

6. Lëtzebuerger Naturwëssenschaftsolympiad

Finalrunde: Dienstag, den 18. Dezember 2012

Lycée Michel-Rodange, Luxembourg



Am Anfang war ...



... das Ei !

– Aufgabenbogen –

Vorsichtsmaßnahmen

1. Tragt den Laborkittel während des gesamten Aufenthalts im Labor, tragt die Schutzbrille beim Arbeiten mit Säuren und Laugen und berücksichtigt alle gängigen Vorsichtsmaßnahmen.
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 mehreren Gruppen zur Verfügung steht, muss **sofort** nach Gebrauch an seinen ursprünglichen Platz zurückgebracht werden.
3. Alle Ergebnisse müssen in den **Antwortbogen** eingetragen werden. Nach 3 Stunden ist **ein einziger Antwortbogen abzugeben**. Nur dieser wird bewertet!
4. Punkteverteilung für die einzelnen Aufgaben:

Versuch I: Eiweiß unter Verdacht ... (15 P.)

Versuch II: Bestimmung des Kalkgehaltes in der Eierschale (29 P.)

Versuch III: Eggsploring Eggs (19 P.)

Versuch IV: Bestimmung der Dichte von Eiern (34 P.)

Sauberkeit am Arbeitsplatz: (3 P.)



Zwei Tote und hunderte Erkrankte an Bord der MS EUSO: Lebensmittelskandal an Bord der „Oushtercroisière“ ?

Anlässlich der diesjährigen „Oushtercroisière“ kam es zu einem bedauernswerten Zwischenfall an Bord. Wie Kapitän Andreotti Mousseti gestern der Presse berichtete beklagten sich nach dem Captain's Dinner auf hoher See zwischen Cartagena und Cadiz, knapp zweihundert der 3400 Gäste über plötzliches Unwohlsein. Obwohl der Schiffsarzt sofort die medizinische Notversorgung einleitete, verschlechterte sich der Gesundheitszustand von zwei Patienten zusehends. Noch ehe das Schiff den Hafen von Cadiz erreichte konnte nur mehr der Tod beider Passagiere festgestellt werden. Die übrigen Erkrankten wurden in umliegende Krankenhäuser gebracht, den Ärzten nach werden sie sich aber schnell wieder erholen und die Heimreise antreten können.



Die spanische Polizei nahm unter der Leitung von Polizeichef Jamy Mangez sofort Untersuchungen an Bord vor und beschlagnahmte Essensproben von jenem Abend. Wie es aus gut informierten Kreisen seitens der Schiffsführung verlautet, stehen Hühnereier, welche im Hafen von Cartagena an Bord geliefert wurden im Verdacht nicht ganz frisch gewesen zu sein ...

Auf Anfrage von Polizeichef Mangez wurde eine Spezialeinheit von 24 Naturwissenschaftlern aus Luxemburg eingeflogen, welche durch spezifische Untersuchungen die Arbeit der Polizei unterstützen sollen.

Eure Aufgabe besteht also darin, diese Tragödie aufzuklären. Die ersten Ermittlungen der Polizei haben ergeben, dass Hühnereier eine wichtige Rolle bei den Vorfällen zu spielen scheinen.



Versuch I: Eiweiß unter Verdacht ...

Die Feststellung, dass 6% aller Gäste auf dem MS EUSO an Durchfall und Erbrechen erkrankt sind, lässt auf eine Lebensmittelvergiftung schließen. **Ungewöhnlich ist nur, dass zwei Gäste in einem relativ kurzen Zeitraum verstorben sind.** Bei ihren Ermittlungen ist die Polizei darauf gestoßen, dass es sich bei beiden Gästen um Mitglieder ein und derselben Familie gehandelt hat, welche eine Proteinunverträglichkeit (Eiweiß-Allergie) hatten. Der Obduktionsbericht hat die Hypothese eines **anaphylaktischen Schock** (Eiweiß-Schock) bestätigt, dieser hat wohl den Tod beider Passagiere ausgelöst. Aufgrund ihrer Allergie, hatten diese Gäste jedoch extra ein Essen ohne Eiweiße bestellt und dieses auch bekommen. Polizeichef Mangez ist überzeugt, dass ein unbekannter Täter mit Absicht Eiweiße unter das Essen der beiden Gäste gemischt hat. Für die weitere Untersuchung ist es wichtig heraus zu finden, in welcher der Mahlzeiten, welche innerhalb der letzten 24 Stunden eingenommen wurden, Eiweiß enthalten war.

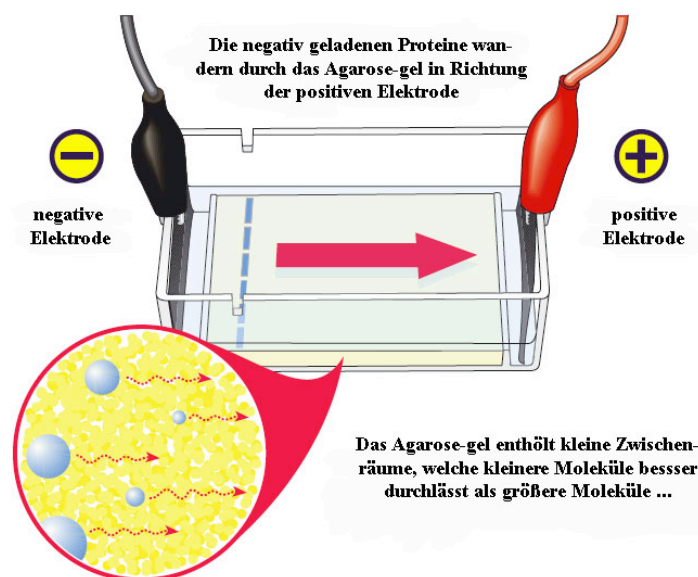
Deine Aufgabe als Wissenschaftler ist es nun die Essensproben im Labor zu untersuchen. Hierfür verwendest du die Biotechnologie der **Elektrophorese**.



Hintergrundinformationen

Die **Elektrophorese** („Tragen mit Elektrizität“) ist eine häufige biotechnologische Trennmethode von großen Molekülen wie DNA oder Proteine. Hierbei müssen die zu trennenden Moleküle eine elektrische Ladung besitzen. Bei unserem Laborversuch werden die zu untersuchenden verschiedenen Proteine mit *Laemmli-Puffer* negativ geladen. Die Proben der Moleküle werden in Schächte auf einer Seite des Agarose-Gels pipettiert.

