



# Highlights der Astronomie



APOD vom 24.10.04: Der “Eagle-Nebel”



# Was zeigt das Bild?



Gas in unterschiedlichen Farben und Helligkeiten, Sterne außerhalb und innerhalb der Gaswolke. Die Gaswolke ist dunkel, aber im Zentrum leuchtet sie anscheinend.



# Beschreibung

- wir sehen eine dunkle **Staubwolke**
  - in deren Mitte eine Art Loch ist, die uns den Blick ins Innere der Wolke erlaubt
  - dort **entstehen** gerade zahlreiche **Sterne**
- 
- sichtbar sind auch Säulen und Einschlüsse von dunklerem Gas (**Moleküle**)
  - die hellen Sterne sind heiß und blasen das umgebende Gas fort; außerdem zerstört die Strahlung die Moleküle, so dass sich dort **atomares oder ionisiertes Gas** befindet
  - ionisiertes Gas strahlt selbst durch **Rekombination** der freien Elektronen, und wir haben einen **Emissions-Nebel** vorliegen

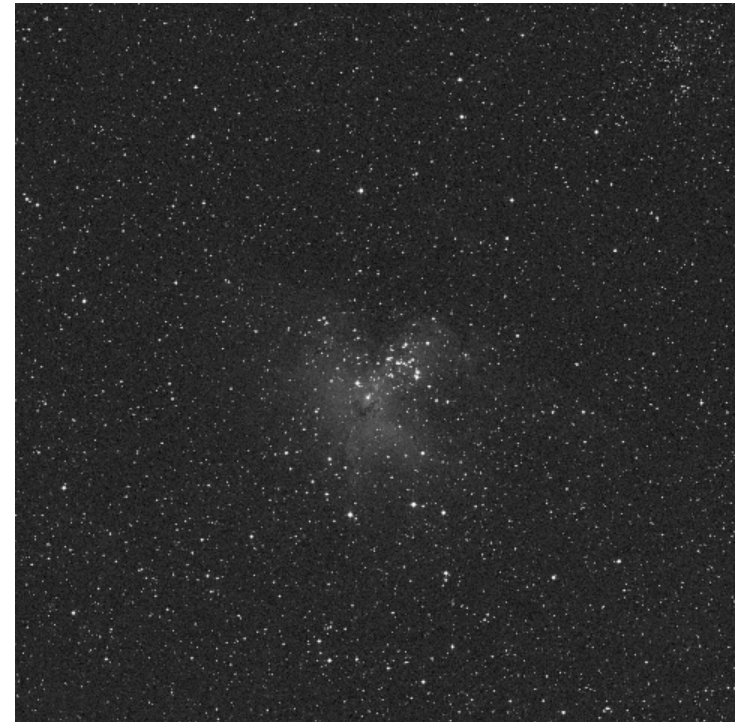


# Was ist der Eagle-Nebel?

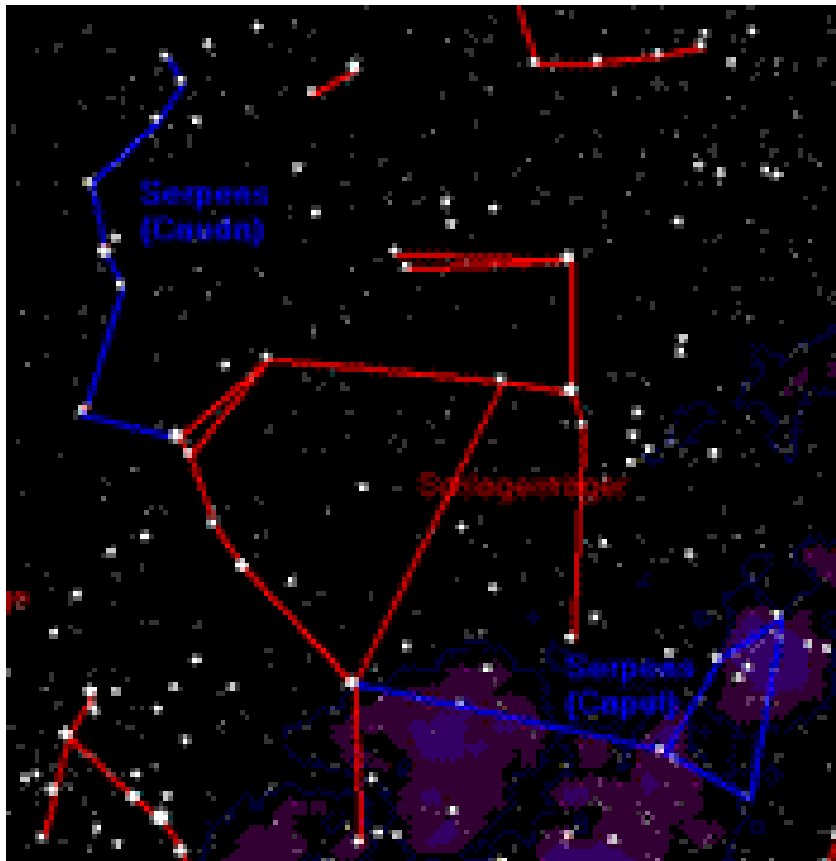
- der Eagle-Nebel ist also im Äußeren ein Absorptions-Nebel, im Inneren aber ein Emissions-Nebel
- es handelt sich um ein Sternentstehungsgebiet
- es hat sich bereits ein **offener Sternhaufen** (M16) gebildet
- es entstehen aber in den Molekülwolken weiterhin Sterne
- befindet sich in der Milchstraße

# Daten des Eagle-Nebels

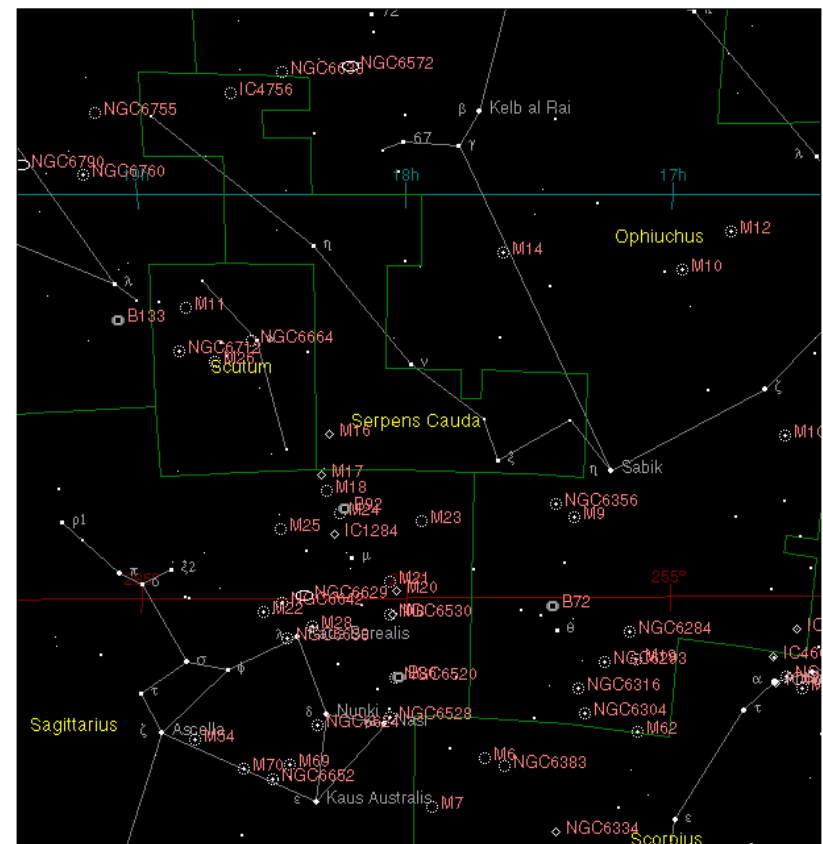
- im Sternbild Schlange
- entdeckt von Philippe Loys de Chéseaux (1745)
- ca 6500 LJ entfernt
- Durchmesser etwa 20 LJ
- Winkeldurchmesser  
Sternhaufen: 10' (1/6 Grad)  
Gasnebel: 30' (50 LJ)
- Gesamthelligkeit 6.5 mag
- schon im Feldstecher sichtbar...
- Sternhaufen heißt M16 o. NGC 6611
- Gasnebel auch IC 4703



