



**Alles Tinte!**

## Musterlösung

Was soll die Musterlösung leisten?

Sie erhalten die Musterlösung schon zum Wettbewerbsstart, damit Sie bereits während der Schülerbetreuungsphase abschätzen können, in welcher Tiefe wir eine Beantwortung der Fragen erwarten. So können Sie Ihre Teilnehmenden ansprechen, falls sie z. B. die Zielrichtung einer Fragestellung missverstanden haben.

Des Weiteren dient die Musterlösung als Schlüssel für die Bewertungen der eingereichten Schülerausarbeitungen.

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 Schülerantwort (wenn auch umschrieben) enthalten sein sollten
- eine Musterantwort die beispielhaft darstellt, wie eine Lösung der Aufgabe ausformuliert werden könnte

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

Es liegt in Ihrem Ermessensspielraum, inwieweit eine Schülerlösung, 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, wieviel Unterstützung sie in der Aufgabenrunde geben dürfen. Aus unserer Sicht dürfen Sie gern Teilnehmende auf Literatur oder andere Quellen hinweisen, die ihnen den Zugang für eine eigenständige Recherche zu bestimmten Themenbereichen oder Konzepten erleichtern, vor allem auch, 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: Tintentod

(insgesamt 18,0 Punkte)

- 1a) Gib in einer Tabelle an, welche Flüssigkeiten du in die Gläser 1 bis 3 geben sollst. Begründe mit Hilfe der Tabelle warum es nicht ausreicht, den Versuch nur mit Gefäß 3 durchzuführen.

4,0 Punkte

- [2,0 P] für eine korrekte tabellarische Darstellung  
 [1,0 P] für richtige Begründung warum Gefäß 1 benötigt wird  
 [1,0 P] für richtige Begründung warum Gefäß 2 benötigt wird

Reagenz	Gefäß 1	Gefäß 2	Gefäß 3
Wasser	+	+	+
Tinte	+	+	+
Tintenkiller	-	+	+
Zitronensaft	-	-	+

Begründung:

Mit Gefäß 1 (Kontrollprobe) hat man während der Dauer des Versuchs einen Vergleich, wie intensiv die Blaufärbung der verdünnten Tinte ohne weitere Zugabe von Reagenzien ist. Da sich die Färbung in Gefäß 1 während des Versuchs nicht wesentlich ändert kann man daraus schließen, dass die Entfärbung tatsächlich auf die Zugabe der Tintenkillerflüssigkeit zurückzuführen ist bzw. vermuten, dass die Zugabe von Zitronensaft die erneute Einfärbung verursacht.

Mit Gefäß 2 kann man kontrollieren, ob die erneute Blaufärbung tatsächlich mit der Zugabe von Zitronensaft zusammenhängt.

Es wäre z. B. auch vorstellbar, dass die Wirkung der Tintenkillerflüssigkeit nach einiger Zeit nachlässt und die Flüssigkeit (auch ohne Zugabe von Zitronensaft) wieder eine blaue Farbe annimmt. Diese Vermutung kann aber ausgeschlossen werden, da die Entfärbung in Gefäß 2 während des gesamten Versuchs stabil ist.

- 1b) Führe Experiment 1 durch. Notiere deine Beobachtungen in einer kommentierten Fotoserie.

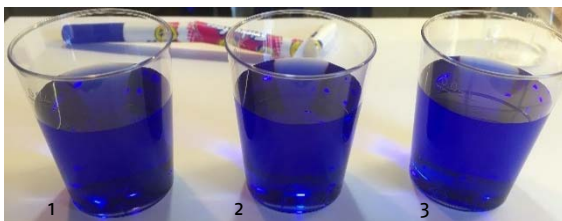
10,0 Punkte

**Beobachtungen:**

[0,5 P] je sinnvollem Foto (max. 2,5 P)

[1,5 P] je korrekter Beobachtung (max. 7,5 P)

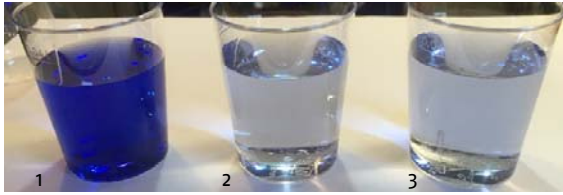
Hinweis: nach der Zugabe von Zitronensaft kommt es immer zu einer Blaufärbung, die Stärke der Blaufärbung in Glas 1 wird aber meist nicht mehr erreicht.