Nun wird ein Spannungsfeld angelegt, und die verschiedenen geladenen Moleküle wandern, je nach Molekülgröße und Ladung entsprechend schnell und weit durch das Gel zum gegenüberliegenden (+)-Pol. Große Moleküle wandern langsam, kleinere Moleküle schneller durch das Gel. Hier werden sie dann mit einer Färbungslösung sichtbar gemacht. Eine Kontroll- oder Referenzprobe macht einen Vergleich mit dem zu untersuchenden Molekül möglich.



Aufgabenstellung



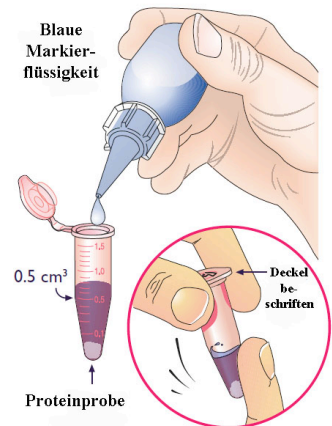
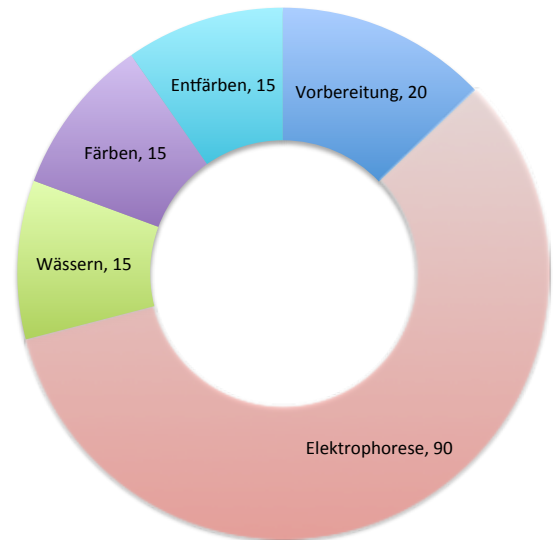
Du untersuchst die 3 Essensproben (A = Vorspeise; B = Hauptmenü; C = Dessert) des Menüs der Kreuzfahrt der **MS EUSO** auf das Vorhandensein von Eiweiß. Die Proben sind bereits zerkleinert, zentrifugiert und filtriert und befinden sich in den Eppendorf-Röhrchen. Die Vergleichsprobe mit Eiweiß-Proteinen befindet sich in Röhrchen D.

Arbeitsanweisungen

ACHTUNG: Dieser Versuch ist sehr zeitaufwändig, ihr müsst euch gut einteilen! Das Schema zeigt euch die einzelnen Etappen des Versuchs mit den jeweiligen Zeitangaben, dies soll euch helfen die Übersicht zu behalten

Material:

- Elektrophorese-Einheit mit präpariertem Agarose-gel
- Stromquelle
- 2 Anschlusskabel
- Stück Karbonfiber-Elektroden
- 20 mL Elektrophorese Puffer
- 2,5 mL Laemmli Puffer (blue dye)
- 20 mL Colloidal Coomassie Blue Färbungsmittel (+NaCl-Lösung)
- 5 x 1.5 mL Eppendorf-Röhrchen
- Mikropipette (100-1000 μL)
- Mikropipette (100 μL)
- 1 x 1000 μL Mikropipetten-Spitze
- 4 x 100 μL Mikropipetten-Spitzen
- Markierstift (permanent)
- Essensproben (Röhrchen A, B, C)
- Referenzprobe Albumin (Ei) (Röhrchen D)
- Schwarzer Karton
- Schere
- Zeitmesser (Uhr)

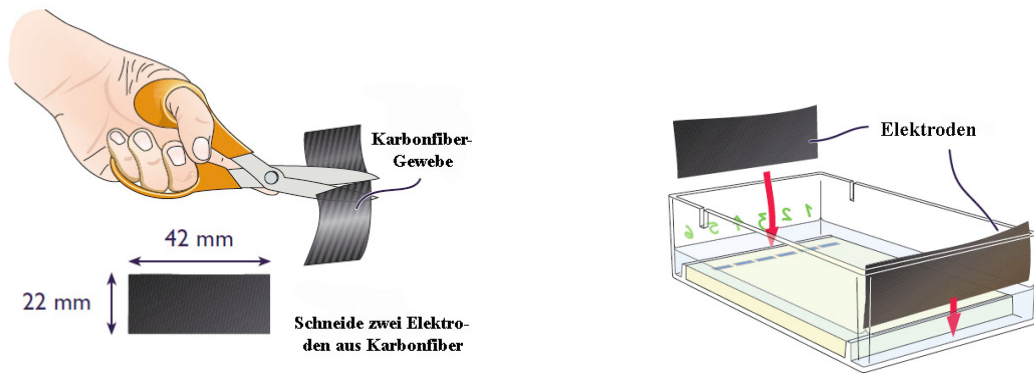


1. Arbeitsschritt: Vorbereitung der Untersuchungsproben

Die 4 Eppendorf-Röhrchen (A-D) müssen zuerst für die Elektrophorese vorbereitet werden. Hierzu wird eine Spitze auf die Mikropipette (100-1000 μL) aufgesetzt. Anschließend werden 500 μL Markerfärbflüssigkeit (Laemmli-Puffer blue dye) hinzugefügt. Anschließend das Röhrchen 20-30x gut schütteln. Anschließend die Proben 5 Minuten stehen lassen.

