

2025

Abitur

Original-Prüfung
mit Lösungen

**MEHR
ERFAHREN**

Niedersachsen

Physik

+ Übungsaufgaben zum Download



STARK

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Stichwortverzeichnis

Hinweise und Tipps zur schriftlichen Abiturprüfung

1	Ablauf der Prüfung	I
2	Inhalte und Kompetenzen	III
3	Leistungsanforderungen und Bewertung	IX
4	Operatoren und Anforderungsbereiche	X
5	Methodische Hinweise und allgemeine Tipps zur schriftlichen Prüfung ...	XIII
6	Hinweise zum Lösen von Aufgaben mit dem GTR	XVII
7	Zum Umgang mit diesem Buch.....	XVIII

Original-Abiturprüfungen – Erhöhtes Anforderungsniveau

Abiturprüfung 2021

Aufgabe I:	Ladungen.....	EA 2021-1
Aufgabe II:	Versuche und Anwendungen mit LEDs und Lasern; Interferenz von Licht und Magnetfeldmessungen am geraden Leiter	EA 2021-21

Abiturprüfung 2022

Aufgabe I:	Ausgewählte Experimente der Physik	EA 2022-1
Aufgabe II:	Interferenzen – Schwingungen – Elektronen/Magnetfelder	EA 2022-24

Abiturprüfung 2023

Aufgabe I: Schwingkreis – Induktion – Zerfallsgesetz	EA 2023-1
Aufgabe II: Interferenz – Schwingungen – Elektrische Felder/Physik der Atomhülle	EA 2023-25

Abiturprüfung 2024 www.stark-verlag.de/mystark

Sobald die Original-Prüfungsaufgaben 2024 freigegeben sind, können sie als PDF auf der Plattform MySTARK heruntergeladen werden. Den Zugangscode finden Sie auf der vorderen Umschlaginnenseite in diesem Buch.

MySTARK: Aufgaben zum Download

Original-Abiturprüfung 2024 – Erhöhtes Anforderungsniveau

Original-Abiturprüfungen – Grundlegendes Anforderungsniveau

Jahrgang 2021	1
Jahrgang 2022	42
Jahrgang 2023	80
Jahrgang 2024	125

Übungsaufgaben

Felder und Induktion (7 Aufgaben)	1
Wellen und Quanten (5 Aufgaben)	66
Hülle und Kern (5 Aufgaben)	105
Schwingende mechanische Systeme (1 Aufgabe)	150

Zusatzblatt

Farbabbildungen zu EA 2021, Aufgabe II, Material M1c und M1d

Autor der Übungsaufgaben und Lösungen

StD Dirk Raecke

Vorwort

Liebe Schülerinnen und Schüler,

Sie haben das Fach Physik im neunjährigen Gymnasium des Landes Niedersachsen auf grundlegendem oder erhöhtem Anforderungsniveau belegt und werden in diesem Fach Ihr Abitur ablegen.

Für die schriftliche Abiturprüfung werden landesweit einheitliche Abituraufgaben gestellt, d. h., es wird ein Zentralabitur durchgeführt. Dieses Buch wird Ihnen helfen, sich gut und effektiv auf dieses Zentralabitur vorzubereiten.

- Dazu werden Ihnen zunächst **ausführliche Hinweise** zu den Rahmenbedingungen der Prüfungen, zu Inhalten, Methoden und Prüfungskriterien gegeben.
- Der Hauptteil enthält die **offiziellen niedersächsischen Abituraufgaben der Jahrgänge 2021 bis 2023** für das **erhöhte** Anforderungsniveau.
- Alle Aufgaben weisen vom Autor ausgearbeitete vollständige und kommentierte **Lösungsvorschläge** sowie separate **Lösungshinweise** auf, die Sie beim selbstständigen Lösen der Aufgaben unterstützen.

Zudem finden Sie **digitale Inhalte** zu diesem Buch **online auf MySTARK**:

- **Interaktives Training** mit Aufgaben und Lernvideos zu allen relevanten Themengebieten des Physikabiturs.
- Die **Original-Prüfungsaufgaben 2024** im **erhöhten** Anforderungsniveau zum Download.
- Die **Original-Prüfungsaufgaben 2021 bis 2024** für das **grundlegende** Anforderungsniveau sowie zusätzliche **Übungsaufgaben** zum Download.



Den Zugangscode finden Sie auf der vorderen Umschlaginnenseite in diesem Buch.

Sollten nach Erscheinen dieses Bandes noch wichtige Änderungen in der Abiturprüfung 2025 vom niedersächsischen Kultusministerium bekannt gegeben werden, finden Sie aktuelle Informationen dazu ebenfalls im Internet auf MySTARK.

Ich wünsche Ihnen viel Erfolg bei der Abiturprüfung!

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Dirk Raecke".

Dirk Raecke

Hinweise und Tipps zum Zentralabitur

1 Ablauf der Prüfung

1.1 Die zentrale schriftliche Abiturprüfung

Seit dem Schuljahr 2005/2006 gibt es im Land Niedersachsen im Fach Physik zentrale schriftliche Abiturprüfungen. Für die schriftliche Abiturprüfung in Physik ist – erstmals vom Abitur 2025 an – das im Jahr 2022 neu gefasste Kerncurriculum die Grundlage, in dem unter anderem auch die im Jahr 2020 von der Kultusministerkonferenz beschlossenen, bundesweit einheitlichen Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife konkretisiert sind.

Die verbindlichen Vorgaben des Kerncurriculums Physik bilden die Basis für die Inhalte und Anforderungen sowohl in den vier Halbjahren der Qualifikationsphase als auch in den landesweit einheitlichen Aufgabenstellungen für das Abitur. Die Vorgaben lassen genügend Freiräume für den konkreten Unterricht an Ihrer Schule, die es Ihren Lehrkräften ermöglichen, Inhalte und/oder den Erwerb der vorgeschriebenen Kompetenzen zu vertiefen und zu ergänzen.

1.2 Auswahl und Aufbau der Prüfungsaufgaben

Die Schulen bekommen für die schriftliche Abiturprüfung sogenannte Aufgabenpakete. Jedes Aufgabenpaket enthält vier Aufgaben, aus denen Sie **drei zur Bearbeitung auswählen** müssen. Für das Abitur 2025 sind die folgenden Pakete festgelegt.

Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau:

- Paket 1: 4 Aufgaben ohne experimentelle Anteile
- Paket 2: 4 Aufgaben mit experimentellen Anteilen zur Elektrik
- Paket 3: 4 Aufgaben mit experimentellen Anteilen zur Optik

Dabei enthält bei den Paketen 2 und 3 jeweils eine Aufgabe das durchzuführende Experiment.

Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau:

- nur ein Paket: 4 Aufgaben ohne experimentelle Anteile

Jede Prüfungsaufgabe wird unter einem zusammenfassenden Thema stehen und sich nicht nur auf einen Themenbaustein beziehen. Die Aufgaben werden sich auf Material stützen, das sich an Experimenten orientiert. Die Lösungen setzen die Beherrschung der fachlichen Qualifikationen entsprechend den Vorgaben des Kerncurriculums und Erfahrungen im Umgang mit Experimenten voraus.

Seit dem Abitur 2009 gibt es bei Kursen auf erhöhtem Niveau auch **experimentell** ausgerichtete Abiturvorschläge (vgl. Pakete 2 und 3 bei der oben beschriebenen Aufgabenauswahl). Dazu sind folgende Hinweise wichtig: Spätestens zu Beginn des Unterrichts in der jeweiligen Qualifikationsphase muss die Schule entscheiden, ob und, wenn ja, welche Lerngruppen des Prüfungsfaches Physik mit den Experimentierkästen arbeiten werden. Nur für die Schülerinnen und Schüler, die in der Qualifikationsphase mit diesem Experimentierkasten gearbeitet haben, besteht dann im Abitur die Möglichkeit, zwischen einer Aufgabe mit Schülerübungen und einer ohne Schülerübungen zu wählen. Alle anderen Schülerinnen und Schüler wählen nach wie vor aus zwei Vorschlägen ohne Schülerübungen einen ihrer Wahl aus.

Insgesamt wird das Experiment im Abitur eine große Rolle spielen – sei es als echtes Experiment oder als in Papierform beschriebenes. Neben Erfahrungen im eigenen Experimentieren sollten Sie dabei vor allem über wichtige methodische Kompetenzen rings um das Auswerten von Experimenten verfügen. Sie finden die besonders wichtigen Experimente im Kerncurriculum recht leicht, da sie dort explizit aufgeführt sind und somit auch als quasi verpflichtend für Ihre Lehrkräfte gelten.

Beachten Sie: Für die **schriftliche Abiturprüfung 2025 auf erhöhtem Niveau** mit experimentellem Anteil sind die **Experimentierkästen Optik und Atomphysik** sowie **Magnetismus – Elektrik – Elektronik** festgelegt.

1.3 Dauer der Prüfung

Seit 2021 beträgt die Bearbeitungszeit im erhöhten Niveau 300 Minuten, im grundlegenden Niveau 255 Minuten, die Auswahlzeit ist dabei jeweils miteingerechnet.

1.4 Zugelassene Hilfsmittel

Die für die schriftliche Abiturprüfung im Fach Physik zugelassenen Hilfsmittel ergeben sich aus den Rechtsvorschriften und den Präzisierungen für das jeweilige Prüfungsjahr. Zugelassen sind

- Wörterbücher der deutschen Rechtschreibung;
- Taschenrechner, wobei sicherzustellen ist, dass innerhalb einer Prüfungsgruppe die benutzten Taschenrechner gleichwertig bzgl. Ausstattung und Funktion sind;
- Schreib- und Zeichengeräte, die im Fach Physik Anwendung finden;
- ggf. sind natürlich der Experimentierkasten, Netzgeräte und Messinstrumente zugelassen, wenn der Experimentalvorschlag ausgewählt wird.
- Eine von der Schule eingeführte, zur Abiturprüfung zugelassene physikalische beziehungsweise mathematische Formelsammlung. Gedruckte Formelsammlungen der Schulbuchverlage sind gemäß der „Informationen zur Nutzung von Formelsammlungen“ in der Abiturprüfung zugelassen.

- Die Liste der zugelassenen Hilfsmittel finden Sie stets aktuell unter dem Link https://nibis.de/zentralabitur_1395 bei der betreffenden Abiturprüfung.

Sämtliche Entwürfe und Aufzeichnungen gehören zur Abiturarbeit und dürfen nur auf Papier, das den Stempel der Schule trägt, angefertigt werden.

2 Inhalte und Kompetenzen

Unterricht auf grundlegendem Anforderungsniveau bzw. auf erhöhtem Anforderungsniveau soll sich nicht nur quantitativ, sondern vor allem qualitativ unterscheiden. Die Unterschiede bei den Prüfungsaufgaben bestehen insbesondere in folgenden Aspekten:

- Grad der Selbstständigkeit in der Bearbeitung
- Umfang und Spezialisierungsgrad bezüglich des Fachwissens, des Experimentierens und der Theoriebildung
- Grad der Elementarisierung und Mathematisierung physikalischer Sachverhalte sowie Anspruch an die verwendete Fachsprache
- Komplexität der Kontexte, physikalischen Sachverhalte, Theorien und Modelle

Im Unterricht auf erhöhtem Niveau müssen Sie sich auf sehr viel mehr Eigenverantwortlichkeit und selbstständige Nacharbeit des Unterrichtsstoffes einstellen.

Um vergleichbare Voraussetzungen für die Prüfungsvorbereitung zu schaffen, wird der verbindliche Kern des Physikunterrichts recht genau im Kerncurriculum beschrieben – und zwar sowohl inhaltlich als auch in Bezug auf die zu erwerbenden Kompetenzen (damit sind die fachtypischen Fähigkeiten und Fertigkeiten gemeint, die Sie erwerben sollen, um physikalische Probleme lösen zu können). Diese Kernelemente sollten dann auch die wesentliche Grundlage für die zu erwartenden Prüfungsaufgaben sein. Die folgende Übersicht zeigt Ihnen, welche **Inhalte** in der Qualifikationsphase erarbeitet bzw. erworben werden sollen.

