

# Weißer Zwerge, Neutronensterne und Schwarze Löcher

---

Werner Becker

Max-Planck Institut für extraterrestrische Physik

Max-Planck Institut für Astrophysik

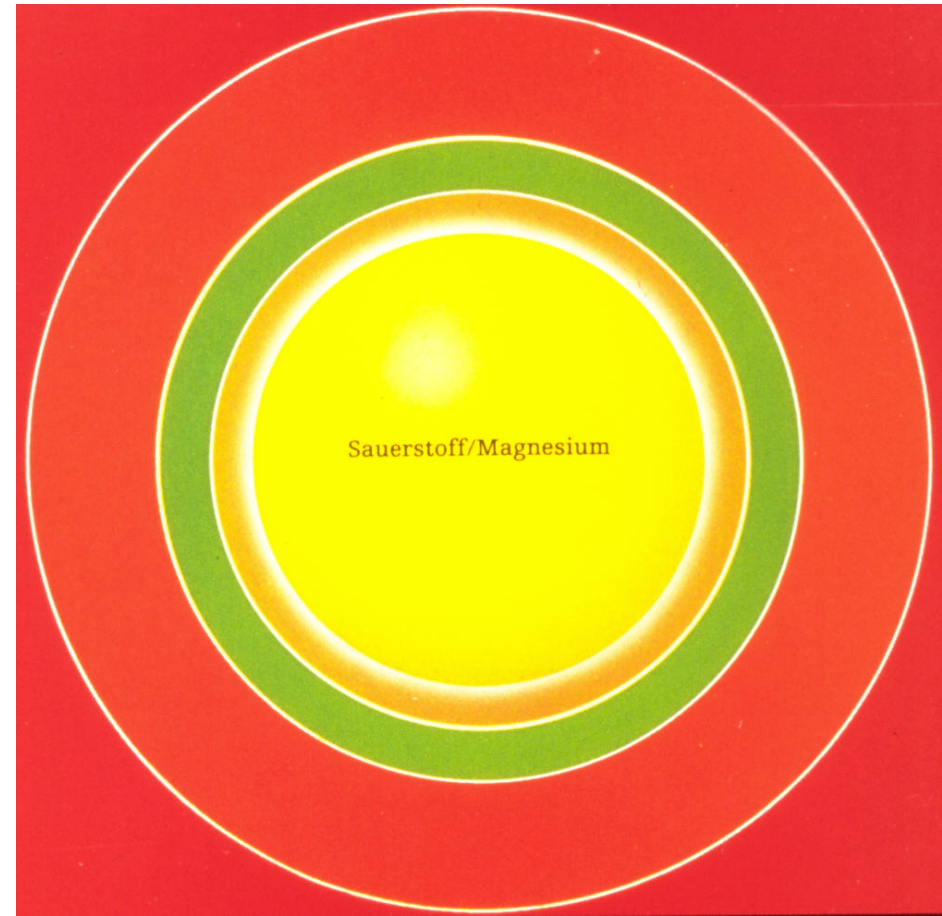
[web@mpe.mpg.de](mailto:web@mpe.mpg.de)

*<http://www.xray.mpe.mpg.de/~web>*

# Entwicklung der Sterne: SNe II = Gravitationskollaps

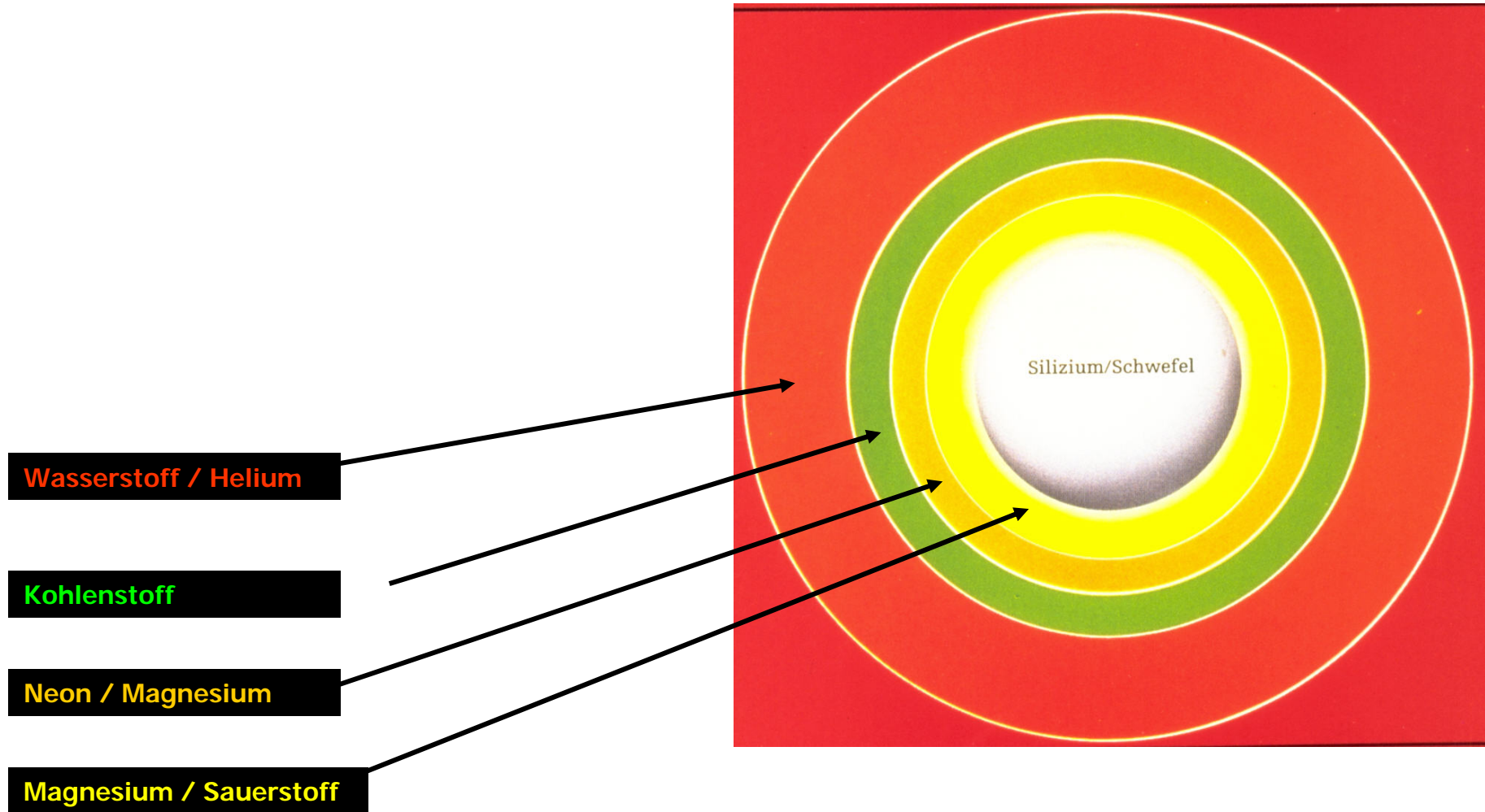
---

Noch sieben Jahre :



