

2027

>30 Millionen  
bestandene  
Prüfungen

50  
Jahre  
STARK

**STARK**  
Prüfung

**MEHR  
ERFAHREN**

**Abitur**

Baden-Württemberg

**Physik LF**

- ✓ Original-Prüfungsaufgaben mit Lösungen
- ✓ Übungsaufgaben zum aktuellen Prüfungsstoff
- ✓ Interaktives Training



# Inhalt

Vorwort  
Stichwortverzeichnis

## Hinweise und Tipps zum Abitur in Physik

Die Kursstufe . . . . .	I
Der Bildungsplan . . . . .	I
Die Aufgaben der schriftlichen Abiturprüfung Physik . . . . .	I
Bearbeitung der Prüfungsaufgaben . . . . .	I
Welchen Stoff müssen Sie beherrschen? . . . . .	III
Operatoren . . . . .	IV
Bewertung der Prüfungsarbeiten . . . . .	VI
Zum Umgang mit diesem Buch . . . . .	VI
Liste der physikalischen Konstanten und Beziehungen . . . . .	VII

## Übungsaufgaben

1	Elektronenbahn im Plattenkondensator . . . . .	1
2	Ionen im E- und B-Feld; Interferometer . . . . .	5
3	Elektronen im E- und B-Feld; Relativitätstheorie . . . . .	12
4	Protonen im Teilchenbeschleuniger . . . . .	19
5	Kugeln im elektrischen Feld. . . . .	27
6	Auf- und Entladevorgang beim Kondensator. . . . .	30
7	Wellenfunktion einer Transversalwelle . . . . .	36
8	Plattenkondensator mit und ohne Dielektrikum . . . . .	39
9	Röntgenstrahlung . . . . .	44
10	Absorptionsspektren . . . . .	47
11	Linearer Potenzialtopf und Linienspektren . . . . .	52
12	Wasserstoffspektrum . . . . .	56

## Abiturprüfungsaufgaben

### Abiturprüfung 2021

Aufgabe I	Federpendel, Stangenpendel, Wasserwellen . . . . .	2021-1
Aufgabe II	Doppelspalt, Einzelspalt, Mehrfachspalt*, Gitter, Fotoeffekt. . . . .	2021-9
Aufgabe III	Magnetische Flussdichte einer Leiterschleife, Induktion, Wechselspannung . . . . .	2021-16
Aufgabe IV	Plattenkondensator, Dielektrikum, Schwingkreis, Teilchen in E- und B-Feldern . . . . .	2021-25

\* Der Mehrfachspalt zählt seit dem Abitur 2023 nicht mehr zum Prüfungsstoff.

## **Abiturprüfung 2022**

Aufgabe I	Schwingender Wagen, linearer Wellenträger, zwei Stifte im Wasserbecken . . . . .	2022-1
Aufgabe II	Doppelspalt, optisches Gitter im Aquarium, Fotoeffekt . . . . .	2022-9
Aufgabe III	Elektronen im E- und B-Feld, luftgefüllte Zylinderspule, Plattenkondensator . . . . .	2022-18
Aufgabe IV	Schwingkreis, Induktion, Ein- und Ausschaltvorgang einer Spule . . .	2022-28

## **Abiturprüfung 2023**

Aufgabe I	Feder-Schwere-Pendel, Wellen auf einem linearen Wellenträger, schwingender Wagen . . . . .	2023-1
Aufgabe II	Gitter, Materiewellen . . . . .	2023-10
Aufgabe III	Plattenkondensator, Teilchen in E- und B-Feldern, Massenspektrometer . . . . .	2023-19
Aufgabe IV	Schwingkreis, Induktion, Aus- und Einschaltvorgang einer Spule . . .	2023-26

## **Abiturprüfung 2024**

Aufgabe I	Schaukel, Fadenpendel, Hemmungspendel . . . . .	2024-1
Aufgabe II	Schwingkreis, Interferenz am Einfachspalt, Fotoeffekt . . . . .	2024-8
Aufgabe III	Elektroantrieb mit Kondensatoren, Induktion (Dynamo), Einschaltvorgang einer Spule . . . . .	2024-17

## **Abiturprüfung 2025**

Aufgabe I	Sicherheit in Stromkreisen: Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter, elektrische Leistung . . . . .	2025-1
Aufgabe II	Abschirmung gegen Meereswellen: Wellenwanne, harmonische Schwingung, erzwungene Schwingungen . . . . .	2025-8
Aufgabe III	Abstandsradarsystem beim Auto: Mikrowellen, Schwingkreis, Hertz'scher Dipol, stehende Wellen . . . . .	2025-16
Aufgabe IV	Restlichtverstärker: Fotoeffekt, Röntgenstrahlung . . . . .	2025-25

*Hinweis:* Im Jahr 2024 wurden im Abitur jeweils nur drei Aufgaben zur Wahl gestellt.

