

Zentralabitur 2023	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe II a	eA	Prüfungszeit*: 300 min

*Die Prüfungszeit setzt sich zusammen aus 270 min Bearbeitungszeit und 30 min Auswahlzeit.

Thema: Interferenz – Schwingungen – elektrische Felder

Im Rahmen der ersten Aufgabe werden Interferenzphänomene beim Doppelspalt und beim Übergang zu Mehrfachspalten behandelt. Harmonische Schwingungen sind Gegenstand der zweiten Aufgabe. Die dritte Aufgabe thematisiert die Ladung und die Kapazität eines Kondensators.

Aufgabenstellung

Aufgabe 1

Zwei Lichtquellen werden verglichen. Anschließend werden ein Doppelspalt sowie weitere Interferenzobjekte untersucht.

- 1.1** Zunächst werden die Wellenlänge-Intensität-Diagramme von einer rot leuchtenden LED (LED-rot) und von einem rot leuchtenden Laser betrachtet, siehe Material 1a (M1a) und M1b.

Vergleichen Sie diese Diagramme.

Beurteilen Sie, welche der beiden Lichtquellen bei quantitativen Interferenzexperimenten genauere Messwerte ermöglicht.

[6 BE]

- 1.2** Es soll der Spaltmittenabstand d eines Doppelspalts mit dem Licht eines rot leuchtenden Lasers mit der objektiven Methode untersucht werden. M1c zeigt das zugehörige Schirmbild. Wenn der Abstand e zwischen Doppelspalt und Schirm wesentlich größer ist als der Spaltmittenabstand d des Doppelspalts, gilt für die Interferenzmaxima folgende Gleichung:

$$n \cdot \lambda = d \cdot \sin \left(\arctan \left(\frac{a_n}{e} \right) \right) \quad \left| \begin{array}{l} n: \text{Ordnung des Maximums; } \lambda: \text{Wellenlänge; } a_n: \text{Abstand} \\ \text{zwischen dem Maximum 0. Ordnung und dem Maximum} \\ n\text{-ter Ordnung} \end{array} \right.$$

Ermitteln Sie unter Verwendung dieser Gleichung sowie M1b und M1c so genau wie möglich einen Wert für den Spaltmittenabstand d des verwendeten Doppelspalts.

Schätzen Sie die absolute Messunsicherheit für den ermittelten Wert für d ab.

Beschreiben Sie zwei experimentelle Maßnahmen, mit denen die Messunsicherheit für den Spaltmittenabstand d bei diesem Experiment reduziert werden kann.

[11 BE]

- 1.3** Nun wird der Doppelspalt durch einen Dreifachspalt mit gleichem Spaltmittenabstand d ersetzt. Der restliche Versuchsaufbau bleibt unverändert. M1d zeigt das zugehörige Schirmbild.

Erklären Sie das Zustandekommen der Nebenmaxima im Interferenzmuster in M1d.

Anstelle des Dreifachspalts wird nun ein Fünffachspalt verwendet, dessen Spaltmittenabstand d halb so groß ist wie beim Doppel- bzw. Dreifachspalt. Der restliche Versuchsaufbau bleibt wiederum unverändert.

Skizzieren Sie das zu erwartende Schirmbild in M1d und begründen Sie die Auswirkung der Halbierung des Spaltmittenabstands d auf dieses Schirmbild.

Hinweis: Intensitätsbetrachtungen in den Nebenmaxima werden nicht erwartet.

[7 BE]

Zentralabitur 2023	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe II a	eA	Prüfungszeit*: 300 min

Aufgabe 2

Die Enden eines Stücks Fahrradkette der Länge l und der Masse m werden mit einer sehr leichten Schnur verbunden. Diese Schnur läuft über eine Seilrolle. In der Ruhelage sind die Enden der Kette auf gleicher Höhe (vgl. M2a, M2b). Wenn man die Kette um die Strecke s auslenkt (vgl. M2c), führt sie idealerweise harmonische Schwingungen um diese Ruhelage aus (bei Vernachlässigung der Dämpfung).

