

## **Schriftliche Abiturprüfung Leistungskursfach Physik**

### **Abiturähnliche Musteraufgaben**

---

#### **1 Vorbemerkungen und Hinweise zum Aufgabenmuster**

Der Beschluss der Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife in den Fächern Biologie, Chemie und Physik durch die Kultusministerkonferenz am 18. Juni 2020 bedingt auch Änderungen bei Struktur und Inhalten der schriftlichen Abiturprüfungen in den genannten Fächern.

Die abiturähnliche Musterklausur soll wesentliche Veränderungen der Abiturprüfungen ab 2024/25 illustrieren und als Hilfe für alle Fachlehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler bei der Vorbereitung auf die schriftliche Abiturprüfung dienen.

Neben Abbildung der neuen Abitur- und Aufgabenstruktur sollen die Musteraufgaben auf neue Lerninhalte, die Nutzung der angepassten Operatorenliste und die höhere Bedeutung der neben der Sachkompetenz im Fachunterricht erworbenen Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz hinweisen.

Die verwendeten themengleichen Aufgaben in den Mustern für Grund- und Leistungskurs veranschaulichen mögliche Unterschiede in den Anforderungen.

Mit der Abiturprüfung 2024/25 besteht für Prüflinge die Möglichkeit, sich beim Misslingen eines Experiments, Teillösungen gegen Abzug von ausgewiesenen Bewertungseinheiten zur Verfügung stellen zu lassen. Die Umsetzung dessen wird hier ebenfalls illustriert.

Dem Muster sind folgende Dokumente zugrunde gelegt:

- Bildungsstandards in den Fächern Biologie, Chemie, Physik für die Allgemeine Hochschulreife (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020)
- Lehrpläne für allgemeinbildende und Berufliche Gymnasien im Fach Physik in der Fassung vom 01.08.2022
- Verwaltungsvorschrift des Sächsischen Staatsministeriums für Kultus zur Vorbereitung auf die Abiturprüfung und die Ergänzungsprüfungen 2025 an allgemeinbildenden Gymnasien, Abendgymnasien und Kollegs im Freistaat Sachsen (VwV Abiturprüfung 2025)
- Grundstock von Operatoren (IQB, Stand 31.03.2022)

Für die Musterklausur wurden im Wesentlichen angepasste illustrierende Abituraufgaben des Institutes zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) sowie Aufgaben des Landes Sachsen zusammengestellt.

Änderungen bei der Verteilung der Bewertungseinheiten hinsichtlich der Anforderungsbereiche sind möglich.

Weitere Aufgabenvorschläge sind zu finden unter:

[IQB - Aufgabensammlung Sekundarstufe II - Physik \(hu-berlin.de\)](https://www.iqb-berlin.de)

Gegenüber den bisherigen sächsischen Abiturprüfungen ergeben sich folgende Strukturänderungen:

Pflichtaufgaben 1 und 2

- materialgebundene Pflichtaufgaben ohne fachpraktischen Anteil
- Anzahl der zu erreichenden Bewertungseinheiten ist bei beiden Aufgaben gleich

Wahlaufgabe 3

- besteht aus zwei Aufgaben mit fachpraktischem Anteil, von denen nur eine bearbeitet werden muss
- fachpraktische Aufgaben sind zusätzlich mit Materialien angereichert
- bei Bearbeitung der Wahlaufgabe ist die gleiche Anzahl an Bewertungseinheiten erreichbar wie auch bei Aufgabe 1 oder 2.

Je bearbeiteter Aufgabe können im Leistungskursfach 40 BE und damit insgesamt in der Prüfung 120 BE erreicht werden.

Zwei der vier dem Prüfling vorgelegten Aufgaben werden unverändert dem gemeinsamen Abituraufgabenpool der Länder beim IQB entnommen sein. Alle weiteren Aufgaben stellt die sächsische Abituraufgabenauswahlkommission bereit. Bestimmend für das Erstellen aller Aufgaben sind die Vorgaben für die Abituraufgabenerstellung des IQB.

Zugelassene Hilfsmittel können zur Lösung jeder Aufgabe uneingeschränkt genutzt werden. Der Einsatz bundesweit einheitlicher Hilfsmittel ist in Sachsen ab dem Abitur 2025/26 vorgesehen.

Es ist davon auszugehen, dass pro Aufgabe in der Regel zwei Seiten Material beigelegt sind. Diese können auch Arbeitsmaterialien für die Prüflinge enthalten, die separat zu bearbeiten sind.

Jede der Aufgaben einer Prüfung bezieht sich in komplexer Weise hauptsächlich auf einen der in den Bildungsstandards genannten Inhaltsbereiche. Eine Vernetzung mit anderen Inhaltsbereichen erfolgt nur in geringem Umfang.

Von einer Bezugnahme auf die vier Kompetenzbereiche: Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz und Bewertungskompetenz sowie auf die in den Bildungsstandards genannten Basiskonzepte ist bei allen Prüfungsaufgaben auszugehen.

Prüflinge müssen zudem in der Lage sein, grundlegende Kompetenzen, welche in der Sekundarstufe I erworben wurden, beim Lösen von Aufgaben anwenden zu können.

## 2 Hinweise zur Durchführung fachpraktischer Aufgaben

Sächsisches Staatsministerium  
für Kultus

ab Schuljahr 2024/25

Geltungsbereich:

- allgemeinbildendes Gymnasium
- Abendgymnasium und Kolleg
- schulfremde Prüflinge

---

### Schriftliche Abiturprüfung Leistungskursfach Physik

#### - ABITURÄHNLICHE MUSTERAUFGABEN -

#### Vorinformationen für die prüfende Fachlehrkraft

---

##### Maßnahmen zur materiellen Sicherstellung der Prüfung

Für die Prüflinge ist kariertes Papier und bei Bedarf weißes Papier und Millimeterpapier bereitzustellen.

Im Wahlteil 3 der schriftlichen Prüfung hat jeder Prüfling die Wahl zwischen zwei Aufgaben (3.1 und 3.2), die jeweils eigene experimentelle Tätigkeit unter Einhaltung der geltenden Sicherheitsbestimmungen erfordern.

Dafür sind hinreichend viele Experimentierplätze einzurichten. Für die Beaufsichtigung und Bewertung der experimentellen Tätigkeit der Prüflinge ist eine Fachlehrkraft einzusetzen, die in der Lage ist, die Durchführung der Experimente zu kontrollieren, einzuschätzen und zu protokollieren.

Zu diesem Zweck ist der mit den Prüfungsaufgaben erhaltene Beobachtungsbogen für jeden Prüfling zu vervielfältigen und mit der Chiffre der Bildungseinrichtung sowie der Kennzahl des Prüflings zu versehen. Der von der Aufsicht führenden Fachlehrkraft ausgefüllte Beobachtungsbogen (Erfüllungsgrad des jeweiligen Schwerpunktes, ggf. erteilte Hilfe bzw. Hinweise) ist nach der Prüfung den korrigierenden Fachlehrkräften zugänglich zu machen.

Ersatzergebnisse, Ersatzmesswerte oder Ersatzbeobachtungen, die ein Prüfling beim Misslingen eines Experiments gegen ausgewiesenen Abzug von Bewertungseinheiten erhalten kann, werden zusammen mit dem Beobachtungsbogen am Morgen des Prüfungstages zum Download bereitgestellt.

Es ist sicherzustellen, dass alle geltenden Sicherheitsbestimmungen beim experimentellen Arbeiten eingehalten werden können.

**Für jeden Arbeitsplatz sind Geräte und Materialien wie folgt zu planen:**

### **Leistungskurs Wahlaufgabe 3.1**

Die bereitzustellenden Geräte aus der Liste mit dem Experimentiermaterial können hinsichtlich ihrer Daten durch gleichwertige Geräte ersetzt werden.

Das Experiment ist vor der schriftlichen Prüfung von der prüfenden Fachlehrkraft durchzuführen. Alle Geräte müssen von der prüfenden Fachlehrkraft vor der Prüfung auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft werden.

Sensor, Endgerät und Software sind entsprechend der Ausstattung der Schule und dem im Vorunterricht verwendeten System zu wählen.

Geräte:

- Fadenpendel der Länge 1,00 m bifilar aufgehängt mit einem Pendelkörper,
- Pappe A 4 als Dämpfer,
- Ultraschallsensor sowie Computer und ein computergestütztes Messwerterfassungssystem im Rahmen einer geschlossenen Plattform

Versuchsaufbau:

Eine Pappe A4 wird mit Klebeband oder Büroklammern entsprechend Abbildung 7 in der Aufgabe befestigt und dient als Dämpfung (M 4). Der Pendelkörper muss so groß sein, dass die Ultraschallwellen zuverlässig reflektiert werden.

Der Versuch wird den Prüflingen aufgebaut zur Verfügung gestellt. Ultraschallsensor mit einem Datenlogger oder Computer und ein computergestütztes Messwerterfassungssystem stehen ebenfalls aufgebaut am Arbeitsplatz.

In die Messung werden die Prüflinge am Arbeitsplatz eingewiesen.

Versuchsdurchführung:

Das Speichern der Daten erfolgt durch die Prüflinge entsprechend der Gegebenheiten der Schule. Sollten die Untersuchungen aus von einem Prüfling nicht selbst zu verantwortenden Gründen keine oder nachweisbar beeinträchtigte Beobachtungen liefern, ist seitens der Aufsicht führenden Fachlehrkraft für Ersatzmaterialien oder -geräte zu sorgen. Alternativ werden von dieser Lehrkraft die Ersatzbeobachtungen dem Prüfling zur Verfügung gestellt.

Prüflinge können sich, gegen Abzug von Bewertungseinheiten, auf eigenes Verlangen Hilfe geben bzw. die Messwerte zur weiteren Bearbeitung der Aufgabe vorlegen lassen. Bei der vorliegenden Aufgabe erfolgt in diesem Fall der Abzug von bis zu 6 BE.

### Leistungskurs Wahlaufgabe 3.2

Die bereitzustellenden Geräte aus der Liste mit dem Experimentiermaterial können hinsichtlich ihrer Daten durch gleichwertige Geräte ersetzt werden.

Das Experiment ist vor der schriftlichen Prüfung von der prüfenden Lehrkraft durchzuführen. Alle Geräte müssen von der prüfenden Lehrkraft vor der Prüfung auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft werden.

Geräte:

- Kondensator (Angabe der Kapazität verdeckt)
- technische Widerstände mit drei bekannten Ohm'schen Widerständen (z.B. 4,7 k $\Omega$ , 10 k $\Omega$ , 14,7 k $\Omega$ )
- Gleichspannungsquelle (z.B. 10 V)
- Verbindungsleiter
- Schalter
- Spannungssensor sowie Computer und ein computergestütztes Messwerverfassungssystem im Rahmen einer geschlossenen Plattform
- Drucker

Es muss die jeweilige Software installiert sein, die der Prüfling zur Erfassung und Auswertung von Messwerten und für die Modellbildung und Auswertung von Messwerten im Unterricht genutzt hat. Die erstellten Diagramme müssen ausgedruckt werden können.

Versuchsaufbau:

Ein Kondensator wird jeweils über einem technischen Widerstand entsprechend Abbildung 9 entladen (M 9). Die Entladekurven für drei gewählte Widerstände werden nacheinander aufgenommen. In die Messung werden die Prüflinge am Arbeitsplatz eingewiesen.

Versuchsdurchführung:

Das Speichern der Daten erfolgt durch die Prüflinge entsprechend der Gegebenheiten der Schule.

Sollten die Untersuchungen aus von einem Prüfling nicht selbst zu verantwortenden Gründen keine oder nachweisbar beeinträchtigte Beobachtungen liefern, ist seitens der Aufsicht führenden Fachlehrkraft für Ersatzmaterialien oder -geräte zu sorgen. Alternativ werden von dieser Lehrkraft die Ersatzbeobachtungen dem Prüfling zur Verfügung gestellt.

Prüflinge können sich, gegen Abzug von Bewertungseinheiten, auf eigenes Verlangen Hilfe geben bzw. die Messwerte und das erstellte Diagramm zur weiteren Bearbeitung der Aufgabe vorlegen lassen. Bei der vorliegenden Aufgabe erfolgt in diesem Fall der Abzug von bis zu 6 BE.

Weitere Hinweise:

Notwendige Gefährdungsbeurteilungen werden zentral am Morgen des Prüfungstages zum Download bereitgestellt.

