

Musteraufgaben Technische Physik
für die Prüfung zur Fachhochschulreife
im 1 BKFH und im Technischen BK II



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT

Die vorliegenden Musteraufgaben wurden erstellt von den Mitgliedern der Kommission zur Erstellung der Prüfungsaufgaben im Fach Technische Physik für die Prüfung zur Fachhochschulreife am 1BKFH und am Technischen BK II:

Peter Gschwind	Freiburg
Manfred Höfer	Offenburg
Heinz Maier	Stuttgart
Thomas Maier	Aalen
Dr. Manfred Milch	Stuttgart
Dr. Klaus Reichle	Balingen
Dr. Erik Schmidt	Mannheim

Ansprechpartner für Fragen an die Kommission:

Heinz Maier, Landesinstitut für Schulentwicklung, Stuttgart
E-Mail: heinz.maier@ls.kv.bwl.de

Vorwort

Mit dem Schuljahr 2009/10 ersetzt im 1BKfH das neue Fach *Technische Physik* die beiden Fächer *Physik* und *Grundlagen der Technik*. Dadurch wird es notwendig, für das Fach *Technische Physik* neue Prüfungsaufgaben für die Fachhochschulreifeprüfung zu erstellen.

Da der Lehrplan für das Fach *Technische Physik* wesentliche Inhalte der alten Fächer *Grundlagen der Technik* und *Physik* enthält, können viele der Prüfungsaufgaben vergangener Jahre als Orientierung und Vorbereitung auf die Prüfung im neuen Fach *Technische Physik* dienen. Zur Vorbereitung auf die erstmals prüfungsrelevanten Lehrplaneinheiten *mechanische Schwingungen* und *Bewegung geladener Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern* kann unter anderem auf einfache Abiturprüfungsaufgaben oder Aufgabenteile vergangener TO- und TG-Prüfungen zurückgegriffen werden.

Die Prüfungsaufgaben am Technischen Berufskolleg II bauen auf den Lehrplänen *Grundlagen der Technik* des Technischen Berufskollegs I und *Technische Physik* des Technischen Berufskollegs II auf und entsprechen denen im 1BKfH.

Die Aufgabenerstellungskommission hat den Versuch unternommen, ausgehend von alten Prüfungsaufgaben vier Aufgabenbeispiele zu erstellen, in denen die Intention des neuen Lehrplans zum Ausdruck kommt: Weg vom reinen Rechnen, vom Anwenden zuvor oft geübter, aber unter Umständen nicht wirklich verstandener Formalismen, hin zum selbstverantwortlichen, problemorientierten Auswählen geeigneter Lösungsmuster und deren Anwendung. Um diese „neue Richtung“ der Prüfungsaufgaben deutlich werden zu lassen, sind nachfolgend zunächst Beispiele „alter“ Prüfungsaufgaben (ohne die Lösungsvorschläge) abgedruckt und je im Anschluss daran die neuen Musteraufgaben samt Lösungsvorschlägen.

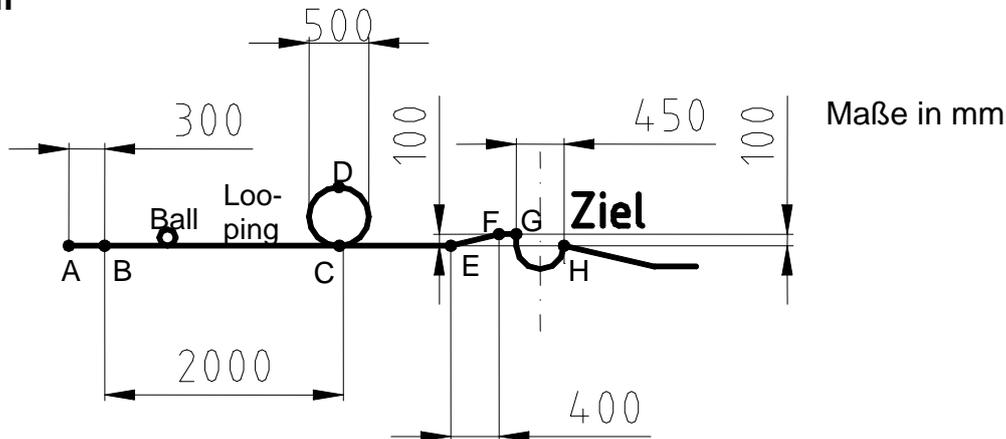
Die Kommission hat in Richtung „neue Aufgaben“ einen deutlichen Schritt getan. Dies bedeutet nicht, dass die Prüfungsaufgaben ab dem Schuljahr 2009/10 genau wie die hier vorgestellten Musteraufgaben aussehen werden. Vielmehr vertraut die Kommission darauf, anhand der hier vorgestellten Aufgabenvorschläge von den im 1BKfH und Technischen Berufskolleg II unterrichtenden Kolleginnen und Kollegen möglichst bald Anregungen und Aufgabenvorschläge zu erhalten, aus denen deutlich wird, inwieweit die Unterrichtenden die Möglichkeit sehen, mit ihren Schülerinnen und Schülern Schritte in die neue Richtung zu tun.

Bei den „neuen Aufgaben“ kann der Eindruck entstehen, die Möglichkeit, einzelne Aufgabenteile unabhängig voneinander lösen zu können, sei zumindest in den Hintergrund getreten. Dem hält die Kommission entgegen, dass die prinzipielle Auseinandersetzung mit den Problemstellungen der einzelnen Aufgabenteilen vom Zahlenwert einzelner physikalischer Größen in der Regel unabhängig ist, der Prüfling also nur einen moderaten Punktabzug für eine eventuell fehlende zahlenmäßige Rechnung oder einen willkürlich angenommenen Zahlenwert erhält.

Wir hoffen durch die vorliegende vergleichende Zusammenstellung von alten und möglichen neuen Prüfungsaufgaben sowohl den unterrichtenden Kolleginnen und Kollegen, als auch den Prüflingen die Angst vor der „neuen“ Prüfung zu nehmen und aufzuzeigen, dass sich gegenüber früheren Jahren nicht der Stoffumfang, wohl aber die Stoffauswahl und das Ziel des Unterrichts geändert haben.

PRÜFUNG DER FACHHOCHSCHULREIFE an Berufskollegs zum Erwerb der Fachhochschulreife		Nachprüfung 2005	
Fach:	Grundlagen der Technik	Gruppe M II	B

Minigolf



Eine Minigolf Station hat den in der Skizze gezeigten Aufbau. Der Spielball mit der Masse $m = 50 \text{ g}$ wird aus der Ruhe heraus vom Punkt A bis zum Punkt B gleichmäßig beschleunigt. Danach rollt er gleichförmig bis zum Punkt C.

