

# Sterne, Galaxien und das Universum

## Teil 8: Aktive Galaxien, Quasare

Peter Hauschildt

yeti@hs.uni-hamburg.de

Hamburger Sternwarte  
Gojenbergsweg 112  
21029 Hamburg

5. Juli 2019

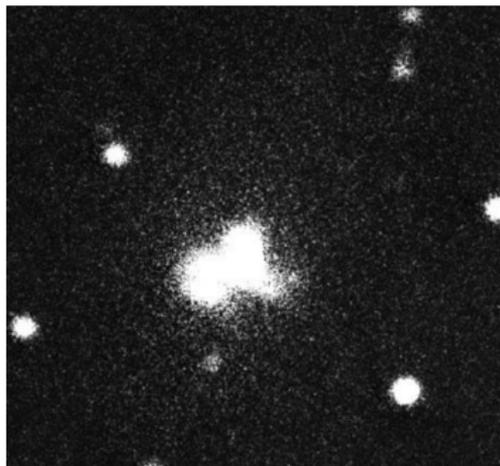
# Aktive Galaxien



# Übersicht

- ▶ Quasare
- ▶ Seyfert Galaxien
- ▶ Superluminale Geschwindigkeit
- ▶ central engine

# Quasare



- ▶ stärkste Radioquellen (1936):
- ▶ Sgr A, Cas A, Cyg A
- ▶ Baade (1951): seltsame Galaxie
- ▶ Emissionsspektrum!
- ▶ Linien um 5.7% Rotverschoben

# Rotverschiebung

- ▶ Definition:

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

- ▶  $\lambda$ : beobachtete Wellenlänge
- ▶  $\lambda_0$ : Labor Wellenlänge
- ▶ Relation zur Geschwindigkeit:

$$\frac{v}{c} = \frac{(z + 1)^2 - 1}{(z + 1)^2 + 1}$$

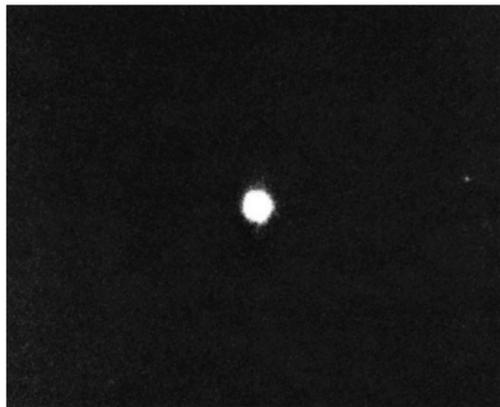
- ▶ für  $v \ll c \rightarrow$

$$\frac{v}{c} = z$$

# Rotverschiebung

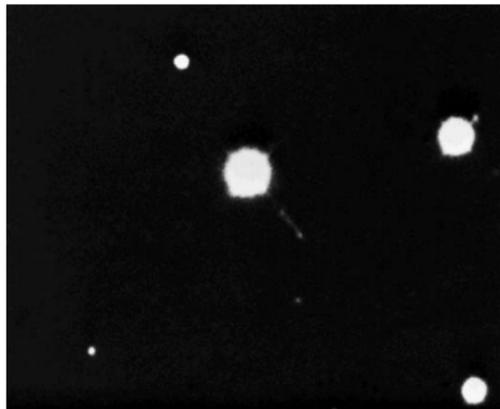
- ▶ Cyg A:  $z = 0.057$
- ▶ schätze Entfernung über Hubble Gesetz
- ▶ → 220 Mpc!!
- ▶ → Cyg A hat 10M fache Radioleistung der Milchstraße!

