



GENIALES GEMÜSE!

ERWARTUNGSHORIZONT

Was soll der Erwartungshorizont leisten?

Sie erhalten den Erwartungshorizont schon zu Wettbewerbsstart, damit Sie schon während der Schülerbetreuungsphase abschätzen können, in welcher Tiefe wir eine Beantwortung der Frage erwarten, und Ihre Teilnehmenden ansprechen können, falls sie z. B. die Zielrichtung einer Fragestellung missverstanden haben.

Des Weiteren dient er Ihnen als Schlüssel für die Bewertungen der eingereichten Schülerarbeiten.

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 Punktezahl auf jeden Fall in der Schülerantwort (wenn auch paraphrasiert) 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 inhaltlich Orientierung für die Bewertung abweichend formulierter Schülerlösungen geben.

Es liegt in Ihrem Ermessensspielraum, inwieweit eine abweichende Schülerlösung als der vorgeschlagenen Lösung 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 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 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 dazu gerne telefonisch oder per E-Mail an uns.

Ihr IJSO-Team in Kiel

AUFGABE 1: Grünfutter für IJSO-Hasen

(insgesamt 25,0 Punkte)

- 1a) Skizziere deinen Versuchsplan und begründe, welche Kontrollversuche notwendig sind, um eine eindeutige Aussage über den Einfluss von Salz, Pfeffer oder Zucker auf die Gurkenscheibe treffen zu können.

6,0 Punkte

[2,0 P] für angemessenen Versuchsplan
[1,0 P] je Kontrollbedingung, max. [4,0 P]

Versuchsplan:

	1	2	3	4
Unterlage	Teller bzw. Salatgurke	Teller bzw. Salatgurke	Teller bzw. Salatgurke	Teller bzw. Salatgurke
Bestreuen mit...	Ohne	Salz	Zucker	Pfeffer

- Neben den Teilversuchen mit Salz, Zucker und Pfeffer muss getestet werden, wie sich eine Salatgurkenscheibe ohne Bestreuen verhält. Nur so kann geprüft werden, ob der Stoff, mit dem man bestreut, für den beobachteten Effekt verantwortlich ist.
- Um ausschließen zu können, dass Salz, Zucker und Pfeffer Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen (hygroskopisch sind/wirken), muss jeder Teilversuch ohne Salatgurke (z. B. auf einem Teller oder einer anderen neutralen Unterlage) durchgeführt werden.
- Es ist darauf zu achten, dass die Versuche jeweils bei gleichen Bedingungen (z. B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Messzeitpunkte, Scheibendicke und -durchmesser, Stücke aus derselben Salatgurke, etc.) durchgeführt werden. Dafür bietet sich an, die Teilversuche gleichzeitig nebeneinander (und nicht nacheinander) durchzuführen.
- Jeder Teilversuch muss mindestens ein zweites Mal, bei Abweichungen auch häufiger durchgeführt werden, um die Wiederholbarkeit der Ergebnisse zu belegen.

- 1b) Protokolliere deine Messbedingungen und lege ein kommentiertes Foto vom Versuchsaufbau bei.

6,0 Punkte

[2,0 P] für Fotobeleg
[1,0 P] je dokumentierter (sinnvoller) Messbedingung, max. [3,0 P]
[1,0 P] für angemessene, übersichtliche Darstellung

Messbedingungen:

Raumtemperatur	20 Grad Celsius
Relative Luftfeuchtigkeit	70 Prozent
Scheibendicke	1 Zentimeter
Bedeckte Oberfläche	ca. 50%; mittig aufgetragen
Volumen Pulver	1/2 gestrichener Teelöffel
Korngröße Pulver	feinkörnig (kristallin/gemahlen)
Mess- bzw. Beobachtungszeitpunkte	Versuchsbeginn, nach 5, 10, 20, 30 Minuten

1 c) Fasse die Versuchsergebnisse in einer Tabelle zusammen und vergleiche deine Ergebnisse für Zucker, Salz und Pfeffer.

6,0 Punkte

[4,0 P] für Tabelle mit präziser Beschreibung der Beobachtungen/Versuchsergebnisse

Tabelle:

	1	2	3	4
Unterlage	Teller	Teller	Teller	Teller
Bestreuen mit...	Ohne	Salz	Zucker	Pfeffer
Zu Versuchsbeginn	-	weißes Pulver, feinkristallin, trocken	weißes Pulver, feinkristallin trocken	hellbraunes, feinkörniges Pulver
Nach 5, 10, 20, 30 Minuten	unverändert	unverändert	unverändert	unverändert

