

---

**Schriftliche Abiturprüfung  
Leistungskursfach Physik**

**- E R S T T E R M I N -**

**Hinweise für die prüfende Fachlehrkraft**

---

**Grundsätzliches zur Bewertung**

Zu verfahren ist nach den Regelungen für die Korrektur und Bewertung gemäß Ziffer VII VwV Durchführung Oberstufe und Abiturprüfung vom 13. August 2024 (MBI. SMK S. 142, 211), in der jeweils geltenden Fassung.

Der nachstehende Erwartungshorizont ist als Orientierungsrahmen zu verstehen. Er stellt eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

# Erwartungshorizont und Bewertungsmaßstab

## Aufgabe 1

### Physikalische Grundlagen des Bungee-Jumping

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | BE/AFB                                   |                                         |                           |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|
|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | I                                        | II                                      | III                       |
| 1 | $D = \frac{F}{s}$ , $s = \Delta\ell$<br>Mit den gegebenen Werten $F = 100 \text{ N}$ und $\Delta\ell = 0,40 \text{ m}$ ergibt sich<br>$D = 250 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2                                        |                                         |                           |
| 2 | Zu Beginn des Sprunges hat die Person ausschließlich potentielle Energie (Lageenergie). Während des Sprunges wird im gesamten Zeitraum ein Teil dieser Energie in innere Energie umgewandelt. Unmittelbar nach Beginn des Falls wird potentielle in kinetische Energie umgewandelt. Ab dem Augenblick, zu dem das Bungeeseil gerade erstmals gespannt ist, wird Energie in Spannenergie umgewandelt. Die Lageenergie nimmt weiter ab, kinetische und Spannenergie nehmen zu. Ab dem Augenblick, zu dem Gewichtskraft und Spannkraft gleich groß sind, wird die kinetische Energie kleiner und ist im tiefsten Punkt gleich null. Die Spannenergie ist im tiefsten Punkt maximal. Die Lageenergie ist dagegen minimal.                                                                                                                                                                                                                                                              | 1                                        | 2                                       | 2                         |
| 3 | Für die Lageenergie und die Spannenergie gilt $E_{\text{pot}} = E_{\text{spann}}$ .<br>Mit $h = \Delta\ell + \ell + 10 \text{ m}$ und $m \cdot g \cdot (\ell + \Delta\ell) = \frac{1}{2} \cdot D \cdot (\Delta\ell)^2$ ergibt sich für<br>$\ell = 20 \text{ m}$ , $D = 250 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ und $m = 55 \text{ kg}$ die Höhe $h = 42 \text{ m}$ .<br><br>Das Nullniveau der Lage ist auf Bodenhöhe. Zur Berechnung wurde für den Energieansatz die Reibung z. B. in Folge des Luftwiderstands vernachlässigt. Auf die Springerin wurde das Modell Massepunkt angewendet. Deshalb müssen keine Drehungen, Ausdehnungen usw. berücksichtigt werden und der Ort der Springerin kann erfasst werden. Die Annahmen sind berechtigt, da die Mindesthöhe 10 m beträgt.<br><br>Die Berechnung wird mit der Masse $m = 70 \text{ kg}$ wiederholt und es ergibt sich die Längenänderung $\Delta\ell = 13,6 \text{ m}$ .