2.1 Welche Beschleunigung ist von Punkt A nach Punkt B erforderlich, um im Punkt B eine Geschwindigkeit von $v_B = 3,6 \text{ m/s}$ zu erreichen? 3

2.2 Berechnen Sie die Zeit die der Ball benötigt, um von Punkt A nach Punkt C zu gelangen. 3

Anschließend durchläuft der Ball einen Looping.

2.3 Machen Sie den Ball im Punkt D frei. 2

2.4 Mit welcher Geschwindigkeit muss der Ball Punkt C passieren, damit er den Looping durchlaufen kann? Reibungsverluste werden nicht berücksichtigt. 4

Von Punkt E nach Punkt F rollt der Ball eine schiefe Ebene hinauf. Bedingt durch die Bahnbeschaffenheit treten dabei Reibungsverluste auf. Die Rollreibungszahl beträgt $\mu_{\text{roll}} = 0,33$.

2.5 Machen Sie den Ball auf der schiefen Ebene frei. 2

2.6 Berechnen Sie die Reibkraft, die auf der schiefen Ebene wirkt. 4

Im Punkt E hat der Ball eine Geschwindigkeit von $v_E = 3,6 \text{ m/s}$. Auf der schiefen Ebene gehen ihm bis zum Punkt F 20% seiner im Punkt E vorhandenen kinetischen Energie durch Reibung verloren.

2.7 Berechnen Sie die im Punkt F vorhandene Geschwindigkeit v_F des Balles. 3

Bei Punkt G geht der Ball in eine kurze Flugphase über.

2.8 Welche maximale Geschwindigkeit darf der Ball im Punkt G haben, damit er Punkt H nicht überspringt, sondern in das Loch fällt? 4

25

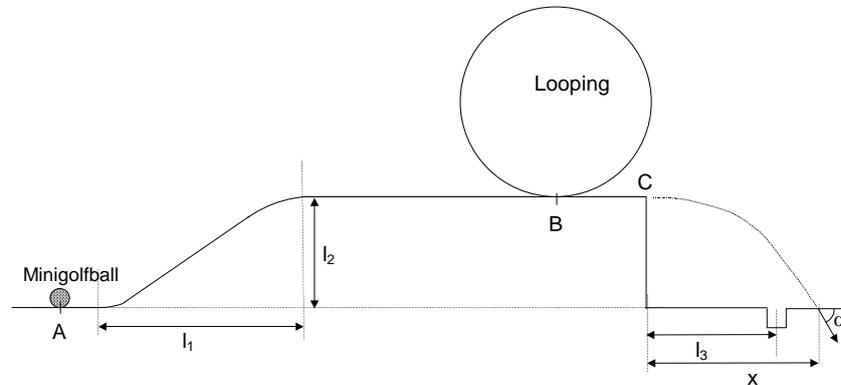
Weitere mögliche Vorbereitungsaufgaben zur Bewegungslehre:

- BKFH HP02 Kugelrollbahn
- BKFH NP08 Vergnügungsfahrt
- BKFH NP08 Sprungschanze
- BKFH HP08 Kugelbahn

Muster-Aufgabe 1

Punkte

Die Abbildung zeigt eine Minigolfbahn. Der Minigolfball (Masse $m_B = 50 \text{ g}$) wird mit einem Minigolfschläger (Masse des Schlägerkopfes: $m_S = 200 \text{ g}$) angestoßen und bewegt sich zunächst entlang der Rampe nach oben. Er soll anschließend den Looping durchlaufen und über die Kante hinaus in das Loch fallen.



Bahndaten: $l_1 = 1,00 \text{ m}$, $l_2 = 0,50 \text{ m}$, Loopingradius $r = 0,45 \text{ m}$.

Der Minigolfball ist als Massenpunkt zu behandeln.

Die gesamte Bewegung des Balls wird als reibungsfrei betrachtet.

Die Fallbeschleunigung beträgt $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- | | | |
|-----|---|----|
| 1 | In einem ersten Spiel erhält der Minigolfball durch einen elastischen Stoß mit dem Schlägerkopf die Anfangsgeschwindigkeit $v_A = 5,60 \text{ m/s}$. | |
| 1.1 | Berechnen Sie die Geschwindigkeit v_S , mit der der Schlägerkopf den Ball getroffen hat. | 4 |
| 1.2 | Berechnen Sie die Geschwindigkeit v_B des Balls im Punkt B. | 3 |
| 1.3 | Untersuchen Sie, ob der Ball bei der in 1.2 berechneten Geschwindigkeit den Looping durchläuft, ohne sich von der Bahn zu lösen. | 6 |
| 2 | In einem anderen Spiel bewegt sich der Ball nach Durchlaufen des Loopings mit der Geschwindigkeit $v_C = 5,50 \text{ m/s}$ über die Kante bei C. | |
| 2.1 | Berechnen Sie die Entfernung x , in welcher der Ball auf dem Boden auftrifft. Erklären Sie Ihren Lösungsansatz, ausgehend von einer Kräfteskizze, in einem kurzen Text. | 6 |
| 2.2 | Berechnen Sie den Winkel α zur Horizontalen, unter dem der Ball auf dem Boden aufkommt. | 3 |
| 3 | Der durch den Looping gelaufene Ball soll in das Loch in der Entfernung l_3 fallen. Aus dieser Bedingung ergibt sich ein Mindestmaß für die Entfernung l_3 . | |
| 3.1 | Erläutern Sie, weshalb dies so ist. | 4 |
| 3.2 | Berechnen Sie dieses Mindestmaß $l_{3,\text{min}}$. | 4 |
| | | 30 |

1.1 Für den elastischen Stoß gilt nach Formelsammlung: 4

$$v_{2e} = 2 \cdot \frac{m_1 \cdot v_{1a} + m_2 \cdot v_{2a}}{m_1 + m_2} - v_{2a}, \text{ mit } v_{2e} = v_A = 5,60 \text{ m/s}, v_{2a} = 0 \text{ und den oben}$$

gegebenen Massen ergibt sich: $v_{1a} = v_S = \frac{(m_S + m_B) \cdot v_A}{2 \cdot m_S} = 3,50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Alternativ kann der Prüfling die Schlägerkopfgeschwindigkeit auch aus EES und IES berechnen.

