



IceCube Masterclass 2025

HESE-Punktquellensuche

(als Beispiel wissenschaftlicher Methodik)

Anke Mosbrugger/Carolin Klein
Nürnberg, 02.10.2025

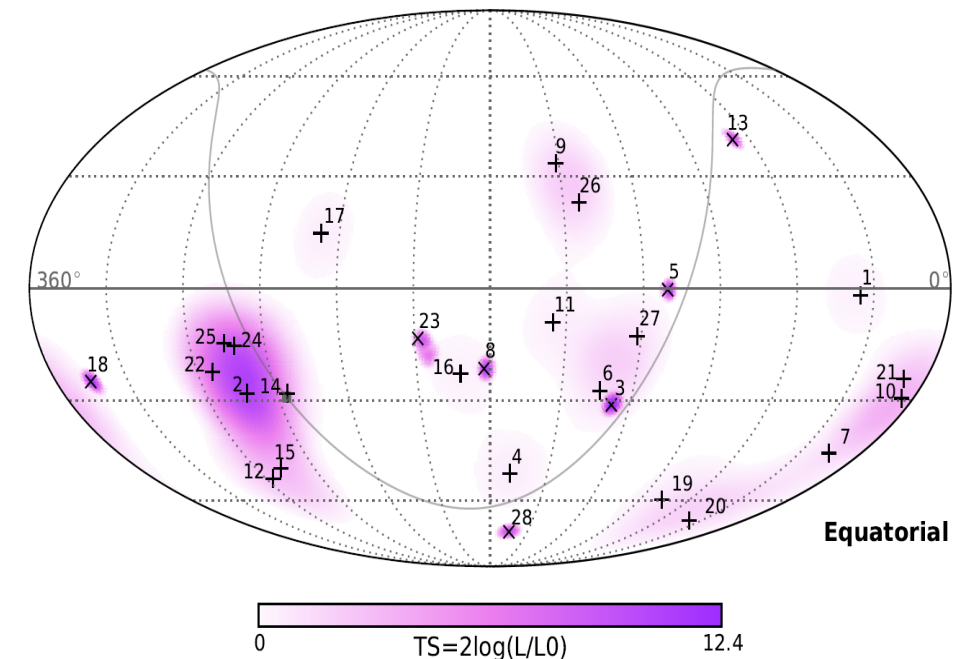
Neutrino Punktquellen

Bisher:

Nur allgemeiner kosmischer Neutrinofluss entdeckt

→ Aus welchen astrophysikalischen Objekten kommen Neutrinos?

→ Punktquellen suche!



Neutrino Punktquellen

Bisher:

Nur allgemeiner kosmischer Neutrinofluss entdeckt

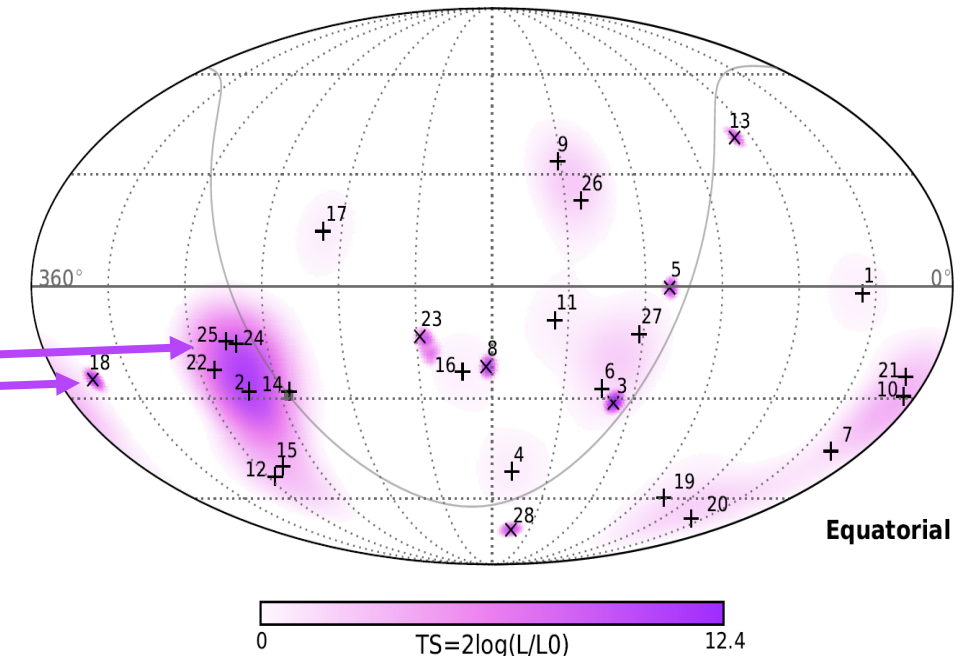
→ Aus welchen astrophysikalischen Objekten kommen Neutrinos?

