

Mecklenburg-Vorpommern



Musterabitur ab 2025

Physik

Leistungskurs

Prüfungsaufgaben

Übersicht über die Aufgaben und Materialien

Aufgabe 1 – Halleffekt und Hallsonde.....	3
M 1 Verschiedene Spulenanordnungen und ihre Magnetfelder	
M 2 Aufsatz zum Ersten Ettingshausen-Nernst-Effekt (Auszug aus dem Originaltext)	
Aufgabe 2 – Seismische Wellen	4
M 3 Wellenmaschine	
M 4 Aufbau eines Vertikalseismographen (vereinfacht)	
M 5 Was sind seismische Wellen (Auszug)	
M 6 Seismogramm	
M 7 Hypo- und Epizentrum	
Aufgabe 3 – Der Potenzialtopf und das Bohr'sche Atommodell	5
M 8 Radiale Anteile von Nachweiswahrscheinlichkeiten	
Aufgabe 4 – Dämpfung von Schwingungen bei Wolkenkratzern.....	7
M 9 Pendel als Schwingungstilger	
M 10 Daten und Gleichungen	
M 11 Experiment	

Aufgabe 1 – Halleffekt und Hallsonde

40 BE

Der Halleffekt stellt einen grundlegend bedeutsamen Effekt der Elektrodynamik dar. Eine zentrale Anwendung ist die Hallsonde zur Messung magnetischer Flussdichten. Es gibt jedoch eine Vielzahl ähnlicher Effekte und Anwendungen.

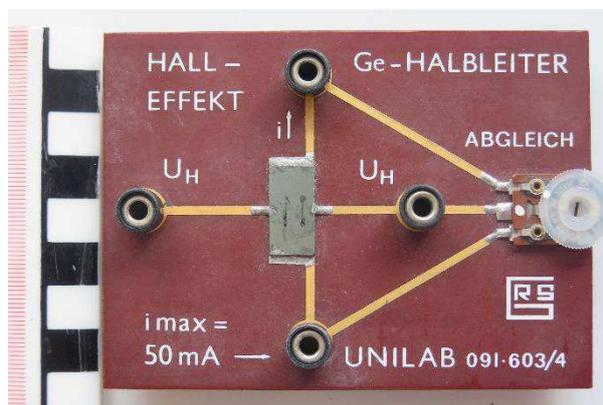


Abbildung 1: Hallensensor für Experimente

Quelle: Nutzer Panoga auf Wikimedia:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hall_effect_wafer_n-doped_germanium.jpg. 12. März. 2025

- 1.1 Zunächst wird die Hallsonde an sich betrachtet.
 - 1.1.1 Beschreiben Sie den Aufbau und erklären Sie die Funktionsweise einer Hallsonde. Erstellen Sie dazu eine beschriftete Skizze, die alle relevanten Größen des Halleffekts enthält. 10 BE
 - 1.1.2 Leiten Sie die Gleichung für die Hallspannung $U_H = R_H \cdot \frac{I \cdot B}{d}$ her. 4 BE
- 1.2 Mit Hilfe einer Hallsonde wurden die magnetischen Flussdichten von drei verschiedenen Spulenanordnungen vermessen. In Material M 1 sind die Spulenanordnungen dargestellt sowie vier Diagramme, von denen drei zu jeweils einer Spulenanordnung gehören. Die Darstellungen sind nicht maßstabsgerecht.
 - 1.2.1 Ordnen Sie den Spulenanordnungen die zugehörigen Diagramme zu und begründen Sie ihre Zuordnung. 6 BE
 - 1.2.2 Diskutieren Sie, inwiefern die Felder der dargestellten Spulenanordnungen als *homogen* bezeichnet werden können. 3 BE
- 1.3 Die Messung der Strömungsgeschwindigkeiten von Flüssigkeiten in Röhren ohne Zugriff auf das Innere der Röhre stellt eine technische Herausforderung dar.
 - 1.3.1 Entwickeln Sie ein prinzipielles derartiges Verfahren für Flüssigkeiten mit gelösten Ionen auf Grundlage elektromagnetischer Messungen. 6 BE
 - 1.3.2 Erläutern Sie die Bedeutung derartiger Verfahren anhand zweier Anwendungsbeispiele aus verschiedenen Gebieten. 4 BE
- 1.4 Im Jahr 1886 veröffentlichten Albert von Ettingshausen und Walter Nernst den in M 2 dargestellten Aufsatz zu einem von ihnen beobachteten Effekt, der später nach ihnen *Erster Ettingshausen-Nernst-Effekt* benannt wurde.
 - 1.4.1 Vergleichen Sie den beschriebenen Effekt mit dem Halleffekt und stellen Sie eventuelle Analogien dar. 4 BE
 - 1.4.2 Reflektieren Sie die Auswirkungen für den Messprozess, wenn beide Effekte zusammen auftreten. 3 BE

Aufgabe 2 – Seismische Wellen

40 BE

Erdbeben erzeugen sogenannte seismische Wellen, die sich durch die Erde hinweg ausbreiten, den Boden erzittern lassen und große Zerstörung hervorrufen können. Ein weltweites Netzwerk von Erdbebenwarten misst die Bodenbewegungen, um Ursachen von und Vorgänge bei Erdbeben besser verstehen zu können.

- 2.1 Es wird eine Wellenmaschine als Modell für mechanische Wellen betrachtet (M 3).
- 2.1.1 Definieren Sie die Begriffe *Amplitude*, *Schwingungsdauer*, *Wellenlänge* und *Ausbreitungsgeschwindigkeit* und geben Sie die Zusammenhänge dieser Größen an. 10 BE
- Beschreiben Sie die Vorgänge im Verlauf einer Schwingungsdauer während sich die Welle ausbreitet. Gehen Sie dabei auf die sich ändernden Größen ein.
- 2.1.2 Zeichnen Sie in das $y(x)$ -Diagramm der Welle in Abbildung 3 das $y(x)$ -Diagramm derselben Welle zum Zeitpunkt 2,5 s später ein. 2 BE
- 2.1.3 Stellen Sie die Funktionsgleichung $y(x,t)$ dieser Welle auf. 4 BE
- Berechnen Sie die Auslenkung für $x = 65\text{cm}$ und $t = 3,5\text{s}$.
- 2.2 In M 4 ist der vereinfachte Aufbau eines Vertikalseismographen dargestellt.
- 2.2.1 Erklären Sie die Funktionsweise eines Vertikalseismographen. 4 BE
- 2.2.2 Seismographen werden zumeist mit der Detektion von Erdbeben in Verbindung gebracht. Geben Sie drei weitere technische oder alltägliche Phänomene an, die durch einen Vertikalseismographen detektiert werden können. 3 BE
- 2.2.3 Der Vertikalseismograph der Erdbebenwarte Göttingen hat eine Masse von m_G und hängt an acht Spiralfedern mit einer Federkonstanten von jeweils D_1 . Gesucht ist die Eigenschwingungsdauer T_0 des Seismographen. Begründen Sie, dass die beiden folgenden Lösungsstrategien äquivalent sind: 5 BE
- Lösungsstrategie S1: An jeder Feder hängt die Masse $m_1 = \frac{1}{8} \cdot m_G$. Die Eigenschwingungsdauer T_0 ergibt sich dann aus $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m_1}{D_1}}$.
- Lösungsstrategie S2: Die Gesamtfederkonstante beträgt $D_G = 8 \cdot D_1$. Die Eigenschwingungsdauer T_0 ergibt sich dann aus $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m_G}{D_G}}$.
- 2.3 Seismische Wellen verfügen über verschiedenen Moden. In M 5 finden Sie Informationen zu den beiden wichtigsten Moden, den sogenannten P- und S-Wellen.
- 2.3.1 Eine Erdbebenwarte detektiert die in M 6 gezeigten Signale der P- und S-Wellen eines Erdbebens. Bestimmen Sie die Entfernung der Station vom Erdbebenzentrum. 6 BE
- 2.3.2 Zur genauen Lokalisation des Hypozentrums eines Erdbebens (siehe M 7) sind mehrere Erdbebenwarten erforderlich. Begründen Sie dies. 3 BE
- 2.3.3 Mechanische Transversalwellen können sich in Flüssigkeiten nicht ausbreiten. Der Boden besteht aus verschiedenen Gesteins- und Flüssigkeitsschichten, z. B. Erdöllagerstätten. Erklären Sie, wie mit Hilfe künstlich erzeugter Erdbeben Erdöllagerstätten entdeckt werden können. 3 BE

Aufgabe 3 – Der Potenzialtopf und das Bohr'sche Atommodell

40 BE

Emissions- und Absorptionsspektren liefern wichtige Hinweise z. B. auf die chemische Zusammensetzung von Sternen. So absorbieren Wasserstoffatome im Grundzustand elektromagnetische Strahlung charakteristischer Wellenlängen. Die drei größten Wellenlängen haben die Werte $\lambda_1 = 121,5 \text{ nm}$, $\lambda_2 = 102,5 \text{ nm}$ und $\lambda_3 = 97,2 \text{ nm}$.

3.1 Der eindimensionale Potenzialtopf mit unendlich hohen Wänden ist ein Modell, mit dem man die Entstehung solcher Spektren erklären kann.

3.1.1 Erläutern Sie das Modell des eindimensionalen Potenzialtopfs mit unendlich hohen Wänden und potenzieller Energie im Topf gleich null. 3 BE

3.1.2 Erklären Sie die Absorption charakteristischer Wellenlängen in diesem Modell. 3 BE

Für die Energien eines Elektrons im Quantenzustand $n = 1, 2, 3, \dots$ in einem Potenzialtopf der

Länge L gilt
$$E_n = \frac{h^2}{8 \cdot m_e \cdot L^2} \cdot n^2.$$

3.1.3 Bestimmen Sie die Länge L des Potenzialtopfes so, dass das Potenzialtopfmodell die Absorption der Wellenlänge λ_1 erklärt. [Kontrollwert: $L = 3,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$] 4 BE

3.1.4 Berechnen Sie die Energien eines Elektrons in einem Potenzialtopf dieser Länge für $n = 1$ bis $n = 4$ in der Einheit eV. 4 BE

Stellen Sie die Energien in einer geeigneten Form dar.

3.2 Niels Bohr entwickelte im Jahre 1913 ein Atommodell, in dem das Elektron im Wasserstoffatom im Quantenzustand $n = 1, 2, 3, \dots$ die Energien $E_n = -13,61 \text{ eV} \cdot \frac{1}{n^2}$ besitzt. 4 BE

Berechnen Sie die Energien eines Elektrons im Wasserstoffatom im Bohr'schen Atommodell für $n = 1$ bis $n = 4$ in der Einheit eV.

Stellen Sie auch diese Energien in einer geeigneten Form dar.

