

# **Aktive Galaxienkerne (AGN) in Galaxienhaufen**

**Phänomenologie und Feedback**

Sebastian Stapelberg, 12.12.2014

# Inhalt

- Motivation
- AGN Modell
- Feedback-Prozesse
- Fazit

# Motivation

# Motivation: Cooling Flow Problem

# Motivation: Cooling Flow Problem

- steiles Core-Dichteprofil

# Motivation: Cooling Flow Problem

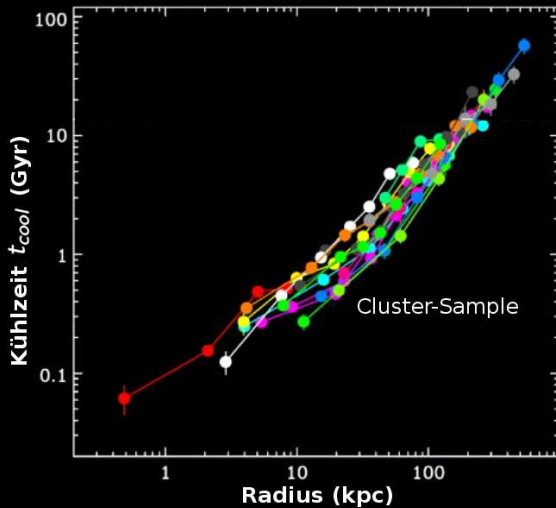
- steiles Core-Dichteprofil
- Röntgenbremsstrahlung

# Motivation: Cooling Flow Problem

- steiles Core-Dichteprofil
- Röntgenbremsstrahlung
  - IGM kühlt ab:

$$t_{cool} \propto \frac{(\text{Temperatur})}{(\text{Dichte})}$$

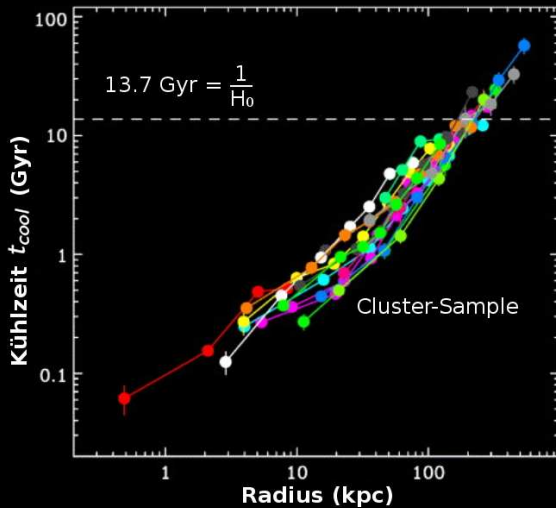
# Motivation: Cooling Flow Problem



(Quelle: Peterson und Fabian, 2006)

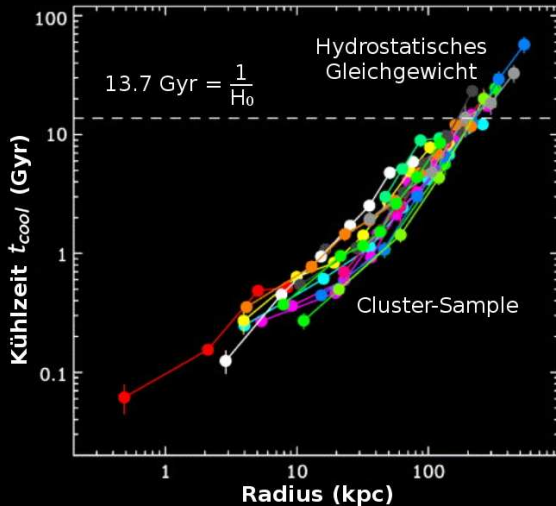


# Motivation: Cooling Flow Problem



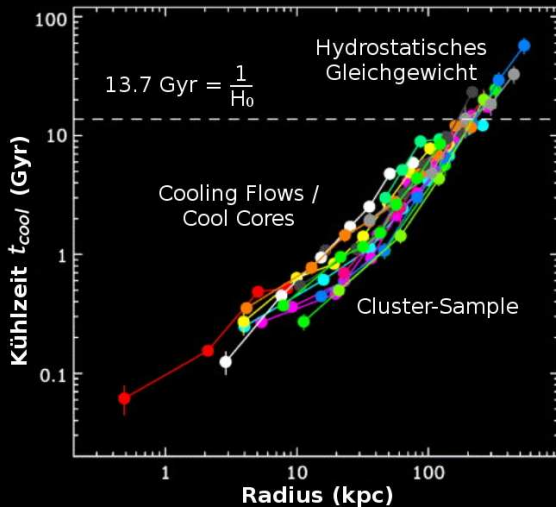
(Quelle: Peterson und Fabian, 2006)

