

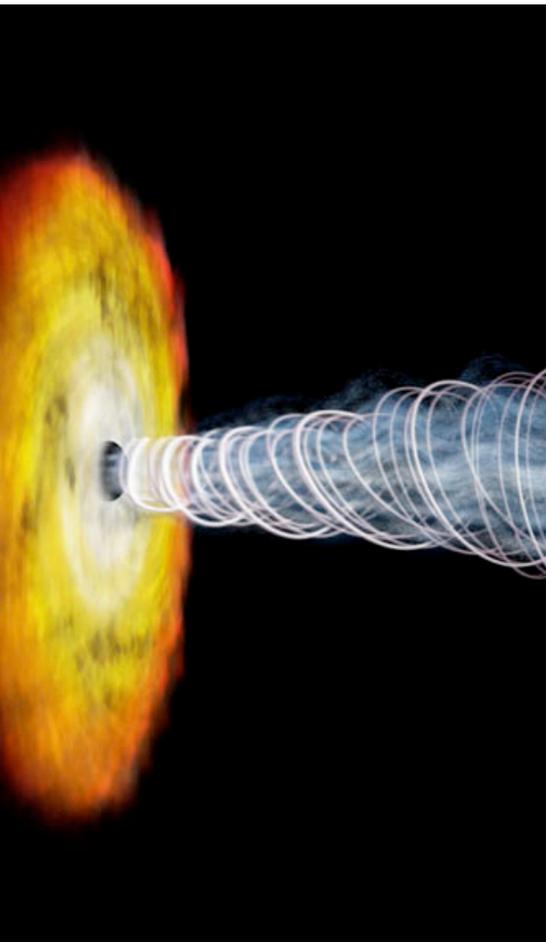


# Numerisches Zweizonenmodell für Blazar-Jets

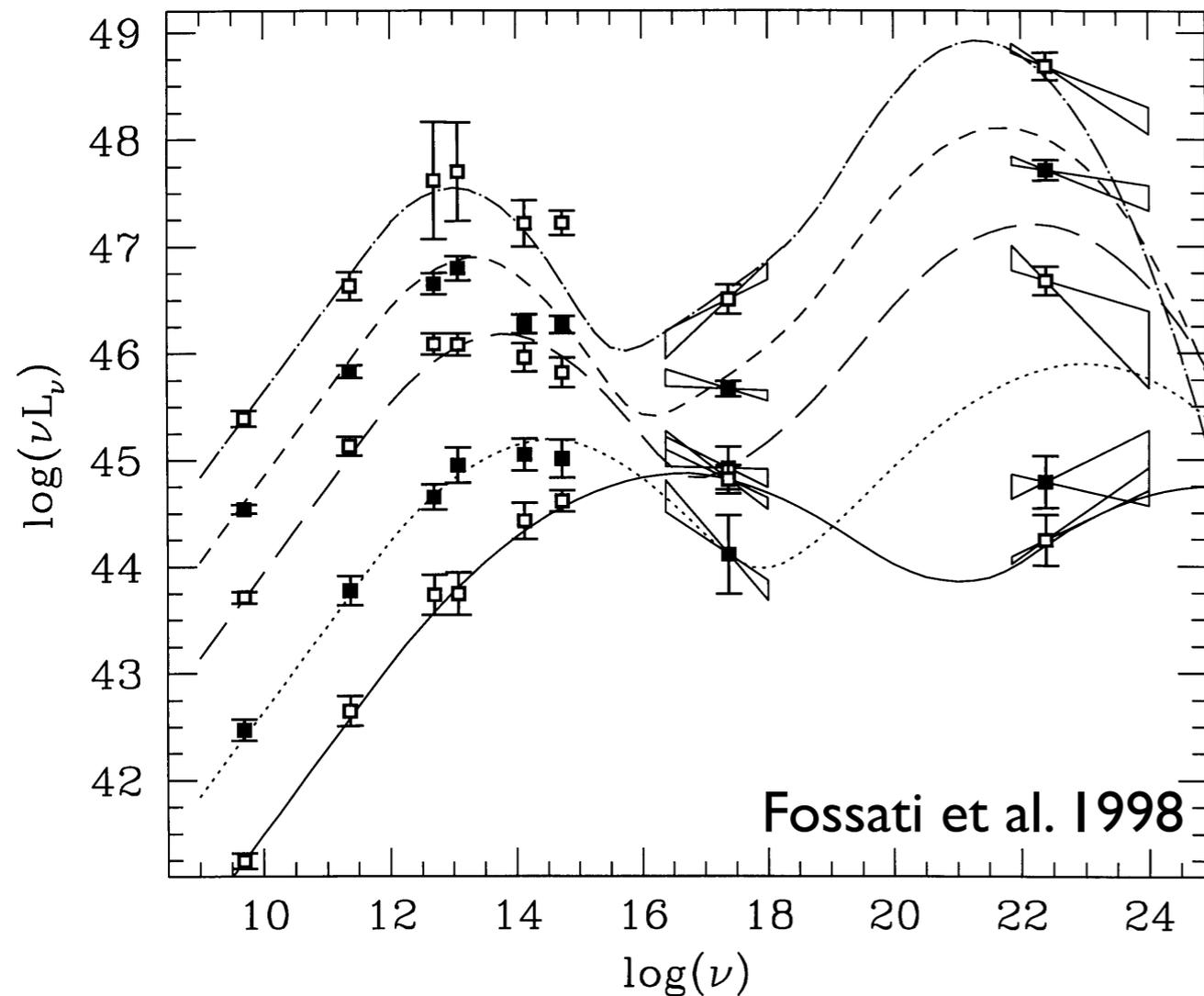
Leonard Burtscher (Universität Würzburg)  
Astroteilchenschule  
Obertrubach-Bärnfels  
9. Oktober 2006