2.1 Themenbereich Elektrizität

- Beschreibung elektrischer Felder über ihre Kraftwirkungen auf geladene Probestkörper (Feldlinienbilder: homogenes Feld, Punktladung, Dipol; Faraday'scher Käfig; Beschreibung als Resultat des Superpositionsprinzips)
- Einheit der Ladung; Erläuterung der Definition der elektrischen Feldstärke (Beschreibung eines Verfahrens zur Bestimmung der elektrischen Feldstärke auf der Grundlage von Kraftmessungen; Auswertung von entsprechenden Messreihen)
nur eA: Beschreibung des Coulomb'schen Gesetzes
- Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Ladung und elektrischer Stromstärke; Definition der elektrischen Spannung als der pro Ladung übertragbarer Energie
nur eA: Beschreibung der Spannung als Potenzialdifferenz

SCHWINGKREIS – INDUKTION – ZERFALLSGESETZ

In Aufgabe 1 werden Eigenschaften eines elektromagnetischen Schwingkreises untersucht. Gegenstand der Aufgabe 2 ist die Induktion. Die Aufgabe 3 beschäftigt sich mit dem Zerfallsgesetz.

Aufgabenstellung ohne Experimentieren

- 1** Das Verhalten von Schwingungen eines elektromagnetischen Schwingkreises soll untersucht werden.
- 1.1** Eine Spule und ein Kondensator werden gemäß Material 1 a (M 1 a) zu einem Schwingkreis verschaltet und über einen Schalter an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen.
Beschreiben Sie die Energieumwandlungen in dem Schwingkreis aus Spule und Kondensator nach dem Umlegen des Schalters aus der Stellung 1 in die Stellung 2.
Nun werden ein Widerstand und ein Oszilloskop als registrierendes Messinstrument ergänzt (M 1 b) und das Experiment wird erneut durchgeführt. M 1 c zeigt das t - U_R -Diagramm.
Erklären Sie, dass die Amplitude mit der Zeit abnimmt. 5
- 1.2** In einem weiteren Experiment wird die Resonanzkurve eines elektromagnetischen Schwingkreises untersucht. M 1 d zeigt eine typische Resonanzkurve.
Beschreiben Sie anhand einer Schaltskizze den Aufbau und die Durchführung eines Experiments zur Erzeugung einer Resonanzkurve.
Erklären Sie das Auftreten eines Maximums und geben Sie die Resonanzfrequenz an. 7
- 1.3** Für verschiedene Kapazitäten C des in einem Schwingkreis verwendeten Kondensators wurde jeweils die Resonanzfrequenz f_0 bestimmt (M 1 e).
HINWEIS: Vereinfachend kann hier die Frequenz der Eigenschwingung des elektromagnetischen Schwingkreises mit der Resonanzfrequenz gleichgesetzt werden.
Bestätigen Sie, dass ein funktionaler Zusammenhang der Form
- $$f_0 = k \cdot \frac{1}{\sqrt{C}}$$
- besteht, wobei Sie auch den Lösungsweg dokumentieren und den Wert der Konstante k angeben.

Die Induktivität L ist eine Eigenschaft der Spule und hat ebenfalls einen Einfluss auf die Resonanzfrequenz. Dabei gilt der theoretische Zusammenhang:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{L}} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}},$$

wobei L in der Einheit $\frac{\text{s}^2}{\text{F}}$ angegeben werden kann.

Ermitteln Sie die prozentuale Abweichung der Induktivität L der Spule aus dem Experiment von der Herstellerangabe $L_{\text{Hersteller}} = 0,035 \frac{\text{s}^2}{\text{F}}$. **9**

- 1.4** Die Resonanzkurve aus 1.2 (M 1 d) verändert sich, wenn eine Spule mit doppelter Induktivität verwendet wird. M 1 f zeigt die Messkurve bei unveränderter Kapazität des Kondensators. Überprüfen Sie, ob die Resonanzfrequenz aus M 1 f mit dem theoretischen Zusammenhang aus 1.3 übereinstimmt. **3**
- 2** In dieser Aufgabe geht es um die Erzeugung eines magnetischen Feldes sowie um die Untersuchung von Induktionsspannungen.
- 2.1** Eine Spule (Spule 1) wird an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen. Neben der Spule wird mit einem Hallsensor an der in M 2 a eingezeichneten Position die magnetische Flussdichte B in Abhängigkeit von der Stromstärke I in der Spule gemessen.
HINWEIS: Die magnetische Flussdichte wird auch als magnetische Feldstärke bezeichnet.
Bestätigen Sie anhand von M 2 b, dass I und B zueinander proportional sind. **3**
- 2.2** Der Versuchsaufbau aus 2.1 wird modifiziert. Der Hallsensor wird entfernt. Stattdessen wird rechts neben die Spule 1 eine identische Spule 2 gestellt (M 2 c). Nun wird an die Spule 1 ein Frequenzgenerator angeschlossen, sodass in dieser ein dreieckförmiger Stromstärkeverlauf (Dreieckstrom) erzeugt wird. An die Spule 2 wird ein Spannungsmessgerät angeschlossen. M 2 d zeigt die zeitlichen Verläufe der magnetischen Flussdichte B und der vom Spannungsmessgerät angezeigten Spannung U_{ind} .
Ermitteln Sie aus M 2 d die Frequenz des Dreieckstroms.
Erklären Sie mithilfe des Induktionsgesetzes qualitativ den Zusammenhang der beiden Graphen in M 2 d.
Erläutern Sie die Auswirkungen auf den an der Spule 2 zu messenden Verlauf der Induktionsspannung U_{ind} , wenn die Frequenz des Dreieckstroms bei gleichbleibender Amplitude verdoppelt wird. **10**
- 2.3** In einem weiteren Experiment werden zwei identische Spulen untereinander an einem Stativ angebracht (M 2 e). Sie sind in Reihe geschaltet und mit einem Oszilloskop verbunden. Ein Stabmagnet wird durch ein Plexiglasrohr durch die beiden Spulen fallen gelassen. Den vom Oszilloskop registrierten Spannungsverlauf zeigt M 2 f.

Beschreiben Sie die Höhe, Breite und Orientierung der Ausschläge (Peaks) im zeitlichen Verlauf des $t-U_{\text{ind}}$ -Graphen.

Erläutern Sie, wo sich der fallende Magnet zu den in M 2 f mit M und N markierten Zeitpunkten befindet.

Erklären Sie die unterschiedlichen Höhen und Breiten der vier Spannungs-Peaks in M 2 f.

Abschließend wird die untere Spule gegen eine andere ausgetauscht und das Experiment wiederholt. M 2 g zeigt das $t-U_{\text{ind}}$ -Diagramm.

Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, welche Eigenschaften bzw. Beschaltung der neuen Spule zu dem Verlauf der Kurve in M 2 g geführt haben.

