

**C.C.BUCHNER**  
Aus Bayern für Bayern

Physik auf  
erhöhtem  
Anforderungs-  
niveau  
unterrichten?  
Aber sicher!



Physik für die Oberstufe in Bayern  
Physik 12



Entdecken Sie die Lehr- und Lernwelt von...

## Physik – Gymnasium Bayern Sek II

### Physik 12

gA

#### Wir von C.C.Buchner haben gute Neuigkeiten:

Wir haben unser Angebot für das grundlegende Anforderungsniveau (gA) um Materialien für das erhöhte Anforderungsniveau (eA) erweitert! Diese eA-Materialien decken die folgenden Lernbereiche ab:

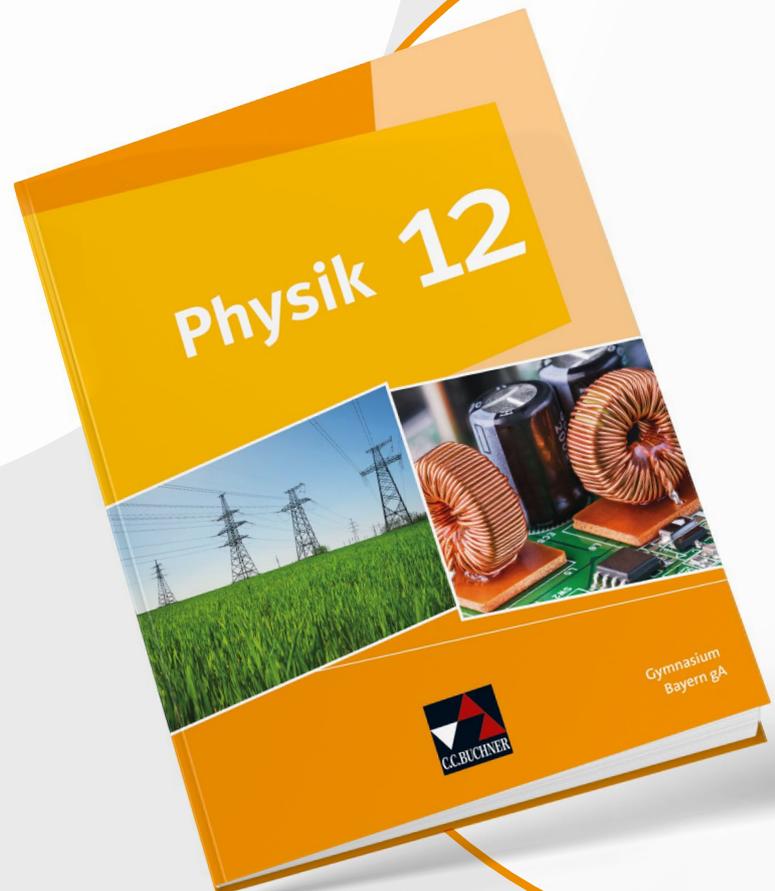
- ▶ Statische elektrische und magnetische Felder
- ▶ Induktion und elektromagnetische Schwingung
- ▶ Elektromagnetische Wellen

**Physik 12** ermöglicht eine klare Trennung der Anforderungsniveaus. Die Materialien für gA und eA sind voneinander entkoppelt.



Mehr Infos:  
[www.ccbuchner.de/bn/67052](http://www.ccbuchner.de/bn/67052)

**NEU**  
Materialien für  
das erhöhte  
Anforderungs-  
niveau!



### Für das grundlegende Anforderungsniveau

Für das grundlegende Anforderungsniveau (gA) bieten wir unser bewährtes Schulbuch – mit all seinen Vorzügen.

Über unsere Webseite können Sie den Prüfdruck zu **Physik 12** weiterhin kostenfrei bestellen. Für einen direkten Blick ins Lehrwerk steht Ihnen der Prüfdruck auch als blätterbares Livebook zur Verfügung.



Hier einen Blick ins Livebook werfen!

## Physik 12 Vertiefungsheft

Materialien für die  
Lernbereiche 1-3

### Für das erhöhte Anforderungsniveau

Für das eA bieten wir Ihnen Arbeitsblätter, auf die Ihre Schülerinnen und Schüler bequem über QR- und Mediacodes zugreifen können – natürlich mit umfangreichen Aufgaben inklusive Lösungen. Zudem stellen wir Ihnen die Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau auch als zusätzliches **Vertiefungsheft** zur Verfügung. Bitte beachten Sie, dass die eA-Materialien in nicht genehmigter Form vorliegen, aber natürlich die wichtigsten inhaltlichen Themen abdecken.