	1	2	3	4
Unterlage	Salatgurke	Salatgurke	Salatgurke	Salatgurke
Bestreuen mit...	Ohne	Salz	Zucker	Pfeffer
Zu Versuchsbeginn	-	weißes Pulver, feinkristallin, trocken	weißes Pulver, feinkristallin trocken	hellbraunes, feinkörniges Pulver
Nach 5 Minuten	unverändert	unverändert	unverändert	unverändert
Nach 10 Minuten	unverändert	Salz schimmert feucht	Zucker kristalle teilweise feucht (farblos), teilweise noch trocken	Pfeffer löst sich nicht, ist aber durch Feuchtigkeit an Schnittfläche etwas dunkler gefärbt
Nach 20 Minuten	unverändert	Am Fuße des „Salzberges“ sammelt sich Flüssigkeit.	Zucker kristalle jetzt ganz durchfeuchtet	unverändert gegenüber vorigem Messpunkt
Nach 30 Minuten	unverändert	Viel Flüssigkeit sammelt sich, die bei seitlichem Neigen über Gurkenrand fließt. Nach Versuchsende wurden Salzreste mit Leitungswasser weggespült. Die Kontaktfläche mit Salz fühlt sich wabbelig-glitschig an im Unterschied zur Vergleichsprobe, die nicht bestreut wurde.	Flüssigkeit sammelt sich am Fuß des Zuckerberges, im Vergleich zum Salz aber deutlich weniger. Flüssigkeit ist viskos und fließt bei seitlichem Neigen nicht bis nur sehr langsam. Auch hier fühlt sich die Kontaktfläche leicht glitschig an, aber deutlich weniger ausgeprägt als bei Salz.	Bei Versuchsende ist das Pfefferpulver dunkel gefärbt, aber es sammelt sich keine Flüssigkeit an.

[2,0 P] für Vergleichende Gegenüberstellung der Untersuchungsergebnisse

Vergleich:

- Anders als bei Salz und Zucker sammelt sich beim Bestreuen mit Pfefferpulver keine Flüssigkeit auf der Gurkenoberfläche.
- Sowohl bei Salz wie bei Zucker sammelt sich auf der Gurkenoberfläche eine größere Menge Flüssigkeit.
- Beim Zucker scheint dieser Prozess entweder langsamer vorstatten zu gehen oder alternativ sammelt sich ggf. auch im Vergleich weniger Flüssigkeit. Die Flüssigkeit bei der Zuckerprobe hat eine deutlich höhere Viskosität als die bei der Salzprobe.
- Durch die beiden Kontrollversuche (Unterlage Teller statt Salatgurke; Gurkenscheibe ohne Bestreuung mit Pulvern) lässt sich eindeutig schließen, dass die Salatgurke während des Versuchs mit Salz und mit Zucker Flüssigkeit (vermutlich Wasser) abgibt.

1d)* Gib eine biologisch begründete Erklärung, mit der du sowohl deine Ergebnisse im Gurkenversuch als auch den unansehnlichen Kopfsalat in der Salatsoße deuten kannst. Erläutere die zugehörigen Prozesse auf Zellebene. Fertige dazu eine beschriftete Zeichnung an.

7,0 Punkte

[2,0 P] für Erklärung

[2,0 P] für Erläuterung auf Zellebene

Erklärung mit Erläuterung auf Zellebene:

Die Gurkenzellen bestehen aus einer Zellwand (semipermeable Membran, die für darin gelöste Teilchen nicht oder unvollständig durchlässig ist), einer Vakuole (die je nach Wasserinhalt kleiner oder größer ist) und dem Protoplasten. Als Turgor (auch Turgordruck) wird der Druck des Zellsafts auf die Zellwand bezeichnet.

Um den Wassertransport in Lebewesen zu ermöglichen, sind in die Biomembran Aquaporine eingebaut. Das sind Proteine, die einen wasserleitenden Kanal durch die Zellmembran formen, durch den Wassermoleküle nur einzeln nacheinander hindurch passen. Aquaporine sind undurchlässig für andere Moleküle und Ionen.

Der Osmose liegt das Bestreben der Teilchen zu Grunde, einen Konzentrationsausgleich zwischen Innen- und Außenraum der Membran zu schaffen. Das Lösungsmittel diffundiert daher solange in das Kompartiment mit dem gelösten Stoff, bis ein Konzentrationsausgleich des Lösungsmittels erreicht ist.

Für die Versuche relevante, osmotisch aktive Inhaltsstoffe in den Zellen der Gurke und des Salatblatts sind vor allem die Kohlenhydrate. Mineralien (wie z. B. NaCl) sind in deutlich geringen Konzentrationen enthalten. Pfeffer ist nicht im Zellsaft enthalten und nicht osmotisch wirksam.

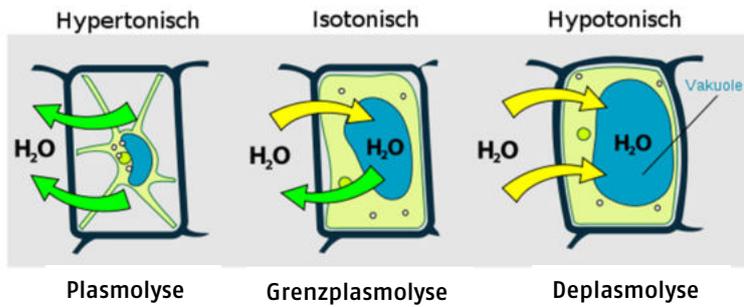
Die frisch angeschnittene Gurkenfläche ist feucht. In der Feuchte löst sich Salz und auch Zucker, nicht aber Pfeffer. Das Konzentrationsgefälle zwischen Zellsaft und der Lösung auf der Schnittfläche ist für Zucker sehr groß (Konzentration gelöste Teilchen innen um ein Vielfaches geringer als außen (außen entspricht hypertonem Medium) und noch einmal um einige Größenordnungen höher für Salz. Deshalb strömt durch die Aquaporine der Zellmembran Wasser aus den Gurkenzellen nach außen und tritt an der Schnittfläche im Kontakt zur Zucker- bzw. Salzlösung aus. In der Folge verkleinert sich die Vakuole, der Turgor nimmt ab, der Protoplast löst sich von der Zellwand. Die Zelle ist weniger prall gefüllt, die Zellwände verlieren an Stabilität, insgesamt schrumpft die Zelle. Deshalb fühlt sich die Gurkenfläche bei Versuchsende wackelig an und das Salatblatt im Kontakt mit dem salzhaltigen Dressing fällt zusammen.

