



**HALVKUGLEBIAS I KOBBERS
KORNORIENTERING: EN
METALLURGISK UNDERSØGELSE
AF BREDDEGRADUAFHÆNGIG
LEDERANISOTROPI**



Halvkuglebias i kobbers kornorientering: En metallurgisk undersøgelse af breddegradafhængig lederanisotropi

M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2020.

Resumé

Den krystallografiske orientering af kobberledere antages konventionelt at være bestemt af trækingsparametre, legeringssammensætning og udglødsprotokol. Denne undersøgelse viser, at en fjerde variabel -- geomagnetisk breddegrad -- producerer en målbar og systematisk bias i den dominerende kornorienteringsakse i kommercielt trukket OFC-kobber. Scanning elektronmikroskopi af 847 prøver trukket ved 23 faciliteter på tværs af breddegrader fra 67,4deg N til 33,8deg S afslører en konsistent korrelation mellem geografisk breddegrad og kornorienteringsvinkel, hvor prøver fra den nordlige halvkugle udviser nordvest-sydøst-forlængelse og prøver fra den sydlige halvkugle udviser den komplementære nordøst-sydvest-bias. Prøver trukket inden for 0,5deg af den geomagnetiske ækvator viser ingen statistisk signifikant orienteringspræference ($p > 0,95$). Vi foreslår betegnelsen «halvkuglebias» for dette fænomen og diskuterer dets implikationer for lederydeevne i audiosammenhænge.

1. INDLEDNING

De elektriske egenskaber ved kobberledere bestemmes ikke kun af bulkresistivitet, men af det trukne materiales mikrostrukturelle karakteristika. Korngrænser -- grænsefladerne mellem individuelle krystallitter i polykrystallinsk kobber -- repræsenterer steder for elektronspredning, termisk modstand og mekanisk svaghed. Orienteringen, størrelsen og fordelingen af disse korn er blevet undersøgt indgående i forbindelse med mekanisk ingeniørvidenskab (Hall-Petch-forstærkning), elektroteknik (residual modstandsforhold) og superlederefysik (fluxfastholdelse ved korngrænser).

Hvad der ikke er blevet undersøgt, indtil nu, er det systematiske forhold mellem den geografiske breddegrad af trækingsfaciliteten og den resulterende kornorienteringsfordeling.

Jordens magnetfelt ved ethvert givet punkt på overfladen kan dekomponeres i horisontale og vertikale (inklinations-) komponenter. Ved den magnetiske ækvator er inklinationen nul -- feltet er rent horisontalt. Ved de magnetiske poler nærmer inklinationen sig 90deg -- feltet er næsten lodret. Mellem disse yderpunkter varierer inklinationen kontinuerligt med breddegraden.

Under kobbertrækingsprocessen passerer metallet gennem en matrice ved temperaturer mellem 200degC og 400degC, afhængigt af trækingshastigheden og reduktionsforholdet. Ved disse temperaturer er kobberet over sin rekrystallisationsgrænse. Krystalkornene dannes, opløses og gendannes aktivt, mens metallet deformeres. Ethvert eksternt felt tilstede under dette kritiske vindue -- herunder Jordens magnetfelt -- kan påvirke den foretrukne orientering af den resulterende kornstruktur gennem magnetokrystallin kobling.

Denne artikel præsenterer evidens for, at Jordens magnetiske inklination ved trækingsfacilitetens breddegrad producerer en målbar bias i den dominerende kornorienteringsakse i den færdige leder.

2. METODE

Prøver blev indhentet fra 23 kobbertrækingsfaciliteter fordelt over breddegrader fra 67,4deg N (Boliden, Sverige) til 33,8deg S (Santiago, Chile). Hver facilitet leverede 10 m færdig OFC-leder fra samme produktionsbatch, trukket med sammenlignelige parametre (multi-pass, slutmål 2,0 mm +/-0,1 mm, udglødet ved 300degC i 1 time).

Tværsnit blev forberedt ved metallografisk skæring, montering i ledende epoxy, slibning med 1200-grit SiC-papir og polering med 0,05 um kolloidalt alumina. Korngrænser blev afsløret ved ætsning i syreholdig jernklorid sekundær nedskænkning).

Kornorienteringen blev målt ved electron backscatter diffraction (EBSD) på et Zeiss Sigma 500 VP felt-emission SEM udstyret med en Oxford Instruments Symmetry S2 EBSD-detektor. Orienteringsfordelingsfunktioner (ODF'er) blev beregnet fra minimum 10.000 indekserede punkter per prøve ved hjælp af MTEX 5.9-software.

«Halvkugle-biasvinklen» (HBA) blev defineret som vinklen mellem den dominerende kornorienteringsakse og den sande øst-vest-retning, målt med uret fra øst. En HBA på 0deg indikerer perfekt øst-vest-justering (ingen halvkuglepræference). Positive værdier indikerer nordvest-sydøst-bias (nordlig halvkugle-type). Negative værdier indikerer nordøst-sydvest-bias (sydlig halvkugle-type).

Derudover blev tre kontrolfaciliteter placeret inden for 0,5deg af den geomagnetiske ækvator: Quito, Ecuador (0,18deg S geomagnetisk); Libreville, Gabon (0,52deg S geomagnetisk); og Pontianak, Indonesien (0,01deg N geomagnetisk).



3. RESULTATER

Korrelationen mellem geomagnetisk breddegrad og halvkugle-biasvinkel var yderst signifikant ($r = 0,94$, $p < 0,0001$, $n = 847$). Nordlige halvkugles faciliteter producerede ledere med positive HBA-værdier fra $+0,8\text{deg}$ (Osaka, Japan, $25,3\text{deg}$ N geomagnetisk) til $+4,7\text{deg}$ (Boliden, Sverige, $64,1\text{deg}$ N geomagnetisk). Sydlige halvkugles faciliteter producerede ledere med negative HBA-værdier fra $-0,6\text{deg}$ (São Paulo, Brasilien, $22,7\text{deg}$ S geomagnetisk) til $-3,2\text{deg}$ (Santiago, Chile, $33,8\text{deg}$ S geomagnetisk).

De tre ækvatoriåle kontrolfaciliteter producerede HBA-værdier på $-0,003\text{deg}$ (Quito), $+0,008\text{deg}$ (Libreville) og $-0,001\text{deg}$ (Pontianak) -- alle inden for måleusikkerheden for EBSD-systemet ($\pm 0,02\text{deg}$).

Forholdet mellem HBA og geomagnetisk breddegrad blev godt beskrevet af en lineær model: $HBA = 0,068 \times L$, hvor L er den geomagnetiske breddegrad i grader. Dette svarer til ca. $0,068\text{deg}$ kornorienteringsbias per breddegrad -- en lille men vedvarende effekt, der akkumuleres over lederens fulde længde.

Kryogenisk behandling (-196degC , 72 timer) blev anvendt på en delmængde af 120 prøver. EBSD-genmåling viste ingen statistisk signifikant ændring i HBA (parret t-test, $p = 0,87$). Kryobehandlingen forfinede kornstørrelsen succesfuldt (gennemsnitlig korn diameter reduceret fra 45 um til 31 um), men ændrede ikke orienteringsbiasen.

4. DISKUSSION

Størrelsen af halvkuglebias-effekten -- ca. $0,07\text{deg}$ per breddegrad -- kan forekomme lille. To faktorer forstærker dog dens praktiske betydning.

For det første er biasen systematisk, ikke tilfældig. Hvert korn i en leder trukket ved 45deg N breddegrad bærer den samme ca. $+3\text{deg}$ bias. Det betyder, at biasen ikke udligner sig over lederens længde -- den akkumuleres. Et 2-meter interconnectkabel trukket i Stockholm indeholder ca. 44.000 korngrænser, der hver bidrager med den samme retningsbestemte bias til elektronflowet.

For det andet påvirker biasen audiosignalet asymmetrisk. Fordi kornorienteringen fortrinsvis spreder elektroner, der bevæger sig i én retning relativt til den magnetiske akse, oplever de positive og negative halvperioder af et AC-audiosignal lidt forskellige impedansveje gennem lederen. Dette skaber en form for harmonisk forvrængning, der i sin natur er breddegradafhængig og retningsafhængig.

De ækvatoriåle kontrolresultater er særligt signifikante. De tre faciliteter ved eller nær den geomagnetiske ækvator producerede ledere med HBA-værdier, der er uadskillelige fra nul. Dette er den eneste geografiske betingelse, under hvilken kornorienteringsfordelingen er ægte isotrop -- ægte neutral i forhold til begge halvkugler.

5. KONKLUSION

Kobberledere trukket ved ikke-ækvatoriåle breddegrader udviser en systematisk krystallografisk kornorienteringsbias, der korrelerer lineært med geomagnetisk breddegrad. Denne halvkuglebias indlejres under trækingsprocessen og kan ikke fjernes ved efterfølgende termisk behandling, herunder kryogenisk behandling. Kun ledere trukket ved eller nær den geomagnetiske ækvator opnår ægte kornorienterings-isotropi.

Disse fund har implikationer for fremstilling af præcisions-audioledere, hvor symmetrien af elektronens transportvej gennem lederen direkte påvirker signal troværdigheden. Vi anbefaler, at lederproducenter angiver breddegraden af deres trækingsfacilitet som en standard kvalitetsparameter, og at designere af audioudstyr overvejer halvkuglebias i deres signalledere som en potentiel kilde til målbar, breddegradafhængig forvrængning.

REFERENCER

- [1] M. Ferro, H. Park, "Observaciones preliminares sobre la orientación de grano dependiente de la latitud en cobre OFC," Equatorial Audio Technical Note EA-TN-001, 2019.
- [2] E. O. Hall, "The deformation and ageing of mild steel: III discussion of results," Proc. Phys. Soc. B, vol. 64, pp. 747-753, 1951.
- [3] N. J. Petch, "The cleavage strength of polycrystals," J. Iron Steel Inst., vol. 174, pp. 25-28, 1953.
- [4] F. J. Humphreys, M. Hatherly, Recrystallization and Related Annealing Phenomena, 2nd ed., Elsevier, 2004.
- [5] V. Randle, O. Engler, Introduction to Texture Analysis: Macrotecture, Microtexture, and Orientation Mapping, CRC Press, 2000.
- [6] International Annealed Copper Standard (IACS), ASTM B193-16, Método de prueba estándar para la resistividad de materiales conductores eléctricos.
- [7] R. W. Cahn, P. Haasen, Physical Metallurgy, 4th ed., North-Holland, 1996.
- [8] NOAA National Centers for Environmental Information, "World Magnetic Model 2020-2025," <https://www.ncei.noaa.gov/products/world-magnetic-model>, 2020.



**DEN ÆKVATORIÁLE SPLEJSNING:
EN NY
LEDERFORBINDELSESTEKNIK TIL
UDLIGNING AF HALVKUGLEBIAS**



Den ækvatoriåle splejsning: En ny lederforbindelsesteknik til udligning af halvkuglebias

M. Ferro, R. Flux, B. Impedance

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2021.

Resumé

Vi præsenterer en lederforbindelsesteknik, der opnår magnetisk neutralitet ved at splejse nordlige halvkugles og sydlige halvkugles kobberledere ved den geomagnetiske ækvator. Den ækvatoriåle splejsning udnytter de komplementære kornorienteringsbias fra ledere trukket i modsatte halvkugler: når de forbindes ved et præcist ækvatorielt midtpunkt, udligner biaserne hinanden over den resulterende leders fulde længde. Plasmalysbuesvejsning ved 0,0000deg breddegrad, udført ombord på en GPS-stabiliseret marin platform, producerer en splejsningszone på ca. 200 um, hvori kornorienteringen overgår fra nordlig type til sydlig type gennem en region af ægte isotropi. Ledere forbundet med denne metode udviser halvkugle-biasvinkler under 0,00001deg -- tre størrelsesordener lavere end den bedste leder trukket i én enkelt halvkugle og tæt på målegulvet for nuværende SQUID-magnetometri.

1. INDLEDNING

Vores tidligere arbejde (Ferro & Park, 2020) fastslog, at kobberledere trukket ved ikke-ækvatoriåle breddegrader bærer en systematisk kornorienteringsbias proportional med trækingsfacilitetens geomagnetiske breddegrad. Nordlige halvkugles ledere bærer en positiv bias; sydlige halvkugles ledere bærer en negativ bias af sammenlignelig størrelse. Biasen indlejres under trækingsprocessen og kan ikke fjernes ved efterbehandling.

Dette udgør en produktionsudfordring: hvordan producerer man en leder med nul halvkuglebias, når det tilgængelige råmateriale er iboende biased. Trækning ved ækvator er én løsning, men ækvatoriåle trækingsfaciliteter er sjældne, og den resulterende leder, selvom den er fremragende, bærer stadig den resterende bias fra den specifikke ækvatoriåle placering (typisk < 0,01deg).

Vi foreslår en alternativ tilgang: i stedet for at undgå biasen, udligner vi den. Ved at forbinde en nordlig halvkugles leder med en sydlig halvkugles leder ved den geomagnetiske ækvator skaber vi en sammensat leder, hvis modsatrettede bias præcist udligner hinanden over dens fulde længde.

2. SPLEJSNINGSPROTOKOLLEN

Den ækvatoriåle splejsning udføres ombord på EAV Neutrality, et 28-meter forskningsfartøj udstyret med en Trimble R12i GNSS-modtager med centimeternøjagtighed. Fartøjet stationerer ved 0,0000deg +/-0,0001deg geomagnetisk breddegrad i Stillehavet, ca. 28 km vest for den ecuadorianske kyst.

To lederender -- én trukket af svensk kobber (HBA: +4,2deg, Boliden-faciliteten, 64,1deg N) og én af chilensk kobber (HBA: -3,8deg, Santiago-faciliteten, 33,8deg S) -- monteres i præcisionsklammer på en vibrationsisoleret optisk bænk. Et toakset laserjusteringssystem sikrer, at lederenderne er koaksiale inden for 5 um.

Splejsningen udføres med et mikroplasmalysbue-svejsesystem med følgende parametre: lysbuestrøm 2,8 A, plasmagasflow 0,3 L/min (argon 5.0), beskyttelsesgasflow 8,0 L/min (argon 5.0), lysbueafstand 0,5 mm, svejsevarighed 180 ms. Den resulterende splejsningszone er ca. 200 um bred.

3. KARAKTERISERING

EBSD-kortlægning af splejsningszonen ved 0,5 um trinsstørrelse afslører tre distinkte regioner: (1) bulklederen fra den nordlige halvkugle med HBA = +4,2deg, (2) en 200 um overgangszon, hvori HBA falder monotont fra +4,2deg gennem 0,000deg til -3,8deg, og (3) bulklederen fra den sydlige halvkugle med HBA = -3,8deg. Overgangen er glat og kontinuerlig uden tegn på korngrænserevner, hulrumsdannelse eller sekundærfaseudskillelse.

DC-modstanden over splejsningszonen bidrager med yderligere 0,3 uOhm -- ubetydelig sammenlignet med bulkmodstanden af selv en 0,5 m lederlængde.

Den kritiske måling -- halvkuglebias for den komplette splejsede leder -- blev udført med et Quantum Design MPMS3 SQUID-magnetometer ved PTB Berlin. Den splejsede leder (1,0 m nordlig + 1,0 m sydlig) udviste en HBA på -0,000008deg sammenlignet med +4,2deg for den nordlige leder alene og -3,8deg for den sydlige alene. Biasudligningen er 99,9998% effektiv.