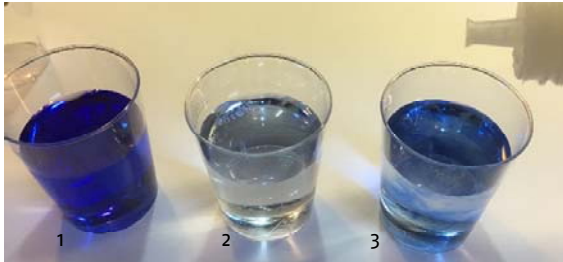
In allen drei Gefäßen befindet sich die gleiche Menge an mit Tinte gefärbtem Wasser.



Nach Zugabe der Tintenkillerflüssigkeit in Gefäß 2 und 3 beginnt sich die Lösung zu entfärben.



Nach kurzer Zeit ist die Lösung in den Gefäßen 2 und 3 beinahe farblos.



Durch die Zugabe von Zitronensaft zu Gefäß 3 bilden sich blaue Schlieren.



Nach kurzer Zeit zeigt die Lösung in Gefäß 3 wieder eine Blaufärbung.

1c) Formuliere genau 2 Schlussfolgerungen, die du aus dem Versuch ziehen kannst.

4,0 Punkte

[2,0 P] je korrekter Schlussfolgerung

Hinweis: Werden mehr als zwei Schlussfolgerungen gelistet, werden nur die ersten beiden gewertet. Alle weiteren Vorschläge werden nicht berücksichtigt

Schlussfolgerungen:

- Blaue Tinte und Tintenkillerflüssigkeit reagieren miteinander. Dadurch kommt es zu einer Entfärbung und die Tinte wird unsichtbar.
- Durch die Zugabe von Zitronensaft kann die Tinte wieder sichtbar gemacht werden.

## AUFGABE 2: Tintendurst

(insgesamt 17 Punkte)

2a) Betrachte die ganze Pflanze. Notiere deine Beobachtungen.

5,0 Punkte

[1,0 P] für jede korrekte Beobachtung; insgesamt max. [5,0 P]

Hinweis zur Bewertung: Es wird entweder eine Tulpe oder eine Rose untersucht. Es gibt nicht die doppelte Punktzahl, falls beide Pflanzen untersucht werden.

### Beobachtungen bei der Tulpe:

- Im Querschnitt sind über die gesamte Fläche kleine rote/blau Punkte verteilt. In der einen Hälfte des Stängels ausschließlich rote Punkte und in der anderen Hälfte ausschließlich blaue Punkte.
- Im Längsschnitt sieht man parallel zur Längsrichtung dünne blaue/rote Streifen.
- Die Tintenfarbe ist in der gesamten Pflanze zu finden, bis in die Spitzen der Blätter und Kronblätter.
- Die rote und die blaue Farbe mischen sich nicht.
- Ausgehend vom Stängelteil in der roten Tinte ist dieser gesamte Teil der Pflanze rot gefärbt.

### Beobachtungen bei der Rose:

- Im Querschnitt sieht man blaue Punkte, die alle etwa einen Millimeter von außen lokalisiert sind und dadurch eine ringartige Blaufärbung ergeben (konzentrischer Kreis).
- Im Längsschnitt sieht man parallel zur Längsrichtung links und rechts je einen blauen/roten Streifen.
- Die Tintenfarbe ist in der gesamten Pflanze zu finden, bis in die Spitzen der Blätter und Kronblätter.
- Die rote und die blaue Farbe mischen sich nicht.
- Ausgehend vom Stängelteil in der roten Tinte ist dieser gesamte Teil der Pflanze rot gefärbt.

