

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 A 4
Zellstoff chlorfrei gebleicht
80 g/m²

28
32 Blatt

MAG Stichwörter

Erzeugung und Darstellung von Magnetfeldern:

- Definition des Magnetfeldes / Erzeugung des von Magnetfeldern / Amperisches Durchflutungsgesetz.

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

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

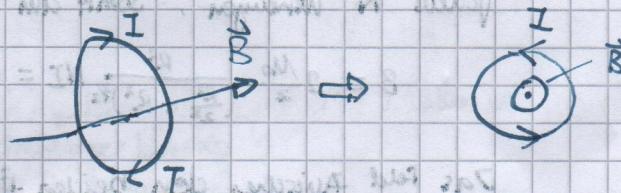
Diese magnetische Kraft heißt Lorentz-Kraft und ergibt:

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

Lorentzkraft \vec{v} \vec{B} Magnetfeldstärke
 Ladung Geschwindigkeit Winkel zwischen \vec{v} und \vec{B} .

$$= QvB \sin \alpha$$

→ Magnetische Wechselwirkung zwischen relativ zueinander bewegen den elektrisch geladenen Teilchen erfordert \Rightarrow Magnetfelder auch von elektrischen Strömen erzeugt.



(Durch Rechtsschraffurregel)

→ Amperisches Durchflutungsgesetz:

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

mit $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Vs A}^{-1} \text{ m}^{-1}$
 magnetische Feldkonstante.
 Integration entlang einer geschlossenen Kurve \rightarrow umgeschlossene Strom

- Gesetz von Biot und Savart / Bezeichnung von Magnetfeldern / Regel eines Kreisrings

→ Gesetz von Biot und Savart (Hergeleitet aus Amperesischer Gesetz)

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

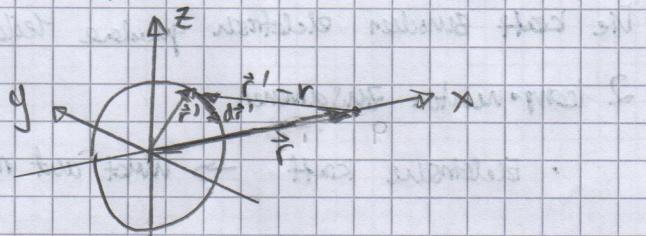
\vec{r}' = Ortsvektor des Punktes P, für den das Feld berechnet werden soll

\vec{l}' = Ortsvektor eines strömendurchflossenen Drahtelements.

→ Berechnung von Magnetfeldern

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

→ Feld eines Kreisrings.



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

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

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

→ Feldliniennetz eines Helmholtzspulenpaars.

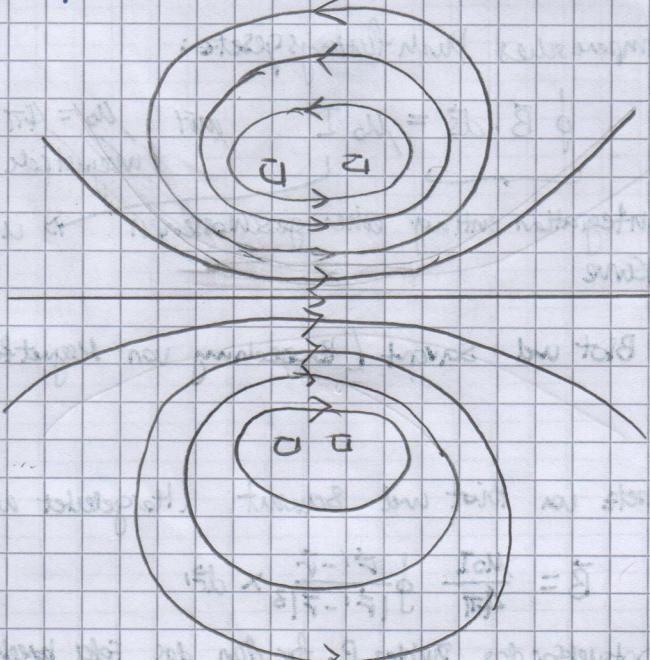
Feld eines Drahtrings mit N Windungen hat die folgende Form:

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

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 dieser Formel auch außerhalb der Spulenachse für den Mittelpunktteil der Spuleanordnung:



→ Besonderheiten des Magnetfeldes eines Helmholtzspulenpaars, Homogenitätsbedingung:

→ Mittlerer Teil zwischen 2 Spulenrügen nahezu homogen

→ Mittlerer Teil ist ein gedrehtes 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