3.3 Vergleich von Potenzialtopf- und Bohr'schem Atommodell

3.3.1 Berechnen Sie die Wellenlängen λ_2 und λ_3 in beiden Modellen. 4 BE

3.3.2 Vergleichen Sie die Lage der Energieniveaus in beiden Modellen. 3 BE

3.3.3 Beurteilen Sie die Eignung beider Modelle zur Erklärung 3 BE

– der tatsächlichen Größe der Wellenlängen λ_2 und λ_3 sowie

– der Ionisierbarkeit von Wasserstoffatomen

3.3.4 Erklären Sie, dass das Potenzialtopfmodell nicht geeignet ist, ein Wasserstoffatom zu beschreiben. 2 BE

Der Aufgabentext wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

- 3.4 Das Modell des linearen Potenzialtopfs ermöglicht Aussagen über die Nachweiswahrscheinlichkeitsdichten von Elektronen an bestimmten Orten im Topf.
- 3.4.1 Skizzieren Sie die Nachweiswahrscheinlichkeitsdichten im linearen Potenzialtopf für zwei Zustände, bei denen die Nachweiswahrscheinlichkeitsdichte des Elektrons in der Mitte des Potenzialtopfes null ist, und nennen Sie die dazugehörigen Quanten-zahlen. 4 BE
- 3.4.2 Begründen Sie ohne Rechnung den Wert des Integrals $\int_0^L |\psi_n(x)|^2 dx$. 2 BE
- 3.4.3 M 8 zeigt die radialen Anteile von Nachweiswahrscheinlichkeitsdichten eines Elektrons. 4 BE
- Begründen Sie, welcher der Graphen in M 8 zum Zustand eines Elektrons in einem Wasserstoffatom mit der Quantenzahl $n = 2$ und welcher der Graphen zu $n = 3$ gehört.

Aufgabe 4 – Dämpfung von Schwingungen bei Wolkenkratzern

40 BE

Taipei 101 ist eines der höchsten Gebäude der Welt. Dieser Wolkenkratzer befindet sich in Taipeh, der Hauptstadt von Taiwan. In dieser Region gibt es oft tropische Stürme und Erdbeben. Dadurch wird Taipei 101 zu Schwingungen angeregt. Diese Schwingungen müssen gedämpft werden, damit Schäden am Gebäude und gesundheitliche Beeinträchtigungen der Menschen durch das Schwanken des Gebäudes vermieden werden. In dem Wolkenkratzer befindet sich ein riesiges Pendel, das als Schwingungstilger die Schwingungen des Wolkenkratzers dämpft.



Abbildung 2: Taipei 101
Quelle: IQB

- 4.1 Beschreiben Sie für die gedämpften Schwingungen des Pendels in dem Wolkenkratzer die auftretenden Energieumwandlungen. 5 BE
- Erläutern Sie eine Möglichkeit, die Schwingung des Pendels stärker zu dämpfen.
- 4.2 Berechnen Sie für die Schwingungen des Pendels am 8. August 2015 die in den Dämpfern bei der Bewegung der Kugel vom Punkt der maximalen Auslenkung zurück zur Gleichgewichtslage umgewandelte Energie. 5 BE
- 4.3 Begründen Sie, dass die Eigenfrequenz des Schwingungstilgers annähernd mit der Eigenfrequenz des Gebäudes übereinstimmen sollte. 7 BE
- Vergleichen Sie auf der Grundlage von Berechnungen die Eigenfrequenzen des Wolkenkratzers mit der des Pendels im Schwingungstilger.
- 4.4 Erläutern Sie zwei mögliche Ursachen dafür, dass es sich bei den Berechnungen der Eigenfrequenz des Wolkenkratzers in Aufgabe 4.3 um eine Näherungsrechnung handelt. Betrachten Sie hierzu die Schwingungen eines Gebäudes in Analogie zu denen eines Federschwingers. 6 BE
- 4.5 **Experiment:** Ein wichtiger Parameter für das Tilgen einer Schwingung ist die Dämpfungskonstante k . Als Modell für den Schwingungstilger wird das in M 11 beschriebene Fadenpendel verwendet.
- 4.5.1 Bestimmen Sie zunächst experimentell die Periodendauer T des gegebenen Fadenpendels. 3 BE
- 4.5.2 Ermitteln Sie für dieses Fadenpendel die Dämpfungskonstante k . 10 BE
- 4.5.3 Nennen Sie zwei mögliche Ursachen für Messunsicherheiten. Erläutern Sie die Auswirkung der Messunsicherheiten auf das Ergebnis der Dämpfungskonstante k . 4 BE
- Sollte Ihnen das Aufnehmen von Messwerten nicht gelingen, so können Sie bei der Lehrkraft Ersatzmesswerte anfordern. Den nicht erbrachten Leistungen entsprechend werden 6 Bewertungseinheiten nicht erteilt.*

Mecklenburg-Vorpommern



Musterabitur ab 2025

Physik

Leistungskurs

Material

Übersicht über die Aufgaben und Materialien

Aufgabe 1 – Halleffekt und Hallsonde.....	3
M 1 Verschiedene Spulenanordnungen und ihre Magnetfelder	3
M 2 Aufsatz zum Ersten Ettingshausen-Nernst-Effekt (Auszug aus dem Originaltext)..	4
Aufgabe 2 – Seismische Wellen	5
M 3 Wellenmaschine	5
M 4 Aufbau eines Vertikalseismographen (vereinfacht).....	6
M 5 Was sind seismische Wellen (Auszug)	7
M 6 Seismogramm	8
M 7 Hypo- und Epizentrum.....	8
Aufgabe 3 – Der Potenzialtopf und das Bohr'sche Atommodell	9
M 8 Radiale Anteile von Nachweiswahrscheinlichkeiten	9
Aufgabe 4 – Dämpfung von Schwingungen bei Wolkenkratzern.....	10
M 9 Pendel als Schwingungstilger	10
M 10 Daten und Gleichungen	10
M 11 Experiment	11

Aufgabe 1 – Halleffekt und Hallsonde

M 1 Verschiedene Spulenanordnungen und ihre Magnetfelder

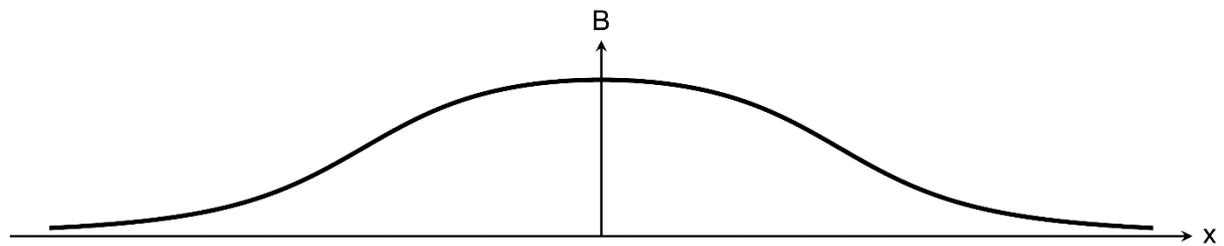
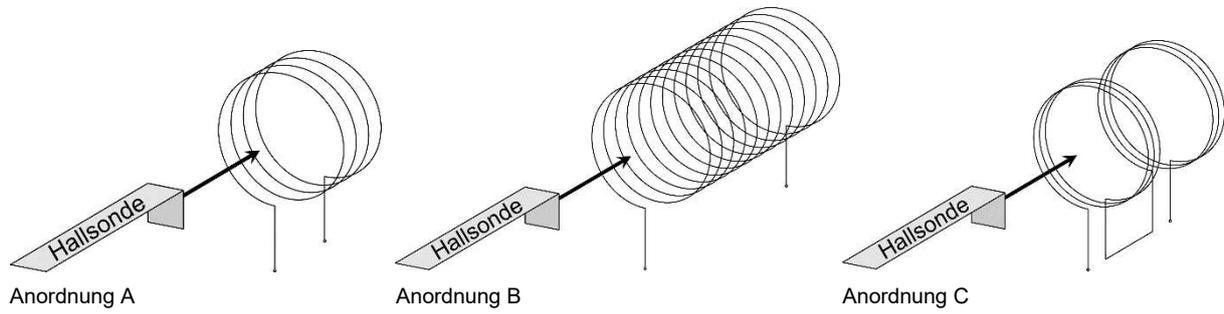


Diagramm 1

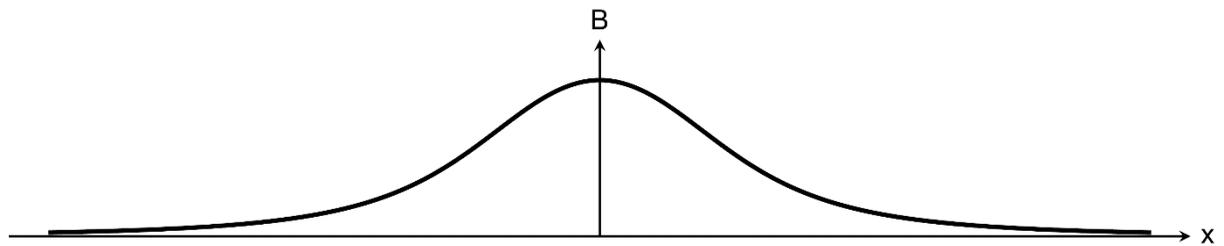


Diagramm 2

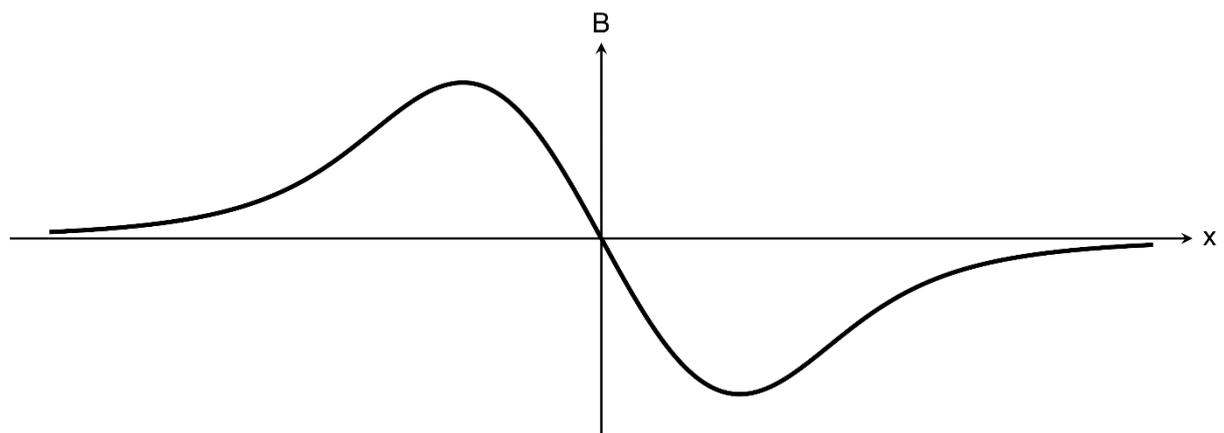


Diagramm 3

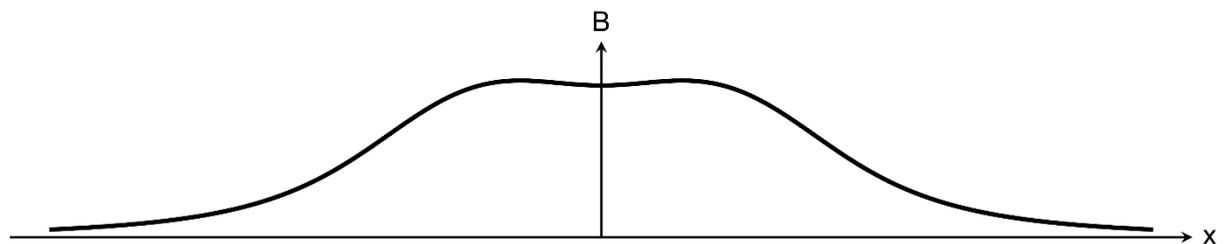


Diagramm 4

M 2 Aufsatz zum Ersten Ettingshausen-Nernst-Effekt (Auszug aus dem Originaltext)

Über das Auftreten electromotorischer Kräfte in Metallplatten, welche von einem Wärmestrome durchflossen werden und sich im magnetischen Felde befinden; von A. v. Ettingshausen und stud. W. Nernst.

