

# Mecklenburg-Vorpommern



## Musterabitur ab 2025

### Physik

Grundkurs

Prüfungsaufgaben

# Übersicht über die Aufgaben und Materialien

Aufgabe 1 – Defibrillatoren retten leben .....	3
M 1    Parameter und Funktionsweise eines Defibrillators	
M 2    Beispiel für den zeitlichen Verlauf der Spannung beim Einsatz eines Defibrillators	
M 3    Hinweise zum Einsatz von Defibrillatoren	
Aufgabe 2 – Seismische Wellen .....	4
M 4    Aufbau eines Vertikalseismographen (vereinfacht)	
M 5    Seismogramm	
M 6    Was sind seismische Wellen (Auszug)	
Aufgabe 3 – Grundlegende Aspekte der Quantenphysik am Doppelspalt.....	5
M 7    Material zum Doppelspaltexperiment	
M 8    Mit zunehmender Belichtung aufgenommene Bilder	
M 9    Berechnete Intensitätsverteilungen	
Aufgabe 4 – Aufziehautos .....	6
M 10   Aufbau eines Aufziehautos	
M 11   Ablauf von Experiment 1	

## Aufgabe 1 – Defibrillatoren retten Leben

30 BE

An vielen öffentlichen Orten findet man Defibrillatoren. Mit einem solchen Defibrillator können Menschen im Fall eines drohenden Herztodes Erste Hilfe leisten. Die Hauptursache für den plötzlichen Herztod ist ein Herzkammerflimmern, das zum Herzstillstand führt. Defibrillatoren erzeugen einen Elektroschock, um das Herz wieder in seinen normalen Rhythmus zu versetzen. Ein wesentlicher Bestandteil eines Defibrillators ist ein Kondensator.



Abbildung 1: Defibrillator  
Quelle: IQB

- 1.1 Berechnen Sie die maximale Ladung und die maximale elektrische Energie, die in dem Kondensator des in M 1 beschriebenen Defibrillators gespeichert werden können. 4 BE
- 1.2 Leiten Sie die Gleichung  $T_H = R \cdot C \cdot \ln(2)$  für die Halbwertszeit  $T_H$  der Stromstärke beim Entladen eines Kondensators der Kapazität  $C$  über einen Widerstand  $R$  her. 4 BE
- 1.3 Vergleichen Sie die Halbwertszeit des Entladens des Kondensators während des Elektroschocks mit der üblichen Dauer eines Stromstoßes beim Einsatz des Defibrillators (M 1). 4 BE
- 1.4 Es wird nun die Energie eines Elektroschocks betrachtet.
  - 1.4.1 Erläutern Sie den Einfluss der folgenden Größen auf die Energie des Elektroschocks: 5 BE
    - Die Spannung, auf die der Kondensator aufgeladen wird,
    - die Kapazität des Kondensators und
    - die Dauer des Stromstoßes während des Elektroschocks.
  - 1.4.2 Berechnen Sie die Spannung, mit der der Kondensator in dem Defibrillator geladen werden muss, damit in dem Kondensator eine Energie von  $E = 300 \text{ J}$  gespeichert wird. 3 BE
  - 1.4.3 Überprüfen Sie für den in M 2 dargestellten Stromstoß, ob die von dem Kondensator an das Herz abgegebene elektrische Energie zulässig ist. 4 BE
- 1.5 Erklären Sie die in M 3 dargestellten Verhaltensregeln, die bei der Anwendung eines Defibrillators zu beachten sind. 6 BE

## Aufgabe 2 – Seismische Wellen

30 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 zunächst ein Federschwinger mit einer Federkonstanten von  $D = 1 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$  und einer Masse von  $m = 200\text{g}$  betrachtet.
- 2.1.1 Definieren Sie die Begriffe *Amplitude*, *Schwingungsdauer* und *Frequenz*. 7 BE  
Beschreiben Sie die Vorgänge während einer Schwingungsdauer dieses Federschwingers nach einer beliebigen Auslenkung. Gehen Sie dabei auf die sich ändernden Größen ein.
- 2.1.2 Der Federschwinger wird um  $y_{\text{max}} = 3\text{cm}$  ausgelenkt und dann in Ruhe losgelassen. 7 BE  
Geben Sie für die entstehende Schwingung die Funktionsgleichung für  $y(t)$  an.  
Zeichnen Sie das  $y(t)$ -Diagramm einer vollen Perioden dieser Schwingung sowie einer Schwingung mit doppelter Frequenz und halber Amplitude.
- 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 Der Vertikalseismograph der Erdbebenwarte Göttingen hat eine Masse von 1300 kg, bestehend aus einem mit Schwerspat gefüllten Stahlkasten, und hängt an acht Spiralfedern. Er hat eine Schwingungsdauer von 3,5 s. Berechnen Sie die Federkonstante einer Feder seiner Aufhängung. 4 BE
- 2.3 Seismische Wellen verfügen über verschiedenen Moden. In M 6 finden Sie Informationen zu den beiden wichtigsten Moden, den sogenannten P- und S-Wellen.
- 2.3.1 Eine Erdbebenwarte detektiert die in M 5 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 eines Erdbebenzentrums sind mehrere Erdbebenwarten erforderlich. Begründen Sie dies. 2 BE

### Aufgabe 3 – Grundlegende Aspekte der Quantenphysik am Doppelspalt

30 BE

- 3.1 In M 7 ist ein Doppelspaltexperiment mit Licht dargestellt. Der Lichtdetektor soll längs der eingezeichneten Strecke verschiebbar sein.
- 3.1.1 Erläutern Sie auf der Grundlage von M 7, warum beim Verschieben des Detektors periodisch abwechselnde Helligkeit gemessen wird. 4 BE
- 3.1.2 Erklären Sie das aus dem Unterricht bekannte Verfahren zur Bestimmung der Wellenlänge des Lichtes mit einer Doppelspaltanordnung. 4 BE
- 3.1.3 Begründen Sie die dabei verwendete Gleichung. 4 BE
- 3.2 Würde man ein Doppelspaltexperiment mit einer Folge einzelner Photonen ausführen, so würde eine Folge verschieden lang belichteter „Aufnahmen“ mit einer speziellen, sehr empfindlichen Kamera die Bilder in M 8 ergeben.
- Erklären Sie die Aussage dieser Bilder für einzelne Photonen unter Verwendung der Begriffe *stochastische Vorhersagbarkeit*, *Superposition* und *Determiniertheit der Zufallsverteilung*.
- 3.3 Die untere Spaltöffnung in M 7 kann mit einer lichtundurchlässigen Blende verschlossen oder geöffnet werden. Man würde auf diese Weise Intensitätsverteilungen wie in M 9 (Bilder a und b) erhalten.
- 3.3.1 Beschreiben Sie die zwischen den Bildern a und b erkennbaren Veränderungen. 3 BE
- 3.3.2 Erklären Sie die Veränderung an den Stellen A und B zwischen den beiden Bildern a und b. 2 BE
- 3.4 Im Zusammenhang mit vergleichbaren Experimenten wird manchmal der Begriff Komplementarität verwendet. Dieser Begriff wird in einigen Quellen wie folgt erklärt:
- Bei einer Ortsmessung durch Bestimmung der jeweils durchquerten Spaltöffnung bildet sich beim Doppelspaltexperiment kein Interferenzmuster aus.
  - Interferenzmuster und Unterscheidbarkeit der klassisch denkbaren Pfade schließen einander aus.
- 3.4.1 Beurteilen Sie zunächst, ob mit diesen Aussagen die in den Bildern a und b (M 9) dargestellten Ergebnisse erklärt werden können. 2 BE
- 3.4.2 Beziehen Sie dann zusätzlich Bild c (M 9) in Ihre Beurteilung ein. 3 BE

