



Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Schule und Berufsbildung

_____ / _____
Kurs-Nr. / Name

Schriftliche Abiturprüfung Schuljahr 2014/2015

Physik
auf erhöhtem Anforderungsniveau

an allgemeinbildenden und beruflichen gymnasialen Oberstufen

Haupttermin
Mittwoch, 22. April 2015, 9:00 Uhr

Unterlagen für die Prüflinge

Allgemeine Arbeitshinweise

- Tragen Sie rechts oben auf diesem Blatt und auf Ihren Arbeitspapieren Ihren Namen sowie die Kursnummer ein.
- Kennzeichnen Sie bitte Ihre Entwurfsblätter (Kladde) und Ihre Reinschrift.

Fachspezifische Arbeitshinweise

- Die Arbeitszeit beträgt **300 Minuten**.
- Eine Lese- und Auswahlzeit von **30 Minuten** ist der Arbeitszeit vorgeschaltet. In dieser Zeit darf nicht mit der Bearbeitung begonnen werden.
- Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner (nicht programmierbar und nicht grafikfähig), Formelsammlung „Das große Tafelwerk interaktiv“ (Cornelsen Verlag), Rechtschreibwörterbuch, Zeichenhilfsmittel

Aufgabenauswahl

- Sie erhalten drei Aufgaben zu unterschiedlichen Schwerpunktthemen (I: Harmonische Schwingungen, II: Gravitation, III: Elektrisches Feld).
- Überprüfen Sie anhand der Seitenzahlen, ob Sie alle Unterlagen vollständig erhalten haben.
- Wählen Sie aus den Aufgaben zwei aus und bearbeiten Sie diese.
- Vermerken Sie auf dem Deckblatt und der Reinschrift, welche Aufgaben Sie ausgewählt und bearbeitet haben.

Ausgewählt wurden:

Nummer und Schwerpunktthema der Aufgabe

Operatoren

Operatoren	AB	Definitionen
abschätzen	II-III	Durch begründete Überlegungen Größenordnungen physikalischer Größen angeben.
analysieren, untersuchen	II-III	Unter gezielten Fragestellungen Elemente und Strukturmerkmale herausarbeiten und als Ergebnis darstellen.
angeben, nennen	I	Ohne nähere Erläuterungen wiedergeben oder aufzählen.
anwenden, übertragen	II	Einen bekannten Sachverhalt, eine bekannte Methode auf eine neue Problemstellung beziehen.
aufbauen	II-III	Objekte und Geräte zielgerichtet anordnen und kombinieren.
auswerten	II	Daten oder Einzelergebnisse zu einer abschließenden Gesamtaussage zusammenführen.
begründen	II-III	Einen angegebenen Sachverhalt auf Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Zusammenhänge zurückführen.
benennen	I	Elemente, Sachverhalte, Begriffe oder Daten (er)kennen und angeben.
beobachten	I-II	Wahrnehmen unter fachspezifischen Gesichtspunkten und z. B. skizzieren, beschreiben, protokollieren.
berechnen	I-II	Ergebnisse von einem Ansatz ausgehend durch Rechenoperationen gewinnen.
beschreiben	I-II	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge unter Verwendung der Fachsprache in eigenen Worten veranschaulichen.
bestimmen	II	Einen Lösungsweg darstellen und das Ergebnis formulieren.
beurteilen	II-III	Hypothesen bzw. Aussagen sowie Sachverhalte bzw. Methoden auf Richtigkeit, Wahrscheinlichkeit, Angemessenheit, Verträglichkeit, Eignung oder Anwendbarkeit überprüfen.
bewerten	II-III	Eine eigene Position nach ausgewiesenen Normen oder Werten vertreten.
durchführen	I-II	An einer Experimentieranordnung zielgerichtete Messungen und Änderungen vornehmen.
einordnen, zuordnen	II	Mit erläuternden Hinweisen in einen Zusammenhang einfügen.
entwerfen, planen	II-III	Zu einem vorgegebenen Problem eine Experimentieranordnung finden.
entwickeln	II-III	Eine Skizze, eine Hypothese, ein Experiment, ein Modell oder eine Theorie schrittweise weiterführen und ausbauen.
erklären	II-III	Rückführung eines Phänomens oder Sachverhalts auf Gesetzmäßigkeiten.
erläutern	II-III	Ergebnisse, Sachverhalte oder Modelle nachvollziehbar und verständlich veranschaulichen.
erörtern	II-III	Ein Beurteilungs- oder Bewertungsproblem erkennen und darstellen, unterschiedliche Positionen und Pro- und Kontra-Argumente abwägen und mit einem eigenen Urteil als Ergebnis abschließen.
herausarbeiten	II-III	Die wesentlichen Merkmale darstellen und auf den Punkt bringen.
herleiten, nachweisen, zeigen	II	Aus Größengleichungen durch logische Folgerungen eine physikalische Größe bestimmen.
interpretieren	II-III	Phänomene, Strukturen, Sachverhalte oder Versuchsergebnisse auf Erklärungsmöglichkeiten untersuchen und diese gegeneinander abwägend darstellen.
prüfen	II-III	Eine Aussage bzw. einen Sachverhalt nachvollziehen und auf der Grundlage eigener Beobachtungen oder eigenen Wissens beurteilen.
skizzieren	I-II	Sachverhalte, Strukturen oder Ergebnisse kurz und übersichtlich darstellen mithilfe von z. B. Übersichten, Schemata, Diagrammen, Abbildungen, Tabellen und Texten.