[Da das Konzentrationsgefälle zwischen innen und außen bei Salz deutlich größer ist als bei Zucker, wäre zu erwarten, dass beim Salz pro Zeiteinheit mehr Wasser nach außen strömt.]

- [3,0 P] für beschriftete Skizze; davon
 - [1,5 P] für saubere Darstellung (angemessene Skalierung, Detailtreue)
 - [1,0 P] für korrekte und vollständige Beschriftung
 - [0,50 P] für vergleichende Darstellung mit isotonisch/hypotonisch

Beschriftete Skizze:

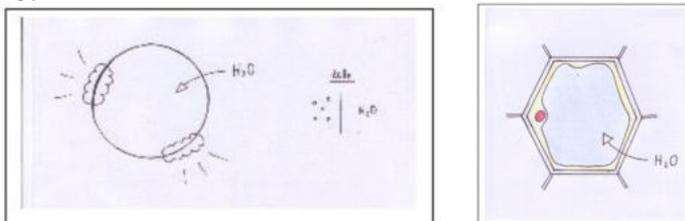
Beispiel 1:



Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Turgor#/media/File:Plasmolyse_Pflanzelle.svg

Beispiel 2:

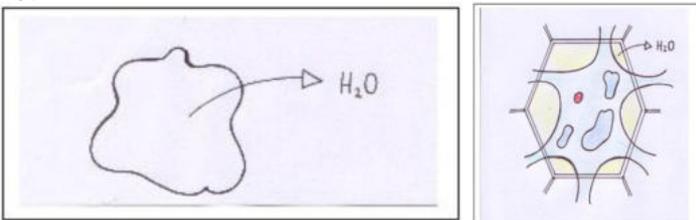
Hypotonisch:



Isotonisch:



Hypertonisch:



<http://www.frustfrei-lernen.de/biologie/loesungen-zellen-hypotonisch-hypertonisch-isotonisch.html>

AUFGABE 2: Elektrischer Strom aus Münzen? (insgesamt 16,0 Punkte)

2a) Gib die chemische Zusammensetzung einer 5-Cent-Münze der Euro-Währung an und begründe, warum diese Münze keine Legierung darstellt.

3,0 Punkte

[1,5 P] für korrekte Zusammensetzung

[1,5 P] für Begründung inklusive Definition Legierung

→ [0,5 P] Abzug, wenn Definition Legierung fehlt oder falsch ist

Zusammensetzung:

Die Münze besteht aus den beiden Hauptbestandteilen Eisen und Kupfer.

Mengenanteile: 94,35 % Fe, 5,65 % Cu

Begründung:

Die Münze besteht aus einem Eisenkern, der mit Kupfer ummantelt ist.

Damit handelt es nicht, wie bei einer Legierung (z. B. Messing oder Bronze), um ein Gemenge mit metallischem Charakter aus zwei oder mehr chemischen Elementen, von denen mindestens eines ein Metall ist.

2b) Dokumentiere deine Versuchsanordnung mit einem Foto und notiere deine Messergebnisse in Tabellenform.

7,0 Punkte

[2,0 P] für Fotodokumentation

[5,0 P] Tabelle mit Messdaten

Hinweis für Betreuung:

Die Messdaten können von der Musterlösung hier deutlich abweichen, da sie stark von Abständen zwischen den Elektroden, der Eintauchfläche der Elektroden u. Ä. abhängen. Jedoch der qualitative Trend, dass die Stromstärke bei Leitungswasser und Zuckerlösung verhältnismäßig gering ist, deutlich höher bei der schwachen Säure und am höchsten bei der Salzlösung, muss erkennbar sein.



Flüssigkeiten	Spannung U in V		Stromstärke I in μA	
	Messbereich	Messwerte	Messbereich	Messwerte
Ohne Lösung= Blindwert	2 V GS	0,00	20 μ	0,00
Leitungswasser	2 V GS	0,51-0,56	20 μ	0,01-0,03
Essigessenz	2 V GS	0,52-0,55	200 μ	125-130 (max. 150)
Salzlösung	2 V GS	0,51-0,55	2m	450-490 (max. 610)
Zuckerlösung	2 V GS	0,54-0,56	20 μ	15-19

2c) Erkläre, unter Verwendung entsprechender Gesetzmäßigkeiten, wie gemessene Spannung und Stromstärke von der Art der gewählten Flüssigkeit abhängen.

