

Kosmische Jets

Gliederung:

1. Einleitung

2. Vorkommen

- 2.1 Erfolge der Radioastronomie
- 2.2 weitere Jetvorkommen

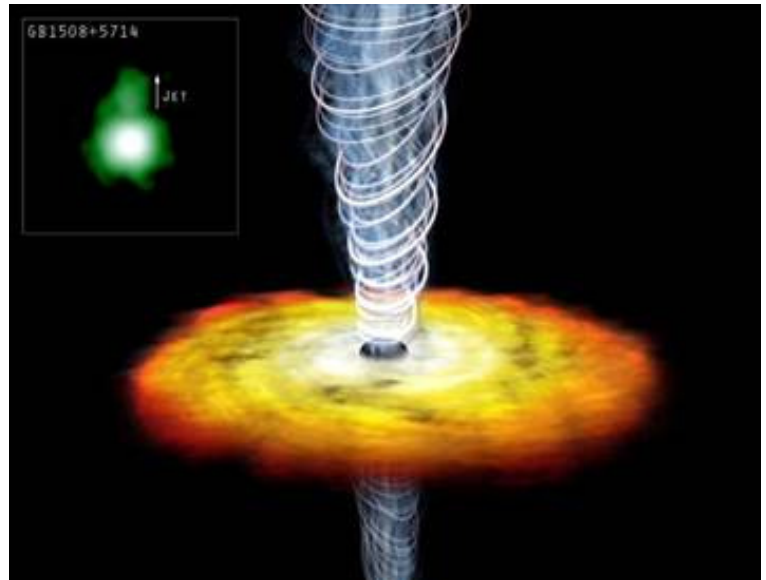
3. Entstehung und Aufbau von Jets

- 3.1 Beschleunigung und Kollimation
- 3.2 Entstehung der Lobes
- 3.3 Synchrotronstrahlung

4. Scheinbare Überlichtgeschwindigkeit und andere Beobachtungen

- 4.1 Scheinbare Überlichtgeschwindigkeit
- 4.2 Einseitigkeit
- 4.3 Stabilität und Krümmung

5. Ausblick auf zukünftige Forschung



Künstlerische Darstellung eines Jets, der sich aus einer Akkretionsscheibe um ein Schwarzes Loch in deren Mitte bildet

Quellen:

- 1) Mirabel und Rodriguez, *Sources of superluminal jets in the Galaxy*, Annual Review of Astronomy and Astrophysics 37
- 2) Begelman und Rees, *Gravity's fatal attraction: black holes in the Universe*, Scientific American Library, New York 1996
- 3) Begelman, Blandford und Rees, *Theory of extragalactic radio sources*, Reviews of Modern Physics 56
- 4) <http://www.astro.utu.fi/~cflynn/astroII/l4.html>
- 5) <http://www.astr.ua.edu/keel/galaxies/jets.html>
- 6) <http://antwrp.gsfc.nasa.gov> sowie <http://imagine.gsfc.nasa.gov>
- 7) http://www.mpifr-bonn.mpg.de/old_mpifr/research/highlight/suw97/
- 8) <http://www.astronews.com>
- 9) <http://www.fourmilab.ch/cship/aberration.html>
- 10) http://glast.pi.infn.it/Nicola/GRB_Model/node20.html

