

KULTUSMINISTERIUM DES LANDES SACHSEN-ANHALT



Abitur
April/Mai 2003

Physik
(Grundkurs)

Einlesezeit: 30 Minuten
Arbeitszeit: 210 Minuten

Thema 1

Anwendungen der Physik bei
Sport und Spiel

Thema 2

Materiewellen und
Elektronenstrahlröhre

Thema 3

Periodische Vorgänge in der Physik

Thema 1: Anwendungen der Physik bei Sport und Spiel

1 Modelle in der Physik

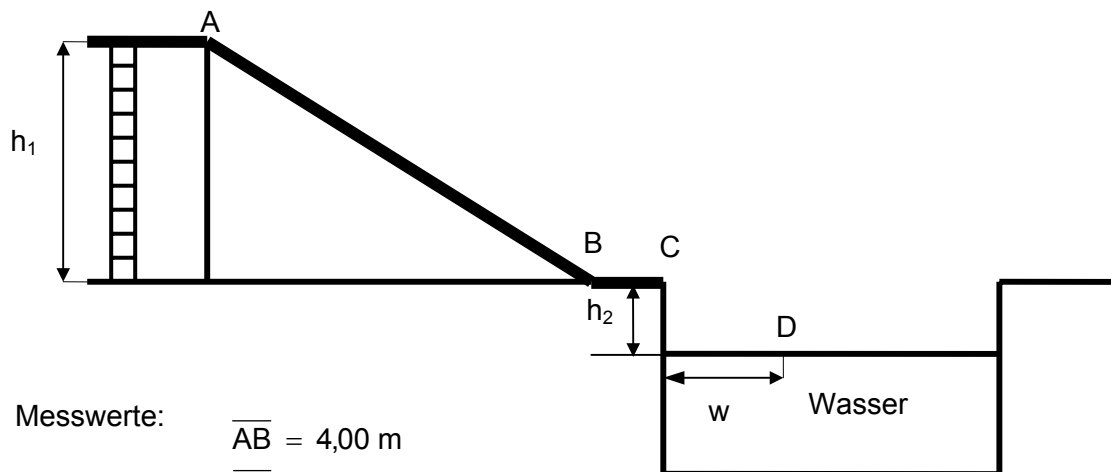
In der Physik benutzt man Modelle u. a. zur Beschreibung von Bewegungen.

Erläutern Sie den Modellbegriff.

Nennen Sie wesentliche Merkmale der Modelle „Massepunkt“ und „starrer Körper“.

2 Modell „Massepunkt“ - Auf der Rutsche

In einem Schwimmbad befindet sich eine Kinderwasserrutsche, die im Bild 1 im Querschnitt dargestellt ist. Das Kind ($m = 20,00 \text{ kg}$) setzt sich zum Hinabrutschen hin. Durch kräftiges Abstoßen hat das Kind in A eine Anfangsgeschwindigkeit von $v_0 = 1,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Die Reibung ist in den Rechnungen nicht zu berücksichtigen.



Messwerte:

$$\overline{AB} = 4,00 \text{ m}$$

$$\overline{BC} = 0,50 \text{ m}$$

$$h_1 = 2,00 \text{ m}$$

$$h_2 = 0,50 \text{ m}$$

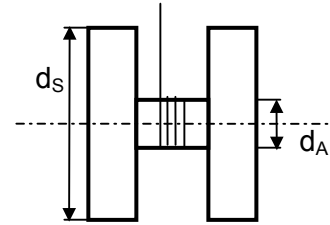
Bild 1

- 2.1 Nennen Sie die Bewegungsformen und Bewegungsarten vom Startpunkt A bis zum Eintauchen ins Wasser im Punkt D. Begründen Sie Ihre Aussagen.
- 2.2 Berechnen Sie die erreichten Geschwindigkeiten in den Punkten B, C und D sowie die Strecke w .
(Ergebnis zur Kontrolle: $v_C = 6,34 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)

3 Modell „starrer Körper“ - Bewegung eines Jojos

Ein Jojo (Bild 2) besteht aus zwei zylindrischen Scheiben mit dem Durchmesser d_S . Die beiden Scheiben sind mit einer Achse fest verbunden. Die Achse hat einen Durchmesser d_A . Die Massen einer Scheibe m_S und der Achse m_A sind bekannt. Auf die Achse ist ein dünner Faden aufgewickelt. Ein Ende dieser Schnur ist mit der Achse fest verbunden.

