21. Sächsische Physikolympiade

1. Stufe

Klassenstufe 9

L ö s u n g s v o r s c h l ä g e – nur für korrigierende Lehrer

---

Aufgabe 210911 – Physlis neues Smartphone

Zu seinem Geburtstag hat Physli von seiner reichen Stieftante Mone Ten das neueste Modell des PhyPhone, das PhyPhone XXI, geschenkt bekommen. Da seine Schwester Physline nach der Feier keine Lust mehr hat, mit ihm zu spielen, liest er vor lauter Langeweile die Bedienungsanleitung seines neuen Schatzes. Dabei stolpert er auch über einige technische Daten zu Kamera und Sensor des PhyPhones.
Die Bildfläche des verbauten Sensors ist 5,0 mm hoch. Die Brennweite des Linsensystems der Kamera beträgt 4,0 mm.
Physli überlegt, und stellt nach kurzer Zeit fest, dass man die Brennweite unter Kenntnis der Sensorhöhe experimentell überprüfen könnte. Hierfür will er jeweils die Höhe des Bildes B_{Display} seiner 1,73 m großen Schwester auf seiner 7,5 cm hohen Bildfläche des Displays messen, wenn diese in verschiedenen Entfernungen g fotografiert wurde.
Nachdem er seine leicht genervt wirkende Schwester überreden konnte, haben die beiden folgende Messwerte aufgenommen:

g **[m]**	2,0	3,0	4,0	5,0
B_{Display} **[cm]**	4,9	3,3	2,6	2,0

Zunächst interessiert die beiden, wie groß die Bilder auf dem Sensor sind.

a) Begründe, warum das Bild auf dem Display 15 mal so groß wie auf dem Sensor ist.

b) Übernimm die Messwertetabelle und ergänze für jeden Messwert die Größe B_{Sensor} des Bildes auf dem Sensor.

Im Tafelwerk findet Physli Informationen zur Abbildung an Sammellinsen.

c) Berechne mit Hilfe der Messwerte die Brennweite der Sammellinse.

d) Begründe, warum der in c) ermittelte Wert von der Angabe in der Bedienungsanleitung abweicht.

Während Physli und Physline die Daten des PhyPhone XXI auswerten, kommt Chemikon dazu und behauptet, dass man die Brennweite aus den gewonnenen Daten auch mit einer geeigneten Konstruktion ermitteln kann.

e) Beschreibe wie man bei dieser Konstruktion vorgehen müsste und begründe, dass es nicht sinnvoll ist, die Konstruktion per Hand durchzuführen.

Lösung 210911 – Physlis neues Smartphone

a) Begründung 1 BE

Beispiel:
Das Bild auf dem Display ist dem Bild auf dem Sensor mathematisch ähnlich. Demnach ergibt sich der Streckungsfaktor aus dem Quotienten einander entsprechender Stücke, also beispielsweise aus dem Quotienten aus Displayhöhe h_D und Sensorhöhe h_S. Es gilt $\frac{h_D}{h_S} = 15$, d. h. das Bild ist 15 mal so groß wie das Bild auf dem Sensor.

b) ergänzte Tabelle 1 BE

g **[m]**	2,0	3,0	4,0	5,0
B_{Display} **[cm]**	4,9	3,3	2,6	2,0
B_{Sensor} **[mm]**	3,3	2,2	1,7	1,3

c) ausführliche Berechnung für ein Messwertetripel 2 BE

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$$

$$f = \frac{g \cdot b}{g + b}$$

$$\frac{B}{G} = \frac{b}{g}$$

$$b = g \cdot \frac{B}{G}$$

$$f = \frac{g \cdot g \cdot \frac{B}{G}}{g + g \cdot \frac{B}{G}}$$

$$= \frac{g \cdot B}{G + B} = \frac{2000\,\text{mm} \cdot 3{,}3\,\text{mm}}{1730\,\text{mm} + 3{,}3\,\text{mm}} = 3{,}8\,\text{mm}$$

Ergebnisse der anderen Tripel 1 BE

g **[m]**	2,0	3,0	4,0	5,0
B_{Display} **[cm]**	4,9	3,3	2,6	2,0
B_{Sensor} **[mm]**	3,3	2,2	1,7	1,3
f **[mm]**	3,8	3,8	3,9	3,8

