

# Sterne, Galaxien und das Universum

## Teil 7: Galaxien

Peter Hauschildt

yeti@hs.uni-hamburg.de

Hamburger Sternwarte  
Gojenbergsweg 112  
21029 Hamburg

14. Oktober 2019

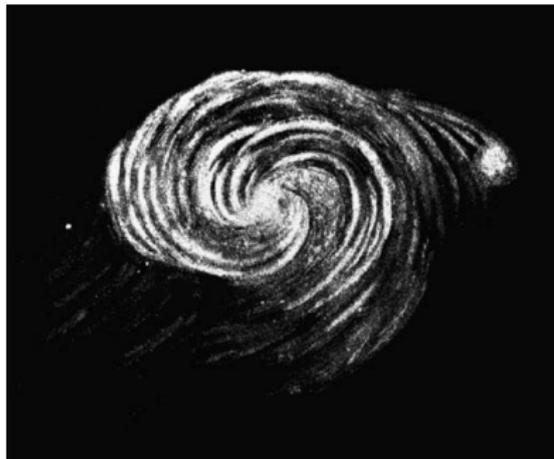
# Spiralgalaxie (NGC 1365)



# Übersicht

- ▶ Entdeckung der Galaxien
- ▶ Galaxientypen
- ▶ Hubble Gesetz
- ▶ Galaxienhaufen
- ▶ Wechselwirkungen zwischen Galaxien
- ▶ Entstehung von Galaxien

# Spiralnebel



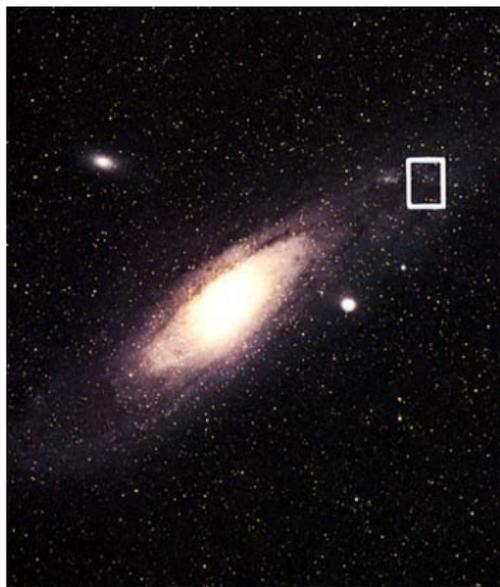
- ▶ Earl of Rosse (1845):
- ▶ 2 m Spiegelteleskop (Metall!)
- ▶ beobachtet Nebel
- ▶ Zeichnung: Spiralnebel M51
- ▶ Kant (1755):  
'Inseluniversen'

# Spiralnebel



- ▶ Astronomen geteilter Meinung:
- ▶ e.g., Shapley: Nebel in der Milchstraße
- ▶ e.g., Curtis: außerhalb der Milchstraße
- ▶ April 1920: 'great debate'
- ▶ → ohne Ergebnis
- ▶ da Entfernungen unbekannt

# Spiralnebel



- ▶ Edwin Hubble, 1923:
- ▶ untersucht Andromeda 'Nebel' (M31)
- ▶ findet Objekte die er zuerst als Novae interpretiert

