

Gamma Ray Bursts

Seminar zur Astro-und Teilchenphysik

Philipp Willmann

Friedrich-Alexander Universität Erlangen

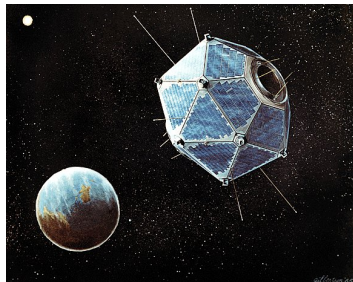
21.12.2009

Gamma Ray Bursts

- Blitze aus Gammastrahlung
- energiereichste Ereignisse im Universum
- Dauer: Millisekunden bis Minuten

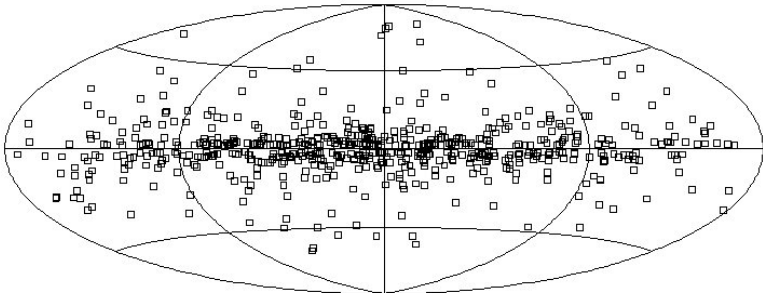
Entdeckung - Vela

- Entdeckung 1967 durch US-Militärsatelliten Vela
- Veröffentlichung 1973
- extraterrestrisch



NASA

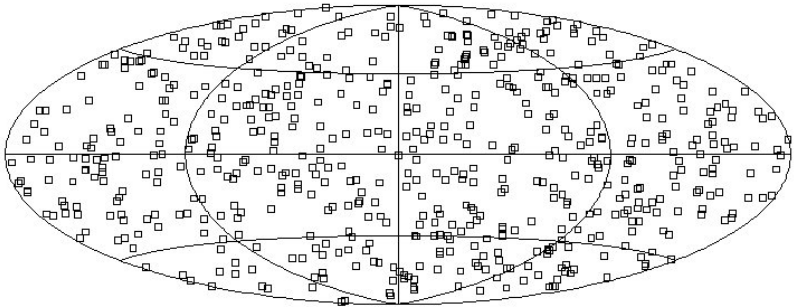
If GRB sources within the Milky Way



Michael Richmond

Erwartung

If GRB sources beyond the Milky Way



Michael Richmond

Compton Gamma-Ray Observatory

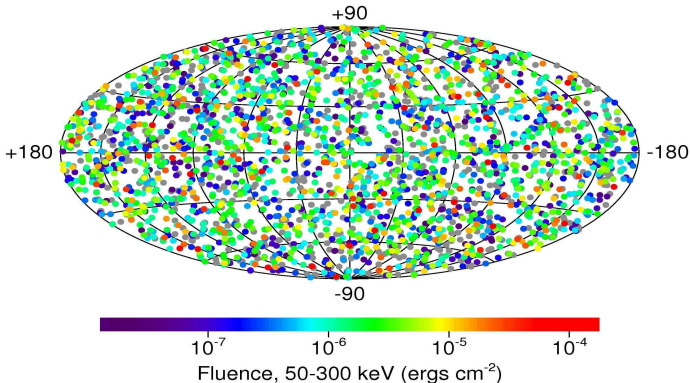
- Start 1991
- wichtigstes Instrument:
BATSE (all sky survey)
- ungefähr 1 GRB pro Tag
bis 2000



