

# Gamma Ray Bursts

Seminar zur Astro-und Teilchenphysik

Philipp Willmann

Friedrich-Alexander Universität Erlangen

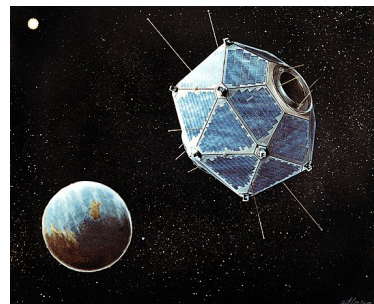
21.12.2009

# Gamma Ray Bursts

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

## Entdeckung - Vela

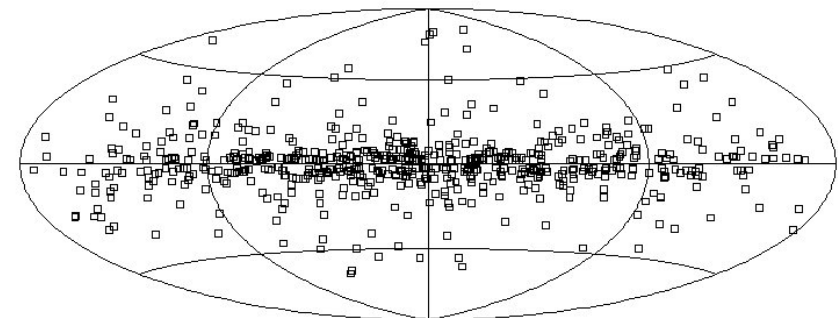
- Entdeckung 1967 durch US-Militärsatelliten Vela
- Veröffentlichung 1973
- extraterrestrisch