# Quasare



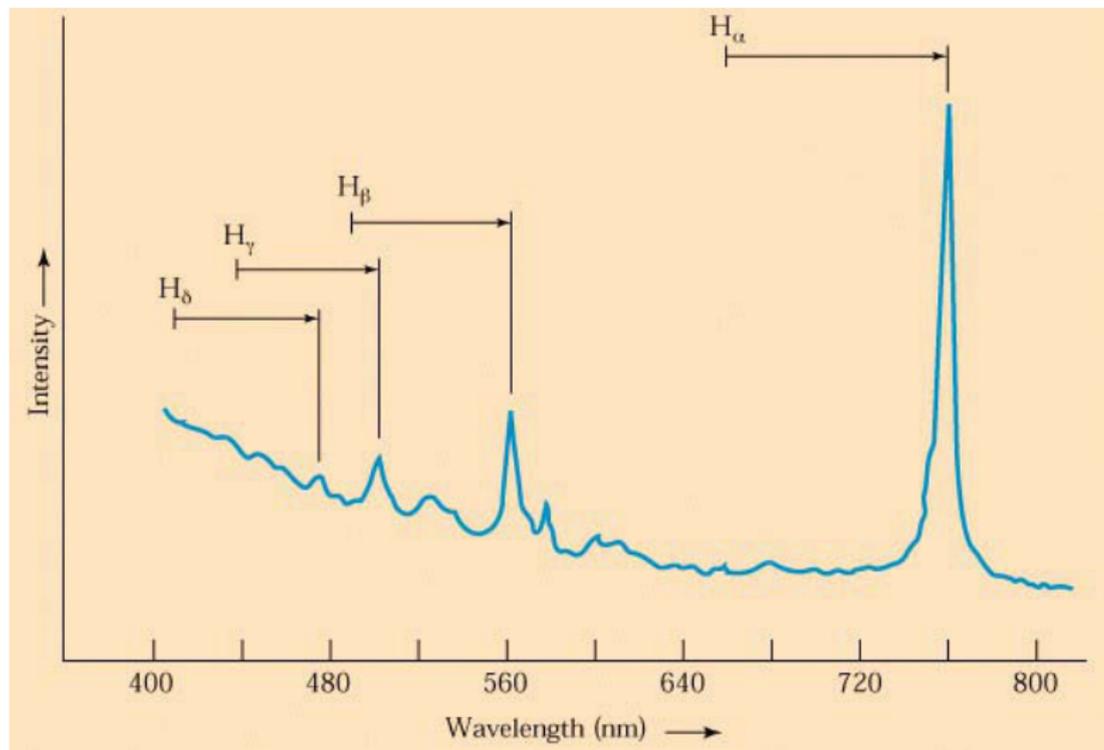
- ▶ 1960er: ähnliche Objekte werden gefunden
- ▶ 3C 48: sieht optisch aus wie ein Stern
- ▶ zeigt auch Emissionslinien
- ▶ Linien unidentifiziert!

# Quasare



- ▶ 3C 273:  $z = 0.158$
- ▶  $\rightarrow v \approx 45000 \text{ km/s}$
- ▶ Hubble Gesetz  $\rightarrow$
- ▶ 600 Mpc Entfernung

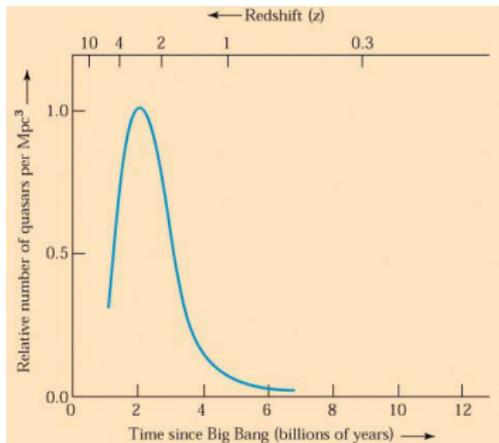
# 3C 273



# Quasare

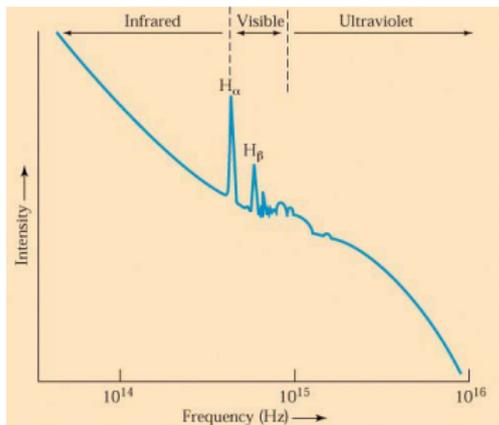
- ▶ → *quasi-stellar radio source*
- ▶ auch viele hoch rotverschobene Stern-ähnliche Objekte *ohne* Radiostrahlung gefunden!
- ▶ → *quasi-stellar object (QSO)*
- ▶ 90% aller Quasare → QSOs
- ▶ nur 10% sind 'radio-loud'
- ▶ heute: > 10000 bekannte Quasare
- ▶  $z$  zwischen 0.06 (250 Mpc) und >5 (4 Gpc!)