Messwerte: $d_S = 6,0 \text{ cm}$
 $m_S = 28,0 \text{ g}$
 $d_A = 1,0 \text{ cm}$
 $m_A = 0,2 \text{ g}$



(Skizze nicht maßstäblich)

Bild 2

Berechnen Sie das Trägheitsmoment J_{Ges} des Jojos bezüglich der waagerechten Drehachse (Ergebnis zur Kontrolle: $J = 2,52 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$).

Zeigen Sie, dass zwischen der Ablaufhöhe h und der Winkelgeschwindigkeit ω folgender Zusammenhang gilt:

$$\omega = \sqrt{\frac{2 m_{\text{Ges}} \cdot g \cdot h}{m_{\text{Ges}} \cdot r_A^2 + J_{\text{Ges}}}}$$

Berechnen Sie für das Jojo die Winkelgeschwindigkeit ω , wenn der Faden von einem festen Ende um 1 m abgesunken ist.

4 Laser

Im Sport werden Laser z. B. zur Zeit-, Geschwindigkeits- und Weitemessung eingesetzt.

4.1 Erläutern Sie mit Hilfe der vereinfachten Energieniveauschemata von Helium und Neon (siehe Bild 3) die Entstehung des Laserlichts. Gehen Sie u. a. auf folgende Schwerpunkte ein:

- Absorption von Energie durch das Atom,
- spontane und induzierte Emission von Licht.

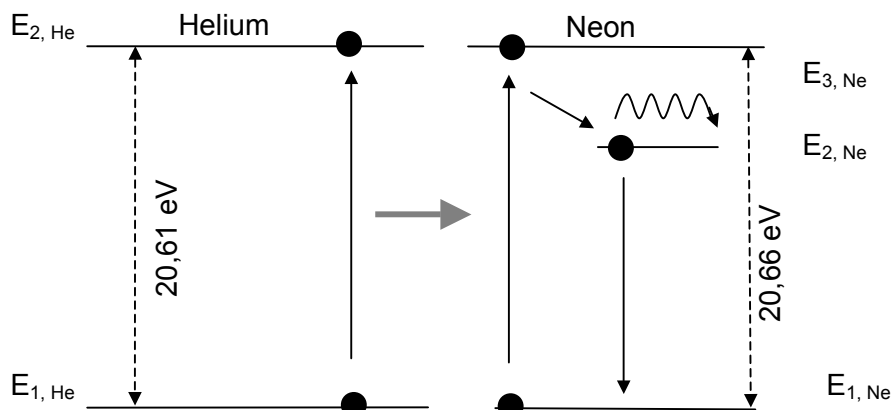


Bild 3

4.2 Berechnen Sie das Energieniveau $E_{2,Ne}$, wenn der He-Ne-Laser ein Licht der Wellenlänge von 633 nm abgibt.

4.3 Nennen Sie drei charakteristische Eigenschaften des Laserlichts und beschreiben Sie eine wichtige Anwendung.

Thema 2: Materiewellen und Elektronenstrahlröhre

1 De-Broglie-Hypothese

Der Physiker Louis De Broglie veröffentlichte im Jahr 1924 die Hypothese über den Wellencharakter bewegter Mikroobjekte mit einer Ruhemasse.

- 1.1 Nennen Sie die De-Broglie-Hypothese und erörtern Sie deren Grundaussagen. Berücksichtigen Sie in Ihrer Erörterung den Vergleich der Eigenschaften der Materieteilchen mit den Wellen- und Teilcheneigenschaften des Lichts.
- 1.2 Leiten Sie mithilfe der De-Broglie-Hypothese eine Beziehung für die De-Broglie-Wellenlänge eines Elektrons im elektrischen Feld in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung U_B her.

(Ergebnis zur Kontrolle: $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 m_e \cdot e \cdot U_B}}$)

Berechnen Sie die Wellenlänge, die einem Elektronenstrahl der Energie $E_{\text{kin}} = 30 \text{ eV}$ zugeordnet werden kann.