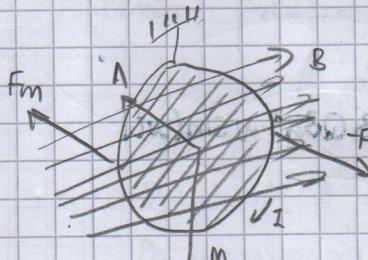
Lorentzkraft

• Kraft, die auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld wirkt

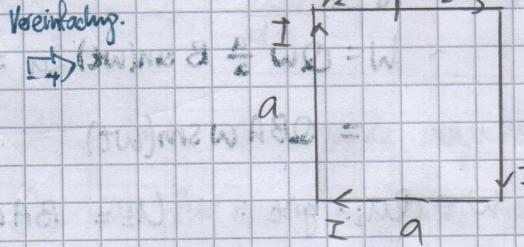
$$\vec{F} = I (\vec{s} \times \vec{B})$$

↖ Richtung der Ströme

• Drehmoment eines Ringstroms

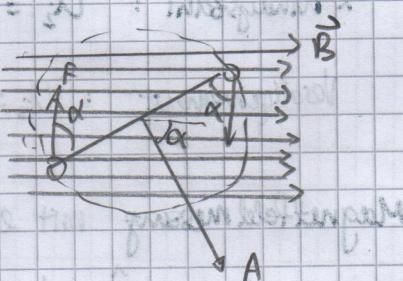


Vereinfachung:



$$M = IAB \sin \alpha$$

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



• Magnetisches Dipolmoment.

Für eine Spule mit N Windungen gilt:

$$M = NIAB \sin \alpha$$

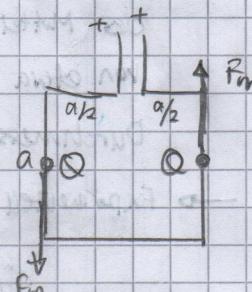
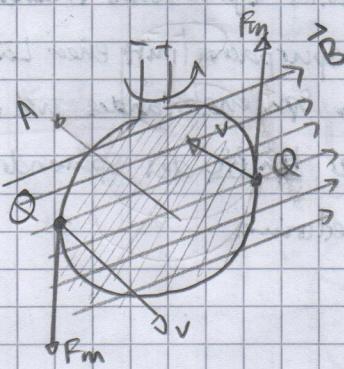
Der Ausdruck $m = NI$ heißt das magnetische Dipolmoment der Spule

Ursprng: Beim Feld 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 nach Lorentzkraft.



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

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

Drahtende zum anderen Drahtende: $W = F_m 2a = Q \sqrt{B} \sin(\omega t) 2a$

Bahngeschwindigkeit $v = \omega a/2$, somit

$$W = Q \omega \frac{a}{2} B \sin(\omega t) 2a = B Q B a^2 \omega \sin(\omega t)$$

$$= Q B A \omega \sin(\omega t)$$

Aus $W = Q U_2$ gilt: $U_2 = B A \omega \sin(\omega t)$

Entstehung einer sinusförmigen Wechselspannung:

* Windungszahl: $U_2 = N B A \omega \sin(\omega t) \rightarrow \text{Spezialfall}$

Verallgemeinert: $U_2 = -N B \cdot \frac{dA}{dt} \quad (\sin(\omega t) = -\frac{d}{dt} \cos \omega t)$

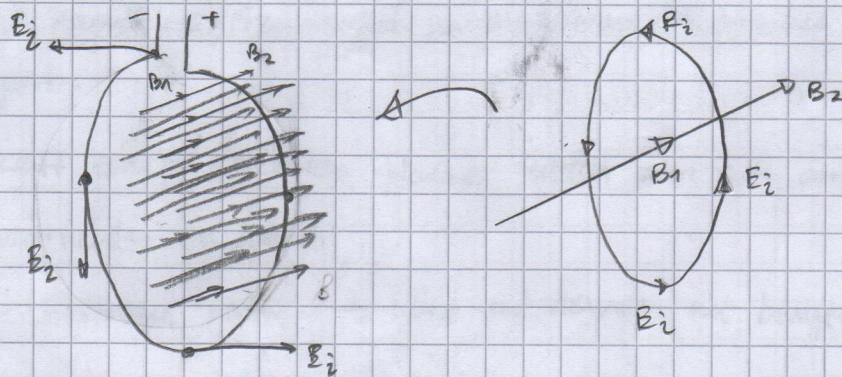
Magnetfeldmessung mit einer Leiterschleife

Amplitude \hat{U}_2 der Spannung bestimmt. Aus $\hat{U}_2 = N B A \omega$ folgt:

$$B = \frac{\hat{U}_2}{N A \omega}$$

Induktion durch Änderung des Magnetfeldes.