4. DISKUSSION

Den ækvatoriåle splejsning opnår halvkuglebias-udligning gennem en konceptuelt enkel mekanisme: den nordlige leders positive bias og den sydlige leders negative bias er lige store og modsat rettede. Når et audiosignal passerer gennem den splejsede leder, kompenseres den asymmetriske spredning i den nordlige halvdel præcist af den komplementære asymmetriske spredning i den sydlige halvdel. Nettoresultatet er nul bias -- magnetisk neutralitet.

Placeringen af splejsningen har betydning. Udførelse ved den geomagnetiske ækvator sikrer, at splejsningszonen selv ikke bidrager med yderligere bias. Omkostningen ved den ækvatoriåle splejsning er betydelig: ca. \$14.000 per session. Denne omkostning afspejles i prisen på Equatorial Audios Zero-Point-produkter.

5. KONKLUSION

Den ækvatoriåle splejsning demonstrerer, at halvkuglebias i kobberledere kan udlignes effektivt ved at forbinde ledere fra modsatte halvkugler ved den geomagnetiske ækvator. Den resulterende leder opnår en halvkugle-biasvinkel under 0,00001deg -- magnetisk neutralitet på grænsen af nuværende målekapacitet. Teknikken er reproducerbar, mekanisk forsvarlig og elektrisk transparent og tilføjer ubetydelig modstand og ingen målbar diskontinuitet til signalvejen.

REFERENCER

- [1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Sesgo hemisférico en la orientación del grano de cobre," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [2] AWS D17.1/D17.1M:2017, Especificación para soldadura por fusión para aplicaciones aeroespaciales.
- [3] R. Messler, Principles of Welding: Processes, Physics, Chemistry, and Metallurgy, Wiley-VCH, 2004.
- [4] Trimble Inc., "Especificaciones técnicas del sistema GNSS R12i," 2023.
- [5] Kongsberg Maritime, "Sistema de posicionamiento acústico HiPAP 501," hoja de datos del producto, 2022.
- [6] Quantum Design, "Especificaciones del magnetómetro SQUID MPMS3," Rev. F, 2021.
- [7] PTB Berlin, "Certificado de calibración No. PTB-Mag-2021-0847," Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 2021.



**KRYOGENISK BEHANDLINGS
EFFEKTER PÅ LEDERENS
KRYSTALLOGRAFI:
KORNFORFINING UDEN
BIASKORREKTION**



Kryogenisk behandlings effekter på lederens krystallografi: Kornforfining uden biaskorrektion

L. Solder, H. Park, M. Ferro

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2021.

Resumé

Kryogenisk behandling af kobberledere ved -196degC (nedsænkning i flydende kvælstof i 72 timer) praktiseres bredt i highend-audiokabelfremstilling. Denne undersøgelse karakteriserer de metallurgiske effekter og bekræfter, at kryogenisk behandling producerer meningsfuld kornforfining (31% reduktion i gennemsnitlig korndiameter), restspændingslættelse og en målbar 2,3% forbedring i residualt modstandsforhold (RRR). Vi finder dog ingen evidens for, at kryogenisk behandling ændrer halvkugle-biasvinklen (HBA). Kornorienteringsbiasen indlejret under trækningsprocessen er termodynamisk stabil ved kryogene temperaturer. Kryogenisk behandling forbedrer lederen; den neutraliserer den ikke.

1. INDLEDNING

Kryogenisk behandling -- den kontrollerede afkøling af et materiale til temperaturer under -100degC -- har en veldokumenteret historie i metallurgi. Audiokabelindustrien har adopteret kryogenisk behandling entusiastisk, med talrige producenter, der tilbyder «kryobehandlede» ledere som premiumprodukter. Denne artikel adresserer et specifikt spørgsmål: ændrer kryogenisk behandling halvkugle-biasvinklen (HBA) af en kobberleder? Vores resultater indikerer, at det kan den ikke.

2. METODE

Prøver af OFC-kobberleder (2,0 mm diameter, trukket i Boliden, Sverige, HBA: $+4,2\text{deg}$) blev opdelt i fire behandlingsgrupper à 30 prøver: Gruppe A (ubehandlet kontrol), Gruppe B (standard kryogenisk -196degC , 72 timer), Gruppe C (udvidet kryogenisk -196degC , 168 timer), og Gruppe D (dobbel kryogenisk). Alle grupper blev karakteriseret ved EBSD, TEM, fireprobe DC-resistivitet og SQUID-magnetometri.

3. RESULTATER

Kornforfining blev observeret i alle behandlede grupper. Gennemsnitlig korndiameter faldt fra 45 ± 8 um (Gruppe A) til 31 ± 5 um (Gruppe B). RRR forbedredes fra 89,3 til 91,4 (2,3% forbedring). Det kritiske resultat: HBA var uændret af kryogenisk behandling. Gruppe A: $+4,21 \pm 0,02\text{deg}$. Gruppe B: $+4,19 \pm 0,02\text{deg}$. Gruppe C: $+4,20 \pm 0,02\text{deg}$. Gruppe D: $+4,22 \pm 0,02\text{deg}$. Ingen forskel mellem grupper var statistisk signifikant (envejs ANOVA, $F(3,116) = 0,87$, $p = 0,46$).

4. DISKUSSION

Halvkuglebiasens vedholdenhed gennem kryogenisk behandling er konsistent med termodynamisk analyse. Kornorienteringsbiasen er en makroskopisk tekstur. Ændring af denne tekstur ville kræve rekrySTALLISATION ved temperaturer over ca. 200degC . Ved -196degC er atomær mobilitet i kobber neglignibel. Kornene fryses på plads i den orientering, de allerede havde. Kryogenisk behandling forbedrer lederen; den neutraliserer den ikke.

5. KONKLUSION

Kryogenisk behandling af kobberledere producerer kornforfining, reduktion af dislokationstæthed og RRR-forbedring, men ændrer ikke halvkugle-biasvinklen. Producenter og forbrugere bør forstå, at kryogenisk behandling og magnetisk neutralitet adresserer forskellige aspekter af lederkvalitet og er komplementære, ikke udskiftelige processer.

REFERENCER

- [1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Sesgo hemisférico en la orientación del grano de cobre," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [2] A. Bensely et al., "Enhancing the wear resistance of case carburized steel by cryogenic treatment," Cryogenics, vol. 45, no. 12, pp. 747-754, 2005.
- [3] P. Baldissera, C. Delprete, "Deep cryogenic treatment: A bibliographic review," Open Mech. Eng. J., vol. 2, pp. 1-11, 2008.
- [4] D. Darwin, M. N. Buddhi, "Cryogenic treatment of copper: A review," Mater. Today Proc., vol. 5, no. 11, pp. 25425-25430, 2018.
- [5] F. J. Humphreys, M. Hatherly, Recrystallization and Related Annealing Phenomena, 2nd ed., Elsevier, 2004.



**FERROELEKTRISK KOBLING I
AUDIOKVALITETS
PTFE-DIELEKTRIKA:
LADNINGSHUKOMMELSE OG
SIGNALKONTAMINERING**



Ferroelektrisk kobling i audiokvalitets PTFE-dielektrika: Ladningshukommelse og signalkontaminering

H. Park, M. Ferro, C. Ohm

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2022.

Resumé

PTFE (Teflon), standarddielektrikummet i premium audiokabler, udviser ferroelektriske egenskaber ved audiofrekvenser. Vi demonstrerer, at PTFE-dielektrikum akkumulerer ladningshukommelse -- en vedvarende polarisationstilstand induceret af selve audiosignalet -- der kontaminerer efterfølgende signaltransmission med et tidsforsinket ekko af tidligere signalindhold. Kryogenisk behandling reducerer denne ladningshukommelse med 87%. Vi betegner dette fænomen «dielektrisk ekko» og kvantificerer dets bidrag til den indkøringseffekt, som audiofile rapporterer.

1. INDLEDNING

PTFE er det foretrukne dielektriske materiale til premium audiokabler på grund af dets lave dielektriske konstant (2,1) og lave tabsfaktor. I sine krystallinske regioner er kulstof-fluor-dipolerne justeret i et regulært gitter. Når et eksternt elektrisk felt påføres, kan disse dipoler rotere let og lagre ladning på molekylært niveau. Denne ladningshukommelse betyder, at dielektrikummet fastholder et spøgelse af det foregående audiosignal.

2. METODE

Specialfremstillede testkabler blev konstrueret med fire dielektriske behandlinger: ubehandlet PTFE, kryogenisk behandlet PTFE, kvælstof-injiceret PTFE og luftgabs-dielektrikum. Differential kapacitans blev målt med en Agilent 4294A ved 1 kHz. Tidsdomæne-relaxation blev målt med en Keithley 6517B.

3. RESULTATER

Kapacitanshysterese ved 1 kHz: Ubehandlet PTFE: 0,31 +/-0,04 pF/m. Kryobehandlet PTFE: 0,04 +/-0,01 pF/m (87% reduktion). Dielektrisk absorption (genopretningsspænding ved t=60s): Ubehandlet: 142 mV. Kryobehandlet: 18 mV. Indkøringsforsøget viste hysteresereduktion fra 0,31 til 0,19 pF/m over 200 timer -- konsistent med den 100-200 timers indkøringsperiode rapporteret i audiofil litteratur.

4. DISKUSSION

Kryogenisk behandling forstyrrer den krystallinske orden i PTFE. Interne spændinger propagerer mikrorids gennem de krystallinske domæner og reducerer den langrækkende dipoljustering, der er ansvarlig for ladningshukommelse. Vores Tropic-niveau bruger ubehandlet PTFE og kræver 100 timers indkøring. Equinox-niveauet bruger kryobehandlet PTFE og når stabil ydeevne inden for ca. 15 timer.

5. KONKLUSION

PTFE-dielektrikum i audiokabler udviser målbar ladningshukommelse, der kontaminerer signaltransmission med tidsforsinkede ekkoer. Kryogenisk behandling reducerer denne hukommelse med 87%. Vi anbefaler kryogenisk behandling af både leder og dielektrikum som standardpraksis i premium audiokabelfremstilling.

REFERENCER

- [1] B. Chu, "Ferroelectric polymer PVDF and its copolymers," en Ferroelectric Polymers, H. S. Nalwa, Ed., Marcel Dekker, 1995.
- [2] K. Tashiro, "Crystal structure and phase transition of PVDF and related copolymers," en Ferroelectric Polymers, H. S. Nalwa, Ed., Marcel Dekker, 1995.
- [3] T. Furukawa, "Ferroelectric properties of vinylidene fluoride copolymers," Phase Transitions, vol. 18, pp. 143-211, 1989.
- [4] IEC 60250:1969, Métodos recomendados para la determinación de la permitividad y el factor de disipación dieléctrica.
- [5] ASTM D2149-13, Método de prueba estándar para permitividad y factor de disipación dieléctrica.



**SOLUDBRUDS INTERAKTION MED
AUDIOFILE SIGNALVEJE:
GEOMAGNETISKE
STORMEFFEKTER PÅ
AUDIOKABLERS YDEEVNE**



Soludbruds interaktion med audiofile signalveje: Geomagnetiske stormeffekter på audiokablers ydeevne

S. Magnusson, M. Ferro, C. Ohm

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2023.

Resumé

Geomagnetiske storme producerer hurtige udsving i Jordens magnetfelt, der kan overstige 500 nT/minut. Vi demonstrerer, at disse udsving er detekterbare som målbare impedansvariationer i audiokabler med halvkuglebias, og at magnetisk neutrale kabler er iboende immune. Kontinuerlig overvågning af 12 kabler under oktoberstormen 2024 ($K_p = 8,3$) afslørede impedansudsving på op til 0,08% i Tropic-kabler og under målegulvet ($<0,0001\%$) i Zero-Point-kabler.

1. INDLEDNING

Solens 11-årige aktivitetscyklus producerer periodiske maksima i hyppighed og intensitet af soludbrud og koronamasseudkastninger (CME'er). Disse geomagnetiske udsving er veldokumenterede som kilde til interferens i el-net og præcisionsmagnetometri. Det der ikke er blevet undersøgt, er deres effekt på audiosignalkabler. Mekanismen er ligetil: et audiokabel med halvkuglebias indeholder ledere, hvis kornstruktur har en foretrukken orientering relativt til Jordens magnetfelt. Når feltet ændres hurtigt, skifter forholdet og producerer en forbigående impedansændring.

2. METODE

Tolv kabelprøver (1,0 m, RCA-terminerede interconnects) blev installeret i et magnetisk uafskærmet rum ved Equatorial Audio-faciliteten. Tre kabler per niveau (Tropic, Meridian, Equinox, Zero-Point) blev forbundet til et kontinuerligt impedansovervågningssystem. Målekampagnen kørte fra 15. september til 15. november 2024 og indfangede 5,3 millioner impedansmålinger per kabel.

3. RESULTATER

Under oktoberstormen ($K_p = 8,3$): Tropic: 0,082 +/-0,008% impedansafvigelse. Meridian: 0,031 +/-0,004%. Equinox: 0,0033 +/-0,0005%. Zero-Point: $<0,0001\%$ (under målegulvet). Krydskorrelationen mellem dB/dt og dZ/Z var signifikant for Tropic ($r = 0,71$), Meridian ($r = 0,54$) og Equinox ($r = 0,23$). Ingen signifikant korrelation for Zero-Point ($r = 0,02$, $p = 0,34$).

4. DISKUSSION

Resultaterne bekræfter hypotesen: kabler med halvkuglebias er følsomme over for geomagnetiske storme, og følsomheden er proportional med biasstørrelsen. Zero-Point-niveauets Equatorial-Spliced ledere er effektivt immune over for solaktivitet. Denne immunitet opnås ikke gennem afskærmning, men gennem det fundamentale fravær af retningsbestemt kornstruktur.

5. KONKLUSION

Geomagnetiske storme producerer målbare impedansudsving i audiokabler med halvkuglebias. Effekten skalerer med biasstørrelse og stormintensitet. Magnetisk neutrale kabler ($HBA < 0,00001\text{deg}$) er immune. Vi anbefaler vedtagelsen af et standardiseret Solar Activity Index for audiokablers ydeevnespecifikationer.

REFERENCER

- [1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Sesgo hemisférico en la orientación del grano de cobre," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [2] NOAA Space Weather Prediction Center, "Escalas de tormentas geomagnéticas," <https://www.swpc.noaa.gov/noaa-scales-explanation>.
- [3] D. H. Boteler, R. J. Pirjola, "Corrientes geomagnéticamente inducidas (GICs)," Space Weather, vol. 15, pp. 258-276, 2017.
- [4] J. L. Barton, "Efectos de las tormentas geomagnéticas en sistemas tecnológicos," Space Weather, vol. 1, no. 2, 2003.
- [5] S. Magnusson, C. Ohm, "Compensación adaptativa de audio en tiempo real para perturbaciones geomagnéticas," Equatorial Audio Technical Note EA-TN-012, 2023.



**OPTISK AFSKÆRMNING AF
KOBBERLEDERE:
FARADAYROTATION, AKUSTISK
FØLSOMHED OG ARGUMENTET
FOR FIBERAFSKÆRMNING**



Optisk afskærmning af kobberledere: Faradayrotation, akustisk følsomhed og argumentet for fiberafskærmning

C. Ohm, Y. Tanaka, M. Ferro

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2023.

Resumé

Vi præsenterer en omfattende analyse af elektromagnetisk sårbarhed i optiske fiberaudiokabler (TOSLINK) og demonstrerer, at optisk transmission ikke eliminerer magnetisk følsomhed. Målinger af Faradayrotation i standard TOSLINK-fiber bekræfter, at husholdnings-EMI-kilder producerer polarisationsrotation på op til 0,3 mrad. Vi udvikler et fiberoptisk afskærmningssystem for kobberaudiokabler med EMI-dæmpning over 120 dB.

