

# Astroteilchenphysik II: Gammastrahlung

## Vorlesung 9

Ralph Engel und Markus Roth  
Institut für Kernphysik  
Markus.Roth@kit.edu

### Aktive Galaktische Kerne

#### **Seyfert-Galaxien, Quasare, Blazare**

- Beobachtungen von variablen, extragalaktischen Objekten
- Interpretation als Aktive Galaktische Kerne
- Physikalische Prozesse und Parameter
- Indirekter Nachweis von Schwarzen Löchern

#### **Emissions- und Absorptionsprozesse**

- Akkretionsscheibe und Gastorus
- Plasmastrahlen (Jets) und Knoten

#### **Nachweis Schwarzer Löcher**

- Keplerbahnen und Dopplereffekt
- Eddingtonschränke

#### **Unmittelbare Umgebung von Schwarzen Löchern**

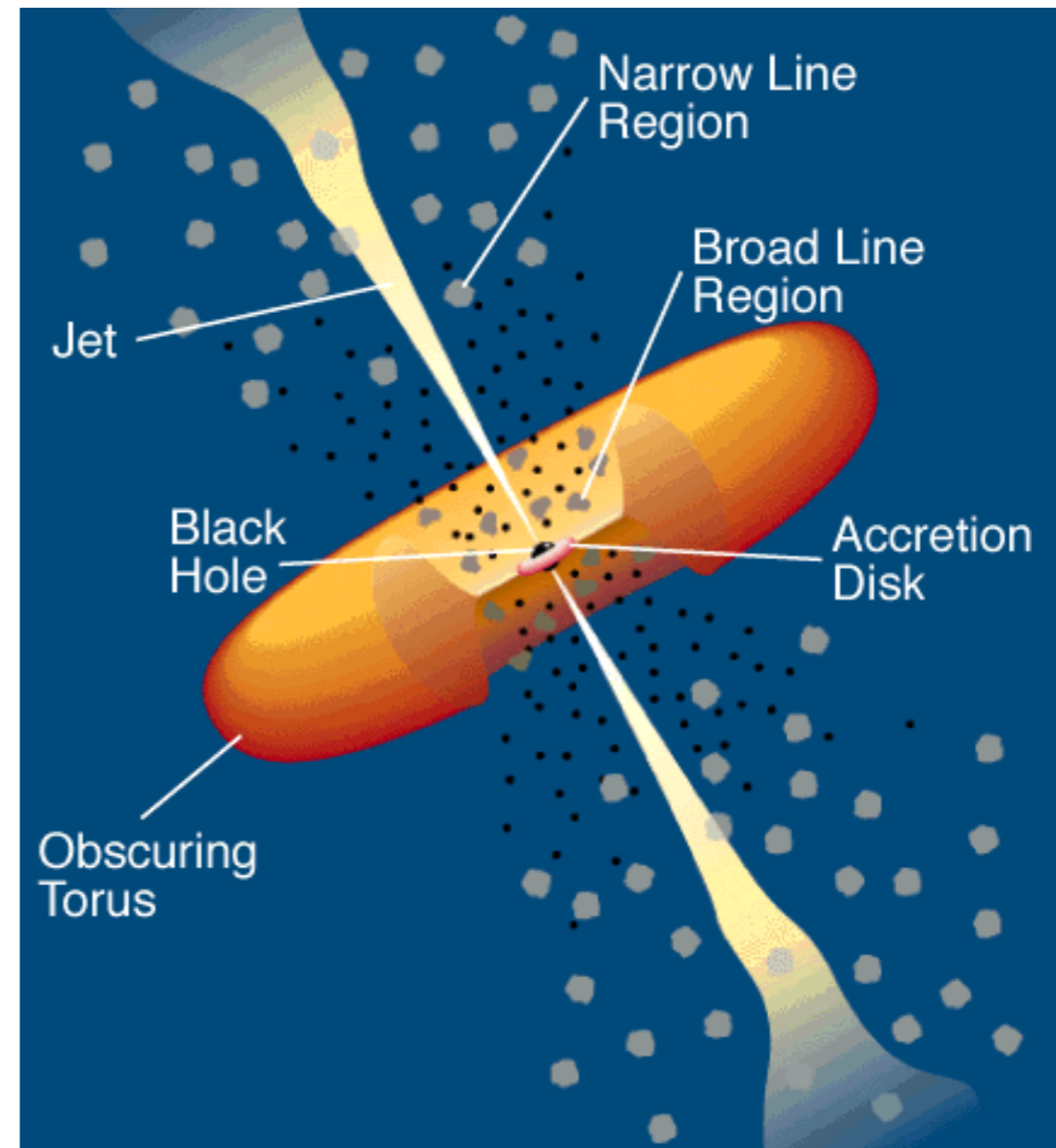
- Akkretionsscheibe und Gastorus
- Plasmastrahlen (Jets) und Knoten

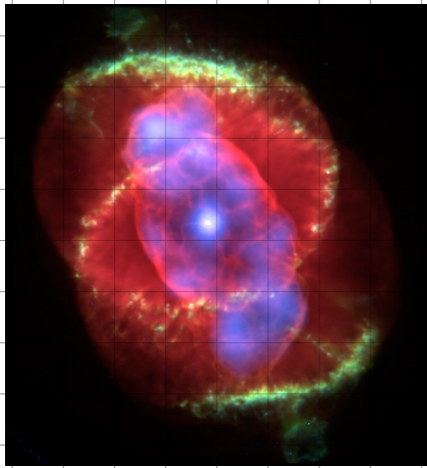
# Vorlesung: Termine

Dienstag		Donnerstag	
		23.04.2020	Vorlesung
		30.04.2020	Vorlesung
		07.05.2020	Vorlesung
12.05.2020	Übung	14.05.2020	Vorlesung
		-	Feiertag
		28.05.2020	Vorlesung
		04.06.2020	Vorlesung
09.06.2020	Übung	-	Feiertag
		18.06.2020	Vorlesung
23.06.2020	Übung	25.06.2020	Ausgefallen
		02.07.2020	Vorlesung
07.07.2020	Übung	<b>09.07.2020</b>	<b>Vorlesung</b>
		16.07.2020	Vorlesung
21.07.2020	Übung	23.07.2020	Vorlesung

## Seyfert-Galaxien, Quasare, Blazare

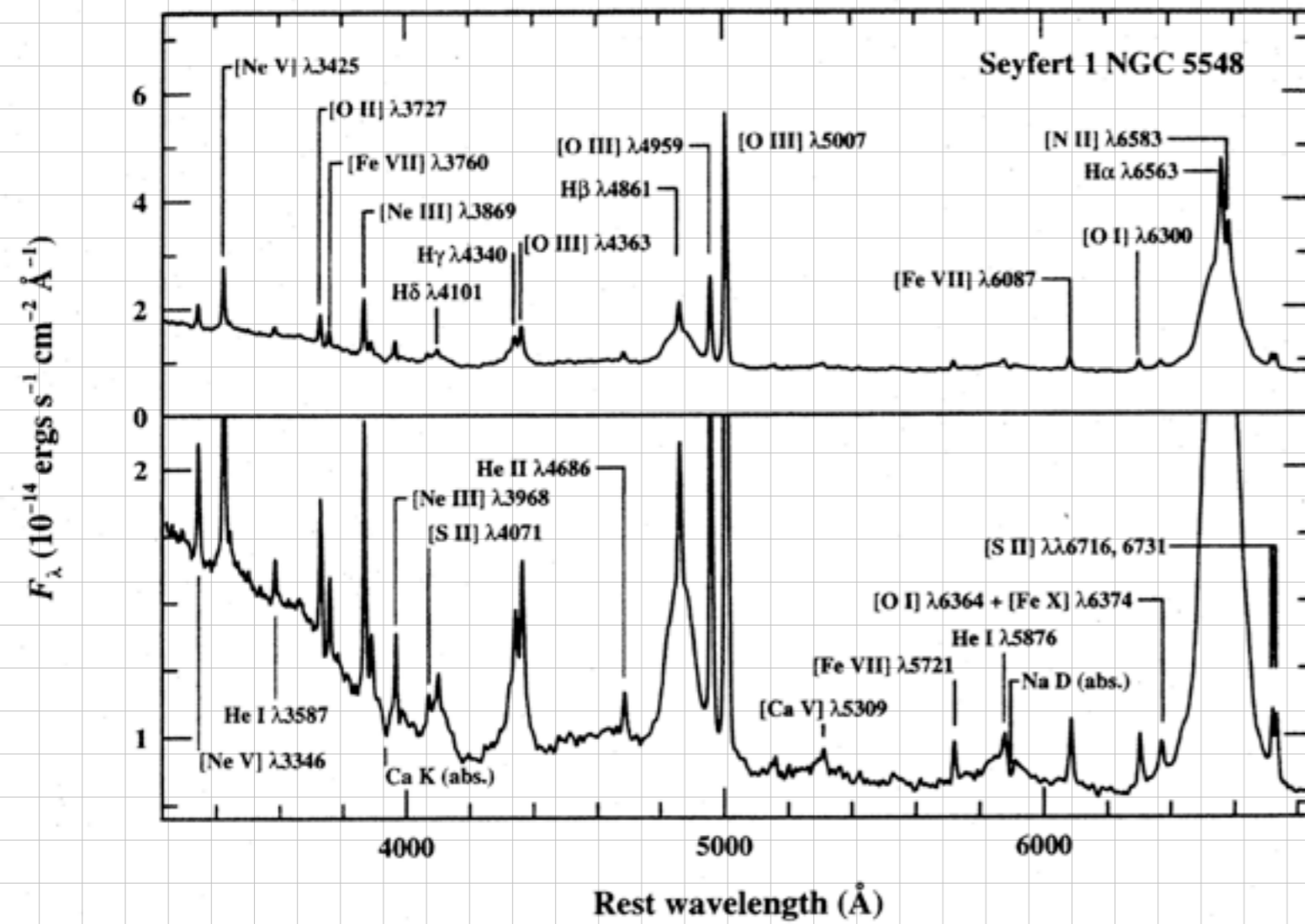
- Beobachtungen von variablen, extragalaktischen Objekten
- Interpretation als Aktive Galaktische Kerne
- Physikalische Prozesse und Parameter
- Indirekter Nachweis von Schwarzen Löchern