- Feldbilddaten der elektrischen Feldstärke eines sich dem Betrag nach zeitlich verändernden mag. Flussdichtenvektors.



- 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 MFG - Magnetisches Feld

Name : Yvonne Sun

Datum : 17. Aug 2020

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

Vergleichsziel : Magnetfeldlinien von einem Feldspulen sichtbar machen.

Messmethode : Eisenspannen.

Versuchsdurchführung:

- Schiebe bei Bedarf ein ungedreutes DN 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.
- ~~Streu~~ Streue Eisenteilchen dünn und gleichmäßig über die gesamte Fläche verteile (auch außerhalb der Helmholzspulen)
- Feldspulen Strom auf Pultimegeniator auf Null setzen.
- Entlastungs generator einschalten.
- Feldspulen Strom langsam auf Maximalen Wert erhöhen.
- Auf die Unterseite der Trägerplatte vorsichtig klopfen, bis sich die Eisenteilchen ausgehobelt haben.
- Beobachtete Feldlinienbild skizzieren. Fehlenden Teil ergänzen.
einzeichnen
- Feldrichtung, die sich aus dem an den Spulen angegebenen „Umlaufsinn“ des Feldstromes ergibt,

Zielvorschrift ②: Drehmoment des Feldes auf eine Stromdurchflossene Spule.

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

Messmethoden: Torsionsspule

Versuchsdurchführung:

- Funktionsgenerator ausschalten.
- Winkelstufen in das Helmholtz-Spulenpaar einschieben.
- Torsionsspule einbauen
- Torsionsspule mit den Stromzuführungsschrauben verbinden.
(Wichtig mit Leitungen umgehen)
- Winkelstufen so positionieren, dass die Torsionsspule ~~mit~~ in 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.
- Torsionsspulenstrom ausschalten.
- Flussdichtenvektor der Torsionsspule so aussrichten, dass er möglichst genau in Feldrichtung des Helmholtz-Spulenpaars zeigt. (Beim Wiedereinschalten soll kein Moment auf die Torsionsspule auftreten)
- Ggf. muss die Alu-platte mit Winkelstufen nachjustiert werden.
- Feld und Torsionsspulen einschalten.
- Winkel α (zw. Torsionsspulenachse und Helmholtzachse) in Schritten von 10° auf 90° durch Drehen des Drehknopfes, am Torsionsdrall.
 $(\alpha = 0^\circ \text{ bis } \alpha = 90^\circ)$

- Mithilfe der Drehknotstellplatte den Drehwinkel des Drehkopfes messen.
- Fehler abschätzen.

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

- Versuchsziel:
- Den Zeitlichen Verlauf der induzierten Spannung durch Drehung einer Spule in einem zeitlich konstanten Magnetfeld registrieren.
 - Phasenpunkt aus den Messwerten und aus der Feldspannungsgeometrie bestimmen.

Meßmethode: XY/t-Schreiber

Vorberichtsfähigkeit:

- XY/t-Schreiber Anpassungen:
 - X-Achse: 1x1, Vierier: cal, Zero: oper, Threball: negat; Maße: sec/cm
 - Y-Achse: 1x1, Vierier: cal, Zero: oper
 - Motor: stay, Pen: up.
- Funktionsgenerator ausschalten
- Multimeter in die Feldspannenzuleitung schließen
- die notwendigen Induktionsspule montieren.
- die Induktionsspule mit flexiblen dünnen Kabeln an die Y-Achse des Schreibers anschließen.
- Motor anschalten
- Funktionsgenerator einschalten und Leistung auf einen Wert hochschrauben bei dem die Amplitude der Schreiberbewegung für die Y-Achse 100 mV cm^{-1} ohne Übersteuerung möglichst groß ist.

- Mit dem Schreiber die Nulllinie für die Induzierte Spannung ~~Zeichnen~~
- Induzierte Spannung bei laufendem Motor mit dem Ablenkfaktor 1 cm^{-1} aufzeichnen
- Schreibereinstellung notieren
- Radius an ~~Windungen~~^{Windungen} der Helmholzspulen messen.