# Quasare



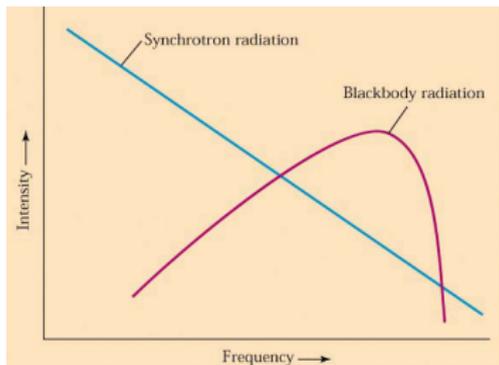
- ▶ es gibt keine Quasare in geringer Entfernung!
- ▶ quasare häufig in der Vergangenheit aber jetzt 'ausgestorben'

# Quasare



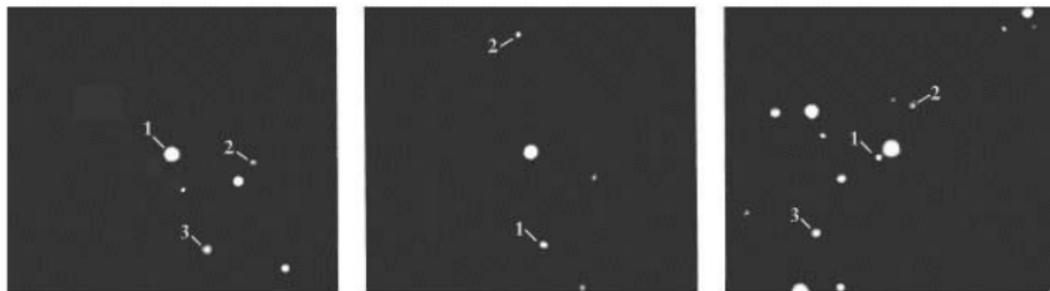
- ▶ Quasare sind extrem hell
- ▶ 3C 273:  $2.5 \times 10^{13} L_{\odot}$
- ▶ Milchstraße:  $2.5 \times 10^{10} L_{\odot}$
- ▶ Spektren sehr unterschiedlich

# Quasare



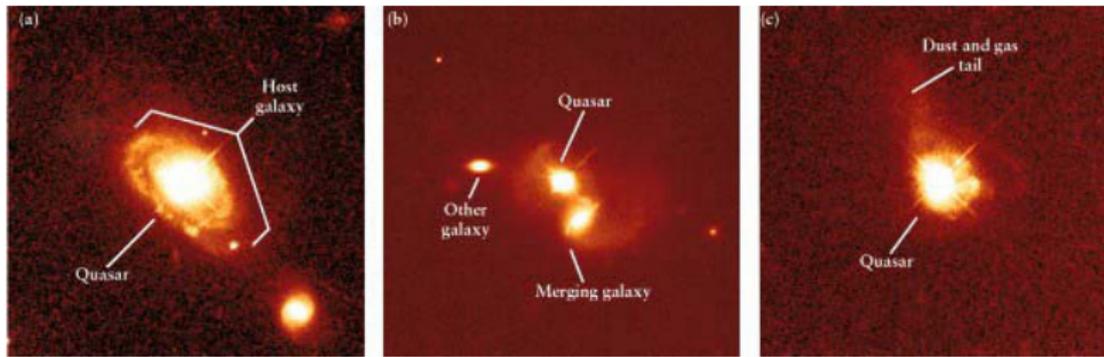
- ▶ kein thermisches Spektrum!
- ▶ sondern Synchrotron Strahlung
- ▶ ist auch polarisiert

# Quasare



- ▶ extra-galaktische Natur bestätigt durch Assoziation mit Galaxienhaufen
- ▶ Quasare und Galaxien mit gleichem  $z$ !

