

Name, Vorname	Testat	

Aufgabe 1: Leiterschleife im Magnetfeld

Eine kreisförmige Leiterschleife mit dem Radius r bewegt sich mit der konstanten Geschwindigkeit $\vec{v} = v_0 \vec{e}_x$ in positive x-Richtung und tritt zum Zeitpunkt $t = 0$ in ein homogenes Magnetfeld mit der Flussdichte $\vec{B} = -B_0 \vec{e}_z$ ein (siehe **Fig. 2**). Der eingezeichnete Winkel φ_0 beschreibt in Polarkoordinaten, wie weit die Schleife in das Magnetfeld eingetreten ist.

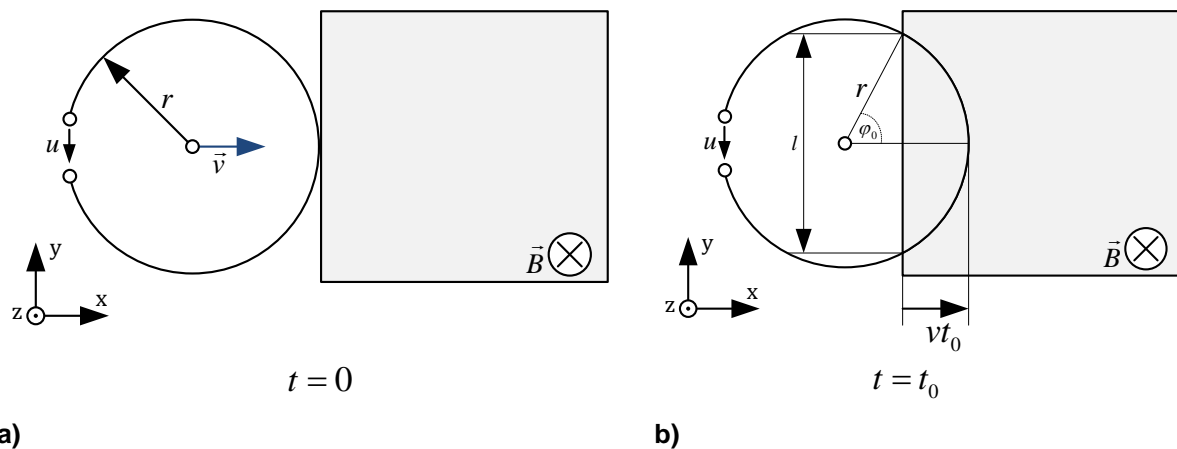


Fig. 2: Eintauchen einer kreisförmigen Leiterschleife in ein Magnetfeld

- Geben Sie den Zusammenhang zwischen φ_0 und t an.
- Welche Polarität hat die in der Schleife induzierte Spannung $u(t)$ (Bezugssinn wie in **Fig. 2**)? Für welches Zeitintervall ist $u(t)$ von Null verschieden? Skizzieren Sie $u(t)$ qualitativ.
- Welcher infinitesimale Beitrag du zur gesamten induzierten Spannung $u(t)$ tritt an einem Stück der Leiterschleife mit dem Winkel $d\varphi$ in Abhängigkeit von $\varphi(t)$ auf?
- Bestimmen Sie $u(\varphi_0)$ in Abhängigkeit von r , v_0 und B_0 . Kontrollieren Sie die Polarität von $u(t)$ mit dem Ergebnis aus **b**). Geben Sie mit dem Ergebnis aus **a**) einen Ausdruck für $u(t)$ an.
- Nun wird eine kurzgeschlossene Leiterschleife betrachtet. Sie weist einen endlichen Widerstand R auf. Berechnen Sie R in Abhängigkeit vom Radius r , dem spezifischen Widerstand ρ und dem Durchmesser d des Schleifendrahtes und geben Sie den in der Schleife auftretenden Strom $i(\varphi_0)$ an.
- Berechnen Sie die Kraft $F(t)$, die auf die Leiterschleife wirkt, wenn sie in das Magnetfeld geschoben wird.

Hinweis: Analog zur Spannung $u(t)$ in den Aufgaben d) und e) kann die Kraft $F(t)$ mittels Wegintegration über infinitesimale Kraftbeiträge dF berechnet werden. „Einfacher“ und anschaulicher jedoch ist die Berechnung über das Gleichgewicht aus elektrisch verbrauchter Leistung P_e und mechanisch zugeführter Leistung P_m .