2. Arbeitsschritt: Aufbau der Elektrophorese-Apparatur (am Lehrerpult !!)

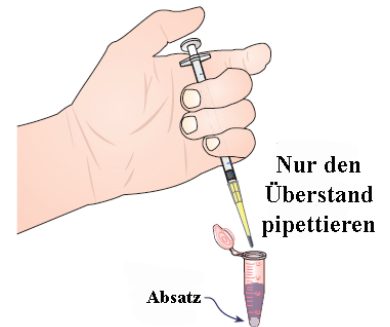
Während dieser Zeit baust du die Elektrophorese-Apparatur auf, und machst dich mit der Apparatur vertraut. Schneide aus der Karbonfiberfolie zwei 22x42mm große Stücke. Platziere diese nun gemäß Abbildung (siehe nächste Seite) in die Elektrophorese-Apparatur. Stelle mittels den Kabeln und den Krokodilklemmen mit der Stromquelle einen geschlossenen Stromkreis auf. Stelle sicher, dass sich die Kathode (+) auf der gegenüberliegenden Seite der Gel-Schächte befindet! Schließe den Strom **noch nicht an!**



3. Arbeitsschritt: Befüllen der Schächte des Agarose-Gels

Fülle nun 10 mL Elektrophorese-Puffer in die Kammer. Die Flüssigkeit soll das Gel komplett bedecken und ca. 2 mm überstehen. Achte darauf, dass die Kammern rechts und links vom Gel auch komplett mit Puffer gefüllt sind. Diese Pufferflüssigkeit wird während der Elektrophorese den Strom durch das Agarose-gel leiten. Ab jetzt darf die Elektrophorese-Kammer nicht mehr bewegt werden.

Nimm nun mit der 100 μ L Mikropipette (jeweils neue Spitze verwenden!) **den Überstand** (also nicht Absatz am Boden) aus den einzelnen Röhrchen und fülle sie vorsichtig in die einzelne Schächte des Gels mit ca. 25 μ L.



! Vorsicht !

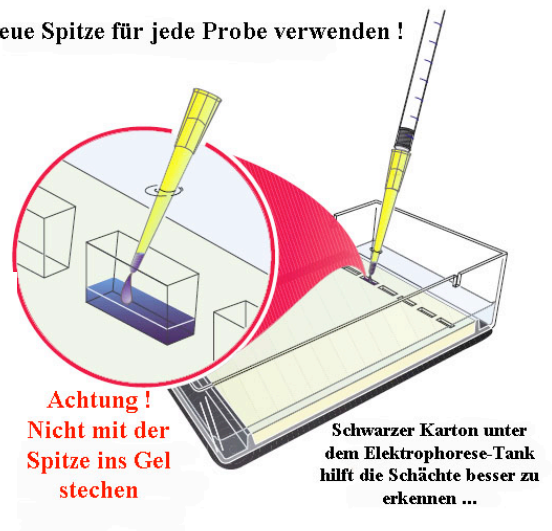
Reihenfolge der Proben mit wasserfestem Stift markieren!
Neue Spitze bei jeder Probe benutzen!

Spitze beim Einfüllen nicht in das Gel stechen sondern in die Pufferflüssigkeit über dem Schacht eintauchen. Es ist nicht notwendig, die Spitze in den Schacht einzuführen, aufgrund der Schwere fließt die Probe nach unten.

Nicht zittern!!! Hand mit Pipette auf andere Hand auflegen und abstützen!



Neue Spitze für jede Probe verwenden !



4. Arbeitsschritt: Elektrophorese anschließend und laufen lassen



Nicht mehr
als 36 V
Spannung !

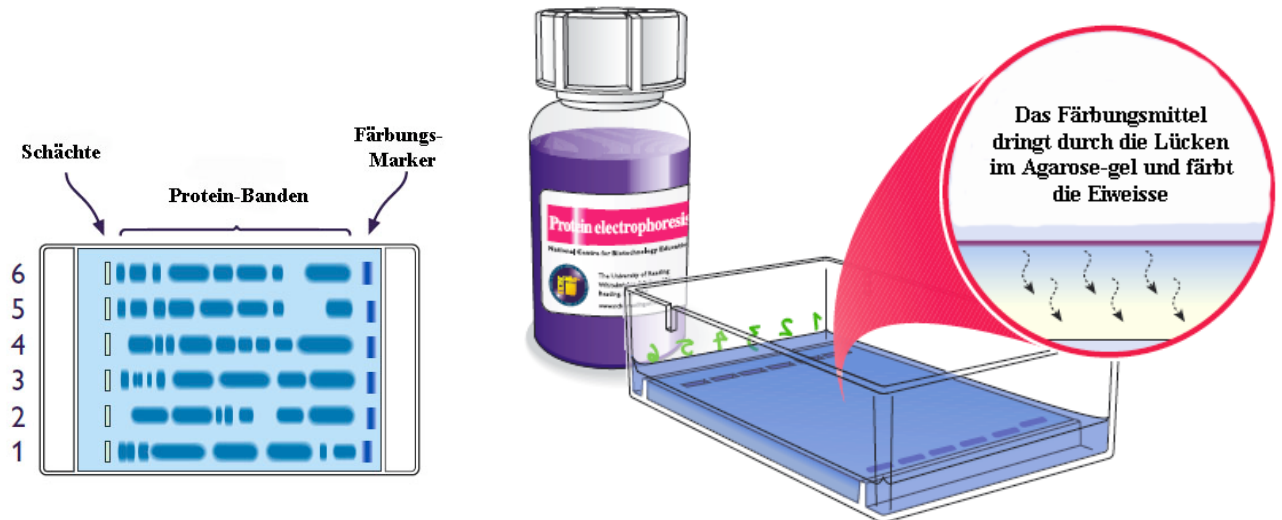
Überprüfe noch einmal den richtigen Anschluss der Elektrophorese-Kammer (siehe Schritt 2). Schließe nun die Stromquelle mit 36 Volt an. Achte auf den richtigen Kontakt zwischen TB Puffer und den Elektroden. Sobald Strom fließt müssten kleine Luftbläschen an der negativen Elektrode aufsteigen. Lass die Elektrophorese nun für ca. **90 Minuten** laufen und löst inzwischen andere Aufgaben.

5. Arbeitsschritt: Gel färben und auswerten

Nach etwa 90 Minuten müsste der Marker etwa in der Mitte des Gels angelangt sein. Stoppe nun die Elektrophorese indem du den Strom abstellst. Schütte den Puffer nun aus. Belasse das Gel im Tank. Wasche das Gel mit destilliertem Wasser aus. Lass dies nun **15 Minuten** stehen und tausche zwischenzeitlich das destillierte Wasser aus. Hiermit wäschst du den Puffer aus dem Gel.

