

- 1) a) Beschreibung Merger Prozess 2er Spiralgalaxien!  
Was führt zur Verschmelzung mit Energie und Drehimpulsverteilung?
- b) Worin unterscheiden sich prograde und retrograde Galaxienvorbeigänge?
- c) Was geschieht mit Gas und Sternen in den Gezeitenschweiften (tidal tails)?

1)a) Es kollidieren keine Sterne aufgrund der Dichte, Orbits der Sterne werden gestört (zufällige Orbits).

-Erhöhte Starformation (daraus bildet sich, abhängig von der Menge des Gases, eine elliptische Galaxie)

-Unterschied, ob die beiden Objekte gleich groß sind oder eines kleiner ist.

-Bei Major-Merger wird der AGN wieder mit Gas gefüttert.

-1. Präkollisionsphase(Annäherungsphase):

- Annäherungsgeschwindigkeiten 100km/s-1000km/s;
- Kernregionen: bis 3000km/s;
- Es können Gas-, und Sternbrücken gebildet werden. (Materieaustausch)

-2.Impact:

- Durchstreifen an den Rändern;
- Noch kein Aufeinandertreffen der Galaxienkerne
- Verformung der Galaxien und Materialaustausch → An ihrem nächstgelegenen Punkt zu einander wirkt die Gezeitenkraft des jeweils anderen Kollisionspartners auf jede Galaxie am stärksten.
- Ausbildung von Tidal Tails an den sich zu einander abgewandten Seiten
- Shocks und Strömungen in den Galaxienscheiben führen zur Verdichtung der interstellaren Materie.

-3. Gravitational Response (Selbstgravitation und Pause):

-4. Merging

- Starburst
- Meistens entstehen bei Major Mergers elliptische Galaxien.

-5. Beruhigungsphase (Relaxation)

b) Prograde Merger-Prozesse (selbe Richtung) laufen stärker (wegen der Resonanz) und schneller ab, als retrograde. Dünne Tidal tails entstehen und brechen auf.

Bei Retrograden Merger-Prozessen kommt es nur zu einer milden Verzerrung.

c) Es kommt zu einer Sternentstehung in den Tidal Tails. Es entstehen Zwerggalaxien.

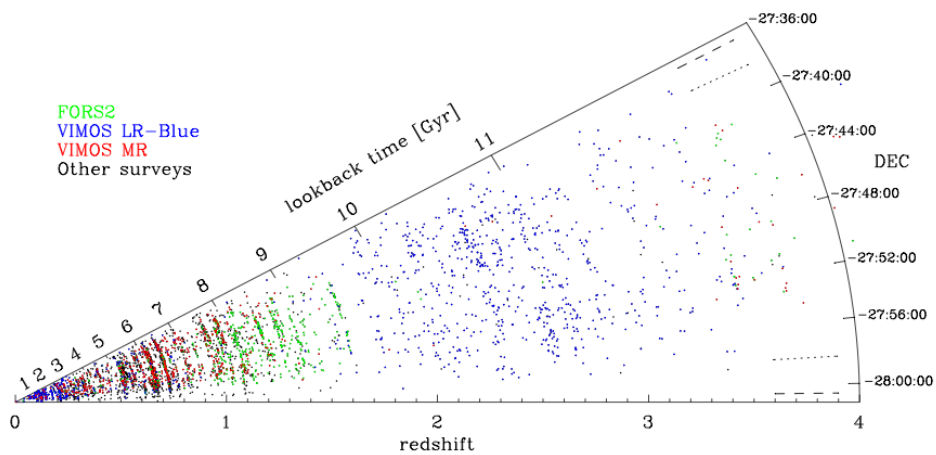
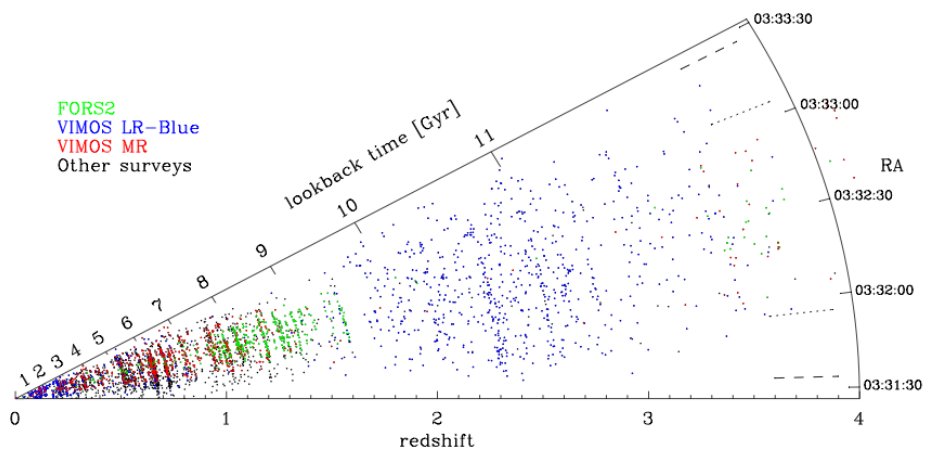
## 2) Strukturen

a) Wie sind Galaxien im Universum verteilt? Welche Strukturen gibt es?

b) Zeichnen Sie ein typisches Cone-Diagramm eines Redshift-Surveys und was wird Aufgetragen?

c) Geben Sie typische Werte für Ausdehnung, Gesamtmasse, Anzahl der Galaxien eines Lokalen reichen Haufens!