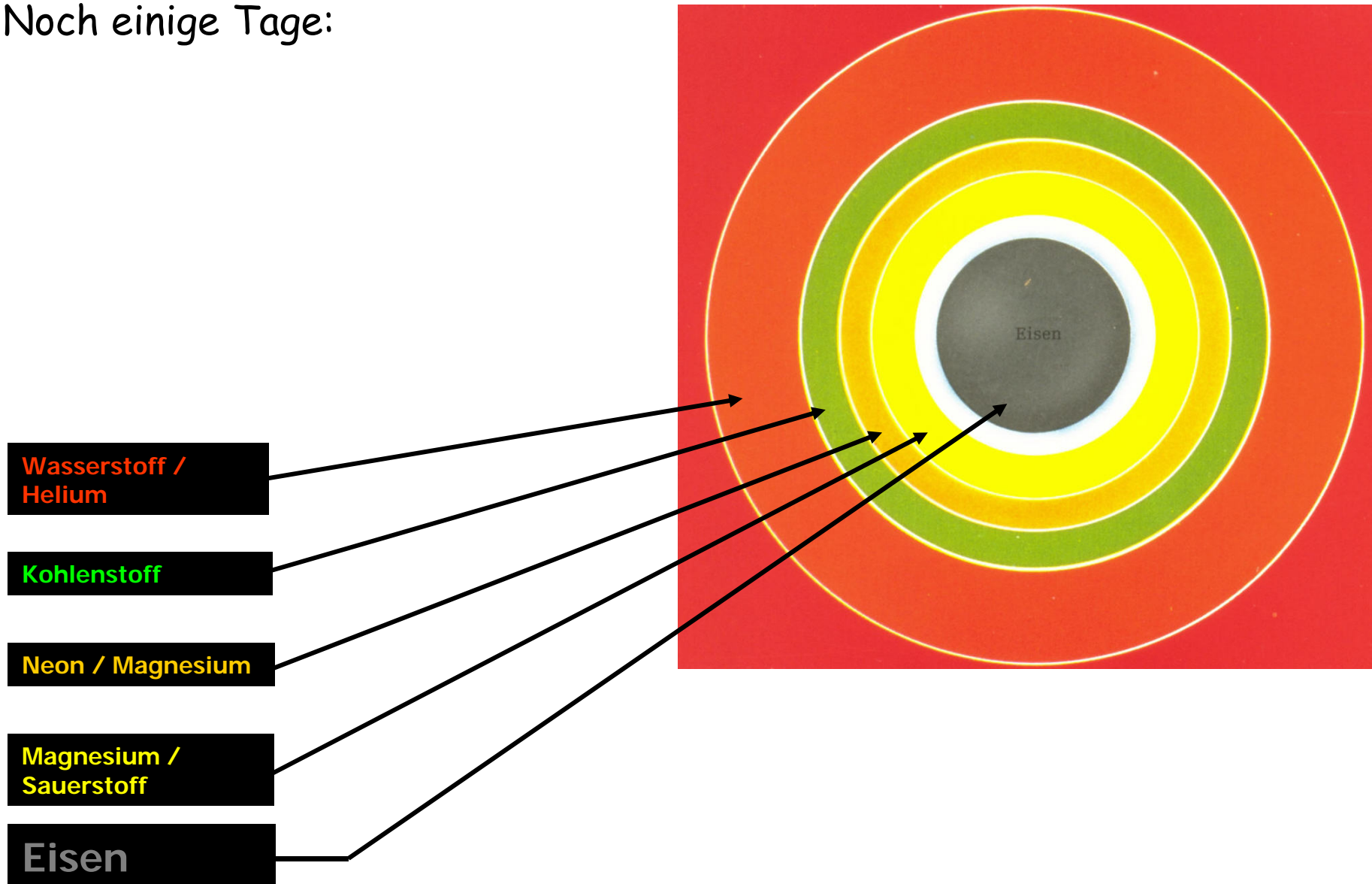
# Entwicklung der Sterne: SNe II = Gravitationskollaps

Noch ein Jahre :



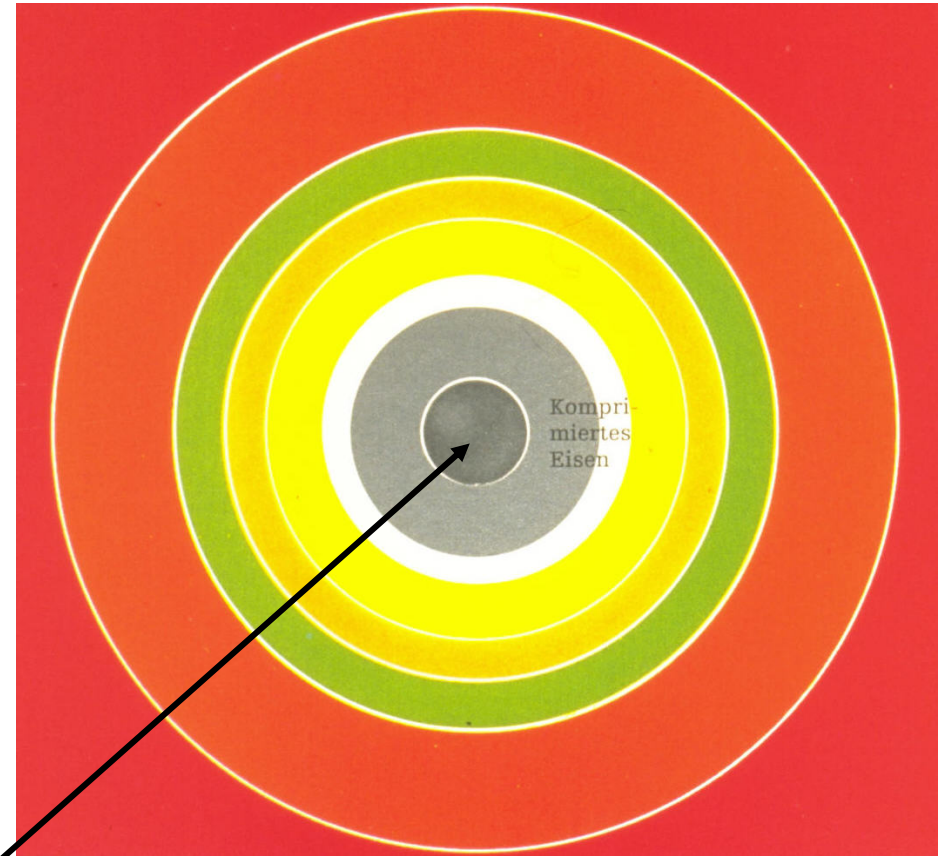
# Entwicklung der Sterne: SNe II = Gravitationskollaps

Noch einige Tage:



# Entwicklung der Sterne: SNe II = Gravitationskollaps

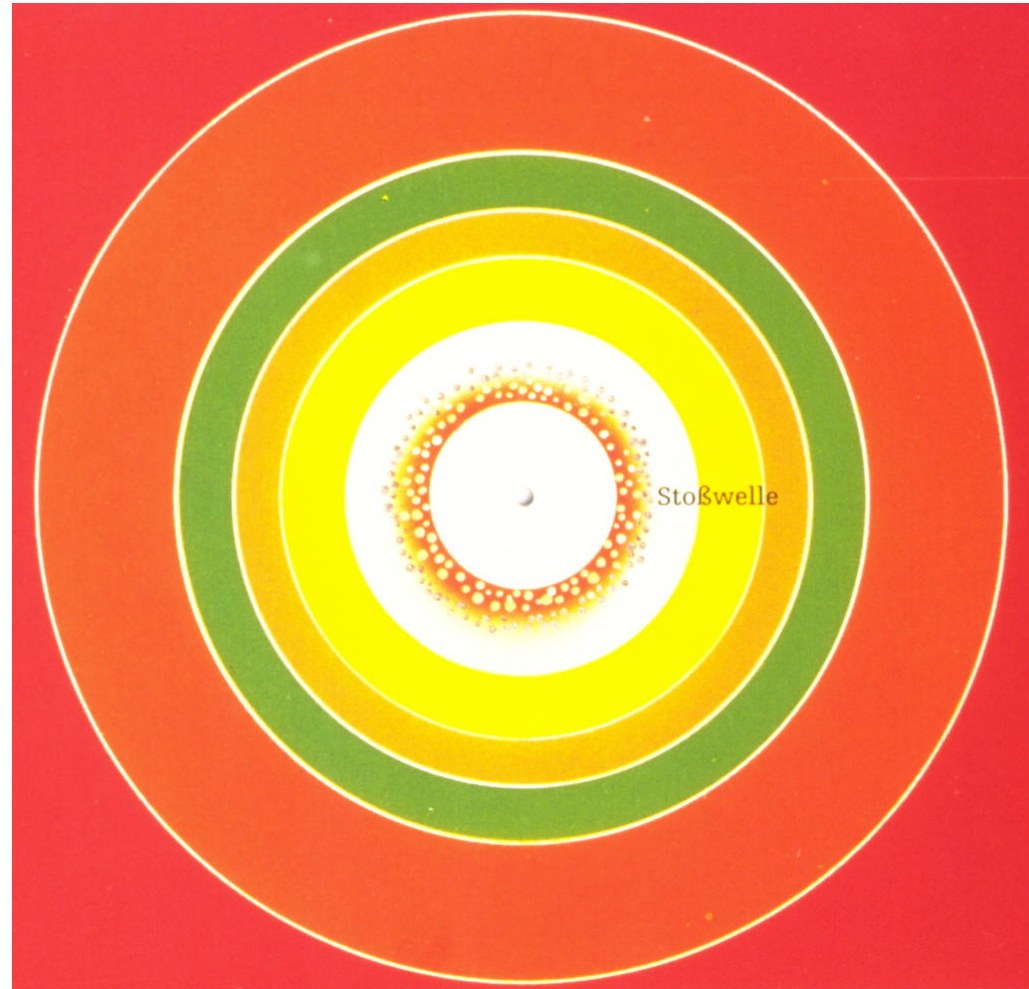
Noch Zehntelsekunden:



