung richtig funktioniert.
- Rot (Puls / Herzschläge): leuchtet bei jedem 'guten' Herzschlag auf.

Es dauert eine Weile, bis nach dem Umfassen der Handgriffsensoren das rote Lämpchen aufleuchtet, d. h. die Herzfrequenz richtig gemessen wird. Die Messung darf erst gestartet werden, wenn das rote Lämpchen regelmäßig aufleuchtet.

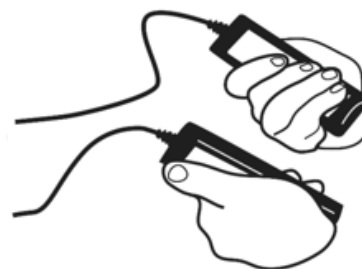


Wichtige Tipps:

- Es ist einfacher **die Daten zu zweit zu erfassen**; ein Schüler kontrolliert die Datenerfassung während der andere Schüler als Versuchsperson dient.
- Wenn ihr mit der Datenerfassung (grüne Start-Taste) begonnen habt, sollt ihr **die drei Messungen ohne Unterbrechung fortführen**. Jede Unterbrechung bedeutet eine Fehlerquelle.
- Wenn ihr nach den 3 Aufgaben die rote Stopp-Taste gedrückt habt, könnt ihr alle aufgezeichneten Werte mit der -Taste in einer Grafik sichtbar machen. Speichert jetzt eure Messungen.
- Kleine, kurzzeitige 'Ausreißer' der Kurve nach oben / unten sind nicht schlimm und sollten einfach ignoriert werden.

Messung:

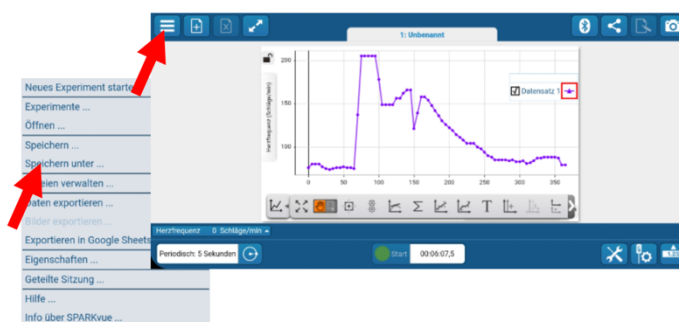
Die Versuchsperson sitzt bequem auf dem Stuhl, umklammert mit jeder Hand einen Sensor und bewegt sich von nun an so wenig wie möglich (schaut auch nicht auf das Display während der Messung).



Die Messung wird gestartet. Die Einstellung sollte so gewählt werden, dass die ganze Kurve auf einer Seite angezeigt wird.

Nach 1 Minute steht die Versuchsperson auf und läuft 3 Minuten lang auf der Stelle, während die Messung ohne Unterbrechung weiterläuft.

Nach den 3 Minuten körperlicher Aktivität ruht sich die Versuchsperson auf einem Stuhl aus, die Messung läuft weiter. Auch während diesen paar Minuten sollte sich die Versuchsperson so ruhig wie möglich verhalten.



Die Messung läuft weiter, bis die gemessene Herzfrequenz wieder der Herzfrequenz im Ruhezustand der Testperson entspricht. Dann könnt ihr die Messung stoppen und abspeichern. Sind eure Messungen nicht zufriedenstellend und es bleibt Zeit, so könnt ihr die Rollen tauschen und den Versuch wiederholen.

Auswertung:

Lest die Werte ① für die Ruhe-Herzfrequenz und die ② Belastungs-Herzfrequenz während der körperlichen Anstrengung ab und ③ bestimmt die Ruhezeit, die ihr braucht, um nach der Anstrengung wieder die Ruhe-Herzfrequenz zu erreichen.

Übertrag eure Werte in ein Diagramm: Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute) im Laufe der Zeit (in Minuten) und markiert die Momente, wo die körperliche Anstrengung begann und aufhörte, respektive der Moment, wo die Ruhe-Herzfrequenz wieder erreicht wurde.

⇒ **Antwortbogen: III.4.**

Aufgabe III.5.: Berechnet das Herzminutenvolumen ① im Ruhezustand und ② während der körperlichen Anstrengung. Um welchen Faktor hat sich die Blutversorgung während der Anstrengung im Körper erhöht? Welches andere Organsystem musste, neben dem Kreislaufsystem, seine Leistung an die Anstrengung nach oben anpassen?

⇒ **Antwortbogen: III.5.**

Aufgabe III.6.: Erklärt, weshalb auch nach Beenden der körperlichen Anstrengung die Herzfrequenz noch eine Zeit lang erhöht war.

⇒ **Antwortbogen: III.6.**

Aufgabe III.7.: Berechnet eure Herzfrequenzerholung und leitet daraus ab, wie es um eure körperliche Fitness steht.

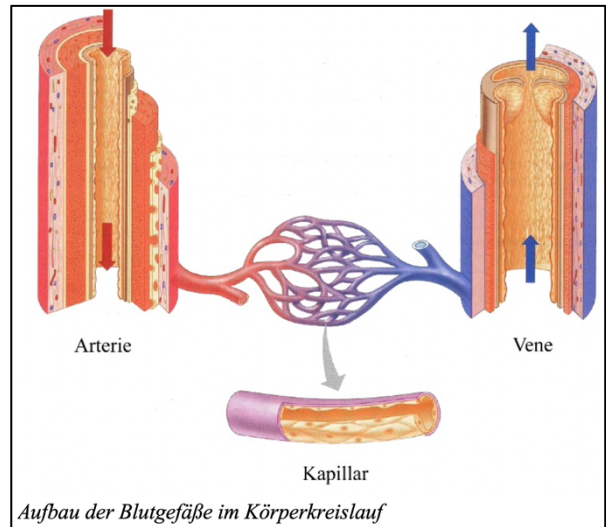
⇒ **Antwortbogen: III.7.**

Versuch IV: Der Blutkreislauf

Der Blutkreislauf des Menschen ist ein geschlossener Kreislauf. Das Blut befindet sich dabei stets in Gefäßen. Der Blutkreislauf kann weiter unterteilt werden in Körperkreislauf und Lungenkreislauf.

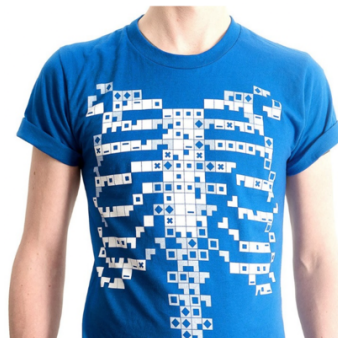
Es gibt drei Typen von Gefäßen im Körper: Arterien, Venen und Kapillare. Diese drei Gefäßtypen unterscheiden sich durch ihren Aufbau stark voneinander. Jeder Typ ist vom Aufbau (Aufbau der Gefäßwand und Durchmesser) her an seine Aufgabe optimal angepasst.

Da alle Zellen in unmittelbarer Nähe von Blutgefäßen liegen müssen, ist der Blutkreislauf stark verzweigt. So befinden sich in unserem Körper Adern von einer Gesamtlänge von ~100 000 km.



