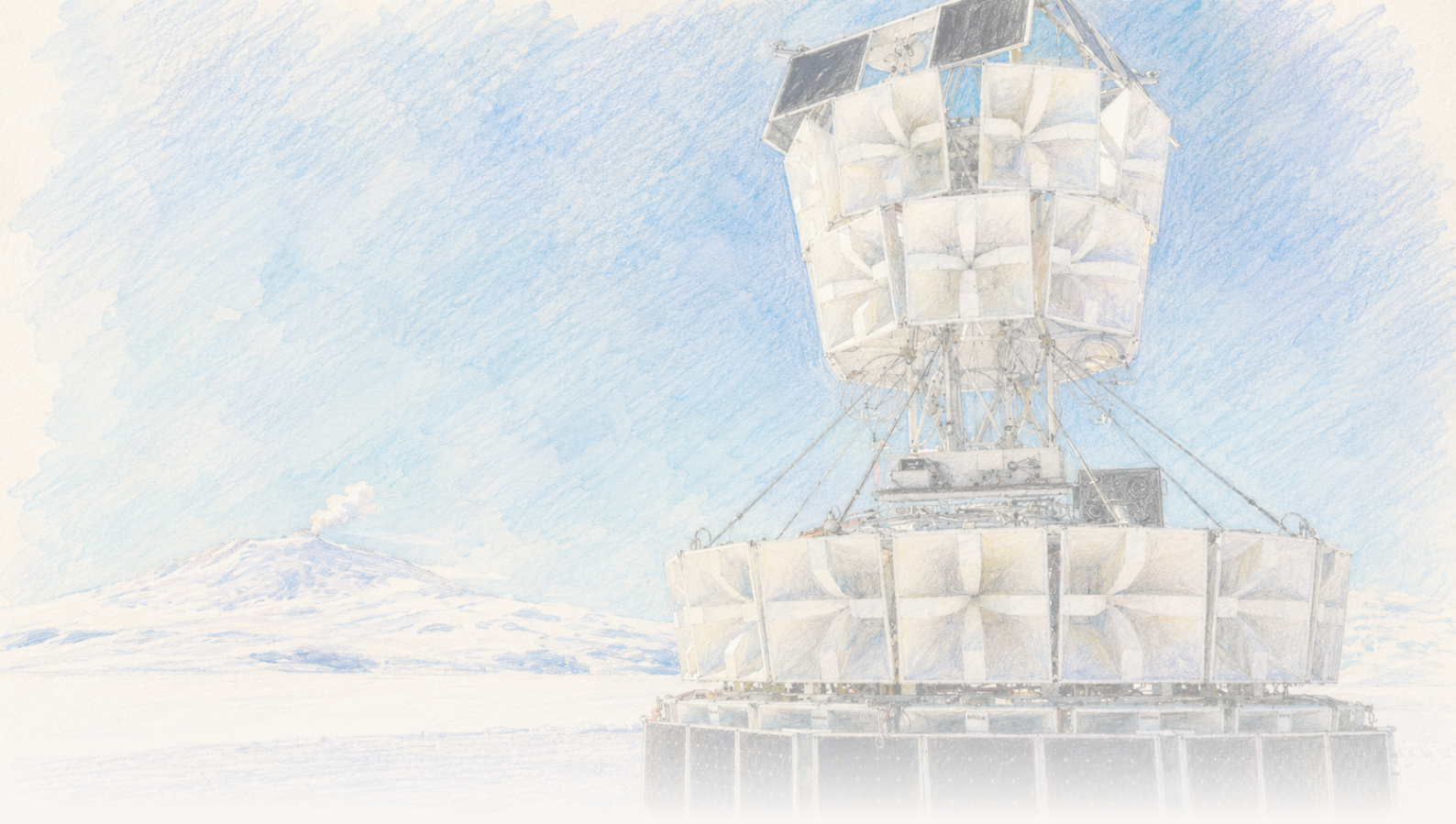




## *The* CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

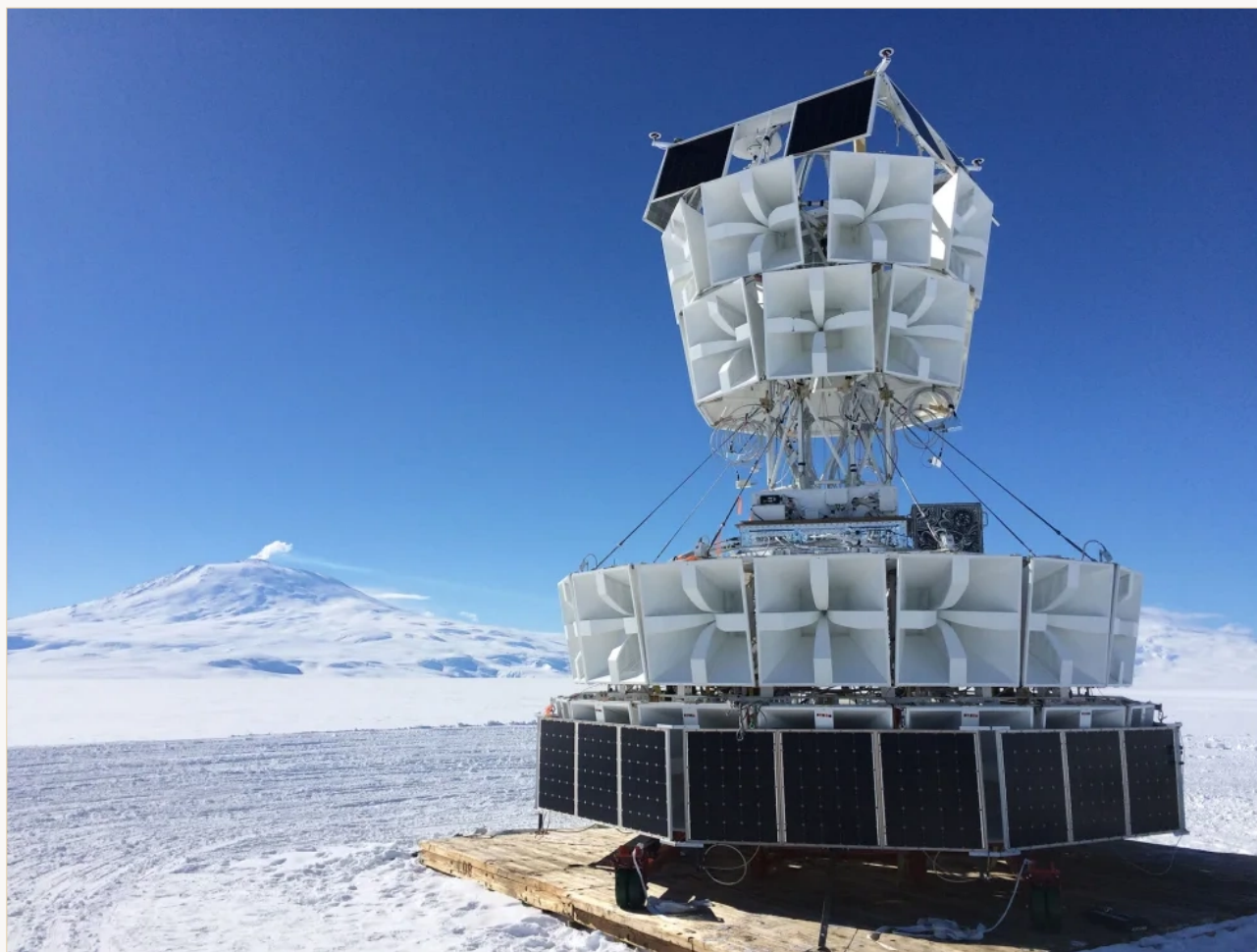
# To anomale radioimpulser over Antarktis er stadig uforklarede — og forklaringen med en »ny partikel« mister opbakning