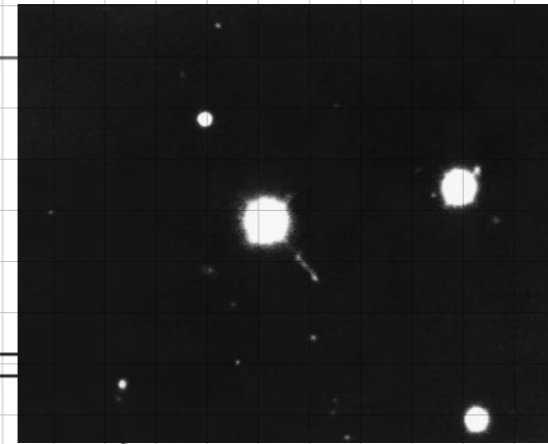
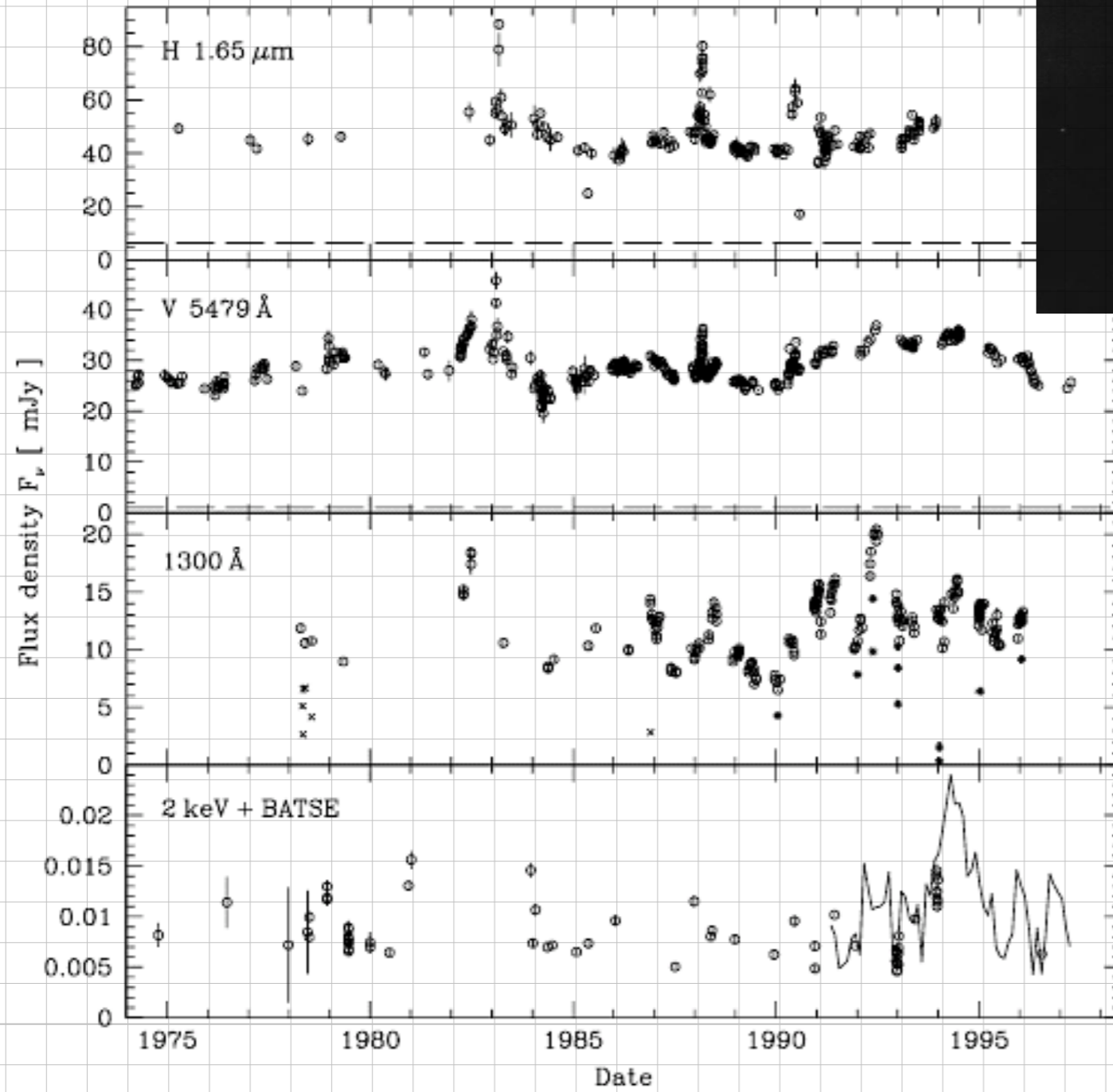


# Seyfert-Galaxien

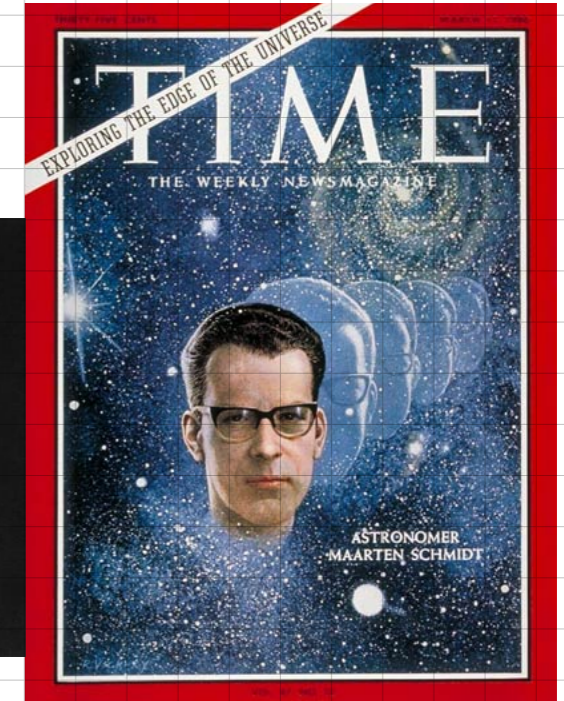
Entdeckung: 1908, Fath & Slipher



# Quasars



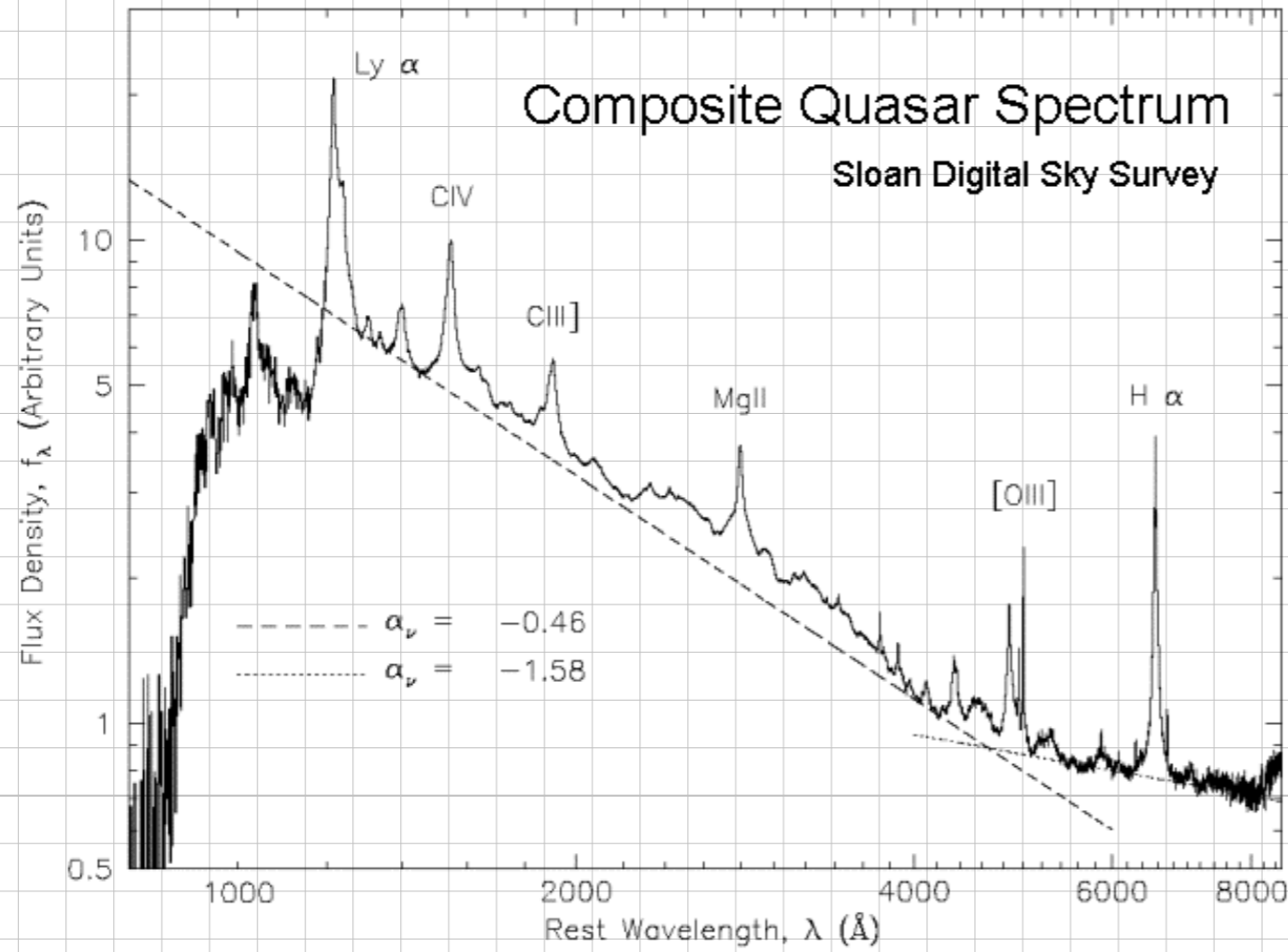
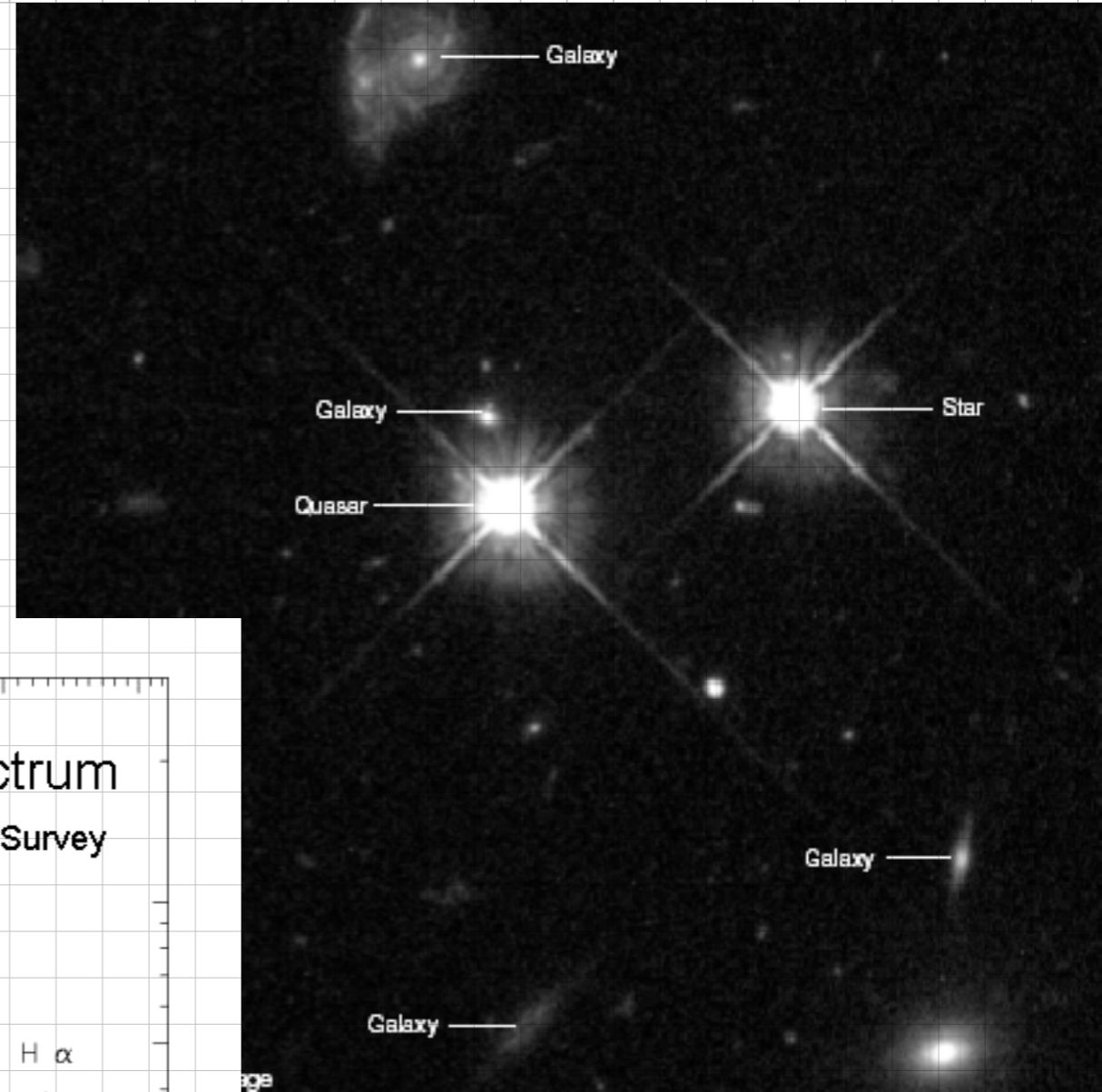
3C 273