<p><b>Abiturprüfung 2026 (online)</b> . . . . . <a href="http://www.stark-verlag.de/mystark">www.stark-verlag.de/mystark</a></p> <p>Sobald die Original-Prüfungsaufgaben 2026 freigegeben sind, können sie als PDF auf der Plattform <b>MySTARK</b> heruntergeladen werden. Den Zugangscode finden Sie vorne in diesem Buch.</p>
--



Sollten vom Kultusministerium nach Erscheinen dieses Bandes wichtige Änderungen in der Abiturprüfung 2027 bekannt gegeben werden, finden Sie aktuelle Informationen dazu im Internet ebenfalls auf MySTARK.

## **Autor**

---

bis 2025: StD a. D. Bruno Kunz (Tipps und Lösungen, Übungsaufgaben 6, 7, 9–12)  
2026: Stark Verlag

# Vorwort

## Liebe Schülerinnen und Schüler,

mit dem vorliegenden Buch können Sie sich optimal auf die zentral gestellte schriftliche Abiturprüfung im Fach Physik vorbereiten. Dazu stellen wir Ihnen eine umfangreiche Sammlung an Aufgaben zur Verfügung, mit deren Hilfe Sie den Stoff und die Techniken, die Sie im Unterricht erlernt haben, aufarbeiten und nachhaltig üben können.

Im ersten Teil erhalten Sie **„Hinweise zum Abitur in Physik“**. Diese werden Ihnen helfen, die formalen Rahmenbedingungen für das Zentralabitur kennen zu lernen. Nach einer kurzen Erläuterung zur Stellung des Faches Physik in der Kursstufe erhalten Sie Hinweise zum Bildungsplan. Anschließend erhalten Sie ausführliche Informationen zu Struktur und Auswahl der Abituraufgaben sowie zum Ablauf der Prüfung. Die hier vorgestellten Tipps helfen Ihnen konkret bei der erfolgreichen Bearbeitung der Abituraufgaben.

Seit 2025 liegt dem Abitur der Bildungsplan von 2016 in der überarbeiteten Fassung V2 vom März 2023 zugrunde. Da in der schriftlichen Abiturprüfung nicht alle Stoffgebiete abgeprüft werden, die der Bildungsplan beinhaltet, enthält der Abschnitt „Welcher Stoff muss beherrscht werden?“ eine Liste der prüfungsrelevanten Themen. Anschließend erfahren Sie, wie Ihre Prüfungsarbeiten bewertet werden.

Der Hauptteil dieses Buches enthält die für die kommende Abiturprüfung relevanten Aufgaben der **offiziellen Abiturklausuren** ab 2021. Darüber hinaus finden Sie zwölf **Übungsaufgaben**, die den neu hinzugekommenen Prüfungsstoff behandeln. Zu allen Aufgaben gibt es **vollständige, ausführlich kommentierte Lösungsvorschläge** sowie zusätzliche **separate Tipps zum Lösungsansatz**, welche Ihnen das eigenständige Lösen der Aufgaben erleichtern.

Ich wünsche Ihnen viel Erfolg in der Abiturprüfung!

Bruno Kunz

## Digitale Inhalte auf MySTARK



**Original-Abituraufgaben des Jahrgangs 2026 zum Download**



**Interaktives Training**

Ihr Coach zum Erfolg: Mit dem **interaktiven Training** erhalten Sie online auf MySTARK Aufgaben und Lernvideos zu allen relevanten Themengebieten des Physikabiturs. Am besten gleich ausprobieren!

Den Zugangscode zu MySTARK ([www.stark-verlag.de/mystark](http://www.stark-verlag.de/mystark)) finden Sie vorne in diesem Buch.



# Hinweise und Tipps zum Abitur in Physik

## Die Kursstufe

---

Als Schülerin bzw. Schüler müssen Sie drei fünfstündige Leistungsfächer wählen, die auch schriftlich geprüft werden. Zwei der drei Leistungsfächer sind Deutsch, Mathematik, eine Fremdsprache (spätestens ab Klasse 8 begonnen) oder eine Naturwissenschaft.