STS-37 Crew, Compton Science Support
Center, NASA

Compton Gamma-Ray Observatory

2704 BATSE Gamma-Ray Bursts

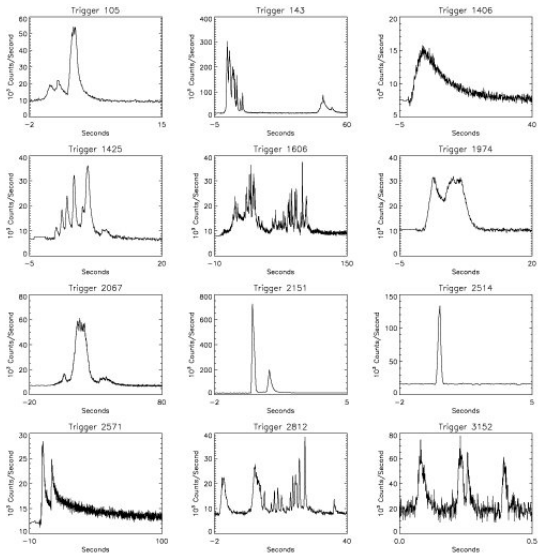


NASA

Compton Gamma-Ray Observatory - Ergebnisse

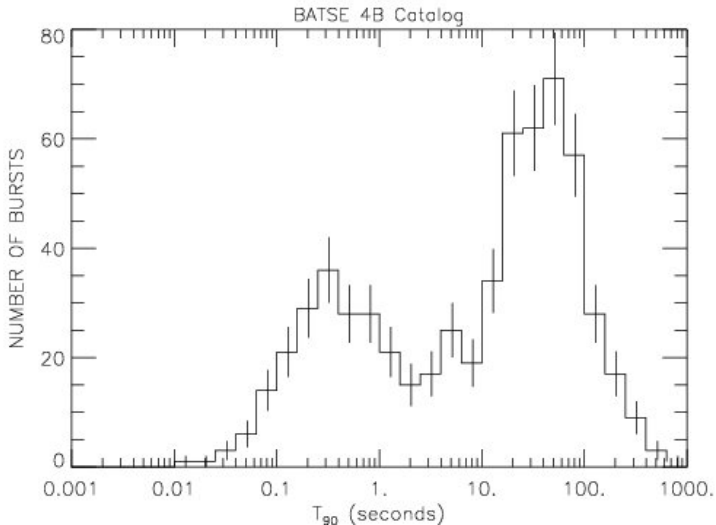
- isotrope Verteilung
- Entfernungsskala in der Größenordnung $z = 1$
- Aber: keine exakte Positionsbestimmung

Beispiele



NASA

Einteilung



NASA

Short GRB's

- Typ I
- Dauer $< 2s$
- härteres Spektrum
- $10^{48} - 10^{50}$ erg

Long GRB's

- Typ II
- Dauer $> 2s$
- weicherer Spektrum
- $10^{51} - 10^{53}$ erg

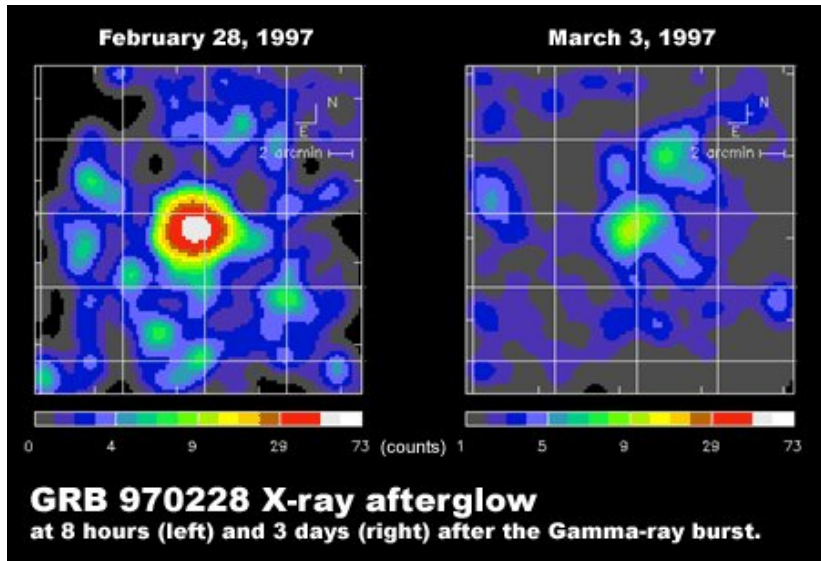
- Start 1996
- 1. Beobachtung eines Afterglows (im Röntgenbereich)
⇒ Beobachtung auch mit Teleskopen auf der Erde möglich