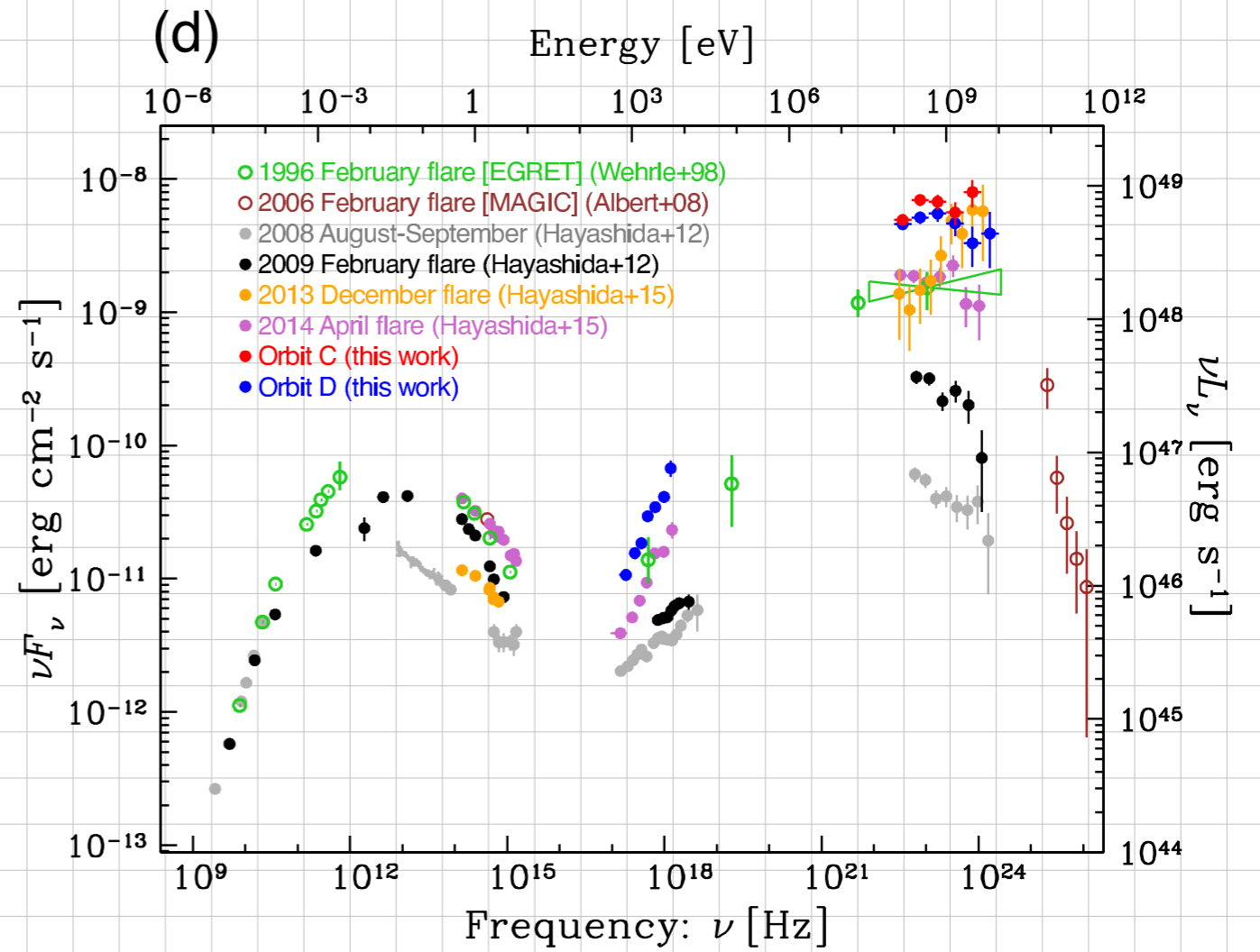
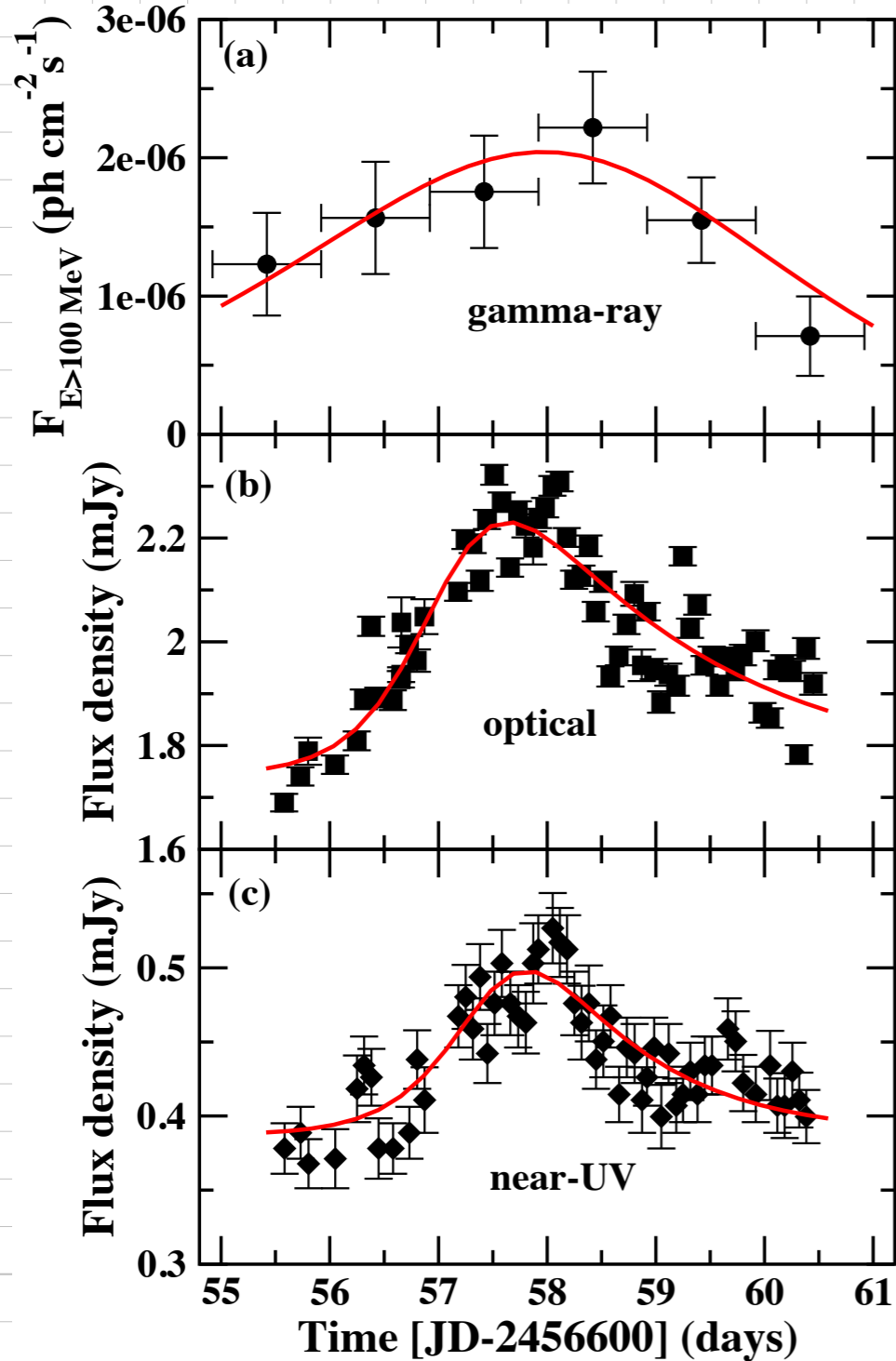
(Maarten Schmidt, 1964)

