

# *Blazare*

A vibrant, multi-colored spiral galaxy with a bright central core, set against a dark background with scattered stars. The galaxy's arms are composed of concentric rings of light, transitioning from deep red and orange at the outer edges to bright blue and purple towards the center. The central region is a brilliant white and yellow, with numerous sharp, radiating lines of light extending outwards, suggesting intense energy and activity.

von Markus Kobold

# Gliederung

- Einführung: AGNs und Jets
- Definition "Blazar"
- verschiedene Blazare
- typisches Spektrum-Energie-Diagramm
- Synchrotronstrahlung
- inverser Compton-Effekt

- relativistischer Dopplereffekt

- Helligkeitsänderungen

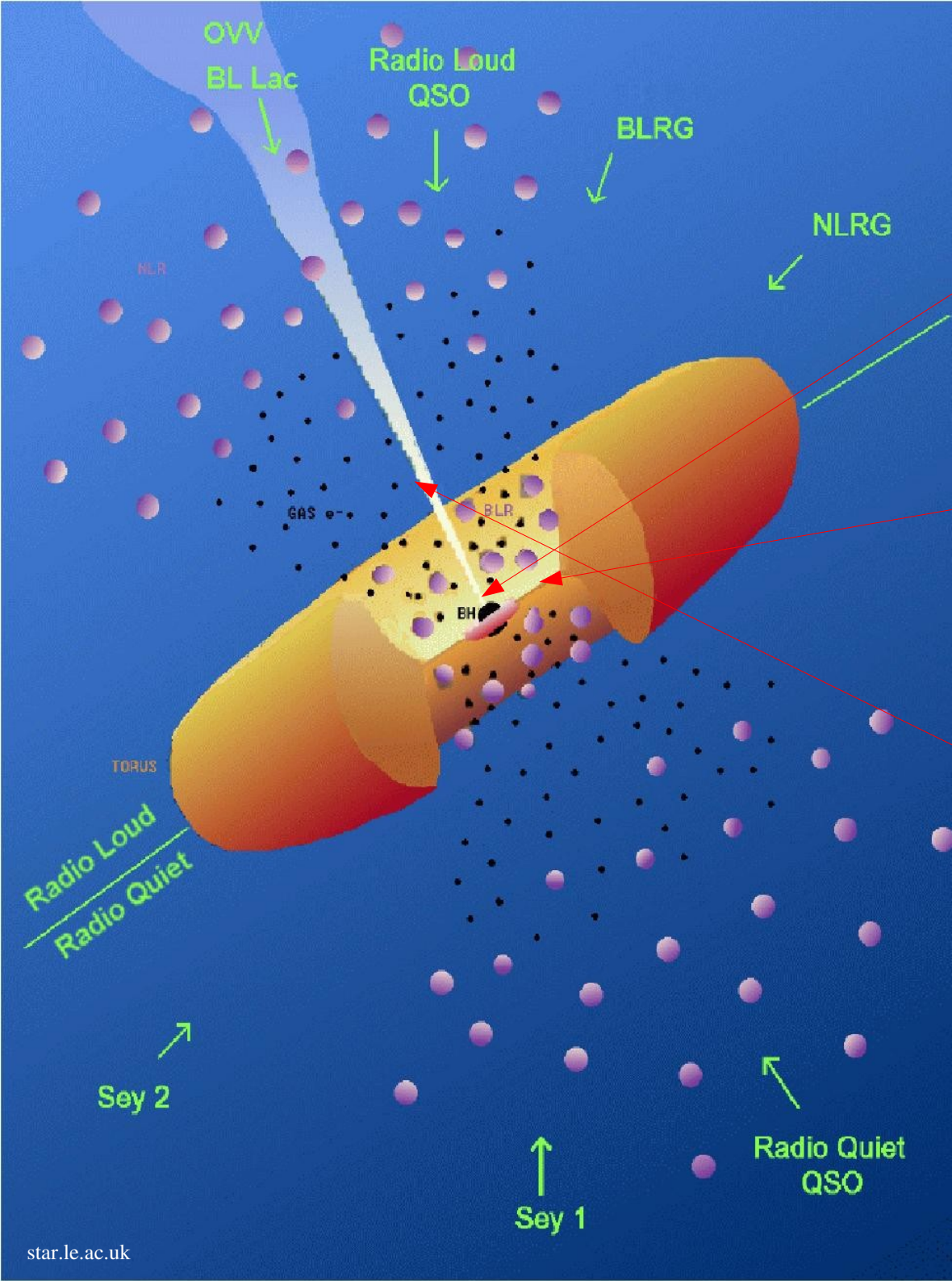
- scheinbare  
Überlichtgeschwindigkeit



mpifr-bonn.mpg.de

# Aktive galaktische Kerne (“AGNs”)

- im Zentrum vieler Galaxien (auch unserer Milchstraße) befindet sich ein supermassives schwarzes Loch, kurz: SMBH
- befindet sich zusätzlich viel freies Gas in der Galaxie, wird dieses von der Gravitation des SMBHs angezogen und bildet eine darum rotierende Akkretionsscheibe
- Ausserdem kann sich ein JET ausbilden: Durch ein spiralförmiges Magnetfeld wird die Materie extrem beschleunigt und in Form von Plasma tausende Lichtjahre ins All hinausgeschleudert



# Aktive galaktische Kerne (“AGNs”)

- zu den AGNs zählen  
hauptsächlich:

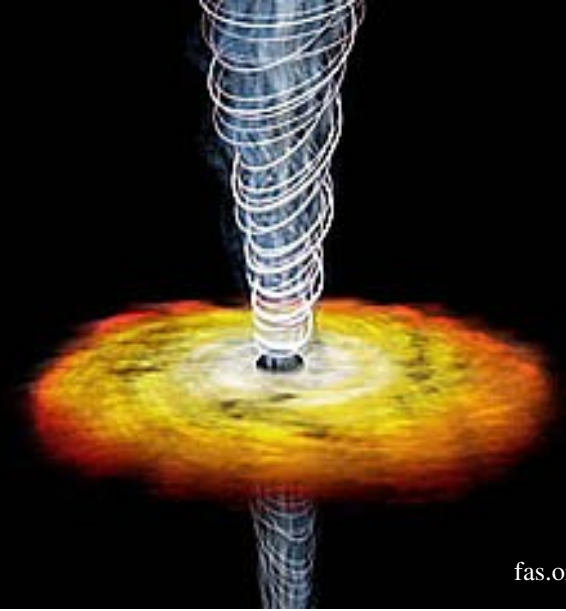
- Radiogalaxien
- Seyfert-Galaxien
- Quasare
- Blazare