Operatoren vergleichen, gegenüberstellen zeichnen	AB II-III I-II	Definitionen
		Nach vorgegebenen oder selbst gewählten Gesichtspunkten Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede ermitteln und darstellen.
		Eine hinreichend exakte bildhafte Darstellung anfertigen.

Bewertung

Jeder Aufgabe sind 50 Punkte (P) zugeordnet, insgesamt sind also 100 Punkte erreichbar.

Bei der Festlegung von Notenpunkten gilt die folgende Tabelle.

Erbrachte Leistung	Notenpunkte
≥ 95 P	15
≥ 90 P	14
≥ 85 P	13
≥ 80 P	12
≥ 75 P	11
≥ 70 P	10
≥ 65 P	9
≥ 60 P	8

Erbrachte Leistung	Notenpunkte
≥ 55 P	7
≥ 50 P	6
≥ 45 P	5
≥ 40 P	4
≥ 33 P	3
≥ 26 P	2
≥ 19 P	1
< 19 P	0

Die Note „ausreichend“ (5 Punkte) wird erteilt, wenn annähernd die Hälfte (mindestens 45 %) der erwarteten Gesamtleistung erbracht worden ist. Dazu muss mindestens eine Teilaufgabe, die Anforderungen im Bereich II aufweist, vollständig und weitgehend richtig bearbeitet worden sein.

Die Note „gut“ (11 Punkte) wird erteilt, wenn annähernd vier Fünftel (mindestens 75 %) der erwarteten Gesamtleistung erbracht worden sind. Dabei muss die Prüfungsleistung in ihrer Gliederung, in der Gedankenführung, in der Anwendung fachmethodischer Verfahren sowie in der fachsprachlichen Artikulation den Anforderungen voll entsprechen. Ein mit „gut“ beurteiltes Prüfungsergebnis setzt voraus, dass neben Leistungen in den Anforderungsbereichen I und II auch Leistungen im Anforderungsbereich III erbracht worden sind.

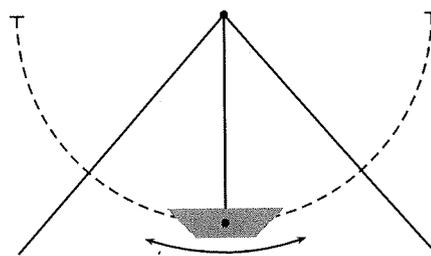
Bei erheblichen Mängeln in der sprachlichen Richtigkeit sind bei der Bewertung der schriftlichen Prüfungsleistung je nach Schwere und Häufigkeit der Verstöße bis zu zwei Notenpunkte abzuziehen. Dazu gehören auch Mängel in der Gliederung, Fehler in der Fachsprache, Ungenauigkeiten in Zeichnungen sowie falsche Bezüge zwischen Zeichnungen und Text.

