

Gamma Ray Bursts – Fakten und die Zukunft

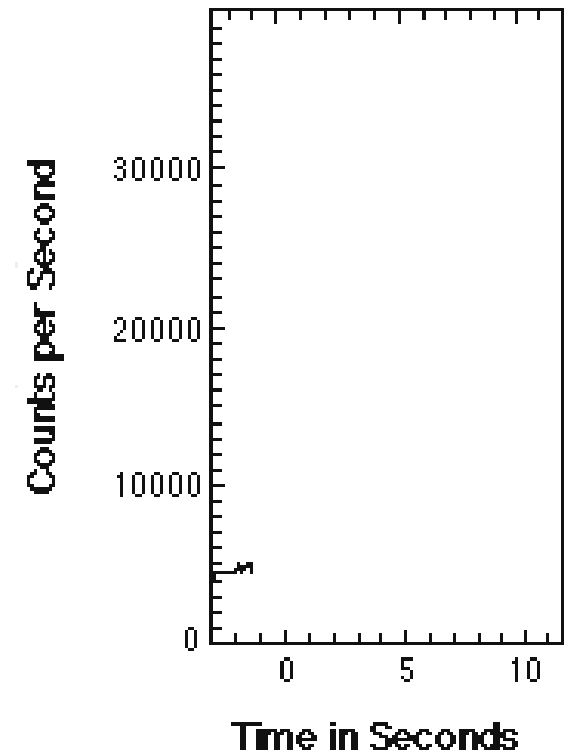
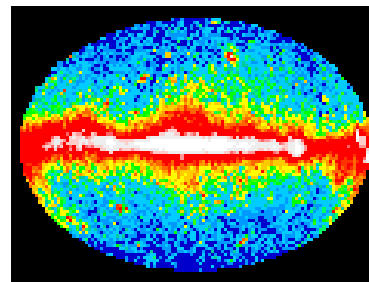
Markus Garczarczyk
Max-Planck-Institut für Physik
München

Inhalt:

- 1) Was ist ein Gamma Ray Burst?
- 2) GCN Netzwerk
- 3) Spezielle Merkmale des MAGIC Teleskops
- 4) Mehr Details zu GRBs
- 5) Ergebnis der Studie zur Beobachtung
von GRBs mit dem MAGIC Teleskop

Was ist ein GRB?

- Zufällige Entdeckung durch das VELA Experiment
- Energiereichstes Prozess im Universum
- Strahlenemission hauptsächlich im γ -Wellenlängenbereich
- Erscheint an einer unvorhersagbaren Position am Himmel
- Dauer von wenigen zehntel einer Sekunde



Compton Gamma-Ray Observatory

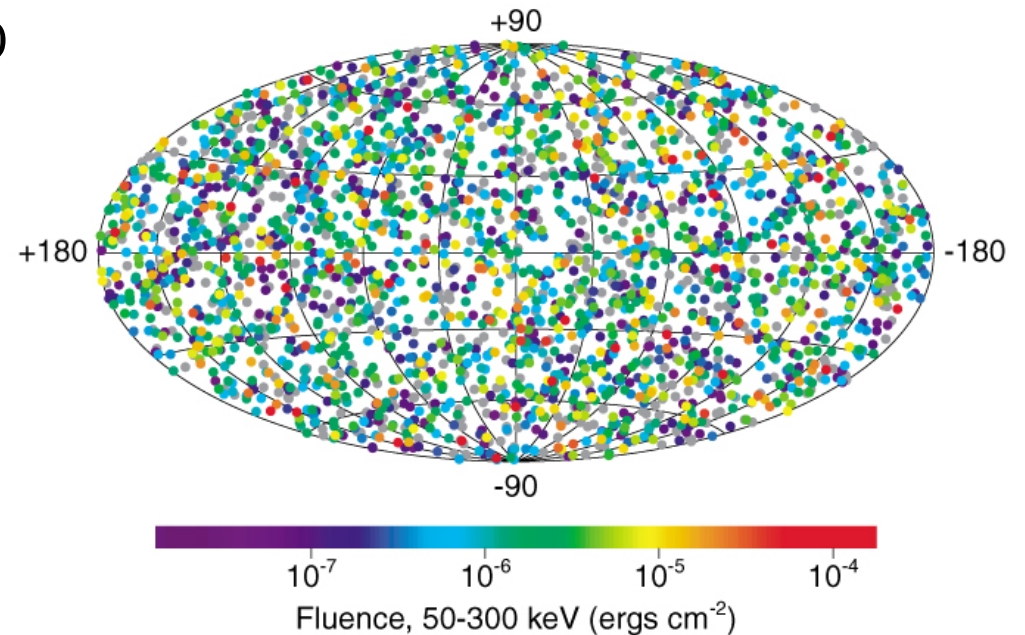
Beginn der CGRO Mission in 1991

- **BATSE:** Burst and Transient Experiment
beobachtete isotropische Verteilung
→ kosmologischer Ursprung
- **EGRET:** Energetic Gamma Ray Experiment
Telescope beobachtete Emission in den
hochenergetischen Gamma-Wellenlängen
Bereich

Ende des CGRO Experimentes im Juni 2000



2704 BATSE Gamma-Ray Bursts



GRB Coordinates Network



- Gegründet 1993 (bislang ~100 Teilnehmer auf der ganzen Welt)
- Standort Goddard Space Flight Centre in Greenbelt MD

Aufgaben:

- Empfang von GRB Koordinaten der Satellitenexperimente und Weiterleitung dieser an die Teilnehmer