<br>Demnach muss der Absprungort etwa 2 m höher liegen. | 1<br><br><br>1<br><br><br>1<br><br><br>1 | <br><br><br>2<br><br><br>1<br><br><br>1 | <br><br><br><br><br><br>1 |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                              |                             |                            |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 4 | Die Beschleunigung beträgt im ersten Abschnitt $-10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ , da der Körper frei fällt. Bis etwa 0,5 s ist die Beschleunigung negativ, wird null beim Kräftegleichgewicht und nimmt mit $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ den maximalen Betrag an. Dies ist im tiefsten Punkt der Fall. Anschließend ändert sich die Beschleunigung analog in umgekehrter Richtung. Die Minima sind zunächst „abgeschnitten“, da das Seil in den zugehörigen Zeitintervallen nicht gespannt ist. Die Beträge der lokalen Maxima werden grundsätzlich kleiner, da Reibung auftritt. Sobald das Seil – bis auf den Zeitpunkt des Kräftegleichgewichts – stets belastet ist, genügen die Minima und Maxima dem Graphen einer gedämpften sinusförmigen Schwingung, da eine zur Gleichgewichtslage rücktreibende Kraft existiert. |                              | 2                           | 2                          |
| 5 | a (1) $h = h(t)$<br>(2) $v = v(t)$<br>(3) $a = a(t)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1                            | 1                           |                            |
|   | b Zum Zeitpunkt 2,1 s ist der Betrag der Geschwindigkeit maximal, deshalb ist der Betrag des Anstieges der Funktion $h(t)$ am größten.<br>Am Anfang ist der Betrag der Beschleunigung konstant. In diesem Abschnitt ändert sich die Geschwindigkeit linear.<br>Zum Zeitpunkt 2,85 s ist die Geschwindigkeit null, die Höhe ist deshalb minimal.<br>Der Anstieg im $s(t)$ – Diagramm ist ein Maß für die Geschwindigkeit.<br>Der Anstieg im $v(t)$ – Diagramm ist ein Maß für die Beschleunigung.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2                            | 3                           |                            |
|   | c Zum Zeitpunkt 2,5 s beträgt die Beschleunigung $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .<br><br>Es gilt $F = m \cdot a$ , $F_G = m \cdot g$ , $\vec{F} = \vec{F}_G + \vec{F}_{\text{spann}}$ und<br>$\vec{F}_{\text{rück}} = -\vec{F}_{\text{spann}} + \vec{F}_G$ .<br>Mit $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ und $m = 55 \text{ kg}$ ergibt sich $F_{\text{spann}} = 2,2 \cdot 10^3 \text{ N}$ .<br><br>Das Seil ist um 9 m gedehnt, da es wegen der Länge 20 m bis zur Höhe 40 m nicht gedehnt ist. Die Differenz von 40 m und 31 m beträgt 9 m.<br><br>Mit $F = D \cdot \Delta \ell = 250 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} \cdot 9 \text{ m}$ ergibt sich der bis auf Messunsicherheiten und Näherung gleiche Wert, wie in der vorstehenden Berechnung.                                                                             | 1<br><br>1<br><br>2<br><br>1 | <br><br>1<br><br>1<br><br>1 | <br><br>1<br><br><br><br>1 |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |           |           |          |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------|
|  | <p><b>d</b> Eine Person erfährt im täglichen Leben eine Fallbeschleunigung <math>g</math>, die sie auf fester Unterlage stehend als normal empfindet. Im freien Fall dagegen führt dies zur „Gewichtslosigkeit“, die als unangenehm empfunden werden kann. Daraus folgt, dass beim Bungeesprung der Zustand, zu dem <math>a = 0</math> ist, als „normal“ wahrgenommen wird. Unter dieser Annahme unterliegt der Springer einer zusätzlichen Beschleunigung von etwas mehr als <math>4\,g</math>. Diese Beschleunigung wirkt parallel zur Körperachse und sorgt für einen verstärkten Blutfluss zum Kopf, so dass sich der „Redout“-Effekt einstellen könnte. Von daher sollten Personen, die Kreislaufprobleme haben, von eigenen Bungeesprüngen Abstand nehmen. Das Risiko sinkt allerdings, da diese Wirkung nur kurzzeitig (<math>\Delta t = 1\,\text{s}</math>) auftritt. Das Risiko von Bewusstlosigkeit ist eher klein. Die auftretenden Beschleunigungen sind aber deutlich größer als z. B. bei Fahrten mit einem Pkw.</p> | 1         | 2         | 1        |
|  | <b>Summe</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>16</b> | <b>16</b> | <b>8</b> |