# Sternbild Schlange



Sommersternbild, im Juni zu sehen  
geteilt in Kopf und Schwanz  
der Schlange, dazwischen  
der Schlangenträger

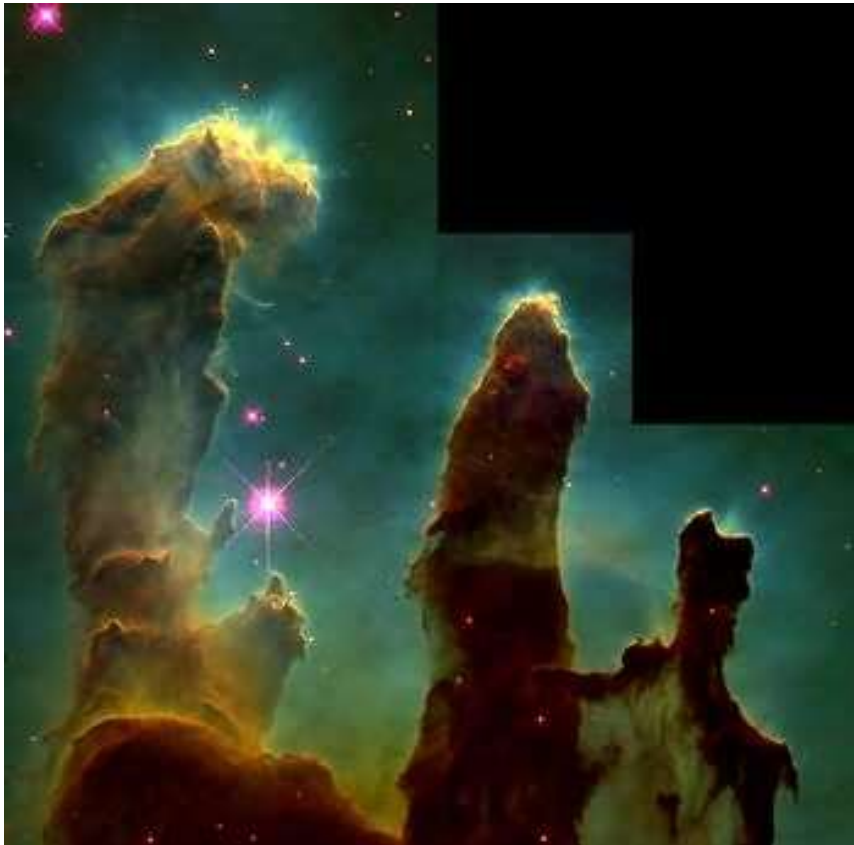


# Andere Aufnahmen



M16 ist oben rechts; das Sternentstehungsgebiet mehr in der Mitte.  
Das rötliche Gas ist ionisierter Wasserstoff

# die berühmte HST Aufnahme



Höhe der Säulen:  
ca. 1 LJ

- 1995 gemachte Aufnahme mit der “Wide Field Camera” des Hubble Space Telescopes
- eigentlich 3 Aufnahmen im Licht diverser Emissionslinien:
  - rot: einfach ionisierter Schwefel
  - grün: Wasserstoff
  - blau: doppelt ionisierter Sauerstoff (das APOD Bild wurde in den gleichen Filtern gemacht)
  - $[SII]$ ,  $[OIII]$ ,  $H_{\alpha}$
- innerhalb der Säulen dunkle Einschlüsse: EGG (evaporating gaseous globules)
- vermuteter Ort derzeitiger Sternentstehung



