

Messung der Positron- und Elektronflüsse in der kosmischen Strahlung mit AMS01

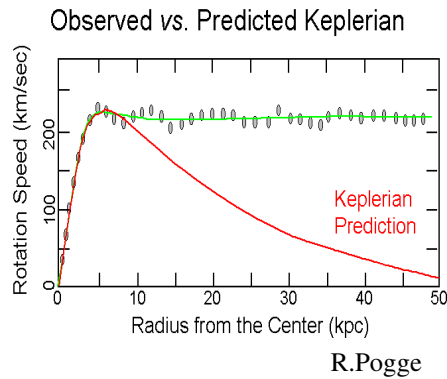
Henning Gast

I. Physikalisches Institut B

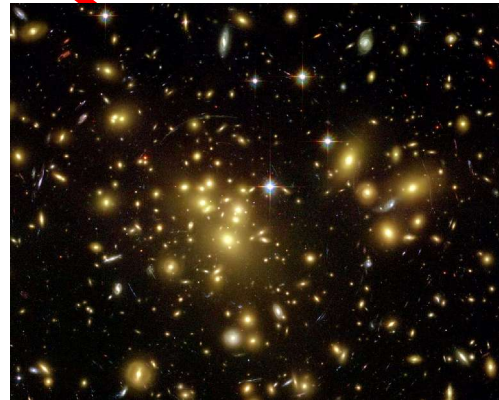
Übersicht

- Dunkle Materie im Universum
- Das AMS01-Experiment
- Zusammenfassung der Analyse
- Vorläufige positron fraction
- Flussmessung

Motivation: Evidenz für dunkle Materie



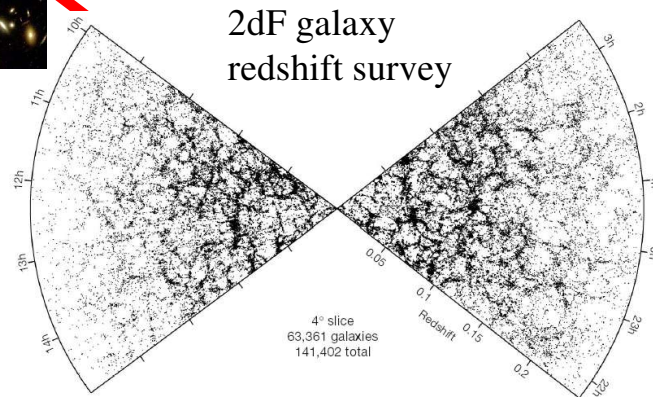
Rotationskurve einer
Spiralgalaxie



Abell 1689, HST

Galaxien-Cluster:

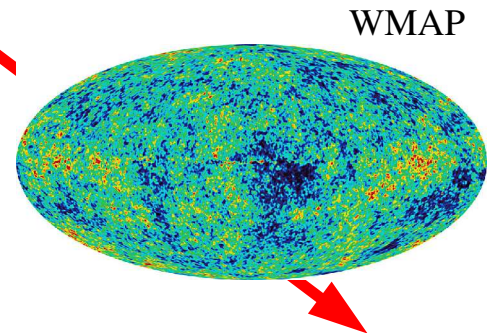
- Eigengeschwindigkeiten
- Röntgenemissionen des heißen Gases
- Schwacher Gravitationslinseneffekt



Großräumige
Struktur des
Universums

auf allen Längenskalen

Anisotropie der kosmischen
Hintergrundstrahlung



Kandidat: SUSY-Neutralino

Neues Teilchen?

- stabil
- nur schwache WW mit "normaler" Materie

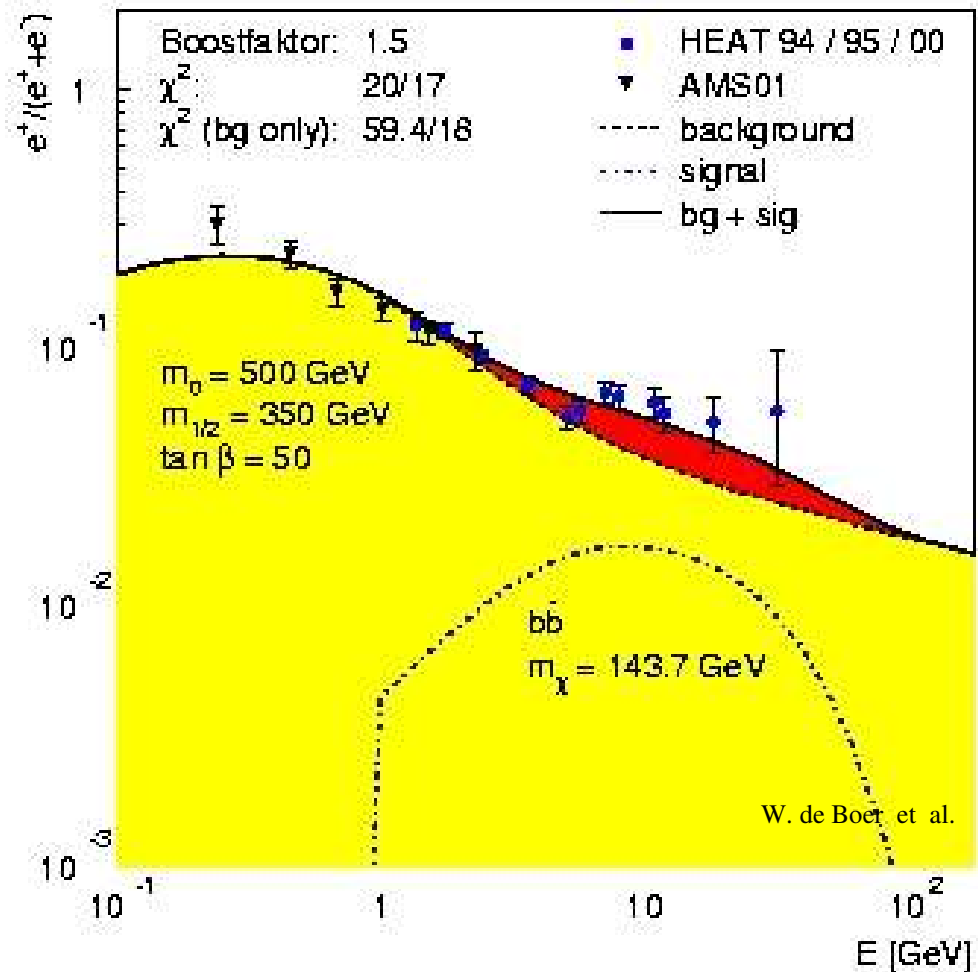
Eigenschaften des in bestimmten SUSY-Modellen vorhandenen
Neutralino

Szenario: SUSY mit Erhaltung der R-Parität (2 SUSY-Felder am Vertex)

⇒ LSP ist stabil und WW mit normaler Materie nur über elastische Streuung

Annihilation u.a.