11

3 Der radioaktive Zerfall von Atomkernen und das Zerfallsgesetz stehen im Mittelpunkt dieser Aufgabe. Die Abbildung in M 3 a zeigt einen Ausschnitt aus der Nuklidkarte.

3.1 Erläutern Sie den Alpha- und Betazerfall am Beispiel der Isotope Americium-243 (Am243) und Am244 anhand der Nuklidkarte (M 3 a), wobei Sie jeweils auch auf Kernladungs- und Massenzahlen eingehen.

Stellen Sie die ersten fünf Schritte der Zerfallsreihe von Am243 mithilfe der Nuklidkarte (M 3 a) dar.

Erklären Sie, aus welchen Nukliden Am243 mit nur einer Kernumwandlung hervorgegangen sein kann.

8

3.2 In einem Experiment wird die Zählrate R einer unbekannt Probe in Abhängigkeit von der Zeit t gemessen. Die Messdaten sind in M 3 b dargestellt. Zeichnen Sie das zugehörige t - R -Diagramm.

Erläutern Sie, dass der zeitliche Verlauf des radioaktiven Zerfalls eines Nuklids grundsätzlich durch eine exponentielle Abnahme beschrieben werden kann.

Ermitteln Sie unter Verwendung von M 3 c, um welches Nuklid es sich handeln kann.

9

3.3 Die Zählrate einer Probe Radon-228 (Rn228) wird gemessen. Rn228 besitzt eine Halbwertszeit von 65 s und zerfällt dabei zu Francium-228 (Fr228). Fr228 besitzt eine Halbwertszeit von 38 s. M 3 d zeigt den zeitlichen Verlauf der Zählraten beider Nuklide.

Erklären Sie das Zustandekommen des Ansteigens und wieder Abfallens der Zählrate von Fr228.

Rn228 und das Zerfallsnuklid Fr228 besitzen beide Halbwertszeiten im zweistelligen Sekundenbereich. In einem Gedankenexperiment wird davon ausgegangen, dass Fr228 eine etwas größere Halbwertszeit als 38 s (z. B. wenige Minuten) besitzt.

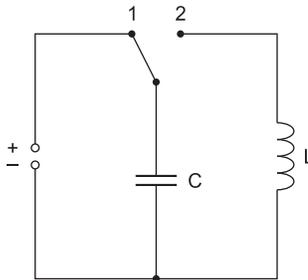
Skizzieren Sie qualitativ und begründet in M 3 d einen entsprechenden Graphen für die nun zu erwartende Zählrate von Fr228 ein.

7

Material

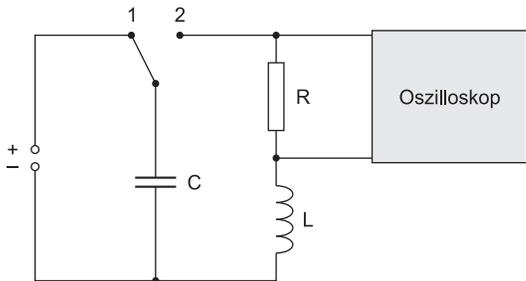
M 1a Schaltskizze zu 1.1 mit Kondensator C und Spule L

Der ohmsche Widerstand der Spule soll nicht berücksichtigt werden.

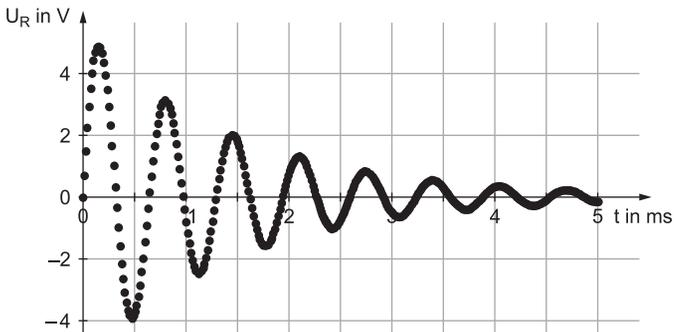


M 1b Schaltskizze zum modifizierten Aufbau in 1.1

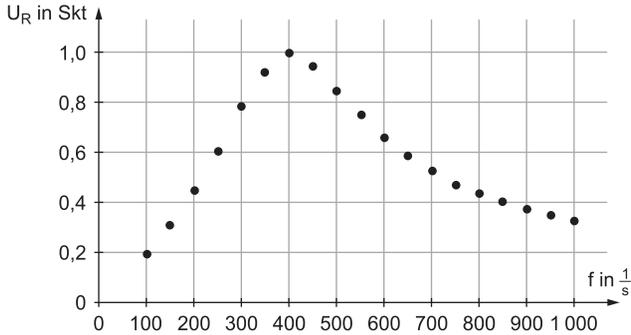
Das Oszilloskop dient zur Aufnahme des t - U_R -Diagramms. U_R ist die am Widerstand abfallende Spannung.



M 1c Ausschnitt aus dem t - U_R -Diagramm zu dem Experiment gemäß M 1b



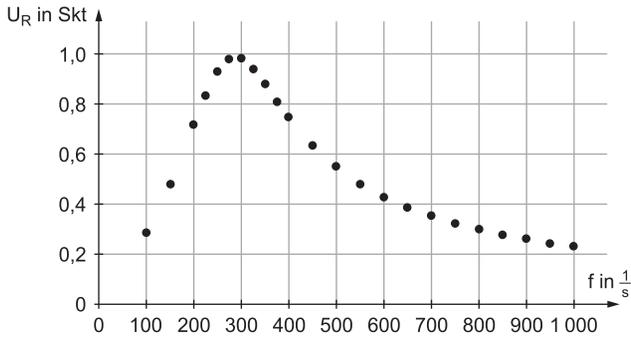
M 1d f-U_R-Diagramm



M 1e Resonanzfrequenz f₀ bei unterschiedlichen Kapazitäten C

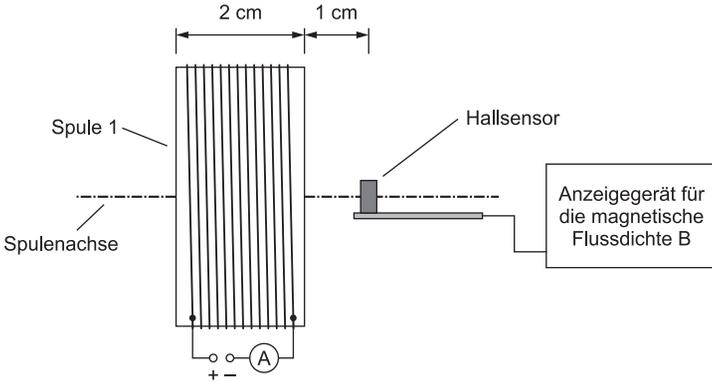
C in μF	1,0	2,0	3,0	4,0	5,2	6,2	7,4	8,8
f ₀ in $\frac{1}{s}$	830	590	480	420	365	335	305	280

M 1f f-U_R-Diagramm bei einer Spule mit doppelter Induktivität im Schwingkreis



Der Versuchsaufbau entspricht sonst dem zu M 1d.