Hintergrundinformationen: Herz und Kreislauf des Menschen

Hintergrundinformationen zum Herz und Kreislaufsystem erhaltet ihr mit Hilfe der App Virtuali-Tee.



Material:

Schweineherz, Schlauch (rot), Schlauch (blau), Kapillarelemente: Lungenkapillare, Kapillare der oberen Körperorgane (Organe oberhalb des Herzens), Kapillare der unteren Körperorgane (Organe unterhalb des Herzens), Whiteboard Marker.

Arbeitsanweisung

Aufgabe IV.1.: Erstellt mit Hilfe des Materials ein vereinfachtes Modell des Kreislaufsystems. Als Unterlage dient ein großes Blatt Papier. Sauerstoffreiches Blut wird generell rot, sauerstoffarmes Blut blau dargestellt; nutzt dafür das passende Material. Nutzt die Pfeilkarten, um die Fließrichtung des Blutes anzugeben. Beschriftet die einzelnen Bestandteile. Kennzeichnet euer Modell (Gruppennummer).

⇒ Antwortbogen: IV.1. ⇒ Lehrer rufen.

Blut – chemisch betrachtet

Hintergrundinformationen

Damit der menschliche Körper richtig funktionieren kann, ist seine genaue Zusammensetzung von fundamentaler Wichtigkeit. Deswegen haben Mediziner und Chemiker im Laufe der Zeit präzise Methoden entwickelt, die wichtigen Bestandteile nachzuweisen bzw. ihre Menge genau zu bestimmen. Im Folgenden soll Blut qualitativ nach Proteinen, Eisen- und Chlorid-Ionen analysiert, sowie in einer isotonischen Kochsalz-Lösung die Konzentration an Chlorid-Ionen quantitativ bestimmt werden.

Versuch V: Nachweisreaktionen

(inspiriert von www.swisseduc.ch)

Bei den 3 folgenden Versuchen lernt Ihr, wie man Proteine, Eisen- sowie Chlorid-Ionen im Blut qualitativ nachweisen kann. Es wird jeweils mit einer positiven Vergleichsprobe verglichen und beim Nachweis von Proteinen auch mit einer negativen Blindprobe.

Die Versuche Va, Vb und Vc können (und müssen) in unterschiedlicher Reihenfolge durchgeführt werden, damit ihr euch die Chemikalien vom Gemeinschaftsplatz besser teilen könnt! Nehmt die Chemikalien vom Gemeinschaftsplatz mit auf euren Platz und bringt sie direkt zurück, wenn ihr sie nicht mehr braucht.

Wir empfehlen beim Umgang mit Blut Handschuhe zu tragen!



Arbeitsanweisungen: Versuch Va: Biuret-Probe zum Nachweis von Proteinen im Blut

Material:

Reagenzglasgestell, 3 Reagenzgläser, 3 Gummistopfen, 4 Tropfpipetten aus Kunststoff

Gemeinschaftsplatz: Handschuhe

Chemikalien:

destilliertes Wasser

Gemeinschaftsplatz: Blutserum, eiweißhaltige Lösung, Natronlauge (1 %), wässrige Kupfer(II)-sulfat-Lösung (1 %), Entsorgungsgefäß

Achtung!

Natronlauge ist ätzend und Kupfer(II)-sulfat ist reizend. Schutzbrille und Handschuhe tragen!



Versuchsdurchführung:

1. Gebt in ein Reagenzglas mit einer Pipette etwa 1 mL (etwa 1 cm hoch) einer eiweißhaltigen Lösung.
2. Gebt mit einer weiteren Pipette gleich viel Natronlauge hinzu.
3. Dann kommt noch die gleiche Menge an Kupfer(II)-sulfat-Lösung hinzu.
4. Setzt den Gummistopfen auf und schüttelt kurz durch.
5. Der gleiche Versuch wird nun einmal mit destilliertem Wasser (Blindprobe) und einmal mit dem Blutserum anstelle der eiweißhaltigen Lösung durchgeführt.
6. Entsorgung: gebt den Inhalt der 3 Reagenzgläser in das Entsorgungsgefäß auf dem Gemeinschaftsplatz.

⇒ **Antwortbogen: V.1., V.2. und V.3.**

📖 Hintergrundinformationen: Blutkuchen

Der hier benutzte "Blutkuchen" wurde erhalten, indem Blut in einem Tiegel ausglüht wurde. Die organischen Bestandteile sind dann verbrannt, das Wasser verdampft, und lediglich die festen anorganischen Bestandteile bleiben zurück. Beim Auskochen des Blutkuchens reagieren die Fe^{2+} -Ionen im Hämoglobin zu Fe^{3+} -Ionen. Die Fe^{2+} -Ionen werden also indirekt nachgewiesen.

✍️ Aufgabenstellung

Vervollständigt die folgende Gleichung: $\text{Fe}^{2+} \longrightarrow \text{Fe}^{3+}$. Um welche Art von Reaktion handelt es sich?

⇒ **Antwortbogen: V.4. und V.5.**

🔧 Arbeitsanweisungen: Versuch Vb: Nachweis von Eisen(III)-Ionen (Fe^{3+}) im Blut**Material:**

Reagenzglasgestell, 3 Reagenzgläser, 1 Gummistopfen, 3 Tropfpipetten aus Kunststoff, Spatel, Trichter, Filterpapier

Gemeinschaftsplatz: Handschuhe

Chemikalien:

destilliertes Wasser

Gemeinschaftsplatz: Ausgeglühter Blutkuchen, wässrige Eisen(III)-chlorid-Lösung (0,1 mol/L), wässrige Lösung von gelbem Blutlaugensalz (Kaliumhexacyanidoferrat(II)), Salpetersäure (5 mol/L), Entsorgungsgefäß

☠️ Achtung!

Salpetersäure und Eisen(III)-chlorid sind sehr ätzend. Schutzbrille und Handschuhe tragen!



Versuchsdurchführung:

1. Gebt mit einer Pipette etwa 1 mL (etwa 1 cm hoch) Eisen(III)-chlorid-Lösung in ein Reagenzglas.
2. Gebt dann mit einer Pipette 5 Tropfen der Lösung von gelbem Blutlaugensalz hinzu.
3. Vom ausgeglühten Blutkuchen wird ca. ein halber Spatel in ein neues Reagenzglas gegeben.
4. Dann 5 mL Salpetersäure hinzugeben.
5. Setzt den Gummistopfen auf und schüttelt etwa eine Minute lang kräftig durch, um möglichst viel des ausgekochten Blutkuchens in Lösung zu bringen.
6. Nun werden etwa 2 mL (etwa 2 cm hoch) destilliertes Wasser hinzugegeben.
7. Schüttelt noch einmal mit aufgesetztem Gummistopfen kurz, aber kräftig durch.
8. Filtriert nun mithilfe des Trichters und des Filterpapiers die Lösung in ein neues Reagenzglas.
9. Wiederholt dann Punkt 2 mit der „Blutkuchen-Lösung“.
10. Entsorgung: gebt den Inhalt der 2-3 Reagenzgläser in das Entsorgungsgefäß auf dem Gemeinschaftsplatz.