Nimm nun die **Färbungslösung** (Coomassie Blau) und fülle etwa 20 mL der Lösung ein, welche du vorher gut geschüttelt hast. Lass das **Färbungsmittel** nun etwa **15 Minuten einziehen**. Sowohl das Gel als auch Eiweiße werden gefärbt. Nun das Färbungsmittel abgießen. Jetzt wird die Farbe im Gel wieder entfernt, indem man mehrmals das Gel mit destillierten Wasser spült. Wiederhole diesen Prozess 3-4 Mal. 15 Minuten zum Entfärben stehen lassen.

Nun müssten Banden sichtbar sein. Werte nun das Ergebnis deiner Elektrophorese aus!



Auswertung: ☞ Antwortbogen

I.1. In welchem der Lebensmittel sind Eiweißspuren vorhanden? (3 Punkte)

- A: Vorspeise
- B: Hauptmenu
- C: Dessert

Belast die Elektrophorese an Eurem Arbeitsplatz und beschriftet sie mit dem Namen Eurer Gruppe.

I.2 Bewertung des Ergebnisses der Elektrophorese durch die Jury (5 Punkte).



Fragen (☞ Antwortbogen):

I.3 Woraus sind Eiweiße zusammengesetzt? (2 Punkt)

I.4 Welche Bedingung müssen die Eiweißmoleküle erfüllen, um elektrophoretisch messbar zu sein?

Erkläre welche verschiedenen Faktoren für die Wanderung der Eiweißmoleküle im Agarose-gel verantwortlich sind. (3 Punkte)

I.5 Wenn man Eiweiß nun z.B. durch Kochen erhitzt, werden die Eiweiße besser oder schlechter durch das Agarose-gel wandern? Erkläre wieso. (2 Punkte)

Versuch II: Bestimmung des Kalkgehaltes in der Eierschale

Nachdem du anhand von Versuch I feststellen konntest in welchem Essen die Eiweiße enthalten waren, wurden die Reste von diesem Essen genauer untersucht. Dabei wurde in dem Essen ein kleines Stück Eierschale gefunden, die Eiweiße im Essen stammten also aus einem Ei. Dies könnte ein entscheidender Hinweis auf den Täter sein. Die Polizei hatte nämlich bei Gepäckdurchsuchungen bei einem Passagier, Herr Gilbert Z., zwei unvollständige Schachteln Hühnereier gefunden. Um festzustellen, ob es sich beim „Täterei“ um ein Hühnerei handelte, sollst du den Kalkgehalt der Eierschale bestimmen. Liegt der Kalkgehalt zwischen 90 und 99%, stammt die Schale von einem Hühnerei und Herr Gilbert Z. wäre somit stark tatverdächtig.



Hintergrundinformationen

Die Schale eines Hühnereies besteht hauptsächlich aus Kalk (Calciumcarbonat). Sie ist 0,2 bis 0,4 Millimeter dick und unglaublich hart. Dadurch kann sie das Innere der Eier während des Brütens wirksam vor mechanischen Einwirkungen schützen. Die Schale ist jedoch keine geschlossene Hülle. Sie ist durchsetzt von vielen Tausend Poren.



Aufgabenstellung

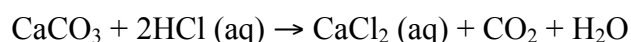
Bestimme den Massenanteil in % von Kalk in einer Eierschale anhand der Reaktion von Salzsäure mit Kalk und anschließender Titration der verbleibenden Salzsäure mit Natronlauge.



Hintergrundinformationen

Der Kalkgehalt einer festen Stoffprobe kann dadurch ermittelt werden, dass man die kalkhaltige Stoffprobe mit einem Überschuss an Salzsäure zu Reaktion bringt. Dabei muss die Menge der eingesetzten Salzsäure genau bekannt sein.

Die Salzsäure reagiert mit dem Kalk der Stoffprobe gemäß:



Die Salzsäure, welche nicht mit dem Kalk reagiert hat, bleibt in der Lösung zurück. Bestimmt man durch Titration mit Natronlauge den Rest an Salzsäure, welche nicht mit dem Kalk reagiert hat, so kann man mit Hilfe dieses Ergebnisses ermitteln, wie viel der eingesetzten Salzsäure-Portion für die Reaktion mit dem Kalk verbraucht wurde.

Berechnung der umgesetzten Stoffmenge an Salzsäure bei der Neutralisation/Titration:

Am Äquivalenzpunkt (sichtbar durch den Farbumschlag des Indikators): $n(\text{HCl}) = n(\text{NaOH})$

Wichtige Formeln:

- $c = n/V$ c : Stoffmengenkonzentration [mol/L]; n : Stoffmenge [mol];
 V : Lösungsvolumen [L]
- $n = m/M$ m : Masse [g]; M : molare Masse [g/mol] ; $M(\text{Ca}) = 40 \text{ g/mol}$;
 $M(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$; $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g/mol}$
 $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$



Material

- Mörser und Pistill
- Spatel
- 100 mL – Erlenmeyerkolben
- Trichter
- Bürette
- Stativmaterial
- Vollpipette 10 mL
- Pipettierhilfe
- Kleines Becherglas
- Magnetisches Rührwerk mit Rührfisch
- Gekochtes Ei
- Salzsäure $c = 1 \text{ mol/L}$
- Natronlauge $c = 0,1 \text{ mol/L}$
- Bromthymolblau-Lösung (Tropfflasche)
- dest. Wasser
- Zugang zu einer elektronischen Waage



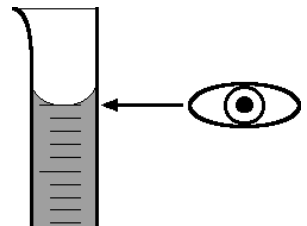
Arbeitsanweisungen

Die Salzsäurelösung und die Natronlauge sind gefährliche Chemikalien, deshalb müsst ihr sehr sorgfältig arbeiten und unbedingt eine Schutzbrille tragen!

- Schäle das Ei und zerreiße mit Hilfe des Mörsers die Schale (ohne anhaftende Reste von Eiweiß und dem feinen Häutchen)
- Wiege zwischen 0,3 g und 0,4 g des Pulvers auf einem Stück Papier ab und notiere die Masse. ➡

Antwortbogen (1 P.)

