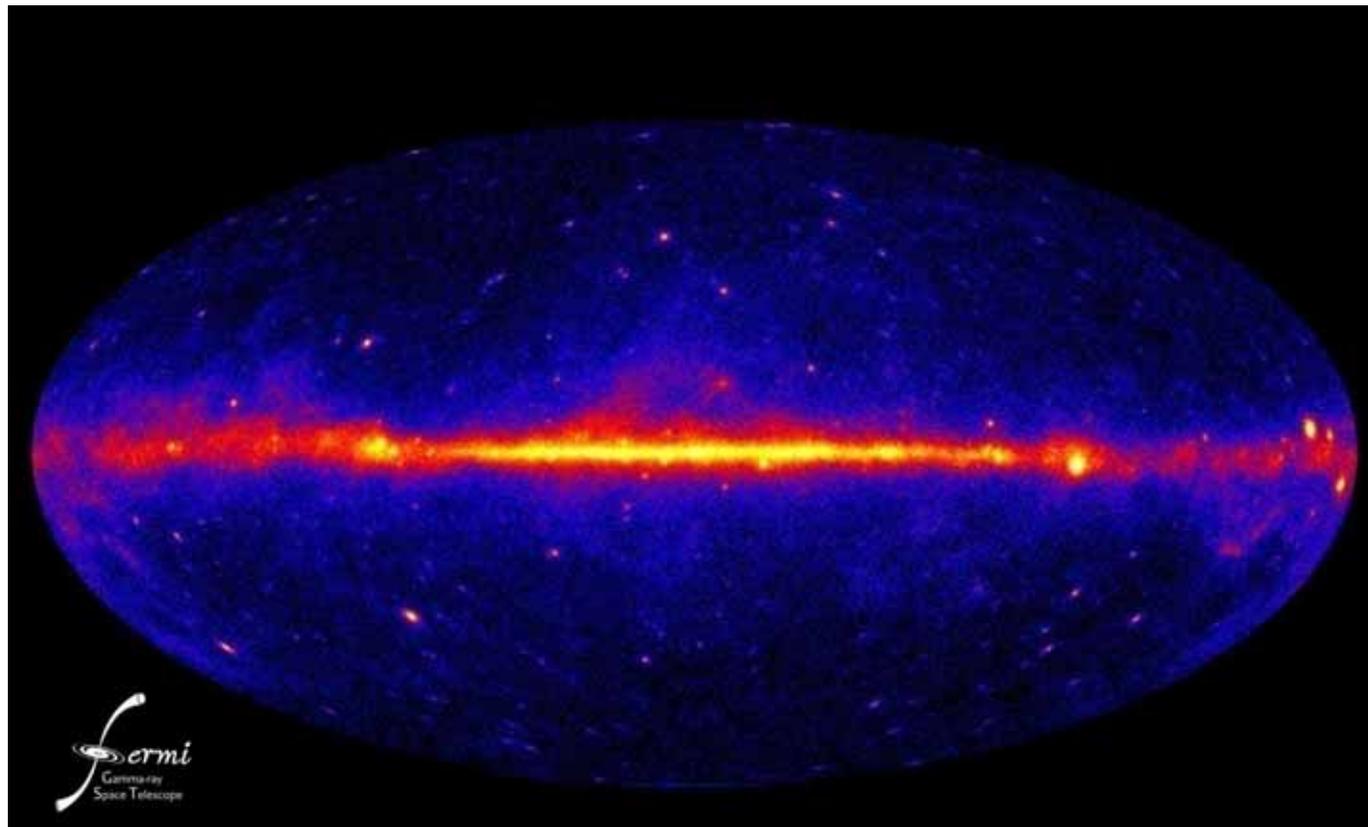


Woher kommen kosmische Teilchen?

