

Hör mal! Musterlösung

Was soll die Musterlösung leisten?

Sie erhalten die Musterlösung schon zum Wettbewerbsstart, damit Sie schon, während Sie Schülerinnen und Schüler betreuen, abschätzen können, in welcher Tiefe wir eine Beantwortung der Fragen erwarten. So können Sie Ihre Teilnehmenden ansprechen, falls sie beispielsweise die Zielrichtung einer Fragestellung missverstanden haben sollten.

Des Weiteren dient die Musterlösung als Bewertungsschlüssel für die, die Ihre Schülerinnen und Schüler einreichen.

Jede Aufgabe beginnt mit einer neuen Seite. Die Lösungen zu den verschiedenen Aufgabenteilen sind in der Regel dreiteilig aufgebaut:

- allgemeine Bewertungshinweise zum Aufgabenteil;
- ggf. eine Auflistung von Bewertungskriterien oder Schlüsselbegriffen, die für das Vergeben einer vollen Punktzahl auf jeden Fall in der Antwort (wenn auch umschrieben) erwartet werden;
- eine Musterantwort die beispielhaft darstellt, wie eine Lösung der Aufgabe ausformuliert werden könnte.

Die Musterlösung hat immer beispielhaften Charakter und ist nicht in dem Vokabular verfasst, das Wettbewerbsteilnehmende in ihren Ausarbeitungen verwenden. Sie soll vor allem inhaltliche Orientierung für die Bewertung abweichend formulierter Lösungen geben.

Es liegt in Ihrem Ermessensspielraum inwieweit eine Ausarbeitung, die von der vorgeschlagenen Lösung abweicht, als gleichwertig eingestuft und damit als gültig bewertet werden kann.

Wieviel Unterstützung darf ich geben?

Anders als bei Schul- oder Hausarbeiten sind die Aufgaben so konzipiert, dass Inhalte und Konzepte berührt werden, die bisher nicht im Unterricht behandelt wurden und eigenständige Recherche verlangen. Auch erwarten wir nicht, dass Teilnehmende alle Aufgaben vollständig lösen werden bzw. können.

Wir werden immer wieder von Betreuenden gefragt, wie viel Unterstützung sie in der Aufgabenrunde geben dürfen. Gerne dürfen Sie Teilnehmende auf Literatur oder andere Quellen hinweisen, die ihnen den Zugang für eine eigenständige Recherche zu bestimmten Themenbereichen oder Konzepten erleichtern, vor allem, wenn sie den Schülerinnen und Schülern aus dem Schulunterricht noch nicht bekannt sind. Allerdings sollten Sie davon Abstand nehmen, Teilnehmende gezielt darauf hinzuweisen, wenn Teile ihrer Ausarbeitungen fehlerhaft sind oder gar davon, Lösungsansätze selbst vorzuschlagen.

Lesen Sie bitte die Teilnahmebedingungen und die Beilage mit Tipps zur Betreuung von Teilnehmenden sorgfältig durch, insbesondere, wenn Sie in den Klassen 5 bis 7 unterrichten oder mit dem Klassenverband am Wettbewerb teilnehmen. Wenden Sie sich mit Fragen gerne telefonisch oder per E-Mail an uns.

Ihr IJSO-Team in Kiel

AUFGABE 1: Popcorn

(insgesamt 28 Punkte)

1a) Dokumentiere deine Ergebnisse aus Experiment 1 in einer beschrifteten Fotoserie.

6,0 Punkte

Fotoserie:

[6,0 P]

- [1,5 P] für angemessene Auswahl von Fotos zur umfassenden Dokumentation des Experiments
- [1,0 P] für angemessene Qualität der Fotos (Größe, Anordnung, übersichtliche Anordnung)
- [0,5 P] für Vollständigkeit der Beschriftung
- [2,0 P] für angemessene Inhalte der Beschriftung (korrekte, präzise und übersichtliche Darstellung der Ergebnisse)
- [1,0 P] für Plausibilität der dokumentierten Ergebnisse (abgeleitet aus der Fotoserie)



Bild 1: Auf der linken Seite ungetrocknete Popcorn-Maiskörner. Auf der rechten Seite Maiskörner nach Übergießen mit siedendem Wasser und Stehenlassen über Nacht. Nach dem Einweichen in Wasser hat das Volumen der Maiskörner zugenommen.



Bild 2: Quer durchgeschnittenes Maiskorn. Auf der linken Seite ohne Färbung. Auf der rechten Seite nach der Färbung mit verdünnter Betaisodona® Lösung. Die Schale und der Embryo zeigen keine Färbung, aber auch der Mehlkörper ist nicht vollständig gefärbt. Der Embryo ist in dieser Schnittebene weniger gut zu sehen als in der Längsebene.



Bild 3: Längs durchgeschnittene Maiskörner. Auf der linken Seite ohne Färbung. Auf der rechten Seite nach der Färbung mit verdünnter Betaisodona® Lösung. Die Schale und der Embryo zeigen keine Färbung, aber auch der Mehlkörper ist nicht vollständig gefärbt.

Bild 4 (unten): Zum Vergleich Färbung mit verdünnter Lugolscher Lösung.





Bild 5: Popcorn-Flocke. An der weißen schaumartigen, gepufften Masse sind die Reste der Schale zu erkennen.



Bild 6: Die Popcorn-Flocke aus Bild 5 nach dem Eintauchen in verdünnte Betaisodona® Lösung. Die weiße, schaumartige, gepuffte Masse ist vollständig blauschwarz gefärbt, außerdem weicht sie in Flüssigkeit schnell auf. Die Reste der Schale werden nicht gefärbt.