⇒ **Antwortbogen: V.6., V.7. und V.8.**

✍ Aufgabenstellung

Die beobachtete blaue Farbe ist bekannt unter dem Namen Berliner Blau. Möchte man Berliner Blau industriell herstellen, so beschreibt die folgende Gleichung eine von mehreren Etappen. Gleiche diese Gleichung aus.



⇒ **Antwortbogen: V.9.**

✂ Arbeitsanweisungen: Versuch Vc: Nachweis von Chlorid-Ionen (Cl⁻) im Blut**Material:**

Reagenzglasgestell, 2 Reagenzgläser, 3 Tropfpipetten aus Kunststoff

Gemeinschaftsplatz: Handschuhe

Chemikalien:

Gemeinschaftsplatz: Blutserum, wässrige Natriumchlorid-Lösung (0,1 mol/L), wässrige Silbernitrat-Lösung (10 %), Entsorgungsgefäß

☠ Achtung!

Silbernitrat ist ätzend, außerdem hinterlässt es schwarze Flecken auf Haut und Kleidern. Schutzbrille und Handschuhe tragen!



Versuchsdurchführung:

1. Gebt mit einer Pipette etwa 1 mL (etwa 1 cm hoch) hoch Natriumchlorid-Lösung in ein Reagenzglas.
2. Gebt dann mit einer Pipette 5 Tropfen der Silbernitrat-Lösung hinzu.
3. Gebt mit einer Pipette etwa 1 mL (etwa 1 cm hoch) hoch Blutserum in ein neues Reagenzglas.
4. Wiederholt dann Punkt 2 beim Blutserum.
5. Entsorgung: gebt den Inhalt der 2 Reagenzgläser in das Entsorgungsgefäß auf dem Gemeinschaftsplatz.

⇒ **Antwortbogen: V.10., V.11. und V.12.**

Aufgabenstellung

Die Chlorid-Ionen-Konzentration im Blutserum kann bei gesunden Kindern zwischen 95 und 112 mmol/L schwanken. Wie viel Blut im Körper eines Menschen fließt, ist unterschiedlich - je nachdem, wie groß und schwer er ist. Meist schätzen Mediziner das sogenannte Blut-Volumen. Dazu veranschlagen sie bei einem Kind pro Kilogramm Körpergewicht 80 Milliliter Blut. Berechnet die Masse (in mg) an Chlorid-Ionen, die ein 35 kg schweres gesundes Mädchen in seinem Blut maximal enthält.

⇒ **Antwortbogen: V.13.**

Versuch VI: Isotonische Kochsalzlösung

(inspiriert von PHYWE und Uni Göttingen)

Hintergrundinformationen: Erläuterungen zur Titration

Die Titration ist ein Verfahren, bei dem man die unbekannte Konzentration einer Lösung durch Zugabe einer geeigneten Titrierlösung bekannter Konzentration bestimmen kann. Das Ende der Reaktion (Äquivalenzpunkt oder Endpunkt) wird mithilfe eines Farbindikators sichtbar gemacht.

Das wichtigste Arbeitsgerät bei einer Titration ist die Bürette. Diese wird mit der Titrierlösung, gefüllt, von der die genaue Konzentration bekannt ist. Zur Titration misst man mithilfe einer Vollpipette ein bestimmtes Volumen der Lösung unbekannter Konzentration und gibt dieses in einen Erlenmeyerkolben. Man fügt etwas Farbindikator hinzu. Nun lässt man die Titrierlösung zu der unbekannten Lösung hinzutropfen, bis zum Farbumschlag des Farbindikators.

Nach dem Ablesen des Volumens der zugegebenen Lösung an der Bürette kann man die Stoffmenge des Stoffes in der Titrierlösung berechnen und mithilfe der Reaktionsgleichung die Konzentration der unbekannten Lösung ermitteln.

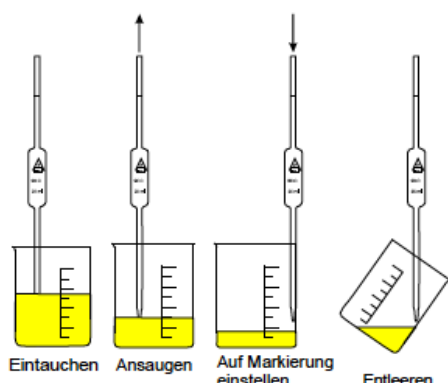
Titrierlösung:
c bekannt und V wird gemessen

Probelösung:
c unbekannt und V bekannt



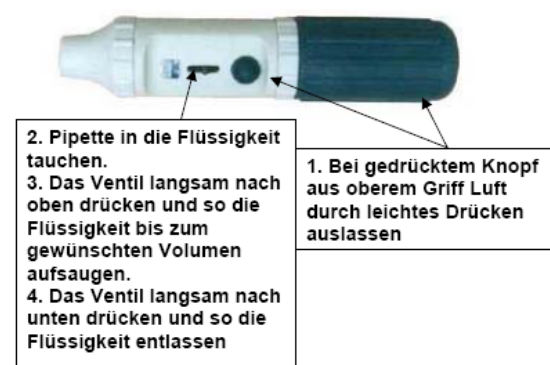
Hintergrundinformationen: Erläuterungen zum Pipettieren

Die Pipette steckt man vorsichtig bis zum leichten Widerstand in die konische Öffnung der Pipettierhilfe. Dann taucht man die Pipette mit der Spitze tief in die Flüssigkeit ein und saugt die Flüssigkeit bis über die Markierung hinaus an. Auf keinen Fall darf hierbei Lösung in die Pipettierhilfe gelangen! Dann lässt man die Lösung zunächst bis zum Meniskus ins Arbeitsgefäß ab. Dann wird die Lösung vollständig ins gewünschte Gefäß überführt.



© www.chemie.uni-mainz.de

Pipettierhilfe:



© Mme Claudine Cillien

Erklärungen zum Versuch VI

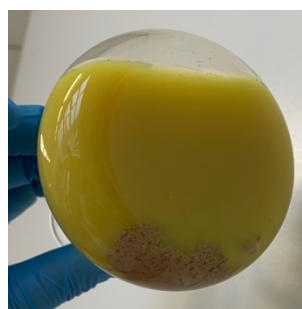
Eine isotonische Kochsalzlösung (= Natriumchlorid-Lösung) wird als Trägerlösung für Medikamente oder zum Spülen von Nase oder Augen benutzt. Zudem wird die Kochsalzlösung in der Medizin auch zur Rehydrierung eingesetzt. *Isotonisch* setzt sich aus den griechischen Wörtern "*isos*" für "gleich" und "*tonos*" für "Druck" oder "Spannung" zusammen. Vereinfacht kann man sagen, dass zwei isotonische Lösungen die gleiche Menge an gelösten Teilchen enthalten. Dies ist der Fall beim Blutplasma und der isotonischen Kochsalzlösung.