- Quasare und Blazare sind sehr  
ähnlich, unterscheiden sich  
jedoch durch ihre Geometrie  
(Ausrichtung des Jets) und ihr  
Spektrum



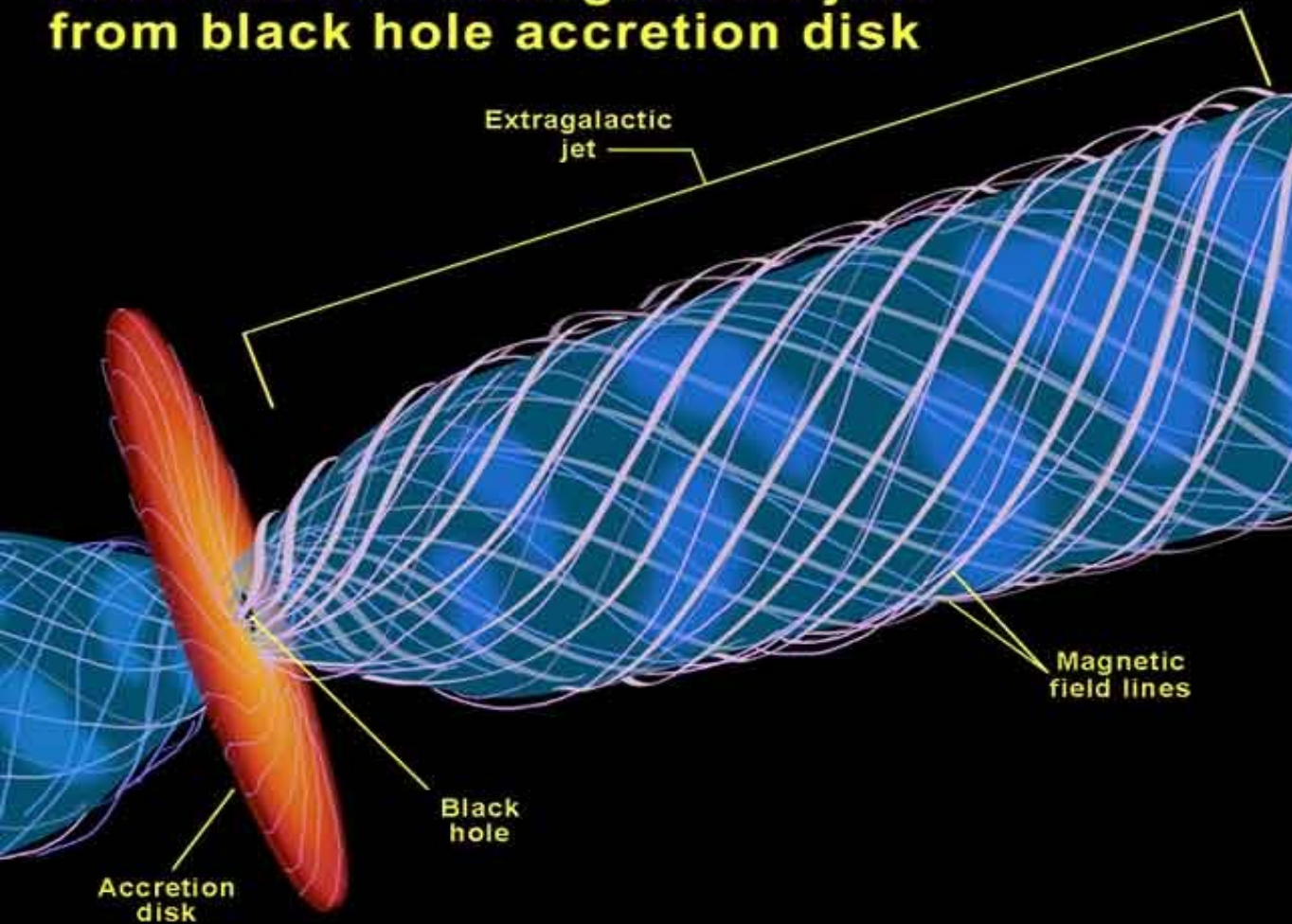
## Jets

- Jets sind Teilchenströme, die zu beiden Seiten der Akkretionsscheibe ausgestoßen werden und dabei von einem spiralförmigen Magnetfeld gelenkt werden



fas.org

## Formation of extragalactic jets from black hole accretion disk



- Teilchen können eine Geschwindigkeit von bis zu  $0,95c$  erreichen, sind also *relativistische Teilchen*

- bei einem Blazar kann nur der Teil des Jets beobachtet werden, der der Erde zugewandt ist

# Definition

- Kern einer *aktiven elliptischen Galaxie*, der einen Jet ausstößt, dieser emittiert hochenergetische Strahlung verschiedener Wellenlängen
- der Jet eines Blazars ist immer direkt zum Beobachter ausgerichtet oder um einen nur sehr geringen Winkel geneigt (im Gegensatz zu einem *Quasar*)
- extrem schnell variables Spektrum
  - geringe Größe (etwa so gross wie unser Sonnensystem)
- charakteristisches Frequenz-Energie-Diagramm