2 Experimentelle Bestätigung

Die Physiker Davisson und Germer bestätigten im Jahr 1927 experimentell die Hypothese von De Broglie.

In ihrem Experiment (Bild 1) wurde ein Nickelkristall mit Elektronen bestrahlt und die Anzahl der an der Kristalloberfläche reflektierten Elektronen registriert. In Abhängigkeit vom Streuwinkel α konnte die Stromstärke I als Maß für die Anzahl reflektierter Elektronen gemessen werden. Die regelmäßigen Reihen von Atomen an der Oberfläche wirkten wie die Striche eines Gitters mit sehr kleiner Gitterkonstanten. Für bestimmte Streuwinkel ergab sich jeweils ein Stromstärkemaximum (Bild 2).

Deuten Sie diese Beobachtungen und begründen Sie, warum damit die De-Broglie-Hypothese bestätigt werden konnte.

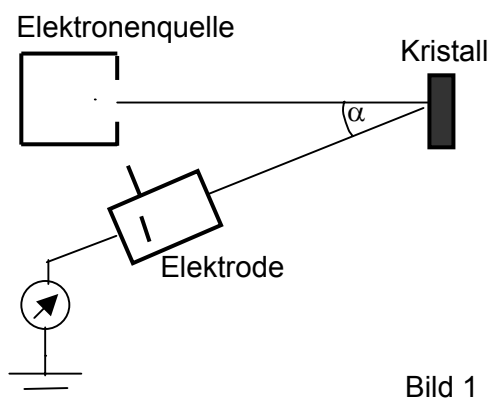


Bild 1

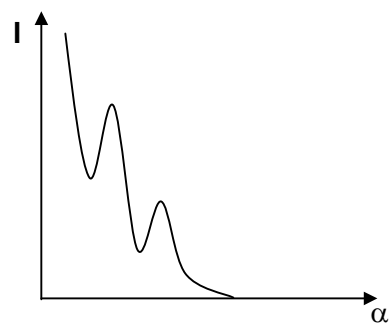


Bild 2

3 Elektronenstrahlröhre

In der Braun'schen Röhre eines Oszilloskops (Bild 3) werden die Elektronen durch eine Anodenspannung von $U_A = 2,0 \text{ kV}$ beschleunigt. Der Elektronenstrahl passiert nach der Beschleunigung ein Paar zueinander paralleler Kondensatorplatten parallel zu deren Oberflächen. Die Platten mit der Länge $\ell = 35 \text{ mm}$ haben einen Abstand von $d = 22 \text{ mm}$.

Anschließend treffen die Elektronen auf die Mitte eines kreisförmigen Leuchtschirms, der $s_2 = 10 \text{ cm}$ von der Endkante der Kondensatorplatten entfernt ist. Durch eine an die Kondensatorplatten angelegte Gleichspannung von $U_K = 500 \text{ V}$ werden die Elektronen in y -Richtung ausgelenkt (Bild 4).