*To usædvanlige radioimpulser, som for år tilbage blev registreret af et ballonbåret eksperiment over Antarktis, har stadig ingen alment accepteret forklaring; en målrettet Pierre Auger-søgning fandt ingen spor af de partikelbyger, de ville indebære, hvilket gør den eksotiske fortolkning med en »ny partikel« langt mindre sandsynlig, men efterlader anomalien uløst.*

---

Written by Lucio Vaglio · Cross-checked by Laura Nesso · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso  
· AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Search for the Anomalous Events Detected by ANITA Using the Pierre Auger Observatory*, Pierre Auger Collaboration, Physical Review Letters 134, 121003 (2025) · DOI: [10.1103/PhysRevLett.134.121003](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.121003)



ANITAs 48 antenner er rettet ned mod isen i Antarktis fra en 25 fod høj gondol.

Christian Miki / University of Hawai'i at Mānoa fair-use assertion

## Ballonen, isen og to impulser nedefra

I det meste af sin aktive levetid hænger Antarctic Impulsive Transient Antenna — ANITA — under en NASA-ballon, godt tredive kilometer oppe, og driver i ugevis over det mest mennesketomme sted på Jorden, mens den lytter.

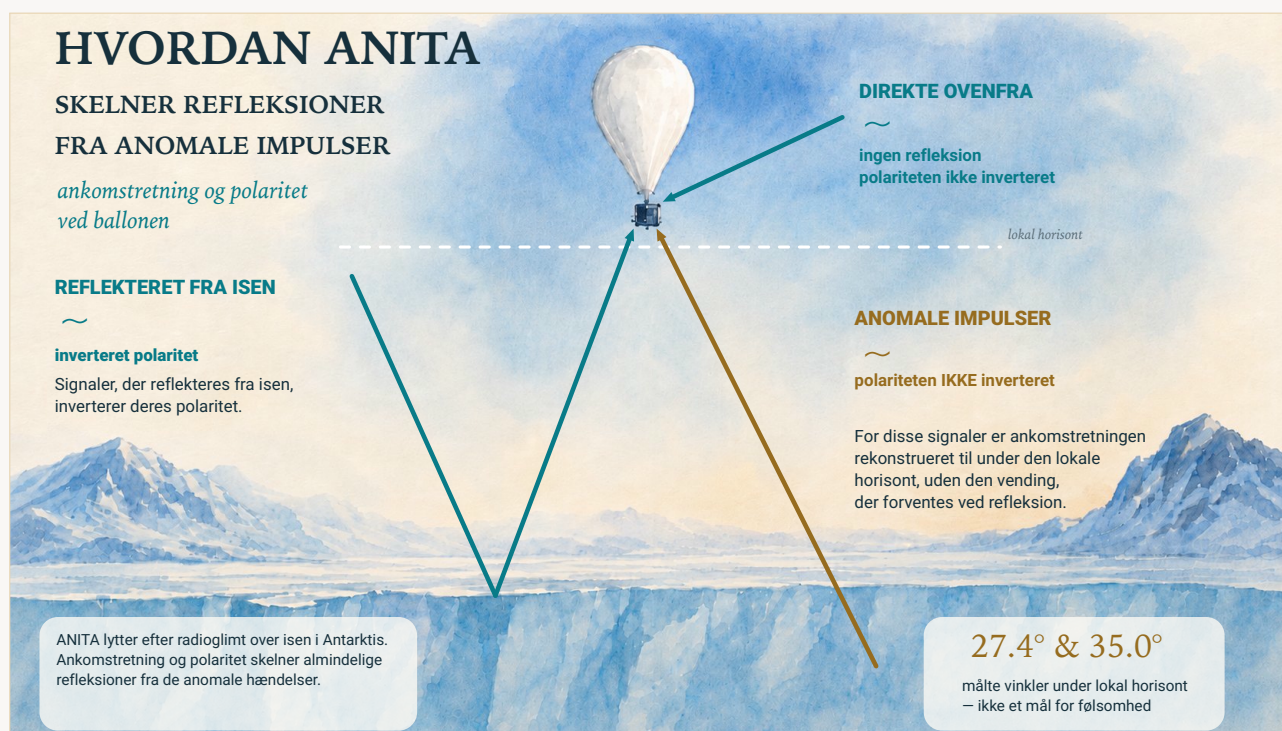
Det, den lytter efter, er radiosignaler fra rummet. Når en partikel med meget høj energi — en kosmisk stråle eller en neutrino — rammer luften eller isen, splintres den i en byge af mindre partikler, og den byge udsender et kort radioglimt. Antarktis er næsten ideelt til at opfange dem: kilometervis af ren, kold is, som radiobølger passerer næsten som var den glas, og intet i hundredvis af kilometers omkreds, der forstyrrer signalet. ANITAs opgave er at opfange disse glimt og ud fra deres form og timing aflæse, hvad der skabte dem.