# Die Farben der Bilder

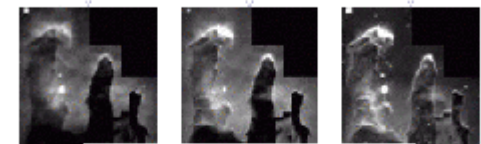
- moderne Detektoren haben keine Farbfilme, sondern “zählen” Photonen
- vor den Detektoren Filter, die nur begrenzten Wellenlängenbereich durchlassen
- Farben entstehen später bei der Datenanalyse/Image Processing
- kann in “realistischen” oder verstärkten Farben resultieren
- entweder, um visuellen Eindruck zu simulieren, oder um Strukturen hervorzuheben

## Eagle Nebula

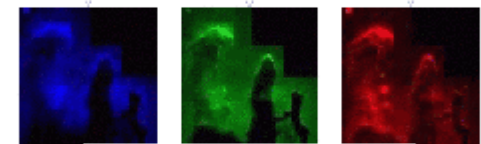
Enhanced Color



Black-and-White Images Taken of Filtered Light



Colors Assigned to Black-and-White Images



Final Image After Combining the Colored Images



LEARN MORE ABOUT THIS IMAGE

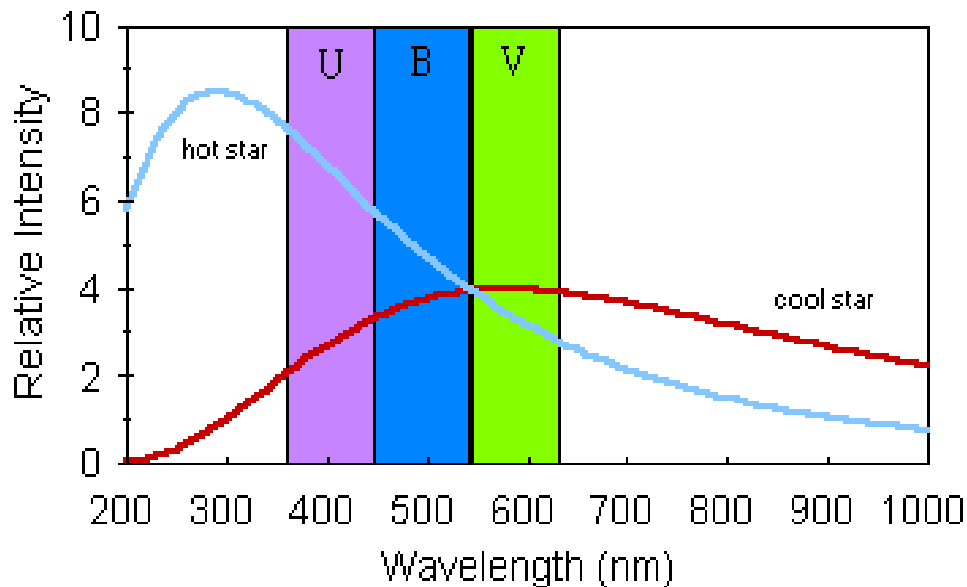
### The Meaning of Color in Hubble Images

A typical Hubble image is made from a combination of black-and-white images representing different colors of light. Click on the circle to see colorized versions of the black-and-white images.

The diagram shows three small black-and-white images of a nebula in the top left. An arrow points from these to a central circle containing a rainbow spectrum. Another arrow points from the circle to a large, colorful Hubble image of the same nebula on the right.