- 1b) Gib den Stoff an, der über die Farbreaktion mit der Lugolschen Lösung nachgewiesen werden kann. Beschreibe die zu erwartende Farbänderung sowie den Aufbau und die Struktur des farbgebenden Reaktionsprodukts.

5,0 Punkte

[1,0 P] für Nennung Stärke

[1,0 P] für Beschreibung der Farbreaktion

[3,0 P] für angemessen präzise Beschreibung der Struktur (Helix, kanalartiger Hohlraum, Einlagerung Iod)

Hinweis: Eine korrekt beschriftete Skizze wird auch mit voller Punktzahl gewertet.

- Mit der Lugolschen Lösung/ Betaisodona®-Lösung kann Stärke nachgewiesen werden.
- Stärke besteht im Allgemeinen aus Amylose, deren Polyiodid-Stärke-Komplex blauschwarz erscheint, und aus Amylopektin, dessen Einschlussverbindung mit Iod rotviolett gefärbt ist.
- Die in der Stärke vorhandene Amylose besitzt eine helixförmige Konformation mit einem kanalartigen Hohlraum in der Mitte. In diesen können sich Polyiodidketten (I_3^- , I_5^- , I_7^- , I_9^-) einlagern.

- 1c) Begründe, ob sich Betaisodona® Lösung genauso gut für den Nachweis in 1b) eignet. Vergleiche dazu die Inhaltsstoffe sowie die Verfügbarkeit des Wirkstoffs in beiden Lösungen.

6,0 Punkte

[1,0 P] für Nennung der Inhaltsstoffe beider Lösungen (inklusive Angabe von Konzentrationen)

[3,0 P] für Berechnung von frei verfügbarem Iod in beiden Lösungen

[2,0 P] für begründete Bewertung der Eignung beider Lösungen für einen Stärkenachweis

- Lugolsche Lösung enthält Iod und Kaliumiodid im Verhältnis 1:2.
- 5%ige Lösung: <5 g Iod, <10 g Kaliumiodid, 85 g Wasser
- 100 mL Betaisodona® Lösung enthalten 10 g Povidon-Iod mit einem Gehalt von 11 % verfügbarem Iod.
- Das entspricht $11 \cdot 10 \text{ g}/100 = 1,1 \text{ g}$ verfügbares Iod in 100 mL Lösung.
- Die Lugolsche Lösung enthält etwa 5mal so viel frei verfügbares Iod wie die Betaisodona® Lösung.
- Das heißt, dass man mit der Lugolschen Lösung Stärke auch noch in geringeren Konzentrationen nachweisen kann als mit Betaisodona® Lösung.
- Der Nachweis mit Lugolscher Lösung ist folglich sensitiver. Aber die hohen Stärkegehalte im Maiskorn, lassen sich auch ohne Probleme mit einer verdünnten Betaisodona® Lösung nachweisen.

- 1d) Fertige eine maßstabsgetreue Zeichnung von den angefärbten Längs- und Querschnitten an. Beschrifte die wesentlichen Bestandteile des Maiskorns. Beschreibe ihre biologische Funktion. Mache Angaben zur chemischen Zusammensetzung der Bestandteile. Gehe dabei auf die in 1a) beobachtete Farbreaktion ein.

8,0 Punkte

Zeichnung der angefärbten Längs- und Querschnitte (inkl. Maßstab):

[3,0 P]