$$\chi\chi \rightarrow l^+l^-, W^+W^-, qq, \dots$$



⇒ primäre Positronenquelle

⇒ Fluss sekundärer Positronen muss bekannt sein

Das AMS01 - Experiment

Teilchendetektor im Weltraum als Prototyp für das AMS-02 Experiment

Permanentmagnet

Zylindrischer Dipol, 0.14 T

2 Szintillator-Doppellagen (TOF)

β - und Flugrichtungsmessung, Z-Messung, Trigger

Spurdetektor (Si-Streifensensoren)

6 Lagen (doppelseitig), analoge Auslese

Tracking, dE/dx (f. $Z > 1$) (Aachen: Alignment)

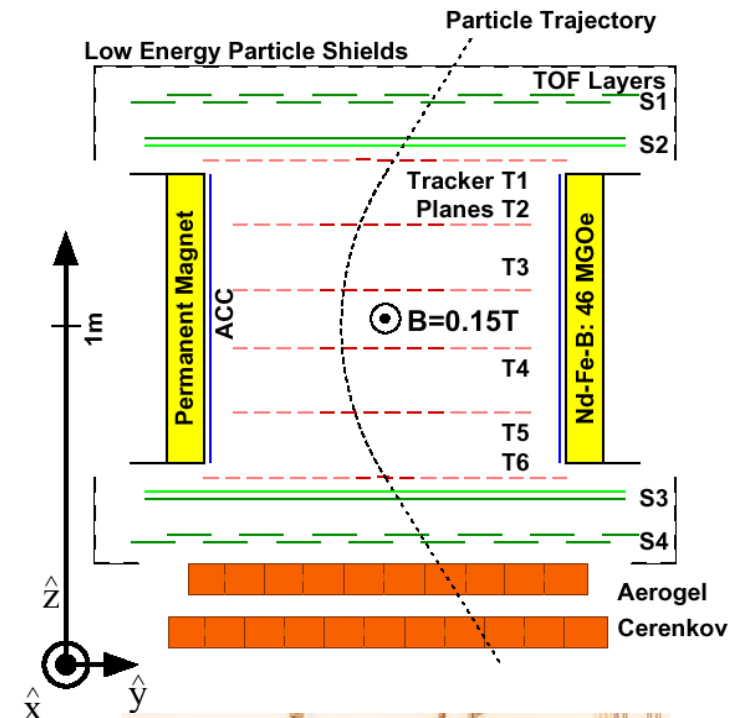
Anticounter-Szintillatoren (Aachen)

Veto gegen Spuren, die den Magneten queren

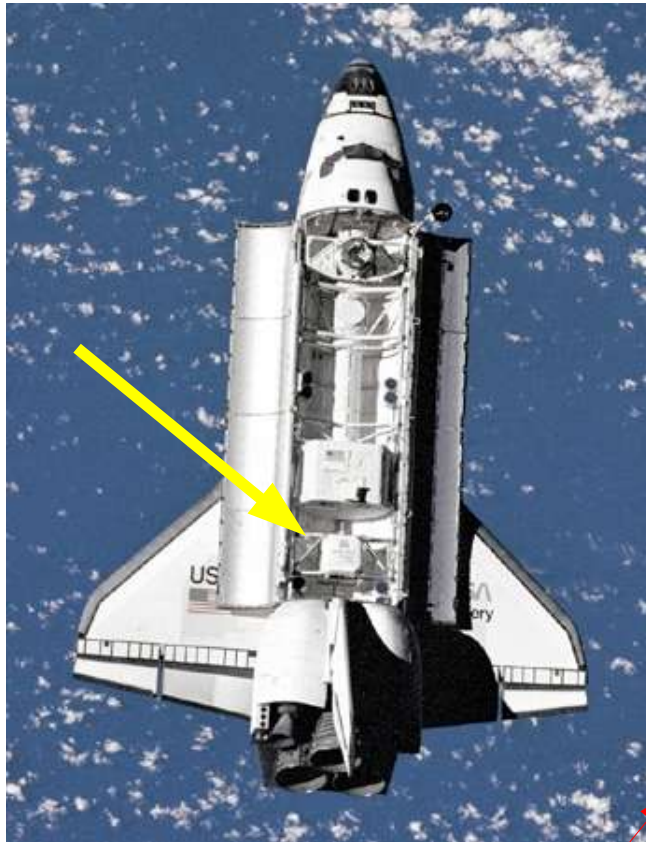
2 Lagen Aerogel-Čerenkov-Zähler

β -Messung, **e/P-Separation bis 3.5 GeV**

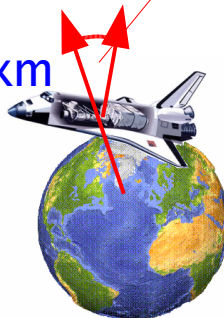
Unterscheidung Proton $\leftrightarrow$ Positron oberhalb von 3.5 GeV mit Einzelspuren nicht möglich!



