

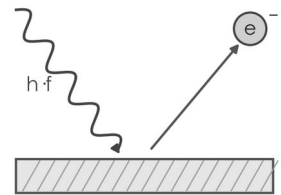
Physik Klasse 12

Thema: Übung zum Abitur – Felder, Schwingungen, Quantenphysik

Name: _____ Datum: _____

Punkte: _____ / 43 Note: _____

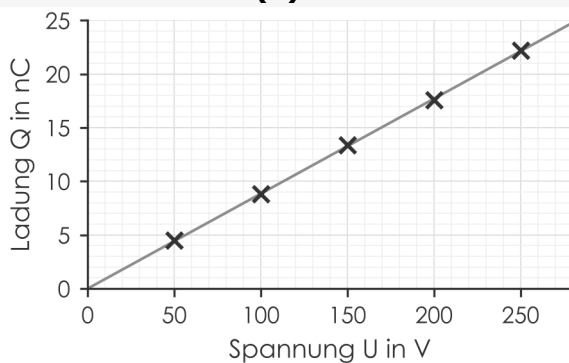
Unterschrift: _____



Viel Erfolg!

1 Elektrisches Feld: Plattenkondensator

M1 Messreihe Q(U)



Ein Plattenkondensator in Luft hat quadratische Platten mit der Seitenlänge 20,0 cm und den Plattenabstand $d = 4,0$ mm.

Er wird an verschiedene Spannungen U angeschlossen; die Ladung Q wird jeweils gemessen (M1).

$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/(Vm)}$$

- a) **Bestimmen** Sie aus M1 die Kapazität C des Kondensators und **vergleichen** Sie das Ergebnis mit dem Wert, der sich aus $C = \epsilon_0 \cdot A/d$ ergibt.

- b) **Berechnen** Sie für $U = 200$ V die elektrische Feldstärke E zwischen den Platten und die im Kondensator gespeicherte Energie W .

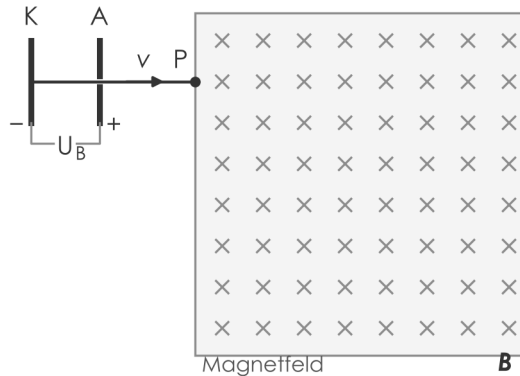
- c) Der Kondensator wird bei $U = 200$ V von der Quelle getrennt. Danach wird der Plattenabstand auf 8,0 mm verdoppelt. **Kreuzen** Sie jeweils **an**, wie sich die Größen ändern.

Aussage	nimmt ab	bleibt gleich	nimmt zu
Ladung Q	☐	☐	☐
Kapazität C	☐	☐	☐
Spannung U	☐	☐	☐
Feldstärke E	☐	☐	☐

- d) **Begründen** Sie Ihre Angabe zur Feldstärke E in c).

2 Magnetisches Feld: Elektronen im Magnetfeld

M2 Versuchsanordnung (Draufsicht)



Elektronen verlassen die Kathode K mit vernachlässigbarer Geschwindigkeit und werden mit der Spannung $U_B = 150 \text{ V}$ zur Anode A beschleunigt.

Im Punkt P treten sie senkrecht in ein homogenes Magnetfeld mit $B = 0,80 \text{ mT}$ ein. Es zeigt in die Zeichenebene hinein ($\times$).

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

- a) **Berechnen** Sie die Geschwindigkeit v der Elektronen im Punkt P.

- b) **Zeichnen** Sie in M2 die Lorentzkraft im Punkt P und die Bahn der Elektronen im Magnetfeld **ein**.

- c) **Begründen** Sie, dass sich die Elektronen im Magnetfeld auf einer Kreisbahn bewegen.

- d) **Leiten** Sie eine Gleichung für den Bahnradius r **her** und **berechnen** Sie r .