**Standardbezug:**

| Teilaufgabe | Kompetenzbereich |   |      |      |
|-------------|------------------|---|------|------|
|             | S                | E | K    | B    |
| <b>1</b>    | 3                |   |      |      |
| <b>2</b>    | 1                |   |      |      |
| <b>3</b>    | 7                | 6 | 3    | 1    |
| <b>4</b>    | 6                | 4 |      |      |
| <b>5 a</b>  | 6, 7             |   |      |      |
| <b>5 b</b>  |                  |   | 4, 8 |      |
| <b>5 c</b>  | 3, 7             |   |      |      |
| <b>5 d</b>  |                  |   | 4, 8 | 4, 6 |

## Aufgabe 2

### Elektroneninterferenz am Doppelspalt

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | BE/AFB |    |     |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|-----|
|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | I      | II | III |
| 1 | <p>Das Experiment von Jönsson mit Elektronen am Doppelspalt zeigt ein Interferenzmuster, wie es bei der Überlagerung von zwei Wellen entsteht: Die hellen und dunklen Streifen entstehen im Wellenmodell dadurch, dass sich die beiden Wellen an unterschiedlichen Orten konstruktiv oder destruktiv überlagern und damit verstärken oder abschwächen.</p> <p>Mit dem Modell von Elektronen als klassischen Materieteilchen ist das Muster jedoch nicht vereinbar, da dann nur zwei Streifen auf dem Schirm sichtbar sein dürften.</p> <p>Das Interferenzmuster (M 2) kann daher als Nachweis des Wellencharakters von Elektronen gedeutet werden.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 6      |    |     |
| 2 | <p><b>a</b> Nach Formelsammlung gilt: <math>n \cdot \lambda = g \cdot \sin(\alpha_k)</math></p> <p>Hieraus folgt für <math>n = 1</math>: <math>\alpha_1 = \arcsin\left(\frac{\lambda}{g}\right)</math></p> <p>Mit den gegebenen Werten <math>\lambda = 5 \cdot 10^{-12} \text{ m}</math> und <math>g = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}</math> ergibt sich</p> $\alpha_1 = \arcsin\left(\frac{5 \cdot 10^{-12} \text{ m}}{2 \cdot 10^{-6} \text{ m}}\right) = 0,00014^\circ$ <p><b>b</b> Zwischen dem Beugungswinkel <math>\alpha_1</math>, dem Abstand <math>\ell</math> zwischen Doppelspalt und Schirm sowie dem Abstand <math>a_1</math> zwischen dem Maximum 1. Ordnung und dem Maximum 0. Ordnung gilt ohne Vergrößerung der folgende Zusammenhang:</p> $\tan(\alpha_k) = \frac{a_k}{\ell}.$ <p>Hiermit folgt für den im Versuch erwarteten Streifenabstand <math>a_1</math> mit <math>\ell = 350 \text{ mm}</math> und einer Nachvergrößerung um den Faktor <math>100 \cdot 10 = 1000</math></p> $a_1 = \ell \cdot \tan(\alpha_1)$ $350 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \tan(0,00014^\circ) \cdot 1000 = 8,55 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0,86 \text{ mm}$ <p>Bei einem Streifenabstand von einem knappen Millimeter sollten die Streifen mit bloßem Auge deutlich sichtbar sein.</p> | 6      | 6  |     |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |   |   |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---|---|
|   | <p><b>c</b> Für die de Broglie-Wellenlänge gilt: <math>\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}</math></p> <p>Die Wellenlänge der Elektronen hängt von der Geschwindigkeit der Elektronen ab. Wenn die Beschleunigungsspannung vergrößert wird, vergrößert sich die Geschwindigkeit der Elektronen und damit wird die Wellenlänge kleiner.</p> <p>Der Beugungswinkel und somit auch die Abstände der beobachteten Maxima hängen gemäß der Formel aus Aufgabenteil 1 von der Wellenlänge ab. Eine kleinere Wellenlänge führt zu einem kleineren Abstand der Maxima.</p> <p>Bei größerer Beschleunigungsspannung werden die Streifenabstände enger und das Interferenzbild aus M 2 horizontal gestaucht.</p> <p><b>d</b> Bei unterschiedlichen Elektronengeschwindigkeiten besitzen die Elektronen verschiedene Wellenlängen. Die Maxima liegen daher an unterschiedlichen Orten. Die Interferenzbilder für Elektronen verschiedener Geschwindigkeiten überlagern sich.</p> <p>Bei kleinen Geschwindigkeitsunterschieden werden die Maxima der verschiedenen Wellenlängen, mit Ausnahme des zentralen Maximums, nur wenig gegeneinander verschoben. Die Streifen werden daher etwas breiter und das Interferenzbild etwas unschärfer. Das zentrale Maximum behält jedoch seine ursprüngliche Breite.</p> <p>Sollten die Elektronengeschwindigkeiten aber stark unterschiedlich sein, liegen die Maxima der einen Geschwindigkeitsklasse in den Minima der Elektronen mit anderer Geschwindigkeit. Die Maxima sind dann nicht mehr trennbar und es ist kein klares Interferenzbild mehr zu beobachten.</p> |  | 5 |   |
