

Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München
Grundpraktikum in Experimentalphysik - Kurs P2
Blockpraktikum vom 10. Aug. bis 07. Sept. 2020

Versuch:	MAG	Gruppe:	F2-2
Vorname:	YUDONG	Name:	SUN

Mit Abgabe der Auswertung wird bestätigt, dass diese eigenständig erstellt wurde!

Punkte der Vorbereitung:	2,0	1,6	1,2	0,8	0,4	0,0
					1. Abgabe	2. Abgabe
Alle Teilversuche vollständig ausgewertet?	Ja	Nein	Ja	Nein		
Wurden immer korrekte Formeln angegeben und eigene Werte eingesetzt?	Ja	Nein	Ja	Nein		
Wurde immer eine Fehlerrechnung durchgeführt?	Ja	Nein	Ja	Nein		
Wurde immer eine aussagekräftige Diskussion geführt?	Ja	Nein	Ja	Nein		
Sind Endergebnisse immer angegeben und korrekt gerundet?	Ja	Nein	Ja	Nein		
Wurden alle Diagramme mit geeignetem Maßstab und Titel eingeklebt?	Ja	Nein	Ja	Nein		
Enthalten die Diagramme alle Messwerte, Beschriftungen u. Konstruktionen?	Ja	Nein	Ja	Nein		
Auswertung erhalten am:						
Auswertung zurückgegeben am:						
Nacharbeit notwendig bis:				nicht möglich		
Wird eine der obigen Fragen bei der ersten Abgabe mit Nein beantwortet ist eine Nacharbeit erforderlich!						
Punkte:		Datum, Abtestat:				

Bitte bewahren Sie Ihre Hefte nach dem Praktikum unbedingt auf.

28
32 Blatt

BRUNNEN 

Schulheft A4
Zellstoff chlorfrei gebleicht
80 g/m²

28
32 Blatt

MAG Stichwörter

Erzeugung und Darstellung von Magnetfeldern:

- Definition des Magnetfeldes / Erzeugung ~~der~~ von Magnetfeldern / Ampèresches Durchflutungsgesetz.

→ Die Kraft zwischen elektrisch geladenen Teilen setzt sich aus 2 Komponenten zusammen

- Elektrische Kraft → wirkt auf ruhenden und bewegten Teilchen
- Magnetische Kraft → wirkt nur auf bewegte Teilchen.

Diese magnetische Kraft heißt Lorentz-Kraft, weil es gilt:

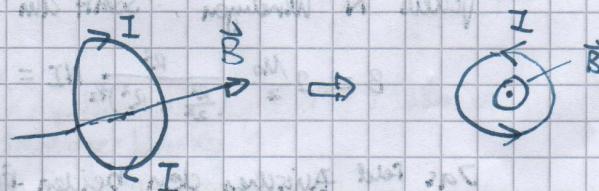
$$F = Q(\vec{v} \times \vec{B})$$

↓ ↑ ↗
 Ionenkraft Ladig Geschwindigkeit Magnetfeldstärke

$$= Q v B \sin \alpha$$

↳ Winkel zwischen \vec{v} und \vec{B} .

→ Magnetische Wechselwirkung zwischen relativ zueinander bewegen den elektrisch geladenen Teilchen auftritt ⇒ Magnetfelder auch von elektrischen Strömen erzeugt.



(Durch Rechtsschraffurregel)

→ Ampèresches Durchflutungsgesetz:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I$$

mit $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ VsA}^{-1} \text{ m}^{-1}$
magnetische Feldkonstante.

Integration entlang einer geschlossenen → umgeschlossene Stromkurve

- Gesetze von Biot und Savart / Berechnung von Magnetfeldern / Regel eines Kreisrings

→ Gesetz von Biot und Savart (Hergestellt aus Ampèresche Gesetz)

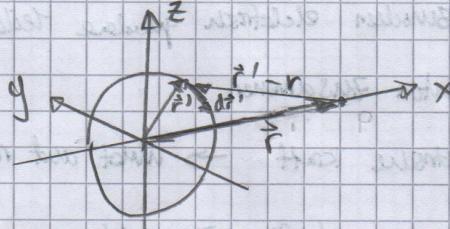
$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \oint \frac{\vec{r}' - \vec{r}}{|\vec{r}' - \vec{r}|^3} \times d\vec{l}'$$

\vec{r}' = Ortsvektor des Punktes P, für den das Feld berechnet werden soll
 \vec{l}' = Ortsvektor eines stromdurchflossenen Drahtelements.