6,0 Punkte

- Die Messwerte für die Spannungswerte sind unabhängig von der Art der Flüssigkeit.
- Wenn keine Flüssigkeit (Elektrolyt) verwendet wird, fließt kein Strom.
- Die Stromstärke variiert mit der Art des Elektrolyten.
- Die Stromstärke ist gering in Leitungswasser, weil dieses nur in geringen Konzentrationen gelöste Stoffe (Anionen, Kationen) und damit bewegliche Ladungsträger enthält.
- Zucker liegt in wässriger Lösung als Molekül (nicht dissoziiert) vor. Deshalb ist die Leitfähigkeit der Lösung gering.
- Essigsäure ist eine schwache Säure, die nur unvollständig dissoziiert. Dennoch sind in der Lösung Ladungsträger vorhanden und die Leitfähigkeit ist höher als die einer Zuckerlösung.
- Natriumchlorid liegt in wässriger Lösung vollständig dissoziiert vor. Die Konzentration von gelösten Stoffen (Kationen und Anionen) und damit von beweglichen Ladungsträgern ist sehr viel höher als in Leitungswasser. Entsprechend wird auch eine höhere Stromstärke gemessen.

AUFGABE 3: Gurkenpower

(insgesamt 24,0 Punkte)

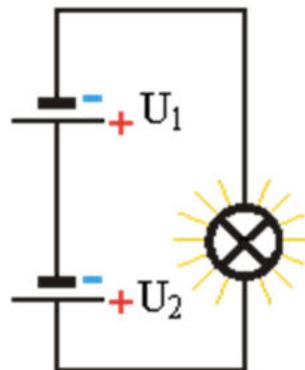
3a) Notiere sämtliche Messwerte zu Experiment 3 in einer Tabelle. Dokumentiere deinen Versuchsaufbau für die Schaltungen mit einem Foto und zeichne dazu einen Schaltplan.

6,0 Punkte

Jeweils max. [3,0 P] für Reihenschaltung und für Parallelschaltung
 [2,0 P] für jede Tabelle mit korrekten Messwerten
 [0,5 P] für jedes Foto mit korrektem Versuchsaufbau
 [0,5 P] für jeden korrekt zugeordneten Schaltplan

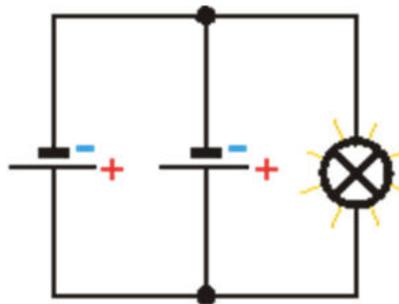
Reihenschaltung

	Anzahl Zellen n	Spannung U in V			Stromstärke I in μA bzw. mA	
		Messbereich	Messwerte	U / n in V	Messbereich	Messwerte
Essiggurke	1	2 V GS	0,57	0,57	2m	0,6-1,0
	2	2 V GS	1,17	0,59	(200 μ	6-10)
	3	2 V GS	1,58	0,53	(20 μ	60-100)
	4	2 V GS	2,08	0,52		
Salatgurke	1	2 V GS	0,52	0,52	20 μ	11-13
	2	2 V GS	1,06	0,53		
	3	2 V GS	1,47	0,49		
	4	2 V GS	2,10	0,53		



Parallelschaltung

	Anzahl Zellen n	Spannung U in V			Stromstärke I in μA	
		Messbereich	Messwerte	U / n in V	Messbereich	Messwerte
Essiggurke	1	2 V GS	0,57		200 μ	60
	2	2 V GS	0,59			115
	3	2 V GS	0,53			170
	4	2 V GS	0,54			225
Salatgurke	1	2 V GS	0,52		20 μ	11
	2	2 V GS	0,53			20
	3	2 V GS	0,49			32
	4	2 V GS	0,53			41



3b) Vergleiche deine Befunde für Salat- und Essiggurke. Gib dazu eine fachlich begründete Erklärung unter Einbeziehung deiner Untersuchungsergebnisse in Aufgabe 2.

6,0 Punkte

[1,5 P] für Vergleich der Spannungswerte

[1,5 P] für Vergleich der Stromstärke

[3,0 P] für korrekte Begründung unter Einbeziehung der Ergebnisse in 2.

- Die gemessene Spannung für die Gurkenzellen ist unabhängig davon, ob man eine Salatgurke oder eine Essiggurke verwendet.
- Die gemessene Stromstärke ist bei der Essiggurke deutlich höher (Faktor 5–10) als bei der Salatgurke.
- Der Zellsaft der Salatgurke enthält in geringen Konzentrationen Kohlenhydrate (Zucker) und noch weniger gelöste Mineralstoffe (Natriumchlorid), der Saft der Essiggurke hingegen Essigsäure. Deshalb ist die Flüssigkeit von der Essiggurke ein stärkerer Elektrolyt als die von der Salatgurke und damit ist bei gleicher Spannung die gemessene Stromstärke in der Essiggurke deutlich größer.

3c)* Gib eine begründete Vermutung, was du beobachten würdest, wenn du die Salatgurke in Experiment 3 durch eine Scheibe Banane, Kiwi bzw. ein Stück Trockenfrucht ersetzen würdest.