TABLE 1 Sources of Relativistic Jets in the Galaxy⁽¹⁾

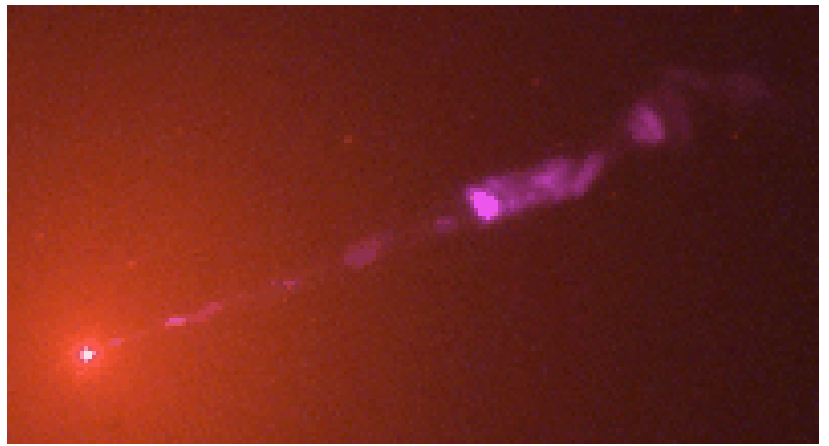
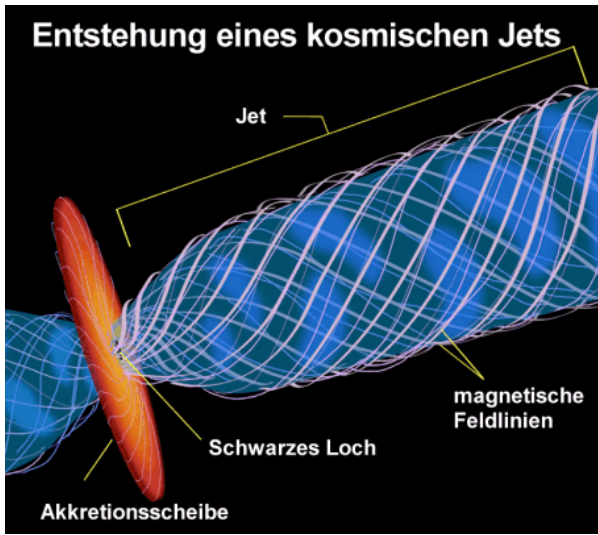
Source	Compact object	$V_{app}^{(2)}$	$V_{int}^{(3)}$	$\Theta^{(4)}$	References
GRS 1915+105	black hole	1.2c–1.7c	0.92c–0.98c	66°–70°	Mirabel & Rodríguez (1994); Fender et al (1999); Dhawan, Mirabel, Rodríguez (1999)
GRO J1655-40	black hole	1.1c	0.92c	72°–85°	Tingay et al (1995); Hjellming & Rupen (1995); Orosz & Bailyn (1997)
XTE J1748-288	black hole	1.3c	>0.9c		Hjellming et al (1998)
SS 433	neutron star?	0.26c	0.26c	79°	Margon (1984); Spencer (1984)
Cygnus X-3	neutron star?	~0.3c	~0.3c	>70°	Schalinski et al (1993); Martí et al (1999)
CI Cam	neutron star?	~0.15c	~0.15c	>70°	Mioduszewski et al (1998); García et al (1998)
Scorpio X-1	neutron star	~0.5c			Fomalont (1999)
Circinus X-1	neutron star	≥0.1c	≥0.1c	>70°	Stewart et al (1993); Fender et al (1998)
1E1740.7-2942	black hole				Mirabel et al (1992); Rodríguez & Mirabel (1999c)
GRS 1758-258	black hole				Rodríguez et al (1994)
Sgr A*	black hole				Lo et al (1998)

⁽¹⁾Sources reported as of December 1998.

⁽²⁾ V_{app} is the apparent speed of the highest velocity component of the ejecta.

⁽³⁾ V_{int} is the intrinsic velocity of the ejecta.

⁽⁴⁾ Θ is the angle between the direction of motion of the ejecta with the line of sight.



oben links: Schematische Darstellung der Entstehung eines Jets in dem Kern der Galaxie M 87: Eine Akkretionsscheibe umgibt das Schwarze Loch und Teilchen werden vom Magnet-feld in einen enggebündelten Jet gezwungen. In unmittelbarer Nähe des Schwarzen Lochs ist der Jet relativ weit geöffnet, doch innerhalb nur eines Lichtjahres wird er zum beobachteten schmalen Strahl.