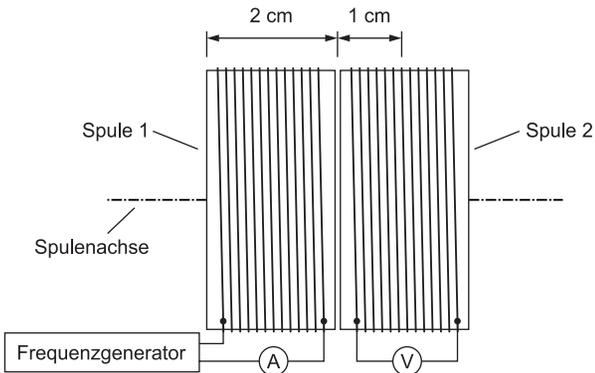
M 2a Prinzipskizze des Aufbaus aus 2.1



M 2b Messdaten für die Spulenstromstärke I und die magnetische Flussdichte B im Abstand von 1 cm neben der Spule 1

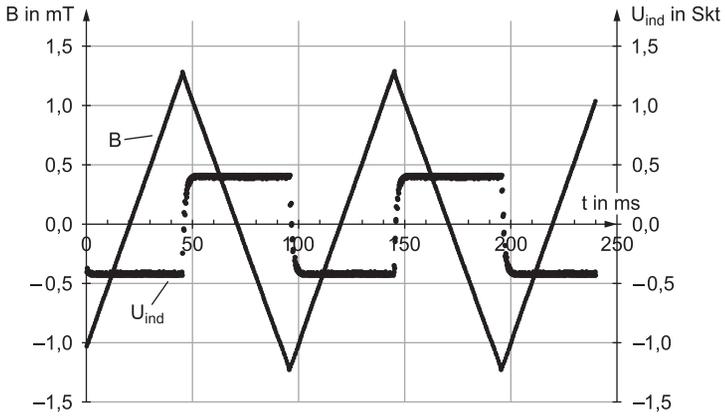
I in mA	0	10	20	30	40	50	60	70	80
B in mT	0,00	0,10	0,22	0,32	0,44	0,56	0,66	0,77	0,88

M 2c Prinzipskizze des Aufbaus zu 2.2

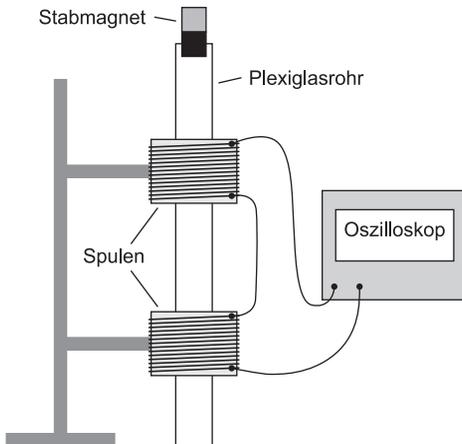


Mit dem Frequenzgenerator kann ein dreieckförmiger Stromstärkeverlauf in der Spule 1 erzeugt werden. Gemäß 2.1 ist I proportional zu B . Das Spannungsmessgerät misst die Induktionsspannung.

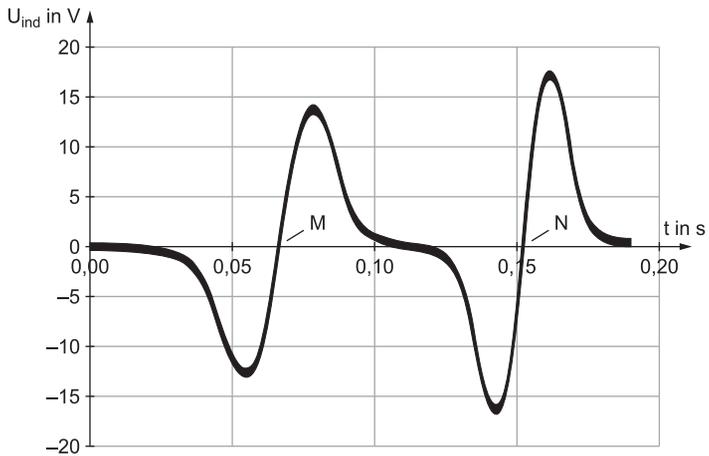
M 2d Zeitlicher Verlauf von B und U_{ind} zum Experiment aus 2.2



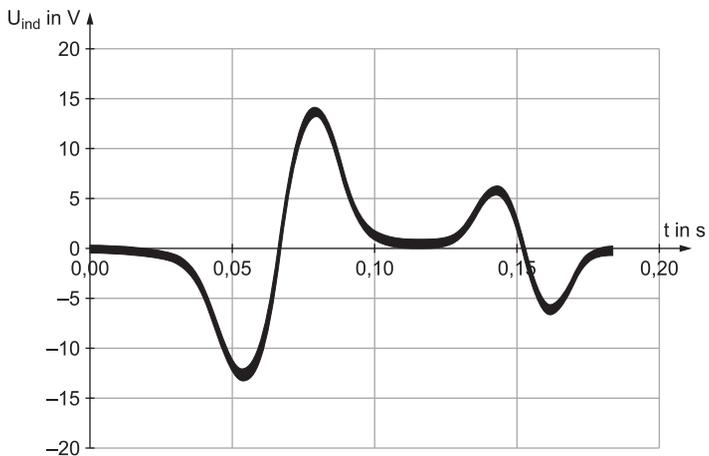
M 2e Aufbau zu 2.3



M 2f t-U_{ind}-Diagramm



M 2g t-U_{ind}-Diagramm bei ausgetauschter unterer Spule



Teilaufgabe 1.1

Beachten Sie: Durch das Umlegen des Schalters wird ein neuer Stromkreis „erstellt“.