3,0 Punkte

[0,60 P] für korrekte Hypothese zu Spannungswerten
[0,80 P] für begründete Vermutung je Frucht

$$3 \cdot [0,80 \text{ P}] + [0,60 \text{ P}] = [3,0 \text{ P}]$$

- Die Messwerte für die Spannung müsste in allen Fällen identisch sein.
- Die Banane enthält wie die Salatgurke wenig Mineralstoffe, aber etwas mehr Zucker und ist nicht sauer. Deshalb würde man eine ähnlich geringe Leitfähigkeit und im geschlossenen Kreis eine geringe Stromstärke erwarten.
- Die Kiwi enthält im Unterschied zu Salatgurke und Banane mehr Säure. Deshalb würde man ähnlich wie bei der Essiggurke ein etwas höhere Leitfähigkeit und entsprechende Stromstärke erwarten.
- Die Trockenfrucht enthält keine Flüssigkeit und damit dürfte bei geschlossenem Kreis keine oder nur eine sehr geringe Stromstärke zu messen sein.

3d)* Erläutere deine Ergebnisse analog zu den physikalischen Grundlagen einfacher Stromkreise.

6,0 Punkte

[3,0 P] für jede Schaltungsart, wenn auch die Formeln für U und I korrekt angegeben werden.

- Werden Spannungsquellen in einem Stromkreis miteinander so verbunden, dass durch alle Geräte der gleiche Strom I_{ges} fließt, liegt eine *Reihenschaltung* vor. Die Gesamtspannung U_{ges} verteilt sich auf die einzelnen Quellen und berechnet sich aus der Summe der Einzelspannungen.
 - $U_{\text{ges}} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$
 - $I_{\text{ges}} = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$
- Bei *Parallelschaltung* gleichartiger Quellen erhöht sich die Spannung nicht. Dafür erhöht sich die zur Verfügung stehende Stromstärke. An allen Zellen liegt die gleiche Spannung U_{ges} (von ca. 0,5 V) an. Da sich der Strom verzweigt, ist die Summe der Ströme in den einzelnen Zweigen gleich der Stromstärke I_{ges} . Bei einer Parallelschaltung gelten daher:
 - $U_{\text{ges}} = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n$
 - $I_{\text{ges}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$

3e)* Eine Leuchtdiode hat eine Schwellenspannung von 2,1 Volt, bevor sie aufleuchtet. Gib an, wie viele Gurkenzellen du miteinander verbinden musst und in welcher Schaltungsart das geschehen muss, um die Diode zum Leuchten zu bringen.

3,0 Punkte

[1,5 P] für korrekte Anzahl von Gurkenzellen

[1,5 P] für korrekte Schaltungsart

Für eine einzelne Zelle misst man eine Spannung von ca. 0,5 Volt. Um die Diode zum Leuchten zu bringen braucht man eine Spannungsquelle mit mindestens 2 Volt.

Deshalb muss man mindestens 4 Zellen in Reihe schalten, da sich bei dieser Schaltungsart die Spannung im Stromkreis aus der Summe der Spannung jeder einzelnen Quelle ergibt.

AUFGABE 4: Dem Lochfraß auf der Spur

(insgesamt 25,0 Punkte)

- 4a) Dokumentiere Versuchsaufbau und die Kontaktflächen zu den Teilversuchen 4.1 bis 4.4 für alle Messzeitpunkte in einer Serie kommentierter Fotos.

8,0 Punkte

Beschreibe deine Beobachtungen in Stichworten und fasse deine Messergebnisse in Tabellenform zusammen. Gehe dabei auf Unterschiede bei Salat- und Essiggurke ein.

[3,0 P] für Serie kommentierter Fotos

[5,0 P] für Tabelle mit Beobachtungen und Messergebnissen

Versuchsvorbereitung für Experimente 4.1-4.4



Versuchsvorbereitung (Übersicht über Materialien)



Gereinigte Kupfermünzen und zugeschnittene Aluminiumfolienstücke vor Versuchsbeginn

Experiment 4.1: Aluminium bzw. Kupfermünze im Kontakt mit Lösungen

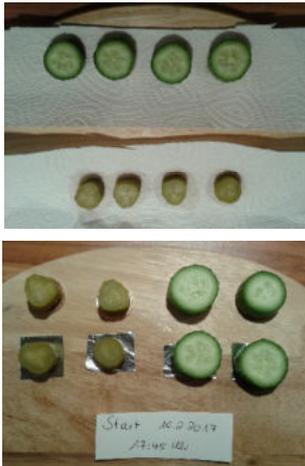
Vor Versuchsbeginn: Aluminiumfolie und gereinigte Kupfermünzen



Zu diversen Messzeitpunkten Alufolie und Kupfermünzen nach Benetzung mit den Lösungen.

Experiment 4.2: Metalle (Aluminium bzw. Kupfer) im Kontakt zu beiden Gurkensorten

Start: 10.2.2017 um 17:45 Uhr Nach 2 Tagen:



Links Gurkenscheiben auf Alufolie und auf Kupfermünze vor Messbeginn. Rechts Kontaktflächen von Salatgurke und Essiggurke und Metalle nach 2 Tagen.

Experiment 4.3: Metalle (Aluminium bzw. Kupfer) im Kontakt zu beiden Gurkensorten



Gurkenzellen (Al, Gurke, Kupfermünze), links zu Messbeginn, rechts nach 2 Tagen

Experiment 4.4: Zelle aus Aluminium, Gurke, Kupfer, Aluminium; Stromkreis „Kurzschluss“



Gurkenzellen (Al, Gurke, Kupfermünze, Al): Links oben Versuchsaufbau zu Messbeginn, rechts oben nach Versuchsende mit Salatgurke.

