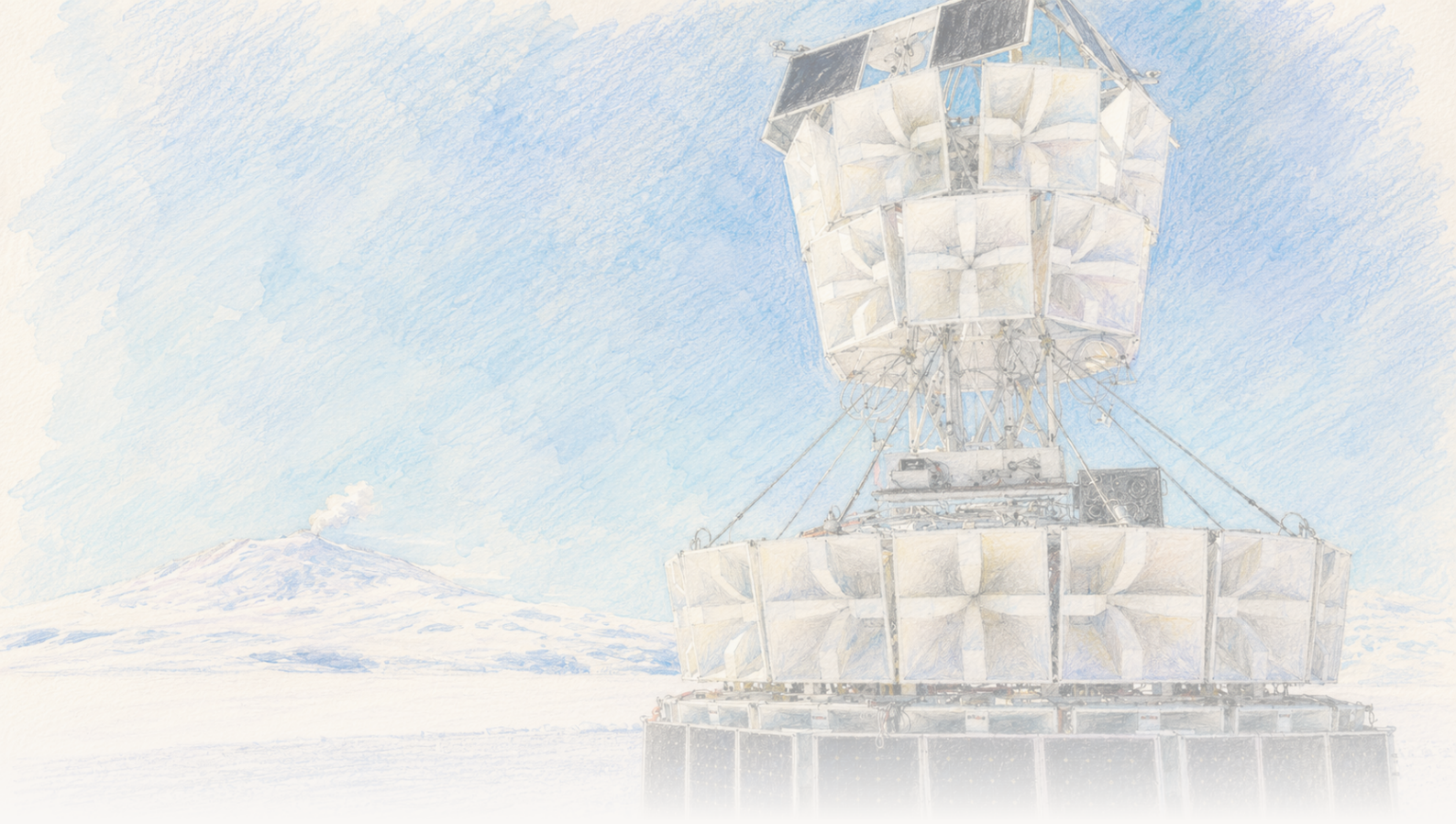




The CLEAN PAPER

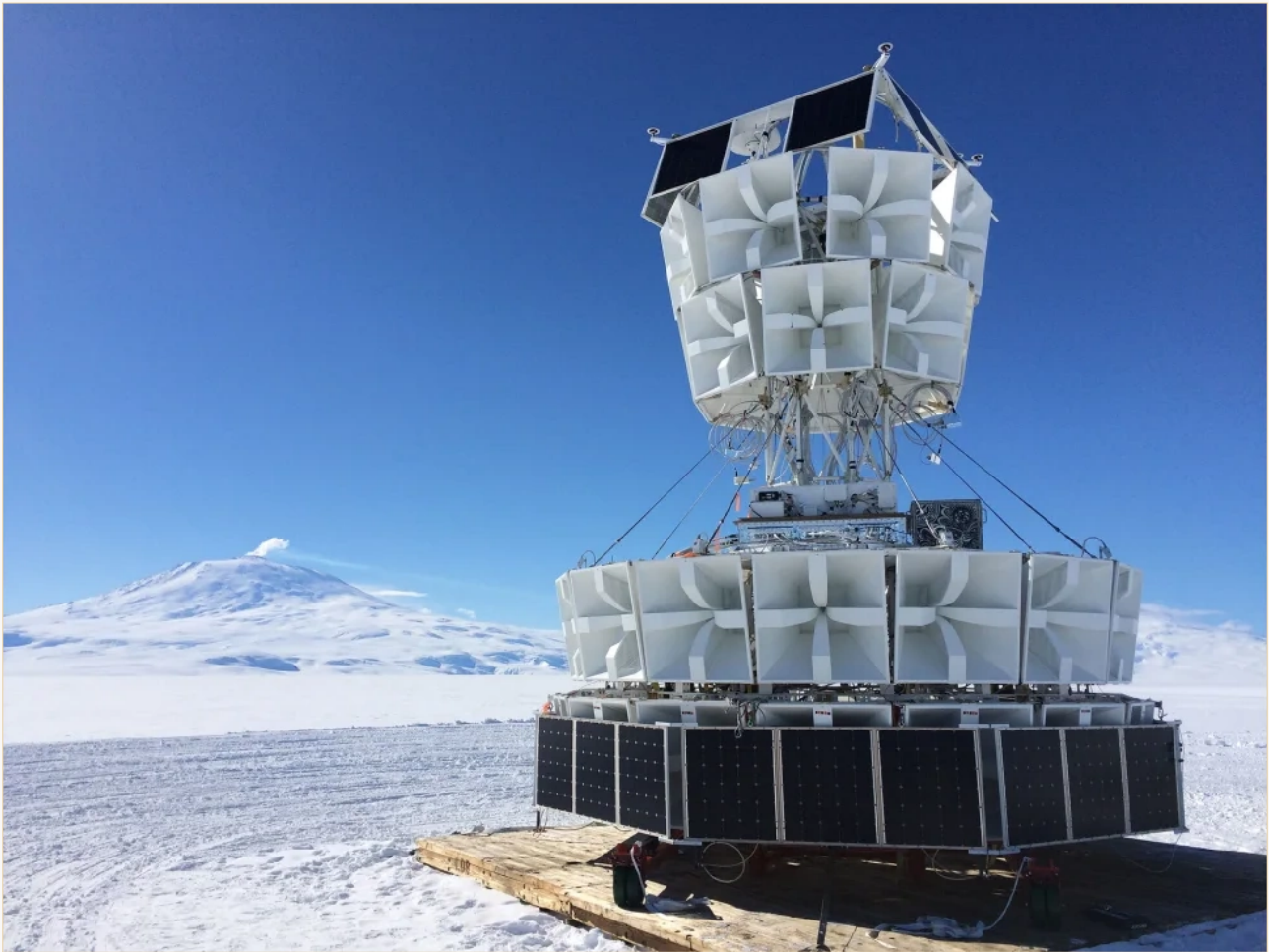
WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Zwei anomale Radiopulse über der Antarktis bleiben unerklärt — und die Erklärung „neues Teilchen“ verliert an Rückhalt

Zwei ungewöhnliche Radiopulse, die vor Jahren von einem ballongetragenen Antarktis-Experiment aufgezeichnet wurden, haben noch immer keine anerkannte Erklärung; eine eigens angesetzte Suche mit Pierre Auger fand keine Spur der Schauer, die sie implizieren würden, was die exotische Lesart „neues Teilchen“ weit unwahrscheinlicher macht, die Anomalie aber ungelöst lässt.

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)



Die 48 Antennen von ANITA zeigen von einer 25 Fuß hohen Gondel hinab auf das antarktische Eis.