[0,25 P] für angemessene Flächenausnutzung für Zeichnung

[0,25 P] für Angabe eines Maßstabs

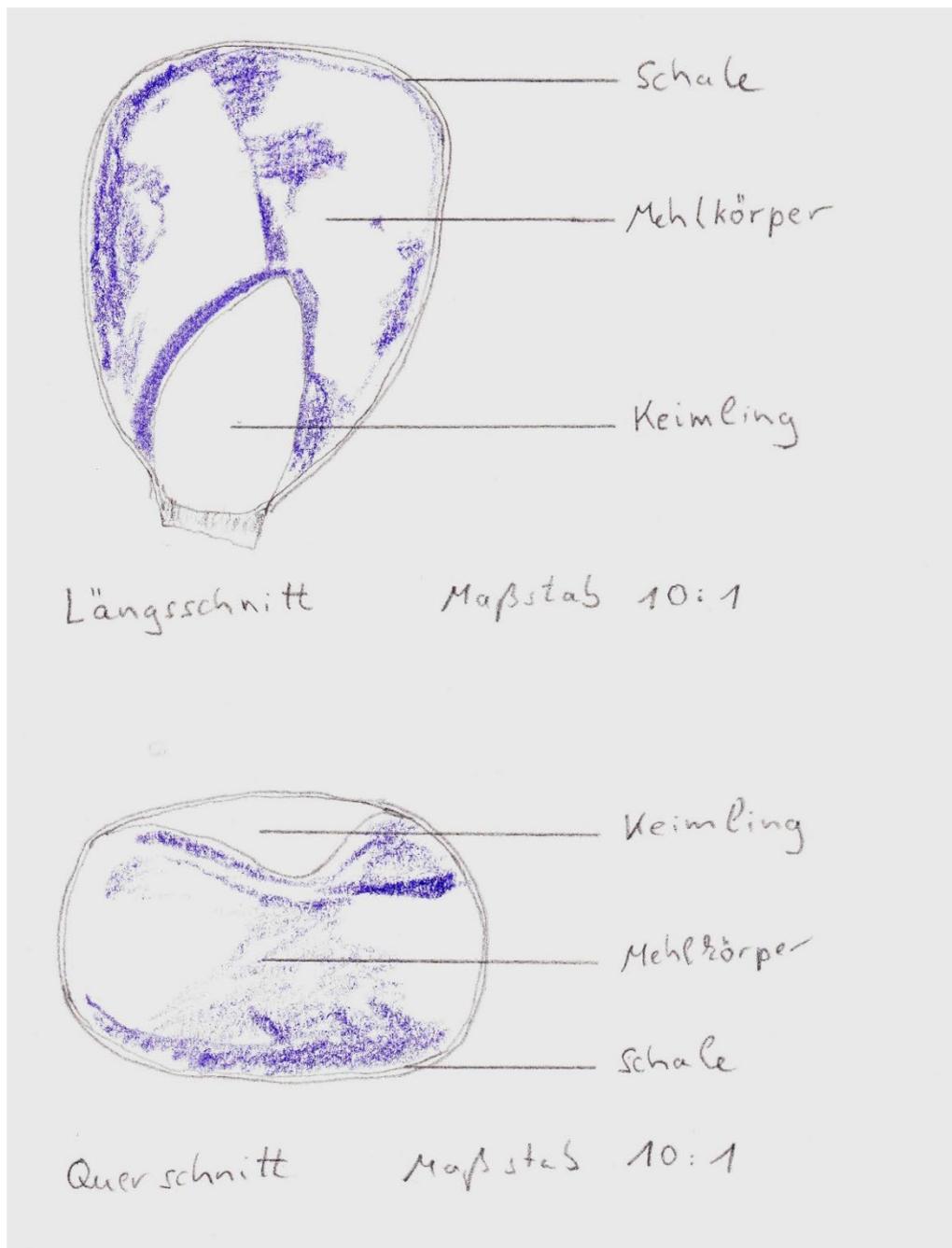
[0,25 P] für korrekte Proportionen

[0,25 P] für Genauigkeit (angemessener Detailgrad) der Zeichnung

[1,0 P] für vollständige und korrekte Beschriftung der Bestandteile

[1,0 P] für korrektes Kennzeichnen/Markieren der Färbung

Hinweis: Für „Schale“ werden auch die Begriffe Samenschale oder Perikarp gewertet. Für „Keimling“ wird auch der Begriff „Embryo“ gewertet. Für „Mehlkörper“ wird auch der Begriff „Nährgewebe“ oder „Endosperm“ gewertet. Die Färbung kann alternativ auch mit Bleistift eingezeichnet werden und mit „Färbung“ beschriftet werden.



Beschreibung von Funktion, Farbreaktion, chemischer Zusammensetzung:

[5,0 P]

[1,5 P] für korrekte Beschreibung der Funktion der Bestandteile

[1,5 P] für korrekte Beschreibung der chemischen Zusammensetzung der Bestandteile

[1,5 P] für Bezug zur Farbreaktion

[0,5 P] für detailliertere Begründung der Färbung im Mehlkörper

- Eine dünnwandige Schale schützt das Innere des Maiskorns. Ihre Härte und Stabilität erhält sie durch den Cellulose-Anteil. Da sie keine Stärke enthält, verfärbt sie sich auch nicht, wenn sie mit Betaisodona® oder Lugolscher Lösung benetzt wird.
- Aus dem Keimling (Embryo) wird sich die neue Maispflanze entwickeln. Dieser besteht zu einem hohen Anteil aus Proteinen. Deshalb verfärbt er sich auch nicht mit dem Reagenz für den Stärkenachweis.
- Der Mehlkörper ist ein Energiespeicher und besteht überwiegend aus Kohlenhydraten. Bei der Keimung verstoffwechselt der Keimling Stärke und Zucker und bezieht aus dieser Quelle die Nahrung und Energie für sein Wachstum. Die Stärkekörner im Mehlkörper verfärben sich mit Lugolscher Lösung / Betaisodona® Lösung.
- Da sich nicht der gesamte Mehlkörper verfärbt, liegt die Vermutung nahe, dass neben Stärke weitere Nährstoffe vorhanden sein könnten, die sich mit Lugolscher Lösung / Betaisodona® Lösung nicht nachweisen lassen (z. B. Zucker, Proteine).
Alternativ: Bei unverletzten Zellen kommt es nicht zu einer Färbung der Stärke, daher ist nicht der ganze Mehlkörper gefärbt.

- 1e) Erkläre, was bei der Herstellung von Popcorn-Flocken passiert. Beziehe dich dabei auf deine Ergebnisse in Experiment 1. Ordne ein, um was für ein Schallereignis es sich bei dem kurzen „Plopp“ handelt. Begründe deine Einordnung physikalisch.

3,0 Punkte

Herstellung von Popcorn:

[2,0 P]

[0,5 P] für mehrschrittige Beschreibung des Prozesses

[1,0 P] für schlüssige Erklärung

[0,5 P] für präzise und strukturierter Darstellung

Hinweis: Hier werden nur Erklärungen/Hypothesen und keine Beobachtungen bewertet.

