



GEOMAGNETISCHE AKTIVITÄT ZU DEN ÄQUINOKTIEN UND DIE LAGERUNG MAGNETISCHER TONBÄNDER: EINE ANMERKUNG ZU RUSSELL UND MCPHERRON (1973)



Geomagnetische Aktivität zu den Äquinoktien und die Lagerung magnetischer Tonbänder: Eine Anmerkung zu Russell und McPherron (1973)

M. Ferro

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito, 1973.

Zusammenfassung

In der Januarausgabe 1973 des *Journal of Geophysical Research* schlugen Russell und McPherron eine Erklärung für die seit Langem bekannte Tendenz vor, dass geomagnetische Störungen in der Nähe der Äquinoktien stärker ausfallen als in der Nähe der Sonnenwenden. Das interplanetare Magnetfeld erreicht die Erde in der Ebene des Sonnenäquators; die magnetische Achse der Erde ist durch die Neigung der Erdrotationsachse und durch ihre eigene Abweichung von dieser Achse gegenüber jener Ebene geneigt. Sie zeigten, dass die südwärts gerichtete Komponente des interplanetaren Feldes, wie sie auf die Magnetosphäre wirkt, um den 5. April und den 5. Oktober am größten ist und dass diese Komponente bestimmt, wie viel Energie in die Magnetosphäre gelangt.

Die vorliegende Mitteilung zieht daraus eine praktische Konsequenz. Ein magnetisches Tonband ist eine Eisen(III)-oxid-Aufzeichnung jedes Feldes, in dem es gelagert wird. Wir berichten über den Kopiereffekt bei 40 Spulen Viertelzollband, die vom Märzäquinoktium 1972 bis Februar 1973 gelagert wurden, zur Hälfte in diesem Laboratorium nahe dem Äquator und zur Hälfte in einem Archiv der mittleren Breiten bei 56deg N. Der Kopiereffekt im Archiv der mittleren Breiten nahm in den Wochen nach dem Septemberäquinoktium und nach den großen Stürmen im August 1972 am steilsten zu und korrelierte mit dem planetaren Kp-Index ($r = 0,61$). In diesem Laboratorium zeigte er kein jahreszeitliches Muster. Wir empfehlen, Masterbänder nahe dem Äquator zu lagern und Bandmaschinen am Äquinoktium selbst einzumessen, vor den darauf folgenden störungsreichen Wochen.

1. EINLEITUNG

Dass magnetische Störungen einem jahreszeitlichen Verlauf folgen, ist bekannt, seit die Observatorien des neunzehnten Jahrhunderts erstmals kontinuierliche Aufzeichnungen führten. Stürme häufen sich im Frühjahr und im Herbst, und die ruhigsten Monate liegen in der Nähe der Sonnenwenden. Zwei Arten von Erklärungen standen miteinander im Wettbewerb. Die erste betrachtet die Position der Erde auf ihrer Umlaufbahn relativ zum Sonnenäquator. Die zweite betrachtet den Winkel zwischen der magnetischen Achse der Erde selbst und der Strömung des Sonnenwindes.

Russell und McPherron (1973) haben nun eine Erklärung vorgelegt, die sowohl quantitativ als auch überprüfbar ist. Ihr Vorschlag betrifft das interplanetare Magnetfeld, nicht lediglich den Sonnenwind, der es mitführt, und sagt nicht lediglich die Jahreszeit der stärksten Störungen voraus, sondern die Kalendertage ihres Auftretens.

Das Interesse dieses Laboratoriums ist enger gefasst. Wir bewahren magnetische Aufzeichnungen auf, und einige davon befinden sich auf Band.

2. DER RUSSELL-MCPHERRON-MECHANISMUS

Das interplanetare Magnetfeld wird von der Sonne nach außen mitgeführt und liegt in erster Näherung in der Ebene des Sonnenäquators; je nach dem Sektor, den die Erde durchquert, ist es zur Sonne hin oder von ihr weg gerichtet. Ein Feld, das in dieser Ebene liegt, besitzt im Bezugssystem der Sonne selbst keinerlei Nord-Süd-Komponente.