# Motivation: Cooling Flow Problem



(Quelle: Peterson und Fabian, 2006)

# Motivation: Cooling Flow Problem



(Quelle: Peterson und Fabian, 2006)

# Motivation: Cooling Flow Problem

# Motivation: Cooling Flow Problem

- Vorhersage: Ausgeprägte Cooling Flows, starke *Fe XVII* Emission

# Motivation: Cooling Flow Problem

- Vorhersage: Ausgeprägte Cooling Flows, starke *Fe XVII* Emission
- **Beobachtung:** Kaum Indizien (e.g. Fabian, Peterson et al '03)

# Motivation: Cooling Flow Problem

- Vorhersage: Ausgeprägte Cooling Flows, starke *Fe XVII* Emission
- **Beobachtung:** Kaum Indizien (e.g. Fabian, Peterson et al '03)
- Zusätzliche **Aufheizung?**

# Motivation: Cooling Flow Problem

- Vorhersage: Ausgeprägte Cooling Flows, starke *Fe XVII* Emission
- **Beobachtung:** Kaum Indizien (e.g. Fabian, Peterson et al '03)
- Zusätzliche **Aufheizung?**
  - Wärmeleitung, ...
  - Supernovae Feedback
  - **AGN Feedback**



# AGN Standardmodell



(bearbeitet, Quelle: [science.unsw.edu.au](http://science.unsw.edu.au))

# AGN Standardmodell

Schwarzes Loch  
mit Akkretions-  
scheibe



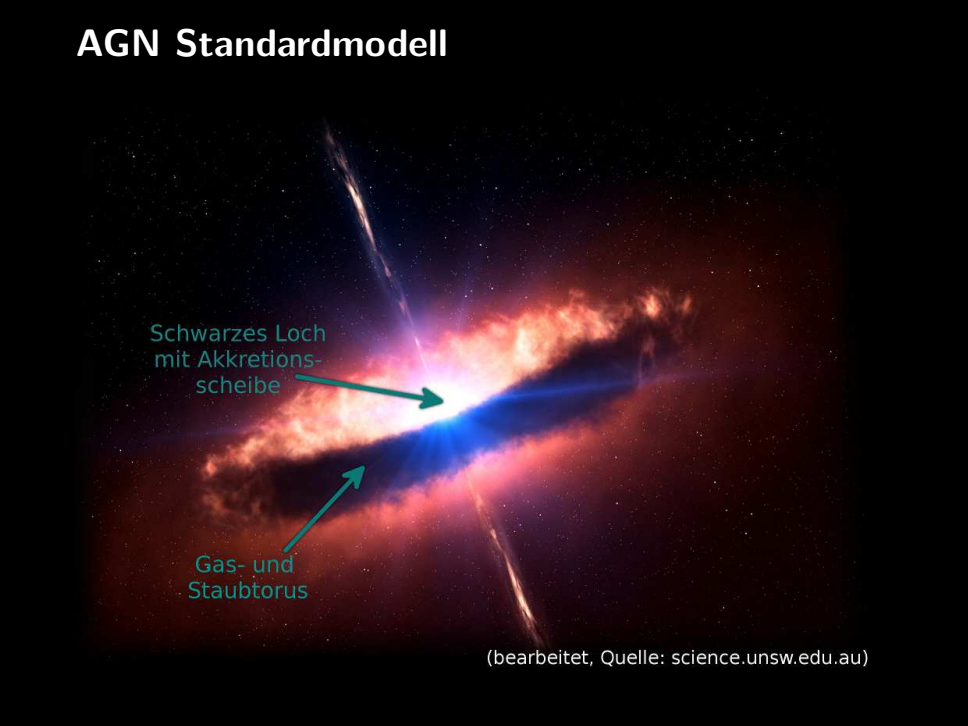
(bearbeitet, Quelle: [science.unsw.edu.au](http://science.unsw.edu.au))