→ Punktquellen suche!

Mehrere Kandidaten:

Optische Häufungen von Neutrinos

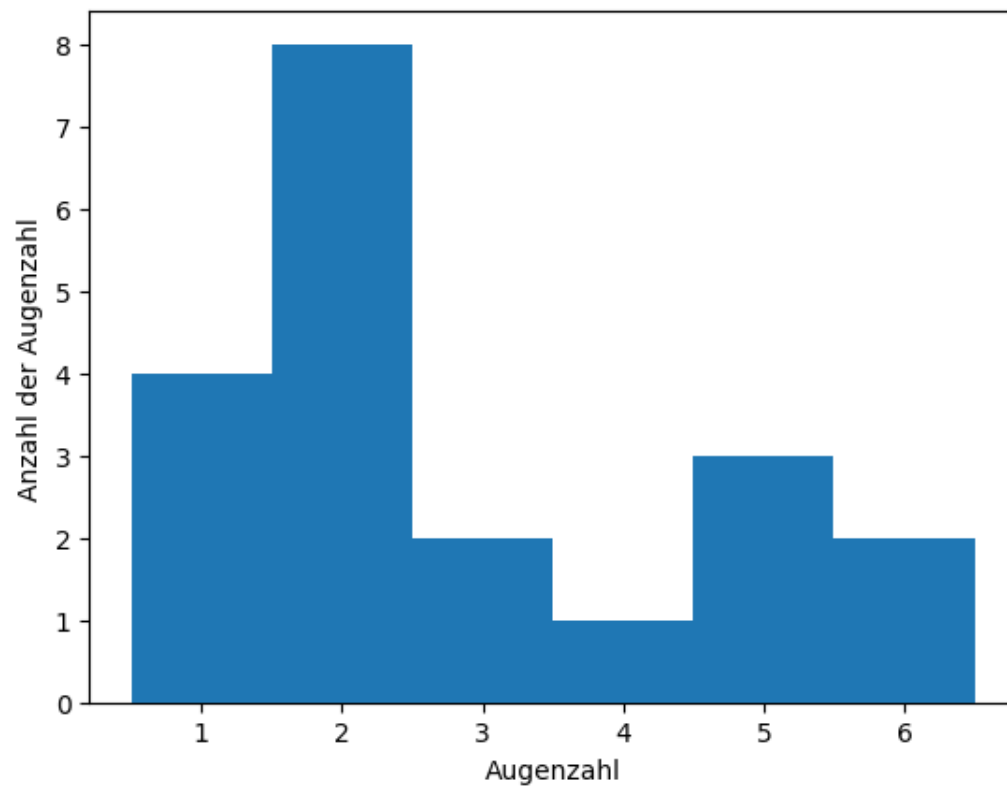
→ Reicht das für eine Entdeckung?