Bei Versuch Vc habt ihr gesehen, welcher Stoff sich bildet, wenn Silber-Ionen mit Chlorid-Ionen reagieren. Diese Reaktion werden wir uns jetzt zunutze machen, um mithilfe einer Titration nach Fajans die Konzentration an Chlorid-Ionen in einer isotonischen Kochsalzlösung zu bestimmen. Ziel ist es zum Schluss selbst eine isotonische Kochsalzlösung herzustellen.

Die isotonische Kochsalzlösung (**Natriumchlorid-Lösung**), die ihr titrieren sollt, wurde **10 x verdünnt**. Als Titrierlösung wird eine **Silbernitrat-Lösung** ($c = 0,1 \text{ mol/L}$) verwendet.

Als Adsorptionsindikator wird hier **Fluorescein** verwendet. Die zu bestimmende Lösung sollte neutral oder basisch sein, da der Indikator nur in der anionischen Form zum erwünschten Farbumschlag führt, deshalb wird Natriumhydrogencarbonat hinzugegeben.

Bei der Titration mit Silbernitrat erfolgt zunächst die bekannte Reaktion zu Silberchlorid (weißer Niederschlag). Am Äquivalenzpunkt haben die Chlorid-Ionen vollständig mit dem zugesetzten Silbernitrat reagiert. Bei weiterer Zugabe von Silbernitrat werden, die als Überschuss zugegebenen Silber-Ionen an den Silberchlorid-Niederschlag adsorbiert, daraus resultiert eine positive Ladung des Komplexes. Der nun positiv geladene Komplex lagert sich an den anionischen Teil des Indikators an und dieser wechselt die Farbe (siehe die folgenden Bilder).



Vor dem Äquivalenzpunkt Am Äquivalenzpunkt

Bei diesem Versuch werden die Lehrer auch eure Vorgehensweise benoten.

☠ Achtung!

Silbernitrat ist ätzend, außerdem hinterlässt Silbernitrat schwarze Flecken und Fluorescein gelbe Flecken auf Haut und Kleidern. Schutzbrille und Handschuhe tragen!



✂ Arbeitsanweisungen: Titration**Material:**

50 mL-Bürette, Stativ, Bürettenklemme, Pipettierhilfe, 100 mL-Vollpipette aus Glas, Weithals-Erlenmeyerkolben, Magnetrührer, Rührfisch, 2 Tropfpipetten aus Kunststoff, kleiner Trichter, 250 mL-Becherglas „Abfall“, Unterlage

Gemeinschaftsplatz: Handschuhe, Rührfischangel

Chemikalien:

Gemeinschaftsplatz: Titrierlösung (Silbernitrat-Lösung) ($c = 0,1 \text{ mol/L}$), isotonische Kochsalzlösung (Natriumchlorid-Lösung) (Konzentration unbekannt), Fluorescein-Lösung (2 %), Natriumhydrogencarbonat-Lösung (5 %), Entsorgungsgefäß

Versuchsdurchführung:

1. Befestigt eine Bürette an einem Stativ und stellt alles auf die Unterlage.
2. Stellt das Abfallbecherglas unter die Bürette.
3. Öffnet den Hahn und spült die Bürette mit etwa 15 mL der Titrierlösung (Silbernitrat-Lösung) durch.
4. Schließt danach wieder den Hahn.
5. Füllt die Bürette mit der Titrierlösung etwa 2 cm über der Nullmarke.
6. Stellt den Flüssigkeitsstand auf die obere Nullmarke ein indem ihr die Lösung in ein Abfallbecherglas fließen lasst. Eine gute Hilfe dabei ist ein schmaler Streifen (Schellbach-Streifen) auf weißem Hintergrund an der Rückwand der Bürette. Habt ihr das Auge auf der Höhe des Flüssigkeitsspiegels, so seht ihr an der Meniskusfläche eine deutliche Einschnürung/Verengung des Streifens, die euch ein sehr genaues Ablesen des Volumens erlaubt.



Richtig ablesen!

7. Achtet darauf, dass unten keine Luftblase entsteht und dass die Bürette außen rum komplett trocken ist.
8. Gebt mithilfe einer Vollpipette 100 mL der isotonischen Kochsalzlösung in den Weithals-Erlenmeyerkolben.
9. Gebt mithilfe einer Tropfpipette 1 mL Fluorescein-Lösung hinzu.
10. Gebt dann den Inhalt von etwa 5 Tropfpipetten an Natriumhydrogencarbonat-Lösung hinzu.
11. Gebt dann vorsichtig den Rührfisch hinzu und stellt den Erlenmeyerkolben auf den Magnetrührer.
12. Schaltet den Magnetrührer ein (dieser sollte aber nicht zu heftig rühren) und stellt durch vorsichtiges Drehen des Bürettenhahns eine mittlere Tropfgeschwindigkeit ein. Ihr müsst hierbei einzelne Tropfen beobachten können. Die Tropfgeschwindigkeit darf nicht zu groß sein, da der Niederschlag sonst verklumpt.

13. Lasst immer 1 mL Titrierlösung aus der Bürette in den Erlenmeyerkolben laufen und beobachtet dann die Farbe. Fahrt so lange damit fort bis der Farbumschlag (siehe Fotos) sichtbar ist. Notiert das verbrauchte Volumen.
14. Gebt nach der ersten Titration die Lösung aus dem Erlenmeyerkolben in den dafür vorgesehen Behälter, fischt den Rührfisch mit der Angel heraus und spült den Erlenmeyerkolben gründlich mit Leitungswasser und destilliertem Wasser.

Die Titration kann beim ersten Mal etwas schneller (und unpräziser) durchgeführt werden, um schnell zu erfahren in welchem Bereich der Verbrauch in etwa liegt. Danach sollten wenn möglich noch zwei präzise Titrationsen durchgeführt werden (Bürette langsam laufen lassen bis etwa 2 mL vor den Farbumschlagpunkt, dann die Silbernitrat-Lösung tropfenweise zugeben). Die Bürette muss nicht jedes Mal geleert und neu befüllt werden, es muss aber jedes Mal darauf geachtet werden, dass noch genug Titrierlösung enthalten ist und das Anfangsvolumen notiert wurde!

Aufgabenstellung

Tragt die gemessenen Werte ein, notiert eure Beobachtungen, berechnet die Konzentration an Chlorid-Ionen in der isotonischen Kochsalz-Lösung und erklärt genau, wie ihr vorgehen würdet, um 250 mL einer isotonischen Kochsalz-Lösung herzustellen.

⇒ **Antwortbogen: VI.1., VI.2., VI.3., VI.4. und VI.5.**

Blut – physikalisch betrachtet

Physikalisch gesehen ist das Blut eine sehr interessante, aber auch komplexe Flüssigkeit, deren Eigenschaften wir hier näher analysieren wollen. Hierfür arbeiten wir nicht mit richtigem Blut, sondern einem Wasser-Glyzerin-Gemisch in der richtigen Proportion, dessen Eigenschaften sehr nah an denen des Blutes liegen.

Versuch VII: Dichte der Flüssigkeit

Zur Bestimmung der Dichte des Wasser-Glyzerin-Gemischs nutzen wir das Messprinzip eines Aräometers.