### 3 Prüfungsaufgabenmuster

Sächsisches Staatsministerium  
für Kultus

ab Schuljahr 2024/25

Geltungsbereich:

- allgemeinbildendes Gymnasium
- Abendgymnasium und Kolleg
- schulfremde Prüflinge

---

## Schriftliche Abiturprüfung Leistungskursfach Physik

- Abiturähnliche Musteraufgaben -

Material für den Prüfling

**Pflichtaufgabe 1, Pflichtaufgabe 2 und Wahlaufgabe 3**

---

### Allgemeine Arbeitshinweise

**Pflichtaufgabe 1 und Pflichtaufgabe 2 sind von allen Prüflingen zu bearbeiten. Bei Wahlaufgabe 3 ist nur eine der zur Auswahl stehenden Aufgaben 3.1 oder 3.2 zu lösen.**

Ihre Gesamtarbeitszeit beträgt 315 Minuten. Diese Angabe schließt bereits zusätzliche 15 Minuten für die Aufgabenauswahl und das Einrichten des Experimentierplatzes mit ein.

Bei jeder der zu bearbeitenden Aufgaben sind jeweils 40 Bewertungseinheiten (BE) erreichbar.

Zugelassene Hilfsmittel:

- grafikfähiger, programmierbarer Taschenrechner mit oder ohne Computer-Algebra-System. Die Software eines solchen Taschenrechners oder eine gleichwertige Software kann auch auf einem Computer im Rahmen einer geschlossenen Plattform verwendet werden.
- Tabellen- und Formelsammlung,
- Zeichengeräte,
- Computer im Rahmen einer geschlossenen Plattform, im Falle einer entsprechenden Aufgabenstellung. Es muss die jeweilige Software installiert sein, die der Prüfling:
  - für die Modellbildung und Simulation,
  - zur Erfassung und Auswertung von Messwertenim Unterricht genutzt hat. Dieses Hilfsmittel wird ausschließlich für die experimentelle oder praktische Tätigkeit benötigt.
- Wörterbuch der deutschen Rechtschreibung

Handelt es sich bei den Hilfsmitteln um Wörterbücher, sind jeweils nichtelektronische und elektronische Wörterbücher zugelassen, sofern sie geschlossene Systeme ohne Möglichkeit der Speichererweiterung sind. Internetfähige Hilfsmittel sind ausgeschlossen.

Prüflinge, deren Herkunftssprache nicht oder nicht ausschließlich Deutsch ist, können zusätzlich in allen Prüfungsfächern ein zweisprachiges Wörterbuch (Deutsch-Herkunftssprache/Herkunftssprache-Deutsch) verwenden.

# Prüfungsinhalt

## Pflichtaufgabe 1<sup>1</sup>

### Ein induktiver Sensor für das intelligente Auto

In modernen Autos findet man eine Vielzahl von Sensoren, die für die Steuerung von Prozessen genutzt werden und den Fahrer so bei der kontrollierten Benutzung des Autos unterstützen. In dieser Aufgabe wird das Funktionsprinzip ausgewählter Sensoren genauer betrachtet, die eine Induktionsspannung als Messsignal nutzen. Diese Sensoren können eingesetzt werden, um verschiedene Drehbewegungen beim fahrenden Auto zu analysieren und sind daher Grundlage für beispielsweise das ABS-System oder die Geschwindigkeitsregelanlage (Tempomat).

	<b>BE</b>
<b>1</b> Ordnen Sie den beiden Visualisierungen des Magnetfeldes ① und ② aus M 1 begründet alle zur Auswahl stehenden Körper zu.	3
<b>2</b> Erklären Sie das Zustandekommen der Induktionsspannung für den induktiven Sensor aus M 2 unter Nutzung einer kausalen Argumentationskette.	3
<b>3</b> Nennen Sie die Diagramme aus M 2, die keine Spannungsverläufe des induktiven Sensors darstellen können. Begründen Sie Ihre Entscheidung.  Interpretieren Sie die verbliebenen möglichen Spannungsverläufe hinsichtlich des Drehverhaltens des zugehörigen Sensor-Zahnrades.	5
<b>4</b> Begründen Sie, dass die Drehrichtung des Zahnrades des Sensors in M 2 anhand des ausgegebenen Spannungsverlaufs nicht unterschieden werden kann.  Beschreiben Sie eine mögliche Lösung für dieses Problem. Erklären Sie die von Ihnen vorgeschlagene Lösung.	4
<b>5</b> Leiten Sie ausgehend von der Gleichung in M 3 unter Nutzung des Induktionsgesetzes die folgende Gleichung für die maximale Induktionsspannung her:  $U_{\max} = \Phi_{\max} \cdot N \cdot \frac{2\pi}{t_{\text{Zahn}}}$  Berechnen Sie $U_{\max}$ für den zugehörigen induktiven Sensor.  Die maximale Induktionsspannung des eingesetzten Sensors kann sowohl rechnerisch als auch graphisch bestimmt werden. Ermitteln Sie graphisch ausgehend vom $\Phi(t)$ - Diagramm in M 3 unter Nutzung des Induktionsgesetzes die maximale Induktionsspannung. Beschreiben Sie ihr Vorgehen.  Begründen Sie, für welches dieser beiden Verfahren zur Bestimmung der maximalen Induktionsspannung Sie sich entscheiden würden, wenn Sie nur eines durchführen müssten.	8
<b>6</b> Ein Auto fährt mit der Geschwindigkeit $v$ . Das Zahnrad des induktiven Sensors (M 2 und M 3) ist mit einem Autoreifen fest verbunden.	8

<sup>1</sup> Adaption der vom IQB vorgegebenen Beispielaufgabe

Interpretieren Sie für diesen Sachzusammenhang die Abhängigkeiten der maximalen Induktionsspannung.

Ermitteln Sie für den fest mit dem Autoreifen verbundenen Sensor (M 2 und M 3) die Geschwindigkeit des Autos, wenn durch den Sensor die maximale Induktionsspannung 50 mV registriert wird. Der Reifendurchmesser beträgt 60 cm.

- 7 Da ein mit Sensoren ausgestattetes Auto mit der Möglichkeit des autonomen Fahrens eine besondere Chance für Senioren bietet, länger aktiv am Straßenverkehr teilzunehmen und ihre Lebensqualität durch den Erhalt von Mobilität und Unabhängigkeit zu steigern, wäre ein Antrag auf die Bereitstellung von Fördermitteln für über 70-Jährige fürs autonome Fahren und die Anschaffung eines entsprechenden Fahrzeugs durchaus denkbar (M 4). Ergänzen Sie im separat bereitgestellten Arbeitsblatt 1 die dazu durchgeführte Nutzwertanalyse um einen weiteren relevanten Kriterienbereich aus Sicht eines Mitglieds einer Umweltschutzorganisation. Vervollständigen Sie die neue Nutzwertanalyse. Begründen Sie Ihr Vorgehen.

Werten Sie die beiden Nutzwertanalysen aus. Erläutern Sie ausgehend von den Ergebnissen der beiden Nutzwertanalysen zwei Faktoren, die eine Nutzwertanalyse beeinflussen.



# Prüfungsinhalt

## Material Pflichtaufgabe 1<sup>2</sup>

### Material 1: Materie im Feld eines Stabmagneten/Feldlinienbilder

Eisen, Cobalt und Nickel sind ferromagnetische Stoffe. Bringt man ferromagnetische Körper in ein Magnetfeld, so wird der ferromagnetische Körper magnetisiert. Der Körper wird quasi selbst zum Magneten und besitzt so insbesondere auch magnetische Pole. Ein Stück Holz ist beispielsweise nicht ferromagnetisch und somit auch nicht magnetisierbar.

Feldvisualisierungen:

Das Magnetfeld eines Stabmagneten kann mithilfe von Eisenfeilspänen veranschaulicht werden. Bei Aufnahme des linken Bildes der rechts abgebildeten Bilderfolge war lediglich ein Stabmagnet an der eingezeichneten Position oben im Bild vorhanden. In den anderen Bildern ① und ② wurde jeweils einer der folgenden zur Auswahl stehenden Körper an der eingezeichneten Stelle positioniert:

Eisenstück, Holzklötz, weiterer Stabmagnet.

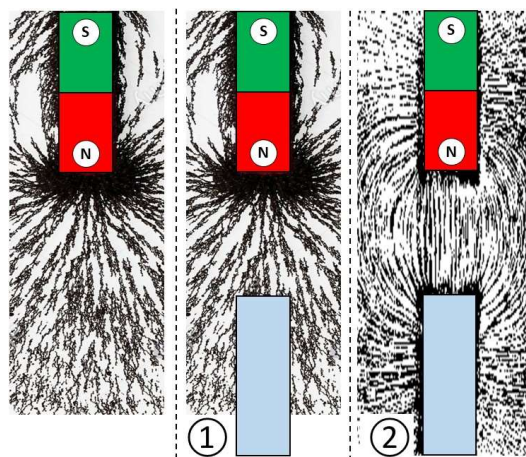


Abb. 1.1 - 1.2: Feldlinienbilder, Alamy, 2010

Abb. 1.3: Feldlinienbild mit Magnet, Joachim Herz Stiftung, 2021, IQB

### Material 2: Der induktive Sensor

Der in der Aufgabe betrachtete induktive Sensor besteht aus einer Spule mit einem Eisenkern. Ein Stabmagnet sorgt dafür, dass die Spule von einem Magnetfeld durchsetzt wird. Dicht an der Spule gleitet ein Zahnrad mit Zähnen aus Eisen vorbei. Dreht sich das Zahnrad gleichförmig, so tritt durch das periodische Vorbeigleiten der Zähne eine induzierte Wechselspannung an den Enden der Spule auf.

Gehen Sie in der Aufgabe davon aus, dass

- ◆ das Innere des Zahnrades keinen Einfluss auf das Magnetfeld hat.
- ◆ die Anzahl der Zähne des Zahnrades der Anzahl der in der Abbildung dargestellten Zähne entspricht.
- ◆ die Sensorspule 300 Windungen aufweist.

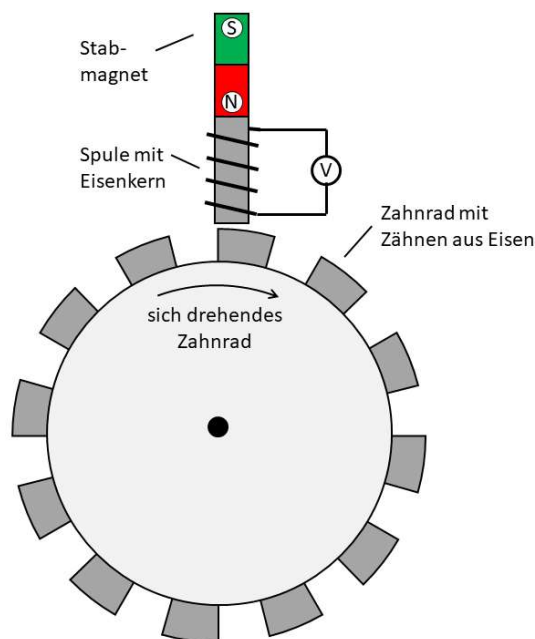


Abb. 2: Induktiver Sensor, IQB

<sup>2</sup> Adaption der vom IQB vorgegebenen Materialien zur Beispielaufgabe

Auswahl an Spannungsverläufen beim Drehen des Rades  
Die gewählten Zeiteinheiten sind in allen vier Abbildungen gleich.

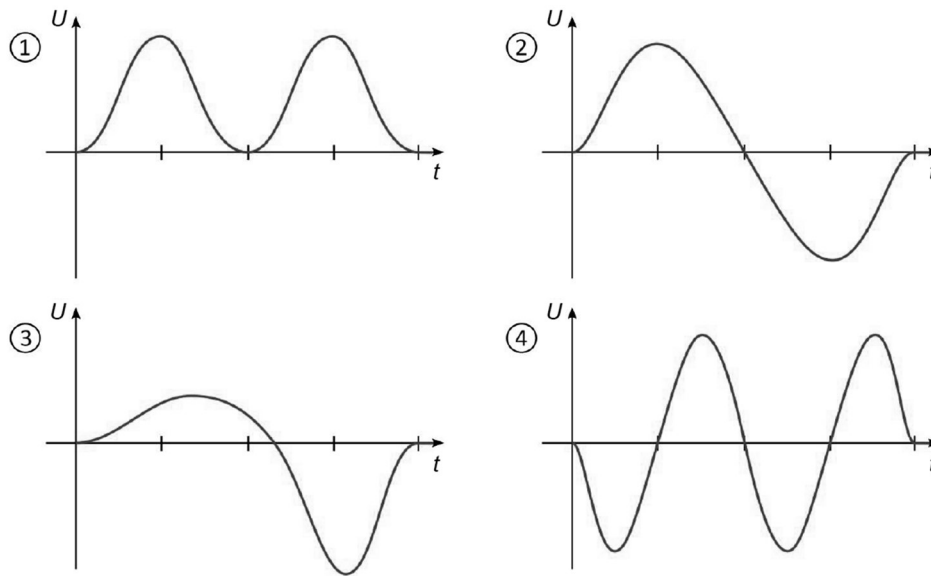


Abb. 3.1 – 3.4: Auswahl an Spannungsverläufen beim Drehen des Rades, IQB

### Material 3: Magnetischer Fluss im induktiven Sensor

Induktive Sensoren (M 2) werden etwa an den Achsen eines Autos montiert. Bei einem gleichförmig fahrenden Auto dreht sich der Autoreifen mit einer gleichbleibenden Winkelgeschwindigkeit. Folglich dreht sich auch das Zahnrad des Sensors mit dieser Winkelgeschwindigkeit. Aufgrund der gleichförmigen Drehung des Zahnrades vergeht daher immer die gleiche Zeitspanne  $t_{\text{Zahn}}$ , bis sich der nächste Zahn vor dem Sensor befindet. Der damit verbundene zeitliche Verlauf des magnetischen Flusses durch die Sensorspule kann mit einer Kosinusfunktion modelliert werden. Im Folgenden wird nur der periodische Anteil des magnetischen Flusses durch die Spule betrachtet, der die Induktion im Sensor verursacht.