1.2 Energiesatz: $\frac{1}{2} \cdot m_B \cdot v_A^2 = \frac{1}{2} \cdot m_B \cdot v_B^2 + m \cdot g \cdot l_2 \Rightarrow v_B = \sqrt{v_A^2 - 2 \cdot g \cdot l_2} = 4,62 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ 3

1.3 Vollständiges Durchlaufen des Loopings erfordert, dass die für die Kreisbahn notwendige Zentripetalkraft am oberen Punkt des Loopings mindestens gleich der Gewichtskraft des Balls ist, die Geschwindigkeit v_0 des Ball an dieser Stelle also einen minimalen Wert $v_{0,\text{min}}$ hat. 6

$$F_G \leq \frac{m_B \cdot v_0^2}{r}, \Rightarrow \text{Im Grenzfall: } v_{0,\text{min}} = \sqrt{g \cdot r}$$

Daraus ergibt sich ein Minimalwert $v_{B,\text{min}}$ für die Geschwindigkeit im Punkt B:

$$v_{B,\text{min}}^2 = v_{0,\text{min}}^2 + 2 \cdot g \cdot (2r) \Rightarrow v_{B,\text{min}} = \sqrt{v_{0,\text{min}}^2 + 4 \cdot g \cdot r} = \sqrt{5 \cdot g \cdot r} = 4,74 \frac{\text{m}}{\text{s}} > v_B$$

Der Ball durchläuft mit der gegebenen Geschwindigkeit den Looping nicht vollständig.

2.1 Kräfteskitze: Keine Kraft in x-Richtung \Rightarrow in x-Richtung geradlinig-gleichförmige Bewegung mit $v_x = 5,5 \text{ m/s}$ 6



In y-Richtung wirkt die konstante Gewichtskraft \Rightarrow in y-Richtung gleichmäßig beschleunigte Bewegung aus der Ruhe.
Beide Teilbewegungen überlagern sich ungestört.

Wurfzeit: $t_W = \sqrt{\frac{2 \cdot l_2}{g}}$, Wurfweite: $x_W = v_x \cdot t_W = 1,74 \text{ m}$

2.2 Auftreffgeschwindigkeit: $v_y = \sqrt{2 \cdot g \cdot l_2}$, Winkel: $\alpha = \arctan\left(\frac{v_y}{v_x}\right) = 29,9^\circ$ 3

3.1 Da der Ball vor dem waagrechten Wurf den Looping durchlaufen muss und dies nur mit einer Mindestgeschwindigkeit möglich ist, geschieht auch der waagrechte Wurf mit einer Mindestwurfgeschwindigkeit und erzielt der Ball eine Mindestwurfweite. 4

3.2 $l_{\text{min}} = x_{W,\text{min}} = v_{B,\text{min}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot l_2}{g}} = \sqrt{10 \cdot r \cdot l_2} = 1,50 \text{ m}$ 4

Da die Schwingungen früher nicht prüfungsrelevant waren, greifen wir auf eine alte Aufgabe aus der TO zurück:

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg
Prüfung der allgemeinen und der fachgebundenen Hochschulreife
an den Technischen Oberschulen im Schuljahr 2001/2002

Fach: Physik

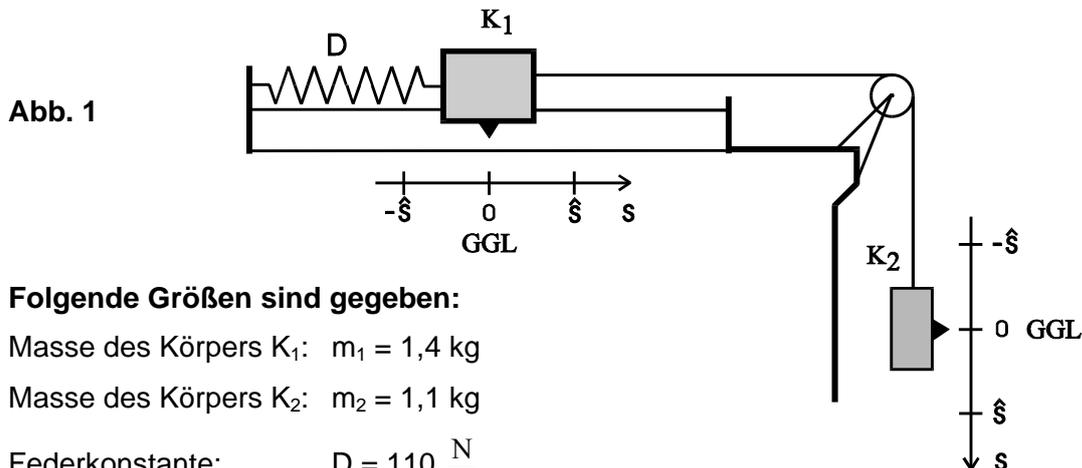
Hauptprüfung

Gruppe III: Schwingungen und Wellen

Aufgabe 1 (2 Seiten)

Punkte

- 1 Nennen Sie die Voraussetzungen, unter denen ein mechanisches System eine harmonische Schwingung ausführen kann. 2
- 2 In Abbildung 1 ist eine Anordnung dargestellt, die aus zwei Körpern und einer Feder besteht. Körper K_1 ist an der Feder befestigt und kann reibungsfrei auf einer Luftkissenfahrbahn gleiten. Körper K_2 ist mit K_1 über einen Faden verbunden, der durch eine Rolle umgelenkt wird. Die Körper können Schwingungen um ihre Gleichgewichtslagen (GGL) ausführen. Die Körper sind als Massepunkte zu betrachten. Die Massen von Feder und Rolle sind zu vernachlässigen.



Folgende Größen sind gegeben:

Masse des Körpers K_1 : $m_1 = 1,4 \text{ kg}$

Masse des Körpers K_2 : $m_2 = 1,1 \text{ kg}$

Federkonstante: $D = 110 \frac{\text{N}}{\text{m}}$

Fallbeschleunigung: $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

- 2.1 Berechnen Sie die Federdehnung s_0 für den Gleichgewichtszustand. 2
- 2.2 Der Körper K_1 wird nun um die Strecke $\hat{s} = 0,10 \text{ m}$ nach rechts ausgelenkt und zum Zeitpunkt $t = 0$ losgelassen.
- 2.2.1 Fertigen Sie für eine Auslenkung s mit $0 < s < \hat{s}$ für jeden Körper eine Kräfteskitze an. 2
- 2.2.2 Wenden Sie auf jeden Körper die Grundgleichung der Mechanik an. Leiten Sie aus diesen Gleichungen die Differentialgleichung für *das schwingende System* her: 4

$$(m_1 + m_2) \cdot \ddot{s} + D \cdot s = 0$$

- 2.2.3 Geben Sie das Weg-Zeit-Gesetz $s(t)$ für die genannten Anfangsbedingungen allgemein an und zeigen Sie damit, dass für die Schwingungsdauer gilt: 6

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{D}} . \quad \text{Berechnen Sie die Schwingungsdauer } T.$$

