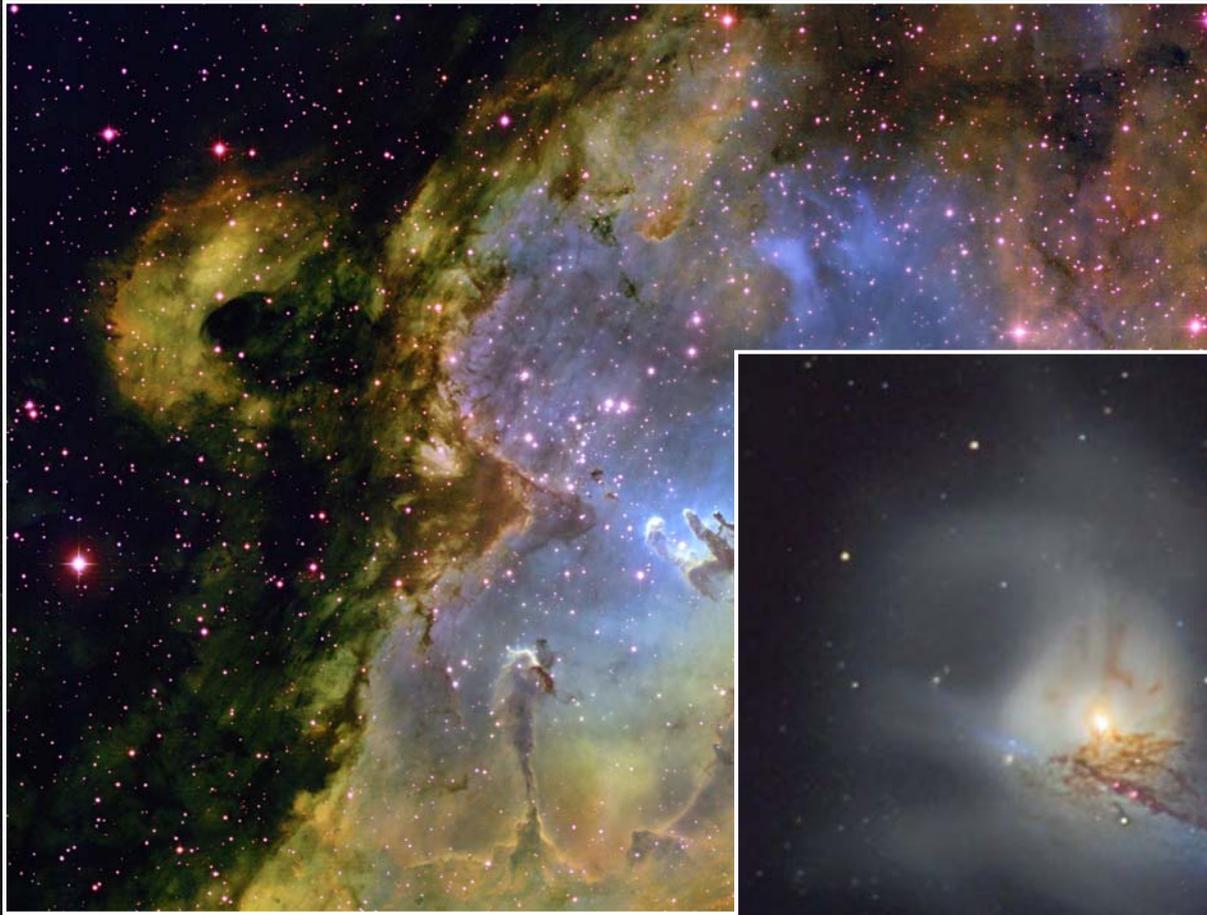


# MAGIC - Die Jagd nach Gammastrahlen aus den Tiefen des Universums

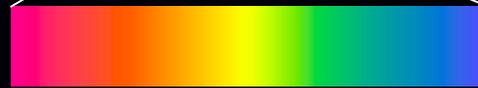
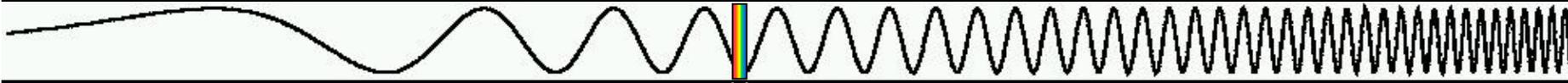
Florian Goebel  
MPI für Physik  
München



# Der Nachthimmel



# Spektrum Elektromagnetischer Strahlung



sichtbares Licht  
umfasst nur kleinen Ausschnitt

# Spektrum Elektromagnetischer Strahlung



Radio

Infrarot  
Licht

UV

Röntgen

Gamma

# Spektrum Elektromagnetischer Strahlung



Radio

Infrarot  
Licht  
UV  
Röntgen

Gamma

Wellenlänge ( $\lambda$ ):



Frequenz ( $\nu$ ):