## Anatomy of a blazar

Side view → Quasar

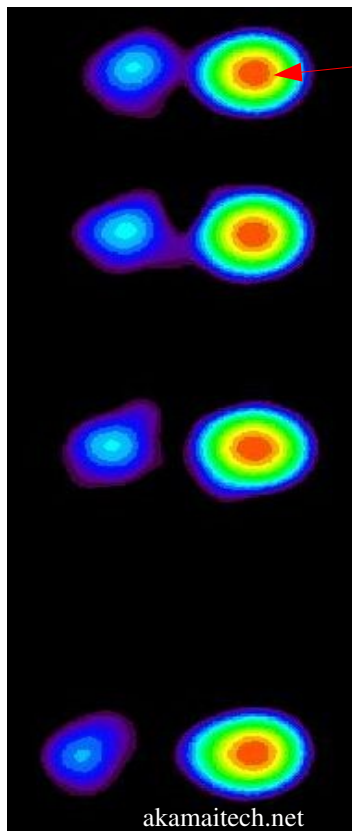
Location: galaxy center

Blazar ← Top view



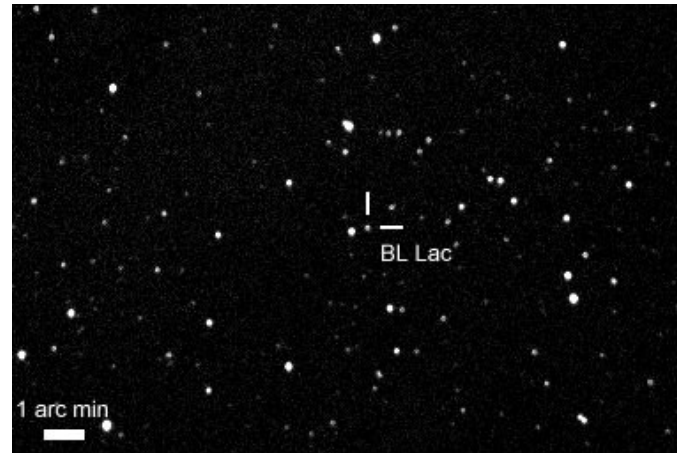
# Beobachtung von Blazaren

- da Blazare nahezu alle Wellenlängen von Radio- bis Gammastrahlung aussenden, können sie mit fast allen Teleskopen oder Satelliten beobachtet werden; sie gehören zu den leuchtkräftigsten Radio- und Gammaquellen im All



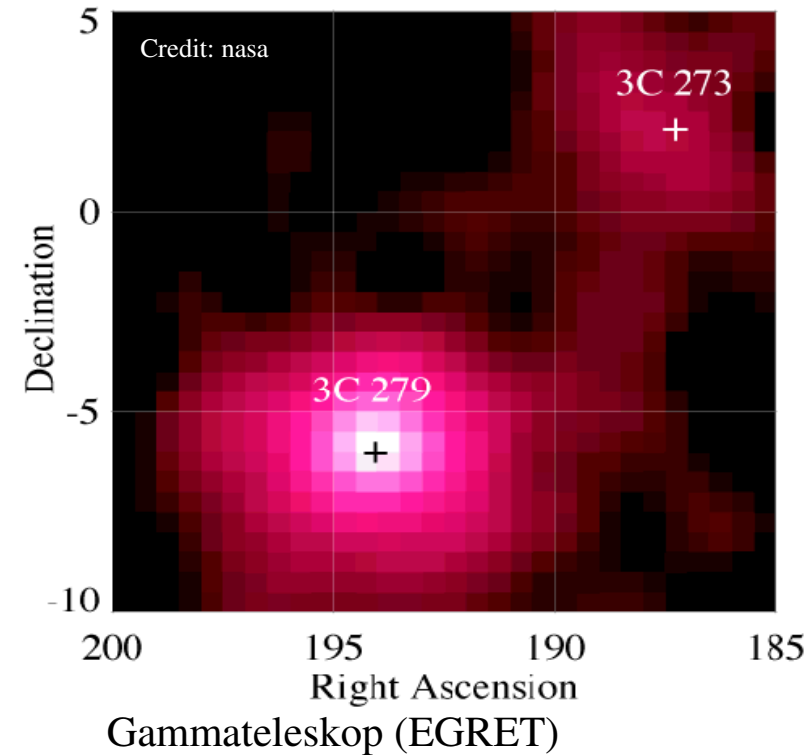
Radioteleskop

Jet



Optisches Teleskop

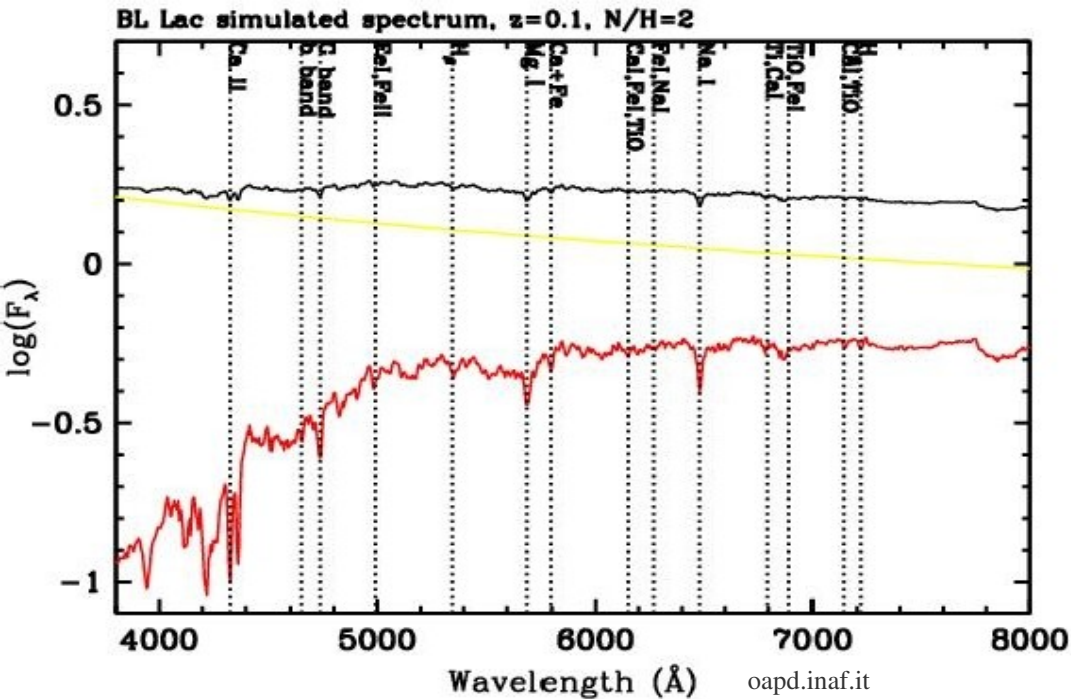
- im optischen Teleskop erscheinen Blazare wie veränderliche, leuchtkräftige Sterne; sie werden eher mit Radio- oder Gammateleskopen erforscht