# Photometrische Beobachtungen

- astrophysikalische Objekte im thermischen Gleichgewicht strahlen als *Schwarze Körper (Planck-Verteilung)*
- Messung des Strahlungsflusses in relativ breiten Wellenlängenbereichen
  - am bekanntesten UBV(RIJ) (Johnson-Cousins)-System



## Bereich

U

B

V

R

I

## Wellenlänge

300-420 (nm)

350-550 (nm)

480-760 (nm)

520-960 (nm)

720-1140(nm)

# Magnituden und so

- Die **scheinbare Helligkeit** eines astronomischen Objektes bei der Frequenz  $\nu$  ist:

$$m_\nu = -25 \log \left[ \frac{f_\nu}{f_\nu(\text{Vega})} \right]$$

wobei  $f_\nu$  der Energiefluss (in  $\text{W}/\text{m}^2/\text{Hz}$ ) des Objektes, bzw. des Sterns Vega ist. Im **Vega-System** hat Vega überall die **Magnitude 0**.

- Im moderneren **AB-System** ist der Referenzfluss konstant (unabhängig von  $\lambda$ ) und somit

$$m_\nu = -25 \log \left[ \frac{f_\nu}{3.6308 \times 10^{-23}} \right]$$

Vega- und AB-Magnituden sind identisch bei  $5500 \text{ \AA}$

# Magnituden in Filtern

- werden (Breitband-)Filter benutzt, um Flüsse zu messen, muss über einen endlichen Bereich  $\Delta\nu$  integriert werden
- dabei geht die Transmissions-Kurve  $T_x(\nu)$  (Empfindlichkeit) des Filters ein
- Magnitude hängt somit vom Filter ab!

$$m_x = -25 \log \left[ \frac{\int f_\nu T_x(\nu) d\nu}{\int f_{\nu, ref} T_x(\nu) d\nu} \right]$$

einige Filtersysteme:

- Johnsons **UBVRIJHKLMN**, Kron-Cousins  $R_C I_C$
- Stroemgren **ubvy** (enge Filter)
- Gunn **ugriz** (SDSS)