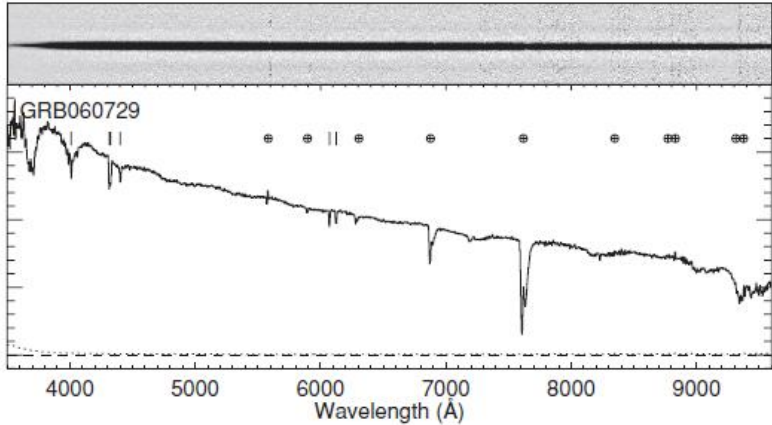
NASA

- gesamtes Spektrum
- Dauer: bis zu Wochen
- Abfall nach Potenzgesetz
- Rotverschiebung

Afterglow - Beispiel

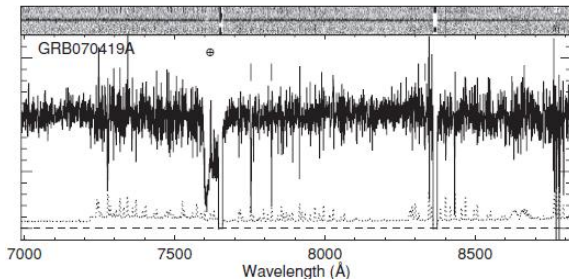


Afterglow - Spektrum



Fynbo et al

BeppoSax - Ergebnisse



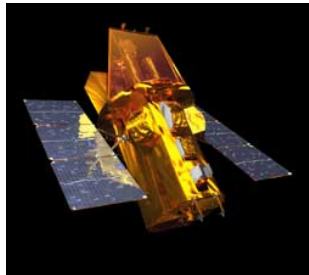
Fynbo et al

Möglichkeit Entfernung über z genau zu bestimmen

⇒ kosmologische Distanzen

Swift

- Start 2004
- funkt in Sekunden
Warnung an
Bodenstationen
⇒ Beobachtungsrate von
Afterglows enorm erhöht
- präzise Lokalisation von
kurzem GRB
- $z = 6$ Barriere
durchbrochen



NASA

Fermi

- Start 2008
- Ziel:
noch weiter in
Vergangenheit

Einteilung?

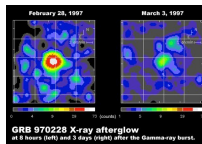
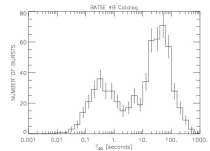
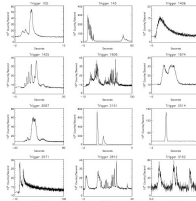


DLR

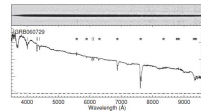
- GRB 090423 $z \approx 8.1 \Rightarrow \approx 600$ Millionen Jahre nach Big Bang
- GRB 080319B
 - mit bloßem Auge zu sehen
 - Entfernung ≈ 2.3 Gpc
- GRB 910711 $\approx 6ms$
- GRB 940217 $\approx 90min$

Übersicht

- große Vielfalt
- Lang - Kurz
- Afterglow
- extragalaktisch



GRB 970228 X-ray afterglow
at 8 hours (left) and 3 days (right) after the Gamma-ray burst.