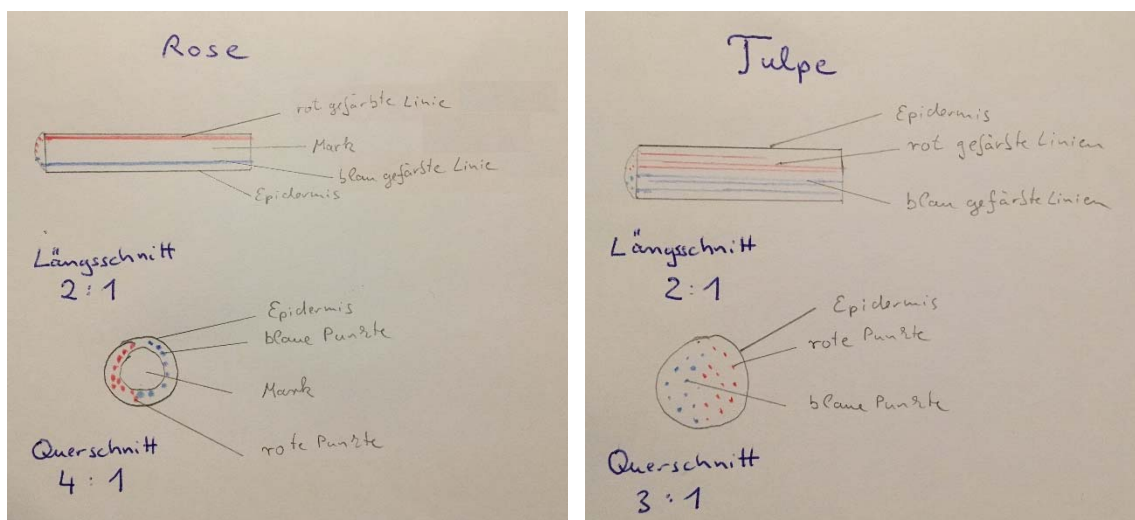
2b) Fertige eine beschriftete Zeichnung von Quer- und Längsschnitt an.

6,0 Punkte

[3,0 P] für ordentlich und richtig gezeichneten und beschrifteten Querschnitt

[3,0 P] für ordentlich und richtig gezeichneten und beschrifteten Längsschnitt

Hinweis zur Bewertung: Es wird entweder eine Tulpe oder eine Rose untersucht. Es gibt nicht die doppelte Punktzahl, falls beide Pflanzen untersucht wurden.



2c) Was kannst du aus deinen Beobachtungen über den Transport von Wasser in der Pflanze ableiten? Nenne genau drei wichtige Schlussfolgerungen und begründe.

6,0 Punkte

[2,0 P] je richtiger Schlussfolgerung

Hinweis: Werden mehr als zwei Schlussfolgerungen gelistet, werden nur die ersten drei gewertet. Alle weiteren Vorschläge werden nicht berücksichtigt

#### Schlussfolgerungen:

- Im Querschnitt ist nicht die gesamte Fläche gefärbt, sondern man sieht viele einzelne Punkte. Im Längsschnitt sieht man schmale Streifen. Aus diesen Beobachtungen kann man schließen, dass es in der Pflanze Leitungsbahnen/Leitgewebe gibt, durch die das Wasser in der Pflanze transportiert wird.
- Die Färbung findet sich in der gesamten Pflanze, bis in die Blätter und Blütenblätter. Daraus kann man schließen, dass über das Leitungssystem Wasser durch die gesamte Pflanze vom Stängel bis in die Blütenblätter transportiert wird.
- Die Farben mischen sich nicht. Auch in den Blütenblättern findet sich noch entweder eine rote oder eine blaue Färbung. Daraus lässt sich schließen, dass die Leitungen im Spross nicht vernetzt sind, sondern die Leitungen sich von unten nach oben verzweigen.

## AUFGABE 3: Tintentreffen

(insgesamt 19,0 Punkte)

3a) Führe Experiment 3 durch. Stelle deine Beobachtungen mit Hilfe zweier beschrifteter Skizzen dar.