# Spiralnebel

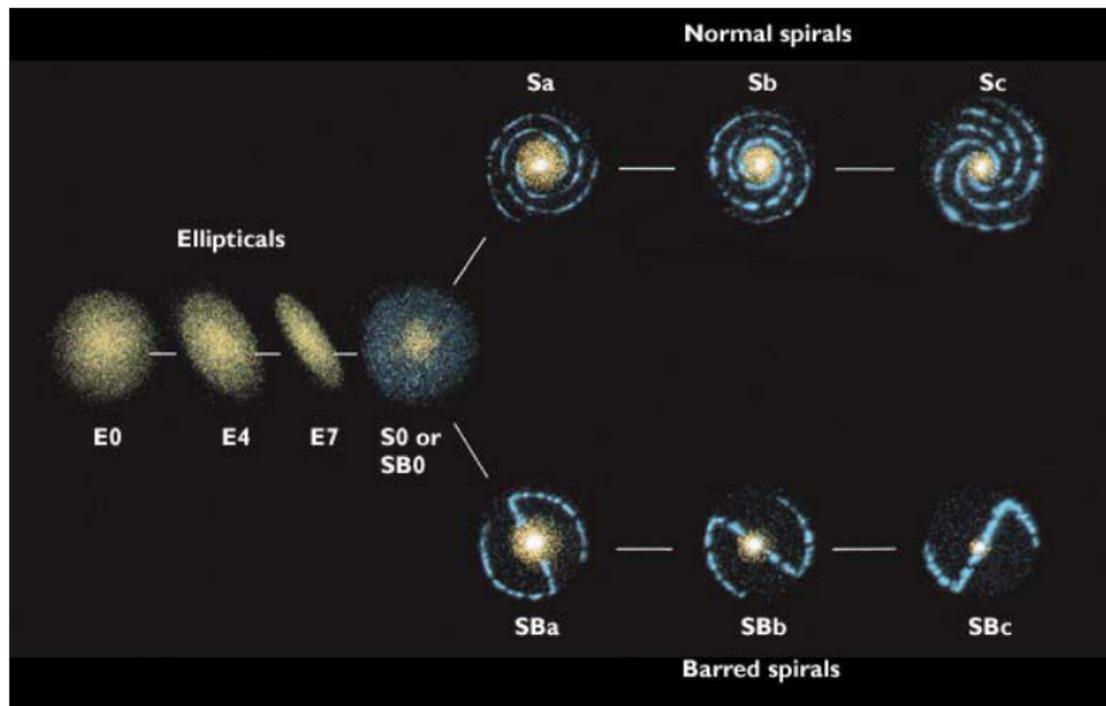


- ▶ bemerkt schnell:
- ▶ es sind Cepheiden
- ▶ →  
Entfernungsbestimmung
- ▶ → M31 ist 780 kpc  
entfernt!
- ▶ Durchmesser 70 kpc
- ▶ → extragalaktisch!

# Klassifikation

- ▶ Hubble entwickelt morphologisches Verfahren zur Klassifikation
- ▶ grobe Unterteilung:
  - ▶ Spiralen
  - ▶ Balkenspiralen
  - ▶ Elliptische Galaxien
- ▶ Anordnung in einem 'Stimmgabeldiagramm'

# Klassifikation



# normale Spiralen



Sa



Sb



Sc

# normale Spiralen

- ▶ Arme erscheinen blau
- ▶ → junge Sterne, H II Regionen
- ▶ alte Sterne in der Scheibe
- ▶ und dem bulge
- ▶ Unterklassifikation nach Kern vs. Arme

# Balkenspiralen



Sa



Sb



Sc

# Balkenspiralen

- ▶ Arme über Balken mit Kern verbunden
- ▶ doppelt so häufig wie normale Spiralen
- ▶ Milchstraße ist vermutlich eine!
- ▶ Balken bilden sich durch Wechselwirkungen zwischen den Sternen
- ▶ es darf aber nicht zuviel Dunkle Materie da sein

# Elliptische Galaxien



E0



E3



E6

# Elliptische Galaxien

- ▶ eingeteilt nach scheinbarer Ellipizität!
- ▶ → wahre Form unbekannt!
- ▶ enthalten kein Gas und keinen Staub!
- ▶ → keine jungen Sterne können sich bilden
- ▶ → nur alte, rote, Pop. II Sterne
- ▶ kommen in vielen Größen vor:

# Giant Ellipticals



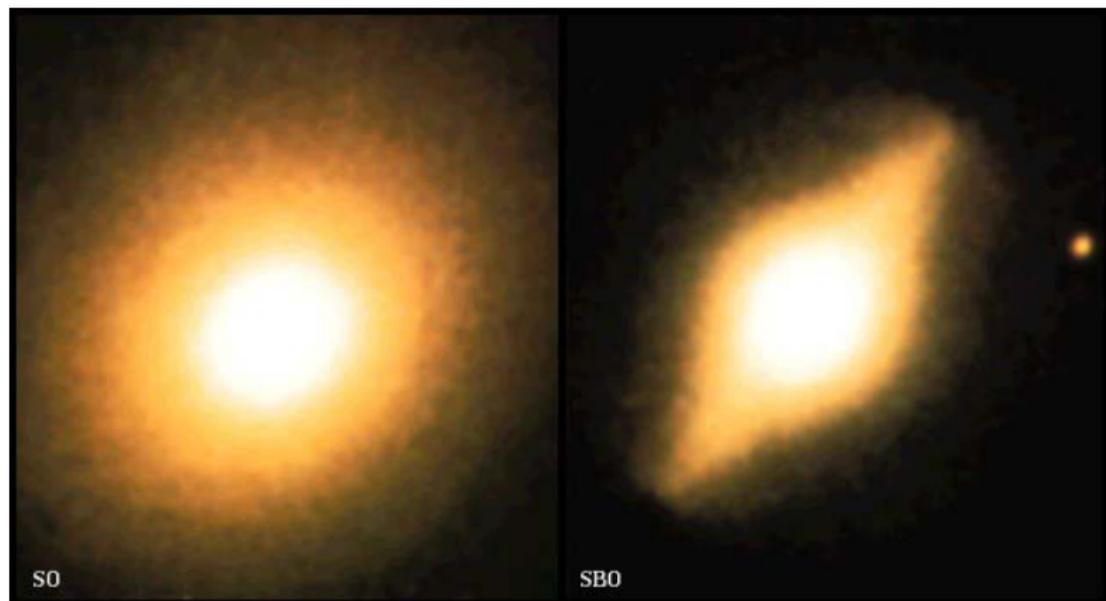
- ▶ 20 fache Größe der Milchstraße!
- ▶ Beispiel NGC 4874
- ▶ 600 kpc Durchmesser
- ▶ 90 Mpc Entfernung