2.3 Während der Schwingung besteht zwischen der Auslenkung s und der Fadenkraft F folgender Zusammenhang:

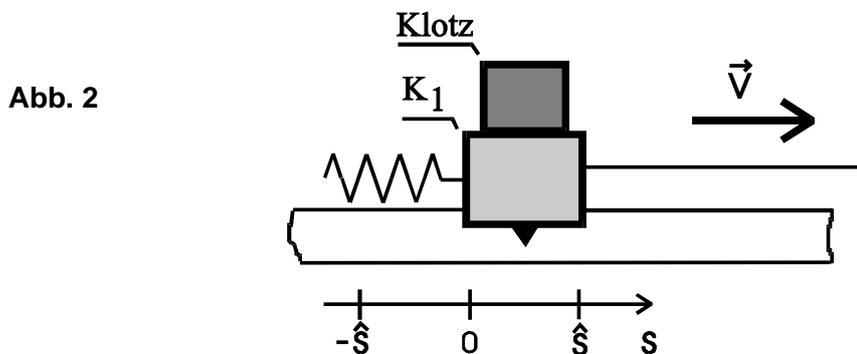
$$F(s) = \frac{D \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot s + m_2 \cdot g$$

2.3.1 Leiten Sie unter Benutzung der Kräftesketzen aus Teilaufgabe 2.2.1 diese Beziehung her. 3

2.3.2 Zeichnen Sie das $F - s$ - Diagramm für $-\hat{s} \leq s \leq \hat{s}$, mit $\hat{s} = 0,10 \text{ m}$.
(s -Achse waagrecht, $1 \text{ cm} \hat{=} 2 \text{ cm}$; F -Achse senkrecht, $1 \text{ cm} \hat{=} 2 \text{ N}$). 3

2.3.3 Bestimmen Sie die maximale Fadenkraft F_{\max} und die minimale Fadenkraft F_{\min} . 2

3 Für einen neuen Versuch wird ein Klotz der Masse m_K auf den Körper K_1 gelegt (siehe Abb. 2). Die Feder wird durch eine andere ersetzt, so dass die Schwingungsdauer $T = 0,95 \text{ s}$ beträgt. Die Amplitude beträgt wieder $\hat{s} = 0,10 \text{ m}$. Während der Schwingung verrutscht der Klotz auf dem Körper K_1 nicht.



3.1 Fertigen Sie für den Klotz eine Skizze mit allen angreifenden Kräften an, wenn er sich an einem Ort s mit $0 < s < \hat{s}$ befindet und sich mit der Geschwindigkeit \vec{v} nach rechts bewegt. Tragen Sie in Ihre Skizze den Vektor \vec{a} der Momentanbeschleunigung des Klotzes ein. 2

3.2 Berechnen Sie den Mindestwert für die Haftreibungszahl f_h zwischen Klotz und Körperoberfläche. 4

30

Weitere mögliche Vorbereitungsaufgaben zur Schwingungslehre:

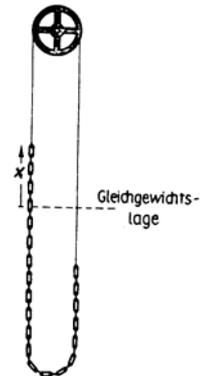
- TO-04-SW-Doppelfeder (Teile 1.1 bis 2.1)
- TO-01-SW-Federpendel-Reibung (Teile 1 und 2)

Muster-Aufgabe 2

Punkte

- 1 Eine besondere Form der in Natur und Technik vorkommenden Bewegungen sind die Schwingungen.
- 1.1 Nennen Sie drei Beispiele aus Ihrer Alltagswelt für mechanische Schwingungen. 3
- 1.2 Beschreiben Sie die für eine Schwingung charakteristischen Eigenschaften und definieren Sie die zur Beschreibung einer Schwingung notwendigen physikalischen Größen. 5
- 2 Aus den Gemeinsamkeiten der vielen in Natur und Technik vorkommenden Schwingungen wurde das Modell des „harmonischen Oszillators“ entwickelt.
- 2.1 Geben Sie die physikalische Definition des harmonischen Oszillators an. 3
- 2.2 Eine Kette der Länge 1,2 m und der Masse 0,24 kg ist an einem Faden entsprechend der Skizze aufgehängt. Die Kette wird durch Drehen des Rades aus ihrer Gleichgewichtslage ausgelenkt und dann sich selbst überlassen. Zeigen Sie, dass die Kette nach dem Loslassen eine harmonische Schwingung ausführt. Vernachlässigen Sie die Reibung. $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ 4
- 2.3 Berechnen Sie die Schwingungsdauer T der Kette. 4
- 3 Wesentlich für die Bewegung eines Körpers K ist die auf den Körper wirkende Kraft F . Gegeben sind die drei folgenden Kraftgleichungen:

$$F_1(x) = 0, \quad F_2(x) = \text{konst.}, \quad F_3(x) = -D \cdot x.$$
 Dabei ist F jeweils die in der Bewegungsrichtung des Körpers wirkende Kraft.
- 3.1 Der Körper soll in einen Fall eine geradlinig gleichförmige Bewegung, im anderen Fall eine periodische Bewegung ausführen. Geben Sie an, welche der drei Kräfte im einen und im anderen Fall auf den Körper wirken muss und begründen Sie Ihre Aussage. 4
- 3.2 Bei der Lösung der Aufgabe 3.1 ist eine der drei in Aufgabe 3 gegebenen Kraftgleichungen unberücksichtigt geblieben. Geben Sie an, welche Bewegung der Körper unter dem Einfluss dieser dritten Kraft macht. – Begründen Sie Ihre Aussage. 3
- 4 Auch bei der gleichförmigen Kreisbewegung wirkt eine Kraft mit konstantem Betrag auf den sich bewegenden Körper. – Warum ändert sich der Betrag der Bahngeschwindigkeit trotzdem nicht? – Antworten Sie in einem kurzen Text. 4