- e) Die Beschleunigungsspannung wird auf 600 V vervierfacht, B bleibt gleich. **Kreuzen** Sie die zutreffende Aussage **an**.

☐ Der Radius halbiert sich.

☐ Der Radius verdoppelt sich.

☐ Der Radius bleibt gleich.

☐ Der Radius vervierfacht sich.

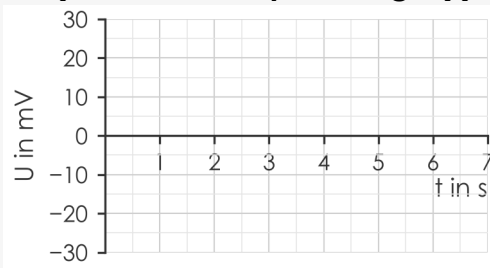
3 Induktion: Spule im veränderlichen Magnetfeld

Eine Induktionsspule ($N = 500$, $A = 12 \text{ cm}^2$) liegt achsenparallel in einer Feldspule mit der Flussdichte B (M3).

M3 Flussdichte $B(t)$



zu b) Induktionsspannung $U(t)$



- a) **Berechnen** Sie die Induktionsspannung in den Abschnitten 0 s bis 2 s und 5 s bis 6 s.

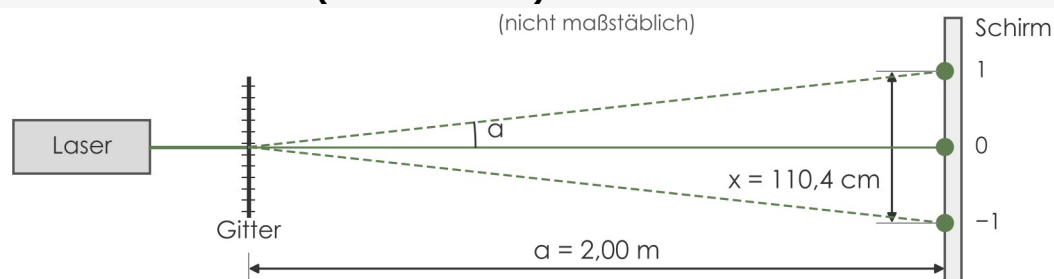
- b) **Zeichnen** Sie den Verlauf $U(t)$ für $0 \text{ s} \leq t \leq 7 \text{ s}$ in das Diagramm „zu b)“ ein.

___ / 5

4 Wellen: Interferenz am optischen Gitter

Grünes Laserlicht fällt senkrecht auf ein Gitter mit 500 Strichen pro mm. Die Maxima 1. Ordnung haben auf dem Schirm den Abstand x (M4).

M4 Versuchsaufbau (Seitenansicht)



- a) **Erklären** Sie die Entstehung der hellen Punkte auf dem Schirm.

- b) **Berechnen** Sie die Wellenlänge λ des Laserlichts.

- c) Der grüne Laser wird durch einen roten Laser ($\lambda = 650 \text{ nm}$) ersetzt. **Kreuzen** Sie **an**, wie sich der Abstand x ändert.

☐ x wird kleiner.

☐ x bleibt gleich.

☐ x wird größer.

☐ Die Maxima verschwinden.

___ / 7

5 Quantenphysik: Photoeffekt und Planck'sches Wirkungsquantum

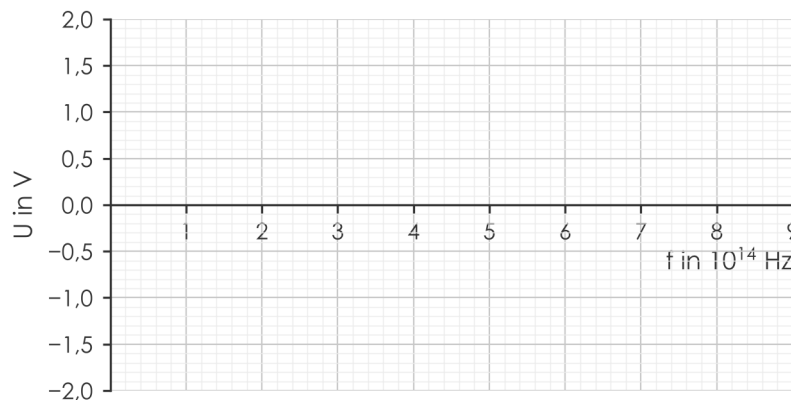
Licht verschiedener Frequenz f fällt auf die Kathode einer Vakuum-Fotозelle. Nach der Gegenfeldmethode wird jeweils die Gegenspannung U gemessen, bei der der Fotostrom gerade null wird.