Das Aräometer ist ein Glaskörper mit einer Skala, welcher in die zu untersuchende Flüssigkeit eingetaucht wird. Abhängig von der Eintauchtiefe in die Flüssigkeit kann dann die Dichte der Flüssigkeit abgelesen werden.

Hinweis:

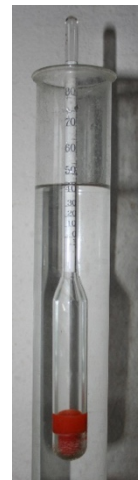
Wenn ein Körper in einer Flüssigkeit schwimmt, wirken sich auf diesen zwei vertikale Kräfte aus:

- Die Gewichtskraft \vec{F}_G welche den Körper nach unten zieht
- Die Auftriebskraft \vec{F}_A welche den Körper nach oben drückt.

Wobei:

$$F_G = m \cdot g \quad \left\{ \begin{array}{l} m: \text{Masse des Körpers (kg)} \\ g: \text{Ortsfaktor } \left(\frac{\text{N}}{\text{kg}}\right) \end{array} \right.$$

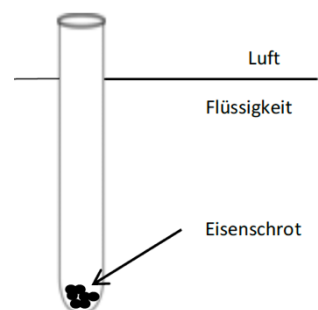
$$F_A = \rho_{Fl} \cdot g \cdot V \quad \left\{ \begin{array}{l} \rho_{Fl}: \text{Dichte der Flüssigkeit } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \\ g: \text{Ortsfaktor } \left(\frac{\text{N}}{\text{kg}}\right) \\ V: \text{eingetauchtes Volumen des Körpers (m}^3\text{)} \end{array} \right.$$



Aufgabe VII.1.

Wenn der Körper an der Oberfläche schwimmt bewegt er sich nicht. Welchen Zusammenhang gibt es demnach zwischen der Gewichtskraft \vec{F}_G und der Auftriebskraft \vec{F}_A ? Stellt anhand dieses Zusammenhangs eine Formel auf, welche es euch erlaubt die Dichte der Flüssigkeit ρ_{Fl} zu bestimmen.

Mit dem vorhandenen Material sollt ihr nun die Dichte der Flüssigkeit bestimmen indem ihr das Messprinzip des Aräometers nutzt. Als Auftriebskörper dient uns ein Reagenzglas, welches mit Metallschrot beschwert werden kann.



Aufgabe VII.2.

Beschreibt eure Vorgehensweise und gebt eure Messwerte sowie Berechnungen an!

Versuch VIII: Viskosität der Flüssigkeit

Die Viskosität beschreibt den Widerstand einer Flüssigkeit gegen einen Fluss.

Eine Flüssigkeit mit hoher Viskosität (wie Honig) fließt demnach sehr langsam. Eine Flüssigkeit mit niedriger Viskosität (wie Wasser) fließt schnell. Die Einheit der Viskosität ist die Pascal-Sekunde (Pa·s).

Wenn eine Kugel in einer Flüssigkeit fallen gelassen wird, ist sie drei Kräften ausgesetzt:

- Der Gewichtskraft \vec{F}_G , welche den Körper (Dichte ρ_K) nach unten zieht
- Der Auftriebskraft \vec{F}_A , welche den Körper nach oben drückt.
- Der Reibungskraft \vec{F}_R , welche gegen die Bewegung des Körpers wirkt.

wobei:

$$\bullet \quad F_R = 6 \cdot \pi \cdot r \cdot \eta \cdot v \quad \left\{ \begin{array}{l} r : \text{Radius der Kugel (m)} \\ \eta : \text{Viskosität (Pa} \cdot \text{s)} \\ v : \text{Geschwindigkeit (m/s)} \end{array} \right.$$

Das Volumen einer Kugel schreibt sich: $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$

Aufgabe VIII.1.

Wenn eine Kugel mit konstanter Geschwindigkeit in einer Flüssigkeit sinkt, sind die drei oben beschriebenen Kräfte im Gleichgewicht. Beweist, dass die Geschwindigkeit der Kugel mit folgender Gleichung berechnet werden kann:

$$v = \frac{2 \cdot g \cdot (\rho_K - \rho_{Fl}) \cdot r^2}{9 \cdot \eta}$$

Aufgabe VIII.2.

Bestimmt anhand des vorhandenen Materials die Dichte ρ_K des Plastilins.

Gebt eure Messwerte und Berechnungen an!

Aufgabe VIII.3.

Formt aus Plastilin eine kleine Kugel (5-10 mm Durchmesser). Bestimmt, anhand der vorherigen Messwerte, den genauen Wert des Radius r der Kugel.

Gebt eure Messwerte und Berechnungen an!

Aufgabe VIII.4.

Nehmt mit dem iPad den Fall einer Kugel durch das Glycerin-Wasser-Gemisch auf. Benutzt dafür das Programm „Viana“ (siehe den Anhang für weitere Erklärungen dazu).

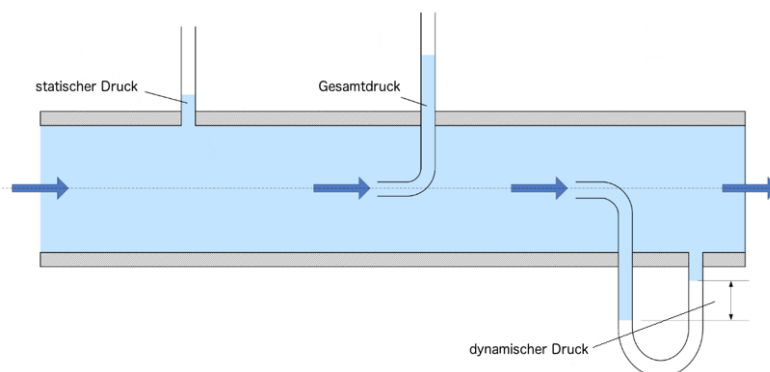
Gebt die Gleichung der Regressionsgeraden wieder, und bestimmt daraus den Wert der Viskosität.

Hinweis: Die Geschwindigkeit aus Aufgabe VIII.1. kann auch noch geschrieben werden als:

$$v = \frac{x}{t}, \text{ wobei } \left\{ \begin{array}{l} x : \text{zurückgelegte Strecke (m)} \\ t : \text{Fallzeit (s)} \end{array} \right.$$

Versuch IX: Blutdruck

Eine weitere Eigenschaft des Blutes ist der Blutdruck in unseren Gefäßen. Wir unterscheiden ganz allgemein zwischen dem statischen und dem dynamischen Druck. Der statische Druck einer Flüssigkeit wirkt immer senkrecht zu der Strömungsrichtung der Flüssigkeit. Der dynamische Druck, auch Staudruck genannt, ist der Druck, welcher in Strömungsrichtung aufgrund der bewegten Flüssigkeit zustande kommt. Der Gesamtdruck setzt sich aus den beiden beschriebenen Druck-Arten zusammen.