Martin Pohl



Eine andere Welt



Der Himmel im Licht von Gammastrahlung



Eine andere Welt

- Thermische Systeme:
 - Sterne
 - Interstellares Gas
- Nichtthermische Systeme
 - Energiereiche Teilchen dominieren
- Astroteilchenphysik
 - studiert nichtthermische Systeme



Kosmische Strahlung

Viktor Hess (1912): Ionisation der Luft nimmt mit Hoehe zu



→ Energiereiche extraterrestrische Teilchen

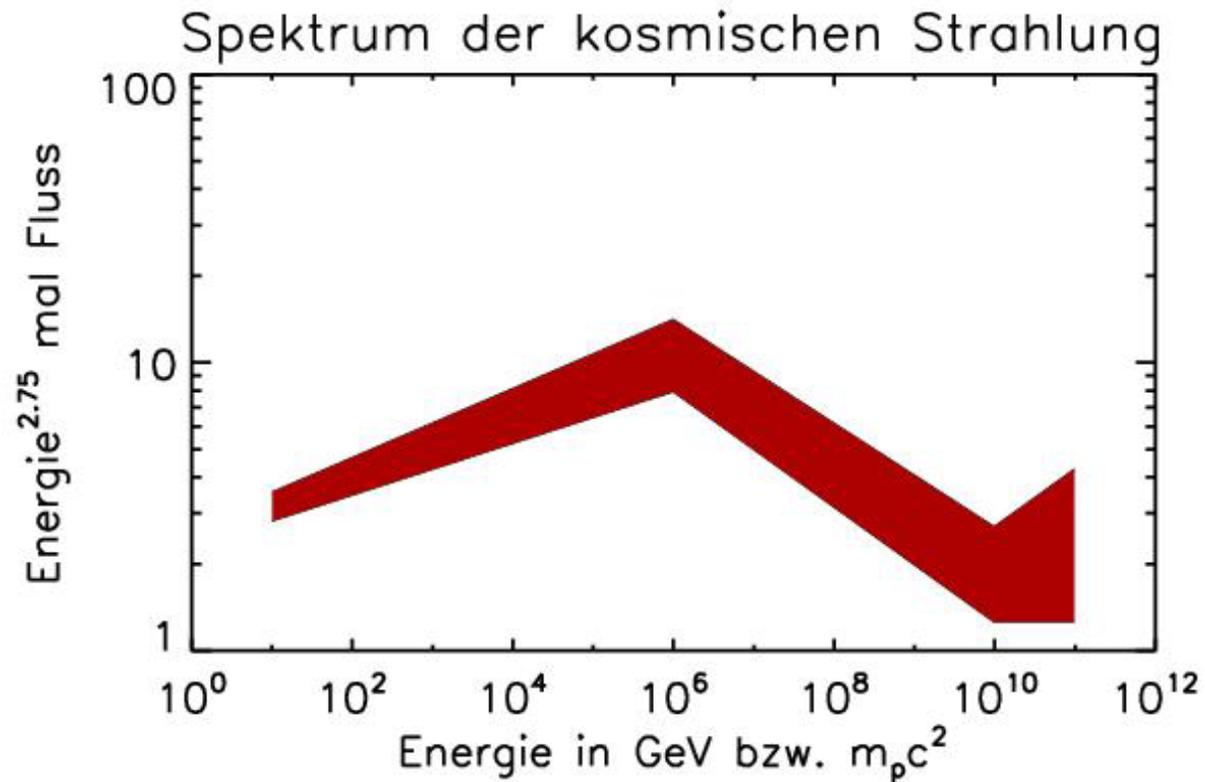
**88% Protonen,
10% Heliumkerne,
1% Elektronen**

**Isotropie: die Intensitaet ist
unabhaengig von der Richtung**



Kosmische Strahlung

Energie bis zu einigen Joule (aber kleiner Impuls)





Kosmische Strahlung

Warum ...

... ist die kosmische Strahlung isotrop?

Wie ...

... werden die Teilchen beschleunigt?