Aufgabe I: Schiffsschaukel auf dem Jahrmarkt

(50 P)

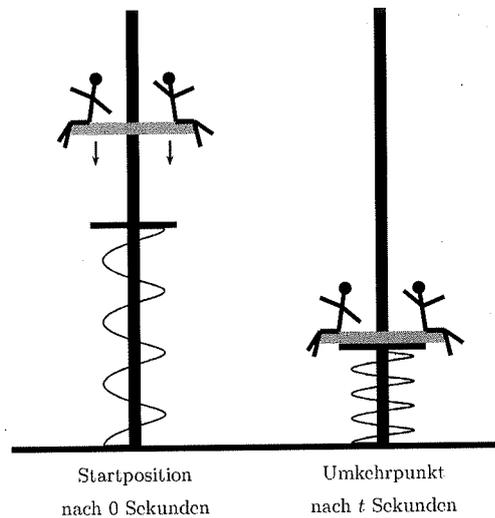
Schwerpunktthema: Harmonische Schwingungen

Auf dem Jahrmarkt gibt es Schiffsschaukeln, die folgendermaßen aufgebaut sind: Ein Schiff, welches Plätze für die Besucher enthält, hängt an einer Metallkonstruktion, die mittig auf eine Rotationsachse M geschraubt ist. Die Konstruktion hat von der Rotationsachse bis zum Schwerpunkt des Schiffs gemessen einen Radius von $r = 10$ m. Die Masse des Schiffs im normal besetzten Zustand beträgt $m = 500$ kg. Nach dem Start führt das Schiff längs des halbkreisförmigen Weges Schwingungen um den an der tiefsten Stelle gelegenen Ortsnullpunkt O aus. Der Ortsfaktor für Hamburg ist $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Der Auslenkungswinkel α wird im Bogenmaß angegeben.



- a) • Skizzieren Sie ein Modell der Schiffsschaukel, indem Sie die oben genannten Größen in Ihre eigene Skizze eintragen.
• Beschreiben Sie anhand Ihrer Skizze, wie es nach dem Start bei der maximalen Auslenkung $+s_m$ zur Ausbildung einer Schwingung kommt. (6 P)
- b) • Zeigen Sie mithilfe einer beschrifteten Skizze, dass die tangential zum Weg wirkende Rückstellkraft F_R den Betrag $F_R = mg \sin(\alpha)$ hat.
• Erstellen Sie eine Wertetabelle, die die Größe F_R als Funktion von s beinhaltet und zeichnen Sie das zugehörige Diagramm $F_R(s)$ über s im Intervall $s = 0$ m bis $s = 15$ m.
• Begründen Sie, dass die Schwingung nicht harmonisch ist. (17 P)
- c) • Leiten Sie einen Zusammenhang für die maximale Geschwindigkeit v_m in Abhängigkeit von der Erdbeschleunigung g , dem Radius r und der Auslenkung s her.
• Berechnen Sie v_m für die maximale Auslenkung $s_m = 15$ m. (8 P)
- Im folgenden soll der harmonische Fall betrachtet werden.
- d) • Beschreiben Sie, unter welchen Voraussetzungen die Schwingung der Schiffsschaukel als harmonisch angesehen werden darf.
• Berechnen Sie die Periodendauer der Schwingung T . (7 P)

Der Betreiber der Schiffsschaukel hat eine Idee: Als weitere Attraktion möchte er neben der Schiffsschaukel einen kleinen Fallturm errichten lassen, der aus einer frei fallenden Plattform mit maximal 4 Besuchern mit je 75 kg, einem Führungsturm und einer Prallfeder besteht. Die Sitzplattform der Masse 50 kg wird mitsamt der gesicherten Jahrmärktsbesucher in eine Höhe gehoben, von der aus ein freier Fall stattfindet. Prallt die Plattform auf die Prallfeder, so wird sie bis zum Stillstand abgebremst und die Feder gestaucht (Umkehrpunkt). Dann entspannt die Feder sich und die Plattform schnellt empor. Dieser Vorgang wird vereinfachend als reibungsfrei betrachtet. Rechtsseitige Skizze verdeutlicht die Anordnung.