# Dwarf Ellipticals



- ▶ nur einige Millionen Sterne
- ▶ (Milchstraße:  $10^{11}$ )
- ▶ erscheinen durchsichtig
- ▶ Beispiel: Leo I (E4)
- ▶ 1 kpc Durchmesser
- ▶ 180 kpc Entfernung

# Linsenförmige Galaxien



# Linsenförmige Galaxien

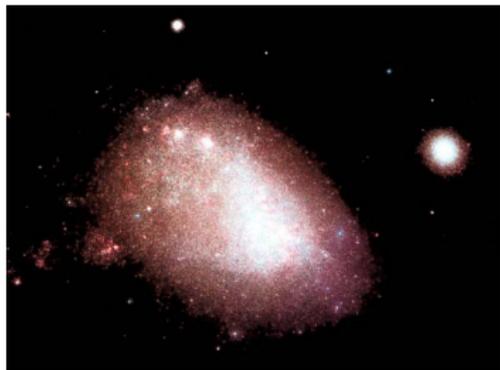
- ▶ 'Spiralen ohne Arme'
- ▶ zwischen Elliptischen und Spiralen

# Irreguläre Galaxien



- ▶ zwei Typen:
- ▶ Irr I
- ▶ → un-entwickelte Spiralen
- ▶ viele OB Assoziationen und H II Regionen
- ▶ Beispiel: LMC

# Irreguläre Galaxien



- ▶ Irr II
- ▶ unsymmetrisch, chaotisch
- ▶ Ergebnis von Kollisionen?
- ▶ Aktivitäten im Kern?
- ▶ Beispiel: SMC

# Zusammenfassung: Galaxien

Table 26-1 Some Properties of Galaxies

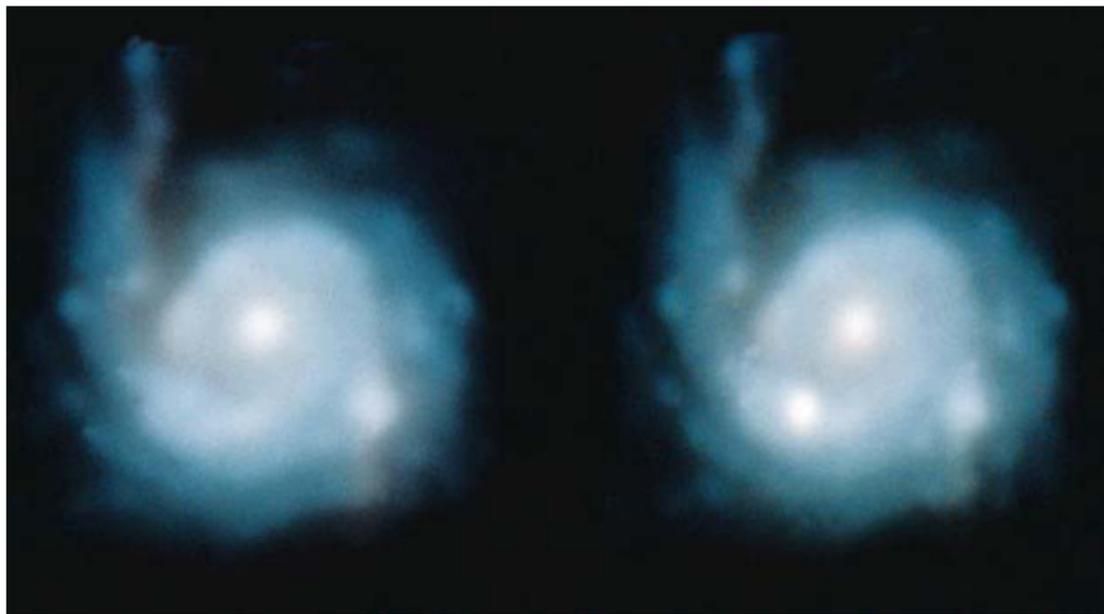
	Spiral and barred spiral galaxies	Elliptical galaxies	Irregular galaxies
Mass ( $M_{\odot}$ )	$10^9$ to $4 \times 10^{11}$	$10^5$ to $10^{13}$	$10^8$ to $3 \times 10^{10}$
Luminosity ( $L_{\odot}$ )	$10^8$ to $2 \times 10^{10}$	$3 \times 10^5$ to $10^{11}$	$10^7$ to $10^9$
Diameter (kpc)	5 to 250	1 to 200	1 to 10
Stellar populations	Spiral arms: young Population I Nucleus and throughout disk: Population II and old Population I	Population II and old Population I	mostly Population I
Percentage of observed galaxies	77%	20%*	3%

\* This percentage does not include dwarf elliptical galaxies that are as yet too dim and distant to detect. Hence, the actual percentage of galaxies that are ellipticals may be higher than shown here.