Dann gilt für den magnetischen Fluss  $\Phi(t)$ : 
$$\Phi(t) = \Phi_{\text{max}} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{t_{\text{zahn}}} \cdot t\right).$$

Zeitlicher Verlauf des magnetischen Flusses für den betrachteten Sensor mit 300 Windungen:

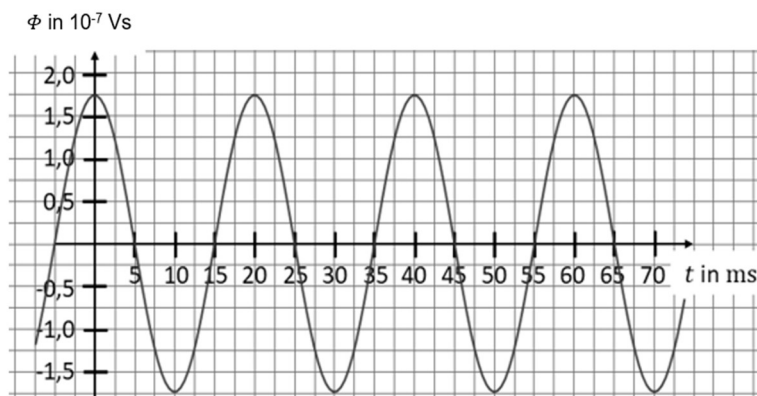


Abb. 4: zeitlicher Verlauf des magnetischen Flusses bei 300 Windungen, IQB

#### Material 4: Nutzwertanalyse

Als Bewertungsmaßstab werden 5 Punkte für die optimale Erfüllung des Kriteriums festgelegt und 0 Punkte für die schlechteste Erfüllung.

**Tabelle 1: Verkürzte Nutzwertanalyse**

		Bereitstellung von Fördermitteln für über 70-Jährige fürs autonome Fahren		Bereitstellung von Fördermitteln für über 70-Jährige für Taxischeine	
herangezogene Kriterien	Gewicht	Punkte	gewichtet	Punkte	gewichtet
Lebensqualität	0,3	4		2	
Unabhängigkeit	0,3	4		2	
Umweltschutz	0,4	1		2	
Gesamt					

Quelle: IQB

**Tabelle 2: vorbereitetes Raster für die erweiterte Nutzwertanalyse**

		Bereitstellung von Fördermitteln für über 70-Jährige fürs autonome Fahren		Bereitstellung von Fördermitteln für über 70-Jährige für Taxischeine	
herangezogene Kriterien	Gewicht	Punkte	gewichtet	Punkte	gewichtet
Lebensqualität		4		2	
Unabhängigkeit		4		2	
Umweltschutz		1		2	
Gesamt					

Quelle: IQB

# Arbeitsblatt 1 zu Pflichtaufgabe 1

Chiffre: .....

Kennzahl: .....

Ergänzen Sie beide Tabellen laut Aufgabenstellung 7.

Tabelle 1: Verkürzte Nutzwertanalyse

		Bereitstellung von Fördermitteln für über 70-Jährige fürs autonome Fahren		Bereitstellung von Fördermitteln für über 70-Jährige für Taxischeine	
herangezogene Kriterien	Gewicht	Punkte	gewichtet	Punkte	gewichtet
Lebensqualität	0,3	4		2	
Unabhängigkeit	0,3	4		2	
Umweltschutz	0,4	1		2	
Gesamt					

Quelle: IQB

Tabelle 2: vorbereitetes Raster für die erweiterte Nutzwertanalyse

		Bereitstellung von Fördermitteln für über 70-Jährige fürs autonome Fahren		Bereitstellung von Fördermitteln für über 70-Jährige für Taxischeine	
herangezogene Kriterien	Gewicht	Punkte	gewichtet	Punkte	gewichtet
Lebensqualität		4		2	
Unabhängigkeit		4		2	
Umweltschutz		1		2	
Gesamt					

Quelle: IQB

## **Prüfungsinhalt**

### **Pflichtaufgabe 2**

**Auf eine zweite Pflichtaufgabe wurde in diesem Muster verzichtet.**

**Auf eine Aufgabe aus dem Inhaltsbereich Quantenphysik und Materie wird exemplarisch ein späterer Zugriff möglich sein.**

# Prüfungsinhalt

## Wahlaufgabe 3

Wählen Sie zwischen den Aufgaben 3.1 und 3.2. Bearbeiten Sie nur **eine** dieser.

### Wahlaufgabe 3.1<sup>3</sup>

#### Dämpfung von Schwingungen bei Wolkenkratzern – sensorgestütztes Experiment

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 die Schwingungen des Wolkenkratzers stark dämpft.



Quelle: Taipei 101, Pixabay, 2015, IQB

- |   | <b>BE</b> |
|---|-----------|
| <b>1</b> Beschreiben Sie die in dem Wolkenkratzer auftretenden Energieumwandlungen. Nennen Sie eine Möglichkeit, die Schwingung des Pendels stärker zu dämpfen.   | 5         |
| <b>2</b> Berechnen Sie für die Schwingungen des Pendels am 8. August 2015 (M 5 und M 6) die in den Dämpfern bei der Bewegung der Kugel vom Punkt der maximalen Auslenkung zurück zur Gleichgewichtslage umgewandelte Energie.   | 5         |
| <b>3</b> Begründen Sie, dass die Eigenfrequenz des Schwingungsdämpfers annähernd mit der Eigenfrequenz des Gebäudes übereinstimmen sollte.<br><br>Vergleichen Sie auf der Grundlage von Berechnungen die Eigenfrequenz des Wolkenkratzers mit der des Pendels im Schwingungsdämpfer (M 5 und M 6).  | 7         |
| <b>4</b> Erläutern Sie anhand zweier weiterer Einflussgrößen, dass die in Aufgabe 3 für die Berechnung der Eigenfrequenz des Wolkenkratzers verwendete Gleichung nur eine Näherung ist. Betrachten Sie hierzu das elastische Verhalten des Wolkenkratzers in Analogie zu dem eines Federschwingers. | 6         |
| <b>5 Experiment</b><br><br>Ein wichtiger Parameter für das Dämpfen einer Schwingung ist die Dämpfungskonstante $k$ . Als Modell für den Schwingungsdämpfer wird das in M 7 beschriebene Fadenpendel verwendet.  |           |
| • Ermitteln Sie experimentell mit einem Ultraschallsensor ein Diagramm für die Position des Pendelkörpers in Abhängigkeit von der Zeit. Speichern Sie die Daten.  | 3         |
| • Leiten Sie aus dem Diagramm die Periodendauer $T$ , die Anfangsamplitude und die Amplituden der ersten fünf Perioden unter Verwendung des entsprechenden Softwaretools ab.  | 3         |

<sup>3</sup> Adaption der vom IQB vorgegebenen Beispielaufgabe

- Bestimmen Sie für dieses Fadenpendel aus allen Messwerten die Dämpfungskonstante  $k$  durch Mittelwertbestimmung und unter Verwendung der Regression. 7
- Geben Sie zwei mögliche Ursachen für Messunsicherheiten an. Erläutern Sie die Auswirkung dieser Messunsicherheiten auf das Ergebnis der Dämpfungskonstante  $k$ . 4

*Sollte Ihnen das Aufnehmen von Messwerten nicht gelingen, so können Sie bei der Fachlehrkraft jeweils Ersatzmesswerte anfordern. Den nicht erbrachten Leistungen entsprechend können bis zu 6 Bewertungseinheiten nicht erteilt werden.*

## Prüfungsinhalt

### Material Wahlaufgabe 3.1<sup>4</sup>

#### Material 5: 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.

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  $0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

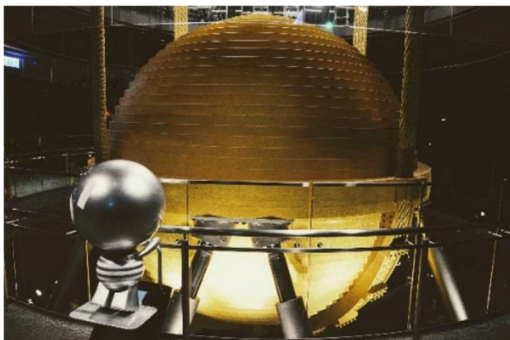


Abb. 5: Schwingungstilger im Wolkenkratzer Taipei 101, Pixabay, 2012, IQB

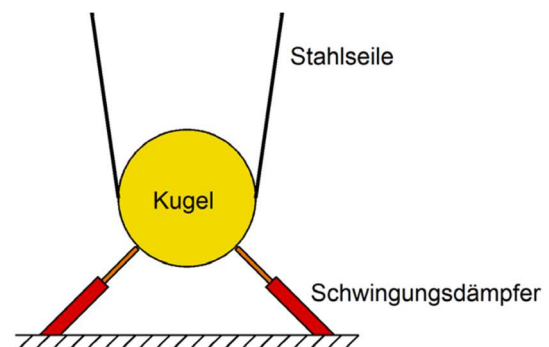


Abb. 6: Schwingungstilger (stark vereinfacht), IQB

#### Material 6: Tabelle 3: Daten und Gleichungen

Höhe Taipei 101 bis zur Spitze	508 m	
Höhe Taipei 101 bis zum Dach	448 m	
Fallbeschleunigung in Taiwan	$9,79 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	
Periodendauer $T$ der Eigenschwingungen von Gebäuden (Näherungsformel)	$T = \frac{H}{35 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$	$H$ ... Höhe bis zum Dach des Gebäudes
Abnahme der Amplitude in einem schwingungsfähigen System bei einer exponentiellen Dämpfung	$y_{\max}(t) = y_{\max,0} \cdot e^{-kt}$	$y_{\max,0}$ ... die Anfangsamplitude zum Zeitpunkt $t = 0$
		$y_{\max}(t)$ ... Amplitude zum Zeitpunkt $t = n \cdot T$ mit $n = 0; 1; 2; \dots$
		$k$ ... Dämpfungskonstante

Quelle: IQB

<sup>4</sup> Adaption der vom IQB vorgegebenen Materialien zur Beispielaufgabe



## Material 7: Experiment

Die Dämpfung von Schwingungen wird am Beispiel eines Fadenpendels untersucht. Sie finden an Ihrem Arbeitsplatz die folgenden Geräte vor:

- einen Versuchsaufbau mit einem Fadenpendel der Länge 1,00 m und einer Pappe als Dämpfer (Abbildung 7)
- z. B. einen Ultraschallsensor sowie Computer im Rahmen einer geschlossenen Plattform
- ein Lineal und einen Zeiger zum Markieren der Anfangsamplitude.

Näherungsweise wird angenommen, dass die Schwingung exponentiell gedämpft wird. Wählen Sie eine Anfangsamplitude von ca. 2 cm.

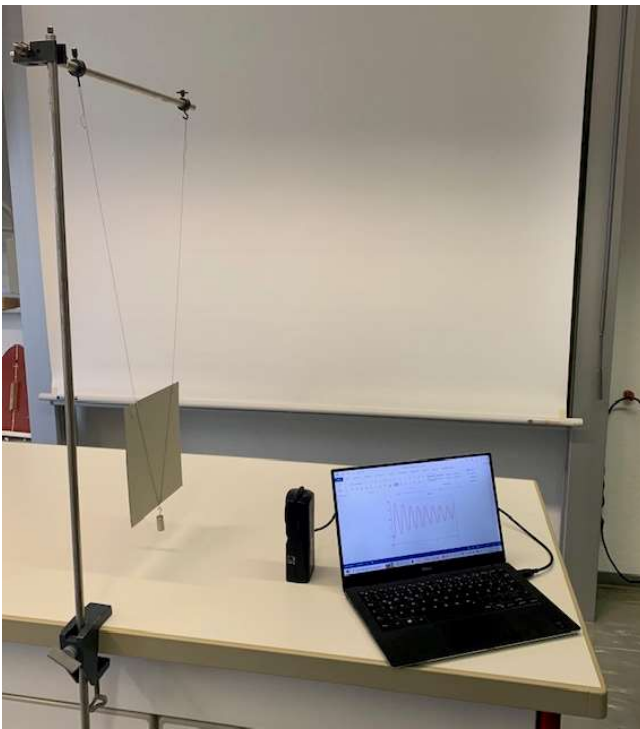


Abb. 7: Experimentieraufbau, AG Aufgaben

# Prüfungsinhalt

## Wahlaufgabe 3

Wählen Sie zwischen den Aufgaben 3.1 und 3.2. Bearbeiten Sie nur **eine** dieser.