- e) • Skizzieren Sie ein $h(t)$ -Diagramm für die Bewegung der Sitzplattform und kennzeichnen Sie die Stellen, an denen die Maximalbeschleunigung bzw. die Maximalgeschwindigkeit auftreten.
- Beurteilen Sie, welche Größen unter physikalischen Gesichtspunkten zur Attraktivität des Fallturms beitragen.
 - Entwerfen Sie einen attraktiven, aber sicheren Fallturm und geben Sie Zahlenwerte für die relevanten physikalischen Größen an. Weisen Sie nach, dass Ihr Fallturm sicher und attraktiv ist.
- Hinweis:* Aus Sicherheitsgründen darf während der Fahrt die fünffache Erdbeschleunigung nicht überschritten werden. (12 P)

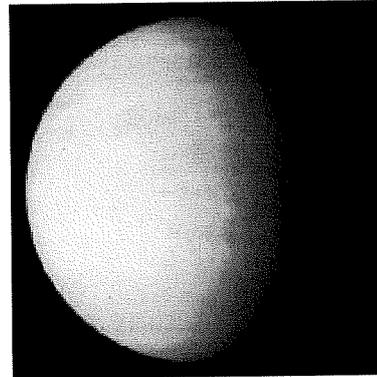
Aufgabe II: Ein Planet, zwei Kometen

(50 P)

Schwerpunktthema: Gravitation

Die Himmelskörper, die zum Sonnensystem gehören, bewegen sich auf Kreisen oder Ellipsen um das Zentralgestirn Sonne oder als Monde um die Planeten. Will man die Bahnen von Monden, Planeten oder Kometen beschreiben und berechnen, so kann man dazu die Kepler'schen Gesetze, das Newton'sche Gravitationsgesetz sowie das Prinzip der Energieerhaltung heranziehen.

Das Bild rechts zeigt die Venus am Morgenhimmel.



- a) • Erläutern Sie in eigenen Worten das 3. Kepler'sche Gesetz mithilfe einer Skizze. (7 P)

Der Planet Venus wird wechselweise als Abend- oder Morgenstern bezeichnet. Als Abendstern kann die Venus maximal 48 Grad über dem Westhorizont stehen, nachdem die Sonne untergegangen ist; als Morgenstern steht die Venus maximal 48 Grad über dem Osthorizont direkt vor Sonnenaufgang. Die Venus bewegt sich in einer Umlaufzeit von 225 Tagen einmal um die Sonne.

- b) • Berechnen Sie mittels des 3. Kepler'schen Gesetzes die Entfernung der Venus von der Sonne in Astronomischen Einheiten (AE).
• Fertigen Sie eine Skizze an, die die Bewegung von Venus und Erde um die Sonne wiedergibt.
• Erläutern Sie, wie die oben beschriebene Doppelnatur der Venus als Abend- und Morgenstern zustande kommt. (13 P)
- c) • Bestimmen Sie mittels der Bahndaten der Venus die Masse der Sonne.
• Erläutern Sie Ihren Ansatz. (8 P)

Im Gegensatz zu den Planeten bewegen sich Kometen oft auf sehr lang gestreckten Ellipsen auf ihrer Bahn um die Sonne.

