Suche nach Antimaterie (Z>2) mit AMS-01

Markus Cristinziani
Université de Genève

März 2000
DPG Frühjahrstagung

- Motivation
- Der AMS-01 Detektor
- Selektion und Korrekturen
- Ergebnis und Ausblick

Motivation

Das Big Bang Modell beschreibt die Entstehung des Universums erfolgreich. Experimentelle Belege sind z.B.

- die Rezession der Galaxien
- die Existenz der kosmischen 3K-Hintergrundstrahlung
- die relativen Häufigkeiten der leichten Isotope im Universum

Es ist anzunehmen, dass Materie und Antimaterie am Anfang des Universums in gleichen Mengen vorhanden waren

Jedoch ist im Universum keine Spur von Antimaterie

- nicht in unmittelbarer Nähe
- nicht innerhalb unseres Sonnensystems
- nicht in unser Galaxis

Wo ist die Antimaterie geblieben ?

Motivation

Zwei mögliche Konfigurationen liegen nahe:

- Ist die ganze primordiale Antimaterie verschwunden ?
  $\longrightarrow$ Sakharov's 3 Zutaten zur Baryogenese (1967):

1. Verletzung der Baryonenzahlerhaltung
   aber: noch nie experimentell nachgewiesen
   p Lebensdauer $> 1.6 \times 10^{25}$ Jahre (Evans 1977, SuperK)
2. C und CP Verletzung
   aber: NA48 $\mathrm{Re}(\epsilon\prime/\epsilon) = (19.3 \pm 2.4) \times 10^{-4}$
3. ein Universum, dass nicht im thermischen Gleichgewicht ist

- das Universum besteht aus Materie- und Antimateriedomänen
  Annihilationsphotonen wurden nicht beobachtet
  $\longrightarrow$ Entfernung und Grösse > 15 Mpc

Suche nach Antimaterie mit AMS

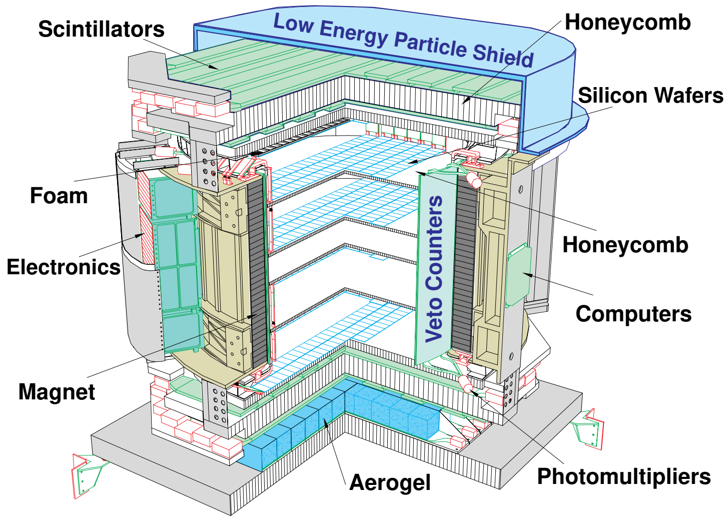
Die ausserordentliche Empfindlichkeit von AMS ermöglicht die Suche nach Antiteilchen aus Antimateriedomänen.

- $\overline{p}$: werden durch die Wechselwirkung von primären kosmischen Strahlen mit der Interstellaren Materie produziert
- $\overline{He}$: ist mit negativem Ergebnis mit AMS-01 gesucht worden `(cfr. Phys.Lett.B461(1999) 387-396)`
- Antikerne : wie z.B. Antikohlenstoff
  das Auffinden eines einzigen Antikerns würde den Beweis der Existenz eines Antisterns liefern.