$$\nu = c / \lambda$$



Lichtquanten Energie (E):  $E = h \cdot \nu$





Radio

Infrarot UV Röntgen

Gamma

# Licht





Radio

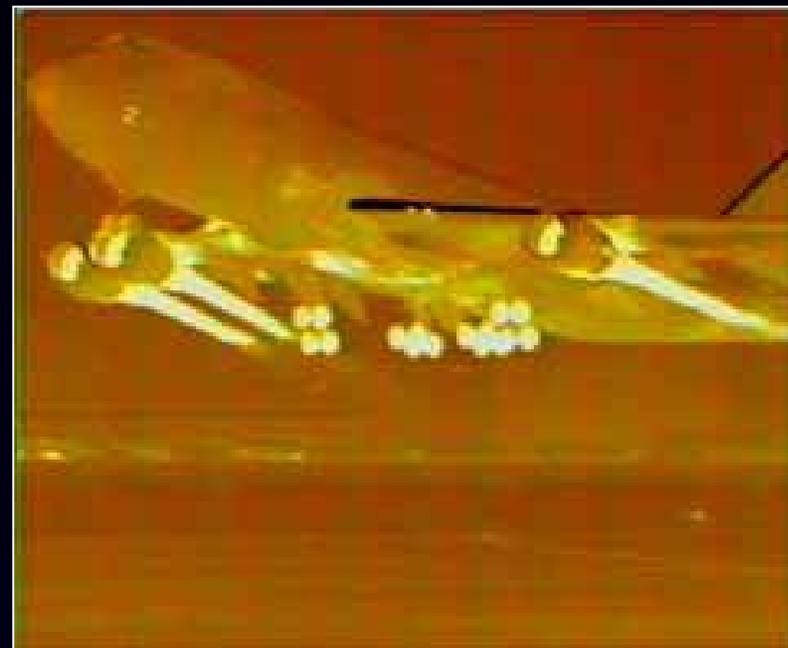
**Infrarot**

UV

Röntgen

Gamma

Licht





**Radio**

Infrarot UV Röntgen  
Licht

Gamma

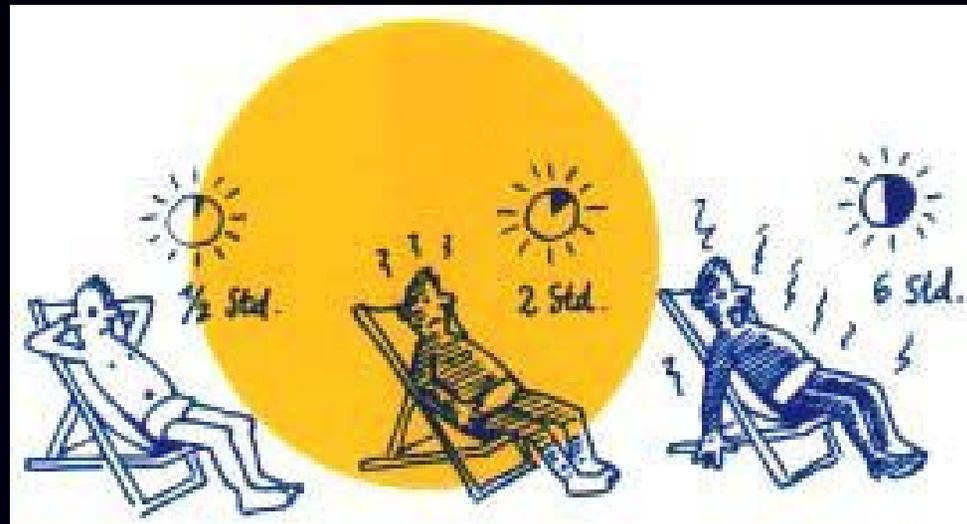




Radio

Infrarot **UV** Röntgen  
Licht

Gamma





Radio

Infrarot  
UV  
Licht

**Röntgen**

Gamma

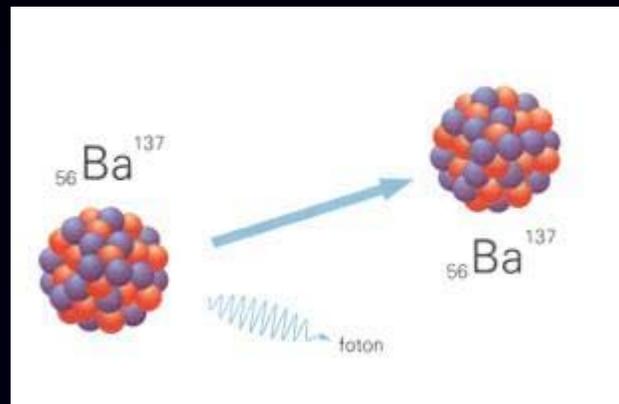




Radio

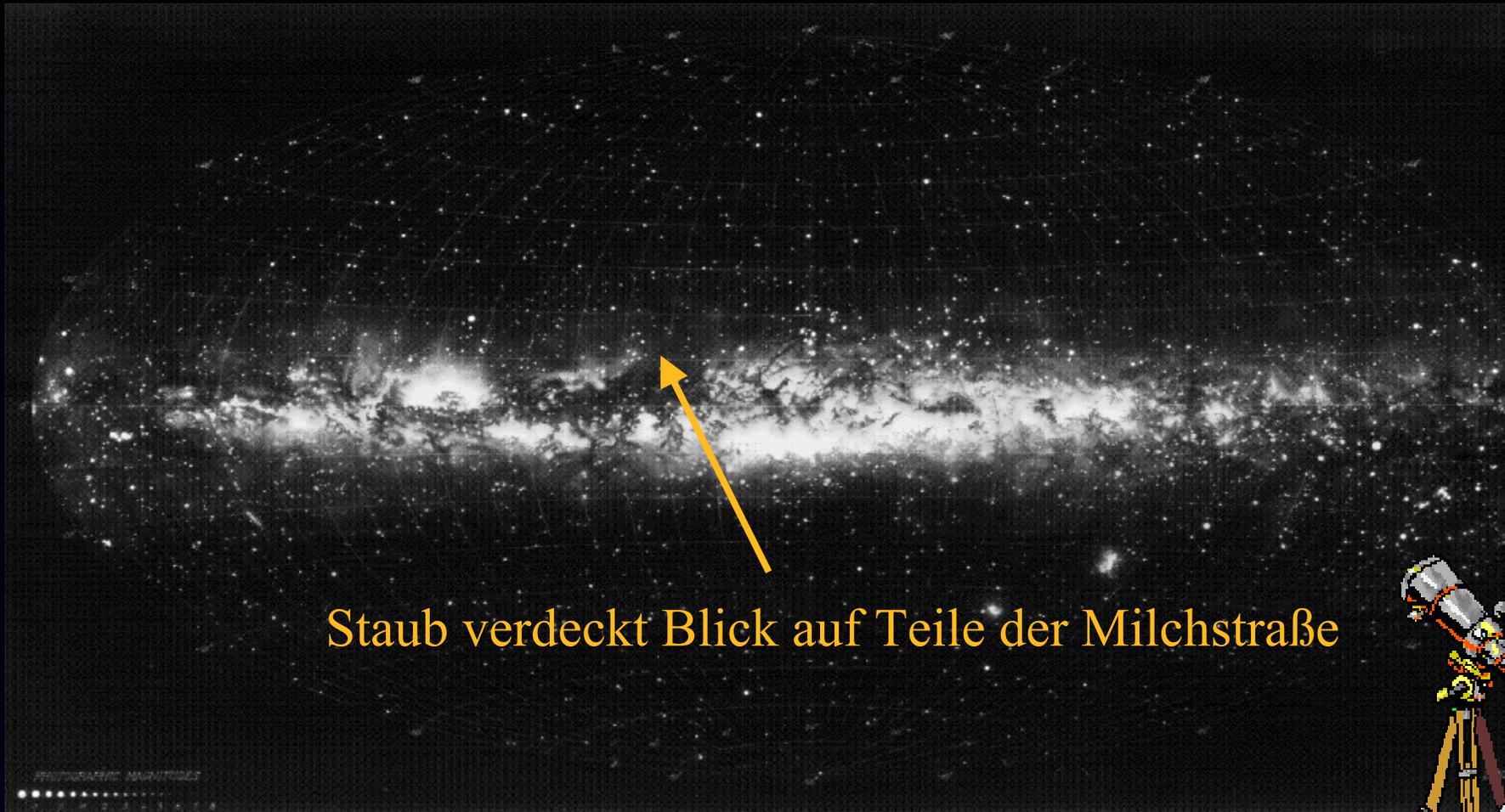
Infrarot  
UV  
Röntgen  
Licht

**Gamma**





optisches  
Licht



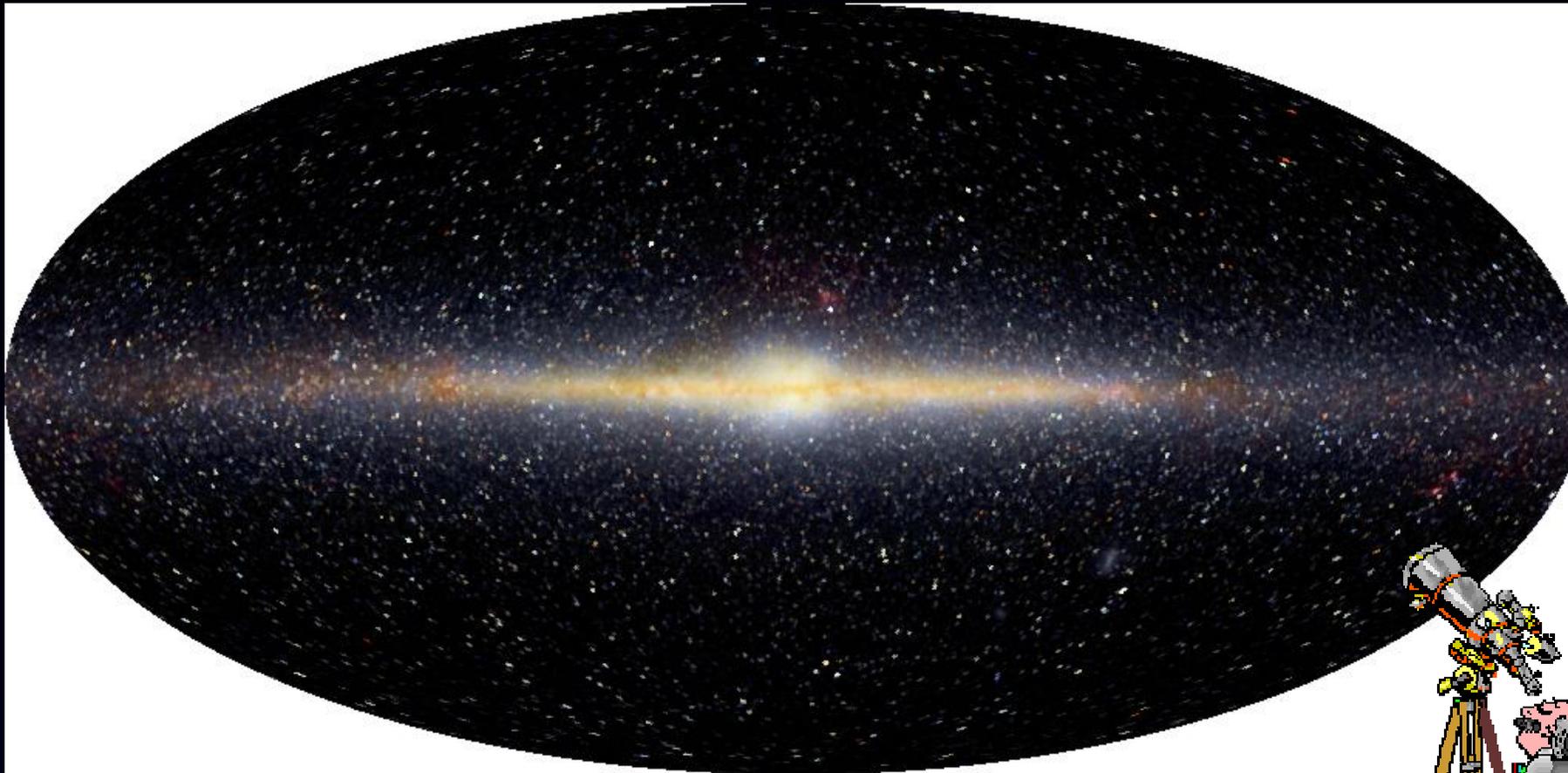
Staub verdeckt Blick auf Teile der Milchstraße

# Unsere Milchstraße

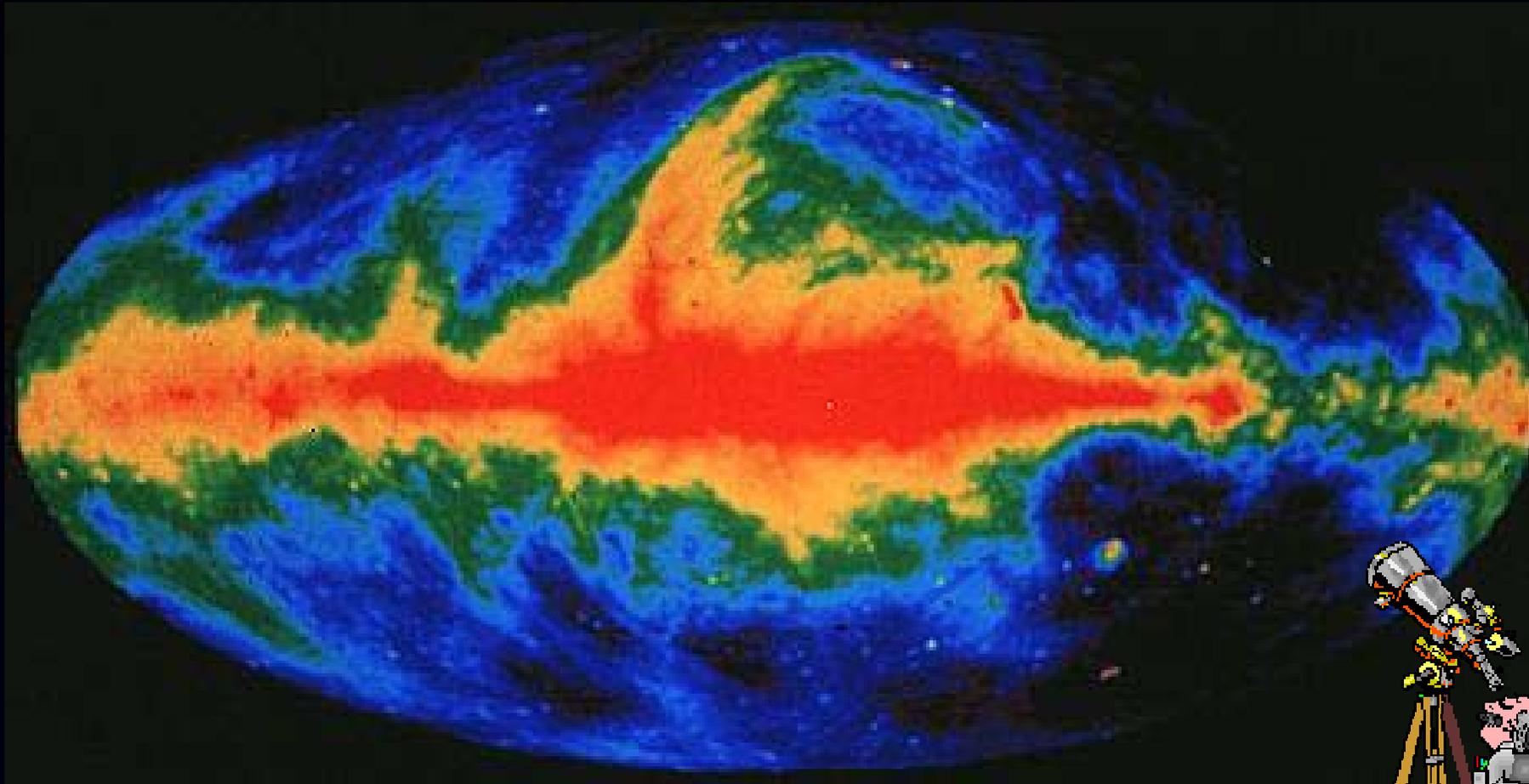
Florian Goebel, 16. Oktober 2004, Tag der offenen Tür am Max-Planck-Institut für Physik



