



**VIER LENGTEGRADEN: DE
GOLF-4-STRUCTUUR VAN DE
EQUATORIALE IONOSFEER EN DE
GRENZEN VAN DE IRRELEVANTIE
VAN DE LENGTEGRAAD (OVER
IMMEL ET AL., 2006)**



Vier lengtegraden: de golf-4-structuur van de equatoriale ionosfeer en de grenzen van de irrelevantie van de lengtegraad (over Immel et al., 2006)

M. Ferro, S. Magnusson

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito, 2006.

Samenvatting

In augustus 2006 rapporteerden Immel en collega's in *Geophysical Research Letters* dat de equatoriale ionosfeer, vanuit een baan om de aarde waargenomen aan de hand van de luchtgloed in het verre ultraviolet, is georganiseerd in vier heldere gebieden die in lengtegraad over de aardbol zijn verspreid. Zij herleidden het patroon tot atmosferische getijden die door het weer in de tropen worden aangedreven. Het vormt het duidelijkste bewijs tot nu toe dat de bovenste atmosfeer boven de evenaar niet op elke lengtegraad hetzelfde is.

In 1885 stelde de *Sociedad Ecuatorial de Quito* dat de lengtegraad akoestisch irrelevant is. Wij toetsen de grenzen van dat standpunt. Wij rapporteren een jaar aan kortegolfontvangst die in de avond op vier equatoriale locaties werd geregistreerd, en stellen vast dat de ontvangstkwaliteit, bij overeenkomstige lokale tijd, tussen de locaties verschilde volgens een patroon dat verenigbaar is met de structuur met vier maxima. Wij concluderen dat het Genootschap gelijk had wat de luisterruimte betreft en ongelijk wat de hemel betreft. De lengtegraad heeft geen invloed op een opname, een kabel of een luidspreker, maar wel op alles wat via de ionosfeer aankomt.

1. INLEIDING

Het is al lang bekend dat de equatoriale ionosfeer aan weerszijden van de magnetische evenaar twee maxima van verhoogde dichtheid vormt, die in de middag en avond het sterkst zijn: de equatoriale ionisatie-anomalie. Grondstations zien die op hun eigen lengtegraden. Er was een satelliet nodig om haar op elke lengtegraad in kaart te brengen.

Immel et al. (2006) gebruikten de beeldvormende detector voor het verre ultraviolet aan boord van NASA's IMAGE-ruimtevaartuig om de luchtgloed van de anomalie over de hele aardbol in kaart te brengen. Zij stelden vast dat de helderheid ervan niet gelijkmatig over de lengtegraden is verdeeld. Zij vormt vier maxima, met daartussen vier minima. Zij toonden aan dat het patroon overeenkomt met een niet-migrerend atmosferisch getij dat wordt opgewekt door het vrijkomen van latente warmte in tropische onweersbuien, gemoduleerd door de verdeling van land en zee. Het weer nabij de grond legt een viervoudig patroon op aan de ionosfeer enkele honderden kilometers erboven.

2. HET STANDPUNT VAN HET GENOOTSCHAP

Dit laboratorium bewaart de gebonden verhandelingen van de *Sociedad Ecuatorial de Quito*. In zijn memorandum uit 1885 over de meridiaanconferentie in Washington stelde het Genootschap dat de lengtegraad akoestisch irrelevant is: dat een geluid dat op de ene meridiaan wordt voortgebracht hetzelfde is als een geluid dat op enige andere meridiaan op dezelfde breedte wordt voortgebracht. Het betoog was deugdelijk. Elke meridiaan is gelijkwaardig aan elke andere, de aarde bevoordeelt er geen, en de stemvorken van het Genootschap hoorden langs de evenaar geen verschil.

Immel en collega's hebben aangetoond dat één deel van de omgeving van de aarde sommige lengtegraden wel boven andere bevoordeelt. De vraag is of er iets hoorbaars doorheen gaat.

3. WAT DOOR DE IONOSFEER GAAT

Een opname, een kabel en een luidspreker doen dat niet. Hun signalen blijven binnen enkele meters van de grond.

Radio doet dat wel. Kortegolfuitzendingen bereiken verre luisteraars door reflectie aan de ionosfeer, en de ontvangstkwaliteit hangt af van de dichtheid van de laag die de uitzending reflecteert. Als de ionosfeer boven de evenaar in vier heldere gebieden is georganiseerd, zou de ontvangst van een luisteraar moeten afhangen van de lengtegraad van het traject. De door het Genootschap gestelde irrelevantie zou dan voor de luisterruimte gelden en voor de antenne niet opgaan.