→ Berechnung von Magnetfeldern

Man kann durch Integration mittels Biot - Savartsches Gesetze oder Umstellung nach Integration mittels Ampe'sches Gesetze die Magnetfelder \vec{B} berechnen.

→ Feld eines Kreisrings.



$$\Rightarrow |\vec{r}' - \vec{r}| = \sqrt{x^2 + R^2} \quad \text{nach Satz von Pythagoras.}$$

$$\Rightarrow \vec{r}' \times d\vec{r} = (R d\theta) \vec{d\theta}$$

$$\text{Somit: } B(x) = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{R d\theta'}{(\sqrt{x^2 + R^2})^{3/2}} = \frac{\mu_0}{2} \frac{R^2 I}{(x^2 + R^2)^{3/2}}$$

→ Feldliniennetz eines Helmholtz Spulenpaars.

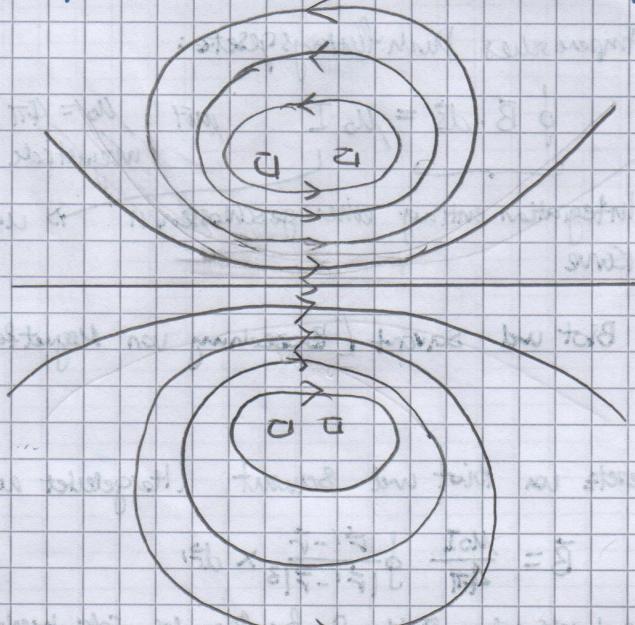
Feld eines Drahtrings mit N Windungen hat die folgende Form:

$$B(x) = \frac{\mu_0}{2} \frac{R^2}{(x^2 + R^2)^{3/2}} NI$$

Eine Helmholtzspule besteht aus 2 parallelen Drahtringen mit jeweils N Windungen. Somit am Mittelpunkt: $x = \frac{R}{2}$

$$B = 2 \frac{\mu_0}{2} \frac{R^2}{(\frac{R^2}{2^2} + R^2)^{3/2}} NI = \mu_0 \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \frac{NI}{R}$$

Das Feld zwischen den beiden Einzelspulen wird nahezu homogen. Aus Symmetriegründen gilt diese Formel auch außerhalb der Spulenachse für den Mittleren Teil der Spuleabordnung:



→ Bezeichnungen des Magnetfeldes eines Helmholtzspulenpaars,
Homogenitätsbedingung:

→ Mittlerer Teil zwischen 2 Einzelringen nahezu homogen

→ Mittlerer Teil ist ein gedachtes zylindrisches Volumen in
der Mitte des Helmholtzspulenpaars mit einer Länge
von etwa ein Drittel des Spulenabstandes und einem
Durchmesser von etwa der Hälfte des Spulendurchmessers.

→ Experimentell einfach zu realisieren

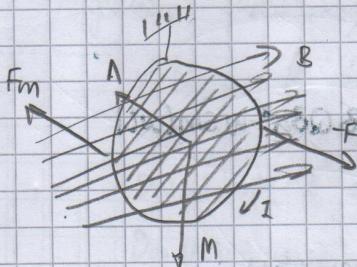
Lorentzkraft

• Kraft, die auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld wirkt

$$\vec{F} = I (\vec{s} \times \vec{B})$$

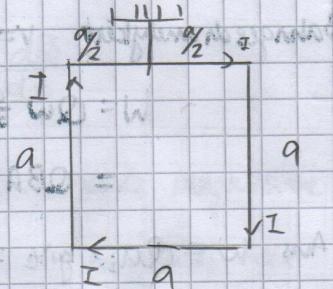
↖ Richtung des Stromes

• Drehmoment eines Ringsstroms Ringstroms



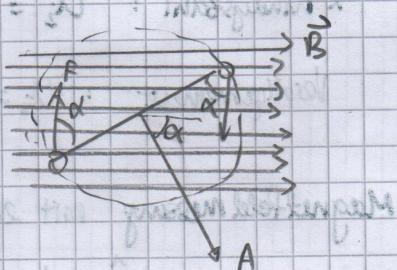
Vereinfachung:

$$F_m =$$



$$M = IAB\sin\alpha$$

Man kann dann jede beliebig geformte Schleife dieses Drehmoments berechnen, da jede geschlossene Kurve durch ein Netz von infinitesimal kleinen Querströmen ersetzt werden kann.