**komprimierter Eisenkern**

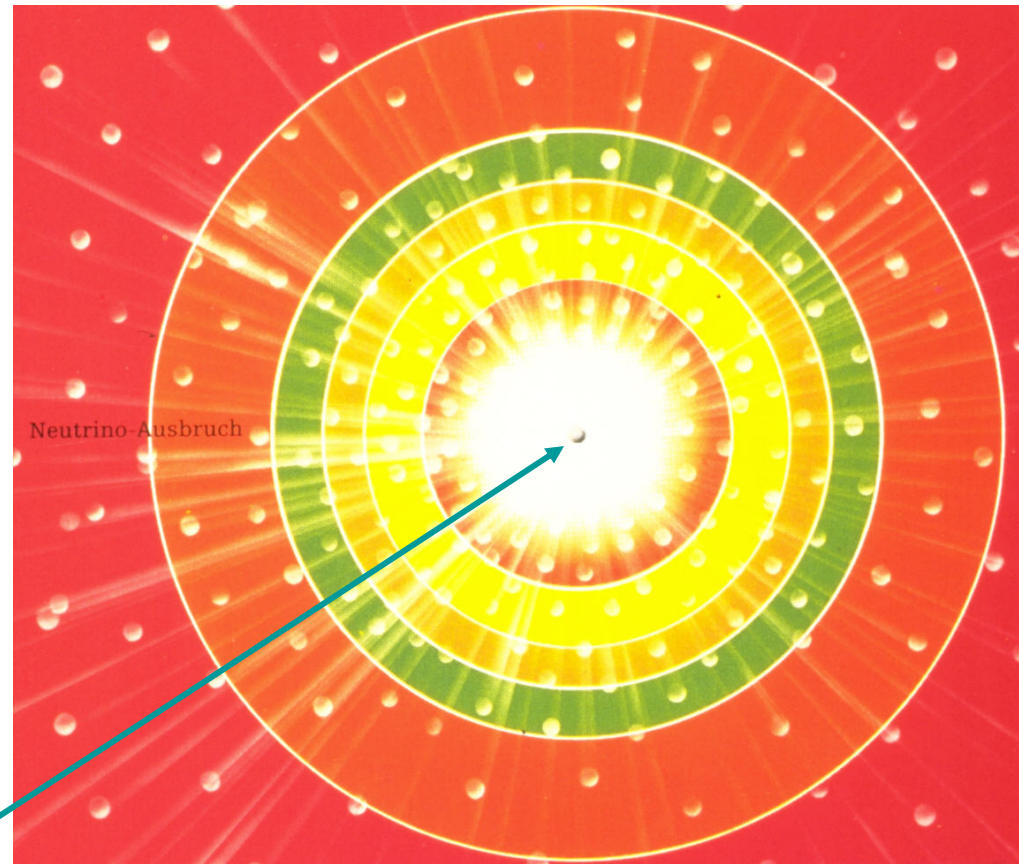
# Entwicklung der Sterne: SNe II = Gravitationskollaps

Millisekunden danach:



# Entwicklung der Sterne: SNe II = Gravitationskollaps

Sekunden danach:

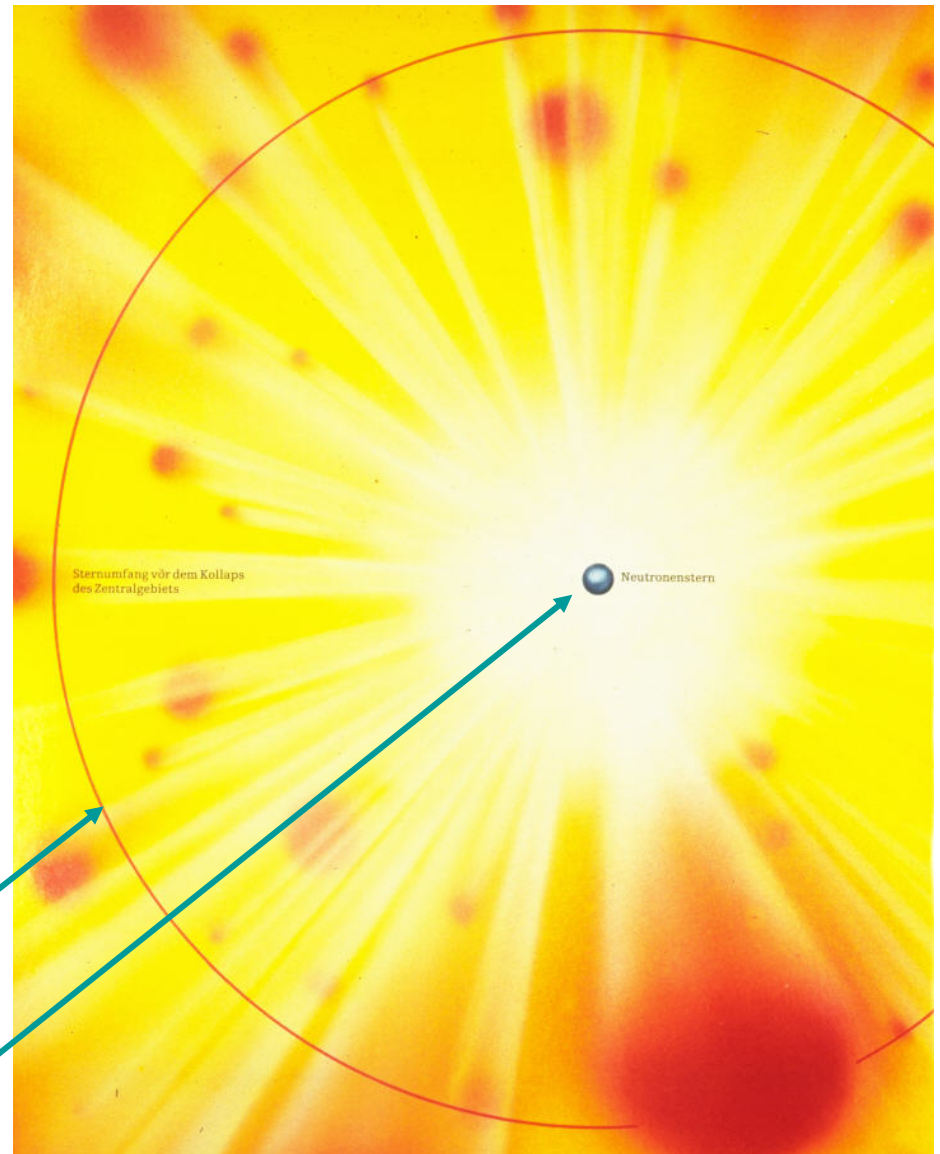


Neutrino-Ausbruch

Neutronenstern

# Entwicklung der Sterne: SNe II = Gravitationskollaps

Stunden danach:



Umfang des Vorgängersterns

Neutronenstern



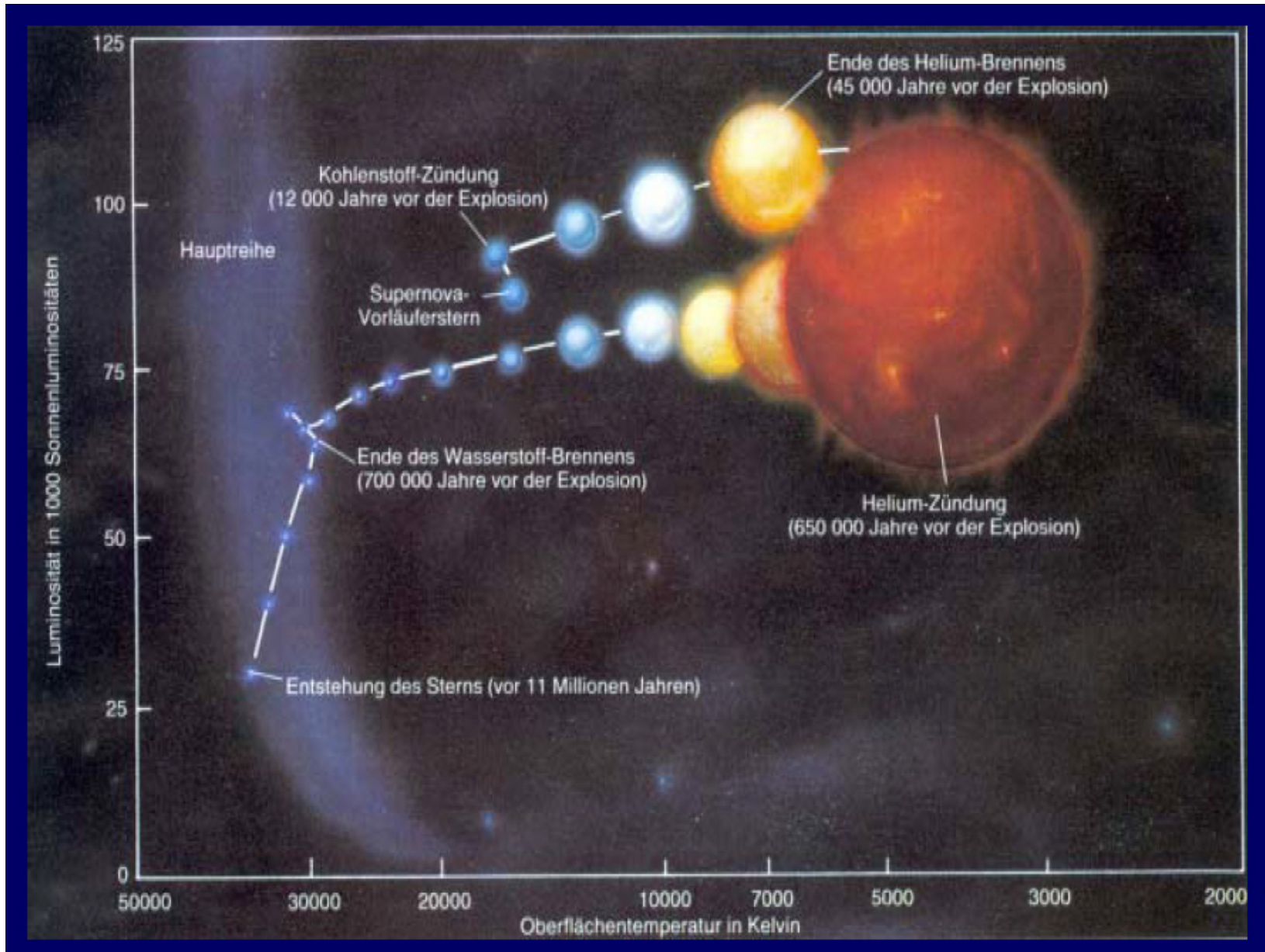
# Entwicklung der Sterne: SNe II = Gravitationskollaps