NASA

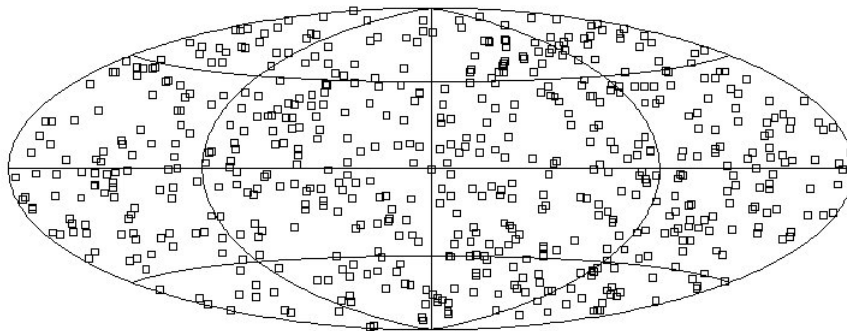
## Erwartung

If GRB sources within the Milky Way



Michael Richmond

If GRB sources beyond the Milky Way



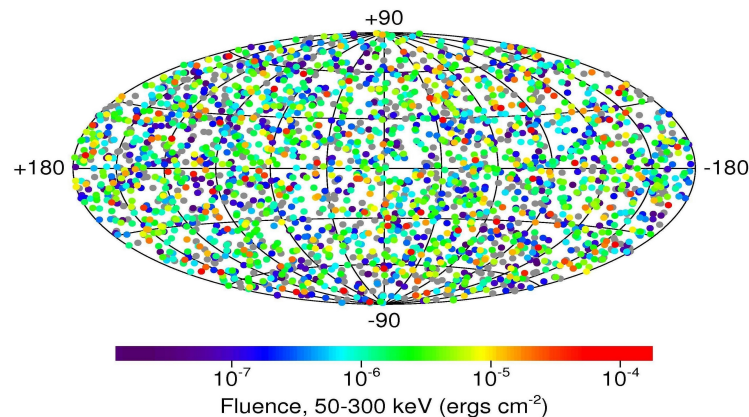
Michael Richmond

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



STS-37 Crew, Compton Science Support Center, NASA

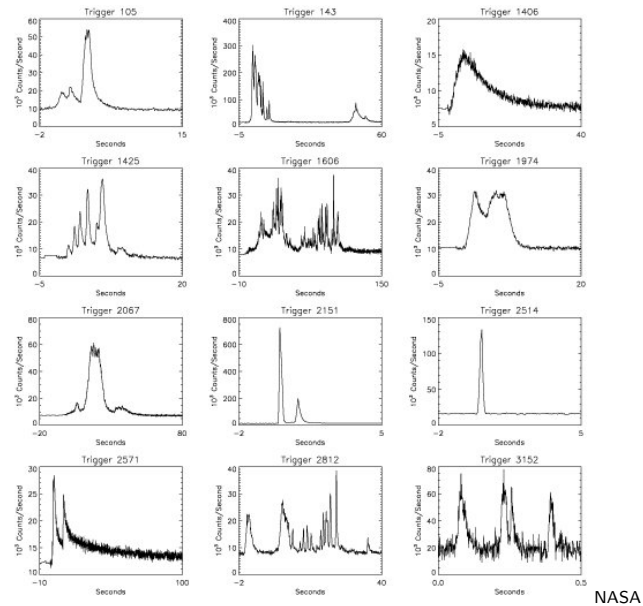
## 2704 BATSE Gamma-Ray Bursts



NASA

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

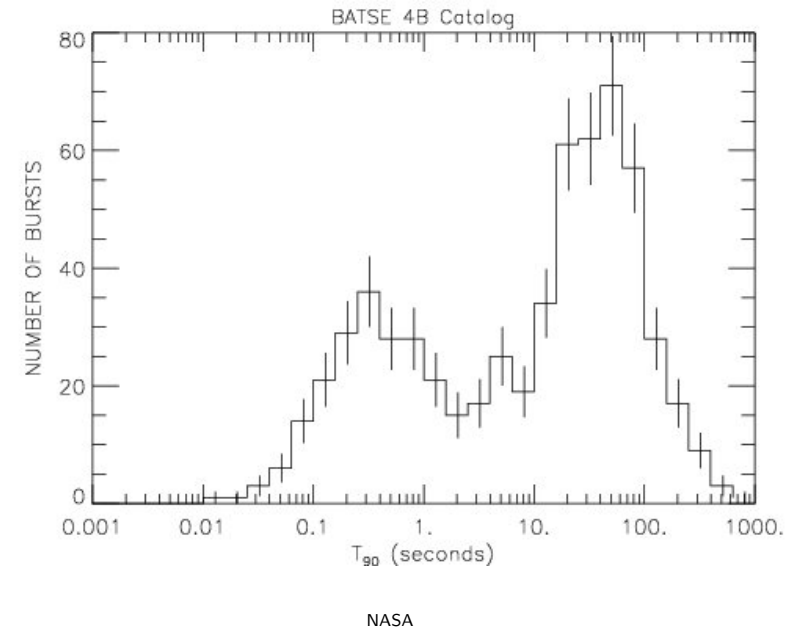
# Beispiele



Philipp Willmann

Gamma Ray Bursts

# Einteilung



Philipp Willmann

Gamma Ray Bursts

# Einteilung

## Short GRB's

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

## Long GRB's

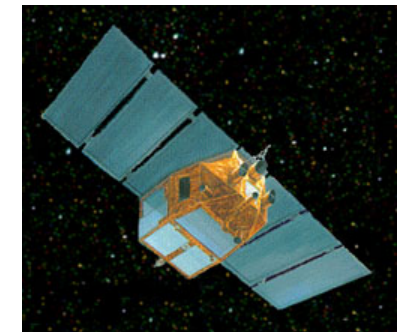
- Typ II
- Dauer  $> 2s$
- weiches Spektrum
- $10^{51} - 10^{53}$ erg