$\Delta t < 1\text{s}$ für das Burst Monitor System des MAGIC Teleskops

- Empfang und Weiterleitung der Beobachtungsergebnisse anderer Experimente

```
Packet Type = TYPE_HETE_GNDANA_SRC
PKT INFO: Received: LT Tue May 11 15:11:29 2004
Type= 43, SN= 0
Hop_cnt= 0
PKT_SOD= 0.00 [sec] delta=54689.00
Trig#= 3218
Seq#= 3
BURST_TJD= 13136
BURST_SOD= 46906.08 [sec] delta=7782.92
TRIGGER_SOURCE: Trigger on the 25-400 keV band.
GAMMA_CTS_S: 137 [cnts/s] on a 5.200 sec timescale
WXM_SIG/NOISE: 8 [sig/noise] on a 6.080 sec timescale
Data present.
SXC_CTS_S: 40
S/C orientation is available.
SC_-Z_RA: 202 [deg]
SC_-Z_DEC: -23 [deg]
BURST_RA: 221.958 (current)
BURST_DEC: -44.252 (current)
WXM position is available.
WXM_CORNER1: 221.8760 -44.2500 [deg] (J2000)
WXM_CORNER2: 222.1800 -44.1950 [deg] (J2000)
WXM_CORNER3: 222.2880 -44.6870 [deg] (J2000)
WXM_CORNER4: 221.9830 -44.7430 [deg] (J2000)
WXM_MAX_SIZE: 33.93 [arcmin]
WXM_LOC_SN: 17
SXC position is available.
SXC_CORNER1: 221.9580 -44.2515 [deg] (J2000)
SXC_CORNER2: 221.9580 -44.2515 [deg] (J2000)
SXC_CORNER3: 221.9580 -44.2515 [deg] (J2000)
SXC_CORNER4: 221.9580 -44.2515 [deg] (J2000)
SXC_MAX_SIZE: 2.67 [arcmin]
SXC_LOC_SN: 3
COMMENTS: Definite GRB.
COMMENT: SXC error box is circular; not rectangular.
COMMENT: The WXM & SXC positions are consistent; overlapping error boxes.
COMMENT: Burst_Veracity flag is true.
COMMENT: WXM data refined since S/C_Last Notice.
COMMENT: SXC data refined since S/C_Last Notice.
COMMENT: Invalid localization by flight code.
Source now IS NOT observable, Zenith=108.611, Azimuth=161.613
```

Spezialisierte Satellitenexperimente

Satellite	Start	End?	Instrument	Energy range	GRB/y	Accuracy	Delay
HETE-2	2000	2006?	FREGATE	4 – 400 keV	50	N/A	N/A
			WXM	1 – 10 keV	20	30'	8s
			SXC	0.5 – 2 keV	10	30'	8s
INTEGRAL	2003	2010?	IBIS	15 keV – 10 MeV	12	2'	15s
			SPI	20 keV – 8 MeV	20	30'	15s
SWIFT	2004	2010?	BAT	10 – 150 keV	300	5'	8s
			XRT	0.3 – 10 keV	300	2.5''	90s
			UVOT	170 – 650 nm	300	0.5''	90s
AGILE	2005	2007?	GRID	30 MeV – 30 GeV	20	20'	60s
			S-AGILE	10 – 40 keV	20	3'	> 1h
GLAST	2007	2017?	LAT	10 MeV – 100 GeV	200	10'	30s
			GBM	5 keV – 30 keV	200	15°	5s
ECLAIRS	2007?	2010?	LAXT	3 – 50 keV	200	5''	5s
			SXC	0.5 – 14 keV	200	5''	5s
			WFOC	500 – 700 nm	200	5''	5s

Start 28. Oktober 2004

Merkmale des MAGIC Teleskops

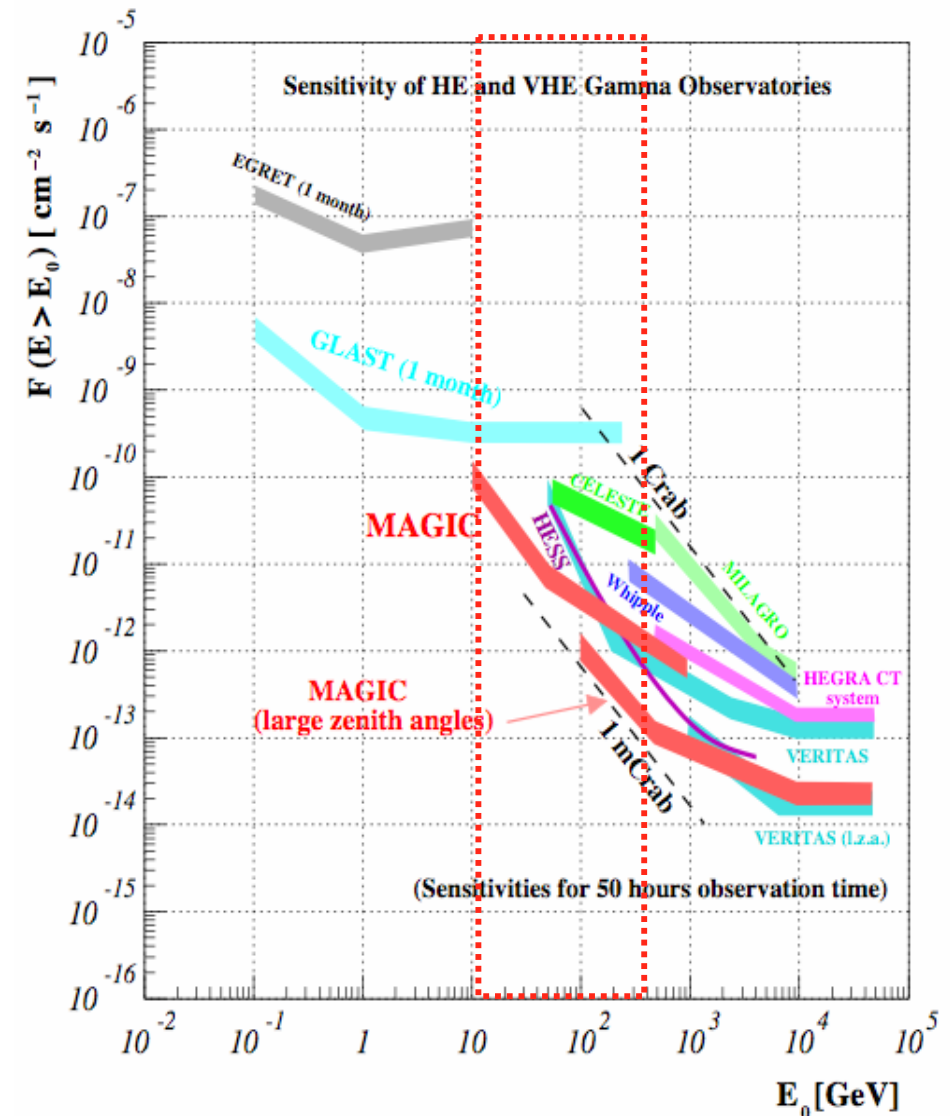
- Die Leichtbaukonstruktion erlaubt schnelle Bewegung des Teleskops
- Mit 70% der Motorenleistung bewegt sich das Teleskop um 180 Grad in beiden Achsen innerhalb von 22s