---



- SNR CAS-A: Historische SN aus dem Jahre 1667
- Entfernung ca. 10 000 LJ

# Entwicklung der Präsupernova von SN 1987A



# Entwicklung der Supernova von SN 1987A

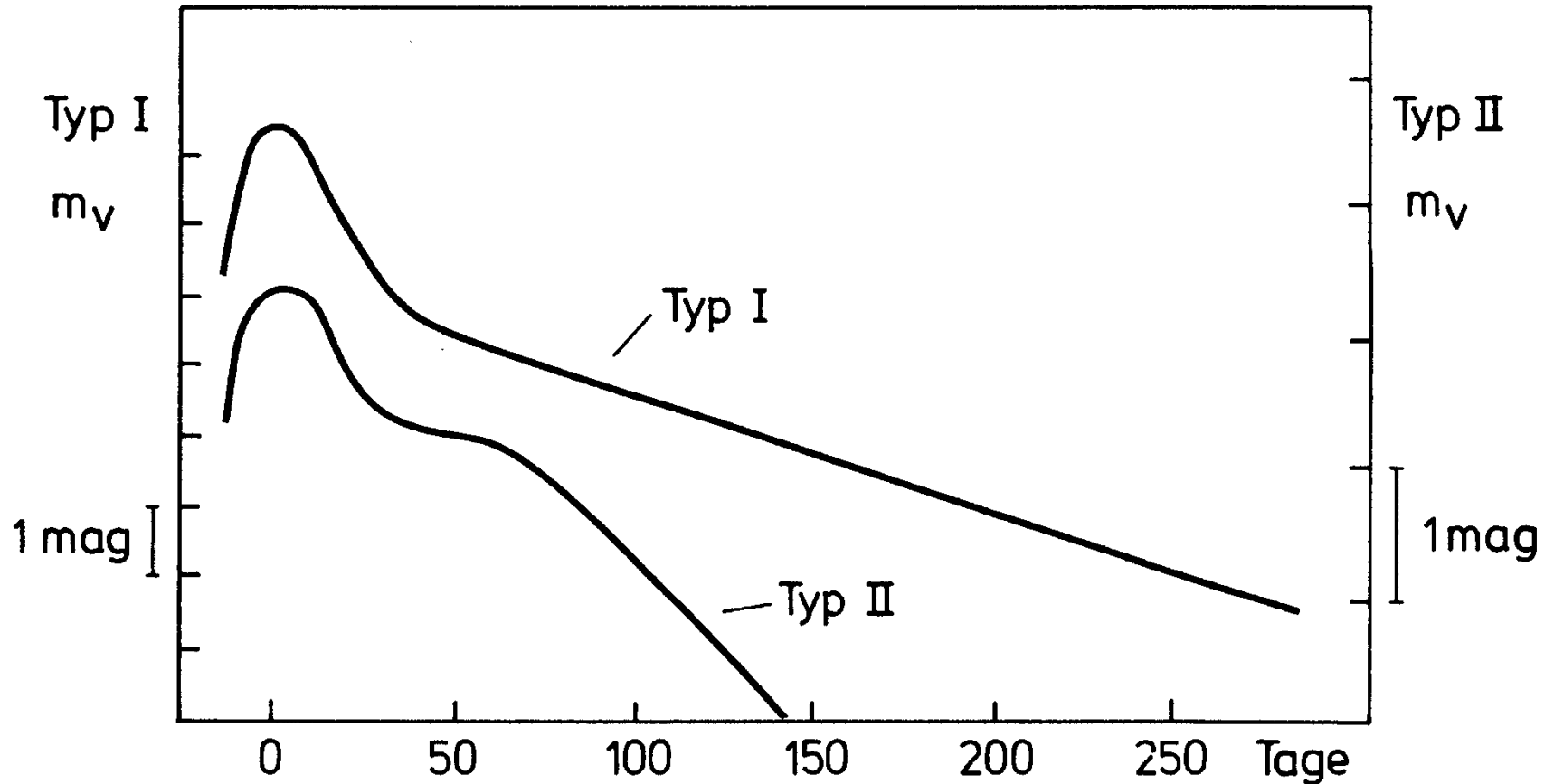


# Entwicklung der Supernova von SN 1987A

---



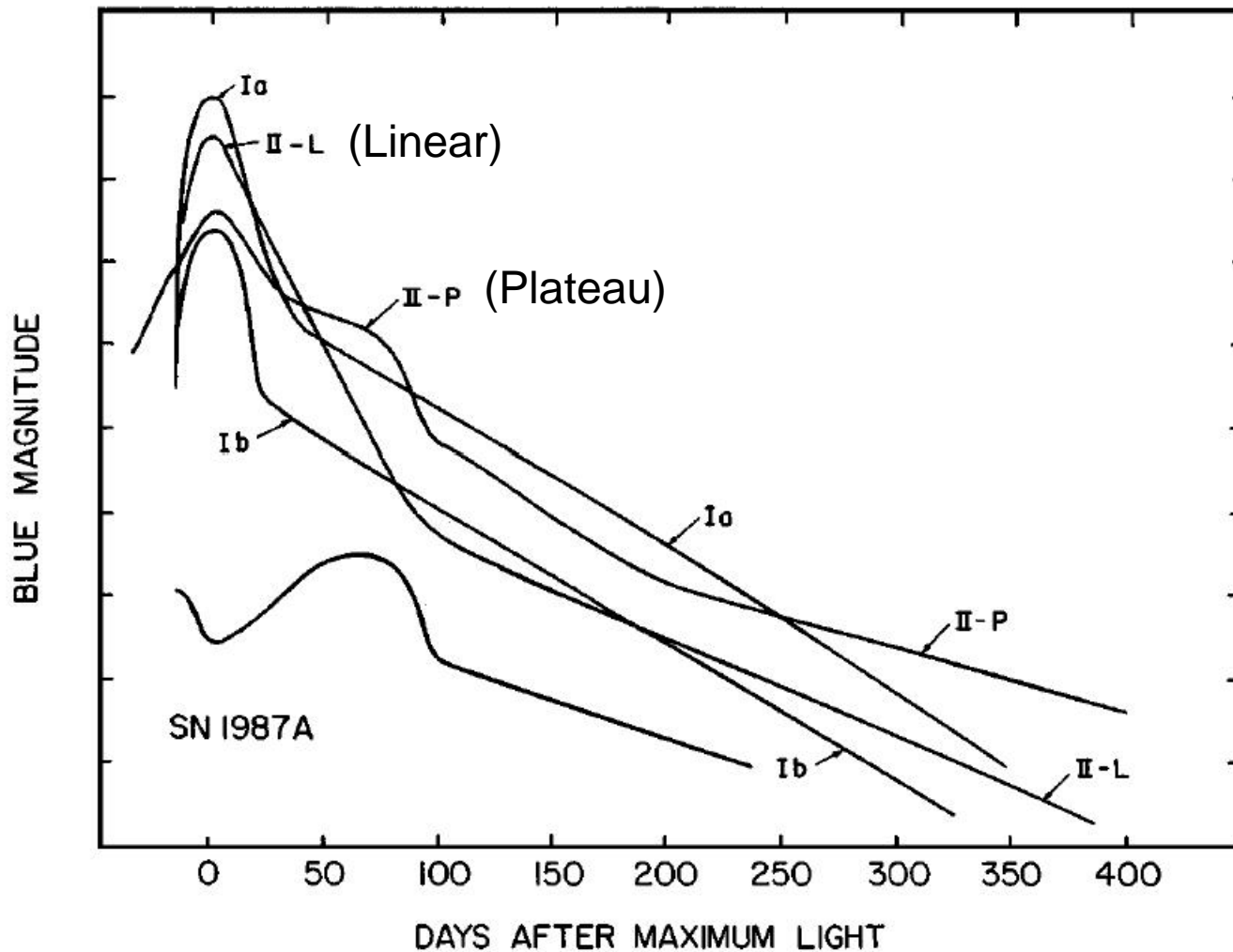
# Supernovae Typ I und II: Vergleich der optischen Lichtkurven



**Abb. II.15:** Mittlere Lichtkurven der Supernovae vom Typ I und vom Typ II.

Identifikation des Supernovatypos anhand ihrer charakteristischen Lichtkurven

# Supernovae Typ I und II: Vergleich der optischen Lichtkurven



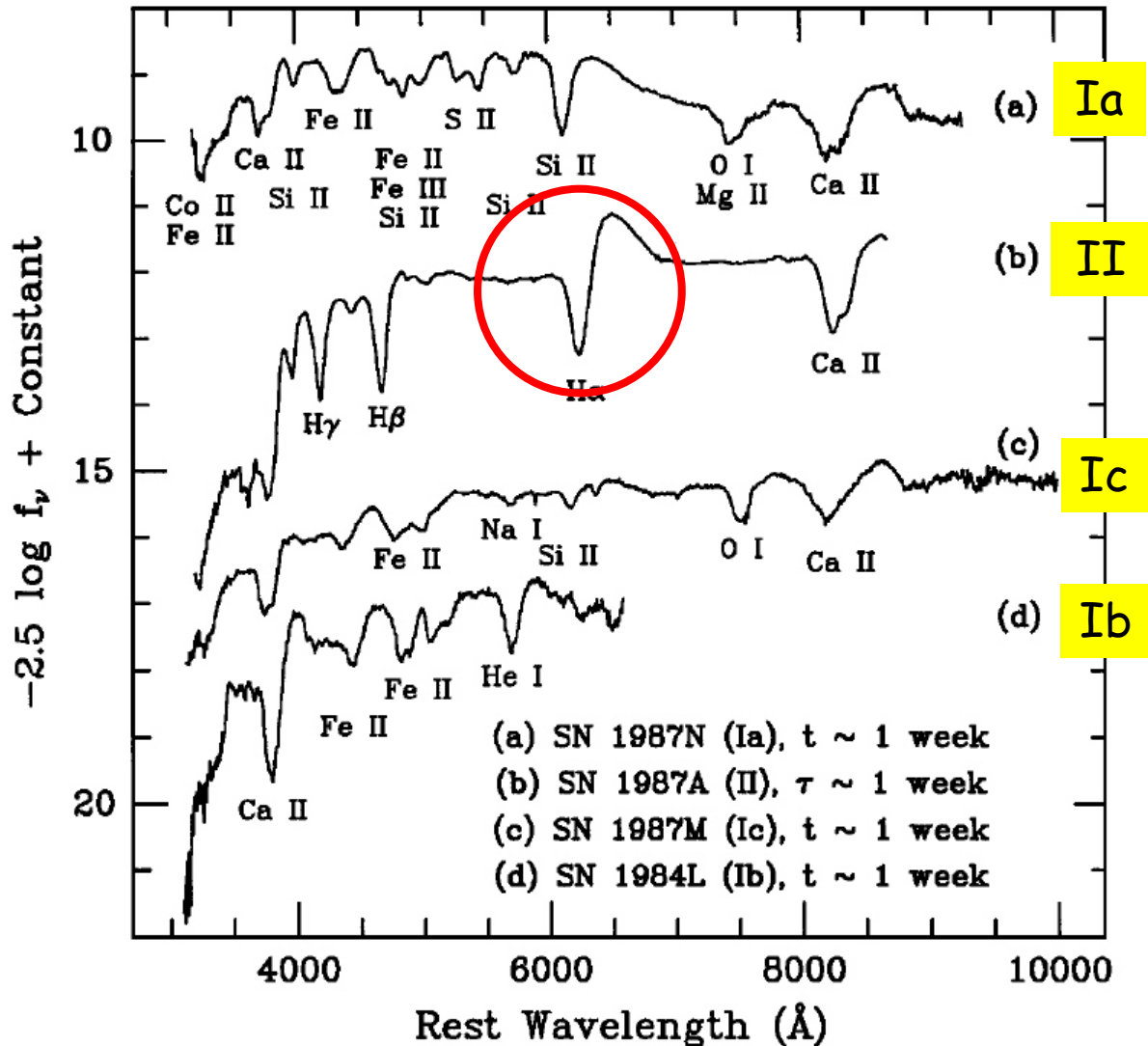
Typische Lichtkurven (schematisch) der Typen SN Ia, Ib, II-L, II-P, und SN 1987A. Die Ib Lichtkurve enthält ebenfalls Ic (gemittelt).