| 3 | <p><b>a</b> Anhand der elektrischen Stromstärke im Elektronenstrahl und der Ladung eines Elektrons kann die Anzahl der Elektronen bestimmt werden, die pro Sekunde am Doppelspalt ankommen:</p> $\frac{1,6 \cdot 10^{-16} \text{ A}}{1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \approx 1000 \frac{1}{\text{s}}$ <p>Die Elektronengeschwindigkeit berechnet sich über einen Energieansatz zu</p> $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = e \cdot U$ $v = \sqrt{\frac{2e \cdot U}{m}} = \sqrt{\frac{2e \cdot 50 \cdot 10^3 \text{ V}}{m_e}} = 1,3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ <p>Damit ergibt sich bei der Annahme einer gleichmäßigen zeitlichen Verteilung der Elektronen ein mittlerer räumlicher Abstand von</p> $1,3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1}{1000} \text{ s} = 1,3 \cdot 10^5 \text{ m} = 130 \text{ km}$ <p>Die Elektronen haben im Strahl einen sehr großen Abstand, der deutlich größer ist als die Abmessung der Apparatur. Im Material 3 ist der Abstand von der Elektronenquelle bis zum Detektionsschirm mit 1,5 m angegeben, was ca. einem Hunderttausendstel des mittleren Elektronenabstandes entspricht. Ein einzelnes Elektron ist also am Schirm registriert worden, bevor das nachfolgende Elektron die</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  | 2 | 2 |
|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  | 3 | 2 |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |           |           |          |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------|
|  | <p>Quelle verlässt. Die Elektronen können sich daher nicht gegenseitig beeinflussen und können als „einzeln“ angesehen werden.</p> <p>Hinweis:<br/>Alternativ kann auch analog über die Flugzeit eines Elektrons durch die Apparatur argumentiert werden.</p> <p><b>b</b> In jeder der in Material 3 gezeigten Messungen sind einzelne Auftreffpunkte der Elektronen zu erkennen, die Elektronen zeigen hier deutlich die Eigenschaft eines Teilchens.</p> <p>In den Abbildungen (a) und (b) ist noch keine deutliche Struktur zu erkennen, jedes Teilchen scheint zufällig auf dem Beobachtungsschirm aufzutreffen.</p> <p>Mit zunehmender Anzahl der Elektronen ist jedoch ein klares Muster in den Messungen (vgl. (d) und (e)) zu erkennen, d. h. wenn auch jeder einzelne Auftreffpunkt zufällig bleibt, so kann man für eine große Stichprobe eine Wahrscheinlichkeit für das Ergebnis der Messung angeben. Diese Wahrscheinlichkeit kann mittels des Modells einer Materiewelle, welche zu dem beobachteten Interferenzbild führt, berechnet werden, sodass den Elektronen auch Welleneigenschaften zugeschrieben werden können.</p> <p>Da die Elektronen jedoch mit großem räumlichem Abstand nacheinander, also „einzeln“ durch den Doppelspalt treten, können sie nicht mit anderen Elektronen interferieren.</p> <p>Vielmehr überlagern sich die beiden Wellenfunktionen desselben Elektrons, die zu den klassisch möglichen Wegen gehören.</p> <p><b>c</b> Aus der heutigen Sicht der Quantentheorie kann im Doppelspaltexperiment das Ergebnis einer Ortsmessung von einzelnen Elektronen nicht exakt vorhergesagt werden. Feynmans Aussage bezüglich eines „bestmöglichen Experimentes“ bezieht sich darauf, dass es nicht an den begrenzten technischen Möglichkeiten der heutigen Experimentalphysik liegt, sondern dass es prinzipiell nicht möglich ist, den Auftreffort eines bestimmten Elektrons auf dem Schirm im Doppelspaltexperiment vorherzusagen. Lediglich die Zufallsverteilung und damit die Wahrscheinlichkeit für das Messen eines Elektrons an einem bestimmten Ort kann vorhergesagt werden.</p> |           | 4         | 4        |
|  | <b>Summe</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>12</b> | <b>20</b> | <b>8</b> |