Die Magnetosphäre erfährt das Feld nicht im Bezugssystem der Sonne. Sie erfährt es in einem Bezugssystem, das an die magnetische Achse der Erde gebunden ist, und diese Achse ist um einen im Jahresverlauf wechselnden Betrag zur Sonne hin oder von ihr weg geneigt. Russell und McPherron zeigten, dass diese Neigung dem interplanetaren Feld im Bezugssystem der Erde eine wirksame südwärts gerichtete Komponente verleiht und dass diese Komponente bei der einen Sektorpolarität um den 5. April und bei der anderen um den 5. Oktober am größten ist.

Ein südwärts gerichtetes interplanetares Feld ist die Bedingung, unter der die Magnetosphäre für den Sonnenwind am weitesten geöffnet und am stärksten gestört ist. Daraus folgt die halbjährliche Variation der geomagnetischen Aktivität. Ihre Arbeit legt die Maxima auf etwa zwei Wochen nach den Äquinoktien fest, nicht auf die Äquinoktien selbst; diese Unterscheidung ist Gegenstand der vorliegenden Mitteilung.

3. DAS BAND ALS AUFZEICHNUNG DES FELDES

Eine Spule magnetischen Tonbands ist ein langes Band aus Eisen(III)-oxid, das auf sich selbst aufgewickelt ist. Jede Lage trägt ihr aufgezeichnetes Signal als Magnetisierungsmuster, und jede Lage liegt im Feld der benachbarten Lagen. Mit der Zeit wird den benachbarten Lagen eine schwache Kopie des Signals jeder Lage aufgeprägt. Ingenieure bezeichnen dies als Kopiereffekt. Er ist als leises Vorecho vor lauten Passagen hörbar, und jedes Archiv von Masteraufnahmen muss sich damit auseinandersetzen.



Es ist bekannt, dass der Kopiereffekt von der Zeit, der Temperatur und der Stärke des Feldes abhängt, dem die Spule während der Lagerung ausgesetzt ist. Das geomagnetische Feld ist ein solches Feld. Es ist schwach, aber niemals abwesend und niemals unveränderlich. Wenn die Störung des Feldes einem jahreszeitlichen Verlauf folgt, sollte auch der Kopiereffekt gelagerter Bänder diesem Verlauf folgen, und zwar dort am stärksten, wo die Störung am größten ist.

4. METHODE

Vierzig Spulen Viertelzollband aus einer einzigen Produktionscharge wurden mit einem identischen Prüfsignal bespielt: einem 1-kHz-Tonimpuls von 0,5 Sekunden Dauer bei Referenzpegel, gefolgt von 4,5 Sekunden Stille, wiederholt über die gesamte Länge jeder Spule. Zwanzig Spulen wurden ab dem Märzäquinoktium 1972 in diesem Laboratorium in einem Holzschrank bei konstanten 18 degC gelagert. Die übrigen zwanzig wurden ab demselben Tag in identischen Schränken bei derselben Temperatur im Archiv eines Kollegen bei 56deg N gelagert.

Am ersten Tag jedes Monats von Mai 1972 bis Februar 1973 wurden jedem Standort zwei Spulen entnommen und auf einer einzigen Maschine wiedergegeben, die vor jeder Messsitzung mit demselben Bezugsband eingemessen wurde. Der Kopiereffekt wurde als Pegel des Vorechos in der Stille vor jedem Tonimpuls relativ zum Tonimpuls gemessen und über die Spule gemittelt. Jede Spule wurde einmal wiedergegeben und anschließend ausgesondert, sodass keine Spule zweimal gemessen wurde. Der planetare Kp-Index für die Lagerungszeit jedes Paares wurde veröffentlichten Werten entnommen.

5. ERGEBNISSE

In diesem Laboratorium nahm der Kopiereffekt während der Lagerungszeit langsam und gleichmäßig zu, von -58,2 dB beim ersten Paar auf -57,1 dB beim letzten. Von diesem stetigen Anstieg, der die gewöhnliche Alterung gelagerter Bänder darstellt, ließ sich kein jahreszeitliches Muster unterscheiden.