Fehlerrechnung

Beispiel: Würfel

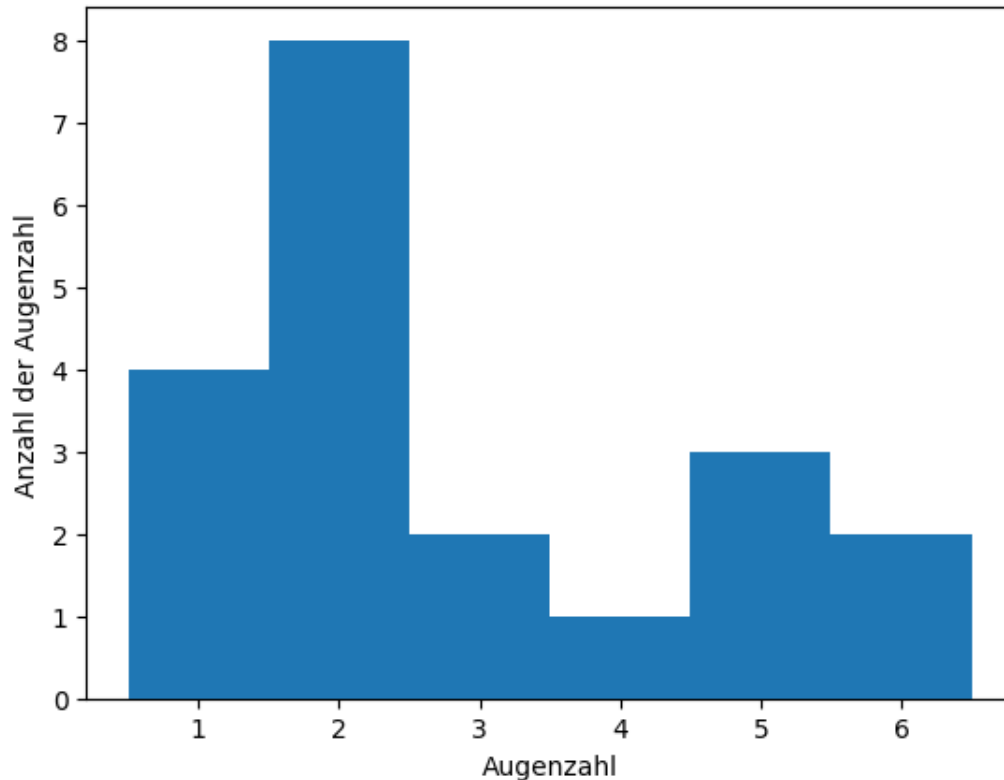
Zufall oder gezinkter Würfel?



Fehlerrechnung

Beispiel: Würfel

Zufall oder gezinkter Würfel?



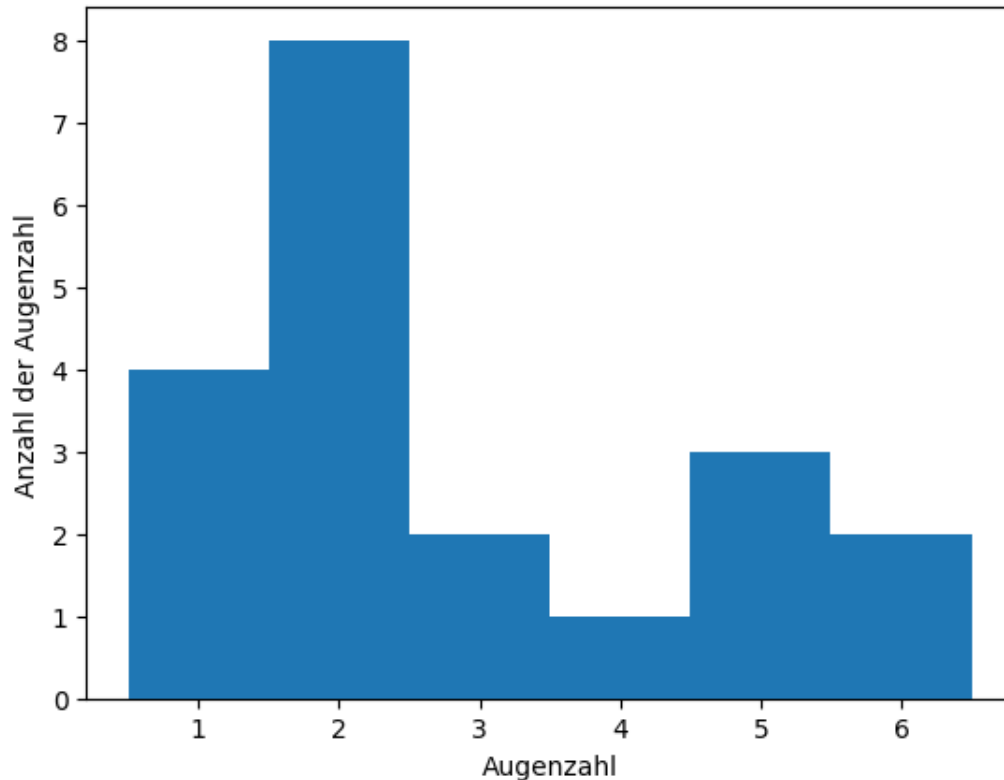
Problem: Wenige Datenpunkte!