• Magnetisches Dipolmoment.

Für eine Spule mit N Windungen gilt:

$$M = NIAB\sin\alpha$$

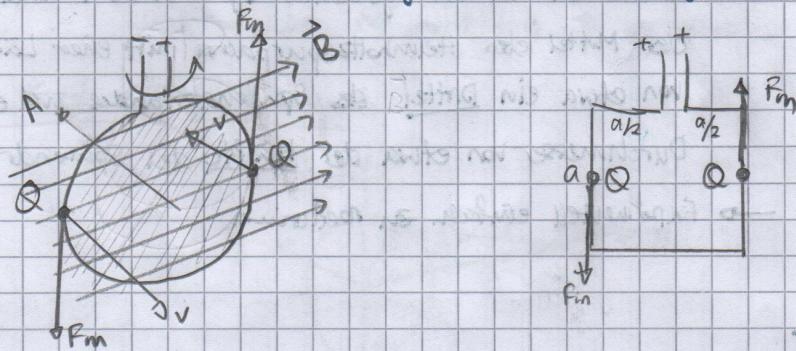
Der Ausdruck $m = NI/A$ heißt das magnetische Dipolmoment der Spule

Ursprung: Begrenzt der Spule die gleiche Form besitzt, wie das eines Stabmagneten mit 2 Polen.

$$\Rightarrow \vec{M} = \vec{m} \times \vec{B}$$

Induktion an einer bewegten Leiterschleife

- Rotierende Leiterschleife im homogenen Magnetfeld / Bild einer Leiterschleife mit allen relevanten Größen / Erklärung der Induktionsspannung mit Lorentzkraft.



$$\vec{F}_m = Q(\vec{v} \times \vec{B}) = QE_i \Rightarrow \text{Induktionsspannung.}$$

- Beweisung der Induktionsspannung durch die Arbeit, welche die Lorentzkraft zur Verschiebung der Ladung leistet.

Drahtende zum anderen Drahtende: $W = F_m 2a = QvB \sin(wt) 2a$

Bahngeschwindigkeit $v = wa/2$, somit

$$W = Qw \frac{a}{2} B \sin(wt) 2a = \frac{1}{2} QBA^2 w \sin(wt)$$

$$= QBA w \sin(wt)$$

Aus $W = QU_i$ gilt: $U_i = BAw \sin(wt)$

- Entstehung einer sinusförmigen Wechselspannung.

× Windungszahl: $U_i = NBAw \sin(wt)$ ↪ Spezialfall

Verallgemeinert: $U_i = -NB \cdot \frac{dA}{dt}$ ($\sin(wt) = -\frac{d}{dt} \cos wt$)

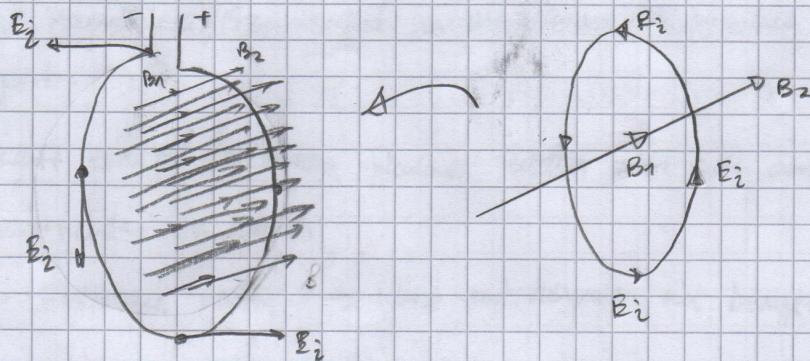
- Magnetfeldmessung mit einer Leiterschleife

Amplitude \hat{U}_i der Spannung bestimmt. Aus $\hat{U}_i = NBAw$ folgt:

$$B = \frac{\hat{U}_i}{NAw}$$

Induktion durch Änderung des Magnetfeldes:

- Feldlinien der elektrischen Feldstärke einer sich dem Betrag nach zeitlich verändernden mag. Flussdichtevektors.