# Aktive Galaxienkerne

- Zentraler Bereich (pc-Skala) strahlt soviel Energie ab, wie eine ganze Galaxie (30 kpc)
- Nichtthermische Kontinuumsemission
- Schwarzes Loch treibt Jets an
- Produktion von Radio bis Gamma-Strahlung
- Wird detektiert vom 17m MAGIC-Teleskop



# Blazar-Modelle



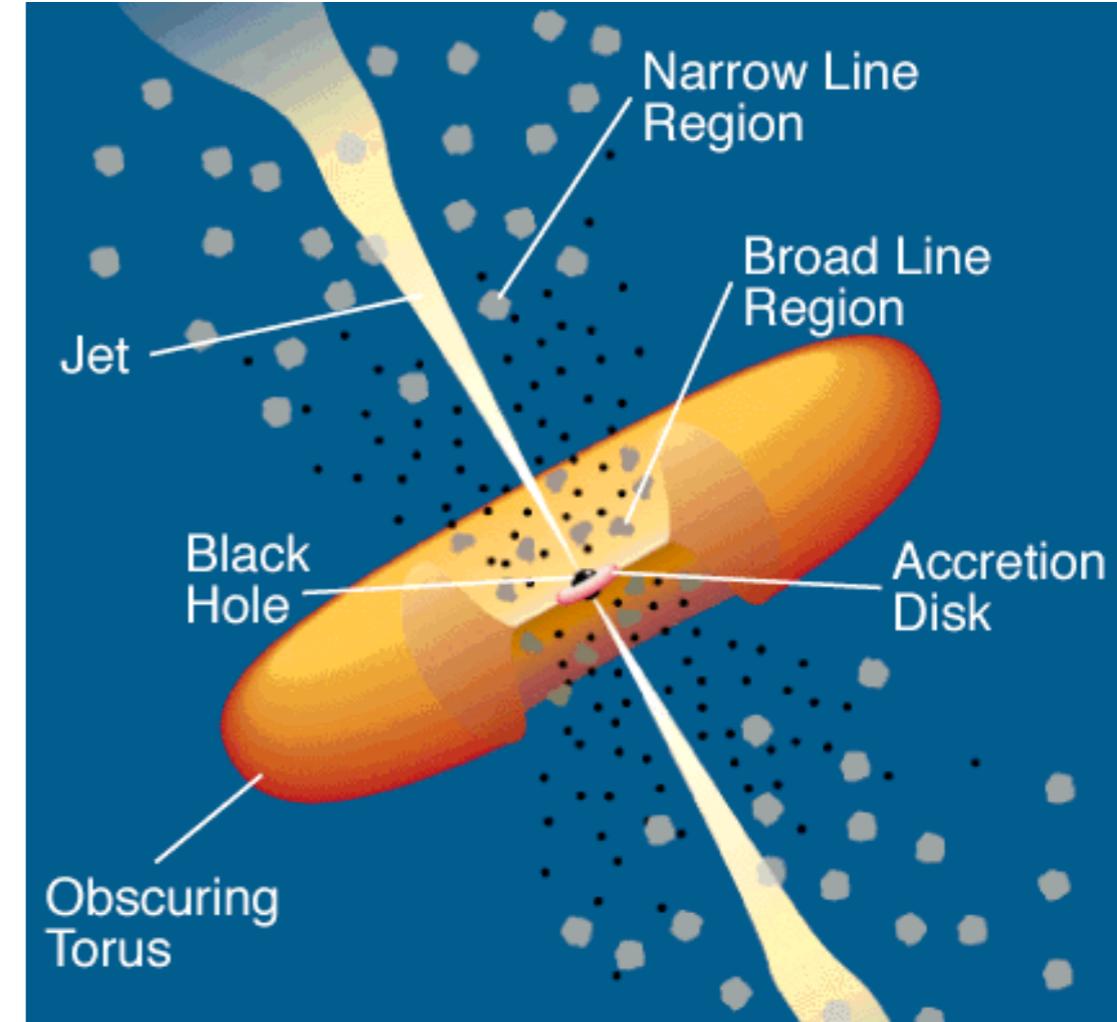
- Synchrotron Self Compton (SSC)
- Flares in verschiedenen Wellenlängen (KVA-MAGIC)

**Diplomarbeit:** Synchrotron-Modell um Invers-Compton-Term zu einem SSC-Modell erweitern



# Modell

- Nach Kirk/Rieger/Mastichiadis 1998 (A&A **333**, 452)
- Schockfront (am ISM) führt zu Shockbeschleunigung
- Beschleunigung am Schock und Abstrahlung in verdichtetem Magnetfeld dahinter
- Beobachtung nahe Jet-Achse (Blazar-Phänomen) führt zu relativistischer Verstärkung der beobachteten Intensität



# Kinetische Gleichung

## Beschleunigungszone

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial \gamma} \left[ \left( \frac{\gamma}{t_{acc}} - \beta_s \gamma^2 \right) N \right] + \frac{N}{t_{esc}} = Q \delta(\gamma - \gamma_0)$$

$$\beta_s \propto B_{\perp}^2$$

### Charakteristische Zeitskalen:

- Beschleunigungszeit:  $t_{acc}$
- Entweichzeit (katastrophale Verluste):  $t_{esc}$
- Energieverlust durch Synchrotron-Verluste:  $t_{cool} = \frac{1}{\beta_s \gamma}$