$\longrightarrow$ Suche nach Antimaterie ($Z > 2$) mit AMS-01

Der AMS-01 Detektor

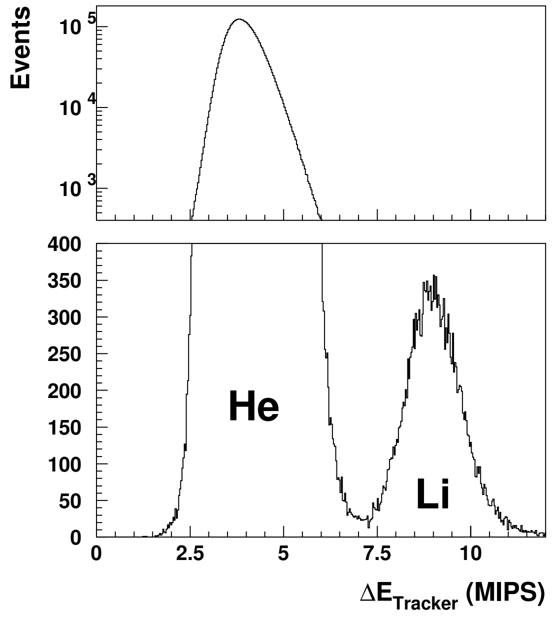
- Permanentmagnet: Nd-Fe-B, B=0.15 T, BL^2=0.14 Tm^2
- Szintillatoren: 4 Ebenen zur Messung von β, mit $\Delta\beta/\beta \approx$ 2.2%
- Spurdetektor:6 Ebenen,2.1m^2, Siliziumstreifendetektoren mit beidseitiger Auslese zur Messung von $R = p/q$; 10μm und 30μm Auflösung; geometr. Akzeptanz: 0.3 m^2sr

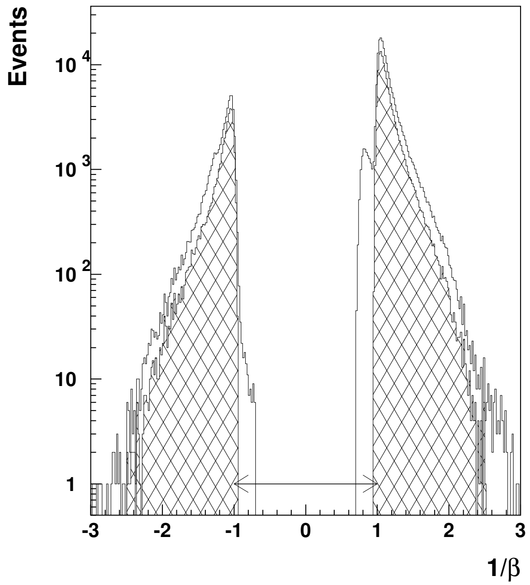


Die Kernidentifizierung erfolgt durch die 6-fache Energieverlustmessung im Tracker.
Flugrichtung und Bahnkrümmung im magnetischen Feld ergeben das Ladungsvorzeichen

1. Datenauswahl aufgrund dE/dx:

Die kombinierte Messung von den Szintillatoren und von dem Spurendetektor sichert ein niedriges Kontaminationniveau von Helium und Protonen ($< 10^{-3}$)