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

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

Messwiderstand: $\times 1/\text{t}$ -Schreiber

Vorlauzabstimmung:

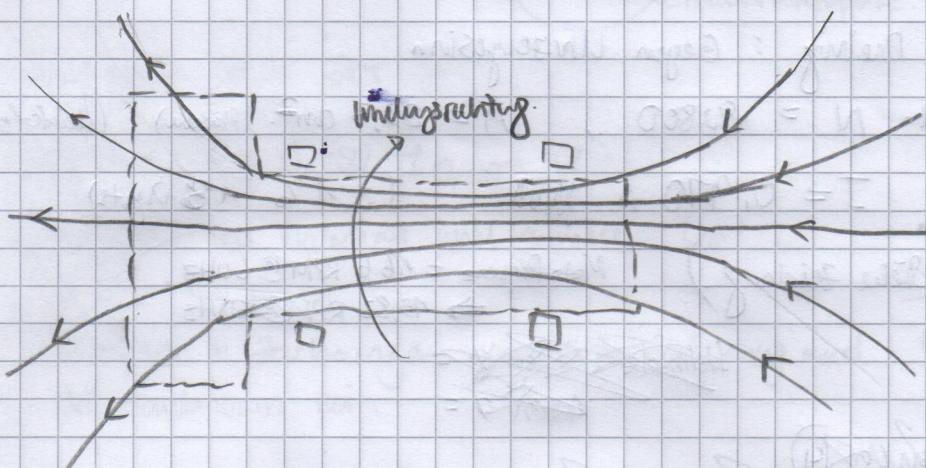
- Punktionsgenerator ausschalten. Multimeter entfernen. Schreiber in Standby-Modus schalten.
- Plastikennstecker der Induktionsspule durch vorsichtiges Drehen der Motornutte mit der Hand in Übereinstimmung mit der Feldrichtung.
- Falls alte Modell, die Startzusalte für den Schreiber am ~~Punktions~~ Punktionsgenerator mit den entsprechenden Bananensteckern verbinden.
- Punktionsgenerator auf Dreieck ~~spannen~~ schalten.
- Punktionsgenerator einschalten und die Dreieksfunktion starten.
- Frequenz ~~aus~~ der Dreieksfunktion mit Hilfe der Stoppuhr einstellen, dass die ~~periodische~~ Periodendauer etwa 20 s beträgt.

- Y-Eingang des Schreibers so mit der Tiefspanne verändern, dass Sie später aus dem Plot den Reaktionsraum bestimmen können
 \rightarrow (Multiplikator in 8erien) $\times \Rightarrow$ Spannungsabfall im Widerstand.
- Abstandsfaktor für den Y-Eingang als 20 mV cm^{-1} (alten 25 mV cm^{-1}) wählen.
- Die Amplitude der Dreieckschritte so einstellen, dass der Schreiber etwas weniger als die halbe Blattfläche ausmalt
- Zeitabstimmung des Schreibers verwenden.
 Laut Einstellung: Taster XY/NT auf YT
 $\frac{1}{\text{Geschwindigkeit}} = 1 \text{ cm}^{-1}$
 \rightarrow Start mit Taster START.
 - ~~Feldstärke~~ Feldstrahl starten. In der oberen Blatthälfte aufzuzählen. Nach Beendigung des Schwingungsrhythmus die Zählung ~~unterbrechen~~ des Feldstrahles stoppen.
 - Mit dem Schreiber, die
 - Nulllinie für den Reaktionsraum
 - Mittelspannung (untere Hälfte)
 - Nulllinie für die Induktionsspannung
 zählen.
 - A weitere Verläufe auf selben Blatt papier zerstreuen, indem die Amplitude in äquidistanten Schritten ~~stetig~~ reduziert werden.
 \rightarrow Nur systematische Fehler zu minimieren, erst Stromfeld messen, dann Induktionsspannung
 - Schreibeinstellung notieren

Messungen im Labor.

Helmholz Wirkungsgebi. N = 528

Teilversuch ①



* Es gibt viel mehr Feldlinien als hier gezeichnet.

Teilversuch ②

Brennkopf: Außenrechteck.

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

$\alpha/^\circ$	$\beta/^\circ$
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

) $+360^\circ$

Teilversuch 3

Modell: LY14100 - II

Drehung: Gegen Uhrzeigersinn

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

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

(Schematische Zeichnung)

Motorfrequenz = 16,6 RPM @ 60Hz,
 $\Rightarrow 13,83 \text{ RPM @ 50Hz}$

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

Teilversuch 4



Helmholtzspulen:

Windungen $N = 528$

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

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

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

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

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

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

beiliegender (1)

Orientierungsrichtung:



Helmholtz
Induktionspfeile.

Periodendauer etwa 20s

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

Spannabfall von Widerstand und gemessen, U_R

Vorzeichen in Zeichnungen von induzierte Spannung und U_R
soll unterschiedlich sein

Der Strom wird durch Augemaß in 5 etwa gleichstarken
Schnitte geteilt.

Schreibe einstellen:

γ : mV, 20mV/cm

T : 1s cm $^{-1}$