# Entfernungsbestimmung

- ▶ Cepheiden → 50 Mpc
- ▶ hellste Rote/Blaue Überriesen → 150/250 Mpc
- ▶ hellste Kugelsternhaufen → 900 Mpc
- ▶ noch weiter: SN Ia

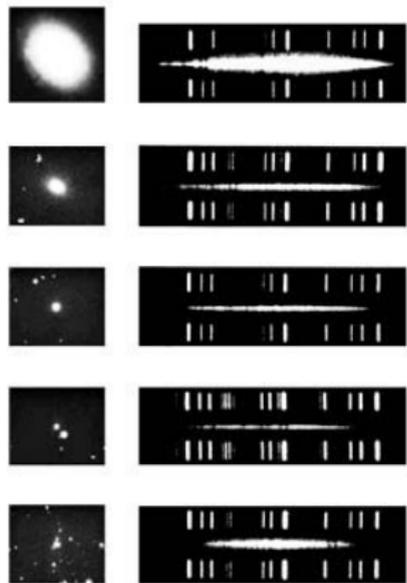
# SN Ia



# Entfernungsbestimmung

- ▶ Tully-Fisher Beziehung:
- ▶ Breite der 21 cm Linie
- ▶ → Rotationsgeschwindigkeit
- ▶ → proportional zur Masse
- ▶ → proportional zur Leuchtkraft
- ▶ → Entfernung!

# Das Hubble Gesetz



- ▶ 1914: Slipher photographiert Spektren von Spiralnebeln
- ▶ 11/15 zeigen Rotverschiebungen
- ▶ Curtis (1920) → Argument gegen galaktischen Ursprung

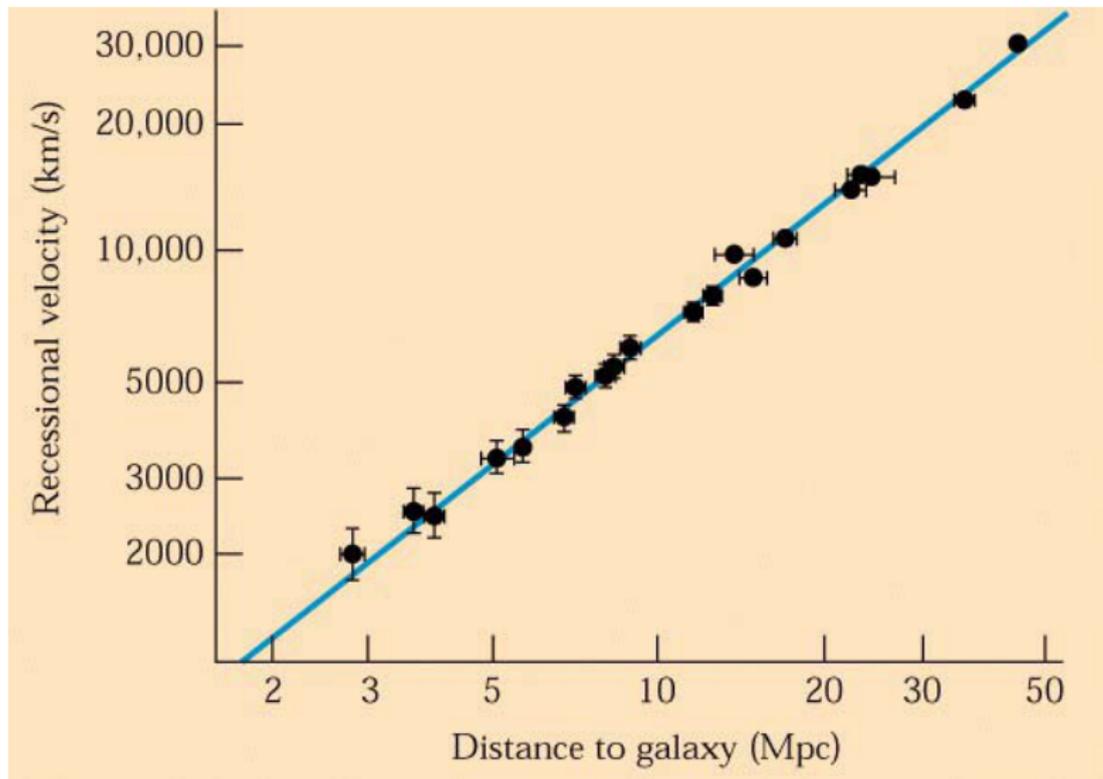
# Das Hubble Gesetz

- ▶ 1920's: Hubble und Humason spektroskopieren viele Galaxien mit 2.5 m Spiegel
- ▶ Cepheiden →
- ▶ Entfernungen!
- ▶ Rotverschiebung und Entfernung korreliert
- ▶ → einfache lineare Beziehung:
- ▶ *Hubble Gesetz*

$$v = H_0 d$$

- ▶  $H_0 \approx 65 \text{ km/s/Mpc}$ : Hubble Konstante
- ▶ NB: nahe Galaxien, Eigenbewegungen

