

Werk

Jahr: 1970

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 Z NAT 2148:36

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0036

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0036

LOG Id: LOG_0140

LOG Titel: Berechnung eines Stromsystems in der Polaren E-Region

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

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

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 there 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

Briefe an den Herausgeber

Berechnung eines Stromsystems in der Polaren E-Region

Von P. CZECHOWSKY, Lindau/Harz*)

Seit mehreren Jahren werden Versuche unternommen, aus den Störvektoren ΔH , ΔZ und ΔD erdmagnetischer Registrierungen Stromsysteme in der Ionosphäre zu berechnen [CHAPMAN 1951, WALKER 1964, SCRASE 1967, REIMER 1969]. Bedingt durch die große Anzahl der Parameter scheint eine exakte Berechnung eines derartigen Systems aussichtslos zu sein. Mit der Annahme eines physikalisch sinnvollen Modells ist es jedoch möglich, ein äquivalentes Stromsystem zu finden, das am Erdboden in einem bestimmten Bereich ein entsprechendes Störfeld hervorruft. In diesem Beitrag wird ein Lösungsweg beschrieben, mit dem neun Parameter eines Modellstromsystems bestimmt werden können.

Aus dem BIOT-SAVARTSchen Gesetz kann man das Magnetfeld einer beliebigen Stromverteilung berechnen:

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}) = \frac{\mu}{4\pi\gamma} \int \left[\mathbf{i}(\mathbf{r}') \times \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}'}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} \right] d^3\mathbf{r}' \quad (1)$$

Das Koordinatensystem sei jeweils so gewählt, daß x senkrecht zum Strom (positiv nordwärts), y in oder gegen Stromrichtung (positiv ostwärts) und z positiv nach unten zeigt.

Zur Berechnung von Strömen, die nur in einem kleinen Höhenbereich fließen können, ist es nicht notwendig, die genaue Höhenverteilung zu berücksichtigen. Es genügt die Kenntnis der höhenintegrierten Stromdichte \mathbf{j} :

$$\mathbf{j}(x, y) = \int_0^{\infty} \mathbf{i}(x, y, z) dz \quad \mathbf{i} = \text{Stromdichtevektor} \quad (2)$$

\mathbf{j} ist die Flächenstromdichte in einer bestimmten Höhe und wird anstelle von \mathbf{i} eingesetzt.

In diesem Modell sollen nur Ströme berücksichtigt werden, die in positive oder negative y -Richtung fließen und nur von x abhängig sind, d. h. $\mathbf{j} = j(x) \cdot \hat{y}$. Für die Rechnung wurde eine einfache Verteilung von $j(x)$ von folgender Form gewählt:

$$\begin{aligned} j &= -(j_0/s) \cdot x + j_0 & \text{für } x > 0 \\ j &= (j_0/s) \cdot x + j_0 & \text{für } x \leq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

mit $2s = \text{Breite des Strombandes}$.

*) Dipl.-Phys. Peter CZECHOWSKY, Max-Planck-Institut für Aeronomie, 3411 Lindau/Harz.

Unter diesen Voraussetzungen läßt sich Gleichung (1) integrieren und man erhält für die Horizontal- und die Vertikalkomponente:

$$\begin{aligned}
 B_x = H &= \frac{0.4 I}{2 s^2} \left(\frac{h}{2} \cdot \ln \left(\frac{h^2 + x^2}{h^2 + (x+s)^2} \right) + \frac{h}{2} \cdot \ln \left(\frac{h^2 + x^2}{h^2 + (x-s)^2} \right) \right. \\
 &\quad \left. + (x+s) \cdot \arctan \left(\frac{x+s}{h} \right) + (x-s) \cdot \arctan \left(\frac{x-s}{h} \right) - 2 x \cdot \arctan \left(\frac{x}{h} \right) \right) \\
 B_z = Z &= -\frac{0.4 I}{2 s^2} \left(\frac{x+s}{2} \cdot \ln \left(\frac{h^2 + (x+s)^2}{h^2 + x^2} \right) + \frac{x-s}{2} \cdot \ln \left(\frac{h^2 + (x-s)^2}{h^2 + x^2} \right) \right. \\
 &\quad \left. + h \cdot \arctan \left(\frac{x+s}{h} \right) + h \cdot \arctan \left(\frac{x-s}{h} \right) - 2 h \cdot \arctan \left(\frac{x}{h} \right) \right)
 \end{aligned} \tag{4}$$

mit: x = Abstand vom Strommaximum

h = Höhe des Flächenstromes

$2s$ = Breite des Flächenstromes

I = Stromstärke

Für die Rechnung werden zwei Flächenströme (Stromrichtungen parallel oder antiparallel) sowie die im Erdinnern induzierten Ströme berücksichtigt.