Gammateleskop (EGRET)

# Blazartypen

- es gibt zwei Haupttypen von Blazaren, die BL-Lacertae-Objekte und die OVVs, *optically violent variable quasars*
- die OVVs ändern ihr Spektrum schneller
- die BL-Lacertae-Objekte haben keine Emissionslinien im Spektrum; ihre *Rotverschiebung* und damit ihre Entfernung kann nicht direkt ermittelt werden



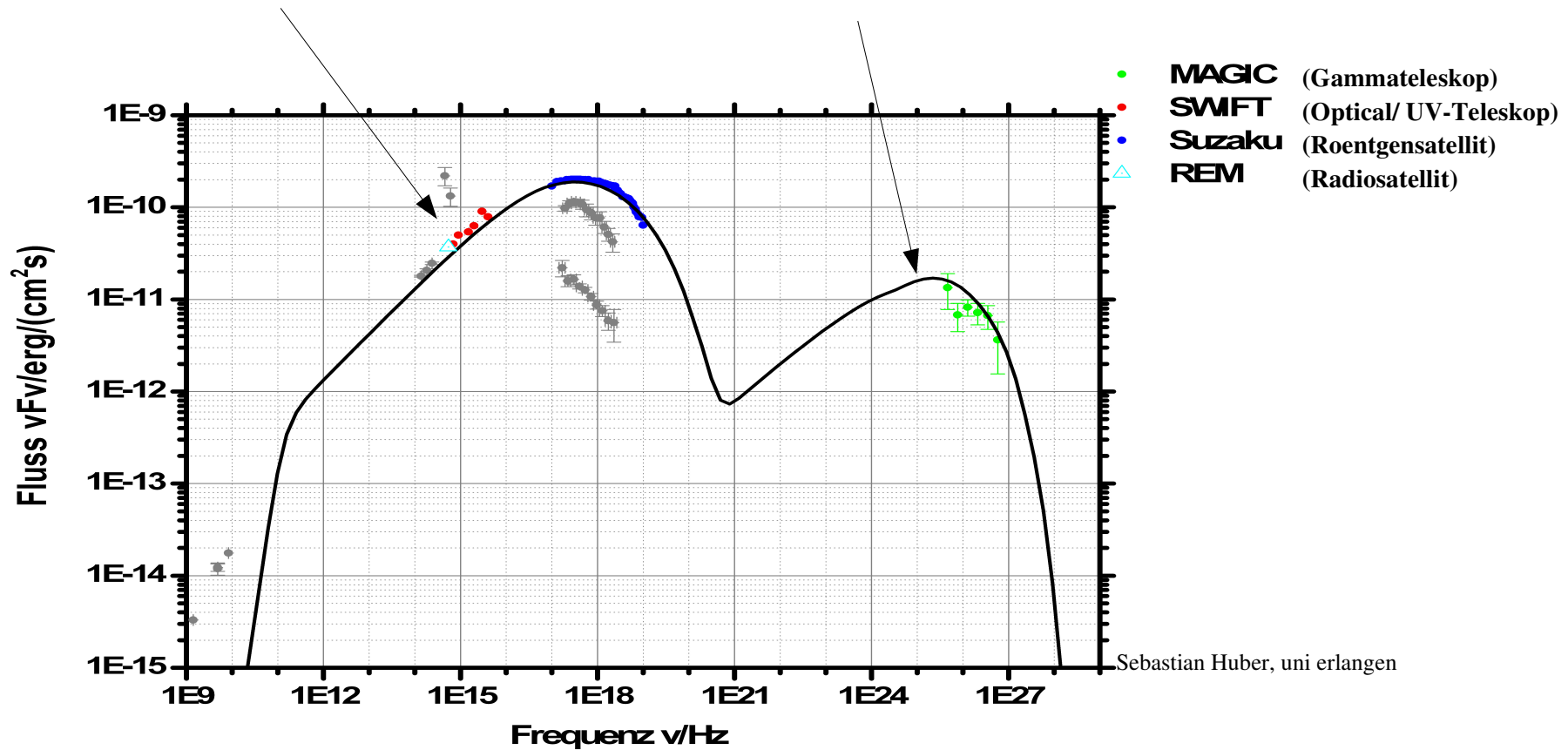
Der BL-Lacertae im Sternbild Eidechse war das erste entdeckte Objekt seiner Art und wurde zuerst fuer einen veränderlichen Stern gehalten, bis festgestellt wurde, dass es sich um eine Radiogalaxie handelt



# Typisches Spektrum / Energie – Diagramm

Synchrotronstrahlung

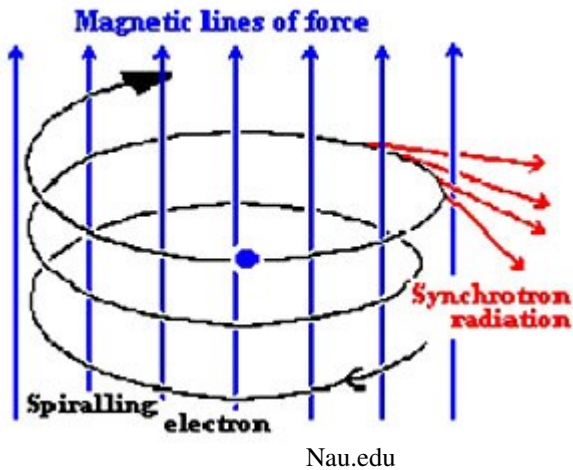
Invers-Compton



- sowohl im Gamma- als auch im Röntgenbereich leuchten die Blazare besonders hell