**Standardbezug:**

| Teilaufgabe | Kompetenzbereich |   |   |   |
|-------------|------------------|---|---|---|
|             | S                | E | K | B |
| 1           | 1                |   |   |   |
| 2a          | 3                |   |   |   |
| 2b          |                  | 4 |   |   |
| 2c          |                  |   | 4 |   |
| 2d          | 1                |   |   |   |
| 3a          | 3                |   |   |   |
| 3b          |                  | 6 |   |   |
| 3c          |                  |   | 3 |   |

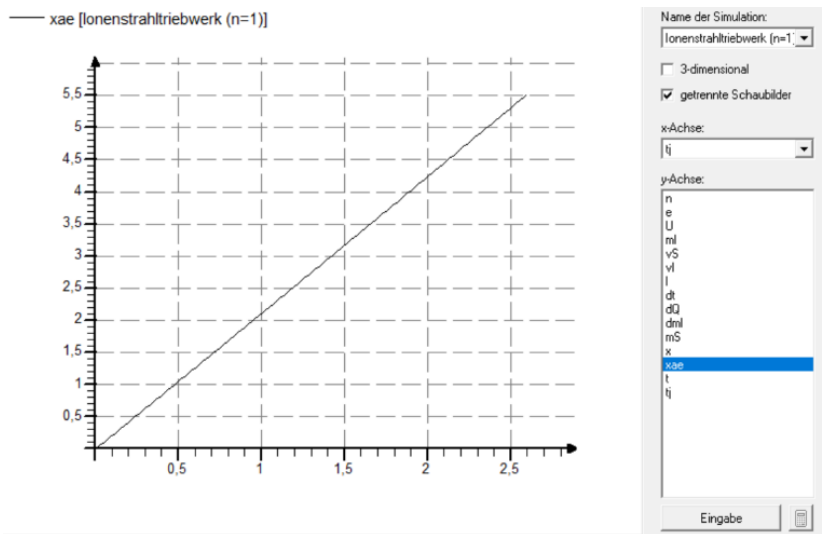
### Aufgabe 3.1

#### Ionenstrahl-Triebwerke für Raumsonden

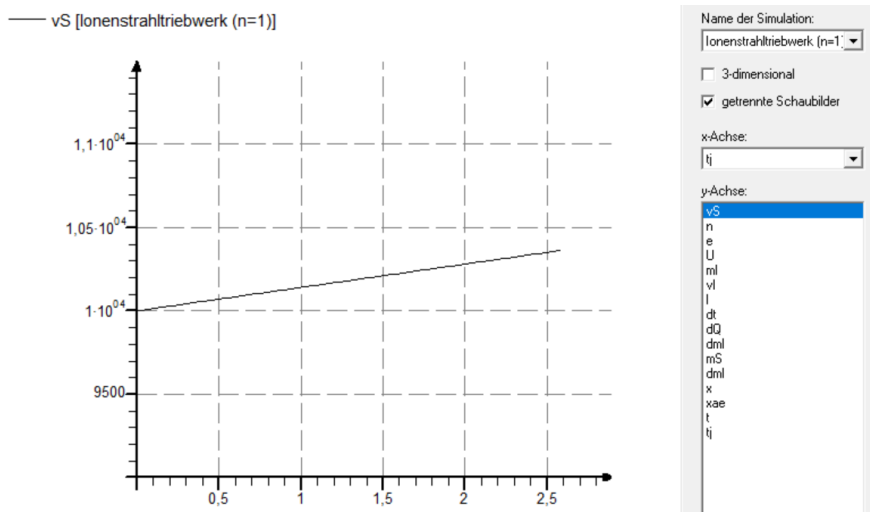
|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | BE/AFB |    |     |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|-----|
|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | I      | II | III |
| 1 | <p>Wechselwirkungsgesetz:<br/>Wirken zwei Körper wechselseitig aufeinander ein, so greift an beiden je eine Kraft an, diese Kräfte sind entgegengesetzt gerichtet und betragsgleich <math>\vec{F}_A = -\vec{F}_B</math>.<br/>Die zwei Körper sind die Summe der jeweils im Zeitintervall <math>\Delta t</math> ausgestoßenen verbrannten Teilchen sowie die Rakete. Der Kraftstoß, der in jedem Zeitintervall <math>\Delta t</math> auf die ausgestoßenen Teilchen wirkt, wirkt mit gleichem Betrag in die entgegengesetzte Richtung auf die Rakete und treibt diese vorwärts.<br/>Der Kraftstoß berechnet sich nach <math>\Delta p = F \cdot \Delta t</math> und unter Nutzung des Newton'schen Grundgesetzes gilt <math>F = \Delta p \cdot (\Delta t)^{-1} = m \cdot a</math>.</p> <p>Der auf die Rakete wirkende Schub ist demnach direkt abhängig von der Gesamtmasse der im Antriebsstrahl austretenden Teilchen je 1 Sekunde.<br/>Die Beschleunigung ist abhängig von der Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Austrittsgeschwindigkeit des Antriebsstrahls und der Geschwindigkeit der Rakete <math>a = \Delta v \cdot (\Delta t)^{-1}</math>. Beschleunigung und Kraftstoß sind bei konstantem Masseausstoß direkt proportional zueinander.</p> | 2      | 3  | 1   |
| 2 | <p>Xenongas strömt in das Triebwerk ein. Die Glühkatoden emittieren freie Elektronen. Im elektrischen Feld der Spannung <math>U_1</math> werden die freien Elektronen beschleunigt und schöpfen Energie. Diese Energie muss größer sein als die notwendige Ablösearbeit für Xenon. Energiereiche Elektronen wechselwirken mit den Valenzelektronen des Xenons und lösen diese ab, es entsteht ein einfach positiv geladenes Xenon - Ion. Xenon ist ein Edelgas und hat 8 Valenzelektronen. Ein einfach positiv geladenes Xenon - Ion kann erneut mit freien Elektronen wechselwirken und somit auch einen höheren Ionisationsgrad erreichen.<br/>Für die an Gitter 2 anliegende Spannung <math>U_2</math> gilt <math>U_1 \ll U_2</math>. Diese Spannung erzeugt ein elektrisches Feld. In diesem werden die Ionen stark in Richtung dieses Gitters beschleunigt und treten auf Grund der erreichten hohen Geschwindigkeit und ihrer Trägheit als Ionenstrom aus dem Antriebssystem aus.</p>                                                                                                                                                                                                                                                           | 2      | 2  | 2   |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |                |   |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------|---|