# AGN Standardmodell

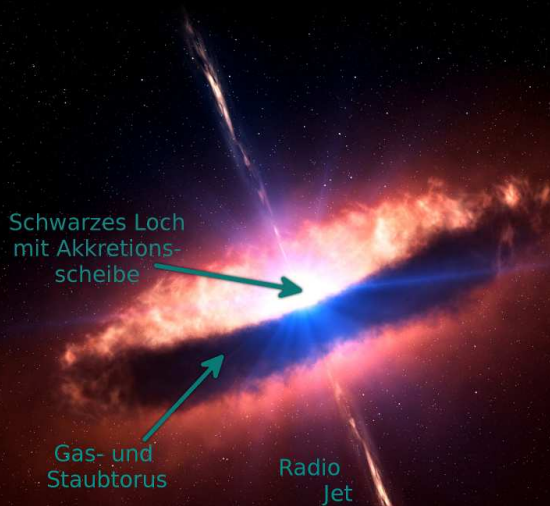
Schwarzes Loch  
mit Akkretions-  
scheibe

Gas- und  
Staubtorus

(bearbeitet, Quelle: [science.unsw.edu.au](http://science.unsw.edu.au))

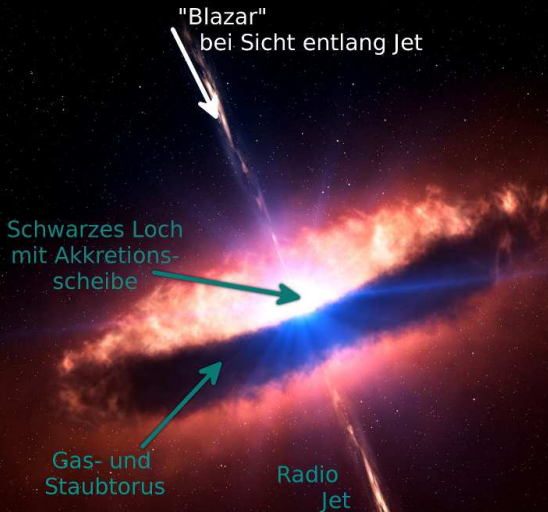


# AGN Standardmodell



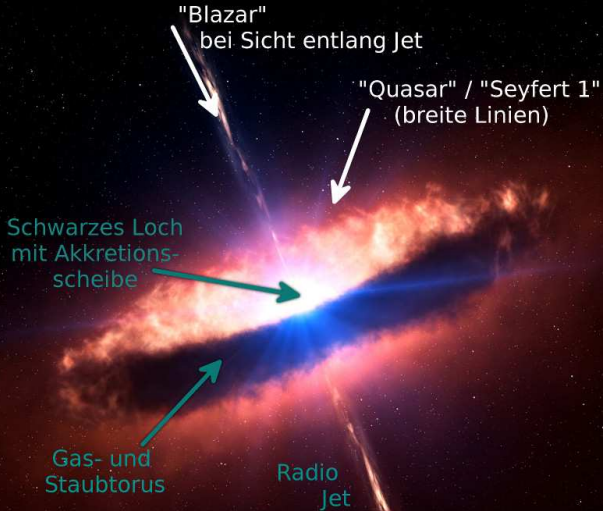
(bearbeitet, Quelle: [science.unsw.edu.au](http://science.unsw.edu.au))

# AGN Standardmodell



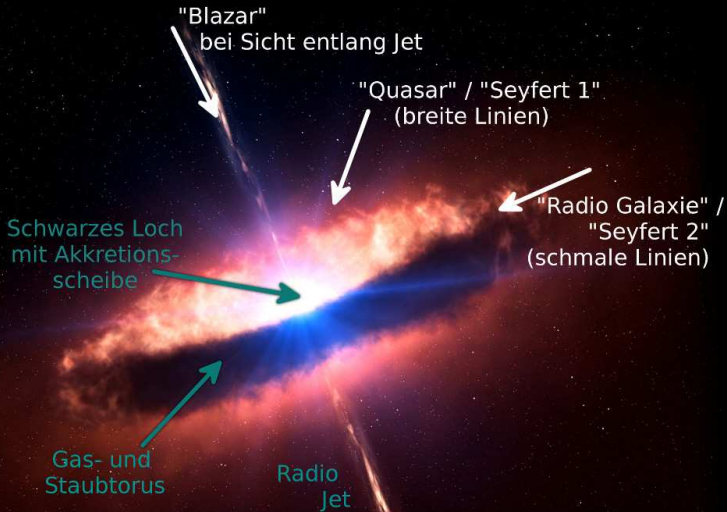
(bearbeitet, Quelle: [science.unsw.edu.au](http://science.unsw.edu.au))