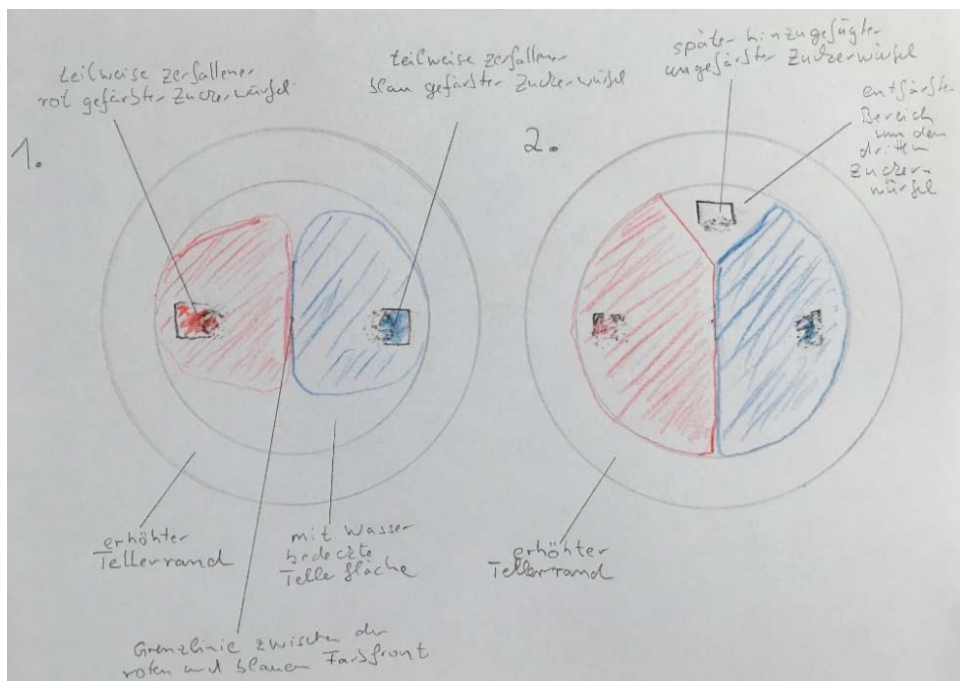
10,0 Punkte

[5,0 P] für sinnvolle, ordentliche Skizzen

[1,0 P] für jede korrekte Beobachtung; insgesamt max. [5,0 P]

Hinweise zur Bewertung: Es ist irrelevant, ob die Skizzen gezeichnet oder mit einem Computerprogramm erstellt wurden. Wichtig ist die Wahl eines sinnvollen Objektes, z.B. der Moment indem die Farbfronten aufeinandertreffen und der Moment, wenn um den dritten Zuckerwürfel ein entfärbter Hof entsteht. Punkte für ordentliche Skizze z.B. für sinnvolle Größe, korrekte Beschriftung, Übersichtlichkeit.

Skizze:



Beobachtungen:

- Wenn man die beiden mit Tinte gefärbten Zuckerwürfel in den Teller gesetzt hat, saugen sie sich mit Wasser voll.
- Dann beginnen sich die Farben schnell im Wasser auszubreiten. Die Zuckerwürfel zerfallen dabei.
- Die Farben breiten sich immer weiter im Teller aus und treffen schließlich aufeinander. Wo die Farben aufeinandertreffen, bildet sich eine scharfe Grenze, die Farben mischen sich nicht (siehe Skizze 1).
- Setzt man nun den nicht mit Tinte getränkten Zuckerwürfel auf diese Grenze, so saugt sich auch dieser mit Wasser voll. Dann sieht es so aus, als würden die Farben Blau und Rot vom ungefärbten Zuckerwürfel verdrängt.
- Nach einiger Zeit hat sich um den zerfallenden, nicht mit Tinte getränkten Zuckerwürfel eine Zone ohne Farbstoff gebildet (siehe Skizze 2).

3b) Informiere dich über Diffusion und Brownsche Molekularbewegung. Erkläre mit Hilfe dieser Begriffe deine Beobachtungen.