### Wahlaufgabe 3.2<sup>5</sup>

#### Kondensatoren – Steuerung zeitabhängiger Prozesse

Ein Blinklicht ist eine Lichtquelle, die periodisch ihre Helligkeit ändert und an Fahrzeugen zum Beispiel zum Anzeigen eines Fahrtrichtungswechsels dient. Der elektrische Schaltkreis, der dies realisiert, heißt Blinkgeber. Seit den 1960er Jahren wurden über lange Zeit in Blinkgebern Kondensatoren verbaut. Dabei diente der Kondensator zur Zeitsteuerung und als Energiespeicher. Diese Kondensatoren unterliegen Alterungsprozessen, die sich auf die Verkehrssicherheit von Oldtimern auswirken können.



Quelle:

[https://www.ldm-tuning.de/trabant\\_601/tuningteile/](https://www.ldm-tuning.de/trabant_601/tuningteile/)

	BE
<b>1</b> Die Kapazität eines Plattenkondensators hängt von dessen Aufbau ab. Erläutern Sie drei Möglichkeiten, um ausschließlich durch Veränderungen am Aufbau des Kondensators, dessen Kapazität zu vergrößern. Begründen Sie jeweils.	4
<b>2</b> Über einem mit Luft gefüllten Plattenkondensator wird eine Gleichspannung angelegt. Durch das Einbringen einer Kunststoffplatte, die den Innenraum vollständig ausfüllt, verändert sich die Kapazität $C$ des Kondensators. Erklären Sie diese Erscheinung unter Nutzung des Feldbegriffes und einer geeigneten Skizze (M 8).	6
<b>3</b> Der geladene Kondensator wird von der Gleichspannungsquelle getrennt und über einen technischen Widerstand mit dem Ohm'schen Widerstand $R$ entladen. Bis zu dem Zeitpunkt, zu dem der Kondensator gerade noch zu 70% geladen ist, leuchtet die Glühlampe des Blinkers. Zu diesem Zeitpunkt $t_{70\%}$ ist die Spannung am Kondensator auf 70% des Anfangswertes gesunken. Das Produkt $R \cdot C$ beeinflusst den Verlauf des Graphen der Entladekurve $U(t)$ . Leiten Sie die Gleichung $t_{70\%} = -R \cdot C \cdot \ln(0,7)$ unter Nutzung von M 12 her.	3
<b>4 Experiment</b>	
Untersuchen Sie den Zusammenhang zwischen dem Widerstand $R$ und der Zeit $t_{70\%}$ für das Entladen eines Kondensators unter Nutzung eines digitalen Messwerterfassungssystems. Die Ladespannung ist $U_0$ und der Entladevorgang beginnt zum Zeitpunkt $t = 0$ .	
Das Experiment wird unter Nutzung der in M 9 beschriebenen Schaltskizze durchgeführt.	
<ul style="list-style-type: none"><li>Bauen Sie die Schaltung auf.</li></ul>	2
<ul style="list-style-type: none"><li>Nehmen Sie für drei technische Widerstände mit unterschiedlichen Ohm'schen Widerständen <math>R_1</math>, <math>R_2</math> und <math>R_3</math> jeweils die Entladekurve <math>U(t)</math> für die Spannung am</li></ul>	2

<sup>5</sup> Adaption der vom IQB vorgegebenen Beispielaufgabe

Kondensator in Abhängigkeit von der Zeit auf. Die Kapazität des Kondensators ist unbekannt.

- Geben Sie für die drei Entladekurven jeweils die Gleichung einer Regressionsfunktion und die Ladespannung  $U_0$  an. 4
- Ermitteln Sie unter Nutzung der Entladekurven jeweils die Zeit  $t_{70\%}$ .  
Zeichnen Sie ein  $t_{70\%}(R)$ -Diagramm. 3
- Ermitteln Sie die Kapazität des Kondensators. 2

*Sollte Ihnen der Aufbau des Experiments oder das Aufnehmen von Messwerten nicht gelingen, so können Sie bei der Fachlehrkraft Hilfe zum Aufbau bzw. Ersatzmesswerte anfordern. Den nicht erbrachten Leistungen entsprechend werden bis zu 4 Bewertungseinheiten nicht erteilt.*

## 5 Modellbildung

Von der Aufsicht führenden Fachlehrkraft wird Ihnen ein Rechner bereitgestellt, auf dem die von Ihnen im Unterricht genutzte Software zur Modellbildung installiert ist. Es wurde ein numerisches Modell zur Simulation des Entladevorgangs eines Kondensators erstellt. Die insgesamt zum Zeitpunkt  $t = 0$  im Kondensator gespeicherte elektrische Energie wird beim Entladevorgang vollständig in thermische Energie umgewandelt.

M 10 zeigt die Zeilen dieses Modells.

- Kommentieren Sie die Programmzeilen. 4
- Erstellen Sie das  $U(Q)$ -Diagramm mit den Startwerten aus Aufgabe 4 für den technischen Widerstand mit dem kleinsten Ohm'schen Widerstand. 4  
Drucken Sie das Diagramm aus.  
Ermitteln Sie unter Nutzung dieses Diagramms die zum Zeitpunkt  $t = 0$  gespeicherte elektrische Energie. Begründen Sie Ihren Lösungsweg.
- Tragen Sie zusätzlich in das ausgedruckte Diagramm den Graphen für die Entladung des Kondensators über den größten Widerstand mit ein. 2  
Begründen Sie den Verlauf des Graphen.

*Sollte Ihnen bei der Modellbildung die Erstellung des Diagramms nicht gelingen, so können Sie bei der Fachlehrkraft Hilfe anfordern. Den nicht erbrachten Leistungen entsprechend werden bis zu 2 Bewertungseinheiten nicht erteilt.*

- 6 In Blinkgebern werden Elektrolytkondensatoren verwendet. Deren Kapazität ändert sich mit zunehmender Lebensdauer. 4

Die Kapazität des verwendeten Kondensators verändert sich um 20%.

Untersuchen Sie unter Nutzung der Tabelle 4 aus M 11 wie sich dies auf die Blinkfrequenz auswirkt.

Beurteilen Sie den Einfluss dieser Alterungsprozesse der Elektrolytkondensatoren auf die Verkehrssicherheit eines 40 Jahre alten Autos.

## Prüfungsinhalt

### Material Pflichtaufgabe 3.2<sup>6</sup>

#### Material 8: Dielektrikum

Ein Dielektrikum ist ein Material mit sehr hohem spezifischen Widerstand ( $10^8 \Omega - 10^{14} \Omega$ ). Dielektrika sind damit elektrisch nahezu nichtleitende, aber polarisierbare Substanzen, weswegen oft das Wort Isolator als Synonym für Dielektrikum verwendet wird. Ein ideales Dielektrikum hat keine freien Ladungsträger. Dielektrisches Verhalten ist in allen Aggregatzuständen anzutreffen; es ist sowohl in kristallinen als auch in amorphen Stoffen realisiert. Der Begriff "Dielektrikum" wird vor allem dann verwendet, wenn es nicht nur auf die isolierende Eigenschaft eines Stoffes ankommt, sondern vor allem auf sein Verhalten zwischen den Belegungen eines Kondensators, dessen Kapazität es gegenüber dem Vakuumwert erhöht. Man teilt Dielektrika zweckmäßig in anorganische und organische Dielektrika ein. Anorganische Dielektrika sind u.a. Elemente wie die meisten Gase (auch in verflüssigtem und festem Zustand), Gläser, Keramiken, Glimmer und Asbest. Organische Dielektrika sind praktisch alle organischen Verbindungen außer solchen mit einem ausgeprägten System konjugierter Doppelbindungen. Bekannte Vertreter sind Polymere wie Polystyrol, PVC und Polyethylen, Bernstein, Harze, Paraffine, Öle und viele andere organische Flüssigkeiten.

(aus: <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/durchschlagfestigkeit/3543>)

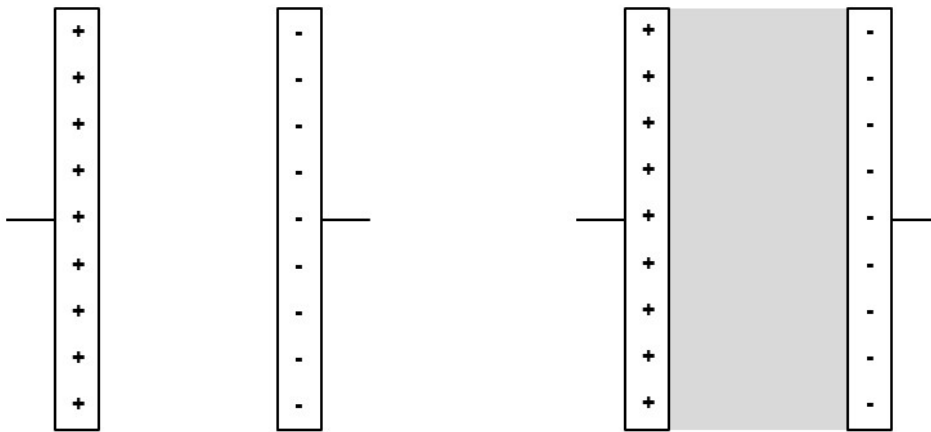


Abbildung 8: a) Plattenkondensator ohne Dielektrikum, b) Plattenkondensator mit Dielektrikum (grauer Bereich) zwischen den beiden Kondensatorplatten, AG Aufgaben

#### Material 9: Schaltung zur Aufnahme der Entladekurve des Kondensators

Mit dem abgebildeten Aufbau kann die Spannung an einem Kondensator in Abhängigkeit von der Zeit beim Entladen untersucht werden. Das Spannungsmessgerät in der Abbildung 9 symbolisiert ein digitales Messwerterfassungssystem mit Spannungssensor. Beachten Sie die weiteren von der Fachlehrkraft gegebenen Hinweise zu den Parametern der verwendeten Bauelemente und zum Umgang mit dem Messwerterfassungssystem.

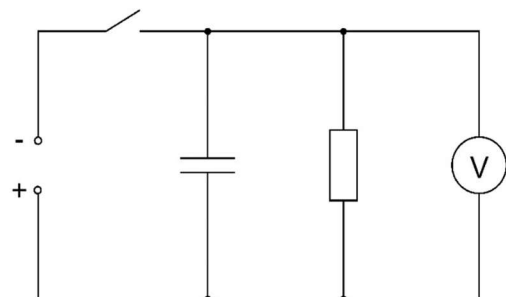


Abbildung 9: Schaltplan für das Experiment in Aufgabe 4, IQB

<sup>6</sup> Adaption der vom IQB vorgegebenen Materialien zur Beispielaufgabe

## Material 10: Numerisches Modell zur Simulation des Entladevorgangs eines Kondensators

<p>(1) <math>U = \frac{Q}{C}</math></p> <p>(2) <math>I = \frac{U}{R}</math></p> <p>(3) <math>Q_{\text{neu}} = Q_{\text{alt}} - I \cdot dt</math></p> <p>(4) <math>t_{\text{neu}} = t_{\text{alt}} + dt</math></p>
---

Abbildung 10: AG Aufgaben

## Material 11: Alterung von Kondensatoren

Elektrolytkondensatoren können große Energiebeträge speichern. Allerdings ist die Kapazität des Elektrolytkondensators während einer angestrebten langen Einsatzzeit nicht konstant. Im Kondensator laufen chemische Zersetzungsprozesse ab. Eine höhere Umgebungstemperatur beschleunigt diese ablaufenden Prozesse. Vereinfacht kann angenommen werden, dass sich bei einer um 10 K erhöhten Betriebstemperatur die Alterungsrate des Elektrolytkondensators verdoppelt (Tabelle 4). Die Kapazität des Kondensators verhält sich direkt proportional zur Lebensdauer.

**Tabelle 4: Beispiel zur Abhängigkeit der Lebensdauer eines Kondensators von der Betriebstemperatur**

Betriebstemperatur in °C	105	95	85	65
Lebensdauer in h	3000	6000	12000	100000

Quelle: AG Aufgaben

## Material 12: Tabelle 5: Wichtige Gleichung

Spannung an einem Kondensator während des Entladens über einen Widerstand	$U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$	t - Zeit U(t) - Spannung zum Zeitpunkt t U <sub>0</sub> - Spannung zum Zeitpunkt 0 R - Widerstand C - Kapazität
---	--------------------------------------	---

Quelle: IQB

## 4 Beobachtungsbögen und Ersatzlösungen – Teil 1

Chiffre: .....