- In dem im Maiskorn enthaltenen stärkehaltigen Speichergewebe, dem sogenannte Endosperm, ist Wasser gebunden.
- Wird das Maiskorn stark erhitzt, erhitzt sich auch das im Maiskorn gespeicherte Wasser. Der Druck im Korninnern steigt, weil die heiße Flüssigkeit sich ausdehnen will, die Schale aber eine entsprechende Ausdehnung verhindert. Wasser siedet normalerweise bereits bei 100 Grad Celsius, unter Druck bleibt es aber trotz weiter steigender Temperatur flüssig.
- Sobald Wasser zu sieden beginnt entsteht im Korninneren Wasserdampf. Wasserdampf nimmt ein sehr viel größeres Volumen ein als flüssiges Wasser. Entsprechend erhöht sich der Innendruck stark.
- Bei ca. 170 Grad Celsius kann ein Drittel der Maiskörner, der Rest ab 180 Grad Celsius dem Druck des im Maiskorn enthaltenen Wassers nicht mehr standhalten und die Schale platzt auf.
- Bei der Druckentlastung dehnt sich die schaumige Struktur des Endospermgewebes samt Stärke rapide aus, kühlt jedoch augenblicklich ab und erstarrt.
- Das Endosperm nimmt nach dem Aufpoppen etwa das 40 bis 50fache seines ursprünglichen Volumens im Maiskorn ein. Die Reste der aufgeplatzten Schale bleiben an der Flocke haften.
- Beim Eintauchen der Popcorn-Flocke verfärbt sich die anhaftende Schale nicht, wohl aber der weiße fluffige Teil der Flocke.
- Dieser Teil enthält viel Stärke und muss wohl aus dem stärkehaltigen Speichergewebe im Maiskorn (Mehlkörper bzw. Endosperm) hervorgegangen sein.
- Denn auch der proteinreiche Keimling würde sich nicht verfärben.

Plopp“-Geräusch:

[1,0 P]

[0,5 P] für korrekte Zuordnung

[0,5 P] für schlüssige Begründung

- Das „Plopp“-Geräusch ist physikalisch betrachtet ein Knall.
- Als solches bezeichnet man einen Impulsschall bzw. plötzliche, stoßartige Dichteänderung der Luft mit zeitlich schnellen Abklingen der Amplitude (Lautstärke). Das „Plopp“ ist ein kurzlebiges Schallereignis. Seine Lautstärke nimmt, wie für einen Knall definiert, nach einem kurzen Impuls in kürzester Zeit vollständig ab.

AUFGABE 2: Expedition ins Ohr

(insgesamt 24 Punkte)

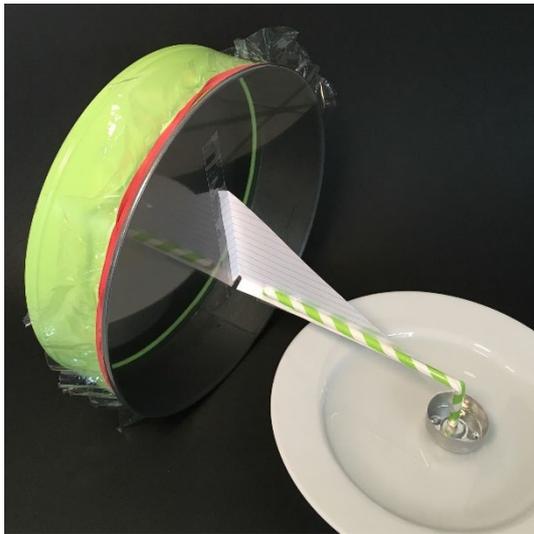
- 2a) Führe Experiment 2 durch. Notiere deine Beobachtungen und lege ein Foto deines Modells bei. Ordne den Schallereignissen mit dem größten und dem geringsten Effekt je einen der Begriffe Knall, Ton, Klang oder Geräusch zu und begründe.

6,0 Punkte

Foto zum Versuchsaufbau:

[2,0 P]

[2,0 P] für angemessene Qualität des Fotos und des gebauten Modells (angemessene Größe des Fotos, Teile des Modells sind alle gut erkennbar, Funktionalität des Modells ist erkennbar, Spannung der Folie sichtbar)



Beobachtungen:

[2,0 P]

[0,5 P] je plausibel beschriebener Beobachtung; max. [2,0 P]

Nur die ersten vier Beobachtungen gehen in die Bewertung ein.

- Beim In-die-Händeklatschen vor der Backform zeigt die Frischhaltefolie einen Ausschlag.
- Im Wasser der Schüssel kann man gleichzeitig sich ringförmig ausbreitende Wellen beobachten.
- Beim Topfschlagen und auch beim Trommeln wird ein Ausschlag beobachtet, aber deutlich geringer als beim Klatschen
- Singen, Rufen (gesprochene Laute) und laute Musik aus einem Lautsprecher zeigen keine Effekte

Zuordnung der Schallereignisse zu Knall, Ton, Klang oder Geräusch samt Begründung: [2,0 P]

[0,3 P] je identifiziertem Schallereignis mit größtem und geringstem Effekt; max. [0,6 P]

[0,4 P] je korrektem Begriff für die beiden ausgewählten Schallereignisse; max. [0,8 P]

[0,3 P] je korrekter Begründung bzw. plausibler Argumentation; max. [0,6 P]

- Am wirkungsvollsten ist das In-die-Hände-Klatschen.
- Hierbei handelt es sich um einen Knall.
- Durch das Klatschen wird eine stoßartige Dichteänderung der Luft verursacht, die jedoch nach kurzer Zeit in der Amplitude stark abklingt.
- Die geringste Auswirkung hat Singen.
- Gesang besteht aus Klängen.
- Beim Singen erzeugt man hauptsächlich periodische, regelmäßige Schwingungen mit mehreren Frequenzen, die sich überlagern (Klänge).