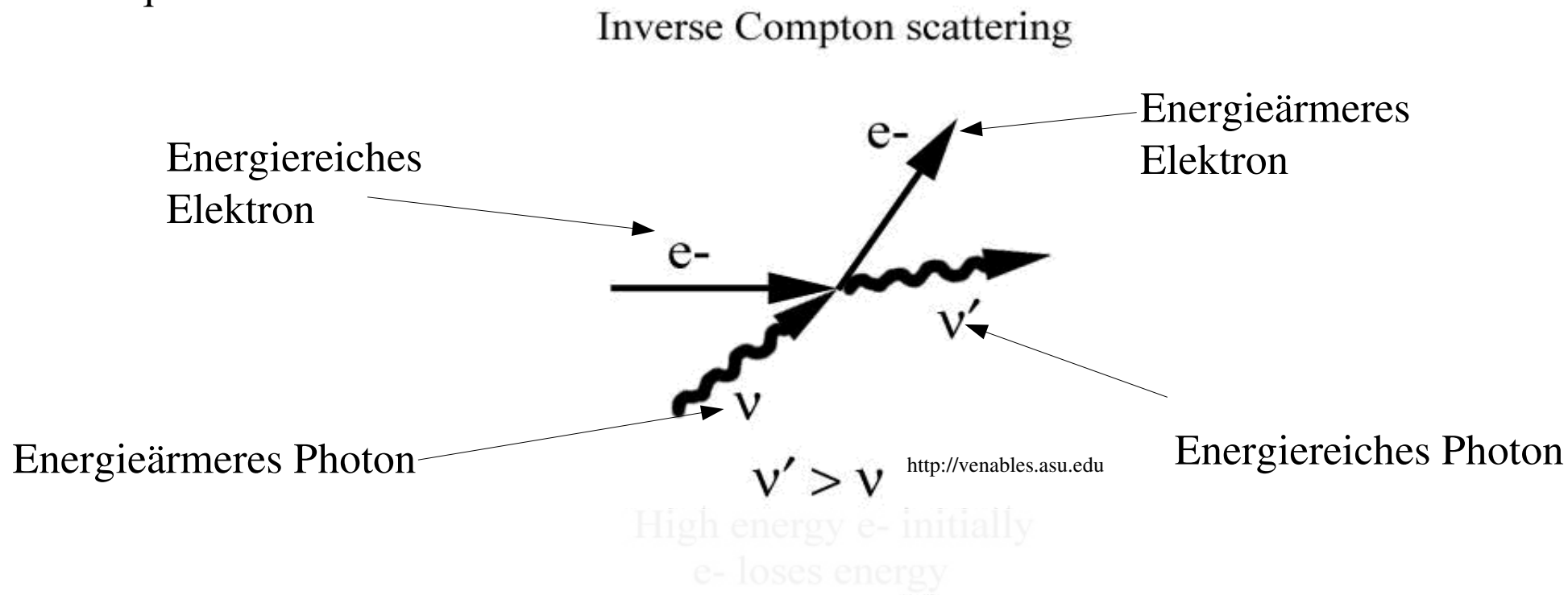
# Synchrotron-Strahlung

- ein Großteil der aus dem Jet emmitierten Strahlung ist Synchrotronstrahlung, die in Wellenlängen vom Radio- bis zum Röntgenbereich ausgesandt wird; sie bildet die erste Spitze des typischen Blazardiagramms
- die Synchrotronstrahlung entsteht, wenn die Elektronen des Jetplasmas durch das Magnetfeld des Jets abgelenkt werden, dabei werden diese durch den Richtungswechsel “abgebremst” und senden ein Photon aus



# Inverser Compton-Effekt

- Hauptursache der zweiten Spitze des Blazardiagramms
- beim (externen) Inversen Compton-Effekt geben die Elektronen einen Teil ihrer Energie an Photonen ab, die aus der Akkretionscheibe stammen; hierbei entstehen Röntgen- und Gammaquanten



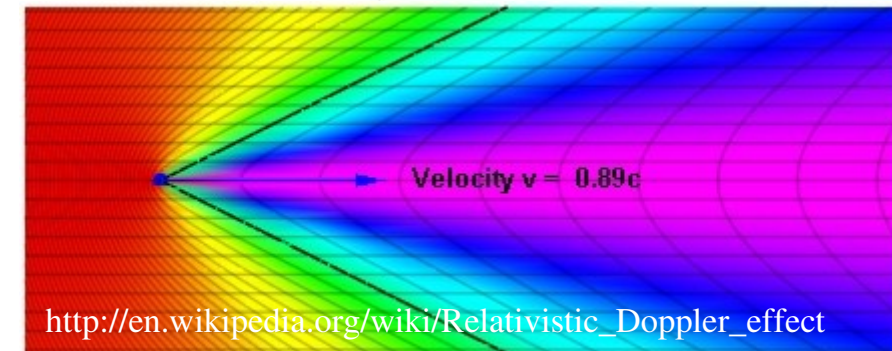
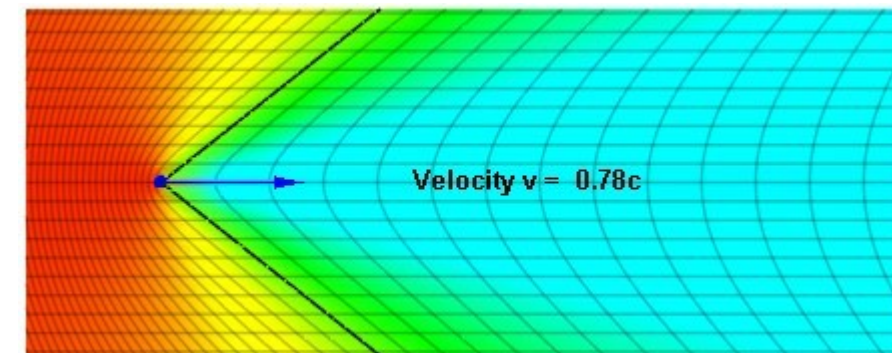
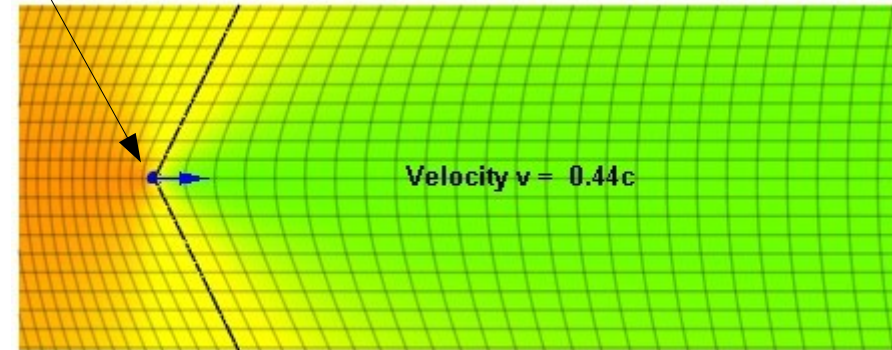
- treffen Radiophotonen der Synchrotronstrahlung auf ein Elektron, so wird deren Energie ebenfalls gesteigert; die Photonen werden dann in Röntgen- oder Gammaquanten umgewandelt; die Strahlung heisst *Synchrotron Selbst-Compton-Strahlung* (kurz: SSC)