- 2.1** Ermitteln Sie für den in M2d gezeigten zeitlichen Verlauf der Schwingung möglichst genau die Periodendauer dieser Schwingung und ergänzen Sie den Wert in der Wertetabelle M2e. **[3 BE]**

- 2.2** Wenn man die Kettenlänge variiert, verändert sich die Periodendauer der Schwingung. In der Tabelle M2e finden Sie die Messwerte für die Periodendauer T in Abhängigkeit von der Kettenlänge l .

Zeichnen Sie ein l - T -Diagramm einschließlich einer geeigneten Ausgleichskurve.

Ermitteln Sie den funktionalen Zusammenhang $T = f(l)$ und dokumentieren Sie Ihr Vorgehen in der vereinbarten Form. **[9 BE]**

- 2.3** Begründen Sie anhand von M2b und M2c, dass für die Rückstellkraft F_R gilt:

$$F_R = -\frac{2 \cdot s(t)}{l} \cdot m \cdot g$$

$s(t)$: momentane Auslenkung
 m : Masse der Fahrradkette
 l : Länge der Fahrradkette
 g : Ortsfaktor bzw. Erdbeschleunigung

Hinweis: Gehen Sie dabei davon aus, dass die Masse der Kette gleichmäßig über ihre Länge verteilt ist, die Masse der Schnur vernachlässigt werden kann und $s(t) < \frac{l}{2}$ gilt. **[3 BE]**

- 2.4** Für jeden harmonischen Oszillator (wie z. B. das Feder-Masse-Pendel) gilt, dass die Rückstellkraft F_R proportional zur Auslenkung $s(t)$ ist:

$$F_R = -D \cdot s(t)$$

D : Richtgröße der Schwingung

Der Proportionalitätsfaktor D wird auch als „Richtgröße“ einer harmonischen Schwingung bezeichnet. (Im Fall des Feder-Masse-Pendels handelt es sich dabei um die Federkonstante.) Für die Periodendauer bei einem harmonischen Oszillator gilt:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$$

m : Masse des Pendelkörpers
 D : Richtgröße der Schwingung

Ermitteln Sie mithilfe des Zusammenhangs in 2.3 eine Gleichung für die Richtgröße D bei der Kettenschwingung.

Bestätigen Sie mit der von Ihnen ermittelten Richtgröße, dass für die Periodendauer T bei der schwingenden Fahrradkette gilt:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{2g}}$$

l : Länge der Fahrradkette
 g : Ortsfaktor bzw. Erdbeschleunigung

Überprüfen Sie, ob diese Gleichung durch die Ergebnisse des Experiments bestätigt wird.

[9 BE]

Zentralabitur 2023	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe II a	eA	Prüfungszeit*: 300 min

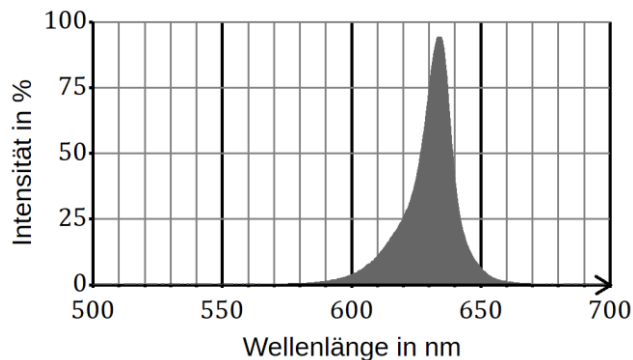
Aufgabe 3

In dieser Aufgabe wird mithilfe von Messreihen untersucht, von welchen Größen die Kapazität eines Kondensators bzw. die auf einem Kondensator gespeicherte Ladung abhängt.