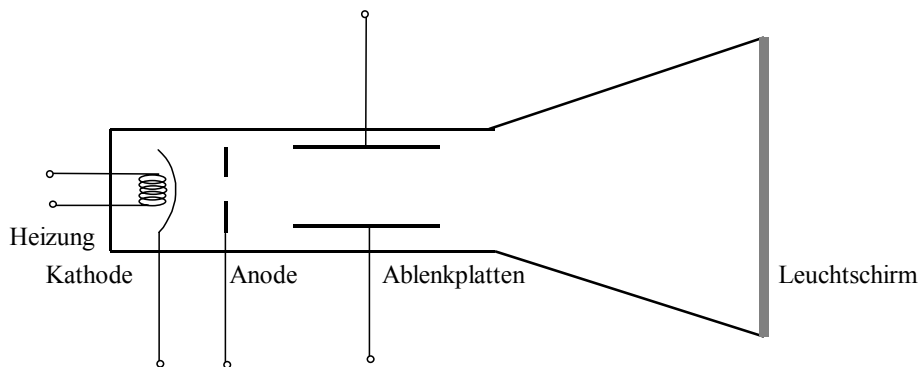


Bild 3

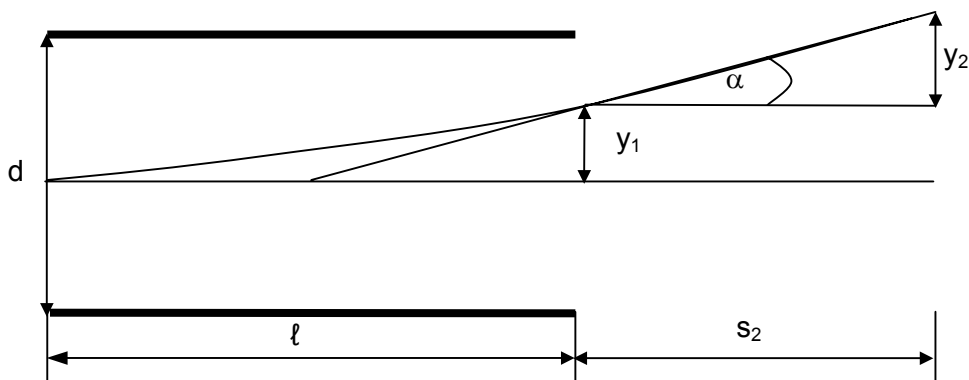


Bild 4

- 3.1 Berechnen Sie die Geschwindigkeit, den Impuls und die Wellenlänge der Elektronen beim Austritt aus der Anode.
(Ergebnis zur Kontrolle: $v_0 = 2,65 \cdot 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)
- 3.2 Analysieren Sie den Bewegungsablauf der Elektronen von der Kathode bis zum Auftreffen auf dem Schirm.
- 3.3 Zeigen Sie, dass die Ablenkung des Elektronenstrahls am Ende der Kondensatorplatten mit der Gleichung $y_1 = \frac{e \cdot U_K}{2 m_e \cdot d} \cdot \frac{\ell^2}{v_0^2}$ berechnet werden kann.
- 3.4 Zeigen Sie (z. B. mithilfe der Geschwindigkeitskomponenten in x - und y -Richtung), dass für die Ablenkung zwischen der Endkante der Platten und dem Schirm gilt:
$$y_2 = s_2 \cdot \tan \alpha = s_2 \cdot \frac{e \cdot U_K \cdot \ell}{m_e \cdot d \cdot v_0^2} .$$

Berechnen Sie die Gesamtablenkung der Elektronen auf dem Schirm.

Thema 3: Periodische Vorgänge in der Physik

1 Thermodynamischer Kreisprozess

In einer Wärmekraftmaschine wird als Arbeitsmittel Helium verwendet, welches einen Kreisprozess periodisch durchläuft.

Am Anfang befindet sich das Arbeitsmittel in folgendem Zustand:

$$p_1 = 0,20 \text{ MPa}, \quad V_1 = 150 \text{ cm}^3, \quad T_1 = 300 \text{ K}.$$

Ein vollständiger Arbeitszyklus ist durch folgende Zustandsänderungen gekennzeichnet:

- | | |
|-------|---|
| 1 → 2 | isochore Erwärmung auf 600 K, |
| 2 → 3 | isotherme Expansion auf das doppelte Volumen, |
| 3 → 4 | isochore Abkühlung auf die Anfangstemperatur, |
| 4 → 1 | isotherme Kompression auf das Anfangsvolumen. |

Das Gas ist als ideales Gas zu betrachten.

Stellen Sie den Kreisprozess in einem p-V-Diagramm dar. Berechnen Sie die dafür fehlenden Zustandsgrößen.

Bestimmen Sie die von der Maschine in einem Zyklus abgegebene mechanische Arbeit.

2 Elektromagnetischer Schwingkreis

- 2.1 Beschreiben Sie den Aufbau und erläutern Sie die Vorgänge in einem geschlossenen Schwingkreis für eine halbe Periode. Beginnen Sie beim geladenen Kondensator.
- 2.2 In einem Experiment (Bild 1) wird der Kondensator in Schalterstellung A zunächst vollständig aufgeladen. Bei Schalterstellung B zeigt das angeschlossene Oszilloskop den zeitlichen Verlauf der Spannung im Schwingkreis (Bild 2).