Bei Gelegenheit der Beobachtung des Hall'schen Phänomens im Wismuth wurden wir durch gewisse Unregelmässigkeiten veranlasst, folgenden Versuch anzustellen.

Eine rechteckige Wismuthplatte, etwa 5 cm lang, 4 cm breit, 2 mm dick, mit zwei an den längeren Seiten einander gegenüber liegenden Electroden versehen, ist in das Feld eines Electromagnets gebracht, sodass die Kraftlinien¹ die Ebene der Platte senkrecht schneiden; dieselbe wird durch federnde Kupferbleche getragen, in welche sie an den kürzeren Seiten eingeklemmt ist, jedoch geschützt vor directer metallischer Berührung mit dem Kupfer durch zwischengelegte Glimmerblätter. Bei Erhitzung des einen oder des anderen Kupferblechs durchfliesst ein Wärmestrom der Länge nach die Platte. Man beobachtet dann an einem Galvanometer, dessen Multiplicatorwindungen² mit den Plattenelectroden [...] verbunden ist, einen dauernden galvanischen³ Strom, sobald das magnetische Feld des Electromagnets hergestellt wird. Die Richtung dieses Stroms wechselt mit der Art der Magnetisierung und mit der Richtung des Wärmestroms in der Platte; wird dem Wismuth von beiden Seiten Wärme zugeleitet, so verschwindet die Wirkung des Magnets. Die electromotorische Kraft⁴, welche den Strom hervorruft, ist proportional der Stärke des Magnetfeldes und der Distanz der Electroden, wahrscheinlich auch dem Wärmegefälle längs der Platte; von der Plattendicke scheint sie unabhängig zu sein. [...] Inwiefern und ob die beobachteten Ströme mit dem Hall'schen Phänomen in Zusammenhang zu bringen sind, muss vor der Hand dahingestellt bleiben. [...]

¹ Feldlinien

² Anschlusskabel des Messverstärkers

³ elektrischen

⁴ elektrische Spannung

Quelle: Albert von Ettingshausen, Walther Nernst: Ueber das Auftreten electromotorischer Kräfte in Metallplatten, welche von einem Wärmestrome durchflossen werden und sich im magnetischen Felde befinden. In: Annalen der Physik, Band 265, 1886, S. 343–347.

https://zs.thulb.uni-jena.de/servlets/MCRFileNodeServlet/jportal_derivate_00146518/18862651010_ftp.pdf. 7. November 2022

Aufgabe 2 – Seismische Wellen

M 3 Wellenmaschine

Die Wellenmaschine besteht aus gleichartigen Oszillatoren, nämlich gleichen Holzstäben, die an Fäden im Abstand von 5 cm drehbar befestigt wurden und miteinander gekoppelt sind.

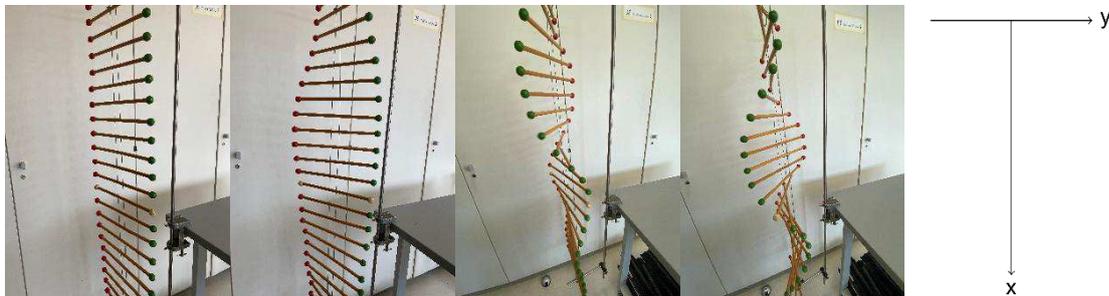


Abbildung 1: Darstellung der Wellenmaschine und des Koordinatensystems

Durch periodische Energiezufuhr wird eine lineare Transversalwelle erzeugt, die sich in x -Richtung ausbreitet. Die Dämpfung ist vernachlässigbar. Die Schwingungsdauer jedes Oszillators beträgt 2 s.

Zu einem bestimmten Zeitpunkt wurde das folgende $y(x)$ -Diagramm aufgenommen:

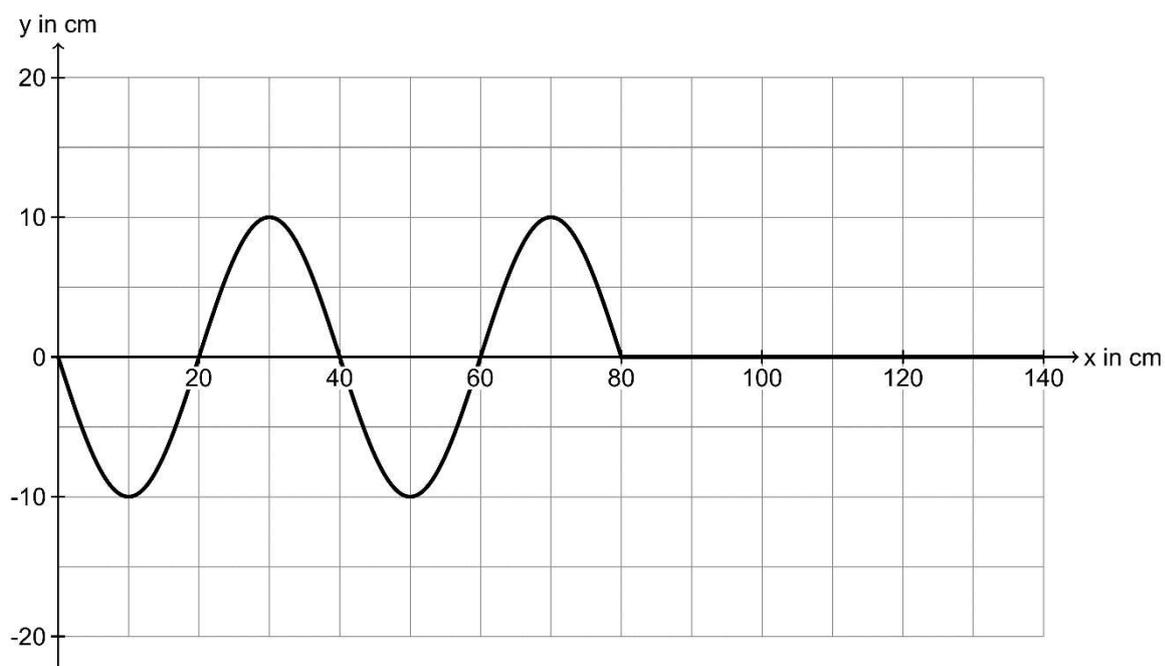


Abbildung 2: $y(x)$ -Diagramm der Welle

M 4 Aufbau eines Vertikalseismographen (vereinfacht)

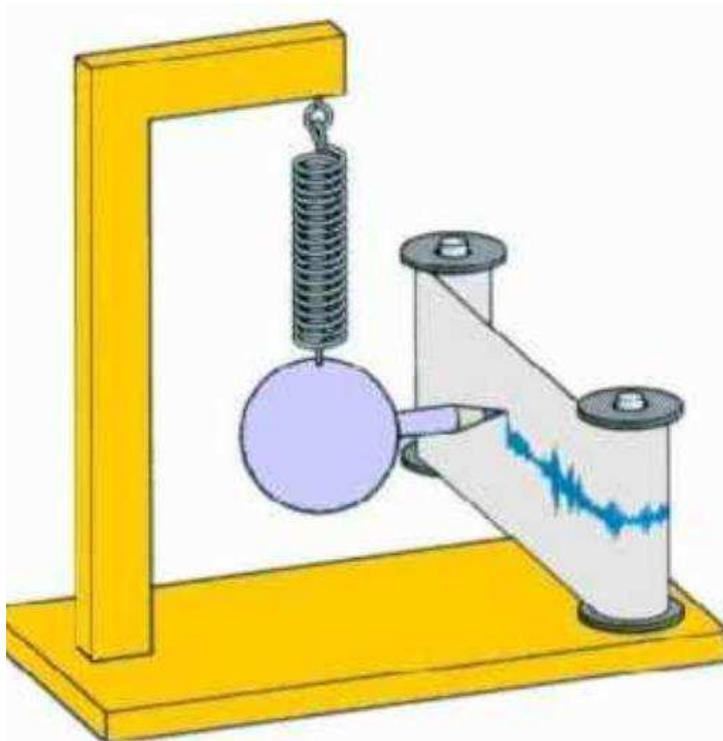


Abbildung 3: Vereinfachter Aufbau eines Vertikalseismographen

Quelle: LEIFPhysik: *Seismische Wellen*.
<https://www.leifphysik.de/mechanik/mechanische-wellen/ausblick/seismische-wellen>. 6. Januar.2023

M 5 Was sind seismische Wellen (Auszug)

Seismische Wellen sind Wellen von Energie, die durch einen plötzlichen Bruch von Gesteinen in der Erde oder Explosionen freigesetzt wird, und welche sich dann in der Erde ausbreitet. [...]