# Quasare



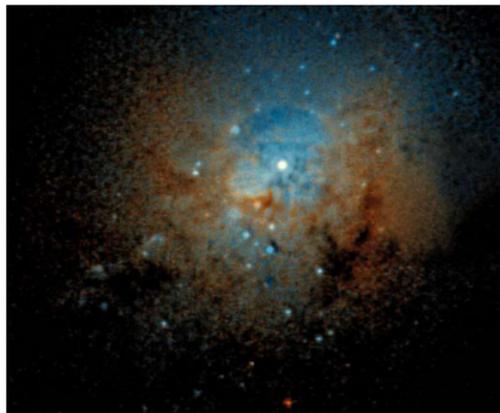
- ▶ Quasare sind in Elterngalaxien (host galaxies) zu finden
- ▶ radio-laut → Spiralen
- ▶ radio-leise → Ellipticals

# Seyfert Galaxien



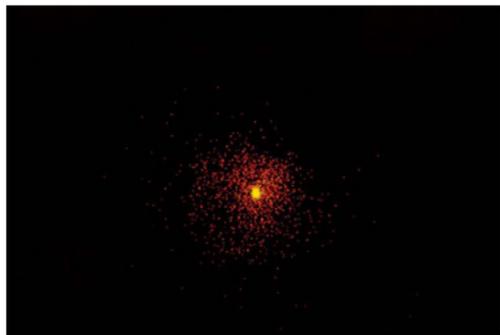
- ▶ Riesige Lücke von Galaxien zu Quasaren
- ▶ → geschlossen durch
- ▶ *Seyfert Galaxien*
- ▶ Beispiel: NGC 1566
- ▶ *L* genau in der Lücke!

# Seyfert Galaxien



- ▶ zeigen sehr aktive Kerne
- ▶ oft: Kollisionen
- ▶ Beispiel: NGC 1275
- ▶ junge Kugelsternhaufen

# Seyfert Galaxien



- ▶ Röntgen Bilder
- ▶ → sehr heißes Gas nahe dem Kern
- ▶ 10% aller hellen Spiralen sind Seyfert Galaxien

# Radio Galaxien



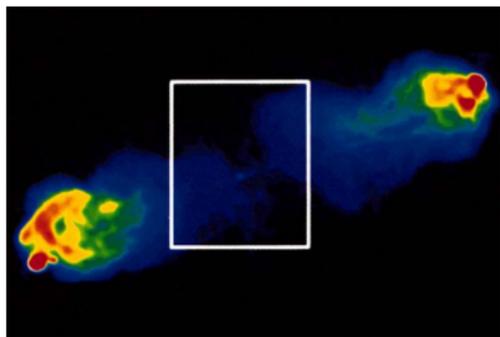
a



b

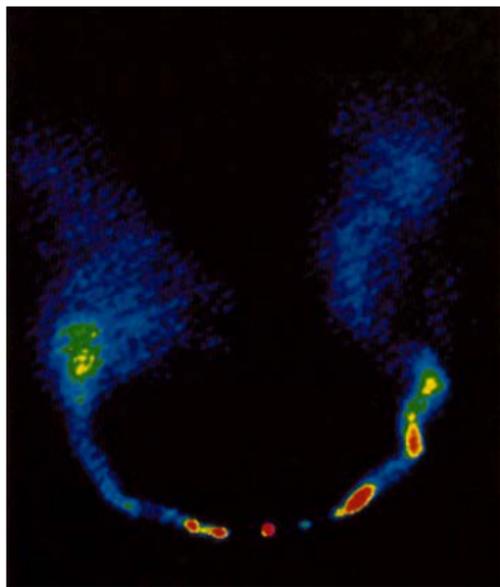
- ▶ wie optisch schwache aber radio-laute Quasare
- ▶ b: IR Bild des Kerngebiets
- ▶ → 1500 pc langer Jet!