Im Abitur werden Sie in fünf Fächern geprüft:

- Die drei schriftlichen Prüfungen werden in den drei Leistungsfächern abgelegt.
- In zwei weiteren Fächern finden 20-minütige mündliche Prüfungen statt. Eine davon kann in der Regel durch eine besondere Lernleistung ersetzt werden. Die Präsentationsprüfung gibt es nicht mehr.

Seit dem Abitur 2022 gibt es die Null-Punkte-Regelung: Eine Abiturprüfung gilt als nicht bestanden, wenn eine schriftliche oder mündliche Prüfung mit null Punkten bewertet wurde. Eine schriftliche Null-Punkte-Prüfung kann durch eine freiwillige zusätzliche mündliche Prüfung mit mindestens drei Punkten gerettet werden.

## Der Bildungsplan

---

Seit dem Abitur 2025 gilt der Bildungsplan von 2016 in der überarbeiteten Fassung V2 vom März 2023.

## Die Aufgaben der schriftlichen Abiturprüfung Physik

---

In Baden-Württemberg werden die Abituraufgaben zentral vom Kultusministerium gestellt. Das heißt, dass Lehrerinnen und Lehrer bei den vier Regierungspräsidien Aufgabenvorschläge einreichen müssen, aus denen dann Kommissionen der Regierungspräsidien bzw. des Kultusministeriums die endgültigen Aufgaben festlegen. Es gibt **vier Aufgaben** mit verschiedenen Schwerpunkten. Davon wählt die Schülerin bzw. der Schüler drei zur Bearbeitung aus. Die Gesamtarbeitszeit beträgt 300 Minuten einschließlich Auswahlzeit. Zum Vergleich: Vor 2025 mussten die Prüflinge zwei Aufgaben in 240 Minuten ohne Auswahlzeit (Die Fachlehrkraft hat zwei aus drei Aufgaben ausgewählt) lösen; das bedeutet, dass der Umfang der damaligen Aufgaben größer war, als er es bei den jetzigen Aufgaben ist.

Als **Hilfsmittel** sind ein Taschenrechner (WTR) und als Formelsammlung die „Mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung“ des IQB (Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen, Berlin) zugelassen. Sie finden dieses Dokument (PDF) unter dem Link

<https://km.baden-wuerttemberg.de/de/schule/gymnasium/termine-und-informationen-zum-abitur>

im Abschnitt „Abitur 2027“. Darüber hinaus steht Ihnen als Anlage zu den Aufgaben eine **Liste der physikalischen Konstanten und Beziehungen** (siehe S. VII) zur Verfügung.

## Bearbeitung der Prüfungsaufgaben

---

- Sie bekommen zwei verschiedene Sorten von Papierbogen ausgeteilt. Das weiße Papier dient der Reinschrift, das grüne ist für den Entwurf gedacht. Wenn Sie sich Ihre Zeit vernünftig einteilen, werden Sie in der vorgegebenen Zeit gut fertig. Die Zeit kann aber knapp werden, wenn Sie alles zuerst als Entwurf schreiben und anschließend in die Reinschrift übertragen. Wenn Sie sich also sicher sind, dass Sie einen Teil gut lösen

können, schreiben Sie Ihre Lösung gleich auf das weiße Papier. Bei Teilen, bei denen Sie sich nicht so sicher sind, schreiben Sie zuerst einen **möglichst sauberen** Entwurf auf das grüne Papier, den Sie anschließend übertragen. Es hat sich bewährt, für kleine Nebenrechnungen bzw. für das Probieren (wie hieß die Formel noch mal?) ein Extrablatt des grünen Papiers zu verwenden.