# Elektronenverteilung

## Analytische Lösung

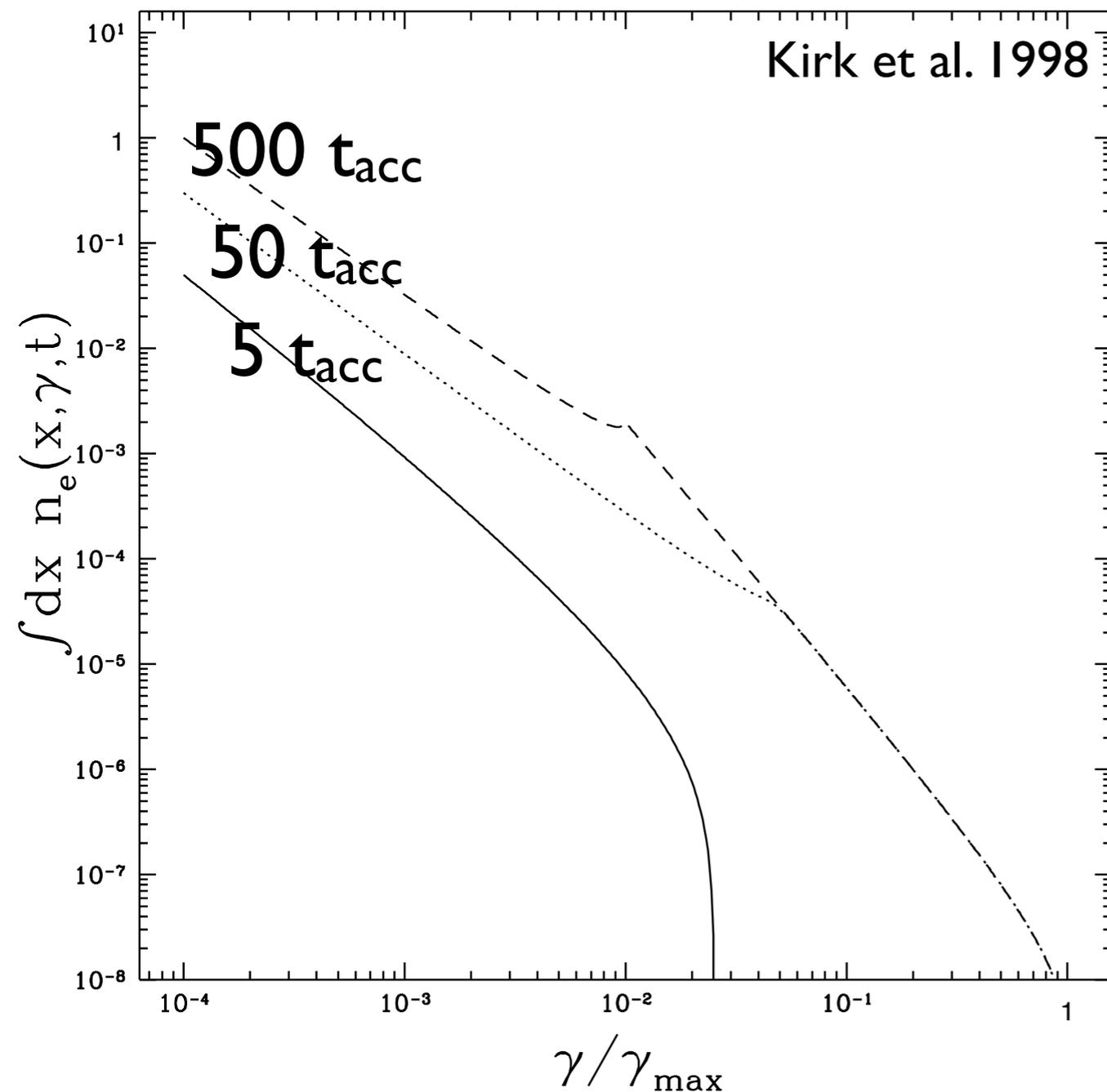
$$N(\gamma, t) = \frac{Q_0}{\dot{\gamma}(\gamma)} \Theta \left[ t - \int_{\gamma_0}^{\gamma} \frac{d\gamma'}{\dot{\gamma}(\gamma')} \right] \exp \left[ - \int_{\gamma_0}^{\gamma} \frac{d\gamma'}{t_{esc}(\gamma') \dot{\gamma}(\gamma')} \right]$$

**Strahlungszone:**

$$\frac{\partial n}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial \gamma} (\beta_s \gamma^2 n) = \frac{N(\gamma, t)}{t_{esc}} \delta(x - x_s(t))$$