Wie kann der Strom in Stellung 1, wie in Stellung 2 nur fließen?

In welcher Form kann die Energie in Stellung 1 nur gespeichert werden?

Ohne Energieverluste muss die gesamte Energie des Kondensators bei dessen Entladung „umgelagert“ worden sein – wo muss sie also gespeichert werden?

Für die Energieumwandlung ist die konkrete Begründung für die Schwingung nicht notwendig, es geht nur um die beteiligten Energieformen.

Beachten Sie die Analogie zwischen mechanischen und elektrischen Schwingungen – der Widerstand ist das Analogon zur mechanischen Reibung.

Was bewirkt es, wenn mit dem Widerstand ein neuer „Energieabnehmer“ dazu kommt?

Teilaufgabe 1.2

Beachten Sie, dass nun permanent Energie zugeführt wird, also müssen alle Verbraucher und die Spannungsquelle in Reihe geschaltet werden.

Beachten Sie, dass die Spannung an einem Widerstand ein Maß für den Stromfluss ist (wie berechnet sich der Strom aus R und U ?).

Welche Größe muss nun variiert werden, um die Resonanzfrequenz zu finden?

Überlegen Sie, warum man die Resonanzfrequenz als „passende“ Frequenz bezeichnen kann, bei der das Maximum der gemessenen Spannung auftritt – auch hier können Sie analog zur Mechanik an eine Schaukel denken, die immer wieder angestoßen wird.

Teilaufgabe 1.3

Die indirekte Proportionalität weisen Sie mithilfe der Produktgleichheit der Messwertpaare nach. Beachten Sie die Wurzel bei C .

Der Mittelwert des Produktes darf dann benutzt werden, wenn alle Produkte in der Messreihe recht gut übereinstimmen.

Zur Ermittlung der prozentualen Abweichung muss man zuerst einmal L berechnen. Dazu können die experimentellen Daten (Faktor k) und die theoretische Gleichung zusammengeführt werden.

Der Quotient aus L_{exp} und $L_{\text{Hersteller}}$ ergibt den Prozentsatz des berechneten Wertes im Vergleich zum gegebenen – die Differenz zu 1 ist somit die gesuchte Abweichung.

Teilaufgabe 1.4

Überlegen Sie mithilfe der Zusammenhänge aus Teilaufgabe 1.3, was eine Verdopplung der Induktivität bedeutet. Beachten Sie die Wurzel.

Bestimmen Sie die theoretisch zu erwartende Resonanzfrequenz und vergleichen diese mit derjenigen, die Sie M f entnehmen können.

Teilaufgabe 2.1

Die Proportionalität weisen Sie über die Quotientengleichheit nach.

Alternativ kann eine Ausgleichskurve herangezogen werden, die eine Ursprungsgerade ergeben muss.

Teilaufgabe 2.2

Da $B \sim I$ gilt, kann die Frequenz direkt aus dem Diagramm ermittelt werden, denn B und I haben die gleiche Frequenz.

Beachten Sie dabei möglichst viele sichtbare Perioden, um den Fehler zu minimieren. Aus der Periodendauer T können Sie die Frequenz f berechnen.

Zur Erklärung nutzen Sie das Induktionsgesetz, das Aussagen zur Änderung von B und zum Vorzeichen der Induktionsspannung macht.

Beachten Sie, dass hier keine Flächenänderung stattfindet.

Die Frequenzverdopplung verändert den Verlauf bzgl. beider Achsrichtungen (U_{ind} - und t -Achse). Beachten Sie das zeitliche Änderungsverhalten von $B(t)$.

Beachten Sie den starken mathematischen Bezug – eine Größe wird durch ihr Steigungsverhalten in eine andere Größe eingehen, also ist die eine Größe von der Ableitung der anderen abhängig.

Teilaufgabe 2.3

Sie sollen zunächst nur beschreiben, dann erklären.

Die Höhe der Peaks hängt mit der Änderungsgeschwindigkeit des Magnetfeldes zusammen – überlegen Sie, warum die Geschwindigkeit zunimmt.

Die Breite der Peaks hängt ebenfalls von der Geschwindigkeit ab, denn nur so lange, wie der Stabmagnet durch die Spule fällt, kann er dort sein Magnetfeld entfalten.

Das Vorzeichen kann über die Lenz'sche Regel geklärt werden.

Die Nullstellen müssen Phasen entsprechen, in denen sich das Magnetfeld nicht ändert – was bedeutet das für die Position des Stabmagneten in der Spule?

Beachten Sie für die Hypothese, dass der zeitliche Ablauf identisch ist; nur die Peaks in der zweiten Spule fallen anders aus als im ersten Versuch.

Die Umkehrung der „Richtung“ der Peaks kann ebenfalls nicht am Stabmagnet liegen – wie kann aber in elektrischen Stromkreisen ein umgekehrter Messinstrumentenausschlag erreicht werden?

Aufgabenstellung ohne Experimentieren

1 Schwingkreis

1.1 Beschreiben der Energieumwandlungen

In Stellung 1 ist die gesamte Energie zunächst im elektrischen Feld des Kondensators gespeichert. Beim Umlegen in Position 2 ist die Spannungsquelle quasi nicht mehr vorhanden, der Kondensator ist die „Spannungsquelle“ für den Kreis aus Spule und Kondensator. Er beginnt nun, sich zu entladen. Während des Entladevorgangs baut sich durch den Stromfluss ein magnetisches Feld in der Spule auf. Ist der Kondensator vollständig entladen, befindet sich die gesamte Energie in der Spule – nun in Form magnetischer Feldenergie. Der nun erfolgende Abbau des magnetischen Feldes führt zur erneuten Aufladung des Kondensators, allerdings mit umgekehrter Polarität. Damit ist die gesamte Energie nach einer halben Periode wieder im elektrischen Feld gespeichert. Der Vorgang wiederholt sich (im Idealfall eines ungedämpften Schwingkreises) fortlaufend.

Erklärung zur Amplitudenabnahme

Der Stromfluss durch den Widerstand als Verbraucher führt zu einer Energieabgabe, da am Widerstand Leistung umgesetzt wird. Somit wird dem System Energie entzogen, die nicht mehr als reine Schwingungsenergie in Spule und Kondensator vorhanden sein kann. Da der mit dem Oszilloskop gemessene Spannungsabfall am Widerstand R ein Maß für die zum Messzeitpunkt vorhandene elektrische Energie im Schwingkreis ist, führt die zeitliche Abnahme der Energie zu einer zeitlichen Abnahme der Spannungsamplitude.