- Lesen Sie zuerst alle vier vorgelegten Aufgaben durch und entscheiden Sie dann, welche Sie **nicht** bearbeiten möchten. Mit den restlichen **drei Aufgaben** bestreiten Sie dann Ihre Abiturprüfung. Beginnen Sie mit der Aufgabe, bei der Sie sich am sichersten fühlen. Nach Möglichkeit bearbeiten Sie jede Aufgabe an einem Stück.
- Mit der Abiturprüfung 2025 hat sich der **Stil der Aufgaben** geändert. Wegen der veränderten Bearbeitungszeit pro Aufgabe sind sie in der Regel kürzer als die Abituraufgaben in den vorherigen Jahren. Während diese Aufgaben oft aus drei oder vier Teilen bestanden, bei denen das Thema mehrfach wechselte, liegt künftig der Schwerpunkt auf einem Inhaltsbereich. Auch das Layout unterscheidet sich. Eine Aufgabe besteht aus einem Aufgabenblatt, zu dem ein oder zwei Blätter mit Materialien gehören. Eine solche Form weisen beispielsweise die Übungsaufgaben 9 und 10 in diesem Buch auf (aber auch in früheren Prüfungsaufgaben kam eine Trennung von Aufgaben- und Materialteil bereits vor, vgl. Übungsaufgabe 4). Im Internet gibt es von Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) einen Pool mit Beispielaufgaben, die diese Form aufweisen:  
<https://www.iqb.hu-berlin.de/abitur/sammlung/naturwissenschaften/physik/>
- Schreiben Sie zu Beginn jeder Teilaufgabe die Angaben auf, die für diesen Teil gelten. Achten Sie auf Verweise zu Aufgabenteilen, die weiter oben stehen. Überlegen Sie, welche Formel zu dem Problem passt, und schreiben Sie die Formel zuerst in der Form hin, wie Sie sie gelernt haben. Anschließend wird umgeformt und dann eingesetzt.
- Enthält das **Material** zu einer Aufgabe eine Skizze, so müssen dieser die wesentlichen Daten entnommen werden, da diese im Text nicht nochmals wiederholt werden. Sie selbst müssen den Variablen einen sinnvollen Namen geben. Wählen Sie also nach Möglichkeit den Buchstaben, der auch in der gelernten Formel verwendet wird.
- Manche Aufgabenteile können relativ **offen formuliert** sein. Dann kann es sein, dass Sie einen kleinen Aufsatz schreiben müssen. Dieser sollte sowohl fachlich als auch sprachlich fehlerfrei sein. Das bloße Hinschreiben einer Formel genügt nicht. Andererseits sollte man die Frage beantworten und nicht vom Thema abschweifen.
- Bei **Zeichnungen** müssen Sie selbst den geeigneten Maßstab herausfinden. Denken Sie vor der Prüfung daran, Ihr Schreibzeug auf den neuesten Stand zu bringen.
- Beschriften Sie Ihre Skizzen und Diagramme klar und sauber.
- Enthält eine Arbeit zu viele Verstöße gegen Rechtschreibung, Grammatik oder Form, so können bis zu zwei Notenpunkte abgezogen werden.
- Denken Sie auch daran, die **korrekten Einheiten** zu verwenden und hinzuschreiben. In diesem Buch werden grundsätzlich alle Angaben in SI-Einheiten umgewandelt, sodass hinter den Maßzahlen nur eine einzige Maßeinheit, nämlich die zur zu berechnenden Größe zugehörige Maßeinheit, steht.
- Ein **Rechenergebnis** kann nicht genauer sein als die vorgegebenen Daten. Sind die Daten mit einer Genauigkeit von zwei oder drei Stellen vorgegeben, ist es sinnlos, das Ergebnis mit acht Stellen hinter dem Komma anzugeben. Werden Zwischenergebnisse aufgeschrieben, so sollten diese gerundet werden. Werden die Zahlen weiterverwendet, sollte man aber mit allen Stellen, wie sie noch im Taschenrechnerdisplay stehen, weiterrechnen.

## Welchen Stoff müssen Sie beherrschen?

---

Der größte Teil der Aufgaben prüft die verbindlich vorgegeben Fachinhalte und Fachmethoden ab. Ein Teil der Aufgaben kann aber auch fachliche Inhalte zum Gegenstand haben, die im Bildungsplan nicht verbindlich vorgesehen sind.

Ziel des kompetenzorientierten Unterrichts ist es dabei nicht, Sie auf alle möglichen Inhalte vorzubereiten, die über den Bildungsplan hinausgehen, sondern Ihnen die Kompetenzen so zu vermitteln, dass Sie diese an beliebigen Inhalten zeigen können. Allerdings hilft es Ihnen bei der Vorbereitung auf die schriftliche Prüfung, wenn Sie bereits Aufgaben gerechnet haben, die nicht direkt mit dem Stoff des Unterrichts zusammenhängen, aber in der Prüfung als Transferaufgaben gestellt werden können.