# Relativistischer Dopplereffekt

- die Leuchtkraft und damit der Energiegehalt in den Jet eines Blazars scheinen übermäßig gross zu sein, was durch die vom *Relativistischen Dopplereffekt* verzerrte Frequenz verursacht wird, das Licht der Jet ist *blauverschoben*

- bei Blazaren sind diese Effekte aufgrund des geringen Winkels besonders stark ausgeprägt, bei Quasaren, die in einem viel größerem Winkel beobachtet werden, treten sie fast gar nicht auf

Beobachter\*

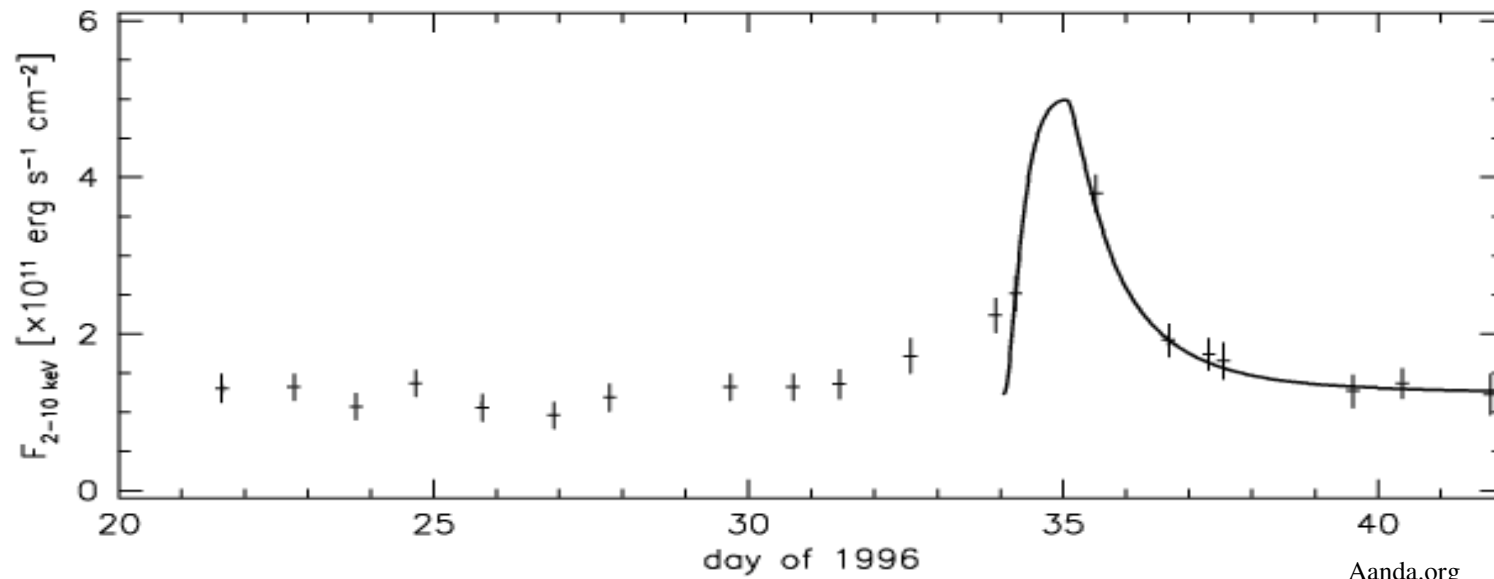
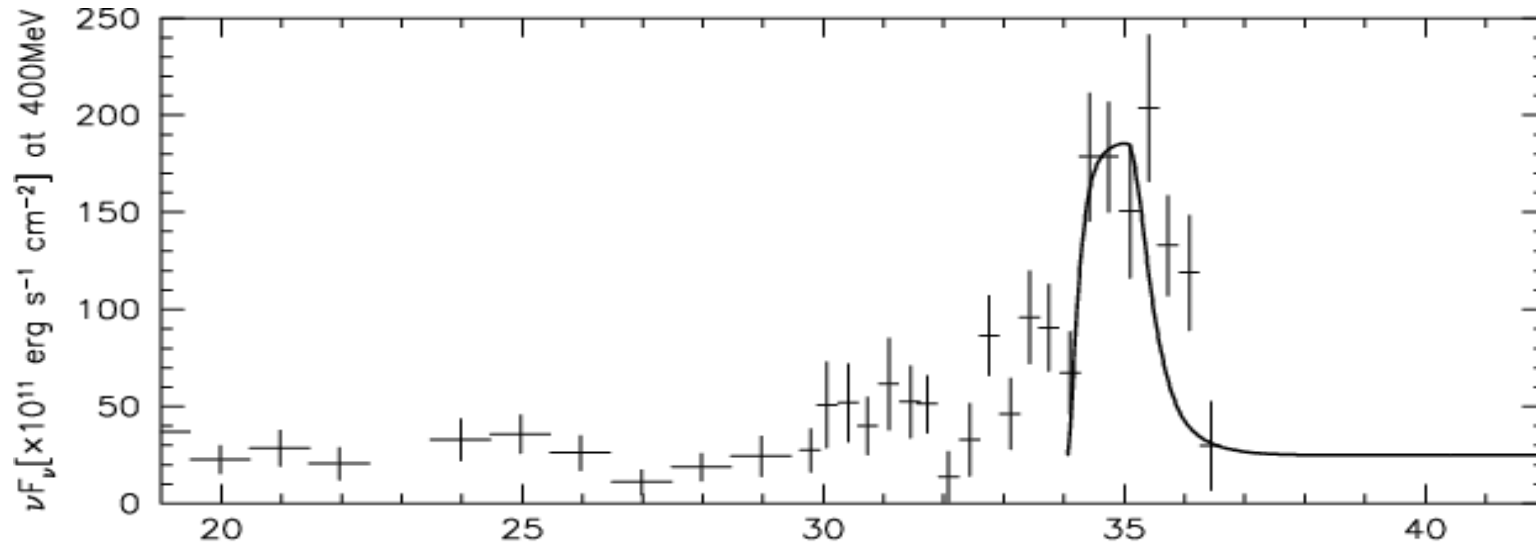


