

Einführung

Planetarische Nebel und Interstellare Materie

Jörn Wilms & Klaus Werner

Institut für Astronomie und Astrophysik
Universität Tübingen

Vorlesung SS 2002

Inhalt:

0. Einleitung
1. Spektren der Gasnebel
2. Qualitative Interpretation der Nebelspektren
3. Photoionisationsgleichgewicht
4. Thermisches Gleichgewicht
5. Berechnung des emittierten Spektrums
6. Nebeldiagnostik: Eigenschaften Planetarische
Nebel und ihrer Zentralsterne
7. Dynamik der Gasnebel
8. Sternentstehung

Literaturauswahl

- J.E. Dyson & D.A. Williams: *The Physics of the Interstellar Medium*
1997, 56 € (als Paperback), gute kompakte Übersicht
- D.E. Osterbrock: *Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei*
1989, 49 €, Standardwerk
- L.H. Aller: *Physics of Thermal Gaseous Nebulae*
1987, 158 €, Klassiker
- S.R. Pottasch: *Planetary Nebulae*
1984, 159 €, speziell nur PN
- C.R. Cowley: *An Introduction to Cosmochemistry*
1995, 41 € (als Paperback)
- J. Binney & M. Merrifield: *Galactic Astronomy*
1998, 46 € (als Paperback)

Historisches

"Nebel": Andromedanebel, Orionnebel

- Ch. Messier (1771, 1784): 1. Katalog: 103 Objekte (M)
- W. Herschel (1785-92): viele Messier-Nebel lassen sich in Sterne auflösen
(Galaxien, Kugelhaufen)
 - Planetarische Nebel: grünliche Scheibchen, wie Neptun, Uranus
 - 2000 neue "Nebel" entdeckt
- J.L.E. Dreyer (1888): New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars
NGC : 7840 Objekte
(1908): Index Catalogue
IC : 5386 Objekte
- viele neuere Entdeckungen, aber: Kein neuerer systematischer Katalog.

Beispiele: M 1 = NGC 1952 = Krebsnebel

M 42 = NGC 1976 = Orionnebel

M 57 = NGC 6720 = Ringnebel

Klassen von Gasnebeln

1. Diffuse Nebel oder HII - Regionen

Beispiele: Orionnebel, η Carinae - Nebel

HII = ionisierter Wasserstoff

- Anregung: Photoionisation durch UV-Photonen von heißen, massiven Sternen (30000-50000 K)
Rekombinationsleuchten
Orion: 4 O-Sterne (Trapez-Sterne)
- Komplexe Struktur
- eingebettet in riesige Gebiete kühler Materie (Molekülwolken) und Staub
Orion: $M(\text{H}_2)$ ca. 1000 M_{\odot}
- aktive Sternentstehungsgebiete
- Ausdehnung: einige pc
Tarantelnebel (LMC): 240 pc \varnothing
- $n_e \approx 10^2 - 10^4 / \text{cm}^3$
 $T_e \approx 10000 \text{ K}$
- Verteilung der HII-Regionen konzentriert auf galaktische Scheibe (Spiralarme)

2. Planetarische Nebel PN

- "symmetrische" Nebel: 1 Zentralstern

- $\varnothing: 0.5 \text{ pc} \hat{=} 10^4 \text{ A.U.}$

- $n_e \approx 10^4 \text{ cm}^{-3}$

- $T \approx 10^4 \text{ K}$

- Zentralsterne: $M \approx 0.6 M_{\odot}$

- $T_{\text{eff}} = 30\,000 \dots > 100\,000 \text{ K}$

alte "sterbende" Sterne \rightarrow "bald" Weiße Zwerge

- Anregung: Photoionisation durch UV-Photonen des Zentralsterns (s. HII-Regionen)