Det meste af det, den hører, opfører sig som forventet. Nogle glimt kommer direkte ovenfra. Mange flere strejfer isen og springer tilbage op til antennen — og disse har et afslørende kendetegn: Tilbage-springet vender bølgen på hovedet (en vending af signalets *polaritet*), en signatur, fysikere kan genk-



ende med et enkelt blik. Det er sådan, man skelner en refleksion fra det virkelige signal.

To gange ankom noget, der brød mønstret.



Ved ballonen ankommer en impuls direkte ovenfra uden at blive vendt, mens en reflekteret impuls ankommer med vendt polaritet — det sædvanlige tegn på, at den er sprunget tilbage fra isen. De to anomale impulser ankommer derimod fra en *rekonstrueret* retning stejlt under den lokale horisont — men uden en sådan vending, hvor en refleksion ville have vendt dem. »Nedefra« beskriver denne ankomstretning — ikke en partikel, der stiger ud af Jorden.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

På én flyvning i 2006 og en anden i 2014 opfangede ANITA en impuls stejlt *under* horisonten — henholdsvis  $27.4^\circ$  og  $35.0^\circ$  under den — som om den var kommet op af kontinentet, uden *nogen* inversion. Altså ikke en refleksion. Noget, der faktisk bevægede sig opad, ud af isen, mod ballonen.

Her er grunden til, at det er tæt på at være skandaløst. For at nå antennen i så stejl en opadgående vinkel måtte det, der skabte impulsen, være kommet op gennem selve planeten — seks eller syv tusind kilometer fast klippe. Næsten intet kan det. Den eneste kendte partikel, der passerer gennem almindeligt stof, som om det knap nok var der, er neutrinoen, som glider gennem hele Jorden uden at bemærke det — så den naturlige idé er, at en neutrino bevægede sig op gennem klippen, ramte et atom lige under isen og skabte en byge af partikler, der fór opad, og hvis radioglimt ANITA opfangede. Problemet har en drejning: En neutrino med energi nok til at skabe *dette* signal er faktisk for let at standse. Gennem så meget klippe burde den være blevet absorberet mange gange. Og en strøm af neutrinoer, der var stærk nok til, at to alligevel slap igennem, burde være dukket op i de enorme detektorer, der er bygget til at opfange netop dette. Ingen af de enkle forklaringer gik helt op.

Så de to impulser blev liggende der og nægtede at opføre sig. Ikke en opdagelse — to hændelser er aldrig en opdagelse — men heller ikke ingenting. En ægte anomali: den slags, der er interessant,

netop fordi ingen endnu kunne sige, om den var en revne i fysikkens standardmodel eller blot et særtræk ved isen, antennen eller beregningerne.

Det er her, en bestemt slags dækning griber efter ordet *mystisk*, dæmper lyset og spørger, hvad der mon lever under Antarktis. Modstå det. Det virkelige spørgsmål var aldrig *hvilket monster er der i isen?* Det var det tålmodige, uglamourøse spørgsmål, der faktisk bringer videnskaben fremad: **Hvordan ville man finde ud af det?**

## Hvad forfatterne gjorde

Der er en enkel måde at afprøve de spændende forklaringer på. Hvis ANITA-impulserne kommer fra en virkelig, tilbagevendende strøm af opadgående byger — hvad enten de skyldes almindelige tau-neutrinoer eller en foreslået ny partikel — bør en tilstrækkeligt stor detektor, der leder efter netop disse hændelser, opfange en del af dem.