# Das Hubble Gesetz



# Das Hubble Gesetz

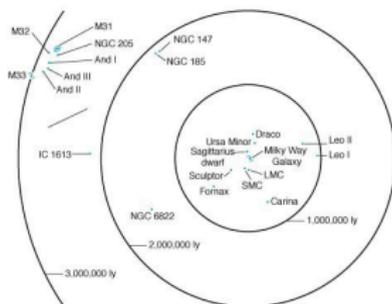
- ▶ Rotverschiebung: aus Spektrum ('einfach')
- ▶ Entfernung: sehr schwer und große Fehler!
- ▶ →  $H_0$  sehr schwer zu bestimmen
- ▶ falls  $H_0$  bekannt
- ▶ → schätze Entfernung wenn nichts anderes geht!
- ▶  $H_0$  ist eine fundamentale kosmologische Größe!

# Galaxienhaufen



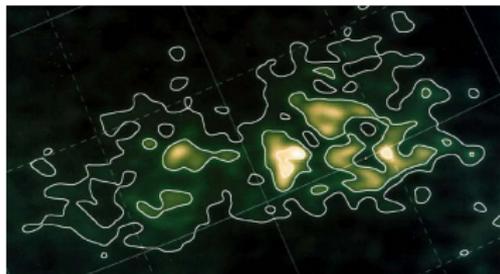
- ▶ Galaxien sind nicht zufällig verteilt!
- ▶ sie bilden Haufen
- ▶ Haufen können 'reich' (viele Galaxien)
- ▶ oder 'arm' sein
- ▶ Beispiel: Coma Haufen, regulär
- ▶  $> 10000$  Galaxien

# Galaxienhaufen



- ▶ Milchstraße →
- ▶ Lokale Gruppe
- ▶ etwa 30 Galaxien, meistens dwarf ellipticals

# Lokale Gruppe



- ▶ Sgr Dwarf
- ▶ 25 kpc Entfernung
- ▶ nächster Nachbar der Milchstraße
- ▶ wird in 100 Myr geschluckt

# Lokale Gruppe



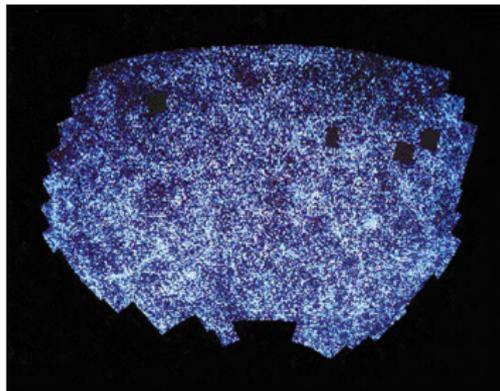
- ▶ Antlia
- ▶ erst 1997 gefunden
- ▶ 1 Mpc Entfernung
- ▶ ca. 1M Sterne innerhalb 1-2 kpc Radius

# Virgo Haufen



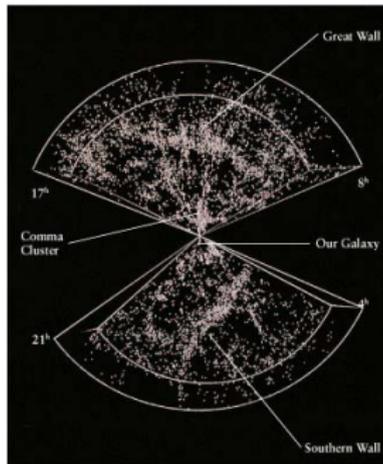
- ▶ 2000 Galaxien,  $10^\circ \times 12^\circ$
- ▶ Zentrum: 3 giant ellipticals
- ▶ jede davon so groß wie die Lokale Gruppe!
- ▶ *irregulärer Haufen*

# Superhaufen



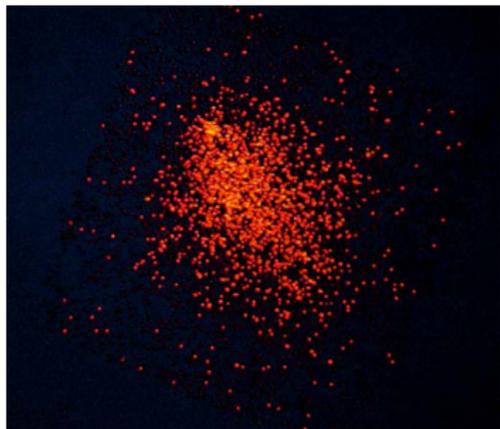
- ▶ Haufen gruppieren sich zu
- ▶ *Superhaufen*
- ▶ Beispiel: 2M Galaxien
- ▶ 10% des Himmels
- ▶ Superhaufen sind 100's Mpc groß

# Großräumige Verteilung



- ▶ ist *nicht* gleichmässig!
- ▶ große, kohärente Strukturen
- ▶ *voids*
- ▶ *walls*
- ▶ es gibt auch riesige Strömungen ...