**Passgenau:** Explizit für das eA entwickelte Materialien decken die wichtigsten im LehrplanPLUS aufgeführten Kompetenzen ab.



**Digital:** Die eA-Materialien können digital über QR- und Mediacodes aus dem Buch heraus abgerufen werden.



**Gedruckt:** Alle eA-Materialien werden auch gebündelt in einem zusätzlichen **Vertiefungsheft** erhältlich sein!

Einen Überblick über die zusätzlichen eA-Materialien liefert das Inhaltsverzeichnis auf Seite 4.

### Aufbau eines typischen eA-Arbeitsblatts:

- ▶ kurze Beschreibung der zu erlangenden Lehrplankompetenz
- ▶ ausführlicher Lehrtext zum Thema
- ▶ kurze Merksätze
- ▶ umfangreiches Aufgabenmaterial
- ▶ ausführliche Lösungen

Einen umfangreichen Auszug aus einem Musterarbeitsblatt finden Sie auf den Seiten 5 bis 7.

## Das bieten wir für das erhöhte Anforderungsniveau zusätzlich an:

### Inhalt

#### A Statische elektrische und magnetische Felder

- 1 Spezialfall für elektrische Felder:  
Das radialsymmetrische Feld
- 2 Materie im elektrischen Feld
- 3 Auf- und Entladevorgang bei einem RC-Glied
- 4 Energie im radialsymmetrischen elektrischen Feld

#### B Induktion und elektromagnetische Schwingung

- 5 Schaltvorgänge in einem RL-Glied
- 6 Differentialgleichung der elektromagnetischen Schwingung
- 7 Gedämpfte Schwingung und Abklingverhalten
- 8 Resonanzphänomene
- 9 Zeigerdiagramme
- 10 Spule, Kondensator und Wechselstromwiderstand
- 11 Frequenzfilter

#### C Elektromagnetische Wellen

- 12 Änderung von  $Q$  und  $I$  im Nahbereich eines Dipols
- 13 Ausbreitung elektromagnetischer Wellen im Fernbereich eines Dipols
- 14 Beschreibung der ebenen elektromagnetischen Welle
- 15 Beschreibung von Superposition mithilfe von Zeigerdiagrammen
- 16 Interferenz am Doppelspalt
- 17 Interferenz am Mehrfachspalt und optischem Gitter mit Zeigerdiagrammen
- 18 Interferenz am Einfachspalt mit Zeigerdiagrammen
- 19 Bragg-Reflexion
- 20 Verfahren zur Wellenlängenbestimmung

# Auszug Musterarbeitsblatt zum erhöhten Anforderungsniveau

## 6 Differentialgleichung der em-Schwingung im LC-Kreis

B Elektromagnetische Schwingungen

Ph12 Lernbereich 2: Elektromagnetische Induktion und Schwingungen

Die Schülerinnen und Schüler erklären für den Idealfall der freien ungedämpften elektromagnetischen Schwingung das Zusammenwirken von Kondensator und Spule im Schwingkreis in Analogie zur mechanischen Schwingung und beschreiben Schwingungsvorgänge mithilfe von Diagrammen. Diese Analogiebetrachtungen setzen sie bei quantitativen Untersuchungen, unter anderem durch Energiebetrachtung und **die Beschreibung mithilfe von Differentialgleichungen, fort und reflektieren die Generalisierbarkeit dieser Modellierungen. Sie erkennen das lineare Kraftgesetz als Bedingung für die Entstehung einer mechanischen harmonischen Schwingung.**

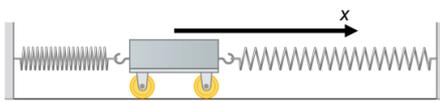
kurze Beschreibung der zu erlangenden Lehrplankompetenz

### Aufstellen der Differentialgleichungen

Ziel ist es, den elektromagnetischen Schwingkreis mathematisch zu modellieren, sodass alle physikalischen Größen bestimmt werden können. Die Analogie zur mechanischen Schwingung ist hier hilfreich, deswegen werden beide Schwingungssysteme nebeneinander dargestellt:

#### Differentialgleichung einer freien ungedämpften...

##### mechanischen Schwingung



Die Abbildung zeigt einen Wagen zwischen zwei Federn. Wird der Wagen aus der Ruhelage in x-Richtung ausgelenkt und losgelassen, beginnt eine horizontale Schwingung. Diese Schwingung soll ohne Reibung („ungedämpft“) betrachtet werden.