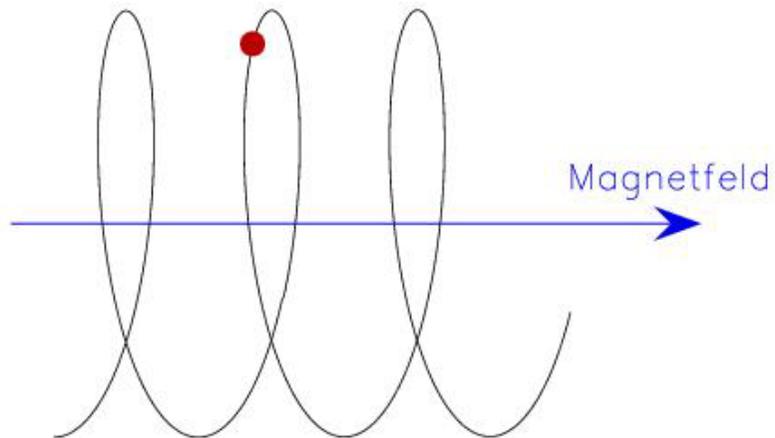
Isotropie

Interstellarer Raum ist nicht leer!

Es gibt

sehr duennes Gas (1 Atom pro cm^3)

Magnetfelder



→ Helixbahnen

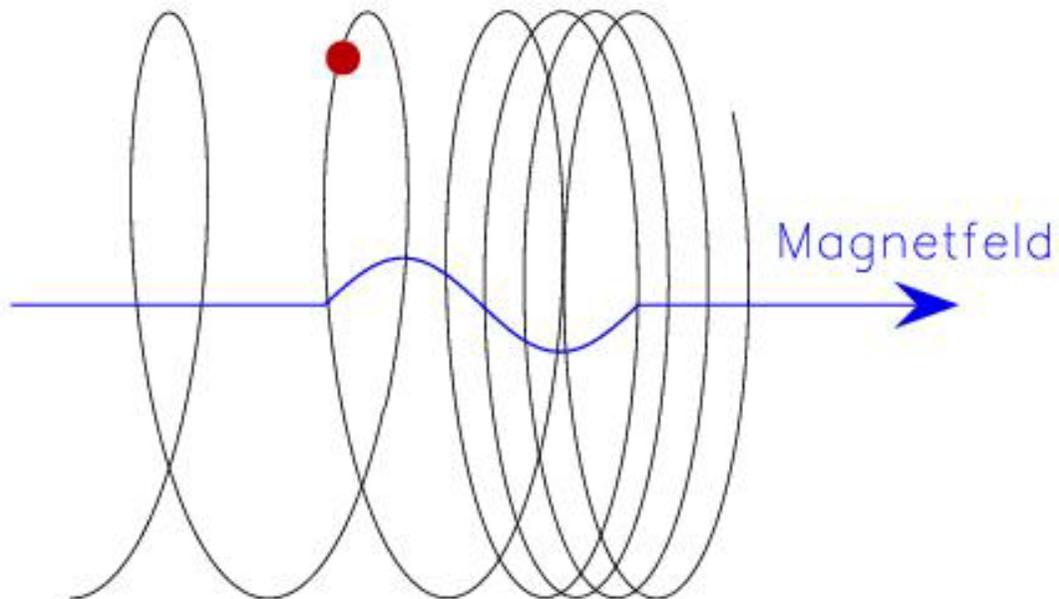
fuer geladene Teilchen



Isotropie

Magnetische Fluktuationen aendern die Bewegungsrichtung

→ Richtungsumkehr ist moeglich





Isotropie

Energiereiche Teilchen erzeugen magnetische Fluktuationen:

Die Natur strebt Isotropie an!

Wichtig:

- EM Wellen kleiner Ausbreitungsgeschwindigkeit λf
sind magnetisch!
- Es gibt Resonanzen zwischen Teilchen und EM Wellen



Isotropie

Homogenes Magnetfeld in x-Richtung

Teilchen: $x = v_x t$ $v_x = \sin(2\pi F_g t)$

Welle: B_z oder $E_y = \sin\left[2\pi\left(ft - \frac{x}{\lambda}\right)\right]$

Welle am Ort
des Teilchens: B_z oder $E_y = \sin\left[2\pi t\left(f - \frac{v_x}{\lambda}\right)\right]$