Merkmale des MAGIC Teleskops

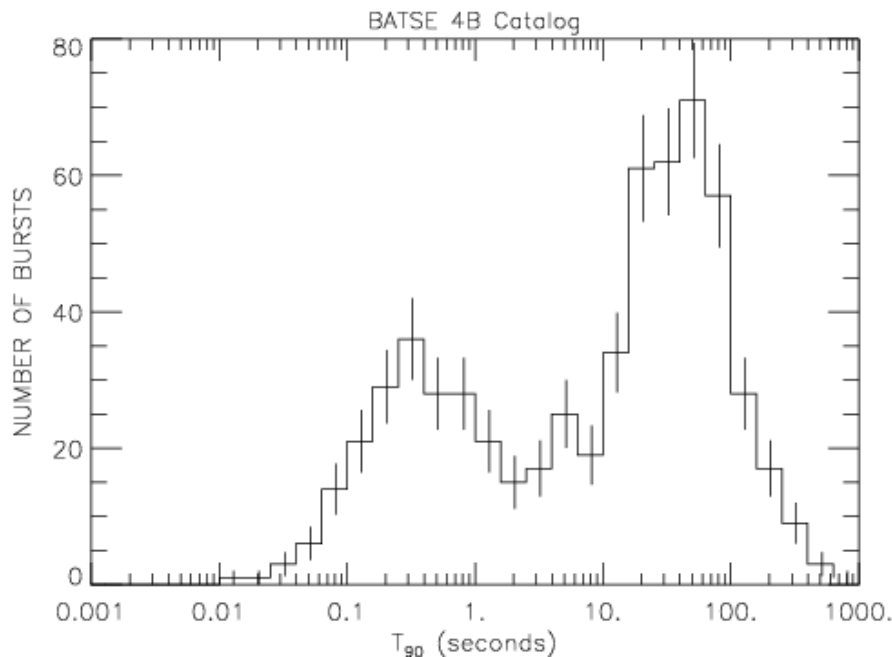
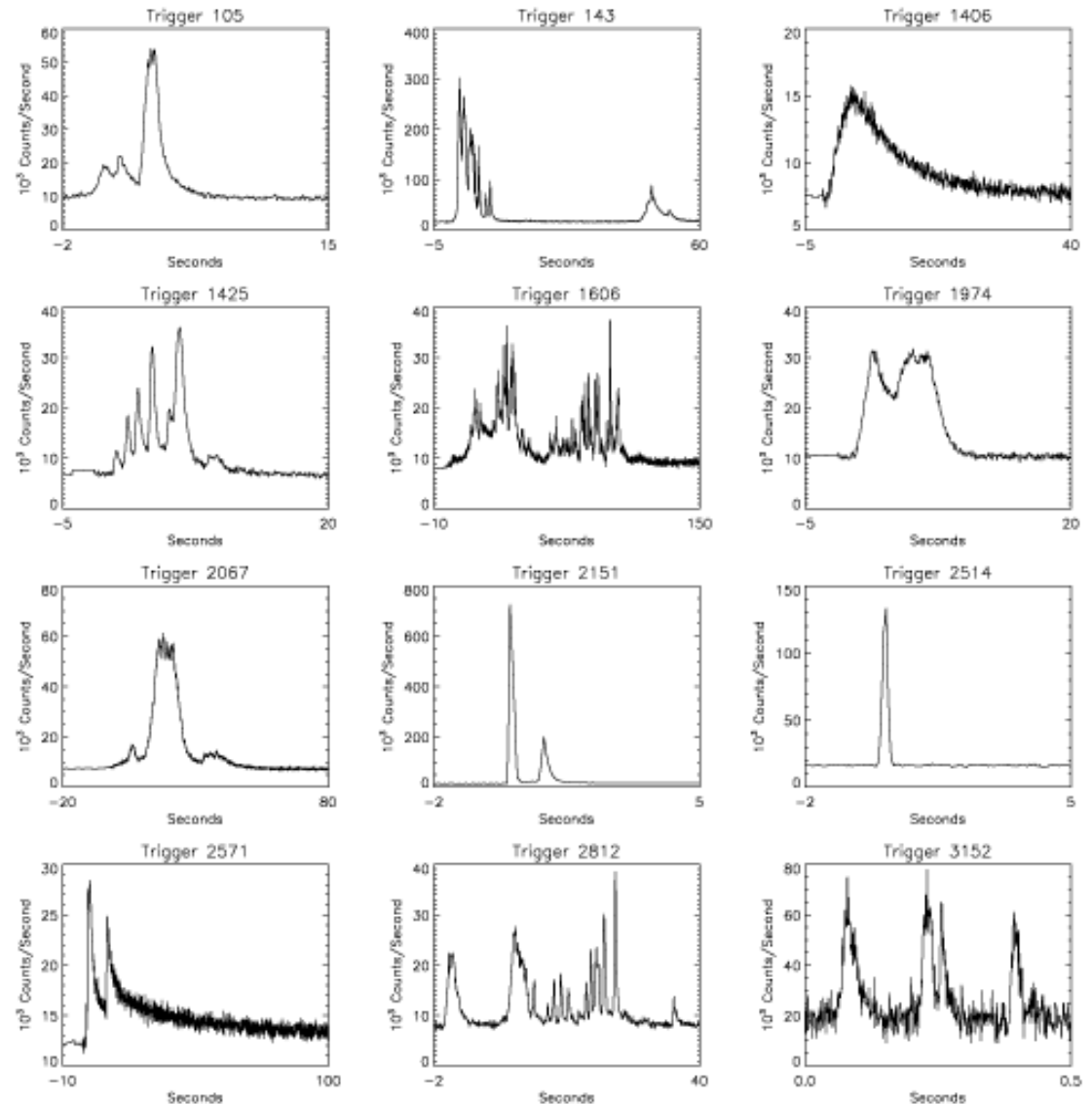
- Schnelle Positionierzeit < 20s
- Energieschwelle bei 30 GeV
- Spiegeloberfläche 241 m²
→ Effektive Kollektorfläche ~10⁵ km²

**MAGIC hat eine um den Faktor
10²-10³ höhere Sensitivität als
Satellitenexperimente**



Zeitspektrum des γ -Blitzes

- Dauer: $\geq 10^{-2}\text{s}$ to $\leq 10^3\text{s}$
- Zwei Arten...
zwei verschiedene Quellen?
lange GRBs: $\sim 20\text{s}$
kurze GRBs: $\sim 0.2\text{s}$
- Lichtkurven:
Variationen in der Struktur und Dauer