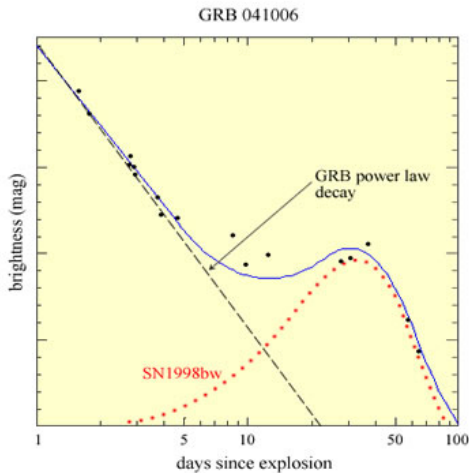


GRB 980425

- BeppoSax
- Röntgenafterglow
- SN1998bw in Fehlerbox
- Übereinstimmung: ± 1 Tag
- eingehendere Betrachtung

GRB - Supernova

- GRB 980326
- Supernova-Licht im Afterglow
- kein endgültiger Nachweis



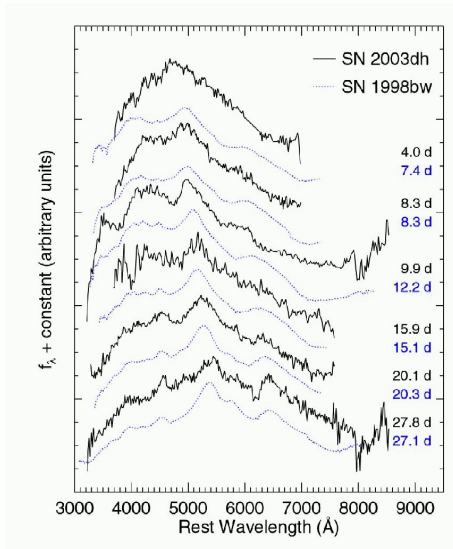
Swinburne University of Technology

GRB 030329

- spektroskopischer Nachweis - SN2003dh
- große Ähnlichkeit zur Supernova SN1998bw

mehrere Nachweise (z.B. GRB 031203)

Vergleich



- gute Übereinstimmung
- gleiche Ursache
- 1bc Supernova

- große Vielfalt
- Lang - Kurz
- Afterglow
- extragalaktisch
- Verbindung langer GRB's mit Supernovae

Energievergleich

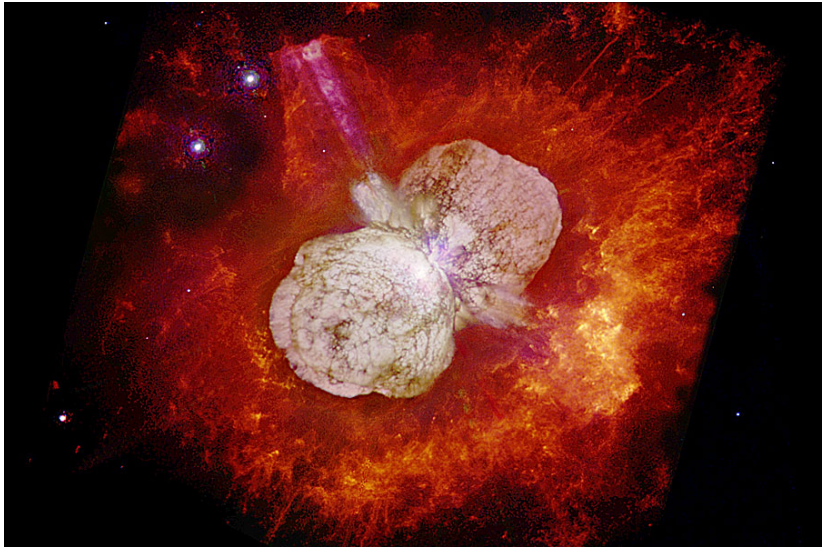
- GRB $10^{48} - 10^{54}$ erg = $10^{41} - 10^{47}$ J
- Supernova $10^{44} - 10^{46}$ J
- Primärenergieverbrauch Menschheit (2007)
 $5 \cdot 10^{20}$ J
- stärkste Wasserstoffbombe $2 \cdot 10^{17}$ J

- Long GRB
 - Wolf-Rayet Stern
 - 1bc Supernova
- Short GRB
 - Verschmelzung zweier Neutronensterne