Die Gesamtkomponenten ΔH und ΔZ , die mit den Messungen verglichen werden sollen, setzen sich wie folgt zusammen:

$$\begin{aligned}
 \Delta H &= (H_1 + H_1^*) \pm (H_2 + H_2^*) \\
 \Delta Z &= (Z_1 - Z_1^*) \pm (Z_2 - Z_2^*)
 \end{aligned} \tag{5}$$

* = induzierter Anteil

Damit enthält das Modell neun unbekannte Parameter:

α = Stromrichtung

h = Höhe des Stromsystems

t = Tiefe des induzierten Anteils

x_1 und x_2 = Lage der Teilströme

$2s_1$ und $2s_2$ = Breite der Teilströme

I_1 und I_2 = Stromstärke der Teilströme

Zur Berechnung dieser Unbekannten benutzt man die gemessenen Störvektoren ΔH , ΔZ , ΔD aus Magnetogrammen geeigneter Stationen, die folgendermaßen aus-

gewählt werden. Man bestimmt zunächst aus D_0 , H_0 (Basiswerte), ΔD und ΔH die Stromrichtung α über jeder Station und wählt dann vier davon aus, die möglichst auf einem Großkreis senkrecht zur mittleren Stromrichtung liegen. In diesem Fall beschreibt das Modell die tatsächlichen Verhältnisse am besten. Die Beträge der Störkomponenten ΔH_i und ΔZ_i ($i = 1 \dots 4$) sowie die Lage der Stationen werden dann in die Gleichungen (5) eingesetzt. Man erhält damit ein nichtlineares, linearunabhängiges Gleichungssystem aus acht Gleichungen. Dieses System läßt sich nach einem Näherungsverfahren von NEWTON-RAPHSON [WILLERS 1957] lösen, wenn man mäßig genaue Anfangswerte kennt. Diese Anfangswerte wurden teils aus physikalischen Überlegungen heraus gewonnen und teils aus Modellrechnungen übernommen.

In der Tabelle sind die Ergebnisse dieser Berechnungen aufgeführt. Als Beispiel wurde der erdmagnetische Sturm vom 23./24. März 1969 ausgewählt. Die Ausgangswerte wurden den Magnetogrammen von LEIRVOGUR, LERWICK, ESKDALEMUIR und HARTLAND entnommen. Bei jedem dieser Werte wurden Fehler berücksichtigt, die durch ungenaue Bezugswerte, Ablesefehler sowie durch Verzerrungen beim Vergrößern der Magnetogramme entstanden sind.

Tabelle: Ergebnisse der Modellrechnung.

(x_1 und x_2 sind die Abstände in km von Eskdalemuir, α_m ist die mittlere Stromrichtung bezogen auf geographisch Nord). — Beispiel vom 23./24. März 1969.

Zeit UT	I_1 $\times 10^5$ Amp	I_2 $\times 10^5$ Amp	h km	t km	$2s_1$ km	$2s_2$ km	x_1 km	x_2 km	α_m Grad
2230	-9.67	5.67	132.8	895.5	2116.0	181.0	795.9	954.5	-128.1
2300	-4.82	-2.46	106.1	931.1	744.6	264.4	404.6	1129.1	-88.2
2330	-3.38	-4.90	103.4	955.8	298.4	447.4	318.6	866.6	-111.5
2400	-4.77	-3.31	111.5	1077.0	507.6	703.2	344.7	803.8	-112.4
0030	-3.71	-5.31	106.8	1325.0	531.4	385.2	311.5	1205.0	-95.9
0100	-4.17	-3.26	111.5	891.7	737.8	404.8	390.5	1270.0	-134.4
0130	-6.12	-4.39	117.2	1021.0	517.2	869.8	424.8	1165.0	-134.5
0200	-8.80	-3.17	118.9	960.2	823.8	576.4	161.1	1078.0	-123.7
0230	-6.37	0.83	97.6	1182.0	1103.8	624.0	375.7	1668.0	-139.3

Da die Berechnungen mit einem Näherungsverfahren durchgeführt worden sind, wurde das Magnetfeld dieses Modellstromes mit den Horizontal- und Vertikalkomponenten ΔH und ΔZ bestimmt und zum Vergleich als Kreise bzw. Punkte in die Magnetogramme eingezeichnet (Abb. 1; s. S. 650).