Berechnung des arithmetischen Mittels ($\overline{f} = 3{,}8\,\text{mm}$) 1 BE

d) Benennen verschiedener Ursachen für die entstandenen Abweichungen (mindestens zwei) 1 BE

Beispiele:

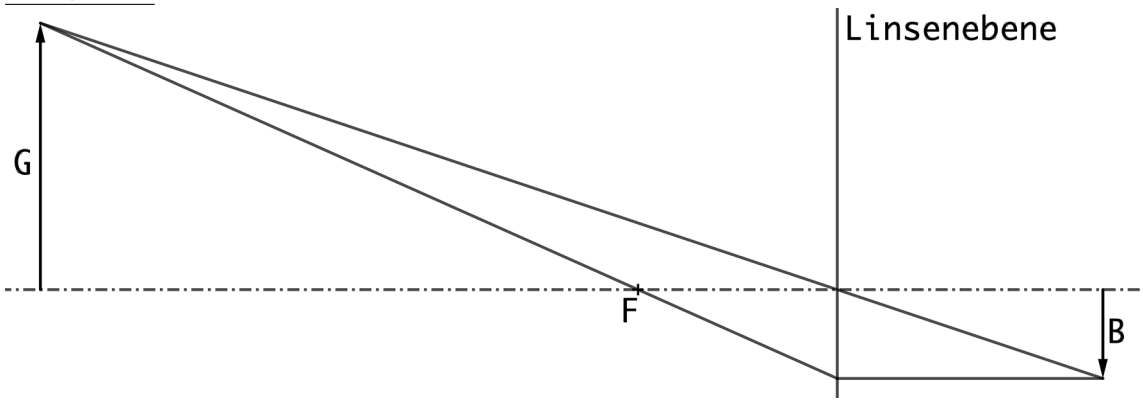
- ungenaues Messen der Gegenstandgröße,
- ungenaues Messen der Gegenstandsweiten,
- ungenaues Messen der Bildgrößen

e) vollständige Konstruktionsbeschreibung 2 BE

Beispiel:

- Zeichne Gegenstand G und Bild B in einem beliebigen Abstand an einer optischen Achse ein.
- Zeichne den Mittelpunktstrahl durch die beiden oberen Enden von Gegenstand und Bild.
- Die Linsenebene verläuft senkrecht zur optischen Achse durch den Schnittpunkt des Mittelpunktstrahls mit der optischen Achse.
- Zeichne einen Parallelstrahl vom oberen Ende des Bildes zur Linsenebene und setze diesen auf der dem Gegenstand zugewandten Seite der Linse als Brennpunktstrahl fort.
- Der entstehende Schnittpunkt ist der Brennpunkt.
- Miss die Gegenstandsweite innerhalb der Konstruktion und ermittle daraus den Maßstab der Zeichnung.
- Miss die Brennweite innerhalb der Konstruktion und ermittle daraus mit dem Maßstab die Brennweite der Linse.

Prinzipskizze:



Begründung 1 BE

Beispiel:

Bild- und Gegenstandsgröße sind maßstäblich nicht sinnvoll in einer Konstruktion per Hand einzutragen. Auf einem A4-Blatt könnte man den 173 cm maximal etwa 28,8 cm groß zeichnen (Maßstab: 1 : 6). Dann Wäre das Bild auf dem Sensor in dieser Skizze für die größte genutzte Gegenstandsweite nur etwa einen halben Millimeter groß und damit sehr nah an der optischen Achse. Dadurch ist eine sinnvolle Konstruktion nicht möglich.

$\sum$ 10 BE

21. Sächsische Physikolympiade

1. Stufe

Klassenstufe 9

L ö s u n g s v o r s c h l ä g e – nur für korrigierende Lehrer

---

Aufgabe 210912 – So herum oder anders herum?