- 2) a) Feldgalaxien (~50-100kpc,  $10^{12} M_{\odot}$ ),  
 Paare, Triplet (100-500kpc),  
 Galaxiengruppen (1,5Mpc, ~50-100,  $10^{13} M_{\odot}$ ),  
 Galaxiencluster (5-10Mpc, ~500-2000,  $10^{14-15} M_{\odot}$ ),  
 Supercluster (keine Begrenzung >5000, Mehrere Cluster und Gruppen bis max  $10^{17} M_{\odot}$ ,  
 Durchmesser bis zu 200Mpc); dazwischen befinden sich  
 Voids (Leere zwischen den Strukturen, Sehr geringe Dichte, Durchmesser 100mil lyrs und  
 Wabenstruktur).  
 53% Irreguläre und Zwerggalaxien; 34% Spiralgalaxien; 13% Ellipsengalaxien  
 b)



c)

Gruppen: Masse:  $10^{13} M_{\odot}$ ; Anzahl: ca max. 50; Ausdehnung: 1,5Mpc

Cluster: Masse:  $10^{14-15} M_{\odot}$ ; Anzahl: Mehrere 1000; Ausdehnung: ca 10Mpc

### 3) Galaxienhaufen

- a) Welche Galaxien dominieren im Feld, welche im Haufen? (Grobe Anteilsprozent)  
 Welche Beziehung bezüglich der Galaxietypen gilt in reichen, kompakten Haufen?  
 Was ist der Butcher-Oemler-Effekt
- b) Durch welche Anregungsmechanismen entstehen Röntgenstrahlungen im Haufen?  
 Welche 4 Parameter beschreiben ICM? In welchen Bereich liegen diese Werte?

- c) Was ist Ram-pressure-Stripping, welche Bedingungen (2 physikalische Parameter) müssen vorliegen?  
Welche Beobachtungsmerkmale lassen auf Ram-pressure-Stripping schließen?
- d) Was ist der Sunyaev-Zeldovich-Effekt?  
Durch welche spektrale Signatur kann man den SZ-Effekt sicher von anderen Anisotropien in der kosmischen Hintergrundstrahlung unterscheiden?

3) a) Im isolierten Feld: ca. 70-80% Spiralgalaxien  
In Haufen: 50% SO, 40% Elliptische Galaxien, 10% Spiralgalaxien  
-Mit zunehmender Galaxiendichte verändert sich die Anzahl der Spiralgalaxien fast linear zu einem deutlich geringeren Wert. (Je näher zum Zentrum, desto weniger).  
Butcher-Oemler-Effekt: Je größer die Entfernung der Haufen (größere Rotverschiebung), desto größer ist der Anteil an blauen Galaxien.

b)

1. Bremsstrahlung: Heißes dünnes Plasma (ICM) strahlt thermische Bremsstrahlung in Form von Licht im Röntgenspektrum ab. Bremsstrahlung entsteht durch die Geschwindigkeitsänderung geladener Teilchen
2. Linienemission: Elektronen springen auf höhere Energieniveaus, emittieren Photonen und springen zurück.

Masse( $10^{14}M(\text{Sonne})$ ), Dichte( $10^{-4}$  bis  $10^{-2}$  / $\text{cm}^3$  an Teilchen), Temperatur( $10^7\text{K}$  bis  $10^8\text{K}$ ), Leuchtkraft( $10^{43}$  bis  $10^{45}$  erg/s), Metallizität

c)  $p = \text{Dichte} \cdot v^2$  ( $p = \text{Ram-Pressure}$ )

Ram-pressure-Stripping erklärt warum wir keine Spiralgalaxien im Zentrum von Clustern beobachten.

d) Kosmische Hintergrundstrahlung trifft durch heißes Gas im ICM. Die energetisch niedrigen Photonen werden energetisch höher. Dadurch kann man Galaxiencluster finden.