## Aufgabe 4 – Aufziehautos

30 BE

Aufziehaautos sind Spielzeugautos mit einem Aufziehmotor. Der Aufziehmotor besteht aus einer Spiralfeder, die über ein Getriebe mit einer Achse des Spielzeugautos verbunden ist (siehe M 10). Während das Auto auf den Boden gedrückt rückwärts bewegt („aufgezogen“) wird, wird die Spiralfeder gespannt. Nach dem Loslassen des Autos entspannt sich die Feder und beschleunigt das Spielzeugauto. Nach dem Ende dieser Phase positiver Beschleunigung folgt aufgrund von Reibung eine Phase negativer Beschleunigung bis zum Stillstand.



Abbildung 2: Aufziehauto

Quelle: Nutzer NSURo88 auf Wikimedia. Darda model car powered by a pullback motor.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Darda\\_model\\_car\\_powered\\_by\\_a\\_pullback\\_motor.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Darda_model_car_powered_by_a_pullback_motor.jpg). 12. März 2025

- 4.1 Beschreiben Sie die Energieumwandlungen vom Aufziehen des Autos durch Rückwärtsziehen bis zum Stillstand des Autos am Ende der Bewegung. 3 BE
- 4.2 **Experiment 1:** Ziehen Sie das Aufziehauto neben einem Lineal oder Maßband auf und lassen Sie es parallel zum Messgerät bis zum Stillstand fahren (siehe M 11). Nehmen Sie die gesamte Bewegung mit einer Kamera auf und spielen Sie das Video frame-by-frame ab.
- 4.2.1 Begründen Sie, wie sich ohne Berechnung von Geschwindigkeiten feststellen lässt, wann die Phase positiver Beschleunigung endet. 5 BE  
Bestimmen Sie diesen Zeitpunkt.
- 4.2.2 Bestimmen Sie die durchschnittliche Beschleunigung des Aufziehaautos anhand des Videos. 6 BE
- 4.3 Geben Sie zwei Vor- und Nachteile bei der Verwendung einer solchen Feder als Energiespeicher in echten Autos an. 4 BE
- 4.4 **Experiment 2:** Überprüfen Sie experimentell, ob sich durch eine Verdopplung des Aufziehweges auch der gesamte, zurückgelegte Weg des Aufziehaautos verdoppelt. Wiederholen Sie diesen Versuch fünfmal und protokollieren Sie die Messwerte.
- 4.4.1 Werten Sie die Messwerte angemessen aus. 5 BE
- 4.4.2 Erläutern Sie die Bedeutung der fünfmaligen Wiederholung des Versuchs in Aufgabe 4.4. 2 BE
- 4.4.3 Bewerten Sie, inwiefern das Experiment in 4.4 die Frage beantwortet, ob für die eingesetzte Feder (ähnlich der in Abbildung 12) die Gleichung der Spannenergie  $E = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$  gilt. 5 BE

# Mecklenburg-Vorpommern



## Musterabitur ab 2025

### Physik

Grundkurs

Material

# Übersicht über die Aufgaben und Materialien

Aufgabe 1 – Aufgabentitel .....	3
M 1    Parameter und Funktionsweise eines Defibrillators .....	3
M 2    Beispiel für den zeitlichen Verlauf der Spannung beim Einsatz eines Defibrillators .....	3
M 3    Hinweise zum Einsatz von Defibrillatoren .....	4
Aufgabe 2 – Seismische Wellen .....	5
M 4    Aufbau eines Vertikalseismographen (vereinfacht) .....	5
M 5    Seismogramm .....	5
M 6    Was sind seismische Wellen (Auszug) .....	6
Aufgabe 3 – Grundlegende Aspekte der Quantenphysik am Doppelspalt.....	7
M 7    Material zum Doppelspaltexperiment.....	7
M 8    Mit zunehmender Belichtung aufgenommene Bilder.....	7
M 9    Berechnete Intensitätsverteilungen.....	8
Aufgabe 4 – Aufziehautos .....	9
M 10   Aufbau eines Aufziehautos .....	9
M 11   Ablauf von Experiment 1 .....	10



## Aufgabe 1 – Aufgabentitel

### M 1 Parameter und Funktionsweise eines Defibrillators

Beim Einsatz eines Defibrillators werden zwei Elektroden auf den Brustkorb des Menschen mit einem Herzkammerflimmern geklebt. In dem Defibrillator befindet sich ein Kondensator, der mit einer sehr hohen Spannung aufgeladen wird. Nach einem Knopfdruck entlädt sich der Kondensator und gibt dabei seine gespeicherte elektrische Energie als Elektroschock an den Menschen ab. Durch das Herz fließt für sehr kurze Zeit ein elektrischer Strom. Dieser Elektroschock ist erfolgreich, wenn das Herzkammerflimmern beendet wird und das Herz wieder beginnt regelmäßig zu schlagen.

Tabelle 1: Daten zum Defibrillator

Kapazität des Kondensators	50 $\mu\text{F}$
Widerstand zwischen den Elektroden bei einem erwachsenen Menschen	ca. 100 $\Omega$
Übliche Dauer eines Stromstoßes	ca. 6 ms
Maximale Spannung des Kondensators	4000 V
Maximal zulässige Energie des Elektroschocks für erwachsenen Menschen	360 J

### M 2 Beispiel für den zeitlichen Verlauf der Spannung beim Einsatz eines Defibrillators

Beim Einsatz eines Defibrillators wird der Kondensator nicht vollständig entladen. Je nach Bauart des Defibrillators treten beim Entladen des Kondensators unterschiedliche Kurvenformen für die Spannung in Abhängigkeit von der Zeit auf. Das Diagramm in Abbildung 1 zeigt vereinfacht einen möglichen zeitlichen Verlauf der Spannung.

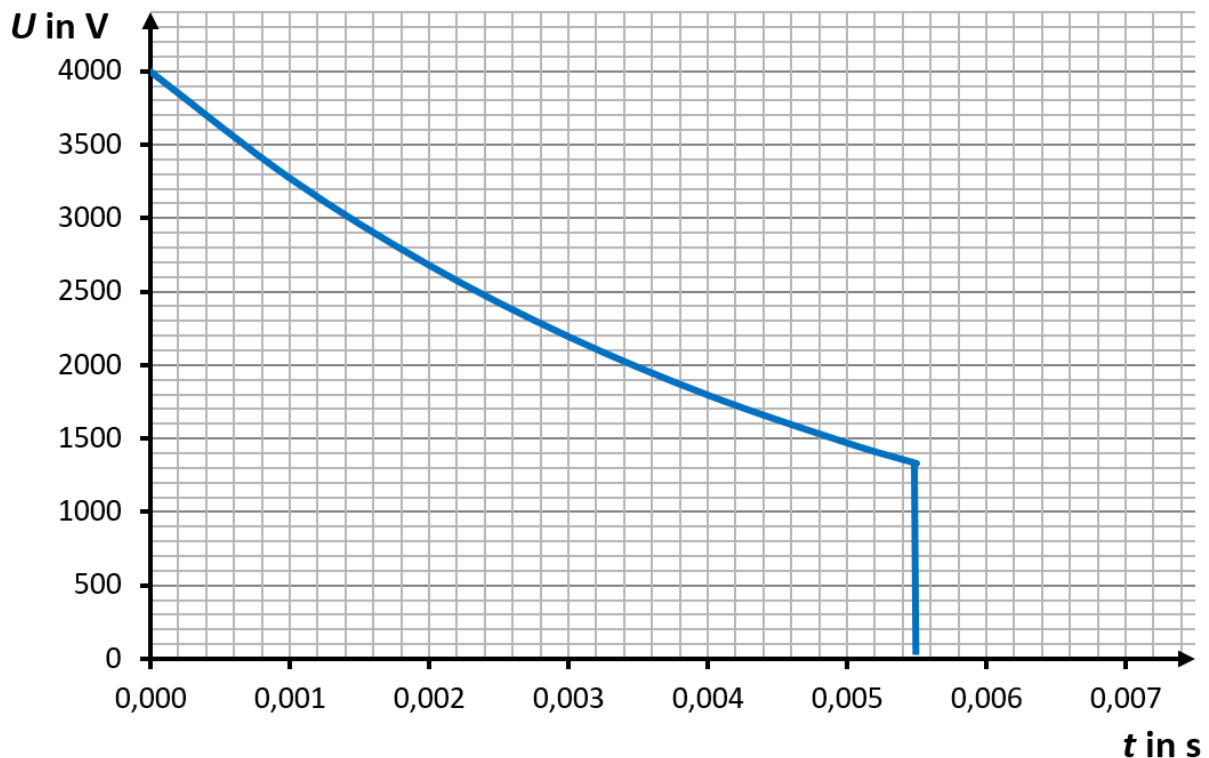


Abbildung 1: Zeitlicher Verlauf der Spannung bei einem möglichen Stromstoß der Dauer 6 ms

Quelle: IQB

### **M 3 Hinweise zum Einsatz von Defibrillatoren**

Auch für medizinisch nicht ausgebildete Laien gibt es spezielle halbautomatische Defibrillatoren. Nach dem Einschalten geben diese Geräte mit Sprachbefehlen die notwendigen Anweisungen zum Einsatz. Der Ersthelfer muss die Elektroden auf dem Brustkorb direkt auf die Haut kleben und anschließend durch einen Knopfdruck die Automatik starten. Der Defibrillator macht selbstständig ein EKG und untersucht, ob tatsächlich ein Kammerflimmern vorliegt. Erst dann wird der Elektroschock ausgelöst.

Bei der Defibrillation sind einige Verhaltensregeln zu berücksichtigen:

- Bei Nässe ist der betroffene Mensch möglichst auf eine trockene Unterlage zu legen,
- vor der Befestigung der Elektroden sind eventuelle Pflaster oder starke Brustbehaarung zu entfernen,
- während des EKGs und der Schockabgabe darf der Mensch nicht berührt werden.

Quelle: IQB

## Aufgabe 2 – Seismische Wellen

### M 4 Aufbau eines Vertikalseismographen (vereinfacht)

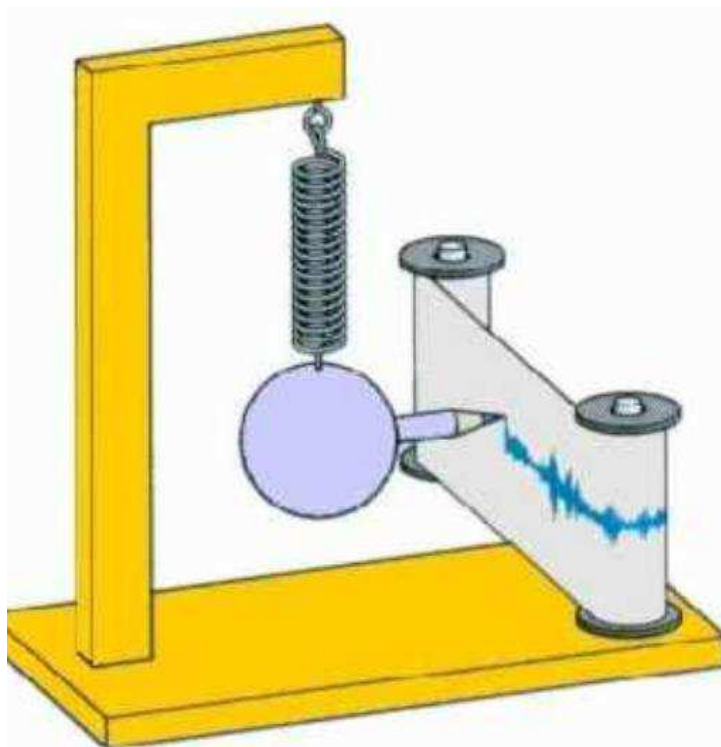


Abbildung 2: Vereinfachter Aufbau eines Vertikalseismographen

Quelle: LEIFphysik: *Seismische Welle*.

<https://www.leifphysik.de/mechanik/mechanische-wellen/ausblick/seismische-wellen>. 6. Januar 2023:

### M 5 Seismogramm

Origin-Time: 06-Apr-2009 01:32:42 (UTC)

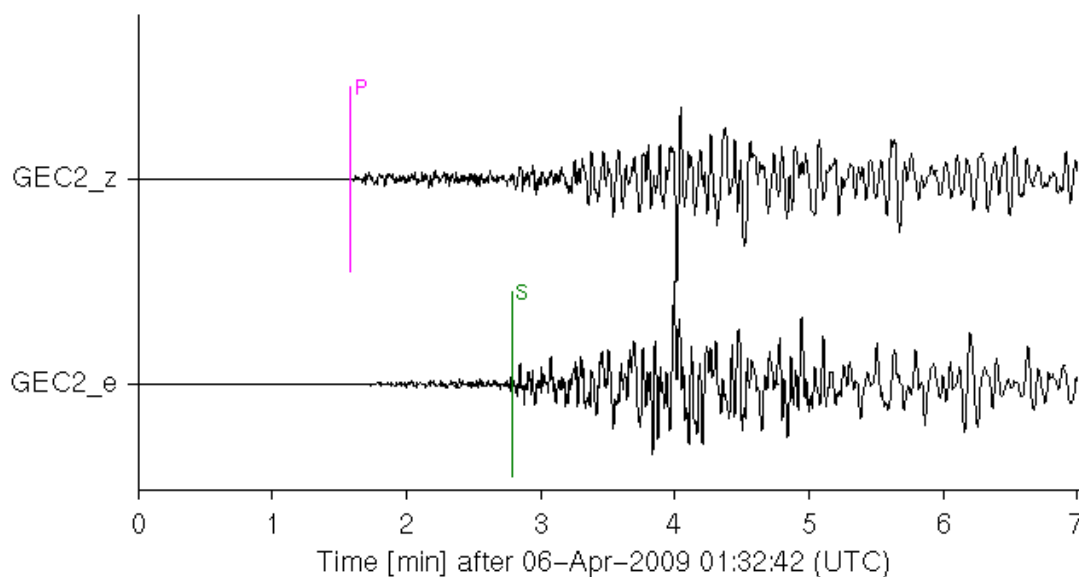


Abbildung 3: Seismogramm zweier Seismographen der seismischen Station GEC in Bayern. Die x-Achse stellt die Zeit in Minuten dar.

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](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Erdbeben-Gefaehrdungsanalysen/Seismologie/Seismologie/Erdbebenauswertung/Besondere_Erdbeben/Ausgewaehlte_Erdbeben/zentralitalien.html). 6. Januar 2023:

## M 6 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. 6 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. 3,5 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.

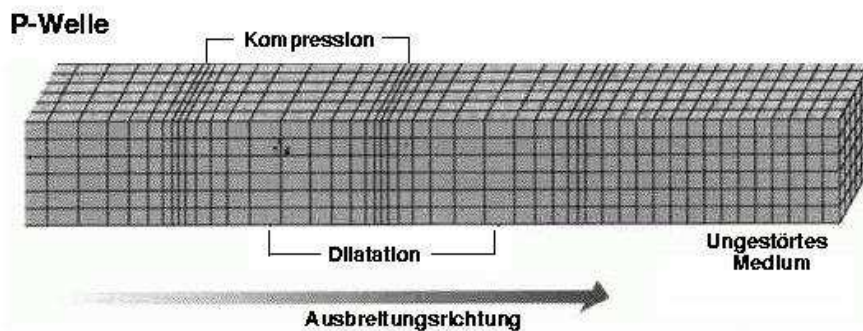


Abbildung 5: P-Wellen

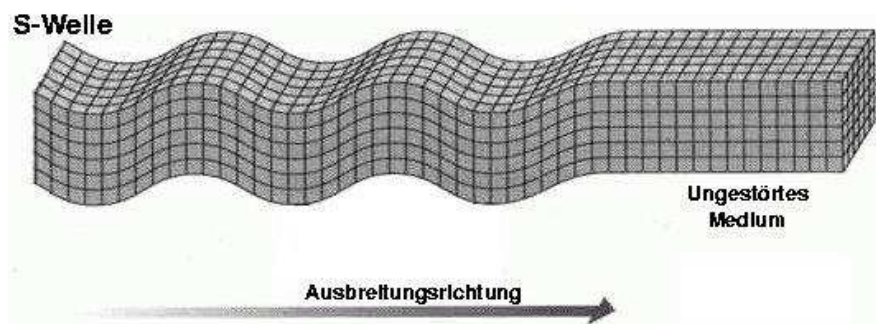


Abbildung 4: S-Wellen

## Aufgabe 3 – Grundlegende Aspekte der Quantenphysik am Doppelspalt

### M 7 Material zum Doppelspaltexperiment



Abbildung 6: Prinzipieller Aufbau

Der Lichtdetektor ist längs der eingezeichneten Strecke verschiebbar.

Die Abbildung rechts zeigt das entstehende Schirmbild (mit einer empfindlichen Kamera fotografiert).

Quelle: IQB

### M 8 Mit zunehmender Belichtung aufgenommene Bilder

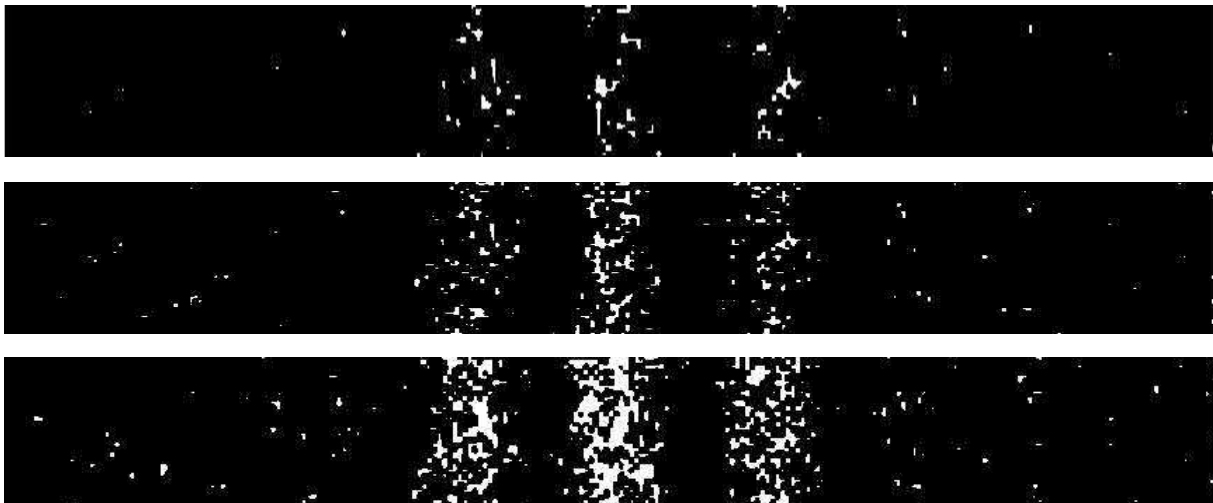


Abbildung 7: Mit zunehmender Belichtungszeit aufgenommene Bilder der Erscheinung

Quelle: IQB

## M 9 Berechnete Intensitätsverteilungen

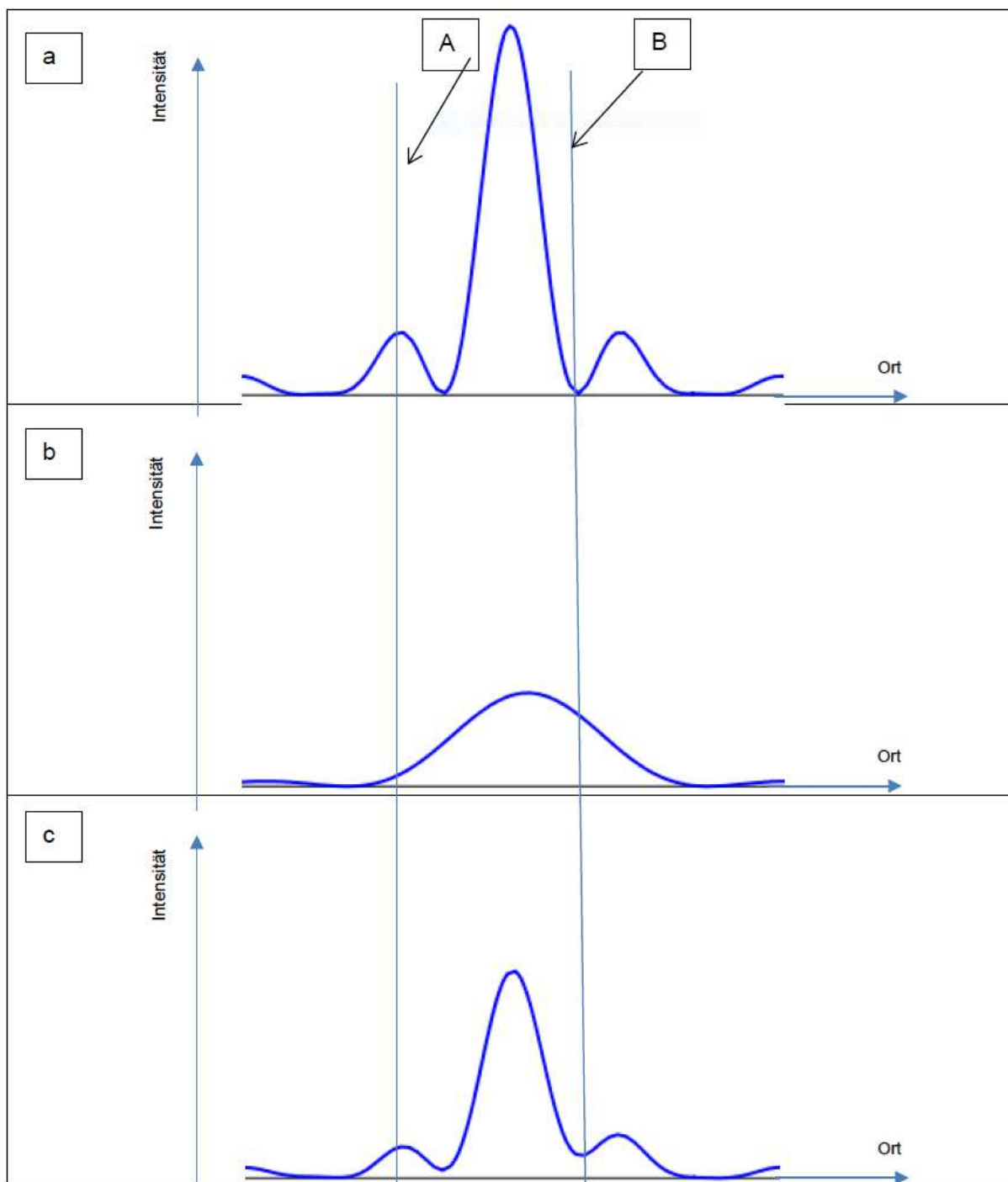


Abbildung 8: Berechnete Intensitätsverteilungen bei verschiedenen Einstellungen der lichtundurchlässigen Blende vor dem unteren Spalt.

- Blende geöffnet.
- Blende geschlossen.
- Die Lichtdurchlässigkeit des unteren Spaltes wird mit einem Filter anstelle einer undurchlässigen Blende etwas reduziert.

## Aufgabe 4 – Aufziehautos

### M 10 Aufbau eines Aufziehautos

Abbildung 9 und Abbildung 10 zeigen die Positionierung des Aufziehmotors an einer Achse im Inneren eines Spielzeugautos sowie die Feder im Aufziehmotor eines anderen Spielzeugautos.

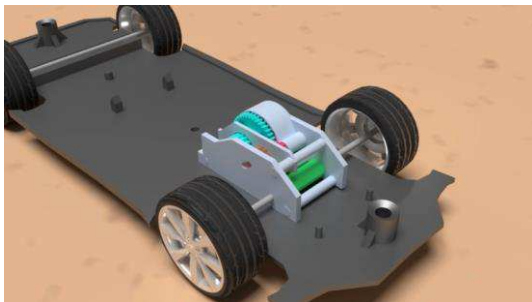


Abbildung 10: Aufziehmotor an Achse

Quelle: Jared Owen: How Does a Pull-Back Toy Car Work – Animation. 17. September 2019.  
<https://siamagazin.com/how-does-a-pull-back-toy-car-work-animation/>. 12. März 2025



Abbildung 9: Feder im Aufziehmotor

Quelle: Charlie Sorrel: It's a Wind Up: Gorgeous Spring-Powered Toy Car Not for Kids.  
<https://www.wired.com/2011/04/its-a-wind-up-gorgeous-spring-powered-toy-car-not-for-kids/>. 12. März 2025

## M 11 Ablauf von Experiment 1

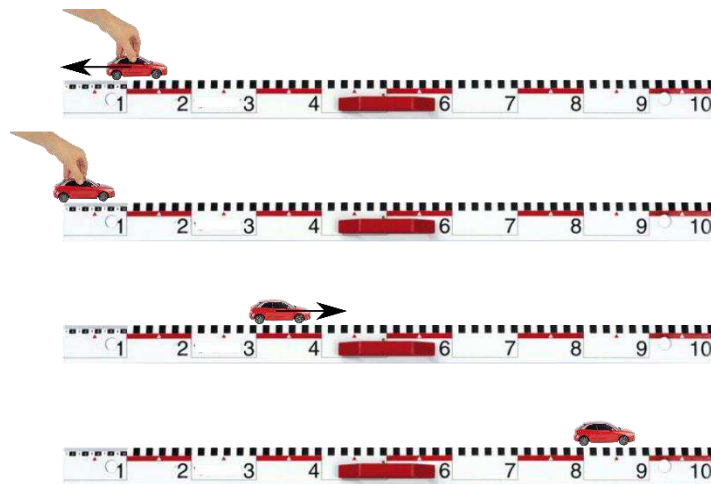


Abbildung 11: Ablauf von Experiment 1

Quelle: Marco Verch: Hand gibt dem Spielzeugauto einen Schubs.

<https://foto.wuestenigel.com/hand-gibt-dem-spielzeugauto-einen-schubs/>. 12. März 2025.

### Hinweis:

Diese Aufgabe setzt neben Linealen bzw. Maßbändern bestimmte Experimentiergeräte voraus:

- Aufziehauto
- Kamera und Software zur Frame-by-Frame-Wiedergabe von Videos (z. B. über ein Smartphone oder Tablet).

Die Notwendigkeit des Vorhandenseins dieser Experimentiergeräte für tatsächliche Prüfungen würde über Vorabhinweise und Sonderhinweise rechtzeitig kommuniziert.