→ Wie unterscheidet man zwischen zufälligen (statistischen) Schwankungen und tatsächlichen Abweichungen?

Fehlerrechnung

Beispiel: Würfel

Zufall oder gezinkter Würfel?



Problem: Wenige Datenpunkte!

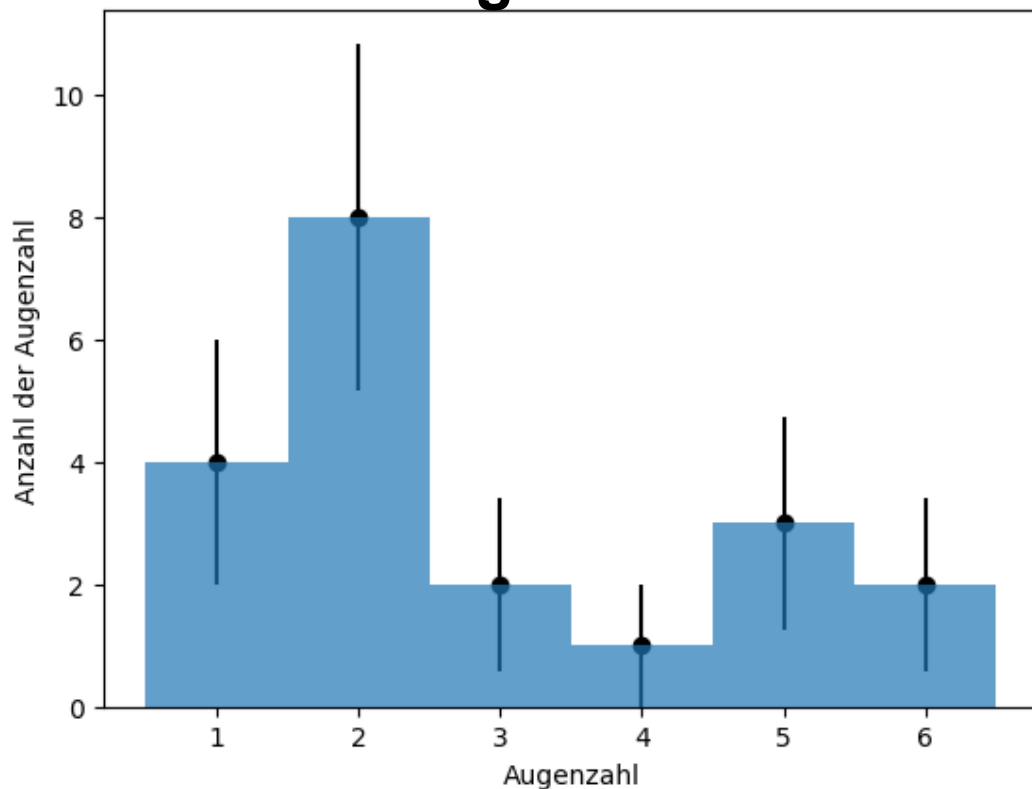
→ Wie unterscheidet man zwischen zufälligen (statistischen) Schwankungen und tatsächlichen Abweichungen?