# Abschätzung der Größe des Emissionsgebiets

# QUASAR-Eigenschaften



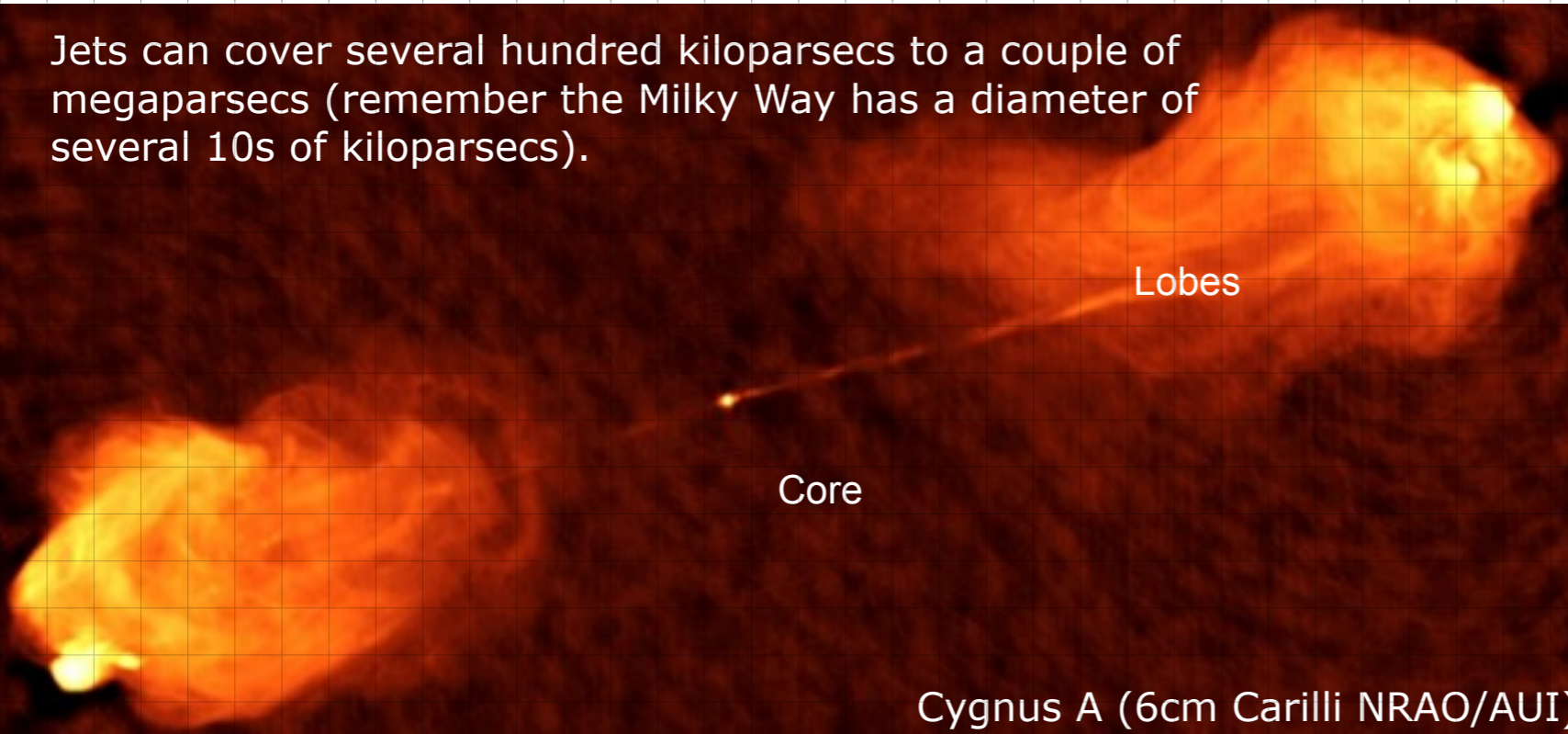
# Variabilität von Blazaren



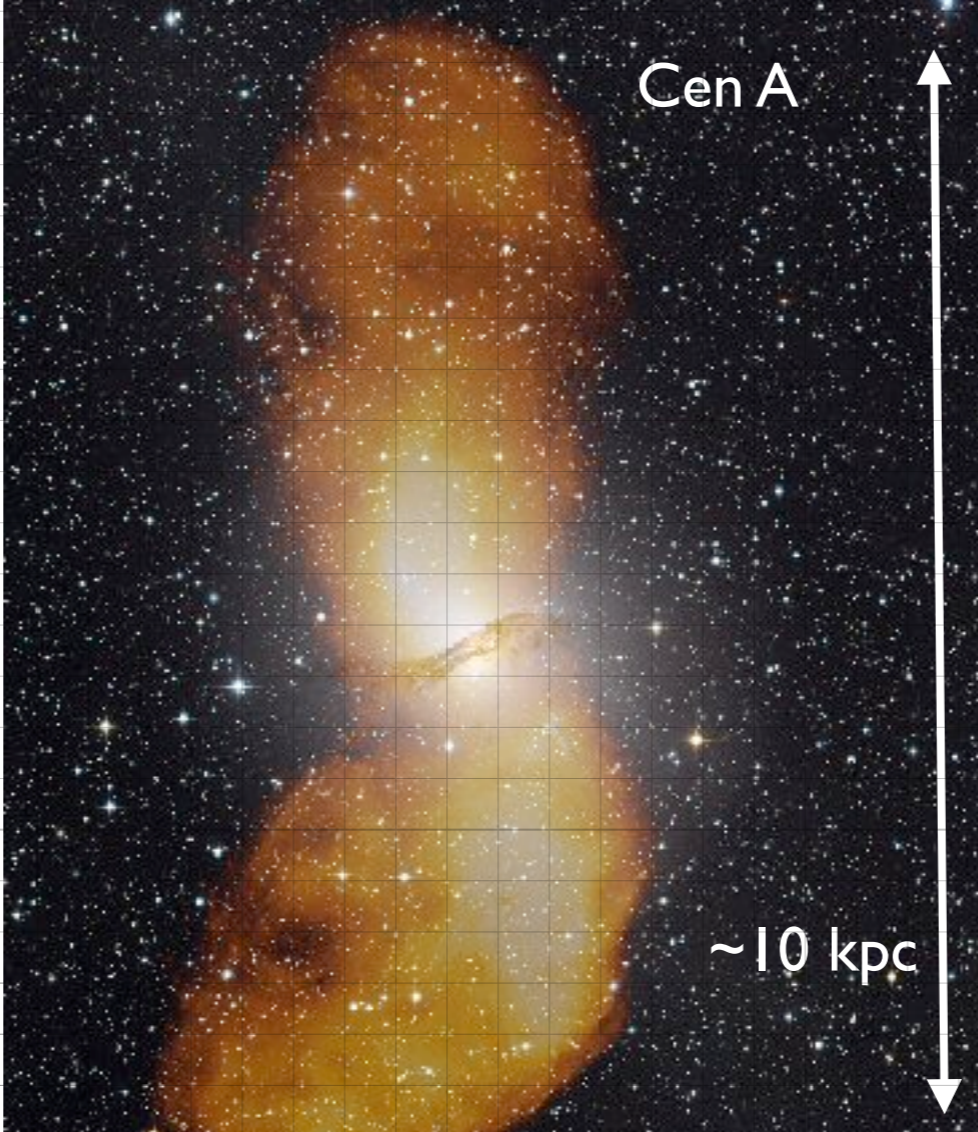
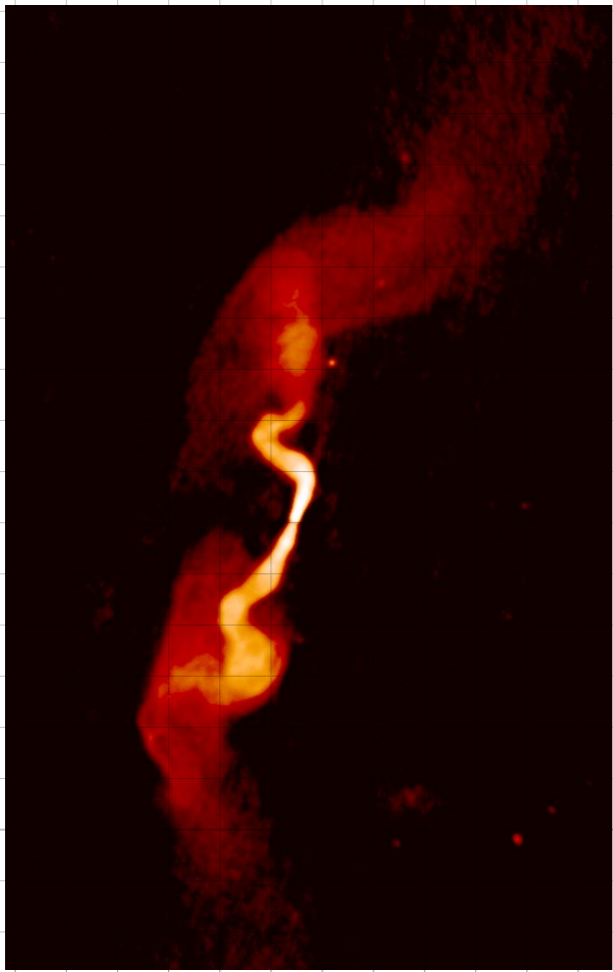