# galaktische Kollisionen



- ▶ Galaxien kollidieren miteinander
- ▶ IS Wolken (Gas und Staub) rammen sich direkt
- ▶ → können praktisch stehen bleiben
- ▶ → Galaxien verlieren Gas und Staub
- ▶ die Wolken heizen sich auf 10-100 MK auf
- ▶ → emittieren Röntgenstrahlung

# galaktische Kollisionen



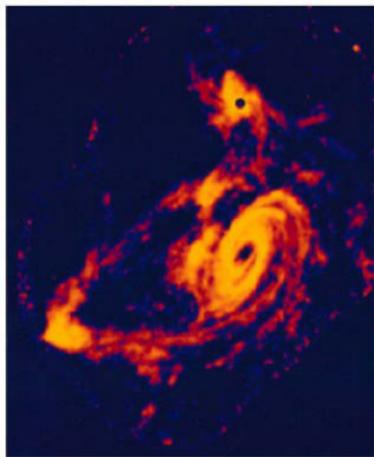
- ▶ streifende Stöße:
- ▶ Gas wird komprimiert
- ▶ → Sterne bilden sich!
- ▶ *starburst galaxies*
- ▶ Beispiel: M82

# galaktische Kollisionen



- ▶ 3 Galaxien, ca.  $1^\circ$
- ▶ optisches Bild
- ▶ nichts außergewöhnliches

# galaktische Kollisionen



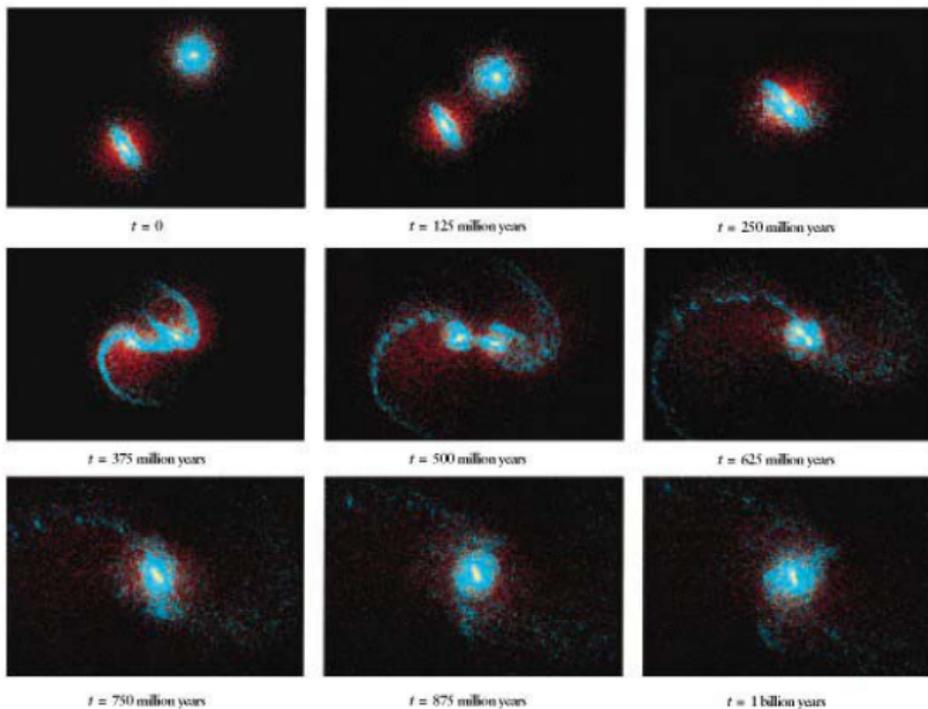
b

- ▶ Radiobild!
- ▶ Ströme aus Wasserstoff verbinden die Galaxien!
- ▶ ähnlich: Milchstraße und LMC

# galaktische Kollisionen

- ▶ Zusammenstöße regen Bildung von Strukturen an
- ▶ können Spiralarme bilden
- ▶ oder komplexe Formen erzeugen
- ▶ Note: Sterne stossen dabei nicht zusammen!