Physli hat im Sommer den Dachboden seiner Großeltern aufgeräumt und dabei eine Kiste mit verschiedenen Dioden gefunden. Um zu untersuchen, aus welchem Halbleitermaterial diese bestehen, will er die $I(U)$-Kennlinie aufnehmen. Er weiß, dass jede Diode in Durchlassrichtung (nach Überschreitung der Schwellspannung) einen kleinen Widerstand und in Sperrrichtung einen sehr großen Widerstand besitzt.
Um in einem Versuch gleichzeitig Spannung und Stromstärke zu messen, gibt es grundsätzlich zwei verschiedene Schaltungen – eine spannungsrichtige bzw. stromrichtige Schaltung.

a) Skizziere beide Schaltungen und begründe kurz, warum bei der stromrichtigen Schaltung die am Bauelement anliegende Spannung und bei der spannungsrichtigen Schaltung die durch das Bauelement fließende Stromstärke jeweils nicht exakt bestimmt wird.

Die Ursache für die durch die Schaltungsart bedingten Abweichungen der Messwerte liegt in den Innenwiderständen R_{iV} vom Spannungsmesser und R_{iA} vom Stromstärkemesser. Für Physlis Messgeräte gilt $R_{iV} = 1\,\mathrm{k\Omega}$ und $R_{iA} = 1\,\Omega$. Physli möchte mit diesen Messgeräten die Größe eines $3\,\Omega$ und eines $3\,\mathrm{k\Omega}$ großen Widerstandes bestimmen. Daher will er vorher berechnen, welchen Einfluss die Wahl der Schaltung auf seine Messung hat.

b) Berechne, welche Stromstärke I^{I}_{gem} bei der stromrichtigen Schaltung und welche Spannung U^{U}_{gem} bzw. Stromstärke I^{U}_{gem} bei der spannungsrichtigen Schaltung vom Messgerät angezeigt werden müsste, wenn Physli zur Vermessung beider Widerstände eine Klemmspannung von $10\,\mathrm{V}$ nutzt.

Hinweis:
Die Widerstände der verwendeten Kabel dürfen vernachlässigt werden.

c) Begründe jeweils rechnerisch, welche Schaltungsart für große bzw. kleine Widerstände genutzt werden sollte.

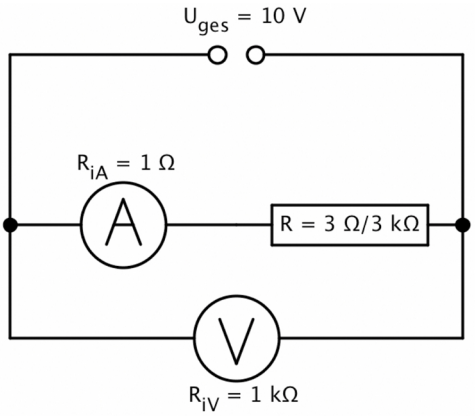
d) Gib an, welche Schaltungsart Physli verwenden sollte und wie er die Diode polen muss, wenn er ermitteln will, aus welchem Halbleitermaterial die Diode besteht.

Lösung 210912 – So herum oder anders herum?

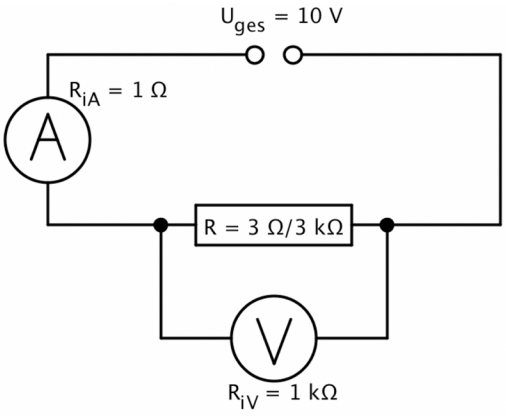
a) Schaltpläne für strom- und spannungsrichtige Schaltung 2 BE

Hinweis:
Sind die Schaltpläne grundsätzlich korrekt, enthalten jedoch grobe formale Mängel, so wird nur 1 BE erteilt.

stromrichtige Schaltung:



spannungsrichtige Schaltung:



Begründungen, dass in der stromrichtigen Schaltung die Stromstärke und in der spannungsrichtigen Schaltung die Spannung korrekt ermittelt werden 1 BE

Beispiel:

In der stromrichtigen Schaltung misst das Voltmeter die Spannung, die über dem Widerstand und dem Amperemeter abfällt. Demnach wird die Spannung nicht richtig gemessen. Durch das Amperemeter fließt derselbe Strom wie durch den Widerstand. Demnach zeigt das Amperemeter den richtigen Wert an.
In der spannungsrichtigen Schaltung misst das Amperemeter die Gesamtstromstärke, die durch den Widerstand und das Voltmeter fließt. Demnach wird die Stromstärke nicht richtig gemessen. Die am Voltmeter anliegende Spannung entspricht der Spannung am Widerstand. Demnach zeigt das Voltmeter den richtigen Wert an.

b) Berechnung der gemessenen Stromstärke $I^{\mathrm{I}}_{\mathrm{gem,\ 3\ \Omega}}$ der stromrichtigen Schaltung für den 3 Ω-Widerstand 1 BE

$$R^{\mathrm{I}}_{\mathrm{ges,\ 3\ \Omega}} = \frac{(R_{\mathrm{iA}} + R) \cdot R_{\mathrm{iV}}}{R_{\mathrm{iA}} + R + R_{\mathrm{iV}}} = \frac{(1\,\Omega + 3\,\Omega) \cdot 1000\,\Omega}{1\,\Omega + 3\,\Omega + 1000\,\Omega} = 3{,}98\,\Omega$$

$$I^{\mathrm{I}}_{\mathrm{ges,\ 3\ \Omega}} = \frac{U_{\mathrm{ges}}}{R^{\mathrm{I}}_{\mathrm{ges,\ 3\ \Omega}}} = \frac{10\,\mathrm{V}}{3{,}98\,\Omega} = 2{,}51\,\mathrm{A}$$

$$I^{\mathrm{I}}_{\mathrm{gem,\ 3\ \Omega}} = \frac{R^{\mathrm{I}}_{\mathrm{ges,\ 3\ \Omega}}}{R_{iA} + R} \cdot I^{\mathrm{I}}_{\mathrm{ges,\ 3\ \Omega}} = \frac{3{,}98\,\Omega}{1\,\Omega + 3\,\Omega} \cdot 2{,}51\,\mathrm{A} = 2{,}50\,\mathrm{A}$$

analoge Berechnung für den 3 kΩ-Widerstand 1 BE

$$R^{\mathrm{I}}_{\mathrm{ges,\ 3\ k\Omega}} = 750\,\Omega, \qquad I^{\mathrm{I}}_{\mathrm{ges,\ 3\ k\Omega}} = 0{,}0133\,\mathrm{A}, \qquad I^{\mathrm{I}}_{\mathrm{gem,\ 3\ k\Omega}} = 0{,}00333\,\mathrm{A}$$

Berechnung der gemessenen Stromstärke $I^{\mathrm{U}}_{\mathrm{gem,\ 3\ \Omega}}$ der spannungsrichtigen Schaltung für den 3 Ω-Widerstand 1 BE

$$R^{\mathrm{U}}_{\mathrm{ges,\ 3\ \Omega}} = R_{\mathrm{iA}} + \frac{R \cdot R_{\mathrm{iV}}}{R + R_{\mathrm{iV}}} = 1\,\Omega + \frac{3\,\Omega \cdot 1000\,\Omega}{3\,\Omega + 1000\,\Omega} = 3{,}99\,\Omega$$
$$I^{\mathrm{U}}_{\mathrm{gem,\ 3\ \Omega}} = \frac{U_{\mathrm{ges}}}{R^{\mathrm{U}}_{\mathrm{ges,\ 3\ \Omega}}} = \frac{10\,\mathrm{V}}{3{,}99\,\Omega} = 2{,}51\,\mathrm{A}$$

analoge Berechnung für den 3 kΩ-Widerstand 1 BE

$$R^{\mathrm{U}}_{\mathrm{ges,\ 3\ k\Omega}} = 751\,\Omega, \qquad I^{\mathrm{U}}_{\mathrm{gem,\ 3\ k\Omega}} = 0{,}0133\,\mathrm{A}$$