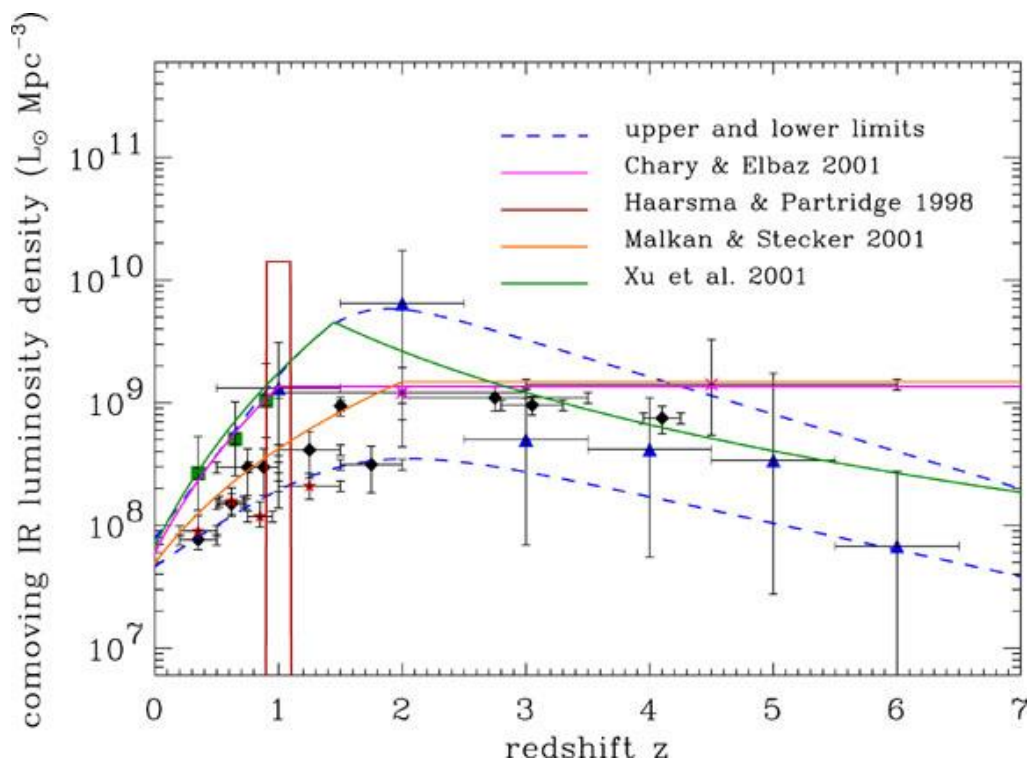
Störung im CMB-Spektrum.

4) Galaxienentwicklung und Methoden

- a) Was ist die wesentliche Vorhersage der Theorie der kalten dunklen Materie?
- b) Was versteht man unter der kosmischen Sternentstehungsgeschichte (Verlauf kurz quantitativ beschreiben)
- c) Wie entwickelt sich die Leuchtkraftfunktion mit der Rotverschiebung
- d) Was ist Downsizing?
- e) Was versteht man unter photometrischer Rotverschiebung?  
Wie können robuste photometrische Rotverschiebungen bestimmt werden?
- f) Nennen Sie 2 Kriterien, die beim Design eines Deep Fields zu berücksichtigen sind?  
Nennen Sie 2 wichtige DFs
- g) Beschreiben Sie die Lyman-Break-Technik (Drop-out-Technik)!

4) a) Die Strukturbildung im Universum würde aus reiner baryonischer Materie viel zu langsam vorangehen, um heutige Beobachtungen zu erklären. Deshalb entwickelte man die Cold-Dark-Matter-Theorie.

b) 1. Kaltes Prämodiales Molekülgas (75% H), Keine Metallizität, Sternpopulation III, Durch ständige Anreicherung von HGas  $\rightarrow$  höherer Druck  $\rightarrow$  Kernfusion  $\rightarrow$  Bildung schwererer Elemente (Höhere Metallizität)  $\rightarrow$  Supernovae  $\rightarrow$  Schwerere Elemente als Fe



MAX bei  $z=2$ , ca. 3,6Mrd yrs

c) Bei großer  $z$  werden Haufen mit großer Leuchtkraft (Masse) seltener. Supernovae (Typ 1a) erscheinen für große  $z$  leuchtstärker, als man dies nach dem linearen Hubblegesetz erwarten würde. Daraus schließen wir eine positiv beschleunigte Expansion des Universums. D.h. die kosmologische Konstante  $\neq 0$ .  $\rightarrow$  Dunkle Energie, die Expansion beschleunigt. [Skript s 211,212]

d) Im Gegensatz zu von CDM (cold Dark Matter) vorhergesagte Strukturbildung ist das mittlere Alter der Sterne in Galaxien kleinerer Masse jünger als die in Massereicheren. Die Epoche höchster Sternentstehung verschiebt sich von hohen zu niedrigeren Rotverschiebungen, wenn man von massereichen zu massearmen Sternensystemen geht.

e) die photometrische rotverschiebung ist ein schätzwert für die distanz eines astronomischen objekts. Die technick verwendet photometrie sprich die helligkeit des objekts wird mit verschiedenen standardfiltern untersucht um die rotverschiebung und so durch das hubble gesetz die distanz des beobachteten objekts zu bestimmen.