M5 Messreihe

f in 10^{14} Hz	5,19	5,49	6,88	7,40	8,21
U in V	0,25	0,37	0,93	1,17	1,50

- a) **Erläutern** Sie, wie man mit der Gegenfeldmethode die maximale kinetische Energie der Fotoelektronen bestimmt.

- b) **Stellen** Sie die Messwerte im Diagramm **dar** und zeichnen Sie eine Ausgleichsgerade. Verlängern Sie die Gerade bis $f = 0$.



- c) **Bestimmen** Sie aus dem Diagramm das Planck'sche Wirkungsquantum h , die Grenzfrequenz f_G und die Austrittsarbeit W_A in eV.

- d) **Erklären** Sie, warum der Photoeffekt mit dem Wellenmodell des Lichts nicht erklärt werden kann.

- e) Die Intensität des Lichts wird bei gleicher Frequenz verdoppelt.
Kreuzen Sie **an**.

Aussage	richtig	falsch
U (Fotostrom null) verdoppelt sich.	☐	☐
Der Fotostrom ohne Gegenspannung wird größer.	☐	☐

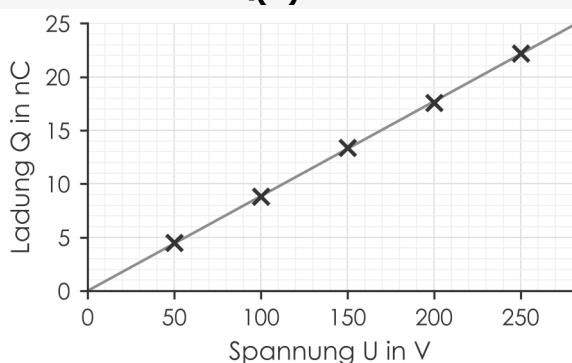
Lösung: Physik Klasse 12 – Übung zum Abitur – Felder, Schwingungen, Quantenphysik

Insgesamt sind 43 Punkte erreichbar, halbe Punkte sind möglich.

Note 1	Note 2	Note 3	Note 4	Note 5	Note 6
43–39 P.	38,5–34,5 P.	34–28 P.	27,5–21,5 P.	21–13 P.	12,5–0 P.

1 Elektrisches Feld: Plattenkondensator

M1 Messreihe Q(U)



Ein Plattenkondensator in Luft hat quadratische Platten mit der Seitenlänge 20,0 cm und den Plattenabstand $d = 4,0 \text{ mm}$.

Er wird an verschiedene Spannungen U angeschlossen; die Ladung Q wird jeweils gemessen (M1).