# Radiogalaxien

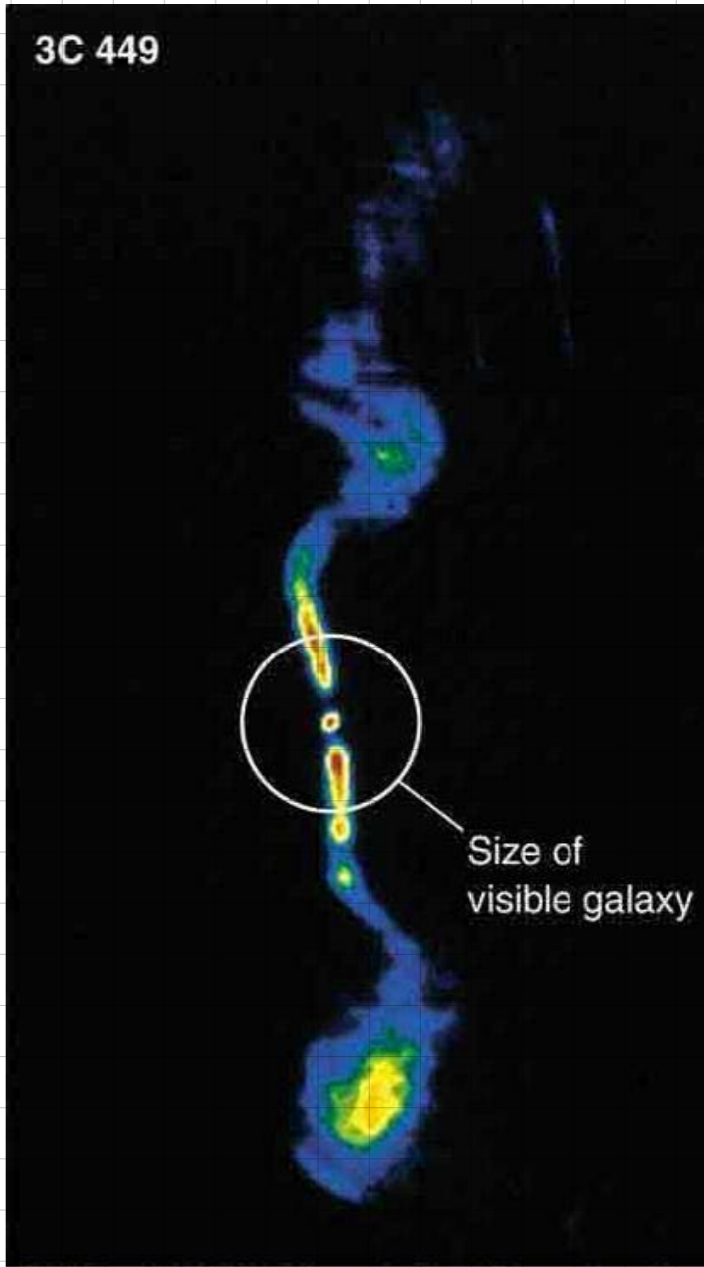
Jets can cover several hundred kiloparsecs to a couple of megaparsecs (remember the Milky Way has a diameter of several 10s of kiloparsecs).



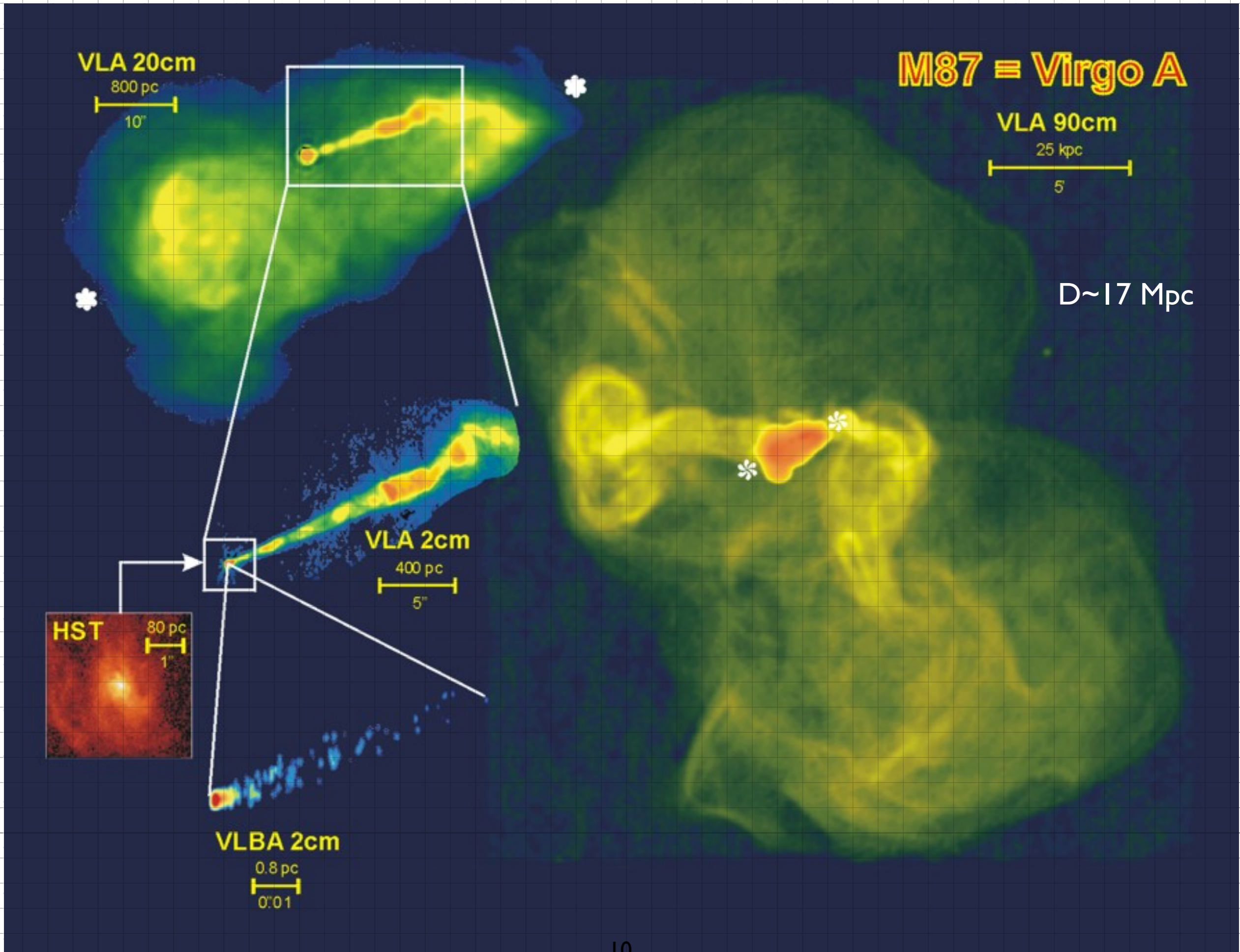
Cygnus A (6cm Carilli NRAO/AUI)