- d) • Skizzieren Sie die Situation, die durch das 2. Kepler'sche Gesetz beschrieben wird. Betrachten Sie dabei die durchlaufenen Flächen näherungsweise als Dreiecke.
• Zeigen Sie dann, dass für Geschwindigkeiten v und Entfernungen r des Kometen aus dem Gesetz folgt: $v_A \cdot r_A = v_P \cdot r_P$. A steht für Aphel, den sonnenfernsten Punkt der Kometenbahn, und P für das Perihel, den sonnennächsten Bahnpunkt. (7 P)

Der Komet Halley bewegt sich in 76 Jahren einmal um die Sonne. Seine große Bahnhalbachse ist 17,834 AE lang. Im Perihel ist seine Entfernung zur Sonne $r_P = 0,586$ AE und seine Geschwindigkeit $v_P = 54,57 \frac{\text{km}}{\text{s}}$.

- e) • Berechnen Sie seine Geschwindigkeit im Aphel mit der Beziehung $v_A \cdot r_A = v_P \cdot r_P$.
- Überprüfen Sie das Ergebnis mit dem Prinzip der Energieerhaltung für den sonnenfernsten Punkt der Bahn, das Aphel. Dort beträgt die Geschwindigkeit des Kometen $0,91 \frac{\text{km}}{\text{s}}$.
- Hinweis:* Zur Lösung dieser Teilaufgabe kann folgende Formel für die Gesamtenergie auf einer Ellipsenbahn verwendet werden: $W_{\text{ges}} = -\frac{\gamma m M}{2a}$. (8 P)

Ein neu entdeckter Komet kreuzt die Erdbahn in sicherer Entfernung von der Erde mit einer Bahngeschwindigkeit von $v = 40 \frac{\text{km}}{\text{s}}$.

- f) • Zeigen Sie, dass die Geschwindigkeit des Kometen nicht ausreicht, um das Sonnensystem zu verlassen. (7 P)

Aufgabe III: Der Defibrillator – Kondensatoren in einem lebensrettenden Gerät

(50 P)

Schwerpunktthema: Elektrisches Feld

„Beim Kammerflimmern, einer häufigen Form des Herzinfarkts, kommt die geordnete, periodische Kontraktion der Herzkammern, die das Blut in den Kreislauf pumpen, zum Stillstand, da sich die Fasern des Herzmuskels ungeordnet und chaotisch zusammenziehen und wieder entspannen. Um einen Patienten mit Kammerflimmern zu retten, kann man dem Herzmuskel einen Elektroschock versetzen und ihn so dazu bringen, seine reguläre periodische Kontraktionsbewegung wieder aufzunehmen. Man erreicht dies, indem man kurzzeitig einen elektrischen Strom von einer Größenordnung von 20 A durch den Brustkasten schickt und dadurch innerhalb von 2 ms im Körper des Patienten eine Energie von typischerweise 200 J deponiert. Dies bedeutet eine elektrische Leistung von 100 kW. In einem Krankenhaus steht eine Leistung dieser Größenordnung wohl zur Verfügung – das Bordnetz eines Notarztwagens ist jedoch nicht in der Lage, diese Leistung aufzubringen. Wie also erreicht man bei einem Noteinsatz eine derart hohe elektrische Leistung...“

(aus: Halliday, Physik. Wiley-VCH, 2003)

Anwendung des Defibrillators

Im Text oben ist beschrieben, dass zur Elektroschock-Therapie auch unterwegs eine sehr große elektrische Leistung abgerufen werden muss. Man nennt die tragbaren Geräte, mit denen dies möglich ist, „Defibrillatoren“. Man findet sie inzwischen in immer mehr öffentlichen Gebäuden.



- a) • Geben Sie an, wie man die Leistung 100 kW aus den anderen im Text genannten Größen berechnen kann.
- Berechnen Sie, welche Spannung bei der Wiederbelebung an die Brust des Patienten angelegt werden muss, wenn eine Stromstärke von 18 A abgerufen werden kann. (6 P)

Bei Defibrillatoren werden Kondensatoren eingesetzt, um die notwendigen Elektroschocks zu erzeugen. Eine Batterie lädt den Kondensator auf eine hohe Spannung, indem über eine elektronische Schaltung aus der niedrigen Batteriespannung kurzzeitig und periodisch eine hohe Spannung erzeugt wird. Mit dieser Ladespannung wird der Kondensator auf eine hohe Spannung aufgeladen. Dabei wird nur eine relativ geringe Leistung benötigt.