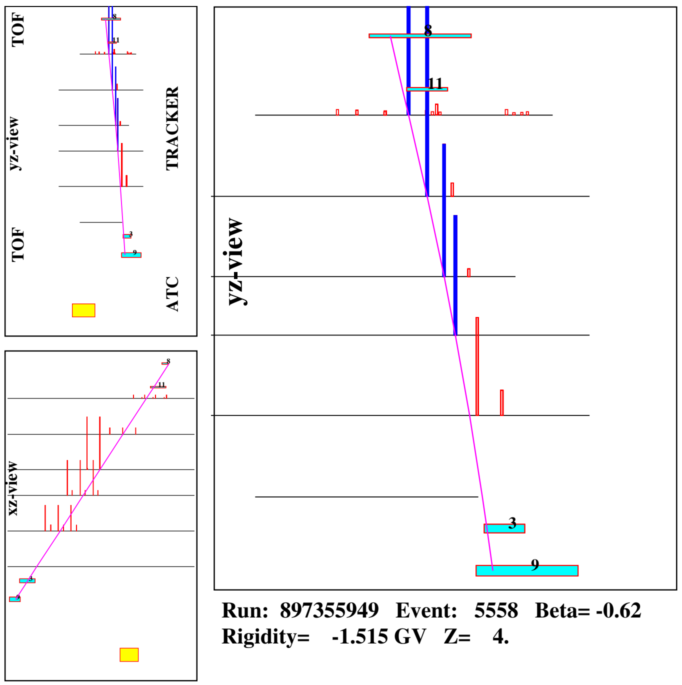


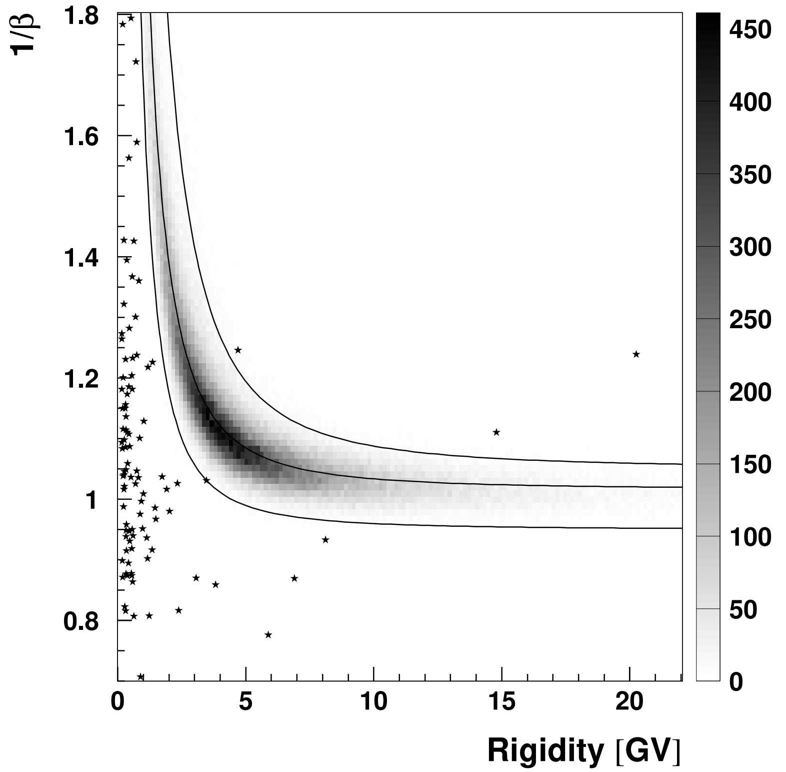


2. Die Flugrichtung ist durch das Signal von mindestens drei Szintillatorebenen eindeutig bestimmt:

Die Region zwischen den beiden Peaks ist nicht bevölkert

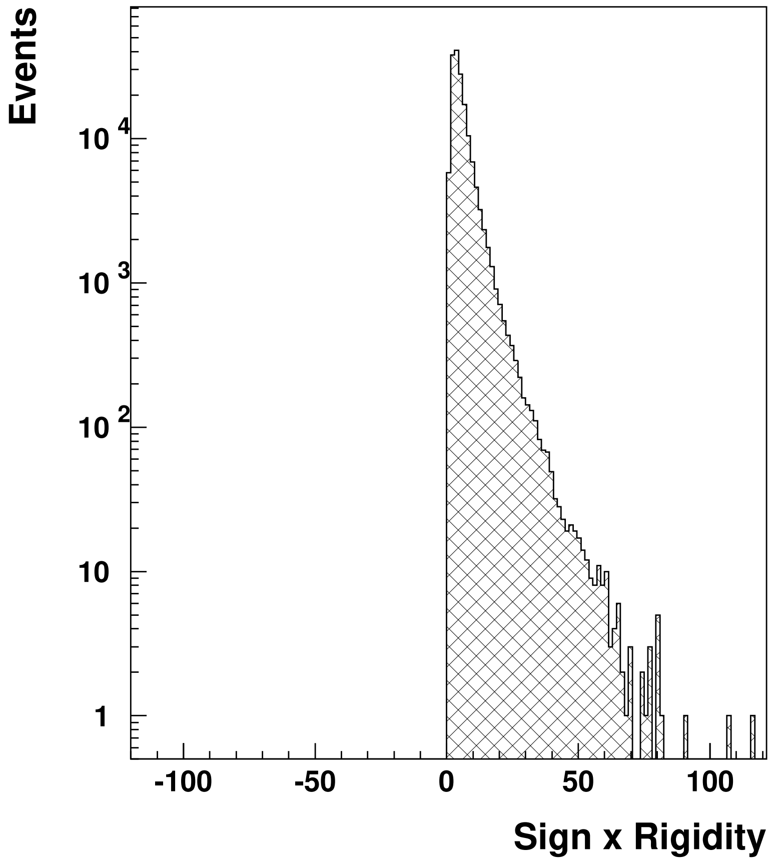
3. Spuren mit einem Knick (Wechselwirkung im Spurdetektor) oder mit grossem Energieverlust in der Nähe der Spur (Rekonstruktionsproblem) werden nicht berücksichtigt.