- Induktionsgesetz für zeitlich veränderliches Magnetfeld und unbewegter Leiter

$$U_i = - \vec{A} \cdot \frac{d\vec{B}}{dt}$$

- Allgemeines Induktionsgesetz

$$U_i = - N \frac{d}{dt} (\vec{B} \cdot \vec{A}) = - N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

Dabei ist Φ der die Spule durchsetzende magnetische Fluss.

Das Induktionsgesetz gilt auch für ein inhomogenes Feld \vec{B} , wobei die Definition von Φ zu $\Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$ erweitert werden muss.

Versuch Nr. 1 - Magnetfeld des Relais

Name: Yvonne Sun

Datum: 17. Aug 2020

Teilversuch 1: Sich barmerden der Magnetfeldlinien mit Hilfe von Eisenteilen.

Versuchsziel: Magnetfeldlinien von einem Feldspule sichtbar machen.

Magnetzelle: Eisenteile.

Versuchsdurchführung:

- Schiebe bei Bedarf ein ungeklemmtes DIN A3 Blatt nach der am Arbeitsplatz liegenden Aluminiumplatte zu.
- Klebe A3 Blatt mit Klebestreifen auf Aluminiumplatte.
- Schiebe Alu-platte mit Blatt in die Halterung am Spulenpaar.
- ~~Die~~ Streue Eisenteilechen dünn und gleichmäßig über die gesamte Fläche verteile (auch außerhalb der Helmholzspulen)
- Feldspulen Strom auf Ruhingenerator auf Null setzen.
- Entlastungs generator einschalten.
- Feldspulen Strom langsam auf Maximalen Wert erhöhen.
- Auf die Unterseite der Trägerplatte vorsichtig klopfen, bis sich die Eisenteilechen ausgehobelt haben.
- Beobachtete Feldlinienbild skizzieren. Fehlenden Teil ergänzen.
- Feldrichtung, die sich aus dem an den Spulen angegebenen "Umlaufsinn" des Feldstromes ergibt, einzeichnen

Zielvorschrift: Drehmoment des Feldes auf eine Stromdurchflossene Spule.

Versuchsvorrichtung: Drehmoment, das ein Magnetfeld auf eine Stromdurchflossene Spule ausübt, in Abhängigkeit vom Winkel zw. Spulenachse und Feldrichtung messen.

Messmethoden: Torsionsspule

Versuchsdurchführung:

- Funktionsgenerator ausschalten.
 - Winkelstab in das Helmholtz-Spulenpaar einschieben.
 - Torsionsspule einbauen
 - Torsionsspule mit den Stromzuführungsrächen verbinden.
(Vorsicht! mit Leitungen umgehen)
 - Winkelstab so positionieren, dass die Torsionsspule ~~im~~ ihr nach Angenommen zentriert ist. Klemmschrauben fest ziehen.
 - Torsionsspulenachse senkrecht zur Achse des Helmholtz-Spulenpaars ausrichten.
 - Funktionsgenerator einschalten. Feld- und Torsionsspulenstrom auf Nominalwerte hochführen. Drehkräfte festhalten.
 - Torsionspulenstrom ausschalten.
 - Flussdichtenvektor der Torsionsspule so drehen, dass er möglichst genau in Feldrichtung des Helmholtz-Spulenpaars zeigt. (Beim Wiedereinschalten soll kein Drehmoment auf die Torsionsspule wirken)
 - Ggf. muss die Alu-platte mit Winkelstab nachjustiert werden.
 - Feld und Torsionsspulen einschalten.
 - Winkel α (zws. Torsionspulenachse und Helmholtzachse) in Schritten von 10° auf 90° durch Drehen des Drehknopfes, am Torsionsdrall.
- $(\alpha = 0^\circ \text{ bis } \alpha = 90^\circ)$

- Mithilfe der Drehknopfstellung den Drehwinkel des Drehknopfs messen.
- Fehler abschätzen.

Teilaufgabe ③: Induktion durch Drehen einer Spule in einem Magnetfeld.

- Zielvorsatz:
- Der zeitliche Verlauf der induzierte Spannung durch die längs einer Spule in einem zeitlich konstanten Magnetfeld registrieren.
 - Phasendreiecke aus den Messwerten und aus der Feldspannungsgeometrie bestimmen.