Magnetische Kraft: $F_x \propto v_y B_z = \cos\left[2\pi t\left(f \pm F_g - \frac{v_x}{\lambda}\right)\right]$

Konstante Kraft: $f = \pm F_g + \frac{v_x}{\lambda}$



Supernovarestes



Quelle: NASA



Supernovaresten

Nichtthermische
Roentgenstrahlung

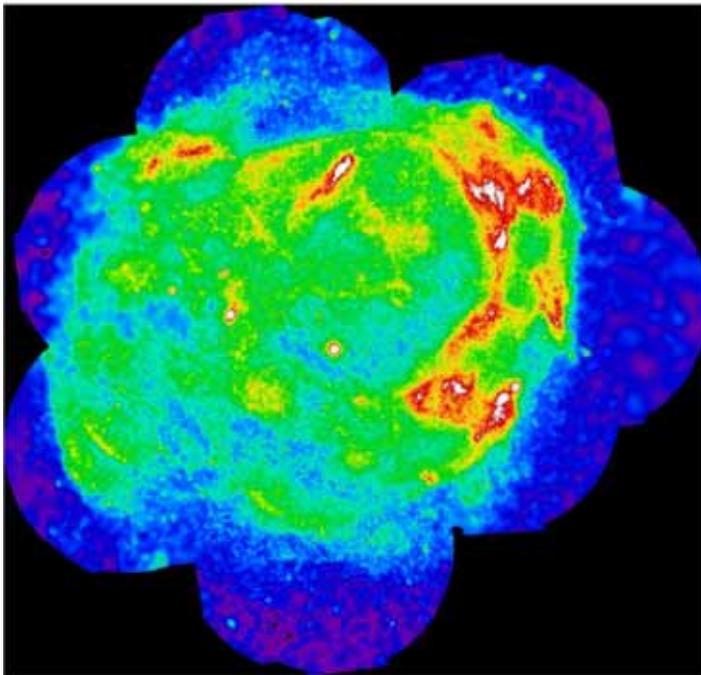


Image courtesy of F. Acero and ESA

Gammastrahlung (TeV-Band)

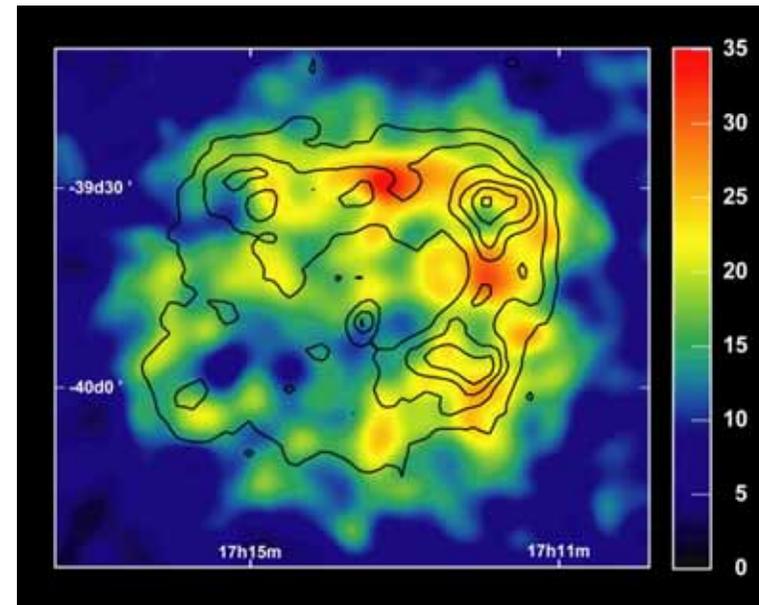


Image courtesy of W. Hofmann (HESS)



Supernovaresten

Supernovaresten beschleunigen Teilchen,

aber wie?