# Infrarot-Strahlung

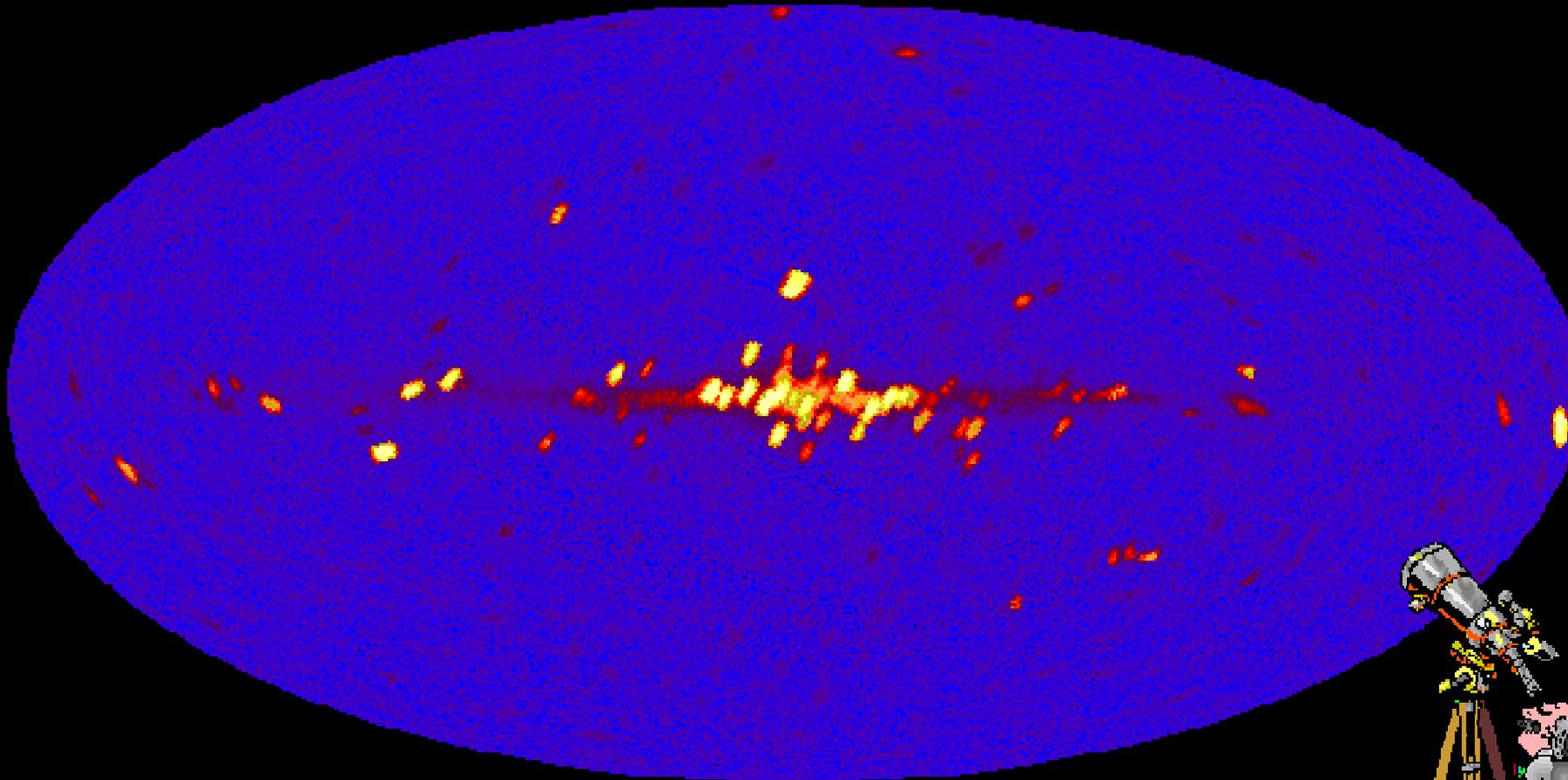


# Radio-Strahlung

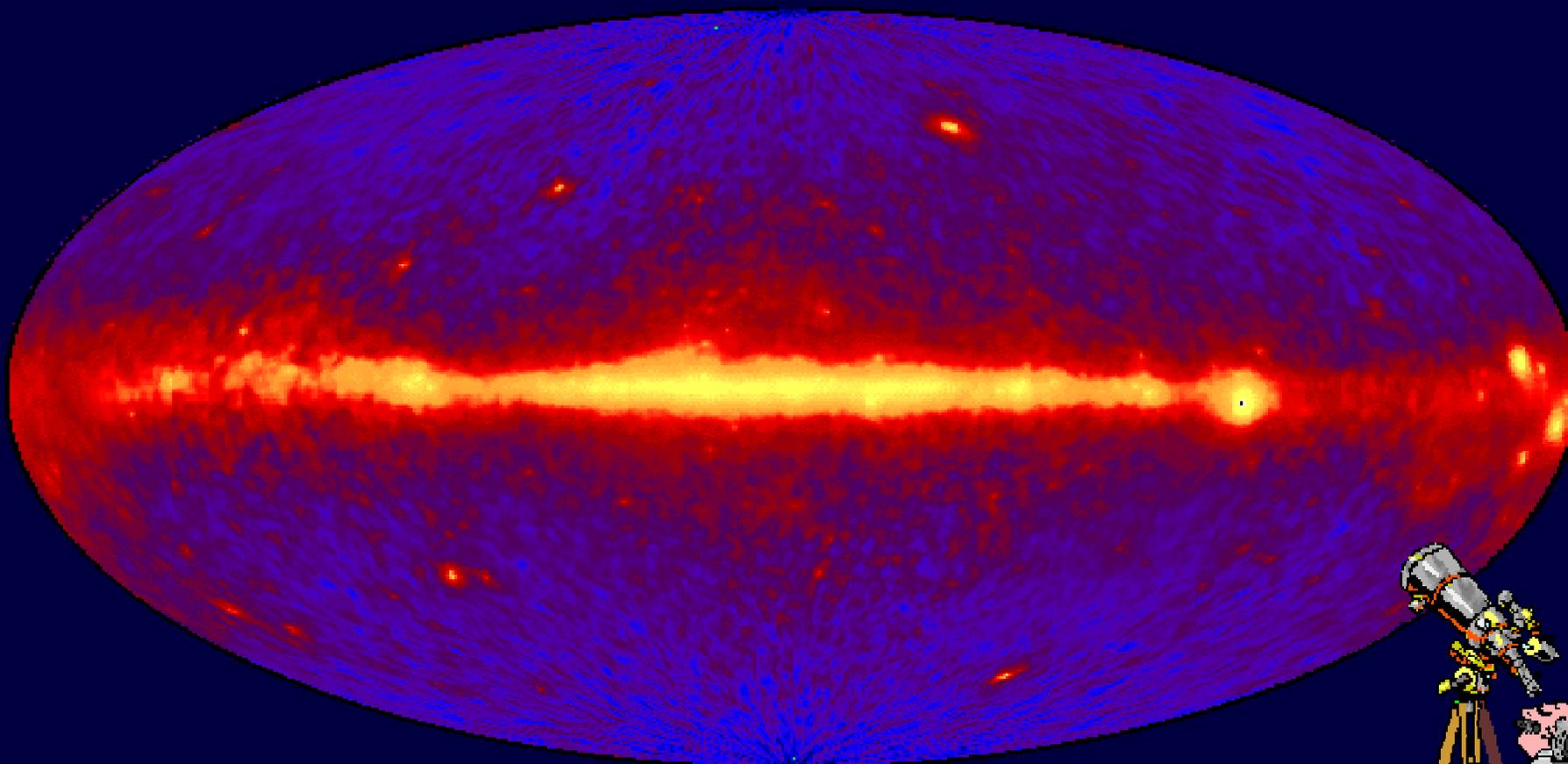




# Röntgen-Strahlung



Gamma-  
Strahlung  
( $10^9\text{eV}$ )

