

Werk

Jahr: 1933

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:9

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0009

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0009

LOG Id: LOG_0053

LOG Titel: Über die Homogenität des Magnetfeldes bei symmetrischer Spulenanordnung

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Über die Homogenität des Magnetfeldes bei symmetrischer Spulenanordnung

Von **G. Fanselau**, Berlin-Charlottenburg — (Mit 1 Abbildung)

Die in einer früheren Arbeit von mir berechneten Spulenaggregate zur Erzeugung homogener Magnetfelder hatten gleiche Windungszahl und gleiche Stromstärke der Spulen zur Voraussetzung. Unter Verzicht auf diese Voraussetzung gelangt man mitunter zu konstruktiv geeigneteren Anordnungen.

Zur Erzeugung der in der erdmagnetischen Meßtechnik erforderlichen weitgehend homogenen Magnetfelder diente bisher die sogenannte Helmholtzsche Spulenanordnung: zwei symmetrische konaxiale Spulen im Abstand ihres Radius. Da der meßtechnisch verwertbare Raum bei hohen Genauigkeitsansprüchen trotzdem relativ klein ist, habe ich in einer früheren Arbeit*) Kombinationen von symmetrischen Spulen berechnet, welche eine schrittweise Annäherung an das absolut homogene Feld bedeuten. Bei den Berechnungen hatte ich damals vorausgesetzt, daß alle Spulen gleiche Windungszahl haben und vom gleichen Strom durchflossen werden sollten. Diese Voraussetzung bedeutet nur eine Strommessung, ein Umstand, der bei Präzisionsmessungen von ausschlaggebender Bedeutung sein kann. Schon damals habe ich aber bemerkt, daß man durch Beschickung der Spulen mit Strömen verschiedener Stärke zu anderen, mitunter räumlich etwas geeigneteren Anordnungen gelangen kann. Unter diesen Umständen ist es möglich, die konstruktiv etwas störende Tatsache, daß die verschiedenen Spulenpaare nicht in derselben Vertikalebene liegen, zu beseitigen.

Im folgenden sollen nun kurz die einfachen Rechnungen angegeben werden, die die gestellte Aufgabe lösen. Dabei ist es zweckmäßig, eine neue Größe $Z = nI$ (n Windungszahl, I Stromstärke des Spulenstromes) einzuführen. Als Ausgangspunkt dient wieder die Gleichung (4) der oben zitierten Arbeit, nur mit dem Unterschied, daß für die einzelnen Spulenpaare jetzt verschiedene Z_v maßgebend sind:

$$\psi = \frac{4\pi}{c} \sum_1^k Z_v \left[Z_v - v_v^2 Z_v \sum_{1,3,5}^{\infty} \frac{1}{n} \left(\frac{r}{R}\right)^n P_n u P'_n u_v \right] \dots \dots (1)$$

Es soll nun die Forderung erfüllt werden, daß die Spulenpaare alle denselben Abstand $2d$ voneinander haben. Dann ergibt sich mit

$$\frac{u_v}{d} = \frac{1}{R_v} \quad \text{jetzt} \quad \psi = \frac{4\pi}{c} \sum_1^k Z_v \left(Z_v - v_v^2 Z_v \sum_{1,3,5}^{\infty} \frac{r^n}{n} \cdot P_n u \cdot \frac{u_v^n}{d^n} P'_n u_v \right). (2)$$

Will man nun wieder in (2) die höheren (3., 5., ...) Glieder, durch welche die Inhomogenitäten bedingt sind, zum Verschwinden bringen, so muß man folgendes Gleichungssystem erfüllen:

$$\left. \begin{aligned} \beta_{13} + \beta_{23} D_2 + \beta_{33} D_3 + \dots + \beta_{k3} D_k &= 0 \\ \beta_{15} + \beta_{25} D_2 + \beta_{35} D_3 + \dots + \beta_{k5} D_k &= 0 \\ \vdots & \\ \beta_{1n} + \beta_{2n} D_2 + \beta_{3n} D_3 + \dots + \beta_{kn} D_k &= 0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3)$$

*) G. Fanselau: Die Erzeugung weitgehend homogener Magnetfelder durch Kreisströme. Zeitschr. f. Phys. **54**, 260—269, 1929.

