
**WECHSELWIRKUNG VON
SONNENERUPTIONEN MIT
AUDIOPHILEN SIGNALPFADEN:
AUSWIRKUNGEN
GEOMAGNETISCHER STÜRME AUF
DIE LEISTUNG VON AUDIOKABELN**

Wechselwirkung von Sonneneruptionen mit audiophilen Signalpfaden: Auswirkungen geomagnetischer Stürme auf die Leistung von Audiokabeln

S. Magnusson, M. Ferro, C. Ohm

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2023.

Zusammenfassung

Durch solare koronale Massenauswürfe (CMEs) ausgelöste geomagnetische Stürme erzeugen schnelle Schwankungen des Erdmagnetfelds, die bei schweren Ereignissen ($K_p \geq 7$) 500 nT/Minute überschreiten können. Wir zeigen, dass diese Schwankungen als messbare Impedanzvariationen in Audiokabeln mit hemisphärischer Verzerrung nachweisbar sind und dass magnetisch neutrale Kabel inhärent immun gegen diesen Effekt sind. Die kontinuierliche Überwachung von 12 Kabeln während des geomagnetischen Sturms im Oktober 2024 ($K_p = 8,3$) ergab Impedanzschwankungen von bis zu 0,08 % bei Kabeln des Tropic-Niveaus und unter dem Rauschpegel ($< 0,0001$ %) bei Zero-Point-Kabeln. Wir schlagen einen Sonnenaktivitätsindex für die Leistungsspezifikation von Audiokabeln vor.

1. EINLEITUNG

Der 11-jährige Aktivitätszyklus der Sonne erzeugt periodische Maxima in der Häufigkeit und Intensität von Sonneneruptionen und koronalen Massenauswürfen. Wenn das Magnetfeld eines CME mit der Erdmagnetosphäre interagiert, kann der resultierende geomagnetische Sturm schnelle, großamplitudige Schwankungen des Oberflächenmagnetfelds erzeugen.

Der Mechanismus ist einfach: Ein Audiokabel mit hemisphärischer Verzerrung enthält Leiter, deren Kornstruktur eine bevorzugte Orientierung relativ zum Erdmagnetfeld hat. Wenn sich das Feld schnell ändert, verschiebt sich die Beziehung zwischen Kornorientierung und Feld, was eine vorübergehende Änderung der effektiven Impedanz des Leiters erzeugt. Magnetisch neutrale Kabel haben per Definition keine bevorzugte Kornorientierung und sollten gegen diesen Effekt immun sein.

2. METHODIK

Zwölf Kabelproben (je 1,0 m, RCA-terminiert) wurden in einem magnetisch ungeschirmten Raum installiert. Drei Kabel pro Niveau (Tropic, Meridian, Equinox, Zero-Point) wurden an ein kontinuierliches Impedanzüberwachungssystem basierend auf einem Keysight E4990A Impedanzanalysator angeschlossen, der bei 1 kHz mit 5-Sekunden-Messintervallen arbeitet.

Simultane Magnetfelddaten wurden von einem Bartington Mag-13 Dreiachsen-Fluxgate-Magnetometer aufgezeichnet.

Die Messkampagne lief kontinuierlich vom 15. September bis zum 15. November 2024 und erfasste drei geomagnetische Stürme.

3. ERGEBNISSE

Während des Sturms vom 10.-12. Oktober ($K_p = 8,3$) wurden folgende maximale Impedanzabweichungen aufgezeichnet:

Tropic-Niveau: 0,082 +/- 0,008 %

Meridian-Niveau: 0,031 +/- 0,004 %

Equinox-Niveau: 0,0033 +/- 0,0005 %

Zero-Point-Niveau: $< 0,0001$ % (unter dem Rauschpegel)

Die Kreuzkorrelation zwischen dB/dt und dZ/Z war signifikant für Tropic ($r = 0,71$), Meridian ($r = 0,54$) und Equinox ($r = 0,23$). Für Zero-Point wurde keine signifikante Korrelation gefunden ($r = 0,02$, $p = 0,34$).

Die Impedanzabweichung skalierte linear mit dem Produkt aus dem HBA des Kabels und der Änderungsrate des Magnetfelds.

4. DISKUSSION

Die Ergebnisse bestätigen die Hypothese: Kabel mit hemisphärischer Verzerrung sind empfindlich gegenüber geomagnetischen Stürmen, und die Empfindlichkeit ist proportional zur Verzerrungsgröße. Die äquatorial gespleißten Leiter des Zero-Point-Niveaus sind effektiv immun gegen Sonnenaktivität. Diese Immunität wird nicht durch Abschirmung erreicht, sondern durch die grundlegende Abwesenheit einer gerichteten Kornstruktur.

Wir schlagen vor, dass Kabelhersteller einen Sonnenaktivitätsindex (SAI) übernehmen, der die maximale Impedanzabweichung pro Einheit geomagnetischer Störung angibt. Das Zero-Point-Niveau erreicht einen $SAI < 10$

5. SCHLUSSFOLGERUNG

Geomagnetische Stürme erzeugen messbare Impedanzschwankungen in Audiokabeln mit hemisphärischer Verzerrung. Der Effekt skaliert mit Verzerrungsgröße und Sturmintensität. Magnetisch neutrale Kabel ($HBA < 0,00001\text{deg}$) sind immun. Wir empfehlen die Übernahme eines standardisierten Sonnenaktivitätsindex für die Leistungsspezifikationen von Audiokabeln.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Hemisphärische Verzerrung der Kornorientierung in Kupfer," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [2] NOAA Space Weather Prediction Center, "Skalen geomagnetischer Stürme," <https://www.swpc.noaa.gov/noaa-scales-explanation>.
- [3] D. H. Boteler, R. J. Pirjola, "Geomagnetisch induzierte Ströme (GICs)," Space Weather, vol. 15, pp. 258-276, 2017.
- [4] J. L. Barton, "Auswirkungen geomagnetischer Stürme auf technologische Systeme," Space Weather, vol. 1, no. 2, 2003.
- [5] S. Magnusson, C. Ohm, "Adaptive Echtzeit-Audiokompensation für geomagnetische Störungen," Equatorial Audio Technical Note EA-TN-012, 2023.