- Gib die pulverisierten Eierschalen **vollständig** in den Erlenmeyerkolben. Messe mit Hilfe einer Vollpipette und der Pipettierhilfe 10 mL Salzsäure der Konzentration $c=1 \text{ mol/L}$ ab. *Die Oberfläche des Flüssigkeitsspiegels im Messzylinder bildet einen gebogenen Meniskus. Zum genauen Ablesen zieht man eine Tangente in Augenhöhe zur Skala.*



Gieße die Salzsäure über die Eierschalen und warte ab, bis im Erlenmeyerkolben keine Veränderung mehr zu beobachten ist.

Um eine Pipette vollständig zu entleeren, wird ihre Spitze noch etwa 15 bis 30 Sekunden nach der Abgabe der Flüssigkeit gegen die Gefäßwand gehalten. Die Pipette sollte dabei senkrecht gehalten werden. Der dann in der Spitze verbleibende Flüssigkeitsrest darf nicht mehr entfernt werden, da er bei der Eichung auf Auslauf schon berücksichtigt wurde.

- Baue während dieser Zeit eine Bürette an ein Stativ und fülle diese bis zur Eichmarke mit Natronlauge der Konzentration $c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol/L}$.

Auffüllen der Bürette :

*Büretten werden durch einen Trichter **langsam** bis **über** den Nullpunkt aufgefüllt, damit die Luft entweichen kann. Luftblasen werden durch leichtes Klopfen ausgetrieben. Nach Entfernung des Trichters wird der Flüssigkeitsspiegel auf den Nullpunkt eingestellt. Die überschüssige Natronlauge-Lösung wird in einem kleinen Becherglas gesammelt. Als Hilfe zum Ablesen der*

Skala läuft an der inneren Rückwand der Bürette ein Farbstreifen (Schellbachstreifen), der wegen der Brechung des Lichts an der Flüssigkeitsoberfläche oberhalb des Flüssigkeitsspiegels schmaler ist, als er in der Flüssigkeit erscheint. An dieser Verengung wird abgelesen.

- **Wenn die Reaktion der Eierschalen mit der Salzsäure beendet ist:**

Stelle den Erlenmeyerkolben auf das magnetische Rührwerk, gib zur Lösung im Erlenmeyerkolben einige Tropfen Bromthymolblau sowie den Rührfisch und stelle das Rührwerk ein.

- Ehe du mit der Titration beginnst, **zeige einem Jurymitglied den fertigen Versuchsaufbau** zur Kontrolle. ☞ **Antwortbogen (2 P.)**
- Titriere die Lösung im Erlenmeyerkolben mit der Natronlauge bis zum Farbumschlag des Indikators.
- Notiere den Verbrauch an Natronlauge und berechne die Stoffmenge $n(\text{HCl})$ der bei diesem Versuch ursprünglich eingesetzten Salzsäure. ☞ **Antwortbogen (6 P.)**
- Berechne mit Hilfe des Ergebnisses der Titration die Stoffmenge der Salzsäure, die nach der Reaktion mit den Eierschalen noch vorhanden ist, ermittle hieraus die Stoffmenge der Salzsäure, welche mit den Eierschalen reagiert hat und berechne daraus und mit Hilfe der Reaktionsgleichung die Stoffmenge an Calciumcarbonat, die in den Eierschalen vorhanden war. ☞ **Antwortbogen (6 P.)**
- Berechne schließlich den Massenanteil $w(\text{CaCO}_3)$ in Prozent des Calciumcarbonats in den Eierschalen. ☞ **Antwortbogen (2 P.)**
- Hat es sich bei der Eierschale um die Schale eines Hühnereies gehandelt? ☞ **Antwortbogen (1 P.)**

Nachbereitung und Entsorgung:

Gib die restliche Natronlauge aus der Bürette in die Vorratsflasche zurück.

Spüle alle Glasgeräte gründlich mit Wasser, spüle danach mit etwas destilliertem Wasser nach.



Fragen (☞Antwortbogen)

II.7 Formuliere für die Reaktion der Natronlauge mit der nicht umgesetzten Salzsäure eine Reaktionsgleichung. **(2 P.)**

II.8 Berechne die Masse vom Calciumchlorid welche bei der Reaktion zwischen den Eierschalen und der Salzsäure gebildet wurde. **(2 P.)**

II.9 Wenn man Eier zu lange kocht, werden diese am Rande des Eigelbs grünlich. Diese Färbung kommt vom Eisensulfid. Es entsteht in einer durch das Kochen eingeleiteten chemischen Reaktion, die auch nach dem Kochvorgang noch weitergeht. Die grüne Färbung wird deshalb umso deutlicher, je länger die Eier nach dem Kochen noch liegen.

Im Inneren des Eigelbs befinden sich so genannte Granula, das sind winzige Körnchen, die ein Eisen bindendes Protein (Phosvitin) enthalten. Beim Kochen wird das Eisen daraus freigesetzt und diffundiert unter anderem in Richtung Eiklar. Im Eiklar befinden sich Proteine, die schwefelhaltige Aminosäuren enthalten. Durch das Kochen wird aus ihnen Schwefelwasserstoff freigesetzt, der unter anderem in Richtung Eigelb diffundiert. Treffen Schwefelwasserstoff und Eisen schließlich aufeinander, bilden sie Eisensulfid.

Nach etwa fünfzehn Minuten Kochen hat sich genug Eisensulfid an der Grenze zwischen Eigelb und Eiklar gebildet, um einen sichtbaren grünlichen Ring zu bilden.

Formuliere die Reaktionsgleichung der Reaktion die das Eigelb grünlich färbt! **(3 P.)**

II.10 In größeren Mengen freigesetzt, sorgt Schwefelwasserstoff für den typischen Geruch nach faulen Eiern. Der Schwefelwasserstoff führt übrigens auch dazu, dass sich ein Silberlöffel schwarz färbt, wenn er mit einem gekochten Ei in Berührung kommt. Er reagiert dann mit dem Silber zu schwarzem Silbersulfid. Formuliere dazu die Reaktionsgleichung. (2 P.)

II.11 Man kann einen schwarz angelaufenen Silberlöffel mit einer Säure schnell reinigen. Formuliere dazu eine Reaktionsgleichung. (2 P.)