- Sternenhülle wird abgesprengt
- Etwa eine Sonnenmasse Gas wird abgestossen
- Geschwindigkeit von einigen Tausend km/s
- Schockwellen werden erzeugt (Überschallknall)



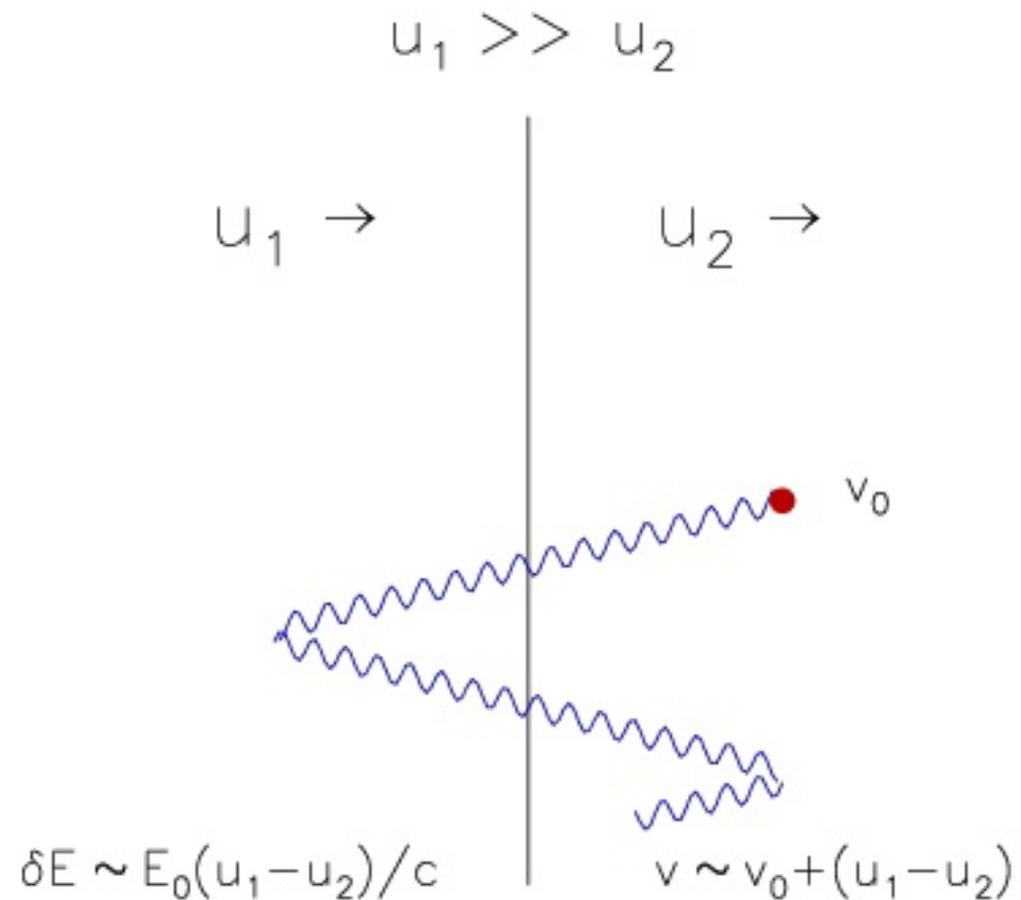
Beschleunigung

Magnetische
Reflexion
auf beiden Seiten

→ Langsame
Beschleunigung

Kein Problem:

SN-Reste sind
~ 1000 Jahre alt





Strahlungsprozesse

Fuer Elektronen:

1. Synchrotronstrahlung (Beschleunigung in Magnetfeld)
2. Paarvernichtung (Elektron + Positron \rightarrow Gammastrahlung)
3. Comptonstreuung (Elektron / Photon Energieaustausch)

Wahrscheinlichkeit $\propto \frac{\text{Ladung}^4}{\text{Masse}^2}$ (nichts fuer Protonen)

Fuer Protonen:

Stoesse mit Gas \rightarrow Pionen

\rightarrow Zerfall in Elektronen, Neutrinos und Gammastrahlung

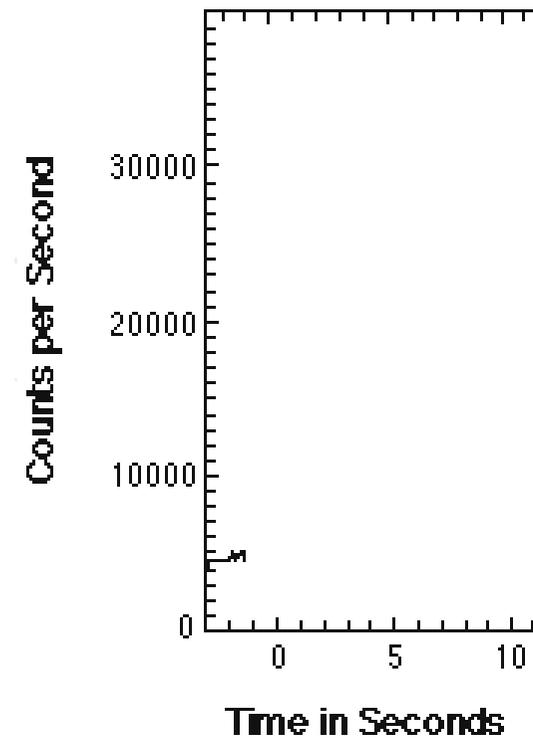
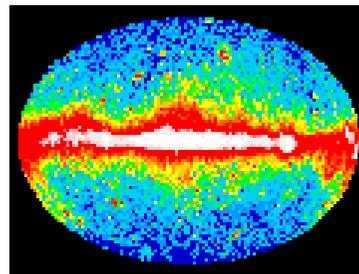


Mysterioeses

Gamma-ray bursts

Die hellsten Quellen
der Welt:

EGRET Bild
des Gesamthimmels
im GeV band

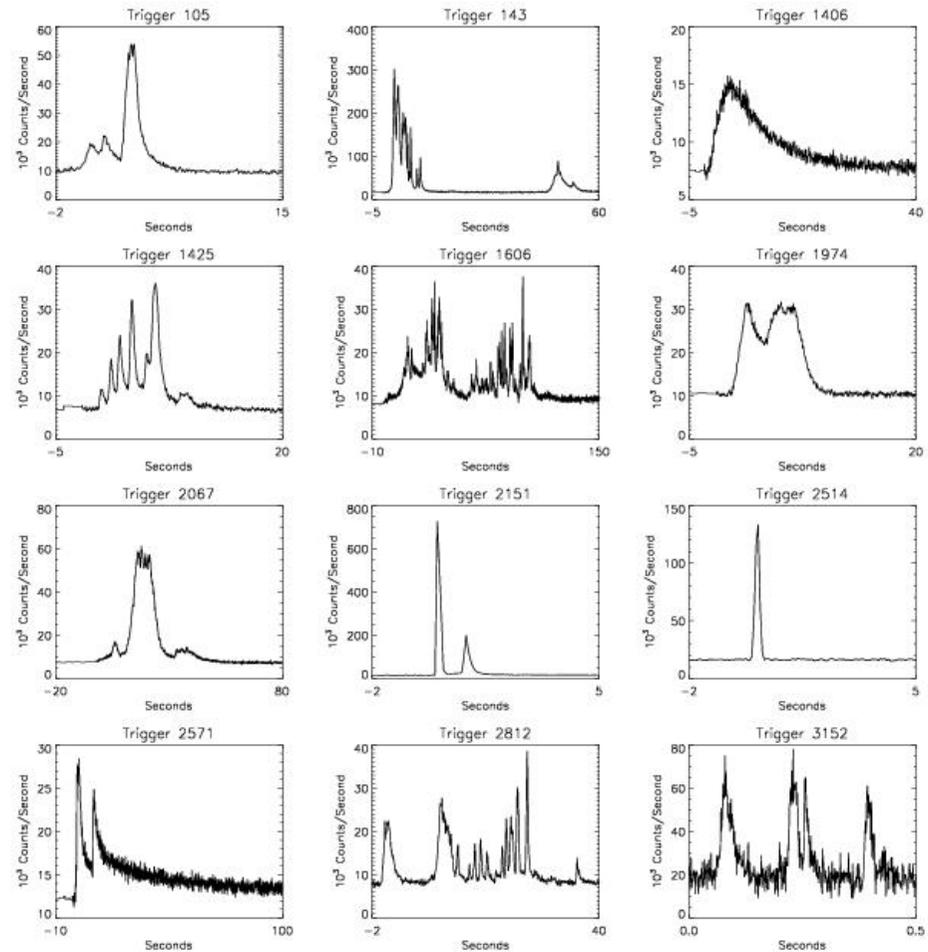




Gamma-ray bursts

Lichtkurven:

Keine
Systematik

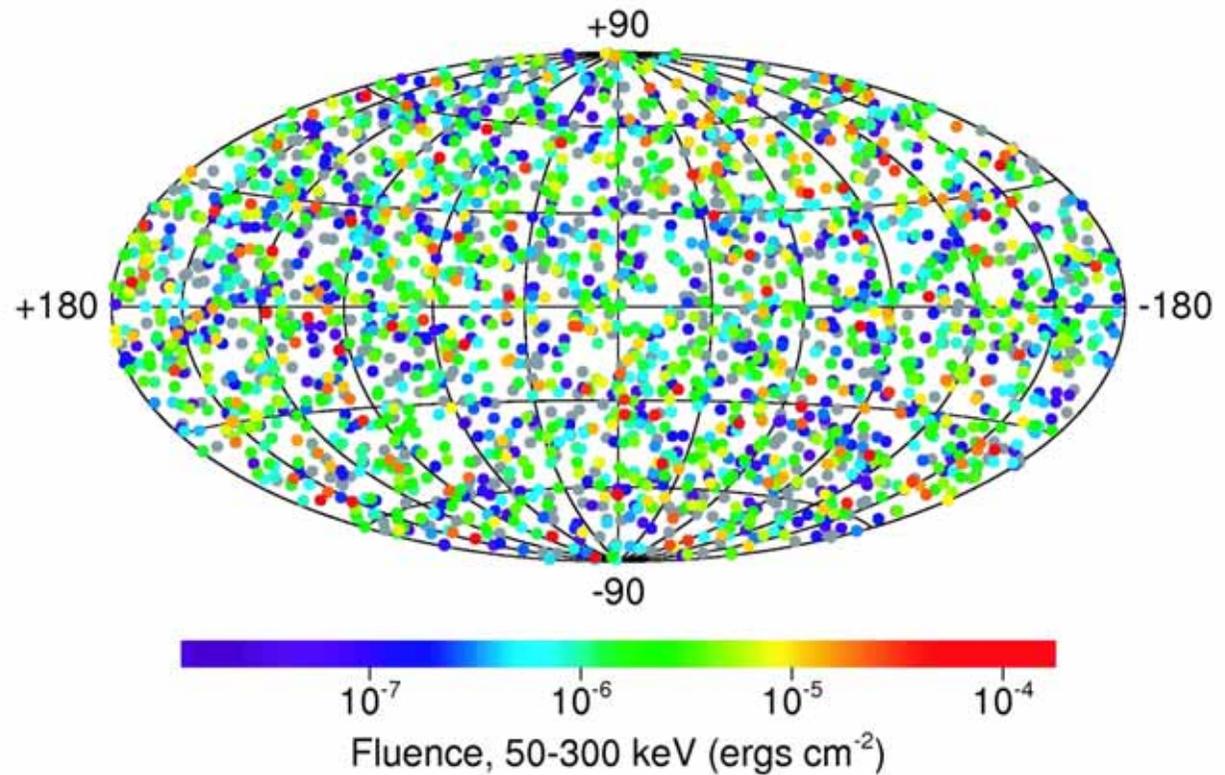




Gamma-ray bursts

Keine
bevorzugte
Richtung

2512 BATSE Gamma-Ray Bursts



Extragalaktisch?

Quelle: NASA



Gamma-ray bursts

Gamma-ray bursts leuchten nach!