Wie man erkennt, ist die Lichtkurve der SN 1987A nicht allzu typisch für eine Typ II Supernova

Identifikation des Supernovatyyps anhand ihrer charakteristischen Lichtkurven

# Supernovae Typ I und II: Vergleich der Spektren (im Maximum)

aus Filippenko, 1997 (Annu. Rev. Astrophys., 35:309-55)

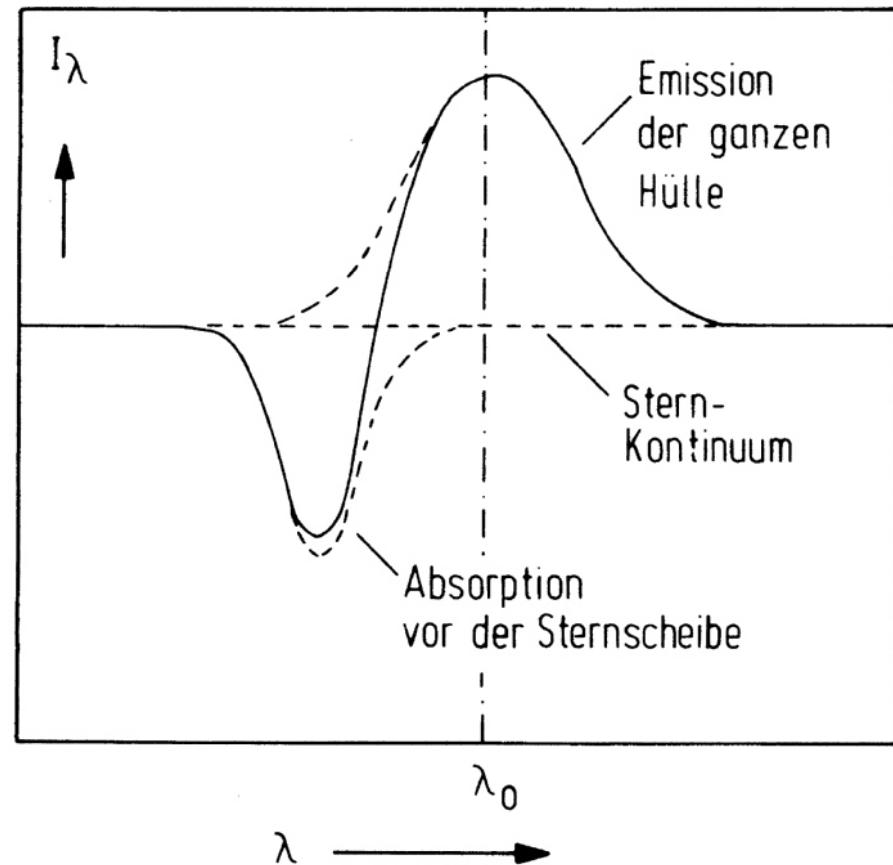
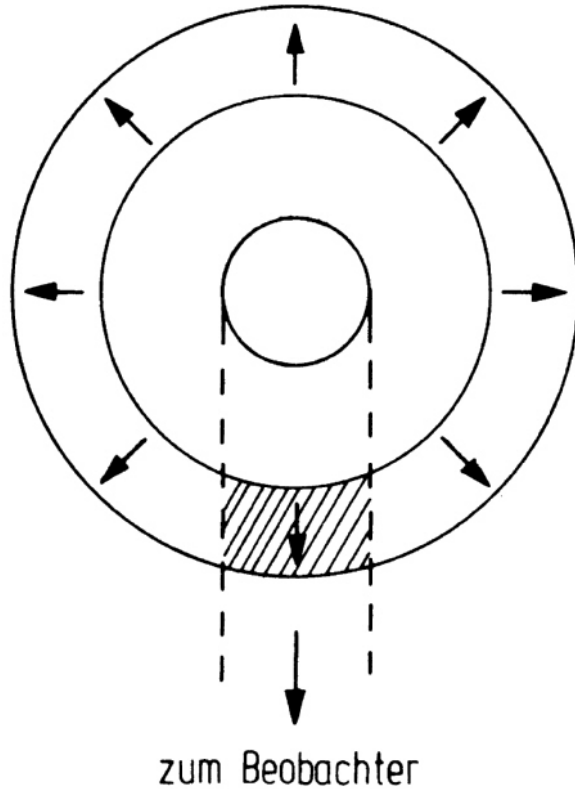


Optische SNe-Spektren, die die Unterscheidung der verschiedenen SNe-Typen anhand ihrer unterschiedlichen optischen Spektren (gemessen im Maximum der Lichtkurve) verdeutlicht.

Deutlich zu erkennen die P-Cygni Linienprofile (z.B. bei der  $H\alpha$  Linie in der SN II Lichtkurve)

Stärke und Profile der Wasserstofflinien schwankt stark zwischen verschiedenen SNe II

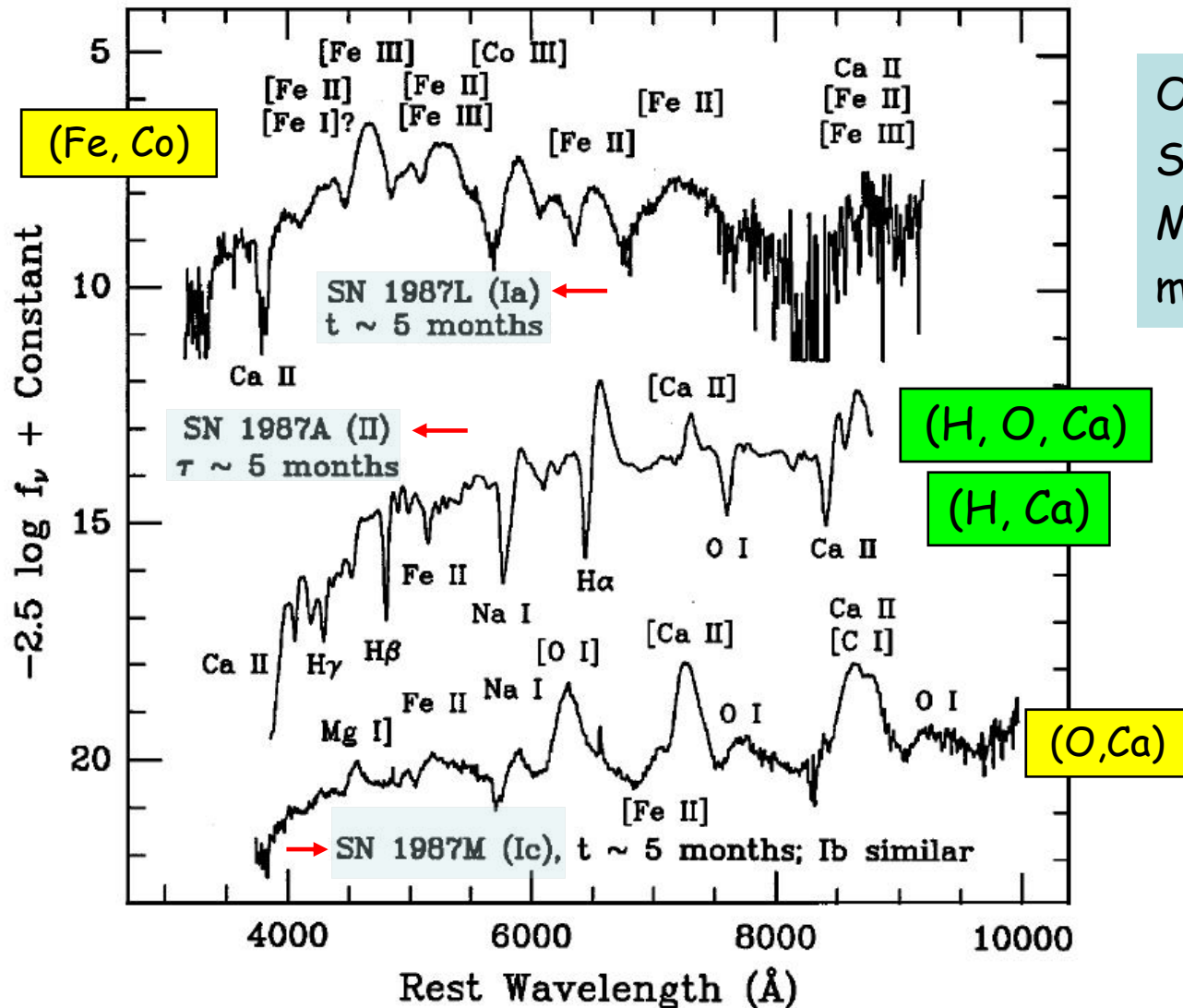
# Entwicklung der Sterne: P-Cygni Linienprofile des $H\alpha$