2b) Gib zu den Bereichen A-C und den Strukturen 1-7 des menschlichen Ohrs in Bild 2.2 ihre Bezeichnung und in Stichpunkten ihre Funktion an. Fertige dazu eine Tabelle an.

7,0 Punkte

[0,2 P] je korrekter Bezeichnung von A-C und 1-7; max. [2,0 P]
 [0,5 P] je korrekter Funktion A-C und 1-7; max. [5,0 P]

Nr.	Bezeichnung	Funktion
A	Äußeres Ohr	Schall von außen aufnehmen, Richtungshören
B	Mittelohr	Schallübertragung vom Trommelfell zum Innenohr
C	Innenohr	Umsetzen von Schall in Nervenimpulse
1	Ohrmuschel	Auffangen von Schallwellen, Lokalisation der Schallquelle
2	Trommelfell	Schließt das Mittelohr nach außen ab; wird durch Schallwellen in Schwingungen versetzt und leitet diese an die Gehörknöchelchen im Mittelohr weiter
3	Hammer	Gehörknöchelchen, bewegt sich durch Auslenkung des Trommelfells
4	Amboss	Gehörknöchelchen, überträgt und verstärkt Auslenkung des Trommelfells durch Hebelwirkung
5	Steigbügel	Gehörknöchelchen, liegt auf ovalem Fenster (Membran) auf und überträgt den Druck auf die Lymphflüssigkeit im Innenohr
6	Hör-Schnecke	Wanderwelle in Lymphflüssigkeit führt zu mechanischer Bewegung der Haarzellen; Bewegung wird in Nervenimpulse umgesetzt (Ort-Frequenz-Kodierung)
7	Hörnerv	Leitet die durch den Hörvorgang hervorgerufenen Nervenimpulse an das Gehirn weiter

2c) Ordne den Bauteilen des Mittelohr-Modells die entsprechenden Bestandteile im menschlichen Ohr zu. Erläutere, an welchen Stellen das Modell zu stark vereinfacht und die Schallübertragung nur ungenau darstellt.

11,0 Punkte

Zuordnung:

[6,0 P]

[1,0 P] je korrekter Zuordnung; max. [6,0 P]

Modell	Menschliches Ohr
Ring der Springform	Gehörgang
über Springform gespannte Frischhaltefolie	Trommelfell
Dreieck aus Karton	Hammer
Trinkhalm	Amboss
Aluminiumschiffchen	Steigbügel
Gefäß mit Wasser	Ovales Fenster / Lymphflüssigkeit im Innenohr

Hinweis: Man könnte das Modell auch so verstehen, dass das lange Ende des Trinkhalms den Amboss darstellt und das kurze Ende den Steigbügel. Das Aluminiumschiffchen würde dann die Membran des ovalen Fensters darstellen und das Wasser die dahinterliegende Lymphflüssigkeit. Auch diese Alternative wird als richtig gewertet.

Vereinfachungen im Modell / mangelnde Übertragbarkeit:

[5,0 P]

[2,0 P] für Nennung der fehlenden Signalverstärkung

[1,0 P] je schlüssiger Erläuterung der Vereinfachungen des Modells, max. [3,0 P]

- Das Modell veranschaulicht zwar, dass der Schall von außen eine Vibration des Trommelfells bewirkt und diese Vibration vom Mittelohr mechanisch ins Innenohr übertragen wird. Die mechanische Signalverstärkung im Mittelohr wird durch das Modell aber nicht dargestellt.
- Im Modell sind Dreieck (Hammer) und Trinkhalm (Amboss) fest zusammengeklebt. Damit lässt sich keine Hebelwirkung erzeugen und darstellen.
- Im Mittelohr bedeckt der Steigbügel fast komplett die Membran des ovalen Fensters, das ist hier nicht der Fall.
- Der Durchmesser der Wasseroberfläche in der Schüssel ist in der Relation zum Durchmesser der Springform viel zu groß. Im menschlichen Ohr ist die Fläche des ovalen Fensters um ein vielfaches kleiner als das Trommelfell, wodurch es zu einer weiteren Verstärkung des Drucks kommt.

AUFGABE 3: Tanzende Körner

(insgesamt 15 Punkte)

- 3a) Baue eine Klangdose. Berühre mit dem Zeigefinger vorsichtig die Membran. Puste zunächst (ohne Stimme) in das Schallloch. Wiederhole den Versuchsteil mit einem U-Laut mittlerer Tonhöhe. Notiere deine Beobachtungen und vergleiche.

4,0 Punkte

[1,0 P] je knappe und korrekte Beschreibung der Beobachtungen für Pusten und U-Laut, max. [2,0 P]

Pusten:

Die *Ballonhülle* wölbt sich nach außen.

Durch das stoßhafte Pusten entsteht eine Druckwelle in der Luft, die sich in der Dose ausbreitet. Durch den Druck wird die elastische Hülle nach außen gedrückt. Da die Ballonhülle am Rand fixiert ist, kann sie sich dort nur wenig bis gar nicht bewegen. Der größte Ausschlag ist im Zentrum zu beobachten.

U-Laut:

Die *Ballonhülle* gerät in Schwingung. Die Vibration überträgt sich auf die Fingerkuppe und wird auch als Kitzeln wahrgenommen.

Vergleich:

[2,0 P]

[2,0 P] für korrekten Vergleich von Pusten und U-Laut.