Sie müssen folgenden Stoff, gegliedert nach Stoffgebieten, beherrschen:

- *Elektrisches Feld*  
Elektrische Feldstärke, Spannung, Potenzial, Äquipotenziallinien, Plattenkondensator, Energie, Bewegung im elektrischen Feld, Elementarladung, Coulomb'sches Gesetz, Materie im elektrischen Feld, Influenz, Polarisation, Dielektrikum, Auf- und Entladevorgang eines Kondensators
- *Magnetisches Feld*  
Magnetisches Feld, Flussdichte, lang gestreckte Spule, Lorentzkraft, Bewegung im B-Feld, Elektronen, Hall-Effekt (qualitativ)
- *Teilchen in Feldern*  
Elektronenstrahlröhre, Bewegung geladener Teilchen parallel und senkrecht zu den Feldlinien, Wien'sches Filter und Massenspektrograph
- *Elektromagnetische Induktion*  
Induktion, magnetischer Fluss, Selbstinduktion, Induktivität einer lang gestreckten Spule, Energie des magnetischen Feldes
- *Mechanische Schwingungen und Wellen*  
Harmonische Schwingungen, Differenzialgleichung, Längs- und Querwellen, Ausbreitungsgeschwindigkeit, Frequenz, Wellenlänge, Gleichung einer harmonischen eindimensionalen Welle, Interferenz, stehende Querwellen, Eigenschwingungen, erzwungene Schwingungen (qualitativ)
- *Elektromagnetische Schwingungen und Wellen*  
Schwingkreis, elektromagnetische Wellen (nur qualitativ), Maxwell-Theorie, Wellenoptik, Reflexion, Brechung, Dispersion, Beugung, Interferenz, Einzelspalt, Doppelspalt, Gitter, Polarisation, Michelson-Interferometer, Hertz'scher Dipol
- *Grundlagen der Quanten- und Atomphysik*  
Fotoeffekt, Photon, Planck'sches Wirkungsquantum, Elektronenbeugung, De-Broglie-Wellenlänge, Quantenobjekte, Interferenz, Zustandsfunktion, Unbestimmtheit, quantenmechanische Messung, Linienspektren, Energiewerte des Wasserstoffatoms, Röntgenstrahlung, eindimensionaler Potenzialtopf

Der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben zu Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern hat sich erhöht. Es kann Aufgaben zur Bewegung im elektrischen Querfeld sowie im magnetischen Querfeld geben. Die Rechnungen werden also ausführlicher als in den Aufgaben der Jahre vor 2025 sein. Die **Übungsaufgaben 1 bis 4** in diesem Buch behandeln dieses Themengebiet ausführlich. Sie veranschaulichen, wie eine zukünftige Abituraufgabe hierzu gestellt werden könnte, wenn auch nicht zu erwarten ist, dass eine Aufgabe nur Bewegungen in Feldern enthalten wird.

Mit den **Übungsaufgaben 5 bis 12** stehen Ihnen weitere Aufgaben zur Verfügung, welche die Änderungen der überarbeiteten Fassung V2 des Bildungsplans berücksichtigen.



**Abiturprüfung an den allgemeinbildenden Gymnasien (Baden-Württemberg) 2024**  
**Prüfungsfach: Physik – Aufgabe III**

1. Bei Fahrzeugen mit Elektroantrieb wird der Einsatz von Kondensatoren erprobt. Diese Kondensatoren sollen vor allem bei starken Beschleunigungsvorgängen den Akku als Energiequelle unterstützen.

Um die Kapazität eines solchen Kondensators zu bestimmen, wird bei einer angelegten Spannung von 400 V eine auf den zuvor ungeladenen Kondensator fließende Ladung von 6000 C gemessen.

a) Zeigen Sie, dass die Kapazität des Kondensators 15 F beträgt. (2 BE)

b) Berechnen Sie die Energie, die in diesem Kondensator gespeichert ist. (2 BE)

Es wird untersucht, ob der zuvor mit 400 V geladene Kondensator ein Elektrofahrzeug der Masse 2000 kg von  $30 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  auf  $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  beschleunigen kann.

c) Beurteilen Sie, ob der Kondensator die für diesen Beschleunigungsvorgang notwendige Energie zur Verfügung stellen kann. (4 BE)

1. Zwei Schülerinnen diskutieren die Eignung zweier Kondensatoren A und B unterschiedlicher Kapazität für Beschleunigungsvorgänge. Die beiden Kondensatoren wurden auf 400 V aufgeladen und danach über den gleichen Widerstand entladen. Die Entladekurven dieser beiden Kondensatoren sind in Abbildung 1 dargestellt.