Kennzahl: .....

### Beobachtungsbogen Leistungskurs Physik

#### Wahlaufgabe 3.1: Dämpfung von Schwingungen bei Wolkenkratzern – sensorgestütztes Experiment

Schwerpunkte	Einschätzung der Fachlehrkraft		
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Aufbau des Experiments</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- erfolgte unter Anleitung auch unter Verwendung von digitalen Messwert-erfassungssystemen</li> <li>- Schaltung der Messgeräte</li> </ul> </li> </ul>	<i>laut Aufgabenstellung nicht gefordert</i>		
	erfüllt	nicht erfüllt	nicht zu beobachten
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Durchführung des Experiments</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- planmäßig/selbstständig</li> <li>- Protokollieren von Beobachtungen</li> <li>- vollständig</li> </ul> </li> </ul>	erfüllt	nicht erfüllt	nicht zu beobachten
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Erfassung und Dokumentation der Messgrößen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Qualität und Quantität der Messungen</li> </ul> </li> </ul>	erfüllt	nicht erfüllt	
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Planungshilfe für Prüfling gegen Abzug von 3 BE angefordert</b></li> </ul>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Messwerte für Prüfling gegen Abzug von 3 BE angefordert</b></li> </ul>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	

#### Besondere Hinweise

.....

.....

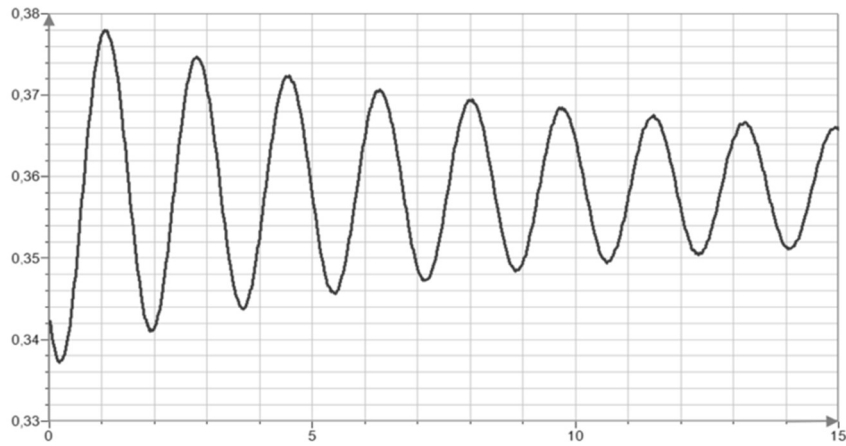
.....

## Ersatzergebnisse:

### Zusatzinformation 1 - nur auf Anforderung

*Es werden 3 Bewertungseinheiten nicht erteilt, wenn diese Vorgabe benötigt wird.*

Für die beschriebene Anordnung wurde das folgende Diagramm (Screenshot) aufgenommen.



Quelle: AG Aufgaben

## Zusatzinformation 2 - nur auf Anforderung

*Es werden 3 Bewertungseinheiten nicht erteilt, wenn diese Werte angefordert werden.*

Aus dem Diagramm wurden die folgenden Messwerte ermittelt:

Periodendauer  $T = 1,75$  s

n	$t$ in s	$y_{\max}(t)$ in m
0	0,00	0,022
1	1,75	0,018
2	3,50	0,016
3	5,25	0,014
4	7,00	0,013
5	8,75	0,012

Quelle: AG Aufgaben



**Teil 2**

Chiffre: .....

Kennzahl: .....

**Beobachtungsbogen Leistungskurs Physik**

**Wahlaufgabe 3.2: Kondensatoren - Steuerung zeitabhängiger Prozesse**

Schwerpunkte	Einschätzung der Fachlehrkraft										
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Aufbau des Experiments</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- erfolgte unter Anleitung auch unter Verwendung von digitalen Messwert-erfassungssystemen</li> <li>- Schaltung der Messgeräte</li> </ul> </li> </ul>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">erfüllt</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">nicht erfüllt</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">nicht zu beobachten</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>		erfüllt	nicht erfüllt	nicht zu beobachten						
erfüllt	nicht erfüllt	nicht zu beobachten									
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Durchführung des Experiments</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- planmäßig/selbstständig</li> <li>- Protokollieren von Beobachtungen</li> <li>- vollständig</li> </ul> </li> </ul>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">erfüllt</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">nicht erfüllt</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">nicht zu beobachten</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>		erfüllt	nicht erfüllt	nicht zu beobachten						
erfüllt	nicht erfüllt	nicht zu beobachten									
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Erfassung und Dokumentation der Messgrößen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Qualität und Quantität der Messungen von Realexperiment/ Modellbildung</li> </ul> </li> </ul>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">erfüllt</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">nicht erfüllt</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">/</td> <td style="text-align: center;">/</td> </tr> </table>		erfüllt	nicht erfüllt	/	/					
erfüllt	nicht erfüllt										
/	/										
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Planungshilfe für Prüfling gegen Abzug von 3 BE angefordert</b></li> </ul>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>									
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Messwerte für Prüfling gegen Abzug von 3 BE angefordert</b></li> </ul>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>									

**Besondere Hinweise**

.....

.....

.....

## **Ersatzergebnisse:**

### **Zusatzinformation 1 - nur auf Anforderung**

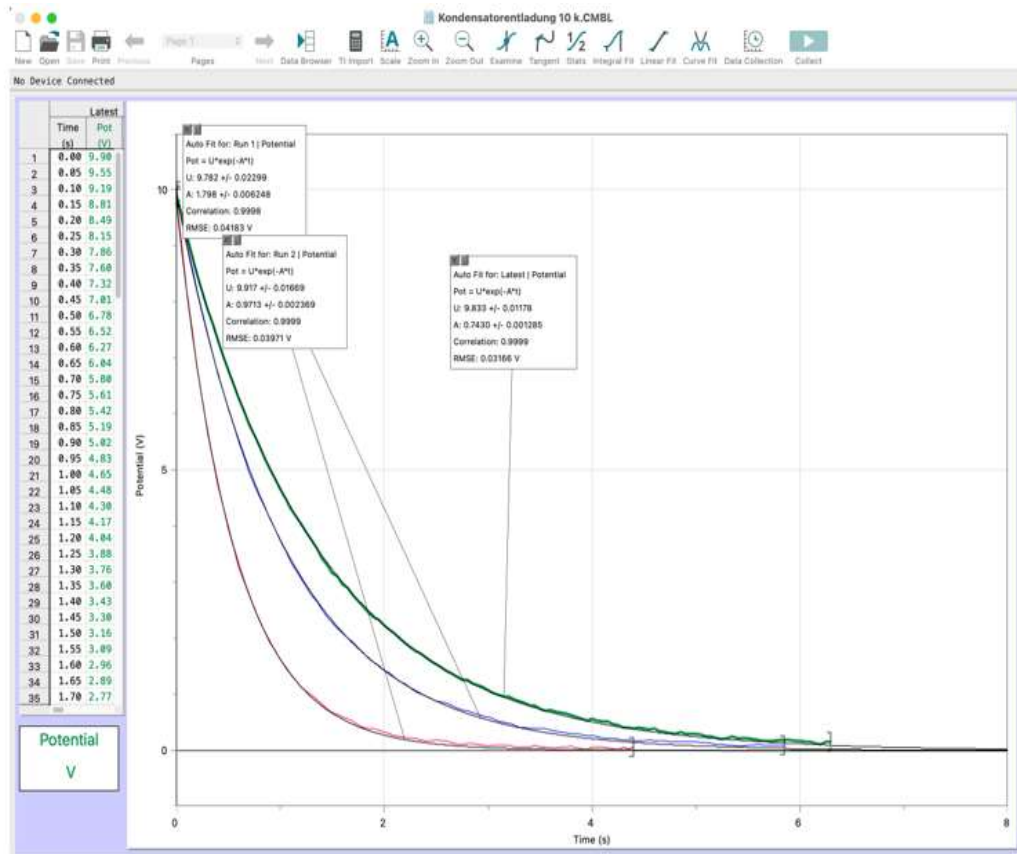
*Es werden 2 Bewertungseinheiten nicht erteilt, wenn diese Vorgabe benötigt wird.*

Vorgabe des vollständigen Aufbaus der Schaltung mit Spannungssensor sowie Computer oder ein computergestütztes Messwerverfassungssystem im Rahmen einer geschlossenen Plattform

## Zusatzinformation 2 - nur auf Anforderung

Es werden 2 Bewertungseinheiten nicht erteilt, wenn diese Vorgabe angefordert werden.

Vorgabe der Entladekurven für die Widerstände:  $R_1$ ,  $R_2$  und  $R_3$  (Screenshot)

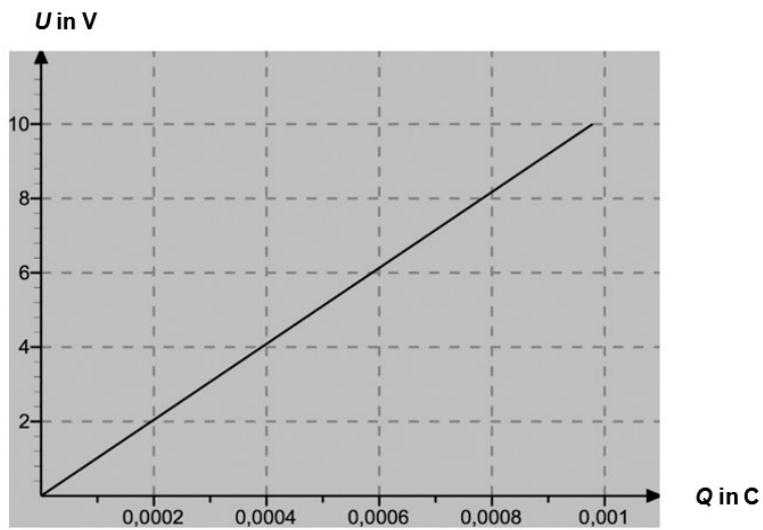


Quelle: AG Aufgaben

### Zusatzinformation 3 - nur auf Anforderung

*Es werden 2 Bewertungseinheiten nicht erteilt, wenn dieses Material angefordert wird.*

Vorgabe des Ausdrucks mit  $U(Q)$ - Diagramm



Quelle: AG Aufgaben

## 5 Erwartungshorizonte

### Erwartungshorizont Pflichtaufgabe 1: Ein induktiver Sensor für das intelligente Auto

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	<p><i>Ordnen Sie den beiden Visualisierungen des Magnetfeldes ① und ② aus M 1 begründet alle möglichen Körper zu.</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien.</p> <p>Die Feldvisualisierung ① ist identisch mit dem Vergleichsbild des Stabmagneten auf der Position 1. Daher kommt nur der nicht ferromagnetische Holzklötz für die gegenüberliegende Position in Frage.</p> <p>Die Visualisierung ② kann man nicht eindeutig zuordnen, da sich das ferromagnetische Eisenstück entsprechend einem Stabmagneten mit Südpol nach oben verhalten würde. Beide Lösungen sind somit möglich und müssen auch beide angegeben werden.</p>	1		
2	<p><i>Erklären Sie das Zustandekommen der Induktionsspannung für den induktiven Sensor aus M 2 unter Nutzung einer kausalen Argumentationskette.</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>K 4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert;</p> <p>K 8 nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener und zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen.</p> <p>Die Argumentationskette führt wie anhand der Aufgabenstellung zu erkennen nicht zur Wechselfspannung. Sie könnte für das Reindreihen oder Rausdrehen eines Eisenzahns des Zahnrads in das Magnetfeld des Sensors erstellt werden.</p> <p>Mögliche Lösung:</p>			