Berechnung der gemessenen Spannung $U^{\mathrm{U}}_{\mathrm{gem,\ 3\ \Omega}}$ der spannungsrichtigen Schaltung für den 3 Ω-Widerstand 1 BE

$$U^{\mathrm{U}}_{\mathrm{gem,\ 3\ \Omega}} = \frac{R \cdot R_{\mathrm{iV}}}{R^{\mathrm{U}}_{\mathrm{ges,\ 3\ \Omega}} \cdot (R + R_{\mathrm{iV}})} \cdot U_{\mathrm{ges}} = \frac{3\,\Omega \cdot 1000\,\Omega}{3{,}99\,\Omega \cdot (3\,\Omega + 1000\,\Omega)} \cdot 10\,\mathrm{V} = 7{,}49\,\mathrm{V}$$

analoge Berechnung für den 3 kΩ-Widerstand 1 BE

$$U^{\mathrm{U}}_{\mathrm{gem,\ 3\ k\Omega}} = 9{,}99\,\mathrm{V}$$

c) Berechnung der Widerstände aus den gemessenen Stromstärken und Spannungen 1 BE

$$R^{\mathrm{I}}_{\mathrm{gem,\ 3\ \Omega}} = \frac{U_{\mathrm{ges}}}{I^{\mathrm{I}}_{\mathrm{gem,\ 3\ \Omega}}} = 4{,}0\,\Omega \neq 3\,\Omega \qquad R^{\mathrm{U}}_{\mathrm{gem,\ 3\ \Omega}} = \frac{U_{\mathrm{gem,\ 3\ \Omega}}}{I^{\mathrm{U}}_{\mathrm{gem,\ 3\ \Omega}}} = 2{,}99\,\Omega \approx 3\,\Omega$$
$$R^{\mathrm{I}}_{\mathrm{gem,\ 3\ k\Omega}} = \frac{U_{\mathrm{ges}}}{I^{\mathrm{I}}_{\mathrm{gem,\ 3\ k\Omega}}} = 3001\,\Omega \approx 3\,\mathrm{k\Omega} \qquad R^{\mathrm{U}}_{\mathrm{gem,\ 3\ k\Omega}} = \frac{U_{\mathrm{gem,\ 3\ k\Omega}}}{I^{\mathrm{U}}_{\mathrm{gem,\ 3\ k\Omega}}} = 750\,\Omega \neq 3\,\mathrm{k\Omega}$$

Schlussfolgerung, dass für kleine Widerstände besser spannungsrichtig und für große Widerstände besser stromrichtig gemessen werden sollte 1 BE

d) Durchlassrichtung, spannungsrichtige Schaltung 1 BE

$\sum$ 12 BE

21. Sächsische Physikolympiade

1. Stufe

Klassenstufe 9

L ö s u n g s v o r s c h l ä g e – nur für korrigierende Lehrer

---

Aufgabe 210913 – Den Knall nicht gehört

Bei seinem sonntäglichen Spaziergang sieht Physli am Himmel ein Flugzeug. Als es über ihm ist, vernimmt er einen ohrenbetäubenden Knall. Dabei erinnert er sich an eine Physikstunde, in der es um die Schallgeschwindigkeit ging und recherchiert, dass sich das Flugzeug mit einer Geschwindigkeit von $v \approx 295\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ bewegt. Mit seinem PhyPhone XXI möchte er nun die Schallgeschwindigkeit auf der Erde bestimmen und nutzt hierzu die App *phyphox*, die er kostenfrei im AppStore seines Vertrauens downloaden kann.
Ermittle mit Hilfe der App und der folgenden Experimentieranleitung die Schallgeschwindigkeit.