Wolf-Rayet Stern

- massereicher Stern
- starke Sternwinde
- abgestoßene Wasserstoffhülle → 1b SN
- abgestoßene Heliumhülle → 1c SN

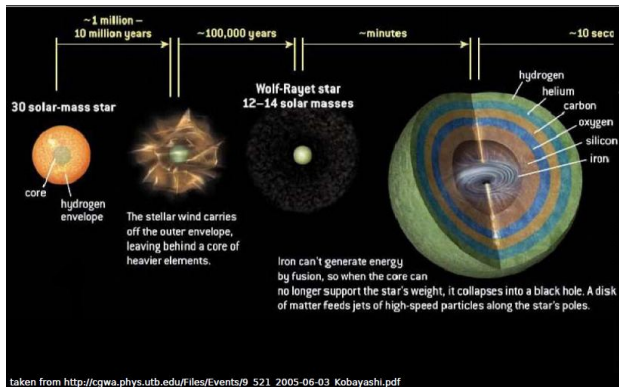
Wolf-Rayet Stern - η Carinae



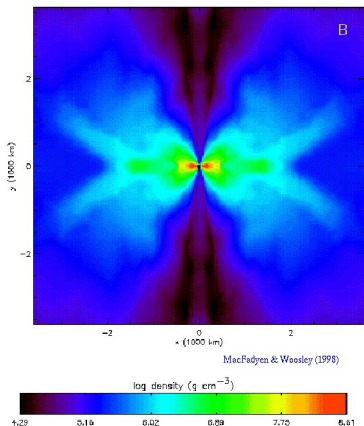
NASA

Long GRB's - Collapsar-Modell

- Wolf-Rayet Stern (schnelle Rotation)
- Kernkollaps
- Schwarzes Loch
- Akkretionsscheibe



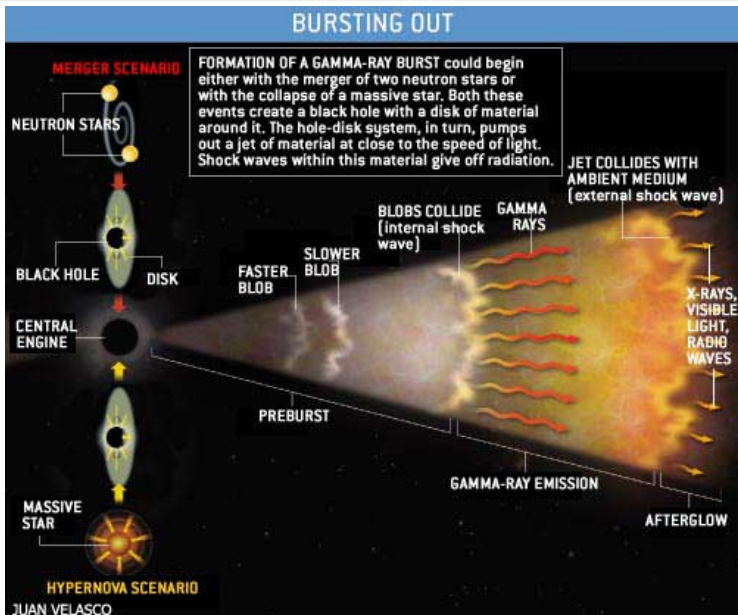
Akkretionsscheibe



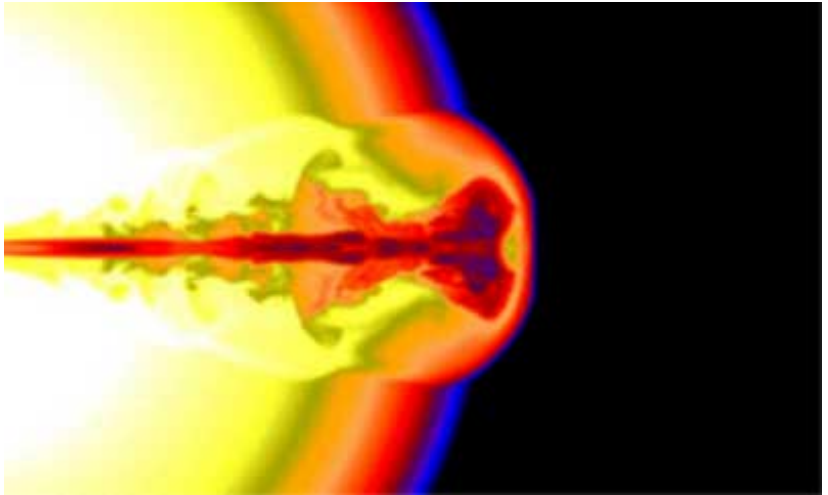
- Magnetohydrodynamik
- Magnetische Kräfte
Emission entlang Rotationsachse
- Jet