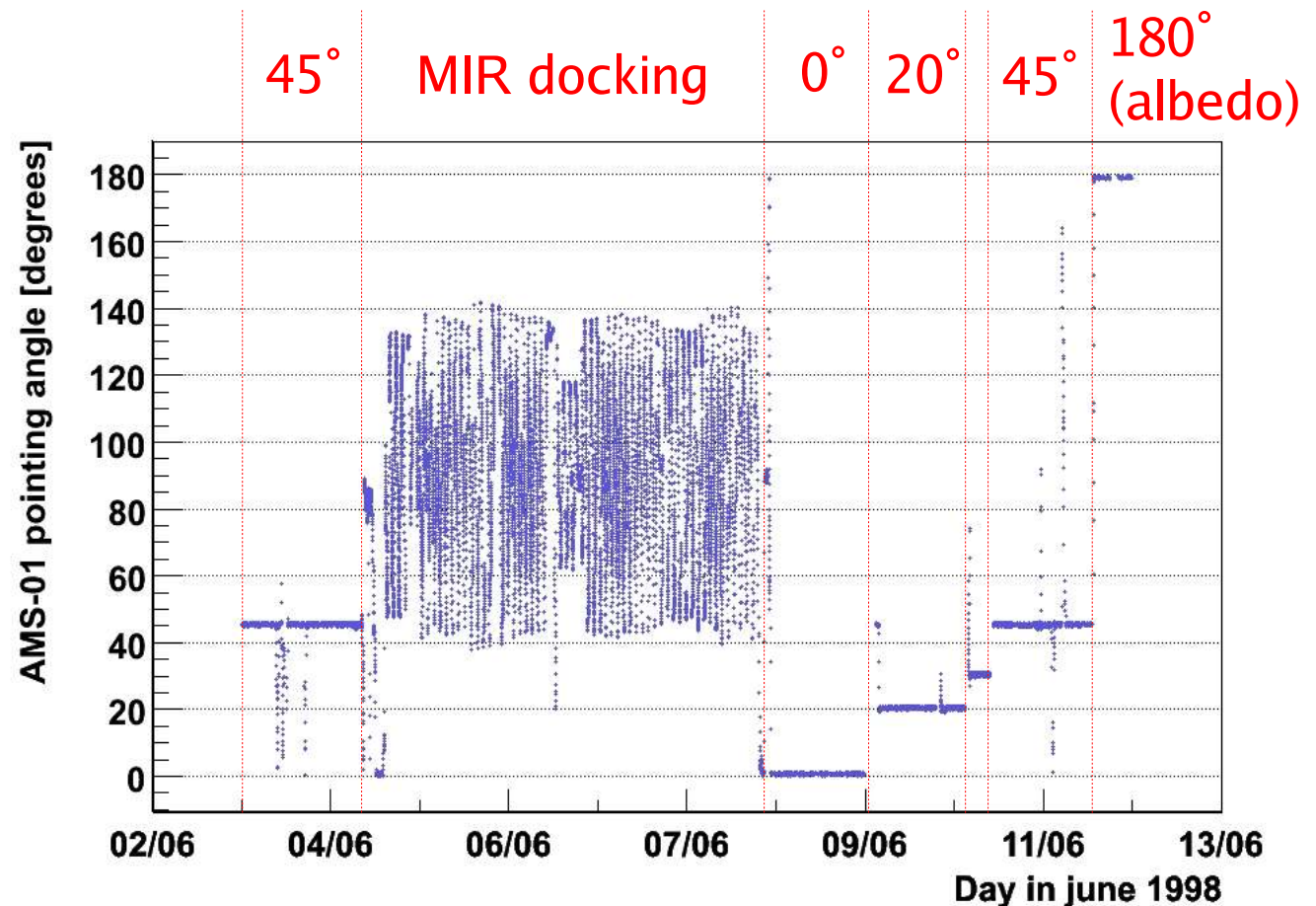
AMS01 auf der STS91-Mission



Dauer: 10 Tage
Flughöhe: 320-390 km



Datennahme-Perioden bei verschiedenen Zenit-Winkeln



Identifikation hochenergetischer e^+ und e^-

Ziel: Messung des Verhältnisses der e^+ - und e^- -Flüsse oberhalb der Čerenkov-Schwelle.

Problem: Verhältnis von p zu e^+ in der kosmischen Strahlung ist ca 10000:1

Lösungsansatz: Suche nach konvertierten Bremsstrahlungsphotonen.

$$\sigma_{\text{brems}} \sim 1 / m^2$$

Für Protonen stark unterdrückt (ca. $3 \cdot 10^6$)

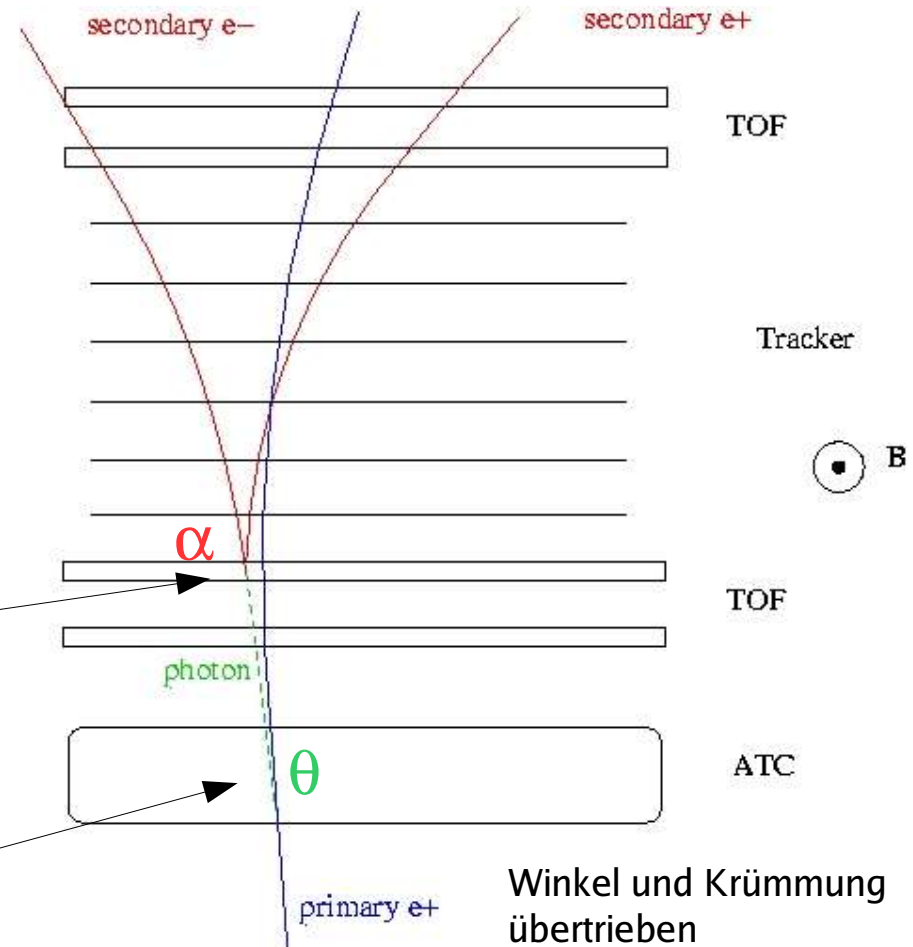
Invariante Masse des sekundären Elektron-Positron-Paares:

$$m_{\text{inv}}^2 \approx 4p_1 p_2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}$$