Aufgabe 2: Rütteltisch (Teilaufgaben d) und e) nicht testatpflichtig)

Zum Test der mechanischen Beanspruchbarkeit und Vibrationsfestigkeit elektronischer Baugruppen und Systeme werden in der technischen Praxis elektrodynamische Rütteltische eingesetzt. Der innere Aufbau einer derartigen **zylinderförmigen** Vorrichtung ist in **Fig. 3.1** im Schnitt gezeigt. Hierbei wird durch eine feststehende Erregerspule der Windungszahl N_E im Luftspalt δ eine magnetische Induktion B_δ erzeugt, wodurch auf die von einem Strom I_S durchflossene Schwingenspule der Windungszahl N_S , deren Leiter im Luftspalt liegen, eine Kraft ausgeübt und die Masse des zu testenden Systems beschleunigt wird. Dabei kann auf Grund der ggü. Luft sehr hohen Permeabilität des Mantels und des Kerns B_δ über die Höhe des Luftspalts als konstant angenommen werden. Die Schwingenspule ist gegenüber dem feststehenden Systemteil durch flexible Verbindungssteile (diese sind nicht abgebildet) so abgestützt, dass eine rein axiale Bewegung sichergestellt ist.

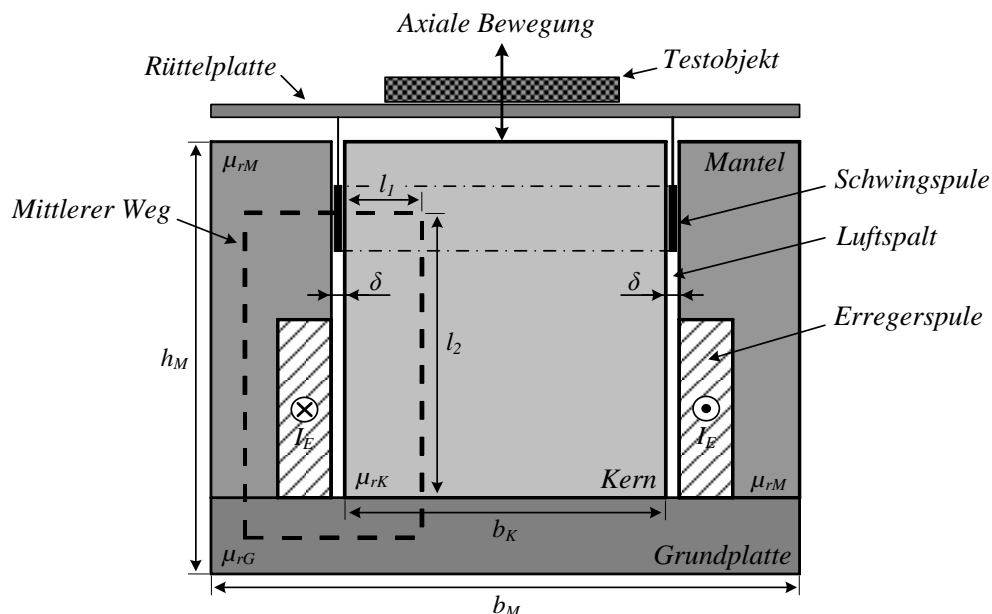


Fig. 3.1: Schnittansicht des Rütteltisches

Kenndaten des Rütteltisches:

Höhe des Rütteltisches:	$h_M = 170 \text{ mm}$
Breite der Grundplatte:	$b_M = 220 \text{ mm}$
Breite des Kerns:	$b_K = 120 \text{ mm}$
Länge des Luftspalts:	$\delta = 3 \text{ mm}$
Länge des mittleren Wegs im Kern:	$l_1 = 30 \text{ mm}$
	$l_2 = 105 \text{ mm}$
Relative Permeabilität im Kern:	$\mu_{rK} = 1000$
Relative Permeabilität im Mantel:	$\mu_{rM} \rightarrow \infty$
Relative Permeabilität in der Grundplatte:	$\mu_{rG} \rightarrow \infty$
Magnetische Induktion im Luftspalt:	$B_\delta = 1,2 \text{ T}$