Courtesy
Swift/NASA

Optische Spektren → Entfernungsbestimmung

Extragalaktisch

Rekord: 13 Mrd. Lj entfernt



Gamma-ray bursts

- Immenser Energiebedarf
 - Gammastrahlung sollte absorbiert werden
-
- Relativistische Ausfluesse
 - Strahlungsverstaerkung
 - Weniger Energie
 - Mehr Objekte



Quelle: NASA



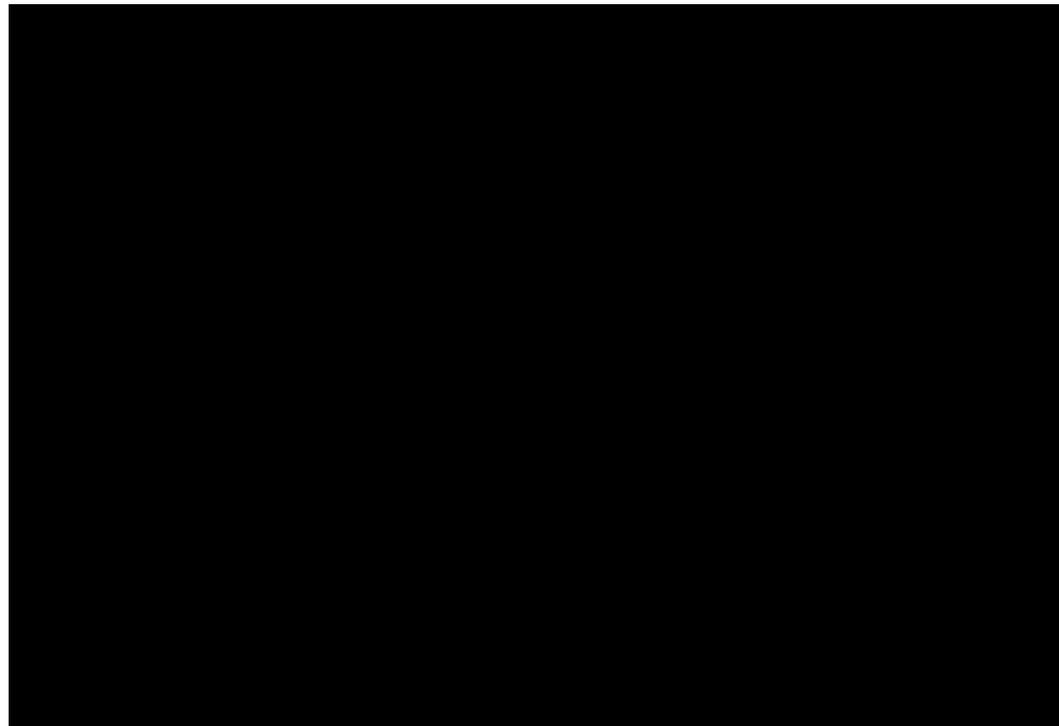
Gamma-ray bursts

Lange gamma-ray bursts: Collapsare

Ein massiver
Stern kollabiert

Ein schwarzes
Loch entsteht

Drehimpuls
wird abgefuehrt



Quelle: NASA



Gamma-ray bursts

Kurze Gamma-ray bursts

Neutronensterne

oder

schwarze Loecher

verschmelzen

-> ein massiveres

schwarzes Loch

entsteht



Quelle: NASA



In der Milchstrasse?

- Ein Gamma-ray bursts pro Million Jahre
- Gammastrahlung wird von Atmosphäre absorbiert
- Stickstoff wird aufgebrochen und NO_x erzeugt
- Stickoxyde zerstören die Ozonschicht
- UV Intensität erhöht sich

GRB am galaktischen Zentrum: Effekt 5%

GRB innerhalb 2500 Lj: Effekt 100%



Einfluss auf Leben?

Katastrophe alle 100 Million Jahre?



Quelle: NASA



Astroteilchenphysik

Bodengebundene Detektoren



Satellitendetektoren



Schnelle Entwicklung

eines neuen Forschungsfelds