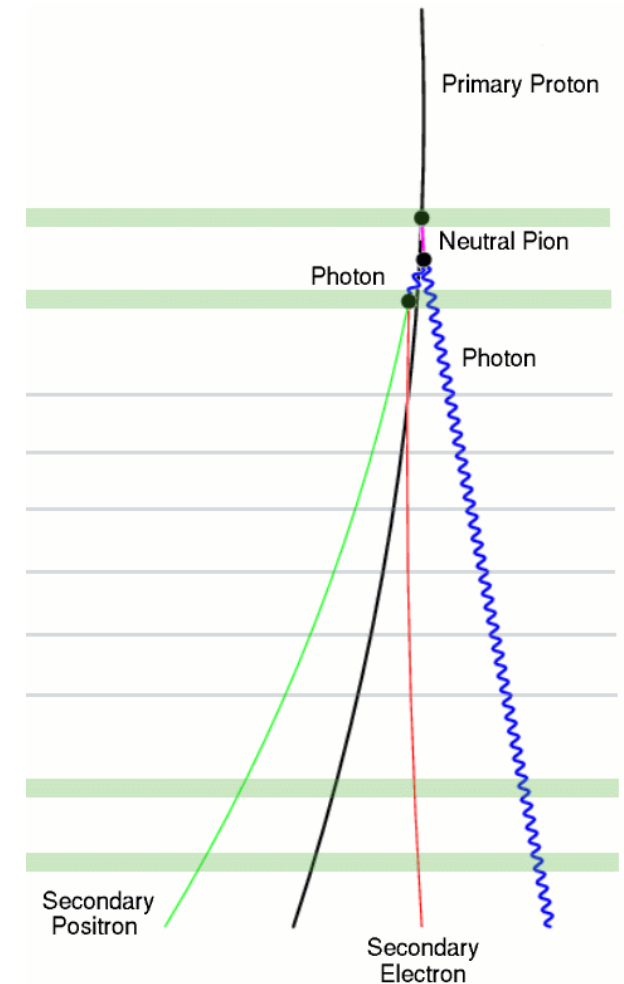
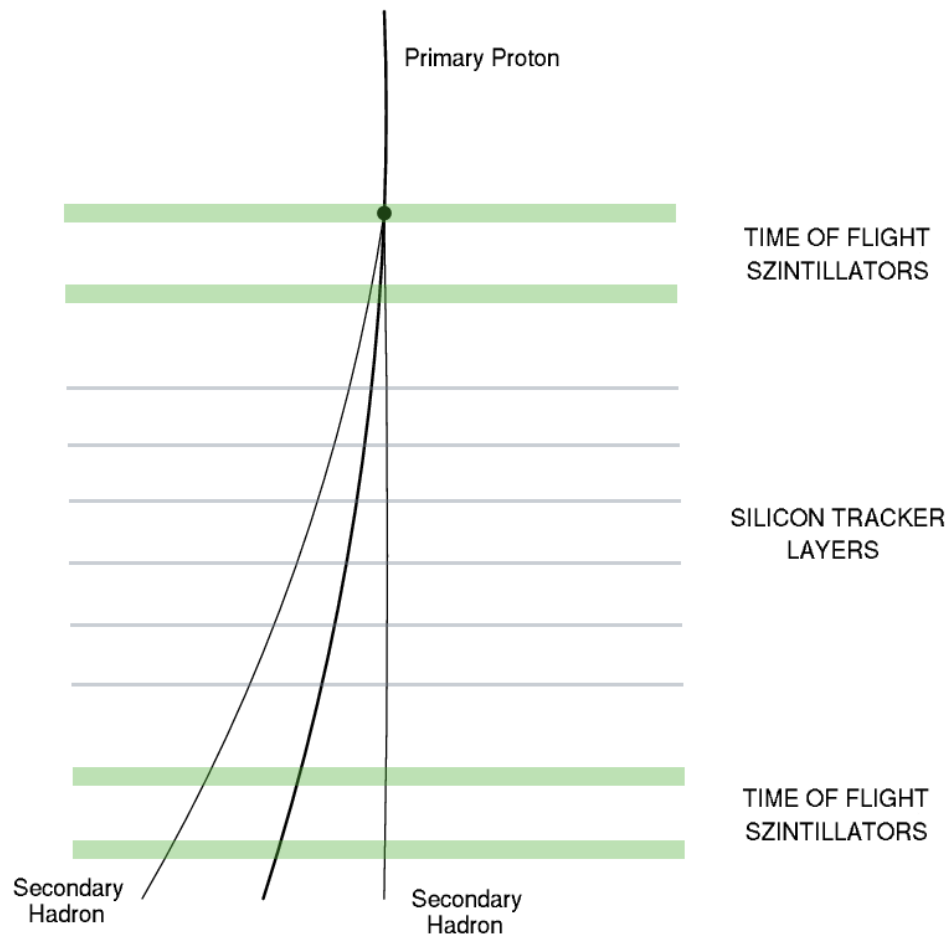
Mittlerer Winkel der Abstrahlung:

$$\theta_{\text{rms}} \propto \frac{\ln \gamma}{\gamma}$$

Gesuchte Signatur:



Dominanter Untergrund



Erzeugung geladener Pionen



+ e⁻ mit falsch rekonstruierter Ladung

Zerfall neutraler Pionen



Drei Spuren – *ohne externe Seeds*

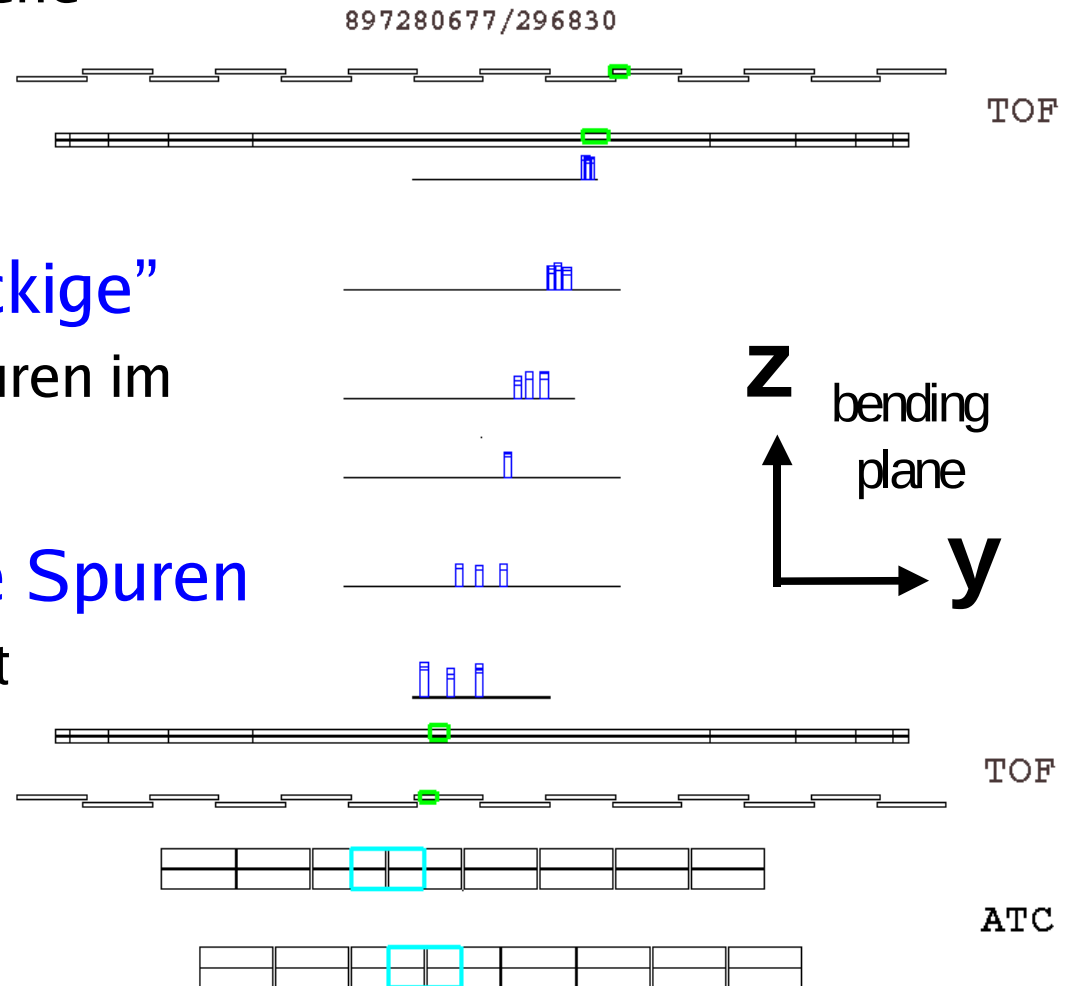
Clustering in der Krümmungsebene

Lagen mit genau 3 Clustern
zur Erzeugung von Spurseeds

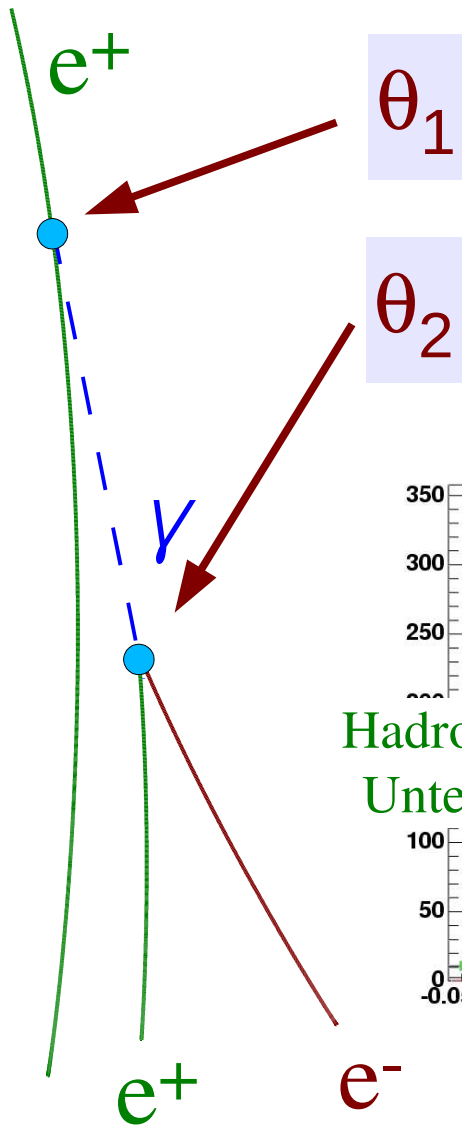
Seed-Cluster müssen „dreieckige“
Topologie besitzen, da die Spuren im
B-Feld auseinanderlaufen.

Übrige Cluster werden an die Spuren
gefittet, finde die Kombination mit
niedrigstem χ^2 Lage für Lage

*Neuer kombinatorischer
Algorithmus:* erhöhte Effizienz –
und Rechenzeit.

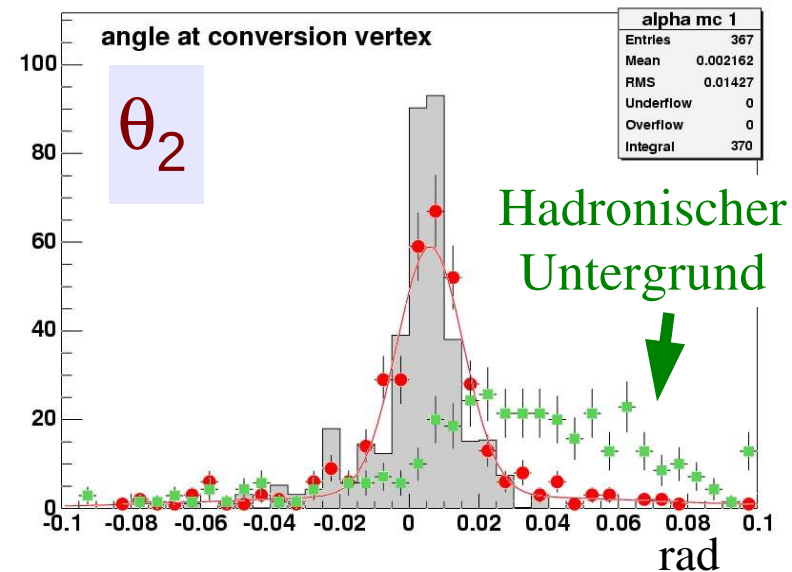
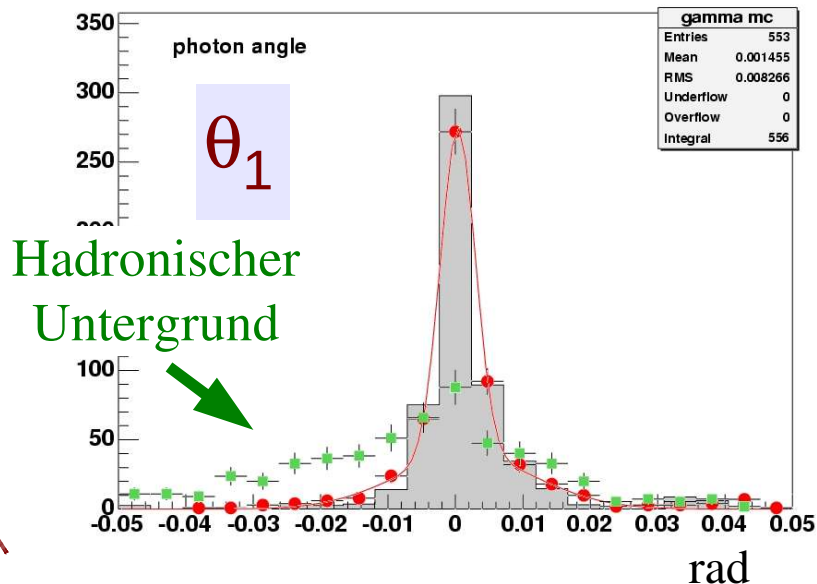


Ereignisrekonstruktion



θ_1 Winkel des rekonstruierten Photons mit dem Primärteilchen ($\theta_1 \approx 0$ für Bremsstrahlung)

θ_2 Winkel der Sekundärteilchen ($\theta_2 \approx 0$ für Gamma-Konversion)



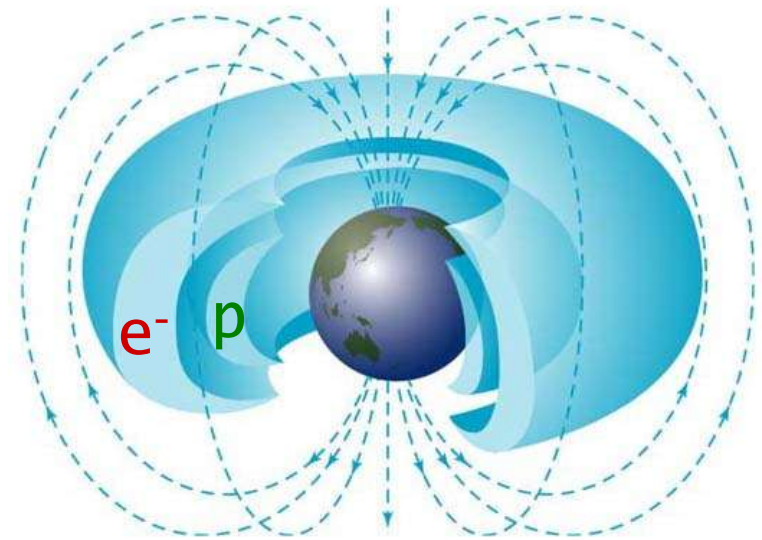
Statistisches Verfahren auf Basis von p-Values zur Kombination der Ereignisvariablen