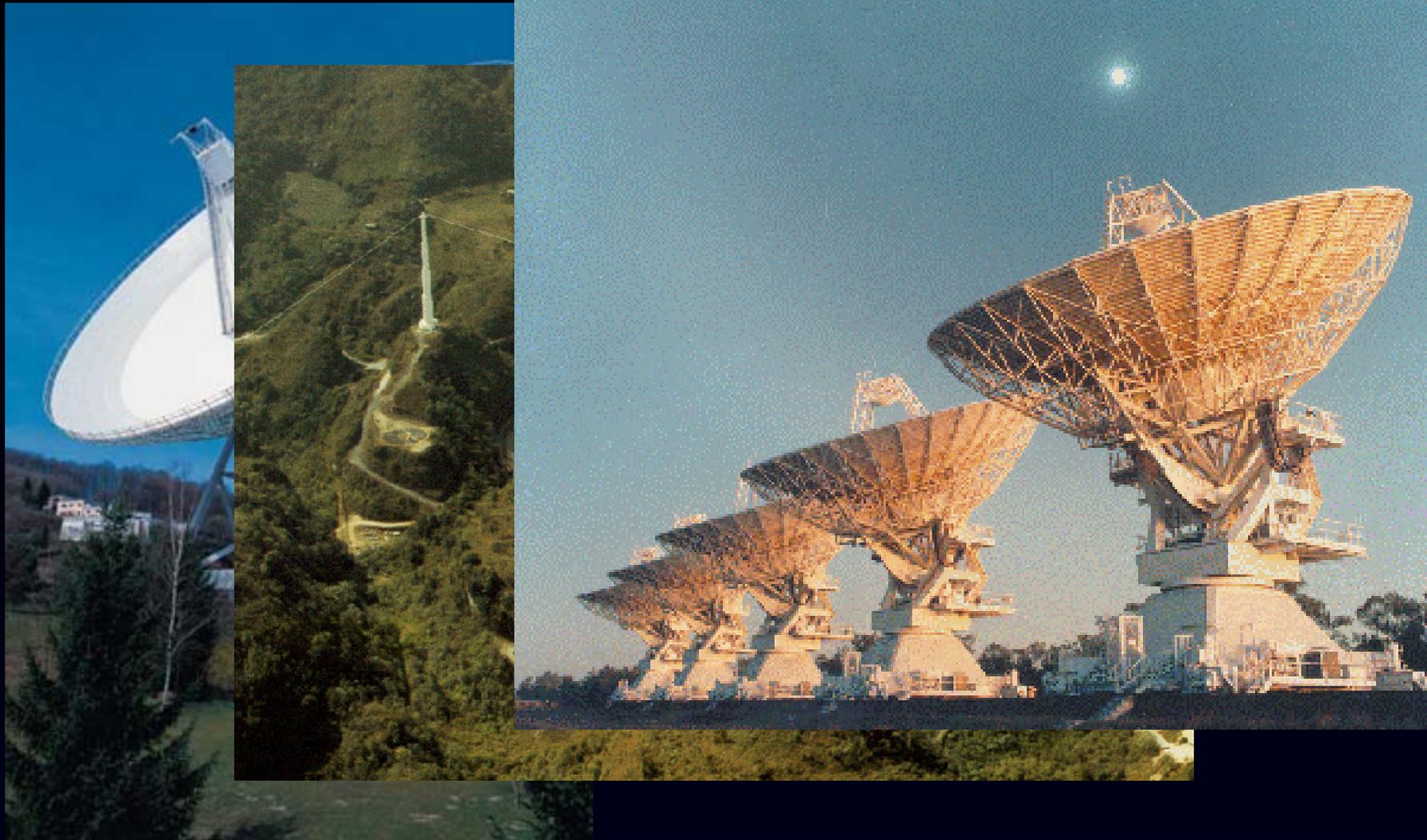


# optische Teleskope

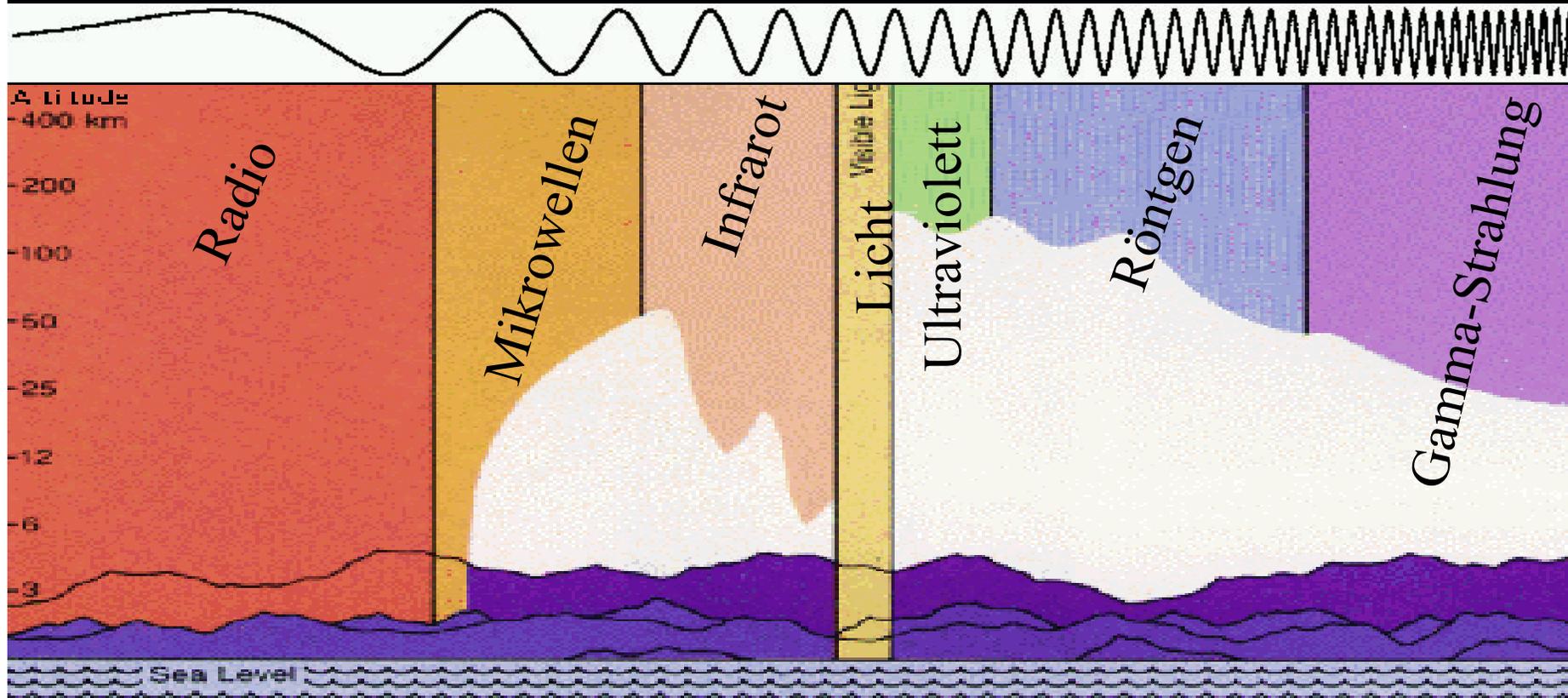


# Radio Teleskope

Größe entscheidend  
(Auflösung  $\approx$  Wellenlänge / Teleskopdurchmesser)



# Absorption in der Atmosphäre



Nur sichtbares Licht, Radiowellen und teilweise Infrarote Strahlung können die Atmosphäre durchdringen

=> **Ballons, Satelliten**

# Satelliten Teleskope



# Hochenergie (>100GeV) Gamma-Astronomie

jüngste astronomische  
Disziplin



1989 erster Nachweis  
von TeV Strahlung  
vom Krebs-Nebel durch das  
Whipple Teleskop

# Messung von hochenergetischen (TeV) Gamma Strahlen

Satelliten?

ca. 1 Photon pro Stunde  
auf 1 m<sup>2</sup>

Satelliten zu klein  
=> brauche größere  
Sammelfläche



viele  
niederenergetische  
Photonen

wenige  
hochenergetische  
Photonen

# Atmosphäre als Detektor

Gamma Teilchen werden in Atmosphäre absorbiert

aber: Energie reicht aus um  
Atmosphäre zum Leuchten  
anzuregen

Lichtblitze ähneln Meteoriten



# Entwicklung von Luftschauern in der Atmosphäre

Florian Goebel  
Max-Planck-Institut für Physik  
Goethestr. 1  
D-80539 München

# Cherenkov Licht

geladene Teilchen  
schneller als  
Lichtgeschwindigkeit  
(im Medium z.B. Luft)  
strahlen blaues  
Cherenkov Licht  
aus

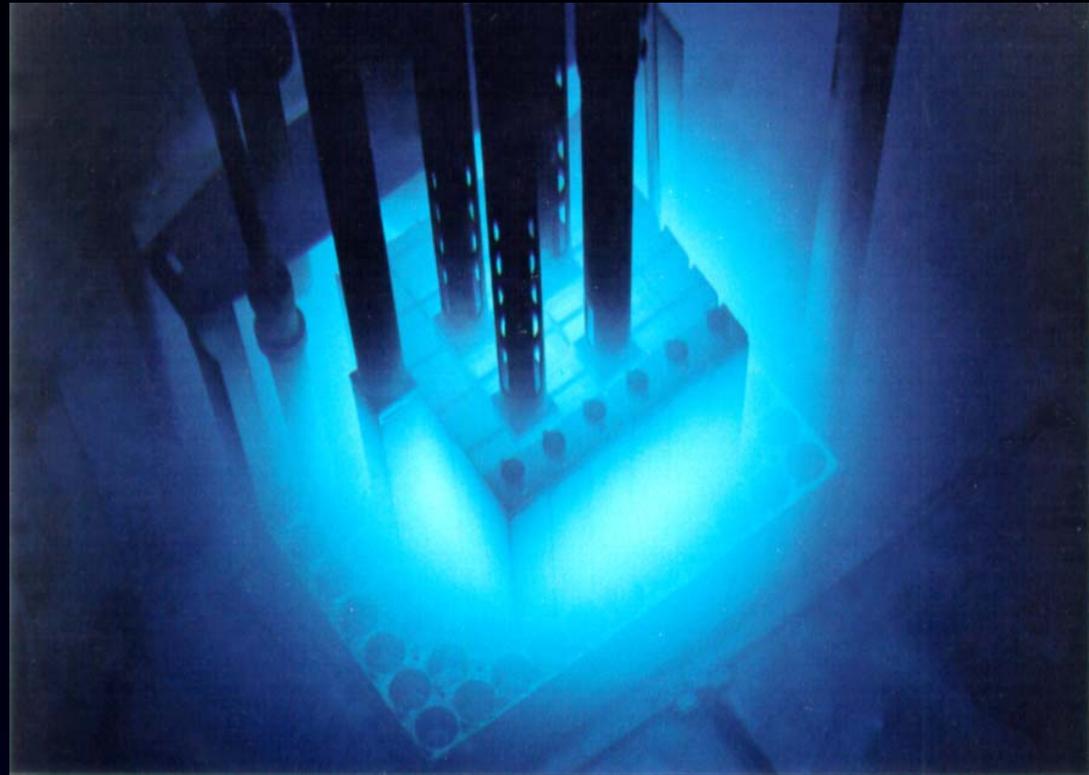
entspricht Mach Kegel von  
überschall Flugzeugen



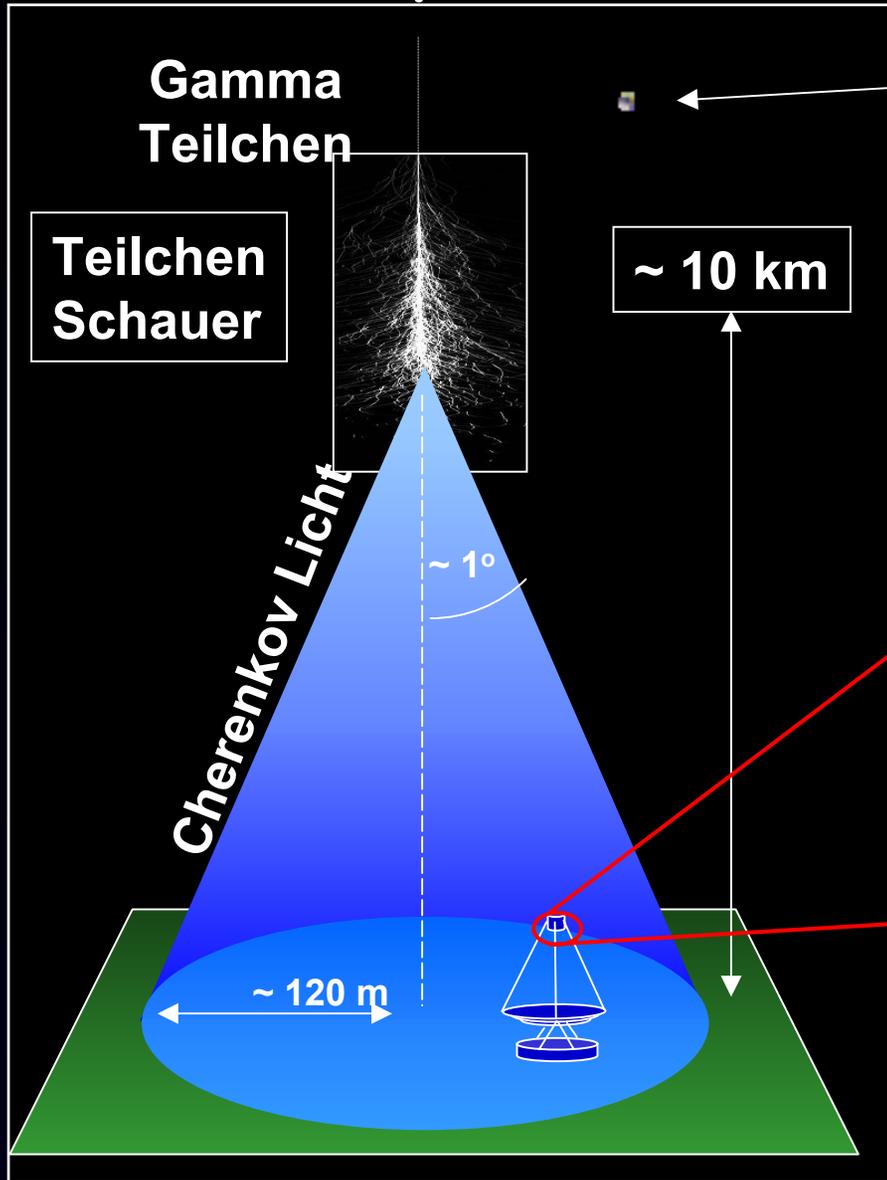
# Cherenkov Licht

geladene Teilchen  
schneller als  
Lichtgeschwindigkeit  
(im Medium z.B. Luft)  
strahlen blaues  
Cherenkov Licht  
aus

blaues Leuchten  
in Kernreaktoren

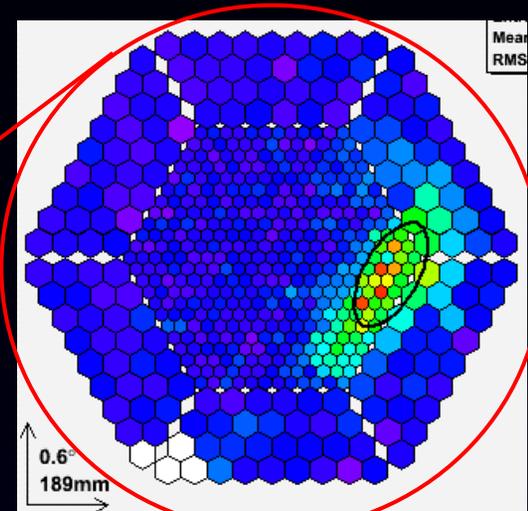


# Prinzip von Cherenkov Teleskopen



Satellit (etwas vergrößert)

