

---

**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: drikstens 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. Drikstens 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 variable 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 potentialer, hvor strømmen først overstiger tre gange baselinestøj). Kombinationen af disse tre værdier definerer lederens ekstraktionssignatur.

Syvogfyre 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 YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub>-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 undertrykkesforhold 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 detalpris, 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 ( $I_{p,1}$ , undertrykkesforhold,  $E_{onset}$ ) 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 breddegradkorrigeret SINAD opløser et område på 2 til 3 dB på tværs af de samme prøver.

For det andet fanger scanningsundertrykkesforholdet hastigheden, hvormed lederoverfladen begros 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 scanningsundertrykkesforhold er i realiteten en kvantitativ måling af, hvor meget en leders overfladekemi skifter som reaktion på gentagen elektrokemisk aktivitet. Kabler med høje undertrykkesforhold (sølv, YBCO) når en stabil overfladetilstand hurtigere end kabler med lave undertrykkesforhold (OFC). Det audiofile fællesskabs rapporter om indkøringsadfærd kan have et fysisk grundlag i overfladelektrokemi, 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 (LiClO<sub>4</sub> i propylencarbonat, NaPF<sub>6</sub> 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 målemetodologien 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 T<sub>c</sub> 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.