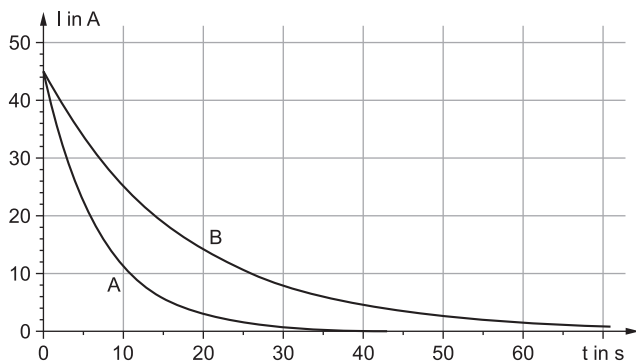


Abb. 1

Anna sagt: „Der Kondensator B hat eine größere Kapazität und ist besser geeignet.“

Michaela sagt: „Der Kondensator A entlädt sich schneller, sodass seine Leistung immer höher ist. Daher ist der Kondensator A besser geeignet.“

d) Beurteilen Sie diese Aussagen. (6 BE)

2. Zum Betrieb einer Fahrradbeleuchtung nutzt man häufig einen Dynamo. Im Inneren besteht ein solcher Dynamo aus einer fest installierten Spulenordnung sowie aus beweglich gelagerten Permanentmagneten. In den Abbildungen 2a bis 2d wird der Dynamo vereinfacht mit einer fest installierten Spule und einem um die Spule rotierenden Hufeisenmagneten dargestellt. Der Hufeisenmagnet dreht sich nun gleichmäßig um die Spule wie in den Abbildungen 2a bis 2d schematisch gezeigt.

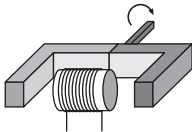


Abb. 2a

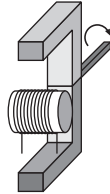


Abb. 2b

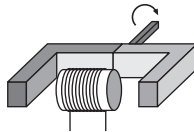


Abb. 2c

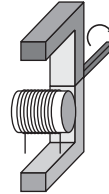


Abb. 2d

- a) Erklären Sie, dass zwischen den Enden der Spule eine Spannung induziert wird. (2 BE)

Abbildung 3 zeigt den zeitlichen Verlauf der induzierten Spannung in idealisierter Form.

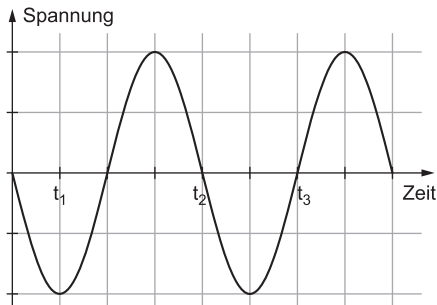


Abb. 3

- b) Begründen Sie, warum die Induktionsspannung ihr Vorzeichen wechselt. (4 BE)
- c) Ordnen Sie den Zeitpunkten  $t_1$ ,  $t_2$  und  $t_3$  jeweils eine der Abbildungen 2a bis 2d zu und begründen Sie Ihre Zuordnungen. (6 BE)

## Tipps und Hinweise zur Lösung von Aufgabe III

### Tipps zu Teilaufgabe 1: Elektroantrieb mit Kondensatoren

- ▣ **a:** Für die Kapazität eines Kondensators gilt die Formel  $Q = C \cdot U$ .
- ▣ **b:** Die Energie des Kondensators beträgt  $E_{el} = \frac{1}{2} C \cdot U^2$ .
- ▣ **c:** Hier müssen Sie den Energiegehalt des Kondensators mit der Differenz der kinetischen Energien vergleichen.
- ▣ **d:** Vergleichen Sie die Flächen unter der Kurve im  $I(t)$ -Diagramm. Für die im Widerstand  $R$  abgegebene Leistung  $P$  gilt  $P = U \cdot I = R \cdot I^2$ .