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

Der Ballon, das Eis und zwei Pulse von unten

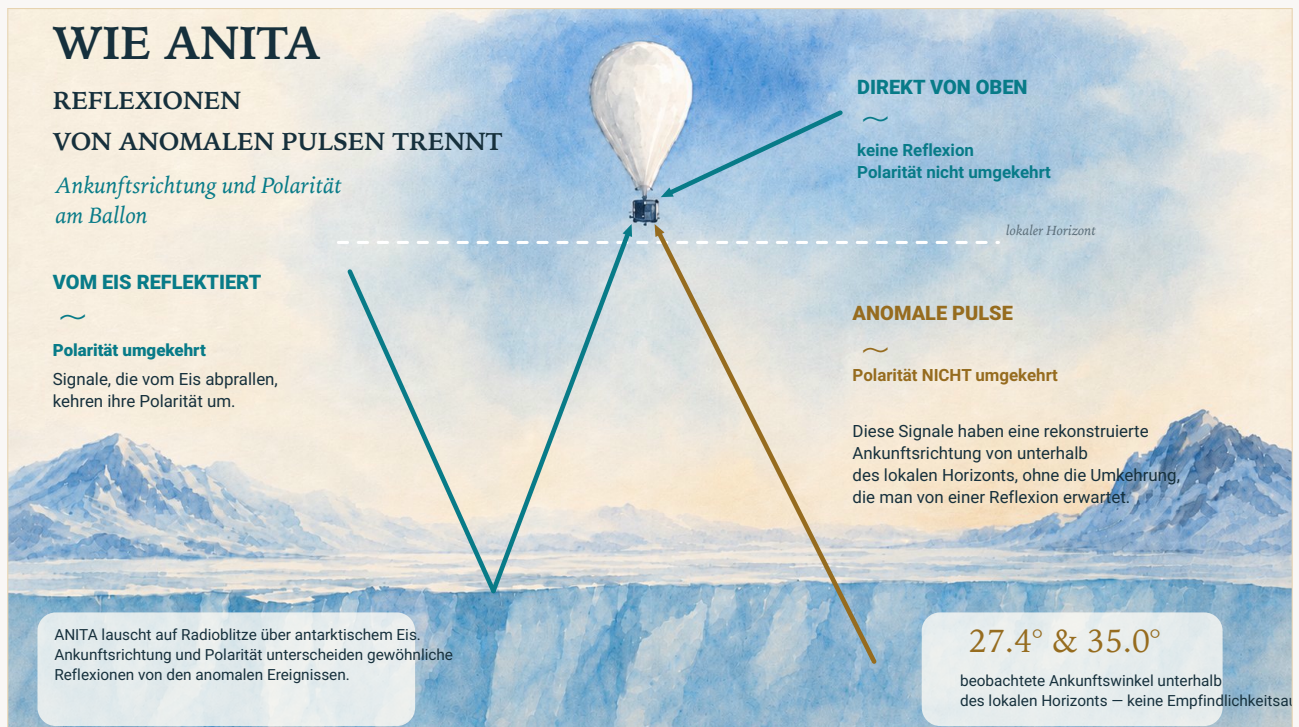
Den größten Teil ihres Arbeitslebens hängt die Antarctic Impulsive Transient Antenna — ANITA — unter einem NASA-Ballon, gut dreißig Kilometer hoch, treibt wochenlang über den leersten Ort der Erde und lauscht.

Wonach sie lauscht, sind Radiosignale aus dem All. Wenn ein sehr energiereiches Teilchen — ein Teilchen der kosmischen Strahlung oder ein Neutrino — auf die Luft oder das Eis trifft, zerbricht es in einen Schauer kleinerer Teilchen, und dieser Schauer sendet einen kurzen Radioblitz aus. Die Antarktis ist zum Einfangen solcher Blitze nahezu ideal: Kilometer sauberen, kalten Eises, das Radiowellen fast wie Glas durchqueren, und hunderte Kilometer weit nichts, was das Signal stören könnte. ANITAs Aufgabe ist es, diese Blitze aufzufangen und aus ihrer Form und ihrem Timing abzulesen, was sie erzeugt hat.