Arten seismischer Wellen

Es gibt mehrere Arten seismischer Wellen, welche sich durch ihre Ausbreitungseigenschaften unterscheiden. Die beiden Haupttypen sind Raumwellen und Oberflächenwellen. Raumwellen können durch das Innere der Erde laufen, Oberflächenwellen sind an die Erdoberfläche gebunden [...]. Erdbeben erzeugen sowohl Raumwellen als auch Oberflächenwellen.

Raumwellen

Die erste Sorte von Raumwellen sind die P-Wellen oder Primärwellen. Sie sind die schnellste (ca. 5 bis 7 km/s) Art seismischer Wellen, und können sich in festen Gesteinen, aber auch in Flüssigkeiten wie Wasser oder den quasi flüssigen Teilen des Erdinneren ausbreiten. Wie bei Schallwellen in der Luft werden hier die Teilchen im Boden geschoben und gezogen, wobei die Bewegung in Ausbreitungsrichtung der Welle erfolgt. [...]

Die zweite Art von Raumwellen sind die S-Wellen oder Scherwellen. Diese laufen langsamer (ca. 3 bis 4 km/s) als P-Wellen und sind die zweiten Wellen, die bei einem Erdbeben eintreffen. S-Wellen können sich nur in festen Materialien ausbreiten, nicht in Flüssigkeiten. Diese Wellen bewegen den Boden quer zur Ausbreitungsrichtung.

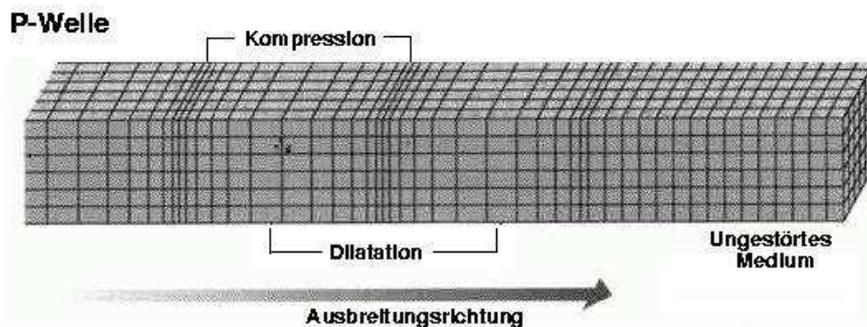


Abbildung 5: P-Wellen

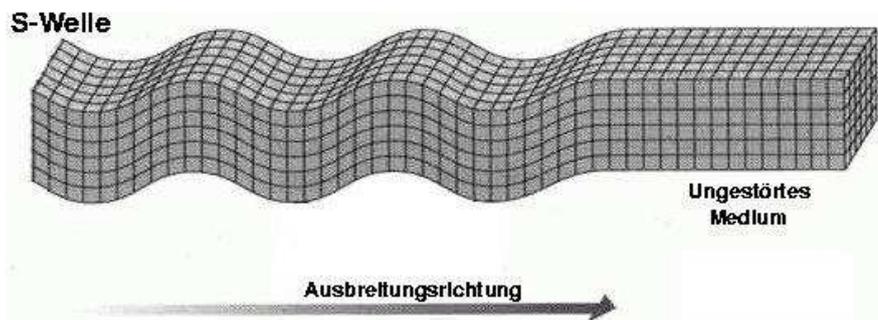


Abbildung 4: S-Wellen

M 6 Seismogramm

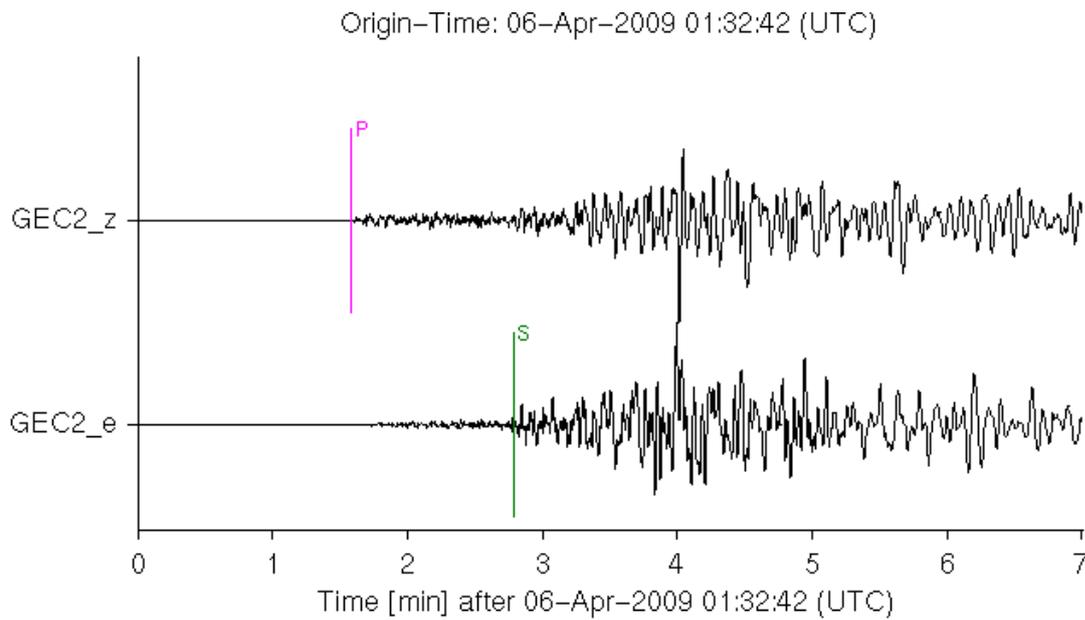


Abbildung 6: Seismogramm zweier Seismographen der seismischen Station GEC in Bayern. Die x-Achse stellt die Zeit in Minuten dar.

Quelle: BGR: *Erdbeben nahe der Stadt L'Aquila, Zentralitalien*. https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Erdbeben-Gefaehrdungsanalysen/Seismologie/Seismologie/Erdbebenauswertung/Besondere_Erdbeben/Ausgewaehlte_Erdbeben/zentralitalien.html. 6. Januar 2023:

M 7 Hypo- und Epizentrum

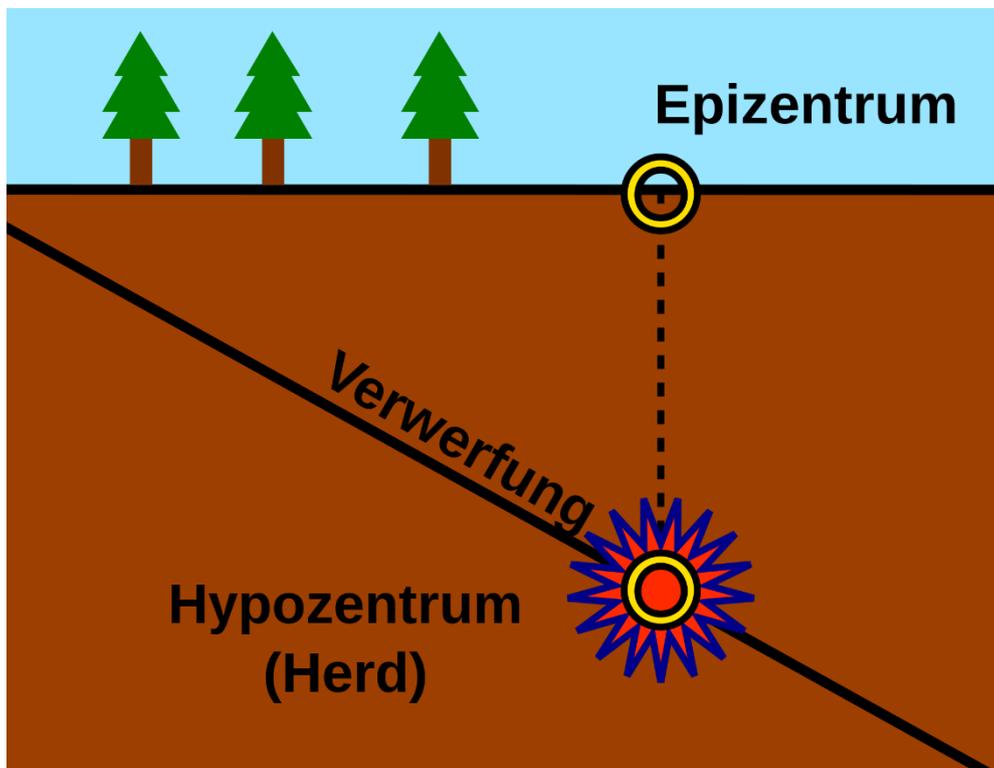


Abbildung 7: Schematische Darstellung von Hypo- und Epizentrum eines Erdbebens

Quelle: Nutzer: Ansate, Sam Hocevar: *Epicenter diagramm*. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=32716741>. 6.~Januar 2023:

Aufgabe 3 – Der Potenzialtopf und das Bohr'sche Atommodell

M 8 Radiale Anteile von Nachweiswahrscheinlichkeiten

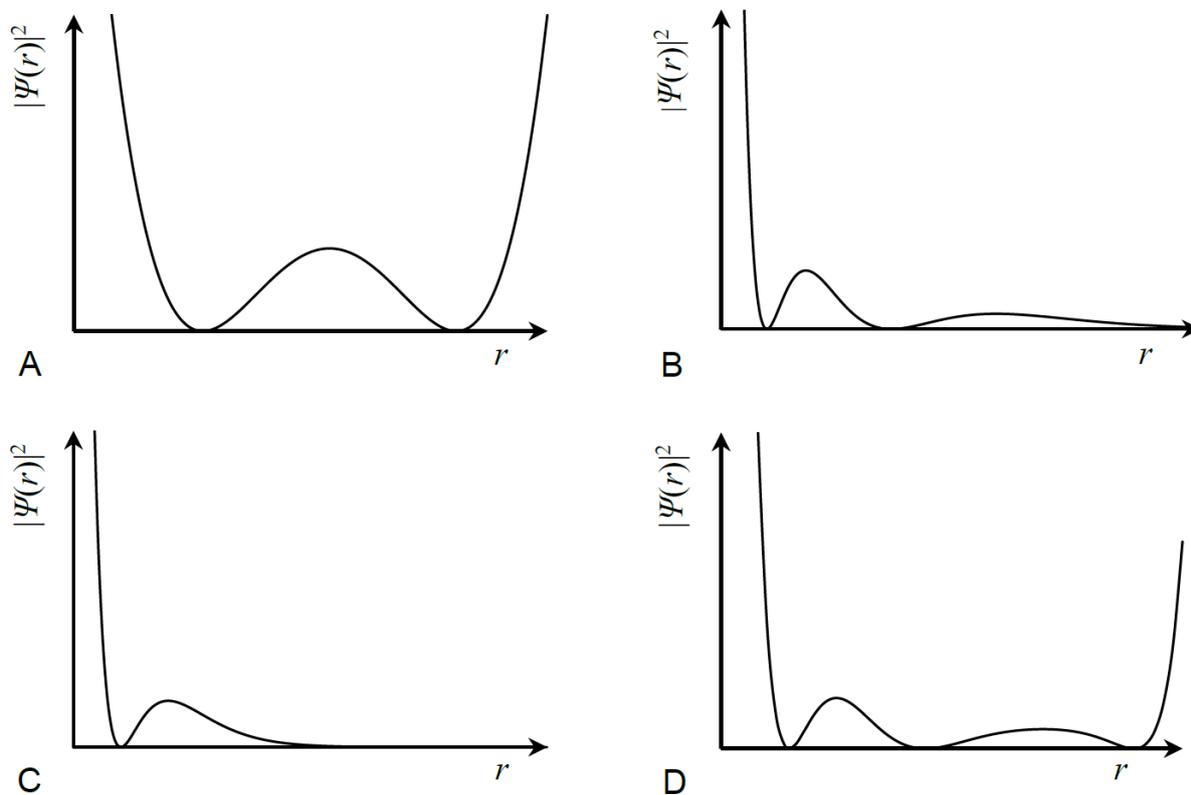


Abbildung 8: Nachweiswahrscheinlichkeiten

Quelle: IQB

Aufgabe 4 – Dämpfung von Schwingungen bei Wolkenkratzern

M 9 Pendel als Schwingungstilger

In dem Wolkenkratzer Taipei 101 befindet sich eine Kugel mit einer Masse von 660 t. Diese Kugel ist an 42 m langen armdicken Stahlseilen aufgehängt. Näherungsweise kann dieses Pendel als Fadenpendel angesehen werden. Während eines Sturms oder eines Erdbebens pendelt die Kugel hin und her. Unten an der Kugel sind Schwingungsdämpfer befestigt, die mit dem Gebäude verbunden sind. Diese Schwingungsdämpfer bremsen die Bewegung der Kugel, dadurch wird die Schwingung des Gebäudes gedämpft.

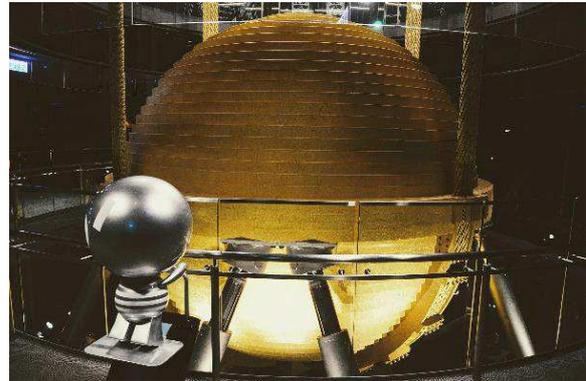


Abbildung 9: Schwingungstilger im Wolkenkratzer Taipei 101
Quelle: IQB

Am 8. August 2015 betrug während eines Taifuns die Amplitude der Schwingung der Kugel 100 cm. Dabei wurde die Kugel gegenüber der Gleichgewichtslage um 1,2 cm angehoben. In der Gleichgewichtslage hatte die Kugel eine Geschwindigkeit von $0,10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

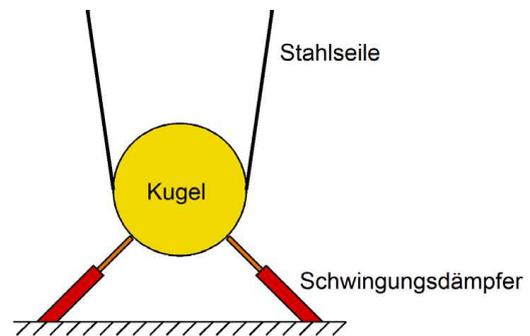


Abbildung 10: Schwingungstilger (stark vereinfacht)
Quelle: IQB

M 10 Daten und Gleichungen

- Höhe des Taipei 101 bis zur Spitze: 508 m
- Höhe des Taipei 101 bis zum Dach: 448 m
- Fallbeschleunigung in Taiwan: $9,79 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

- Periodendauer der Eigenschwingung von Gebäuden (Näherungsformel):

$$T = \frac{H}{46 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

– H – – Höhe bis zum Dach des Gebäudes

- Abnahme der Amplitude in einem Schwingungsfähigen System bei einer exponentiellen Dämpfung:

$$y_{\max}(t) = y_{\max,0} \cdot e^{-k \cdot t}$$

$y_{\max,0}$... Anfangsamplitude zum Zeitpunkt $t = 0$
 $y_{\max}(t)$... Amplitude zum Zeitpunkt $t = n \cdot T$ mit $n = 0, 1, 2, 3, \dots$
 k ... Dämpfungskonstante

M 11 Experiment

Die Dämpfung von Schwingungen wird am Beispiel eines Fadenpendels untersucht.

Sie finden an Ihrem Arbeitsplatz die folgenden Geräte:

- Einen Versuchsaufbau mit einem Fadenpendel der Länge 1,00 m und einer Pappe als Dämpfer (siehe Abbildung 11),
- eine Stoppuhr,
- ein Lineal,
- ein weißes Blatt Papier,
- Klebeband zum Befestigen des Papiers auf dem Tisch.

Näherungsweise wird angenommen, dass die Schwingung exponentiell gedämpft wird. Zur Bestimmung der Dämpfungskonstante k sind die Anfangsamplitude sowie die nächsten fünf aufeinanderfolgenden Amplituden der gedämpften Schwingung zu messen. Markieren Sie dazu auf einem weißen Blatt Papier, welches sich unter dem Pendelkörper befindet, die Ruhelage und die ersten fünf Amplituden. Bei der Ermittlung der Dämpfungskonstanten k sind alle fünf Messwerte zu berücksichtigen.

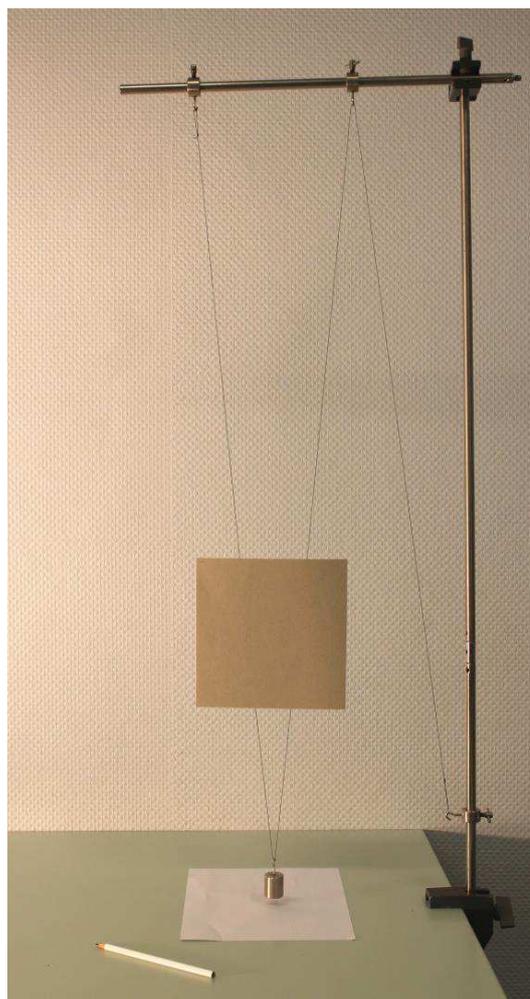


Abbildung 11: Versuchsaufbau

Quelle: IQB

Hinweis:

Nur auf Aufforderung erhält der Prüfling die folgenden Ersatzmesswerte. In diesem Fall werden 6 Bewertungseinheiten nicht erteilt.

Für die beschriebene Anordnung wurden die folgenden Messwerte ermittelt:

Periodendauer $T = 2,02\text{ s}$

n	t in s	$y_{\max}(t)$ in cm
0	0,00	20,0
1	2,02	17,5
2	4,04	15,3
3	6,06	13,5
4	8,08	11,8
5	10,10	10,8

Mecklenburg-Vorpommern

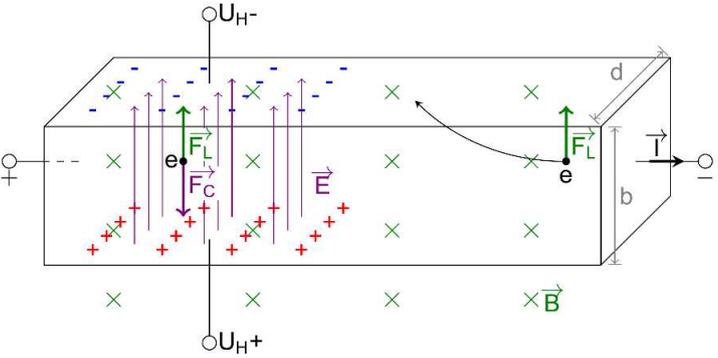


Musterabitur ab 2025

Physik

Leistungskurs

Musterlösung

1	Halleffekt und Hallsonde	BE/AFB		
		I	II	III
1.1.1	<p>Beschreiben Sie den Aufbau und erklären Sie die Funktionsweise einer Hallsonde. Erstellen Sie dazu eine beschriftete Skizze, die alle relevanten Größen des Halleffekts enthält. (S5)</p> <p>Skizze:</p>  <p>Beschreibung des Aufbaus:</p> <p>Die Hallsonde besteht aus einer dünnen Schicht eines leitenden Materials, z. B. eines Metalls. An ein paar gegenüberliegende Seiten wird eine Stromquelle angeschlossen. An einem zweiten Paar gegenüberliegender Seiten, das zum ersten Paar orthogonal verläuft, wird die Hallspannung gemessen.</p> <p>Erklärung der Funktionsweise:</p> <p>Wenn in der dritten, orthogonalen Richtung ein Magnetfeld die Schicht durchsetzt, dann werden die bewegten Elektronen, aus denen der Stromfluss besteht, durch die Lorentzkraft \vec{F}_L abgelenkt (siehe rechte Hälfte der Skizze). Wegen $\vec{F}_L \perp \vec{I}$ und $\vec{F}_L \perp \vec{B}$ sammeln sich die Elektronen an einer Seitenfläche, deren Spannung gegenüber der gegenüberliegenden Seitenfläche gemessen wird. Dadurch entsteht ein elektrisches Feld zwischen diesen beiden Seitenflächen, dessen Spannung U_H gemessen werden kann (siehe linke Hälfte der Skizze). Bei bekanntem Aufbau der Schicht und bekannter Stromstärke I lässt sich aus der Spannung U_H der Betrag der magnetischen Flussdichte B berechnen.</p>	3		
1.1.2	<p>Leiten Sie die Gleichung für die Hallspannung her:</p> $U_H = R_H \cdot \frac{I \cdot B}{d} \quad (S1, S7)$ <p>Die Spannung U_H, die entsteht, ist gerade so groß, dass sich die Lorentzkraft und die Coulombkraft auf die Elektronen ausgleichen:</p>		4	