Die Ursache der Bewegung des Wagens ist die rücktreibende Kraft der Federn. Sie ist proportional zur Auslenkung, erhält aber ein Minuszeichen, weil sie entgegen der Auslenkungsrichtung wirkt:

$$F_{\text{Feder}} = -D \cdot x(t) \text{ (Hookesches Gesetz)}$$

Die rücktreibende Kraft verursacht eine Beschleunigung des Wagens, welche von der Position  $x$  des Wagens abhängt. Da sich die Position des Wagens kontinuierlich mit der Zeit  $t$  ändert, ändert sich auch die Beschleunigung  $a(t)$  kontinuierlich mit der Zeit:

$$F_{\text{Wagen}} = F_{\text{Feder}}$$

$$m \cdot a(t) = -D \cdot x(t)$$

$$m \cdot a(t) + D \cdot x(t) = 0 \quad (1a)$$

##### elektromagnetischen Schwingung



Die Abbildung zeigt einen geladenen Kondensator, der im nächsten Moment über eine Spule entladen wird. Es beginnt eine elektromagnetische Schwingung. Sie soll ohne Energieverlust, also ohne Widerstand („ungedämpft“) betrachtet werden.

Die Summe der Spannungen  $U_C$  und  $U_L$  ist zu jedem Zeitpunkt der Schwingung null. Die Selbstinduktionsspannung der Spule erhält deshalb ein Minuszeichen:

$$U_L = -L \cdot \dot{I}$$

Die Kondensatorspannung verursacht einen Strom, dessen Stärke vom Wert der Spannung abhängt. Da sich die Spannung des Kondensators kontinuierlich ändert, ändert sich auch die Stromstärke durch die Spule kontinuierlich:

$$U_C = U_L$$

$$\frac{Q(t)}{C} = -L \cdot \dot{I}$$

$$L \cdot \dot{I} + \frac{1}{C} \cdot Q(t) = 0 \quad (1b)$$

anschauliche Abbildungen

ausführlicher Lehrtext

## 6 Differentialgleichung der em-Schwingung im LC-Kreis

B Elektromagnetische Schwingungen

Definitionsgemäß gilt:

$$a(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = v'(t) = \dot{v}$$

In Worten: Die Beschleunigungsfunktion ist also die zeitliche Ableitung der Geschwindigkeitsfunktion.

Außerdem gilt:

$$v(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} = x'(t) = \dot{x}$$

In Worten: Die Geschwindigkeitsfunktion ist die Ableitung der Ortsfunktion.

Somit ergibt sich:  $a = \dot{v} = \ddot{x}$ . Eingesetzt in (1a):

$$m \cdot \ddot{x} + D \cdot x = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{D}{m} \cdot x = 0 \quad (2a)$$

Differentialgleichung der freien ungedämpften mechanischen Schwingung

Definitionsgemäß gilt:

$$I(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt} = Q'(t) = \dot{Q}$$

In Worten: Die Stromstärkefunktion ist die Ableitung der Ladungsfunktion.

Außerdem gilt:

$$i = \frac{dI}{dt} = \frac{d^2 Q}{dt^2} = \ddot{Q}$$

In Worten: Die 1. Ableitung der Stromstärkefunktion ist die zweite Ableitung der Ladungsfunktion.

Eingesetzt in (1b) folgt:

$$L \cdot \ddot{Q} + \frac{1}{C} \cdot Q = 0$$

$$\ddot{Q} + \frac{1}{LC} \cdot Q = 0 \quad (2b)$$

Differentialgleichung der freien ungedämpften elektromagnetischen Schwingung

kurze  
Merksätze

Die Gleichungen (2a) und (2b) enthalten die Funktion  $x(t)$  bzw.  $Q(t)$  und jeweils ihre zweite Ableitung. Man nennt eine solche Gleichung **homogene Differentialgleichung 2. Ordnung**. Wenn man eine Funktion  $x(t)$  bzw.  $Q(t)$  findet, die eine Lösung für die Differentialgleichung ist, kann man zu jedem Zeitpunkt  $t$  die Position  $x$  des Wagens bzw. die Ladung  $Q$  und Spannung  $U_C$  des Kondensators bestimmen – das ist das Ziel.