- b) • Erläutern Sie, welche physikalischen Eigenschaften dazu beitragen, dass Kondensatoren für die Verwendung im Defibrillator besonders geeignet sind.
- Prüfen Sie, ob ein Kondensator mit der Kapazität $C = 70 \mu\text{F}$ bei einer Spannung von $U = 5000 \text{ V}$ genügend Energie für den beschriebenen Anwendungszweck zur Verfügung stellt. (6 P)

In der Praxis wird die Entladung des Kondensators beim Einsatz des Defibrillators so verändert, dass die Energieübertragung optimiert wird. In der Anlage zur Aufgabe finden Sie Informationen über Defibrillatoren, die eine bessere Wirksamkeit erreichen als ein einfacher Aufbau: Verglichen mit einer einfachen Kondensatorentladung über einen Widerstand wird der Verlauf der Stromstärke über die Zeit verändert. Mehrere erprobte Veränderungen sind in dem Diagramm in der Anlage dargestellt.

- c) • Beschreiben Sie drei Unterschiede zum Stromstärkeverlauf einer einfachen Kondensatorentladung in Worten. Die Frage, wie eine bessere Wirksamkeit erreicht wird, soll nicht diskutiert werden. (3 P)

Technische Weiterentwicklung

In den letzten Jahren haben mobile Defibrillatoren eine starke Verbreitung erfahren. Es gibt an öffentlichen Orten Defibrillatoren, die zur Rettung eines Patienten mit Herzanfall auch von medizinischen Laien bedient werden können. Daher spielen neben der leichten Handhabbarkeit auch die Produktionskosten eine wichtige Rolle.

In einer Firma, die Defibrillatoren herstellt, wird mit verschiedenen Verbesserungsvorschlägen experimentiert.

Ein Praktikant der Firma schlägt vor, die Baukosten zu reduzieren, indem der ursprüngliche Kondensator mit der Kapazität $C = 70 \mu\text{F}$ durch zwei Kondensatoren der halben Kapazität ersetzt wird, die zusammen billiger sind als der ursprüngliche Kondensator.

- d) • Berechnen Sie den gesamten Energieinhalt für eine Reihenschaltung von zwei Kondensatoren, die jeweils die Kapazität $C_{\text{neu}} = 35 \mu\text{F}$ haben, wenn eine Spannung von $U = 5000 \text{ V}$ anliegt.
- Beurteilen Sie, ob die beschriebene Reihenschaltung zweier Kondensatoren geeignet ist, den ursprünglich vorhandenen Kondensator im Defibrillator zu ersetzen.
 - Begründen Sie, dass das angestrebte Ziel – ein funktionsfähiger und billigerer Defibrillator – durch eine Parallelschaltung besser erreicht werden kann. (8 P)

Ein anderer Verbesserungsvorschlag betrifft die Handhabung des Defibrillators. Normalerweise werden zwei Elektroden am Brustkorb des Patienten befestigt, über die die Entladung des Kondensators erfolgt.

In einer Zuschrift heißt es nun:

„Um den Defibrillator im Notfall einfacher und schneller einsetzen zu können, genügt schon eine Elektrode. Diese ist mit der positiv geladenen Seite des Kondensators verbunden und stellt dessen Spannung für die Wiederbelebung zur Verfügung.“

- e) • Beurteilen Sie diesen Vorschlag aus physikalischer Sicht, insbesondere die Aussage über die Spannung. (4 P)