	<div style="text-align: center;"> <pre> graph TD     A[Ursache: Der Eisenzahn bewegt sich in Richtung Stabmagnet.] --&gt; B[Der Eisenzahn wird magnetisiert.]     B --&gt; C[Der Eisenzahn verhält sich wie ein zusätzlicher Stabmagnet, der das ursprüngliche Magnetfeld verstärkt.]     C --&gt; D[Die magnetische Flussdichte B, die die Spule durchsetzt, steigt im Laufe der Zeit.]     D --&gt; E[Der magnetische Fluss Φ durch die Spule steigt mit der Zeit.]     E --&gt; F[Wirkung: Induktionsspannung]           </pre> <p>Quelle IQB</p> </div>	3		
3	<p><i>Nennen Sie die Diagramme aus M 2, die keine Spannungsverläufe des induktiven Sensors darstellen können. Begründen Sie Ihre Entscheidung. Interpretieren Sie die verbliebenen möglichen Spannungsverläufe hinsichtlich des Drehverhaltens des zugehörigen Sensor-Zahnrades.</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>E 6 erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen.</p> <p>Diagramm ① passt nicht zum vorgegebenen einfachen induktiven Sensor, weil kein Wechselspannungspuls vorliegt. Der Magnet nähert sich der Spule zu Beginn an und entfernt sich anschließend wieder von ihr. Dabei nimmt der magnetische Fluss durch die Spule zunächst zu und anschließend wieder ab. Somit muss ein Wechselspannungspuls vorliegen.</p> <p>Interpretation der Diagramme ②, ③ und ④:  Bei Diagramm ④ liegt eine Wechselspannung mit halber Periodendauer im Vergleich zu den Diagrammen ② und ③ vor.  Das Zahnrad dreht sich bei ④ daher doppelt so schnell als bei ②.</p> <p>Bei Diagramm ③ liegt im Gegensatz zu den Diagrammen ② und ④ eine Wechselspannung mit asymmetrischem Verlauf vor. Daher dreht sich das Zahnrad hier nicht mit gleichbleibender Geschwindigkeit. Konkret bewegt sich der Magnet schneller unter dem Sensor weg als er sich annähert. Der zweite Spannungspuls erfolgt in kürzerer Zeit und hat einen größeren Betrag.</p> <p><i>Anmerkung: Bei Diagramm ④ erfolgt der erste Spannungspuls nach unten und der zweite nach oben, also umgekehrt wie bei den Diagrammen ② und ③. Dieser Kurvenverlauf hat aber nichts mit dem Drehverhalten des Zahnrades zu tun.</i></p>	2	1	2

<p><b>4</b></p>	<p><i>Begründen Sie, dass die Drehrichtung des Zahnrades des Sensors in M 2 anhand des ausgegebenen Spannungsverlaufs nicht unterschieden werden kann. Beschreiben Sie eine mögliche Lösung für dieses Problem. Erklären Sie die von Ihnen vorgeschlagene Lösung.</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>E 2 stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.</p> <p>Wenn sich die Drehrichtung des Rades ändert, bleibt der Wechsel zwischen positiven und negativen Messwerten der Induktionsspannung unverändert, weil auch hier zuerst der magnetische Fluss durch die Spule steigt und dann wieder sinkt.</p> <p>Mögliche Lösung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schwächung und Stärkung der maximal möglichen magnetischen Flussdichte durch z. B. Bestückung eines Zahns mit einem zusätzlichen Magneten und gleichzeitigem Durchbohren oder Kürzen eines Zahns, der jedoch nicht genau gegenüberliegen darf.</li> <li>- Verwendung eines zweiten Sensors in unmittelbarer Nähe (insbesondere nicht gegenüber) und Veränderung der maximal möglichen magnetischen Flussdichte bei nur einem Zahn. Die Drehrichtung wird dann über den Sensor, der als erster anschlägt, ermittelt.</li> </ul>		2	2
<p><b>5</b></p>	<p><i>Leiten Sie ausgehend von der Gleichung in M 3 unter Nutzung des Induktionsgesetzes die folgende Gleichung für die maximale Induktionsspannung her: <math>U_{\max} = \Phi_{\max} \cdot N \cdot \frac{2\pi}{t_{\text{zahn}}}</math>.</i></p> <p><i>Berechnen Sie <math>U_{\max}</math> für den zugehörigen induktiven Sensor. Die maximale Induktionsspannung des eingesetzten Sensors kann sowohl rechnerisch als auch grafisch bestimmt werden. Ermitteln Sie graphisch ausgehend vom <math>\Phi(t)</math> - Diagramm in M 3 unter Nutzung des Induktionsgesetzes die maximale Induktionsspannung. Beschreiben Sie ihr Vorgehen. Begründen Sie, für welches dieser beiden Verfahren zur Bestimmung der maximalen Induktionsspannung Sie sich entscheiden würden, wenn Sie nur eines durchführen müssten.</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>S 6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an;</p> <p>S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an;</p> <p>E 3 beurteilen die Eignung von Untersuchungsverfahren zur Prüfung bestimmter Hypothesen.</p> <p><u>rechnerisch:</u></p> <p>Ansatz: Induktionsgesetz: <math>U_{\text{ind}}(t) = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt}</math></p>			

	<p>magnetischer Fluss nach Gleichung (1): <math>\Phi(t) = \Phi_{\max} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{t_{\text{Zahn}}} \cdot t\right)</math></p> <p>also: <math>U_{\text{ind}}(t) = N \cdot \Phi_{\max} \cdot \frac{2\pi}{t_{\text{Zahn}}} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{t_{\text{Zahn}}} \cdot t\right)</math></p> <p>Die induzierte Spannung wird hier folglich durch eine Sinusfunktion beschrieben. Die maximale Induktionsspannung <math>U_{\max}</math> ergibt sich als Amplitude der Sinusfunktion: <math>U_{\max} = \Phi_{\max} \cdot N \cdot \frac{2\pi}{t_{\text{Zahn}}}</math>.</p> <p>Maximalwert der Induktionsspannung hier:</p> $U_{\max} = \Phi_{\max} \cdot N \cdot \frac{2\pi}{t_{\text{Zahn}}} = 1,75 \cdot 10^{-7} \text{ Vs} \cdot 300 \cdot \frac{2\pi}{20 \text{ ms}}$ $U_{\max} = 16,5 \text{ mV}$ <p><u>graphisch:</u></p> <p>Die maximale Induktionsspannung liegt gemäß Induktionsgesetz zu dem Zeitpunkt vor, zu dem der magnetische Fluss die größte Steigung aufweist, z. B. bei <math>t = 5 \text{ ms}</math>.</p> <p>Tangentensteigung: <math>\frac{d\Phi}{dt} = -5,5 \cdot 10^{-5} \text{ V}</math></p> <p>Laut Induktionsgesetz beträgt die Spannung:</p> $U_{\text{ind}} = -(-300 \cdot 5,5 \cdot 10^{-5} \text{ V}) = 16,5 \text{ mV}$ <p>Beide Verfahren liefern dieselbe maximale Induktionsspannung, obwohl ein graphisches Verfahren in der Regel Zeichenungenauigkeiten beinhaltet. Das Rechenverfahren ist aufwendiger, aber exakter und ist zu bevorzugen.</p>	2	1	1
6	<p><i>Ein Auto fährt mit einer Geschwindigkeit <math>v</math>. Das Zahnrad des induktiven Sensors (M 2 und M 3) ist mit einem Autoreifen fest verbunden. Interpretieren Sie für diesen Sachzusammenhang die Abhängigkeiten der maximalen Induktionsspannung. Ermitteln Sie für den fest mit dem Autoreifen verbundenen Sensor (M 2 und M 3) die Geschwindigkeit des Autos, wenn durch den Sensor eine maximale Induktionsspannung von 50 mV registriert wird. Der Reifendurchmesser beträgt 60 cm.</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>E 6 erklären mit Hilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen;</p> <p>S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.</p> <p><math>\Phi_{\max}</math> und <math>N</math> hängen nur vom Sensor ab und sind somit unabhängig von der Geschwindigkeit <math>v</math> des Autos. Daher gilt: Je größer die Geschwindigkeit des Autoreifens/Zahnrades ist, desto kleiner ist <math>t_{\text{Zahn}}</math> und desto größer ist die maximale Spannung, die der Sensor anzeigt.</p>		2	



	<p>Der Zusammenhang zwischen <math>v</math> und <math>U_{\max}</math> ist sogar proportional.  Der maximale magnetische Fluss durch die Spule ist unabhängig von der Drehgeschwindigkeit. Daher kann <math>\Phi_{\max}</math> aus dem Diagramm in M 3 entnommen werden. Ferner hat die Spule 300 Windungen (M 2).  Somit gilt:</p> $U_{\max} = \Phi_{\max} \cdot N \cdot \frac{2\pi}{t_{\text{zahn}}}$ $\rightarrow t_{\text{zahn}} = \frac{\Phi_{\max} \cdot N \cdot 2\pi}{U_{\max}} = \frac{1,75 \cdot 10^{-7} \text{ Vs} \cdot 300 \cdot 2 \cdot \pi}{50 \cdot 10^{-3} \text{ V}} = 6,60 \cdot 10^{-3} \text{ s}.$ <p>Dem Bild des Sensors in M 2 entnimmt man, dass das Rad über 12 Eiszähne verfügt. Somit gilt für die Umlaufzeit <math>T</math> des Zahnrades/Autoreifens: <math>T = 12 \cdot t_{\text{zahn}} = 12 \cdot 6,60 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 0,0792 \text{ s}.</math></p> <p>Mit dem angegebenen Reifendurchmesser gilt dann für <math>v</math>:</p> $v = \frac{U_{\text{Reifen}}}{T} = \frac{\pi \cdot 0,60 \text{ m}}{0,0792 \text{ s}} = 23,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$			1
7	<p><i>Da ein mit Sensoren ausgestattetes Auto mit der Möglichkeit des autonomen Fahrens eine besondere Chance für Senioren bietet, länger aktiv am Straßenverkehr teilzunehmen und ihre Lebensqualität durch den Erhalt von Mobilität und Unabhängigkeit zu steigern, wäre ein Antrag auf die Bereitstellung von Fördermitteln für über 70-Jährige fürs autonome Fahren und die Anschaffung eines entsprechenden Fahrzeugs durchaus denkbar. (M 4).</i></p> <p><i>Ergänzen Sie im separat bereitgestellten Arbeitsblatt 1 die dazu durchgeführte Nutzwertanalyse um einen weiteren relevanten Kriterienbereich aus Sicht eines Mitglieds einer Umweltschutzorganisation.</i></p> <p><i>Vervollständigen Sie die neue Nutzwertanalyse. Begründen Sie Ihr Vorgehen.</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>B 4 bilden sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten ein eigenes Urteil;</p> <p>B 5 reflektieren Bewertungen von Technologien und Sicherheitsmaßnahmen oder Risikoeinschätzungen hinsichtlich der Güte des durchgeführten Bewertungsprozesses.</p> <p>Beispielsweise könnte man eines der Kriterien „persönliche Wirtschaftlichkeit“ oder „Unfallzahlen pro Jahr“ hinzufügen mit entsprechender Begründung der Relevanz für ein Mitglied einer Umweltschutzorganisation.</p> <p>Beispielsweise ergäbe sich unter Anpassung der Gewichtung:</p>	1		

		Bereitstellung von Fördermitteln für über 70-Jährige fürs autonome Fahren		Bereitstellung von Fördermitteln für über 70-Jährige für Taxischeine	
herangezogene Kriterien	gewicht	Punkte	gewichtet	Punkte	gewichtet
Lebensqualität	0,2	4	0,8	2	0,4
Unabhängigkeit	0,2	4	0,8	2	0,4
Umweltschutz	0,4	1	0,4	2	0,8
Persönliche Wirtschaftlichkeit	0,2	1	0,2	3	0,6
Gesamt	1,0		2,2		2,2

1

Die Begründung für die Punktezuweisung für das zusätzliche Kriterium könnte so aussehen:

Für das autonome Fahren fallen Kosten für Neuanschaffung/Unterhalt und Reparatur an. Diese Kosten sind nicht unbedingt abzuschätzen, es ist nicht davon auszugehen, dass sie in Gänze getragen werden; deshalb wird nur ein Punkt zugewiesen. Da Taxischeine nicht in jedem Fall für den Bedarf ausreichen werden (sie sind sicher nicht unbegrenzt abrufbar), sind auch hier Zusatzkosten zu erwarten. Insbesondere ist der gefahrene Kilometer teuer, fürs selbe Geld kann man also weniger Kilometer in Anspruch nehmen. Wenn die Scheine aufgebraucht sind und kein Geld mehr zur Verfügung steht, dann entstehen aber keine laufenden Kosten mehr.

Die Wahl der Gewichtung soll ebenfalls begründet werden, wobei davon auszugehen ist, dass der Umweltschutz weiterhin die höchste Gewichtung haben wird.