Meßwerte: XY/t - Schreiber

Vorberichtsfähigung:

- XY/t - Schreiber Anflugsdistanz:

X-Achse: 1x1, Verner: cal, Zero: oper, Thetha: 90°,
Merk: sec/cm

Y-Achse: 1X1, Verner: cal, Zero: oper

Motors: stby, Ren: up.

- Funktionsschalter ausschalten
- Multimeter in die Feldspannenzuleitung schließen
- die notgetriebene Motortransspule montieren.
- die Induktionsspule mit flexiblen dünnen Kabeln an die Y-Achse des Schreibers anschließen.
- Motor einschalten
- Funktionsschalter einschalten und Reisstrom auf einen Wert hochschrauben bei dem die Amplitude der Schreibbewegung für die Y-Achse asymptotisch $100 \text{ mV} \cdot \text{cm}^{-1}$ ohne Übersteuerung möglichst groß ist.

- Mit dem Schreiber die Nulllinie für die Induktionsspannung zeichnen
- Induktionsspannung bei laufendem Motor mit dem Ablenkfaktor 18 cm^{-1} aufzeichnen
- Schenkelinstellung notieren
- Radius an ^{Windungen} der Helmholzspulen messen.

Teilversuch (4): Induktion durch ein zeitlich veränderliches Magnetfeld.

- Versuchsziel:
- Der zeitliche Verlauf der Feldstärke und der induzierten Spannung in einer unbewegten Spule durch ein zeitlich verändertes Feld registrieren
 - Überprüfung des Induktionsgesetzes

Messanordnung: $\propto \sqrt{t}$ -Schreiber

Vorbereitung:

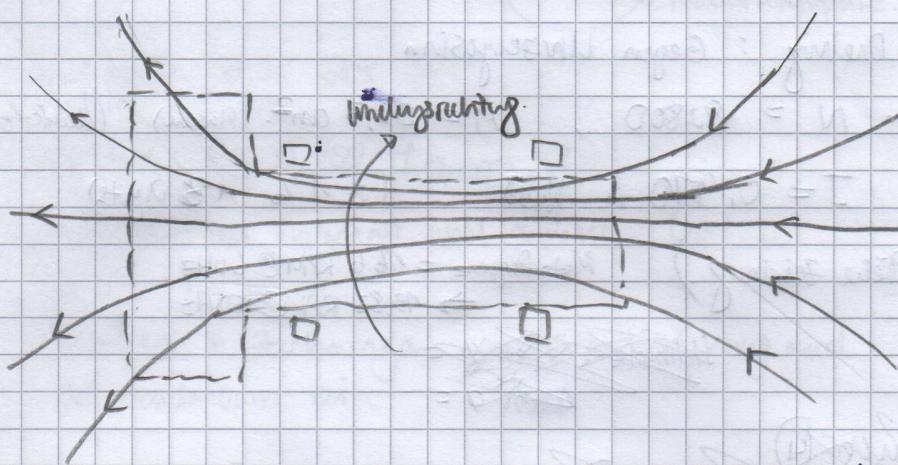
- Punktionsgenerator ausschalten. Multimeter entfernen. Schreiber in Standby-Modus schalten.
- Plastikverstärker der Induktionsspule durch verstüttiges Drehen der Motorwelle mit der Hand in Übereinstimmung mit der Feldrichtung.
- Falls alte Modell, die Stabauslede für den Schreiber am ~~Punktionsgen~~ Punktionsgenerator mit den entsprechenden Banana-Steckern biegen und an der Rückseite des Schreibers verbinden.
- Punktionsgenerator auf Dreieck ~~spann~~ schalten.
- Punktionsgenerator einschalten und die Dreiecksfunktion starten.
- Frequenz ~~regel~~ der Dreiecksfrequenz mit Hilfe der Stoppuhr einstellen, dass die ~~pendend~~ Periodendauer etwa 20 s beträgt.