30

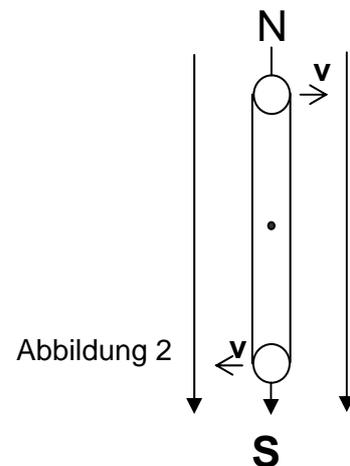
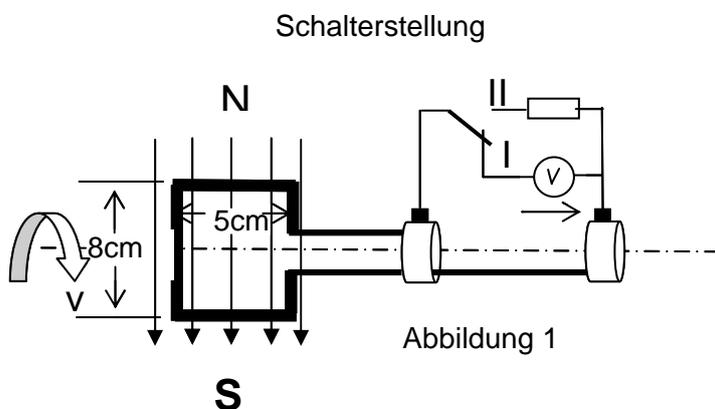
Muster-Aufgabe 2	Lösungsvorschlag	Punkte
1.1	mögliche Beispiele: 1. Schaukel auf dem Spielplatz 2. Blatt an einem Ast 3. ein an einer Spiralfeder aufgehängter Körper	3
1.2	Ausgehend von Beispiel ist folgender Text möglich: Eine Schwingung ist eine Hin- und Herbewegung eines Körpers um eine stabile Gleichgewichtslage. Sie erfolgt unter dem Einfluss der stets auf die Gleichgewichtslage zu gerichteten „Rückstellkraft“ F_R . Die momentane Entfernung $x(t)$ des Körpers von der Gleichgewichtslage ist die Auslenkung. Die maximale Auslenkung \hat{x} heißt Amplitude. Die Zeit T für eine vollständige Hin- und Herbewegung des Körpers ist die Schwingungsdauer. Die Zahl der Schwingungen pro Sekunde ist die Frequenz f .	5
2.1	Ein schwingungsfähiges System heißt „harmonischer Oszillator“, wenn die Rückstellkraft F_R proportional zur Auslenkung x ist.	3
2.2	Ist die Kette der Länge L um die Strecke $x(t)$ ausgelenkt, so erfährt sie die rücktreibende Kraft $F_R(x) = -2 \cdot F_G \cdot \frac{x}{L} = -\frac{2 \cdot m \cdot g}{L} \cdot x = -D \cdot x$. Diese ist proportional zur Auslenkung, also ist die Schwingung harmonisch.	4
2.3	Für die Schwingungsdauer T eines harmonischen Oszillators gilt: $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{2 \cdot g}} = 1,54 \text{ s}$	4
3.1	Die Geschwindigkeit eines Körpers bleibt nach dem Newtonschen Grundgesetz $a(t) = \dot{v}(t) = \ddot{x}(t) = \frac{F(t)}{m}$ konstant, wenn die auf den Körper einwirkende Kraft Null ist, also das erste Kraftgesetz gilt. Setzt man die dritte Gleichung in das Newtonsche Grundgesetz ein, so ergibt sich $m \cdot \ddot{x}(t) = -D \cdot x(t)$. Dies bedeutet, dass die Orts-Zeit-Funktion $x(t)$ proportional zu ihrer zweiten Ableitung sein muss. Dies ist für die Sinusfunktion der Fall.	4
3.2	Wieder ergibt sich aus dem Newtonschen Grundgesetz, dass bei konstanter Kraft die Beschleunigung des Körpers konstant ist, der Körper also eine geradlinige gleichmäßig beschleunigte Bewegung ausführt.	3
4	Bei der gleichförmigen Kreisbewegung steht die auf den Körper wirkende Zentripetalkraft stets senkrecht auf seiner Bewegungsrichtung und hat damit keine Komponente in Bewegungsrichtung, welche den Betrag der Bahngeschwindigkeit ändern könnte.	4

30

PRÜFUNG DER FACHHOCHSCHULREIFE an Berufskollegs zum Erwerb der Fachhochschulreife	Hauptprüfung 2004	
Fach: Grundlagen der Technik	1.1. Gruppe E II	1.1.1. B

Aufgabe 2: Magnetfeld und Induktion

Eine drehbare Leiterschleife (Läufer mit $N=1$) befindet sich in einem konstanten homogenen Magnetfeld (Abbildung 1). Das Magnetfeld wird durch eine Erregerwicklung (nicht eingezeichnet) mit 500 Windungen erzeugt. Die Erregerwicklung wird mit einer Gleichspannung $U = 10 \text{ V}$ versorgt und besitzt einen Widerstand von 50Ω . Die mittlere Feldlinienlänge beträgt 30 cm und die Permeabilitätszahl der verwendeten Elektrobleche hat den Wert $\mu_r = 1895$.



- 2.1 Berechnen Sie die magnetische Flussdichte des magnetischen Feldes. Der am Läufer auftretende Luftspalt wird vernachlässigt. 3

Schalterstellung I

- 2.2 Bei welcher Umfangsgeschwindigkeit v entsteht in der Leiterschleife eine maximale Induktionsspannung von 1 V , wenn die Flussdichte 796 mT beträgt? 3
- 2.3 Berechnen Sie die Drehfrequenz für die in 2.2 bestimmte Umfangsgeschwindigkeit. 2
- 2.4 Zeichnen Sie den Spannungsverlauf $u(t)$ für eine Umdrehung der Leiterschleife. Beschriften Sie die Achsen des Liniendiagramms mit Zahlenwerten und geben Sie die Periodendauer an. Zum Zeitpunkt $t = 0 \text{ ms}$ hat die Leiterschleife die in Abbildung 1 bzw. Abbildung 2 dargestellte Position (Hinweis: $f = 50 \text{ 1/s}$). 4

Schalterstellung II

- 2.5 An die Leiterschleife wird ein ohmscher Verbraucher angeschlossen. Übernehmen Sie Abbildung 2 auf Ihr Lösungsblatt und tragen Sie die Stromrichtung in der Leiterschleife ein. Begründen Sie die gewählte Stromrichtung. 3

Weitere mögliche Vorbereitungsaufgaben zur Induktion:

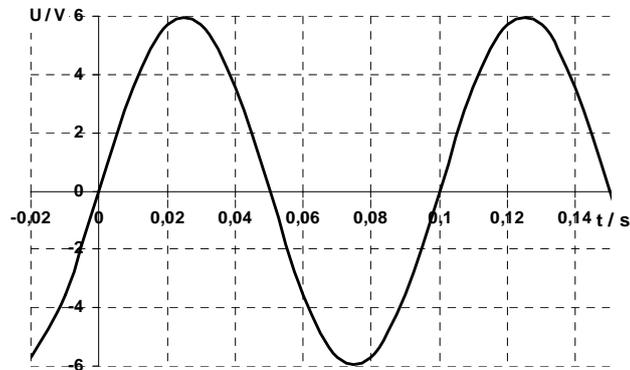
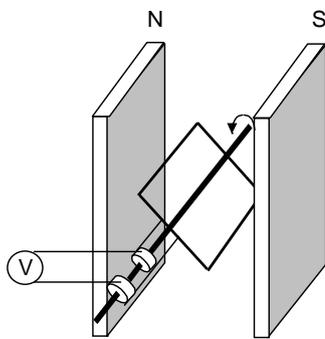
- BKFH HP05 E II Magnetfeld und Induktion
- BKFH NP05 E II Magnetfeld und Induktion
- BKFH HP06 E II Magnetfeld und Induktion
- BKFH NP06 E II Magnetfeld und Induktion

Muster-Aufgabe 3

Punkte

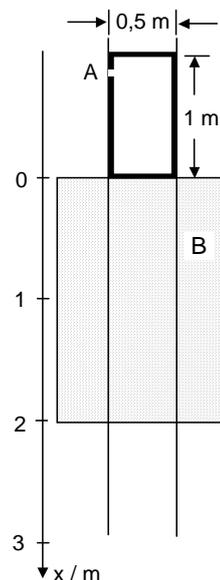
- 1 Im skizzierten Versuch dreht sich eine rechteckige Spule mit 100 Windungen und der Querschnittsfläche $A = 20\text{ cm}^2$ im homogenen Magnetfeld eines Dauermagneten mit der konstanten Frequenz $f = 10\text{ Hz}$.

Das Diagramm zeigt die dabei in der Spule induzierte Spannung $U(t)$.



- 1.1 Begründen Sie, ausgehend vom allgemeinen Induktionsgesetz, dass die während der Drehung gemessene Spannung einen sinusförmigen Verlauf hat. 3
- 1.2 Entnehmen Sie aus dem Diagramm die Gleichung für die in der rotierenden Spule induzierte Wechselspannung. 3
- 1.3 Leiten Sie die Formel zur Berechnung des Scheitelwerts dieser Wechselspannung aus dem allgemeinen Induktionsgesetz her. 3
- 1.4 Bestimmen Sie aus den Angaben der Aufgabe und des Diagramms die magnetische Flussdichte B des homogenen Magnetfeldes des Dauermagneten. 3
- 1.5 Durch geeignete Veränderung des Versuches soll der Maximalwert der induzierten Spannung verdoppelt werden. – Nennen Sie zwei Möglichkeiten und begründen Sie Ihre Antwort. 3

- 2 Der an der Stelle A unterbrochene rechteckige Metallrahmen wird in der skizzierten Position ($x = 0$) aus der Ruhe heraus losgelassen und fällt anschließend, reibungsfrei geführt durch zwei Schienen, durch das skizzierte homogene Magnetfeld der Flussdichte $B = 1 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$.



- 2.1 Skizzieren Sie in einem $U_{\text{ind}}(x)$ -Diagramm qualitativ die an der Stelle A induzierte Spannung während der Bewegung des Rahmens durch das Magnetfeld. Begründen Sie Ihr Diagramm in einem kurzen Text mithilfe geeigneter Gleichungen. 4
- 2.2 Berechnen Sie die maximale Spannung, welche an der Stelle A während des Falls induziert wird. 4
- 3 Die Stelle A wird nun leitend überbrückt. 3
- 3.1 Begründen Sie, dass jetzt der Rahmen beim Eintritt in das Feld nur bis zu einer gewissen Maximalgeschwindigkeit beschleunigt wird. 3
- 3.2 Berechnen Sie diese Maximalgeschwindigkeit für den Fall, dass der Metallrahmen eine Masse von 70 g und einen Widerstand von $5\text{ m}\Omega$ hat. 4

30

- 1.1 Nach dem allgemeinen Induktionsgesetz gilt: $U_{\text{ind}}(t) = -n \cdot \dot{\Phi}(t) = -n \cdot B \cdot \dot{A}(t)$ 3
 mit $A(t) = A_0 \cdot \cos(\omega \cdot t)$ folgt $U_{\text{ind}}(t) = n \cdot \omega \cdot B \cdot A_0 \cdot \sin(\omega t)$.

Die Begründung für den sinusförmigen Verlauf der Induktionsspannung kann hier auch durch einen Text erfolgen.

- 1.2 Aus dem Diagramm ergibt sich: $U(t) = 6 \text{ V} \cdot \sin(2\pi \cdot 10^{\frac{1}{s}} \cdot t)$ 3

- 1.3 Aus der Lösung von 1.1 (die an dieser Stelle geliefert werden muss, wenn 1.1 verbal gelöst wurde) ergibt sich $\hat{U} = n \cdot \omega \cdot B \cdot A_0$ 3

- 1.4 $\frac{\hat{U}}{n \cdot \omega \cdot A_0} = B = 0,477 \text{ T}$ 3

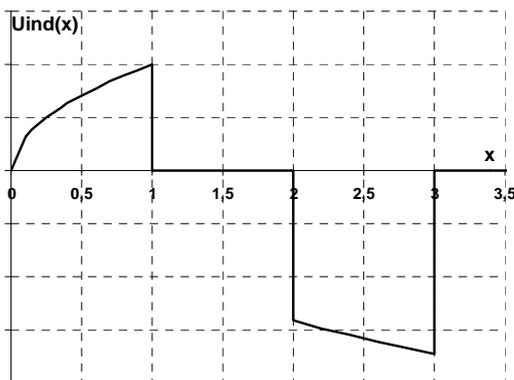
- 1.5 Aus der Gleichung von 1.3 ergeben sich die folgenden Möglichkeiten: 3

- a) Verdopplung der Windungszahl n ,
- b) Verdopplung der Frequenz f .

Nicht so einfach durchzuführen, aber auch möglich:

- c) Verdopplung der magnetischen Flussdichte B ,
- d) Verdopplung der Spulenfläche A

- 2.1 Der Rahmen befindet sich im freien Fall, also gilt $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot x}$ und damit für 4



die induzierte Spannung

$$U_{\text{ind}} = \pm B \cdot 0,5 \text{ m} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot x}$$

- 2.2 Maximale Spannung bei $x = 3 \text{ m}$: 4

$$|U_{\text{ind}}| = B \cdot 0,5 \text{ m} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot x} = 3,87 \text{ V}$$

- 3.1 Ist der Rahmen geschlossen, kann in ihm ein Strom fließen. Beim Eintritt in das 3

Feld tritt nach dem Induktionsgesetz eine Kraft F_B auf, die von Null aus bis F_G ansteigt und nach Lenz der Bewegung entgegengerichtet ist.