Zur Entstehung von P-Cygni-Profilen in den Novae/SN-Spektren

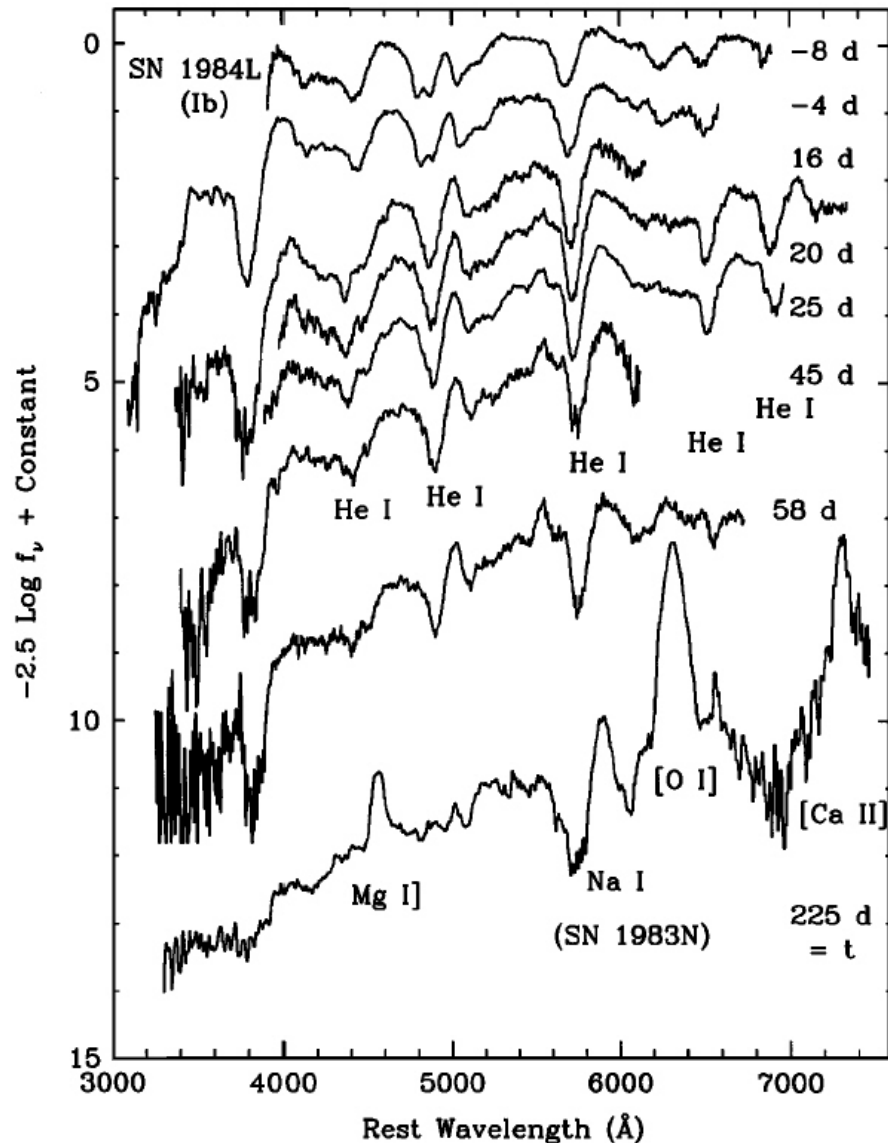


# Supernovae Typ I und II: Vergleich der Spektren (ca. 5 Monaten nach Max.)



Optische Spektren von SNe, gemessen ca. 5 Monate nach der maximalen Helligkeit.

# Supernovae: optisches Spektrum einer SN Ib



Montage der zeitlichen Entwicklung eines optischen SN Ib Spektrums. Klar zu erkennen die **He-Absorptionslinien** die **typisch** sind **für eine SN Ib**.