1.2 Beschreibung eines Experiments zur Resonanzkurven-Aufnahme

Am einfachsten baut man ein Experiment entsprechend der vorigen Teilaufgabe auf. Wichtig ist dabei, dass die Spannungsquelle erlauben muss, verschiedene Frequenzen (bei konstanter Amplitude) einzuspeisen. Nun misst man wiederum über dem Widerstand die Spannung mittels Wechselspannungs-Voltmeter bei verschiedenen Frequenzen und kann dann ein $U(f)$ -Diagramm aufnehmen, um das Maximum der Spannung zu finden.

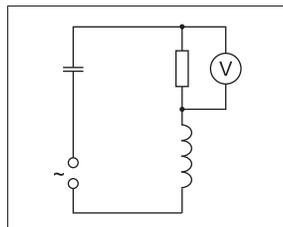


Abb. 1

Erklärung des Maximums und Angabe der Resonanzfrequenz

Ein Maximum tritt dann auf, wenn die Energiezufuhr genau in dem Rhythmus erfolgt, der auch der Eigenfrequenz des Schwingkreises entspricht, die Energiezufuhr ist dann optimal. Die Frequenz, bei der das passiert, nennt man Resonanz-

frequenz; für diese bildet sich im Schwingkreis ein Maximum der messbaren Spannung aus.

In M 1 d ablesbare Resonanzfrequenz beträgt ca. 400 Hz, denn bei 400 Hz ist das Maximum der Spannung erkennbar.

1.3 Bestätigung des funktionalen Zusammenhangs und Angabe von k

Um den angegebenen Zusammenhang nachzuweisen, muss gezeigt werden, dass das Produkt $f_0 \cdot \sqrt{C}$ für die Messwertpaare aus M 1 e möglichst konstant ist. Dies kann mittels GTR schnell geprüft werden.

C in μF	1,0	2,0	3,0	4,0	5,2	6,2	7,4	8,8
f_0 in $\frac{1}{\text{s}}$	830	590	480	420	365	335	305	280
$f \cdot \sqrt{C}$ in $\text{Hz} \cdot \sqrt{\mu\text{F}}$	830,0	834,4	831,4	840,0	832,3	834,1	829,7	830,6

Die Produkte stimmen gut überein. Der Mittelwert für k beträgt ca. $833 \text{ Hz} \cdot \sqrt{\mu\text{F}}$ oder in SI-Angaben:

$$k = \underline{\underline{0,833 \frac{\sqrt{\text{F}}}{\text{s}}}}$$

TIPP Es ist nicht zwingend die Angabe in SI-Einheiten verlangt.

Ermittlung der prozentualen Abweichung

Für die Resonanzfrequenz gilt allgemein laut Aufgabenstellung:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{L}} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}}$$

Daher muss der Faktor k die physikalische Bedeutung

$$k = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{L}}$$

haben. Da k in der vorigen Teilaufgabe anhand der experimentellen Daten berechnet wurde, lässt sich durch Umstellen auch L aus dem Experiment bestimmen:

$$L_{\text{exp}} = \frac{1}{4\pi^2} \cdot \frac{1}{k^2} = \frac{1}{4\pi^2} \cdot \frac{1}{\left(0,833 \frac{\sqrt{\text{F}}}{\text{s}}\right)^2} = 0,0365 \frac{\text{s}^2}{\text{F}}$$

Die Herstellerangabe beträgt $L = 0,035 \frac{\text{s}^2}{\text{F}}$. Damit ist der ermittelte Wert etwas zu groß, die prozentuale Abweichung beträgt:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta L}{L_{\text{Hersteller}}} &= \frac{L_{\text{exp}} - L_{\text{Hersteller}}}{L_{\text{Hersteller}}} = \frac{L_{\text{exp}}}{L_{\text{Hersteller}}} - 1 = \frac{0,0365}{0,035} - 1 \\ &= 0,043 = \underline{\underline{+4,3\%}} \end{aligned}$$

1.4 Überprüfung der Resonanzfrequenz

Die Gleichung

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{L}} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}}$$

aus Teilaufgabe 1.3 zeigt, dass bei doppelter Induktivität und konstanter Kapazität C die Resonanzfrequenz kleiner werden muss, nämlich um den Faktor

$$\frac{f_{0, \text{neu}}}{f_0} = \frac{\frac{1}{\sqrt{2L}}}{\frac{1}{\sqrt{L}}} = \sqrt{\frac{L}{2L}} = \sqrt{\frac{1}{2}} = 0,707.$$

Man sollte also als neue Resonanzfrequenz $f_{0, \text{neu}} = 400 \text{ Hz} \cdot 0,707 = 283 \text{ Hz}$ erwarten. Das scheint mit $M 1 f$ passend zu sein, denn dort liest man für die Resonanzfrequenz rund 290 Hz ab – im Rahmen der Ablesegenauigkeit stimmen beide Werte überein.

2 Induktion

2.1 Bestätigung der Proportionalität $B \sim I$

Am einfachsten weist man die Proportionalität durch (näherungsweise) Quotientengleichheit nach. Ob dabei I/B oder B/I gebildet wird, ist egal. Physikalisch ist jedoch B eine Funktion von I , also ist B/I der „sinnvollere“ Quotient.

I in mA	0	10	20	30	40	50
B in mT	0,00	0,10	0,22	0,32	0,44	0,56
$\frac{I}{B}$ in $\frac{A}{T}$	–	100,000	90,909	93,750	90,909	89,286
$\frac{B}{I}$ in $\frac{T}{A}$	–	0,0100	0,0110	0,0107	0,0110	0,0112
I in mA	60	70	80			
B in mT	0,66	0,77	0,88			
$\frac{I}{B}$ in $\frac{A}{T}$	90,909	90,909	90,909			
$\frac{B}{I}$ in $\frac{T}{A}$	0,0110	0,0110	0,0110			

Die berechneten Werte in der dritten und vierten Tabellenzeile bestätigen die Konstanz der Quotienten. Mittelwerte:

$$\frac{I}{B} \text{ in } \frac{A}{T}: 92,198$$

$$\frac{B}{I} \text{ in } \frac{T}{A}: 0,0109$$

TIPP Alternativ können Sie die Messwerte auch grafisch darstellen und zeigen, dass die Messpunkte auf einer Ursprungsgerade liegen. Damit ist die Proportionalität $B \sim I$ ebenfalls nachgewiesen.