Versuch III: „Eggsploring eggs ...“

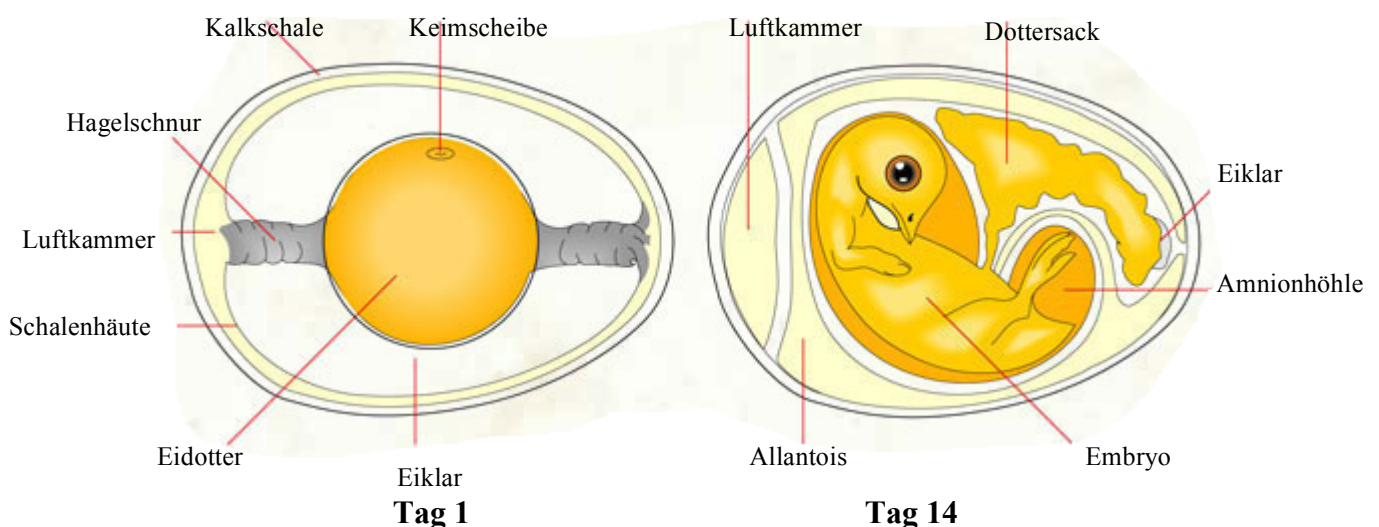
Nachdem anhand der Eierschalenanalyse die für die beiden Todesfälle verantwortliche Person identifiziert werden konnte, stellt sich weiterhin die Frage warum 200 Passagiere gleichzeitig erkrankt sind. Dies hatte nachweislich nichts mit einer Eiweiß-Allergie zu tun. Es besteht eher der Verdacht, dass Eier von schlechter Qualität geliefert wurden und die Passagiere somit an einer Lebensmittelvergiftung aufgrund von alten Eiern erkrankt sind.

Anhand der Versuche III und IV sollst du nun feststellen ob es sich um frische oder alte Eier gehandelt hat. Beim Versuch III werden die Eier durchleuchtet, beim Versuch IV wird die Dichte bestimmt.



Hintergrundinformationen

Die Entwicklung des Kükens im Ei: Stadien der Embryonalentwicklung.



Die Entwicklung des Kükens beginnt lange bevor das Ei gelegt wird. Damit ein Küken entstehen kann, muss das Ei im Körper der Henne befruchtet werden (innere Befruchtung). Die Spermien des Hahnes gelangen nach der Begattung in den Eileiter. Der Zellkern der Eizelle befindet sich auf dem gelben Dotter. Die Befruchtung ist die Vereinigung der Eizelle mit einem Spermium; eine einzige Zelle wird dabei gebildet. Aus dieser entwickelt sich ein neues Lebewesen, das Küken. 24 Stunden nach der Befruchtung wird das Ei von der Henne gelegt. Während dieser Zeit im Körper der Henne bei 42°C treten die ersten Stadien der embryonalen Entwicklung auf.

Ungefähr **drei Stunden nach der Befruchtung** teilt sich die befruchtete Eizelle in zwei Zellen. Es folgen weitere Zellteilungen zu vier, acht, sechzehn usw. Zellen. Diese Teilungen gehen solange weiter, bis viele Zellen zu einem kleinen, weißlichen Punkt gruppiert sind, der auf der Oberfläche des Eigelbs sichtbar ist. An einem befruchteten Ei erkennt man auf dem Eigelb eine etwas vergrößerte Keimscheibe im Vergleich zum unbefruchteten Ei. Nach dem Legen ist die Wachstums- und Entwicklungsrate direkt temperaturabhängig. Das Optimum liegt zwischen 38° C und 40° C. Zwischen dem Legen und der Ausbrütung spricht man von einem Stadium der inaktiven Embryonalentwicklung.

Entwicklung des Hühnerembryos im Ei

(Tage nach der Eiablage bei optimalen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen)

Bemerkung: fett gedruckt sind die beim Schieren (=Durchleuchten) sichtbaren Veränderungen. (Zusätzliche Informationen zum Schieren findest du auf der nächsten Seite).

1./2. Tag

In einem frischen Ei kann man den Embryo als kleinen, weißen, flachen Fleck auf der oberen Außenseite des Eigelbs sehen. Nach einigen Stunden Bebrütung vergrößert sich der Fleck langsam. Das Gehirn und das Nervensystem, der Kopf und die Augen entwickeln sich. Am zweiten Tag wird das Herz gebildet und beginnt zu schlagen.

Beim Schieren ist in den ersten zwei Tagen kein Unterschied zum unbefruchteten Ei zu erkennen.

3. Tag:

Schnabel, Flügel und Beine werden gebildet.

Ab jetzt kann man ein Netz aus feinen Blutäderchen erkennen, das von einem dunklen "Punkt", dem Embryo ausgeht. Dieses spinnwebartige Netz vergrößert sich in den nächsten Tagen erheblich.

4./5. Tag:

Am vierten Tag sind bereits die meisten Organe ausgebildet und sichtbar. Das Gehirn mit seinen großen Augenansätzen ist am auffälligsten. Am 5. Tag bilden sich die Organe und das Geschlecht wird festgelegt.