Der Versuch hierzu steht auf dem Lehrerpult: Wasser fließt dabei durch das horizontale Rohr von links nach rechts durch. In der Mitte ist das Rohr enger, dahinter hat es wieder den gleichen Querschnitt wie vor der Verengung.

Aufgabe IX.1.

Zeichnet die Höhe der Wassersäulen auf eurem Schema ein.

Aufgabe IX.2.

Handelt es sich hierbei um eine Messung des statischen Drucks, des dynamischen Drucks, oder des Gesamtdrucks? Erklärt.

Aufgabe IX.3.

Welche Beobachtungen könnt ihr bei diesem Versuch machen?

Aufgabe IX.4.

Welche Aussage könnt ihr über die Strömungsgeschwindigkeit in der Verengung des Rohres machen?

Aufgabe IX.5.

Welche der folgenden 3 Formeln passt demnach zur Beschreibung dieses Phänomens? Begründet.

- $p + \frac{1}{2} \cdot \rho_{Fl} \cdot v^2 = \text{konstant}$

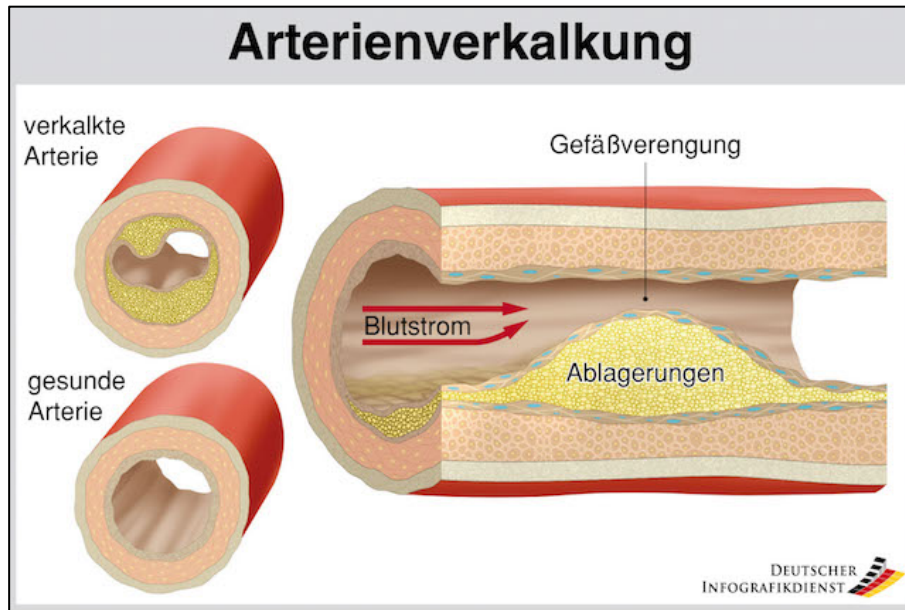
- $p + \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho_{Fl}}{v^2} = \text{konstant}$

- $p \text{ proportional zu } v^2$

$$\left\{ \begin{array}{l} p : \text{ Druck in der Flüssigkeit (Pa)} \\ \rho_{Fl} : \text{ Dichte der Flüssigkeit } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \\ v : \text{ Fließ - Geschwindigkeit (m/s)} \end{array} \right.$$

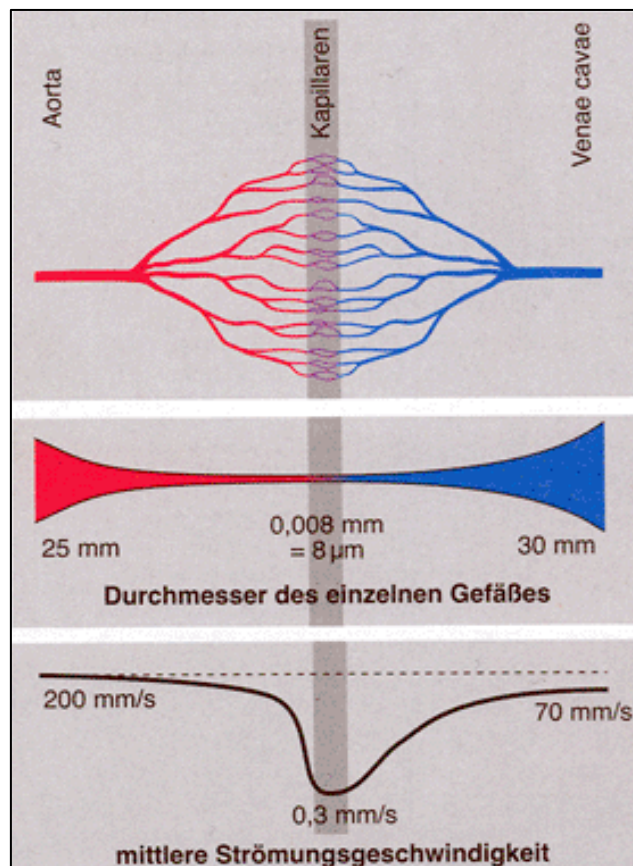
Aufgabe IX.6.

Welche physikalischen Konsequenzen können bei einem flexiblen Gefäß (wie in unseren Adern) auftreten, wenn sich Ablagerungen im Gefäß bilden?



Aufgabe IX.7.

Wie ist es zu erklären, dass beim menschlichen Körper die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes in den sehr dünnen Gefäßen (=Kapillaren) niedriger ist als in den größeren Blutgefäßen, wie folgendes Schema zeigt?



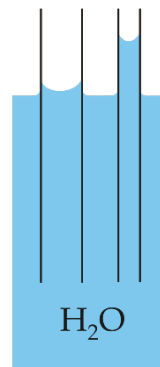
Versuch X: Kapillarität

Auf seinem Weg durch unseren Körper gelangt das Blut bis zu den Kapillaren. Sie sind die kleinsten Blutgefäße mit einem Durchmesser von 5 bis 10 μm . Sie bilden ein feines Netzwerk in den Organen und Geweben des Körpers und ermöglichen den Stoffaustausch zwischen Blut und Gewebe.

Damit das Blut in diese feinen Äderchen gelangt benutzt der menschliche Körper das physikalische Prinzip der Kapillarität welches besagt, dass in engen Gefäßen Kräfte auf Flüssigkeiten wirken, welche sie anziehen oder abstoßen. So steigt z. B. Wasser in engen Röhren gegen die Gewichtskraft ein Stück nach oben.

Um den Einfluss des Durchmessers d des Gefäßes auf die Kapillarkraft zu untersuchen wird nun folgender Versuch durchgeführt.

Vier Kapillarröhrchen mit unterschiedlichen Innendurchmessern d werden in Wasser getaucht und die Steighöhe h ermittelt. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass die Kapillarröhrchen einmal benetzt werden indem sie so tief wie möglich ins Wasser eingetaucht werden und wieder herausgezogen werden. Um die Steighöhen des Wassers zu ermitteln, sollen die Röhrchen so weit aus dem Wasser ragen, dass nur noch die Spitzen eingetaucht sind.



Aufgabe X.1.

Messt für die verschiedenen Innendurchmesser d der Kapillarröhrchen die Steighöhe h und notiert sie in die Messwerttabelle.