# Radio Galaxien



- ▶ sehr oft: Doppel Radio Quellen
- ▶ Beispiel: Cyg A
- ▶ Radio 'Ohren' ca. 50 kpc von Galaxie
- ▶ Radio → Synchrotron Strahlung

# Radio Galaxien

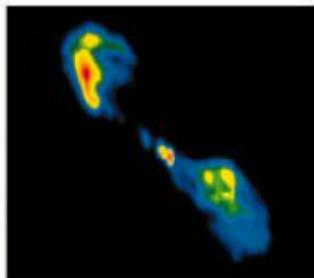


- ▶ 2500 km/s schnelle Galaxie
- ▶ zieht Jets wie Rauch hinter sich her
- ▶ Beispiel: NGC 1265

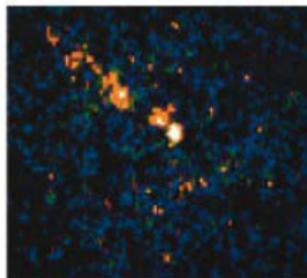
# Cen A (NGC 5128)



a



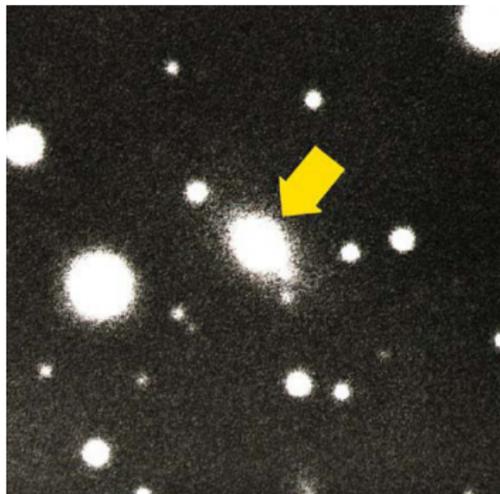
b



c

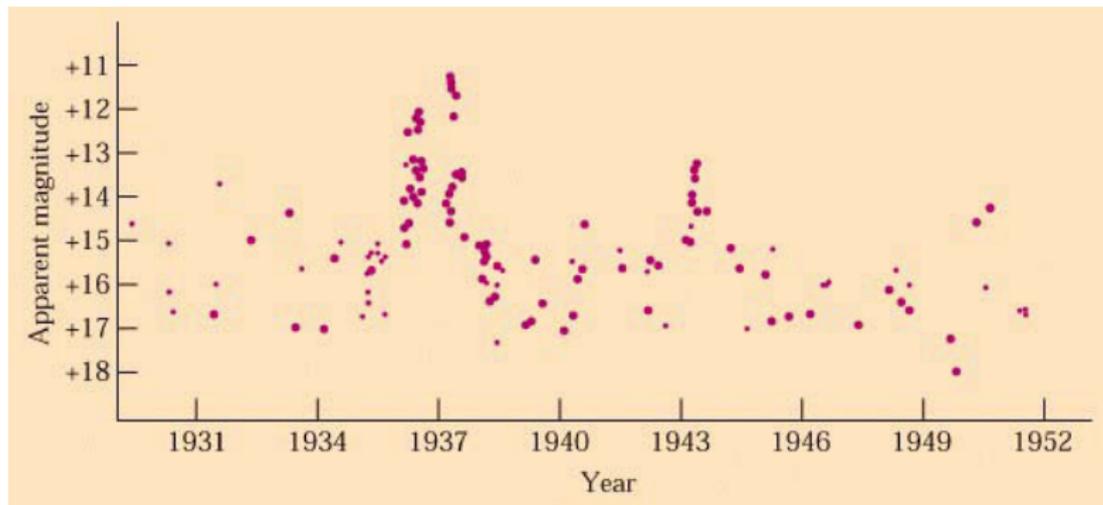
- ▶ sehr breites Staub-Band
- ▶ 2 große Jets!