Beim Pusten wird die Ballonhülle direkt durch den Druck des Luftstroms nach außen gedrückt. Beim U-Laut entsteht in der Röhre eine stehende Welle und die Ballonhülle wird durch Resonanz zur Schwingung angeregt.

- 3b) Führe die Stimmprobe durch. Notiere deine Messwerte aus *Phyphox* für den tiefsten und höchsten U-Laut sowie die Werte für die *Note (Musik)* für die U-Laute, die von der Klangdose besonders verstärkt werden. Gib eine Erklärung für die Verstärkung. Verwende dazu die Begriffe Schallwelle, Amplitude, Frequenz und Resonanz.

4,0 Punkte

Messwerte für tiefsten und höchsten U-Laut:

[1,0 P]

[1,0 P] für korrekt eingetragene (plausible) Messwerte von höchstem und tiefstem Laut

U-Laut	Periode in ms	Frequenz in Hz	Note (Musik)	Cent über Note
höchster Ton	1,82	550,34	C#5	-12,60
tiefster Ton	5,20	192,47	G3	-31,41

Töne mit Verstärkung (Resonanz):

[1,0 P]

[0,25 P] je verstärkter Note (Musik); insgesamt max. [1,0 P]

Hinweis: In der Tabelle handelt es sich um Beispielwerte. Je nach Form der Dosen und der Stimmlage können andere Töne zu einer Resonanz führen.

U-Laut (Tonhöhe)	Note (Musik)
C5 - c''	C5
G4 - g'	G4
F4 - f'	F4
C4 - c'	C4

Erklärung zur „Verstärkung“ (Resonanz):

[2,0 P]

[0,5 P] für plausible Erklärung

[0,5 P] für schlüssige und stringente Argumentation

[1,0 P] für angemessene Einbindung der vorgegebenen Begriffe

Resonanz ist das verstärkte Mitschwingen eines schwingfähigen Systems, wenn es einer zeitlich veränderlichen Einwirkung unterliegt. Dabei kann das System um ein Vielfaches stärker ausschlagen als beim konstanten Einwirken der Anregung mit ihrer maximalen Stärke. Bei periodischer Anregung muss die Anregungsfrequenz oder ein ganzzahliges Vielfaches davon in der Nähe einer Resonanzfrequenz des Systems liegen.

In bestimmten Tonlagen ist die Frequenz des U-Lautes nahe der Resonanzfrequenz der Dose. In diesem Fall werden die Schallwellen durch die Dose verstärkt. Der Ausschlag der Schwingung, die Amplitude, erreicht einen maximalen Wert. Der Klang wird als deutlich lauter wahrgenommen als die auslösende Stimme.

- 3c) Führe den Versuchsteil zu den Klangfiguren mit drei ausgewählten Werten für *Note (Musik)* aus 3b) durch. Notiere deine Beobachtungen und vergleiche die Körnerverteilung in einer beschrifteten Fotoserie. Informiere dich über die Erzeugung chladnischer Klangfiguren. Erläutere Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Vergleich zu den von dir in Experiment 3 erzeugten Klangfiguren.

7,0 Punkte

Beobachtung:

[1,0 P]

[1,0 P] für angemessene Beschreibung der Beobachtungen

- Die Körner hüpfen bei leisen Klängen (kleine Amplitude) weniger hoch als bei lauten (hohe Amplitude).
- Es gibt Orte, an denen die Körner liegenbleiben und sich nicht bewegen. Das sind Orte, wo sich die Amplituden der sich überlagernden Schwingungen auslöschen.
- Umgekehrt gibt es Orte, wo die Körner besonders hochhüpfen, manchmal sogar über den Dosenrand hinaus. Dort addieren sich die Amplituden zu maximalen Werten.

Vergleich von Klangdose und freischwingender Metallplatte:

[3,0 P]

[3,0 P] für die Erläuterung von Gemeinsamkeiten und Unterschieden

- In der Klangdose wird die Luftsäule im Resonanzfall in Schwingung gebracht.
- Die Schallwelle wird an der Wandung reflektiert. Dadurch entstehen gegenläufig fortschreitende Wellen gleicher Frequenz und Amplitude, die sich überlagern (Interferenz). An bestimmten Stellen bleibt die Auslenkung (Amplitude) immer bei Null. Deshalb wird dies auch als stehende Welle bezeichnet.
- Bei der Klangdose wird die Membran in Schwingung versetzt. An den Stellen mit einer hohen Amplitude werden die Körner nach oben geschleudert. Dort wo die Amplitude Null ist, werden die Körner nicht bewegt und bleiben liegen. So gibt die entstehende Klangfigur ein Abbild der stehenden Welle.
- Eine dünne freischwingend aufgehängte Metallplatte, die mit Sägespänen bestreut ist, kann mit einem mit einem Bogenstrich im Resonanzfall zum Eigenschwingen angeregt werden.
- Die Eigenschwingungen einer runden Platte aus Metall treten nur bei ganz speziellen Frequenzen auf.
- Eine Platte kann mehrere Eigenschwingungen haben. Dann überlagern sich die Schallwellen überlagern sich. Auch hier gibt es stehende Wellen, die als Klangmuster (Chladnische Figuren) im Sand sichtbar gemacht werden können.
- Sowohl bei der Klangdose als auch bei der runden Metallplatte spielen Resonanz und Interferenz eine Rolle. Stehende Wellen können mittels Streumaterial sichtbar gemacht werden. Die erzeugten Klangfiguren ähneln sich.
- Im Unterschied zu der Platte kann die Ballonmembran am Dosenrand nicht frei schwingen, weil sie dort fest fixiert ist. Außerdem ist die Ballonmembran viel elastischer und weniger steif als die schwingende Metallplatte. Dadurch unterscheiden sich die Eigenfrequenzen beider Membranen deutlich.