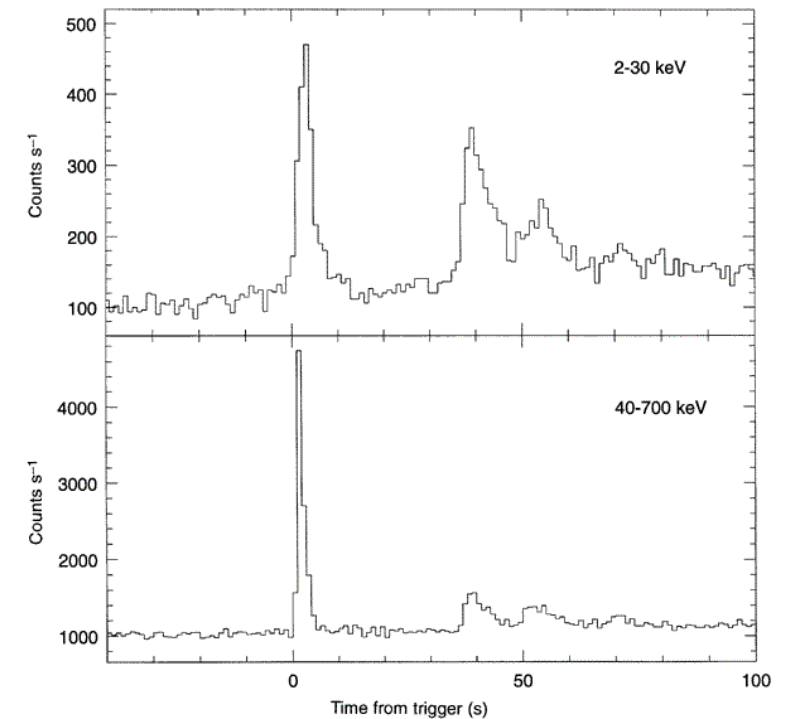
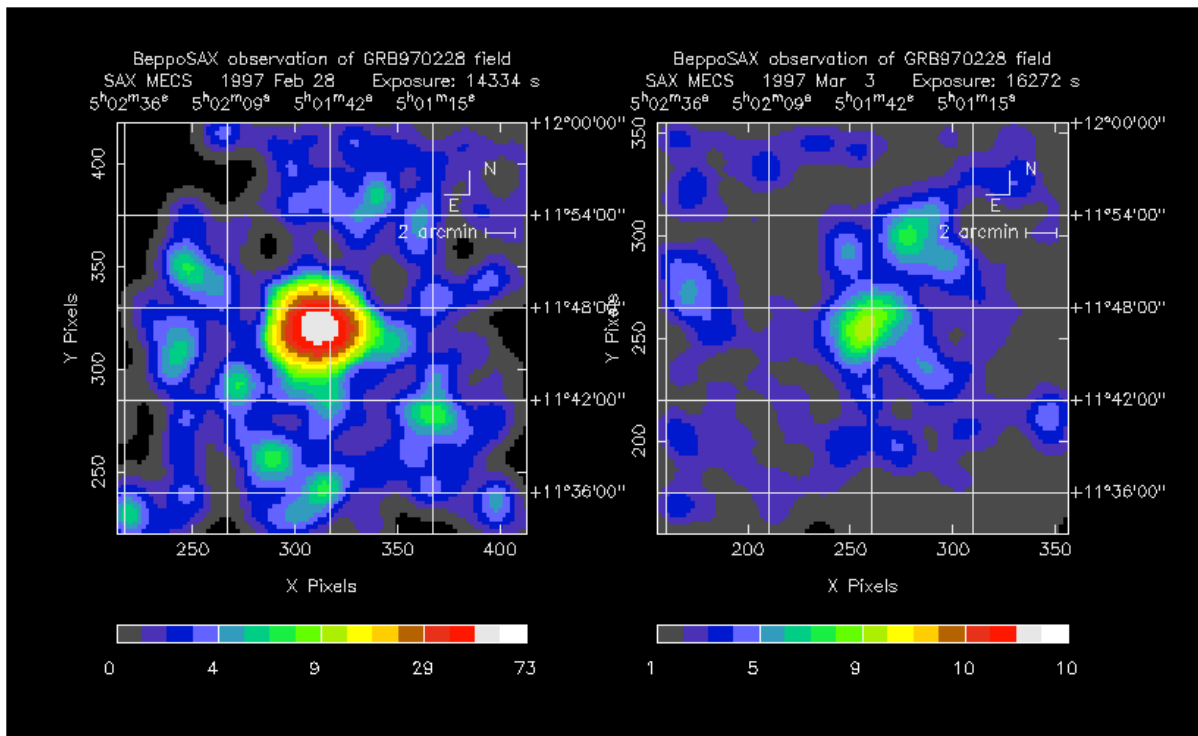


kürzester: 6ms
GRB910711

längster: 2000s
GRB991208

GRB Afterglow Observations

Mit der Hilfe des GCN werden die meisten langen GRBs auch im Röntgen-Wellenlängenbereich detektiert



GRB970218

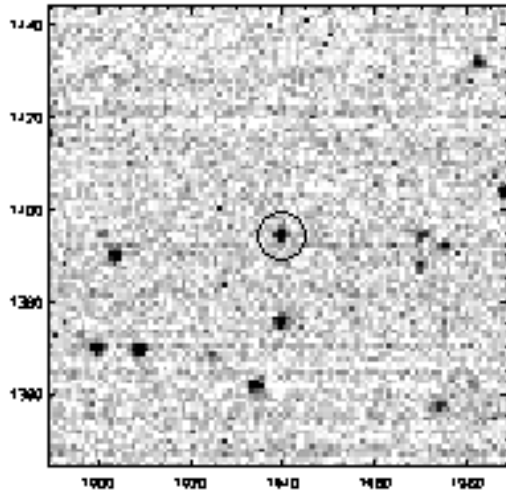
detektiert vom BeppoSAX
Satelliten 8 Stunden nach
dem Trigger