- a) Skizzieren Sie in **Fig. 3.2** für die eingetragene Richtung des Erregerstroms I_E die Feldlinien der sich ausbildenden magnetischen Induktion B_δ .
- b) Im Luftspalt δ des Magnetkreises soll eine magnetische Induktion von $B_\delta = 1,2 \text{ T}$ eingestellt werden. Welche Erregungsdurchflutung $N_E \cdot I_E$ ist dafür vorzusehen? Für die Berechnungen können sämtliche Streufelder und das Magnetfeld der Schwingspule vernachlässigt werden. Die den einzelnen Wegelementen l_1 , l_2 und δ zugeordneten Flächen betragen $A_1 = 20'000 \text{ mm}^2$, $A_2 = 10'000 \text{ mm}^2$ und $A_\delta = 25'000 \text{ mm}^2$.
- c) Welcher Strom I_S ist der Schwingspule mit $N_S = 100$ Windungen zuzuführen, damit eine Gesamtkraft von $F_S = 150 \text{ N}$ erzeugt wird? Im Luftspalt beträgt dabei die magnetische Induktion $B_\delta = 1,2 \text{ T}$ und der Radius der Schwingspule ist $r_s = 61,5 \text{ mm}$.
Mit welchem Drahtquerschnitt A_S ist die Spule auszuführen, wenn die ohmschen Verluste P_V der Spule 50 W nicht übersteigen sollen (Leitfähigkeit von Kupfer: $\sigma_{\text{Cu}} = 5,6 \cdot 10^7 \text{ } \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$)?
- d) Die Schwingspule wird an eine Wechselspannung konstanter Amplitude $\hat{U} = 30 \text{ V}$ mit der Frequenz $f = 25 \text{ Hz}$ gelegt. Geben Sie ein elektrisches Ersatzschaltbild des Systems an, bei welchem auch der mechanische Teil mit der Gesamtmasse $m = 3 \text{ kg}$ für die zu rüttelnden Baugruppe, die Rüttelplatte und die Schwingspule berücksichtigt ist. Die Induktivität der Schwingspule beträgt $L_S = 500 \text{ } \mu\text{H}$ und die Flussdichte B_δ im Luftspalt wiederum $1,2 \text{ T}$. Der Einfluss der Schwingspule auf das magnetische Feld im Luftspalt kann vernachlässigt werden.
Wie gross ist die – bei einer Masse des zu rüttelnden Systems von $m = 3 \text{ kg}$ – auftretende Amplitude der Beschleunigung \hat{a}_S ? Die Reibungs- und Federkräfte der Aufhängung sowie die Gewichtskraft der Masse können vernachlässigt werden. Welche Amplitude \hat{s} der Bewegung der Schwingspule tritt auf?
- e) Skizzieren Sie die Abhängigkeit der Kraftamplitude F_S von der Rüttelfrequenz im Bereich $f = 0 \dots 2 \text{ kHz}$. Die Amplitude der Speisespannung sei dabei konstant $\hat{U} = 20 \text{ V}$.

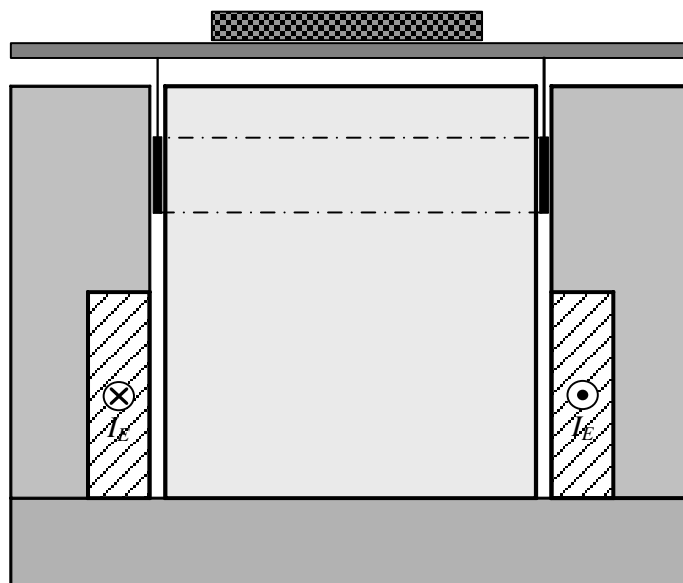


Fig. 3.2: Richtung der Feldlinien der magnetischen Induktion B_δ (Teilaufgabe a)).