Lösung: Fehlerrechnung & Hypothesentests

Poisson Fehler

Beispiel: Würfel

Zufall oder gezinkter Würfel?



Aus der Statistik:

Unsicherheit bei Zählexperimenten gegeben durch $\sqrt{\text{Anzahl der Ereignisse}}$

Beispiel:

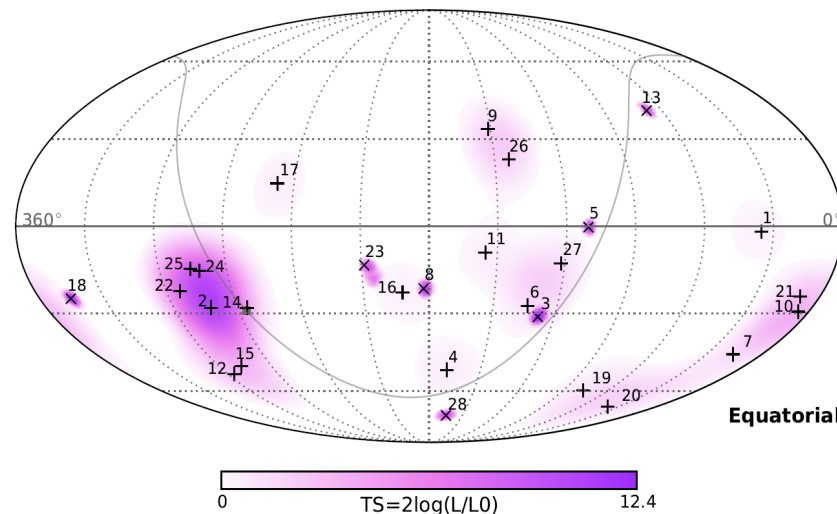
Augenzahl 2, 8x gewürfelt

→ Unsicherheit: $\sqrt{8} = 2,8$

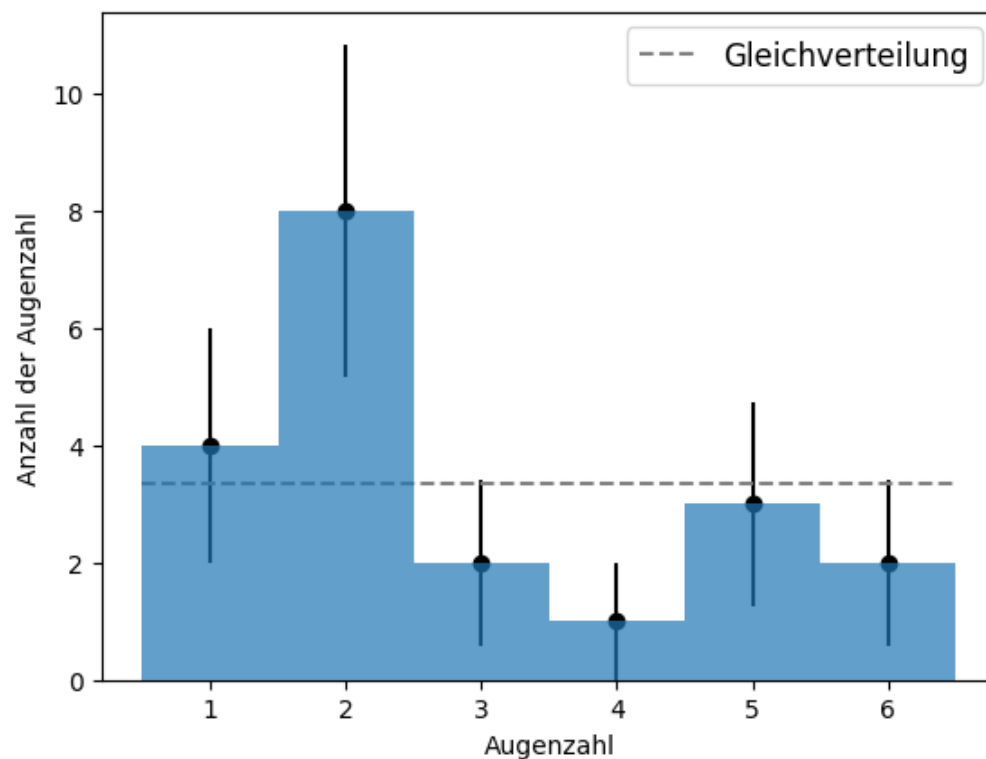
Unsere Null-Hypothese

Wissenschaft kann keine absolut wahren Aussagen („*Eis ist kalt*“) machen. Wir können lediglich das Gegenteil mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit ausschließen („*in 203 Beobachtungen war Eis nie heiß*“).

- Diese Wahrscheinlichkeit hängt von den berechneten Unsicherheiten ab!
- Entdeckung erst bei Abweichungen von mehr als 5 “Fehlerbalken” von der Null-Hypothese