GRB Afterglow Observations

$m = 11.82$

22s, 5s exposure

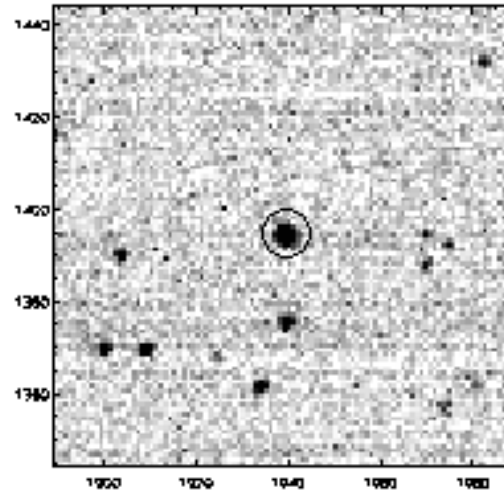
1999-01-23T09:47:18.30



$m = 8.95$

47s, 5s exposure

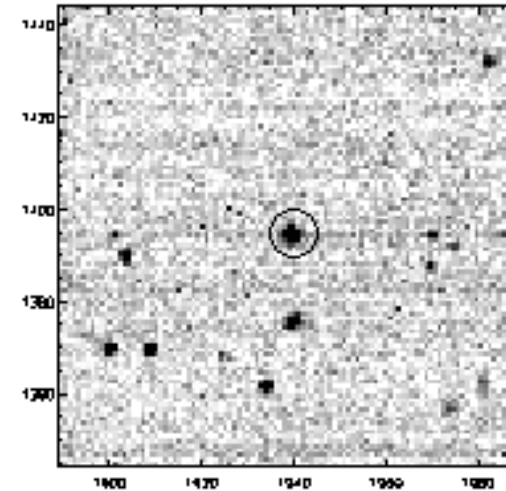
1999-01-23T09:47:43.50



$m = 10.08$

72s, 5s exposure

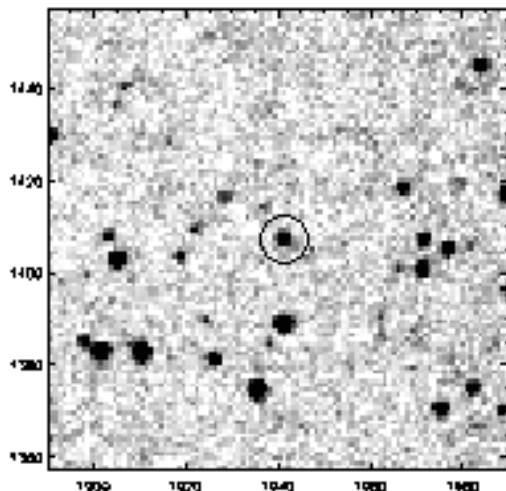
1999-01-23T09:48:08.79



$m = 13.22$

259s, 75s exposure

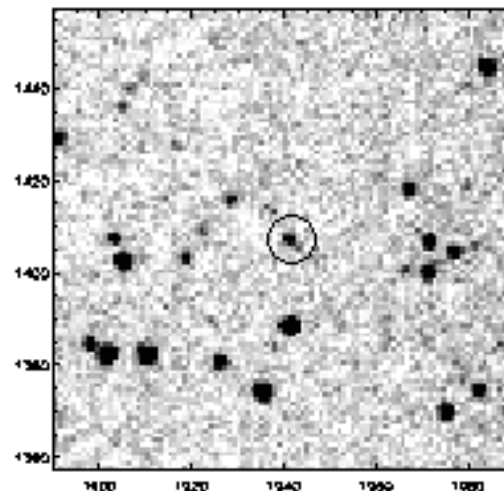
1999-01-23T09:51:37.51



$m = 14.0$

447s, 75s exposure

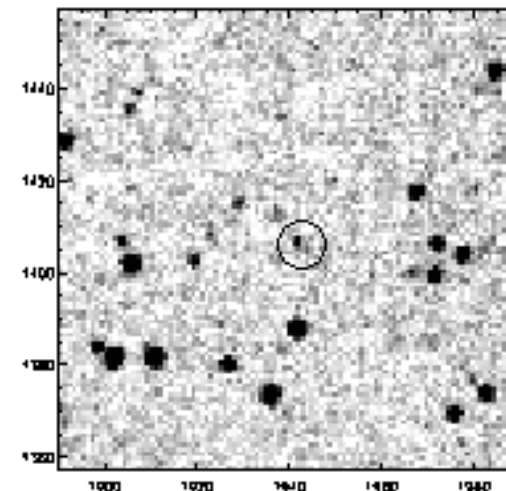
1999-01-23T09:54:22.76



$m = 14.53$

612s, 75s exposure

1999-01-23T09:57:08.06



GRB990123

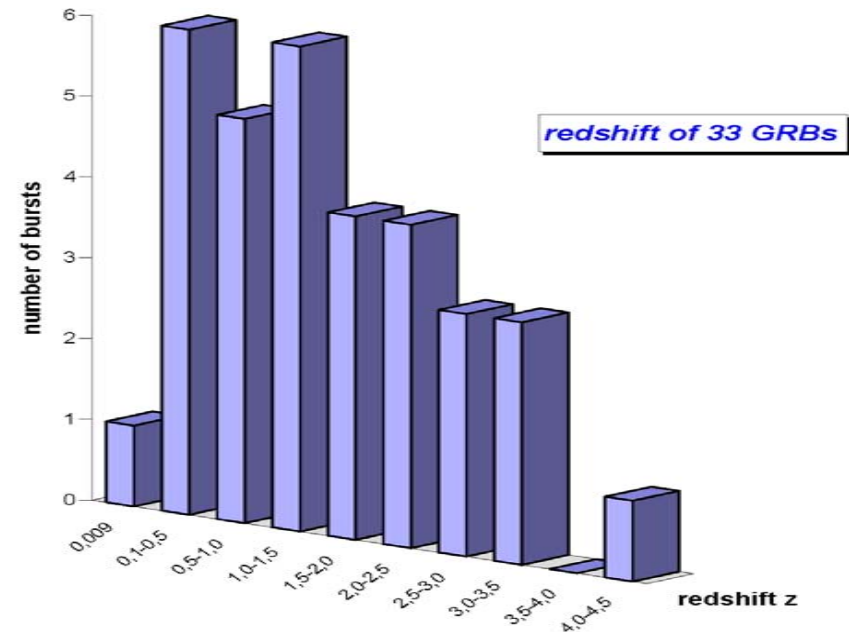
detektiert mit
ROTSE
Teleskop

$z = 1.6$

Die wichtigsten Beobachtungen...