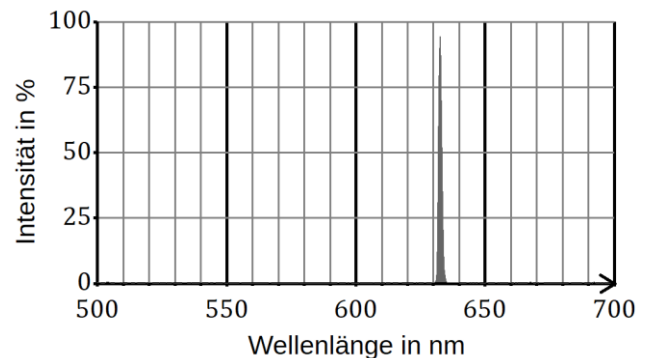
- 3.1** Mit einem geeigneten Versuchsaufbau wird ein Kondensator aufgeladen und anschließend über einen Widerstand entladen. Die Messwerte zur Entladung sind in M3a dargestellt. Ermitteln Sie mit M3a die vom Kondensator abgeflossene Ladung. **[3 BE]**
- 3.2** Im Folgenden werden zwei Messreihen mit einem Aufbaukondensator (vgl. M3b) aufgenommen. Dabei wird für verschiedene Flächeninhalte A jeweils die gespeicherte Ladung Q in Abhängigkeit von der Spannung U , die zur Aufladung des Kondensators verwendet wird, gemessen. Der Plattenabstand d ist in diesen beiden Versuchsreihen gleich. Die Messwerte beider Versuche sind im U - Q -Diagramm in M3c grafisch aufgetragen. Erläutern Sie die qualitativen und quantitativen Informationen, die sich aus M3c entnehmen oder schlussfolgern lassen. Überprüfen Sie, ob die beiden Messreihen (M3c) die Gültigkeit der Gleichung $C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d}$ bestätigen.
 C : Kapazität, A : Flächeninhalt einer Kondensatorplatte, d : Abstand der Kondensatorplatten, ε_0 : elektrische Feldkonstante, ε_r : relative Permittivität
Hinweis: Für Luft gilt näherungsweise $\varepsilon_r = 1$. Berechnen Sie die Ladung Q , die sich für einen Flächeninhalt von 400 cm^2 und eine Spannung von 500 V ergeben würde. **[11 BE]**
- 3.3** Der Aufbaukondensator wird in einem weiteren Experiment dafür verwendet, um die Kapazität C des Kondensators in Abhängigkeit des Plattenabstandes d zu untersuchen. Die Diagramme in M3d zeigen die Messwerte. Begründen Sie mithilfe eines der beiden Diagramme in M3d, dass zwischen der Kapazität C und dem Plattenabstand d ein antiproportionaler Zusammenhang besteht. Ermitteln Sie anhand der Messreihe in M3d einen Wert für die elektrische Feldkonstante ε_0 . **[5 BE]**
- 3.4** Der Aufbaukondensator (M3b) wird durch Anlegen einer Spannung aufgeladen und dann von der Spannungsquelle getrennt. Mit einem geeigneten Voltmeter wird die Spannung zwischen den Kondensatorplatten gemessen. Betrachtet werden zwei Fälle:
a) Der Plattenabstand d wird vergrößert.
b) Eine Glasplatte ($5 \leq \varepsilon_r \leq 7$) wird zwischen die Kondensatorplatten eingefügt.
Erklären Sie jeweils qualitativ, wie sich die Spannung dadurch ändert. **[5 BE]**

Zentralabitur 2023	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe II a	eA	Prüfungszeit*: 300 min