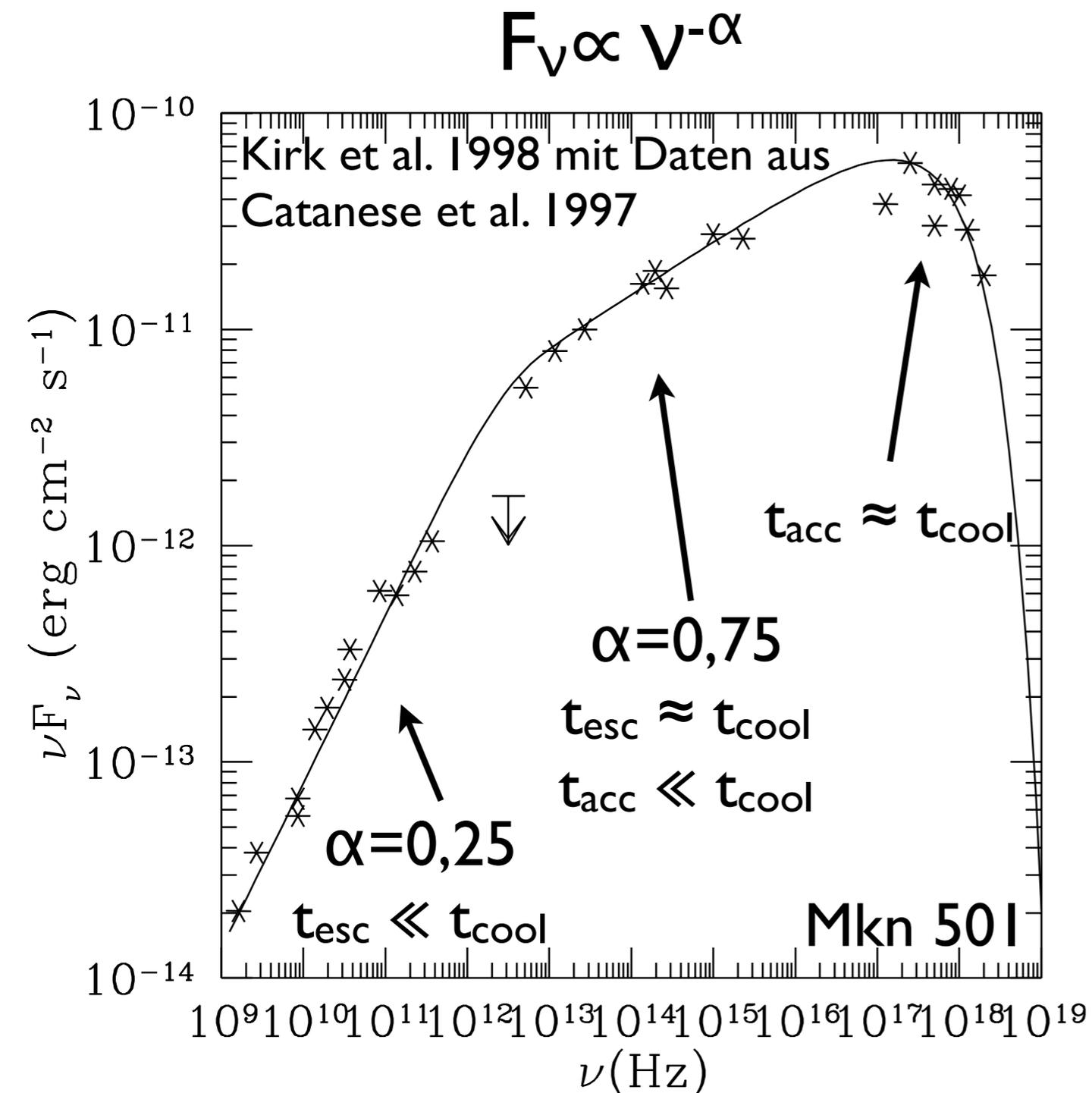
$n(\gamma, t)$ : differentielle Teilchenzahldichte

# Elektronenverteilung



Stationäre Verteilung:  
*spectral break*  
 unterscheidet Elektronen  
 die in der Quelle kühlen  
 (rechts) von denen die  
 außerhalb kühlen (links).

# Photonenspektrum



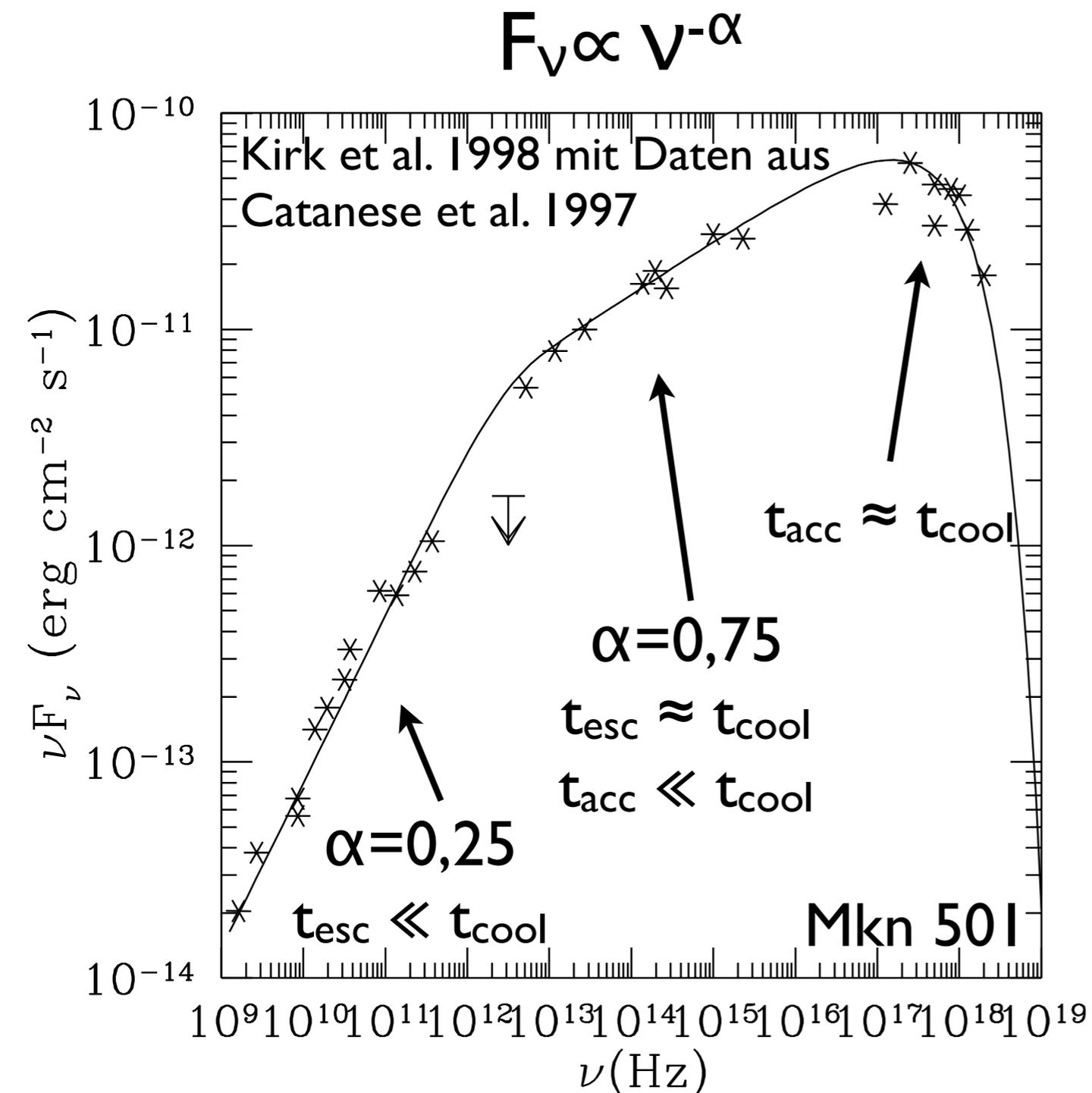
- Falten mit Synchrotron-Green-Funktion bzw. (Delta-)Näherung:

$$P(\gamma, \nu) \approx \delta(\nu - \nu_c)$$

$$\nu_c = \frac{4}{3} \frac{B_\perp}{B_c} \gamma^2$$

- Synchrotron-Spektrum mit *break* von der Elektronenverteilung

# Photonenspektrum



## 4 freie Parameter

- Spektralindex links vom *break*
- $\nu_c(\gamma_{\text{max}})$
- Ausdehnung der Quelle ( $t_{\text{esc}}$ )
- Absoluter Flusslevel (Entfernung)

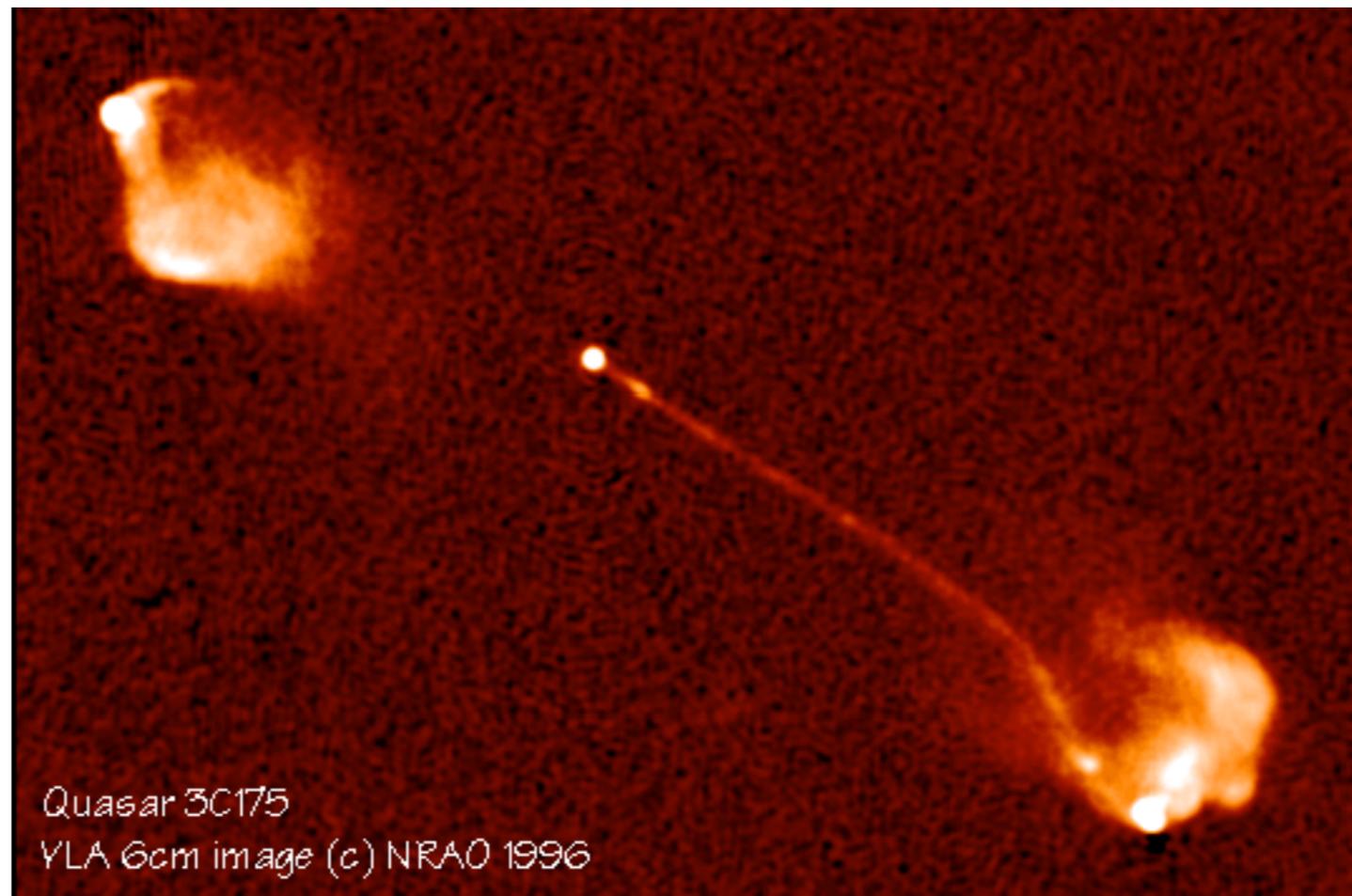
# Relativistische Effekte

**Umrechnen der beobachtbaren Größen vom *shock frame* in den *observer frame*:**

*Relativistic beaming*

$$t_{obs} \approx \frac{1}{\gamma} t_{shock}$$

$$I_{obs} \approx 8\gamma^3 I_{shock}$$

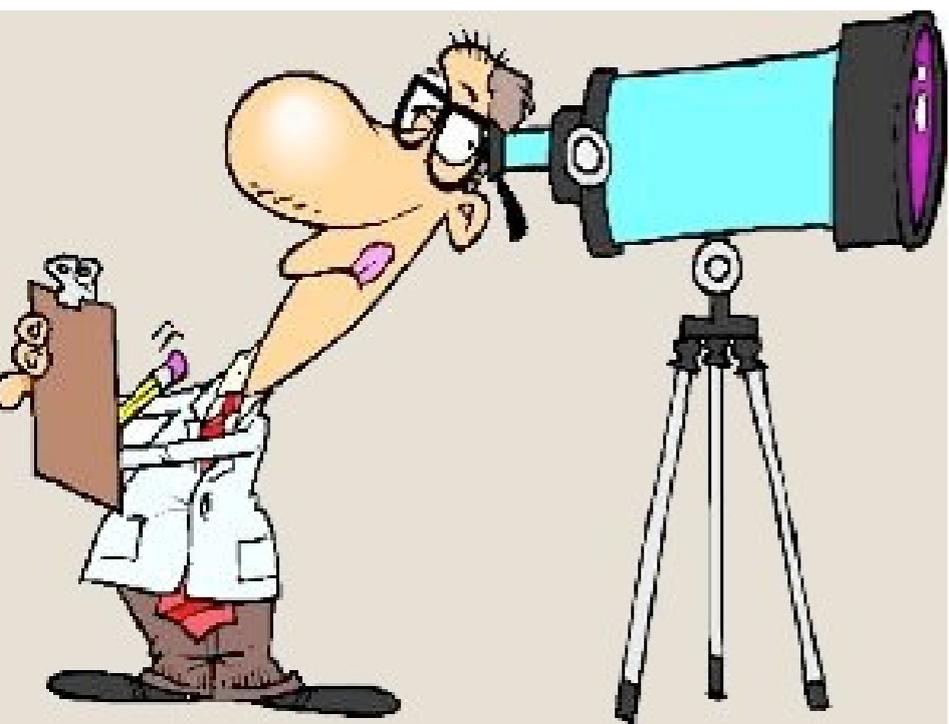


Quasar 3C175  
YLA Gcm image (c) NRAO 1996

# Zeitabhängigkeit

## Vergleich mit Beobachtungen

- Schock trifft dichtere Region
- evtl. Änderung der Magnetfeldstärke /  $t_{\text{acc}}$
- Zeitabhängigkeit wird dominiert von der kürzesten Zeitskala
- Beobachtung: cw / ccw-Verhalten von Spektralindex gegen Intensität
- $I(t)$  leicht beobachtbar,  $I(x)$  nicht