# Supernovae: SN 1987K

THE ASTRONOMICAL JOURNAL

VOLUME 96, NUMBER 6

DECEMBER 1988

## SUPERNOVA 1987K: TYPE II IN YOUTH, TYPE Ib IN OLD AGE<sup>a)</sup>

ALEXEI V. FILIPPENKO

Department of Astronomy, University of California, Berkeley, California 94720

*Received 11 July 1988; revised 30 August 1988*

### ABSTRACT

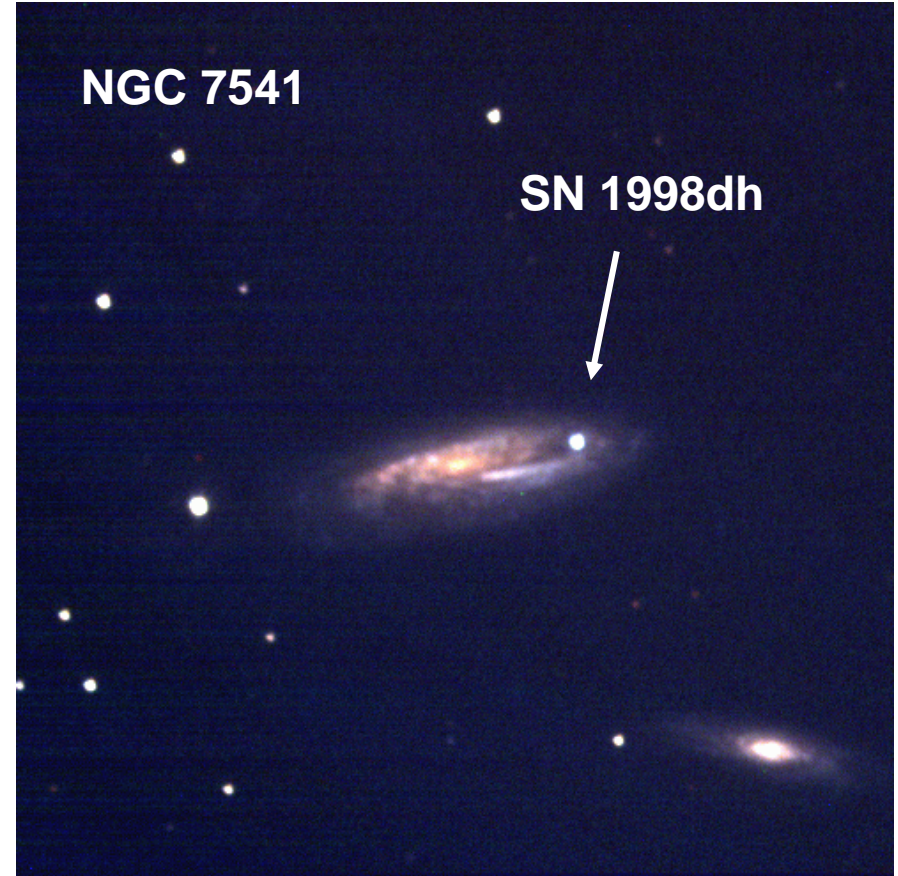
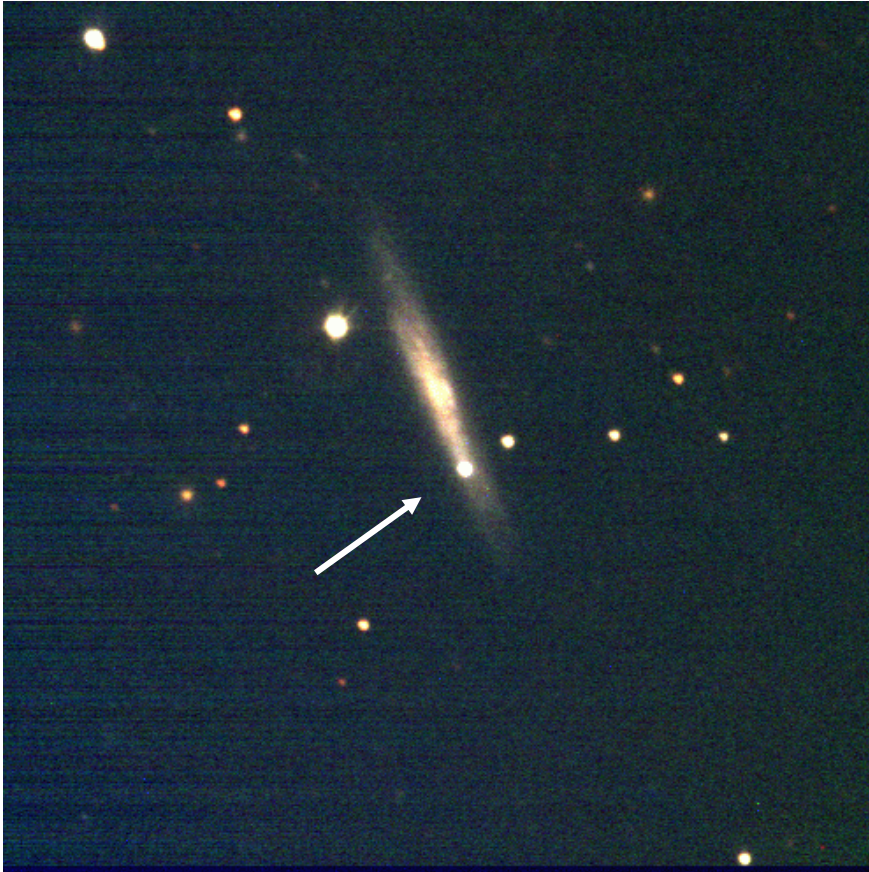
I present spectra of SN 1987K in NGC 4651 obtained 0–2 weeks past maximum brightness, and also 5–7 months past maximum. The early spectra resemble those of Type II supernovae (SNe II), with broad  $H\alpha$  having a well-defined P Cygni profile that appears less prominent than usual. Two weeks past maximum, the  $H\alpha$  emission-line and absorption-line strengths are much smaller than those in SN 1987A. At late times, no trace of the broad  $H\alpha$  can be found; instead, very broad emission lines of [O I] and [Ca II] dominate the spectrum. These last characteristics are typical of Type Ib supernovae long past maximum, although SNe Ib were previously thought to lack hydrogen lines at all times. The data strongly suggest, but do not prove, that SNe II and at least some SNe Ib are closely related objects. In particular, SN 1987K could have been a massive star which lost a majority of its hydrogen prior to exploding. The light curve declined more slowly after maximum than in SNe I, but not as slowly as in typical SNe II-P (“plateau”), consistent with the presence of a thin envelope. Spectra of the Type Ib SNe 1983I, 1987M, and 1988L may provide additional evidence that SNe II and SNe Ib form a continuous sequence in which the mass of the hydrogen envelope is the main variable: extremely weak  $H\alpha$  appears to be present in these objects near maximum light. It is also possible that SNe Ib arise from two very different types of progenitors with dissimilar explosion mechanisms. SN 1987K is proposed as the prototype of a new subclass, Type IIb, of supernovae that have the spectral characteristics of Type II near maximum brightness and those of Type Ib long past maximum.

# Entwicklung der Sterne: Supernovae Typ Ia in NGC 3877

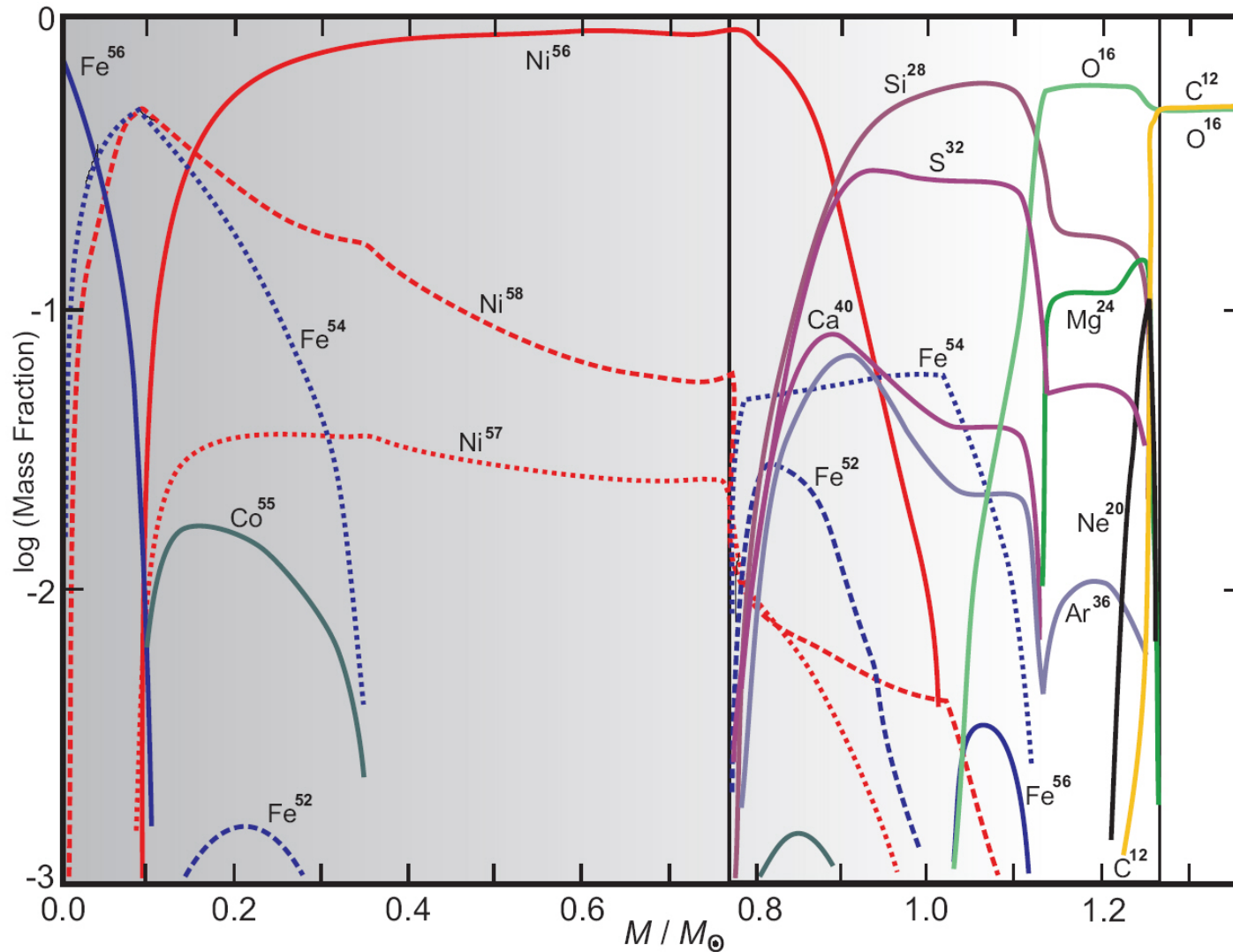
**SNe Ia** kommen sowohl in Spiral- wie auch elliptischen (bereits weit entwickelten) Galaxien vor.



# Weitere Beispiele für extragalaktische Supernovae



# Entwicklung der Sterne: Supernovae Typ Ia (Nukleosynthese)



# Endstadien der Sternentwicklung: Nukleosynthese