5,0 Punkte

[5,0 P] für richtige Erklärung

Hinweis: Begriffe, die verwendet werden sollten: Konzentration, Konzentrationsgefälle, Diffusionsgeschwindigkeit, Konzentrationsausgleich.

#### Erklärung:

- Der Zuckerwürfel löst sich in Wasser. Die Zuckerkonzentration der Lösung nahe dem Zuckerwürfel ist höher als die in etwas größerer Entfernung. In der Lösung gibt es das Bestreben, das Konzentrationsgefälle auszugleichen, so dass sich die Zuckermoleküle verteilen (diffundieren) bis überall in der Flüssigkeit dieselbe Zuckerkonzentration vorliegt. Die Farbstoffmoleküle der Tinte werden dabei mitgerissen und machen so die Diffusion der Zuckermoleküle sichtbar.
- Wenn die beiden Farbfronten aufeinandertreffen, treffen auch gleiche Zuckerkonzentrationen aufeinander. Es gibt somit kein Konzentrationsgefälle bezüglich der Zuckerkonzentration, dadurch bewegen sich die Zuckermoleküle nur noch aufgrund der Brownschen Molekularbewegung. Die Farbstoffmoleküle diffundieren zwar entlang ihres Konzentrationsgefälles, aber mit einer viel geringeren Diffusionsgeschwindigkeit als Zucker. Daher mischen sich blaue und rote Farbmoleküle so langsam, dass man zunächst eine scharfe Grenze zwischen den Farbbereichen beobachtet. Die Brownsche Molekularbewegung und die Diffusion gehen aber weiter, d.h. nach einer längeren Zeit werden sich die beiden Farben mischen.
- Stellt man nun den dritten Zuckerwürfel auf die Farbgrünze, ist an dieser Stelle, nach dem Lösen des Zuckers im Wasser, eine hohe Zuckerkonzentration vorhanden. Aufgrund dieser diffundieren nun Zuckermoleküle von dieser Stelle weg und reißen die Farbstoffmoleküle mit. Dadurch kommt es zu einem Bereich ohne Farbstoff um den Ort, an dem der ungefärbte Zuckerwürfel stand.

- 3c) Je ein gefärbter Zuckerwürfel wurde in einen Teller mit heißem bzw. kaltem Wasser gesetzt. Nach 2 Minuten wurde ein Foto gemacht (siehe unten). Gib an, welcher Teller das heiße Wasser enthält und begründe.

[1,0 P] für korrekte Aussage, welcher Teller das heiße Wasser enthält  
[3,0 P] für die korrekte Begründung

**Antwort:**

Teller B enthält das heiße Wasser.

**Begründung:**

Bei einer höheren Temperatur haben die Teilchen eine höhere kinetische Energie und bewegen sich dadurch schneller. Ist das Konzentrationsgefälle in beiden Tellern zu Versuchsbeginn gleich, führt daher eine höhere Temperatur zu einer höheren Diffusionsgeschwindigkeit. Deshalb breitet sich die blaue Tintenfarbe im Teller mit heißem Wasser schneller aus.





## AUFGABE 4: Tintenfieber

(insgesamt 19,0 Punkte)