- relativistische Schalen
- unterschiedliche Geschwindigkeiten
- Kollisionen \rightarrow Burst
- Kollision mit ISM \rightarrow Afterglow

Feuerballmodell



Simulation



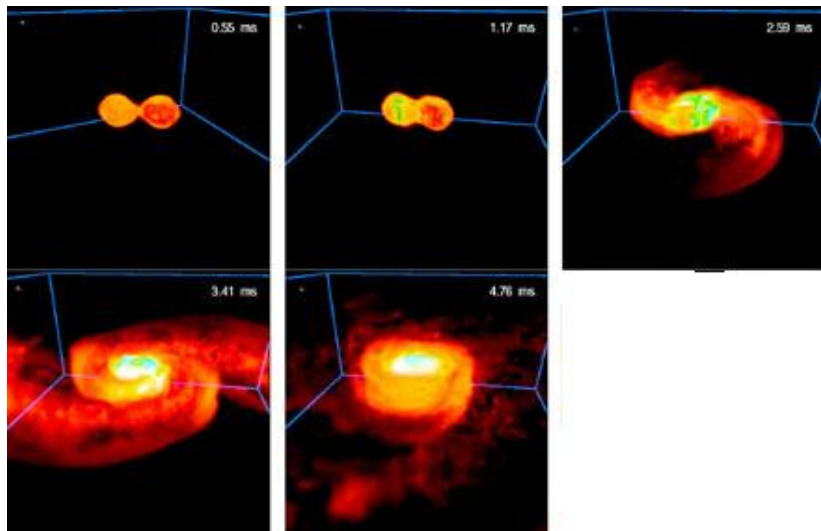
Zhang, Woosley

Short GRB's - Vermutung

Neutronensternverschmelzung
(auch NS - Schwarzes Loch möglich)

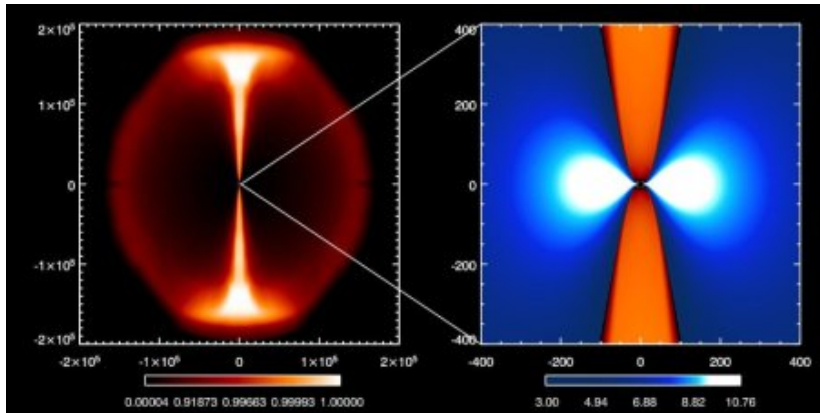
- 2 Neutronensterne
- Gravitationswellen
- Bildung kompakter Kern (schnelle Rotation)
- Schwarzes Loch

Short GRB - Simulation



Max-Planck-Institut für Astrophysik

Short GRB - Simulation



Max-Planck-Institut für Astrophysik

- große Vielfalt → Lang - Kurz
- Afterglow
- extragalaktisch
- Verbindung langer GRB's mit Supernovae
→ Collapsarmodell
- Kurze GRB's vermutlich durch
Neutronensternverschmelzung

- Short GRB's
- Einteilung
- Verbesserung Modelle
- Junges Universum
- Neutrinos