$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/(Vm)}$$

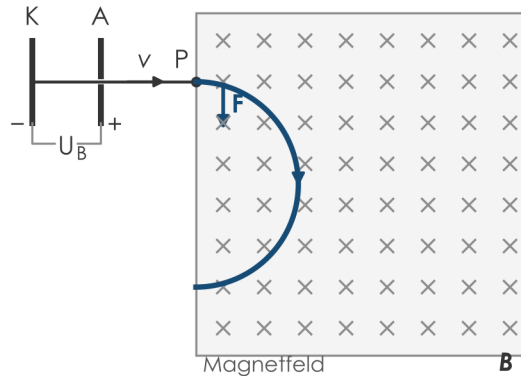
- a) **Bestimmen** Sie aus M1 die Kapazität C des Kondensators und **vergleichen** Sie das Ergebnis mit dem Wert, der sich aus $C = \epsilon_0 \cdot A/d$ ergibt.
- Ausgleichsgerade durch den Ursprung, z. B. $Q = 17,7 \text{ nC}$ bei $U = 200 \text{ V}$: $C = Q/U = 17,7 \cdot 10^{-9} \text{ C}/200 \text{ V} \approx 8,9 \cdot 10^{-11} \text{ F} = 89 \text{ pF}$.
 - Theorie: $A = (0,200 \text{ m})^2 = 0,040 \text{ m}^2$; $C = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/(Vm)} \cdot 0,040 \text{ m}^2 / 0,0040 \text{ m} \approx 8,9 \cdot 10^{-11} \text{ F}$.
 - Messwert und berechneter Wert stimmen im Rahmen der Messgenauigkeit überein.
- b) **Berechnen** Sie für $U = 200 \text{ V}$ die elektrische Feldstärke E zwischen den Platten und die im Kondensator gespeicherte Energie W .
- $E = U/d = 200 \text{ V}/0,0040 \text{ m} = 5,0 \cdot 10^4 \text{ V/m}$
 - $W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot 8,85 \cdot 10^{-11} \text{ F} \cdot (200 \text{ V})^2 \approx 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ J}$
- c) Der Kondensator wird bei $U = 200 \text{ V}$ von der Quelle getrennt. Danach wird der Plattenabstand auf 8,0 mm verdoppelt. **Kreuzen** Sie jeweils **an**, wie sich die Größen ändern.

Aussage	nimmt ab	bleibt gleich	nimmt zu
Ladung Q	☐	☒	☐
Kapazität C	☒	☐	☐
Spannung U	☐	☐	☒
Feldstärke E	☐	☒	☐

- d) **Begründen** Sie Ihre Angabe zur Feldstärke E in c).
- Die Ladung Q bleibt erhalten (Kondensator getrennt). C halbiert sich, also verdoppelt sich $U = Q/C$.
 - $E = U/d$: Spannung und Abstand verdoppeln sich, E bleibt gleich (auch: $E = Q/(\epsilon_0 \cdot A)$ hängt nicht von d ab).

2 Magnetisches Feld: Elektronen im Magnetfeld

M2 Versuchsanordnung (Draufsicht)



Elektronen verlassen die Kathode K mit vernachlässigbarer Geschwindigkeit und werden mit der Spannung $U_B = 150 \text{ V}$ zur Anode A beschleunigt.

Im Punkt P treten sie senkrecht in ein homogenes Magnetfeld mit $B = 0,80 \text{ mT}$ ein. Es zeigt in die Zeichenebene hinein ($\times$).

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

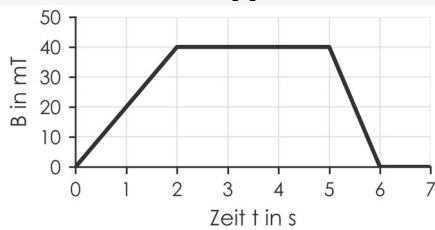
- Berechnen** Sie die Geschwindigkeit v der Elektronen im Punkt P.
 - $e \cdot U_B = \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{2 \cdot e \cdot U_B / m_e}$
 - $v = \sqrt{2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 150 \text{ V} / 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} \approx 7,26 \cdot 10^6 \text{ m/s}$
- Zeichnen** Sie in M2 die Lorentzkraft im Punkt P und die Bahn der Elektronen im Magnetfeld **ein**.
 - Siehe M2: Lorentzkraft im Punkt P nach unten (Drei-Finger-Regel der linken Hand für Elektronen), Halbkreis ($r \approx 5,2 \text{ cm}$) nach unten.
- Begründen** Sie, dass sich die Elektronen im Magnetfeld auf einer Kreisbahn bewegen.
 - Die Lorentzkraft $F = e \cdot v \cdot B$ steht stets senkrecht zu v ; sie ändert nur die Richtung, nicht den Betrag der Geschwindigkeit.
 - Da v und B konstant sind, ist auch der Betrag der Kraft konstant. Sie wirkt als Zentripetalkraft: Die Bahn ist ein Kreis.
- Leiten** Sie eine Gleichung für den Bahnradius r **her** und **berechnen** Sie r .
 - Lorentzkraft = Zentripetalkraft: $e \cdot v \cdot B = m_e \cdot v^2 / r \rightarrow r = m_e \cdot v / (e \cdot B)$
 - $r = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 7,26 \cdot 10^6 \text{ m/s} / (1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0,80 \cdot 10^{-3} \text{ T}) \approx 0,052 \text{ m} = 5,2 \text{ cm}$
- Die Beschleunigungsspannung wird auf 600 V vervierfacht, B bleibt gleich. **Kreuzen** Sie die zutreffende Aussage **an**.