Unsere Null-Hypothese

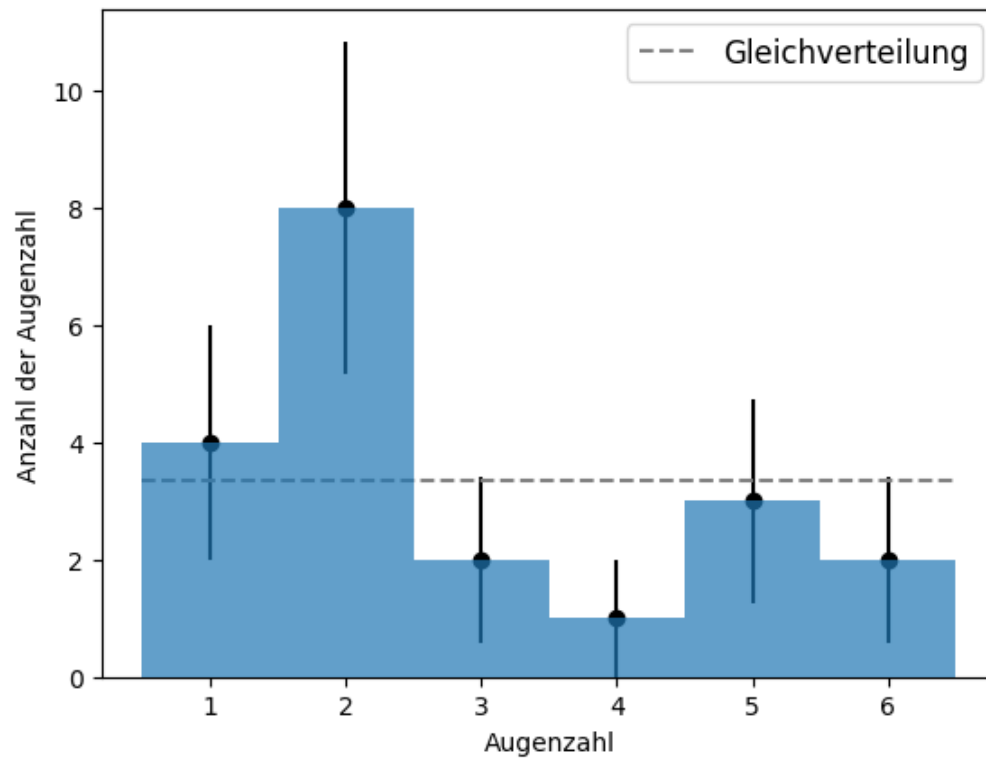


Nullhypothese: „Der Würfel ist nicht gezinkt“

→ **Erwartung:** Alle Augenzahlen gleich häufig

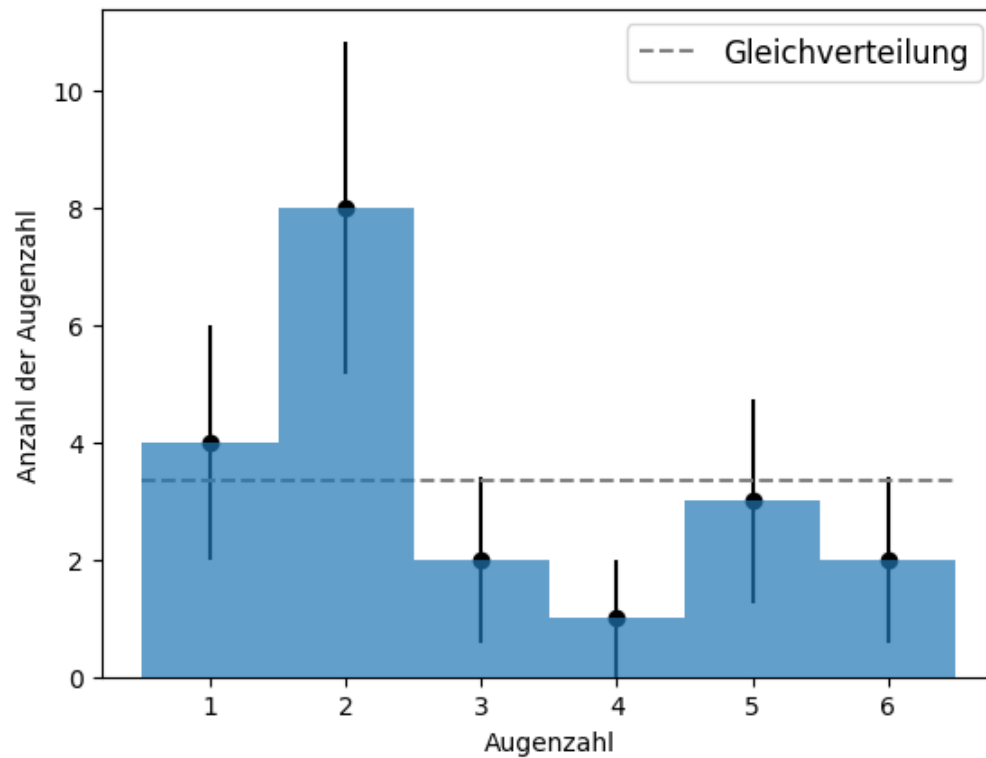
Beobachtung: Maximale Abweichung von Nullhypothese 1,5 Fehlerbalken

Unsere Null-Hypothese



Nullhypothese „der Würfel ist nicht gezinkt“
kann noch nicht ausgeschlossen werden
→ Mehr Messungen notwendig