Damit ist die Fallgeschwindigkeit nach oben begrenzt.

- 3.2 Für diese bremsende Kraft gilt: $F_B = B \cdot I \cdot l = \frac{B^2 \cdot l^2 \cdot v}{R} \leq m \cdot g$. 4

Mit den gegebenen Werten: $v_{\text{max}} = \frac{m \cdot g \cdot R}{B^2 \cdot l^2} = 0,014 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Da die Bewegung geladener Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern früher nicht prüfungsrelevant waren, greifen wir auf eine alte Aufgabe der landeseinheitlichen Abschlussprüfung des Lehrgangs zum Erwerb der FHR, durchgeführt vom Bereitschaftspolizeipräsidium Baden-Württemberg, zurück. (Weitere Aufgaben aus dieser Quelle über Herrn Dr. Milch.)

Abschlussprüfung 2006 Gruppe II – Elektrizitätslehre

Aufgabe 4:

Ein luftgefüllter Plattenkondensator besteht aus zwei quadratischen Platten mit den Kantenlängen $a = 30 \text{ cm}$. Die Platten sind isoliert im Abstand $d = 6 \text{ cm}$ senkrecht parallel aufgestellt. Der Kondensator wurde mit einer mittleren Stromstärke von 1 mA in $0,5 \text{ ms}$ aufgeladen.

1. Berechnen Sie 5
 - 1.1. die Ladung, welche auf den Kondensator geflossen ist
 - 1.2. die Kapazität des Kondensators
 - 1.3. die Feldstärke zwischen den Platten
 - 1.4. die gespeicherte Energie

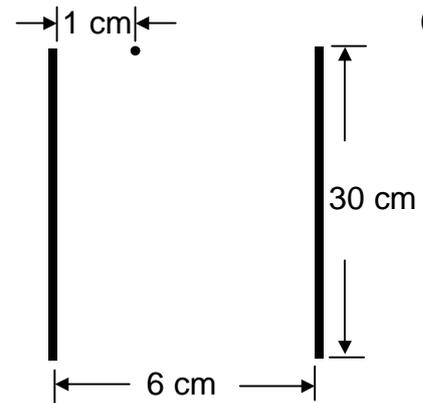
und skizzieren Sie den Kondensator (Sicht auf die Kanten der Kondensatorplatten) mit seinem elektrischen Feld (linke Platte positiv)

2. Ein kleines Metallkugelchen mit der Masse $m = 2 \text{ g}$ und einer positiven elektrischen Ladung $q = 6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ wird im Abstand 1 cm von der linken Platte aus der Ruhe in das elektrische Feld ($E = 600 \text{ kV/m}$) des Kondensators fallen gelassen. (Siehe Skizze) 6
 - 2.1. Skizzieren Sie die Kräfte, welche im Kondensator auf das Kugelchen wirken.
 - 2.2. Berechnen Sie die elektrische Kraft, welche auf das Kugelchen im Kondensator wirkt.
 - 2.3. Berechnen Sie, in welchem Abstand von der unteren Kante das Kugelchen auf die rechte Kondensatorplatte auftrifft.

3. Berechnen Sie diejenige Spannung, welche am Kondensator anliegen müsste, damit das Kugelchen gerade den Kondensator durchfallen könnte. 9

Mit welcher Geschwindigkeit in horizontaler Richtung würde dann das Kugelchen den Kondensator verlassen?

Mit welcher Geschwindigkeit und in welchem Winkel trifft es dann auf eine horizontale Platte, welche sich 10 cm unterhalb des Kondensators befindet?



Weitere Vorbereitungsaufgaben zu dieser Lehrplaneinheit finden sich in zahlreichen Prüfungsaufgabensammlungen. Gemeinsam ist allen diesen Aufgaben die interessante Verbindung von mechanischer Bewegungslehre und Kräften in elektrischen und magnetischen Feldern.

- 1 Die beiden folgenden Texte sind zwei Informationsheften entnommen.
- a) Bei der Kohleverbrennung entstehen, wie bei allen Verbrennungsprozessen Rauchgase, die auch schädliche Rußpartikel (Flugasche) enthalten. In der „Entstaubungsanlage“ werden die Rußpartikel elektrisch aufgeladen und dann von elektrostatischen Filtern aus den Abgasen herausgezogen.
 - b) Die Lackierung von Werkstücken mit der Spritzpistole erfolgt aus Umwelt- und Arbeitsschutzgründen in der Regel in einer Spritzkabine. Um zu vermeiden, dass ein großer Teil des zerstäubten Lacks am zu lackierenden Werkstück vorbeifliegt und die Filter der Absauganlage belastet, wird zwischen Werkstück und Spritzpistole eine Hochspannung angelegt.

In beiden Texten spielt dasselbe physikalische Phänomen eine Rolle.

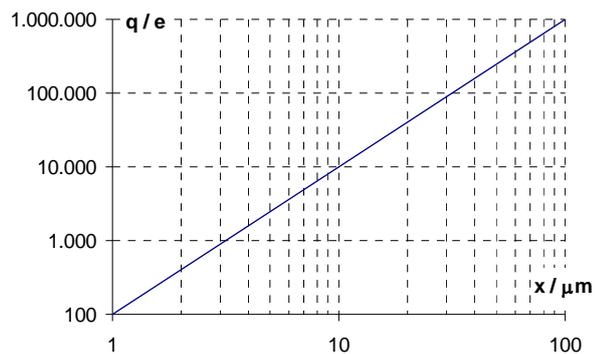
3

Erklären Sie in einem Text, welches Phänomen hierbei nutzbar gemacht wird und wie dies geschieht.

- 2 Vereinfacht wird das elektrische Feld eines Entstaubungsfilters durch einen vertikal stehenden Plattenkondensator erzeugt. Die Rußpartikel bewegen sich in der Abluft mit der konstanten Geschwindigkeit $v_y = 1,10$ m/s von unten nach oben durch den Kondensator. Plattenabstand $d = 0,4$ m, Plattenhöhe $h = 15$ m, Kondensatorspannung $U = 60$ kV.

Nebstehender Zusammenhang zwischen dem Partikeldurchmesser x und der Partikelladung q ist dem Datenblatt einer Rauchgasreinigungsanlage entnommen.

Berechnen Sie mithilfe des Diagramms die elektrische Kraft, die ein Rußpartikel mit dem Durchmesser $10 \mu\text{m}$ im elektrischen Feld erfährt.



5

- 3 Da sich die Rußpartikel in waagrechter Richtung relativ zum Abgasstrom bewegen, ist in dieser Richtung die mit der Geschwindigkeit ansteigende Luftwiderstandskraft zu berücksichtigen.