[http://en.wikipedia.org/wiki/Relativistic\\_Doppler\\_effect](http://en.wikipedia.org/wiki/Relativistic_Doppler_effect)

Der relativistische Dopplereffekt verändert die Frequenz des gemessenen Lichts

\* in der Grafik bewegt sich der Beobachter mit der Geschwindigkeit des Pfeils über die Ebene, der Effekt ist aber derselbe, als wenn der Beobachter relativ zur Ebene ruhen würde und sich die Teilchens des Jets von rechts auf den Beobachter zu bewegen würden

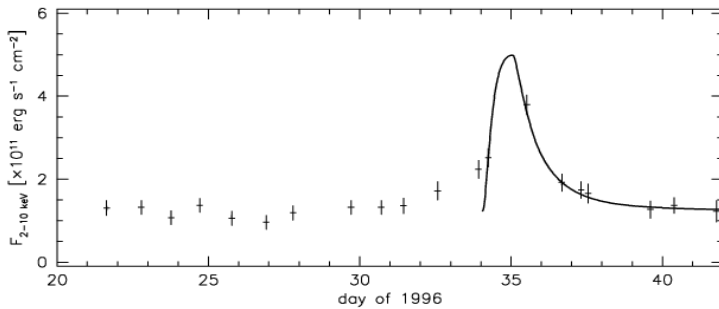
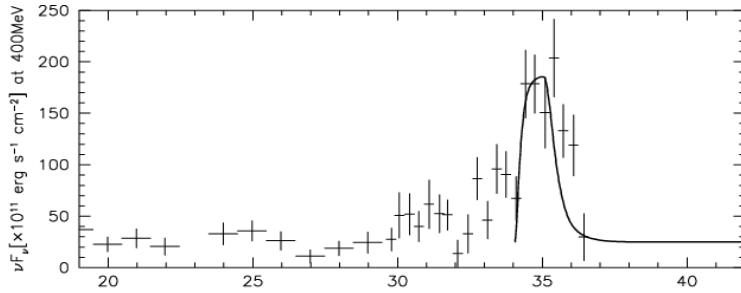
# Helligkeitsänderungen



Aanda.org

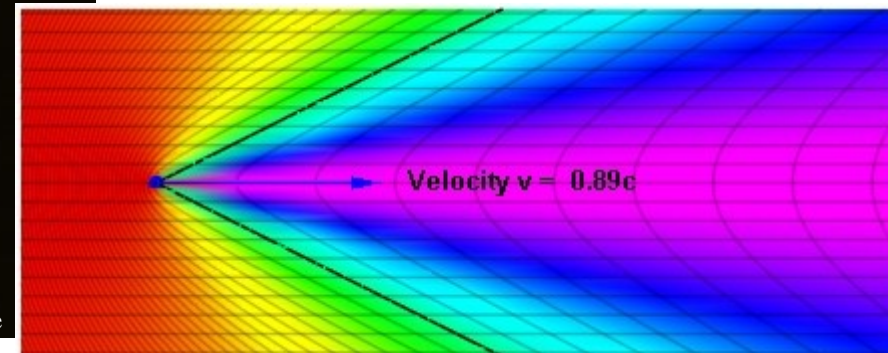
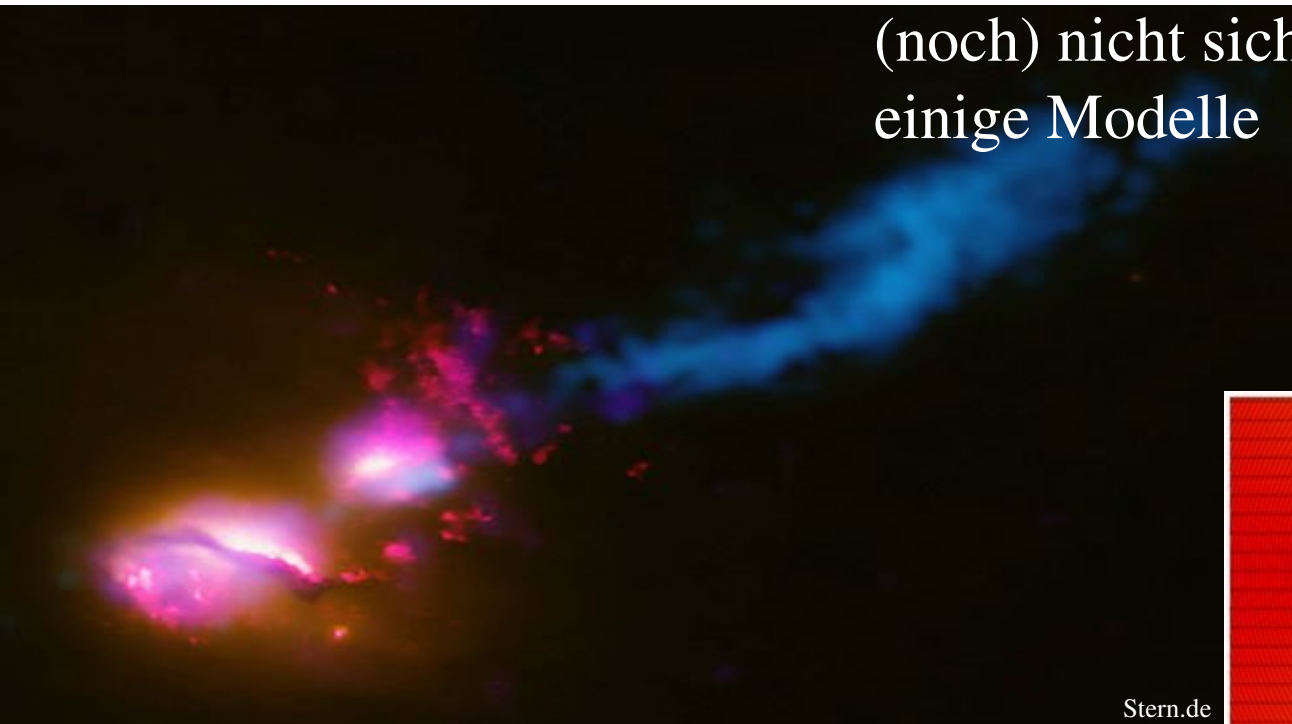
- Leuchtkraft eines Bl Lac Objekts über einen Zeitraum von 45 Tagen bei verschiedenen Energiebändern