- GRBs entstehen außerhalb unserer Galaxie

Mai 2004: 33 Messungen
 $z = 0.0085 \dots 4.5$



- Einige GRBs werden mit SN in Verbindung gebracht

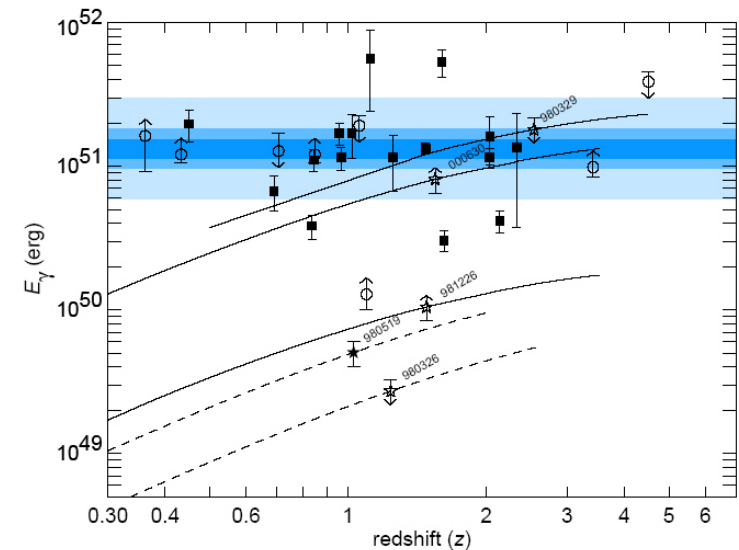
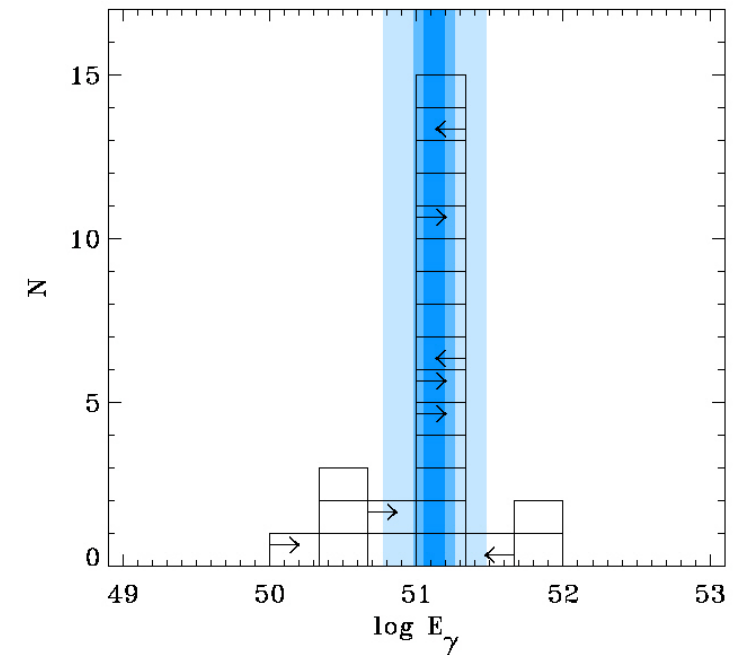
GRB970514 / SN1997cy
GRB971115 / SN1997ef
GRB980425 / SN1998bw
GRB030329 / SN2003dh



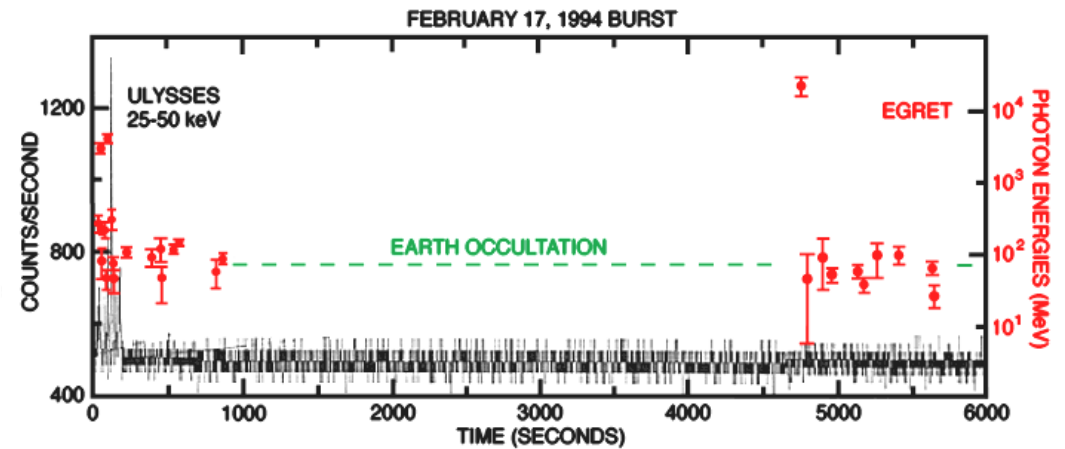
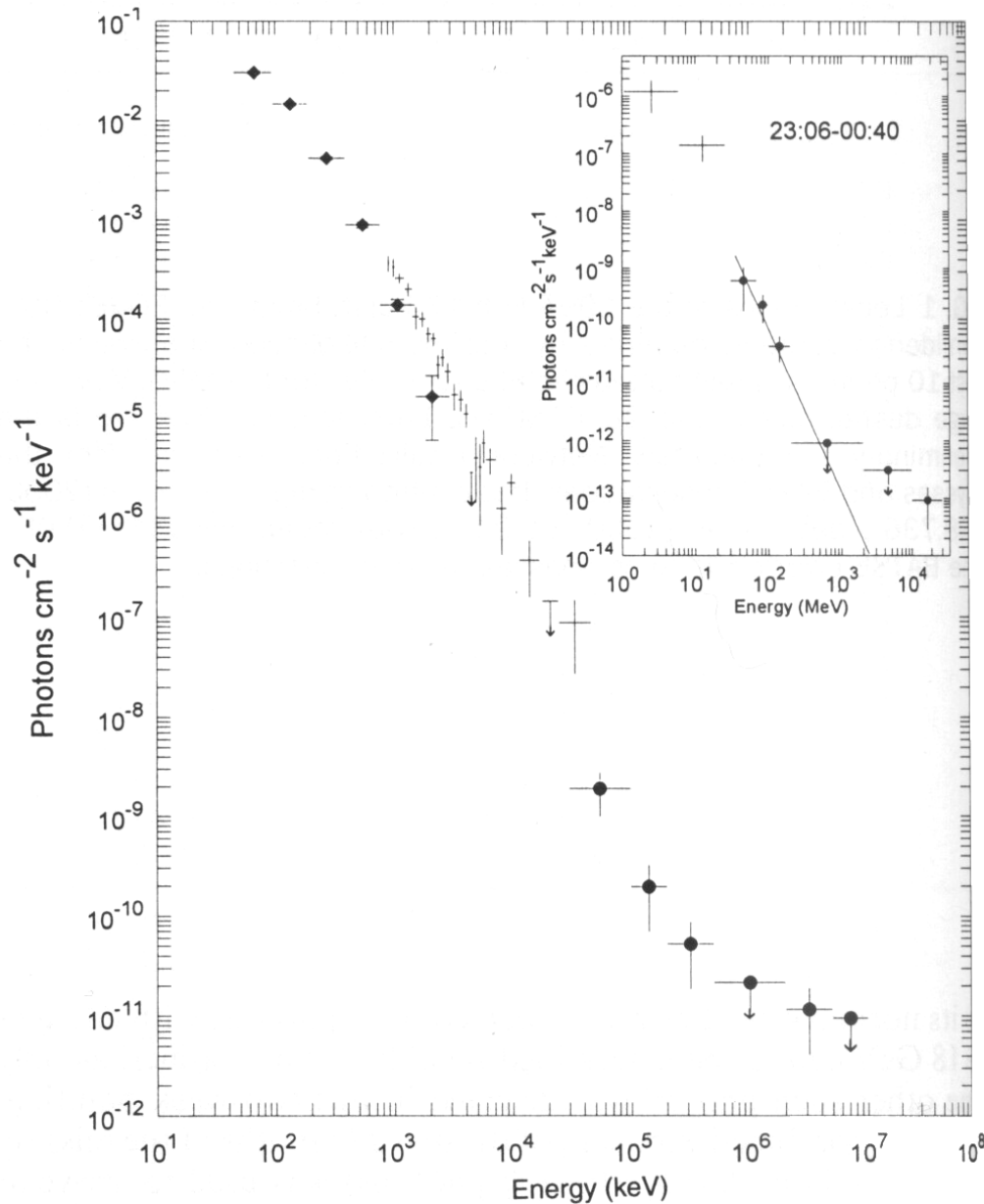
Standard Energy Release