Aufgabe X.2.

Stellt die Steighöhe h in Abhängigkeit des Innendurchmessers d graphisch dar! Was fällt euch auf?

Aufgabe X.3.

Ergänzt nun eure Tabelle mit den Werten von $\frac{1}{h}$.

Aufgabe X.4.

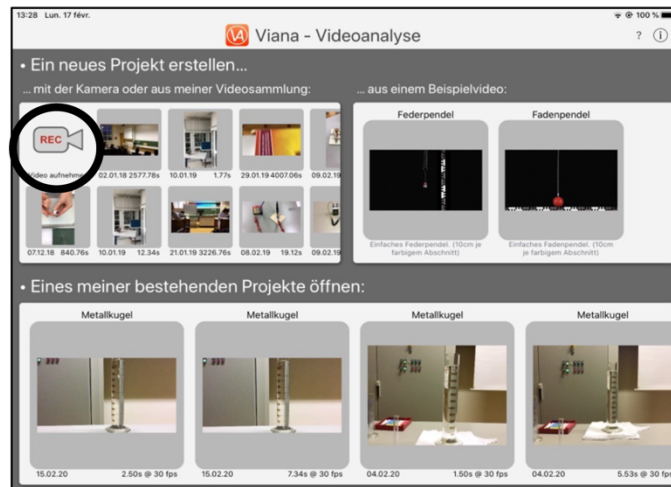
Stellt den Kehrwert der Steighöhe $\frac{1}{h}$ in Abhängigkeit des Innendurchmessers d graphisch dar! Was fällt euch auf?

Aufgabe X.5.

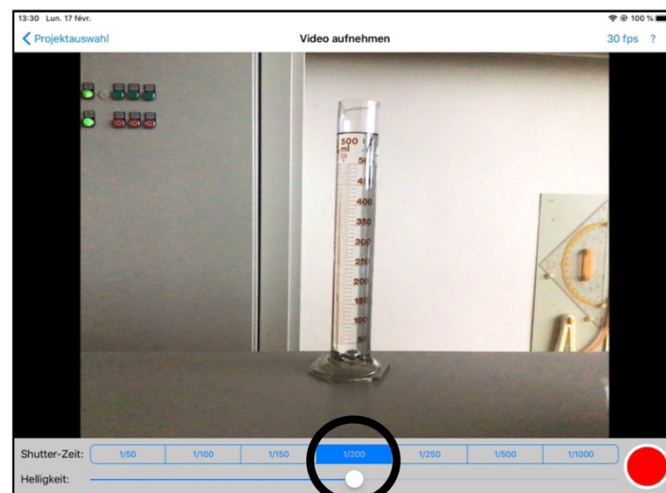
Gebt eine Formel an, welche erlaubt die Steighöhe h in Abhängigkeit des Innendurchmessers d zu berechnen. Berechnet die theoretische Steighöhe in einem Blutgefäß von 10 μm Durchmesser.

Anhang: Aufnahme der Bewegung mit Viana

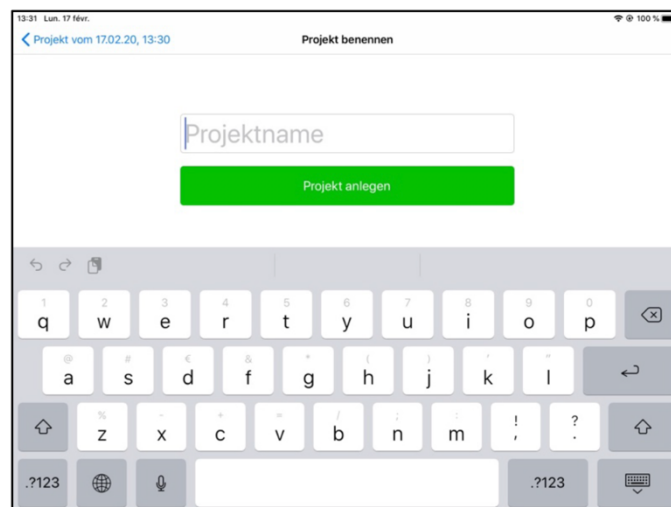
- Öffnet das Programm Viana und nimmt die Bewegung auf (REC).



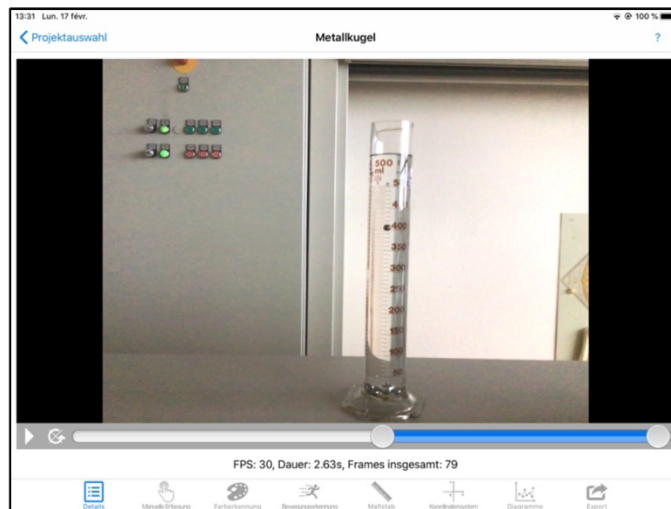
- Stellt die Shutter-Zeit auf 1/200 und nimmt das Video auf.



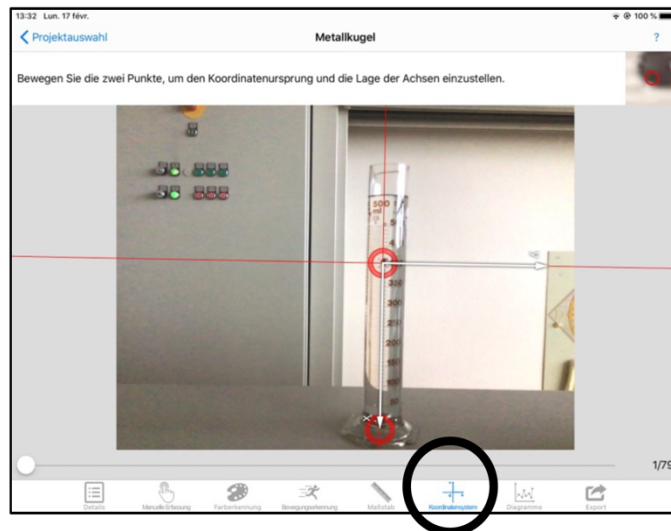
- Gibt dem Projekt einen Namen.