Material

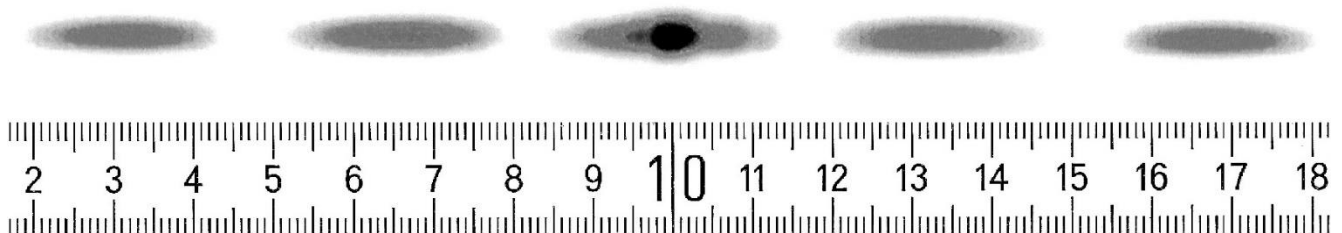


M1a: Wellenlänge-Intensität-Diagramm einer rot leuchtenden LED



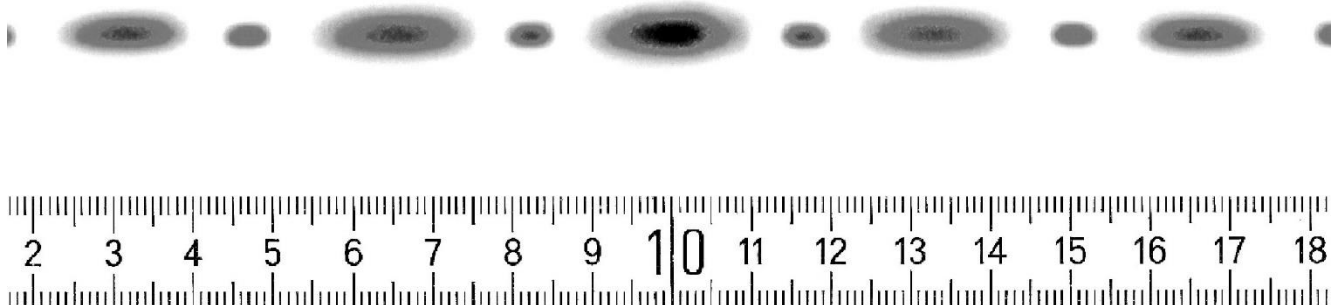
M1b: Wellenlänge-Intensität-Diagramm eines rot leuchtenden Lasers

Hinweis: Intensitäten in M1a und M1b können nicht verglichen werden, weil sie unabhängig voneinander normiert sind.



M1c: Ausschnitt aus dem Schirmbild bei Beleuchtung eines Doppelspalts mit Laserlicht

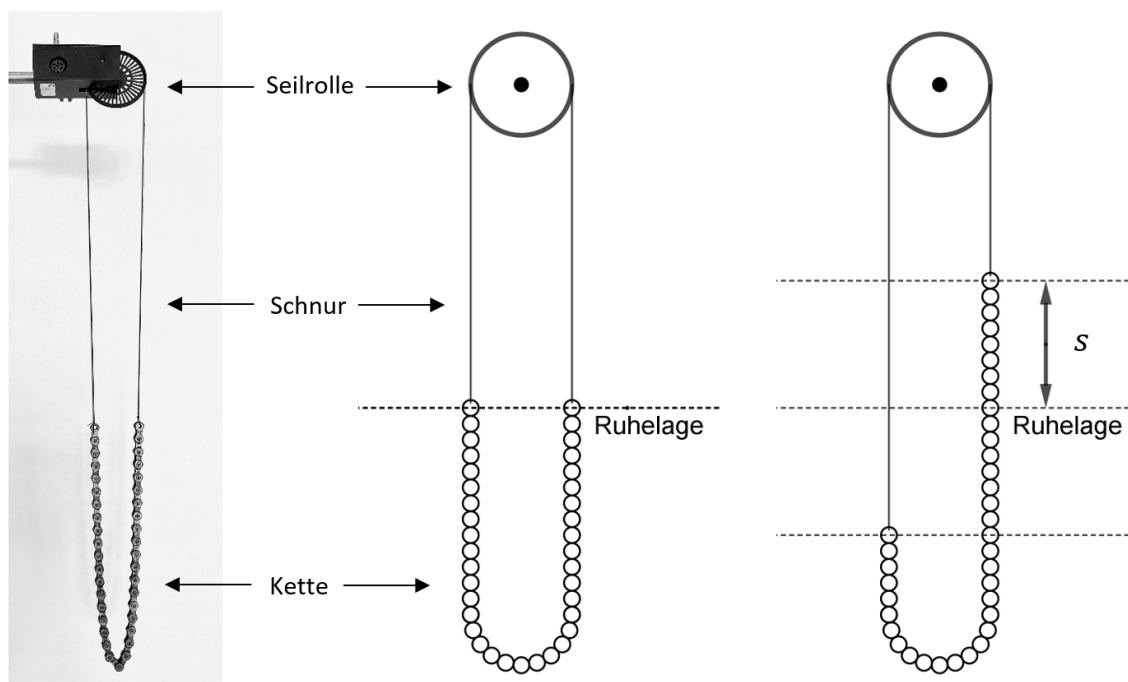
Schirmabstand $e = (3,85 \pm 0,03)$ m. Zur besseren Ablesbarkeit wurde das Foto des Schirmbilds bearbeitet. Verwenden Sie den abgedruckten Maßstab. Das Lineal zeigt Werte in der Einheit cm. Das Maximum 0. Ordnung liegt bei 10,0 cm.