Abbild Cherenkov Strahlung in Teleskop Kamera



Schauerbild erlaubt Ankunftsrichtung und Energie zu bestimmen

# neue Cherenkov Teleskope

Südhalkugel

CANGAROO III



H.E.S.S.



# neue Cherenkov Teleskope

Nordhalbkugel

MAGIC

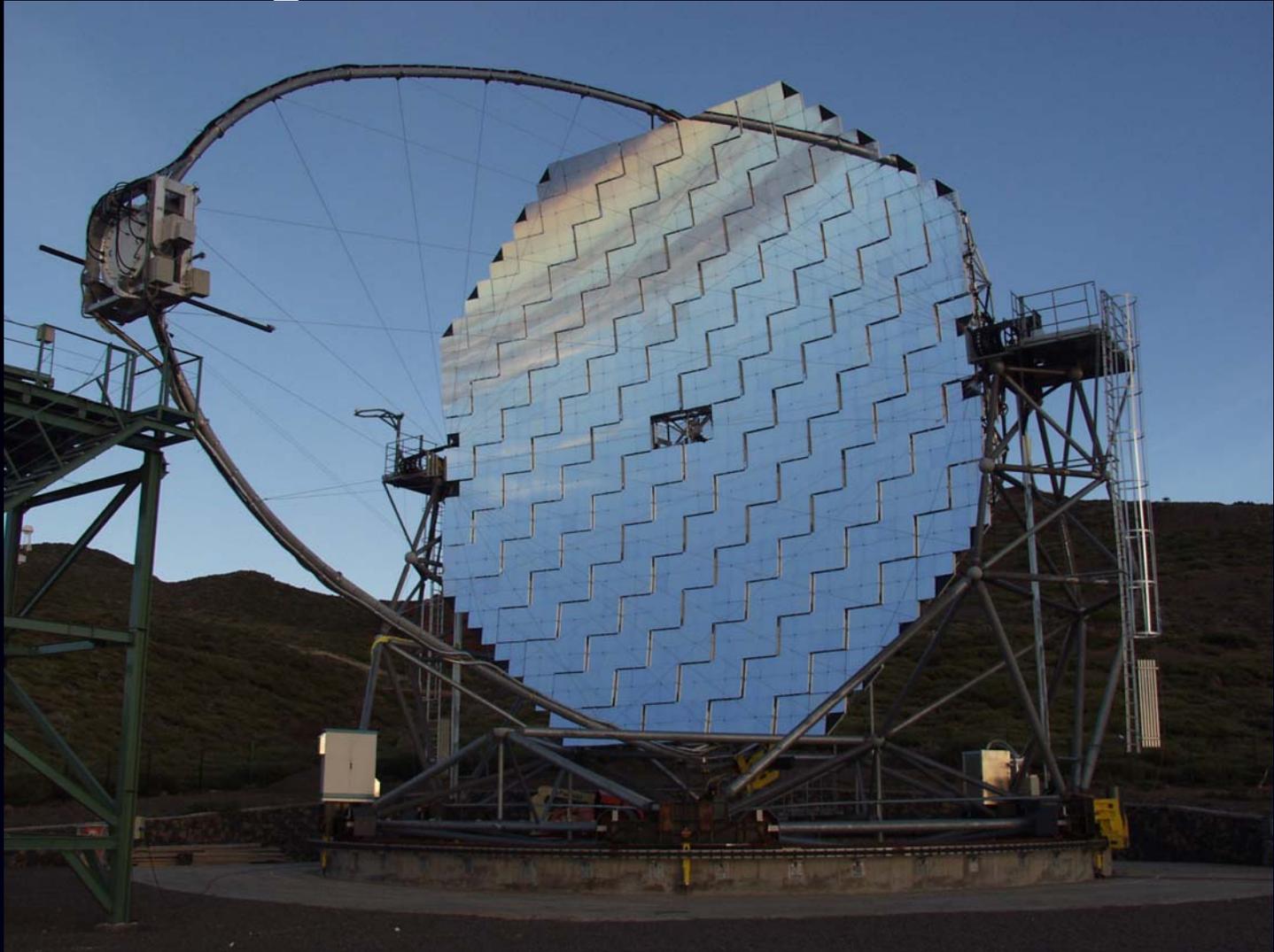


VERITAS  
(photomontage)



# MAGIC

## weltweit größtes Cherenkov Teleskop



Florian Goebel, 16. Oktober 2004, Tag der offenen Tür am Max-Planck-Institut für Physik

# Die MAGIC Kollaboration

Barcelona IFAE, Barcelona UAB, Crimean Observatory, U.C. Davis, U. Lodz, UCM Madrid, INR Moscow, **MPI München**, INFN/ U. Padua, INFN/ U. Siena, U. Berlin, Tuorla Observatory, Yerevan Phys. Institute, INFN/ U. Udine, U. Würzburg, ETH Zürich

ca. 100 Physiker  
16 Institute  
11 Länder

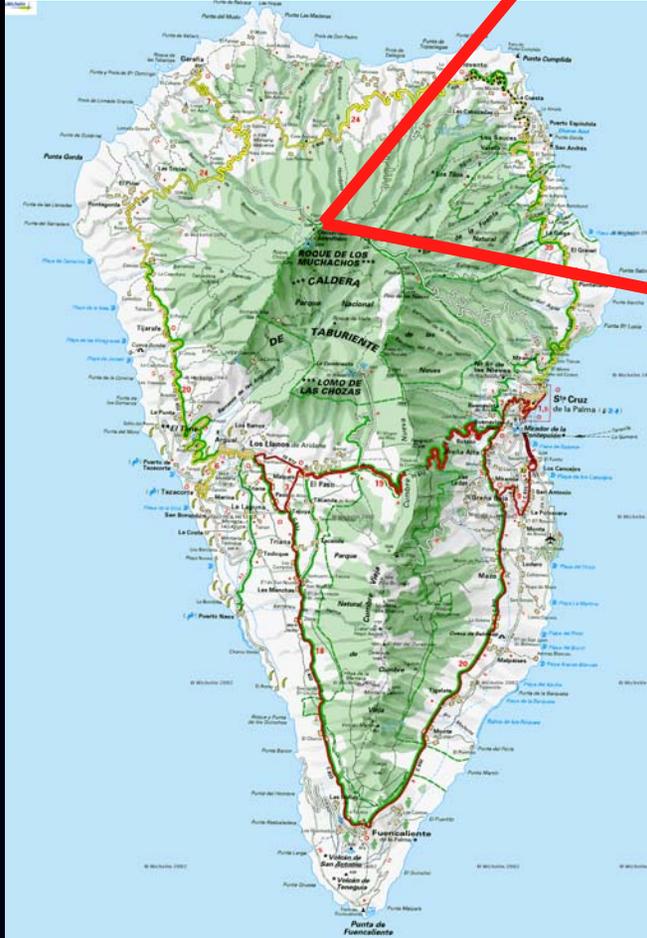


# Der Standort

La Palma



# La Palma



# Technologische Meilensteine

17 m Spiegelfläche (240 m<sup>2</sup>)