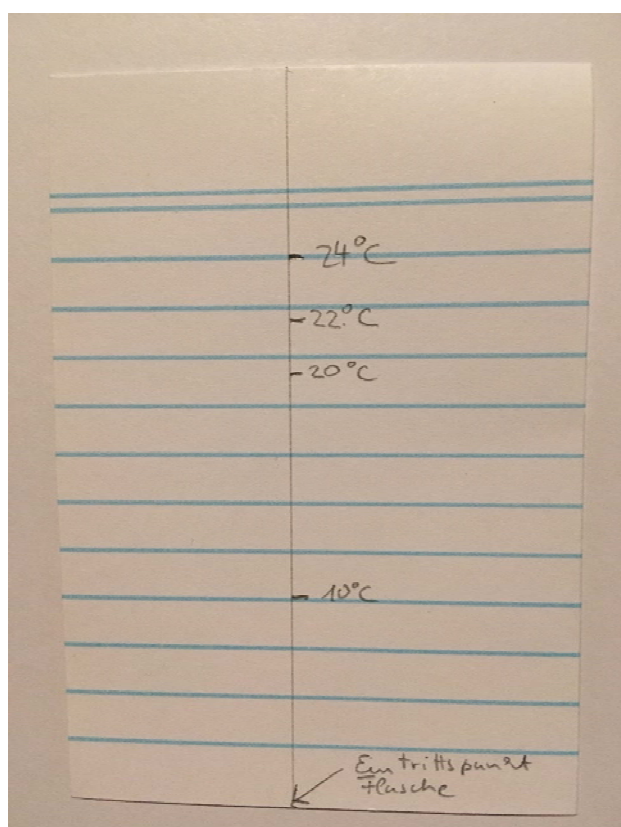
4a) Notiere deine Messwerte für die Umgebungstemperatur und den Tintenwasserstand in einer Tabelle und klebe den Papierstreifen mit den Markierungen in deine Ausarbeitung.

9,0 Punkte

[1,5 P] für jeden korrekt in die Tabelle eingetragenen Wert; maximal [6,0 P]  
[3,0 P] für ordentlich beschrifteten und eingeklebten Papierstreifen

Temperatur T in °C	Pegelstand in cm
10	3,0
20	6,2
22	7,0
24	7,9

Papierstreifen mit Temperaturmarkierungen:



4b) Trage deine Messwerte in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur in einem Koordinatensystem ein und zeichne eine Ausgleichskurve. Gib an, ob du einen linearen Zusammenhang zwischen Füllhöhe und Temperatur belegen kannst.

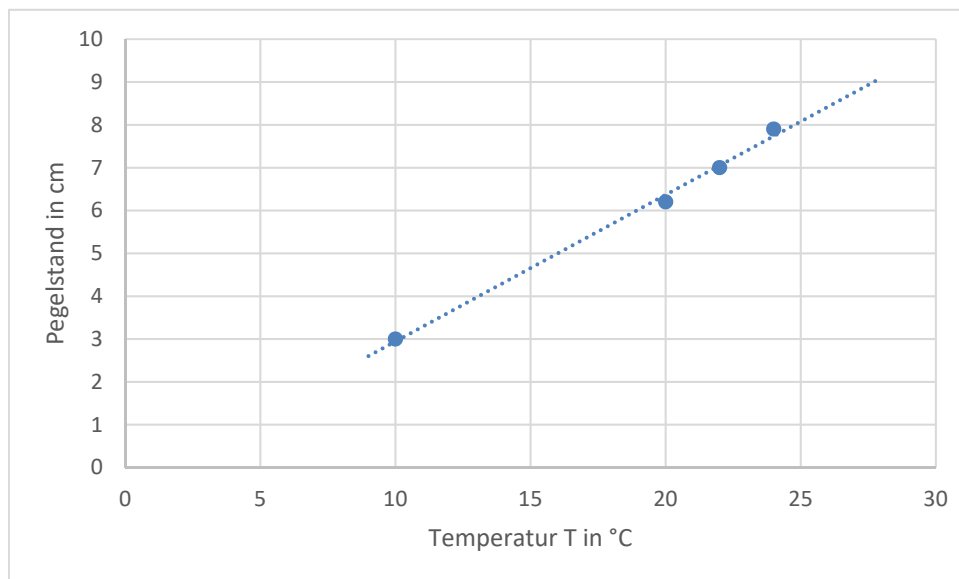
7,0 Punkte

- [1,0 P] für sinnvolle Skalierung und Größe des Diagramms
- [1,0 P] für korrekte Achsenbeschriftung mit Einheiten
- [2,0 P] für korrekt und präzise eingetragene Tabellenwerte
- [2,0 P] für zu den Messdaten passend, korrekt eingezeichnete Ausgleichskurve
- [1,0 P] für die den Messdaten entsprechend korrekte Antwort

Hinweis zur Bewertung:

Die Messdaten können hier von der Musterlösung deutlich abweichen. Bei Temperaturwerten zwischen 10 bis 30°C sollte ein linearer Zusammenhang zwischen Pegelstand und Temperatur erkennbar sein, bei Werten unter 10°C weichen die Werte aufgrund der Dichteanomalie von Wasser von einem linearen Zusammenhang ab. Solange die gezeichnete Ausgleichskurve mit den Messdaten konsistent ist und die dazu passende Aussage zur Linearität getroffen wurde, gibt es hier die volle Punktzahl.