Fotoserie zu Experiment 3 – Klangfiguren:

[3,0 P]

[1,0 P] für jede vollständige Fotoserie zu einem Ton (wahlweise mit Salz ODER Amaranth)

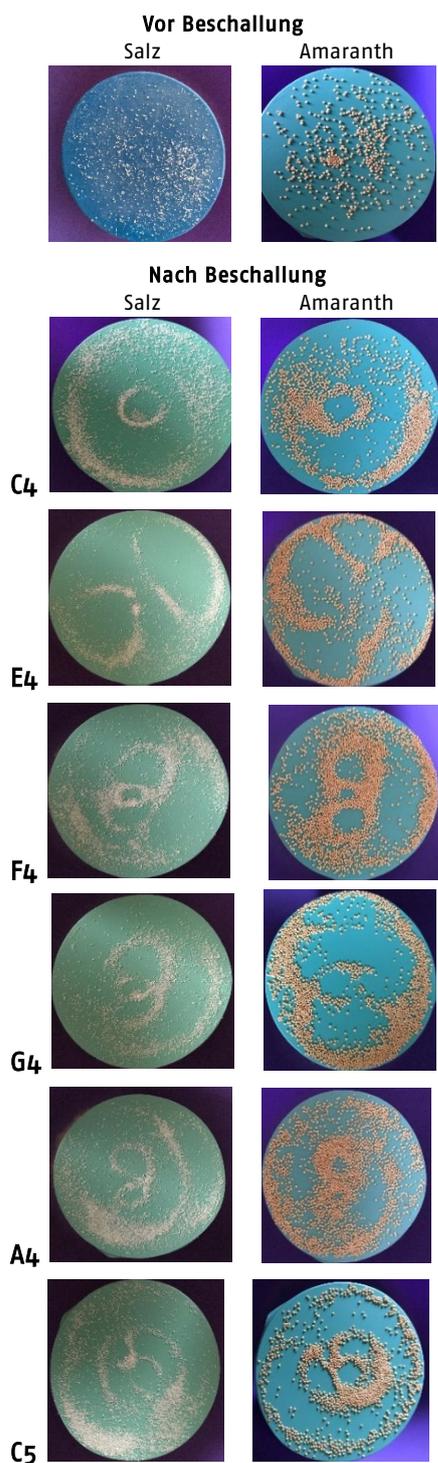
Vollständig meint:

- jeweils 1 Foto vor und nach der Beschallung
- überzeugende Qualität der Fotos
- übersichtliche Darstellung, gruppiert nach Tonhöhen
- korrekte Beschriftung

Hinweis: Wird ein anderes Bestreuungsmittel verwendet, das vergleichbare Ergebnisse liefert, gibt es keinen Punktabzug.

Hinweis: Diese Serie enthält zu Vergleichszwecken mehr Töne als in der Aufgabenstellung verlangt.

Vorangestellt ist exemplarisch je ein Foto von einer mit Salz bzw. Amaranth bestreuten Membran vor der Beschallung.



AUFGABE 4: Das „singende“ Glas

(insgesamt 20 Punkte)

4a) Führe Experiment 4 durch und notiere deine Beobachtungen. Fertige eine Tabelle mit deinen Messwerten an. Gib die Maße und das Volumen deines Glases an und lege ein Foto von deinem Versuchsaufbau bei.

8,0 Punkte

Beobachtungen:

[0,3 P]

[0,2 P] je plausibler Beobachtung, max. [0,6 P]

- Es dauert einen Moment bis das Gleiten mit dem Finger einen klaren Ton erzeugt.
- Je voller das Glas ist, desto schwieriger lässt sich ein klarer Ton erzeugen.
- Je mehr Wasser im Glas ist, desto tiefer ist der entstehende Ton.
- [Auf der Wasseroberfläche sind während des Klingens Wellen zu erkennen.]

Hinweis: Die in Klammern gesetzte Beobachtung wird bei Aufgabe 4b) gewertet.

Foto:

[0,7 P]

[0,7 P] für Foto des Versuchsaufbaus in angemessener Qualität



Maße und Füllmengen des Glases:

[1,2 P]

[1,2 P] für vollständige Tabelle mit korrekten (plausiblen) Messdaten

Masse, leer	219,2 g
Fassungsvolumen	500 ml
Stiellänge	11,0 cm
Kelchhöhe	12,5 cm
Durchmesser (oberer Glasrand)	7,5 cm
Gefäßwandung, Dicke	1,0 mm

Messwerte:

[5,5 P]

[5,5 P] für vollständige Tabelle (Elf Meßreihen) mit korrekten bzw. plausiblen Messdaten

Wasser in Gramm g	Tonfrequenz (f) in Hertz s^{-1}
Messwert (Tara)	Messwert
0	652
50	650
100	646
150	636
200	617
250	589
300	546
350	492
400	423
450	355
500	280

4b) Was beobachtest du im Glas, während es klingt? Gib eine physikalische Erklärung für das beobachtete Phänomen.