# Zeitabhängigkeit

z.B. Mkn 421  
Takahashi et al. 1996

$$Q(t) = Q_0 \text{ für } t < 0, t > t_f$$

$$Q(t) = (1 + \eta_f) Q_0 \text{ für } 0 < t < t_f$$

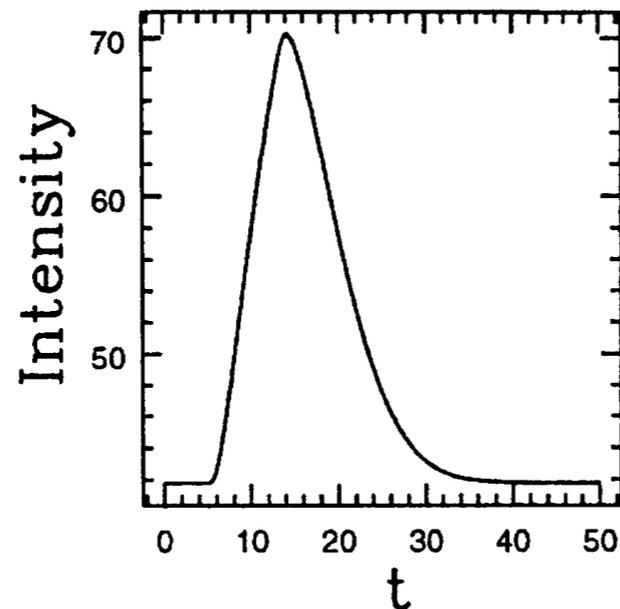
z.B. PKS 2155-304  
Sembay et al. 1993

Duration = 10