M1d: Ausschnitt aus dem Schirmbild bei Beleuchtung eines Dreifachspalts mit Laserlicht (Schirmabstand wie in M1c) und Vorlage für das zu skizzierende Schirmbild (vgl. 1.3)

Die Bildbearbeitung erfolgte in gleicher Weise wie in M1c.

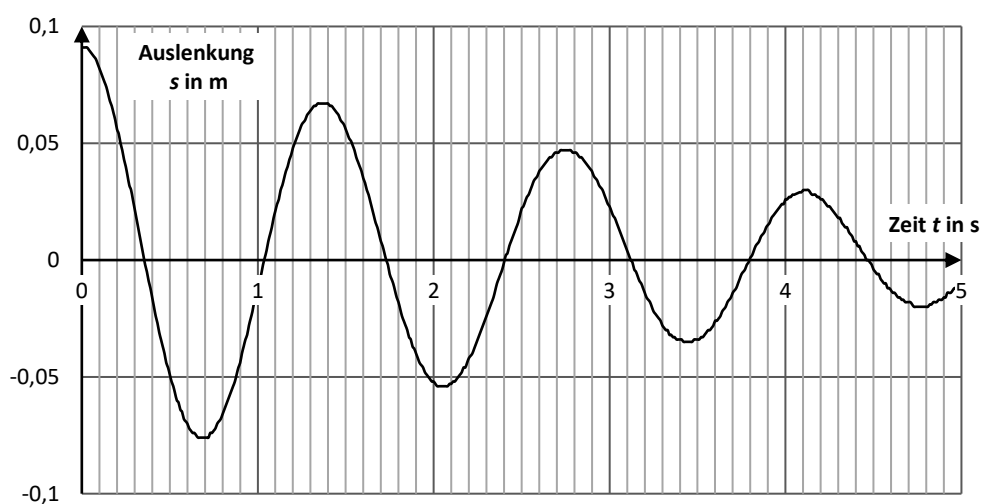
Das Lineal zeigt Werte in der Einheit cm. Das Maximum 0. Ordnung liegt bei 10,0 cm.