# Aktive Galaxien



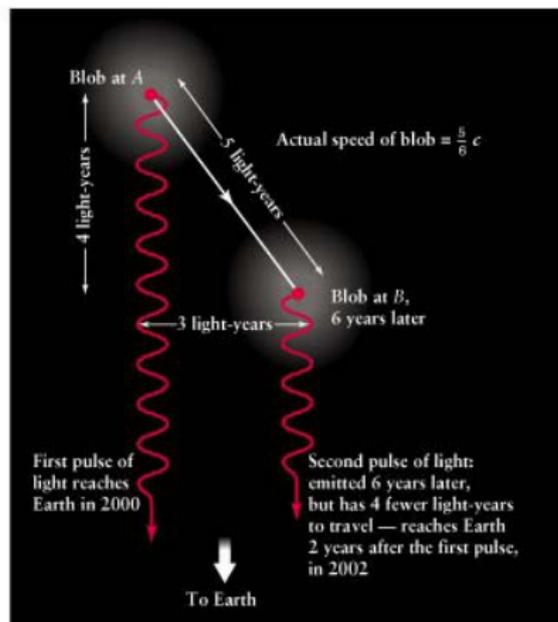
- ▶ wenn Jets nahezu in Sehrichtung
- ▶ → Blazar
- ▶ Beispiel: BL Lac

# Superluminale Bewegung

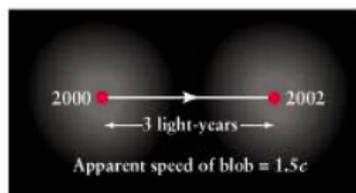


- ▶ 3C 273
- ▶ → blobs entfernen sich von Elterngalaxie
- ▶ mit 10 facher Lichtgeschwindigkeit!!
- ▶ → scheinbare Bewegung

# Superluminale Bewegung



a View from above

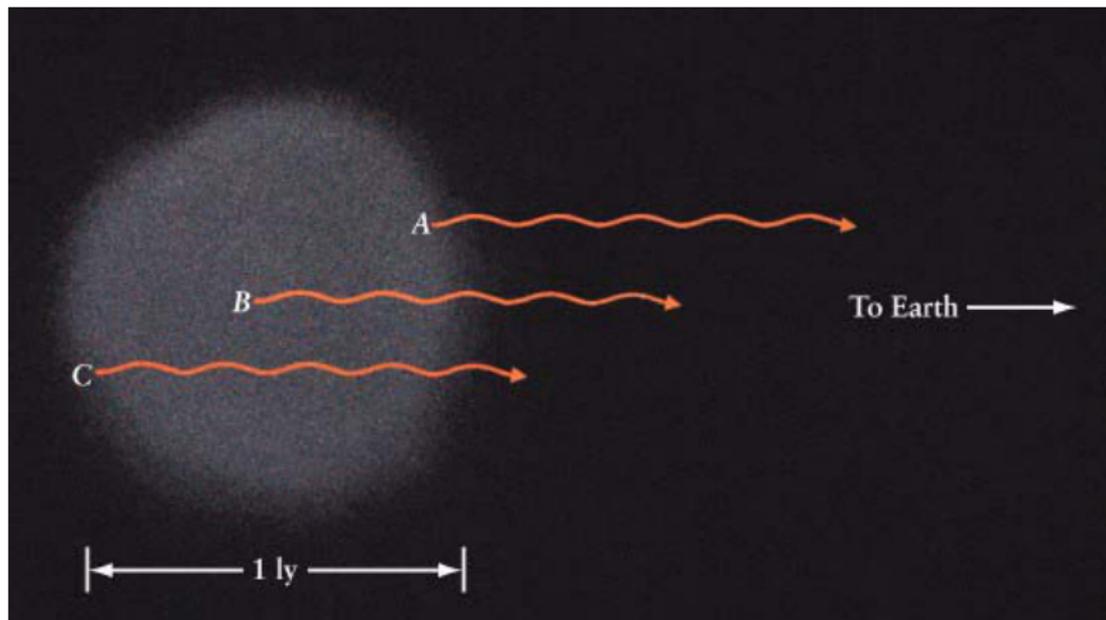


b View from Earth

# Variabilität

- ▶ Quasare sind sehr variabel
- ▶ Zeitskalen von Wochen bis Monaten
- ▶ → aktive Regionen können nicht sehr schnell sein
- ▶ schnellste Variabilität: Tage!
- ▶ → Energiequelle passt in das Sonnensystem!