Rigidity cutoff

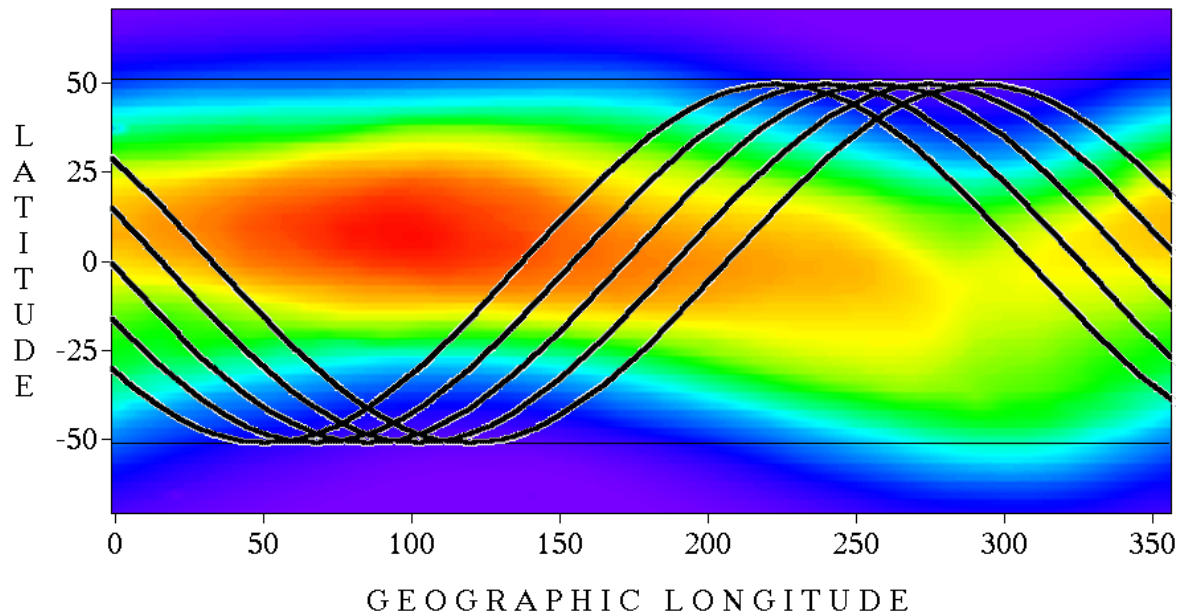
Rückverfolgung jedes einzelnen Kandidaten im Magnetfeld (“backtracing”)

Teilchen wird verworfen, wenn:

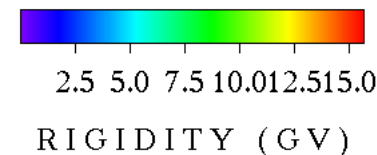
- es aus der Atmosphäre kommt
- es zu lange gefangen war



RIGIDITY CUTOFF AT 300 Km

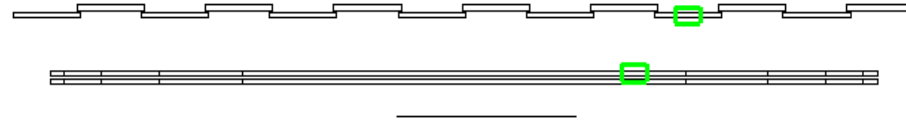


→ Orts- und richtungsabhängiger Mindestimpuls („rigidity cutoff”)

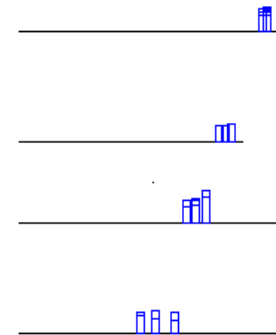


Positron-Kandidat ($p_{\text{ges}} = 9.4 \text{ GeV}$)

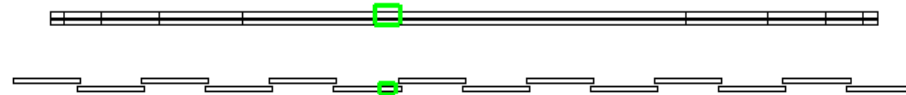
TOF

8.1 GeV prim. e^+

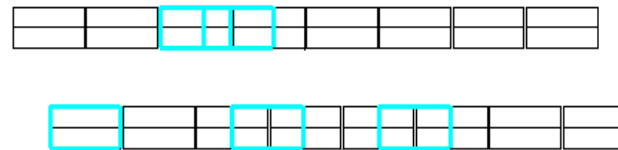
Tracker

0.9 GeV sek. e^+ 0.4 GeV sek. e^- 

TOF



ATC



z
x—y

- ☐ Tracker Hits
- ☐ Used Hits Only
- ☐ ToF Clusters
- ☐ ATC Clusters
- ☐ Anti Clusters
- ☐ Tracks
- ☐ Particles
- ☐ MC Info
- ☐ Geometry
- ☐ More Geometry
- ☒ IdleTimer