Pierre Auger-observatoriet i Argentina — den største detektor for kosmisk stråling, der nogensinde er bygget — er velegnet til at lede. Ved hjælp af sin fluorescensdetektor søgte samarbejdet efter opadgående luftbyger (der ankommer nedefra, med zenitvinkler over  $110^\circ$  og energier over 0.1 EeV) i data fra 2004 til 2018. Afgørende var det, at hele udvælgelsen blev fastlagt *før* det komplette datasæt blev undersøgt — en »blind« analyse, så svaret ikke kunne tilpasses et ønsket resultat.

## Hvad de fandt

Efter afblindningen var der **én** kandidathændelse tilbage — helt i overensstemmelse med de  $0.27 \pm 0.12$  hændelser, der forventedes fra almindelig kosmisk stråling, som af og til fejlrekonstrueres som opadgående. Med andre ord intet ægte opadgående signal, blot den lille strøm af baggrund, man ville forvente.

Resultatets styrke ligger i sammenligningen. Hvis ANITA-impulserne kom fra en stabil strøm af opadgående byger, burde Auger have registreret **mange** — omtrent 34 til 69 sådanne hændelser for ét plausibelt energispektrum og mindst omkring 8 selv under bevidst konservative antagelser. Det fandt én, i overensstemmelse med baggrunden. Forfatterne beskriver dette som »stærk uoverensstemmelse« med fortolkningen som opadgående byger.

## Hvad dette sandsynligvis betyder

En manglende detektion af denne størrelse er informativ. Hvis ANITA-hændelserne kom fra en virkelig population af partikler, der ankom fra disse retninger — almindelige tau-neutrinoer eller de hypotetiske nye partikler, der er foreslået som forklaring — burde Augers lange eksponering have opfanget et betydeligt antal. Det gjorde den ikke. Det udelukker i praksis forklaringen »diffus strøm af

opadgående byger« — den kategori, som de fleste idéer ud over standardmodellen falder ind under — medmindre man antager konstruerede særbetingelser.

Tilbage står forklaringer, der *ikke* er en strøm af partikler, som skaber byger: Mest diskuteret er en refleksions- eller udbredelseeffekt, der er særegen for isen og geometrien nær horisonten, eller en instrument- eller analyseartefakt. Ingen af dem er bekræftet. Den ærlige opsummering er derfor: Den mest spændende fortolkning har netop fået et alvorligt tilbageslag, og årsagen er stadig ukendt.

## Hvad dette *ikke* beviser

- Det fastslår **ikke**, hvad de to impulser er. »Taler stærkt imod ny fysik« er ikke det samme som »løst«.
- Det bekræfter **ikke** en almindelig årsag. En førende kandidat — refleksioner under Antarktis' overflade — er stadig en hypotese, ikke et resultat.
- Det påviser **ikke** noget »under isen« i bogstavelig forstand. ANITAs antenner hænger fra en ballon over Antarktis; »nedefra« beskriver en radioimpuls' rekonstruerede ankomstretning — ikke en lyd, en stemme eller noget, der kommer inde fra isen.
- Det støtter **ikke** påstande om en bekræftet ny partikel. Den mest udbredte version af denne historie peger i modsat retning af beviserne.

## Hvor stærke er beviserne?

Moderate og fremlagt som sådan.

- Interessen for fysik ud over standardmodellen hviler grundlæggende på **to** hændelser fra to ANITA-flyvninger.
- Denne artikel er et **nulresultat**: stærkt til at udelukke muligheder, men den kan ikke sige, hvad hændelserne *er*.
- Udelukkelsen er kvantitativ og stærk (snesevis af hændelser forventet, én baggrundslignende hændelse observeret) — men den retter sig mod fortolkningen »strøm af opadgående byger«, ikke enhver tænkelig årsag.
- En førende almindelig forklaring (refleksion nær overfladen) er plausibel, men ikke bevist; nogle alternativer (visse modeller for overgangsstråling) har fået svækket støtte af andet arbejde.
- Intet eksperiment har uafhængigt reproduceret den oprindelige anomali.