### Tipps zu Teilaufgabe 2: Dynamo als Spannungsquelle der Fahrradbeleuchtung

- ▣ **a:** Denken Sie an den Grundversuch II zur Induktion.
- ▣ **b:** Das Vorzeichen ändert sich nach einer halben Drehung des Hufeisenmagneten. Was folgt für das Magnetfeld, was für die induzierte Spannung?
- ▣ **c:** Wenn Sie statt des Zeitpunkts  $t_1$  den um eine Periode nach rechts verschobenen Zeitpunkt  $t_1^*$  betrachten, wird die Aufgabe leichter, denn Sie können dann in der logisch-richtigen zeitlichen Reihenfolge argumentieren. Wann ist die Änderung des Magnetfeldes null, wann ist sie maximal?

### Tipps zu Teilaufgabe 3: Einschaltvorgang einer Spule

- ▣ **a:** Für die Bestimmung der Induktivität wird die Änderung der Stromstärke benötigt. Diese bestimmt man am einfachsten aus der Tangentensteigung im Ursprung.
- ▣ **b:** Wegen des Anstiegs der Stromstärke ändert sich das Magnetfeld. Nach dem Lenz'schen Gesetz wird eine Gegenspannung  $U_{ind}$  induziert, die ihrer Ursache, nämlich dem Anstieg der Stromstärke, entgegenwirkt.
- ▣ **c:** Ein Eisenkern verstärkt das Magnetfeld der Spule. Bearbeiten Sie zuerst Abb. 5 b.
- ▣ **d:** Auch hier spielt das Lenz'sche Gesetz eine Rolle.
- ▣ **e:** Nach Vertauschen der Anschlüsse der Batterie fließt der Strom in die umgekehrte Richtung.
- ▣ **f:** Generell gilt: Metall verändert die Induktivität einer Leiterschleife. In einer feststehenden Induktionsschleife wird nur dann eine Spannung induziert, wenn sich das Magnetfeld ändert.
- ▣ **g:** Hier wird die Induktivität eines Schwingkreises geändert, nicht einer Induktionsschleife. Warum ergibt sich hieraus ein Vorteil?

## Lösung

### 1. Elektroantrieb mit Kondensatoren

#### a) Bestimmung der Kapazität des Kondensators

Für die Kapazität eines Kondensators gilt die Formel  $Q = C \cdot U$ .

Umstellen und Einsetzen der gegebenen Werte bestätigt den angegebenen Wert der Kapazität:

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{6000}{400} \text{ F} = 15,0 \text{ F.}$$

#### b) Berechnung der im Kondensator gespeicherten Energie

Die Energie des Kondensators beträgt

$$E_{el} = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot 15,0 \cdot 400^2 \text{ J} = 1,20 \cdot 10^6 \text{ J.}$$

#### c) Beurteilung, ob die Energie des Kondensators reicht

Das Elektrofahrzeug wird von  $v_1 = 30 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 8,33 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  auf  $v_2 = 50 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 13,88 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  beschleunigt.

Die im Kondensator gespeicherte Energie muss größer sein als die Differenz der beiden kinetischen Energien:

$$\Delta E_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 2000 \cdot 13,88^2 \text{ J} - \frac{1}{2} \cdot 2000 \cdot 8,33^2 \text{ J} = 1,2 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Die benötigte Energie von  $1,2 \cdot 10^5 \text{ J}$  ist deutlich kleiner als die im Kondensator gespeicherte Energie von  $1,2 \cdot 10^6 \text{ J}$ , daher kann der Kondensator die notwendige Energie bereitstellen.

#### d) Beurteilung der Aussagen

- *Anna*: Im  $I(t)$ -Diagramm gibt die Fläche unter der Kurve die Ladungsmenge an, die im entsprechenden Zeitintervall geflossen ist. Die Fläche unter der Kurve B ist größer als unter der Kurve A. Wegen  $Q = C \cdot U$  gehört deshalb zu Kurve B die größere Kapazität. Somit hat Anna mit ihrer Aussage recht.
- *Michaela*: Für die im Widerstand  $R$  abgegebene Leistung  $P$  gilt  $P = U \cdot I = R \cdot I^2$ . Die abgegebene Leistung von Kondensator A ist außer für  $t = 0 \text{ s}$  immer kleiner als von Kondensator B. Michaelas Aussage ist falsch.

Für die Stromstärke gilt

$$I(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}}.$$

Da die Kapazität  $C$  im Nenner steht, ist die Kurve mit der größeren Kapazität die flachere. Es folgt also auch hier, dass Kurve B zur größeren Kapazität gehört.