# Farben

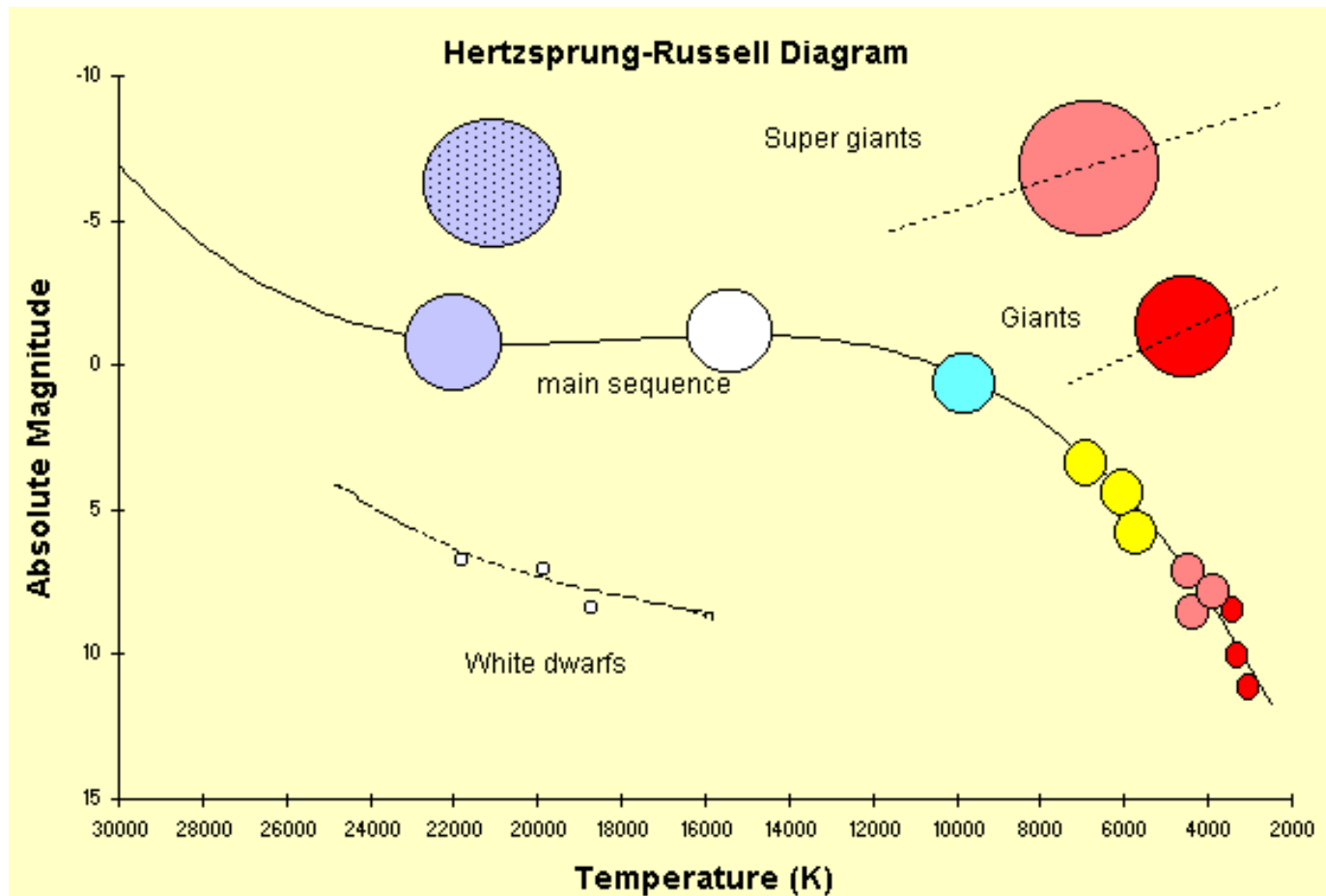
- Ein stellares Planck-Spektrum ist durch die Flussmessung in **einer** Frequenz (einem Frequenz-Fenster) eindeutig charakterisiert, wenn die Gesamt-Intensität bekannt ist
- Wenn nicht (s. Sterne unbekannter Entfernung), genügen aber **zwei Messungen**, um die Temperatur zu bestimmen
- Das Verhältnis der Flüsse in zwei Frequenzfenstern (Differenz zweier photometrischen Magnituden) heißt **Farbe** und entspricht der **Effektivtemperatur** des Schwarzkörpers
- (U-B), (B-V), (V-I) sind gebräuchliche Farben:  
(U-B), (B-V) < 0           -> heißer Stern  
(B-V) > 0                 -> kühl
- Komplikation: Sterne sind keine Schwarzkörper, Abweichungen groß genug, um Temperatur-Bestimmung nicht zu erlauben...

# Absolute Magnituden

- Energiefluss ist entfernungsabhängig ( $\sim 1/d^2$ )
- auf eine Norm-Entfernung gebracht, heißen die gemessenen Flüsse **absolute Magnituden**, sonst **scheinbare** (Helligkeit)
- die Norm-Entfernung in der Astropysik sind 10 pc (parsec = Parallaxensekunde; Entfernung, unter der die Erdbahn einen Winkeldurchmesser von 1 Bogensekunde [arcsec; "] hat;  
1 pc = 3.2616 LJ =  $3.0856 \times 10^{18}$  cm)
- damit kann der Unterschied zwischen scheinbarer (**m**) und absoluter (**M**) Helligkeit als logarithmischer **Entfernungsmodul** (m-M) aufgefasst werden:
$$M = m - 5 \log \left( \frac{d}{10 \text{ pc}} \right)$$
- z.B.: Entfernung zur LMC ca. 50 kpc  $\rightarrow$  (m-M) = 18.50

# Das Farb-Helligkeits-Diagramm

Die Astronomen **Eijnar Hertzsprung** (DK) und **Henry Norris Russell** (USA) entdecken 1910, dass ein klarer Zusammenhang zwischen der Farbe und der (absoluten) Helligkeit von Sternen besteht:



# Gaswolken in der Milchstraße



- ★ zwischen den Sternen der galaktischen Scheibe ist Materie: **Interstellare Materie**
- ★ Gas, das zum großen Teil aus **Molekülen** besteht oder auch aus **Staub**
- ★ beides **absorbiert** gut Licht im optischen und ultravioletten Frequenzbereich, und strahlt selbst im Infraroten ab
  - dunkle Bereiche in optischen Karten der Milchstraße
- ★ Materie sammelt sich unter Einwirkung der Gravitation auch zu noch dichteren Wolken: **Absorptionswolken**



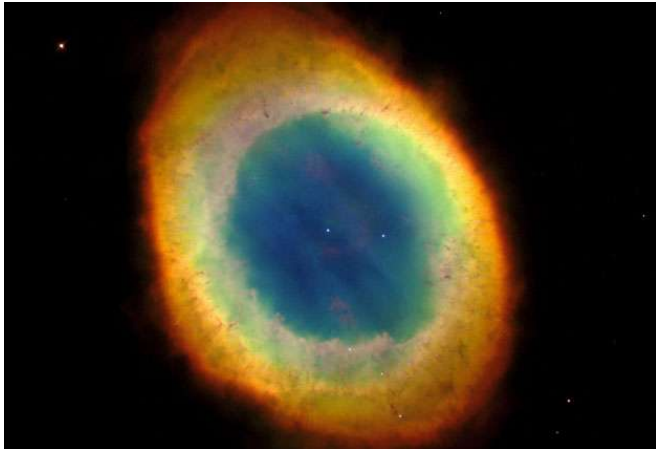
Pferdekopfnebel (Bernard 33)  
im Sternbild Orion





# vom Absorptions- zum Emissions-Nebel

- ★ ist das einfallende Licht energiereich (heiße Sterne), werden die Moleküle auch **dissoziiert**, und die Atome sogar **ionisiert**
- ★ so kann in einer Sternentstehungsregion ein Nebel seine **Eigenschaften ändern**
- ★ rekombinierende Elektronen senden dann selbst Licht element-spezifischer Wellenlängen aus: **Emissionsnebel**



Ring-Nebel (M57)  
Planetarischem Nebel



Rosetta-Nebel (NGC 2237)

# Sterngruppen und -haufen

- Definierende Eigenschaften:

- gravitativ gebunden
- Sterne gleichzeitig aus derselben Materiewolke entstanden
- binden kein freies Gas