$$\eta_f = 1$$

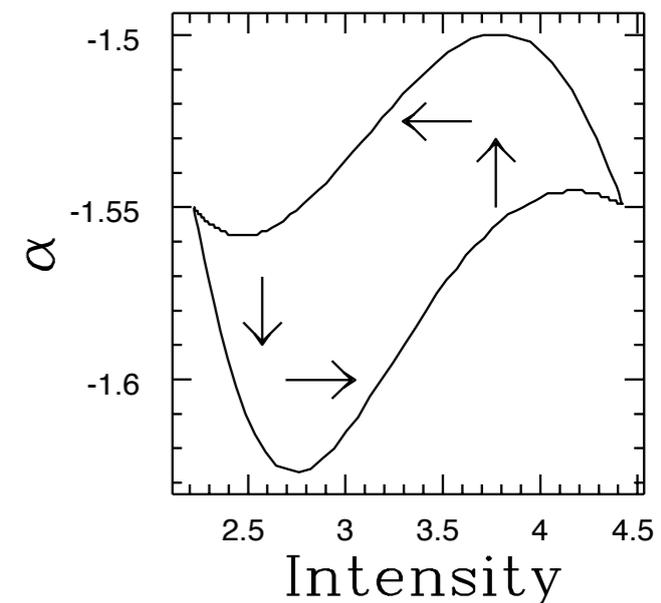
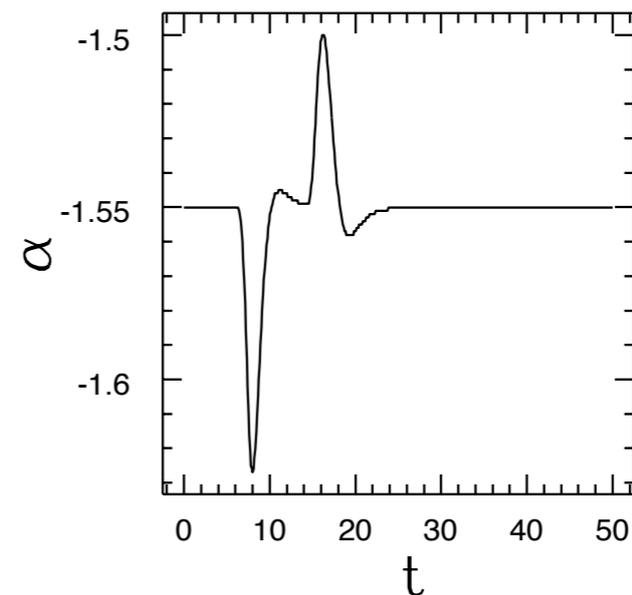
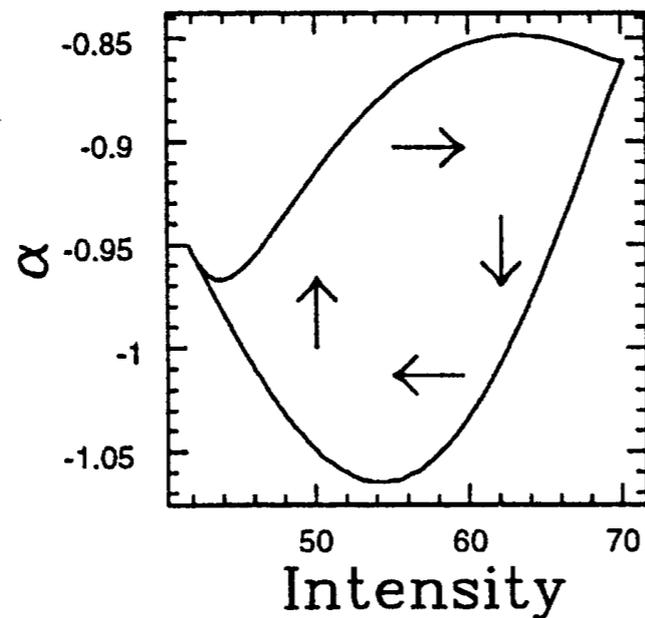
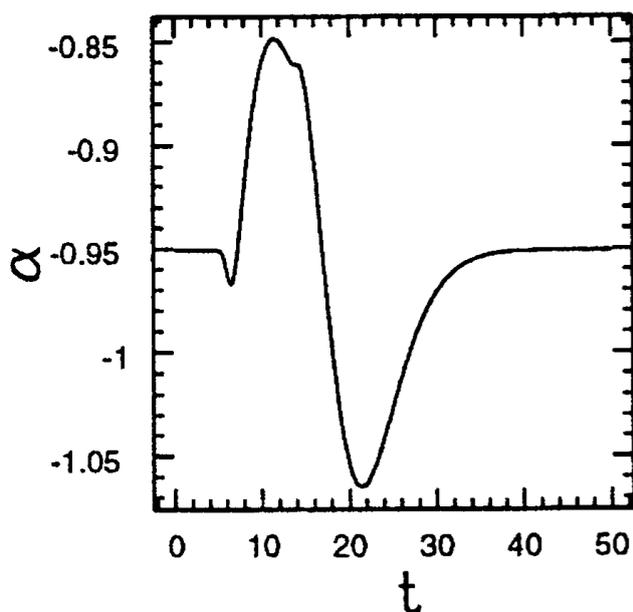
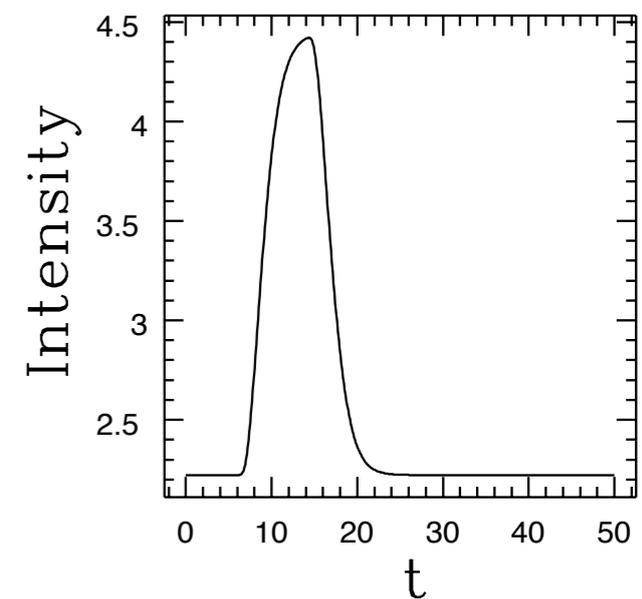
$$\nu_1 / \nu_{\max} = 0.01$$