Philipp Willmann

Gamma Ray Bursts

# BeppoSax

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



NASA

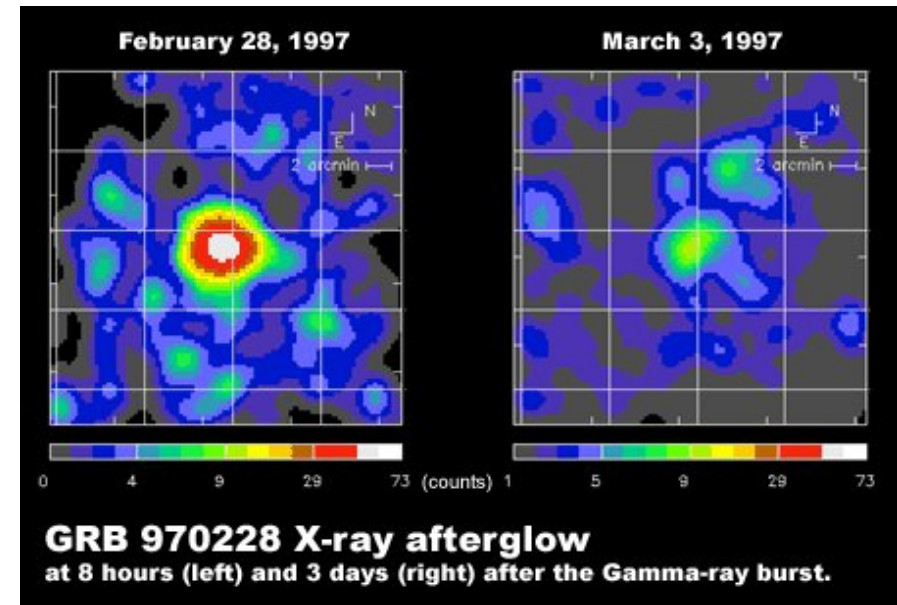
Philipp Willmann

Gamma Ray Bursts

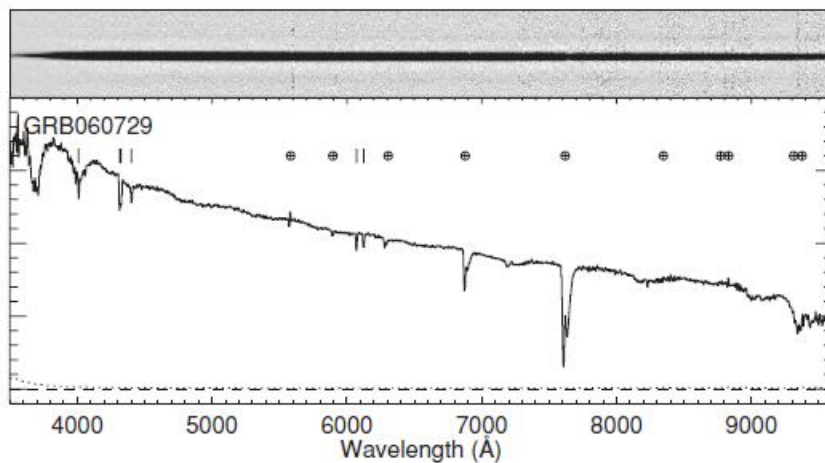
# Afterglow

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

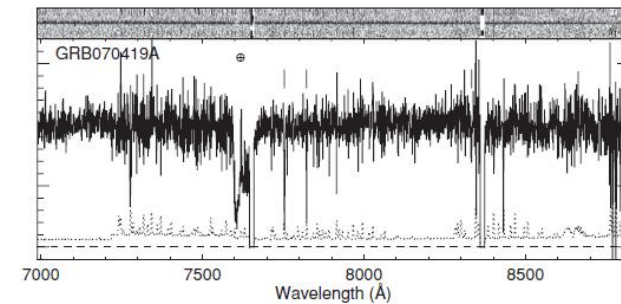
# Afterglow - Beispiel



# Afterglow - Spektrum



# BeppoSax - Ergebnisse

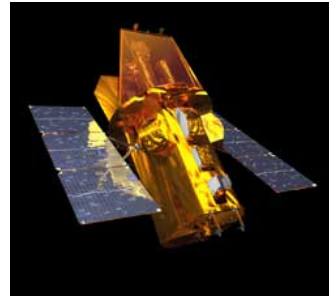


Möglichkeit Entfernung über  $z$  genau zu bestimmen

⇒ 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?