- Expansion der PN: $v_{\text{exp}} \approx 20 \text{ km/sec}$

- PN wurde vom Zentralstern ausgeschleudert

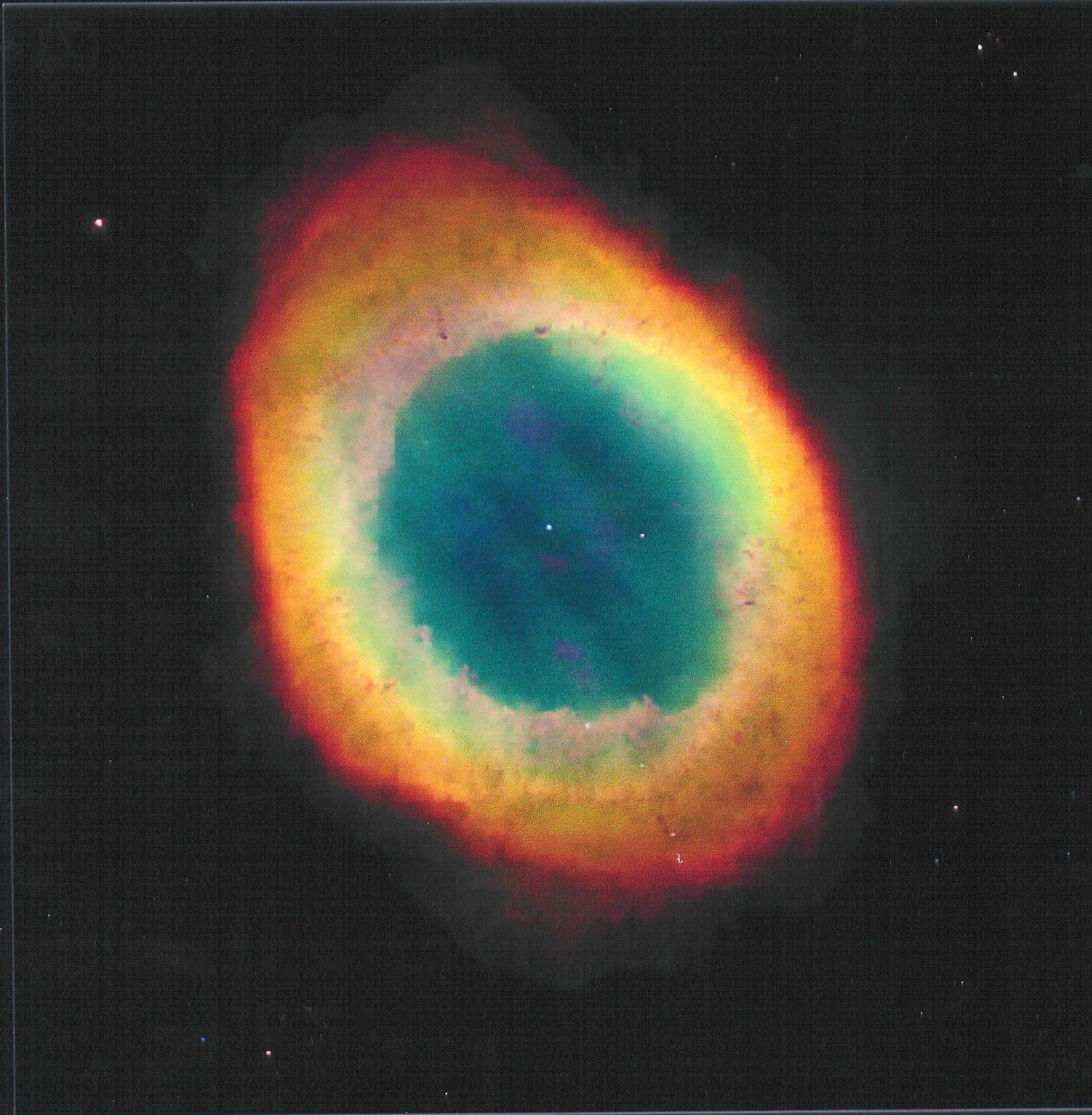
\Rightarrow Alter einige 1000 ... 30 000 Jahre