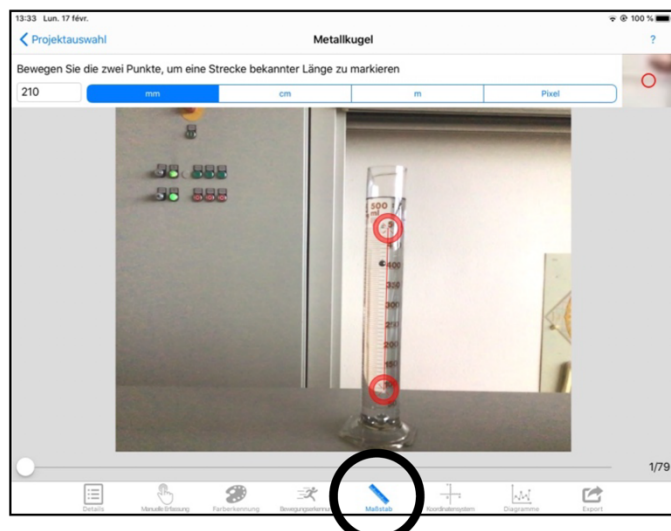
- Geht nun zum Startpunkt unserer Messreihe. Wir nehmen dazu eine Position der Kugel, bei der sie schon mindestens 5 cm durch die Flüssigkeit zurückgelegt hat.



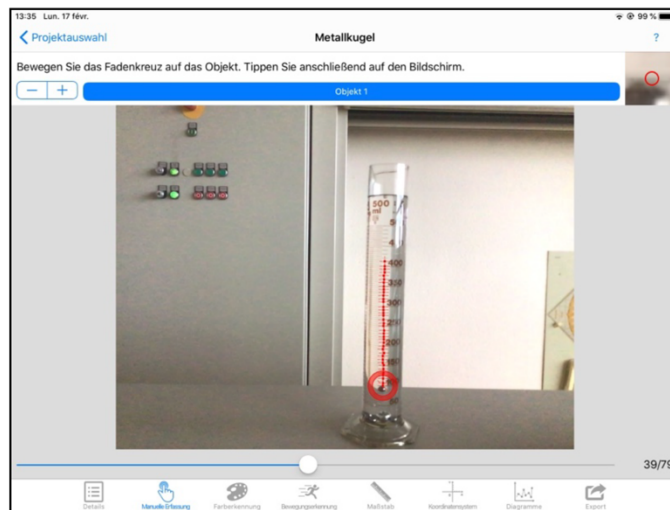
- Setzt ein Koordinatensystem wobei die Bewegung in x-Richtung (nach unten) erfolgt.



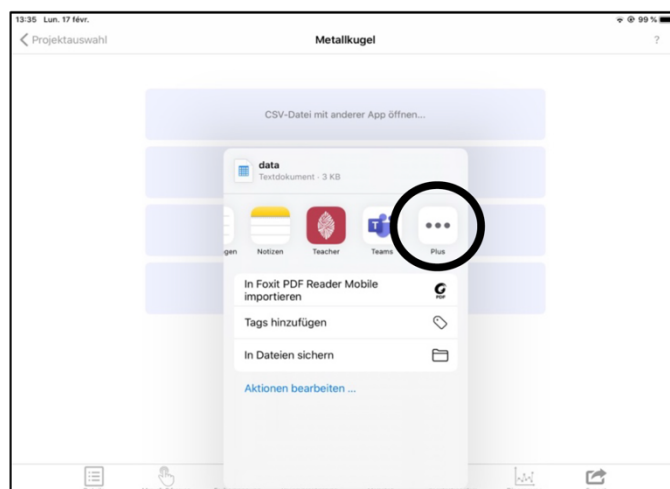
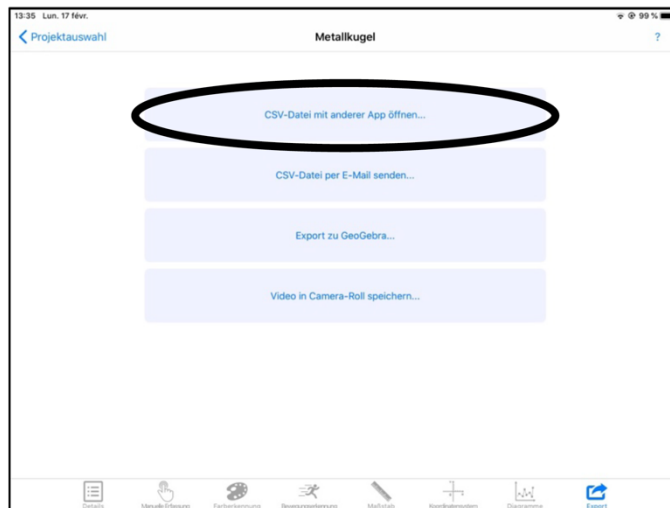
- Definiert einen Maßstab mit Hilfe von zwei Punkten deren Abstand ihr messen könnt.



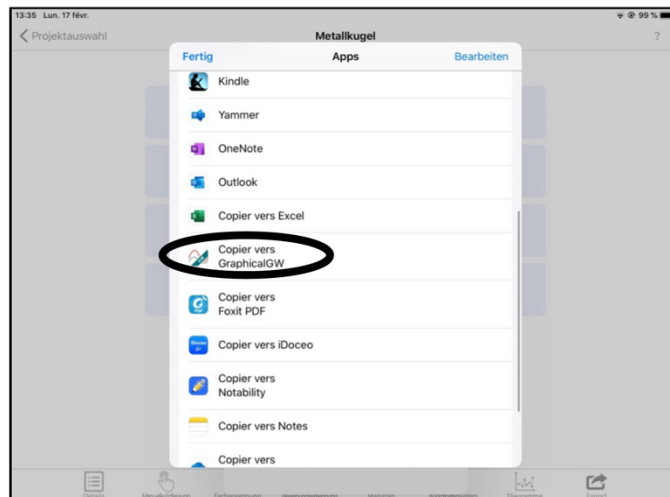
- Wählt die manuelle Bewegungserfassung und folgt der Bewegung der Kugel.



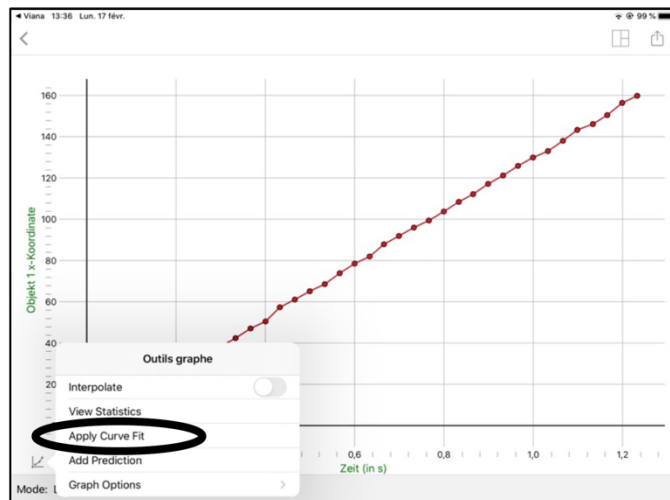
- Exportiert dann die Daten mit „Export“.



- Wählt die App „GraphicalGW“ um die Versuchsdaten auszuwerten.



- Stellt die zurückgelegte Strecke in Abhängigkeit der Zeit graphisch dar, und fügt der Kurve eine Regressionsgerade (Curve Fit) hinzu.



- Die Gleichung der Regressionsgeraden ($y = m \cdot x + p$) findet ihr hier.