~ 10 kpc



© 2002 Brooks Cole Publishing - a division of Thomson Learning

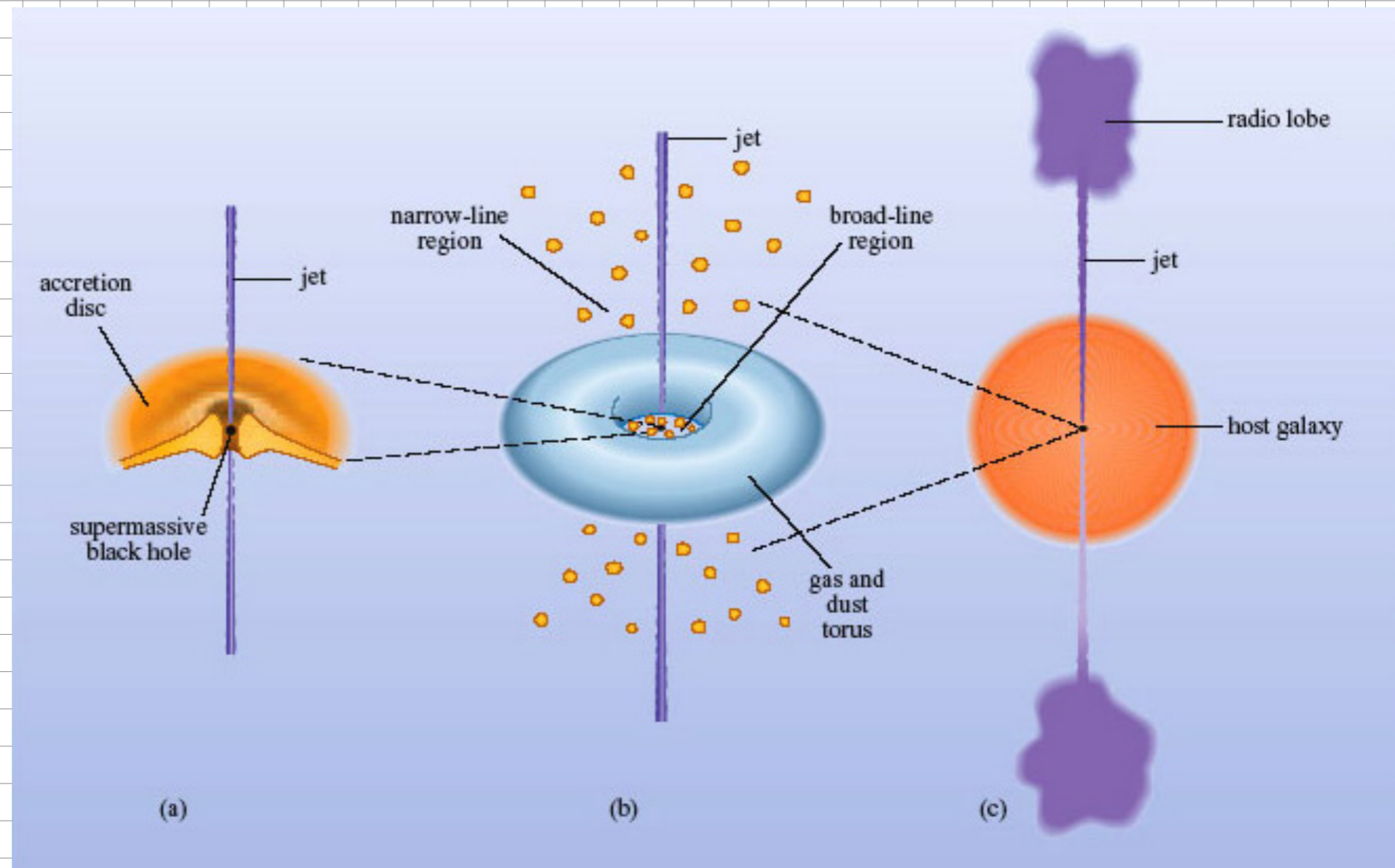


# Historische Namensgebung

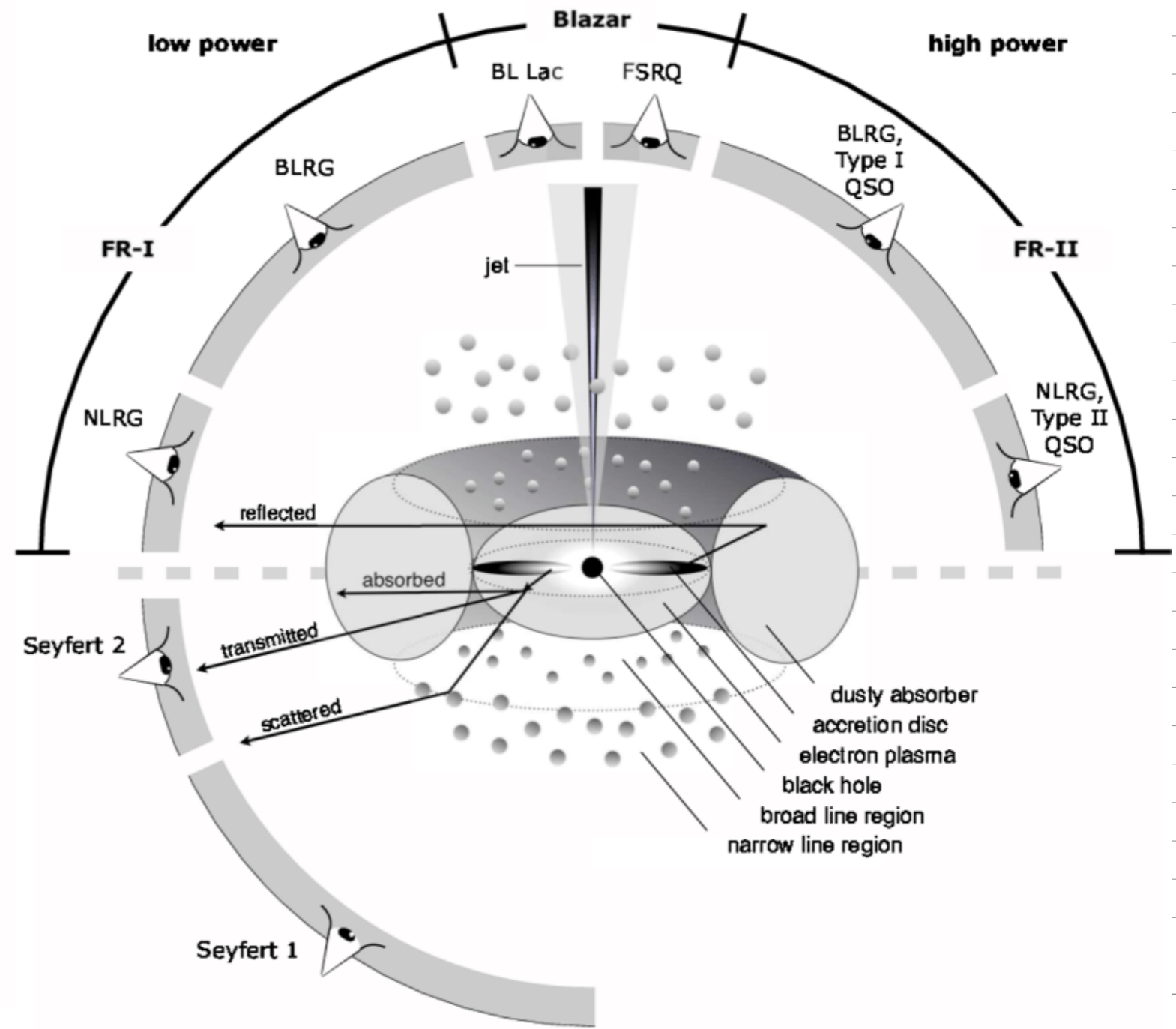
- **Quasare:**  
variable Objekte mit starkem Radiosignal
- **Radiogalaxien:**  
Galaxien mit ausgedehnten Radiostrukturen  
BLRG: breite Emissionslinien (broad-line radio galaxy)  
NLRG: ohne breite Emissionslinien (narrow-line radio galaxy)
- **Seyfert-Galaxien:**  
sichtbare Galaxien mit schwacher Radiostruktur  
Seyfert 1: breite Emissionslinien  
Seyfert 2: ohne breite Emissionslinien
- **Fanaroff-Riley-Galaxien:** Galaxien mit auflösbarer Radiostruktur  
FR I: Radioquelle heller im Zentrum als an den Kante  
FR II: Radioquelle schwächer im Zentrum als an den Kanten
- **Blazare, BL Lacertae**  
(stark polarisierte Radioemission, optisches Kontinuum)
- **Quasi-stellare Objekte (QSOs):**  
Galaxien mit sehr schwachem Radiosignal
- .... usw.

	Normale Galaxie	Radiogalaxie	Seyfert-Galaxie	Quasar	Blazar
Beispiel	Milchstraße	M87, Cygnus A	NGC 4151	3C273	BL Lac, 3C279
Galaxientyp	Spirale	Ellipse, Irreguläre	Spirale	Irreguläre	Ellipse?
$L/L_{\odot}$	$< 10^4$	$10^6 - 10^8$	$10^8 - 10^{11}$	$10^{11} - 10^{14}$	$10^{11} - 10^{14}$
$M_{BH}/M_{\odot}$	$2.6 \times 10^6$	$3 \times 10^9$	$10^6 - 10^9$	$10^6 - 10^9$	$10^6 - 10^9$
Radiostrahlung	schwach	Kern, Jets, Lobes	nur $\approx 5\%$ radiolaut	nur $\approx 5\%$ radiolaut	stark, schnell variabel
Strahlung im Optischen/ NIR	vollständig absorbiert	alte Sterne, Kontinuum	breite Emissionslinien	breite Emissionslinien	schwache oder keine Linien
Röntgenstrahlung	schwach	stark	stark	stark	stark
Gammastrahlung	schwach	schwach	mäßig	stark	stark
Variabilität	unbekannt	Monate-Jahre	Stunden-Monate	Wochen-Jahre	Stunden- Jahre

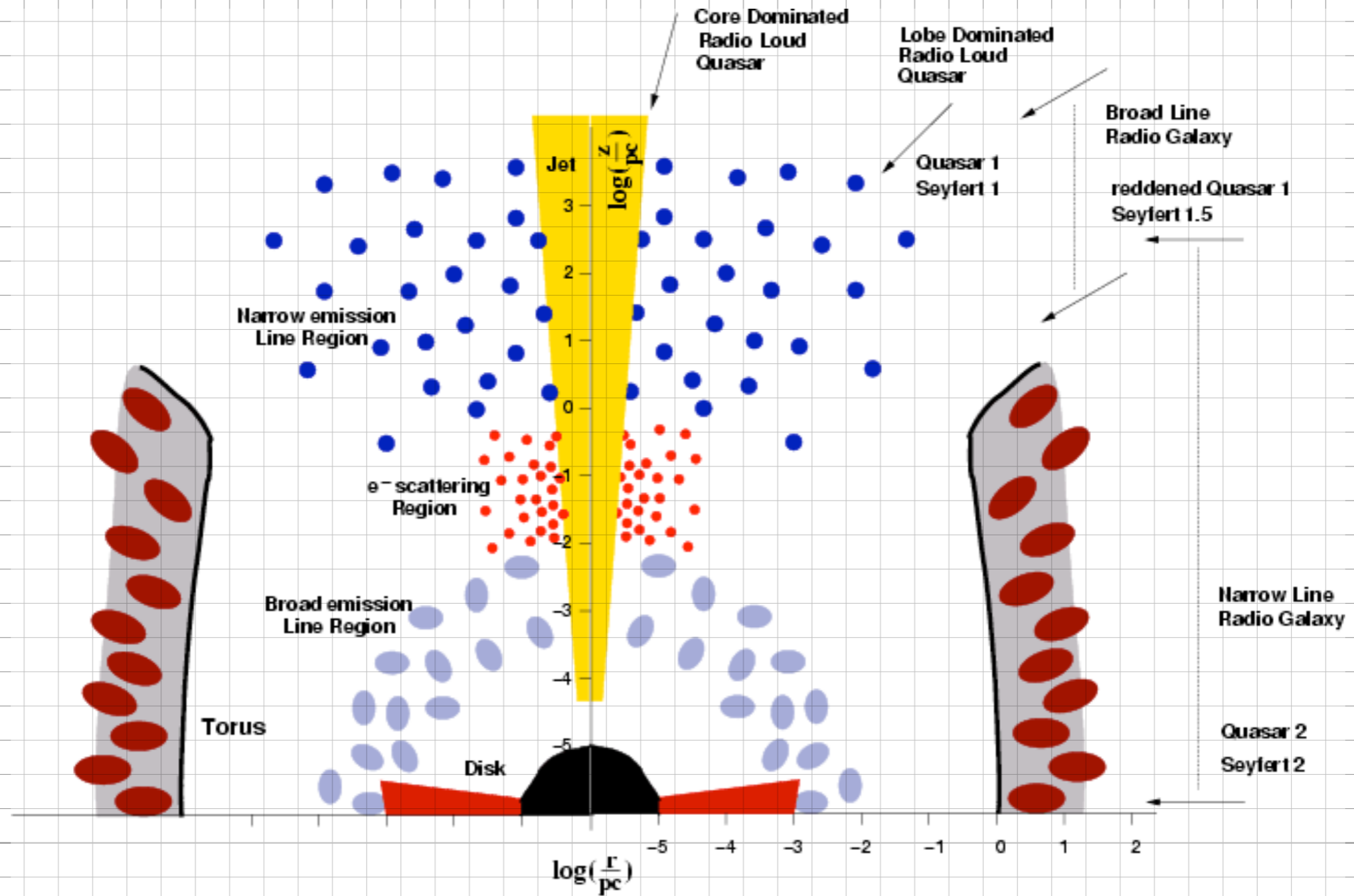
# Vereinheitlichtes Modell: Aktive Galaktische Kerne