| 3 | <p><b>a</b> Im Material 2 ist die notwendige Ablösearbeit (Ionisationsenergie) pro Valenzelektron der Xe - Atome mit 12,1 eV gegeben. Die an Gitter 1 anliegende Spannung muss somit größer sein als 12,1 V. Damit die Mehrfachionisationen möglich sind, sollte die anliegende Spannung z. B. 100 V betragen.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1          | 1              | 1 |
|   | <p><b>b</b> Es gilt <math>E_{\text{el}} = Q \cdot U_2</math>, <math>E_{\text{kin}} = \frac{m_{\text{lon}}}{2} \cdot v_{\text{lon}}^2</math>, <math>Q = 8 \cdot e</math> und <math>v_{\text{lon;Sonde}} = v_{\text{lon}} - v_{\text{Sonde}}</math>.</p> <p>Es ergibt sich <math>v_{\text{lon;Sonde}} = 232,76 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}</math>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2          | 1              |   |
|   | <p><b>c</b> Es gilt <math>\Delta p = \bar{F} \cdot \Delta t</math> und <math>\Delta p = \Delta m \cdot v_{\text{lon;Sonde}}</math>.</p> <p>Mit <math>\Delta m = 84 \text{ kg}</math>, <math>\Delta t = 60 \text{ d}</math> und <math>v_{\text{lon;Sonde}} = 232,76 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}</math> ergibt sich <math>\bar{F} = 3,8 \text{ N}</math>.</p> <p>Die bewirkte Schubkraft ist deutlich kleiner als die Gewichtskraft der Sonde an der Erdoberfläche.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1<br><br>1 | 1<br><br>1     |   |
|   | <p><b>d</b> Es gilt <math>F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}</math> und mit <math>F = 3,8 \text{ N}</math> und <math>m = 367 \text{ kg}</math> ergibt sich <math>\Delta t = 2700 \text{ s}</math>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2          |                |   |
| 4 | <p><b>a</b> Erläuterung Zeile (1):</p> <p>Die ionisierten Atome werden im elektrischen Feld von Gitter 2 beschleunigt, deren kinetische Energie beim Durchtritt durch Gitter 2 ist gleich der elektrischen Feldenergie, der Ansatz wird nach <math>v_{\text{lon}}</math> umgestellt und der Ionisationsgrad sowie die Relativgeschwindigkeit werden beachtet.</p> <p>Erläuterung Zeile (4):</p> <p>Für den Impuls der Sonde zu Beginn eines Zeitintervalls <math>dt</math> gilt <math>p_{\text{Sonde;alt}} = m_{\text{Sonde;alt}} \cdot v_{\text{Sonde;alt}}</math>.</p> <p>Der Impuls am Ende des Zeitintervalls <math>dt</math> ist <math>p_{\text{Sonde;neu}} = m_{\text{Sonde;alt}} \cdot v_{\text{Sonde;alt}} - dm_{\text{Sonde}} \cdot (v_{\text{lonen}} - v_{\text{Sonde;alt}})</math> mit <math>m_{\text{Sonde;neu}} = m_{\text{Sonde;alt}} - dm_{\text{Sonde}}</math></p> | 1          | 1<br><br><br>1 |   |