Lange GRBs besitzen die gleiche Gesamtenergie

- Korrekturen für den Fakt, dass die Strahlung nicht radial sondern in einem kleinen Winkel emittiert wird → Jets
- Für 24 GRBs mit bekannter Rotverschiebung z und gemessener $E_{\gamma,iso}$ ist die korrigierte $E_{\gamma,iso\odot j2}$ konstant $\sim 10^{51} \text{eV}$



Hochenergetische Komponente



- BATSE detektierte einige GRBs mit höheren Energien
- Die Spektra scheinen keine Schwelle bei höheren Energien zu haben
 - GeV Emission bei GRB940217 nach 1.5h
 - Hinweis auf ein TeV Ereignis durch MILAGRITO bei GRB970417

Haben alle GRB eine HE Komponente?

Internal – External Shock Scenario

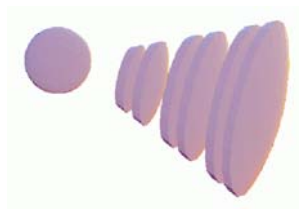
das Nachglühen ‘*afterglow*’ entsteht wenn
der relativistische Fluss mit den ISM
wechselwirkt

GRB werden erzeugt wenn
schnell bewegende Schalen
mit langsameren kollidieren

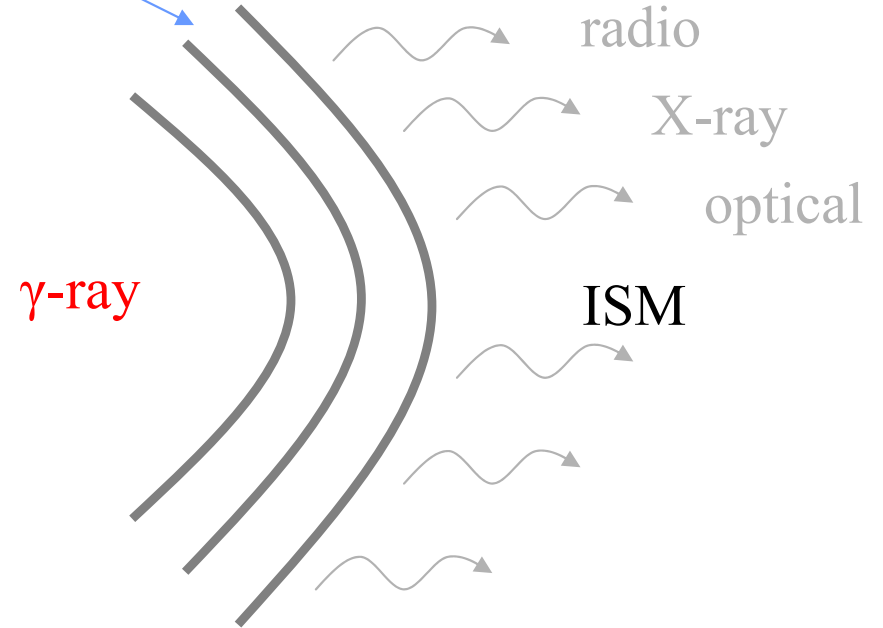
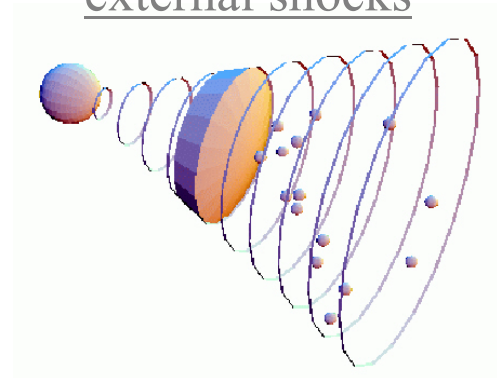
Quelle