2

1

		Bereitstellung von Fördermitteln für über 70-Jährige fürs autonome Fahren		Bereitstellung von Fördermitteln für über 70-Jährige für Taxischeine	
herangezogene Kriterien	gewicht	Punkte	gewichtet	Punkte	gewichtet
Lebensqualität	0,3	4	1,2	2	0,6
Unabhängigkeit	0,3	4	1,2	2	0,6
Umweltschutz	0,4	1	0,4	2	0,6
Gesamt	1,0		2,8		1,8

1

<p>Die erste Nutzwertanalyse bevorzugt keine der beiden Alternativen, denn die Gesamtpunktzahl ist in beiden Fällen 2,2. Die zweite Nutzwertanalyse unterstützt die Bereitstellung von Fördermitteln für über 70-Jährige fürs autonome Fahren. Der Vergleich der beiden Nutzwertanalysen zeigt, dass zusätzliche Kriterien den Ausgang der Auswertung durchaus verändern können und somit auch die darauf basierende Entscheidung. Insbesondere muss jeweils die Gewichtung angepasst werden, die von der persönlichen Interessenlage der Person abhängt, die die Nutzwertanalyse durchführt. Außerdem hängt die Wertezuweisung auch von der Relevanz des ergänzten Kriteriums ab. Es ist ratsam genügend viele wichtige Kriterien anzuführen.</p> <p><i>Im letzten Abschnitt genügen zwei der drei Faktoren zur vollständigen Erteilung der 2 BE.</i></p>	1	2	
<b>Summe</b>	<b>9</b>	<b>26</b>	<b>5</b>
<b>Anteile der Bewertungseinheiten in Prozent</b>	<b>22,5</b>	<b>65</b>	<b>12,5</b>

### Standardbezug<sup>7</sup>

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	1			
2			4,8	
3		6		
4		2		
5	6,7	3		
6	7	6		
7				4,5

<sup>7</sup> Zu jeder Teilaufgabe sind zu jedem Kompetenzbereich die Nummern der Standards gemäß *Bildungsstandards* zu nennen, die zur Bearbeitung der Aufgabe erforderlich sind.

### Erwartungshorizont Wahlaufgabe 3.1: Dämpfung von Schwingungen bei Wolkenkratzern

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

		BE/AFB		
		I	II	III
<b>1</b>	<p><i>Beschreiben Sie die in dem Wolkenkratzer auftretenden Energieumwandlungen. Nennen Sie eine Möglichkeit die Schwingung des Pendels stärker zu dämpfen.</i></p> <p>Die Lernenden...</p> <p>S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien.</p> <p>Beschreibung der Energieumwandlungen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Umwandlung von kinetischer Energie in potenzielle Energie und umgekehrt beim Schwingen der Kugel.</li> <li>– Umwandlung kinetischer Energie in thermische Energie.</li> </ul> <p>Nennen einer Möglichkeit zur stärkeren Dämpfung, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Durch die Verwendung von mehr Schwingungsdämpfern kann mehr mechanische Energie in Wärme umgewandelt werden.</li> </ul>	4	1	
<b>2</b>	<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. (M 5 und M 6)</i></p> <p>Die Lernenden...</p> <p>S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen;</p> <p>S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.</p> <p>Berechnung der Differenz aus potentieller und kinetischer Energie.</p> $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot \Delta h = 660000 \text{ kg} \cdot 9,79 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,012 \text{ m} = 77537 \text{ J}$ $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 660000 \text{ kg} \cdot \left(0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 3300 \text{ J}$ $\Delta E = E_{\text{pot}} - E_{\text{kin}} = 74237 \text{ J}$		2 2 1	
<b>3</b>	<p><i>Begründen Sie, dass die Eigenfrequenz des Schwingungsdämpfers annähernd mit der Eigenfrequenz des Gebäudes übereinstimmen sollte. Vergleichen Sie auf der Grundlage von Berechnungen die Eigenfrequenz des Wolkenkratzers mit der des Pendels im Schwingungsdämpfer (M 5 und M 6).</i></p> <p>Die Lernenden...</p>			

	<p>S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien.</p> <p>Begründung der Notwendigkeit der Übereinstimmung: Wenn die Frequenzen übereinstimmen, ist eine maximale Energieübertragung von dem Wolkenkratzer auf das Pendel möglich (Resonanz).</p> <p>Die Lernenden...</p> <p>S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.</p> <p>K 3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder</p> <p><i>Die Prüflinge berechnen die Eigenfrequenzen auf Grundlage der beiden Modellannahmen und vergleichen die Ergebnisse.</i></p> $T_{T-101} = \frac{H}{35 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{448\text{m}}{35 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 12,8\text{s} \rightarrow f_{T-101} = 0,078 \text{ Hz}$ $T_{\text{Pendel}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{42\text{m}}{9,79\text{m}^2}} = 13,0\text{s} \rightarrow f_{\text{Pendel}} = 0,077 \text{ Hz}$ <p>Mögliche Interpretationen des Ergebnisses:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Frequenzen stimmen in Näherung überein.</li> <li>- Die Abweichung beträgt 1,3 %.</li> </ul>	2		
4	<p><i>Erläutern Sie anhand zweier weiterer Einflussgrößen, dass die in Aufgabe 3 für die Berechnung der Eigenfrequenz des Wolkenkratzers verwendete Gleichung nur eine Näherung ist. Betrachten Sie hierzu das elastische Verhalten des Wolkenkratzers in Analogie zu dem eines Federschwingers.</i></p> <p>Die Lernenden...</p> <p>S 2 erläutern Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und beschreiben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten.</p> <p>Erläuterung zweier möglicher Ursachen, z. B: Die Gleichung für <math>T_{T-101}</math> 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"> <li>- 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.</li> <li>- Die genaue Konstruktion (Statik/Festigkeit) beeinflusst die Periodendauer. In Analogie zum Federschwinger: Je härter die Feder, desto kleiner die Periodendauer.</li> </ul>			1 3 2

5 Ein wichtiger Parameter für das Dämpfen einer Schwingung ist die Dämpfungskonstante  $k$ . Als Modell für den Schwingungsdämpfer wird das in M 3 beschriebene Fadenpendel verwendet.

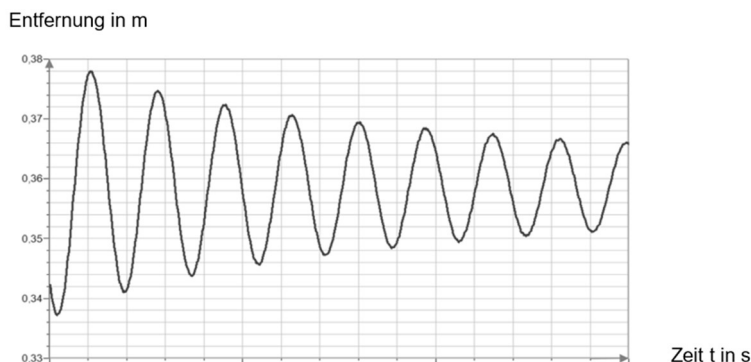
- Ermitteln Sie experimentell mit einem Ultraschallsensor ein Diagramm für die Position des Pendelkörpers in Abhängigkeit von der Zeit. Speichern Sie die Daten.

Die Lernenden...

S 4 bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre Beobachtungen.

Die Prüflinge erstellen ein Diagramm für die Position des Pendelkörpers in Abhängigkeit von der Zeit.

Dargestellt ist ein mögliches Diagramm.



- Leiten Sie aus dem Diagramm die Periodendauer  $T$ , die Anfangsamplitude und die ersten fünf aufeinanderfolgenden Amplituden unter Verwendung des entsprechenden Softwaretools ab.

Die Lernenden...

E 5 planen geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung.

E 4 modellieren Phänomene physikalisch, auch mit Hilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen.

Die Prüflinge bestimmen aus dem Diagramm die Periodendauer, die Anfangsamplitude und fünf aufeinanderfolgende Amplituden.

Für die beschriebene Anordnung ergeben sich beispielsweise die folgenden Messwerte:

Periodendauer  $T = 1,75$  s

3

3

n	t in s	$y_{\max}(t)$ in m	k in s <sup>-1</sup>
0	0,00	0,022	
1	1,75	0,018	0,11
2	3,50	0,016	0,09
3	5,25	0,014	0,09
4	7,00	0,013	0,08
5	8,75	0,012	0,07

• *Bestimmen Sie für dieses Fadenpendel aus allen Messwerten die Dämpfungskonstante k durch Mittelwertbestimmung und unter Verwendung der Regression.*

Die Lernenden...

K 7 präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien

Auswertung der Daten mit einem geeigneten Verfahren unter der Berücksichtigung aller Messwertpaare: Dies kann wahlweise durch die Berechnung von k aus allen Messwertpaaren und Mittelwertbildung erfolgen oder unter Nutzung der Regression.

Ergebnisse: Mittelwert:  $\bar{k} = 0,09 \text{ s}^{-1}$       Regression:  $k = 0,07 \text{ s}^{-1}$

• *Geben Sie zwei mögliche Ursachen für Messunsicherheiten an. Erläutern Sie die Auswirkung dieser Messunsicherheiten auf das Ergebnis der Dämpfungskonstante k.*

Die Lernenden...

E 7 berücksichtigen Messunsicherheiten und analysieren die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses.

Nennen zweier Ursachen und Erläuterung der Auswirkungen

- Abweichungen beim Ablesen von T aus dem Diagramm,
- Abweichungen aufgrund der Messfrequenz,
- Abweichungen beim Ablesen der Amplituden aus dem Diagramm,
- Abweichung bei der Positionsbestimmung aufgrund der Auflösung des Ultraschallsensors
- Je größer die Messunsicherheiten der Messgrößen sind, desto größere statistische Streuungen weist die Dämpfungskonstante k auf.

<b>Summe</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	<b>6</b>
<b>Anteile der Bewertungseinheiten in Prozent</b>	<b>30</b>	<b>55</b>	<b>15</b>

## Standardbezug<sup>8</sup>

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

---

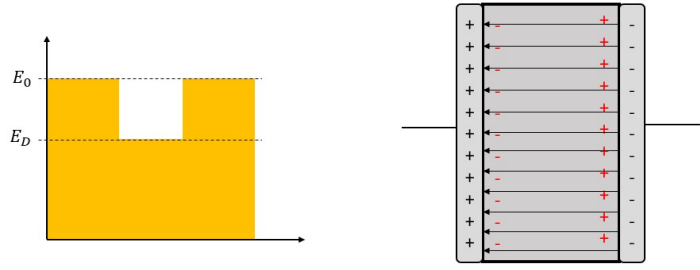
<sup>8</sup> Zu jeder Teilaufgabe sind zu jedem Kompetenzbereich die Nummern der Standards gemäß *Bildungsstandards für das Fach Biologie/Chemie/Physik für Allgemeine Hochschulreife* zu nennen, die zur Bearbeitung der Aufgabe erforderlich sind.



## Erwartungshorizont Wahlaufgabe 3.2: Kondensator

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

		BE/AFB		
		I	II	III
<b>1</b>	<p><i>Die Kapazität eines Plattenkondensators hängt von dessen Aufbau ab. Erläutern Sie drei Möglichkeiten, um ausschließlich durch Veränderungen am Aufbau des Kondensators, dessen Kapazität zu vergrößern. Begründen Sie.</i></p> <p>Die Lernenden...</p> <p>S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien.</p> <p>S 2 erläutern Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und beschreiben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten.</p> <p>S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.</p> <p>Für die Kapazität eines Plattenkondensators gilt folgender Zusammenhang: <math>C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}</math>.</p> <p>Dabei ist <math>\varepsilon_r</math> die relative Permittivität des Dielektrikums, <math>A</math> die Fläche einer Platte und <math>d</math> der Plattenabstand.</p> <p>Somit kann die Kapazität eines Kondensators vergrößert werden, indem:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- die Plattenfläche vergrößert wird, da <math>C \sim A</math></li> <li>- der Plattenabstand verkleinert wird, da <math>C \sim \frac{1}{d}</math></li> <li>- ein Dielektrikum eingefügt wird, da <math>C \sim \varepsilon_r</math>.</li> </ul>	1		
<b>2</b>	<p><i>Über einem mit Luft gefüllten Plattenkondensator wird eine Gleichspannung angelegt. Durch das Einbringen einer Kunststoffplatte, die den Innenraum vollständig ausfüllt, verändert sich die Kapazität <math>C</math> eines Kondensators. Erklären Sie diese Erscheinung unter Nutzung des Feldbegriffes und einer geeigneten Skizze (M 8).</i></p> <p>Die Lernenden...</p> <p>S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien.</p> <p>K 7 präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien.</p> <p>Führt man ein Dielektrikum in den Kondensator ein, so wird die elektrische Feldstärke <math>E_D</math> im Dielektrikum kleiner. Im Dielektrikum</p>			

	<p>entstehen im Zuge der Polarisierung Dipole. Der negative Ladungsschwerpunkt zeigt dabei in Richtung der positiv geladenen Kondensatorplatte und umgekehrt. Das elektrische Feld im Kondensator <math>E_0</math> und im Dielektrikum überlagern sich (Darstellungen). Da das elektrische Feld im Dielektrikum in die andere Richtung zeigt, wird das resultierende Feld in Summe abgeschwächt. Durch das Einbringen des Dielektrikums sind aber mehr Ladungsträger zwischen den beiden Kondensatorplatten, was zur Folge hat, dass dessen Kapazität steigt.</p> 	2	2	2
3	<p>Der geladene Kondensator wird von der Gleichspannungsquelle getrennt und über einem Ohm'schen Bauelement mit dem Widerstand <math>R</math> entladen. Bis zu dem Zeitpunkt, zu dem der Kondensator gerade noch zu 70 % geladen ist, leuchtet die Glühlampe des Blinkers. Zu diesem Zeitpunkt <math>t_{70\%}</math> ist die Spannung am Kondensator auf 70 % des Anfangswertes gesunken.</p> <p>Das Produkt <math>R \cdot C</math> beeinflusst den Verlauf des Graphen der Entladekurve <math>U(t)</math>.</p> <p>Leiten Sie die Gleichung <math>t_{70\%} = -R \cdot C \cdot \ln(0,7)</math> unter Nutzung von M 12 her.</p> <p>Die Lernenden...</p> <p>S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.</p> <p>Es gilt: <math>U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}} \rightarrow \ln\left(\frac{U(t)}{U_0}\right) = \ln\left(e^{-\frac{t}{R \cdot C}}\right)</math>.</p> <p>Mit <math>U(t_{70\%}) = 0,7U_0</math></p> $\rightarrow \ln\left(\frac{0,7U_0}{U_0}\right) = -\frac{t_{70\%}}{R \cdot C} \rightarrow t_{70\%} = -R \cdot C \cdot \ln(0,7)$	1	1	1
4	<p>Untersuchen Sie den Zusammenhang zwischen dem Widerstand <math>R</math> und der Zeit <math>t_{70\%}</math> für das Entladen eines Kondensators unter Nutzung eines digitalen Messwerterfassungssystems. Die Ladespannung ist <math>U_0</math> und der Entladevorgang beginnt zum Zeitpunkt <math>t = 0</math>.</p> <p>Das Experiment wird unter Nutzung der in M 9 beschriebenen Schaltskizze durchgeführt.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bauen Sie die Schaltung auf.</li> </ul> <p>Die Lernenden...</p>			

S 4 bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre Beobachtungen.