**b** Simulation unter Nutzung der Software MOEBIUS:



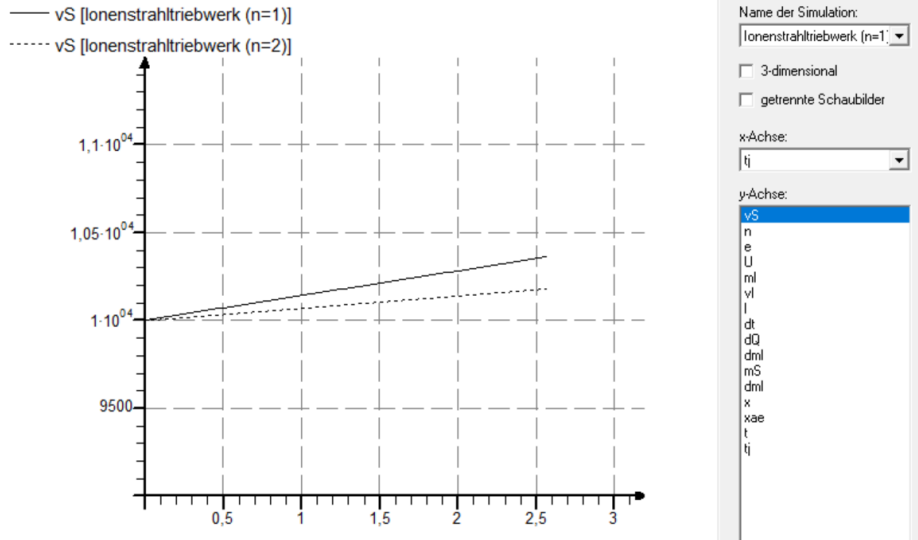
Der nach 2,5 Jahren zurückgelegte Weg beträgt 5,3 AE.



Die nach 2,5 Jahren erreichte Geschwindigkeit beträgt  $10350 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

2

2

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |           |          |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------|
|   | <p><b>c Simulation unter Nutzung der Software MOEBIUS:</b></p>  <p>Der Ionisationsgrad ändert die nach 2,5 Jahren erreichte Endgeschwindigkeit der Sonde um <math>174 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}</math>. Da die Stromstärke konstant ist, sinkt mit zunehmendem Ionisationsgrad der Massefluss und damit der antreibende Impuls. Die erreichte Geschwindigkeit nach 2,5 Jahren ist für <math>n = 2</math> demnach kleiner als für <math>n = 1</math>. Die Behauptung entspricht damit dem Sachverhalt.</p>                                   | 1         | 1         | 1        |
| 5 | <p>Bei Ionenstrahl-Triebwerken beträgt die Startmasse an Treibstoff z. B. 84 kg, bei konventionellen Triebwerken ist diese um ein Vielfaches größer, vielleicht sogar mehrere Tonnen.</p> <p>Mögliche weitere Kriterien sind</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beschleunigung der Sonde,</li> <li>- wirkende Schubkraft auf die Sonde,</li> <li>- mögliche Betriebszeit.</li> </ul> <p>Bezüglich der genannten Kriterien gibt es quasi keine Gemeinsamkeiten. Bei konventionellen Triebwerken sind die Schubkraft und die Beschleunigung deutlich größer, die mögliche Betriebszeit ist um ein Vielfaches kleiner.</p> | 2         | 2         | 2        |
|   | <b>Summe</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>15</b> | <b>18</b> | <b>7</b> |

**Standardbezug:**

| Teilaufgabe | Kompetenzbereich |   |      |   |
|-------------|------------------|---|------|---|
|             | S                | E | K    | B |
| <b>1</b>    | 1, 3             |   |      |   |
| <b>2</b>    |                  | 6 |      |   |
| <b>3 a</b>  | 7                |   |      |   |
| <b>3 b</b>  | 1, 7             |   |      |   |
| <b>3 c</b>  | 3                | 4 |      |   |
| <b>3 d</b>  | 1                |   |      |   |
| <b>4 a</b>  | 3                |   |      |   |
| <b>4 b</b>  | 3                | 4 |      |   |
| <b>4 c</b>  |                  | 6 |      |   |
| <b>5</b>    |                  | 4 | 3, 8 |   |