# Variabilität



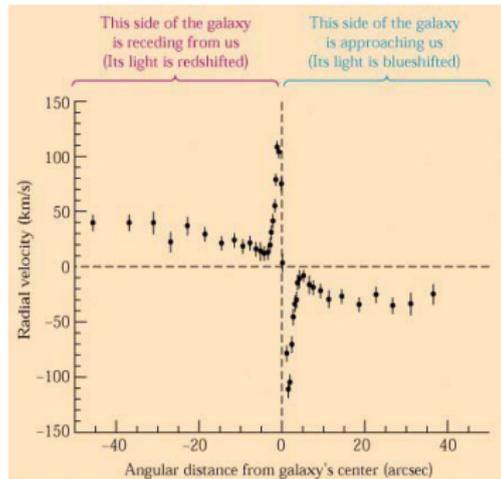
# Energiequelle

- ▶ beste Möglichkeit: Schwarzes Loch
- ▶ einfallende Materie strahlt Energie ab
- ▶ dafür kann man eine Obergrenze abschätzen:

$$L = 30000 \frac{M}{M_{\odot}} L_{\odot}$$

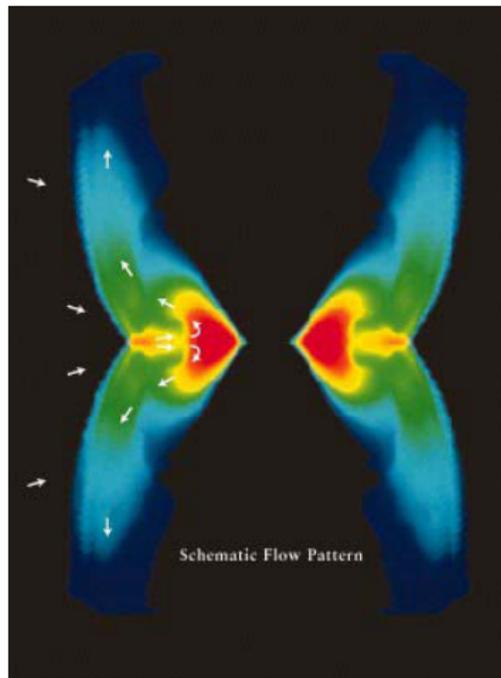
- ▶  $L = 3 \times 10^{13} L_{\odot} \rightarrow M = 10^9 M_{\odot}$
- ▶ *supermassives Schwarzes Loch*

# Energiequelle



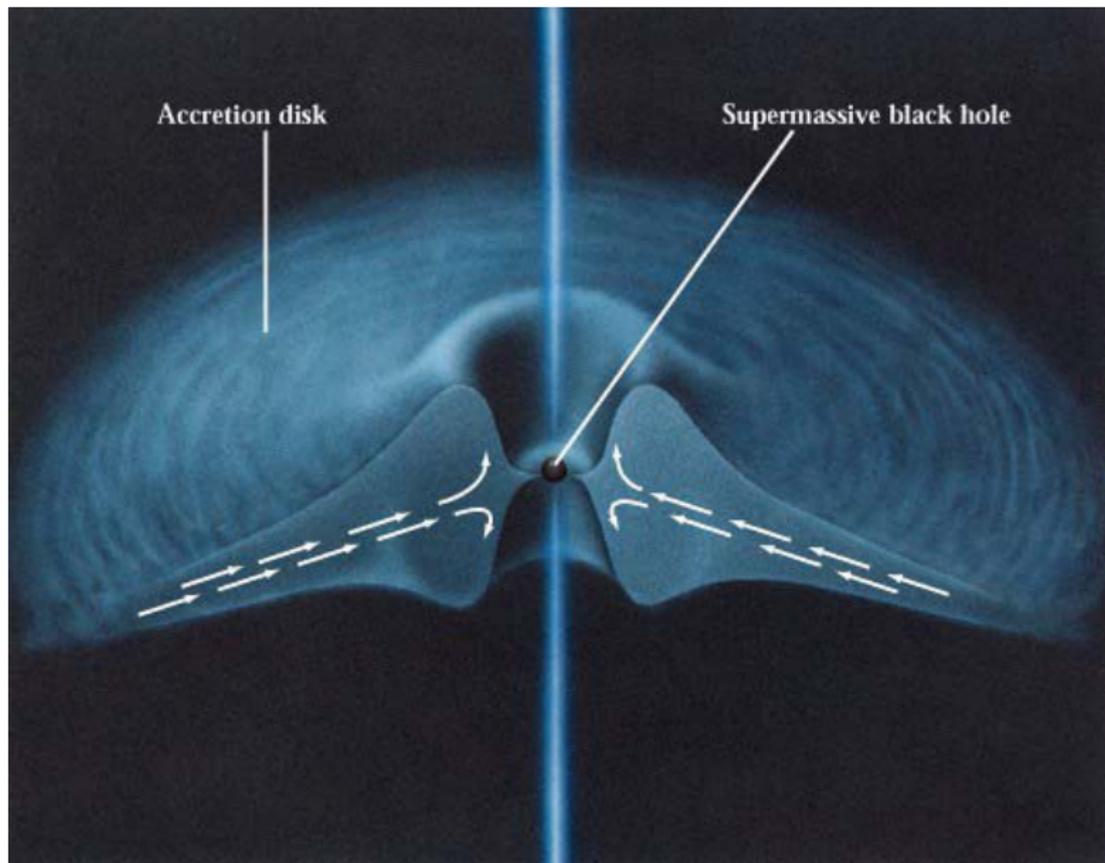
- ▶ Überprüfung:
- ▶ Bahnen von Sternen nahe Zentrum,
- ▶ Geschwindigkeit
- ▶  $\rightarrow 3 \times 10^6 M_{\odot}$  Schwarzes Loch