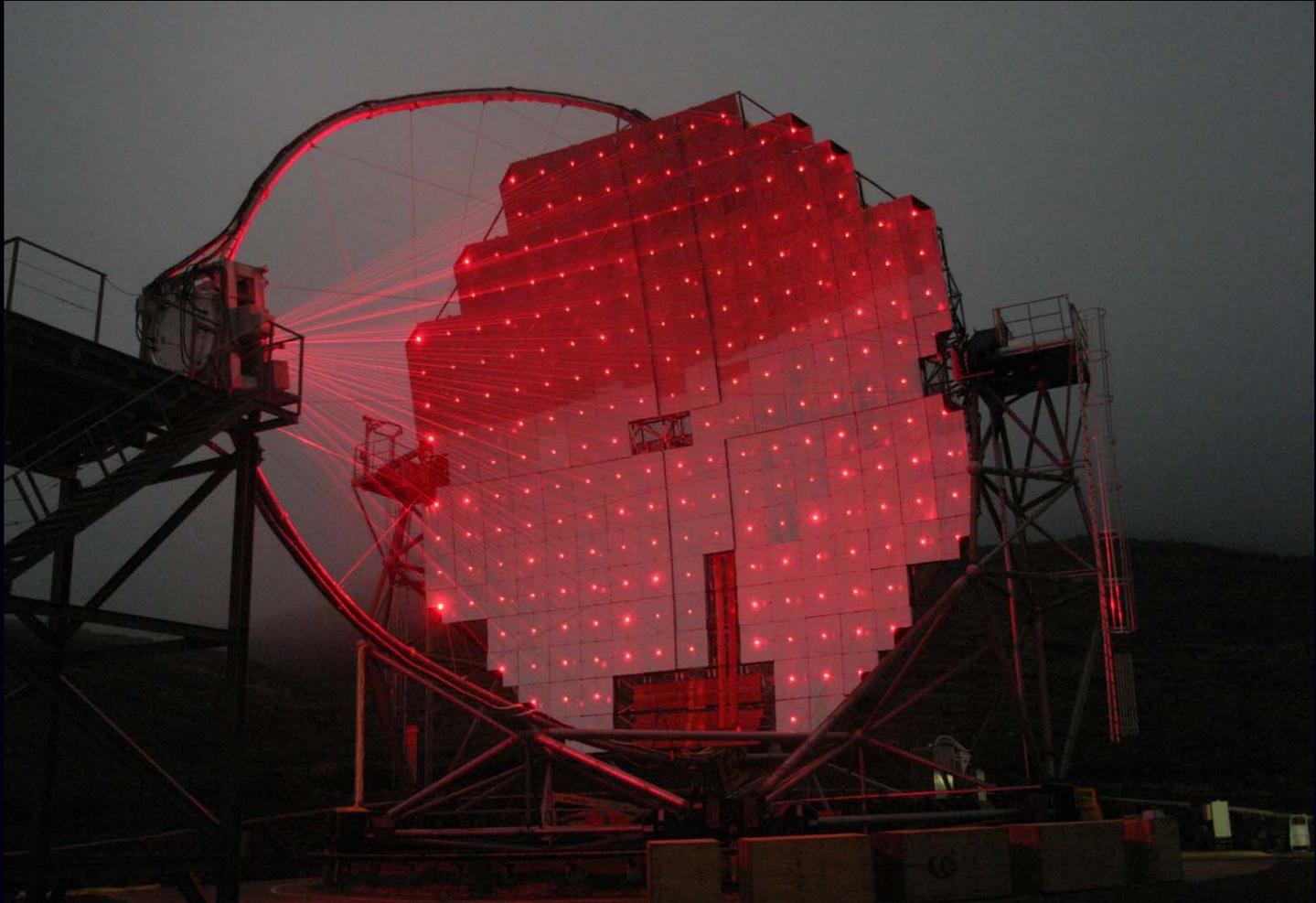
hoch reflektierende Aluminium Spiegel

Aktive Spiegelsteuerung

Leichtbauweise  
aus  
Kohlefaserrohren



# LASER gesteuerte Spiegeljustierung



Astronomy Picture of the Day

15. October 2004

# Technologische Meilensteine

17 m Spiegelfläche (240 m<sup>2</sup>)

hoch reflektierende Aluminium Spiegel

Aktive Spiegelsteuerung

Leichtbauweise  
aus  
Kohlefaserrohre

3.5° Gesichtsfeld Kamera  
576 hochsensitive  
Lichtsensoren



# Die Kamera



576 Photomultiplier

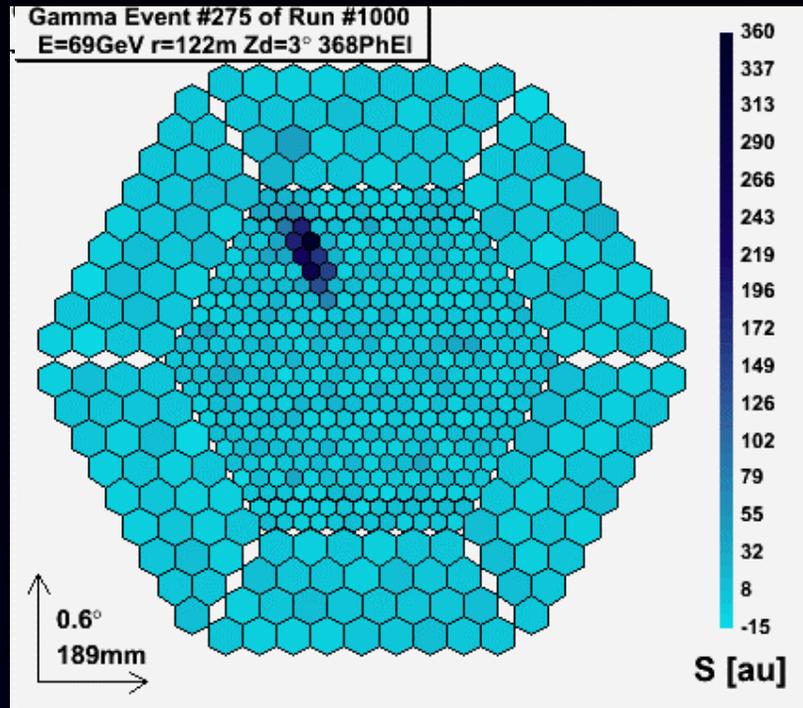
- hoch lichtempfindliche
- schnelle  
Lichtsensoren



# Die Kamera

Geschwindigkeit

Belichtungszeit



50  $\mu$ sec

1  $\mu$ sec

100 nsec

10 nsec

# Technologische Meilensteine

17 m Spiegelfläche (240 m<sup>2</sup>)

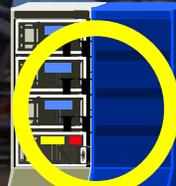
hoch reflektierende Aluminium Spiegel  
Aktive Spiegelsteuerung

Leichtbauweise  
aus  
Kohlefaserrohre

3.5° Gesichtsfeld Kamera  
576 hochsensitive  
Lichtsensoren



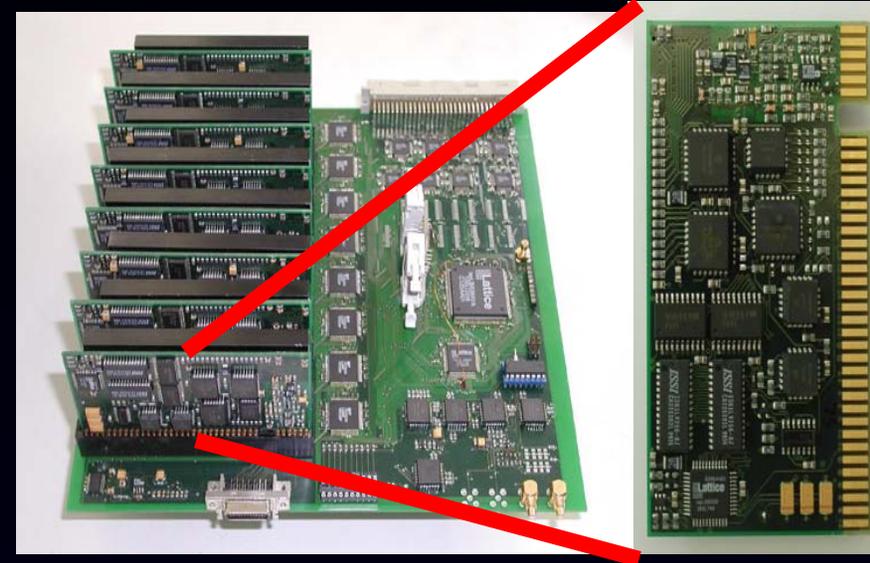
Transport analoger  
Signale über  
optische Fasern



2-Stufen Trigger System  
300 MHz Analog-Digitalwandler



# viel Elektronik im Kontrollhaus



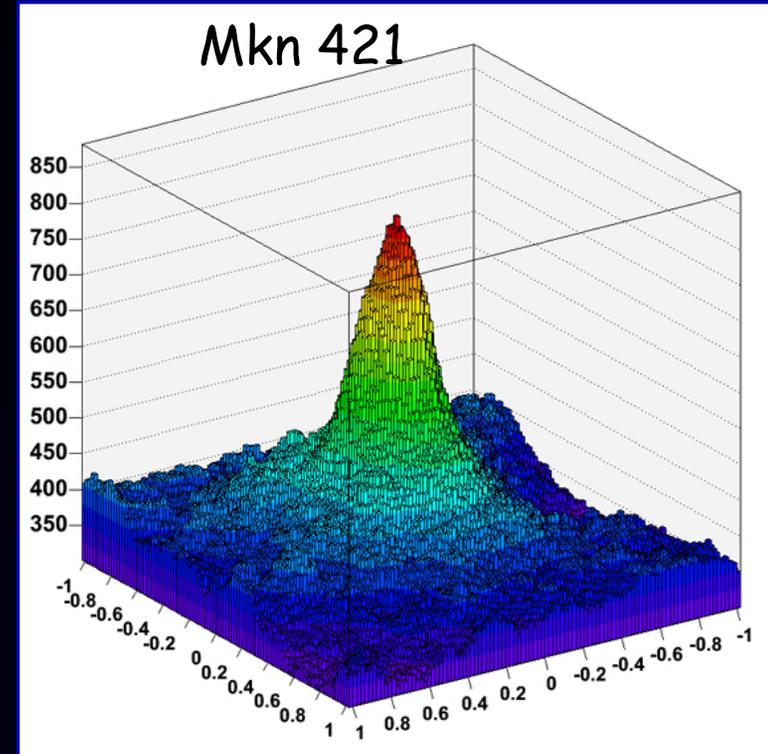
schnelle  
Analog zu Digitalwandler

# MAGIC Zeitplan

Oktober 2003:  
erste Datennahme

Anfang 2004:  
erste Quellen beobachtet

Herbst 2004:  
Ende Inbetriebnahme  
=> Physikprogramm



# Warum Gamma Astronomie ?

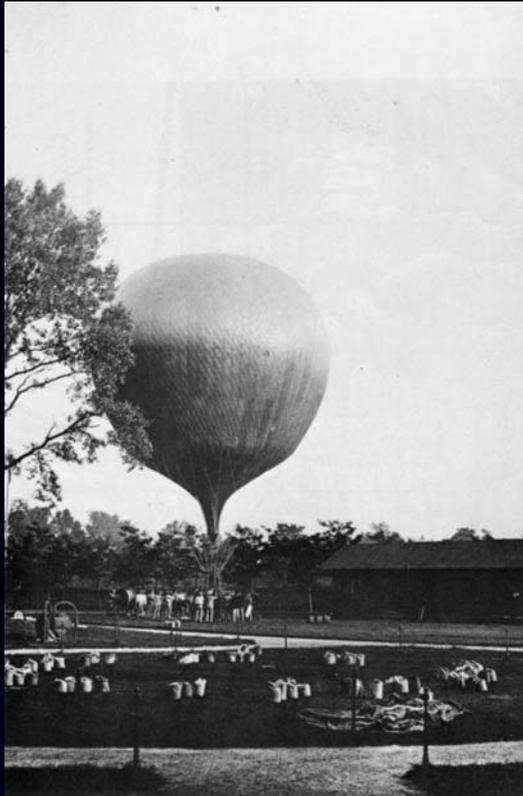
Zeugen der gewaltigsten Ereignisse im Universum

- a) Suche nach Ursprung kosmischer Strahlung
- b) Aktive Galaktische Kerne  
gewaltige Materieschleudern  
im Frühstadium von Galaxien
- c) Gamma Strahlen Blitze  
hellste bekannte Phänomene am Himmel

# Kosmische Strahlung

historisch:

ursprüngliche Motivation für Erforschung  
von TeV Gamma Strahlung



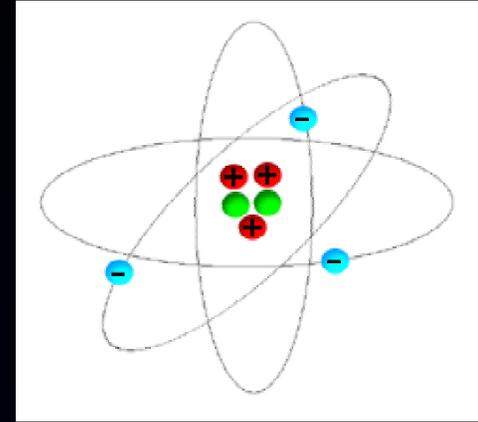
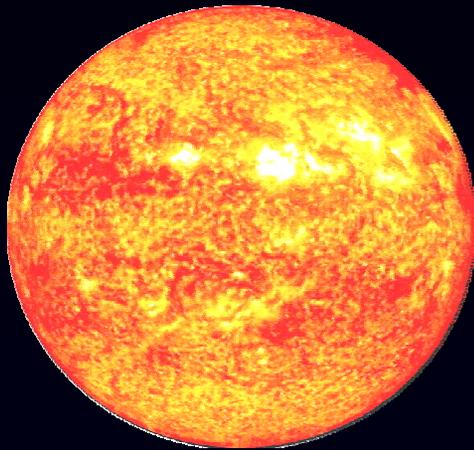
entdeckt 1912  
von Victor Hess

ionisierende Strahlung  
nimmt mit der Höhe zu

# Was wir wissen über kosmische Strahlung

besteht hauptsächlich aus  
Wasserstoff Kernen

Zusammensetzung wie in der Sonne



Strahlung aus allen  
Richtungen gleich

# Was wir noch nicht wissen:

Woher kommt die kosmische Strahlung?