	$F_L = F_C$ $e \cdot v \cdot B = e \cdot E = e \cdot \frac{U_H}{b}$ $v \cdot B = \frac{U_H}{b}$ <p>Der Stromfluss durch die Schicht ist proportional zur Gesamtladung der fließenden Elektronen und ihrer Geschwindigkeit, wobei die Gesamtladung proportional zur durchflossenen Fläche ist und abhängig vom Stoff ist:</p> $I = \frac{1}{R_H} \cdot b \cdot d \cdot v \Rightarrow v = \frac{R_H \cdot I}{b \cdot d}$ <p>Setzt man dies in obige Gleichung ein, erhält man:</p> $\frac{R_H \cdot I}{b \cdot d} \cdot B = \frac{U_H}{b} \Rightarrow U_H = R_H \cdot \frac{I \cdot B}{d}$			
1.2.1	<p><i>Ordnen Sie den Spulenordnungen die zugehörigen Diagramme zu und begründen Sie ihre Zuordnung. (E4, K3)</i></p> <p>Anordnung A → Diagramm 2: kurze Spule Anordnung B → Diagramm 1: lange Spule</p> <p>Anordnung C → Diagramm 4: konstruktive Überlagerung zweier kurzer Spulen, da beide Spulen aufgrund gleicher Wicklungsrichtung ein Magnetfeld in derselben Richtung erzeugen</p>	3	0	3
1.2.2	<p><i>Diskutieren Sie, inwiefern die Felder der dargestellten Spulenordnungen als homogen bezeichnet werden können. (E8, K9)</i></p> <p>Spulenordnung C erzeugt kein homogenes Feld, weil die magnetische Flussdichte nirgendwo konstant ist.</p> <p>Spulenordnungen A und B erzeugen Felder, die im Inneren näherungsweise homogen sind, denn die Flussdichten sind näherungsweise konstant. Am Rand und außerhalb der Anordnung fällt die magnetische Flussdichte jedoch stark ab, sodass hier nicht mehr von einem homogenen Feld gesprochen werden kann.</p>			3
1.3.1	<p><i>Entwickeln Sie ein prinzipielles derartiges Verfahren für Flüssigkeiten mit gelösten Ionen auf Grundlage elektromagnetischer Messungen. (S3)</i></p> <p>In strömenden Flüssigkeiten mit gelösten Ionen bewegen sich ebenfalls Ladungsträger. Durch Anlegen eines Magnetfeldes kommt es zu einer Lorentzkraft auf die Ionen und zwar je nach Polarität der Ionen in entgegengesetzte Richtungen. Die entgegengesetzt geladenen Ionen sammeln sich an entgegengesetzt gelegenen Wänden der Röhre, sodass sie wie beim Halleffekt ein elektrisches Feld erzeugen, dessen Spannung gemessen werden kann. Da diese Spannung von der Geschwindigkeit abhängt, kann aus der gemessenen Spannung</p>			6

	die Geschwindigkeit berechnet werden. Die dabei relevante Geometrie der Röhre kann von außen gemessen werden. Aus wie vielen und welchen Ionen sich die Flüssigkeit zusammensetzt, muss allerdings bekannt sein.			
1.3.2	<p><i>Erläutern Sie die Bedeutung derartiger Verfahren anhand zweier Anwendungsbeispiele aus verschiedenen Gebieten. (B6)</i></p> <p>Derartige Verfahren können in der Medizin relevant sein, um die Flussgeschwindigkeit in Blutadern zu messen. Eine invasive Messung würde die Flussgeschwindigkeit beeinflussen und eventuell Gesundheitsrisiken bedeuten. Eine elektromagnetische Messung hätte diese Nachteile nicht.</p> <p>Auch die Flussgeschwindigkeit in technischen Rohren, z. B. der Kanalisation, könnte dadurch gemessen werden, ohne den Betrieb der Rohre unterbrechen zu müssen.</p>		4	
1.4.1	<p><i>Vergleichen Sie den beschriebenen Effekt mit dem Halleffekt und stellen Sie eventuelle Analogien dar. (S2)</i></p> <p>Gemeinsamkeiten: Erzeugen einer Spannung, Notwendigkeit eines Magnetfeldes, Richtungsabhängigkeiten, teilweise Abhängigkeit von der Geometrie der Platte</p> <p>Unterschiede: Wärmestrom statt elektrischem Strom als Ursache; Möglichkeit der Erwärmung von beiden Seiten</p> <p>Analogien: Die magnetische Flussdichte und gemessene Spannung nehmen bei beiden Effekten dieselbe Rolle ein. Dem Stromfluss beim Hall-Effekt entspricht das Temperaturgefälle. Die geometrischen Größen können nicht direkt in Analogie gesetzt werden.</p>		4	
1.4.2	<p><i>Reflektieren Sie die Auswirkungen für den Messprozess, wenn beide Effekte zusammen auftreten. (E9)</i></p> <p>In beiden Fällen werden Spannungen gemessen, sobald ein Magnetfeld wirksam ist. Sofern die erzeugten Spannungen auch noch in derselben Richtung entstehen, überlagern sich die beiden Spannungen und es kann nicht mehr zwischen ihnen unterschieden werden. Eine Kalibrierung eines Prozesses kann eventuell durch Steuerung erzeugt werden, indem z. B. die elektrische Stromstärke verändert wird und sich das Temperaturgefälle nicht oder deutlich weniger ändert.</p>			3
	Insgesamt: 40 BE. Je AFB:	13	18	9

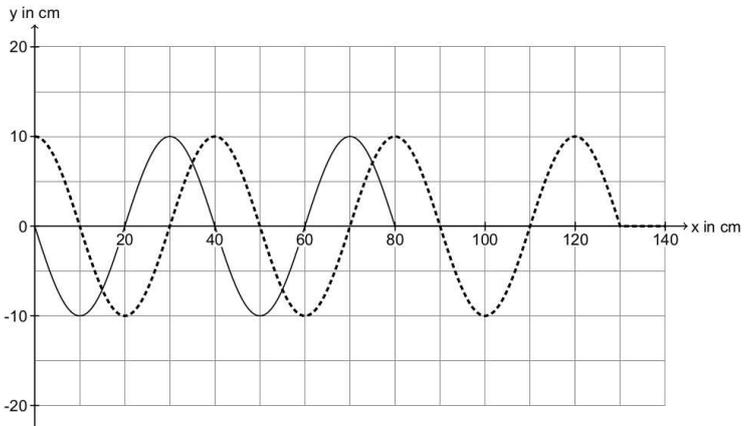
Standardbezug:

	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1.1.1	5			
1.1.2	1, 7			
1.2.1		4	3	
1.2.2		8	9	
1.3.1	3			
1.3.2				6
1.4.1	2	9		

Legende:**Nr. Definition des Standards: Die Lernenden ...**

- S1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien
- S2 erläutern Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und beschreiben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten
- S3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen
- S5 erklären bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus
- S7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an
- E4 modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen
- E8 beurteilen die Eignung physikalischer Modelle und Theorien für die Lösung von Problemen
- E9 reflektieren die Relevanz von Modellen, Theorien, Hypothesen und Experimenten für die physikalische Erkenntnisgewinnung
- K3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.
- K9 tauschen sich mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt
- B6 beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung und Konsequenzen und schätzen Risiken, auch in Alltagssituationen, ein;

2	Seismische Wellen	BE/AFB		
		I	II	III
2.1.1	<p><i>Definieren Sie die Begriffe Amplitude, Schwingungsdauer, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit und geben Sie die Zusammenhänge dieser Größen an. (S2)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Amplitude</i> = Maximale Auslenkung - <i>Schwingungsdauer</i> = Länge einer zeitlichen Periode - <i>Wellenlänge</i> = Länge einer räumlichen Periode - <i>Ausbreitungsgeschwindigkeit</i> = Geschwindigkeit, mit der sich ein bestimmter Schwingungszustand der Welle im Raum bewegt <p>Zusammenhänge dieser Größen: $c = \frac{\lambda}{T}$</p>	5		
2.1.1	<p><i>Beschreiben Sie die Vorgänge im Verlauf einer Schwingungsdauer während sich die Welle ausbreitet. Gehen Sie dabei auf die sich ändernden Größen ein. (K4)</i></p> <p>Sobald ein Oszillator der Wellenmaschine ausgelenkt wird, übt er eine Kraft auf die benachbarten Oszillatoren aus. Diese werden in Folge ebenfalls ausgelenkt und üben wiederum Kräfte auf ihre benachbarten Oszillatoren aus. Nach und nach werden somit weitere Oszillatoren in Ausbreitungsrichtung ausgelenkt. Sobald der erste Oszillator mit seiner Schwingung den Ausgangszustand erreicht hat, wiederholt sich der ganze Prozess. In der Zwischenzeit hat sich die Welle um einen bestimmten Weg ausgebreitet. Entlang dieses Weges zeigen die Oszillatoren die verschiedenen Zustände, die der erste Oszillator im Verlauf einer zeitlichen Periode zeigt. Diese zeitlich und räumlich, periodisch veränderlichen Zustände umfassen folgende Größen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Auslenkung - Geschwindigkeit - Beschleunigung/Kraft - Kinetische Energie - Potenzielle Energie 	5		

2.1.2	<p>Zeichnen Sie in das $y(x)$-Diagramm der Welle in Abbildung 3 das $y(x)$-Diagramm derselben Welle zum Zeitpunkt 2,5 s später ein. (K6)</p> 		2	
2.1.3	<p>Stellen Sie die Funktionsgleichung $y(x,t)$ dieser Welle auf. (K3)</p> $y(x,t) = 10 \text{ cm} \cdot \sin\left(2\pi \cdot \left(\frac{t}{2 \text{ s}} - \frac{x}{40 \text{ cm}}\right)\right)$		2	
2.1.3	<p>Berechnen Sie die Auslenkung für $x = 65 \text{ cm}$ und $t = 3,5 \text{ s}$. (S1)</p> $y(65 \text{ cm}; 3,5 \text{ s}) \approx 7,1 \text{ cm}$		2	
2.2.1	<p>Erklären Sie die Funktionsweise eines Vertikalseismographen. (S5)</p> <p>Wenn der Erdboden vertikal schwingt, dann auch der darauf befestigte Vertikalseismograph mit der fest eingebauten Papierrolle. Die Kugel mit dem Stift hängt an einer dehnbaren Feder, sodass die Kugel der Vertikalbewegung des Erdbodens aufgrund ihrer Trägheit nicht simultan folgt. Stattdessen folgt sie der Federspannkraft der Feder, die durch die Vertikalbewegung ihrer Aufhängung gestreckt bzw. gestaucht wird, und somit zeitverzögert. Es kommt somit zu einer vertikalen Relativbewegung des Stiftes bezüglich der Papierrolle, die als Spur auf der Papierrolle zu sehen ist. Die Papierrolle wird horizontal mit konstanter Geschwindigkeit weitergerollt, sodass der Vertikalseismograph auf der Papierrolle das $y(t)$-Diagramm der Vertikalbewegung des Erdbodens aufzeichnet.</p>		4	
2.2.2	<p>Geben Sie drei weitere technische oder alltägliche Phänomene an, die durch einen Vertikalseismographen detektiert werden können. (E10)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verkehrserschütterungen - Explosionen - Einstürzende Gebäude 		3	
2.2.3	<p>Begründen Sie, dass die beiden [...] Lösungsstrategien äquivalent sind. (S2)</p> <p>Mit $D_G = 8 \cdot D_1$ und $m_G = 8 \cdot m_1$ ergibt sich:</p>		5	