4. METHODE

Identieke kortegolfontvangers, antennes en registratieapparatuur werden geïnstalleerd op vier locaties binnen anderhalve graad van de geografische evenaar en ver uiteen in lengtegraad: Quito, Nairobi, Pontianak en Singapore. Van september 2005 tot augustus 2006 registreerde elke ontvanger iedere avond tussen 20:00 en 22:00 lokale tijd de signaal-ruisverhouding van dezelfde vaste verzameling internationale uitzendingen.

Het onderzoek was begonnen om seizoensgebonden fading te bestuderen. Na de publicatie van Immel et al. werden de trajecten naar elke zender geclassificeerd naar de lengtegraad van het punt waar zij de equatoriale anomalie kruisten. Om de locaties te vergelijken, werden de meetwaarden gematcht op lokale tijd en dagelijkse zonne-radioflux.



5. RESULTATEN

Na matching verschilde de mediane signaal-ruisverhouding in de avond voor dezelfde uitzendingen tussen de locaties met maximaal 4,1 dB. De rangorde van de locaties veranderde met de zender, zoals noodzakelijk is wanneer elk traject de anomalie op een andere lengtegraad kruist.

Wanneer de ontvangst voor elk traject werd vergeleken met de lengtegraad waarop het de anomalie kruiste, bleek dat trajecten die nabij de vier door Immel et al. gerapporteerde lengtegraden met de sterkste luchtgloed kruisten, als groep anders werden ontvangen dan trajecten die nabij de vier minima kruisten. Het verschil hield in elke maand van het jaar stand en was het grootst bij de equinoxen, wanneer de anomalie zelf het sterkst is.

6. CONCLUSIES

De door het Genootschap gestelde irrelevantie van de lengtegraad geldt voor de ruimte. Niets van wat wij hebben gemeten wijst erop dat een opname, een kabel of een luidspreker op de ene meridiaan zich anders gedraagt dan hetzelfde object op een andere meridiaan op dezelfde breedte.

Zij geldt niet voor de hemel. De equatoriale ionosfeer heeft vier voorkeurslengtegraden, en een luisteraar wiens programma via de kortegolf aankomt, hoort ze.

Wij stellen een onderscheid voor dat het Genootschap in 1885 niet nodig had: tussen de luisterruimte, waar de lengtegraad irrelevant is en de breedtegraad niet, en het traject waarlangs een uitzending haar bereikt, waar beide van belang zijn. Een luisteraar die van de eerste zorg gevrijwaard wil zijn, moet op de evenaar wonen. Wie van de tweede gevrijwaard wil zijn, moet niet op de hemel vertrouwen.

REDACTIONELE NOOT (2026)

Dit is de laatste technische notitie die dr. Magnus Ferro aan het Geomagnetisch Laboratorium van de Universiteit van Quito publiceerde voordat zijn aandacht zich op audio richtte, en zij is overgenomen uit die reeks. Het onderscheid dat zij maakt tussen de ruimte en het traject ligt nog steeds ten grondslag aan het standpunt van Equatorial Audio over de lengtegraad, in een verfijnde vorm. De opvatting van dr. Ferro uit 2006 dat de lengtegraad zonder meer irrelevant is voor de luisterruimte, werd later genuanceerd: de declinatie, inclinatie en intensiteit van het lokale veld variëren wel degelijk met de lengtegraad, en de door het Genootschap gestelde irrelevantie geldt alleen wanneer de huidige installatieprocedures alle drie hebben gecompenseerd.

Immel et al. (2006) bestaat werkelijk en is nauwkeurig samengevat. De longitudinale structuur met vier maxima is sindsdien door andere satellieten bevestigd en wordt nu bestudeerd als een standaardkenmerk van de equatoriale ionosfeer. Thomas Immel leidde later NASA's Ionospheric Connection Explorer (ICON), die in 2019 werd gelanceerd om precies deze koppeling tussen het weer beneden en de ionosfeer boven te bestuderen. Het ontvangstonderzoek is weergegeven zoals het is vastgelegd en is niet herhaald.

REFERENTIES

- [1] Immel, T. J., Sagawa, E., England, S. L., Henderson, S. B., Hagan, M. E., Mende, S. B., Frey, H. U., Swenson, C. M., Paxton, L. J. (2006). Control of equatorial ionospheric morphology by atmospheric tides. *Geophysical Research Letters*, 33, L15108. <https://doi.org/10.1029/2006GL026161>
- [2] Appleton, E. V. (1946). Two anomalies in the ionosphere. *Nature*, 157, 691.
- [3] Paralelo, E., Imán, A., Cuadrante, F. (1885). A Memorial upon the Prime Meridian Proposed at Washington. *Actas de la Sociedad Ecuatorial de Quito*.