1. Suche dir einen Experimentierpartner, der ebenfalls ein Gerät mit der App hat.
   Achtet auf eine ruhige Experimentierumgebung.
2. Öffnet in der App die akustische Stoppuhr.
3. Passt unter dem Reiter *Einfach* die akustische Schwelle an, falls die Stoppuhr durch Hintergrundgeräusche ausgelöst wird. Die Mindestverzögerung sollte 1,0 s betragen.
4. Klickt nun auf den Reiter *Sequenz*.
5. Legt die Smartphones auf Stühlen ab und stellt diese so gegenüber, dass ihr Messungen in unterschiedlichen Entfernungen x der Mikrofone zwischen zwei und zehn Metern durchführen könnt.
   Startet die Zeitmessung mit dem Play-Button auf beiden Smartphones.
6. Die erste Person klatscht jetzt möglichst nah am Mikrofon des Handys einmal kräftig in die Hände.
7. Person 2 klatscht etwa 2 Sekunden später in der Nähe des Mikrofons des anderen Handys in die Hände. Danach klatscht Person 1 ebenfalls etwa 2 Sekunden später erneut in die Hände.
8. Diese Prozedur wiederholt sich bis alle Zeitsequenzen in der App gemessen wurden.

Hinweise:

1. Ein Videotutorial kann direkt in der App geöffnet werden.
2. Da der Schall den Weg zwischen euren Handys zweifach zurücklegen muss, gilt: $s = 2x$

a) Untersuche die $\Delta t(s)$-Abhängigkeit unter Nutzung der folgenden Messwertetabelle.
   Tabellenbeispiel für $x = 2\,\mathrm{m}$:

t_1 **[s]**	...	...	...	...	...
t_2 **[s]**	...	...	...	...	...
$\lvert\Delta t\rvert = \lvert t_2 - t_1\rvert$ **[s]**	...	...	...	...	...

b) Stelle die untersuchte Abhängigkeit grafisch dar und ermittle den Proportionalitätsfaktor.

c) Bestimme aus diesem Proportionalitätsfaktor die Schallgeschwindigkeit.

d) Vergleiche deinen Wert mit dem Wert aus deinem Tafelwerk und begründe die Abweichung.

Lösung 210913 – Den Knall nicht gehört

a) Tabelle für Aufnahme der Messwerte für mind. 5 Entfernungen — 3 BE

Tabellenbeispiel für $x = 4{,}0\,\text{m} \Rightarrow s = 8{,}0\,\text{m}$

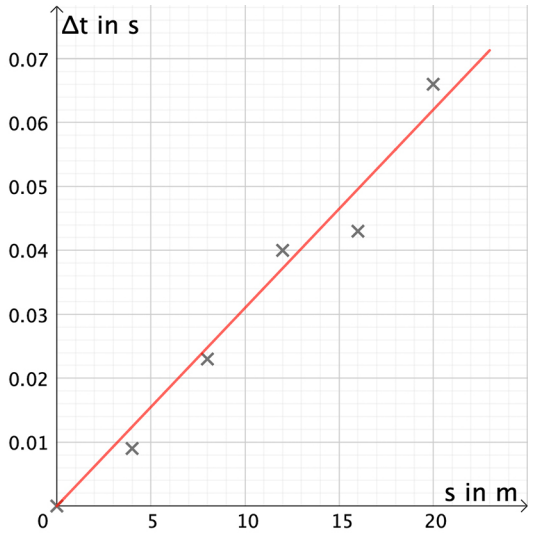
t_1 **[s]**	1,573	1,483	1,579	1,420	1,678
t_2 **[s]**	1,554	1,503	1,557	1,441	1,644
$\lvert\Delta t\rvert = \lvert t_2 - t_1\rvert$ **[s]**	0,019	0,020	0,022	0,021	0,034

Ermittlung der Mittelwerte (siehe oben) — 1 BE

Tabellenbeispiel

s **[m]**	0,0	4,0	8,0	12,0	16,0	20,0
Δt **[s]**	0,000	0,009	0,023	0,040	0,043	0,066

b) grafische Darstellung — 2 BE



Ermittlung des Proportionalitätsfaktors — 1 BE

$$p = \frac{1}{c} = 0{,}0031\,\frac{\text{s}}{\text{m}}$$

c) Bestimmung der Schallgeschwindigkeit — 1 BE

$$c = \frac{1}{p} \approx 323\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

d) Vergleich mit dem Tabellenwert ($c = 343\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$) — 1 BE

Begründung mit geeigneten Fehlerquellen (z. B. Ungenauigkeit bei der Abstandsmessung, Einfluss von Hintergrundgeräuschen) — 1 BE

$\sum$ 10 BE