	$T_{0,S2} = 2\pi \sqrt{\frac{m_G}{D_G}} = 2\pi \sqrt{\frac{8 \cdot m_1}{8 \cdot D_1}} = 2\pi \sqrt{\frac{m_1}{D_1}} = T_{0,S1}$ <p>Die Lösungsstrategien liefern die gleichen Schwingungsdauern und sind somit äquivalent.</p>			
2.3.1	<p><i>Bestimmen Sie die Entfernung der Station vom Erdbebenzentrum. (S6, E6)</i></p> <p>Die Entfernung s vom Erdbebenzentrum ergibt sich aus dem Laufzeitunterschied Δt wie folgt:</p> $v = \frac{s}{t} \Rightarrow t_P = \frac{s}{v_P} \wedge t_S = \frac{s}{v_S}$ $\Rightarrow \Delta t = s \cdot \left(\frac{1}{v_S} - \frac{1}{v_P} \right)$ $\Rightarrow s = \Delta t \cdot \frac{v_S \cdot v_P}{v_P - v_S}$ <p>Aus dem Seismogramm wird ein Laufzeitunterschied von ca. 1,2 min abgelesen. Daraus ergibt sich mit durchschnittlichen Geschwindigkeiten von $v_P = 6 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ und $v_S = 3,5 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ eine Entfernung von $s \approx 605 \text{ km}$.</p>			6
2.3.2	<p><i>Begründen Sie [die Erforderlichkeit mehrerer Erdbebenwarten zur genauen Lokalisation des Hypozentrums eines Erdbebens]. (B6)</i></p> <p>Aus dem Seismogramm einer Erdbebenwarte kann die Entfernung des Hypozentrums zu dieser Erdbebenwarte bestimmt werden. Die möglichen Hypozentren liegen somit auf Kugeln mit diesem Radius um die Erdbebenwarte. Mit den Seismogrammen verschiedener Erdbebenwarten ergibt sich das Hypozentrum als Schnittpunkt aller dieser Kugeln. Mit einer weiteren Erdbebenstation kann dann auch die Tiefe des Hypozentrums unter dem Epizentrum bestimmt werden. Verwerfungen und andere Wechsel des Ausbreitungsmediums im Inneren der Erde können dabei zu Abweichungen führen, die durch eine weitere Erhöhung der Anzahl an Erdbebenwarten ausgeglichen werden kann.</p>		3	
2.3.3	<p><i>Erklären Sie, wie mit Hilfe künstlich erzeugter Erdbeben Erdöllagerstätten entdeckt werden können.</i></p> <p>In Erdöl breiten sich die S-Wellen nicht aus. Beim Übergang von den umgebenden Gesteinschichten in Erdöllagerstätten kommt es somit zu unterschiedlichem Reflexionsverhalten von P- gegenüber S-Wellen. Wenn nach einem künstlichen Erdbeben die reflektierten P-Wellen einen deutlichen Unterschied zu den reflektierten S-Wellen zeigen, dann deutet dies auf ein Flüssigkeitslagerstätte im Boden hin, die evtl. Erdöl enthält.</p>			3
	Insgesamt: 40 BE. Je AFB:	12	19	9

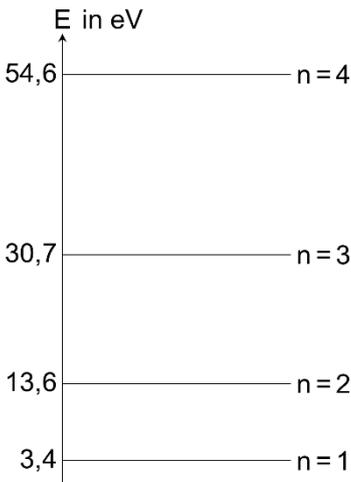
Standardbezug:

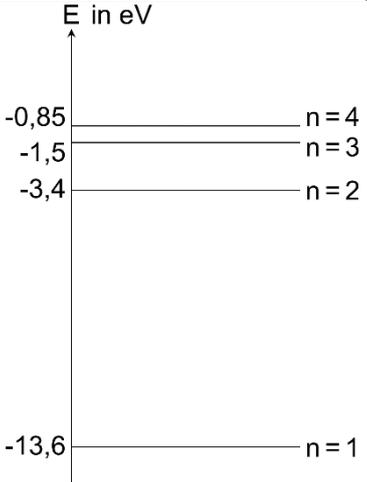
	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
2.1.1	2		4	
2.1.2			6	
2.1.3	1	4		
2.2.1	5			
2.2.2		10		
2.2.3	2			
2.3.1	6	6		
2.3.2				6
2.3.3		5		

Legende:**Nr. Definition des Standards: Die Lernenden ...**

- S1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien
- S2 erläutern Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und beschreiben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten
- S5 erklären bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus
- S6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an
- E4 modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen
- E5 planen geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung
- E6 erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen
- E10 beziehen theoretische Überlegungen und Modelle zurück auf Alltagssituationen und reflektieren ihre Generalisierbarkeit
- K4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert
- K6 veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge
- B6 beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung und Konsequenzen und schätzen Risiken, auch in Alltagssituationen, ein;

3	Der Potenzialtopf und das Bohr'sche Atommodell	BE/AFB		
		I	II	III
3.1.1	<p><i>Erläutern Sie das Modell des eindimensionalen Potenzialtopfs mit unendlich hohen Wänden und potenzieller Energie im Topf gleich null. (S2, K4)</i></p> <p>Der Zustand eines Elektrons im Potenzialtopf wird durch eine Wellenfunktion beschrieben. Im Potenzialtopf ist die potenzielle Energie null. Außerhalb des Topfs ist die potenzielle Energie unendlich groß. Daher ist die Nachweiswahrscheinlichkeit des Elektrons außerhalb des Potenzialtopfs und an den Wänden null.</p>	3		
3.1.2	<p><i>Erklären Sie die Absorption charakteristischer Wellenlängen in diesem Modell. (S3, K4)</i></p> <p>Da die Nachweiswahrscheinlichkeit des Elektrons außerhalb des Topfes null ist und die Wellenfunktion im Topf ohne Sprung an die Wellenfunktion außerhalb des Topfes anschließen muss, hat die periodische Wellenfunktion, die das Elektron beschreibt, Knoten an den Rändern des Topfes. Deshalb sind nur bestimmte Wellenlängen und damit auch nur diskrete Energiewerte möglich. Licht einer bestimmten Wellenlänge besteht aus Photonen einer bestimmten Energie. Diese werden absorbiert, wenn die Energie der Energiedifferenz zweier Energiezustände im Potentialtopf entspricht und somit Elektronen von einem energieärmeren in einen energiereicheren Zu-stand übergehen können.</p>	3		
3.1.3	<p><i>Bestimmen Sie die Länge L des Potenzialtopfes so, dass das Potenzialtopfmodell die Absorption der Wellenlänge λ_1 erklärt. (S7)</i></p> <p>Die größte Wellenlänge wird im Grundzustand absorbiert, wenn das Elektron in den Quantenzustand $n = 2$ übergeht.</p> $\frac{h \cdot c}{\lambda_1} = E_2 - E_1 = \frac{h^2}{8 \cdot m_e \cdot L^2} \cdot 4 - \frac{h^2}{8 \cdot m_e \cdot L^2} \cdot 1 = \frac{3 \cdot h^2}{8 \cdot m_e \cdot L^2}$ $L = \sqrt{\frac{3 \cdot h \cdot \lambda}{8 \cdot m_e \cdot c}} \approx 3,32 \cdot 10^{-10} \text{ m}$		4	
3.1.4	<p><i>Berechnen Sie die Energien eines Elektrons in einem Potenzialtopf dieser Länge für $n = 1$ bis $n = 4$ in der Einheit eV. (S7)</i></p>	2		

	$E_1 = \frac{h^2}{8 \cdot m_e \cdot L^2} \cdot 1^2 \approx 3,4 \text{ eV}$ $E_2 = \frac{h^2}{8 \cdot m_e \cdot L^2} \cdot 2^2 \approx 13,6 \text{ eV}$ $E_3 = \frac{h^2}{8 \cdot m_e \cdot L^2} \cdot 3^2 \approx 30,7 \text{ eV}$ $E_4 = \frac{h^2}{8 \cdot m_e \cdot L^2} \cdot 4^2 \approx 54,6 \text{ eV}$			
3.1.4	<p><i>Stellen Sie die Energien in einer geeigneten Form dar. (K6)</i></p> 		2	
3.2	<p><i>Berechnen Sie die Energien eines Elektrons im Wasserstoffatom im Bohr'schen Atommodell für n=1 bis n=4 in der Einheit eV. (S7)</i></p> $E_1 = -13,61 \text{ eV} \cdot \frac{1}{1^2} = -13,61 \text{ eV}$ $E_2 = -13,61 \text{ eV} \cdot \frac{1}{2^2} \approx -3,4 \text{ eV}$ $E_3 = -13,61 \text{ eV} \cdot \frac{1}{3^2} \approx -1,51 \text{ eV}$ $E_4 = -13,61 \text{ eV} \cdot \frac{1}{4^2} \approx -0,85 \text{ eV}$		2	
3.2	<p><i>Stellen Sie auch diese Energien in einer geeigneten Form dar. (K6)</i></p>		2	