# Modell der Zentralregion

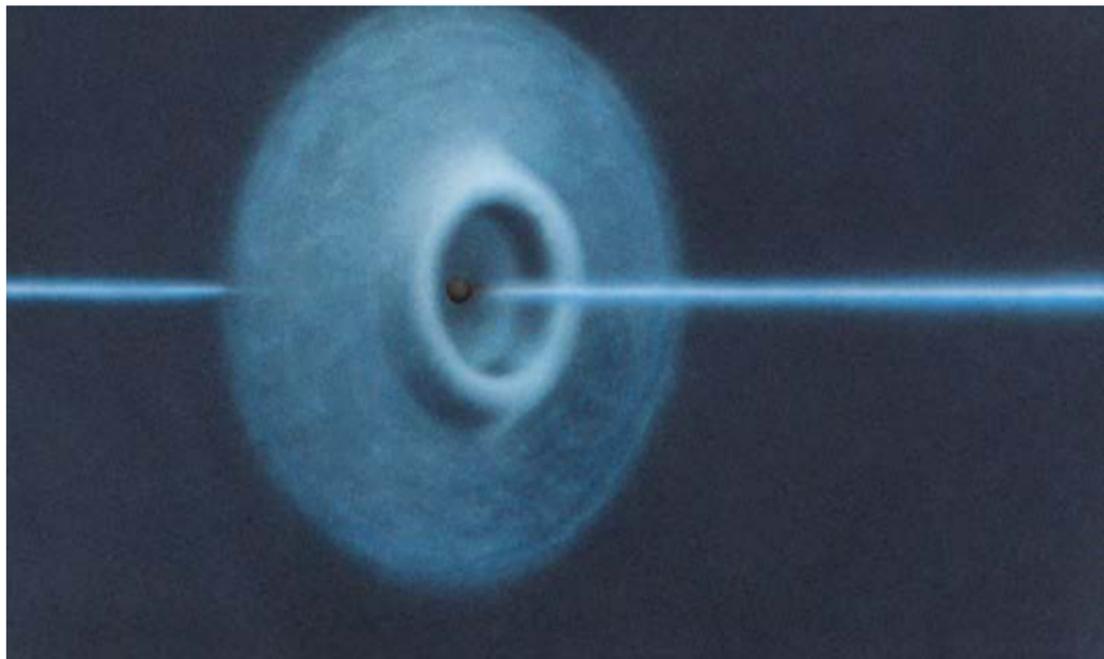


- ▶ Schwarzes Loch wird von außen gefüttert
- ▶ Akkretionsscheibe bildet sich
- ▶ Gas strömt nach innen
- ▶ Schockfront bildet sich innen
- ▶ → Material wird in Jets abgestoßen

# Modell der Zentralregion



# Modell der Zentralregion



## Beobachtung der Zentralregion