# galaktische Kollisionen



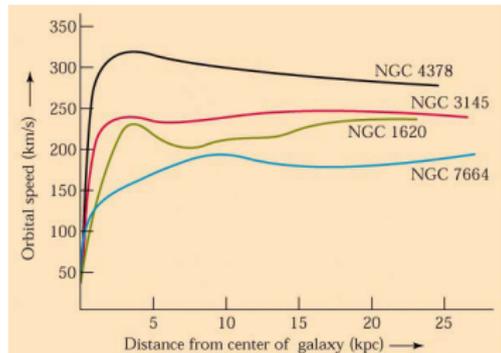
# galaktische Kollisionen



# galaktische Kollisionen

- ▶ wenn die Bedingungen richtig sind können Galaxien
- ▶ verschmelzen: gleich groß
- ▶ oder es kommt zu
- ▶ Kannibalismus: groß frisst klein

# Dunkle Materie

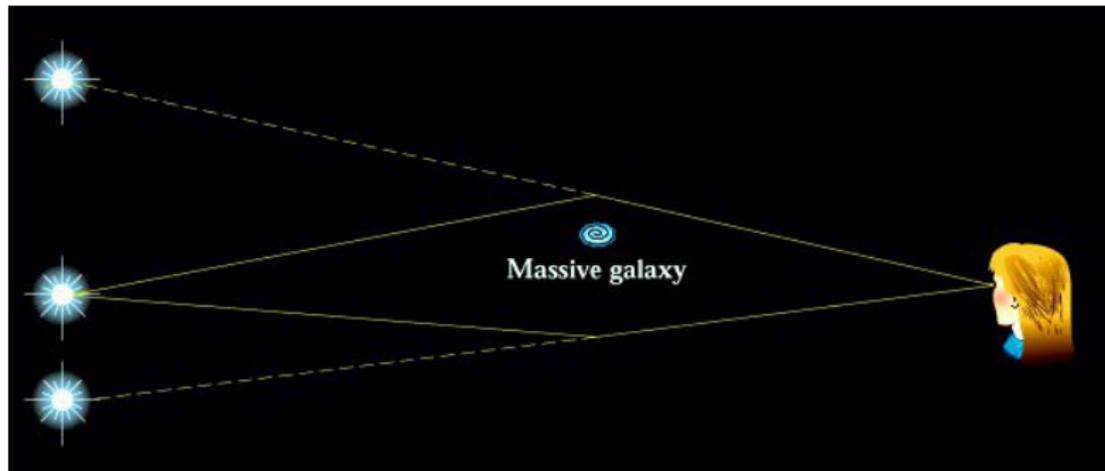


- ▶ in allen Galaxien gibt es mehr oder weniger Dunkle Materie
- ▶ sonst wären Haufen auch schon zerlaufen
- ▶ 10 mal mehr DM als normale Materie!
- ▶ ist in Galaxien konzentriert

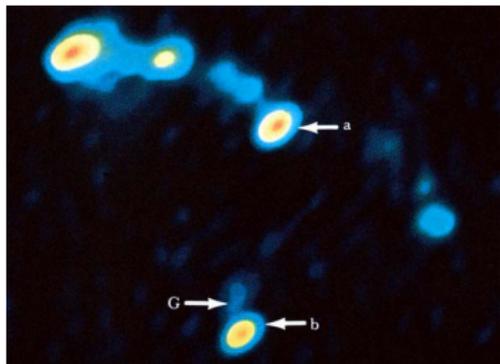
# Gravitationslinsen

- ▶ ART →
- ▶ Licht wird von Massen beeinflusst
- ▶ wenn ein fernes Objekt hinter einer Galaxie (etc) zu liegen scheint
- ▶ → Linseneffekt!

# Gravitationslinsen

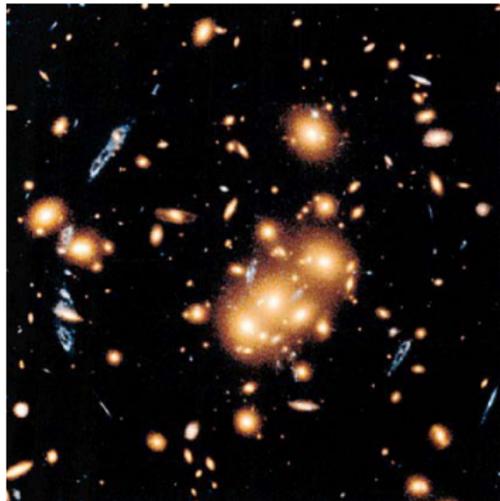


# Gravitationslinsen



- ▶ dadurch kann z.B. ein Doppelbild entstehen
- ▶ G: Galaxien durch die Abgebildet wird
- ▶ a,b: Bilder eines Hintergrund Objektes