☐ Der Radius halbiert sich.	☒ Der Radius verdoppelt sich.
☐ Der Radius bleibt gleich.	☐ Der Radius vervierfacht sich.

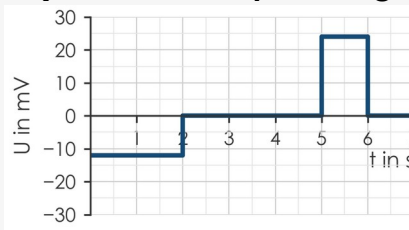
3 Induktion: Spule im veränderlichen Magnetfeld

Eine Induktionsspule ($N = 500$, $A = 12 \text{ cm}^2$) liegt achsenparallel in einer Feldspule mit der Flussdichte B (M3).

M3 Flussdichte $B(t)$



zu b) Induktionsspannung $U(t)$



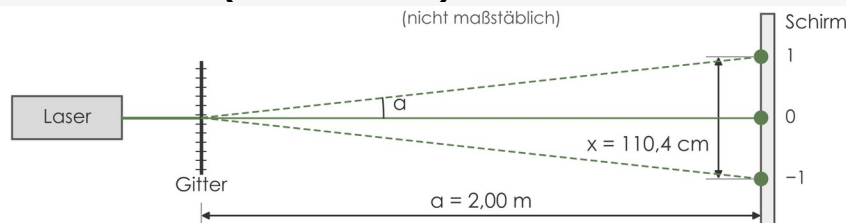
- a) **Berechnen** Sie die Induktionsspannung in den Abschnitten 0 s bis 2 s und 5 s bis 6 s.
- 0 s bis 2 s: $U_{\text{ind}} = -N \cdot A \cdot \Delta B / \Delta t = -500 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot 0,020 \text{ T/s} = -12 \text{ mV}$
 - 5 s bis 6 s: $U_{\text{ind}} = -500 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot (-0,040 \text{ T/s}) = +24 \text{ mV}$; 2 s bis 5 s: B konstant, $U_{\text{ind}} = 0$
- b) **Zeichnen** Sie den Verlauf $U(t)$ für $0 \text{ s} \leq t \leq 7 \text{ s}$ in das Diagramm „zu b)“ ein.
- Siehe Diagramm: -12 mV (0–2 s), 0 (2–5 s), $+24 \text{ mV}$ (5–6 s), 0 (6–7 s).

5 / 5

4 Wellen: Interferenz am optischen Gitter

Grünes Laserlicht fällt senkrecht auf ein Gitter mit 500 Strichen pro mm. Die Maxima 1. Ordnung haben auf dem Schirm den Abstand x (M4).

M4 Versuchsaufbau (Seitenansicht)



- a) **Erklären** Sie die Entstehung der hellen Punkte auf dem Schirm.
- Von jedem Spalt geht eine Elementarwelle aus (Huygens); die kohärenten Wellen überlagern sich.
 - Maximum (konstruktive Interferenz), wenn der Gangunterschied $\Delta s = g \cdot \sin \alpha_k = k \cdot \lambda$ ist; sonst löschen sich die Wellen der vielen Spalte nahezu aus.
- b) **Berechnen** Sie die Wellenlänge λ des Laserlichts.
- $g = 1 \text{ mm}/500 = 2,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}$; $\tan \alpha_1 = (x/2)/a = 0,552 \text{ m}/2,00 \text{ m} = 0,276 \rightarrow \alpha_1 \approx 15,4^\circ$
 - $\lambda = g \cdot \sin \alpha_1 = 2,0 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot 0,266 \approx 5,32 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 532 \text{ nm}$
- c) Der grüne Laser wird durch einen roten Laser ($\lambda = 650 \text{ nm}$) ersetzt. **Kreuzen** Sie **an**, wie sich der Abstand x ändert.
- | | |
|--|---|
| ☐ x wird kleiner. | ☐ x bleibt gleich. |
| ☒ x wird größer. | ☐ Die Maxima verschwinden. |