Um die Anwendung des Defibrillators zu optimieren, wird die Entladung des Kondensators im Labor untersucht. Dazu wird der Patient durch einen Dummy ersetzt, also durch eine Puppe, deren Material ähnliche elektrische Eigenschaften hat wie menschliches Gewebe. In einem Experiment wird die Stromstärke I in Abhängigkeit von der Zeit t bei der Entladung des Kondensators mit der Kapazität $C = 70 \mu\text{F}$ über die Puppe als Widerstand gemessen. Man erhält die folgenden Messdaten:

t in ms	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I in A	20,0	17,8	15,9	14,2	12,7	11,3	10,1	9,0	8,0	7,2	6,4

- f) • Erläutern Sie, aus welchen physikalischen Gründen man eine exponentielle Abnahme der Stromstärke erwarten kann.
- Prüfen Sie, ob in den Daten eine exponentielle Abnahme zu erkennen ist, indem sie die Verhältnisse aufeinander folgender Messdaten miteinander vergleichen. **(8 P)**

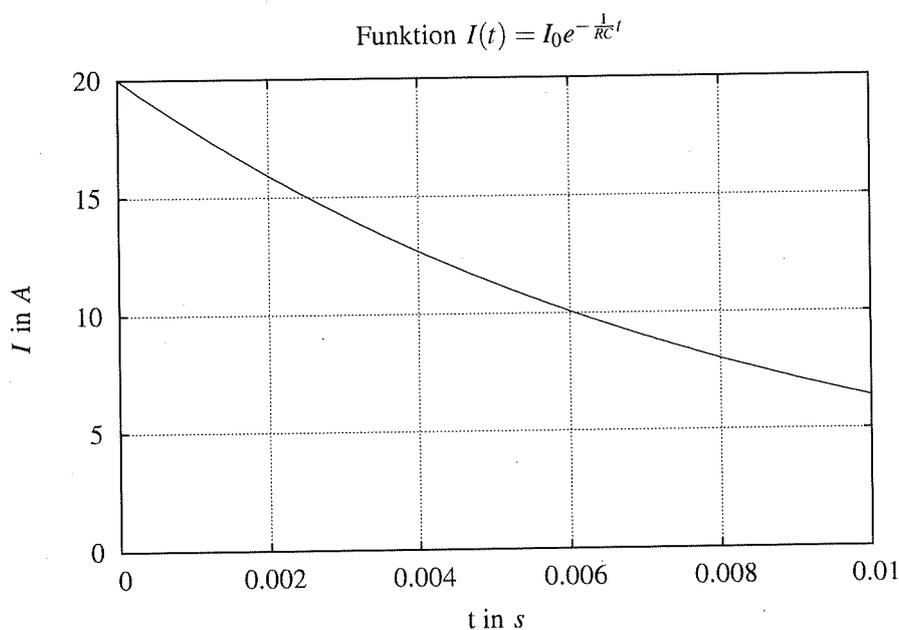
Eine weitergehende theoretische Analyse ergibt, dass die Stromstärke-Funktion in Abhängigkeit von der Zeit t mit dem Widerstand R und der Kapazität C im Stromkreis in der folgenden Weise zusammenhängt:

$$I(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{1}{RC}t}$$

Um die Parameter an die Messdaten anzupassen, kann man ein Diagramm mit einer logarithmischen Skala verwenden.

- g) • Zeichnen Sie ein Diagramm, das den Logarithmus der Messdaten über die Zeit darstellt.
- Erklären Sie, wie die Funktion $I(t)$ mit einer Ausgleichsgerade in diesem Diagramm zusammenhängt, und bestimmen Sie Steigung und Achsenabschnitt dieser Ausgleichsgerade.
 - Bestimmen Sie den Widerstand R des Dummys aus dem Diagramm (Kontrollergebnis: $R = 125 \Omega$). **(10 P)**

In der folgenden Abbildung ist nun der Graph der Stromstärke-Funktion $I(t)$ mit passenden Parametern dargestellt.



- h) • Berechnen Sie näherungsweise die Energie, die bei dem Experiment in den ersten 6 ms im Dummy deponiert werden. **(5 P)**

Anlage zur Aufgabe „Der Defibrillator“