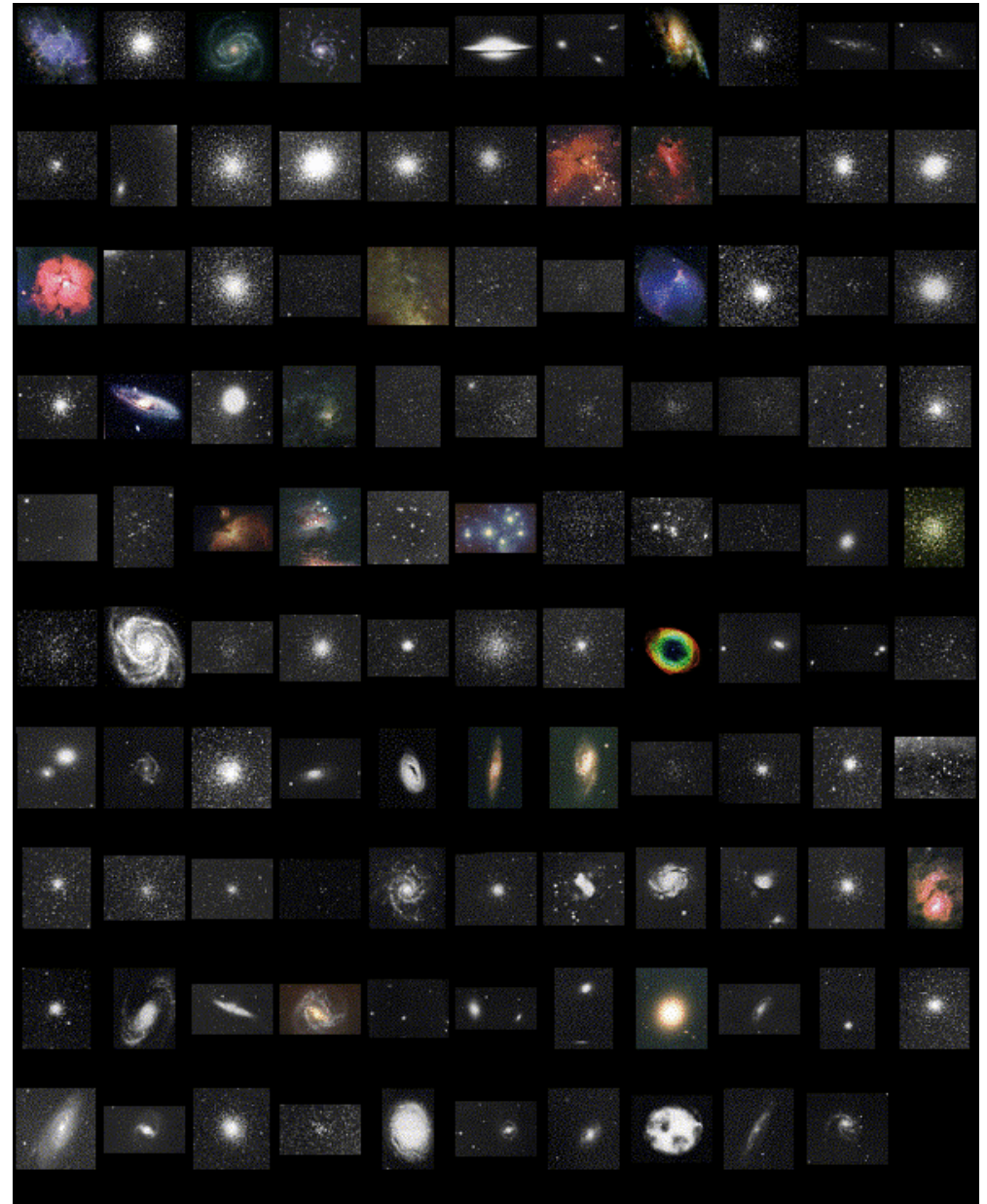
- Größe:

- Doppelstern-Systeme (auch Mehrfach-Systeme)
- Sterngruppen (kurze Lebenszeit) und Assoziationen
- offene (galaktische) Sternhaufen:  $\approx 10^4$  Sterne, jung ( $10^8$  J)
- Kugelsternhaufen:  $10^4$  -  $10^6$  Sterne (Lebenszeit lange; bis zum Alter des Universums), alt (bis 13 GJ)



# Kataloge von Nebeln

- ❖ historisch wurde alles, was nicht punktförmig aussah, als **Nebel** bezeichnet
- ❖ der erste Katalog solcher Nebel stammt von **Ch. Messier**; ab 1764 erstellt und enthält 107 Objekte
- ❖ Sammlung von wirklichen Gasnebeln (aller Arten), Sternhaufen und Galaxien
- ❖ 1888 **New General Catalogue** von **J.L.E. Dreyer**, mit Erweiterungen IC I und IC II
- ❖ 8000 Objekte, ebenfalls aller Typen
- ❖ neuere Kataloge sind auf Typen spezialisiert



# Halloween-APODs



NGC 2080 in der Großen  
Magellanschen Wolke (LMC);  
Aufnahme mit HST in  
repräsentativen Farben

DR 6 im Sternbild Schwan  
(4000 LJ entfernt);  
Aufnahme mit Spitzer-IR-  
Teleskop in Falschfarben



... und das nächste Mal



APOD vom 17.10.: Der Planetarische Nebel IC 418, der “Spirograph Nebel”