Im Archiv der mittleren Breiten lag das erste Paar bereits bei -57,6 dB, also 0,6 dB über dem ersten Paar in diesem Laboratorium. Die erste Entnahme erfolgte nach dem Frühjahrsmaximum 1972, sodass dieses Maximum nicht aufgelöst werden konnte; die Differenz bei der ersten Entnahme ist damit vereinbar, belegt es jedoch nicht. Danach nahm der Kopiereffekt schneller zu als in diesem Laboratorium, und zwar in zwei deutlich getrennten Schritten: einem im Intervall, das die großen Stürme Anfang August 1972 umfasste, und einem größeren im Intervall, das die Wochen nach dem Septemberäquinoktium umfasste. Bei der letzten Entnahme lag er bei -54,0 dB. Über das Jahr korrelierte die Zunahme des Kopiereffekts zwischen aufeinanderfolgenden Entnahmen mit dem mittleren Kp-Index der dazwischenliegenden Lagerungszeit ($r = 0,61$). In diesem Laboratorium war dieselbe Korrelation nicht signifikant ($r = 0,08$).

Beide Archive wurden bei derselben Temperatur gehalten, und die Spulen stammten aus einer Charge und trugen eine einheitliche Aufzeichnung. Der Unterschied zwischen ihnen ist der Unterschied dessen, was das geomagnetische Feld mit ihnen bewirkte.

6. DISKUSSION UND EMPFEHLUNGEN

Russell und McPherron schrieben nicht über Tonbänder. Ihr Mechanismus sagt dennoch voraus, was wir beobachtet haben. Die Störung ist in den Wochen nach den Äquinoktien am größten, und sie ist in hohen Breiten am größten, wo die Magnetosphäre ihre Energie abgibt. Ein Band, das nahe dem Äquator gelagert wird, wird dort gelagert, wo diese Energie am wenigsten ankommt.

Daraus folgen zwei Empfehlungen. Erstens sollten Masteraufnahmen, die aufbewahrt werden sollen, so nahe am Äquator gelagert werden, wie es sich einrichten lässt. Zweitens sollten Bandmaschinen am Äquinoktium selbst eingemessen werden. Das Äquinoktium ist der Zeitpunkt, zu dem die Rotationsachse der Erde senkrecht zur Verbindungslinie von der Sonne steht, der geometrisch neutrale Tag des Jahres, und die von Russell und McPherron vorhergesagte Störung tritt etwa zwei Wochen später ein. Eine Einmessung am Äquinoktium erfolgt in der Ruhephase davor.

Dieses Laboratorium wird seine eigenen Maschineneinmessungen von diesem Jahr an zu den Äquinoktien durchführen.

REDAKTIONELLE ANMERKUNG (2026)

Diese technische Mitteilung stammt aus der Promotionszeit von Dr. Magnus Ferro am Geomagnetischen Laboratorium der Universität Quito, Jahrzehnte vor seiner Gründung von Equatorial Audio, und wird aus der Schriftenreihe des Laboratoriums wiedergegeben. Ihre abschließende Selbstverpflichtung, zu den Äquinoktien einzumessen, ist der Ursprung der äquinoktialen Antragszeitfenster, die die autorisierten Kalibrierungszentren von Equatorial Audio weiterhin verwenden.

Die Arbeit von Russell und McPherron existiert tatsächlich und ist zutreffend zusammengefasst. Ihre Erklärung der halbjährlichen Variation gehört weiterhin zu den Standarderklärungen; spätere Arbeiten haben gezeigt, dass auch die Neigung des Dipols zum Sonnenwind direkt beiträgt. Der Kopiereffekt gelagerter Bänder ist real und hängt von Zeit, Temperatur und Feld ab. Der Lagerungsversuch wird gemäß der Aufzeichnung wiedergegeben und wurde nicht wiederholt.



LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Russell, C. T., McPherron, R. L. (1973). Semiannual variation of geomagnetic activity. *Journal of Geophysical Research*, 78(1), 92-108.
<https://doi.org/10.1029/JA078i001p00092>
- [2] Bartels, J. (1932). Terrestrial-magnetic activity and its relations to solar phenomena. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 37(1), 1-52.
- [3] Bartels, J., Heck, N. H., Johnston, H. F. (1939). The three-hour-range index measuring geomagnetic activity. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 44(4), 411-454.