Vergleiche Alter der Sonne: $4,5 \cdot 10^9$ Jahre

- räumliche Verteilung: galaktische Scheibe + Halo

Konzentration zum Zentrum der Galaxis

Ring Nebula



Hubble
Heritage

3. Supernova - Überreste (SNR)

- Sehr massereiche Sterne beenden ihr Leben mit einer Supernovaexplosion → Neutronenstern, Schwarzes Loch

jüngstes bekanntes Beispiel:

SN 1987 A (in LMC)

- "Bruchstücke" fliegen auseinander
→ SNR \varnothing 50pc

Beispiel: Krebsnebel (Supernova im Jahr 1064, beobachtet in China, Japan)

- Neben einer $T_e = 10^4$ K - Gaskomponente, auch
 $T_e = 3 \cdot 10^6$ K "

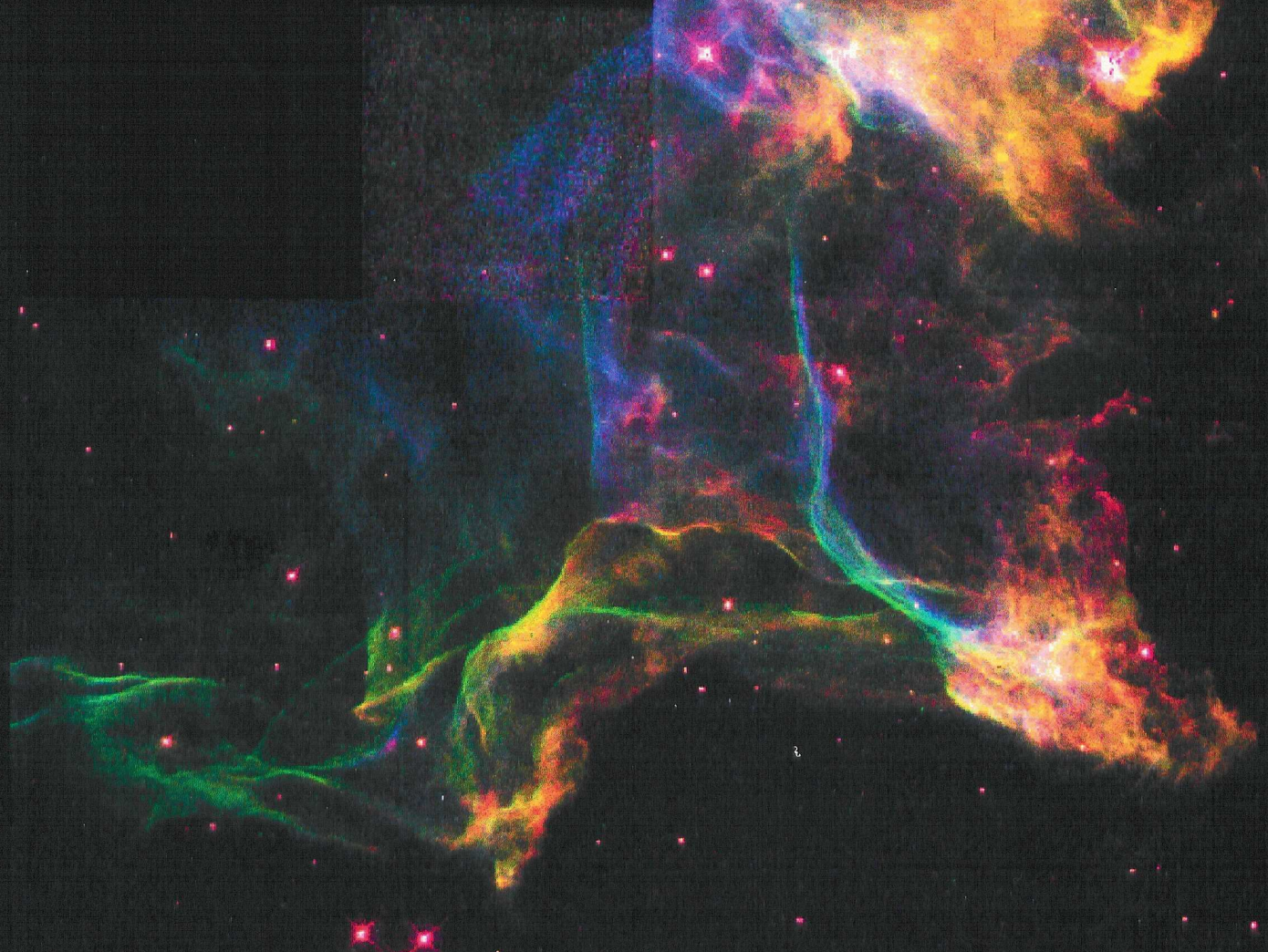
Röntgenemission, Synchrotronstrahlung

- Anregung: Schock-Phänomene
Keine Photoionisation

Supernova-Ejekta pflügen mit 10000 Km/sec in das interstellare Medium hinein

Cygnus Loop

HST · WFPC2