2.2 Ermittlung der Frequenz

Da nach Teilaufgabe 2.1 $B \sim I$ gilt, kann aus dem zeitlichen Verlauf von B auf einen gleichartigen Verlauf von I geschlossen werden; demzufolge muss I die gleiche Frequenz wie B aufweisen. In M 2 d lässt sich einer Periode des Dreiecks eine Dauer von rund 100 ms zuordnen. Wegen $f = \frac{1}{T}$ gilt für die Frequenz:

$$f = \frac{1}{0,100 \text{ s}} = \underline{\underline{10 \text{ Hz}}}$$

Erklärung des Zusammenhangs zwischen den Graphen in M 2 d

Da nach dem Induktionsgesetz die Induktionsspannung proportional zur zeitlichen Änderung des magnetischen Feldes und/oder der durchsetzten Fläche (diese ist hier irrelevant, da konstant) ist, muss der Graph der Induktionsspannung $U(t)$ qualitativ dem Graphen der zeitlichen Ableitung des magnetischen Flussdichteverlaufs $B(t)$ entsprechen. Aufgrund der Lenz'schen Regel ist die Polarität dabei so ausgeprägt, dass der Ursache gegengewirkt wird; darum ist die Induktionsspannung bei positiven Dreiecksflanke negativ konstant und bei negativen entsprechend positiv konstant.

Erläuterung der Veränderungen bei Verdopplung der Frequenz

Die Verdopplung der Frequenz führt zu einer Verdopplung der Steilheit der Dreiecksflanken, also zu einer Verdopplung im Änderungsverhalten von B. Demzufolge wird die **Induktionsspannung** sich ebenfalls **verdoppeln** und natürlich mit **doppelter Frequenz** im Vergleich zur vorherigen Situation ihr Vorzeichen wechseln.

TIPP Sie können natürlich auch formal-mathematisch argumentieren. Die $B(t)$ -Flanken sind jeweils lineare Abschnitte mit einer konstanten Steigung, die proportional zur Frequenz ist (je größer die Frequenz, desto steiler die Flanke). Unter Berücksichtigung des Induktionsgesetzes gilt daher für einen solchen Abschnitt:

$$\left. \begin{array}{l} |U_{\text{ind}}| \sim \dot{B} \\ B(t) \sim \omega \cdot t \end{array} \right\} \Rightarrow |U_{\text{ind}}| \sim \omega$$

Folglich verdoppelt sich die Spannung, wenn sich die Frequenz verdoppelt.

2.3 Beschreibung der Peak-Eigenschaften

- Das Vorzeichen hintereinander liegender Ausschläge wechselt.
- Die Beträge der Ausschläge nach oben und unten werden mit fortschreitender Zeit größer.
- Die Breiten der Ausschläge werden mit fortschreitender Zeit kleiner.
- Die Zeit vom Start bis zum ersten Ausschlag ist größer als die Zeit zwischen dem zweiten und dritten Ausschlag.

Erläuterung zum Zusammenhang Position–Zeitpunkt

An den beiden Punkten befindet sich der Magnet jeweils genau in der Mitte seines Weges durch die Spulen – bei M mittig in der oberen, bei N in der unteren Spule. Dort ist das Magnetfeld jeweils maximal ausgebildet und ändert sich kurzzeitig nicht, sodass keine Spannung induziert wird.

Erklärung der Höhe und Breite der Peaks

In Verbindung mit M 2e kann man die Peaks in M 2f einfach deuten.

Durch den freien Fall des Stabmagneten wird die Geschwindigkeit, mit der sich das Magnetfeld in den Spulen ändert, im Verlauf der Bewegung (also mit fortschreitender Zeit) größer. Darum werden auch die Amplituden der Peaks größer. Die Abstände der Peaks untereinander werden aus dem gleichen Grund kleiner, ebenso die Breite der Peaks, weil der Eintritt/Austritt von Mal zu Mal schneller erfolgt.

Beim Eintritt des Magneten in die Spule wird eine negative Spannung induziert, diese nimmt kurzzeitig den Wert 0 an, wenn der Magnet vollständig die Spule ausfüllt und keine Änderung am Feld erfolgt. Die Spannung ist positiv, solange der Stabmagnet und damit sein Feld die Spule verlässt. Im Zwischenraum zwischen den Spulen wirkt kein Magnetfeld, weshalb kurz auch keine Spannung messbar ist. In der unteren Spule passiert prinzipiell das Gleiche, nur schneller.

TIPP Beachten Sie: In der ersten Teilfrage war verlangt, die Form der Peaks zu **beschreiben**, hier müssen Sie sie **erklären**.

Hypothese in Bezug zu Art/Beschaltung der Austauschspule

Der zeitliche Ablauf ist identisch, jedoch ist die in der 2. Spule induzierte Spannung deutlich kleiner. Das kann bedeuten, dass die 2. Spule viel weniger Windungen hat. Die Umkehrung der Peak-Vorzeichen bei der 2. Spule kann erklärt werden durch einen anderen Wicklungssinn der Windungen oder ein Vertauschen der Anschlussklemmen.

Die begründete Hypothese kann also lauten: Im Versuch wurde die zweite Spule durch eine mit weniger Windungen ersetzt, die entweder einen anderen Wicklungssinn hat oder deren Anschlusskabel vertauscht worden sind.

3 Zerfallsgesetz

3.1 Erläuterung von Alpha- und Betazerfall

- *Alphaerfall*: Beim α -Zerfall von Am²⁴³ kommt es zur Emission eines α -Teilchens (Heliumkern). Dadurch reduziert sich die Massenzahl um 4 und die Kernladungszahl um 2.
- *Betazerfall*: Beim β^- -Zerfall von Am²⁴⁴ wandelt sich Neutron in ein Proton um, wobei ein β^- -Teilchen (Elektron) entsteht, das emittiert wird. Die Erhöhung der Kernladungszahl um 1 bei konstanter Massenzahl liegt daran, dass ein vormals neutrales Nukleon (Neutron) nun durch ein positives Nukleon (Proton) ersetzt wurde.



© **STARK Verlag**

www.stark-verlag.de
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