7. Tag:

Am siebten Tag kann man die Gliedmaßenknospen an einem kleinen Stumpf erkennen, der Kopf ist der weitaus größte Teil des Embryos. Die inneren Organe haben begonnen, sich zu bilden.

Beim Durchleuchten erkennt man jetzt ein sehr ausgeprägtes Netz aus Adern, das "Spinnennetz", welches den Dotter vollkommen umspannt. Der Embryo hat an Größe gewonnen und kann sich erstmals leicht bewegen. Die Augen sind als dunkelste Stelle am Embryo zu erkennen.

10. Tag:

Am zehnten Tag sieht der Embryo schon aus wie ein Vogel. Füße, Flügel und Schnabel sind gebildet. Die Federn zeigen sich als erste schwarze Flecken auf dem Rücken.

Die Bewegungen des Embryos werden immer heftiger und sind jetzt eindeutig sichtbar. Der Embryo hat ungefähr die Größe des Eidurchmessers erreicht.

14./16. Tag:

Der Kopf und das Auge sind deutlich zu erkennen. Der Embryo dreht seinen Kopf in Richtung zum stumpfen Ende des Eies. Am 16. Tag verhärtet sich der Schnabel.

19.Tag:

Beim Schieren erkennt man, dass etwa 2/3 des Eivolumens von einer lichtundurchlässigen Masse gefüllt sind: es ist das Küken. Zu diesem Zeitpunkt nimmt die Luftblase etwa 1/3 des Eivolumens ein.

20.Tag

Am zwanzigsten Tag werden die ersten Eier angepickt sein. Allerdings "picken" die Küken die Eier nicht auf, dazu ist zu wenig Platz im Ei. Hebt das Küken den Kopf, so drückt der Eizahn auf der Schnabeloberseite ein Loch in die Schale. Durch langsames Drehen um die eigene Achse, wobei sich das Küken gegen die Eiwände stemmt, perforiert es mit der Zeit kreisförmig die Eischale um seinen Kopf, bis es durch Strecken des Nackens den so entstandenen "Deckel" abheben kann.

21. Tag:

Im Laufe des 21. Tages sind die meisten der **Küken** geschlüpft. Sie sehen nass aus, weil der Flaum wegen der Enge im Ei platzsparend in Hornscheiden verpackt ist. Diese zerbröseln nach dem Schlupf schnell zu Staub und der Flaum kann sich schnell entfalten.

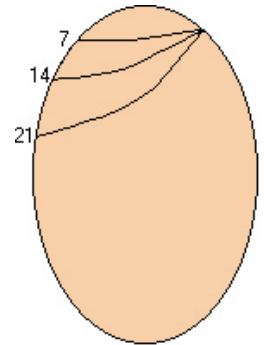
Das Schieren - eine spannende Sache

Eier schieren bedeutet nichts anderes, als die Eier zu durchleuchten, um befruchtete von unbefruchteten Eiern, bzw. entwickelte von abgestorbenen Eiern zu unterscheiden. Durch das Schieren kann man ebenfalls das Bebrütungsstadium bestimmen.



Wie Eier schieren?

In der Regel genügt es, die Eier in einem dunklen Raum hochkant auf eine spezielle Schierlampe zu stellen um die Entwicklung des Embryos sichtbar zu machen.



Was kann man erkennen?

Folgende Eibestandteile können beim Schieren sichtbar gemacht werden:

- Die Luftkammer im Ei: ihre Größe verändert sich im Laufe der Embryonalentwicklung (siehe Abbildung)
- Ein Netzwerk aus feinen Blutäderchen (erscheinen orange im durchleuchteten Ei)
- Umrisse des Embryos und eventuell das sehr dunkel gefärbte Auge des Embryos
- Bewegungen des Embryos (ab dem 7.Tag)



Aufgabenstellung

- Du musst **innerhalb einer Viertelstunde** drei verschiedene Eier schieren.
- Du sollst das Innere der geschieten Eier in die vorgezeichneten Ei-Umriss einzeichnen und beschriften.
- Anhand eindeutiger Merkmale soll das Brutalter dieser Eier so genau wie möglich bestimmt werden. Halte die Merkmale die auf das Brutalter hinweisen, fest!



Arbeitsanweisungen

Im eurem Saal steht ein Brutschrank mit drei für eure Gruppe vorgesehenen Eiern.

- Die Eier müssen selbstverständlich behutsam aus dem Brutschrank geholt werden und im verdunkelten "Nest" abgelegt werden, damit sie nicht brechen.
- Jetzt wird ein Ei nach dem anderen geschient, das **Innere beobachtet und gezeichnet** und danach sofort zurück in den Brutschrank gelegt. Die Auswertung kann am Arbeitsplatz erfolgen.

Beachte:

- **Das Schieren eines Eies darf nicht länger als 5 Minuten dauern**, da das Ei sonst zu stark auskühlt und der Embryo eventuell absterben könnte.
- Der Brutschrank muss sofort nach der Ei-Entnahme geschlossen werden damit das Brutklima im Brutschrank nicht verändert wird.



Material:

- Brutschrank mit markierten Eiern
- Schierlampe (neben dem Brutschrank)
- „Nest“ (neben dem Brutschrank)
- Abdunklungstuch (neben dem Brutschrank)

III.1 Zeichnung und Merkmal im **Antwortbogen** angeben. (3 x 4 P.)



Fragen (☞ Antwortbogen):

III.2 Warum besitzen Hühnereier ein stumpfes und ein spitzes Ende? (2 P.)

III.3 Who is who? Wer hat folgende Eier gelegt? Auf dem Pult sind 6 verschiedene Eier ausgestellt. Ordnet sie den verschiedenen Tieren zu. (3 P.)

III.4 Wie kann man biologisch ein unbefruchtetes Ei bezeichnen? (1 P.)

- A. Gewebe
- B. Organ
- C. Zelle
- D. Organismus
- E. Apparat/Organsystem

III.5 Wie kann man biologisch ein befruchtetes Ei bezeichnen? (1 P.)