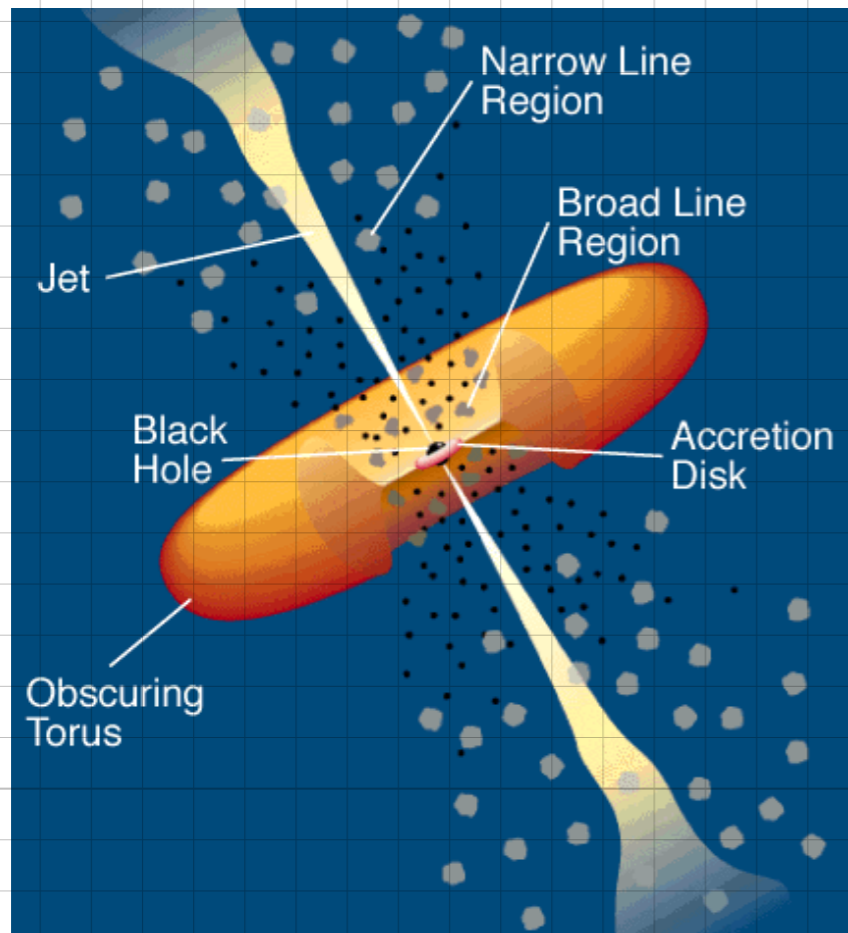
# Vereinheitlichtes Modell: Aktive Galaktische Kerne



# Vereinheitlichtes Modell: Aktive Galaktische Kerne



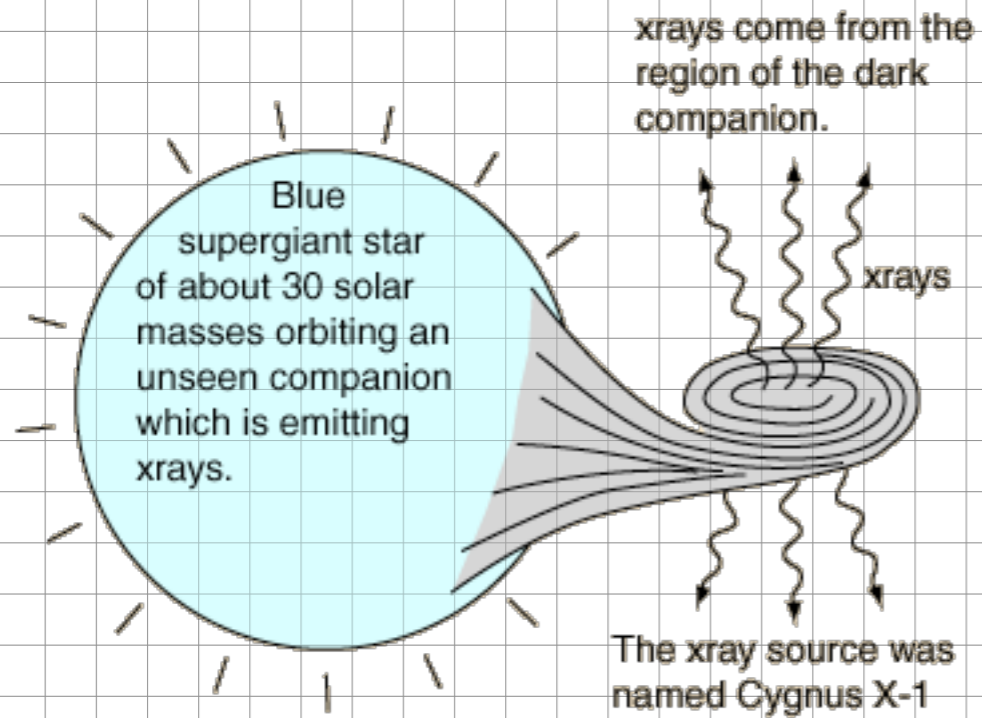
# Klassische Betrachtung schwarzer Löcher



# Nachweis schwarzer Löcher

Blauer Riese (O-Stern) HDE 226868

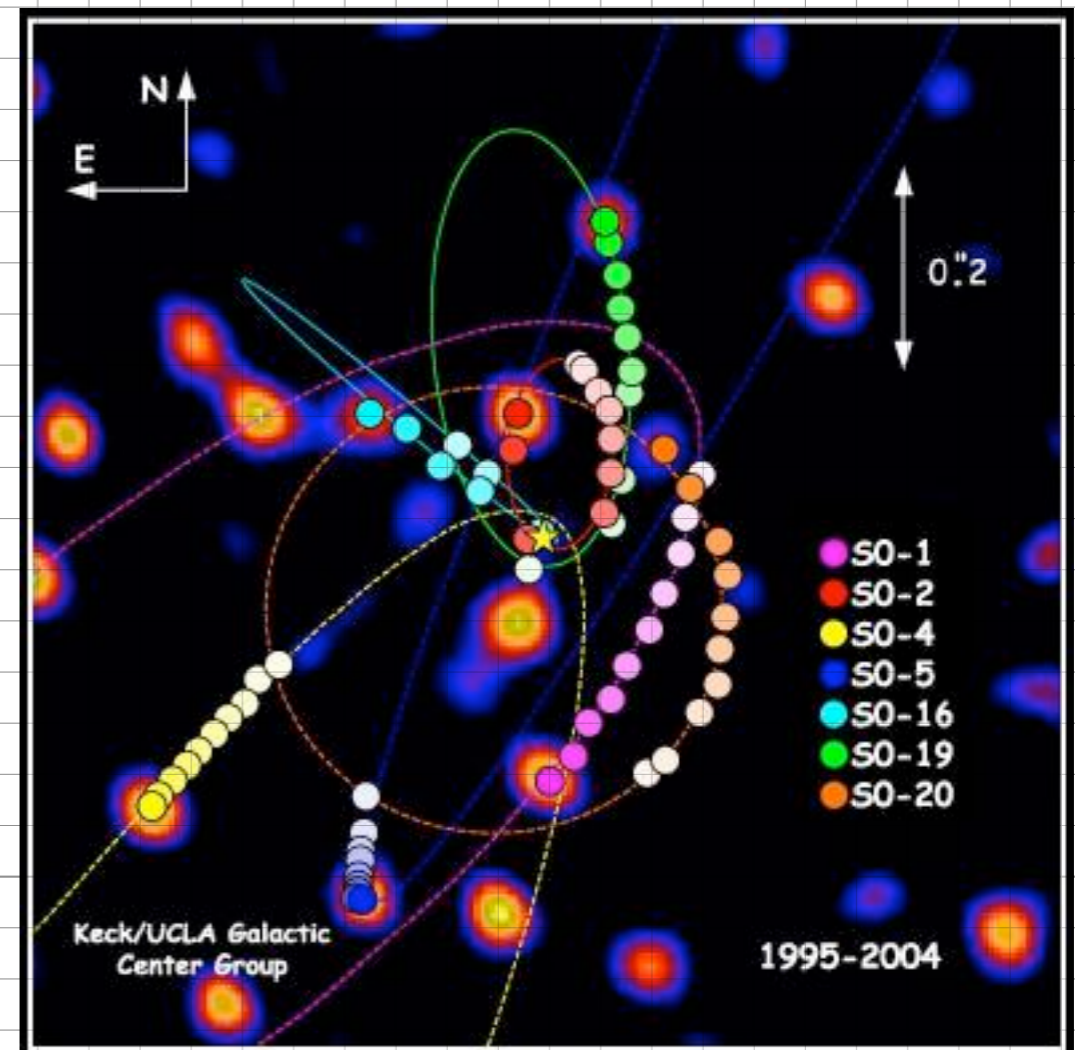
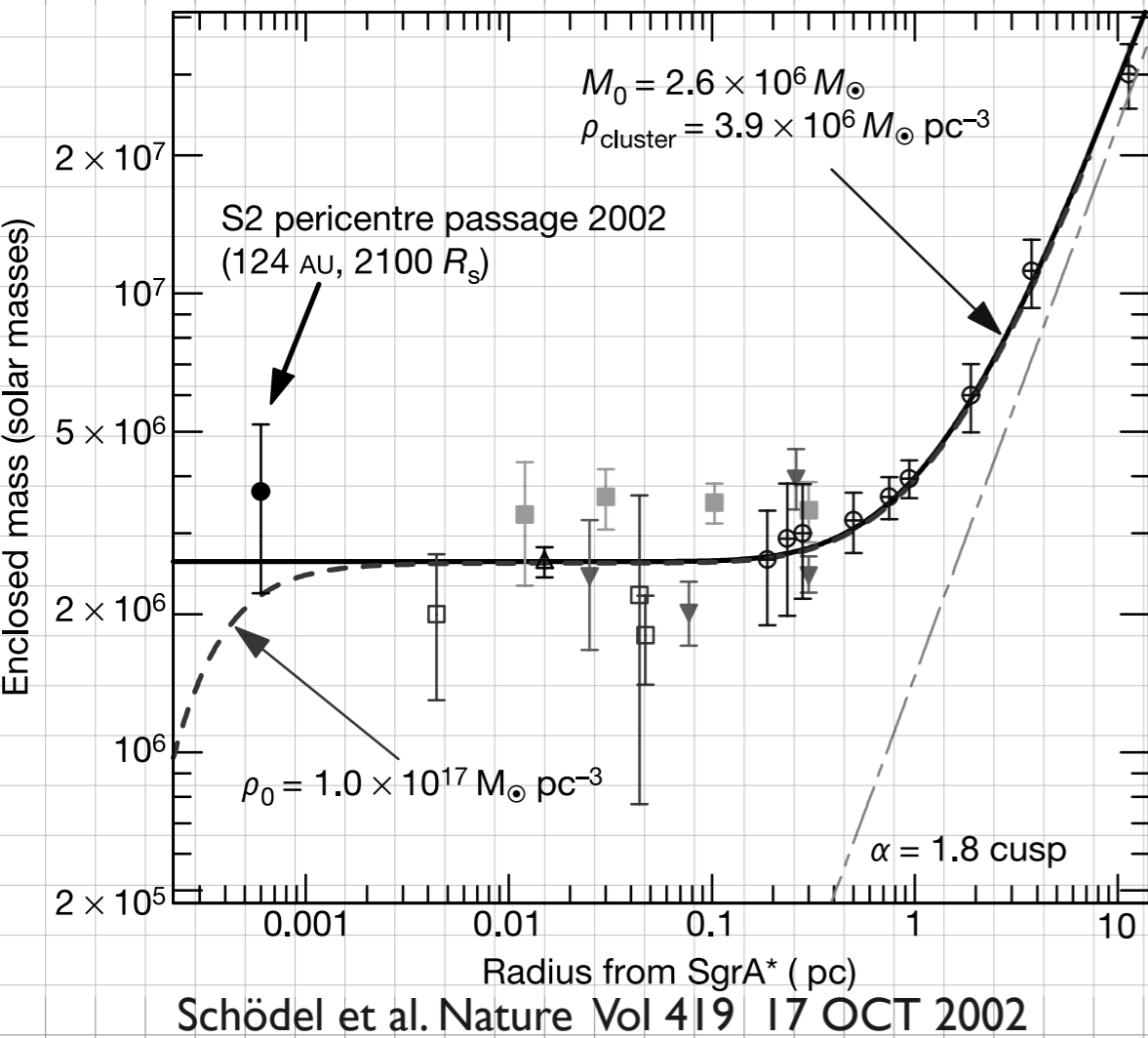
Cygnus X-1