- Zusammenstoß zweier Neutronensterne
- Hypernova & Collapsar

internal shocks



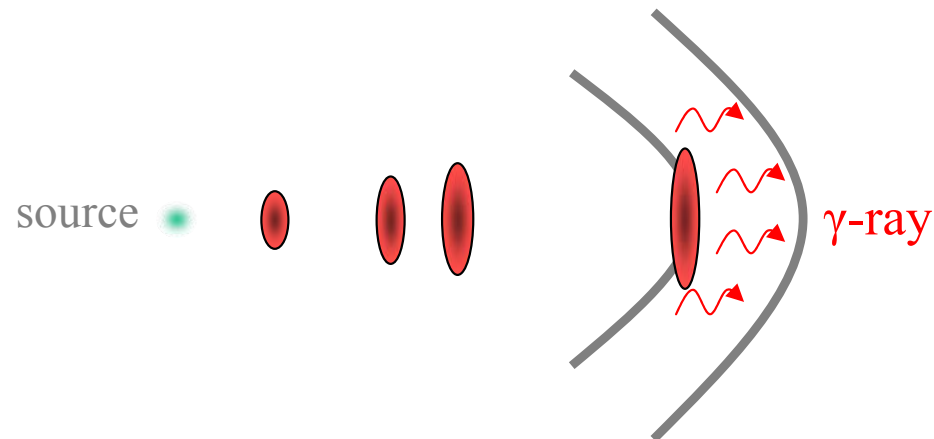
external shocks



Sari and Piran 1997

Cannonball Model

- Kollaps eines Sterns – SN → alle GRBs haben eine SN Explosion als Vorgänger
- Kanonenbälle:
 - Beam von Materie-Blasen $\Gamma \approx 1000$
 - Kanonenball trifft auf eine SN Schale → Anregung durch die Kollision
 - Emission der eigenen Strahlung aus dem Angeregten Zustand
 - Beschleunigung der Schale
 - 1 GRB Puls pro Kanonenball
- Afterglows entstehen wenn die Beschleunigten Schalen mit den ISM wechselwirken
- Die Hälfte der bekannten GRBs sind zu weit weg um die SN zu sehen



MAGIC & GRBs

Quantitative Abschätzung zur Beobachtbarkeit von GRBs mit MAGIC Teleskop, basierend auf realen Daten des Jahres 2001 und den folgenden Kriterien:

1. Wetterbedingen [NOT Wetterstation] / Beobachtungsbereich [NOVAS]:
 - Sonnenposition ($\geq 15^\circ$ unter den Horizont)
 - Mond (Winkelabstand zur Beobachtungsregion $\geq 30^\circ$)
 - Wolken (Feuchtigkeit $\leq 80\%$)
 - Windgeschwindigkeit (≤ 10 m/s)
2. Effektive Kollektorfläche (abhängig vom Zenithwinkel)
3. GRB Alarm (3. und 4. BATSE Katalog):

MAGIC & GRBs

Ergebnis der Untersuchung:

Anzahl der beobachtbaren GRB im Jahr 2001:

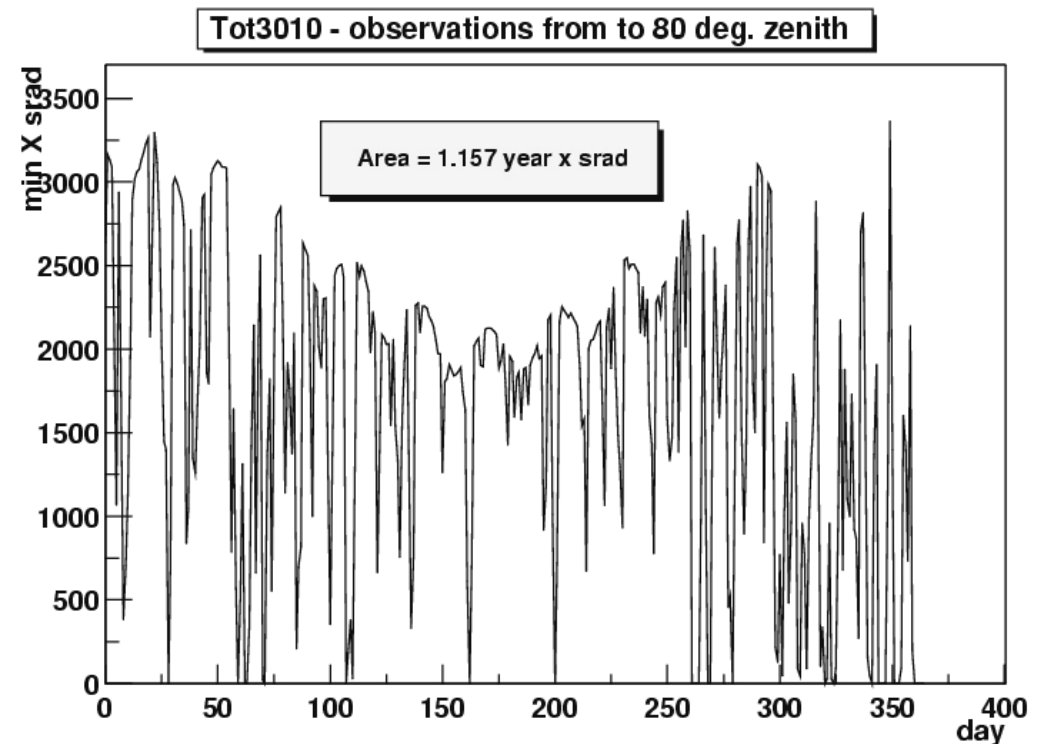
$$N_{GRB} = \sum_{\theta} D(\theta) \cdot \eta(\theta)$$

$D(\theta)$ Beobachtbarkeit: $1.157 \text{ srad} \times \text{Jahr} \rightarrow 9,2 \%$

$\eta(\theta)$ Anzahl der GRBs aus dem
3. und 4. BATSE Katalog:

*zwischen 5 und 24 GRBs/Jahr,
abhängig von den Δt zwischen
ersten Signal und Alarm*

$$N_{GRB} = 0.5 \div 2 \text{ GRB/Jahr}$$

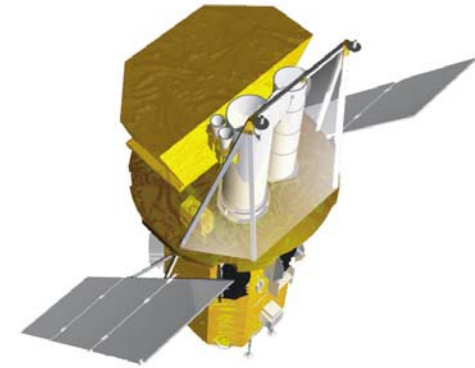


Beobachtbarkeit für jeden Tag des Jahres 2001

Zusammenfassung

Das Rätsel der Energiereichsten Explosionen im Universum ist seit der Entdeckung 1967 noch nicht gelöst.

Die Entwicklung immer besserer Experimente und Gründung des GCN lieferten viele Erkenntnisse.



Mit einer höheren Sensitivität als Satellitenexperimente wird das MAGIC Teleskop mit etwas Glück in der Lage sein die in einigen Modellen vorhergesagte hochenergetische γ -Strahlung* von GRBs zu beobachten.

** Zhang & Meszaros, “High Energy Spectral Components in GRBs Afterglows”, ApJ 559, 110, Mai 2001*