# Helligkeitsänderungen



- die starken Schwankungen in der Leuchtkraft eines Blazarjets können mit dem variablen relativistischen Dopplereffekt erklärt werden: Neigt sich die Akkretionsscheibe und damit der Jet auch nur minimal, ändert sich die beobachtete Helligkeit und die Frequenz

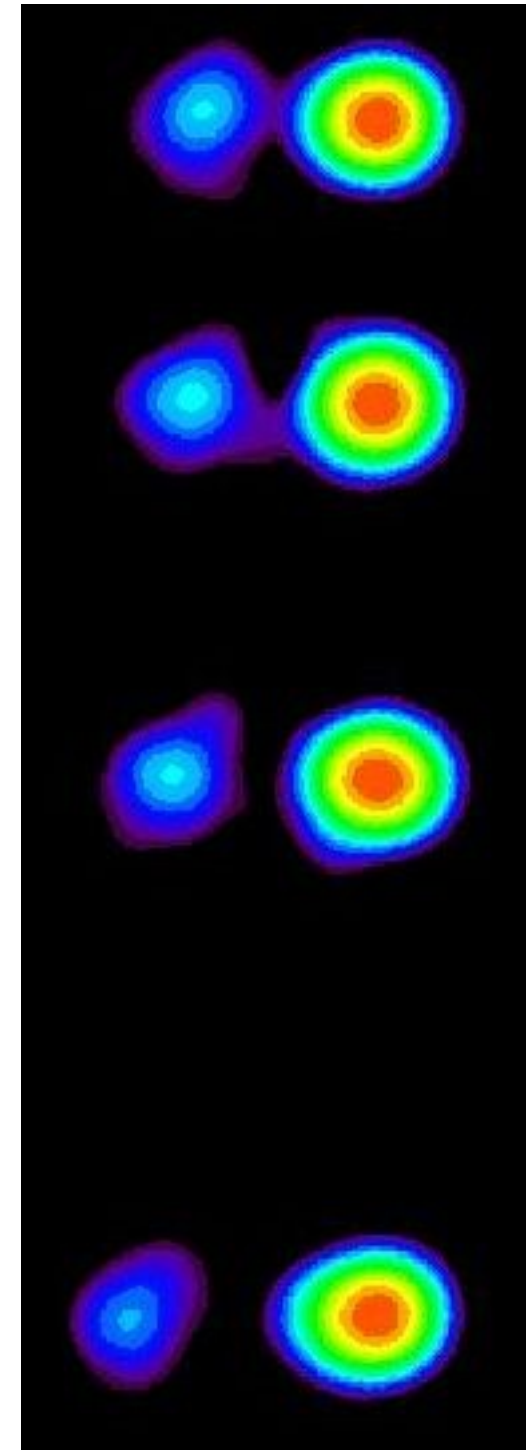
- warum der Jet seine Richtung ändert, ist (noch) nicht sicher geklärt, auch wenn es einige Modelle dazu gibt



## Scheinbare Überlichtgeschwindigkeit

- durch Veränderungen in der Akkretionsscheibe kann ein Jet manchmal schockwellenartig sogenannte “Flares” ausstoßen, die sich mit scheinbar mehrfacher Überlichtgeschwindigkeit bewegen, was unmöglich ist, da  $c$  die höchst mögliche Geschwindigkeit ist
- bei der Beobachtung muss allerdings auch die relativistische Geschwindigkeit des Flares beachtet werden, mit der sich dieses auf den Beobachter zu bewegt; auf diese Weise ermittelt man Geschwindigkeiten, die zwar immer noch unvorstellbar hoch sind, aber immer unterhalb der Lichtgeschwindigkeit liegen

“Flare”



## Quellen:

[www.astroteilchenschule.physik.uni-erlangen.de/schule2207/telnehmer\\_vortraege/Sebastian-Huber.ppt](http://www.astroteilchenschule.physik.uni-erlangen.de/schule2207/telnehmer_vortraege/Sebastian-Huber.ppt)

<http://www.stsci.edu/ftp/science/m87/press.txt>

[http://www.richweb.f9.co.uk/astro/active\\_galactic\\_nuclei.htm](http://www.richweb.f9.co.uk/astro/active_galactic_nuclei.htm)

[http://pos.sissa.it/archive/conferences/063/014/BLAZARS2008\\_014.pdf](http://pos.sissa.it/archive/conferences/063/014/BLAZARS2008_014.pdf)

<http://www.wissenschaft-online.de/astrowissen/>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Relativistic\\_Doppler\\_effect](http://en.wikipedia.org/wiki/Relativistic_Doppler_effect)

<http://en.wikipedia.org/wiki/Blazar>

<http://www.daviddarling.info/encyclopedia/B/blazar.html>

<http://www.nrao.edu/pr/2005/fastblazars/>