Dette er en skarp begrænsning lagt oven på en lille, genstridig gåde — ikke en opdagelse.

## Hvorfor det er vigtigt

De foreslåede forklaringer strakte sig helt til eksotiske nye partikler. I stedet for at jage den mest spændende gjorde feltet det uglamourøse: Det afprøvede idéen mod en uafhængig, langt større detektor — og dataene sagde nej. Et større og mere følsomt efterfølgerinstrument, PUEO, er ved at blive bygget for at lede igen.

Anomalien kan stadig vise sig at være almindelig. Det ville ikke gøre den til en fiasko. At indsnævre en uforklaret måling, indtil den enten opløses eller fremtvinger en reel opdagelse, *er* arbejdet — og det er værd at følge, netop fordi det ærlige svar indtil videre stadig er »vi ved det ikke«.

## Kort opsummering

To radioimpulser fra ANITAs ballonflyvninger over Antarktis i 2006 og 2014 ser ud til at komme fra stejle vinkler under horisonten, som standardmodellen har svært ved at forklare. En målrettet søgning med Pierre Auger-observatoriet i 2025 fandt kun én kandidathændelse, i overensstemmelse med baggrunden, hvor snesevis var forventet, hvis impulserne kom fra en strøm af opadgående byger. Det taler stærkt imod den eksotiske fortolkning med en »ny partikel« og peger mod en reflektions-, udbredelses- eller instrumenteffekt, der er specifik for ANITA — men årsagen er stadig reelt ukendt. Ikke en bekræftet ny partikel og ikke et mystisk signal inde fra isen.

## Kontrol uden omsvøb

**Hvad artiklen viser:** En blind Pierre Auger-søgning (2004–2018) efter opadgående luftbyger fandt én kandidat, i overensstemmelse med den forventede baggrund på 0.27 hændelser fra kosmisk stråling. Hvis ANITA-anomalierne kom fra en strøm af sådanne byger, burde Auger have set omtrent 34–69 (eller mindst ~8 under konservative antagelser). Det taler stærkt imod fortolkningen som opadgående byger, herunder scenarier med »nye partikler« ud over standardmodellen.

**Hvad der er plausibelt, men ikke bevist:** En reflektions- eller radioudbredelseffekt nær isen og horisonten eller en instrument-/analyseartefakt, der er specifik for ANITA.

**Hvad den ikke viser:** At hændelserne skyldes en ny partikel; at de er signaler under isen; at noget paranormalt, kunstigt eller hørbart er involveret; at årsagen nu er kendt.

**Vigtigste begrænsninger:** Interessen for fysik ud over standardmodellen hviler på ~to hændelser; dette er et nulresultat, der begrænser, men ikke kan identificere; udelukkelsen retter sig specifikt mod fortolkningen »bygestrøm«; ingen uafhængig reproduktion af den oprindelige anomali.

**Hvor stor tillid bør en almindelig læser have?** Høj tillid til, at dette *ikke* er en bekræftet ny partikel og *ikke* et signal inde fra isen, og til, at fortolkningen med en eksotisk strøm nu er stærkt svækket. Lav tillid til oplysninger om den egentlige årsag, som stadig er et åbent spørgsmål. Passende holdning:

nysgerrighed over for en uløst anomali, der højst sandsynligt er almindelig.

---

## Sources

Phys. Rev. Lett. 134, 121003 (2025)

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.121003>

Original ANITA-I event (Gorham et al. 2016)

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.117.071101>

Original ANITA-III event (Gorham et al. 2018)

<https://arxiv.org/abs/1803.05088>

Subsurface-reflection explanation (Shoemaker et al. 2020)

<https://arxiv.org/abs/1905.02846>

PUEO successor instrument — white paper (2021)

<https://arxiv.org/abs/2010.02892>