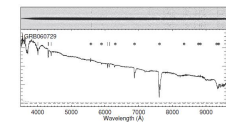
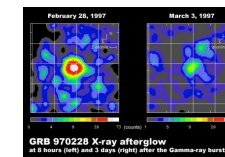
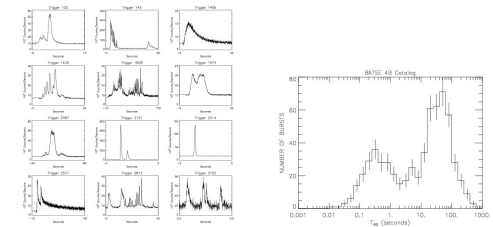
DLR

# Rekorde

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

# Übersicht

- große Vielfalt
- Lang - Kurz
- Afterglow
- extragalaktisch





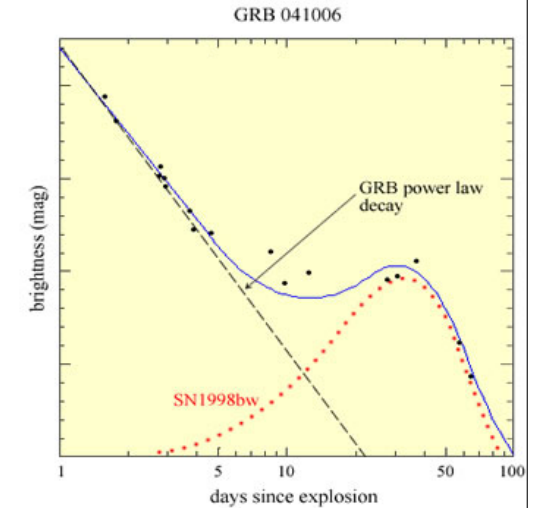
# GRB - Supernova

GRB 980425

- BeppoSax
- Röntgenafterglow
- SN1998bw in Fehlerbox
- Übereinstimmung:  $\pm 1$  Tag
- eingehendere Betrachtung

# GRB - Supernova

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



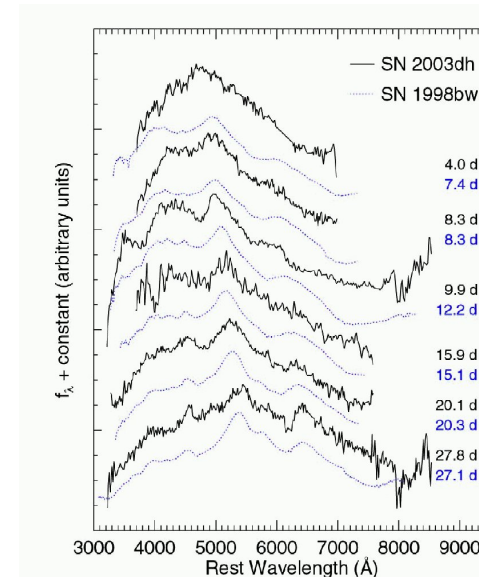
# GRB - Supernova Nachweis

GRB 030329

- spektroskopischer Nachweis - SN2003dh
- große Ähnlichkeit zur Supernova SN1998bw

mehrere Nachweise (z.B. GRB 031203)