Das meiste, was sie hört, benimmt sich anständig. Manche Blitze treffen direkt von oben ein. Viel mehr streifen das Eis und springen zur Antenne hinauf zurück — und diese tragen ein verräterisches

Merkmal: Der Absprung stellt die Welle auf den Kopf (eine Umkehrung der *Polarität* des Signals), eine Signatur, die Physiker auf einen Blick lesen können. So unterscheidet man eine Reflexion vom Original.

Zweimal kam etwas an, das aus dem Muster fiel.



Am Ballon trifft ein Puls direkt von oben ungespiegelt ein, während ein reflektierter Puls mit umgekehrter Polarität ankommt — das übliche Zeichen eines Absprungs vom Eis. Die beiden anomalen Pulse treffen stattdessen aus einer *rekonstruierten* Richtung steil unterhalb des lokalen Horizonts ein — jedoch ohne eine solche Umkehrung, wo eine Reflexion sie umgekehrt hätte. „Von unten“ beschreibt diese Ankunftsrichtung — nicht ein Teilchen, das aus der Erde emporsteigt.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Auf einem Flug 2006 und einem weiteren 2014 fing ANITA einen Puls von steil *unterhalb* des Horizonts auf — 27.4° beziehungsweise 35.0° darunter — als wäre er aus dem Kontinent heraufgekommen, und zwar *ohne* Umkehrung. Also keine Reflexion. Etwas, das tatsächlich nach oben unterwegs war, aus dem Eis heraus, dem Ballon entgegen.

Hier ist der Grund, warum das an einen Skandal grenzt. Um die Antenne in einem so steilen Aufwärtswinkel zu erreichen, musste das, was den Puls erzeugte, durch den Körper des Planeten heraufkommen — sechs- oder siebentausend Kilometer massiven Gesteins. Fast nichts kann das. Das eine bekannte Teilchen, das gewöhnliche Materie durchquert, als wäre sie kaum vorhanden, ist das Neutrino, das durch die ganze Erde schlüpft, ohne es zu merken — der naheliegende Gedanke ist also, dass ein Neutrino durch das Gestein heraufreiste, knapp unter dem Eis ein Atom traf und einen aufwärts rasenden Teilchenschauer erzeugte, dessen Radioblitz ANITA auffing. Der Haken ist eine Pointe: Ein Neutrino, das energiereich genug ist, um *dieses* Signal zu erzeugen, ist in Wahrheit zu leicht aufzuhalten. Auf dem Weg durch so viel Gestein müsste es um ein Vielfaches absorbiert werden. Und ein Neutrinostrom, der stark genug wäre, dass zwei dennoch durchkamen, hätte in

den riesigen Detektoren auftauchen müssen, die genau dafür gebaut wurden. Keine der sauberen Erklärungen ging ganz auf.

So saßen die beiden Pulse da und weigerten sich, sich zu benehmen. Keine Entdeckung — zwei Ereignisse sind nie eine Entdeckung — aber auch nicht nichts. Eine echte Anomalie: von der Art, die gerade deshalb interessant ist, weil noch niemand sagen konnte, ob sie ein Riss im Standardmodell der Physik war oder bloß eine Eigenheit des Eises, der Antenne oder der Rechnung.

An diesem Punkt greift eine bestimmte Sorte Berichterstattung zum Wort *mysteriös*, dimmt das Licht und fragt, was wohl unter der Antarktis leben mag. Widerstehen Sie. Die eigentliche Frage war nie *welches Monster im Eis steckt*. Es war die geduldige, unglamouröse, die die Wissenschaft tatsächlich voranbringt: **Wie würde man es herausfinden?**

Was die Autoren getan haben

Es gibt einen sauberen Weg, die aufregenden Erklärungen zu prüfen. Wenn die ANITA-Pulse aus einem realen, wiederkehrenden Fluss aufwärtsgerichteter Schauer stammen — ob von gewöhnlichen Tau-Neutrinos oder von einem vorgeschlagenen neuen Teilchen — dann sollte ein hinreichend großer Detektor, der genau nach solchen Ereignissen Ausschau hält, einen Teil davon einfangen.