	 <p style="text-align: center;">E in eV</p> <p style="text-align: center;"> $-0,85$ ————— $n = 4$ $-1,5$ ————— $n = 3$ $-3,4$ ————— $n = 2$ $-13,6$ ————— $n = 1$ </p>			
3.3.1	<p><i>Berechnen Sie die Wellenlängen λ_2 und λ_3 in beiden Modellen. (S7)</i></p> <p>Die Wellenlängen betragen im Potenzialtopfmodell:</p> $\lambda_2 = \frac{h \cdot c}{E_3 - E_1} \approx 45,4 \text{ nm}$ $\lambda_3 = \frac{h \cdot c}{E_4 - E_1} \approx 24,2 \text{ nm}$ <p>Die Wellenlängen betragen im Bohr'schen Atommodell:</p> $\lambda_2 = \frac{h \cdot c}{E_3 - E_1} \approx 102,5 \text{ nm}$ $\lambda_3 = \frac{h \cdot c}{E_4 - E_1} \approx 97,2 \text{ nm}$		4	
3.3.2	<p><i>Vergleichen Sie die Lage der Energieniveaus in beiden Modellen. (K3)</i></p> <p>Im Bohr'schen Atommodell haben alle Zustände negative Energien, im Potenzialtopfmodell hingegen positive Energien. Die Abstände der Energieniveaus nehmen im Bohr'schen Atommodell für höhere Quantenzahlen ab und die Energien nähern sich dem Wert 0 an. Im Potenzialtopfmodell nehmen die Abstände für höhere Quantenzahlen zu und die Energien werden unendlich groß.</p>		3	
3.3.3	<p><i>Beurteilen Sie die Eignung beider Modelle zur Erklärung der tatsächlichen Größe der Wellenlängen λ_2 und λ_3 sowie der Ionisierbarkeit von Wasserstoffatomen. (E8)</i></p> <p>Die Wellenlängen λ_2 und λ_3 sind im Potenzialtopfmodell viel kleiner als in Wirklichkeit. Das Bohr'sche Atommodell gibt die Wellenlängen hingegen sehr gut wieder.</p> <p>In beiden Modellen hat das Elektron im Grundzustand eine Energie ungleich null. Da die Wände des Potenzialtopfes unendlich hoch sind, kann das Elektron den Potenzialtopf nicht verlassen. Ein Elektron, das im Bohr'schen Atommodell eine positive Energie hat, wäre hingegen nicht an den Atomkern</p>			3

	gebunden. Im Potenzialtopfmodell lässt sich dahei nicht erklären, dass Wasserstoffatome ionisiert werden können.			
3.3.4	<p><i>Erklären Sie, dass das Potenzialtopfmodell nicht geeignet ist, ein Wasserstoffatom zu beschreiben. (E8)</i></p> <p>Das Potenzialtopfmodell betrachtet das Atom nicht als dreidimensionales, sondern als eindimensionales Objekt. Zudem befindet sich das Elektron in einem Wasserstoffatom nicht in einem Kasten, sondern in einem Coulombpotenzial.</p>		2	
3.4.1	<p><i>Skizzieren Sie die Nachweiswahrscheinlichkeitsdichten im linearen Potenzialtopf für zwei Zustände, bei denen die Nachweiswahrscheinlichkeitsdichte des Elektrons in der Mitte des Potenzialtopfes null ist, und nennen Sie die dazugehörigen Quanten-zahlen.</i></p> <p>Skizzen: (K6)</p> <p>Zugehörige Quantenzahlen: (S1) Linke Abbildung: $n = 2$. Rechte Abbildung: $n = 4$.</p>		2	
3.4.2	<p><i>Begründen Sie ohne Rechnung den Wert des Integrals</i></p> $\int_0^L \psi_n(x) ^2 dx . (S1)$ <p>Es gilt $\int_0^L \psi_n(x) ^2 dx = 1$, da der Integrand die Nachweiswahrscheinlichkeitsdichte des Elektrons ist und das Elektron irgendwo auf der Länge des Potenzialkastens nachzuweisen sein muss.</p>		2	
3.4.3	<p><i>Begründen Sie, welcher der Graphen in M 8 zum Zustand eines Elektrons in einem Wasserstoffatom mit der Quantenzahl $n = 2$ und welcher der Graphen zu $n = 3$ gehört. (E6)</i></p> <p>Die Graphen A und D können nicht zu gebundenen Zuständen gehören, da die Nachweiswahrscheinlichkeitsdichten für große r nicht gegen null konvergieren. Im Potenzialtopf wächst die Anzahl der Nullstellen der Nachweiswahrscheinlichkeitsdichten mit der Quantenzahl n. Weil der Graph B mehr Nullstellen hat als der Graph C, ist die Erklärung naheliegend, dass der Graph C zu $n = 2$ und der Graph B zu $n = 3$ gehört.</p>			4
	Insgesamt: 40 BE. Je AFB:	12	21	7

Standardbezug:

	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
3.1.1	2		4	
3.1.2	3		4	
3.1.3	7			
3.1.4	7		6	
3.2	7		6	
3.3.1	7			
3.3.2			3	
3.3.3		8		
3.3.4		8		
3.4.1	1		6	
3.4.2	1			
3.4.3		6		

Legende:**Nr. Definition des Standards: Die Lernenden ...**

- S1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien
- S2 erläutern Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und beschreiben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten
- S3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen
- S7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an
- E6 erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen
- E8 beurteilen die Eignung physikalischer Modelle und Theorien für die Lösung von Problemen
- K3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.
- K4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert
- K6 veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge

4	Dämpfung von Schwingungen bei Wolkenkratzern	BE/AFB		
		I	II	III
4.1	<p><i>Beschreiben Sie für die gedämpften Schwingungen des Pendels in dem Wolkenkratzer die auftretenden Energieumwandlungen. (S1)</i></p> <p>Umwandlung von kinetischer Energie in potentielle Energie und umgekehrt beim Schwingen der Kugel.</p> <p>Umwandlung kinetischer Energie in innere Energie in den Schwingungsdämpfern.</p>	3		
4.1	<p><i>Erläutern Sie eine Möglichkeit, die Schwingung des Pendels stärker zu dämpfen. (S1)</i></p> <p>Durch die Verwendung von mehr Schwingungsdämpfern kann mehr mechanische Energie in Wärme umgewandelt werden.</p> <p>Eine andere Konstruktion der Schwingungsdämpfer mit einer größeren Dämpfungskonstante ermöglicht eine stärkere Dämpfung.</p>		2	
4.2	<p><i>Berechnen Sie für die Schwingungen des Pendels am 8. August 2015 die in den Dämpfern bei der Bewegung der Kugel vom Punkt der maximalen Auslenkung zurück zur Gleichgewichtslage umgewandelte Energie. (S3, S7)</i></p> $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = 660\,000 \text{ kg} \cdot 9,79 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,012 \text{ m} \approx 78\,000 \text{ J}$ $E_{\text{kin}} = \frac{m}{2} \cdot v^2 = \frac{660\,000}{2} \text{ kg} \cdot \left(0,10 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 3\,300 \text{ J}$ $\Delta E = E_{\text{pot}} - E_{\text{kin}} \approx 75\,000 \text{ J}$		5	
4.3	<p><i>Begründen Sie, dass die Eigenfrequenz des Schwingungstilgers annähernd mit der Eigenfrequenz des Gebäudes übereinstimmen sollte. (S1)</i></p> <p>Wenn die Frequenzen übereinstimmen, ist eine maximale Energieübertragung von dem Wolkenkratzer auf das Pendel möglich (Resonanz).</p>		2	
4.3	<p><i>Vergleichen Sie auf der Grundlage von Berechnungen die Eigenfrequenzen des Wolkenkratzers mit der des Pendels im Schwingungstilger. (S7)</i></p> $T_{101} = \frac{H}{46 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{448 \text{ m}}{46 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \approx 9,7 \text{ s} \Rightarrow f_{101} \approx 0,1 \text{ Hz}$ $T_P = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{42 \text{ m}}{9,79 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} \approx 13 \text{ s} \Rightarrow f_P \approx 0,077 \text{ Hz}$ <p>Die Frequenzen stimmen in grober Näherung überein.</p>	5		

	<i>Hinweis: Der Vergleich kann auch so ausfallen, dass die Abweichung mit ca. 23 % signifikant groß ist.</i>			
4.4	<p><i>Erläutern Sie zwei mögliche Ursachen dafür, dass es sich bei den Berechnungen der Eigenfrequenz des Wolkenkratzers in Aufgabe Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. um eine Näherungsrechnung handelt. Betrachten Sie hierzu die Schwingungen eines Gebäudes in Analogie zu denen eines Federschwingers. (S2)</i></p> <p>Die Gleichung für die Schwingungsdauer eines Wolkenkratzers ist nur eine Näherungsgleichung, es wird lediglich die Höhe berücksichtigt. Für die Berechnung der korrekten Periodendauer müssten jedoch weitere Faktoren berücksichtigt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Masse des Gebäudes kann aufgrund der Trägheit die Periodendauer beeinflussen. In Analogie zum Federschwinger: Je größer die Masse eines Schwingers, desto größer ist die Periodendauer. - Die genaue Konstruktion (Statik/Festigkeit) beeinflusst die Periodendauer. In Analogie zum Federschwinger: Je härter die Feder, desto kleiner die Periodendauer. 			6
4.5.1	<p><i>Bestimmen Sie zunächst experimentell die Periodendauer T des gegebenen Fadenpendels. (S4)</i></p> <p>Mehrfache Messung der Periodendauer des gegebenen Fadenpendels</p> <p>Geeignete Mittelwertbildung</p>	3		
4.5.2	<p><i>Ermitteln Sie für dieses Fadenpendel die Dämpfungskonstante k.</i></p> <p>Messwertaufnahme für fünf aufeinanderfolgende Amplituden (S4)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Protokollierung der Daten - Zuordnung der Vielfachen der Periodendauer <p>Auswertung der Daten mit einem geeigneten Verfahren unter Berücksichtigung aller Messwertpaare. (E5)</p> <p>Beispielweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Linearisierte Darstellung und Bestimmung des Anstiegs - Berechnung von k für jedes Messwertpaar und geeignete Mittelwertbildung 		3	7
4.5.3	<p><i>Nennen Sie zwei mögliche Ursachen für Messunsicherheiten. Erläutern Sie die Auswirkung der Messunsicherheiten auf das Ergebnis der Dämpfungskonstante k. (E7)</i></p> <p>Nennung und Erläuterung von zwei Ursachen.</p> <p>Beispielweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hand-Auge-Koordination bei der Messung von T - Hand-Auge-Koordination beim Markieren der Amplitude - Unsicherheit beim Messen der Amplituden mit Lineal 		4	
	Insgesamt: 40 BE. Je AFB:	11	23	6

Standardbezug:

	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
4.1	1			
4.2	3, 7			
4.3	1, 7			
4.4	2			
4.5.1	4			
4.5.2	4	5		
4.5.3		7		

Legende:**Nr. Definition des Standards: Die Lernenden ...**

- S1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien
- S2 erläutern Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und beschreiben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten
- S3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen
- S4 bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre Beobachtungen
- S7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an
- E5 planen geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung
- E7 berücksichtigen Messunsicherheiten und analysieren die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses