

Gemeinsame Abituraufgabenpools der Länder

Beispielaufgaben

Aufgabe für das Fach Physik

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Defibrillatoren retten Leben
Anforderungsniveau	grundlegend
Inhaltsbereiche	♦ Elektrische und magnetische Felder ♦ Das Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen ♦ Elektrische Energie in einem geladenen Kondensator ♦ Kondensator als Energiespeicher, Kapazität
Materialien	♦ M 1 Parameter und Funktionsweise eines Defibrillators ♦ M 2 Beispiel für einen zeitlichen Verlauf der Spannung beim Einsatz eines Defibrillators ♦ M 3 Hinweise zum Einsatz von Defibrillatoren
Quellenangaben	♦ Abb. 1: [Tanja-Denise Schantz] (2015). Defibrillator. Pixabay. Verfügbar unter: https://pixabay.com/de/photos/defibrillator-wiederbelebung-809448/ (Zugriff am: 22.01.2020) ♦ Alle weiteren Materialien und Abbildungen wurden im Auftrag des IQB erstellt.
Hilfsmittel	♦ Wissenschaftlicher Taschenrechner ♦ Formelsammlung
zusätzliche inhaltliche und methodische Voraussetzungen	♦ Kondensator: Ladung, Energie, Beschreibung des zeitlichen Verlaufs von Stromstärke und Spannung beim Entladen mit Hilfe einer Exponentialfunktion, Halbwertszeit für die Stromstärke beim Entladen
fachpraktischer Anteil	ja ☐ nein ☒ Zeitzuschlag: -

1 Aufgabe

Defibrillatoren retten Leben

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.



Abb. 1: Defibrillator, Pixabay, 2015.

	BE
1 Berechnen Sie die maximale Ladung und die maximale elektrische Energie, die in dem Kondensator des im M 1 beschriebenen Defibrillators gespeichert werden können.	4
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
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
4 Erläutern Sie den Einfluss der folgenden Größen auf die Energie des Elektroschocks: ♦ Die Spannung, auf die der Kondensator aufgeladen wird, ♦ die Kapazität des Kondensators und ♦ die Dauer des Stromstoßes während des Elektroschocks. 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. Überprüfen Sie für den im M 2 dargestellten Stromstoß, ob die von dem Kondensator an das Herz abgegebene elektrische Energie zulässig ist.	5
5 Erklären Sie die in M 3 dargestellten Verhaltensregeln, die bei der Anwendung eines Defibrillators zu beachten sind.	6

2 Material

Material 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.

Tab. 1: Daten zum Defibrillator

Kapazität des Kondensators	50 μF
Widerstand zwischen den Elektroden bei einem erwachsenen Menschen	ca. 100 Ω
übliche Dauer eines Stromstoßes	ca. 6 ms
maximale Spannung des Kondensators	4000 V
maximal zulässige Energie des Elektroschocks für einen erwachsenen Menschen	360 J

Quelle: IQB

Material 2

Beispiel für einen 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 2 zeigt vereinfacht einen möglichen zeitlichen Verlauf der Spannung.

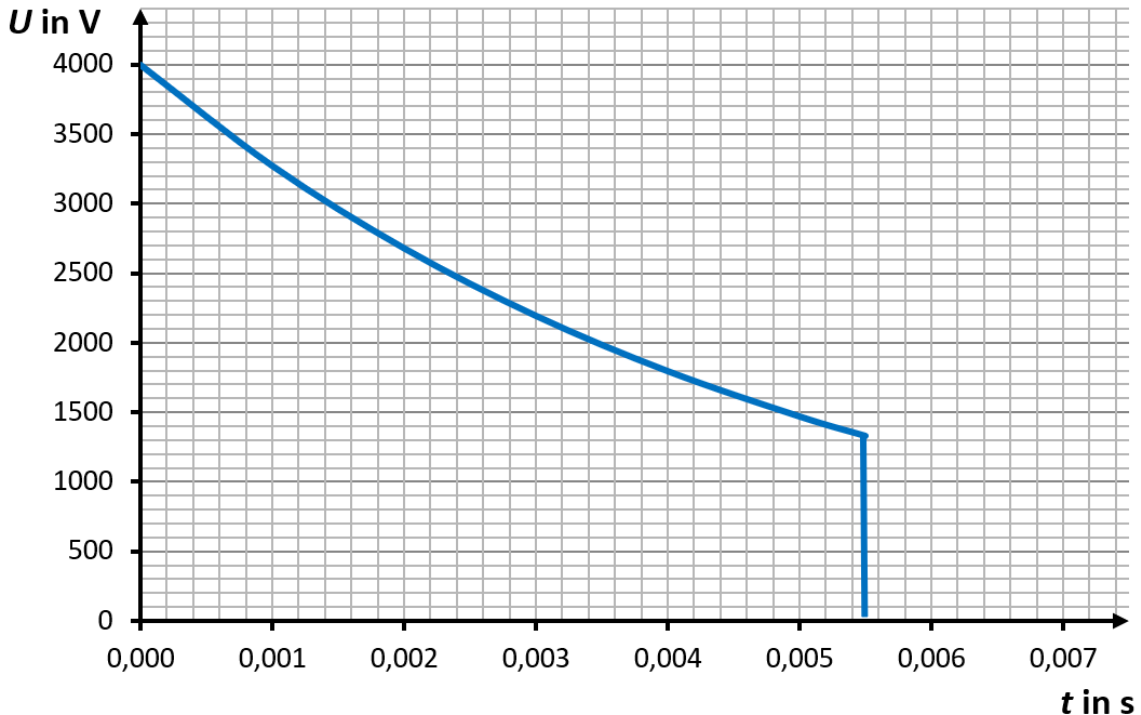


Abb. 2: Zeitlicher Verlauf der Spannung bei einem möglichen Stromstoß der Dauer 6 ms, IQB

Material 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 EKG's und der Schockabgabe darf der Mensch nicht berührt werden.

3 Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB		
		I	II	III
1	Berechnen Sie die maximale Ladung und die maximale elektrische Energie, die in dem Kondensator des im M 1 beschriebenen Defibrillators gespeichert werden können. Die Lernenden ... S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an. $Q = C \cdot U = 50 \mu\text{F} \cdot 4000 \text{ V} = 0,2 \text{ C}$ $E_{\text{el}} = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot 50 \mu\text{F} \cdot (4000 \text{ V})^2 = 400 \text{ J}$	2		
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. Die Lernenden ... S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen. Kommentierte Herleitung der Gleichung für die Halbwertszeit Ansatz: 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. Die Lernenden... S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen. Kommentierte Herleitung der Gleichung für die Halbwertszeit Ansatz: $I(T_H) = \frac{I_0}{2}$ Mit $I(t) = I_0 e^{-\frac{1}{R \cdot C} t}$ ergibt sich: $I(T_H) = I_0 e^{-\frac{1}{R \cdot C} T_H}$ $\frac{1}{2} = e^{-\frac{1}{R \cdot C} T_H}$ $-\ln 2 = -\frac{1}{R \cdot C} \cdot T_H$ $T_H = R \cdot C \cdot \ln 2$		4	

3	<i>Vergleichen Sie die Halbwertszeit des Entladens des Kondensators während des Elektroschocks mit der üblichen Dauer eines Stromstoßes beim Einsatz des Defibrillators (M 1).</i> Die Lernenden ... S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen. $T_H = R \cdot C \cdot \ln 2 = 100 \, \Omega \cdot 50 \, \mu\text{F} \cdot \ln 2 \approx 3,5 \, \text{ms}$ Die Lernenden vergleichen die Zeiten und schlussfolgern, dass die Entladezeit von 6 ms eines typischen Stromstoßes größer als die berechnete Halbwertszeit von 3,5 ms ist.	2	2	
4	<i>Erläutern Sie den Einfluss der folgenden Größen auf die Energie des Elektroschocks:</i> ♦ die Spannung, auf die der Kondensator aufgeladen wird, ♦ die Kapazität des Kondensators und ♦ die Dauer des Stromstoßes während des Elektroschocks. Die Lernenden ... S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien. Es gilt $E_{\text{el}} \sim U^2$. Eine doppelte Spannung führt zu einer vierfachen gespeicherten Energie. Die Energie des Elektroschocks wird erhöht. Die im Kondensator gespeicherte Energie ist proportional zur Kapazität des Kondensators. Je höher die Kapazität, desto mehr Energie wird in der gleichen Zeit abgegeben. Je länger die Entladung dauert, desto mehr Energie wird abgegeben.	2 2 1		
	<i>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.</i> Die Lernenden ... S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen. $\text{Aus } E = \frac{1}{2} C U^2 \text{ folgt } U = \sqrt{\frac{2E}{C}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 300 \, \text{J}}{50 \, \mu\text{F}}} \approx 3500 \, \text{V}.$ Der Kondensator muss mit einer Spannung von rund 3500 V geladen werden.		3	

	Überprüfen Sie für den im M 2 dargestellten Stromstoß, ob die von dem Kondensator an das Herz abgegebene elektrische Energie zulässig ist. Die Lernenden ... S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen. Für die Energie E_{Puls} des Pulses gilt: $E_{\text{Puls}} = E(4000 \text{ V}) - E(1300 \text{ V})$ $E_{\text{Puls}} = \frac{1}{2} \cdot 50 \mu\text{F} \cdot (4000 \text{ V})^2 - \frac{1}{2} \cdot 50 \mu\text{F} \cdot (1300 \text{ V})^2$ $E_{\text{Puls}} = 400 \text{ J} - 42 \text{ J}$ $E_{\text{Puls}} = 358 \text{ J} \approx 360 \text{ J}$ Die zulässige Energie wird eingehalten.			4
5	Erklären Sie die in M 3 dargestellten Verhaltensregeln, die bei der Anwendung eines Defibrillators zu beachten sind. Die Lernenden ... S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien; K 4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert. Erklärung der drei Regeln z. B. mit den Übergangswiderständen beim Anlegen der Elektroden, mit den Gefahren des elektrischen Stromes oder der Möglichkeit von Fehlmessungen beim EKG durch Berührung des Patienten.		6	
	Summe	11	15	4
	Anteile der Bewertungseinheiten in Prozent	37	50	13

4 Standardbezug

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	7			
2	3			
3	3			
4	1, 3			
5	1		4	

5 Bewertungshinweise

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist ein Bewertungsraster¹ vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

¹ Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.