Unten Essiggurke, nach Versuchsende: links Kontaktflächen Gurke – Münze, Alufolie; in der Mitte Lochfraß an Alufolie; rechts Kontaktfläche Aluminium – Essiggurke

	Beobachtungen/ Ergebnisse
4.1	<p>Aluminiumfolie: Nach 10 Stunden: Sowohl in der Zuckerlösung wie auch in der Salzlösung sind in der Flüssigkeit und gebunden an die Oberfläche der in die Lösung eingetauchten Aluminiumfolie kleine Gasbläschen zu beobachten. 15 Stunden nach Messbeginn: Bei Leitungswasser und Essigessenz gibt es keine Auffälligkeiten. Nur bei der Zuckerlösung wie gehabt Bläschen. Die Zuckerlösung selbst ist bei leichtem Schwenken „ölig“-schlierig.</p> <p>Kupfermünze: Nach 15 Stunden immer noch alles unverändert. Keine Gasbläschen an Kontaktfläche, auch nicht bei Salz- oder Zuckerlösung.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Zu keinem Messzeitpunkt, auch nicht nach 24 Stunden konnten durch Behandlung mit den oben genannten wässrigen Lösungen (bei Raumtemperatur und Anwesenheit von Luftsauerstoff) Unterschiede zwischen unbehandelter und behandelter Aluminiumfolie erkannt werden. – Gleiches gilt auch für die verkupferten Münzen mit einer Ausnahme: Die Kupfermünze, die mit Essigessenz behandelt wurde, schien etwas matter als zu Versuchsbeginn. – Es gibt keinerlei Anzeichen, dass Aluminium oder Kupfermünzen durch eine der fünf Lösungen angegriffen, d. h. gelöst oder korrodiert wird. Nach 24 Stunden zumindest ist kein Effekt zu beobachten (was nicht ausschließt, dass der Prozess so langsam ist, dass er evtl. nach einer längeren Versuchsdauer sichtbar würde). – Weder Spannung noch Strom messbar.
4.2	<p>Gurke auf Aluminium: Weder bei Essiggurke noch bei Salatgurke ist bei einer Versuchsdauer von 2 Tagen an der Alufolie Lochfraß zu beobachten.</p> <p>Gurke auf Kupfermünze (5 Cent): Bei Salatgurke: keine Änderung gegenüber Start zu beobachten (außer dass Flüssigkeit verdunstet und Salatgurke an der Oberfläche eintrocknet) Bei Essiggurke: Es findet eine Reaktion statt. Das wird sichtbar an einer intensiven Blaugrünfärbung (malachitfarben), die sich deutlich von Eigenfarbe der Essiggurke (gelblich grün) unterscheidet. Münze wird an Kontaktfläche „schwarz“. Weder Spannung noch Strom messbar.</p>
4.3	<ul style="list-style-type: none"> – Bei den beiden Salat- und Essiggurkenproben ist an der Kontaktfläche zur Aluminiumfolie <i>kein</i> Lochfraß zu beobachten. – Bei den beiden <i>Salatgurken</i>proben ist an der Kontaktfläche zur Kupfermünze <i>keine Veränderung</i> durch eine chemische Reaktion zu beobachten. – Bei der Essiggurkenprobe ist die Kontaktfläche zur Kupfermünze über die ganze Berührungsfläche intensiv blaugrün (Malachitfarben) gefärbt. Diese Färbung hebt sich deutlich von der gelbgrünen Eigenfarbe der Essiggurke zu Versuchsbeginn ab. – Spannung und Stromstärke der Zelle wie unter Versuch 2.
4.4	<p>Bei ALLEN Salatgurkenproben ist bei einer Versuchsdauer von 2 Tagen weder an der Kontaktfläche zum Aluminium noch an der Kontaktfläche zur Kupfermünze eine Reaktion sichtbar, also auch kein Lochfraß.</p> <p>Versuchsaufbau mit Essiggurke, geklammert: Essiggurke ist durch Holzklammer stark zusammengepresst worden, geschätzt nur noch Hälfte der ursprünglichen Schichtdicke „übrig“.</p> <p>Essiggurke im Kontakt zur Kupfermünze malachitfarben und Kupferoberfläche mit „schwarzen“ Flecken wie in 4.3. Auf der Aluminiumseite ist eindeutig Lochfraß zu beobachten, am Rand sehr stark angefressen. „Aluminium-Ablagerung“ auf der Gurkenoberfläche, die mit Aluminiumfolie in Berührung war (vgl. Fotos).</p> <p>Versuchsaufbau mit Essiggurke, beschwert durch Stein: Gleiche Prozesse wie bei geklammerter Probe, allerdings nicht so weit fortgeschritten. Aluminiumfolie mit kleinen Löchern (wie von Nadelstichen), noch keine millimetergroße Flächen weggefressen wie in Holzklammerprobe. Vermutung: Dichtere Auflage, ggf. mehr flächige Auflagestellen ohne Luftschicht dazwischen oder durch größeren Druck mehr aus Gurke gepresste Flüssigkeit beeinflussen Reaktionsgeschwindigkeit, Spannung und Stromstärke der Zelle wie unter Versuch 2.</p> <p>Einschränkung: es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei einer anderen Versuchsanordnung (z. B. längere Versuchsdauer, höhere Salzkonzentration im Elektrolyt) auch bei der Salatgurke Lochfraß zu beobachten wäre. Falls dem so wäre, ist jedoch der Befund eindeutig, dass die Korrosion mit Säure erheblich effektiver ist.)</p>

4b) Vergleiche die Befunde in den Experimenten 4.1 bis 4.4 und schlussfolgere unter Einbeziehung deiner Messergebnisse, welche Voraussetzungen für die Entstehung von Lochfraß gegeben sein müssen. Gehe dabei auf Unterschiede bei Salat- und Essiggurke ein.