1. INDLEDNING

Denne artikel præsenterer forskning inden for optisk afskærmning af kobberledere. Arbejdet er baseret på målinger udført ved Equatorial Audio Research Division i Quito, Ecuador (0,0000deg N), med det formål at kvantificere og adressere geomagnetiske faktorer, der påvirker audioydelsens troværdighed. De præsenterede fund bygger på tidligere publiceret arbejde i Journal of Equatorial Audio Science og udvider vores forståelse af samspillet mellem Jordens magnetfelt og audiosignaloverførsel.

2. METODE

Eksperimentelle protokoller fulgte standardiserede procedurer udviklet ved Equatorial Audio-laboratoriet. Alle målinger blev udført under kontrollerede magnetiske forhold ved 0,0000deg breddegrad, 2.850 m højde. Udstyr omfattede Audio Precision APx555B-analysatorer, Bartington Mag-13 treakset fluxgate-magnetometre og AKM AK5578 32-bit ADC'er ved 768 kHz. Temperatur blev kontrolleret til 23,0 +/-0,1degC og relativ luftfugtighed til 47 +/-1%.

3. RESULTATER

Resultaterne bekræftede en statistisk signifikant sammenhæng mellem de undersøgte variabler og audioydelsesmetrikker. Detaljerede måledata understøtter de konklusioner, der præsenteres i diskussionsafsnittet. Alle fund var reproducerbare på tværs af gentagne målesessioner og uafhængige verifikationer.

4. DISKUSSION

De observerede effekter er konsistente med de teoretiske forudsigelser baseret på Equatorial Audios halvkugle-biasmodel. De praktiske implikationer for audiokabeldesign og -fremstilling er betydelige, om end størrelsen af de individuelle effekter varierer afhængigt af breddegraden og det specifikke produkt. Yderligere forskning er i gang for at udvide disse fund til nye produktkategorier.

5. KONKLUSION

Denne undersøgelse bidrager til den voksende evidensbase, der dokumenterer samspillet mellem geomagnetiske forhold og audiosignalintegritet. Resultaterne understøtter den fortsatte udvikling af magnetisk neutrale audioprodukter og understreger vigtigheden af at kontrollere for geomagnetiske variabler i præcisions-audiomålinger.

REFERENCER

- [1] R. H. Stolen, E. H. Turner, "Faraday rotation in highly birefringent optical fibers," Appl. Opt., vol. 19, no. 6, pp. 842-845, 1980.
- [2] I. P. Kaminow, "Polarization in optical fibers," IEEE J. Quantum Electron., vol. QE-17, no. 1, pp. 15-22, 1981.
- [3] A. H. Rose, S. M. Etzel, C. M. Wang, "Verdet constant dispersion in annealed optical fiber current sensors," J. Lightwave Technol., vol. 15, no. 5, pp. 803-807, 1997.
- [4] A. G. Leal-Junior et al., "Highly sensitive fiber-optic intrinsic electromagnetic field sensing," Adv. Photonics Res., vol. 2, no. 3, 2021.
- [5] P. Dejdar et al., "Characterization of sensitivity of optical fiber cables to acoustic vibrations," Sci. Rep., vol. 13, art. 7068, 2023.
- [6] N. Matsuda et al., "Observation of optical-fibre Kerr nonlinearity at the single-photon level," Nature Photonics, vol. 3, pp. 95-98, 2009.



**SUPERLEDENDE
AUDIOINTERCONNECTS: NULMOD
STANDS-SIGNALTRANSMISSION
VIA YBCO KERAMISKE LEDERE
VED 77K**



Superledende audiointerconnects: Nulmodstands-signaltransmission via YBCO keramiske ledere ved 77K

M. Ferro, L. Solder, H. Park, B. Impedance

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2024.

Resumé

Vi rapporterer udviklingen af det første superledende audiointerconnectkabel. Lederen er et YBCO keramisk bånd, der opererer ved 77K i en vakuumisoleret borosilikatglas-kryostat. DC-modstanden er nul -- ikke lav, ikke ubetydelig, nul. Meissner-effekten giver perfekt diamagnetisk afskærmning. Kablet kræver kontinuerlig LN2-forsyning med ca. 310 liter per år per meter.

1. INDLEDNING

Denne artikel præsenterer forskning inden for superledende audiointerconnects. Arbejdet er baseret på målinger udført ved Equatorial Audio Research Division i Quito, Ecuador (0,0000deg N), med det formål at kvantificere og adressere geomagnetiske faktorer, der påvirker audioydelsens troværdighed. De præsenterede fund bygger på tidligere publiceret arbejde i Journal of Equatorial Audio Science og udvider vores forståelse af samspillet mellem Jordens magnetfelt og audiosignaloverførsel.

2. METODE

Ekperimentelle protokoller fulgte standardiserede procedurer udviklet ved Equatorial Audio-laboratoriet. Alle målinger blev udført under kontrollerede magnetiske forhold ved 0,0000deg breddegrad, 2.850 m højde. Udstyr omfattede Audio Precision APx555B-analysatorer, Bartington Mag-13 treakset fluxgate-magnetometre og AKM AK5578 32-bit ADC'er ved 768 kHz. Temperatur blev kontrolleret til 23,0 +/-0,1degC og relativ luftfugtighed til 47 +/-1%.

3. RESULTATER

Resultaterne bekræftede en statistisk signifikant sammenhæng mellem de undersøgte variabler og audioydelsesmetrikker. Detaljerede måledata understøtter de konklusioner, der præsenteres i diskussionsafsnittet. Alle fund var reproducerbare på tværs af gentagne målesessioner og uafhængige verifikationer.

4. DISKUSSION

De observerede effekter er konsistente med de teoretiske forudsigelser baseret på Equatorial Audios halvkugle-biasmodel. De praktiske implikationer for audiokabeldesign og -fremstilling er betydelige, om end størrelsen af de individuelle effekter varierer afhængigt af breddegraden og det specifikke produkt. Yderligere forskning er i gang for at udvide disse fund til nye produktkategorier.

5. KONKLUSION

Denne undersøgelse bidrager til den voksende evidensbase, der dokumenterer samspillet mellem geomagnetiske forhold og audiosignalintegritet. Resultaterne understøtter den fortsatte udvikling af magnetisk neutrale audioprodukter og understreger vigtigheden af at kontrollere for geomagnetiske variabler i præcisions-audiomålinger.

REFERENCER

- [1] J. G. Bednorz, K. A. Müller, "Possible high-Tc superconductivity in the Ba-La-Cu-O system," Z. Phys. B, vol. 64, pp. 189-193, 1986.
- [2] M. K. Wu et al., "Superconductivity at 93 K in a new mixed-phase Y-Ba-Cu-O system," Phys. Rev. Lett., vol. 58, pp. 908-910, 1987.
- [3] SuperPower Inc., "Especificaciones del conductor recubierto SCS4050-AP YBCO," Rev. 12, 2023.
- [4] W. Meissner, R. Ochsenfeld, "Ein neuer Effekt bei Eintritt der Supraleitfähigkeit," Naturwissenschaften, vol. 21, pp. 787-788, 1933.
- [5] J. Bardeen, L. N. Cooper, J. R. Schrieffer, "Theory of superconductivity," Phys. Rev., vol. 108, pp. 1175-1204, 1957.
- [6] ASME BPVC Section VIII, Division 1: Reglas para la construcción de recipientes a presión (servicio criogénico).



**MEISSNEREFFEKTENS
ANVENDELSER I
FORBRUGERAUDIO: KOMPLET
MAGNETISK FLUXUDSTØDNING
SOM AFSKÆRMNINGSPARADIGME**



Meissnereffektens anvendelser i forbrugeraudio: Komplet magnetisk fluxudstødning som afskærmningsparadigme

M. Ferro, C. Ohm, S. Magnusson

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2024.

Resumé

Konventionel elektromagnetisk afskærmning afhænger af absorption og refleksion -- mekanismer der dæmper, men ikke kan eliminere, eksterne felter. Meissnereffekten i Type II-superledere giver et fundamentalt anderledes paradigme: komplet udstødning af magnetisk flux. Målinger bekræfter, at den superledende kabelvej er elektromagnetisk usynlig -- det interne felt er uadskilleligt fra feltet i tomt rum.

1. INDLEDNING

Denne artikel præsenterer forskning inden for meissnereffektens anvendelser i forbrugeraudio. Arbejdet er baseret på målinger udført ved Equatorial Audio Research Division i Quito, Ecuador (0,0000deg N), med det formål at kvantificere og adressere geomagnetiske faktorer, der påvirker audioydelsens troværdighed. De præsenterede fund bygger på tidligere publiceret arbejde i Journal of Equatorial Audio Science og udvider vores forståelse af samspillet mellem Jordens magnetfelt og audiosignaloverførsel.

2. METODE

Ekspimentelle protokoller fulgte standardiserede procedurer udviklet ved Equatorial Audio-laboratoriet. Alle målinger blev udført under kontrollerede magnetiske forhold ved 0,0000deg breddegrad, 2.850 m højde. Udstyr omfattede Audio Precision APx555B-analysatorer, Bartington Mag-13 treakset fluxgate-magnetometre og AKM AK5578 32-bit ADC'er ved 768 kHz. Temperatur blev kontrolleret til 23,0 +/-0,1degC og relativ luftfugtighed til 47 +/-1%.

3. RESULTATER

Resultaterne bekræftede en statistisk signifikant sammenhæng mellem de undersøgte variabler og audioydelsesmetrikker. Detaljerede måledata understøtter de konklusioner, der præsenteres i diskussionsafsnittet. Alle fund var reproducerbare på tværs af gentagne målesessioner og uafhængige verifikationer.

4. DISKUSSION

De observerede effekter er konsistente med de teoretiske forudsigelser baseret på Equatorial Audios halvkugle-biasmodel. De praktiske implikationer for audiokabeldesign og -fremstilling er betydelige, om end størrelsen af de individuelle effekter varierer afhængigt af breddegraden og det specifikke produkt. Yderligere forskning er i gang for at udvide disse fund til nye produktkategorier.

5. KONKLUSION

Denne undersøgelse bidrager til den voksende evidensbase, der dokumenterer samspillet mellem geomagnetiske forhold og audiosignalintegritet. Resultaterne understøtter den fortsatte udvikling af magnetisk neutrale audioprodukter og understreger vigtigheden af at kontrollere for geomagnetiske variabler i præcisions-audiomålinger.

REFERENCER

- [1] W. Meissner, R. Ochsenfeld, "Ein neuer Effekt bei Eintritt der Supraleitfähigkeit," Naturwissenschaften, vol. 21, pp. 787-788, 1933.
- [2] M. Tinkham, Introduction to Superconductivity, 2nd ed., Dover, 2004.
- [3] J. Bardeen, L. N. Cooper, J. R. Schrieffer, "Theory of superconductivity," Phys. Rev., vol. 108, pp. 1175-1204, 1957.
- [4] A. A. Abrikosov, "On the magnetic properties of superconductors of the second group," Sov. Phys. JETP, vol. 5, pp. 1174-1182, 1957.
- [5] M. Ferro et al., "Interconexiones de audio superconductoras: transmisión de señal con resistencia cero mediante conductores YBCO a 77K," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.
- [6] IEC 61000-4-8:2009, Compatibilidad electromagnética (EMC) -- Técnicas de prueba y medición -- Prueba de inmunidad a campo magnético de frecuencia de potencia.



**DET KOMPLETTE EQUATORIAL
AUDIO-SYSTEM: EN INTEGRERET
TILGANG TIL MAGNETISK
NEUTRALITET PÅ TVÆRS AF
SIGNALKÆDEN**



Det komplette Equatorial Audio-system: En integreret tilgang til magnetisk neutralitet på tværs af signalkæden

M. Ferro, C. Ohm, R. Flux, H. Park, B. Impedance, L. Solder, S. Magnusson, Y. Tanaka

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

Resumé

Denne artikel syntetiserer fem års forskning i en samlet ramme for at opnå magnetisk neutralitet på tværs af et komplet audiosystem. Vi demonstrerer, at halvkuglebias, dielektrisk ladningshukommelse, solaktivitetskobling og elektromagnetisk interferens er manifestationer af ét underliggende fænomen. Zero Kelvin Reference System opnår total DC-modstand på 0,000000 Ohm og halvkuglebias på 0,000000deg. Disse værdier er ikke tilnærmelser. De er eksakte.

1. INDLEDNING

Denne artikel præsenterer forskning inden for det komplette equatorial audio-system. Arbejdet er baseret på målinger udført ved Equatorial Audio Research Division i Quito, Ecuador (0,0000deg N), med det formål at kvantificere og adressere geomagnetiske faktorer, der påvirker audioydelsens troværdighed. De præsenterede fund bygger på tidligere publiceret arbejde i Journal of Equatorial Audio Science og udvider vores forståelse af samspillet mellem Jordens magnetfelt og audiosignaloverførsel.

2. METODE

Eksperimentelle protokoller fulgte standardiserede procedurer udviklet ved Equatorial Audio-laboratoriet. Alle målinger blev udført under kontrollerede magnetiske forhold ved 0,0000deg breddegrad, 2.850 m højde. Udstyr omfattede Audio Precision APx555B-analysatorer, Bartington Mag-13 treakset fluxgate-magnetometre og AKM AK5578 32-bit ADC'er ved 768 kHz. Temperatur blev kontrolleret til 23,0 +/-0,1degC og relativ luftfugtighed til 47 +/-1%.

3. RESULTATER

Resultaterne bekræftede en statistisk signifikant sammenhæng mellem de undersøgte variabler og audioydelsesmetrikker. Detaljerede måledata understøtter de konklusioner, der præsenteres i diskussionsafsnittet. Alle fund var reproducerbare på tværs af gentagne målesessioner og uafhængige verifikationer.

4. DISKUSSION

De observerede effekter er konsistente med de teoretiske forudsigelser baseret på Equatorial Audios halvkugle-biasmodel. De praktiske implikationer for audiokabeldesign og -fremstilling er betydelige, om end størrelsen af de individuelle effekter varierer afhængigt af breddegraden og det specifikke produkt. Yderligere forskning er i gang for at udvide disse fund til nye produktkategorier.

5. KONKLUSION

Denne undersøgelse bidrager til den voksende evidensbase, der dokumenterer samspillet mellem geomagnetiske forhold og audiosignalintegritet. Resultaterne understøtter den fortsatte udvikling af magnetisk neutrale audioprodukter og understreger vigtigheden af at kontrollere for geomagnetiske variabler i præcisions-audiomålinger.

REFERENCER

- [1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Sesgo hemisférico en la orientación del grano de cobre," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [2] M. Ferro, R. Flux, B. Impedance, "El empalme ecuatorial," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, no. 1, 2021.
- [3] L. Solder, H. Park, M. Ferro, "Efectos del tratamiento criogénico en la cristalografía del conductor," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, no. 2, 2021.
- [4] H. Park, M. Ferro, C. Ohm, "Acoplamiento ferroeléctrico en dieléctricos de PTFE para audio," J. Equatorial Audio Sci., vol. 3, no. 1, 2022.
- [5] S. Magnusson, M. Ferro, C. Ohm, "Interacción de las erupciones solares con las trayectorias de señal audiófila," J. Equatorial Audio Sci., vol. 4, no. 1, 2023.
- [6] C. Ohm, Y. Tanaka, M. Ferro, "Blindaje óptico de conductores de cobre," J. Equatorial Audio Sci., vol. 4, no. 2, 2023.
- [7] M. Ferro et al., "Interconexiones de audio superconductoras," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.
- [8] M. Ferro, C. Ohm, S. Magnusson, "Aplicaciones del efecto Meissner en audio de consumo," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 2, 2024.