- 3.1 Skizzieren Sie die Bahnkurve, auf der sich das Rußpartikel ab dem Eintritt in das homogene elektrische Feld des Kondensators bewegt.

5

Begründen Sie Ihre Skizze in einem kurzen Text. Gehen Sie dabei insbesondere auf den Einfluss der Luftwiderstandskraft ein.

- 3.2 Die Bahngeschwindigkeit des Partikels nach der Ablenkung beträgt $v_B = 1,11$ m/s.

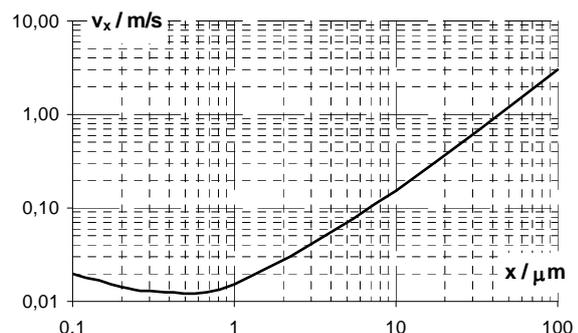
4

Berechnen Sie die waagrechte Komponente v_x dieser Bahngeschwindigkeit und den Winkel α , um den das Partikel aus seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt wurde.

- 3.3 Kleinere Rußpartikel erreichen eine geringere Geschwindigkeit in x-Richtung. (siehe Diagramm)

4

Erklären Sie, wie mithilfe einer geeigneten Rechnung und des Diagramms die Mindestgröße der abgeschiedenen Rußteilchen bestimmt werden kann.



4	Es wird der Vorschlag gemacht, in Rauchgasreinigungsanlagen Magnetfelder statt elektrischer Felder einzusetzen.	
4.1	Untersuchen Sie, ob sich auch homogene magnetische Felder für solche Anlagen eignen würden. Unterscheiden Sie dabei: a) Die magnetischen Feldlinien zeigen in Eintrittsrichtung der geladenen Rußpartikel. b) Die magnetischen Feldlinien stehen senkrecht zur Eintrittsrichtung der geladenen Rußpartikel.	4
4.2	Heute herstellbare „starke“ Magnetfelder haben eine magnetische Flussdichte von ca. 2,5 T. Vergleichen Sie die damit erreichbare Ablenkungskraft mit der oben berechneten ablenkenden Kraft des elektrischen Feldes bei gleicher Eintrittsgeschwindigkeit und gleicher Ladung der Rußpartikel.	3
4.3	Nehmen Sie begründet Stellung zu der Tatsache, dass Magnetfelder in Rauchgasreinigungsanlagen nicht verwendet werden.	2
		<hr/> 30

1 In beiden Fällen ist die Kraftwirkung auf elektrisch geladene Teilchen in elektrischen Feldern das zugrunde liegende physikalische Prinzip. 3

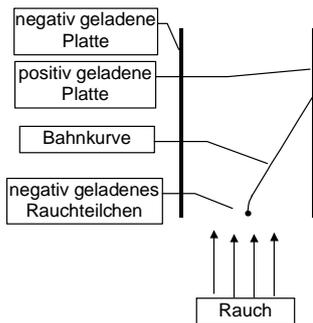
In a) werden die Rußpartikel elektrisch geladen. Sie werden dann im elektrischen Feld abgelenkt und schlagen sich an den Filterplatten nieder, welche die entgegengesetzte Ladung aufweisen.

In b) wird der Lack beim Austritt aus der Spritzpistole aufgeladen und fliegt dann zum entgegengesetzt geladenen Werkstück hin.

2 Zunächst wird $q = 10^4 \cdot e = 1,6 \cdot 10^{-15} \text{ As}$ aus dem Diagramm abgelesen. Mit 5

$$E = \frac{U}{d} = \frac{60000\text{V}}{0,4\text{m}} = 150000 \frac{\text{V}}{\text{m}} \text{ ergibt sich } F = q \cdot E = 1,6 \cdot 10^{-15} \text{ C} \cdot 150000 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 2,4 \cdot 10^{-10} \text{ N}$$

3.1 Das Rußpartikel bewegt sich zunächst auf gekrümmter Bahn, da es durch die elektrische Feldkraft abgelenkt wird. 5



Mit zunehmender Horizontalgeschwindigkeit wächst die Luftwiderstandskraft, geht also die Horizontalbeschleunigung zurück, bis das Partikel sowohl in x- als auch in y-Richtung wieder im Kräftegleichgewicht ist und damit eine geradlinige Bahn beschreibt.

3.2 $v_x^2 + v_y^2 = v_B^2 \quad v_x = \sqrt{v_B^2 - v_y^2} \quad v_x = \sqrt{\left(1,11 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 - \left(1,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} = 0,149 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ 5

$$\alpha = \arccos\left(\frac{v_y}{v_B}\right) = \arccos\left(\frac{1,10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1,11 \frac{\text{m}}{\text{s}}}\right) = 7,7^\circ$$

3.3 Aus den gegebenen Daten kann man die Aufenthaltszeit t der Rußteilchen im Kondensator bestimmen: Durchflugzeit $t = \frac{l}{v_y} = \frac{15\text{m}}{1,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 13,64\text{s}$. Daraus ergibt sich eine 4

$$\text{minimale waagrechte Geschwindigkeitskomponente } v_x = \frac{d}{t} = \frac{0,4\text{m}}{13,64\text{s}} \approx 0,03 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Aus dem Diagramm kann damit die minimale Größe der abgeschiedenen Rußpartikel abgelesen werden ($x_{\min} = 2,2 \mu\text{m}$).

4.1 Prinzipiell werden bewegte geladene Teilchen auch in magnetischen Feldern durch die Lorentzkraft abgelenkt, wenn ihre Geschwindigkeit eine Komponente senkrecht zur Feldrichtung hat. 4

a) Treten die geladenen Rußpartikel genau in Feldrichtung ein, so ist die Lorentzkraft null. Es tritt keine Ablenkung ein.

b) Die Lorentzkraft lenkt je nach dem Vorzeichen der Ladung die Partikel nach links oder rechts ab.

4.2 Für die Lorentzkraft gilt bei der Bewegung senkrecht zu B: 3

$$F_L = q \cdot v \cdot B = 1,6 \cdot 10^{-15} \text{ C} \cdot 1,1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2,5\text{T} = 4,4 \cdot 10^{-15} \text{ N}$$

4.3 Mögliche Antworten: 2

- Die mit Magnetfeldern erzeugbaren Ablenkungskräfte sind viel zu klein.
- Die Erzeugung der Magnetfelder erfordert, im Gegensatz zu den elektrischen Feldern, einen permanenten Stromfluss.