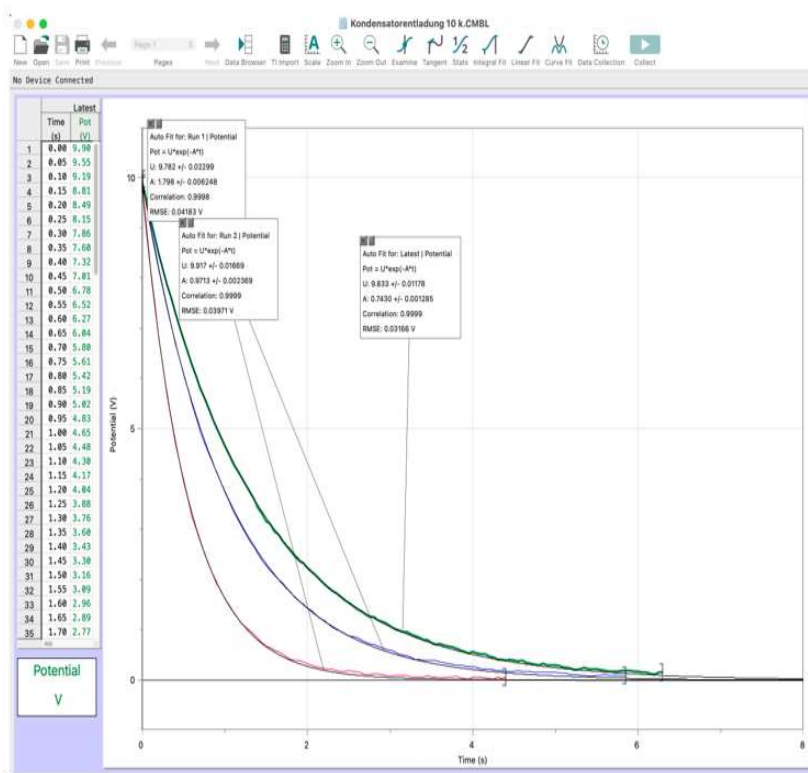
Die Prüflinge erstellen die Schaltung.

- Nehmen Sie für drei technische Widerstände mit unterschiedlichen Ohm'schen Widerständen  $R_1$ ,  $R_2$  und  $R_3$  jeweils die Entladekurve  $U(t)$  für die Spannung am Kondensator in Abhängigkeit von der Zeit auf. Die Kapazität des Kondensators ist unbekannt.

Die Lernenden...

E 5 planen geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung.

Screenshot der Beispielmessung:



- Geben Sie für die drei Entladekurven jeweils die Gleichung einer Regressionsfunktion und die Ladespannung  $U_0$  an.

Auswertung durch Regressionsfunktion mit folgender Gleichung:

$$U(t) = U_0 \cdot e^{-A \cdot t}$$

Regressionsfunktionen unter Angabe der Anfangsspannungen:

mit  $R_1 = 4,7\text{k}\Omega$ ,  $R_2 = 10\text{k}\Omega$  und  $R_3 = 14,7\text{k}\Omega$

$$R_1 : U(t) = 9,782 \cdot e^{-1,798t} \rightarrow U_{0,1} = 9,782\text{V}$$

2

2

1

3

$$R_2 : U(t) = 9,917 \cdot e^{-0,9713t} \rightarrow U_{0,2} = 9,917 \text{ V}$$

$$R_3 : U(t) = 9,833 \cdot e^{-0,7430t} \rightarrow U_{0,3} = 9,833 \text{ V}$$

- Ermitteln Sie unter Nutzung der Entladekurven jeweils die Zeit  $t_{70\%}$ .  
Zeichnen Sie das  $t_{70\%}(R)$ -Diagramm.

Die Lernenden...

S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.

E 4 modellieren Phänomene physikalisch, auch mit Hilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen.

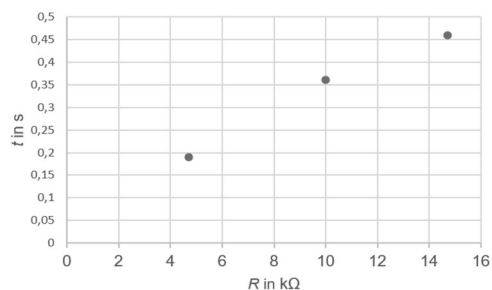
K 6 veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge.

K 7 präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien

$$R_1 : t_{70\%,1} = 0,1861 \text{ s} \approx 0,19 \text{ s} , R_2 : t_{70\%,2} = 0,3586 \text{ s} \approx 0,36 \text{ s} ,$$

$$R_3 : t_{70\%,3} = 0,4574 \text{ s} \approx 0,46 \text{ s}$$

Screenshot:



- Ermitteln Sie die Kapazität des Kondensators.

Die Lernenden...

S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.

Die Kapazität kann über mehrere Möglichkeiten ermittelt werden. Alle Lösungswege sind als gleichwertig zu betrachten.

Unter Nutzung der Gleichung aus Aufgabe 3 kann die Kapazität wie folgt

$$\text{ermittelt werden: } -R \cdot C \cdot \ln(0,7) = t_{70\%} \rightarrow C = \frac{t_{70\%}}{-R \cdot (\ln 0,7)} .$$

Für  $R_1$  resultiert  $C_1 = 1,11 \cdot 10^{-4} \text{ F}$ .

1

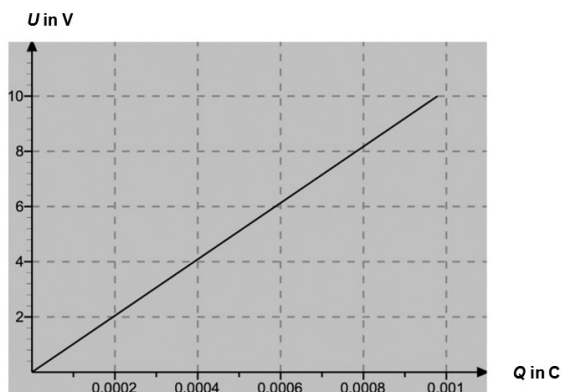
2



Die Lernenden...

S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien.

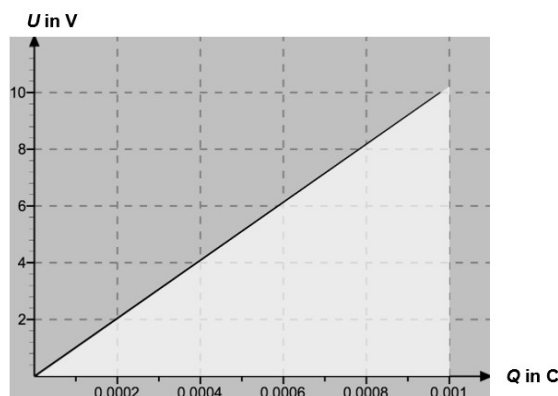
K 7 präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien.



1

Für die Ermittlung von  $Q$  ergibt sich:  $Q = 0,001\text{C}$ .

Markieren der Fläche zur Bestimmung der Energie:



Die Energie entspricht der Fläche unter der dem Graphen  $U(Q)$ .

$$E = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot U = \frac{1}{2} \cdot 0,001\text{C} \cdot 10\text{V} = 0,005\text{J}$$

3

- Tragen Sie zusätzlich in das ausgedruckte Diagramm den Graphen für die Entladung des Kondensators über den größten Widerstand mit ein. Begründen Sie den Verlauf des Graphen.

Die Lernenden...

S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien.

E 4 modellieren Phänomene physikalisch, auch mit Hilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie

	<p>theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen.</p> <p>K 7 präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien</p> <p>Die Energie hängt nicht von der Zeit ab. Somit ergibt sich im <math>U(Q)</math>- Diagramm kein zusätzlicher Graph.</p>				2
6	<p><i>In Blinkgebern werden Elektrolytkondensatoren verwendet. Deren Kapazität ändert sich mit zunehmender Lebensdauer (M 11). Die Kapazität des verwendeten Kondensators verändert sich um 20%. Untersuchen Sie unter Nutzung der Tabelle 4 aus M 11, wie sich dies auf die Blinkfrequenz auswirkt.</i></p> <p>Die Lernenden...</p> <p>S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen.</p> <p>Wenn die Kapazität um 20 % sinkt, bedeutet dies, dass die Entladung des Kondensators schneller eintritt, da laut Text die Kapazität des Kondensators direkt proportional zur Lebensdauer gilt und somit auch die Zeit <math>t_{70\%}</math> für den Blinkgeber schneller erreicht ist. Die Blinkfrequenz wird sich erhöhen.</p> <p><i>Beurteilen Sie den Einfluss dieser Alterungsprozesse der Elektrolytkondensatoren in Blinkgebern, auf die Verkehrssicherheit eines 40 Jahre alten Autos.</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>B 4 bilden sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten ein eigenes Urteil.</p> <p>B 5 reflektieren Bewertungen von Technologien und Sicherheitsmaßnahmen oder Risikoeinschätzungen hinsichtlich der Güte des durchgeführten Bewertungsprozesses.</p> <p>Aus dem Material kann entnommen werden, dass mit zunehmender Lebensdauer eines Kondensators dessen Kapazität sinkt. Zusätzlich sorgt eine Erhöhung der Betriebstemperatur dafür, dass die Alterungsrate zunimmt. Durch z. B. hohe Sonneneinstrahlung erhitzen sich die Bauteile, was sich auch auf die Lebensdauer negativ auswirkt (Tabelle 4) bis zum Ausfall des Blinkgebers. Die Alterungsprozesse über 40 Jahre sorgen also dafür, dass die Blinkfrequenzen steigen. Defekte Blinkgeber schränken damit die Verkehrssicherheit ein.</p>				2
	<b>Summe</b>	<b>8</b>	<b>26</b>	<b>6</b>	
	<b>Anteile der Bewertungseinheiten in Prozent</b>	<b>20</b>	<b>65</b>	<b>15</b>	

## Standardbezug<sup>9</sup>

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	1,2,7			
2	1		7	
3	7			
4	4,7	4,5	6,7	
5	1,2	4	7	
6	3			4,5

## 6 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 folgendes Bewertungsraster<sup>10</sup> vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

Notenpunkte	mindestens zu erreichender Anteil an den insgesamt zu erreichenden Bewertungseinheiten in %	mindestens zu erreichende Anzahl an Bewertungseinheiten bei 120 BE
15	95 %	114
14	90 %	108
13	85 %	102
12	80 %	96
11	75 %	90
10	70 %	84
9	65 %	78
8	60 %	72
7	55 %	66
6	50 %	60
5	45 %	54
4	40 %	48
3	33 %	40
2	27 %	33
1	20 %	24
0	0 %	0

<sup>9</sup> Zu jeder Teilaufgabe sind zu jedem Kompetenzbereich die Nummern der Standards gemäß *Bildungsstandards für das Fach Biologie/Chemie/Physik für Allgemeine Hochschulreife* zu nennen, die zur Bearbeitung der Aufgabe erforderlich sind.

<sup>10</sup> Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.