Diese Ergebnisse zeigen, daß man mit dieser Methode ein äquivalentes Stromsystem und daraus ein Magnetfeld berechnen kann, das erstaunlich gut mit den gemessenen Werten übereinstimmt. Dieses Modell läßt sich auf mehr als zwei Teilströme erweitern, dadurch wird jedoch auch der Rechenaufwand erheblich vergrößert.

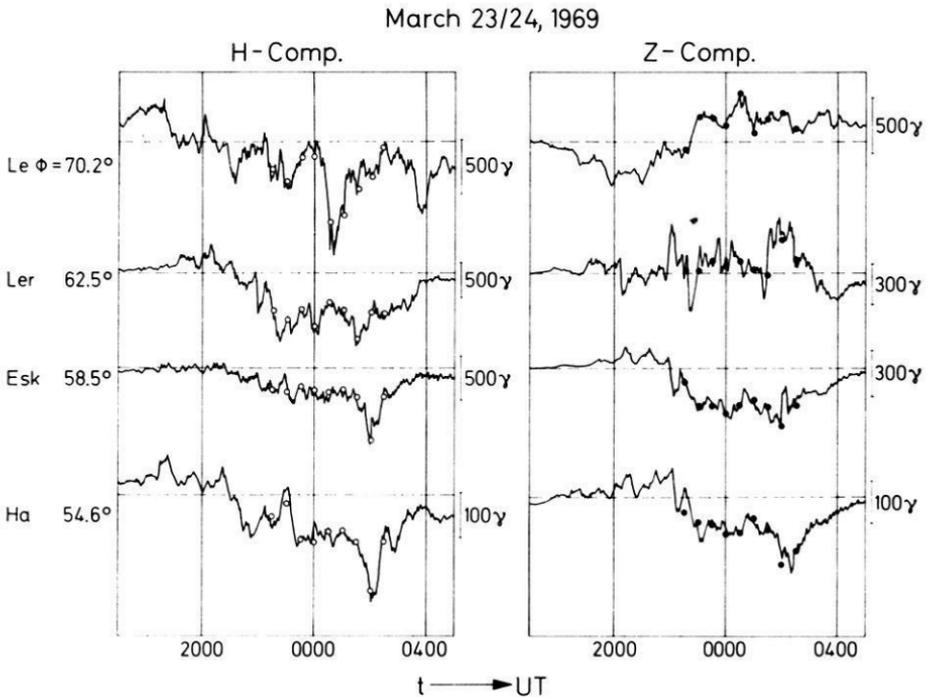


Abb. 1: Verlauf der H - und Z -Komponente vom 23./24. März 1969.
Die Kreise und Punkte sind aus dem Modell berechnete Werte für ΔH und ΔZ .

Literatur

- CHAPMAN, S., The Equatorial Electrojet as Detected from the Abnormal Electric Current Distribution above Huancayo, Peru, and elsewhere. Arch. Met. Geophys. Bioklim. A4, 368, 1951
- REIMER, D.: Bestimmung der momentanen Lage des Elektrojets. Inst. für Geophys. und Meteorologie der Techn. Universität Braunschweig, 1969
- SCRACE, F. J.: The electric current associated with polar magnetic sub-storms. Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics 1967, Vol. 29, pp. 567–579. Pergamon Press Ltd. Printed in Northern Ireland
- WALKER, J. K.: Space-time associations of the aurora and magnetic disturbance. Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics, 1964, Vol. 26, pp. 951 to 958, Pergamon Press Ltd. Printed in Northern Ireland
- WILLERS, F. A.: Methoden der Praktischen Analysis, Walter de Gruyter & Co., Berlin 1957