# Gravitationslinsen

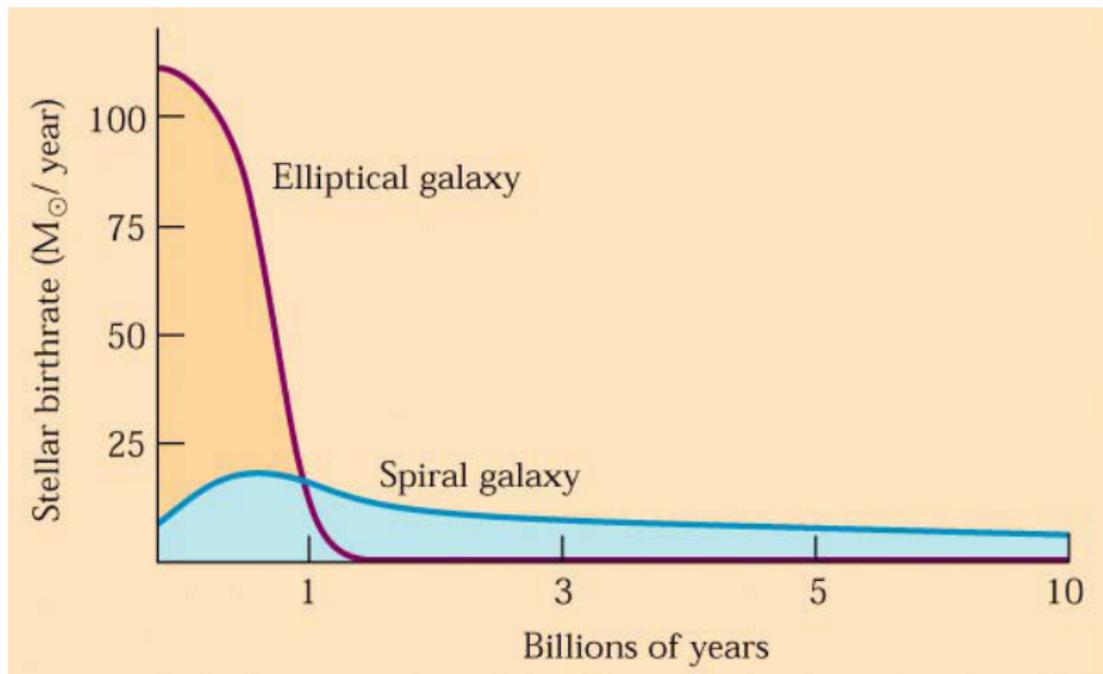


- ▶ Galaxienhaufen können auf als Linsen wirken
- ▶ Miese Bildqualität ...
- ▶ HST Bild, Echtfarben
- ▶ Hintergrundgalaxie sehr blau!
- ▶ Haufen: 1.6 Gpc
- ▶ Hintergrundgalaxie: 3.2 Gpc

# Entstehung von Galaxien

- ▶ kann nicht in Echtzeit beobachtet werden
- ▶ entfernte Galaxien → jünger
- ▶ → beobachte ferne Galaxien etc.
- ▶ junge Galaxien sind 'blauer'
- ▶ → mehr Sternbildung etc.
- ▶ Zeitentwicklung:

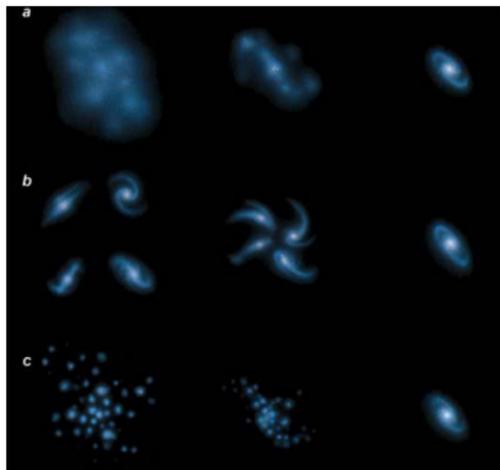
# Entstehung von Galaxien



# Entstehung von Galaxien

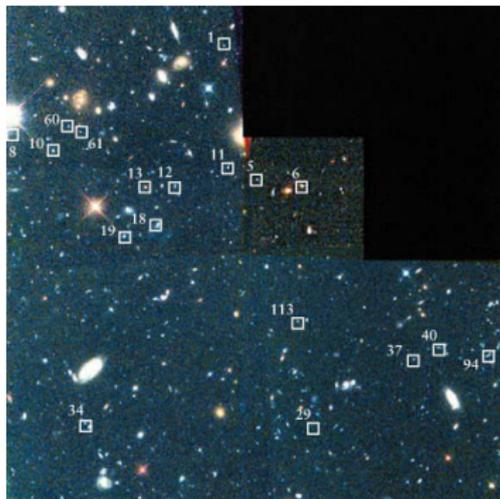
- ▶ Vergangenheit: mehr Spiralen!
- ▶ Kollisionen und Verschmelzung
- ▶ → weniger Spiralen
- ▶ macht keine elliptischen Galaxien!
- ▶ die sind viel älter!
- ▶ waren schon vor 10–15 Gyr fertig

# Entstehung von Galaxien



- ▶ a: eine Wolke kollabiert
- ▶ b: kleine Galaxien verschmelzen
- ▶ c: viele winzige Wolken verschmelzen

# Entstehung von Galaxien



- ▶ HST Beobachtungen
- ▶ 2.5 arcmin Feld
- ▶ Objekte: ca. 3.4 Gpc (11 Glyr)
- ▶ 600–900 pc Durchmesser
- ▶ (c)?

# Entstehung von Galaxien