### 2. Dynamo als Spannungsquelle der Fahrradbeleuchtung

#### a) Erklärung, warum eine Spannung induziert wird

Dreht sich der Hufeisenmagnet um die Spule, so befindet sich diese in einem zeitlich veränderlichen Magnetfeld. Nach dem Induktionsgesetz bewirkt ein zeitlich veränderlicher magnetischer Fluss die Induktion einer Spannung in der Spule (vgl. Grundversuch II zur Induktion).

## b) Begründung des Vorzeichenwechsels

*Argumentation 1:* Hat sich der Magnet um  $180^\circ$  gedreht, so hat sich die Richtung des Magnetfeldes umgedreht. Damit ändert sich auch das Vorzeichen der Änderung des Magnetfeldes und damit das Vorzeichen der induzierten Spannung.

*Argumentation 2:* Es gilt  $U_{\text{ind}} = -n \cdot \dot{\Phi}$ . Der magnetische Fluss  $\Phi$  ist dann am größten, wenn die magnetischen Feldlinien parallel zur Spulenachse verlaufen. Dies ist in den Abb. 2a und 2c der Fall. Beim Durchgang durch die Lage von Abb. 2a nimmt  $\Phi$  zuerst zu und anschließend ab. Folglich hat  $\dot{\Phi}$  einen Vorzeichenwechsel, was wiederum einen Vorzeichenwechsel von  $U_{\text{ind}}$  zur Folge hat.

## c) Zuordnung der Zeitpunkte

Es ist hilfreich, sich anstelle des Zeitpunkts  $t_1$  den um eine Periode nach rechts verschobenen Zeitpunkt  $t_1^*$  zu betrachten; die Hufeisenpositionen sind zu beiden Zeitpunkten identisch, aber die Zuordnung fällt leichter, weil sich nun die Zeitpunkte  $t_2$ ,  $t_1^*$  und  $t_3$  jeweils im Abstand einer viertel Periodendauer befinden und aufeinander folgen:

- Zum Zeitpunkt  $t_2$  ist die Spannung und damit die Flussänderung null. Dazu gehört Abb. 2a, wo der magnetische Fluss seinen maximalen Betrag hat.
- Zum Zeitpunkt  $t_1^*$  – und damit auch zum Zeitpunkt  $t_1$  – hat der Betrag der Spannung seinen maximalen Wert. Folglich muss sich zu diesem Zeitpunkt der magnetische Fluss maximal ändern. Dazu gehört Abb. 2b, wo der magnetische Fluss null wird.
- Zum Zeitpunkt  $t_3$  ist die Spannung und damit die Flussänderung wieder null. Dazu gehört Abb. 2c.

## 3. Einschaltvorgang einer Spule

### a) Bestimmung der Induktivität der Spule

Für die induzierte Spannung gilt  $U_{\text{ind}} = -L \cdot \dot{I}$ . Zum Zeitpunkt  $t=0$  s hat die induzierte Spannung  $U_{\text{ind}}$  den gleichen Betrag wie die angelegte Spannung  $U_0$ . Für  $t=0$  s kann die momentane Änderung der Stromstärke  $\dot{I}$  mithilfe der Tangentensteigung bestimmt werden.

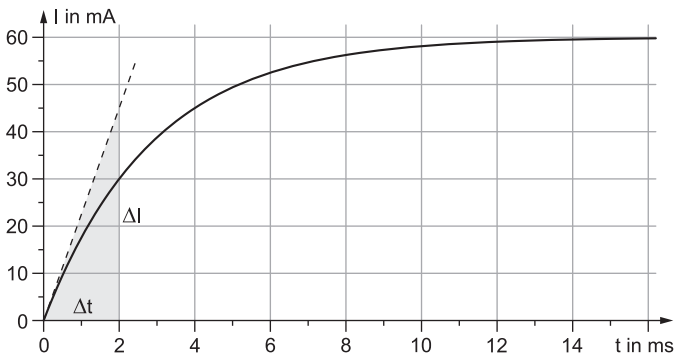


Abb. 7

Es gilt:

$$\dot{I} = \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{0,045 \text{ A}}{0,002 \text{ s}} = 22,5 \frac{\text{A}}{\text{s}}$$



© **STARK Verlag**

[www.stark-verlag.de](http://www.stark-verlag.de)  
[info@stark-verlag.de](mailto:info@stark-verlag.de)

Der Datenbestand der STARK Verlag GmbH ist urheberrechtlich international geschützt. Kein Teil dieser Daten darf ohne Zustimmung des Rechteinhabers in irgendeiner Form verwertet werden.

**STARK**