# Mecklenburg-Vorpommern



## Musterabitur ab 2025

### Physik

Grundkurs

Musterlösung

1	Defibrillatoren retten Leben	BE/AFB		
		I	II	III
1.1	<p>Berechnen Sie die maximale Ladung und die maximale elektrische Energie, die in dem Kondensator des in M1 beschriebenen Defibrillators gespeichert werden können. (S7)</p> <p>Maximale Ladung:  <math>Q = C \cdot U = 50 \mu\text{F} \cdot 4000 \text{V} = 0,2 \text{C}</math></p> <p>Maximale Energie:  <math>E_{\text{el}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot 50 \mu\text{F} \cdot (4000 \text{V})^2 = 400 \text{J}</math></p>	2		
1.2	<p>Leiten Sie die Gleichung <math>T_H = R \cdot C \cdot \ln(2)</math> für die Halbwertszeit <math>T_H</math> der Stromstärke beim Entladen eines Kondensators der Kapazität <math>C</math> über einen Widerstand <math>R</math> her (S3).</p> $I(T_H) = \frac{I_0}{2} = I_0 \cdot e^{-\frac{1}{R \cdot C} \cdot T_H} \Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\frac{1}{R \cdot C} \cdot T_H}$ $-\ln(2) = -\frac{1}{R \cdot C} \cdot T_H \Rightarrow T_H = R \cdot C \cdot \ln(2)$		4	
1.3	<p>Vergleichen Sie die Halbwertszeit des Entladens des Kondensators während des Elektroschocks mit der üblichen Dauer eines Stromstoßes beim Einsatz des Defibrillators (M 1). (S3)</p> <p>Berechnen der Halbwertszeit:  <math>T_H = R \cdot C \cdot \ln(2) = 100 \Omega \cdot 50 \mu\text{F} \cdot \ln(2) \approx 3,5 \text{ms}</math></p> <p>Vergleich mit der Dauer eines Stromstoßes:  Die Entladezeit von 6 ms eines typischen Stromstoßes ist größer als die berechnete Halbwertszeit von 3,5 ms.</p>	2		2

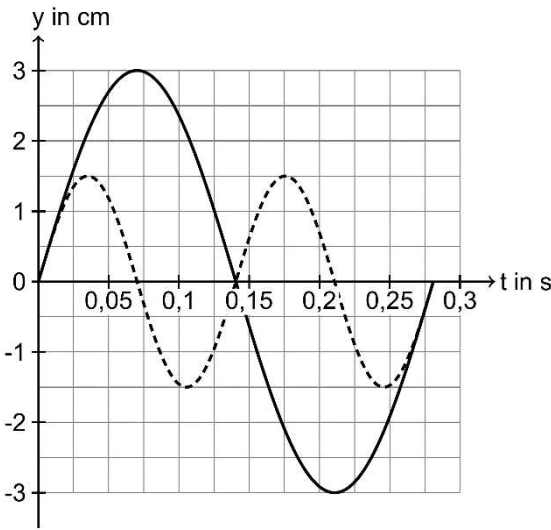


**Standardbezug:**

	<b>Kompetenzbereich</b>			
	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>K</b>	<b>B</b>
<b>1.1</b>	7			
<b>1.2</b>	3			
<b>1.3</b>	3			
<b>1.4</b>	1, 3			
<b>1.5</b>	1			4

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

- S1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien
- 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
- K4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert

2	Seismische Wellen	BE/AFB		
		I	II	III
2.1.1	<p>Definieren Sie die Begriffe Amplitude, Schwingungsdauer und Frequenz. (S2)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Amplitude = Maximale Auslenkung</li> <li>- Schwingungsdauer = Länge einer Periode</li> <li>- Frequenz = Häufigkeit von Perioden pro Zeiteinheit</li> </ul>	3		
2.1.1	<p>Beschreiben Sie die Vorgänge während einer Schwingungsdauer dieses Federschwingers nach einer beliebigen Auslenkung. Gehen Sie dabei auf die sich ändernden Größen ein. (K4)</p> <p>Die Federspannkraft treibt die Masse zurück in Richtung der Ruhelage. Die Masse schwingt über die Ruhelage hinaus bis zum nächsten Umkehrpunkt, von wo aus der Federschwinger wieder zurückschwingt. Die Auslenkung ändert sich dabei periodisch zwischen diesen beiden Umkehrpunkten, die Geschwindigkeit zwischen den Maximalgeschwindigkeiten in der Ruhelage in beide Richtungen, die Beschleunigung zwischen den Maximalbeschleunigungen in den Umkehrpunkten, die kinetische Energie entsprechend der Geschwindigkeit und die potenzielle Energie entsprechend der Auslenkung.</p>	4		
2.1.2	<p>Geben Sie für die entstehende Schwingung die Funktionsgleichung für <math>y(t)</math> an. (E4)</p> $y(t) = 3 \text{ cm} \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{t}{0,28 \text{ s}}\right) = 3 \text{ cm} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 3,56 \text{ Hz} \cdot t)$ <p>Hinweis: Eine Form der Funktionsgleichung reicht aus.</p>		4	
2.1.2	<p>Zeichnen Sie das <math>y(t)</math>-Diagramm einer vollen Periode dieser Schwingung sowie einer Schwingung mit doppelter Frequenz und halber Amplitude. (K6)</p>  <p>Durchgezogen: Federschwinger Gestrichelt: Doppelte Frequenz und halbe Amplitude.</p>	3		

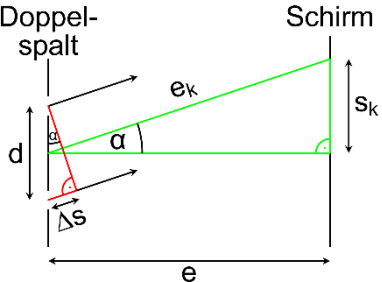
2.2.1	<p><i>Erklären Sie die Funktionsweise eines Vertikalseismographen. (S5)</i></p> <p>Wenn der Erdboden vertikal schwingt, dann auch der darauf befestigte Vertikalseismograph mit der fest eingebauten Papierrolle. Die Kugel mit dem Stift hängt an einer dehnbaren Feder, sodass die Kugel der Vertikalbewegung 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 <math>y(t)</math>-Diagramm der Vertikalbewegung des Erdbodens aufzeichnet.</p>		4		
2.2.2	<p><i>Berechnen Sie die Federkonstante einer Feder seiner Aufhängung. (S1, S7)</i></p> <p>Die Masse von 1300 kg verteilt sich auf die acht Federn, sodass jede mit 162,5 kg Last schwingt. Somit gilt:</p> $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} \Rightarrow D = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot m}{T^2} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 162,5 \text{ kg}}{(3,5 \text{ s})^2} \approx 524 \frac{\text{N}}{\text{m}}$		4		
2.3.1	<p><i>Bestimmen Sie die Entfernung der Station vom Erdbebenzentrum. (S6, E6)</i></p> <p>Die Entfernung <math>s</math> vom Erdbebenzentrum ergibt sich aus dem Laufzeitunterschied <math>\Delta t</math> 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 den Geschwindigkeiten <math>v_P = 6 \frac{\text{km}}{\text{s}}</math> und <math>v_S = 3,5 \frac{\text{km}}{\text{s}}</math> eine Entfernung von <math>s \approx 605 \text{ km}</math>.</p>			6	
2.3.2	<p><i>Zur genauen Lokalisation eines Erdbebenzentrums sind mehrere Erdbebenwarten erforderlich. Begründen Sie dies. (B6)</i></p> <p>Aus dem Seismogramm einer Erdbebenwarte kann die Entfernung des Erdbebenzentrums zu dieser Erdbebenwarte bestimmt werden. Die möglichen Erdbebenzentren liegen somit auf einem Kreis mit diesem Radius um die Erdbebenwarte. Mit den Seismogrammen verschiedener Erdbebenwarten ergibt sich das Erdbebenzentrum als Schnittpunkt aller dieser Kreise.</p>		2		
<b>Insgesamt: 30 BE. Je AFB:</b>			<b>10</b>	<b>14</b>	<b>6</b>

**Standardbezug:**

	<b>Kompetenzbereich</b>			
	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>K</b>	<b>B</b>
<b>2.1.1</b>	3		4	
<b>2.1.2</b>		4	6	
<b>2.2.1</b>	5			
<b>2.2.2</b>	1, 7			
<b>2.3.1</b>	6	6		
<b>2.3.2</b>				6

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

- S1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien
- 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
- S6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an
- 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
- E6 erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen
- 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	Grundlegende Aspekte der Quantenphysik am Doppelspalt	BE/AFB		
		I	II	III
3.1.1	<p><i>Erläutern Sie auf der Grundlage von M 7, warum beim Verschieben des Detektors periodisch abwechselnde Helligkeit gemessen wird. (S1, K4)</i></p> <p>Hinter dem Doppelspalt überlagern sich die gebeugten Wellen aus den beiden Spalten (Superposition). Beide Teilwellen sind kohärent, sodass es zu destruktiver oder konstruktiver Interferenz kommen kann. Konstruktive Interferenz tritt an den Orten auf, an denen der Wegunterschied von den beiden Spalten ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge ist. Dort ist es besonders hell. Destruktive Interferenz tritt an den Orten auf, an denen der Wegunterschied von beiden Spalten ein halbzahliges Vielfaches der Wellenlänge ist. Dort ist es dunkel. Beim Verschieben bewegt sich der Detektor abwechselnd über diese Orte hinweg.</p>	4		
3.1.2	<p><i>Erklären Sie das aus dem Unterricht bekannte Verfahren zur Bestimmung der Wellenlänge des Lichtes mit einer Doppelspaltanordnung. (S5)</i></p> <p>Die Wellenlänge <math>\lambda</math> kann mit Hilfe der Gleichung <math>\frac{k \cdot \lambda}{d} = \frac{s_k}{e_k}</math> bestimmt werden. Dabei ist <math>d</math> der Spaltabstand, <math>s_k</math> der Abstand vom 0. Maximum zum <math>k</math>-ten Maximum und <math>e_k</math> der Abstand vom Doppelspalt zum <math>k</math>-ten Maximum. Dieser ist näherungsweise der Abstand <math>e</math> vom Doppelspalt zum Schirm. Der Spaltabstand <math>d</math> ist auf dem Doppelspalt gegeben. Die Werte für <math>s_k</math> und <math>e_k</math> müssen gemessen werden.</p>	4		
3.1.3	<p><i>Begründen Sie die dabei verwendete Gleichung. (S6, S7)</i></p>  <p>Für den Winkel <math>\alpha</math> im roten Dreieck gilt: <math>\sin(\alpha) = \frac{\Delta s}{d}</math>.</p> <p>Für den gleichen Winkel im grünen Dreieck gilt: <math>\sin(\alpha) = \frac{s_k}{e_k}</math>.</p> <p>Maxima entstehen bei konstruktiver Interferenz, d. h. für <math>\Delta s = k \cdot \lambda</math>. Aus diesen Gleichungen folgt <math>\frac{k \cdot \lambda}{d} = \frac{s_k}{e_k}</math>.</p>		4	



3.2	<p><i>Erklären Sie die Aussage dieser Bilder für einzelne Photonen unter Verwendung der Begriffe stochastische Vorhersagbarkeit, Superposition und Determiniertheit der Zufallsverteilung. (S1, K3)</i></p> <p>In den Bildern sind einzelne Treffer als helle Punkte zu erkennen. Der Auftreffpunkt für ein einzelnes Photon ist nicht vorherzusagen. Mit zunehmender Dichte der hellen Punkte ergibt sich jedoch eine stochastische Vorhersagbarkeit. Die Hüllkurve ist das Ergebnis der Superposition der Wellenfunktionen zu beiden Spaltöffnungen. Die Zufallsverteilung wird durch sie determiniert: in den Minima ist die Wahrscheinlichkeit des Auftreffens eines Photons viel geringer als in ihren Maxima.</p> <p><i>Hinweis: Die volle Anzahl an BEs kann nur erteilt werden, wenn die Forderung nach Struktur und angemessener Fachsprache erfüllt ist.</i></p>		8		
3.3.1	<p><i>Beschreiben Sie die zwischen den Bildern a und b erkennbaren Veränderungen. (K3)</i></p> <p>Es ist zu erkennen, dass die Intensität bei a höher als bei b ist.</p> <p>Bei a gibt es im Gegensatz zu b ausgeprägte Nebenmaxima und -minima, z. B. bei A bzw. B.</p>		3		
3.3.2	<p><i>Erklären Sie die Veränderung an den Stellen A und B zwischen den beiden Bildern a und b. (E6)</i></p> <p>Aufgrund der fehlenden zweiten Teilwelle durch den unteren Spalt kann die Elongation der Teilwelle des oberen Spaltes bei b nicht kompensiert werden und bei a nicht erhöht werden. Es kommt somit nicht zu destruktiver bzw. konstruktiver Interferenz.</p>			2	
3.4.1	<p><i>Beurteilen Sie zunächst, ob mit diesen Aussagen die in den Bildern a und b (M 9) dargestellten Ergebnisse erklärt werden können. (E8)</i></p> <p>Nein, die Aussagen erklären die Bilder a und b nicht, denn es findet bei b keine Messung des Ortsdurchgangs, sondern eine Vernichtung der Photonen durch die Blende statt. Es können also gar keine Photonenstrahlen überlagert werden.</p>		2		
3.4.2	<p><i>Beziehen Sie dann zusätzlich Bild c (M 9) in Ihre Beurteilung ein. (E8)</i></p> <p>Durch den Filter findet ebenfalls keine Ortsmessung statt, sodass die erste Aussage auch hier nicht anwendbar ist. Die zweite Aussage bezieht sich aber nur auf die Unterscheidbarkeit der klassisch denkbaren Pfade und die ist hier gegeben (ohne Filter vs. mit Filter). Bild c zeigt allerdings ein Interferenzmuster, dass lediglich nicht so stark ausgeprägt ist wie in a. Die zweite Aussage widerspricht also sogar den Bildern a und c.</p>			3	
<b>Insgesamt: 30 BE. Je AFB:</b>			<b>8</b>	<b>17</b>	<b>5</b>

**Standardbezug:**

	<b>Kompetenzbereich</b>			
	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>K</b>	<b>B</b>
<b>3.1.1</b>	1		4	
<b>3.1.2</b>	5			
<b>3.1.3</b>	6,7			
<b>3.2</b>	1		3	
<b>3.3.1</b>			3	
<b>3.3.2</b>		6		
<b>3.4.1</b>		8		
<b>3.4.2</b>		8		

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

- S1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien
- S5 erklären bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus
- S6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an
- 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

4	Aufziehautos	BE/AFB		
		I	II	III
4.1	<p><i>Beschreiben Sie die Energieumwandlungen vom Aufziehen des Autos durch Rückwärtsziehen bis zum Stillstand des Autos am Ende der Bewegung. (K4)</i></p> <p>Die chemisch gebundene Energie im Körper des Aufziehenden wird durch das Aufziehen in Spannenergie der Feder umgewandelt. Nach dem Loslassen wird die Spannenergie der Feder in kinetische Energie des Aufziehautos umgewandelt. Während der Bewegung wird die kinetische Energie durch Reibung in thermische Energie von Boden, Luft und Aufziehauto umgewandelt.</p>	3		
4.2.1	<p><i>Begründen Sie, wie sich ohne Berechnung von Geschwindigkeiten feststellen lässt, wann die Phase positiver Beschleunigung endet. (S6)</i></p> <p>Während der Phase positiver Beschleunigung wächst die Geschwindigkeit an, d. h. der Weg, der pro Frame, zurückgelegt wird. Sobald also der Ortsunterschied des Autos bei aufeinander folgenden Frames nicht mehr zunimmt, ist die Phase positiver Beschleunigung beendet.</p>		2	
4.2.1	<p><i>Bestimmen Sie diesen Zeitpunkt. (S4)</i></p> <p>Angabe dieses Zeitpunkts im eigenen Video</p> <p><i>Hinweis: Die 3 BE berücksichtigen die Zeit, die zum Aufbau und zur Durchführung des Experimentes notwendig sind.</i></p>		3	

4.2.2	<p><i>Bestimmen Sie die durchschnittliche Beschleunigung des Aufziehaautos anhand des Videos. (S4, S6)</i></p> <p>Variante 1 (lokales Verfahren):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Protokollieren von Orten und Zeiten in regelmäßigen zeitlichen Abständen (nicht notwendigerweise Frame-by-Frame) während der gesamten Phase positiver Beschleunigung</li> <li>- Berechnen der durchschnittlichen Geschwindigkeiten in den einzelnen Abschnitten: <math>\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}</math></li> <li>- Berechnen der durchschnittlichen Beschleunigung in den einzelnen Abschnitten: <math>\bar{a} = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t}</math></li> <li>- Mittelwertbildung der Beschleunigungen</li> </ul> <p>Variante 2 (globales Verfahren):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Für eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung aus der Ruhe gilt <math>s = \frac{a}{2} t^2</math>. Daraus ergibt sich <math>a = \frac{2s}{t^2}</math>. Wenn man den Ort und die Zeit vom Ende der Phase positiver Beschleunigung einsetzt, erhält man die Beschleunigung, als ob die Bewegung bis dahin gleichmäßig beschleunigt wäre, d. h. die durchschnittliche Beschleunigung.</li> <li>- Also Ort und Zeit ablesen und <math>a = \frac{2s}{t^2}</math> berechnen.</li> </ul> <p><i>Hinweis: Es sind auch Mischungen des lokalen und globalen Verfahrens möglich.</i></p>	6		
4.3	<p><i>Geben Sie zwei Vor- und Nachteile bei der Verwendung einer solchen Feder als Energiespeicher in echten Autos an. (B6)</i></p> <p>Vorteile, Beispielsweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lange Lebensdauer des Energiespeichers</li> <li>- Geringer Einsatz seltener Ressourcen</li> <li>- Aufbau und Funktionsweise einfach</li> </ul> <p>Nachteile, Beispielsweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geringe Energiedichte</li> <li>- Gefahren bei mechanischem Versagen der Hülle</li> <li>- Schlechte Regelbarkeit der Beschleunigung</li> </ul>	4		
4.4.1	<p><i>Werten Sie die Messwerte angemessen aus. (S4, S6)</i></p> <p>Protokollierung von einfachem Aufziehweg und zugehörigem Gesamtweg sowie doppeltem Aufziehweg und zugehörigem Gesamtweg für fünf Wiederholungen</p> <p>Geeignete Auswertung, z. B. Berechnung der Mittelwerte der jeweiligen Gesamtwege und deren Verhältnis; Vergleich des Verhältnisses mit 2.</p>	5		

4.4.2	<p><i>Erläutern Sie die Bedeutung der fünfmaligen Wiederholung des Versuchs in Aufgabe 4.4. (E7)</i></p> <p>Die fünfmalige Wiederholung dient der Verringerung von Messunsicherheiten. Des Weiteren werden Zufallsbefunde und Ausreißer dadurch erkennbar.</p>		2	
4.4.3	<p><i>Bewerten Sie, inwiefern das Experiment in 4.4 die Frage beantwortet, ob für die eingesetzte Feder (ähnlich der in Abbildung 12) die Gleichung der Spannenergie <math>E = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2</math> gilt. (E3)</i></p> <p>Bewertung mit verschiedenen Argumenten und Fazit. Beispielsweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wenn für die Spannenergie die gegebene Gleichung gilt, dann führt eine Verdoppelung des Aufzieweges zu einer Vervierfachung der gespeicherten Energie. Unter der Annahme konstanter Reibung folgt somit eine Vervierfachung des Gesamtweges. Das Experiment könnte diese Frage also höchstens dann beantworten, wenn mit einem vierfachen Gesamtweg verglichen wird.</li> <li>- Selbst, wenn für die verwendete Feder die Gleichung der Spannenergie gilt, kann der Gesamtweg durch weitere Effekte beeinflusst werden (z. B. verringerte Bahnfestigkeit des Autos und höhere Reibung bei höheren Geschwindigkeiten). Diese Effekte werden bei dem Experiment nicht kontrolliert.</li> <li>- Außerdem wird das Experimente zwar fünfmal wiederholt, aber nur für eine Wahl der Parameter, sodass trotz anderer Gleichung eine Vervierfachung des Gesamtweges für diese Wahl von Parametern möglich ist.</li> </ul> <p>Das Experiment wäre also nur dann aussagekräftig und selbst dann kaum geeignet, wenn mit dem vierfachen Gesamtweg verglichen wird.</p>			5
<b>Insgesamt: 30 BE. Je AFB:</b>		<b>9</b>	<b>16</b>	<b>5</b>

**Standardbezug:**

	<b>Kompetenzbereich</b>			
	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>K</b>	<b>B</b>
<b>4.1</b>			4	
<b>4.2.1</b>	4, 6			
<b>4.2.2</b>	4,6			
<b>4.3</b>				6
<b>4.4.1</b>	4,6			
<b>4.4.2</b>		7		
<b>4.4.3</b>		3		

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

- S4 bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre Beobachtungen
- S6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an
- E3 beurteilen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen
- E7 berücksichtigen Messunsicherheiten und analysieren die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses
- K4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert
- B6 beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung und Konsequenzen und schätzen Risiken, auch in Alltagssituationen, ein;