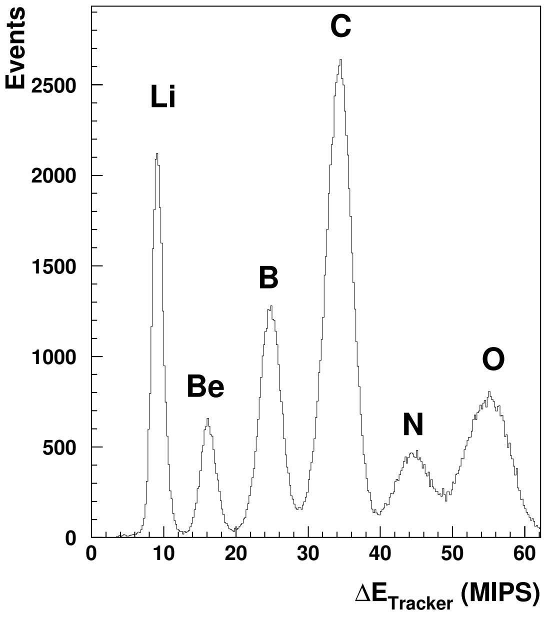
4. Flugzeit und Rigidity-Messung müssen kompatibel mit einem schweren Kern sein.

Ergebnis



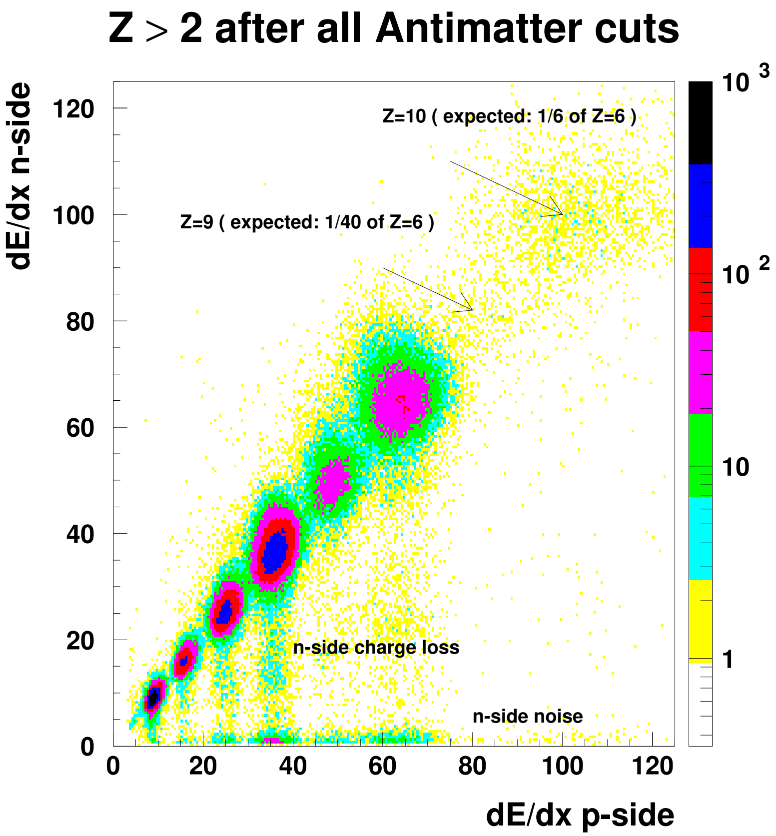
- Insgesamt wurden 1.65×10^5 schwere Kerne identifiziert.
- Es sind Kerne von Lithium bis Neon, im Rigidityintervall [1 GV; 100 GV]
- Kein Antikern wurde in den entsprechenden Bereichen beobachtet