7 / 7

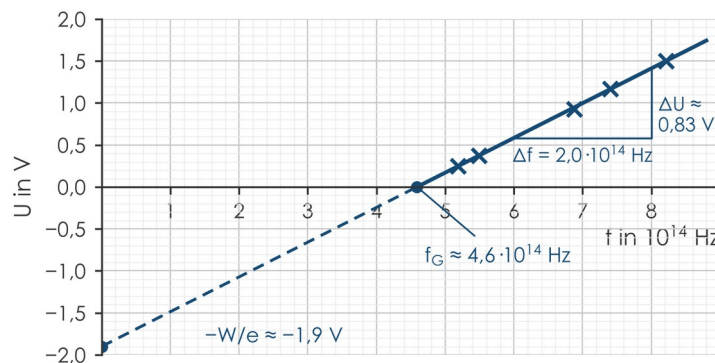
5 Quantenphysik: Photoeffekt und Planck'sches Wirkungsquantum

Licht verschiedener Frequenz f fällt auf die Kathode einer Vakuum-Fotозelle. Nach der Gegenfeldmethode wird jeweils die Gegenspannung U gemessen, bei der der Fotostrom gerade null wird.

M5 Messreihe

f in 10^{14} Hz	5,19	5,49	6,88	7,40	8,21
U in V	0,25	0,37	0,93	1,17	1,50

- a) **Erläutern** Sie, wie man mit der Gegenfeldmethode die maximale kinetische Energie der Fotoelektronen bestimmt.
- Eine Gegenspannung zwischen Kathode und Anode bremst die Elektronen; sie wird erhöht, bis der Fotostrom null ist.
 - Dann erreichen auch die schnellsten Elektronen die Anode nicht mehr: $E_{\text{kin,max}} = e \cdot U$.
- b) **Stellen** Sie die Messwerte im Diagramm **dar** und zeichnen Sie eine Ausgleichsgerade. Verlängern Sie die Gerade bis $f = 0$.



- c) **Bestimmen** Sie aus dem Diagramm das Planck'sche Wirkungsquantum h , die Grenzfrequenz f_G und die Austrittsarbeit W_A in eV.
- $e \cdot U = h \cdot f - W_A$: Steigung = $h/e \approx 0,83 \text{ V} / 2,0 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \approx 4,1 \cdot 10^{-15} \text{ Vs}$, also $h \approx 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 4,1 \cdot 10^{-15} \text{ Vs} \approx 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
 - Schnittpunkt mit der f -Achse: $f_G \approx 4,6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$; $W_A = h \cdot f_G \approx 3,0 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 1,9 \text{ eV}$ (Achsenabschnitt bei $-1,9 \text{ V}$)
- d) **Erklären** Sie, warum der Photoeffekt mit dem Wellenmodell des Lichts nicht erklärt werden kann.
- Wellenmodell: $E_{\text{kin,max}}$ müsste mit der Intensität steigen, und jede Frequenz müsste (nach einer Verzögerung) Elektronen auslösen.
 - Beobachtet: $E_{\text{kin,max}}$ hängt nur von f ab, unter f_G kein Effekt, keine Verzögerung. Erklärung: Photonen ($E = h \cdot f$) geben ihre Energie einzeln an ein Elektron ab.
- e) Die Intensität des Lichts wird bei gleicher Frequenz verdoppelt. **Kreuzen** Sie **an**.

Aussage	richtig	falsch
U (Fotostrom null) verdoppelt sich.	☐	☒
Der Fotostrom ohne Gegenspannung wird größer.	☒	☐