# Wie kann man Quellen finden ?

Teilchenphysik:

wo Kerne beschleunigt werden entsteht  
auch Gamma Strahlung

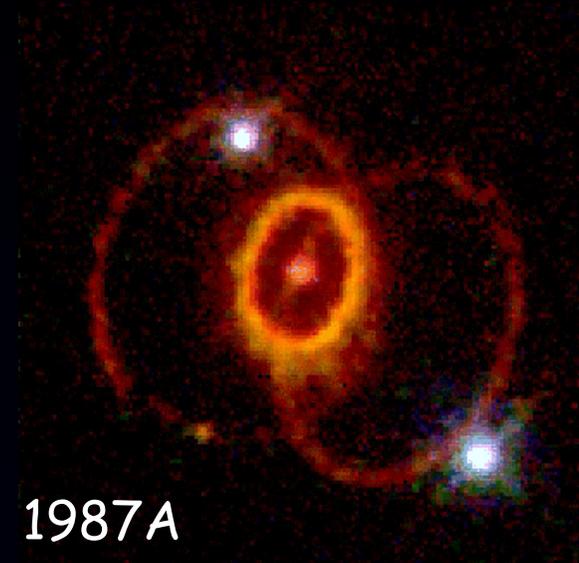


Woher kommt die kosmische Strahlung?

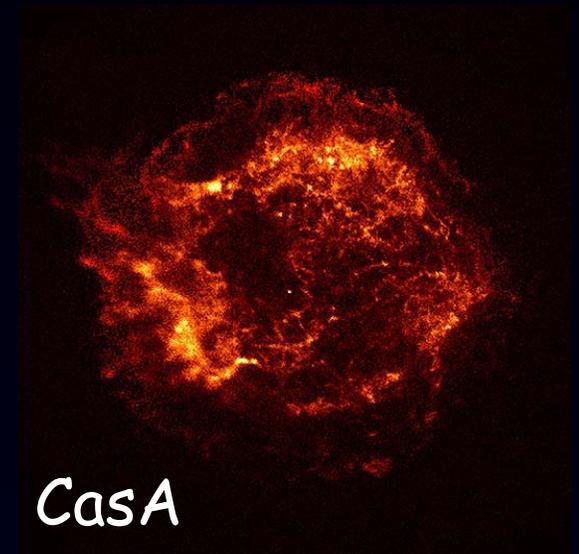


# Kandidaten:

Supernova Überreste



Explosion massereicher Sterne  
am Ende ihrer Lebenszeit

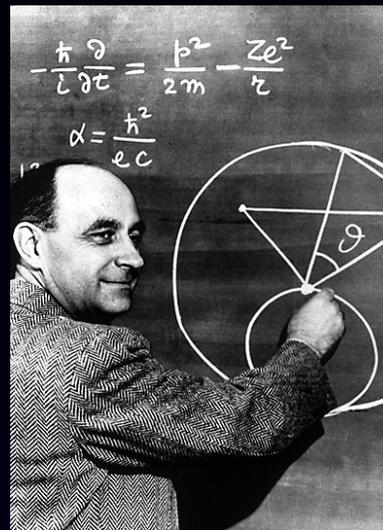


# Teilchen Beschleunigung

Energie pro Teilchen der ausgeschleuderten Materie  
viel kleiner als Energie kosmischer Strahlung