8,0 Punkte

Hinweis zur Bewertung:

Das Antwortbeispiel im Erwartungshorizont ist sehr ausführlich und wird in dieser Ausführlichkeit nicht von einer Schülerantwort erwartet. Bewertungskriterien sind vielmehr, inwieweit schlüssig argumentiert wird und inwieweit strukturiert Schlussfolgerungen gezogen und Verbindungen zum Versuchsplan (welche Fragen mit welchen Teilerperimenten beantwortet bzw. nicht beantwortet werden können) hergestellt werden. Positiv wird bewertet, wenn Arbeitshypothesen formuliert und deren Prüfung anhand der eigenen Untersuchungsergebnisse dargestellt werden. Für eine Bewertung mit voller Punktezahl soll in den Ausführungen ersichtlich sein, dass die Teilnehmenden die Systematik, die den Versuchsanordnungen 4.1-4.4 zugrunde liegt, zumindest ansatzweise verstanden haben.

Mit den verschiedenen Versuchsanordnungen sollen folgende Fragen zu Korrosion und der Bildung von Lochfraß im Aluminium beantwortet werden. Dabei geht es vor allem auch um die Frage, welche Funktion die Salatgurke bzw. die Essiggurke in einer Gurkenzelle hat:

- I. Gibt es Lochfraß im Aluminium in Kontakt mit Salzlösung oder einer schwachen Säure ohne dass ein zweites Metall im Spiel ist?
- II. Können allein der Zellsaft der Salatgurke oder der Saft einer Essiggurke bzw. die darin enthaltene Essigsäure im Kontakt mit einem Metall Lochfraß im Aluminium bewirken bzw. mit Kupfer reagieren?
- III. Hat der Salzgehalt im Zellsaft der Salatgurke eine ähnlich korrosive Wirkung auf Metalle wie eine Salzlösung (Kombination aus (Luft)Feuchtigkeit und Salz)?

Dazu gibt es die folgenden Arbeitshypothesen:

- I. Vermutlich nicht, weil in einer solchen Versuchsanordnung kein Elektronenfluss möglich ist.
- II. Vermutlich für beide Gurkensorten nicht, weil in einer solchen Versuchsanordnung kein Elektronenfluss möglich ist und weil vermutlich weder die niedrig konzentrierte Salzlösung in der Salatgurke noch die schwache Säure Aluminium noch dazu in einem relativ kurzen Beobachtungszeitraum angreifen können. Die Aluminiumfolie ist passiviert und ihre Oberfläche dadurch geschützt.
- III. Vermutlich nicht, denn der NaCl-Anteil im Zellsaft der Salatgurke ist sehr gering.

Zusammenfassung:

Die Versuchsergebnisse zu Experiment 4.1 bestätigen, dass im Beobachtungszeitraum weder eine Salzlösung in hoher Konzentration (= um ein vielfaches höher als in einer Salatgurke) noch die Essigessenz (schwache Säure) im Kontakt mit nur einem Metall (Aluminium bzw. Kupferummantelung) sichtbare Anzeichen einer Auflösung bzw. Ablagerung von Belägen bewirken.

Mit der Versuchsanordnung in Experiment 4.2 mit nur einem Metall (in der ein Elektronenfluss zwischen einem Metallpaar ausgeschlossen ist), wird bestätigt, dass weder Salatgurke (Zellsaft=Zucker, NaCl in geringen Konzentrationen) noch Essiggurke (Essigsäure aus Lake) in direkten Kontakt mit Aluminium und bei Anwesenheit von Sauerstoff Lochfraß hervorrufen.

Weiter zeigt sich, dass eine chemische Reaktion von Kupfer im Kontakt mit Essigsäure (aus der Essiggurke) stattfindet. Sie steht aber nicht in Zusammenhang mit einem Elektronenfluss zwischen zwei verschiedenen Metallen. Vielmehr bildet sich ein Gemisch verschiedener basischer Kupferacetate (Grünspan) an Kupferstellen, die sich OBERHALB der Essigsäurelösung befinden. In Essigsäure gelöst liefert Grünspan dann das Kupfer(II)-acetat (vgl. Aufgabenteil 4c).

Die Versuchsanordnungen zu Experiment 4.3 und 4.4 bestätigen, dass Lochfraß im Aluminium nur dann stattfindet, wenn sich beide Metalle direkt berühren bzw. es eine leitende Verbindung zwischen beiden Metallen gibt, die einen Elektronenfluss bzw. Bewegung von Ladungsträgern in einer Ionenbrücke (hier die Salat- bzw. Essiggurke) ermöglichen.