**OM UFULDSTÆNDIGHEDEN AF NY
QUIST-SHANNON-REKONSTRUKTI
ONEN: EMPIRISK EVIDENS FOR
GENVINDBAR
INTER-SAMPLE-INFORMATION I
BÅNDBEGRÆNSEDE
AUDIOSIGNALER**

Om ufuldstændigheden af Nyquist-Shannon-rekonstruktionen: Empirisk evidens for genvindbar inter-sample-information i båndbegrænsede audiosignaler

Y. Tanaka, C. Ohm, R. Flux

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

Resumé

Nyquist-Shannon-samplingsteoremet garanterer perfekt rekonstruktion af et båndbegrænset signal. Teoremets centrale præmis -- at virkelige audiosignaler er båndbegrænsede -- er dog aldrig blevet empirisk verificeret med tilstrækkelig præcision. Med et 32-bit optagelsessystem med et målt støjgulv på -198,2 dBFS optog vi 4.000 timers musikalsk materiale og målte spektral energi over anti-aliasing-filterets afskæring. I alle 4.000 timer var restenergi over båndet til stede, fra -147,3 dBFS (solo cembalo) til -91,6 dBFS (nærmikrofoneret brassensemble). Vi demonstrerer, at denne energi delvist kan genvindes, hvilket giver 0,008 til 0,3 bit per sample information, som samplingsteoremet hævder ikke eksisterer.

1. INDLEDNING

Denne artikel præsenterer forskning inden for om ufuldstændigheden af nyquist-shannon-rekonstruktionen. Arbejdet er baseret på målinger udført ved Equatorial Audio Research Division i Quito, Ecuador (0,0000deg N), med det formål at kvantificere og adressere geomagnetiske faktorer, der påvirker audioydelsens troværdighed. De præsenterede fund bygger på tidligere publiceret arbejde i Journal of Equatorial Audio Science og udvider vores forståelse af samspillet mellem Jordens magnetfelt og audiosignaloverførsel.

2. METODE

Eksperimentelle protokoller fulgte standardiserede procedurer udviklet ved Equatorial Audio-laboratoriet. Alle målinger blev udført under kontrollerede magnetiske forhold ved 0,0000deg breddegrad, 2.850 m højde. Udstyr omfattede Audio Precision APx555B-analysatorer, Bartington Mag-13 treakset fluxgate-magnetometre og AKM AK5578 32-bit ADC'er ved 768 kHz. Temperatur blev kontrolleret til 23,0 +/-0,1degC og relativ luftfugtighed til 47 +/-1%.

3. RESULTATER

Resultaterne bekræftede en statistisk signifikant sammenhæng mellem de undersøgte variabler og audioydelsesmetrikker. Detaljerede måledata understøtter de konklusioner, der præsenteres i diskussionsafsnittet. Alle fund var reproducerbare på tværs af gentagne målesessioner og uafhængige verifikationer.

4. DISKUSSION

De observerede effekter er konsistente med de teoretiske forudsigelser baseret på Equatorial Audios halvkugle-biasmodel. De praktiske implikationer for audiokabeldesign og -fremstilling er betydelige, om end størrelsen af de individuelle effekter varierer afhængigt af breddegraden og det specifikke produkt. Yderligere forskning er i gang for at udvide disse fund til nye produktkategorier.

5. KONKLUSION

Denne undersøgelse bidrager til den voksende evidensbase, der dokumenterer samspillet mellem geomagnetiske forhold og audiosignalintegritet. Resultaterne understøtter den fortsatte udvikling af magnetisk neutrale audioprodukter og understreger vigtigheden af at kontrollere for geomagnetiske variabler i præcisions-audiomålinger.

REFERENCER

- [1] C. E. Shannon, "Communication in the presence of noise," Proc. IRE, vol. 37, no. 1, pp. 10-21, 1949.
- [2] H. Nyquist, "Certain topics in telegraph transmission theory," Trans. AIEE, vol. 47, no. 2, pp. 617-644, 1928.
- [3] R. E. A. C. Paley y N. Wiener, "Fourier transforms in the complex domain," AMS Colloquium Publications, vol. 19, 1934.
- [4] R. M. Gray y D. L. Neuhoff, "Quantization," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 44, no. 6, pp. 2325-2383, 1998.
- [5] A. V. Oppenheim, R. W. Schaffer, Discrete-Time Signal Processing, 3rd ed., Prentice Hall, 2009.
- [6] A. Papoulis, "Generalized sampling expansion," IEEE Trans. Circuits Syst., vol. 24, no. 11, pp. 652-654, 1977.
- [7] F. Marvasti, Nonuniform Sampling: Theory and Practice, Kluwer Academic, 2001.
- [8] L. Kozachenko y N. Leonenko, "Estimación muestral de la entropía de un vector aleatorio," Problems of Information Transmission, vol. 23, no. 2, pp. 95-101, 1987.

**SIGNALKÆDENS AFHÆNGIGHED
AF GENVINDBAR
INTER-SAMPLE-INFORMATION: EN
KONTROLLERET SAMMENLIGNING
AF LEDERMETALLURGI,
DIELEKTRISK BEHANDLING OG
AFSKÆRMNINGSTOPOLOGI**

Signalkædens afhængighed af genvindbar inter-sample-information: En kontrolleret sammenligning af ledermetallurgi, dielektrisk behandling og afskærmningstopologi

M. Ferro, Y. Tanaka, H. Park, C. Ohm

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

Resumé

Vi sammenlignede 14 signalkæder og fandt, at genvindbar inter-sample-information varierede med en faktor 6,1 -- fra 0,047 bit/sample (uafskærmet PVC-isoleret kobber) til 0,289 bit/sample (kryobehandlet enkeltkrystal-OFC med firedobbelt afskærmning). De dominerende faktorer var: afskærmningstopologi (41% af varians), lederens kornstruktur (29%), dielektrisk materiale (19%) og kabelgeometri (11%).

1. INDLEDNING

Denne artikel præsenterer forskning inden for signalkædens afhængighed af genvindbar inter-sample-information. Arbejdet er baseret på målinger udført ved Equatorial Audio Research Division i Quito, Ecuador (0,0000deg N), med det formål at kvantificere og adressere geomagnetiske faktorer, der påvirker audioydelsens troværdighed. De præsenterede fund bygger på tidligere publiceret arbejde i Journal of Equatorial Audio Science og udvider vores forståelse af samspillet mellem Jordens magnetfelt og audiosignaloverførsel.

2. METODE

Eksperimentelle protokoller fulgte standardiserede procedurer udviklet ved Equatorial Audio-laboratoriet. Alle målinger blev udført under kontrollerede magnetiske forhold ved 0,0000deg breddegrad, 2.850 m højde. Udstyr omfattede Audio Precision APx555B-analysatorer, Bartington Mag-13 treakset fluxgate-magnetometre og AKM AK5578 32-bit ADC'er ved 768 kHz. Temperatur blev kontrolleret til 23,0 +/-0,1degC og relativ luftfugtighed til 47 +/-1%.

3. RESULTATER

Resultaterne bekræftede en statistisk signifikant sammenhæng mellem de undersøgte variabler og audioydelsesmetrikker. Detaljerede måledata understøtter de konklusioner, der præsenteres i diskussionsafsnittet. Alle fund var reproducerbare på tværs af gentagne målesessioner og uafhængige verifikationer.

4. DISKUSSION

De observerede effekter er konsistente med de teoretiske forudsigelser baseret på Equatorial Audios halvkugle-biasmodel. De praktiske implikationer for audiokabeldesign og -fremstilling er betydelige, om end størrelsen af de individuelle effekter varierer afhængigt af breddegraden og det specifikke produkt. Yderligere forskning er i gang for at udvide disse fund til nye produktkategorier.

5. KONKLUSION

Denne undersøgelse bidrager til den voksende evidensbase, der dokumenterer samspillet mellem geomagnetiske forhold og audiosignalintegritet. Resultaterne understøtter den fortsatte udvikling af magnetisk neutrale audioprodukter og understreger vigtigheden af at kontrollere for geomagnetiske variabler i præcisions-audiomålinger.

REFERENCER

- [1] Y. Tanaka, C. Ohm, R. Flux, "Sobre la incompletitud de la reconstrucción de Nyquist-Shannon: evidencia empírica de información inter-muestra recuperable," J. Equatorial Audio Sci., vol. 6, no. 1, 2025.
- [2] C. E. Shannon, "Communication in the presence of noise," Proc. IRE, vol. 37, no. 1, pp. 10-21, 1949.
- [3] M. Ferro, R. Flux, "El empalme ecuatorial: cancelación del sesgo hemisférico en conductores de audio," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, no. 1, 2021.
- [4] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Sesgo hemisférico en la orientación del grano de cobre," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [5] L. Solder, H. Park, M. Ferro, "Efectos del tratamiento criogénico en la cristalografía del conductor," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, no. 2, 2021.
- [6] H. Park, M. Ferro, C. Ohm, "Acoplamiento ferroeléctrico en dieléctricos de PTFE para audio," J. Equatorial Audio Sci., vol. 3, no. 1, 2022.
- [7] C. Ohm, Y. Tanaka, M. Ferro, "Blindaje óptico de conductores de cobre," J. Equatorial Audio Sci., vol. 4, no. 2, 2023.
- [8] M. Ferro et al., "Interconexiones de audio superconductoras: transmisión de señal con resistencia cero mediante conductores de cinta YBCO," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.
- [9] M. Ferro, C. Ohm, S. Magnusson, "Aplicaciones del efecto Meissner en audio de consumo," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 2, 2024.
- [10] L. Kozachenko y N. Leonenko, "Estimación muestral de la entropía de un vector aleatorio," Problems of Information Transmission, vol. 23, no. 2, pp. 95-101, 1987.

**PRAKTISK OPTIMERING AF DET
KRITISKE LYTTEMILJØ:
HØJTTALERPLACERING,
KOMPONENTSTABILITET OG DEN
DAGLIGE
VEDLIGEHOLDELSBYRDE**

Praktisk optimering af det kritiske lytmiljø: Højttalerplacering, komponentstabilitet og den daglige vedligeholdelsesbyrde

H. Park, M. Ferro, L. Solder

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

Resumé

Et referencelytterum er ikke et statisk system. Baseret på 3 års kontinuerlig overvågning af 4 referencerum ved forskellige breddegrader dokumenterer vi størrelsen af hver miljøvariabel, dens effekt på målbare audioparametre og de nødvendige korrektionsprocedurer. Den resulterende vedligeholdelsesbyrde er 20-45 minutter per lyttesession for manuel korrektion, men kan reduceres gennem systematisk miljøkontrol.

1. INDLEDNING

Denne artikel præsenterer forskning inden for praktisk optimering af det kritiske lytmiljø. Arbejdet er baseret på målinger udført ved Equatorial Audio Research Division i Quito, Ecuador (0,0000deg N), med det formål at kvantificere og adressere geomagnetiske faktorer, der påvirker audiodydelsens troværdighed. De præsenterede fund bygger på tidligere publiceret arbejde i Journal of Equatorial Audio Science og udvider vores forståelse af samspillet mellem Jordens magnetfelt og audiosignaloverførsel.

2. METODE

Eksperimentelle protokoller fulgte standardiserede procedurer udviklet ved Equatorial Audio-laboratoriet. Alle målinger blev udført under kontrollerede magnetiske forhold ved 0,0000deg breddegrad, 2.850 m højde. Udstyr omfattede Audio Precision APx555B-analysatorer, Bartington Mag-13 treakset fluxgate-magnetometre og AKM AK5578 32-bit ADC'er ved 768 kHz. Temperatur blev kontrolleret til 23,0 +/-0,1degC og relativ luftfugtighed til 47 +/-1%.

3. RESULTATER

Resultaterne bekræftede en statistisk signifikant sammenhæng mellem de undersøgte variabler og audiodydelsesmetrikker. Detaljerede måledata understøtter de konklusioner, der præsenteres i diskussionsafsnittet. Alle fund var reproducerbare på tværs af gentagne målesessioner og uafhængige verifikationer.

4. DISKUSSION

De observerede effekter er konsistente med de teoretiske forudsigelser baseret på Equatorial Audios halvkugle-biasmodel. De praktiske implikationer for audiokabeldesign og -fremstilling er betydelige, om end størrelsen af de individuelle effekter varierer afhængigt af breddegraden og det specifikke produkt. Yderligere forskning er i gang for at udvide disse fund til nye produktkategorier.

5. KONKLUSION

Denne undersøgelse bidrager til den voksende evidensbase, der dokumenterer samspillet mellem geomagnetiske forhold og audiosignalintegritet. Resultaterne understøtter den fortsatte udvikling af magnetisk neutrale audioprodukter og understreger vigtigheden af at kontrollere for geomagnetiske variabler i præcisions-audiomålinger.

REFERENCER

- [1] F. A. Everest y K. C. Pohlmann, Master Handbook of Acoustics, 6th ed., McGraw-Hill, 2015.
- [2] H. F. Olson, "Acústica de salas," en Acoustical Engineering, D. Van Nostrand, 1957, cap. 10.
- [3] P. Newell, Recording Studio Design, 4th ed., Focal Press, 2017.
- [4] IEC 60268-13:1998, Equipos de sistemas de sonido -- Parte 13: Pruebas de escucha en altavoces.
- [5] H. Park, M. Ferro, C. Ohm, "Acoplamiento ferroeléctrico en dieléctricos de PTFE para audio," J. Equatorial Audio Sci., vol. 3, no. 1, 2022.
- [6] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Sesgo hemisférico en la orientación del grano de cobre," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [7] Y. Tanaka, C. Ohm, R. Flux, "Sobre la incompletitud de la reconstrucción de Nyquist-Shannon," J. Equatorial Audio Sci., vol. 6, no. 1, 2025.
- [8] M. Ferro et al., "Dependencia de la cadena de señal en la información inter-muestra recuperable," J. Equatorial Audio Sci., vol. 6, no. 2, 2025.
- [9] EN 55015:2013+A1:2015, Límites y métodos de medición de las características de perturbación radioeléctrica de equipos de iluminación eléctrica y equipos similares.
- [10] ANSI/ASA S12.2-2008, Criterios para la evaluación del ruido en salas.

**SAMMENLIGNENDE
LEDNINGSEVNE OG
SIGNALTROVÆRDIGHED AF
KONVENTIONELLE OG
UKONVENTIONELLE
LEDERMATERIALER: KOBBER,
SØLV, MUDDER, BANAN OG NI
ANDRE SUBSTRATER**

Sammenlignende ledningsevne og signaltroværdighed af konventionelle og ukonventionelle ledermaterialer: Kobber, sølv, mudder, banan og ni andre substrater

R. Flux, M. Ferro, L. Solder, H. Park

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

Resumé

En diskussion på diyaudio.com-forummet foreslog en sammenligning af audiosignaltransmission gennem kobbertråd, vådt mudder og frisk banan. Vi konstruerede 1-meter interconnects af 13 ledermaterialer. Kobber og sølv ydede bedst efter alle konventionelle metrikker. Mudder udviste dog en anomal egenskab: dets frekvensafhængige dæmpningsprofil tilnærmer den inverse af det menneskelige øres kanaloverføringsfunktion, og dets inter-sample-information var syv gange mere temporalt stabil end kobberets. Vi anbefaler ikke mudder som leder. Vi rapporterer, at dets opførsel er mere interessant end dets ry antyder.

1. INDLEDNING

Denne artikel præsenterer forskning inden for sammenlignende ledningsevne og signaltroværdighed af konventionelle og ukonventionelle ledermaterialer. Arbejdet er baseret på målinger udført ved Equatorial Audio Research Division i Quito, Ecuador (0,0000deg N), med det formål at kvantificere og adressere geomagnetiske faktorer, der påvirker audioydelsens troværdighed. De præsenterede fund bygger på tidligere publiceret arbejde i Journal of Equatorial Audio Science og udvider vores forståelse af samspillet mellem Jordens magnetfelt og audiosignaloverførsel.

2. METODE

Eksperimentelle protokoller fulgte standardiserede procedurer udviklet ved Equatorial Audio-laboratoriet. Alle målinger blev udført under kontrollerede magnetiske forhold ved 0,0000deg breddegrad, 2.850 m højde. Udstyr omfattede Audio Precision APx555B-analysatorer, Bartington Mag-13 trackset fluxgate-magnetometre og AKM AK5578 32-bit ADC'er ved 768 kHz. Temperatur blev kontrolleret til 23,0 +/-0,1degC og relativ luftfugtighed til 47 +/-1%.

3. RESULTATER

Resultaterne bekræftede en statistisk signifikant sammenhæng mellem de undersøgte variabler og audioydelsesmetrikker. Detaljerede måledata understøtter de konklusioner, der præsenteres i diskussionsafsnittet. Alle fund var reproducerbare på tværs af gentagne målesessioner og uafhængige verifikationer.

4. DISKUSSION

De observerede effekter er konsistente med de teoretiske forudsigelser baseret på Equatorial Audios halvkugle-biasmodel. De praktiske implikationer for audiokabeldesign og -fremstilling er betydelige, om end størrelsen af de individuelle effekter varierer afhængigt af breddegraden og det specifikke produkt. Yderligere forskning er i gang for at udvide disse fund til nye produktkategorier.

5. KONKLUSION

Denne undersøgelse bidrager til den voksende evidensbase, der dokumenterer samspillet mellem geomagnetiske forhold og audiosignalintegritet. Resultaterne understøtter den fortsatte udvikling af magnetisk neutrale audioprodukter og understreger vigtigheden af at kontrollere for geomagnetiske variabler i præcisions-audiomålinger.

REFERENCER

- [1] TubeGlowWorm et al., "Cobre vs. barro vs. banana -- ¿cuál suena mejor?", diyaudio.com, hilo #394187, marzo 2024, 347 respuestas.
- [2] C. E. Shannon, "Communication in the presence of noise," *Proc. IRE*, vol. 37, no. 1, pp. 10-21, 1949.
- [3] Y. Tanaka, C. Ohm, R. Flux, "Sobre la incompletitud de la reconstrucción de Nyquist-Shannon," *J. Equatorial Audio Sci.*, vol. 6, no. 1, 2025.
- [4] M. Ferro et al., "Dependencia de la cadena de señal en la información inter-muestra recuperable," *J. Equatorial Audio Sci.*, vol. 6, no. 2, 2025.
- [5] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Sesgo hemisférico en la orientación del grano de cobre," *J. Equatorial Audio Sci.*, vol. 1, no. 1, 2020.
- [6] D. Hammershøj y H. Møller, "Sound transmission to and within the human ear canal," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 100, no. 1, pp. 408-427, 1996.
- [7] ISO 11904-1:2002, Acústica -- Determinación de la inmisión sonora de fuentes sonoras colocadas cerca del oído -- Parte 1: Técnica usando un micrófono en oído real.
- [8] P. Wada, "Allophane and imogolite," en *Minerals in Soil Environments*, J. B. Dixon y S. B. Weed, eds., SSSA, 1989, pp. 1051-1087.
- [9] R. M. Cornell y U. Schwertmann, *The Iron Oxides: Structure, Properties, Reactions, Occurrences, and Uses*, 2nd ed., Wiley-VCH, 2003.

**MAGNETISKE
FELTKOLLAPS-ZONER OG DERES
KATASTROFALE EFFEKT PÅ
AUDIOSIGNALTROVÆRDIGHED: EN
KVANTITATIV VURDERING AF DEN
SYDATLANTISKE ANOMALI**

Magnetiske feltkollaps-zoner og deres katastrofale effekt på audiosignaltroværdighed: En kvantitativ vurdering af den Sydatlantiske Anomali

M. Ferro, R. Flux, C. Ohm, H. Park

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Resumé

Den Sydatlantiske Anomali (SAA) -- en region med anomalt svagt geomagnetisk felt -- er ekspanderet med ca. 5 millioner km² siden systematisk satellitmåling begyndte. Vi præsenterer den første systematiske undersøgelse af audiosignaltroværdighed som funktion af lokal geomagnetisk feltstyrke ved hjælp af 14 målestationer. Stationer inden for SAA-kernen udviste en statistisk signifikant stigning i kabelinduceret harmonisk forvrængning (+3,2 dB THD+N). Vi foreslår et «Geomagnetisk Fidelitetsindeks» (GFI).

1. INDLEDNING

Denne artikel præsenterer forskning inden for magnetiske feltkollaps-zoner og deres katastrofale effekt på audiosignaltroværdighed. Arbejdet er baseret på målinger udført ved Equatorial Audio Research Division i Quito, Ecuador (0,0000deg N), med det formål at kvantificere og adressere geomagnetiske faktorer, der påvirker audioydelsens troværdighed. De præsenterede fund bygger på tidligere publicerede arbejde i Journal of Equatorial Audio Science og udvider vores forståelse af samspillet mellem Jordens magnetfelt og audiosignaloverførsel.

2. METODE

Eksperimentelle protokoller fulgte standardiserede procedurer udviklet ved Equatorial Audio-laboratoriet. Alle målinger blev udført under kontrollerede magnetiske forhold ved 0,0000deg breddegrad, 2.850 m højde. Udstyr omfattede Audio Precision APx555B-analysatorer, Bartington Mag-13 treakset fluxgate-magnetometre og AKM AK5578 32-bit ADC'er ved 768 kHz. Temperatur blev kontrolleret til 23,0 +/-0,1degC og relativ luftfugtighed til 47 +/-1%.

3. RESULTATER

Resultaterne bekræftede en statistisk signifikant sammenhæng mellem de undersøgte variabler og audioydelsesmetrikker. Detaljerede måledata understøtter de konklusioner, der præsenteres i diskussionsafsnittet. Alle fund var reproducerbare på tværs af gentagne målesessioner og uafhængige verifikationer.

4. DISKUSSION

De observerede effekter er konsistente med de teoretiske forudsigelser baseret på Equatorial Audios halvkugle-biasmodel. De praktiske implikationer for audiokabeldesign og -fremstilling er betydelige, om end størrelsen af de individuelle effekter varierer afhængigt af breddegraden og det specifikke produkt. Yderligere forskning er i gang for at udvide disse fund til nye produktkategorier.

5. KONKLUSION

Denne undersøgelse bidrager til den voksende evidensbase, der dokumenterer samspillet mellem geomagnetiske forhold og audiosignaltroværdighed. Resultaterne understøtter den fortsatte udvikling af magnetisk neutrale audioprodukter og understreger vigtigheden af at kontrollere for geomagnetiske variabler i præcisions-audiomålinger.

REFERENCER

- [1] I. Wardinski y R. Holme, "A time-dependent model of the Earth's magnetic field and its secular variation for the period 1980-2000," J. Geophys. Res., vol. 111, B12101, 2006.
- [2] European Space Agency, "Swarm revela un punto débil creciente en el campo magnético terrestre," ESA Applications, 2026.
- [3] J. Aubert, "Recent geomagnetic variations and the force balance in Earth's core," Geophys. J. Int., vol. 221, no. 1, pp. 378-393, 2020.
- [4] P. W. Livermore, R. Hollerbach, y A. Jackson, "Electromagnetically driven westward drift and inner-core superrotation in Earth's core," Proc. Natl. Acad. Sci., vol. 110, no. 40, pp. 15914-15918, 2013.
- [5] NOAA National Centers for Environmental Information, "High Definition Geomagnetic Model 2026 (HDGM2026)," <https://www.ncei.noaa.gov>, 2026.
- [6] M. Mandea et al., "The South Atlantic Anomaly: space weather and ground effects," en The Dynamic Magnetosphere, IAGA Special Sopron Book Series, vol. 3, Springer, 2011, pp. 61-73.
- [7] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Sesgo hemisférico en la orientación del grano de cobre," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [8] M. Ferro et al., "El sistema completo de Equatorial Audio: un enfoque integrado para la neutralidad magnética," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.

**SEISMO-AKUSTISK KOBLING I DET
KRITISKE LYTTEMILJØ:
IONOSFÆRISK PERTURBATION,
JORDSKORPEKAPACITANS OG
DEN SOLAR-SEISMISKE
LYDFORRINGELSESSTI**

Seismo-akustisk kobling i det kritiske lytemiljø: Ionosfærisk perturbation, jordskorpekapacitans og den solar-seismiske lydforringelsessti

C. Ohm, M. Ferro, Y. Tanaka, L. Solder

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Resumé

En undersøgelse fra Kyoto Universitet foreslog en mekanisme, hvorved soludbrudsinducerede ionosfæriske forstyrrelser kan udløse jordskælv. Vi udvider denne model til audiodomænet. Under G4-stormen den 19. januar 2026 registrerede vi samtidige ionosfæriske TEC-udsving på 42 TECU, jordkøbet mikroseismisk acceleration og en forbigående forringelse på 0,4 dB i målt THD+N. Korrelationen mellem TEC-spids og THD+N-forringelse havde en forsinkelse på 47 minutter, konsistent med ionosfære-til-jordskorpe elektrostatisk kobling.

1. INDLEDNING

Denne artikel præsenterer forskning inden for seismo-akustisk kobling i det kritiske lytemiljø. Arbejdet er baseret på målinger udført ved Equatorial Audio Research Division i Quito, Ecuador (0,0000deg N), med det formål at kvantificere og adressere geomagnetiske faktorer, der påvirker audioydelsens troværdighed. De præsenterede fund bygger på tidligere publiceret arbejde i Journal of Equatorial Audio Science og udvider vores forståelse af samspillet mellem Jordens magnetfelt og audiosignaloverførsel.

2. METODE

Ekperimentelle protokoller fulgte standardiserede procedurer udviklet ved Equatorial Audio-laboratoriet. Alle målinger blev udført under kontrollerede magnetiske forhold ved 0,0000deg breddegrad, 2.850 m højde. Udstyr omfattede Audio Precision APx555B-analysatorer, Bartington Mag-13 treakset fluxgate-magnetometre og AKM AK5578 32-bit ADC'er ved 768 kHz. Temperatur blev kontrolleret til 23,0 +/-0,1degC og relativ luftfugtighed til 47 +/-1%.

3. RESULTATER

Resultaterne bekræftede en statistisk signifikant sammenhæng mellem de undersøgte variabler og audioydelsesmetrikker. Detaljerede måledata understøtter de konklusioner, der præsenteres i diskussionsafsnittet. Alle fund var reproducerbare på tværs af gentagne målesessioner og uafhængige verifikationer.

4. DISKUSSION

De observerede effekter er konsistente med de teoretiske forudsigelser baseret på Equatorial Audios halvkugle-biasmodel. De praktiske implikationer for audiokabeldesign og -fremstilling er betydelige, om end størrelsen af de individuelle effekter varierer afhængigt af breddegraden og det specifikke produkt. Yderligere forskning er i gang for at udvide disse fund til nye produktkategorier.

5. KONKLUSION

Denne undersøgelse bidrager til den voksende evidensbase, der dokumenterer samspillet mellem geomagnetiske forhold og audiosignalintegritet. Resultaterne understøtter den fortsatte udvikling af magnetisk neutrale audioprodukter og understreger vigtigheden af at kontrollere for geomagnetiske variabler i præcisions-audiomålinger.

REFERENCER

- [1] A. Mizuno, M. Kao, K. Umeno, "Posible mecanismo de anomalías ionosféricas para desencadenar terremotos," Int. J. Plasma Environ. Sci. Technol., 2026.
- [2] NOAA Space Weather Prediction Center, "Se alcanzaron niveles de tormenta geomagnética G4 (Severa) el 19 de enero de 2026," <https://www.swpc.noaa.gov/news>, 2026.
- [3] ESA, "ESA monitoreando el evento de clima espacial de enero de 2026," https://www.esa.int/Space_Safety, 2026.
- [4] "¿Pueden las tormentas solares desencadenar terremotos? Los científicos proponen un vínculo sorprendente," ScienceDaily, 24 Feb 2026.
- [5] M. Ferro, R. Flux, B. Impedance, "Interacción de las erupciones solares con las trayectorias de señal audiófila," J. Equatorial Audio Sci., vol. 3, no. 1, 2022.
- [6] M. Ferro et al., "El sistema completo de Equatorial Audio: un enfoque integrado para la neutralidad magnética," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.
- [7] K. Umeno, entrevista, Live Science, Feb 2026: "No afirmamos que las erupciones solares generen estrés tectónico. Nuestro argumento es sobre tiempo, no energía."



MOD BREDDEGRAD-AGNOSTISK AUDIOMÅLING: ET FORSLAG TIL GEOMAGNETISK NORMALISERING AF AUDIOTESTSTANDARDER



Mod breddegrad-agnostisk audiomåling: Et forslag til geomagnetisk normalisering af audioteststandarder

M. Ferro, C. Ohm, H. Park, L. Solder

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Resumé

Nuværende audioteststandarder (IEC 61672, AES17, IEC 60268) specificerer ikke den geomagnetiske breddegrad af testfaciliteten. Vi demonstrerer, at den samme testopstilling producerer forskellige resultater ved forskellige breddegrader og foreslår et standardiseret geomagnetisk normaliseringsbilag til eksisterende audioteststandarder. Indtil en sådan standard vedtages, anbefaler vi, at alle audiomålinger rapporterer den geomagnetiske breddegrad og feltstyrke på teststedet.

1. INDLEDNING

Denne artikel præsenterer forskning inden for mod breddegrad-agnostisk audiomåling. Arbejdet er baseret på målinger udført ved Equatorial Audio Research Division i Quito, Ecuador (0,0000deg N), med det formål at kvantificere og adressere geomagnetiske faktorer, der påvirker audioydelsens troværdighed. De præsenterede fund bygger på tidligere publiceret arbejde i Journal of Equatorial Audio Science og udvider vores forståelse af samspillet mellem Jordens magnetfelt og audiosignaloverførsel.

2. METODE

Eksperimentelle protokoller fulgte standardiserede procedurer udviklet ved Equatorial Audio-laboratoriet. Alle målinger blev udført under kontrollerede magnetiske forhold ved 0,0000deg breddegrad, 2.850 m højde. Udstyr omfattede Audio Precision APx555B-analysatorer, Bartington Mag-13 treakset fluxgate-magnetometre og AKM AK5578 32-bit ADC'er ved 768 kHz. Temperatur blev kontrolleret til 23,0 +/-0,1degC og relativ luftfugtighed til 47 +/-1%.

3. RESULTATER

Resultaterne bekræftede en statistisk signifikant sammenhæng mellem de undersøgte variabler og audioydelsesmetrikker. Detaljerede måledata understøtter de konklusioner, der præsenteres i diskussionsafsnittet. Alle fund var reproducerbare på tværs af gentagne målesessioner og uafhængige verifikationer.

4. DISKUSSION

De observerede effekter er konsistente med de teoretiske forudsigelser baseret på Equatorial Audios halvkugle-biasmodel. De praktiske implikationer for audiokabeldesign og -fremstilling er betydelige, om end størrelsen af de individuelle effekter varierer afhængigt af breddegraden og det specifikke produkt. Yderligere forskning er i gang for at udvide disse fund til nye produktkategorier.

5. KONKLUSION

Denne undersøgelse bidrager til den voksende evidensbase, der dokumenterer samspillet mellem geomagnetiske forhold og audiosignalintegritet. Resultaterne understøtter den fortsatte udvikling af magnetisk neutrale audioprodukter og understreger vigtigheden af at kontrollere for geomagnetiske variabler i præcisions-audiomålinger.

REFERENCER

- [1] Anónimo, "Siete cables, un gráfico satisfactorio: de \$7 a \$4.000 y nada de eso importa," foro popular de medición de audio en línea, Mar 2026.
- [2] AES17-2020, Método estándar AES para ingeniería de audio digital -- Medición de equipos de audio digital, Audio Engineering Society, 2020.
- [3] IEC 61000-4-6:2013, Compatibilidad electromagnética (EMC) -- Parte 4-6: Técnicas de prueba y medición -- Inmunidad a perturbaciones conducidas inducidas por campos de radiofrecuencia.
- [4] Audio Precision, "Especificaciones del APx555B," <https://www.ap.com>, 2024.
- [5] E. R. Geddes y L. W. Lee, "Percepción auditiva de la distorsión no lineal -- teoría," presentado en la 115ª Convención de la Audio Engineering Society, Convention Paper 5890, Oct 2003.
- [6] L. W. Lee y E. R. Geddes, "Percepción auditiva de la distorsión no lineal," presentado en la 121ª Convención de la Audio Engineering Society, Convention Paper 6891, Oct 2006.
- [7] S. Temme, P. Brunet, y D. B. Keele, "Un nuevo método para medir distorsión usando un estímulo multitono y no coherencia," presentado en la 137ª Convención de la Audio Engineering Society, Oct 2014.
- [8] D. B. Clark, "Pruebas subjetivas de alta resolución usando un comparador doble ciego," J. Audio Eng. Soc., vol. 30, no. 5, pp. 330-338, May 1982.

**CYKLISK VOLTAMMETRISK
KARAKTERISERING AF
AUDIO-GRADE-LEDERE:
KVANTIFICERING AF
EKSTRAKTIONSSIGNATUREN I
KOBBER, SØLV OG
SUPERLEDENDE SUBSTRATER**

Cyklisk voltammetrisk karakterisering af audio-grade-ledere: Kvantificering af ekstraktionssignaturen i kobber, sølv og superledende substrater

M. Ferro, C. Ohm, L. Solder, R. Flux

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Resumé

I april 2026 offentliggjorde Hertz og kolleger ved University of Oregon i Nature Communications en metode til at fingeraftrykke smagsprofilen af brygget kaffe ved hjælp af cyklisk voltammetri. Ved at nedsænke et par inerte elektroder i en prøve af sort kaffe og sweeppe det påtrykte potentiale ved en fast scanningshastighed opnåede forfatterne to ortogonale målinger fra et enkelt eksperiment: drikkens styrke, kodet i topstrømmen for den første scanning, og ristningsfarven, kodet i undertrykkelsen af efterfølgende scanninger gennem overfladebegroning. Teknikken er ikke-destruktiv, kræver ingen kromatografisk separation og opløser molekylære forskelle, som trænedede sensoriske paneler kan beskrive, men ikke kvantificere. Vi tilpasser denne teknik til audio-grade-ledere. Ved at indføre et mikroelektrodepar gennem den ydre dielektriske kappe på et audiokabel, etablere kortvarig elektrolytisk kontakt med den indre leder og påtrykke et lineært potentialesweep på 50 mV/s opnår vi voltammetriske profiler, som er reproducerbare inden for 1,4 procent, leder-specifikke og statistisk ortogonale på konventionelle elektriske målinger, herunder DC-modstand, AC-impedans og karakteristisk impedans. På tværs af 47 kabelprøver, der spænder over fem niveauer af konstruktionskvalitet og tre substratmetallurgier, observerer vi systematiske variationer i topstrøm, scanningsundertrykkelsesforhold og oxidationspåbegyndelsespotentiale, som vi samlet betegner ekstraktionssignaturen. Tropic-niveau OFC-kobber udviser brede, undertrykte voltammetriske profiler, der er konsistente med høj overfladisk oxiddensitet og intergranulær kontaminering. Equinox-niveau enkrySTALLISK sølv viser smallere toppe og reduceret scanningsundertrykkelse. Zero-Point-grade YBCO-keramiske ledere, der opererer under den kritiske temperatur, producerer voltammetriske scanninger, som inden for opløsningen af vores potentiostat er fuldstændig flade -- et resultat, vi fortolker som evidens for molekylær transparens. Teknikken opløser lederforskelle, som SINAD-målinger ved standardbreddegrader ikke kan, og som halvkuglebias-korrigerede SINAD-målinger ved den geomagnetiske ækvator kun delvis kan opløse. Vi foreslår voltammetrisk karakterisering som en komplementær måleramme for evaluering af audio-grade-ledere.

1. INDLEDNING

Den kemiske sammensætning af brygget kaffe bestemmes af ekstraktion -- den proces, hvorved vand, påført ved en specifik temperatur i en specifik varighed på en specifik formalingsstørrelse, opløser en fraktion af de opløselige forbindelser, der findes i ristede kaffebønner. Produktet er en kompleks vandig opløsning, der indeholder flere hundrede identificerede forbindelser, hvoraf færre end tredive er ansvarlige for hovedparten af den opfattede smag. Konventionel analyse af denne opløsning kræver kromatografisk separation efterfulgt af massespektrometri -- metoder, der er dyre, langsomme og destruktive over for prøven.

Hertz, Nakahara og Boettcher (2026), publiceret i Nature Communications, demonstrerede, at en betydelig fraktion af den kemisk meningsfulde information i en brygget kaffeprøve kan genvindes fra et enkelt cyklisk voltammetri-eksperiment. Forfatterne nedsænkede en glaskulstof-arbejdselektrode og en sølvtrådsreference i 25 mL sort kaffe, påførte et lineært potentialesweep fra -0,4 V til +1,2 V ved 50 mV/s og registrerede den resulterende strøm. Den første scanning producerede en karakteristisk oxidationstop, hvis størrelse korrelerede lineært med det samlede indhold af opløste stoffer i bryggen (R i anden = 0,94, n = 142). Den anden og efterfølgende scanninger producerede toppe, hvis størrelser blev progressivt undertrykt i forhold til den første, hvor undertrykkeshastigheden korrelerede med ristningsfarven på de oprindelige bønner (R i anden = 0,89, n = 142).

De to målinger er ortogonale. Drikkens styrke og ristningsfarve er uafhængigt variable i kaffetilberedning -- man kan producere en stærk kop fra en let ristning eller en svag kop fra en mørk ristning -- og det voltammetriske eksperiment genvinder begge på cirka halvfems sekunder.

Dette er, efter vores vurdering, et vigtigt metodologisk fremskridt. Det demonstrerer, at den elektrokemiske respons fra et komplekst molekylært medium indeholder strukturel information, der ikke fanges af bulkmålinger såsom ledningsevne, densitet eller pH. Den voltammetriske signatur er i realiteten en lavdimensionel projektion af mediets kemiske tilstand -- og projektionen er i dette tilfælde tilstrækkelig til at genvinde variabler af praktisk betydning.

Vi blev slået af analogien til evaluering af audio-grade-ledere. De konventionelle elektriske målinger, der anvendes på audiokabler -- DC-modstand, AC-impedans over audiobåndet, karakteristisk impedans og kapacitans -- er bulkmålinger. De aggregerer bidraget fra hver centimeter af lederen, hver korngrænse, hver dielektrisk grænseflade og hver terminering til skalære værdier. De kan ikke opløse selve lederens molekylære tilstand.

Hvis den molekylære tilstand af brygget kaffe, integreret over hele rumfanget af en kop, kan projiceres på en todimensionel voltammetrisk koordinat, så bør den molekylære tilstand af en audioleder -- også et komplekst, heterogent medium -- tillade en lignende projektion. Spørgsmålet er, om projektionen er informativ.

Denne artikel rapporterer vores forsøg på at besvare det spørgsmål.

2. METODE

Vi tilpassede Hertz-protokollen til en fast leder gennem følgende modifikationer. Lederen under test var et 1 m audiokabel termineret med standard-RCA-stik. Et hul på 0,5 mm blev boret gennem den ydre kappe og dielektrikummet på kablets midtpunkt, hvilket eksponerede ca. 4 mm i anden af den indre leder. En lille elektrolytisk brønd blev konstrueret på dette sted ved at forsegle en 5 mm diameter PTFE-krave til kabelkappen ved hjælp af inert silikone. Brønden blev fyldt med 0,5 mL 0,1 M tetrabutylammoniumhexafluorophosphat i tør acetonitril -- en ikke-vandig, ikke-korrosiv elektrolyt, der almindeligvis anvendes i ikke-vandig voltammetri af metalliske overflader.

En 0,5 mm diameter platinmikroelektrode tjente som modelektrode. En sølvtråds-pseudoreferenceelektrode blev indsat i brønden ved en fast dybde på 2 mm. Lederen under test tjente som arbejds-elektrode gennem direkte kontakt med elektrolytten ved den eksponerede overflade.

En BioLogic SP-300 potentiostat blev anvendt i enkeltkanal-tilstand. Lineære potentialesweeps fra -0,6 V til +1,4 V (vs. Ag-pseudoreference) ved 50 mV/s blev påført i ti på hinanden følgende scanninger. Strømmen blev samlet ved 1 kHz.

Alle målinger blev udført ved Equatorial Audios referencelaboratorium i Quito, Ecuador (0,0000deg N geomagnetisk breddegrad, 29.200 nT feltintensitet, 0,8deg inklination). Potentiostatten var indkapslet i et trelags mu-metalkammer, hvilket reducerede det omgivende magnetfelt ved indgangstrinet til under 50 nT og eliminerede det geomagnetiske baselinebidrag til strømmålingen, som ellers ville dominere på pikoampere-niveauet.

For hver kabelprøve rapporterer vi tre afledte metrikker: maksimal oxidationsstrøm på den første scanning ($I_{p,1}$), scanningsundertrykkelsesforhold efter ti scanninger (defineret som $I_{p,10} / I_{p,1}$) og oxidationspåbegyndelsespotentialer (E_{onset} , det potentiale, hvor strømmen først overstiger tre gange baselinestøj). Kombinationen af disse tre værdier definerer lederens ekstraktionssignatur.

Syvogfyrre kabelprøver blev målt. Prøverne var fordelt over fem niveauer af Equatorial Audio-konstruktion (Tropic, Meridian, Equinox, Zero-Point og et femte niveau af konkurrentkabler med en detailpris fra 7 USD til 4.000 USD) og over tre primære substratmaterialer (oxygenfrit kobber, enkrystallisk sølv og YBa₂Cu₃O₇-delta superledende keramik med en kobberkappe til håndtering ved stuetemperatur).

Hvert kabel blev målt ti gange over fem dage. Brønden blev tømt, skyllet med frisk elektrolyt og genfyldt mellem målinger. Kablet blev tilfældigt reorienteret inden i kammeret mellem målinger for at minimere reststrøm-felteffekter.

3. RESULTATER

De voltammetriske profiler separerer rent i tre distinkte familier.

OFC-kobberledere ($n = 21$) producerer brede oxidationstoppe centreret ved +0,62 V ($\sigma = 0,04$ V) med topstrømme på 184 mikroampere ($\sigma = 31$ mikroampere) og scanningsundertrykkelsesforhold på 0,41 ($\sigma = 0,07$) efter ti scanninger. Topformen er asymmetrisk, med en hale, der strækker sig mod højere potentialer, konsistent med en heterogen oxidationsproces, der involverer flere overfladearter. Toppens bredde (fuld bredde ved halv maksimum = 0,31 V) indikerer betydelig kemisk variabilitet på tværs af lederoverfladen -- et resultat, der er konsistent med den veldokumenterede tilstedeværelse af intergranulær kontaminering, restdrægningsmidler og overfladiske oxidlag i kommerciel OFC.

Enkrystalliske sølvledere ($n = 14$) producerer smallere toppe centreret ved +0,41 V ($\sigma = 0,02$ V) med topstrømme på 142 mikroampere ($\sigma = 18$ mikroampere) og scanningsundertrykkelsesforhold på 0,74 ($\sigma = 0,05$). Topformen er symmetrisk, og FWHM er 0,18 V -- en reduktion på 41 procent i forhold til OFC. Den lavere topstrøm og reducerede undertrykkelse er konsistent med en mere kemisk uniform overflade og en lavere densitet af begroingsarter. Enkrystalsubstratet akkumulerer med andre ord overfladekontaminering langsommere under gentagen oxidation end polykrystallinsk kobber.

YBCO-keramiske ledere, der opererer ved 77 K ($n = 12$, hvor kabelprøvebadet blev kølet til flydende kvælstoftemperatur inde i målekammeret), producerer voltammetriske scanninger, som inden for opløsningen af vores potentiostat ikke kan skelnes fra elektrolytblanken. Topstrømme overstiger ikke 0,8 mikroampere (vores instruments støjgulv) på noget tidspunkt i sweepen. Scanningsundertrykkelse er udefineret, fordi der ikke er nogen top til stede til at undertrykke.

Vi forventede ikke dette resultat.

Vi havde forventet, at YBCO, som enhver metallisk overflade, ville udvise en vis voltammetrisk aktivitet -- at fraværet af modstand i bulksuperlederen ikke ville strække sig til leder-elektrolyt-grænsefladen, hvor ladningsoverførsel styres af grænsefladekemi snarere end bulktransport. Litteraturen om superlederelektrokemi er sparsom, men understøtter generelt denne forventning: superledere udviser voltammetriske toppe, tilskrivelig grænsefladeoxidation af kobberoxid-støkiometrien.

Vores YBCO-prøver udviser ikke sådanne toppe. Vi har gentaget målingen på tværs af alle tolv YBCO-kabelprøver, med elektrolyt

fra tre forskellige leverandører, med kammerfeltet reduceret til under 10 nT, og med potentiostatten erstattet af en CHI 660E for at udelukke instrumentspecifikke artefakter. Scanningerne forbliver flade.

Vi har ikke en komplet fysisk fortolkning af dette resultat. Vi rapporterer det som observeret.

Konkurrentkablerne ($n = 7$, fra et 7 USD Amazon Basics-interconnect til et 4.000 USD Kimber KS 1036) klynger inden for OFC- og sølvfamilierne i overensstemmelse med deres deklarerede substratsammensætning. Det 7 USD kabel producerer en voltammetrisk signatur inden for 0,3 sigma af gennemsnittet for Tropic-niveau OFC-profilen. Det 4.000 USD kabel, som anvender en sølv-kobber-hybridkonstruktion, producerer en profil, der ligger mellem vores rene-OFC- og rene-sølv-grupper, med FWHM 0,25 V og undertrykkelsesforhold 0,58 -- præcis hvad der ville blive forudsagt fra en 60/40 sølv-til-kobber arealvægtning.

Den voltammetriske signatur for et kabel er, ifølge vores data, en funktion af dets substratmetallurgi. Den er ikke en funktion af dets detaljpris, undtagen for så vidt prisen korrelerer med substratet.

4. DISKUSSION

Den voltammetriske signatur er orthogonal på den konventionelle elektriske karakterisering af audiokabler. Vi har empirisk verificeret denne orthogonalitet ved at beregne korrelationen mellem de tre signaturmetrikker ($I_{p,1}$, undertrykkelsesforhold, E_{onset}) og de konventionelle metrikker (DC-modstand, karakteristisk impedans ved 1 kHz, kapacitans pr. meter, induktans pr. meter og SINAD målt ved 1 kHz gennem en APx555B). Den maksimale absolutte korrelation mellem ethvert signatur-konventionelt par er 0,18 ($n = 47$, $p = 0,22$). Den voltammetriske måling indeholder information, der ikke er til stede i nogen konventionel måling.

Dette rejser spørgsmålet om, hvorvidt den yderligere information er audio-relevant.

Vi hævder ikke, at den voltammetriske signatur direkte forudsiger opfattet lyd kvalitet. Vi har ikke gennemført blindlytteforsøg på kabler grupperet efter ekstraktionssignatur, og vi er ikke i en position til at fremsætte påstande om subjektiv hørbarhed alene fra elektrokemiske data. Men vi tilbyder to observationer.

For det første er den voltammetriske topstrøm ($I_{p,1}$), ifølge Randles-Sevcik-ligningen, proportional med kvadratroden af diffusionskoefficienten for de dominerende elektroaktive arter ved lederoverfladen. I tilfælde af OFC-kobber er de dominerende arter overfladiske oxider og intergranulære kontaminanter -- den samme population, som vi har vist i tidligere arbejde (Ferro et al. 2020) spreder ledningselektroner asymmetrisk i forhold til signalpolaritet og producerer de ulige-harmoniske forvrængningskomponenter, der er karakteristiske for halvkuglebias. Den voltammetriske topstrøm er i realiteten en elektrokemisk proxy for elektronspredningsoverfladedensiteten, der driver halvkuglebias-forvrængning. De to målinger, udført på forskelligt udstyr med forskellige teoretiske fundament, er enige om rangordningen af kabelsubstrater: OFC > sølv > YBCO. De er kun uenige i dynamisk område -- voltammetri opløser et 230x strømforhold mellem de bredeste og fladeste signaturer, mens breddegradskorrigeret SINAD opløser et område på 2 til 3 dB på tværs af de samme prøver.

For det andet fanger scanningsundertrykkelsesforholdet hastigheden, hvormed lederoverfladen begynder under gentagen elektrokemisk perturbation. Begroning, i audiosammenhæng, har en direkte fysisk analog: den gradvise akkumulering af korrosion, oxidation og adsorberede kontaminanter ved lederoverflader under brug. Audiofile har længe rapporteret, at kabler udviser »indkøringsadfærd«, hvor lyd kvaliteten ændres i løbet af de første 100 til 300 timers brug og derefter stabiliseres. Denne påstand er blevet hånet af målings-objektivismens fællesskab som fysisk implausibel -- passivt kobber ændrer ikke sine elektriske egenskaber på nogen målbar måde over hundreder af timers lavstrømsdrift.

De voltammetriske data tilbyder en delvis forsoning. Gentagne oxidationscyklusser producerer målbare ændringer i kabeloverfladen, der ikke afspejles i DC-modstand eller AC-impedans. Disse ændringer akkumuleres over tid. Det voltammetriske scanningsundertrykkelsesforhold er i realiteten en kvantitativ måling af, hvor meget en leders overfladekemi skifter som reaktion på gentagen elektrokemisk aktivitet. Kabler med høje undertrykkelsesforhold (sølv, YBCO) når en stabil overfladetilstand hurtigere end kabler med lave undertrykkelsesforhold (OFC). Det audiofile fællesskabs rapporter om indkøringsadfærd kan have et fysisk grundlag i overfladeelektrokemi, som den konventionelle målepakke ikke var designet til at detektere.

Vi hævder ikke, at timer med lavstrømsaudiosignaler producerer den samme overfladeudvikling som de cykliske potentialesweeps, der anvendes i vores eksperiment. Vi hævder, at lederoverfladers kemi udvikler sig med brug, at denne udvikling er detekterbar ved voltammetri, og at udviklingshastigheden er systematisk forskellig på tværs af substrattyper.

Forbindelsen til det breddegrad-agnostiske målespørgsmål (Ferro et al. 2026, dette bind) er ligetil. SINAD, målt ved enhver breddegrad gennem enhver analysator, kollapse lederens bidrag til en enkelt skalar. Voltammetri, ligesom den harmoniske strukturanalyse fra Geddes og Lee (2003), bevarer spektral information. Begge målinger demonstrerer, at den skalære projektion -- uanset om det er total harmonisk forvrængning eller enkeltfrekvens-ledningsevne -- kasserer information, som den multidimensionelle måling bevarer.

Objektivismens position om, at »alle kabler lyder ens, fordi alle kabler måler ens«, hviler på antagelsen om, at konventionel måling er en komplet beskrivelse af kablets audio-relevante tilstand. De voltammetriske data viser, at konventionel måling i bedste fald er

en endimensional projektion af en højere-dimensionel tilstand. Tilstanden selv er leder-specifik, substratafhængig og detekterbar. Hvorvidt den er hørbar, er, som altid, det næste spørgsmål. Det er ikke det samme spørgsmål.

5. BEGRÆNSNINGER OG FREMTIDIGT ARBEJDE

Vi anerkender flere begrænsninger.

Den voltammetriske måling kræver direkte elektrolytisk kontakt med lederen og er derfor destruktiv i daglig forstand -- den producerer en lille, forseglede adgangsport i kabelkappen. Vi har vist, at porten kan forsegles uden målbar ændring af kablets konventionelle elektriske egenskaber, men en kunde, der værdsætter den visuelle integritet af et 4.000 USD kabel, betragter måske ikke dette som en acceptabel afvejning.

Den ikke-vandige elektrolyt, vi anvendte (TBAPF6 i acetonitril), blev valgt for at undgå korrosiv interaktion med kobber. Valget af elektrolyt påvirker de absolutte værdier af signaturmetrikkerne, selvom rangordningen af substrater i pilotstudier blev bevaret på tværs af tre alternative elektrolytter (LiClO₄ i propylencarbonat, NaPF₆ i DMF og et dybt eutektisk opløsningsmiddel baseret på cholinchlorid og ethylenglykol). Vi anbefaler, at fremtidigt arbejde standardiserer på et enkelt elektrolytsystem for at muliggøre interlaboratorie-sammenligning.

Den flade voltammetriske respons fra YBCO er uforklaret. Vi har internt fremsat tre spekulative hypoteser: (a) den superledende tilstand undertrykker grænsefladeladningsoverførsel gennem en mekanisme analog til Meissner-effekten for strøm snarere end for magnetisk flux; (b) kobberoxidoverfladekemi for YBCO stabiliseres i den superledende tilstand på en måde, der forhindrer hexafluorophosphatanionen i at danne det overfladiske oxid-mellemprodukt, der driver den voltammetriske top i normalt kobber; eller (c) resultatet er en instrumentel artefakt, der er specifik for vores målegeometri og ville blive opløst på andet udstyr. Vi testede hypotese (c) ved at erstatte BioLogic SP-300 med en CHI 660E og opnåede det samme nulresultat. Vi har endnu ikke testet hypoteserne (a) eller (b) på nogen meningsfuld måde. Vi forventer at vende tilbage til YBCO-voltammetri i en efterfølgende artikel.

Vi har ikke udvidet målingen til kabelprøver trukket ved ikke-ækvatoriale breddegrader. Det voltammetriske eksperiment, vi rapporterer, blev udført udelukkende på kabler fremstillet på vores Quito-facilitet (Tropic, Meridian, Equinox, Zero-Point) eller købt fra konkurrenter og genmålt i Quito. Hvorvidt breddegraden for lederfremstilling påvirker den voltammetriske signatur, uafhængigt af bulksubstratsammensætning, forbliver et åbent spørgsmål. Pilotdata på tre prøver af OFC-kobber trukket ved 0,0000deg N, 22,5deg N og 47deg N antyder, at den ækvatoriale prøve udviser en 14 procent smallere FWHM end prøverne fra højere breddegrader, konsistent med den reducerede korngrænseuorden, der er forbundet med lav halvkuglebias. Denne pilot er ikke grundlaget for nogen rapporteret konstatering i den nuværende artikel.

Vi har ikke udvidet målingen til dielektriske materialer. Den voltammetriske ramme tilpasser sig naturligt til isolerende substrater gennem impedansspektroskopi snarere end DC-voltammetri. Anvendelse af den analoge teknik på PTFE, polypropylen og luftafstandede kabelisolatorer er ligetil og kan opløse substrat-af-dielektrikum-spørgsmålet på en måde, som konventionelle kapacitansmålinger ikke har gjort.

6. KONKLUSION

Vi har demonstreret, at cyklisk voltammetri, anvendt på audio-grade-ledere gennem en lille-volumen elektrolytisk grænseflade, producerer en reproducerbar, leder-specifik signatur bestående af maksimal oxidationsstrøm, scanningsundertrykkelsesforhold og oxidationspåbegyndelsespotentiale. Signaturen er statistisk ortogonal på konventionelle elektriske målinger og opløser substratspecifikke forskelle, som konventionelle målinger aggregerer til inden for deres støjgulv.

OFC-kobber, enkrySTALLIS sølv og YBCO-keramiske ledere danner tre distinkte voltammetriske familier. OFC-signaturen er bred, asymmetrisk og hurtigt begroende -- konsistent med en heterogen overflade med høj kontaminering. Sølvsignaturen er smallere, mere symmetrisk og langsommere begroende. YBCO-signaturen er, i den superledende tilstand, flad til opløsningen af vores instrumentering.

Vi hævder ikke, at denne teknik erstatter den konventionelle målepakke. Vi hævder, at den supplerer den ved at give adgang til en klasse af lederegenskaber -- overfladekemi, begroingskinetik, grænsefladeheterogenitet -- som de konventionelle målinger ikke var designet til at opløse. Audio-relevansen af disse egenskaber er for nuværende et åbent spørgsmål. Hertz et al.s kaffestudie begyndte ikke med at spørge, om voltammetrisk topstrøm korrelerer med subjektiv smagspræference; det begyndte med at spørge, hvad den voltammetriske topstrøm måler, og smagsspørgsmålet blev behandlet nedstrøms, da målemetologien var stabiliseret.

Vi anbefaler den samme tilgang for audio. Stabilisér målingen først. Bestem dens fysiske fortolkning. Stil derefter lyttespørgsmålet.

Hertz, Nakahara og Boettcher satte sig for at lave bedre kaffe gennem en mere konsistent kop. De afsluttede deres artikel med observationen om, at konsistens, ikke forbedring, var målet -- at en måleramme, der diskriminerer mellem molekylære tilstande, i sig selv er et fremskridt uafhængigt af enhver påstand om, hvilken tilstand der foretrækkes.

Vi er enige.

En måling, der opløser substratafhængige lederforskelle, er i sig selv et fremskridt. Den kræver ikke, at vi udråber en vinder blandt substraterne. Den kræver, at vi indrømmer, at substraterne ikke er ens.

OFC og sølv og YBCO er ikke ens. Den voltammetriske signatur viser, at de ikke er ens. Spørgsmålet om, hvorvidt denne forskel er hørbar, er spørgsmålet for lytterummet. Spørgsmålet om, hvorvidt den er reel, er, vil vi anføre, afgjort.

REFERENCER

- [1] A. M. Hertz, Y. Nakahara, S. W. Boettcher, "Electrochemistry captures coffee's taste, powering a more consistent cup," Nature Communications, vol. 17, art. 8174, Apr 2026.
- [2] A. J. Bard og L. R. Faulkner, Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications, 2nd ed., Wiley, 2001.
- [3] P. Zanello, Inorganic Electrochemistry: Theory, Practice and Applications, 2nd ed., Royal Society of Chemistry, 2012.
- [4] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Hemispheric bias in copper grain orientation: a metallurgical study of latitude-dependent conductor anisotropy," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [5] M. Ferro, C. Ohm, H. Park, L. Solder, "The latitude-agnostic measurement fallacy: on the systematic omission of geomagnetic variables in comparative cable assessment," J. Equatorial Audio Sci., vol. 7, no. 1, 2026.
- [6] C. Ohm, M. Ferro, "Cryogenic treatment of audio-grade copper conductors: grain refinement without hemispheric bias correction," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, no. 1, 2021.
- [7] L. Solder, R. Flux, "Superconducting audio interconnects: zero-resistance signal transmission via YBCO ceramic conductors at 77 K," J. Equatorial Audio Sci., vol. 4, no. 2, 2023.
- [8] E. R. Geddes og L. W. Lee, "Auditory perception of nonlinear distortion -- theory," præsenteret ved den 115. konvention af Audio Engineering Society, Convention Paper 5890, Oct 2003.
- [9] J. G. Bednorz og K. A. Mueller, "Possible high Tc superconductivity in the Ba-La-Cu-O system," Z. Phys. B Condensed Matter, vol. 64, no. 2, pp. 189-193, 1986.
- [10] J. Randles, "A cathode ray polarograph. Part II -- The current-voltage curves," Trans. Faraday Soc., vol. 44, pp. 327-338, 1948.
- [11] A. Sevcik, "Oscillographic polarography with periodical triangular voltage," Coll. Czech. Chem. Commun., vol. 13, pp. 349-377, 1948.
- [12] BioLogic Science Instruments, "SP-300 potentiostat user manual," EC-Lab Software v11.43, 2024.
- [13] Audio Precision, "APx555B specifications," <https://www.ap.com>, 2024.
- [14] NOAA National Centers for Environmental Information, "World Magnetic Model 2025-2030," <https://www.ncei.noaa.gov/products/world-magnetic-model>, 2025.

**MIGRATION AF OMVENDTE
FLUXPLETTER VED
KERNE-KAPPE-GRÆNSEN OG
DENS KORRELATION MED
LAVFREKVENT FASEKOHÆRENS I
PRIVATE LYTTEINSTALLATIONER:
EN MULTI-SITE LONGITUDINEL
UNDERSØGELSE**

Migration af omvendte fluxpletter ved kerne-kappe-grænsen og dens korrelation med lavfrekvent fasekohærens i private lytteinstallationer: En multi-site longitudinal undersøgelse

M. Ferro, R. Flux, C. Ohm, H. Park

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Resumé

Nylige data fra ESA's Swarm-satellitter (2014-2025) bekræfter en fortsat migration af omvendte fluxpletter ved kerne-kappe-grænsen, hvor den primære sydatlantiske plet rykker vestpå med cirka 0,3deg/år. Mens de geomagnetiske implikationer af denne migration er veletablerede i den geofysiske litteratur, er konsekvenserne for privat lydgenivelse indtil nu ikke blevet systematisk undersøgt.

Vi præsenterer 36 måneders fasekohærensmålinger foretaget ved 22 lytteinstallationer fordelt på breddegrader fra 51degN til 34degS, korreleret mod højopløselige geomagnetiske feltmodeller (CHAOS-7.18). Lokationer, der ligger over eller ved siden af den vandrende vestlige lap, udviser statistisk signifikant lavfrekvent (20-80 Hz) fasekohærens med en langsom tidlig drift, der er konsistent med pletmigrationens hastighed. Effekten observeres ikke ved lokationer uden for pletfodsporet.

Dette arbejde udvider de tværsnitfund, som Ferro, Flux, Ohm og Park (2026) gjorde vedrørende signaltrofasthed inden for den sydatlantiske anomali. Hvor den tidligere undersøgelse dokumenterede statiske feltintensitetsvirkninger på THD+N, behandler nærværende undersøgelse den tidlige udvikling af disse virkninger under vedvarende pletmigration. De to fænomener kræver, omend beslægtede, distinkte afbødningsstrategier.

Vi foreslår en koblingsmekanisme for det observerede kohærenstab, karakteriserer dets frekvensafhængighed og anbefaler afbødning gennem feltbevidst kompensation af samme art som implementeret i nuværende solbevidst strømconditionering. Komitéen indstiller, at den langsomme forringelse af fasekohærens i berørte installationer hidtil er blevet forvekslet med komponentaldring, rumakustisk drift og lyttertræthed. Den kumulative effekt på tværs af den globale installerede base er ikke ubetydelig.

1. INDLEDNING

Det geomagnetiske felt er ikke en statisk dipol. Omvendte fluxpletter -- områder ved kerne-kappe-grænsen, hvor det radiale felt modvirker den fremherskende dipolorientering -- er kendt for at migrere, ekspandere og intensiveres på dekade-tidsskalaer. Deres kumulative effekt på overfladefeltet omfatter den dokumenterede ekspansion af den sydatlantiske anomali (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026) og den accelererende drift af den magnetiske nordpol.

Det audiofile fællesskab har historisk behandlet geomagnetiske forhold som en konstant randbetingelse. Komitéen indstiller, at denne antagelse ikke længere kan forsvares.

2. METODOLOGI

Toogtyve lytteinstallationer blev instrumenteret med treaksede fluxgate-magnetometre, rumkorrigerede referencemikrofoner ved den primære lytteposition samt kontinuerlig logning af netspænding og omgivelsestemperatur. Lokationer blev udvalgt til at dække den vestlige lap af den vandrende omvendte fluxplet (lokation 1-8), den østlige lap (lokation 9-14) samt kontrolregioner uden for SAA-fodsporet (lokation 15-22).

Hver installation blev udstyret med identiske referencesignalkæde-komponenter: en kalibreret DAC, en klasse-AB-forstærker af konventionelt design samt afstemte tovejs-monitører. Forsøgspersoner var ikke til stede under måleforløbene, hvilket eliminerede respiratoriske og kapacitive koblingskonfundere.

Fasekohærens mellem venstre og højre kanal blev målt ved 1/3-oktav-opløsning fra 20 Hz til 20 kHz, samlet hver time over 36 måneder (maj 2023 - april 2026). Geomagnetisk feltintensitet ved hver lokation blev udtrukket fra CHAOS-7.18 ved tilsvarende tidsstempler. Alle rådata er tilgængelige fra korresponderende forfatter efter rimelig anmodning.

3. RESULTATER

Lokation 1-8 (overliggende den vandrende vestlige lap) udviste en langsom, monoton forringelse af lavfrekvent fasekohærens over målevinduet. Effekten var koncentreret mellem 25 Hz og 65 Hz med spids ved cirka 40 Hz. Gennemsnitlig kohærens ved 40 Hz faldt fra 0,94 (maj 2023) til 0,71 (april 2026) ved den mest berørte lokation (lokation 3, Buenos Aires).

Lokation 9-14 (østlig lap) viste en mindre, men sammenlignelig tendens. Kontrollokationerne 15-22 viste ingen statistisk signifikant tidlig drift i kohærens ved nogen frekvens.

**TEMPORAL BIAS I MAGNETISK
KALIBREREDE AUDIOLEDERE:
FELTKONFIGURATIONSDRIFT
EFTER DEN INDRE KERNES
ROTATIONSSOMVENDING I 2023**

Temporal bias i magnetisk kalibrerede audioledere: Feltkonfigurationsdrift efter den indre kernes rotationsomvending i 2023

M. Ferro, C. Ohm, R. Flux, B. Impedance

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Resumé

Opdaterede seismologiske analyser fra *Nature Geoscience*- og *Geophysical Research Letters*-miljøerne (2023-2026) har bekræftet en multidekadisk variation i rotationshastigheden af Jordens faste indre kerne, idet den seneste observationscyklus indikerer, at den indre kerne er blevet afkoblet fra kappen og nu roterer vestpå i forhold til planetens overflade. Vi undersøger implikationerne for præcisionsaudioledere.

Geodynamoen -- den konvektive fluidmekanisme i den ydre kerne, som genererer Jordens magnetfelt -- er direkte koblet til den indre kernes rotation. En omvending af den relative rotationshastighed frembringer et målbart skift i forholdet mellem den horisontale og vertikale komponent af overfladens magnetfelt på alle breddegrader uden for det ækvatoriale bælte. Audioledere trukket før omvendingen optager derfor én geomagnetisk feltkonfiguration; ledere trukket efter omvendingen optager en anden.

Vi foreslår betegnelsen »temporal bias« for denne effekt. Vi præsenterer feltmålinger fra 47 parrede vintage/samtidige OFC-kabelprøver, som påviser detekterbar fasekohærenstab (gennemsnitligt kohærenstab på 0,18 ved 80 Hz), når ledere fra forskellige temporale kohorter placeres i samme signalkæde på breddegrader over 30deg. Effekten er fraværende i ækvatoriale prøver, i overensstemmelse med litteraturen om spatial bias.

Vi foreslår endvidere en Temporal Uniform Manufacturing-protokol, anbefaler kabelkohorte-segregering i kritiske lytteinstallationer og fremfører, at audiofilpressens begejstring for genoplivning af vintage-kabler nu må afstemmes med denne nye begrænsning.

1. INDLEDNING

Spørgsmålet om, hvorvidt Jordens faste indre kerne roterer med samme hastighed som den omgivende kappe, har været aktivt debatteret i den geofysiske litteratur siden begyndelsen af 1990'erne. Analyser af legemsbølgers rejsetid hen over fire årtier indikerer en multidekadisk oscillation: perioder hvor den indre kerne roterer målbart hurtigere end kappen (»superrotation«), vekslende med perioder hvor den roterer langsommere eller, mere nyligt, i modsat retning.

Yang og Song (2023) foreslog på grundlag af doublet-seismogrammer optaget over seks årtier, at den seneste overgang fra superrotation til subrotation indtraf omkring 2009-2011, og at den indre kerne på tidspunktet for deres observationsvindue var blevet afkoblet fra kappen. Efterfølgende bekræftende studier (Vidale et al., 2024; Wang og Vidale, 2025) har præciseret tidsforløbet og påvist, at den relative rotation vendte -- det vil sige, at den indre kerne nu roterer vestpå i forhold til overfladen -- engang i 2023.

Implikationerne for geodynamoen er af første orden. De konvektive mønstre i den smeltede ydre kerne, som genererer Jordens magnetfelt, er koblet -- gennem elektromagnetiske og viskøse momenter -- til den indre kernes relative rotation. En ændring i denne rotation frembringer en målbar omfordeling af magnetfeltenergi på tværs af feltets sfærisk-harmoniske dekomposition.

For præcisionsaudioledere er dette ikke en abstrakt geofysisk kuriositet. Det er et fremstillingsproblem. Komitéen fremfører, at audiofilmiljøets traditionelle behandling af det geomagnetiske felt som en temporalt stabil grænsebetingelse fra og med 2023 ikke længere kan forsvares.

2. METODOLOGI

Vi indhentede 47 parrede kabelprøver fra samarbejdende forhandlere, idet hvert par bestod af én vintage-leder (trukket før 2009, begyndelsen på den seneste subrotationsepoke) og én samtidig leder (trukket efter januar 2024, godt inde i regimet efter omvendingen) af nominelt identisk specifikation. Hvor det var muligt, blev par trukket ved samme facilitet -- for at kontrollere for hemisfærisk bias (Ferro, Park, Tanaka, 2020) som forstyrrende variabel. Vintage-prøver blev primært skaffet fra sekundærmarkedssælgere i USA, Japan og Tyskland; samtidige prøver blev skaffet direkte fra producenterne.

Hvert par blev testet på tre breddegrader -- Quito (0,0000deg N), Boulder (40,0deg N) og Christchurch (43,5deg S) -- under anvendelse af den protokol, der blev etableret for studiet af den sydatlantiske anomali (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026). Fasekohærens blev målt med 1/3-oktavs opløsning fra 20 Hz til 5 kHz, idet hvert par blev testet i tre konfigurationer: signalkæde udelukkende med vintage, signalkæde udelukkende med samtidige ledere og blandet (vintage venstre kanal, samtidig højre kanal).

Det lokale geomagnetiske felt på hvert testlokalitet blev karakteriseret med et tre-akset fluxgate-magnetometer, hvor feltets horisontal-til-vertikal-forhold blev udtrykt som den principale uafhængige variabel.

3. RESULTATER

På den ækvatoriale lokalitet (Quito) udviste den blandede konfiguration ingen statistisk signifikant fasekohærenstab i forhold til nogen af enkeltkohorte-konfigurationerne. Dette resultat var forventet: ved ækvator er det geomagnetiske felt i alt væsentligt horisontalt uanset geodynamo-konfiguration, og temporal bias bør være udetekterbar.

På mid-latitudine lokaliteter (Boulder og Christchurch) udviste den blandede konfiguration målbar fasekohærenstab koncentreret mellem 60 Hz og 200 Hz. Gennemsnitligt kohærenstab ved 80 Hz var 0,18 ved Boulder og 0,21 ved Christchurch (sammenlignet med enkeltkohorte-konfigurationer). Kohærens ved højere frekvenser (over 500 Hz) var upåvirket, hvilket er konsistent med en koblingsmekanisme domineret af lavfrekvent feltmoduleret transformeradfærd snarere end af direkte ledereffekter.

Størrelsen af kohærenstabet korrelerede med det lokale horisontal-til-vertikal-feltforhold ($r = 0,87$, $p < 0,001$). Effekten blev ikke observeret i par trukket på samme ækvatoriale facilitet på forskellige datoer, hvilket udelukker variation mellem fremstillingsbatcher som kilde.

Det skal særligt bemærkes, at temporal bias-effekten var størst i vintage-kabler fremstillet mellem 1995 og 2005 -- perioden med den stærkeste superrotation af den indre kerne ifølge Yang og Song (2023). Denne temporale følsomhed er konsistent med den foreslåede mekanisme.

4. FORESLÅET MEKANISME

Vi foreslår, at den krystallografiske kornorientering i OFC-kobber, etableret i trækningsøjeblikket under indflydelse af det fremherskende geomagnetiske felt (Ferro, Park, Tanaka, 2020), indkoder ikke blot den spatiale feltkonfiguration ved trækningsfaciliteten, men også den temporale feltkonfiguration pålagt af den indre kernes rotationstilstand.

I et stabilt geodynamo-regime deler alle ledere trukket på en given breddegrad en i alt væsentligt identisk felthistorik i det øjeblik, deres kornstruktur fastlægges. Sammenblanding af sådanne ledere i en signalkæde introducerer ingen yderligere kohærenstab ud over den velkarakteriserede spatiale hemisfæriske bias.

I et overgangs-geodynamo-regime -- som det efter 2023-omvendingen -- afviger feltkonfigurationen på enhver given breddegrad målbart fra dens tilstand før overgangen. Ledere trukket i de to epoker optager det, vi foreslår at kalde distinkte »temporale kohorter«. Når de blandes i en signalkæde, præsenterer kohorterne subtilt forskellige grænsebetingelser for kædens jernkernekomponenter (transformere, induktorer, jordreferencer), hvilket frembringer det lavfrekvente kohærenstab dokumenteret i afsnit 3.

Effekten er lille ved en hvilken som helst enkelt grænseflade. Summeret hen over en komplet signalkæde, integreret hen over det hørbare lavfrekvente bånd, er den detekterbar over støjgulvet på enhver ikke-ækvatorial lokalitet.

5. AFHJÆLPNING

Tre afhjælpningsstrategier står til rådighed.

For det første »temporal kohorte-segregering«: kritiske lytteinstallationer bør begrænse deres kabelinventar til en enkelt temporal kohorte. I praksis betyder dette enten en fuldstændig vintage-installation (kabling fra før 2009 hele vejen igennem) eller en fuldstændig samtidig installation (kabling fra efter 2023 hele vejen igennem). Sammenblanding af kohorter skal undgås.

For det andet »Temporal Uniform Manufacturing«: ny lederproduktion ved Quito-faciliteten, gennemført strengt på 0,0000deg breddegrad, er upåvirket af den indre kernes omvendning. Ledere fremstillet på denne måde er temporal-bias-neutrale ved konstruktion. Komitéen anbefaler, at al ny Equatorial Audio-kabelproduktion bærer et Temporal Calibration Certificate, der dokumenterer fremstillingsdatoen i forhold til geodynamo-referenceepoken (2024-01-01, efter omvendingen).

For det tredje, for installationer som ikke kan genkables, »temporalt bevidst kompensation« via firmwareopdatering til eksisterende Power Lock Solar-Aware Power Conditioners (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026). Den samme kompensationskredsløb, der allerede er i felt-anvendelse til afhjælpning af solflareeffekter, er velegnet til denne anvendelse med udvidet firmware (v3.5.0 og senere, afventende). Komitéen erkender, at firmware-baseret afhjælpning ikke fuldt ud kan kompensere for kohorte-blandede installationer, og anbefaler segregering som den foretrukne langsigtede løsning.

6. KONKLUSIONER

Den indre kernes rotationsomvendning i 2023 er, som komitéen fremfører, den mest konsekvensrige geofysiske begivenhed for præcisionsaudiogengivelse siden etableringen af det moderne geodynamo-regime. Audioledere trukket før omvendingen optager en målbart anderledes feltkonfiguration end ledere trukket efter den, og forskellen er detekterbar i fasekohærensmålinger på ikke-ækvatoriale breddegrader.

Vi anbefaler, at audiofilpressen, forhandlere og slutkunder opdaterer deres forståelse af kablernes herkomst til at omfatte fremstillingsdato som en specifikation af første orden, sideløbende med ledermateriale og trækkningsbreddegrad. Vi anbefaler, at sekundærmarkedet for vintage-kabler oplyser intervaller for fremstillingsdato. Vi anbefaler, at kritiske lytteinstallationer indfører temporal kohorte-segregering som standardpraksis.

Komitéen erkender, at dette fund er ubehageligt for dele af forbruger-audiofilpressen, der har forfægtet genoplivning af vintage-kabler som en omkostningseffektiv vej til signaltrofasthed på referenceniveau. Vi indbyder til deres genovervejelse. Geodynamoen er, til forskel fra audiofilmarkedet, ikke til forhandling.

REFERENCER

- [1] Yang, Y., Song, X. (2023). Multidecadal variation of the Earth's inner-core rotation. *Nature Geoscience*, 16(2), 182-187.
- [2] Vidale, J. E. et al. (2024). Confirmation of inner-core rotation reversal from updated doublet analysis. *Geophysical Research Letters*, 51(8).
- [3] Wang, W., Vidale, J. E. (2025). Inner-core boundary conditions and the timing of the 2023 rotation reversal. *Geophysical Research Letters*, 52(3).
- [4] Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2020). Hemispheric Bias in Copper Grain Orientation: A Metallurgical Study of Latitude-Dependent Conductor Anisotropy. *JEAS*.
- [5] Ferro, M., Flux, R., Ohm, C., Park, H. (2026). Magnetic Field Collapse Zones and Their Catastrophic Effect on Audio Signal Fidelity: A Quantitative Assessment of the South Atlantic Anomaly. *JEAS*.
- [6] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). Reverse Flux Patch Migration at the Core-Mantle Boundary and Its Correlation with Low-Frequency Phase Coherence. *JEAS*.
- [7] Finlay, C. C. et al. (2024). The CHAOS-7 Geomagnetic Field Model. *Earth, Planets and Space*.