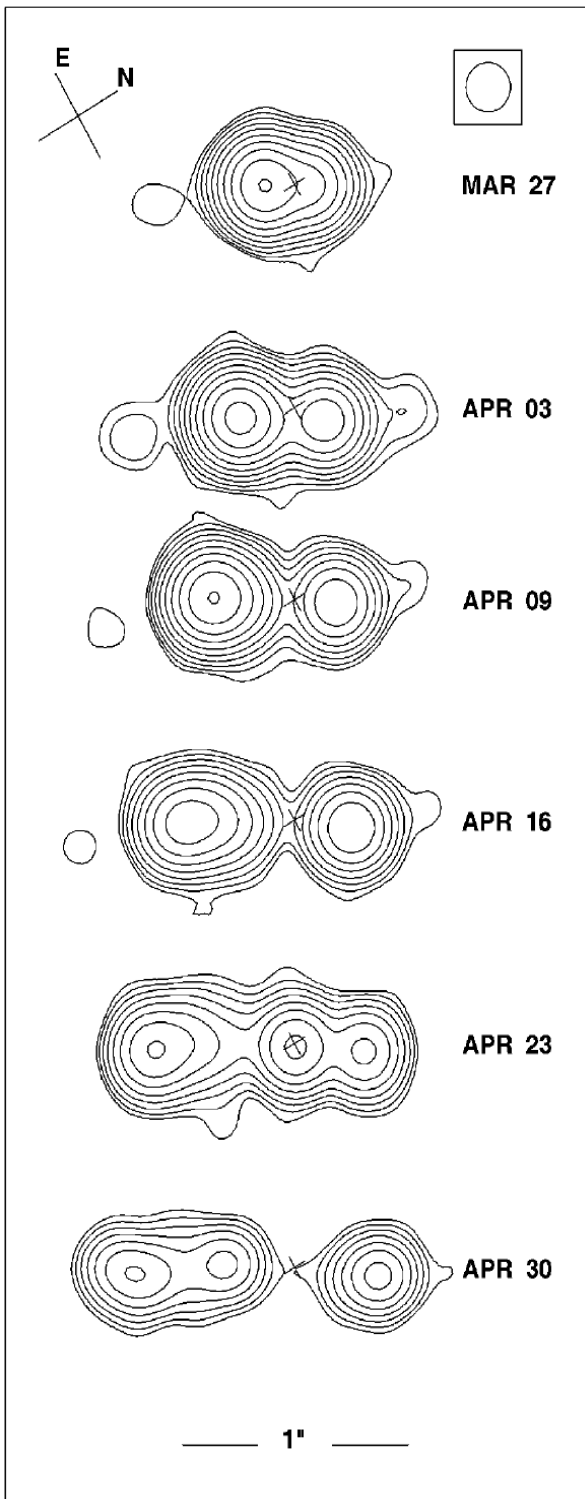
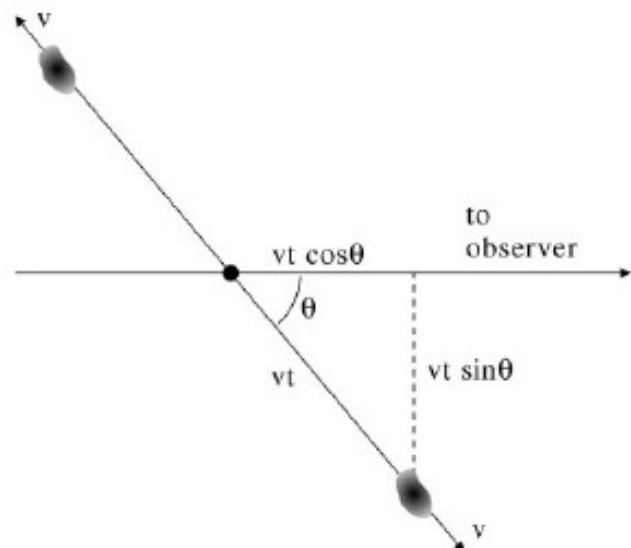
oben rechts: ein Ausschnitt des Jets von M 87 im optischen Bereich, aufgenommen mit dem Hubble Weltraumteleskop

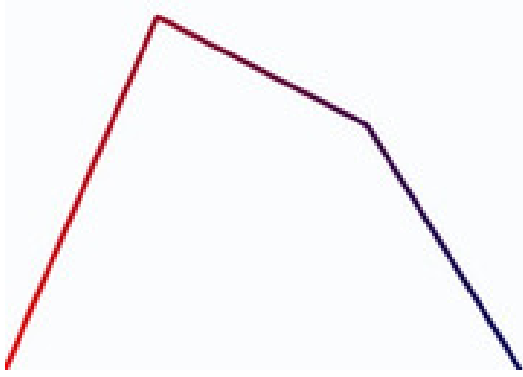
links: Aufnahmen des VLA Teleskops im Radiobereich (1994), die zwei Blobs zeigen, welche sich von dem Ursprung eines Jets entfernen. Die Position des stationären Kerns ist mit dem kleinen Kreuz gekennzeichnet. Die linke Wolke scheint sich mit 125% der Lichtgeschwindigkeit fortzubewegen.

unten: Schaubild zur Erklärung scheinbarer Überlichtgeschwindigkeit. Als Formel ergibt sich für die beobachtete Geschwindigkeit v_b :

$$v_b = \frac{v \cdot \sin \theta}{1 - \frac{v}{c} \cdot \cos \theta} \quad (\text{für sich dem Beobachter nähernde Jets})$$