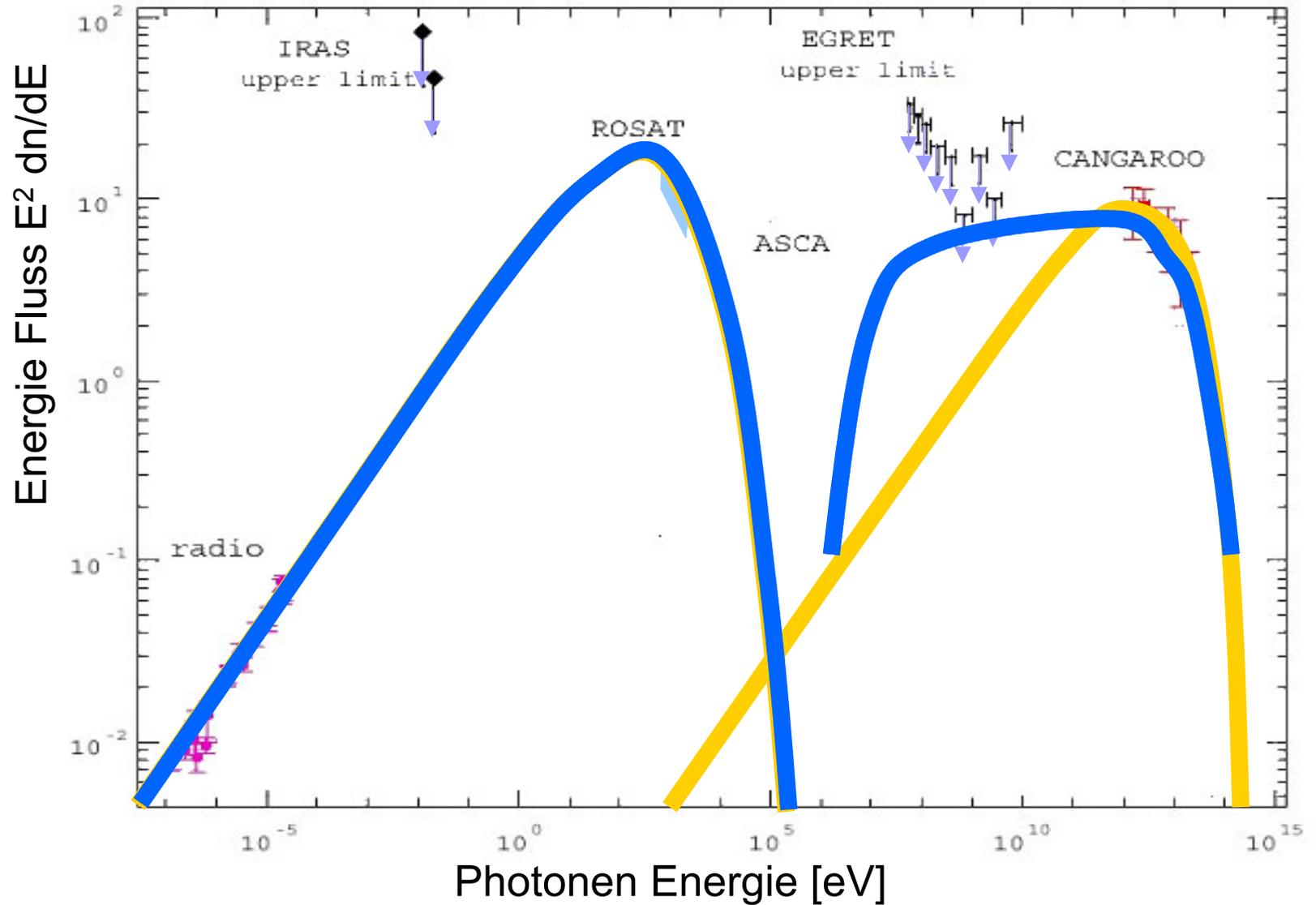
brauche zusätzliche  
Beschleunigung

Beschleunigung  
in kleinen Schritten  
an Schock Front



Enrico Fermi

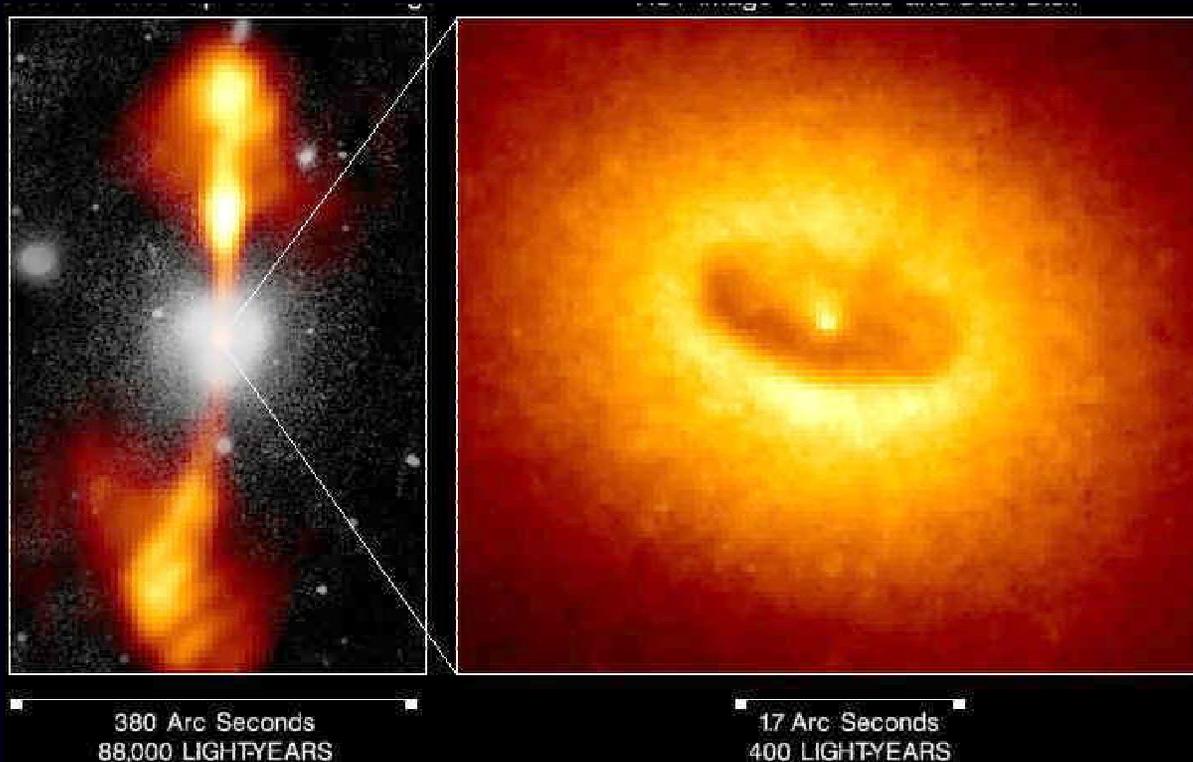
# Erste Hinweise



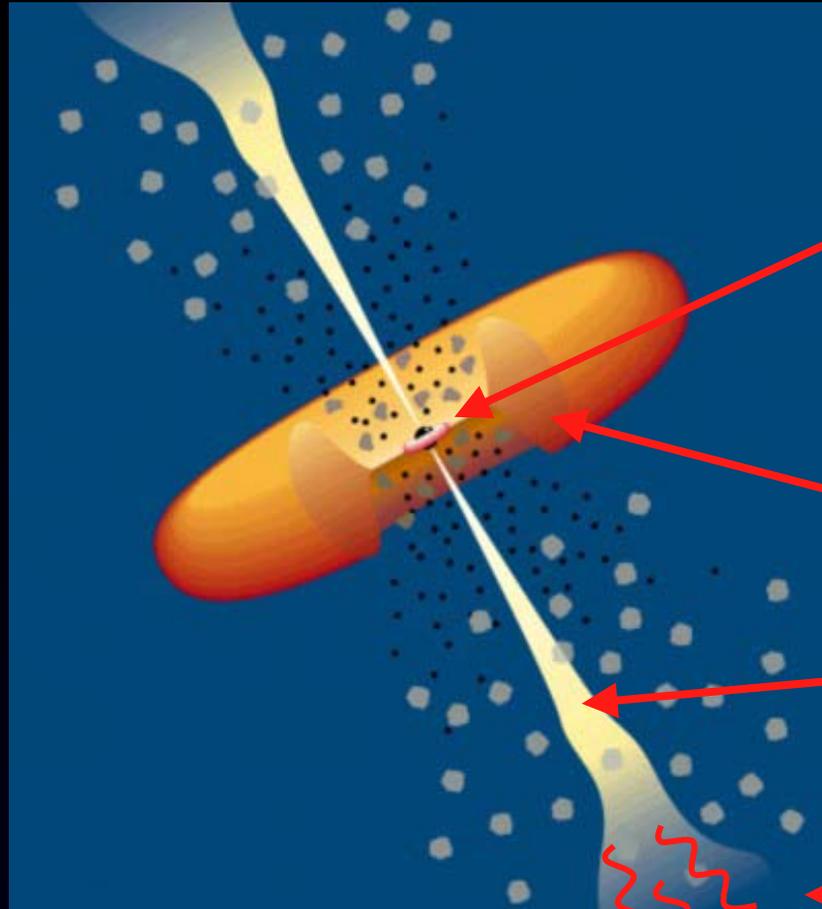
# Aktive Galaktische Kerne

gewaltige Materieschleudern

Frühstadium von Galaxien



# Aktive Galaktische Kerne



schwarzes Loch  
 $M \sim 10^9 M_{\text{Sonne}}$

einfallende Materie

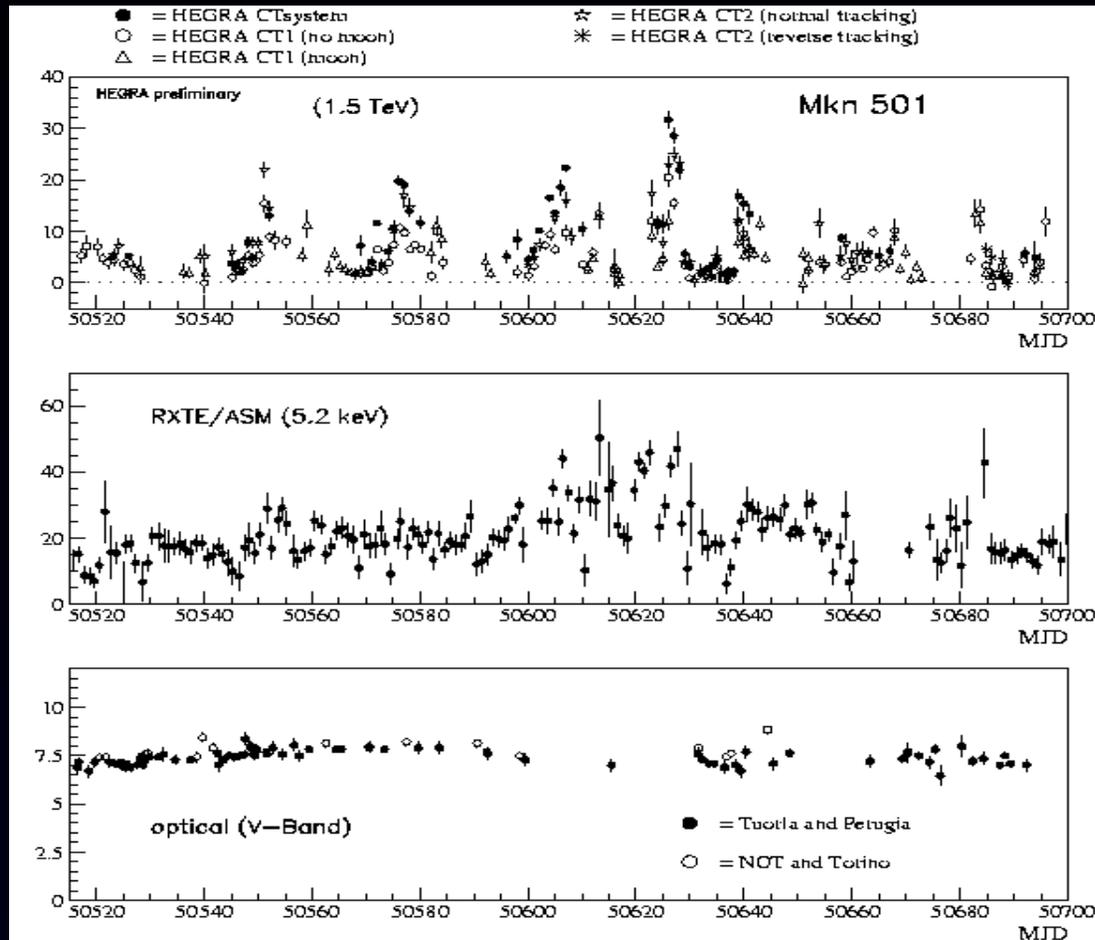
herausgeschleuderte  
Materie (Jets)

Gamma Strahlung



Beobachter

# starke Helligkeitsschwankungen



Zeugen  
turbulenter  
Natur

aktives Zentrum  
sehr klein  
( $r < c/t$ )

# Gammastrahlungsblitze (Gamma Ray Bursts)



hellste bekannte Phänomene am Himmel

überstrahlen für kurze Zeit  
gesamten Gamma Himmel

Ende der 1960er:  
Zufällige Entdeckung durch  
Satelliten zur Überwachung  
von Atombombentests

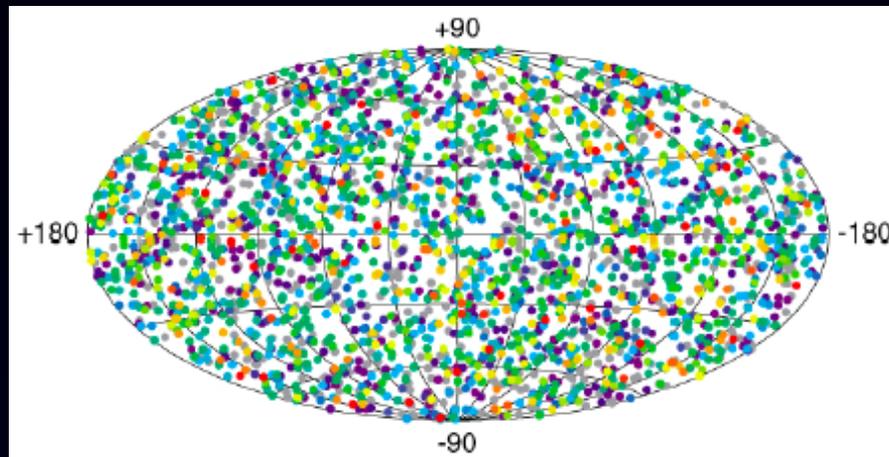
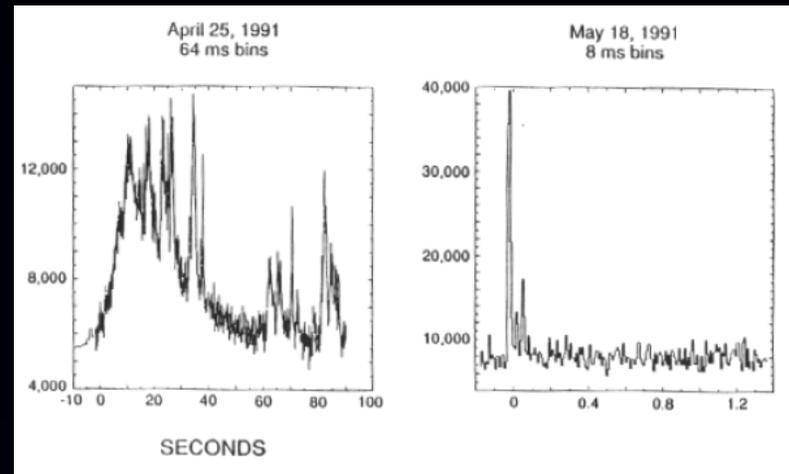
Gammastrahlungsblitze  
sind die energiereichsten  
und kürzesten bekannten  
Ereignisse im Universum

# Was wissen wir über GRBs ?

Beobachtungen mit (niedrig Energie) Gamma Satelliten

kurze (0.1 - 100 sec),  
unregelmäßige Pulse

kommen aus allen  
Himmelsrichtungen



Quellen sehr weit  
in den tiefen des  
Universums  
( $z \sim 5-10$ )

# Was wir wissen wollen

Was sind die Quellen von GRBs?

Leuchten GRBs auch in anderen Wellenlängen?

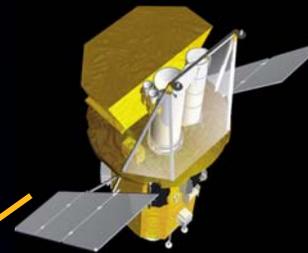
im optischen bereits beobachtet

Strahlen GRBs auch hoch energetische Gammas aus?

# Beobachtung mit MAGIC

nur Satelliten sehen den ganzen Himmel  
und können GRBs entdecken

MAGIC muss schnell reagieren



GRB sehr kurz

schnelle GRB  
Warnung

MAGIC kann in 22 Sekunden jede Stelle am Himmel anfahren

# MAGIC - die Jagd kann beginnen