## Lösungsweg

## mechanische Schwingung

Zunächst wird die Differentialgleichung etwas umgeschrieben:

$$\ddot{x} = -\frac{D}{m} \cdot x \quad (3a)$$

Man sieht, dass die zweite Ableitung von  $x$  bis auf einen negativen Vorfaktor wieder mit der ursprünglichen Funktion von  $x$  übereinstimmen muss. Mathematisch ist dies bei der Sinus- oder Kosinusfunktion der Fall. Für die Differentialgleichung verwenden wir also folgenden

$$\text{Lösungsansatz: } x(t) = x_0 \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (4a)$$

mit...

$$x_0 = \text{Amplitude} = \text{maximale Auslenkung}$$

$$\text{Kreisfrequenz } \omega \cdot \text{Zeit } t = \text{Winkel } \varphi = \frac{2\pi}{T} \cdot t$$

## elektromagnetische Schwingung

Zunächst wird die Differentialgleichung etwas umgeschrieben:

$$\ddot{Q} = -\frac{1}{LC} \cdot Q \quad (3b)$$

Man sieht, dass die zweite Ableitung von  $Q$  bis auf einen negativen Vorfaktor wieder mit der ursprünglichen Funktion von  $Q$  übereinstimmen muss. Mathematisch ist dies bei der Sinus- oder Kosinusfunktion der Fall. Für die Differentialgleichung verwenden wir also folgenden

$$\text{Lösungsansatz: } Q(t) = Q_0 \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (4b)$$

mit...

$$Q_0 = \text{Amplitude} = \text{maximale Ladung}$$

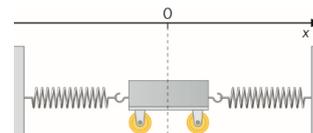
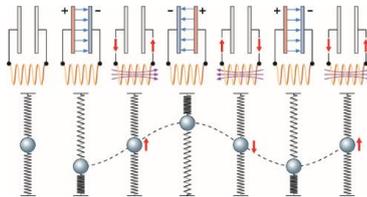
$$\text{Kreisfrequenz } \omega \cdot \text{Zeit } t = \text{Winkel } \varphi = \frac{2\pi}{T} \cdot t$$

## 6 Differentialgleichung der em-Schwingung im LC-Kreis

B Elektromagnetische Schwingungen

## A Arbeitsaufträge

- 1) Die Differentialgleichung (2b) wurde über den Spannungsansatz  $U_L = U_C$  gewonnen. Eine alternative Herleitung geht vom Energieansatz aus:  $\frac{1}{2}CU^2 + \frac{1}{2}LI^2 = \text{const.}$   
Leiten Sie diese Gleichung nach der Zeit ab (Kettenregel beachten!) und zeigen Sie, dass das Ergebnis ebenfalls zur Differentialgleichung (2b) führt.
- 2) Ein idealer Schwingkreis, der aus der Kapazität  $C = 44 \text{ pF}$  und der Induktivität  $L = 3,0 \text{ }\mu\text{H}$  besteht, schwingt ungedämpft. Zum Zeitpunkt  $t = 0$  ist der Kondensator vollständig geladen, die Spannung beträgt dann  $12 \text{ V}$ .
- a) Berechnen Sie die Schwingungsdauer  $T$ . [Kontrollergebnis:  $T = 7,2 \cdot 10^{-8} \text{ s}$ ]  
b) Ermitteln Sie den Zeitpunkt, zu dem der Kondensator erstmals vollständig entladen ist. Bestimmen Sie die Stromstärke  $I$  zu diesem Zeitpunkt [Kontrollergebnis:  $t = 1,8 \cdot 10^{-8} \text{ s}$ ].  
c) Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung und der Stromstärke innerhalb einer Schwingungsdauer.
- 3) Bei der mechanischen Schwingung muss die Rückstellkraft durch eine lineare Funktion beschrieben werden, damit die Schwingung „harmonisch“ genannt werden kann.
- a) Begründen Sie dies.  
b) Suchen Sie Beispiele verschiedener Schwingungen und begründen Sie, ob es sich um harmonische oder nichtharmonische Schwingungen handelt.
- 4) Erstellen Sie tabellarisch eine Gegenüberstellung von korrespondierenden Größen der mechanischen und der elektromagnetischen Schwingung. Diskutieren Sie, ob man ausgehend von der Differentialgleichung der freien ungedämpften mechanischen Schwingung eine Differentialgleichung der elektromagnetischen Schwingung aufstellen kann, wenn man sich allein der Analogien zwischen diesen Schwingungssystemen bedient. Entscheiden Sie, ob dieses Verfahren auch für andere Schwingungsarten geeignet ist.
- 5) Setzen Sie den zeitlichen Verlauf der potentiellen und kinetischen Energie eines vertikalen Federpendels in Beziehung zu den entsprechenden Energiekurven des Schwingkreises (vgl. Abbildung rechts).
- 6) Ein Wagen ( $m = 2,00 \text{ kg}$ ) bildet mit zwei Federn, die jeweils die Federhärte  $D_1 = 16,0 \frac{\text{N}}{\text{m}}$  besitzen, ein horizontales Pendel. Beide Federn sind  $5,0 \text{ cm}$  von der Gleichgewichtslage ausgelenkt. Die nun einsetzende Schwingung sei ungedämpft.
- a) Zeigen Sie, dass die Federhärte des Schwingungssystems  $D = 2 \cdot D_1$  ist.  
b) Bestimmen Sie die Kreisfrequenz  $\omega$  der Schwingung.  
c) Stellen Sie die Differentialgleichung auf, die das Schwingungssystem beschreibt und geben Sie eine allgemeine Lösung  $x(t)$  an.  
d) Spezialisieren Sie diese Lösung für die folgenden Anfangsbedingungen: Zur Zeit  $t = 0$  sei der Wagen am Ort  $x_0 = +2,0 \text{ cm}$  und habe die Geschwindigkeit  $v_0 = +8,0 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ .  
e) Der Wagen wird nun um  $x_0 = 5,0 \text{ cm}$  ausgelenkt und losgelassen. Die Spannenergie wird durch die Funktion  $E_{\text{Spann}} = \frac{1}{2}Dx^2$  beschrieben. Zeichnen Sie mithilfe eines digitalen Tools diese Funktion für den Bereich.  
f) Geben Sie allgemein die kinetische Energie  $E_{\text{kin}}$  als Funktion von  $x$  an.