# Vergleich



- gute Übereinstimmung
- gleiche Ursache
- 1bc Supernova

# Übersicht

- 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

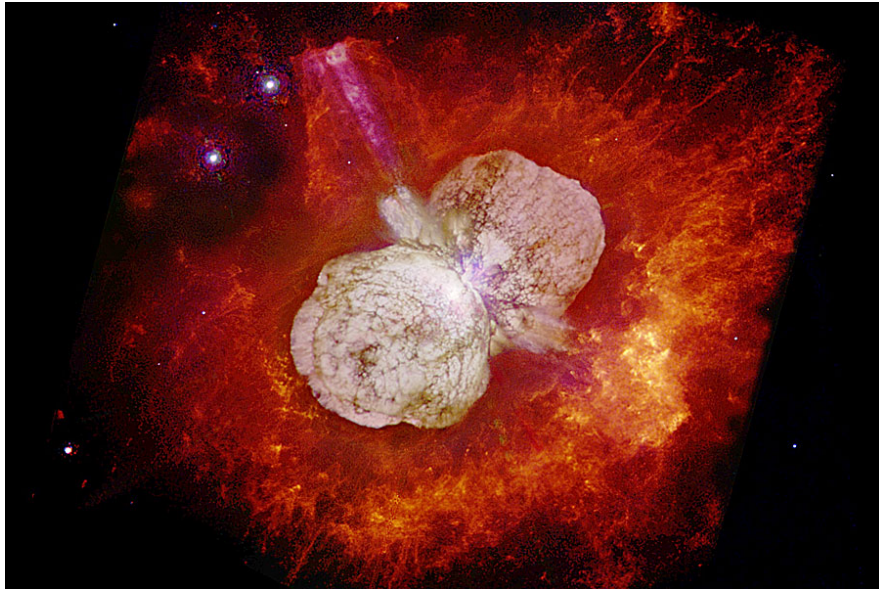
# Modelle

- 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 - $\eta$ Carinae



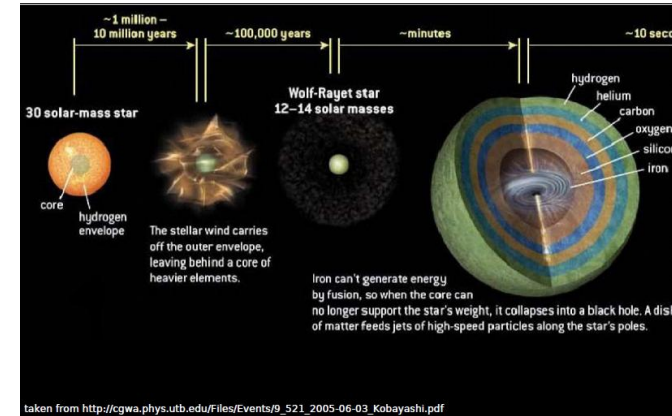
NASA

Philipp Willmann

Gamma Ray Bursts

# Long GRB's - Collapsar-Modell

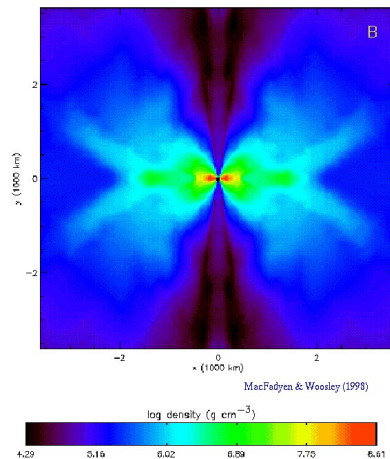
- Wolf-Rayet Stern (schnelle Rotation)
- Kernkollaps
- Schwarzes Loch
- Akkretionsscheibe



Philipp Willmann

Gamma Ray Bursts

# Akkretionsscheibe



- Magneto-hydrodynamik
- Magnetische Kräfte
- Emission entlang Rotationsachse
- Jet