Run 896975869/ 86574

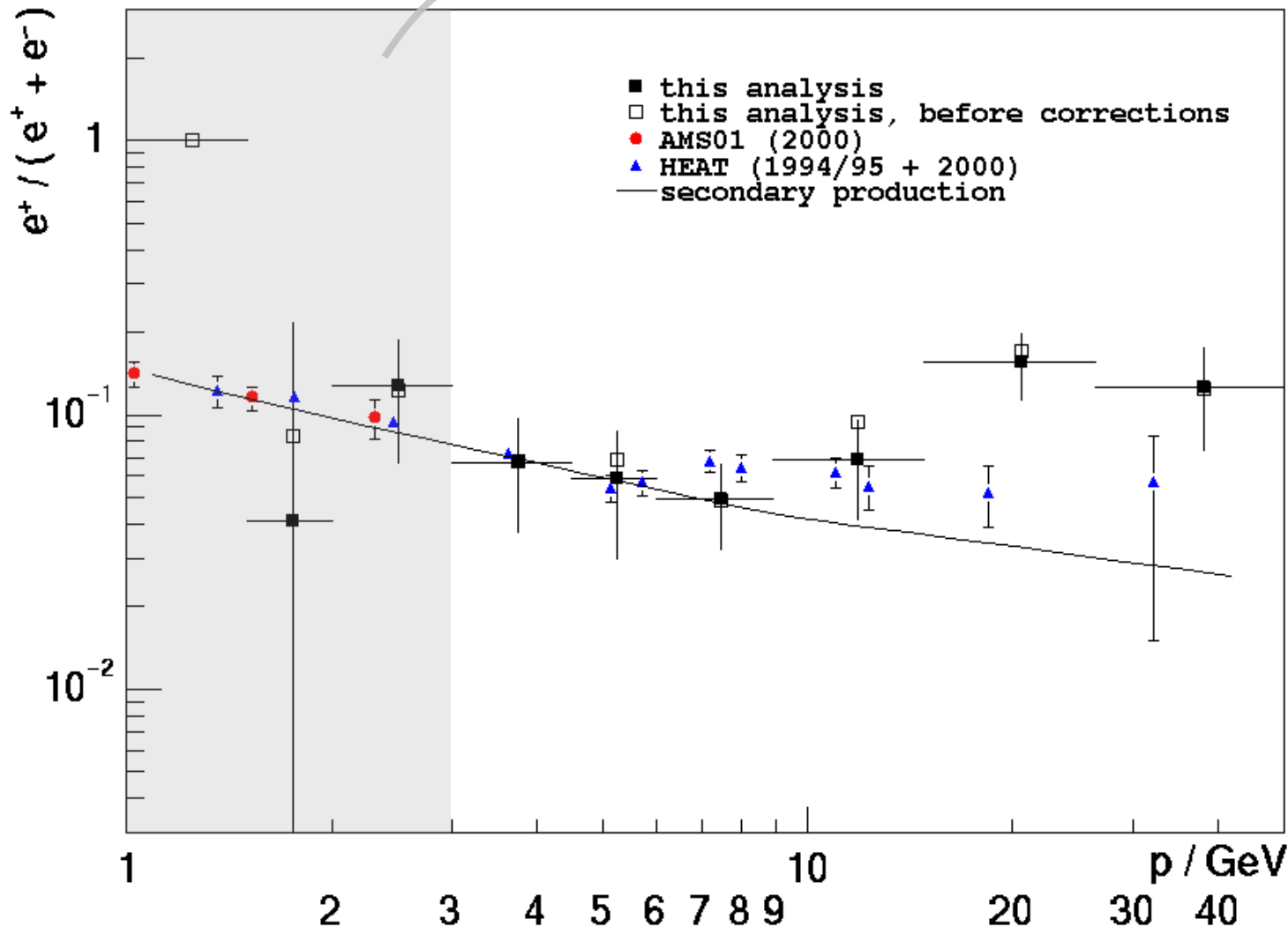
Thu Jun 4 18:05:33 1998

Particle: GID=2 $m=-2.6\pm0.78$, $p=8.1\pm1.3$, $pat=17$, $status=22020$, $\beta=1.05\pm0.027$, $\beta_{\text{pat}}=1$, $charge=1.0$

Vorläufige positron fraction

positron fraction

Mit Einzelspuren zugänglicher Energiebereich



Statistik:

> 10 GeV

ohne Korrektur
des irreduziblen
Untergrunds:

- 34 positrons
- HEAT 00:
35 positrons

Weitere 30%
erwartet durch
neue Spurfindung

Flussmessung und Spektren

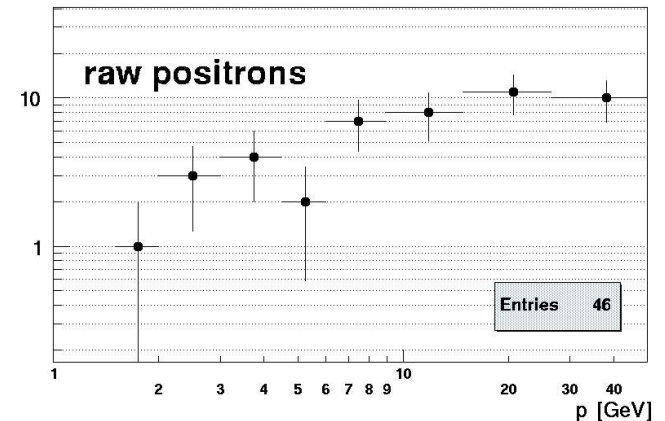
Detektorunabhängiger Teilchenfluss

als Funktion der Energie

$[\text{GeV} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \text{sec}]^{-1}$

Ziel der Flußmessung

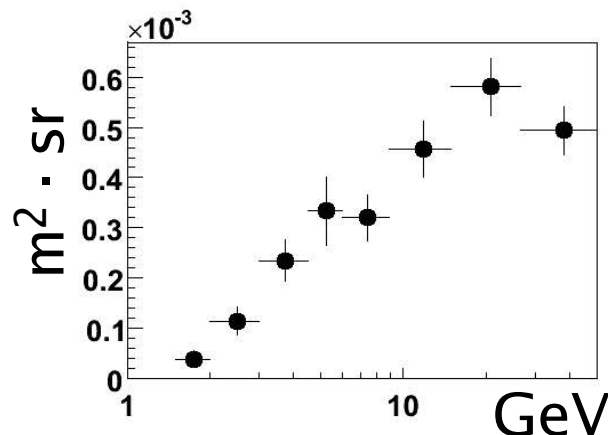
- Cross-check mit gemessenem e⁻-Fluß
- Suche nach ladungsasymmetrischen Effekten