Gemessene Zusammensetzung nach allen Schnitten:



Nur die effizientere p-Seite der Siliziumdetektoren wird zur Identifikation herangezogen

Unter Einschluss der Information der n-Seite ist eine Identifizierung bis Z=10 möglich



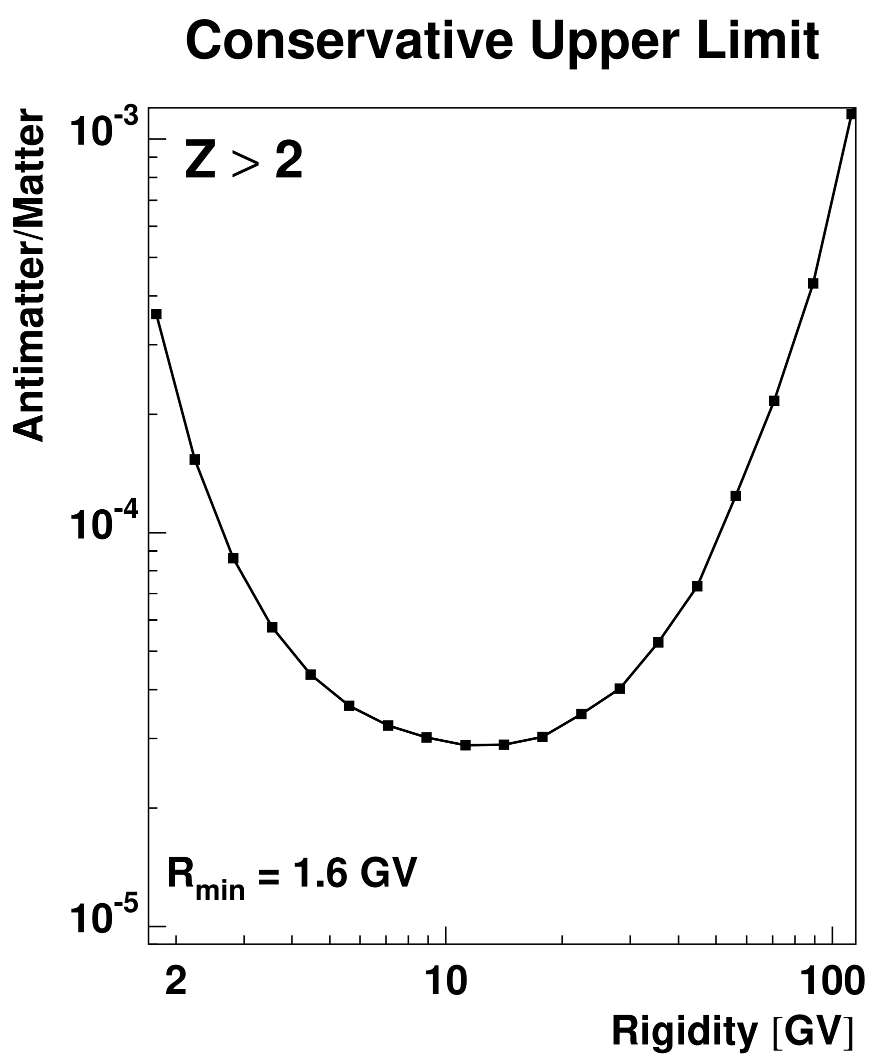
Korrekturen

Folgende Effekte müssen berücksichtigt werden

- während der STS-91 Mission flog AMS auf einem $51,7^\circ$ Orbit in 350 km Höhe: Totzeit und Rigidity cutoff hängen gleichzeitig von dem magnetischen Breitengrad ab
- die Rigidity-Auflösung wurde simuliert und durch Testbeam-Daten überprüft
- Kerne und Antikerne haben unterschiedliche inelastische Wirkungsquerschnitte mit dem Detektormaterial (1,5 g/cm^2 vor dem Flugzeitzähler und 3,5 g/cm^2 vor dem Spurdetektor)