M2a:
Foto des Versuchsaufbaus

M2b:
Kette im Ruhezustand

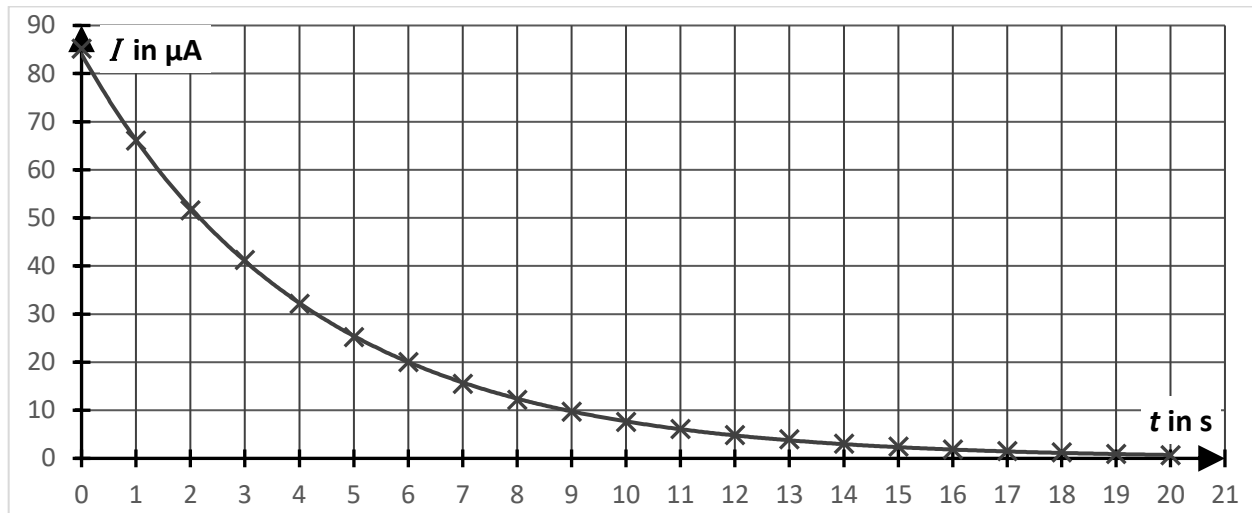
M2c:
Kette im ausgelenkten Zustand



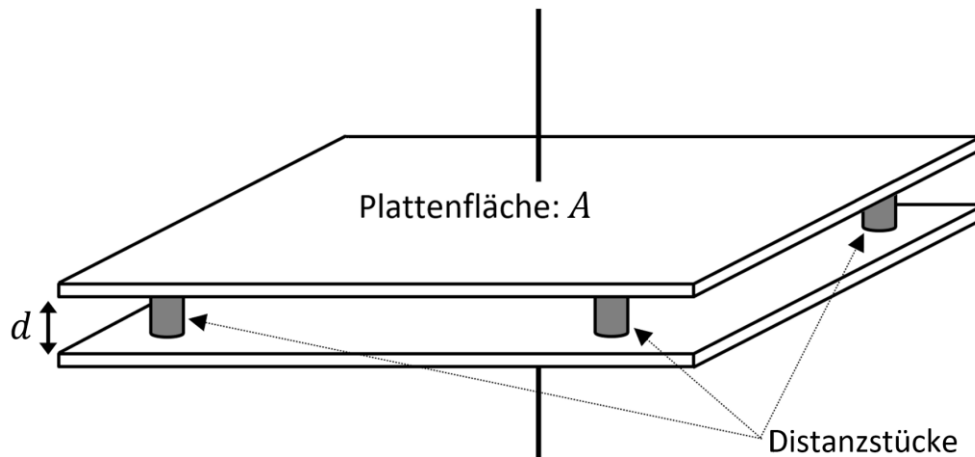
M2d: Zeitlicher Verlauf einer Kettenschwingung bei einer Kettenlänge $l = 94,5$ cm
Trotz Dämpfung wird die Schwingung idealisiert als harmonisch betrachtet.

l in m	0,183	0,335	0,488	0,640	0,793	0,945	1,098	1,250
T in s	0,61	0,83	0,98	1,13	1,27		1,48	1,57

M2e: Periodendauer T in Abhängigkeit von der Kettenlänge l

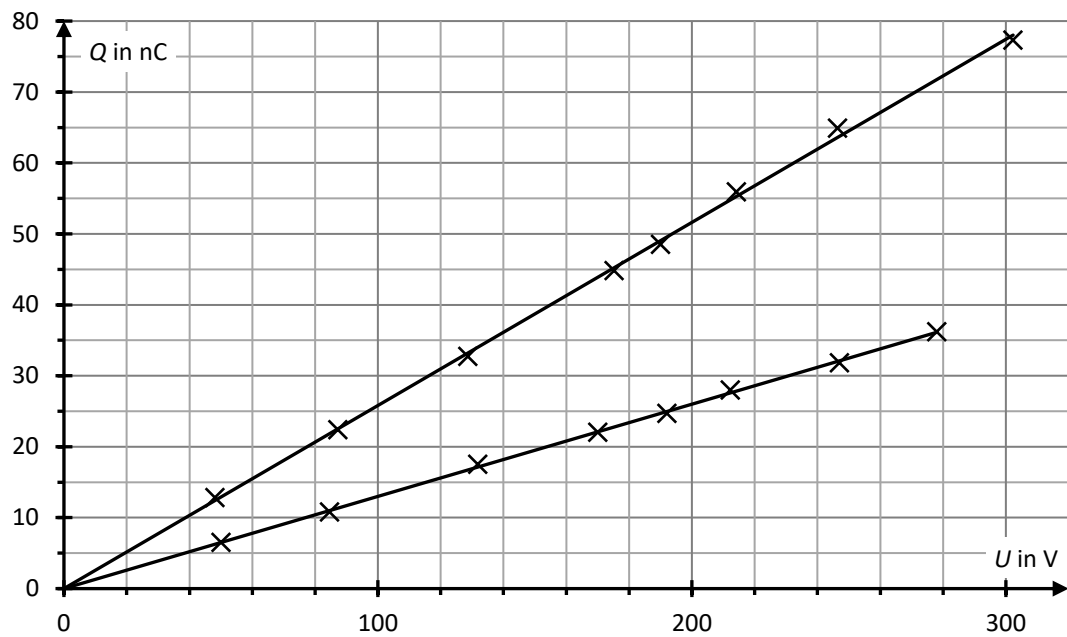
**M3a:** Diagramm zur Kondensatorentladung