Temperatur T in °C	Pegelstand in cm
10	3,0
20	6,2
22	7,0
24	7,9



Wenn man den Pegelstand in Zentimeter gegen die gemessene Umgebungstemperatur in Grad Celsius aufträgt sieht man, dass sich alle Messpunkte näherungsweise auf einer Geraden befinden. Bei den untersuchten Temperaturen zeigt sich somit ein linearer Zusammenhang zwischen der Füllhöhe und der Umgebungstemperatur.

4c) Gib eine physikalische Begründung für folgendes Phänomen: Nimmt man ein Flaschenthermometer aus einem Gefäß mit Eiswasser (0 Grad Celsius), sinkt der Tintenwasserstand zunächst und steigt dann allmählich an.

3,0 Punkte

[3,0 P] für Erklärung Dichteanomalie  
oder

[2,0 P] für Erklärung thermischer Ausdehnungskoeffizient Glas

Hinweis zur Bewertung: Die Antwortalternative mit dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten erhält weniger Punkte, da es sich hier nur um einen kurzzeitigen Effekt handelt und nicht um die Hauptursache des beschriebenen Phänomens.

- Ursache dafür ist die Dichteanomalie von Wasser. Wasser hat seine höchste Dichte bei einer Temperatur von  $4^{\circ}\text{C}$ . Wenn Wasser also von  $0^{\circ}\text{C}$  auf  $4^{\circ}\text{C}$  erwärmt wird, steigt seine Dichte und sein Volumen nimmt ab. Deshalb sinkt auch der Pegelstand in unserem Flaschenthermometer. Ab  $4^{\circ}\text{C}$  nimmt die Dichte mit steigender Temperatur ab und entsprechend steigt der Pegelstand wieder. Bei etwa  $9^{\circ}\text{C}$  erreicht Wasser wieder dieselbe Dichte wie bei  $0^{\circ}\text{C}$ . Deshalb eignet sich das Flaschenthermometer nur für Messungen im Bereich zwischen  $9^{\circ}\text{C}$  und der Siedetemperatur von Wasser.
- Nicht nur Wasser dehnt sich bei höheren Temperaturen aus, auch Glas hat einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Nimmt man das Flaschenthermometer aus dem Eiswasser, so wird die Außenseite der Glasflasche erwärmt und dehnt sich aus. Dadurch sinkt der Flüssigkeitspegel im Strohhalm. Dieser Effekt dauert jedoch nur einige Sekunden, denn durch die gute Wärmeübertragung zwischen Glasflasche und Flüssigkeit gleicht sich die Temperatur der Glasflasche schnell wieder der Temperatur der Flüssigkeit im Inneren an.

## AUFGABE 5: Tintenschwarz

(insgesamt 17,0 Punkte)

- 5a) Informiere dich über Herstellung, Eigenschaften und Anwendung von Eisengallustinte, Sepiatinte und blauer Füllertinte. Erstelle eine Tabelle mit den Spalten Inhaltsstoffe, Herkunft der farbgebenden Bestandteile, Abwaschbarkeit, weiterer Nutzen.

6,0 Punkte

[0,5 P] für jede korrekt ausgefüllte Zelle; maximal [6,0 P] für die komplette Tabelle

Hinweise zur Bewertung: In der Zelle „Herkunft farbgebender Bestandteile“ bei Eisengallustinte muss Gallussäure und Eisen für volle Punktzahl genannt werden, da nur mit beiden ein farbiger Komplex entsteht. In der Spalte „weiterer Nutzen“ reicht es, entweder eine Anwendungsmöglichkeit oder die Funktion in der Natur zu nennen, um die volle Punktzahl zu erhalten.