3,0 Punkte

Beobachtungen:

[1,0 P]

[1,0 P] für angemessen genau und umfassend beschriebene Beobachtungen

- Angrenzend an die Glaswand zeigt die zuvor glatte Wasseroberfläche Rippeln.
- Je intensiver die Vibration/Schwingung ist, umso weiter reichen die Wellenmuster vom Glasrand Richtung Kreismitte.

Erklärung:

[2,0 P]

[2,0 P] für schlüssige und physikalisch begründete Erklärung

- Die Glaswand wird in Schwingung gebracht. Durch Resonanz wird auch das Wasser in Schwingung versetzt.
- Die fortschreitenden Wasserwellen breiten sich radial aus und werden an der vertikalen Glaswand reflektiert.
- Dadurch entsteht eine stehende Welle, deren Rippeln an der Wasseroberfläche mit einem Schwingungsbauch an der Glaswandung besonders gut beobachtbar ist.

4c) Informiere dich über den Aufbau einer Klaviatur und notiere in einer Tabelle die Frequenzen der Töne c' , d' , e' , f' , g' , a' , h' und c'' .

2,0 Punkte

[2,0 P] für korrekt ausgefüllte Tabelle

Klaviatur	Frequenz
Ton	in Hz
c'	261,62
d'	293,67
e'	329,63
f'	349,23
g'	392,00
a'	440,00
h'	493,88
c''	523,25

- 4d) Trage die Wertepaare aus 4a) für die Masse Wasser im Glas und die Frequenz in ein Koordinatensystem ein. Zeichne eine Ausgleichskurve und bestimme daraus grafisch die zur Erzeugung der Töne e', a' und c'' benötigte Wassermasse. Trage die entsprechenden Hilfslinien im Koordinatensystem ein.

7,0 Punkte

Grafische Darstellung im Koordinatensystem:

[5,5 P]

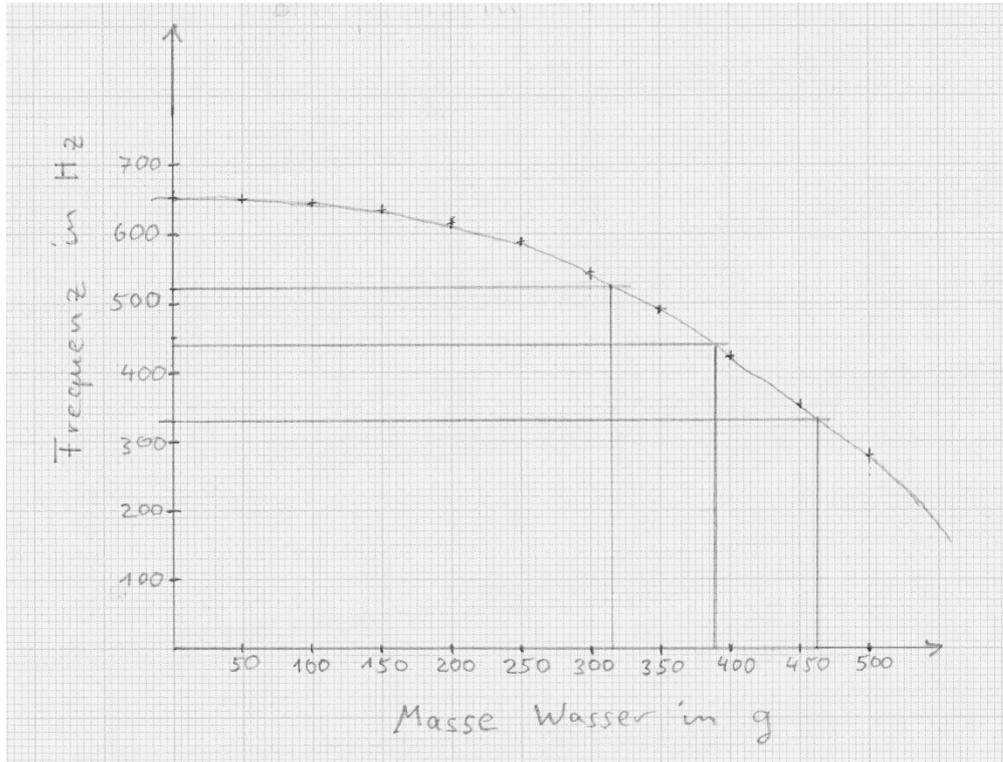
[0,25 P] für sinnvolle Skalierung und Größe des Koordinatensystems

[0,25 P] für korrekte Achsenbeschriftung mit Einheiten

[3,0 P] für korrekt und präzise eingetragene Tabellenwerte

[1,0 P] für zu den Messdaten passende, korrekt eingezeichnete Ausgleichskurve

[1,0 P] für korrekt eingezeichnete Hilfslinien



Aus Grafik bestimmte Masse an Wasser:

[1,5 P]

[1,5 P] für korrekt bestimmte Ablesewerte

Klaviatur	Frequenz	Masse Ablesewert
Ton	in Hz	in g
e'	329,62	465
a'	440,00	390
c''	523,25	315

AUFGABE 5: Noch Fragen offen?

(insgesamt 3 Punkte)

- 5) Du hast jetzt alle Experimente durchgeführt. Welche Fragen sind dir beim Experimentieren „über den Weg gelaufen“ oder was würdest du gerne noch genauer wissen und untersuchen? Formuliere genau zwei Forschungsfragen zum Projekt *Hör mal!*

3,0 Punkte

[1,5 P] für jede angemessen formulierte Forschungsfrage; max. 3,0 Punkte.

Anmerkung: Es werden ausschließlich die beiden erstgenannten Forschungsfragen gewertet.