Versuch IV: Bestimmung der Dichte von Eiern

Vorläufige Untersuchungen haben ergeben, dass bei den von der Firma „Emilios frische Eier“ gelieferten Eiern wohl einige nicht frisch waren. Um bestimmen zu können, welcher Prozentsatz der Eier nicht frisch war, müssen alle 3725 Eier einzeln getestet werden. Damit dies zügig passieren kann, sollst du zwei Methoden testen, mit denen man die Dichte der Eier bestimmen kann und welche Aufschlüsse über die Frische der Eier liefern sollen.



Aufgabenstellung

Bestimme die Dichte von frischen Eiern mit Hilfe von zwei verschiedenen Versuchen, einerseits indem ihr eine Verdünnungsreihe mit Salzwasser herstellt und andererseits mit Hilfe des Überlaufgefäßes



Hintergrundinformationen

Die Dichte ρ einer Lösung ist gegeben durch:

Dichte ρ = Masse m der Lösung / Volumen V der Lösung

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Einheit der Dichte: g / cm^3

Dichte von Wasser: $1 \text{ g} / \text{cm}^3$

Die (Massen-) Konzentration c eines Stoffes ist gegeben durch:

Konzentration	$c = \frac{\text{Masse des gelösten Stoffes}}{\text{Volumen der Lösung}}$
Einheit der Konzentration:	g/L



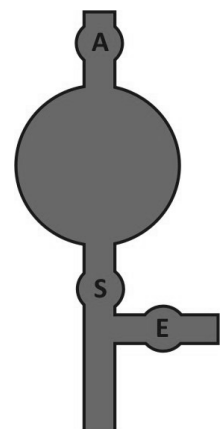
Material:

- Schale mit 2 Eiern:
 - Ei A: ein frisches Ei
 - Ei B: ein altes Ei (mehrere Wochen alt)
- 1 Becherglas 1000 mL mit einer 800 mL Markierung
- 1 Bechergläser 500 mL
- 1 Becherglas 400 mL
- 2 Becherglas 250 mL
- Überlaufgefäß
- Holzblöcke als Untersatz für das Überlaufgefäß
- 1 Messzylinder 100 mL
- Pipette 100mL mit Saugkopf / Pipettierball
- Becher mit Salz
- Löffel
- Digitalwaage (Genauigkeit 1/10 g)
- Rührstab
- Kleine Pipette
- Kleiner Holzspieß
- Papierrolle steht zur Verfügung im Raum

Sollte dir ein Ei fallen und brechen, sofort aufputzen. Wende dich sofort an einen Betreuer. Du bekommst dann ein neues Ei.

Funktionsweise des Pipettierballs:

1. Pipettierball **nicht zu fest** auf das dünne Rohr aufsetzen
2. Ausgang A mit Hilfe von Daumen und Zeigefinger zusammendrücken und Ball zusammendrücken (**VORSICHT!**)
3. Pipette in die Flüssigkeit tauchen, Durchlassventil S **fest** zusammendrücken und warten während die Flüssigkeit steigt (**VORSICHT!**)
4. Eventuell Schritt 2 und 3 wiederholen
5. Steigt die Flüssigkeit über die Marke so kannst du die Füllhöhe mit Ventil E adjustieren.
6. Zum Abfließen der Flüssigkeit Ventil E drücken.



Arbeitsanweisungen

Versuch 1:

1. Löse 100 g Salz in 700 mL Wasser ganz auf.
2. Fülle dann das Becherglas bis auf 800 mL mit Wasser auf.

3. Bestimme die Konzentration der Lösung und schreibe dein Resultat in die Tabelle im Antwortbogen. ☞ **Antwortbogen (3 P.)**
4. Lege **ein frisches Ei (Ei A)** vorsichtig mit dem Löffel in die Lösung.
5. Sinkt oder schwimmt das Ei? Markiere die Antwort in der Tabelle im Antwortbogen.
☞ **Antwortbogen (1 P.)**
6. Nimm das Ei mit dem Löffel aus der Salzlösung.
7. Entnehme 100 mL der Salzlösung mit der Pipette und gebe sie in das kleinere Becherglas.
8. Bestimme die Dichte der entnommenen 100 mL von der Lösung im kleinen Becherglas.
Schreibe die genaue Rechnung in die Tabelle. ☞ **Antwortbogen (3 P.)**
9. Fülle das große Becherglas mit genau 100 mL Wasser wieder auf.
Erkläre deine Vorgehensweise in Stichwörtern im Antwortbogen. ☞ **Antwortbogen (2 P.)**
10. Rechne die Konzentration der neuen Lösung. Gebe die genaue Rechnung in der Tabelle an.
☞ **Antwortbogen (2 P.)**



JOKER: Falls ihr Angaben zum Rechenweg benötigt könnt ihr diese bei einem Jurymitglied beantragen. Das kostet euch aber zwei Strafpunkte.

11. Lege das frische Ei wieder in diese Lösung. Sinkt oder schwimmt es?
12. Wiederhole die Schritte 5. bis 10. so oft bis das Ei in der Lösung nach unten sinkt.
13. Bestimme die Dichte der Lösung in der das Ei gesunken ist. ☞ **Antwortbogen (2 P.)**
14. **Bewahre diese Lösung auf deinem Arbeitstisch auf, damit die Jury am Ende des Wettbewerbs die Dichte nachmessen kann. (Genauigkeit: 2 P.)**
15. Grenze aus deinen Messungen die Dichte des Eis ein. ☞ **Antwortbogen (3 P.)**

Versuch 2:

1. Bestimme die Dichte des frischen Eies A **und** des alten Eies B mithilfe des Überlaufgefäßes.
Beschreibe dabei deine Vorgehensweise ☞ **Antwortbogen (4 P.)**
2. Vergleiche die Dichten der beiden Eier. Gib eine Erklärung zum Unterscheid beider Dichten.
☞ **Antwortbogen (4 P.)**



Fragen (☞ Antwortbogen)

- 1) Gib das alte Ei mehrmals vorsichtig in ein Becherglas das mit Leitungswasser gefüllt ist.
Was kannst du beobachten? **(2 P.)**
- 2) Gib eine Erklärung für dieses Phänomen. **(2 P.)**
- 3) Wie hätte der Koch von der Ouschtercroisière auf die Schnelle herausfinden können ob die Eier frisch sind oder nicht ohne sie zu brechen und ohne sie zu schieren? **(2 P.)**