Das Pierre-Auger-Observatorium in Argentinien — der größte je gebaute Detektor für kosmische Strahlung — ist gut aufgestellt, um nachzusehen. Mit dessen Fluoreszenzdetektor suchte die Kollaboration in Daten von 2004 bis 2018 nach aufwärtsgerichteten Luftschauern (von unten eintreffend, mit Zenitwinkeln über 110° und Energien über 0.1 EeV). Entscheidend: Die gesamte Auswahl wurde festgelegt, *bevor* der vollständige Datensatz untersucht wurde — eine „blinde“ Analyse, damit die Antwort nicht in Richtung eines erhofften Ergebnisses zurechtgebogen werden konnte.

Was sie gefunden haben

Nach der Entblindung blieb **ein** Kandidatenereignis übrig — voll verträglich mit den 0.27 ± 0.12 Ereignissen, die man davon erwartet, dass gewöhnliche kosmische Strahlung gelegentlich fälschlich als aufwärtsgerichtet rekonstruiert wird. Mit anderen Worten: kein echtes aufwärtsgerichtetes Signal, nur das erwartbare Rinnsal an Untergrund.

Die Wucht des Ergebnisses liegt im Vergleich. Kämen die ANITA-Pulse aus einem stetigen Fluss aufwärtsgerichteter Schauer, hätte Auger **viele** registrieren müssen — grob 34 bis 69 solcher Ereignisse für ein plausibles Energiespektrum und mindestens etwa 8 selbst unter bewusst konservativen Annahmen. Gefunden hat es eines, verträglich mit dem Untergrund. Die Autoren beschreiben das als „starken Widerspruch“ zur Deutung mit aufwärtsgerichteten Schauern.

Was das wahrscheinlich bedeutet

Eine Nichtdetektion dieser Größe ist aufschlussreich. Stammten die ANITA-Ereignisse aus einer realen Population von Teilchen, die aus diesen Richtungen eintreffen — gewöhnliche Tau-Neutrinos oder die hypothetischen neuen Teilchen, die zu ihrer Erklärung vorgeschlagen wurden — dann hätte Augers lange Messzeit eine beträchtliche Zahl einfangen müssen. Das tat sie nicht. Damit ist die Erklärung „diffuser Fluss aufwärtsgerichteter Schauer“ — die Kategorie, in die die meisten Ideen jenseits des Standardmodells fallen — praktisch ausgeschlossen, von konstruierten Sonderbedingungen abgesehen.

Was übrig bleibt, sind Erklärungen, die *kein* Fluss schauernder Teilchen sind: am meisten diskutiert eine Reflexion oder ein Ausbreitungseffekt, der dem Eis und der horizontnahen Geometrie eigen ist, oder ein Artefakt des Instruments oder der Analyse. Keine davon ist bestätigt. Die ehrliche Zusammenfassung lautet also: Die aufregendste Deutung hat gerade einen schweren Treffer kassiert, und die Ursache ist weiterhin unbekannt.

Was das *nicht* beweist

- Es identifiziert **nicht**, was die beiden Pulse sind. „Spricht stark gegen neue Physik“ ist nicht „gelöst“.
- Es bestätigt **keine** banale Ursache. Ein führender Kandidat — Reflexionen von unterhalb der antarktischen Oberfläche — bleibt eine Hypothese, kein Ergebnis.
- Es detektiert **nichts**, das in irgendeinem wörtlichen Sinn „von unter dem Eis“ käme. ANITAs Antennen hängen an einem Ballon *über* der Antarktis; „von unten“ beschreibt die rekonstruierte Ankunftsrichtung eines Radiopulses — nicht einen Klang, eine Stimme oder irgendetwas, das aus dem Inneren des Eises dringt.
- Es stützt **nicht** die Behauptung eines bestätigten neuen Teilchens. Die am häufigsten geteilte Version dieser Geschichte zeigt in die den Belegen entgegengesetzte Richtung.

Wie stark ist die Beweislage?

Bescheiden, und so wird es auch formuliert.

- Das Interesse jenseits des Standardmodells ruht auf im Wesentlichen **zwei** Ereignissen aus zwei ANITA-Flügen.
- Diese Arbeit ist ein **Nullresultat**: stark, wenn es darum geht, Möglichkeiten auszuschließen, aber sie kann nicht sagen, was die Ereignisse *sind*.
- Der Ausschluss ist quantitativ und stark (Dutzende erwartete Ereignisse, ein untergrundartiges gesehen) — aber er zielt auf die Deutung „Fluss aufwärtsgerichteter Schauer“, nicht auf jede denkbare Ursache.
- Eine führende banale Erklärung (Reflexion nahe der Oberfläche) ist plausibel, aber unbewiesen;

einige Alternativen (bestimmte Modelle mit Übergangsstrahlung) wurden durch andere Arbeiten unwahrscheinlich gemacht.