Mit diesen Versuchsanordnungen kann aber nicht zweifelsfrei ausgeschlossen werden, dass bei einem längeren Beobachtungszeitraum auch bei der Salatgurke Lochfraß zu beobachten wäre. Es könnte sein, dass die Reaktion auch mit einer Salzlösung stattfindet, allerdings mit einer sehr viel geringeren Reaktionsgeschwindigkeit als in Gegenwart einer Säure. Ob das zuträfe, müsste mit weiteren Experimenten geklärt werden.

4c) * Beschreibe, welche chemischen Reaktionen an der Grenzfläche Gurke – Münze stattfinden und formuliere dazu stöchiometrisch korrekte Reaktionsschemata.

5,0 Punkte

[2,0 P] für Beschreibung der Reaktion

[3,0 P] für stöchiometrisch korrektes Reaktionsschema

Reaktion von Kupferblech mit Essigsäure:

Kupferacetat (Salz der Essigsäure, blaugrünes gesundheitsschädliches Salz, in Wasser löslich) bildet sich beim Einstellen von Kupferblech in Essigsäure oder Essig an der Luft. Zunächst bildet sich ein Gemisch verschiedener basischer Kupferacetate (Grünspan) an Kupferstellen, die sich OBERHALB der Essigsäure-Lösung befinden. In Essigsäure gelöst liefert Grünspan dann das Kupfer(II)-acetat.



Grünspan: $\text{Cu} (\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot [\text{Cu}(\text{OH})_2]_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Kupfer(II)-acetat: $\text{Cu} (\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

4d)* Beschreibe qualitativ, was an der Grenzfläche Aluminiumfolie – Gurke passiert. Gehe dabei auch kurz auf das Stichwort „Passivierung“ ein.

4,0 Punkte

Hinweis zur Bewertung:

Für eine volle Punktzahl sollten die kursiv hervorgehobenen Schlüsselbegriffe in der Schülerantwort enthalten sein und erläutert werden.

Ein Korrosionselement ist eine Gefügeanordnung in einem Bauteil (z. B. Kupferschraube in einem Aluminiumblech), die sich wie eine kurzgeschlossene *galvanische Zelle* verhält und zur Korrosion des Werkstoffs führt. *Kontaktkorrosion* entsteht, wenn zwei Metalle mit unterschiedlichem Lösungspotenzial durch einen Elektrolyten (Wasser, feuchte Luft) leitend verbunden werden. Dabei wird das unedlere Metall zur Anode und das edlere zur Kathode. Diese zusätzliche Polarisierung führt zu einer beschleunigten Auflösung der Anode.

Unedle Metalle wie Aluminium haben eine hohe Neigung zur Korrosion. Wie schnell es zur Korrosion kommt, hängt auch von der möglichen Entstehung einer *Passivierungsschicht* ab. Eine solche Passivierungsschicht ist eine sehr dünne (in der Größenordnung 10 Nanometer), unsichtbare Oxidschicht, die das Metall von der Atmosphäre trennt. Die passivierende Schicht behindert die Diffusion von Sauerstoff, sodass eine weitere Korrosion des Werkstoffs gestoppt wird.

Während bei aktiven metallischen Werkstoffen wie beispielsweise Baustählen der metallische Abtrag bei Korrosion gleichmäßig erfolgt, tritt bei passivierten Metallen an *Fehlstellen* der aus Oxiden bestehenden Passivschicht häufig eine punktförmige Korrosion auf. An diesen Fehlstellen (z. B. durch eingelagerte Fremdmetallpartikel) wird aus der Oxidschicht des passivierten Metalls der Sauerstoff durch andere Ionen verdrängt. Durch Anlagerung von weiteren Fremdionen entsteht ein Bereich, der nicht mehr durch eine Oxidschicht geschützt ist. Diese Stelle bietet nun einen *Angriffspunkt für Korrosion*.

Durch den geringen Lochdurchmesser gelangt wenig Sauerstoff in das Loch, wodurch die Repassivierung behindert wird. Da der Sauerstoffgehalt außerhalb des Lochs wesentlich größer ist als im Loch, bildet sich außerdem ein Konzentrationselement. Das kleine Loch bildet die Anode, die restliche Oberfläche die Kathode. Da die *Korrosionsgeschwindigkeit* durch das *Flächenverhältnis von Kathode zu Anode* bestimmt wird, schreitet die Reaktion mit großer Geschwindigkeit voran.

Quelle: Wikipedia.org

GENIALES GEMÜSE!

BEWERTUNGSBOGEN

Schülername: _____

Schule: _____

Bundesland: _____

AUFGABE 1 Grünfutter für IJSO-Hasen	1a)	6,0 P		25,0 P		90,0 P	
	1b)	6,0 P					
	1c)	6,0 P					
	1d)	7,0 P					
AUFGABE 2 Elektrischer Strom aus Münzen?	2a)	3,0 P		16,0 P			
	2b)	7,0 P					
	2c)	6,0 P					
AUFGABE 3 Gurkenpower	3a)	6,0 P		24,0 P			
	3b)	6,0 P					
	3c)	3,0 P					
	3d)	6,0 P					
	3e)	3,0 P					
AUFGABE 4 Dem Lochfraß auf der Spur	4a)	8,0 P		25,0 P			
	4b)	8,0 P					
	4c)	5,0 P					
	4d)	4,0 P					