ST ScI OPO PRC95-11 · February 1995

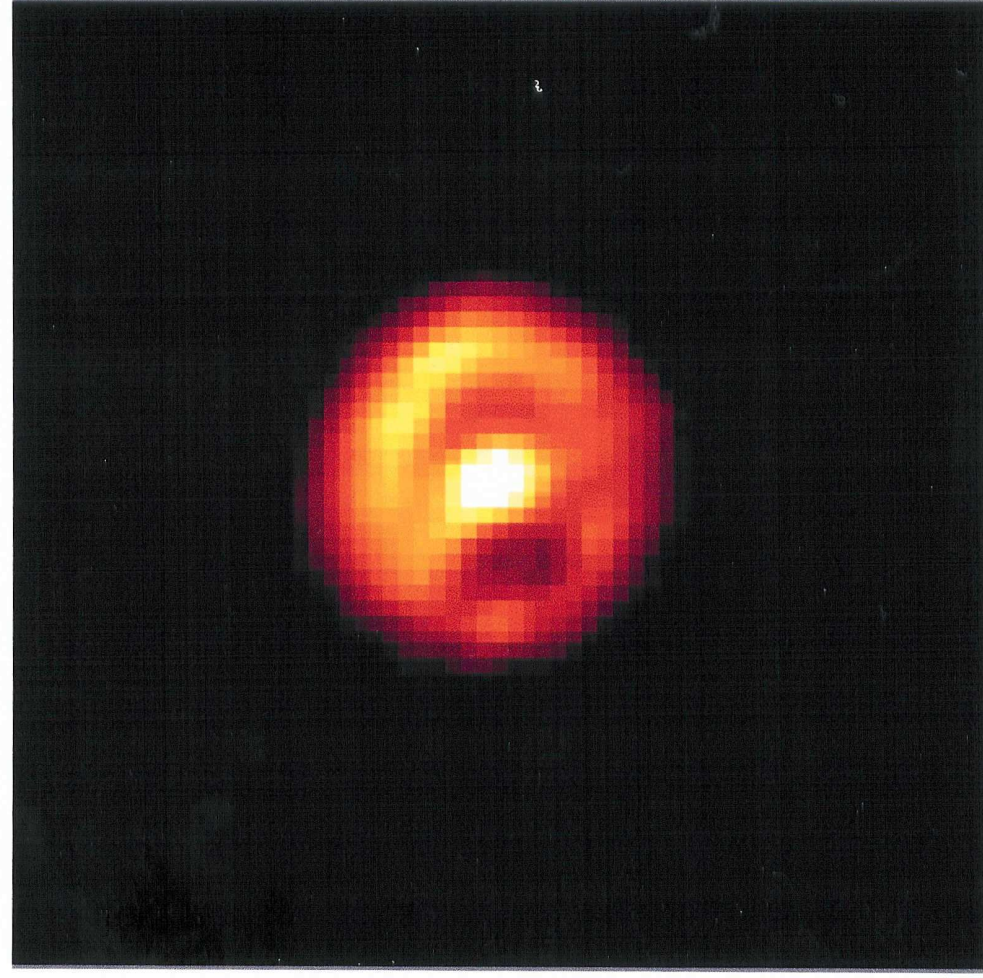
2/14/95 z

4. Nova - Hüllen

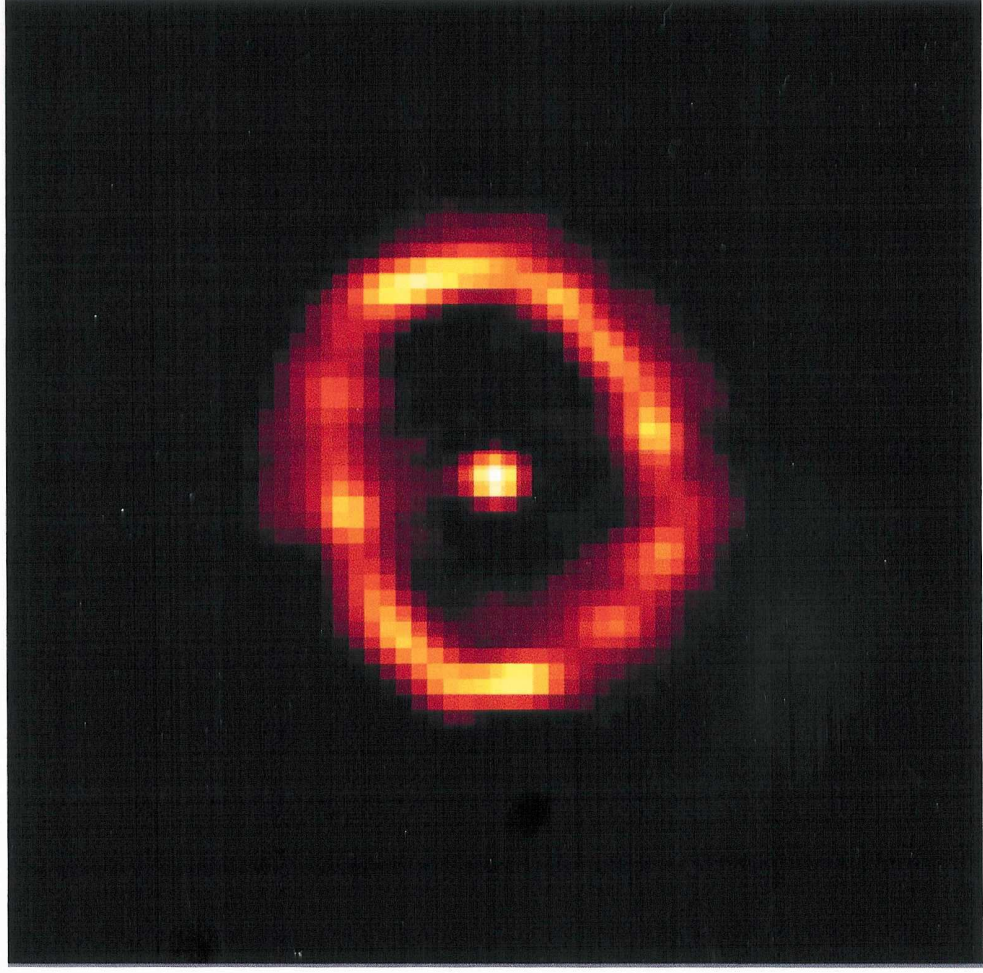
- WZ in wechselwirkenden Doppelsystemen erleiden thermo. nukleare Explosionen
- Ein Teil der Hülle wird abgesprengt
Bsp. Nova Cygni 1992
- zeitlich stark variabel
- Schock-Heizung

Nova Cygni 1992

Hubble Space Telescope
Faint Object Camera



Pre-COSTAR



With COSTAR