- Kein Experiment hat die ursprüngliche Anomalie unabhängig reproduziert.

Das ist eine scharfe Einschränkung, gelegt über ein kleines, hartnäckiges Rätsel — keine Entdeckung.

Warum es wichtig ist

Die vorgeschlagenen Erklärungen reichten bis hin zu exotischen neuen Teilchen. Statt der aufregendsten hinterherzujagen, tat das Feld das Unglamouröse: Es prüfte die Idee an einem unabhängigen, weit größeren Detektor — und die Daten sagten Nein. Ein größeres, empfindlicheres Nachfolgeinstrument, PUEO, wird gebaut, um erneut nachzusehen.

Die Anomalie mag sich am Ende als banal erweisen. Das würde sie nicht zu einem Fehlschlag machen. Eine unerklärte Messung so lange einzuengen, bis sie sich entweder auflöst oder eine echte Entdeckung erzwingt, *ist* die Arbeit — und sie ist gerade deshalb sehenswert, weil die ehrliche Antwort vorerst immer noch „wir wissen es nicht“ lautet.

Klare Zusammenfassung

Zwei Radiopulse aus ANITAs antarktischen Ballonflügen von 2006 und 2014 scheinen aus steilen Winkeln unterhalb des Horizonts zu kommen, die das Standardmodell nur schwer erklären kann. Eine eigens angesetzte Suche von 2025 mit dem Pierre-Auger-Observatorium fand nur ein Kandidatenereignis, verträglich mit dem Untergrund, wo Dutzende zu erwarten gewesen wären, wenn die Pulse aus einem Fluss aufwärtsgerichteter Schauer stammten. Das spricht stark gegen die exotische Deutung „neues Teilchen“ und deutet auf einen Reflexions-, Ausbreitungs- oder Instrumenteneffekt, der spezifisch für ANITA ist — doch die Ursache ist nach wie vor wirklich unbekannt. Kein bestätigtes neues Teilchen und kein mysteriöses Signal aus dem Inneren des Eises.

Klartext-Check

Was die Arbeit zeigt: Eine blinde Suche mit Pierre Auger (2004–2018) nach aufwärtsgerichteten Luftschauern fand einen Kandidaten, verträglich mit dem erwarteten Untergrund von 0.27 Ereignissen aus kosmischer Strahlung. Kämen die ANITA-Anomalien aus einem Fluss solcher Schauer, hätte Auger ungefähr 34–69 sehen müssen (oder mindestens ~8 unter konservativen Annahmen). Das spricht stark gegen die Deutung mit aufwärtsgerichteten Schauern, einschließlich der „Neues Teilchen“-Szenarien jenseits des Standardmodells.

Was plausibel, aber nicht bewiesen ist: Eine Reflexion oder ein Radio-Ausbreitungseffekt nahe Eis

und Horizont, oder ein Artefakt von Instrument oder Analyse, das spezifisch für ANITA ist.

Was sie nicht zeigt: Dass die Ereignisse von einem neuen Teilchen verursacht werden; dass sie Signale von unter dem Eis sind; dass irgendetwas Paranormales, Künstliches oder Hörbares im Spiel ist; dass die Ursache nun bekannt wäre.

Wesentliche Einschränkungen: Das Interesse jenseits des Standardmodells ruht auf ~zwei Ereignissen; dies ist ein Nullresultat, das eingrenzt, aber nicht identifizieren kann; der Ausschluss zielt spezifisch auf die Deutung „Schauerfluss“; keine unabhängige Reproduktion der ursprünglichen Anomalie.

Wie viel Vertrauen sollte eine allgemeine Leserschaft haben? Hohes Vertrauen darauf, dass dies *kein* bestätigtes neues Teilchen und *kein* Signal aus dem Inneren des Eises ist und dass die Deutung eines exotischen Flusses jetzt stark entkräftet ist. Geringes Vertrauen, was die wahre Ursache betrifft — die bleibt offen. Angemessene Haltung: Neugier auf eine ungelöste Anomalie, die höchstwahrscheinlich banal ist.

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>