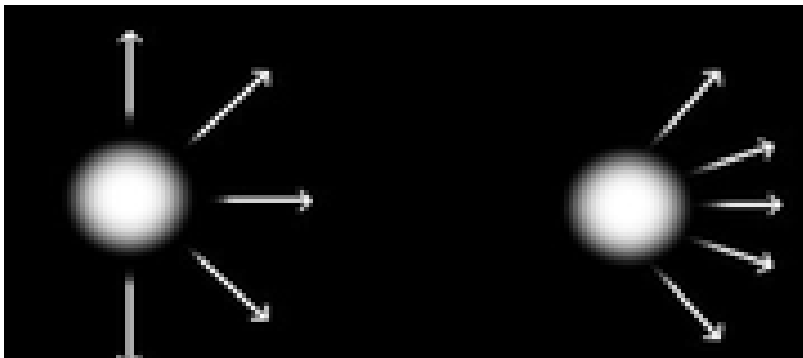
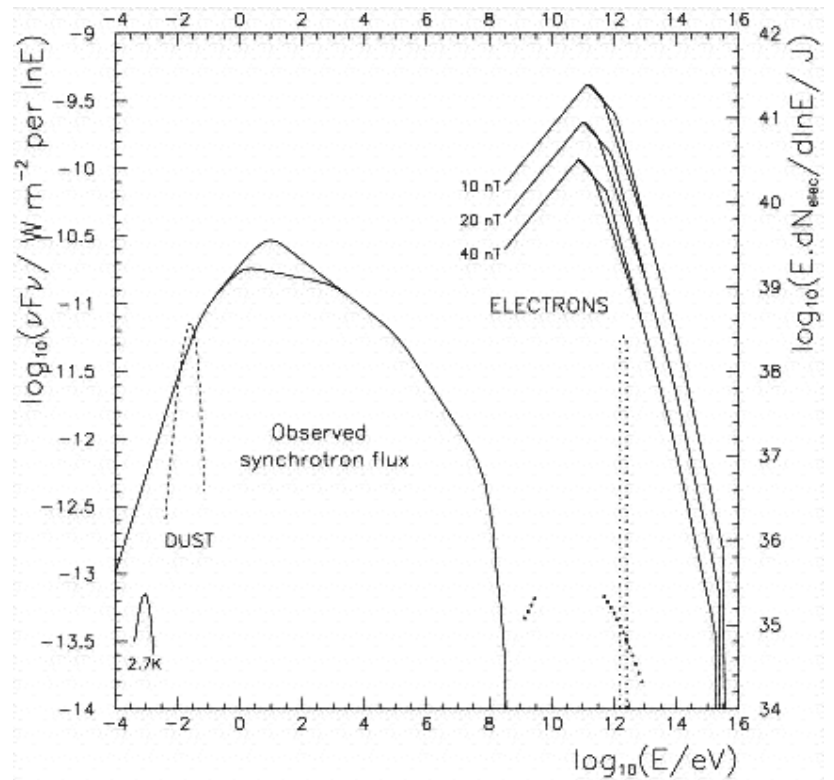
$$v_b = \frac{v \cdot \sin \theta}{1 + \frac{v}{c} \cdot \cos \theta} \quad (\text{für sich entfernende Jets})$$





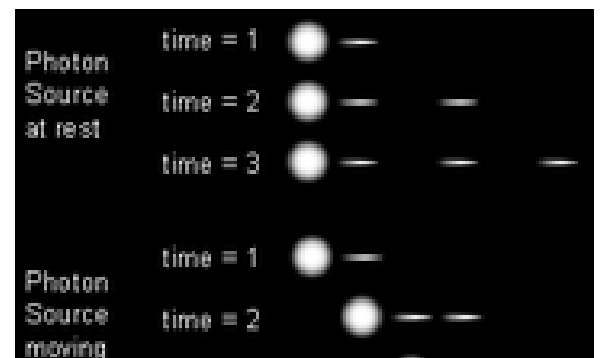
oben: Skizze des Spektrums der Synchrotronstrahlung eines Jets.
x-Achse: Logarithmus der Frequenz ν ,
y-Achse: Logarithmus des gemessenen Lichtflusses S . Die *peak frequency* (Spitzenfrequenz) liegt bei $\log \nu = 3$, die *break frequency* bei $\log \nu = 7$.

rechts: zum Vergleich tatsächliches Synchrotronspektrum des Krabben-Nebels.



oben links: Relativistische Verzerrung. Photonen, die von annähernd lichtschnellen Objekten emittiert werden, erscheinen so, als wären sie in einem Kegel in Bewegungsrichtung abgestrahlt worden. Wenn sie entlang dieser Richtung beobachtet werden, erscheint das Objekt deshalb heller.

oben rechts: Zeitdilatation. Eine homogene Lichtquelle strahlt Photonen in alle Richtungen gleichermaßen ab, aber wenn die Quelle sich bewegt, erscheint es einem Beobachter vor der dem Objekt so, als würden häufiger Photonen abgestrahlt. Das Objekt sieht also heller aus.



Relativistisches Beaming:

Für ein vereinfachtes Modell von Jets als einzelner homogener leuchtender Sphäre lässt sich die beobachtete Leuchtkraft S_o folgendermaßen in Beziehung setzen zu der tatsächlichen Leuchtkraft S :

$$S_o = S \cdot D^p \quad \text{mit} \quad p = 3 - \alpha, \quad \alpha = \text{Anstieg der Spektrumskurve im betrachteten Frequenzbereich,}$$

$$D = \frac{1}{\Gamma(1 - \beta \cos \theta)} \quad (\text{Dopplerfaktor}),$$

$$\Gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad (\text{Lorentzfaktor}),$$

$$\beta = \frac{v}{c} \quad (\text{relativistisches } \beta)$$