$$\nu_2 / \nu_{\max} = 0.05$$



$$\nu_1 / \nu_{\max} = 0.18$$

$$\nu_2 / \nu_{\max} = 0.9$$

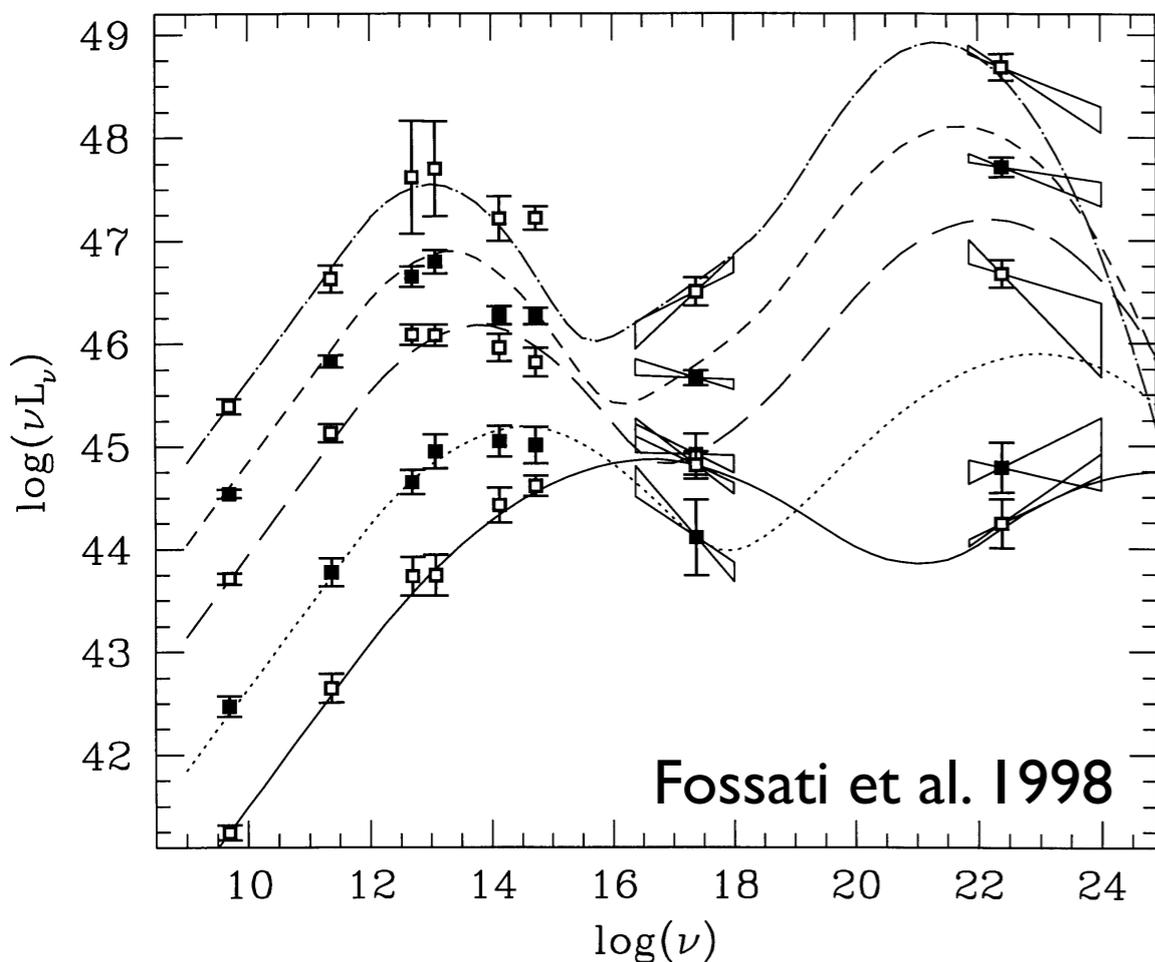


Kirk et al. 1998

# Numerisches Modell mit IC

## Synchrotron Self Compton

- Bisher: DGL analytisch lösbar
- **Diplomarbeit:** DGL erweitern um IC-Term (proportional zur Photonendichte, Photonen aus Synchrotron-Prozess), macht das Gl.-System nichtlinear
- Numerisches Modell soll im Grenzfall das analytische Modell ergeben



Danke für Eure  
Aufmerksamkeit