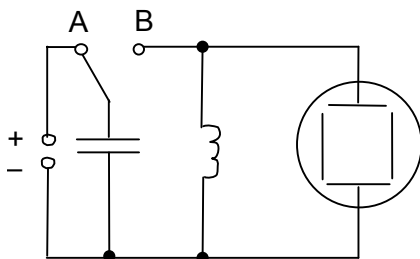


Bild 1

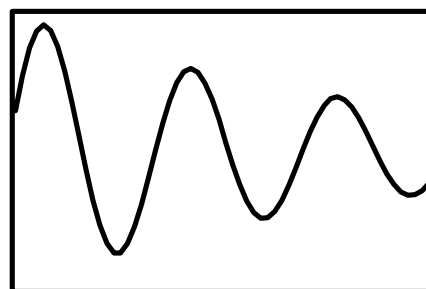


Bild 2

Begründen Sie den Kurvenverlauf in Bild 2.

- 2.3 In einem Schwingkreis, der in einem Rundfunkempfänger als Abstimmkreis eingesetzt wird, kann der Drehkondensator zwischen 50 pF und 500 pF verändert werden. Die Spule hat die Induktivität $L = 0,20 \text{ mH}$. Drei Sender besitzen folgende Frequenzen: $f_1 = 0,6 \text{ MHz}$, $f_2 = 1,4 \text{ MHz}$ und $f_3 = 5 \text{ MHz}$.

Begründen Sie, welche der Sender mit diesem Abstimmkreis empfangen werden können?

3 Untersuchung von Transformatoren (Aufgabe mit Experiment)

Transformatoren sorgen in Industrie und Haushalt dafür, dass die elektrische Energie mit geringen Verlusten transportiert werden kann und für die große Anzahl von technischen Geräten Spannung und Strom in angepasster Form zur Verfügung steht.

- 3.1 Beschreiben Sie den Aufbau und erläutern Sie die prinzipielle Wirkungsweise eines Transformators. Gehen Sie dabei auch auf die Stromrückwirkung des Transformators ein.
- 3.2 Bestimmen Sie experimentell die Spannungs- und Stromübersetzung für zwei verschiedene Transformatoren. Die Windungszahlen der Spulen werden Ihnen von der Lehrkraft genannt.

Begründen Sie mögliche Abweichungen Ihres Ergebnisses von den Gesetzen des idealen Transformators.

Fertigen Sie ein vollständiges Protokoll an.

Thema 1: Anwendungen der Physik bei Sport und Spiel

Aufgabe 1	BE 5
------------------	-----------------------

Erläuterung des Modellbegriffs
Merkmale der Modelle „Massepunkt“ und „starrer Körper“

Aufgabe 2	17
------------------	-----------

- 2.1 Bewegungsformen und -arten:
 Teilabschnitt AB: geradlinig, gleichmäßig beschleunigte Bewegung,
 $F_{\text{Beschl.}} = \text{konst.}$
 Teilabschnitt BC: geradlinig, gleichförmige Bewegung, $F = 0$
 Teilabschnitt CD: Wurfparabel, ungleichmäßig beschleunigte Bewegung,
 zusammengesetzte Bewegung

- 2.2 z. B.: im Punkt B: $E_{\text{pot,A}} + E_{\text{kin,A}} = E_{\text{kin,B}}$ $v_B = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1 + v_A^2} = 6,34 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
 im Punkt C: $v_C = v_B$
 im Punkt D: $E_{\text{pot,C}} + E_{\text{kin,C}} = E_{\text{kin,D}}$ $v_D = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_2 + v_C^2} = 7,07 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
 Wurfweite: $w = \sqrt{\frac{2 \cdot v_C^2 \cdot h_2}{g}} = 2,02 \text{ m}$

Aufgabe 3	11
------------------	-----------

$$J_{\text{Ges}} = 2 \cdot J_{\text{Scheibe}} + J_{\text{Achse}} \quad \text{mit } J_{\text{Vollzylinder}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2$$

$$J_{\text{Ges}} = 2,52 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$E_{\text{pot}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{Rot}}$$

$$m_{\text{Ges}} \cdot g \cdot h = \frac{m_{\text{Ges}}}{2} \cdot v^2 + \frac{1}{2} J_{\text{Ges}} \cdot \omega^2 \quad \text{mit } v = r_A \cdot \omega$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2 \cdot m_{\text{Ges}} \cdot g \cdot h}{m_G \cdot r_A^2 + J_{\text{Ges}}}} = 204 \text{ s}^{-1}$$