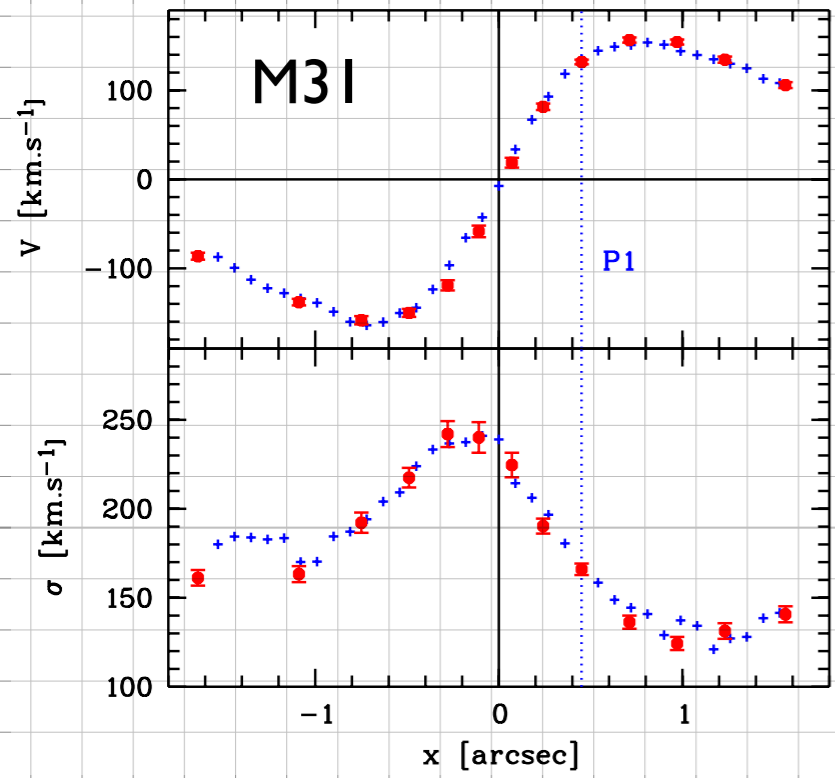
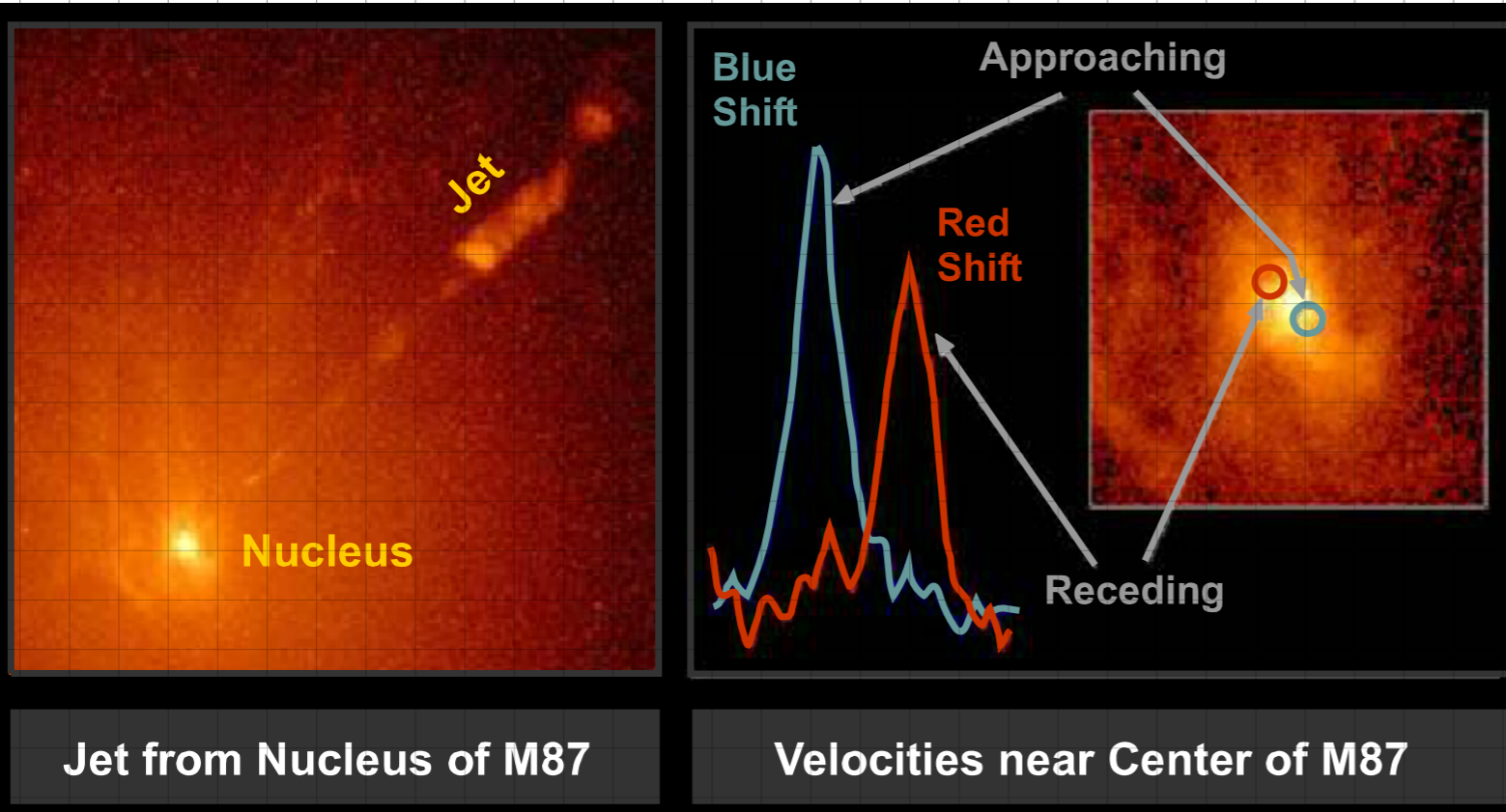
- kinematische Methoden
- Luminosität und Variabilität
- quasi-periodische Emissionen
- Nachweis von dunklen Punkten
- Gravitationslinseneffekte



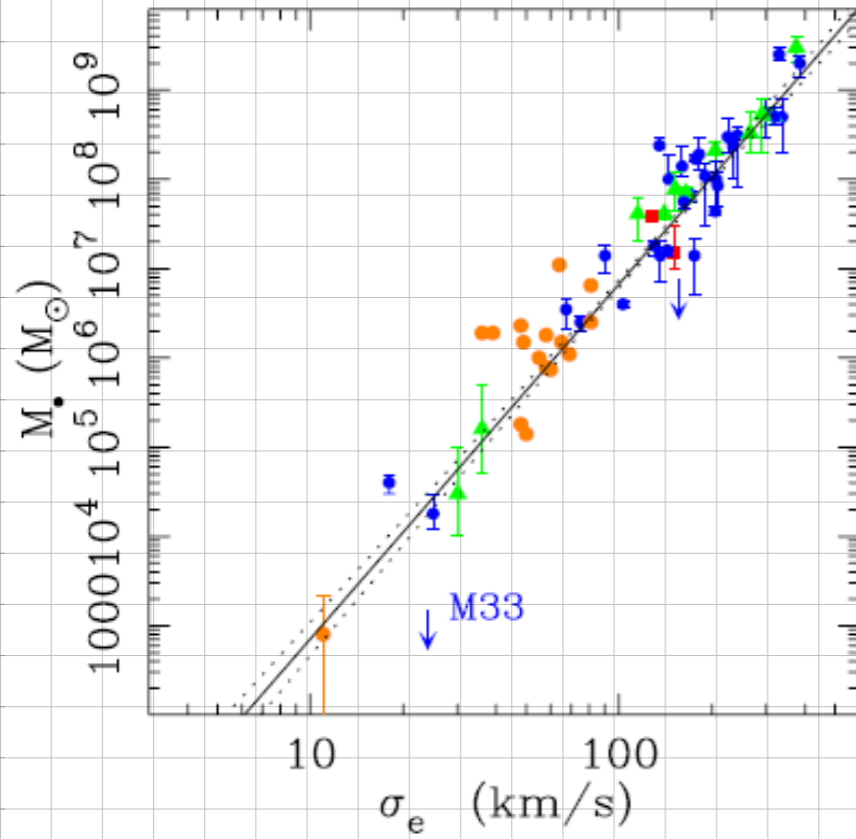
# Ein schwarzes Loch im Zentrum unserer Milchstrasse



# Superschwere schwarze Löcher: Dopplerverschiebung



# Superschwere schwarze Löcher: Geschwindigkeitsvarianz



# Superschwere Schwarze Löcher: Luminosität

Eddington-Schranke

