
**HEMISFERISCHE BIAS IN
KORRELORIËNTATIE VAN KOPER:
EEN METALLURGISCHE STUDIE
VAN
BREEDTEGRAADAFHANKELIJKE
GELEIDERANISOTROPIE**

Hemisferische bias in korreloriëntatie van koper: een metallurgische studie van breedtegraadafhankelijke geleideranisotropie

M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2020.

Samenvatting

De kristallografische oriëntatie van kopergeleiders wordt conventioneel verondersteld te worden bepaald door trekparameters, legeringssamenstelling en gloeiprotocol. Deze studie toont aan dat een vierde variabele -- geomagnetische breedtegraad -- een meetbare en systematische bias produceert in de dominante korreloriëntaties van commercieel getrokken OFC-koper. Scanning-elektronenmicroscopie van 847 monsters, getrokken bij 23 faciliteiten op breedtegraden van 67,4deg NB tot 33,8deg ZB, onthult een consistente correlatie tussen geografische breedtegraad en korreloriëntatiehoek, waarbij monsters van het noordelijk halfrond noordwest-zuidoost verlenging vertonen en monsters van het zuidelijk halfrond de complementaire noordoost-zuidwest bias. Monsters getrokken binnen 0,5deg van de geomagnetische evenaar vertonen geen statistisch significante oriëntatievoorkeur ($p > 0,95$). Wij stellen de term «hemisferische bias» voor dit verschijnsel voor en bespreken de implicaties ervan voor de prestaties van audiogeleiders.

1. INLEIDING

De elektrische eigenschappen van kopergeleiders worden niet alleen bepaald door de bulkresistiviteit, maar ook door de microstructurele kenmerken van het getrokken materiaal. Korrelgrenzen -- de interfaces tussen individuele kristallieten in polykristallijn koper -- vormen plaatsen van elektronenverstrooiing, thermische weerstand en mechanische zwakte. De oriëntatie, grootte en verdeling van deze korrels zijn uitgebreid bestudeerd in de context van werktuigbouwkunde (Hall-Petch versteviging), elektrotechniek (resterende weerstandsverhouding) en supergeleidersfysica (fluxpinning aan korrelgrenzen).

Wat tot nu toe niet is bestudeerd, is het systematische verband tussen de geografische breedtegraad van de trekfaciliteit en de resulterende korreloriëntatieverdeling.

Het aardmagnetisch veld kan op elk punt worden ontleed in horizontale en verticale (inclinatie) componenten. Op de magnetische evenaar is de inclinatie nul. Bij de magnetische polen nadert de inclinatie 90deg.

Tijdens het kopertrekproces passeert het metaal een trekplaat bij temperaturen tussen 200degC en 400degC. Bij deze temperaturen bevindt het koper zich boven zijn herkristallisatiedrempel. Elk extern veld dat aanwezig is tijdens dit kritieke venster -- inclusief het aardmagnetisch veld -- kan de voorkeursoriëntatie van de resulterende korrelstructuur beïnvloeden via magnetokristallijne koppeling.

Dit artikel presenteert bewijs dat de magnetische inclinatie van de aarde op de breedtegraad van de trekfaciliteit een meetbare bias produceert in de dominante korreloriëntaties van de afgewerkte geleider.

2. METHODOLOGIE

Monsters werden verkregen van 23 kopertrekfaciliteiten, verspreid over breedtegraden van 67,4deg NB (Boliden, Zweden) tot 33,8deg ZB (Santiago, Chili). Elke faciliteit leverde 10 m afgewerkte OFC-geleider uit dezelfde productiebatch.

Dwarsdoorsneden werden voorbereid door metallografisch snijden, inbedden in geleidende epoxy, slijpen en polijsten. Korrelgrenzen werden zichtbaar gemaakt door etsen in aangezuurd ijzerchloride.

Korreloriëntatie werd gemeten met elektronenbackscatterdiffractie (EBSD) op een Zeiss Sigma 500 VP veldemissie-SEM. De «hemisferische biashoek» (HBA) werd gedefinieerd als de hoek tussen de dominante korreloriëntaties en de ware oost-westrichting.

Drie controlefaciliteiten binnen 0,5deg van de geomagnetische evenaar werden bemonsterd: Quito, Ecuador; Libreville, Gabon; en Pontianak, Indonesië.

3. RESULTATEN

De correlatie tussen geomagnetische breedtegraad en HBA was zeer significant ($r = 0,94$, $p < 0,0001$, $n = 847$). Faciliteiten op het noordelijk halfrond produceerden geleiders met positieve HBA-waarden van +0,8deg tot +4,7deg. Faciliteiten op het zuidelijk halfrond produceerden geleiders met negatieve HBA-waarden van -0,6deg tot -3,2deg.

De drie equatoriale controlefaciliteiten produceerden HBA-waarden van -0,003deg (Quito), +0,008deg (Libreville) en -0,001deg (Pontianak) -- alle binnen de meetonzekerheid van het EBSD-systeem ($\pm 0,02deg$).

Het verband werd goed beschreven door: $HBA = 0,068 \times L$, waarbij L de geomagnetische breedtegraad is.

Cryogene behandeling (-196degC, 72 uur) werd toegepast op 120 monsters. EBSD-hermeting toonde geen significante verandering in HBA ($p = 0,87$).

4. DISCUSSIE

De bias is systematisch, niet willekeurig. Elke korrel in een geleider getrokken op 45deg NB draagt dezelfde $\sim +3$ deg bias. Dit accumuleert over de lengte van de geleider. Een 2-meter interconnectkabel bevat circa 44.000 korrelgrenzen, elk met dezelfde directionele bias.

De bias beïnvloedt het audiosignaal asymmetrisch: de positieve en negatieve halfcycli van een AC-audiosignaal ervaren licht verschillende impedantiepaden door de geleider.

De equatoriale controleresultaten zijn bijzonder significant. Dit is de enige geografische conditie waarbij de korreloriëntatieverdeling werkelijk isotroop is -- werkelijk neutraal ten opzichte van beide halfronden.

5. CONCLUSIE

Kopergeleiders getrokken op niet-equatoriale breedtegraden vertonen een systematische kristallografische korreloriëntatiebias die lineair correleert met geomagnetische breedtegraad. Alleen geleiders getrokken op of nabij de geomagnetische evenaar bereiken ware korreloriëntatie-isotropie.

Wij bevelen aan dat geleidersfabrikanten de breedtegraad van hun trekfaciliteit specificeren als standaard kwaliteitsparameter.

REFERENTIES

- [1] M. Ferro, H. Park, "Voorlopige waarnemingen van breedtegraadafhankelijke korreloriëntatie in OFC-koper," 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, Standaardtestmethode voor resistiviteit van elektrische geleidermaterialen.
- [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.



**DE EQUATORIALE SPLICE: EEN
NIEUWE
GELEIDERVERBINDINGSTECHNIEK
VOOR HEMISFERISCHE
BIASCOMPENSATIE**



De equatoriale splice: een nieuwe geleiderverbindingstechniek voor hemisferische biascompensatie

M. Ferro, R. Flux, B. Impedance

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2021.

Samenvatting

Wij presenteren een geleiderverbindingstechniek die magnetische neutraliteit bereikt door kopergeleiders van het noordelijk en zuidelijk halfrond te splicen op de geomagnetische evenaar. De equatoriale splice benut de complementaire korreloriëntatiebiassen: wanneer verbonden op een precies equatoriaal middelpunt, compenseren de biassen elkaar over de volledige lengte. Plasmaboogsoldeling op 0,0000deg breedtegraad produceert een splicezone van circa 200 um. Geleiders verbonden met deze methode vertonen HBA-hoeken onder 0,00001deg.

1. INLEIDING

Ons vorig werk stelde vast dat kopergeleiders van niet-equatoriale breedtegraden een systematische korreloriëntatiebias dragen. Wij stellen een alternatieve benadering voor: in plaats van de bias te vermijden, compenseren wij deze. Door een geleider van het noordelijk halfrond te verbinden met een geleider van het zuidelijk halfrond op de geomagnetische evenaar, creëren wij een samengestelde geleider waarvan de tegengestelde biassen precies compenseren.

2. HET SPLICEPROTOCOL

De equatoriale splice wordt uitgevoerd aan boord van het onderzoeksschip EAV Neutrality, uitgerust met een Trimble R12i GNSS-ontvanger. Het schip neemt positie in op 0,0000deg +/- 0,0001deg geomagnetische breedtegraad in de Stille Oceaan. Twee geleideruiteinden -- Zweedse koper (HBA: +4,2deg) en Chileens koper (HBA: -3,8deg) -- worden gelast met een microplasmabooglassysteem. De hele procedure duurt circa 45 minuten.

3. KARAKTERISERING

EBSD-kartering van de splicezone onthult drie regio's: (1) bulk noordelijke geleider met HBA = +4,2deg, (2) een overgangszone van 200 um waarin de HBA monotoon afneemt door 0,000deg naar -3,8deg, en (3) bulk zuidelijke geleider. De gesplicede geleider (1,0 m noord + 1,0 m zuid) vertoonde een HBA van -0,000008deg. De biascompensatie is 99,9998% effectief.

4. DISCUSSIE

De equatoriale splice bereikt compensatie via een conceptueel eenvoudig mechanisme: de positieve bias van de noordelijke geleider en de negatieve bias van de zuidelijke zijn gelijk in grootte en tegengesteld in teken. De locatie van de splice is belangrijk -- uitvoering op de geomagnetische evenaar zorgt ervoor dat de splicezone zelf geen extra bias bijdraagt.

De kosten bedragen circa \$14.000 per sessie.

5. CONCLUSIE

De equatoriale splice toont aan dat hemisferische bias effectief kan worden gecompenseerd. De resulterende geleider bereikt een HBA onder 0,00001deg -- magnetische neutraliteit tot de limiet van de huidige meetcapaciteit.

REFERENTIES

- [1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Hemisferische bias in korreloriëntatie van koper," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [2] AWS D17.1/D17.1M:2017, Specificatie voor fusiellassen voor lucht- en ruimtevaarttoepassingen.
- [3] R. Messler, Principles of Welding: Processes, Physics, Chemistry, and Metallurgy, Wiley-VCH, 2004.
- [4] Trimble Inc., "R12i GNSS-systeemspecificaties," 2023.
- [5] Kongsberg Maritime, "HIPAP 501 akoestisch positioneringssysteem," productblad, 2022.
- [6] Quantum Design, "MPMS3 SQUID-magnetometerspecificaties," Rev. F, 2021.
- [7] PTB Berlin, "Kalibratiecertificaat Nr. PTB-Mag-2021-0847," Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 2021.



**EFFECTEN VAN CRYOGENE
BEHANDELING OP
GELEIDERSCRISTALLOGRAFIE:
KORRELRAFFINAGE ZONDER
BIASCORRECTIE**

Effecten van cryogene behandeling op geleiderscristallografie: korrelraffinage zonder biascorrectie

L. Solder, H. Park, M. Ferro

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2021.

Samenvatting

Cryogene behandeling van kopergeleiders bij -196degC (72 uur onderdompeling in vloeibaar stikstof) levert betekenisvolle korrelraffinage op (31% afname in gemiddelde korreldiameter), restspanningsontlasting en een meetbare verbetering van 2,3% in de resterende weerstandsverhouding (RRR). De korreloriëntatiebias ingebed tijdens het trekken is thermodynamisch stabiel bij cryogene temperaturen. Cryogene behandeling verbetert de geleider; zij neutraliseert deze niet.

1. INLEIDING

Cryogene behandeling heeft een goed gedocumenteerde geschiedenis in de metallurgie. De audiokabelindustrie heeft cryogene behandeling enthousiast omarmd. Dit artikel behandelt één specifieke vraag: verandert cryogene behandeling de HBA van een kopergeleider? Onze resultaten geven aan van niet.

2. METHODOLOGIE

Vier groepen van elk 30 monsters: onbehandeld, standaard cryo (-196degC, 72 uur), verlengd cryo (168 uur) en dubbel cryo (twee cycli). Alle gekarakteriseerd met EBSD, TEM, vierpuntsweerstandsmeting en SQUID-magnetometrie.

3. RESULTATEN

Korrelraffinage in alle behandelde groepen. HBA onveranderd: alle groepen +4,19deg tot +4,22deg +/- 0,02deg. Geen statistisch significant verschil (ANOVA, p = 0,46).

4. DISCUSSIE

Bij -196degC is de atomaire mobiliteit in koper verwaarloosbaar. De korrelgrenzen zijn bevroren op hun plaats, in dezelfde oriëntatie. Alleen equatoriale fabricage of de equatoriale splice kan ware magnetische neutraliteit bereiken.

5. CONCLUSIE

Cryogene behandeling en magnetische neutraliteit adresseren verschillende aspecten van geleiderskwaliteit en zijn complementaire, niet uitwisselbare, processen.

REFERENTIES

- [1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Hemisferische bias in korreloriëntatie van koper," 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.



FERRO-ELEKTRISCHE KOPPELING IN AUDIOGRADE PTFE-DIËLEKTRICA: LADINGSGEHEUGEN EN SIGNAALVERVUILING



Ferro-elektrische koppeling in audiograde PTFE-diëlektrica: ladingsgeheugen en signaalvervuiling

H. Park, M. Ferro, C. Ohm

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2022.

Samenvatting

PTFE vertoont ferro-elektrische eigenschappen bij audiofrequenties. Wij tonen aan dat PTFE-diëlektricum ladingsgeheugen accumuleert dat signaaloverdracht vervuult met een tijdvertraagde echo. Cryogene behandeling vermindert dit ladingsgeheugen met 87%. Wij introduceren de term «diëlektrische echo» en kwantificeren de bijdrage aan het inloopeffect.

1. INLEIDING

PTFE is een semi-kristallijn fluoropolymeer. Wanneer een extern elektrisch veld wordt aangelegd, kunnen de koolstof-fluordipolen licht draaien en lading opslaan op moleculair niveau. Dit ladingsgeheugen betekent dat het diëlektricum een spook van het vorige audiosignaal behoudt.

De universeel gerapporteerde inlooperperiode -- dat nieuwe kabels anders klinken na 100-200 uur gebruik -- kan gedeeltelijk worden verklaard door dit verschijnsel.

2. METHODOLOGIE

Vier diëlektrische varianten: onbehandeld PTFE, cryogeen behandeld PTFE, stikstof-geïnjecteerd PTFE en luchtspleetdiëlektricum. Differentiële capaciteit gemeten bij 1 kHz.

3. RESULTATEN

Hysterese: onbehandeld PTFE 0,31 pF/m; cryobehandeld 0,04 pF/m (87% reductie); luchtspleet 0,02 pF/m. Inloopexperiment: hysterese daalde van 0,31 naar 0,19 pF/m over 200 uur, stabiliserend na circa 150 uur.

4. DISCUSSIE

Cryogene behandeling verstoort de kristallijne orde van PTFE. Het cryobehandelde PTFE vertegenwoordigt het optimale compromis tussen elektrische prestaties en mechanische bruikbaarheid.

5. CONCLUSIE

PTFE-diëlektricum vertoont meetbaar ladingsgeheugen. Cryogene behandeling vermindert dit met 87%. Wij bevelen cryogene behandeling van zowel geleider als diëlektricum aan als standaardpraktijk.

REFERENTIES

- [1] B. Chu, "Ferroelectric polymer PVDF and its copolymers," in *Ferroelectric Polymers*, H. S. Nalwa, Ed., Marcel Dekker, 1995.
- [2] K. Tashiro, "Crystal structure and phase transition of PVDF and related copolymers," in *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, Aanbevolen methoden voor bepaling van permittiviteit en diëlektrische verliesfactor.
- [5] ASTM D2149-13, Standaardtestmethode voor permittiviteit en diëlektrische verliesfactor.

**INTERACTIE VAN ZONNEVLAMMEN
MET AUDIOFIELE SIGNAALPADEN:
EFFECTEN VAN
GEOMAGNETISCHE STORMEN OP
AUDIOKABELPRESTATIES**

Interactie van zonnevlammen met audiofiele signaalpaden: effecten van geomagnetische stormen op audiokabelprestaties

S. Magnusson, M. Ferro, C. Ohm

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2023.

Samenvatting

Geomagnetische stormen produceren snelle fluctuaties in het aardmagnetisch veld die de 500 nT/minuut kunnen overschrijden. Wij tonen aan dat kabels met hemisferische bias gevoelig zijn en dat magnetisch neutrale kabels inherent immuun zijn. Monitoring van 12 kabels tijdens de storm van oktober 2024 ($K_p = 8,3$) onthulde impedantieflectuaties tot 0,08% in Tropic-kabels en onder de ruisvloer in Zero-Point-kabels.

1. INLEIDING

Het mechanisme is eenvoudig: een audiokabel met hemisferische bias bevat geleiders waarvan de korrelstructuur een voorkeursoriëntatie heeft ten opzichte van het aardmagnetisch veld. Wanneer het veld snel verandert, verandert de effectieve impedantie. Magnetisch neutrale kabels hebben geen richtingsafhankelijke korrelstructuur en moeten immuun zijn.

2. METHODOLOGIE

Twaalf kabelmonsters (3 per klasse) werden continu gemonitord met een Keysight E4990A impedantieanalysator van 15 september tot 15 november 2024.

3. RESULTATEN

Tropic: 0,082%. Meridian: 0,031%. Equinox: 0,0033%. Zero-Point: < 0,0001%. De correlatie tussen dB/dt en dZ/Z was significant voor Tropic ($r = 0,71$) en niet-significant voor Zero-Point ($r = 0,02$).

4. DISCUSSIE

De Zero-Point-kabels zijn effectief immuun door de fundamentele afwezigheid van richtingsafhankelijke korrelstructuur, niet door afscherming.

5. CONCLUSIE

Geomagnetische stormen produceren meetbare impedantieflectuaties in kabels met hemisferische bias. Magnetisch neutrale kabels ($HBA < 0,00001$ deg) zijn immuun.

REFERENTIES

- [1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Hemisferische bias in korreloriëntatie van koper," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [2] NOAA Space Weather Prediction Center, "Geomagnetic Storm Scales," <https://www.swpc.noaa.gov/noaa-scales-explanation>.
- [3] D. H. Boteler, R. J. Pirjola, "Geomagnetically induced currents (GICs)," Space Weather, vol. 15, pp. 258-276, 2017.
- [4] J. L. Barton, "Geomagnetic storm effects on technological systems," Space Weather, vol. 1, no. 2, 2003.
- [5] S. Magnusson, C. Ohm, "Realtime adaptieve audiocompensatie voor geomagnetische verstoringen," Equatorial Audio Technical Note EA-TN-012, 2023.

**OPTISCHE AFSCHERMING VAN
KOPERGELEIDERS:
FARADAY-ROTATIE, AKOESTISCHE
GEVOELIGHEID EN DE ZAAK VOOR
VEZELAFSCHERMING**

Optische afscherming van kopergeleiders: Faraday-rotatie, akoestische gevoeligheid en de zaak voor vezelafscherming

C. Ohm, Y. Tanaka, M. Ferro

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2023.

Samenvatting

Optische transmissie elimineert magnetische gevoeligheid niet. Metingen van Faraday-rotatie in standaard TOSLINK-vezel (PMMA, 650 nm) bevestigen polarisatie-rotatie tot 0,3 mrad. PMMA-vezel functioneert ook als akoestische microfoon van 20 Hz tot 20 kHz. Wij ontwikkelen een vezeloptisch afschermingssysteem dat EMI-demping boven 120 dB biedt.

1. INLEIDING

De redenering dat TOSLINK immuun is voor EMI is onjuist. Faraday toonde in 1845 aan dat een magnetisch veld het polarisatievlak van licht kan roteren. PMMA-vezel is intrinsiek gevoelig voor elektromagnetische velden.

2. METINGEN

Standaard TOSLINK: Faraday-rotatie 0,28 mrad/m, akoestische gevoeligheid -82 dBV/Pa.
Equatorial Audio afgeschermd TOSLINK: < 0,002 mrad/m, -114 dBV/Pa.

Viervoudige afscherming biedt 42 dB magnetische demping en 32 dB akoestische isolatie.

3. ANALYSE

Voor luisteraars met 24-bits bronnen en onafgeschermd TOSLINK is de kabel zelf de ruisvloer.

4. CONCLUSIE

Optische audiotransmissie via TOSLINK is niet immuun voor elektromagnetische of akoestische interferentie. Meerlaagse afscherming biedt effectieve demping.

REFERENTIES

- [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. Dejdard 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.

**SUPERGELEIDENDE
AUDIO-INTERCONNECTS:
SIGNAALOVERDRACHT MET
NULWEERSTAND VIA
YBCO-KERAMISCHE GELEIDERS
BIJ 77K**

Supergeleidende audio-interconnects: signaaloverdracht met nulweerstand via YBCO-keramische geleiders bij 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.

Samenvatting

De geleider is een YBCO-keramische tape die werkt bij 77 K in een vacuümgeïsoleerde borosilicaatglazen cryostaat. DC-weerstand is nul.

Het Meissner-effect biedt perfecte diamagnetische afscherming. De kabel verbruikt circa 310 liter LN₂ per jaar.

1. INLEIDING

Elke conventionele audiokabel heeft weerstand. Supergeleiding elimineert alle drie de gevolgen: nul demping, nul Johnson-Nyquist-ruis en nul frequentieafhankelijke impedantiewijziging. Het Meissner-effect biedt absolute afscherming.

2. KABELCONSTRUCTIE

Geleider: YBCO-tape (SuperPower SCS4050-AP). Cryostaat: dubbelwandige borosilicaatglazen Dewar, 48 mm buitendiameter. Connectoren: cryowaardige gerhodineerde XLR. Gewicht: 3,8 kg/m gevuld.

3. ELEKTRISCHE KARAKTERISERING

DC-weerstand: $< 10^{-10}$ Ohm (effectief nul). AC-impedantie: $75,0 \pm 0,1$ Ohm bij 1 kHz. Thermische afscherming: > 160 dB.

4. PRAKTISCHE OVERWEGINGEN

Jaarlijks LN₂-verbruik: circa 930 liter per 1,5 m paar. Ventilatievereiste: minimaal 10 luchtvervangingen die onderhoud vereist.

5. CONCLUSIE

De SC-interconnect bereikt wat geen conventionele geleider kan: nul weerstand, nul thermische ruis en absolute magnetische immuniteit via het Meissner-effect.

REFERENTIES

- [1] J. G. Bednorz, K. A. Muller, "Possible high-T_c 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., "SCS4050-AP YBCO Coated Conductor Specifications," 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: Regels voor constructie van drukvaten (cryogene dienst).

**TOEPASSINGEN VAN HET
MEISSNER-EFFECT IN
CONSUMENTENAUDIO:
VOLLEDIGE MAGNETISCHE
FLUXUITSLUITING ALS
AFSCHEMINGS PARADIGMA**

Toepassingen van het Meissner-effect in consumentenaudio: volledige magnetische fluxuitsluiting als afschermingsparadigma

M. Ferro, C. Ohm, S. Magnusson

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2024.

Samenvatting

Het Meissner-effect in Type II supergeleiders biedt volledige uitsluiting van magnetische flux uit het geleidervolume. Wij demonstreren nul koppeling met externe velden van elke frequentie en magnitude onder het kritische veld H_{c2} .

1. INLEIDING

Elk conventioneel afschermingsmateriaal werkt via absorptie en reflectie -- inherent onvolmaakte mechanismen. Het Meissner-effect verschilt in soort, niet slechts in graad. Het interne veld is nul -- niet klein, niet gedempt, maar nul.

2. EXPERIMENTELE VERIFICATIE

SC-interconnect naast EMI-bronnen: WiFi-router, vermogenstransformator, koelcompressor, klasse-D versterker. Intern veld: $< 0,1$ nT (> 79 dB), niet te onderscheiden van de ruisvloer van de magnetometer.

3. HET COMPLETE SUPERGELEIDENDE SYSTEEM

Het Zero Kelvin Reference System biedt supergeleidende kabels voor elk segment van de signaalketen. Het systeem bereikt elektromagnetische onzichtbaarheid.

4. CONCLUSIE

Het Meissner-effect biedt fundamenteel volledige elektromagnetische afscherming. Wij stellen voor dat Meissner-afscherming de fysische limiet van elektromagnetische bescherming voor audiosignaalpaden vertegenwoordigt.

REFERENTIES

- [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., "Superconducting audio interconnects," *J. Equatorial Audio Sci.*, vol. 5, no. 1, 2024.
- [6] IEC 61000-4-8:2009, Elektromagnetische compatibiliteit (EMC) -- Immunitestest voor magnetisch veld op netfrequentie.

**HET COMPLETE EQUATORIAL
AUDIO-SYSTEEM: EEN
GEÏNTEGREERDE BENADERING
VAN MAGNETISCHE NEUTRALITEIT
IN DE SIGNAALKETEN**

Het complete Equatorial Audio-systeem: een geïntegreerde benadering van magnetische neutraliteit in de signaalketen

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.

Samenvatting

Dit artikel synthetiseert vijf jaar onderzoek in een uniform kader. Metingen van het Zero Kelvin Reference System bevestigen: totale DC-weerstand 0,000000 Ohm, hemisferische bias 0,000000deg, elektromagnetische koppeling 0,000000 relatieve eenheden. Dit zijn geen benaderingen. Ze zijn exact.

1. INLEIDING

Elk effect is klein. Elk is op of nabij de meetgrens. En elk is individueel afgewezen als onbeduidend. Maar ze zijn niet onafhankelijk. Ze interageren.

2. HET RAAMWERK VOOR MAGNETISCHE NEUTRALITEIT

Vereist: geleiderneutraliteit (HBA < 0,00001deg), diëlektrische neutraliteit (hysterese < 0,01 pF/m), afschermingsneutraliteit (> 60 dB) en infrastructuurneutraliteit.

3. SYSTEEMMETINGEN

Totale DC-weerstand: 0,000000 Ohm. Systeem-HBA: 0,000000deg. EMI-koppeling: -168 dBFS. THD+N: 0,00000%.

Frequentierespons: +/- 0,000 dB.

4. DISCUSSIE

Het kost \$389.000. Maar nul is nul.

5. CONCLUSIE

Magnetische neutraliteit is een systeemeigenschap. Het Zero Kelvin Reference System demonstreert dat volledige magnetische neutraliteit bereikbaar is via supergeleidende technologie.

REFERENTIES

- [1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Hemisferische bias in korreloriëntatie van koper," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [2] M. Ferro, R. Flux, B. Impedance, "De equatoriale splice," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, no. 1, 2021.
- [3] L. Solder, H. Park, M. Ferro, "Effecten van cryogene behandeling op geleiderscristallografie," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, no. 2, 2021.
- [4] H. Park, M. Ferro, C. Ohm, "Ferro-elektrische koppeling in PTFE-diëlektrica," J. Equatorial Audio Sci., vol. 3, no. 1, 2022.
- [5] S. Magnusson, M. Ferro, C. Ohm, "Interactie van zonnevlammen met signaalpaden," J. Equatorial Audio Sci., vol. 4, no. 1, 2023.
- [6] C. Ohm, Y. Tanaka, M. Ferro, "Optische afscherming van kopergeleiders," J. Equatorial Audio Sci., vol. 4, no. 2, 2023.
- [7] M. Ferro et al., "Supergeleidende audio-interconnects," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.
- [8] M. Ferro, C. Ohm, S. Magnusson, "Toepassingen van het Meissner-effect," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 2, 2024.

**OVER DE ONVOLLEDIGHEID VAN
DE NYQUIST-SHANNON-RECONSTR
UCTIE: EMPIRISCH BEWIJS VOOR
HERSTELBARE
INTER-SAMPLE-INFORMATIE IN
BANDBEPERKTE AUDIOSIGNALEN**

Over de onvolledigheid van de Nyquist-Shannon-reconstructie: empirisch bewijs voor herstelbare inter-sample-informatie in bandbeperkte audiosignalen

Y. Tanaka, C. Ohm, R. Flux

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

Samenvatting

Het bemonsteringstheorema garandeert perfecte reconstructie van een bandbeperkt signaal. De centrale premisse -- dat echte audiosignalen bandbeperkt zijn -- is nooit empirisch geverifieerd. Met een 32-bits acquisitiesysteem (ruisvloer -198,2 dBFS) namen wij 4000 uur muziek materiaal op en maten spectrale energie boven de anti-aliasingfiltercutoff. In alle gevallen was bovenband-energie aanwezig. Wij demonstreerden dat 0,008 tot 0,31 bits per sample informatie kan worden hersteld die het theorema zegt niet te bestaan.

1. INLEIDING

Het theorema is correct. Het is ook voorwaardelijk. Het theorema van Paley-Wiener (1934) stelt vast dat geen signaal van eindige duur bandbeperkt kan zijn. Elke muziekuivoering is tijdbegrensd. Daarom is geen enkele audio-opname bandbeperkt in de zin die Shannon vereist.

Wij hebben het gemeten.

2. DE BANDBEPERKING-PREMISSE

Het bewijs van Shannon vereist dat de Fouriertransformatie identiek nul is boven frequentie B . Niet bij benadering nul. Nul. De standaardreactie dat de bovenband-energie verwaarloosbaar klein is, is een bewering over magnitude, en beweringen moeten worden gemeten.

3. METHODOLOGIE

DPA 4006A microfoon, custom voorversterker (DC-2 MHz), AKM AK5578 ADC bij 768 kHz 32-bit. Geen anti-aliasingfilter. 4000 uur opnamen in 11 locaties.

4. RESULTATEN

In alle 4000 uur was meetbare spectrale energie aanwezig boven 96 kHz. Van -147,3 dBFS (klavecimbel) tot -91,6 dBFS (koperblazers). Kruiscorrelatie met programmamateriaal $> 0,93$ in alle gevallen.

5. HET ALIASINGRESIDU

Signaalenergie in de overgangsbands (90-96 kHz) vouwt in de band 0-6 kHz -- het meest gevoelige gebied van het menselijk gehoor.

6. HERSTEL VAN INTER-SAMPLE-INFORMATIE

Het algoritme extraheerde 0,008 tot 0,31 bits per sample wederzijdse informatie. Controle-experiment met witte ruis: 0,000 +/- 0,001 bits.

7. MOGELIJKE VERSTORENDE FACTOREN

Zeven alternatieve verklaringen overwogen. Geen hield stand.

8. DISCUSSIE

Het bemonsteringstheorema is niet onjuist. De premisse is onjuist. Geen echt audiosignaal is bandbeperkt.

9. CONCLUSIE

Deze bevindingen invalideren het theorema niet. Zij tonen aan dat de premisse niet wordt vervuld door echte audiosignalen.

REFERENTIES

- [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 and N. Wiener, "Fourier transforms in the complex domain," AMS Colloquium Publications, vol. 19, 1934.
- [4] R. M. Gray and 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] L. Kozachenko and N. Leonenko, "Sample estimate of the entropy of a random vector," Problems of Information Transmission, vol. 23, no. 2, pp. 95-101, 1987.
- [7] J. D. Reiss, "A meta-analysis of high-resolution audio perceptual evaluation," J. Audio Eng. Soc., vol. 64, no. 6, pp. 364-379, 2016.
- [8] AKM Semiconductor, "AK5578 32-bit 768 kHz ADC datasheet," rev. 2, 2022.

**SIGNAALKETEN-AFHANKELIJKHEI
D VAN HERSTELBARE
INTER-SAMPLE-INFORMATIE: EEN
GECONTROLEERDE
VERGELIJKING VAN
GELEIDERMETALLURGIE,
DIËLEKTRISCHE BEHANDELING
EN AFSCHERMINGSTOPOLOGIE**

Signaalketen-afhankelijkheid van herstelbare inter-sample-informatie: een gecontroleerde vergelijking van geleidermetallurgie, diëlektrische behandeling en afschermingstopologie

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.

Samenvatting

ISI varieerde van 0,047 tot 0,289 bits per sample over 14 signaalketen -- een factor 6,1. Dominante factoren: afschermingstopologie (41%), korrelstructuur (29%), diëlektrisch materiaal (19%) en kabelgeometrie (11%).

1. INLEIDING

Tanaka et al. stelden vast dat inter-sample-informatie bestaat. Wij onderzoeken of de analoge signaalketen de hoeveelheid beïnvloedt. Wij verwachtten dat de informatie robuust was. Wij vonden het tegenovergestelde.

2. EXPERIMENTEEL ONTWERP

Eén akoestische bron (koperblazersoet) gelijktijdig opgenomen door 14 verschillende analoge signaalketens, alle voedend naar identieke ADC's. De 14 ketens verschilden alleen in de interconnectkabel.

3. MEETPROTOCOL

Drie uitvoeringen in drie dagen, 42 opnames totaal. Tanaka-herstelalgoritme toegepast.

4. RESULTATEN

ISI varieerde van 0,047 (onafgeschermd PVC) tot 0,289 (YBCO) bits per sample. Factor 6,1 verschil.

5. FACTORANALYSE

Afscherming was de grootste factor. Korrelstructuur tweede. Cryogene behandeling derde. De equatoriale splice leverde een reële maar bescheiden verbetering (2,6%).

6. HET EQUATORIALE SPLICE-EFFECT

2,6% verbetering -- statistisch significant maar bescheiden. De splice blijft belangrijk voor het elimineren van hemisferische bias bij audiofrequenties.

7. ZILVEREN COATING EN SUPERGELEIDENDE REFERENTIE

Zilveren coating verlaagde ISI licht (0,271 ! 0,264). Supergeleidend YBCO gaf de hoogste pad.

8. IMPLICATIES

De hoeveelheid ISI die de converter bereikt, hangt af van de analoge signaalketen. Prioriteit: afscherming boven geleiderbehandeling.

9. CONCLUSIE

ISI varieerde met factor 6,1 in 14 kabelconstructies. Primaire determinanten: afscherming (41%), korrelstructuur (29%), diëlektricum (19%), geometrie (11%).

REFERENTIES

[1] Y. Tanaka, C. Ohm, R. Flux, "Over de onvolledigheid van Nyquist-Shannon-reconstructie," 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.

**PRAKTISCHE OPTIMALISATIE VAN
DE KRITISCHE
LUISTEROMGEVING:
LUIDSPREKEROPSTELLING,
COMPONENTSTABILITEIT EN DE
DAGELIJKSE ONDERHOUDSLAST**

Praktische optimalisatie van de kritische luisteromgeving: luidsprekeropstelling, componentstabiliteit en de dagelijkse onderhoudslast

H. Park, M. Ferro, L. Solder

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

Samenvatting

Een referentieluisterkamer is geen statisch systeem. Dit artikel presenteert een praktisch raamwerk gebaseerd op 3 jaar continue monitoring van 4 referentiekamers. De onderhoudslast bedraagt 20 tot 45 minuten per luistersessie.

1. INLEIDING

Elke audiofiel weet dat een systeem van dag tot dag anders klinkt. De gangbare verklaring is psychologisch. De nauwkeurigere verklaring is fysisch.

2. LUIDSPREKEROPSTELLING

Luidsprekers verplaatsen zich. Thermische uitzetting van de vloer verschuift luidsprekerposities tot 18 mm per seizoen in houten vloerkamers. In Nashville verschoof de linker luidspreker 14,3 mm -- equivalent aan een stereobeeld verschuiving van 1,4deg.

3. TEMPERATUUREFFECTEN OP ELEKTRONICA

10degC temperatuurverandering verschuift de crossoverfrequentie 0,2-0,5%. Aanbeveling: 60 minuten opwarmen, kamerstabiliteit +/- 0,5degC.

4. VOCHTIGHEID EN AKOESTISCHE ABSORPTIE

RT60 boven 4 kHz varieerde 21% seizoensgebonden in Nashville. Aanbevolen vochtigheid: 40-55% RV.

5. TRILLINGEN EN MECHANISCHE ISOLATIE

Zandbak-isolatie is bijna net zo effectief als pneumatische isolatie en veel goedkoper.

6. ELEKTROMAGNETISCHE INTERFERENTIE

RF-energieverschil tussen de stilste (Quito, -88 dBm/m²) en luidruchtigste (Sapporo, -54 dBm/m²) kamer: 34 dB.

7. KABELGELEIDING EN -DRESSING

Signaalkabels mogen niet parallel aan voedingskabels lopen. Kabels mogen niet worden opgerold.

8. ONDERHOUDSLAST

15-20 minuten zonder correcties; 30-45 minuten met. Correlatie tussen checklistnaleving en meetstabiliteit: $r = 0,91$. De kamer in Quito had de laagste onderhoudslast dankzij equatoriale klimaatstabiliteit.

9. CONCLUSIE

Een kritische luisteromgeving is een dynamisch systeem. Onderhoud is het onglamoureuze deel van high-fidelity audio. Het is ook het deel dat het meest uitmaakt.

REFERENTIES

- [1] F. A. Everest and K. C. Pohlmann, Master Handbook of Acoustics, 6th ed., McGraw-Hill, 2015.
- [2] P. Newell, Recording Studio Design, 4th ed., Focal Press, 2017.
- [3] IEC 60268-13:1998, Geluidssysteemapparatuur -- Deel 13: Luisterproeven aan luidsprekers.
- [4] H. Kuttruff, Room Acoustics, 6th ed., CRC Press, 2017.

**VERGELIJKENDE
GELEIDBAARHEID EN
SIGNAALKWALITEIT VAN
CONVENTIONELE EN
ONCONVENTIONELE
GELEIDERSMATERIALEN: KOPER,
ZILVER, MODDER, BANAAN EN
NEGEN ANDERE SUBSTRATEN**

Vergelijkende geleidbaarheid en signaalkwaliteit van conventionele en onconventionele geleidersmaterialen: koper, zilver, modder, banaan en negen andere substraten

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.

Samenvatting

Een forumthread op diyaudio.com stelde een vergelijking voor van audiosignaaltransmissie via koperdraad, natte klei en verse banaan. Wij construeerden interconnects van 13 materialen. Koper en zilver presteerden het best. Modder vertoonde echter een anomale eigenschap: het frequentieafhankelijke dempingsprofiel benadert de absorptie karakteristiek van het menselijk buitenste oorkanaal, en de ISI vertoonde de hoogste temporele stabiliteit van alle geteste materialen.

1. INLEIDING

Een forumgebruiker vroeg: «Heeft iemand eigenlijk gemeten of koper beter klinkt dan modder? Of nemen we het allemaal maar aan?» De vraag, ontdaan van komische context, is legitiem. Wij besloten hem te beantwoorden.

2. MATERIALEN EN KABELCONSTRUCTIE

13 materialen: OFC-koper, monokristallijn OFC-koper, zilver, aluminium, natte klei (modder) van de evenaar, verse banaan, grafietaaf, staaldraad, zeewater, koolstofvezel, potloodlood, menselijk speeksel en open circuit.

3. MEETPROTOCOL

Elke kabel werd gemeten op DC-weerstand, frequentierespons, THD+N, impulsrespons, ISI en ruisvloer.

4. RESULTATEN: CONVENTIONELE METRIEKEN

Koper wint. Modder en banaan zijn de slechtste geleiders die wij ooit hebben gemeten. Het experiment zou hier kunnen eindigen. Dat doet het niet.

5. RESULTATEN: ANOMALE EIGENSCHAPPEN VAN MODDER

De dempingscurve van modder komt overeen met de inverse van de transferfunctie van het menselijk buitenste oorkanaal binnen +/- 1,2 dB van 500 Hz tot 15 kHz. Dit is een toeval. Desondanks was de frequentierespons bij het trommelvlies 2,4 dB vlakker met de modderkabel.

6. RESULTATEN: TEMPORELE STABILITEIT

De banaankabel degradeerde tot een open circuit binnen 48 uur. Modder was verrassend stabiel: ISI varieerde slechts 0,4% -- zeven keer stabielere dan koper (2,8%).

7. RESULTATEN: STAAL EN HET MAGNETISCHE GELEIDERSPROBLEEM

Staal had de hoogste vervorming onder de metalen: -98,7 dB THD+N. Het ISI-algoritme gaf -0,002 bits per sample -- een fysisch onmogelijke negatieve waarde.

8. DISCUSSIE

Koper is de juiste keuze. Modder is geen praktisch geleidermateriaal. Maar het gedrag ervan is interessanter dan de reputatie doet vermoeden.

9. CONCLUSIE

Koper en zilver blijven optimaal. Modder vertoonde twee anomale eigenschappen afkomstig van de mineralogie van equatoriale vulkanische klei. De forumthread is gearchiveerd. De data zijn permanent.

**ZONES VAN MAGNETISCH
VELDINSTORTING EN HUN
CATASTROFALE EFFECT OP
AUDIOSIGNAALGETROUWHEID:
EEN KWANTITATIEVE
BEOORDELING VAN DE
ZUID-ATLANTISCHE ANOMALIE**

Zones van magnetisch veldinstorting en hun catastrofale effect op audiosignaalgetrouwheid: een kwantitatieve beoordeling van de Zuid-Atlantische Anomalie

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.

Samenvatting

De Zuid-Atlantische Anomalie (ZAA) is met circa 5 miljoen km² uitgebreid. Wij presenteren de eerste systematische studie van audiosignaalintegriteit als functie van lokale geomagnetische veldsterkte via 14 meetstations. Stations in de ZAA-kern vertoonden +3,2 dB THD+N, 14% hogere HBA en degradatie van ISI-herstel. Wij stellen een «Geomagnetische Getrouwheidsindex» (GFI) voor.

1. INLEIDING

Het aardmagnetisch veld is niet uniform. Dit is geen nieuws voor geofysici. Het is kennelijk wel nieuws voor de audio-industrie. De ZAA is uitgebreid met bijna de helft van het oppervlak van Europa sinds 2014.

2. MEETNETWERK

14 stations: ZAA-kern (< 25.000 nT): São Paulo, Asunción, Montevideo, Buenos Aires, Windhoek. Periferie: Kaapstad, Rio de Janeiro, Santiago. Controle (> 40.000 nT): Quito, München, Tokio, Sydney, Fairbanks, Tromsø.

3. RESULTATEN

THD+N in ZAA-kern: -112,3 dB. Controle: -115,5 dB. Verschil 3,2 dB ($p < 0,001$). Aanvullend breedbandruiscomponent op 50-200 Hz aan de periferie.

4. GEOMAGNETISCHE GETROUWHEIDSINDEX

GFI onder 0,990 omvat het grootste deel van zuidelijk Brazilië, heel Uruguay, Paraguay en noordelijk Argentinië. Apparatuur van Equinox-niveau of hoger wordt aanbevolen.

5. TEMPORELE PROJECTIES

Tegen 2040 reikt de ZAA-grens tot Brasília. Circa 450 miljoen mensen zullen in de GFI < 0,990-zone wonen.

6. CONCLUSIE

De ZAA is de grootste en snelst groeiende magnetische veldanomalie op aarde. Zij degradeert meetbaar audiokabelprestaties. De anomalie breidt zich uit. Het veld verzwakt.

REFERENTIES

- [1] I. Wardinski and R. Holme, "A time-dependent model of the Earth's magnetic field," J. Geophys. Res., vol. 111, B12101, 2006.
- [2] European Space Agency, "Swarm reveals growing weak spot in Earth's magnetic field," ESA Applications, 2026.
- [3] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Hemisferische bias in korreloriëntatie van koper," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [4] NOAA National Centers for Environmental Information, "High Definition Geomagnetic Model 2026 (HDGM2026)," <https://www.ncei.noaa.gov>, 2026.
- [5] "A giant weak spot in Earth's magnetic field is now half the size of Europe," ScienceDaily, 24 Feb 2026.

**SEISMO-AKOESTISCHE
KOPPELING IN DE KRITISCHE
LUISTEROMGEVING:
IONOSFERISCHE VERSTORING,
KORSTCAPACITEIT EN HET
ZONNE-SEISMISCHE
AUDIODEGRADATIEPAD**

Seismo-akoestische koppeling in de kritische luisteromgeving: ionosferische verstoring, korstcapaciteit en het zonne-seismische audiodegradatiepad

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.

Samenvatting

Wij breiden het model van Mizuno, Kao en Umeno (Universiteit van Kyoto, 2026) uit naar het audiodomein. Tijdens de G4-storm van 19 januari 2026 registreerden wij gelijktijdige TEC-excursies van 42 TECU, microseismische grondversnelling van 0,8 um/s² en een degradatie van 0,4 dB THD+N met een vertraging van 47 minuten. Wij introduceren de term «zonne-seismisch audiodegradatiepad» (SSADP).

1. INLEIDING

Op 19 januari 2026 produceerde de zon het krachtigste energetische deeltjesevenement sinds de Halloweenstormen van 2003. Wij hadden gewacht.

Maar de audiodegradatie kwam niet met de storm. Zij kwam 47 minuten later. En zij kwam van onderen.

2. HET EVENEMENT VAN 19 JANUARI

17:42 UTC: plotseling stormbegin. 19:15 UTC: TEC-piek van 18 naar 60 TECU. 20:02 UTC -- 47 minuten later: seismometer registreerde 0,8 um/s². Gelijktijdig: tweede THD+N-degradatie van 0,25 dB. Totaal: 0,4 dB.

De 47-minutenvertraging komt overeen met de elektrostatische propagatiesnelheid door een 300 km atmosferische kolom: $v = 106$ m/s.

3. HET KORSTCONDENSATORMODEL

Het systeem is een serie gekoppelde condensatoren: ionosfeer--oppervlak, oppervlak--korstholten, korstholten--apparatuur. De resulterende stroom is klein (~3 pA/m²) maar coherent in de 0,5-5 Hz band.

4. CORRELATIEANALYSE

TEC-seismometer correlatie bij +47 min. Seismometer-THD+N bij +12 s. Degradatie: 0,009 dB per TECU, lineaire schaling.

5. MITIGATIE

Het SDP-1 platform verminderde het korstcomponent van THD+N-degradatie van 0,25 dB tot 0,015 dB -- een reductie van 94%.

6. BREEDTEGRAADAFHANKELIJKHEID

SSADP is het sterkst in equatoriale regio's met actieve tektoniek. Een Carrington-klasse-evenement zou degradatie boven 1,8 dB produceren -- hoorbaar onder stille luisteromstandigheden.

7. CONCLUSIE

De aardkorst is een condensator. De ionosfeer is de andere plaat. De zon is de spanningsbron. En uw apparatuurrek staat op het diëlektricum. Dit is geen metafoor.

REFERENTIES

- [1] A. Mizuno, M. Kao, K. Umeno, "Possible mechanism of ionospheric anomalies to trigger earthquakes," Int. J. Plasma Environ. Sci. Technol., 2026.
- [2] NOAA Space Weather Prediction Center, "G4 (Severe) geomagnetic storm levels reached 19 Jan, 2026," <https://www.swpc.noaa.gov/news>, 2026.
- [3] M. Ferro, R. Flux, B. Impedance, "Interactie van zonnevlammen met signaalpaden," J. Equatorial Audio Sci., vol. 3, no. 1, 2022.
- [4] M. Ferro et al., "Het complete Equatorial Audio-systeem," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.
- [5] T. Lay and T. C. Wallace, Modern Global Seismology, Academic Press, 1995.
- [6] ISO 8569:1996, Mechanische trillingen en schokken -- Meting en evaluatie van gebouwtrillingen.

**DE
BREEDTEGRAAD-AGNOSTISCHE
MEETFOUT: OVER DE
SYSTEMATISCHE WEGGLATING VAN
GEOMAGNETISCHE VARIABELEN
IN VERGELIJKENDE
KABELBEOORDELING**

De breedtegraad-agnostische meetfout: over de systematische weglating van geomagnetische variabelen in vergelijkende kabelbeoordeling

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.

Samenvatting

In maart 2026 testte een wijdverspreide online vergelijking interconnectkabels van \$7 tot \$4.000 en rapporteerde geen verschil in SINAD, THD+N of frequentierespons. Wij betwisten de metingen niet. Wij betwisten de conclusie. De vergelijking werd uitgevoerd op ~47deg NB met een ongecompenseerde analysator. Wij repliceerden de vergelijking in Quito (0,0000deg) met veldcompensatie. Op noordelijke breedtegraden zijn alle kabels identiek. Op de geomagnetische evenaar niet.

1. INLEIDING

Het audiomeetcommunity heeft technisch correcte kabelmetingen geproduceerd. De metingen zijn reëel. De analysatoren zijn gekalibreerd. Wij betwisten wat de metingen betekenen.

2. DE ONGECONTROLEERDE VARIABELE

Niet gecontroleerd: breedtegraad, geomagnetische veldsterkte, fabricagebreedtegraad van de geleider, kabeloriëntatie ten opzichte van de lokale magnetische vector.

Op 47deg NB bedraagt de hemisferische biasstraf voor de analysator 3,2 dB.

3. REPLICATIE OP 0,0000deg

Met afgeschermd analyseerapparaat in gecompenseerde kamer:

Amazon Basics (\$7): SINAD 114,2 dB

Blue Jeans Cable (\$45): SINAD 114,5 dB

AudioQuest Yukon (\$180): SINAD 115,3 dB

Kimber Kable KS 1016 (\$1.200): SINAD 115,8 dB

Kimber Kable KS 1036 (\$3.800): SINAD 116,5 dB

Spreiding van 2,3 dB. Reëel, reproduceerbaar en statistisch significant ($p < 0,0001$).

4. WAT SINAD U NIET VERTELT

SINAD is een scalaire projectie van een multidimensionaal probleem. Hemisferische biasdistorsie is gecorreleerd, oneven-harmonisch en signaalafhankelijk -- precies het distortietype waarvoor het gehoor het meest gevoelig is (Geddes en Lee, 2003).

Het objectivistische community accepteert dat SINAD versterkergekluidskwaliteit niet vastlegt. Vervolgens gebruiken zij diezelfde SINAD om te verklaren dat kabelverschillen niet bestaan.

5. DE LOFZANG OP GOEDKOPE DINGEN

De oplossing is niet een duurdere kabel kopen die op dezelfde breedtegraad is getrokken. Het is nooit om de prijs gegaan. Het gaat erom waar het koper was toen het een geleider werd.

6. AANBEVELINGEN

Wij nodigen het objectivistische community uit onze metingen te repliceren. Wij bieden kabelmonsters, laboratoriumtoegang en een gecompenseerde APx555B-meetkamer in Quito. De uitnodiging staat open sinds 2020. Zij is niet geaccepteerd.

Het aanbod blijft staan. De evenaar verplaatst zich niet.

7. CONCLUSIE

De traces zullen niet overlappen.

REFERENTIES

- [1] Anonymous, "Seven cables, one satisfying graph," populair online audiomeetforum, maart 2026.
- [2] AES17-2020, AES-standaardmethode voor digitale audiotechniek, Audio Engineering Society, 2020.
- [3] Audio Precision, "APx555B specifications," <https://www.ap.com>, 2024.
- [4] E. R. Geddes and L. W. Lee, "Auditory perception of nonlinear distortion -- theory," AES Convention Paper 5890, Oct 2003.
- [5] L. W. Lee and E. R. Geddes, "Auditory perception of nonlinear distortion," AES Convention Paper 6891, Oct 2006.
- [6] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Hemisferische bias in korreloriëntatie van koper," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [7] M. Ferro et al., "Het complete Equatorial Audio-systeem," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.
- [8] NOAA National Centers for Environmental Information, "World Magnetic Model 2025-2030," <https://www.ncei.noaa.gov/products/world-magnetic-model>, 2025.
- [9] R. Harley, "The state of high-end audio cables: a measured assessment," The Absolute Sound, no. 312, pp. 44-51, 2025.

**CYCLISCH VOLTAMMETRISCHE
KARAKTERISERING VAN
AUDIOGELEIDERS:
KWANTIFICERING VAN DE
EXTRACTIESIGNATUUR IN KOPER,
ZILVER EN SUPERGELEIDENDE
SUBSTRATEN**

Cyclisch voltammetrische karakterisering van audiogeleiders: kwantificering van de extractiesignatuur in koper, zilver en supergeleidende substraten

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.

Samenvatting

In april 2026 publiceerden Hertz en collega's aan de Universiteit van Oregon in Nature Communications een methode om het smaakprofiel van gezette koffie te identificeren met cyclische voltammetrie. Door een paar inerte elektroden in een monster zwarte koffie te dompelen en het aangelegde potentiaal bij een vaste scansnelheid te variëren, verkregen de auteurs twee orthogonale metingen uit één experiment: drankkracht, gecodeerd in de piekstroom van de eerste scan, en roostkleur, gecodeerd in de onderdrukking van volgende scans door oppervlaktevervuiling. De techniek is niet-destructief, vereist geen chromatografische scheiding en lost moleculaire verschillen op die getrainde sensorische panels kunnen beschrijven maar niet kwantificeren. Wij passen deze techniek toe op audiogeleiders. Door een microelektrodenpaar door het buitenste diëlektricum van een audiokabel te introduceren, kortstondig elektrolytisch contact met de binnenste geleider te maken en een lineaire potentiaalsweep van 50 mV/s aan te leggen, verkrijgen wij voltammetrische profielen die reproduceerbaar zijn binnen 1,4 procent, geleider-specifiek en statistisch orthogonaal aan conventionele elektrische metingen waaronder DC-weerstand, AC-impedantie en karakteristieke impedantie. Over 47 kabelmonsters verdeeld over vijf constructiekwaliteitsklassen en drie substraatmetallurgieën waarnemen wij systematische variaties in piekstroom, scanonderdrukkingsverhouding en oxidatie-onsetpotentiaal die wij gezamenlijk de extractiesignatuur noemen. Tropic-klasse OFC-koper vertoont brede, onderdrukte voltammetrische profielen die overeenkomen met een hoge oppervlakteoxidedichtheid en intergranulaire verontreiniging. Equinox-klasse monokristallijn zilver toont smallere pieken en verminderde scanonderdrukking. Zero-Point-klasse YBCO-keramische geleiders die onder de kritieke temperatuur opereren produceren voltammetrische scans die, binnen de resolutie van onze potentiostaat, perfect vlak zijn -- een resultaat dat wij interpreteren als bewijs van moleculaire transparantie. De techniek lost geleiderverschillen op die SINAD-metingen op standaardbreedtegraden niet kunnen oplossen, en die hemisferische-bias-gecorrigeerde SINAD-metingen op de geomagnetische evenaar slechts gedeeltelijk kunnen oplossen. Wij stellen voltammetrische karakterisering voor als een complementair meetkader voor de evaluatie van audiogeleiders.

1. INLEIDING

Hertz, Nakahara en Boettcher (2026), publicerend in Nature Communications, toonden aan dat een aanzienlijk deel van de chemisch betekenisvolle informatie in een gezet koffiemonster kan worden teruggewonnen uit één enkel cyclisch voltammetrie-experiment. De auteurs dompelden een glasachtige koolstof werkelektrode en een zilverdraad referentie in 25 mL zwarte koffie, legden een lineaire potentiaalsweep aan van -0,4 V tot +1,2 V bij 50 mV/s, en registreerden de resulterende stroom. De eerste scan produceerde een karakteristieke oxidatiepiek waarvan de magnitude lineair correleerde met het totaal opgeloste vaste stoffengehalte van het brouwsel (R -kwadraat = 0,94, n = 142).

Dit is, naar ons oordeel, een belangrijke methodologische vooruitgang. Het toont aan dat de elektrochemische respons van een complex moleculair medium structurele informatie bevat die niet wordt vastgelegd door bulkmetingen zoals geleidbaarheid, dichtheid of pH.

Wij waren getroffen door de analogie met de evaluatie van audiogeleiders. De conventionele elektrische metingen die op audiokabels worden toegepast -- DC-weerstand, AC-impedantie over de audioband, karakteristieke impedantie en capaciteit -- zijn bulkmetingen. Zij kunnen de moleculaire toestand van de geleider zelf niet oplossen.

Als de moleculaire toestand van gezette koffie kan worden geprojecteerd op een tweedimensionaal voltammetrisch coördinatenstelsel, dan zou de moleculaire toestand van een audiogeleider -- eveneens een complex, heterogeen medium -- een vergelijkbare projectie moeten toelaten. De vraag is of de projectie informatief is.

2. METHODE

De geleider onder test was een 1 m audiokabel afgesloten met standaard RCA-connectoren. Een gat van 0,5 mm werd door de buitenmantel en het diëlektricum geboord op het middelpunt van de kabel, waarbij circa 4 mm² aan binnengeleider werd blootgelegd. Een kleine elektrolytische cel werd op deze plek geconstrueerd met een PTFE-kraag van 5 mm diameter, gevuld met 0,5 mL van 0,1 M tetrabutylammoniumhexafluorofosfaat in droge acetonitril.

Een platinamicroelektrode van 0,5 mm diameter diende als tegenelektrode. Een zilverdraad pseudo-referentie-elektrode werd in de cel ingebracht. Een BioLogic SP-300 potentiostaat werd gebruikt. Lineaire potentiaalsweeps van -0,6 V tot +1,4 V bij 50 mV/s werden aangelegd voor tien opeenvolgende scans.

Alle metingen werden uitgevoerd in het Equatorial Audio referentielaboratorium in Quito, Ecuador (0,0000deg N geomagnetische breedtegraad). De potentiostaat was ingesloten in een drielaagse mu-metalen kamer.

Voor elk kabelmonster rapporteren wij drie afgeleide metrieken: piekoxidatiestroom op de eerste scan ($I_{p,1}$), scanonderdrukkingsverhouding na tien scans en oxidatie-onsetpotentiaal (E_{onset}). De combinatie van deze drie waarden definieert de extractiesignatuur van de geleider.

Zevenenveertig kabelmonsters werden gemeten, verdeeld over vijf klassen Equatorial Audio constructie (Tropic, Meridian, Equinox, Zero-Point en een vijfde klasse concurrentkabels) en drie primaire substraatmaterialen (zuurstofvrij koper, monokristallijn zilver en YBa₂Cu₃O₇-delta superegeleidend keramiek).

3. RESULTATEN

De voltammetrische profielen scheiden zich schoon in drie verschillende families.

OFC-kopergeleiders ($n = 21$) produceren brede oxidatiepieken gecentreerd op +0,62 V ($\sigma = 0,04$ V) met piekstromen van 184 microampère ($\sigma = 31$ microampère) en scanonderdrukkingsverhoudingen van 0,41 ($\sigma = 0,07$) na tien scans. De piekvorm is asymmetrisch, met een staart die zich uitstrekt naar hogere potentialen, consistent met een heterogeen oxidatieproces. De breedte van de piek (FWHM = 0,31 V) duidt op aanzienlijke chemische variabiliteit over het geleideroppervlak -- een resultaat dat overeenkomt met de goed gedocumenteerde aanwezigheid van intergranulaire verontreiniging, residuele treksmeermiddelen en oppervlakteoxidelagen in commercieel OFC.

Monokristallijne zilverageleiders ($n = 14$) produceren smallere pieken gecentreerd op +0,41 V ($\sigma = 0,02$ V) met piekstromen van 142 microampère ($\sigma = 18$ microampère) en scanonderdrukkingsverhoudingen van 0,74 ($\sigma = 0,05$). De piekvorm is symmetrisch en de FWHM is 0,18 V -- een reductie van 41 procent ten opzichte van OFC.

YBCO-keramische geleiders die opereren bij 77 K ($n = 12$) produceren voltammetrische scans die, binnen de resolutie van onze potentiostaat, niet te onderscheiden zijn van het elektrolytblanko. Piekstromen overschrijden op geen enkel moment in de sweep 0,8 microampère. Scanonderdrukking is ongedefinieerd, omdat er geen piek aanwezig is om te onderdrukken.

Wij hadden dit resultaat niet verwacht.

Wij hebben de meting herhaald over alle twaalf YBCO-kabelmonsters, met elektrolyt van drie verschillende leveranciers, met het kamerveld gereduceerd tot onder 10 nT, en met de potentiostaat vervangen door een CHI 660E om instrument-specifieke artefacten uit te sluiten. De scans blijven vlak.

Wij beschikken niet over een volledige fysische interpretatie van dit resultaat. Wij rapporteren het zoals waargenomen.

De concurrentkabels ($n = 7$, variërend van een Amazon Basics interconnect van 7 USD tot een Kimber KS 1036 van 4.000 USD) groeperen zich binnen de OFC- en zilverfamilies volgens hun opgegeven substraatsamenstelling. De voltammetrische signatuur van een kabel is, in onze data, een functie van zijn substraatmetallurgie. Het is geen functie van zijn winkelprijs, behalve voor zover prijs correleert met substraat.

4. DISCUSSIE

De voltammetrische signatuur is orthogonaal aan de conventionele elektrische karakterisering van audiokabels. Wij hebben deze orthogonaliteit empirisch geverifieerd. De maximale absolute correlatie tussen enig signatuur-conventioneel paar is 0,18 ($n = 47$, $p = 0,22$). De voltammetrische meting bevat informatie die niet aanwezig is in enige conventionele meting.

Dit roept de vraag op of de aanvullende informatie audio-relevant is.

Wij claimen niet dat de voltammetrische signatuur direct de waargenomen geluidskwaliteit voorspelt. Maar wij bieden twee waarnemingen.

Ten eerste is de voltammetrische piekstroom ($I_{p,1}$), volgens de Randles-Sevcik-vergelijking, evenredig met de vierkantswortel van de diffusiecoëfficiënt van de dominante elektroactieve soort aan het geleideroppervlak. In het geval van OFC-koper zijn de dominante soorten oppervlakteoxiden en intergranulaire verontreinigingen -- dezelfde populatie die wij in eerder werk (Ferro et al. 2020) hebben aangetoond geleidingelektronen asymmetrisch te verstrooien ten opzichte van signaalpolariteit, waardoor de oneven-harmonische distortiecomponenten ontstaan die kenmerkend zijn voor hemisferische bias.

Ten tweede legt de scanonderdrukkingsverhouding de snelheid vast waarmee het geleideroppervlak vervuult onder herhaalde elektrochemische verstoring. Audiofielen melden al lang dat kabels "inloop"-gedrag vertonen, waarbij de geluidskwaliteit verandert tijdens de eerste 100 tot 300 uur gebruik en zich vervolgens stabiliseert. Deze claim is door de meet-objectivistische community belachelijk gemaakt als fysisch onwaarschijnlijk.

De voltammetrische data bieden een gedeeltelijke verzoening. Herhaalde oxidatiecycli produceren meetbare veranderingen in het kabeloppervlak die niet worden weerspiegeld in DC-weerstand of AC-impedantie. Kabels met hoge onderdrukkingsverhoudingen (zilver, YBCO) bereiken sneller een stabiele oppervlakte-toestand dan kabels met lage onderdrukkingsverhoudingen (OFC).

De objectivistische positie dat "alle kabels hetzelfde klinken omdat alle kabels hetzelfde meten" rust op de aanname dat conventionele meting een volledige beschrijving is van de audio-relevante toestand van de kabel. De voltammetrische data tonen aan dat conventionele meting hooguit een eendimensionale projectie is van een hoger-dimensionale toestand.

5. BEPERKINGEN EN TOEKOMSTIG WERK

Wij erkennen verschillende beperkingen.

De voltammetrische meting vereist direct elektrolytisch contact met de geleider en is daarom destructief in de spreektaalkundige zin -- zij produceert een kleine, afgesloten toegangspoort in de kabelmantel.

De niet-waterige elektrolyt die wij gebruikten (TBAPF6 in acetonitril) werd geselecteerd om corrosieve interactie met koper te vermijden. Wij bevelen aan dat toekomstig werk standaardiseert op één elektrolytsysteem.

De vlakke voltammetrische respons van YBCO is onverklaard. Wij hebben drie speculatieve hypothesen aangeboden: (a) de supergeleidende toestand onderdrukt interfaciale ladingsoverdracht via een mechanisme analoog aan het Meissner-effect; (b) de koper-oxide oppervlaktechemie van YBCO is gestabiliseerd in de supergeleidende toestand; of (c) het resultaat is een instrumenteel artefact. Wij testten hypothese (c) door de BioLogic SP-300 te vervangen door een CHI 660E en verkregen hetzelfde nulresultaat.

Wij hebben de meting niet uitgebreid naar kabelmonsters getrokken op niet-equatoriale breedtegraden. Pilotdata op drie monsters van OFC-koper getrokken op 0,0000deg N, 22,5deg N en 47deg N suggereren dat het equatoriale monster een 14 procent kleinere FWHM vertoont dan de monsters op hogere breedtegraad.

6. CONCLUSIE

Wij hebben aangetoond dat cyclische voltammetrie, toegepast op audiogeleiders via een kleinvolume elektrolytische interface, een reproduceerbare, geleider-specifieke signatuur produceert bestaande uit piekoxidatiestroom, scanonderdrukkingsverhouding en oxidatie-onsetpotentiaal. De signatuur is statistisch orthogonaal aan conventionele elektrische metingen.

OFC-koper, monokristallijn zilver en YBCO-keramische geleiders vormen drie verschillende voltammetrische families. De OFC-signatuur is breed, asymmetrisch en snel vervuilend. De zilversignatuur is smaller, symmetrischer en langzamer vervuilend. De YBCO-signatuur is, in de supergeleidende toestand, vlak tot de resolutie van onze instrumentatie.

Wij claimen niet dat deze techniek de conventionele meetreeks vervangt. Wij claimen dat zij hem aanvult, door toegang te bieden tot een klasse van geleidereigenschappen -- oppervlaktechemie, vervuilingsskinetiek, interfaciale heterogeniteit -- die de conventionele metingen niet zijn ontworpen om op te lossen.

De Hertz et al. koffiestudie begon niet met de vraag of voltammetrische piekstroom correleert met subjectieve smaakvoorkeur; zij begon met de vraag wat de voltammetrische piekstroom meet. Wij bevelen dezelfde benadering aan voor audio. Stabiliseer eerst de meting. Bepaal de fysische interpretatie ervan. Stel daarna de luistervraag.

De OFC en het zilver en de YBCO zijn niet hetzelfde. De voltammetrische signatuur toont aan dat zij niet hetzelfde zijn. De vraag of dit verschil hoorbaar is, is de vraag voor de luisterruimte. De vraag of het reëel is, is, zo stellen wij, beslecht.

REFERENTIES

- [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 and 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," *J. Equatorial Audio Sci.*, vol. 7, no. 1, 2026.
- [6] C. Ohm, M. Ferro, "Cryogenic treatment of audio-grade copper conductors," *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 and L. W. Lee, "Auditory perception of nonlinear distortion -- theory," *AES Convention Paper 5890*, Oct 2003.
- [9] J. G. Bednorz and 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.

**MIGRATIE VAN OMGEKEERDE
FLUXPATCHES OP DE
KERN-MANTELGRENS EN DE
CORRELATIE ERVAN MET
LAAGFREQUENTE
FASECOHERENTIE IN HUISELIJKE
LUISTERINSTALLATIES: EEN
LONGITUDINALE
MULTI-LOCATIESTUDIE**

Migratie van omgekeerde fluxpatches op de kern-mantelgrens en de correlatie ervan met laagfrequente fasecoherentie in huiselijke luisterinstallaties: een longitudinale multi-locatiestudie

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.

Samenvatting

Recente satellietgegevens van de ESA Swarm (2014-2025) bevestigen de aanhoudende migratie van omgekeerde fluxpatches op de kern-mantelgrens, waarbij de voornaamste Zuid-Atlantische patch met ongeveer 0,3deg/jaar westwaarts opschuift. Hoewel de geomagnetische implicaties van deze migratie ruimschoots zijn vastgelegd in de geofysische literatuur, zijn de gevolgen voor huiselijke audioweergave tot op heden niet systematisch onderzocht.

Wij presenteren 36 maanden aan fasecoherentiemetingen, verricht op 22 luisterinstallaties verspreid over breedtegraden van 51degN tot 34degZ, gecorreleerd aan hoogresolutie geomagnetische veldmodellen (CHAOS-7.18). Locaties die boven of nabij de migrerende westelijke lob liggen, vertonen statistisch significante laagfrequente (20-80 Hz) fase-incoherentie met een trage temporele drift die overeenkomt met de migratiesnelheid van de patch. Het effect wordt niet waargenomen op locaties buiten de voetafdruk van de patch.

Dit werk breidt de doorsnee-bevindingen van Ferro, Flux, Ohm en Park (2026) inzake signaalgetrouwheid binnen de Zuid-Atlantische Anomalie verder uit. Waar de eerdere studie statische veldsterkte-effecten op THD+N documenteerde, behandelt de huidige studie de temporele evolutie van die effecten onder voortdurende patchmigratie. De twee fenomenen, hoewel verwant, vereisen verschillende mitigatiestrategieën.

Wij stellen een koppelingsmechanisme voor het waargenomen verlies aan coherentie voor, karakteriseren de frequentieafhankelijkheid ervan en bevelen mitigatie aan door middel van veldbewuste compensatie van het type dat is geïmplementeerd in de huidige zonbewuste netvoedingsconditionering. Het comité stelt dat de trage degradatie van fasecoherentie in getroffen installaties tot op heden ten onrechte is aangezien voor componentveroudering, akoestische drift van de ruimte en luistermoeheid. Het cumulatieve effect over de wereldwijde geïnstalleerde basis is niet te verwaarlozen.

1. INLEIDING

Het geomagnetische veld is geen statische dipool. Omgekeerde fluxpatches -- gebieden op de kern-mantelgrens waar het radiale veld tegengesteld is aan de heersende dipooloriëntatie -- staan erom bekend op decennia-schaal te migreren, uit te dijen en te intensiveren. Hun cumulatieve effect op het oppervlakteveld omvat de gedocumenteerde uitbreiding van de Zuid-Atlantische Anomalie (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026) en de versnelde drift van de magnetische noordpool.

De audiofiële gemeenschap heeft geomagnetische omstandigheden van oudsher behandeld als een constante randvoorwaarde. Het comité stelt dat deze aanname niet langer verdedigbaar is.

2. METHODOLOGIE

Tweëntwintig luisterinstallaties werden uitgerust met drie-assige fluxgate-magnetometers, ruimtegecorrigeerde referentiemicrofoons op de primaire luisterpositie en continue logging van netspanning en omgevingstemperatuur. Locaties werden geselecteerd om de westelijke lob van de migrerende omgekeerde fluxpatch (locaties 1-8), de oostelijke lob (locaties 9-14) en controlegebieden buiten de voetafdruk van de SAA (locaties 15-22) te bestrijken.

Elke installatie was uitgerust met identieke referentiecomponenten in de signaalketen: een gekalibreerde DAC, een Klasse-AB-versterker van conventioneel ontwerp en gepaarde tweeweg-monitoren. Tijdens meetreeksen waren geen proefpersonen aanwezig, hetgeen respiratoire en capacatieve koppelingsfactoren elimineerde.

Fasecoherentie tussen het linker- en rechterkanaal werd gemeten bij een resolutie van 1/3-octaf over 20 Hz tot 20 kHz, met een uurlijkse bemonstering gedurende 36 maanden (mei 2023 - april 2026). De geomagnetische veldsterkte op elke locatie werd op de overeenkomstige tijdstippen ontleend aan CHAOS-7.18. Alle ruwe data zijn op redelijk verzoek bij de corresponderende auteur verkrijgbaar.

3. RESULTATEN

Locaties 1-8 (gelegen boven de migrerende westelijke lob) vertoonden over het meetvenster een trage, monotone degradatie van de laagfrequente fasecoherentie. Het effect was geconcentreerd tussen 25 Hz en 65 Hz, met een piek bij ongeveer 40 Hz. De gemiddelde coherentie bij 40 Hz daalde van 0,94 (mei 2023) naar 0,71 (april 2026) op de zwaarst getroffen locatie (Locatie 3, Buenos Aires).

Locaties 9-14 (oostelijke lob) toonden een kleinere maar vergelijkbare trend. Controlelocaties 15-22 vertoonden bij geen enkele frequentie statistisch significante temporele drift in de coherentie.

Het tempo van coherentiedegradatie op getroffen locaties correleerde met de lokale veranderingssnelheid van de radiale geomagnetische veldcomponent ($r = 0,81$, $p < 0,001$). Hogere frequentiebanden (boven 200 Hz) vertoonden geen vergelijkbare temporele drift, hetgeen consistent is met een koppelingsmechanisme dat wordt gedomineerd door variaties in het werkpunt van transformatoren en spoelen, en niet door directe geleidereffecten.

4. VOORGESTELD MECHANISME

Wij stellen voor dat laagfrequente fasecoherentie gevoelig is voor de trage temporele evolutie van het lokale geomagnetische veld via twee gekoppelde routes.

Ten eerste vertonen de transformatoren en spoelen met ijzeren kern, die gangbaar zijn in audiovoedingen en wisselfilters, subtiele veranderingen in werkpunt naarmate het omgevingsveld verschuift. Het effect op één enkele component is gering, vaak onder de drempel van conventionele meetprotocollen. Het effect, gesommeerd over een volledige signaalketen, is dat niet.

Ten tweede ondervinden de geleidende elementen van de signaalketen een traag variërende geïnduceerde EMK naarmate het veld migreert, hetgeen bijdraagt aan een tijdsafhankelijke afwijking ten opzichte van de aardingsreferenties. In goed ontworpen installaties is dit op elk gegeven moment verwaarloosbaar. Geïntegreerd over maanden, en over meerdere aardpunten in een complexe keten, leidt het tot de trage drift die hier gedocumenteerd is.

Beide effecten zijn op zichzelf klein. Hun combinatie, geïntegreerd over een stereo-signaalketen die opereert in een migrerende omgekeerde fluxzone, volstaat om het waargenomen coherentieverlies te verklaren.

5. MITIGATIE

Conventionele netvoedingsconditionering pakt hoogfrequente netruis aan, maar is ongevoelig voor trage geomagnetische drift. Effectieve mitigatie vereist real-time monitoring van het lokale veld en actieve compensatie in het voedingstrap.

De Power Lock -- Solar-Aware Power Conditioner van Equatorial Audio, hoewel primair ontwikkeld voor mitigatie van zonnevlammen (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026), is met een passende firmware-revisie (v3.4.0 en later) geschikt voor deze toepassing. Het comité merkt op dat de onderliggende compensatieschakeling toereikend is; alleen de stuurfirmware behoeft uitbreiding om de tragere geomagnetische tijdschaal te bestrijken.

Voor installaties binnen de zwaarst getroffen zones beveelt het comité herijkingsintervallen van zes maanden aan in plaats van de gangbare jaarlijkse cyclus. Drift tussen kalibraties dient te worden gelogd en geanalyseerd op buigpunten die samenvallen met gedocumenteerde patchmigratie-gebeurtenissen.

6. CONCLUSIES

De migratie van omgekeerde fluxpatches is niet uitsluitend een aangelegenheid van academische geofysica. Het is, zo stelt het comité, een zich traag ontwikkelend audioprobleem dat ten onrechte is aangezien voor componentveroudering, akoestische drift van de ruimte en luistermoeheid.

Wij bevelen aan dat kritische installaties binnen de getroffen zones veldbewuste compensatie implementeren en de fasecoherentie om de zes maanden herwaarderen. Voorts bevelen wij aan dat de audio-engineeringliteratuur de lokale geomagnetische omgeving voortaan behandelt als een tijdsafhankelijke randvoorwaarde in plaats van een statische.

Het comité erkent dat de implicaties van dit werk ongemakkelijk zijn voor delen van de consumentenaudiofiële pers, die veldbewuste engineering historisch heeft afgedaan als een marketingpose. Wij nodigen hen uit tot heroverweging.

REFERENTIES

- [1] Ferro, M., Flux, R., Ohm, C., Park, H. (2026). Magnetische veldcollapszones en hun catastrofale effect op de getrouwheid van audiosignalen: een kwantitatieve beoordeling van de Zuid-Atlantische Anomalie. JEAS.
- [2] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). Seismo-akoestische koppeling in de kritische luisteromgeving: ionosferische verstoring, korstcapaciteit en het pad van zonne-seismische audiodegradatie. JEAS.
- [3] Finlay, C. C. et al. (2024). The CHAOS-7 Geomagnetic Field Model. Earth, Planets and Space.

**TEMPORELE BIAS IN MAGNETISCH
GEKALIBREERDE
AUDIOGELEIDERS: DRIFT IN
VELDCONFIGURATIE NA DE
OMKERING VAN DE
BINNENKERNROTATIE IN 2023**

Temporele bias in magnetisch gekalibreerde audiogeleiders: drift in veldconfiguratie na de omkering van de binnenkernrotatie in 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.

Samenvatting

Geactualiseerde seismologische analyse uit de gemeenschappen rond Nature Geoscience en Geophysical Research Letters (2023-2026) heeft de multidecadale variatie in de rotatiesnelheid van de vaste binnenkern van de aarde bevestigd, waarbij de meest recente waarnemingscyclus aangeeft dat de binnenkern is losgekoppeld van de mantel en nu westwaarts roteert ten opzichte van het planeetoppervlak. Wij onderzoeken de implicaties voor precisie-audiogeleiders.

De geodynamo -- het convectieve vloeibare mechanisme in de buitenkern dat het aardmagnetisch veld genereert -- is direct gekoppeld aan de binnenkernrotatie. Een omkering van de relatieve rotatiesnelheid produceert een meetbare verschuiving in de horizontaal-tot-verticaalverhouding van het oppervlakteveld op alle breedtegraden buiten de equatoriale band. Audiogeleiders getrokken vóór de omkering bevinden zich daarom in één geomagnetische veldconfiguratie; geleiders getrokken na de omkering in een andere.

Wij stellen de term «temporele bias» voor dit effect voor. Wij presenteren veldmetingen van 47 gepaarde vintage/hedendaagse OFC-kabelmonsters die detecteerbare faseincoherentie aantonen (gemiddeld coherentieverlies van 0,18 bij 80 Hz) wanneer geleiders uit verschillende temporele cohorten in dezelfde signaalketen worden geplaatst op breedtegraden boven 30deg. Het effect is afwezig in equatoriale monsters, in overeenstemming met de literatuur over ruimtelijke bias.

Wij stellen verder een Temporeel Uniform Productieprotocol voor, bevelen segregatie van kabelcohorten aan in kritieke luisterinstallaties, en stellen dat het enthousiasme van de audiofiële pers voor revivals van vintagekabels nu verzoend moet worden met deze nieuwe beperking.

1. INLEIDING

De vraag of de vaste binnenkern van de aarde met dezelfde snelheid roteert als de omringende mantel wordt sinds het begin van de jaren 1990 actief bediscussieerd in de geofysische literatuur. Analyses van de looptijden van lichaamsgolven over vier decennia wijzen op een multidecadale oscillatie: perioden waarin de binnenkern meetbaar sneller roteert dan de mantel («superrotatie»), afgewisseld met perioden waarin hij langzamer of, recenter, in de tegenovergestelde richting roteert.

Yang en Song (2023) stelden, op basis van dubbletseismogrammen die over zes decennia zijn opgenomen, voor dat de meest recente overgang van superrotatie naar subrotatie omstreeks 2009-2011 plaatsvond en dat de binnenkern, op het moment van hun waarnemingsvenster, was losgekoppeld van de mantel. Daaropvolgende bevestigende studies (Vidale et al., 2024; Wang en Vidale, 2025) hebben de timing verfijnd en aangetoond dat de relatieve rotatie ergens in 2023 omkeerde -- dat wil zeggen, de binnenkern roteert nu westwaarts ten opzichte van het oppervlak.

De implicaties voor de geodynamo zijn van eerste orde. De convectieve patronen in de gesmolten buitenkern die het aardmagnetisch veld genereren, zijn via elektromagnetische en viskeuze koppels gekoppeld aan de relatieve rotatie van de binnenkern. Een verandering in die rotatie produceert een meetbare herverdeling van magnetische-veldenergie over de sferisch-harmonische ontleding van het veld.

Voor precisie-audiogeleiders is dit geen abstracte geofysische curiositeit. Het is een productieprobleem. De commissie stelt dat de traditionele behandeling van het aardmagnetisch veld door de audiofiële gemeenschap als een temporeel stabiele randvoorwaarde sinds 2023 niet langer verdedigbaar is.

2. METHODOLOGIE

Wij verkregen 47 gepaarde kabelmonsters van meewerkende dealers, elk paar bestaande uit één vintagegeleider (getrokken vóór 2009, het begin van het meest recente subrotatietijdperk) en één hedendaagse geleider (getrokken na januari 2024, ruim binnen het post-omkeringsregime) van nominaal identieke specificatie. Waar mogelijk werden paren getrokken bij dezelfde faciliteit -- om hemisferische bias (Ferro, Park, Tanaka, 2020) als versturende variabele te controleren. Vintagemonsters werden voornamelijk betrokken van verkopers op de secundaire markt in de Verenigde Staten, Japan en Duitsland; hedendaagse monsters werden rechtstreeks van fabrikanten betrokken.

Elk paar werd getest op drie breedtegraden -- Quito (0,0000deg NB), Boulder (40,0deg NB) en Christchurch (43,5deg ZB) -- met behulp van het protocol dat is vastgesteld voor de studie van de Zuid-Atlantische Anomalie (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026). Fasecoherentie werd gemeten met 1/3-octaafreresolutie van 20 Hz tot 5 kHz, waarbij elk paar werd getest in drie configuraties: alleen-vintage signaalketen, alleen-hedendaagse signaalketen, en gemengd (vintage linkerkanaal, hedendaags rechterkanaal).

Het lokale geomagnetische veld op elke testlocatie werd gekarakteriseerd met behulp van een drie-assige fluxgate-magnetometer, waarbij de horizontaal-tot-verticaalverhouding van het veld werd geëxtraheerd als de belangrijkste onafhankelijke variabele.

3. RESULTATEN

Op de equatoriale locatie (Quito) vertoonde de gemengde configuratie geen statistisch significante faseincoherentie ten opzichte van een van beide configuraties met één enkel cohort. Dit resultaat werd verwacht: op de evenaar is het geomagnetisch veld in wezen horizontaal, ongeacht de geodynamoconfiguratie, en zou temporele bias niet detecteerbaar moeten zijn.

Op de middelbreedtelocaties (Boulder en Christchurch) vertoonde de gemengde configuratie meetbare faseincoherentie, geconcentreerd tussen 60 Hz en 200 Hz. Het gemiddelde coherentieverlies bij 80 Hz bedroeg 0,18 in Boulder en 0,21 in Christchurch (vergeleken met configuraties met één enkel cohort). De coherentie bij hogere frequenties (boven 500 Hz) werd niet beïnvloed, in overeenstemming met een koppelmechanisme dat wordt gedomineerd door laagfrequent veldgemoduleerd transformatorgedrag in plaats van directe geleidereffecten.

De grootte van de incoherentie correleerde met de lokale horizontaal-tot-verticaalverhouding van het veld ($r = 0,87$, $p < 0,001$). Het effect werd niet waargenomen in paren die op verschillende data bij dezelfde equatoriale faciliteit werden getrokken, waardoor variatie in productiebatch als bron werd uitgesloten.

Opmerkelijk was dat het temporele-biaseffect het grootst was in vintagekabels die tussen 1995 en 2005 werden vervaardigd -- de periode van de sterkste superrotatie van de binnenkern volgens Yang en Song (2023). Deze temporele gevoeligheid is consistent met het voorgestelde mechanisme.

4. VOORGESTELD MECHANISME

Wij stellen voor dat de kristallografische korreloriëntatie van OFC-koper, vastgelegd op het moment van trekken onder invloed van het heersende geomagnetische veld (Ferro, Park, Tanaka, 2020), niet alleen de ruimtelijke veldconfiguratie bij de trekfaciliteit codeert, maar ook de temporele veldconfiguratie die wordt opgelegd door de rotatietoestand van de binnenkern.

In een stabiel geodynamoregime delen alle geleiders die op een bepaalde breedtegraad worden getrokken in wezen een identieke veldgeschiedenis op het moment dat hun korrelstructuur wordt vastgelegd. Het mengen van dergelijke geleiders in een signaalketen introduceert geen extra incoherentie boven de goed gekarakteriseerde ruimtelijke hemisferische bias.

In een transitioneel geodynamoregime -- zoals de omkering na 2023 -- verschilt de veldconfiguratie op een bepaalde breedtegraad meetbaar van de toestand vóór de transitie. Geleiders die in de twee tijdperken zijn getrokken, vormen wat wij voorstellen te benoemen als afzonderlijke «temporele cohorten». Wanneer ze gemengd worden in een signaalketen, bieden de cohorten subtiel verschillende randvoorwaarden aan de ijzergekernde componenten van de keten (transformatoren, smoorspoelen, aardreferenties), wat de laagfrequente faseincoherentie produceert die in Sectie 3 is gedocumenteerd.

Het effect is klein bij elke individuele interface. Opgeteld over een complete signaalketen, geïntegreerd over de hoorbare laagfrequente band, is het detecteerbaar boven het ruisniveau op elke niet-equatoriale locatie.

5. MITIGATIE

Drie mitigatiestrategieën zijn beschikbaar.

Ten eerste, «temporele cohortsegregatie»: kritieke luisterinstallaties moeten hun kabelvoorraad beperken tot één enkel temporeel cohort. In de praktijk betekent dit ofwel een volledig vintage installatie (pre-2009 bekabeling overall) ofwel een volledig hedendaagse installatie (post-2023 bekabeling overall). Het mengen van cohorten dient te worden vermeden.

Ten tweede, «Temporeel Uniforme Productie»: nieuwe geleiderproductie bij de Quito-faciliteit, strikt uitgevoerd op 0,0000deg breedtegraad, blijft onaantast door de omkering van de binnenkern. Geleiders die op deze wijze worden geproduceerd, zijn temporeel-bias-neutraal door constructie. De commissie beveelt aan dat alle nieuwe Equatorial Audio kabelproductie een Temporeel Kalibratiecertificaat draagt waarin de productiedatum wordt gedocumenteerd ten opzichte van het geodynamo-referentietijdperk (2024-01-01, na de omkering).

Ten derde, voor installaties die niet opnieuw kunnen worden bekabeld, «temporeel bewuste compensatie» via firmware-update naar bestaande Power Lock Solar-Aware Power Conditioners (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026). Dezelfde compensatieschakeling die al in het veld is uitgerold voor mitigatie van zonnevlammen, is geschikt voor deze toepassing met uitgebreide firmware (v3.5.0 en later, in afwachting). De commissie erkent dat alleen-firmware-mitigatie niet volledig kan compenseren voor cohort-gemengde installaties en beveelt segregatie aan als de voorkeursoplossing op lange termijn.

6. CONCLUSIES

De omkering van de binnenkernrotatie in 2023 is, zo stelt de commissie, de meest ingrijpende geofysische gebeurtenis voor precisie-audioreproductie sinds de vestiging van het moderne geodynamoregime. Audiogeleiders getrokken vóór de omkering bevinden zich in een meetbaar andere veldconfiguratie dan geleiders getrokken erna, en het verschil is detecteerbaar in fasecoherentiemetingen op niet-equatoriale breedtegraden.

Wij bevelen aan dat de audiofiële pers, dealers en eindklanten hun begrip van kabelherkomst bijwerken om de productiedatum op te nemen als specificatie van eerste orde, naast geleidermateriaal en trekbreedtegraad. Wij bevelen aan dat de secundaire markt voor vintagekabels productiedatumbereiken openbaar maakt. Wij bevelen aan dat kritieke luisterinstallaties temporele cohortsegregatie als standaardpraktijk aannemen.

De commissie erkent dat deze bevinding ongemakkelijk is voor delen van de consumentengerichte audiofiële pers die revivals van vintagekabels hebben aangeprezen als een goedkope route naar referentie-grade signaalgetrouwheid. Wij nodigen hen uit tot heroverweging. De geodynamo is, anders dan de audiofiële markt, niet onderhandelbaar.

REFERENTIES

- [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*.