gemessene
Teilchenzahl $N(E)$

$$\frac{d\Phi}{dE} = \frac{\Delta N}{A \cdot T \cdot \Delta E}$$

Binbreite ΔE



geometrische
Akzeptanz $A(E)$

Messzeit $T(E)$

Bestimmung der Meßzeit

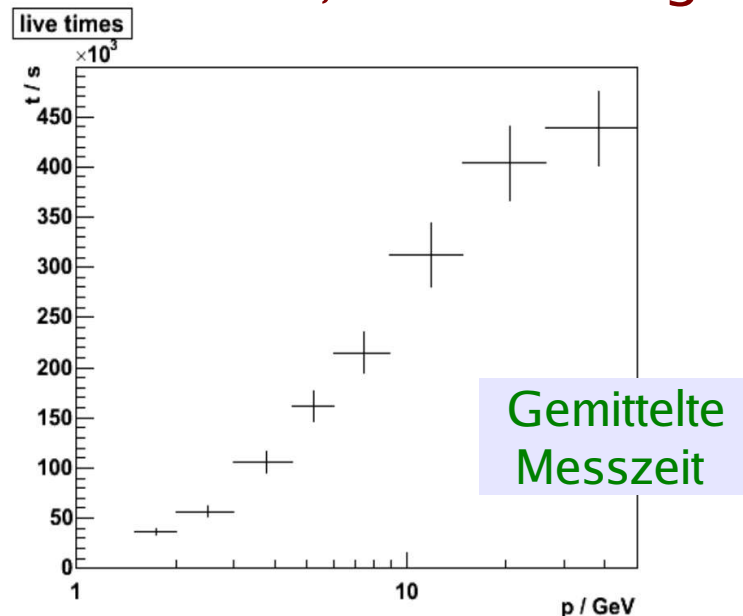
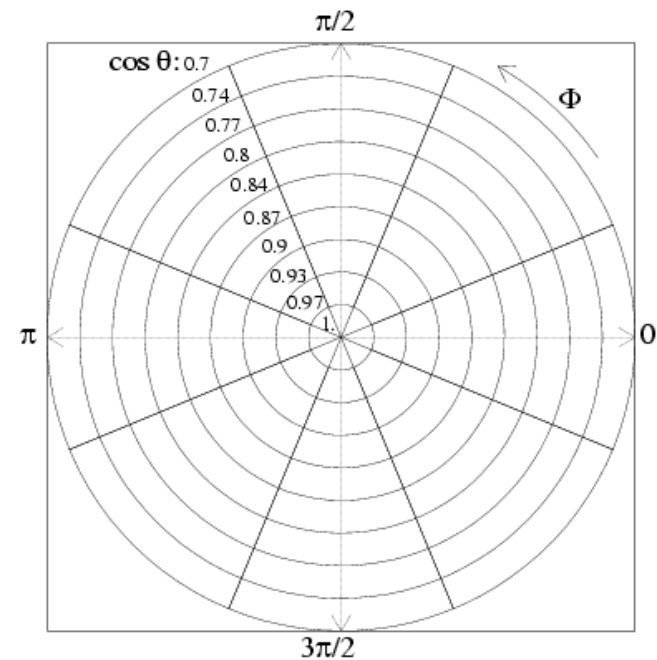
Binning der Detektorakzeptanz:

72 bins in $\phi \cdot \cos \theta$

8 Impulsbereiche zwischen 1-50 GeV

Über die gesamte Datenmenge chronologisch alle 4 Sekunden:

- Bestimme die Ortsparameter des Shuttles
- Backtracing eines „virtuellen“ Teilchens:
für alle bins, für alle Energien



Für Elektronen, Positronen: $\updownarrow$

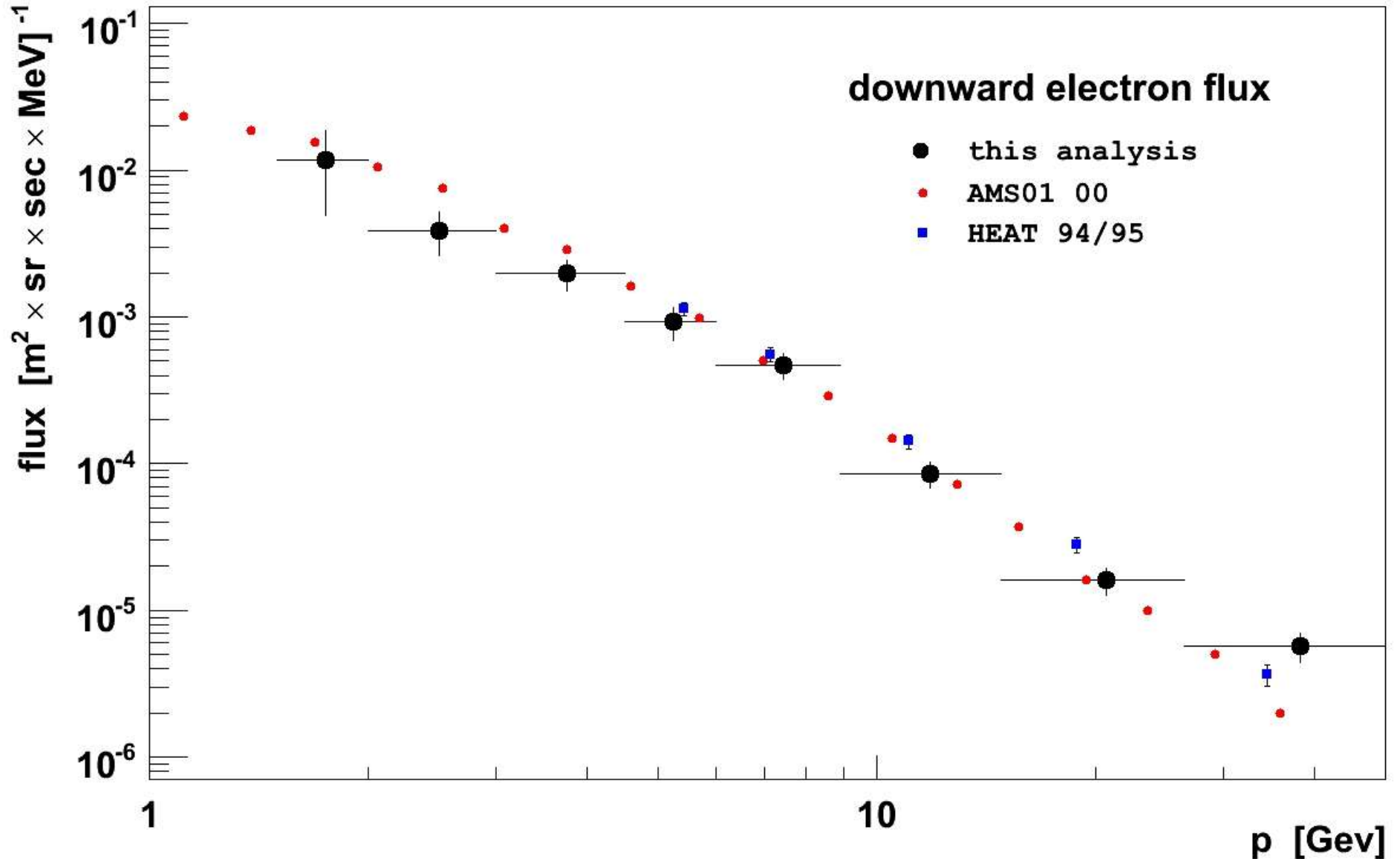
ca. 550.000.000 backtracings

$\approx$ 5.000-6.000 1GHz CPU-Tage

Physik-Cluster Aachen &
Kyungpook National University, Korea

Soeben abgeschlossen!

Vorläufiges Elektronspektrum (↓)



Zusammenfassung

Messung des Positronenanteils $e^+/(e^++e^-)$ in der kosmischen Strahlung

Erkenntnis über Quellen und Propagation der kosmischen Strahlung

Indirekte Suche nach dunkler Materie in Form von SUSY-WIMPs

AMS01

Prototyp eines ambitionierten Teilchendetektors zum Betrieb im Weltraum

Ereignisse mit konvertierten Bremsstrahlungsphotonen

ermöglicht Identifikation von Positronen bis 50 GeV (früher 3.5 GeV)

wesentlicher Untergrund: Proton-Ereignisse mit hadronischer Wechselwirkung

Zusätzlich: Messung des absoluten Elektronflusses

erfordert aufwändiges Backtracing

Cross-Check mit gemessenem Fluss

Zu tun bleibt:

Modellierung und Subtraktion des irreduziblen Untergrunds aus den Daten und MC