- Y-Eingang des Schreivers so mit der Feldspur verbinden, dass Sie später aus dem Plot den Reluktanz bestimmen können
 \rightarrow (Multiplikator in 8erem) $\times \Rightarrow$ Spannungsabfall im Widerstand.
- Ablenkfaktor für den Y-Eingang als 20 mV cm^{-1} (Galten 25 mV cm^{-1}) wählen.
- Die Amplitude der Dreieckschritte so einstellen, dass der Schreiber etwas weniger als die ~~die~~ halbe Blattfläche ausmalt
- Zeitabstimmung des Schreibers verwenden.
 \hookrightarrow Einstellung: Taster XY/NT auf YT
 $\frac{1}{\text{Geschwindigkeit}} = 1 \text{ cm}^{-1}$
 \rightarrow Start mit Taster START.
- ~~Feldstärke~~ Reluktanz starten. In der oberen Blatthälfte aufzuzählen. Nach Beendigung des Schwingungszyklus die zuletzt gezählten ~~zu~~-stoppen. des Reluktanzes stoppen.
- Mit dem Schreiber, die
 - Nulllinie für den Reluktanz
 - Maximalspannung (untere Hälfte)
 - Nulllinie für die Induktionsspannung
 Zählen.
- 4 weitere Verläufe auf selbigem Blatt papier zeichnen, indem die Amplitude in äquidistanten Schritten ~~reduziert~~ reduzieren.
 \rightarrow Um systematische Fehler zu minimieren, erst Stromfeld messen, dann Induktionsspannung
 - Schreibereinstellung notieren

Messungen im Labor.

Helmholz Wirkungszeit $N = 528$

Teilversuch ①



* Es gibt viel mehr
Reihen als hier
gezeichnet.

Teilversuch ②

Drehkopf: Äußere Markierung.

$$\Delta \alpha = \pm 2^\circ, \Delta \beta = \pm 1,0^\circ$$

$\alpha / {}^\circ$	$\beta / {}^\circ$
0	295,0
10	315,0
20	337,0
30	358,5
40	17,0
50	35,0
60	53,0
70	65,5
80	77,5
90	89,0

) $\rightarrow 360^\circ$

Teilversuch (3)

Modell: LY14100 - II

Drehung: Gegen Uhrzeigersinn

Windungen $N = 82800$, $A = 23,5 \text{ cm}^2$ (Plättchen) (Induktionsspule)

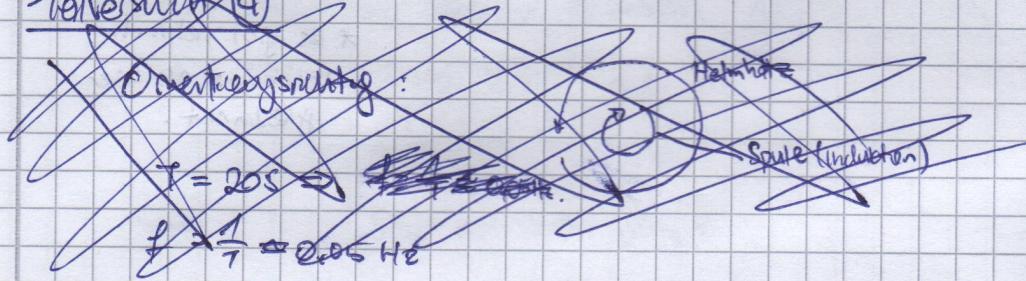
$$I = 0,970 \text{ A} \quad (\pm 1\% + 3 \text{ Rgts})$$

(siehe Zeichnung)

$$\begin{aligned} \text{Motordrehzahl} &= 166 \text{ RPM} @ 60 \text{ Hz}, \\ &\Rightarrow 13,83 \text{ RPM} @ 50 \text{ Hz} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Innen } \varnothing &= \\ \text{Außen } \varnothing &= \end{aligned}$$

Teilversuch (4)



Hauptpolzähne:

Windungen $N = 528$

$$\text{Innen } \varnothing = 25,1 \text{ cm} \pm 0,2 \text{ cm}$$

$$25,2 \text{ cm} \pm 0,2 \text{ cm}$$

$$25,2 \text{ cm} \pm 0,2 \text{ cm}$$

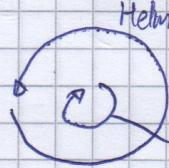
$$\text{Außen } \varnothing = 30,0 \text{ cm} \pm 0,2 \text{ cm}$$

$$29,9 \text{ cm} \pm 0,2 \text{ cm}$$

$$30,0 \text{ cm} \pm 0,2 \text{ cm}$$

Beobachten (4)

Orientierungsrichtung:



Helmholtz
Induktionsströme.

Periodendauer etwa 20s

Widerstand $R = 0,180 \pm 0,002 \Omega$

Spannabfall von Widerstand muss gemessen, U_R

Vorzeichen in Zeichnungen von induzierte Spannung und U_R
soll andersrum sein

Die Der Strom wird durch Azyklusmaß in 5 ~~stern~~ quadranten
Schnitte geteilt.

Schreibe einstellungen:

V : mV, 20mV/cm

T : 1s cm^{-1}