### Tabelle:

	Inhaltsstoffe	Herkunft farbgebender Bestandteile	abwaschbar	weiterer Nutzen
Eisengallustinte	Eisen (II)-sulfat, Galläpfelsud (Gallussäure), Gummi arabicum, Wasser	Gallussäure aus Galläpfeln: pflanzlich; zweiwertiges Eisen: synthetisch/mineralisch	nein	„Ewigkeitstinte“ für wichtige Verträge; pflanzlicher Abwehrstoff gegen Eichengallwespenlarven
Sepiatinte	Sepiatinte, Gummi arabicum, Wasser	Sepiatinte: tierisch	ja	Wehrsekret beim Tintenfisch; Lebensmittelfarbe (z.B. Pasta)
blaue Tinte	Triphenylmethan-Farbstoff, Glycerin, Wasser, Konservierungsstoffe	Triphenylmethan-Farbstoff: synthetisch	ja	Schultinte einfach auszuwaschen und mit Tintenkiller löslich

5b) Führe Experiment 5 durch. Notiere die Farben der Flüssigkeiten in einer Tabelle und gib eine chemische Erklärung für die Farbe des „Eisentees“. Klebe das Papier mit deinen Schreibproben in deine Ausarbeitungen ein.

8,0 Punkte

- [4,5 P] für präzise Beschreibung in der Tabelle
- [2,5 P] für korrekte naturwissenschaftliche Erklärung
- [1,0 P] eingeklebte Schriftproben

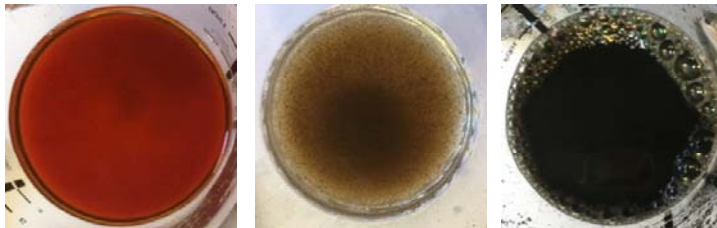
**Tabelle:**

	Tee	Eisen in Wasser	Tee/Eisen
Farbe	rotbraune Flüssigkeit	hellbraune Partikel in beiger Flüssigkeit	schwarze Flüssigkeit

**Erklärung:**

Schwarzer Tee enthält pflanzliche Gerbstoffe (Tannine). Mit der Eisenverbindung aus den Tabletten bildet sich ein schwarzer Farbstoff. Die Eisenverbindung muss dazu allerdings erst mit dem Luftsauerstoff reagieren.

**Fotos:**



1. Schreibversuch nur mit schwarzem Tee  
 2. Schreibversuch nur mit Eisen in Wasser  
 3. Schreibversuch mit Eisen und schwarzem Tee

5c) Tropfe jeweils etwas „Eisente“, blaue und schwarze Füllertinte auf ein feuchtes Filterpapier und lass es an der Luft trocknen. Notiere deine Beobachtungen und vergleiche. Formuliere eine Schlussfolgerung, die du daraus für die Zusammensetzung der drei Tinten ziehen kannst.

3,0 Punkte

[1,5 P] für präzise Beobachtung

[1,5 P] für korrekte Schlussfolgerung

#### Beobachtungen:

- Die blaue und die schwarze Tinte verlaufen stärker als der „Eisente“.
- Beim Verlaufen der schwarzen Tinte zeigen sich verschiedene Farben.
- Die blaue Tinte und der „Eisente“ zeigen nur eine Farbe, blau bzw. schwarz.

#### Schlussfolgerung:

- Die blaue Tinte scheint aus einem einzelnen blauen Farbstoff zu bestehen.
- Die schwarze Tinte ist ein Gemisch aus mehreren Farbstoffen, der schwarze Farbeindruck entsteht durch subtraktive Farbmischung.
- Der „Eisente“ scheint nur aus einem einzelnen schwarzen Farbstoff zu bestehen.