Dabei bedeutet $\beta_{r,n} = (1 - u_r^2) u_r^n P'_n u_r$ und $D_k = Z_k/Z_1$. Die u_r bestimmen sich, wie in der obengenannten Arbeit näher auseinandergesetzt ist, wieder aus der Bedingung $P'_n u_r = 0$, wodurch das Störungsglied n ter Ordnung zum Verschwinden gebracht ist. Man überzeugt sich leicht, daß dann in (3) gerade die nötige Zahl von Gleichungen übrigbleibt, um auch alle vorhergehenden Störungsglieder zu beseitigen. Der Fall der ersten Näherung scheidet hier als unwesentlich aus. Es soll auch nur die zweite Näherung genauer berechnet werden. Hier sind nun mit den u_r als Wurzeln der Gleichung $P'_5 u = 0$ alle $\beta_{v,5} = 0$, und es bleibt in (3) als restliche Bestimmungsgleichung der noch verfügbaren Stücke nur:

$$\beta_{1,3} + D_2 \beta_{2,3} = 0, \quad \text{oder} \quad D_2 = - \frac{\beta_{1,3}}{\beta_{2,3}} \dots \dots \dots (4)$$

Die numerische Durchrechnung mag die Verhältnisse erläutern. $P'_5 u = 0$ hat die beiden Doppelwurzeln $u_1 = \pm 0.765045$ und $u_2 = \pm 0.285232$, den beiden Spulenpaaren entsprechend. Mit diesen Zahlenwerten wird $D_2 = 28.2897 = Z_2/Z_1$. Durch entsprechende Wahl des Verhältnisses der Windungszahlen und Stromstärken der beiden Spulenpaare gibt es jetzt natürlich mannigfache Möglichkeiten. Will man nur eine Strommessung ausführen, also die Spulenpaare hintereinander schalten, so kann man den Zahlenwert von D_2 durch die Windungszahlenverhältnisse $85/3$ oder $113/4$ recht gut approximieren. Aber selbst wenn die Spulen mit Strömen verschiedener Stärke beschickt werden, kann eine, dann freilich zum Teil relative Strommessung ausreichen. Die geometrische Anordnung der Spulenpaare ist in Fig. 1 veranschaulicht. Man erhält bei beliebigen d für $a_1 = d \cdot 0.841730$ und für $a_2 = d \cdot 3.360269$. Für das Grundfeld einer solchen Anordnung ergibt sich $H_0 = Z_1/d \cdot 9.71355$.

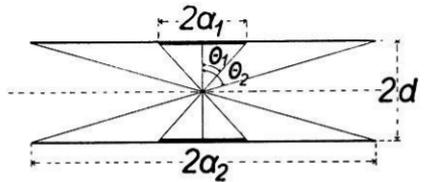


Fig. 1. Spulenordnung der 2. Näherung

In diesem Zusammenhang ist es nicht uninteressant, den Versuch zu unternehmen, die Homogenität des Feldes einer Helmholtzspule durch in derselben Vertikalebene befindliche Korrektionsspulen zu verbessern. Man überzeugt sich jedoch leicht, daß man hier durch Hinzufügen nur eines Spulenpaares die Forderung, auch das Störungsglied 5. Ordnung zu beseitigen, nicht erfüllen kann.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß man natürlich ebensogut auch die Forderung der Gleichheit der Radien der verschiedenen Spulenpaare erfüllen kann. Man hat ja dann nur für $1/R_r = v_r/a$ zu setzen und dann alle Rechnungen analog durchzuführen. Wegen der geringen Bedeutung solcher Anordnungen soll hier jedoch auf die Rechnung verzichtet werden.

Magnetisches Observatorium, Laboratorium Potsdam.