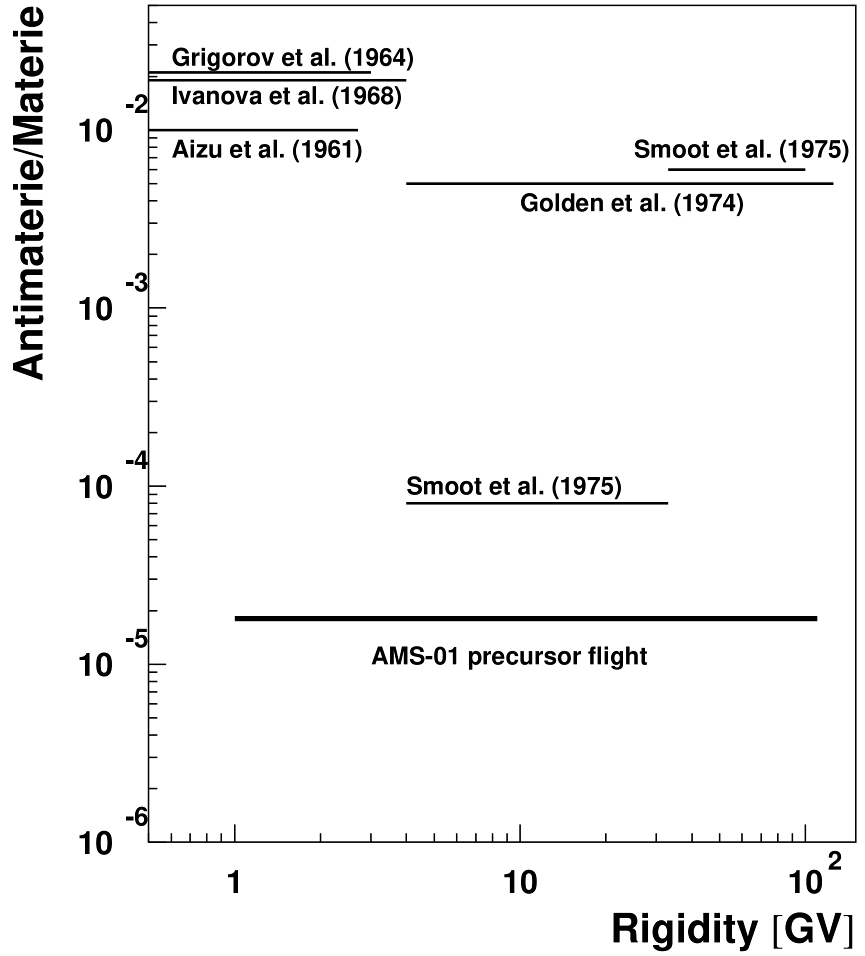
Ergebnis

Wenn keine Annahme über die möglichen Antimateriespektren gemacht wird, erhält man folgenden Verlauf für die obere Grenze des integralen Antimaterie-/Materieflusses in Abhängigkeit von der maximalen Rigidity:



Ergebniseinordnung

Die Annahme wird gemacht, dass das Antimateriespektrum dem Materiespektrum gleicht



Kein Antikern bedeutet:

$$\overline{N}^{ein}/N^{ein} < 1.8 \times 10^{-5} \ 95\%\mathrm{CL}$$

Ergebnis und Ausblick

- Die obere Grenze für den Fluss von Antimaterie zu Materie konnte bereits mit dem AMS-01 Testflug in dem Bereich $1 < R < 100$ GV verbessert werden.
- Die Identifizierung der Kerne ist von Lithium bis Neon möglich
- Die Empfindlichkeit für die Suche nach kosmischer Antimaterie wird durch AMS-02 (3 Jahre auf ISS, 2003) weiter verbessert: eine 500fache Statistik bis hin zu TV-Rigidities wird erwartet