umfangreiches  
Aufgaben-  
material – mit  
umfangreichen  
Lösungen

Titel	ISBN 978-3-661- / Bestellnr.	Ladenpreis	Lieferbarkeit
 Physik 12 gA	67052-2	ca. 27,50 €	3. Quartal 2024
 click & study 12 Digitale Ausgabe des Schülerbands	WEB 670521 Bestellbar auf <a href="http://www.ccbuchner.de">www.ccbuchner.de</a>	ca. 7,50 €	3. Quartal 2024
 click & teach 12 Einzellizenz Digitales Lehrermaterial	WEB 670621 Diese und weitere Lizenzarten finden Sie auf <a href="http://www.ccbuchner.de">www.ccbuchner.de</a>	ca. 33,- €	4. Quartal 2024 (sukzessive)
 Vertiefungsheft 12 Materialien für die Lernbereiche 1-3	67054-6	ca. 8,50 €	4. Quartal 2024

## Sie möchten mehr erfahren?



Mit unserem **Newsletter** bleiben Sie immer auf dem Laufenden!  
Abonnieren Sie jetzt auf [www.ccbuchner.de](http://www.ccbuchner.de) unseren Newsletter für Physik.



Unser **Veranstaltungsnewsletter** informiert Sie fächerübergreifend über aktuelle Events von C.C.Buchner: Egal ob Messe, WebSeminar oder Lehrwerksvorstellung – sichern Sie sich jetzt Ihren Platz!  
Alle aktuellen Veranstaltungen finden Sie auch auf [www.ccbuchner.de/veranstaltungen](http://www.ccbuchner.de/veranstaltungen).



Unser **Schulberatungsteam für Bayern** ist auch per Teams erreichbar und bietet Ihnen individuelle WebSeminare sowie Präsentationen vor Ort (auf Anfrage inkl. Teilnahmebestätigung) an.



**Dr. Katrin Brogl**

Mobil: 0178 6012379

E-Mail: [k.brogl@ccbuchner.de](mailto:k.brogl@ccbuchner.de)



**Annette Goldscheider**

Mobil: 0171 6012371

E-Mail: [goldscheider@ccbuchner.de](mailto:goldscheider@ccbuchner.de)



**Kilian Jacob**

Mobil: 0171 6012375

E-Mail: [jacob@ccbuchner.de](mailto:jacob@ccbuchner.de)