Aufgetragen ist die Stromstärke I in Abhängigkeit von der Zeit t . Eine Regression für den funktionalen Zusammenhang ergibt $I(t) = 84,0 \mu\text{A} \cdot e^{-\frac{0,239}{\text{s}} \cdot t}$.

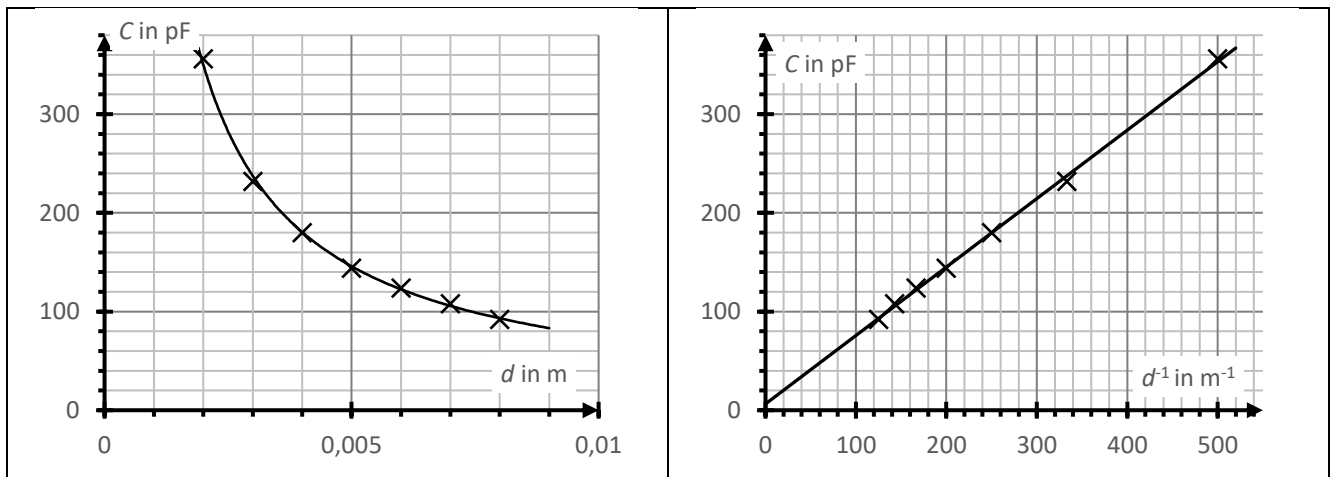
**M3b:** Aufbaukondensator

Zwischen zwei Metallplatten befinden sich Distanzstücke (Isolatoren). Die Höhe der Distanzstücke und damit der Plattenabstand d kann verändert werden.

Für die beiden Messreihen in 3.2 steht ein Plattenpaar mit $A_1 = 400 \text{ cm}^2$ und eines mit $A_2 = 800 \text{ cm}^2$ zur Verfügung.



M3c: Messwerte für die Ladung Q in Abhängigkeit der Spannung U für zwei Plattenflächen A . Die Flächeninhalte der Platten betragen $A_1 = 400 \text{ cm}^2$ und $A_2 = 800 \text{ cm}^2$, der Abstand zwischen den Platten beträgt in beiden Messreihen $d = 3,0 \text{ mm}$. In den Experimenten in dieser Aufgabe sind die Kondensatoren mit Luft gefüllt.



M3d: Kapazität C des Kondensators ($A = 0,080 \text{ m}^2$) in Abhängigkeit vom Plattenabstand d . Beide Diagramme stellen dieselben Messwerte dar. Im rechten Diagramm ist die Kapazität in Abhängigkeit des Kehrwertes vom Abstand aufgetragen. Der Kondensator ist bei dieser Messreihe mit Luft gefüllt.

Hilfsmittel

- Taschenrechner
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene physikalische Formelsammlung
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene mathematische Formelsammlung