**ROBUSTE PHOTOMETRISCHE ROTVERSCHIEBUNG??**

f) die lyman break technick ist eine effiziente technick eine hohe menge hochrotverschobener galaxien zu finden. Galaxien mit einem hohen anteil an massereichen sternern haben starke emissionen im UV bereich. Lyman break galaxien sind durch einen peak beim lyman limits (912 anström) und der lyman alpha linie (1216 anström) charakterisiert. Vorteile: galaxien müssen nicht einzeln untersucht werden, ein großer bereich des himmels kann gleichzeitig abgesucht werden. Nachteil: es können nur galaxien mit massereichen sternern gefunden werden.

**ALLGEMEIN:**

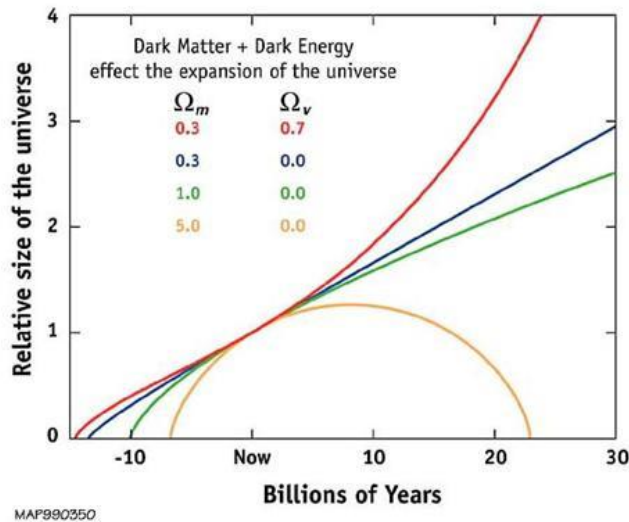
5) die SED (spectral energy distribution) des CMB ist ein fast perfektes planck-spektrum. Wie kommt das?

Der CMB hat etwa 2,7 °K temperatur und entspricht somit einer idealisierten themrmischen strahlungsquelle (schwarzkörper), dadurch ist es fast ident mit der SED.

6) was repräsentieren die temperaturfluktuationen des CMB?

Die schankungen repräsentieren unter anderem die dichtefluktuationen im frühen universum (notwendig zur strukturbildung). Außerdem können sie ICM Gashaufen repräsentieren (SZ effekt)

7) wie ist die geometrie des universums?



$K < 0$  (offen)

$K = 0$  (flach)

$K > 0$  (geschlossen)

8) wie entstehen lyman alpha absorbtionssysteme? Was ist der lyman alpha wald, ein damped lyman alpha system?

Neutraler wasserstoff absorbiert die lyman alpha linien des lichtes. Die absorbtionslinien werden durch strahlungsdämpfung verbreitert. Das lyman alpha wald bzw damped lyman alpha system sind konzentrationen von neutralem wasserstoff gas, das im spektrum von quasaren detektiert wird.

9) was versteht man unter der reionisierungsepoche des universums? Durch welchen effekt kann das ende dieser epoche bestimmt werden?

<http://de.wikipedia.org/wiki/Reionisierungsepoche>

10) welche methode erlaubt es galaxien bzw galaxienhaufen als sogenannte „natürliche teleskope“ zu verwenden? Nennen und erklären sie zwei effekte dieser methode. Was versteht man unter einsteinradius?

#### KENN-TEST

Wie geschieht der Einfall einer **Satelliten-Galaxie** in eine viel massereichere Muttergalaxie und welche Effekte bewirkt er auf die Satelliten-Galaxie selbst und auf die Muttergalaxie?

Energieverlust für Satellit auf kreisförmigen/elliptischen Orbits mit abnehmender Halbachse, wobei sie im Perigalaktikum auseinander gezogen (*stretching*) und im Apogalaktikum zusammen gequetscht (*crushing*) wird wg Geschwindigkeitsdifferenz innerhalb Sternsystems; radiales *Stretching* durch Gezeitenkraft Muttergalaxie; rotierendes Gravitationspotential durch *tidal torque*; oszillierende Äquipotentiallinien. Deshalb Verlust von Sternen, Bildung Sternströme (*tidal streams*). Muttergalaxie erleidet Potentialstörungen, was zur Scheibenverdickung (*disk thickening*), *Warps* und Verbiegung der Spiralarme führt. Evtl. auch Ausbildung (*triggering*) eines Balken und vermehrte Sternentstehung.