Philipp Willmann

Gamma Ray Bursts

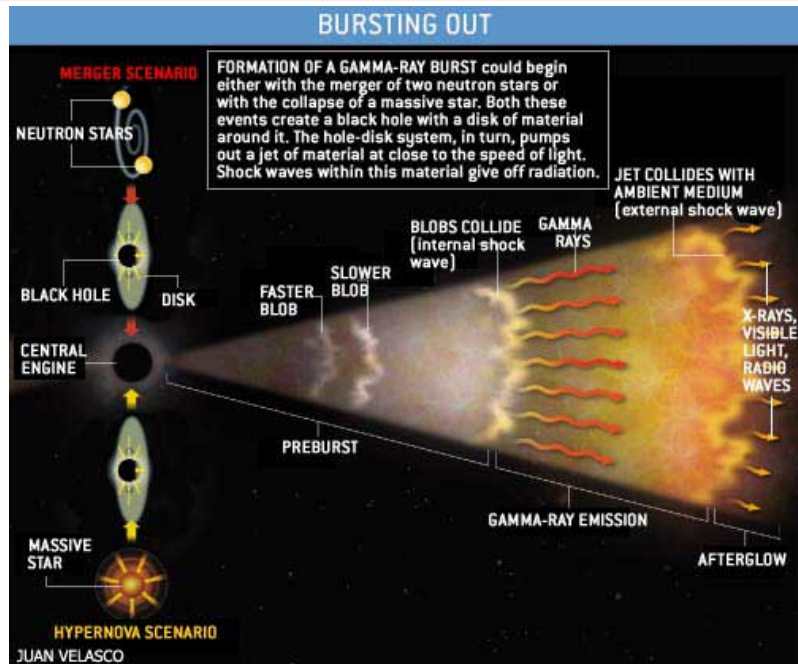
# Jet

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

Philipp Willmann

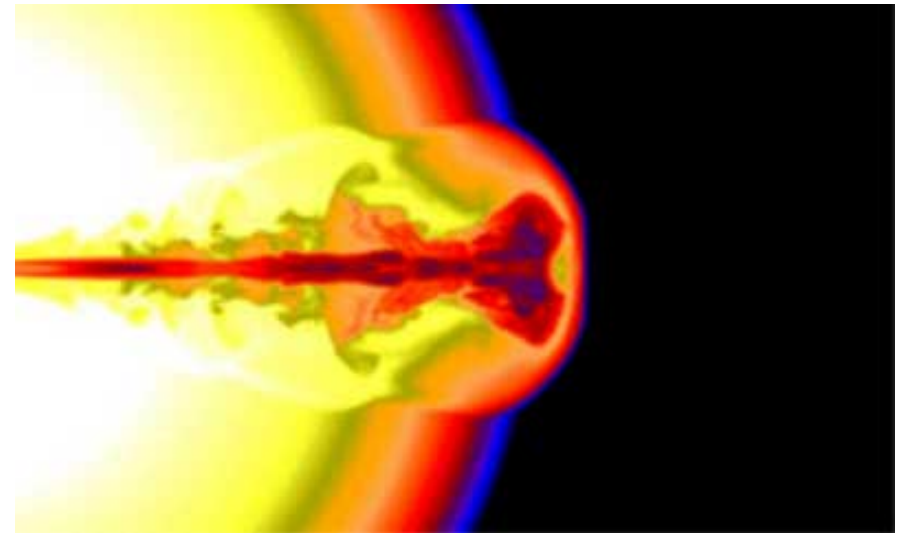
Gamma Ray Bursts





Philipp Willmann

Gamma Ray Bursts



Philipp Willmann

Gamma Ray Bursts

## Short GRB's - Vermutung

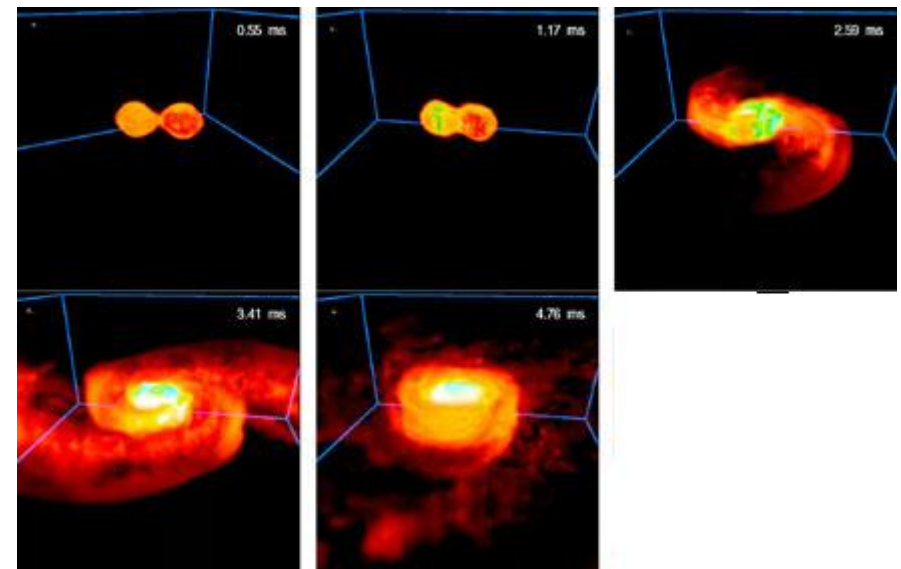
Neutronensternverschmelzung  
(auch NS - Schwarzes Loch möglich)

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

Philipp Willmann

Gamma Ray Bursts

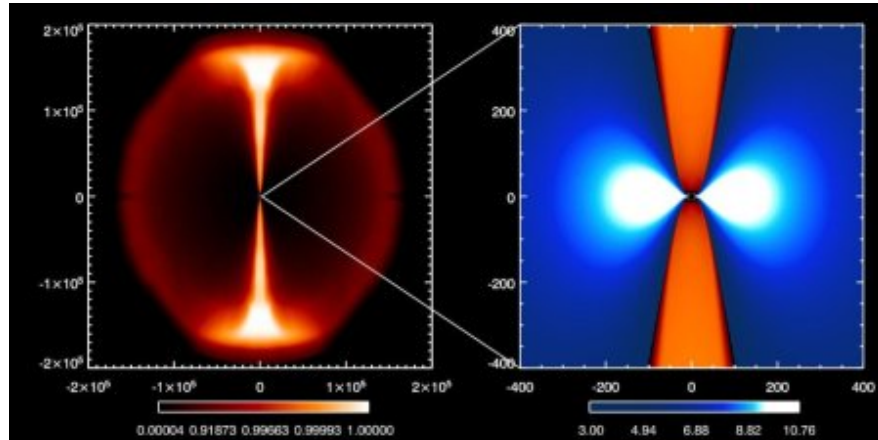
## Short GRB - Simulation



Max-Planck-Institut für Astrophysik

Philipp Willmann

Gamma Ray Bursts



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

- Klose et al, „Gamma-Ray Bursts: Die stärksten Explosionen im Universum“, Physik unserer Zeit 6/2007
- Klose et al, „Gamma-Ray Bursts - ein aktueller Forschungsschwerpunkt der Astrophysik“, <http://www.tls-tautenburg.de/research/klose/GRBs.german.html>
- S.E.Woosley and J.S.Bloom, „The Supernova-Gamma-Ray Burst Connection“, Annu.Rev.Astron.Astropys.2006;44:507-556
- P.Meszáros, „Theories of Gamma-Ray Bursts“, Annu.Rev.Astron.Astropys.2002;40:137-169
- Fynbo et al, „Low Resolution Spectroscopy Of Gamma-Ray Burst Optical Afterglows“, The Astrophysical Journal Supplement Series, 185:526-573,2009 December
- Alain Mazure and Stephane Basa, Paris 2007, *Exploding Superstars*
- [http://www.wissenschaft-online.de/astrowissen/lexdt\\_g.html](http://www.wissenschaft-online.de/astrowissen/lexdt_g.html)
- <http://www.scinexx.de/dossier-372-1.html>-Nur der Urknall war stärker