# AGN Standardmodell



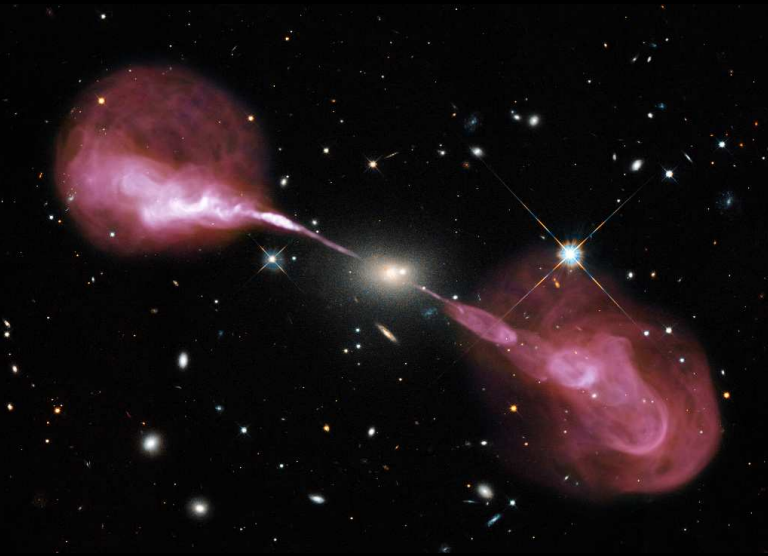
(bearbeitet, Quelle: science.unsw.edu.au)

# AGN Standardmodell



(bearbeitet, Quelle: science.unsw.edu.au)

# Interaktion mit dem IGM



Lobes der Radiogalaxie Hercules A (optisch + Radio)  
(NASA/ESA/NRAO/Hubble Space Telescope)



# Feedback-Effekt

# Feedback-Effekt

Typen

# Feedback-Effekt

## Typen

- **Wind-Modus:** Winde drücken Gas aus Galaxien

# Feedback-Effekt

## Typen

- **Wind-Modus:** Winde drücken Gas aus Galaxien
- **Radio-Modus:** Blasen und Schocks erhitzen IGM

# Feedback-Effekt

Wind-Modus:

# Feedback-Effekt

Wind-Modus:

- Strahlungsdruck

# Feedback-Effekt

Wind-Modus:

- Strahlungsdruck
- AGN Winde

# Feedback-Effekt

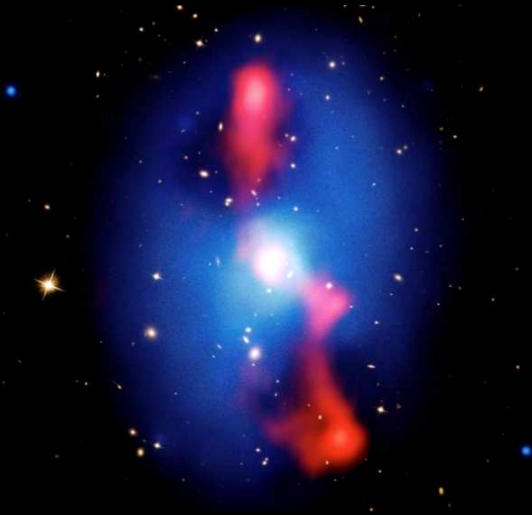
Wind-Modus:

- Strahlungsdruck
- AGN Winde
- Galaxienausflüsse



# Feedback-Effekt

Radio-Modus:



MS 0735+7421 im Röntgen- + Radio- + optischen Licht  
(Quelle: NASA/Chandra/VLA/HST)

# Feedback-Effekt

Radio-Modus:

# Feedback-Effekt

Radio-Modus:

- Lobes steigen als **Blasen** auf

# Feedback-Effekt

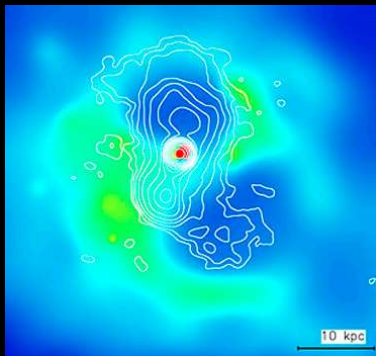
Radio-Modus:

- Lobes steigen als **Blasen** auf
- **Röntgenlöcher**

# Feedback-Effekt

Radio-Modus:

- Lobes steigen als **Blasen** auf
- **Röntgenlöcher**

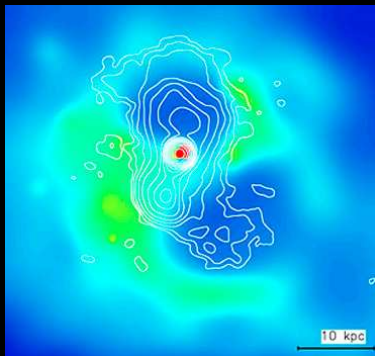


Perseus: Röntgen mit Radiokonturen  
(Quelle: NSF/AURA/VLA)

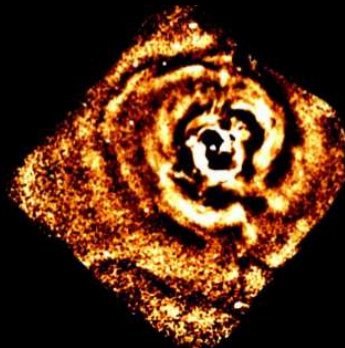
# Feedback-Effekt

Radio-Modus:

- Lobes steigen als **Blasen** auf
- **Röntgenlöcher**



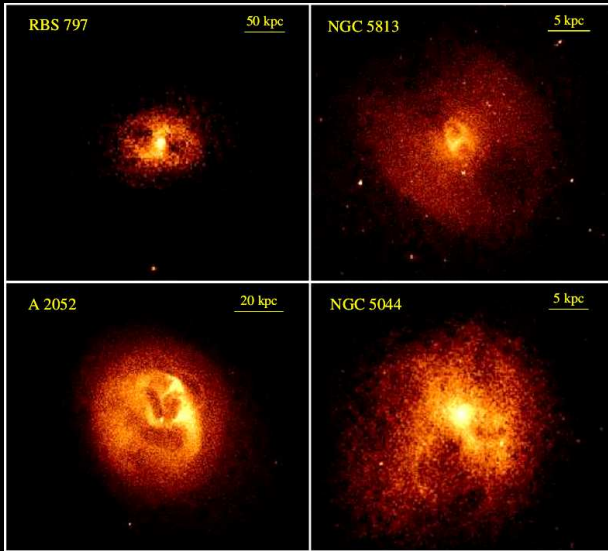
Perseus: Röntgen mit Radiokonturen  
(Quelle: NSF/AURA/VLA)



Wellen im Perseuscluster, Röntgen unter  
Unschärfemaske (Quelle: Fabian '12)

# Feedback-Effekt

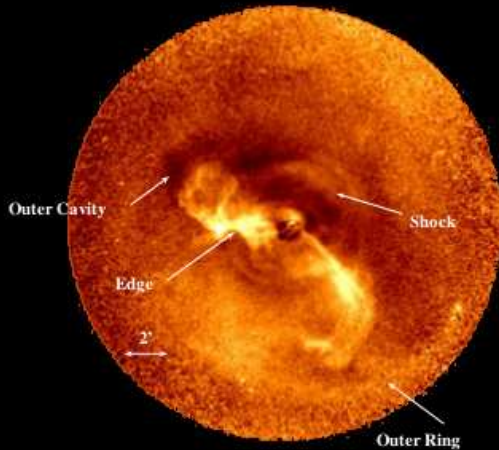
Radio-Modus:



Chandra Röntgenaufnahmen (Quelle: Fabian '12)

# Feedback-Effekt

Radio-Modus:



M87 Röntgenaufnahme (Quelle: Forman et al '07)



# Feedback-Effekt

Radio-Modus:

# Feedback-Effekt

Radio-Modus:

- Energieübertrag:  $E = E_{th} + pV$

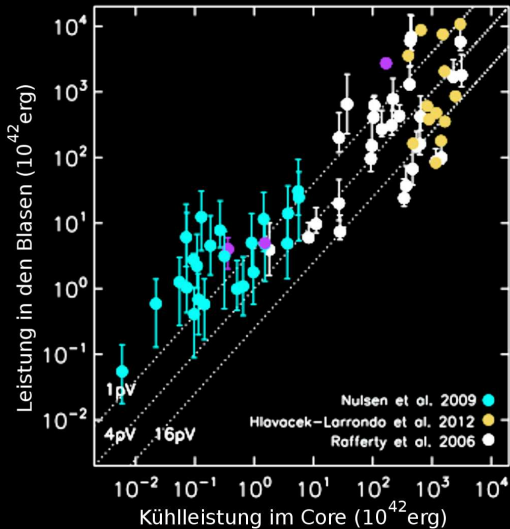
# Feedback-Effekt

Radio-Modus:

- Energieübertrag:  $E = E_{th} + pV$
- Kühlungsleistung:  $L = \frac{5}{2} \frac{\dot{M}}{\langle m \rangle} kT_0$

# Feedback-Effekt

Radio-Modus:



(nach: Nulsen, Rafferty et al)

# Feedback-Effekt

Quantitative Modelle

# Feedback-Effekt

## Quantitative Modelle

- Heißes IGM in DM Potential

# Feedback-Effekt

## Quantitative Modelle

- Heißes IGM in DM Potential
- Hydrostatisches Gleichgewicht

# Feedback-Effekt

## Quantitative Modelle

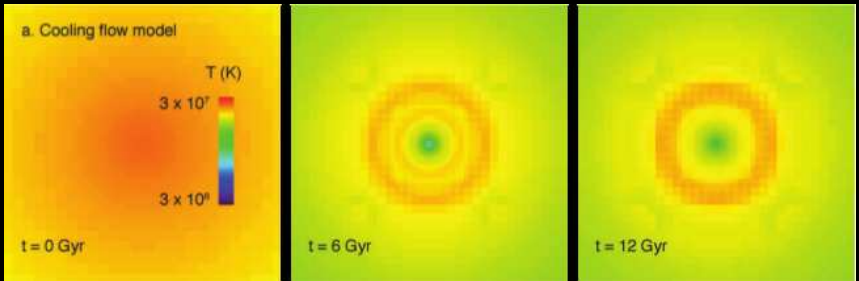
- Heißes IGM in DM Potential
- Hydrostatisches Gleichgewicht
- Bondi-Akkretion + Jets



# Feedback-Effekt

## Quantitative Modelle

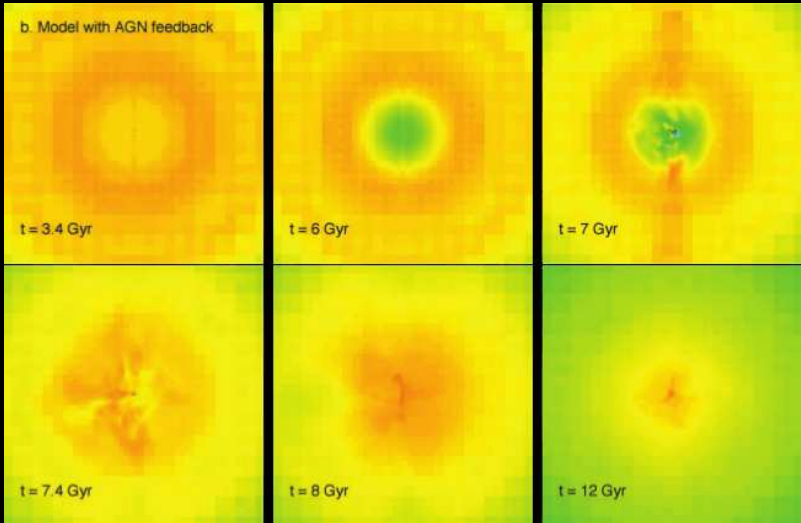
- Heißes IGM in DM Potential
- Hydrostatisches Gleichgewicht
- Bondi-Akkretion + Jets



Simulation: Temperaturverteilung in sphärischem Cluster mit AGN (260 kpc) (Quelle: Cattaneo, Teyssier '07)

# Feedback-Effekt

## Quantitative Modelle



Simulation: Temperaturverteilung in sphärischem Cluster mit AGN (260 kpc) (Quelle: Cattaneo, Teyssier '07)

# Fazit

- Feedback Prozesse

# Fazit

- Feedback Prozesse
  - Experimentelle Hinweise

# Fazit

- Feedback Prozesse
  - Experimentelle Hinweise
  - Gegenstand aktueller Forschung

# Fazit

- Feedback Prozesse
  - Experimentelle Hinweise
  - Gegenstand aktueller Forschung
  - Lösung des Cooling Flow Problems?