## Aufgabe 3.2

### Anwendung der Near Field Communication

|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              | BE/AFB |    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|-----|
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              | I      | II | III |
| 1                                                                                                                          | a                                                                                                                                                                                                            | 4      |    |     |
|                                                                                                                            | b                                                                                                                                                                                                            |        |    |     |
|                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"><li>- Schalter <math>S_1</math> ist geschlossen. Schalter <math>S_2</math> ist offen.</li><li>- Schalter <math>S_1</math> und <math>S_2</math> sind geschlossen.</li></ul> |        |    |     |
|                                                                                                                            | Erfassen und Protokollieren der Messwerte                                                                                                                                                                    |        |    |     |
| Messbeispiel:<br>Spule 1 und Spule 2: jeweils 400 Windungen;<br>Glühlampe 6 V / 0,1 A; $U_- = 6 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$ |                                                                                                                                                                                                              | 4      |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |
|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              |        |    |     |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |           |           |          |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------|
|   | <p><b>b</b> <math>U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}}</math></p> $t_1 = -R \cdot C_S \cdot \ln\left(\frac{U(t)}{U_0}\right)$ $t_1 = -500 \cdot 10^3 \Omega \cdot 5,0 \cdot 10^{-3} \text{F} \cdot \ln\left(\frac{3,3 \text{V}}{4,5 \text{V}}\right)$ $t_1 = 13 \text{ min}$ <p><b>c</b> Bei kleinerem Ohm'schen Widerstand <math>R</math> ist eine kürzere Betriebsbereitschaft der Schaltung zu erwarten.<br/>Die Begründung ergibt sich aus der Gleichung</p> $t = -R \cdot 5,0 \cdot 10^{-3} \text{F} \cdot \ln\left(\frac{3,3 \text{V}}{4,5 \text{V}}\right).$ <p>Je kleiner <math>R</math> darin ist, desto kleiner ist auch die Zeit <math>t</math>.</p>                                                                                                                                                                                  |           | 4         |          |
| 4 | <p>Um eine ausreichend große Kapazität zu erhalten, muss der Abstand <math>d</math> zwischen den Platten möglichst klein sein.<br/>Die Fläche der Kondensatorplatten sollte möglichst groß sein.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |           | 2         |          |
| 5 | $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} \quad C = \frac{1}{4\pi^2 \cdot f^2 \cdot L}$ $C = \frac{1}{4\pi^2 \cdot \left(13,56 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{s}}\right)^2 \cdot 4,10 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{A}}}$ $C = 3,36 \cdot 10^{-11} \text{F}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |           | 3         |          |
| 6 | <p>Wird in die Nähe der Spule ein eisenhaltiges Material (Münzen) verbracht, ändert sich die Induktivität der Spule (<math>B</math>).<br/>Der Datenaustausch zwischen Lesegerät und NFC-fähiger Geldkarte wird unmöglich, weil sich durch die Änderung der Induktivität auch die Eigenfrequenz des Schwingkreises verändert.<br/>Falls eine Annäherung der NFC-fähigen Geldkarte an das Lesegerät auf weniger als 10 cm an die Karte erfolgt, so ist der Datenaustausch mit der NFC-fähigen Geldkarte, die sich zusammen mit den eisenhaltigen Münzen in der Geldbörse befindet, nicht möglich.<br/>Bei der Jackentasche ist keine Beeinflussung des Datenaustauschs zu erwarten.<br/>Die Option, die NFC-fähige Geldkarte in der Geldbörse mit eisenhaltigen Münzen aufzubewahren, ist somit sicherer und wird daher dem Jugendlichen empfohlen.</p> |           |           | 5        |
|   | <b>Summe</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>11</b> | <b>21</b> | <b>8</b> |

**Standardbezug:**

| Teilaufgabe | Kompetenzbereich |   |   |   |
|-------------|------------------|---|---|---|
|             | S                | E | K | B |
| <b>1 a</b>  | 4                |   |   |   |
| <b>1 b</b>  | 4                |   |   |   |
| <b>2 a</b>  | 1                |   |   |   |
| <b>2 b</b>  |                  | 6 |   |   |
| <b>3 a</b>  | 1                |   | 3 |   |
| <b>3 b</b>  | 3                |   |   |   |
| <b>3 c</b>  | 3                |   |   |   |
| <b>4</b>    | 3                |   |   |   |
| <b>5</b>    | 3                |   |   |   |
| <b>6</b>    |                  |   |   | 6 |