Aufgabe 4	17
------------------	-----------

- 4.1 Erläuterung der Entstehung von Laserlicht
- 4.2 $\Delta E = E_{3,\text{Ne}} - E_{2,\text{Ne}}$ $E_{2,\text{Ne}} = 18,7 \text{ eV}$
- 4.3 Eigenschaften, z. B.:
- streng monochromatisch
 - zeitlich kohärent
 - sehr stark gebündelt
 - hohe Intensität
- Beschreibung einer Anwendung

Thema 2: Materiewellen und Elektronenstrahlröhre

Aufgabe 1	BE 15
------------------	------------------------

- 1.1 De-Broglie-Hypothese nennen
Erörterung der Grundaussagen
- 1.2 Herleitung
Berechnung der Wellenlänge: $\lambda = 0,224 \text{ nm}$

Aufgabe 2	7
------------------	----------

Deutung und Begründung

Aufgabe 3	28
------------------	-----------

- 3.1 Geschwindigkeit:

$$e \cdot U = \frac{m_e}{2} \cdot v_0^2 \quad v_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m_e}}$$

$$v_0 = 2,65 \cdot 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Impuls:

$$p = m \cdot v_0$$

$$p = 2,41 \cdot 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Wellenlänge:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$\lambda = 2,75 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

- 3.2 Analyse des Bewegungsablaufs:
Bewegungsabschnitte erkennen, beschreiben, erklären
- 3.3 Herleitung der Bahngleichung für die Bewegung zwischen den Kondensatorplatten:

$$\left. \begin{array}{l} x = v_0 \cdot t \\ y = \frac{a_y}{2} \cdot t^2 \end{array} \right\} y = \frac{a_y}{2} \cdot \frac{x^2}{v_0^2}$$

mit $\frac{U_K}{d} = \frac{m_e \cdot a_y}{e}$ und $x = \ell$ folgt y_1

- 3.4 Herleitung der Bahngleichung für den Abschnitt s_2 (z. B. mithilfe der Geschwindigkeitskomponenten):

$$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{a_y \cdot t}{v_0} \quad \text{und mit } a_y = \frac{e \cdot U_K}{m_e \cdot d} \quad \text{sowie } t = \frac{\ell}{v_0} \quad \text{folgt}$$

$$\tan \alpha = \frac{e \cdot U_K \cdot \ell}{m_e \cdot d \cdot v_0^2}$$

Berechnung: $y_1 = 3,5 \text{ mm}$ und $y_2 = 19,9 \text{ mm}$

Gesamtauslenkung der Elektronen auf dem Schirm: $y = y_1 + y_2 = 23,4 \text{ mm}$

Thema 3: Periodische Vorgänge in der Physik

Aufgabe 1	BE 10
------------------	------------------------

Zustand	p in MPa	V in cm ³	T in K
1	0,20	150	300
2	0,40	150	600
3	0,20	300	600
4	0,10	300	300

zusätzliche Werte für Isothermen
Erstellen des Diagramms

Arbeit bestimmen z. B. durch Auszählen $W \approx 21 \text{ J}$

Aufgabe 2	18
------------------	-----------

- 2.1 Beschreiben des Aufbaus und erläutern der Wirkungsweise für eine Halbperiode
- 2.2 Begründen des Kurvenverlaufs
- 2.3 Sender mit den Frequenzen f_1 und f_2 können empfangen werden
Auswahl und Begründung z. B. mit:

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \quad \text{Bereich: } 503 \text{ kHz} \leq f \leq 1,6 \text{ MHz}$$

Aufgabe 3	22
------------------	-----------

- 3.1 Beschreiben des Aufbaus und Erläutern der prinzipiellen Wirkungsweise einschließlich der Stromrückwirkung
- 3.2 vollständiges Protokoll einschließlich Begründung