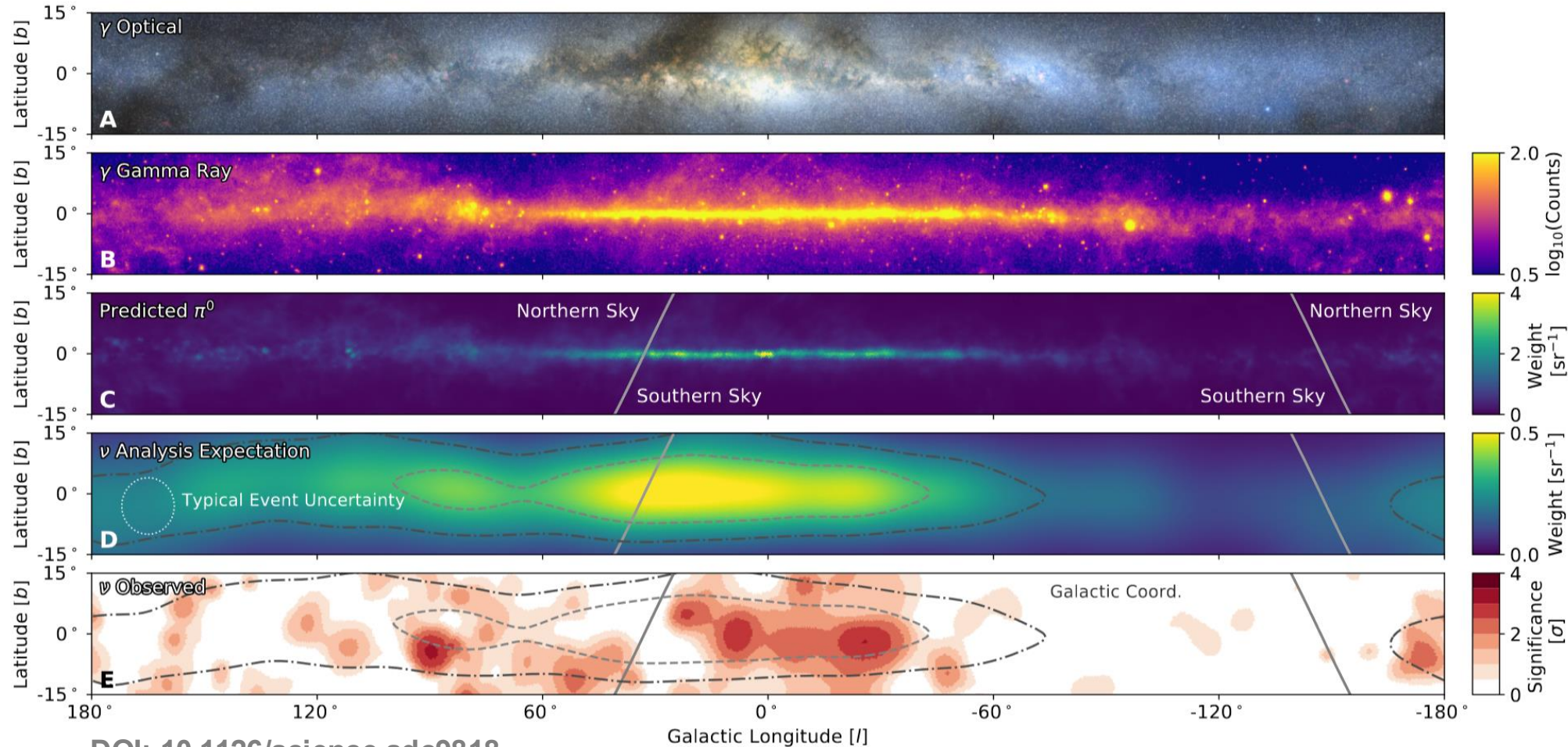
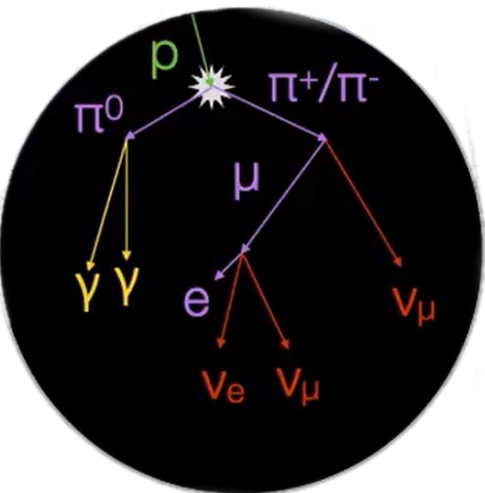
Unsere Null-Hypothese



Nullhypothese „der Würfel ist nicht gezinkt“
kann noch nicht ausgeschlossen werden
→ Mehr Messungen notwendig

Gleicher Fall für die meisten
Punktquellensuchen mit Neutrinos!

Unsere Milchstraße (2023)



DOI: 10.1126/science.adc9818

Neutrino Punktquellen

- Mehr Datenpunkte für die Entdeckung vieler Punktquellen notwendig
 - Zusätzliche neue Neutrino-Teleskope bieten neue Möglichkeiten
- Es gibt noch viel zu entdecken im Universum!

