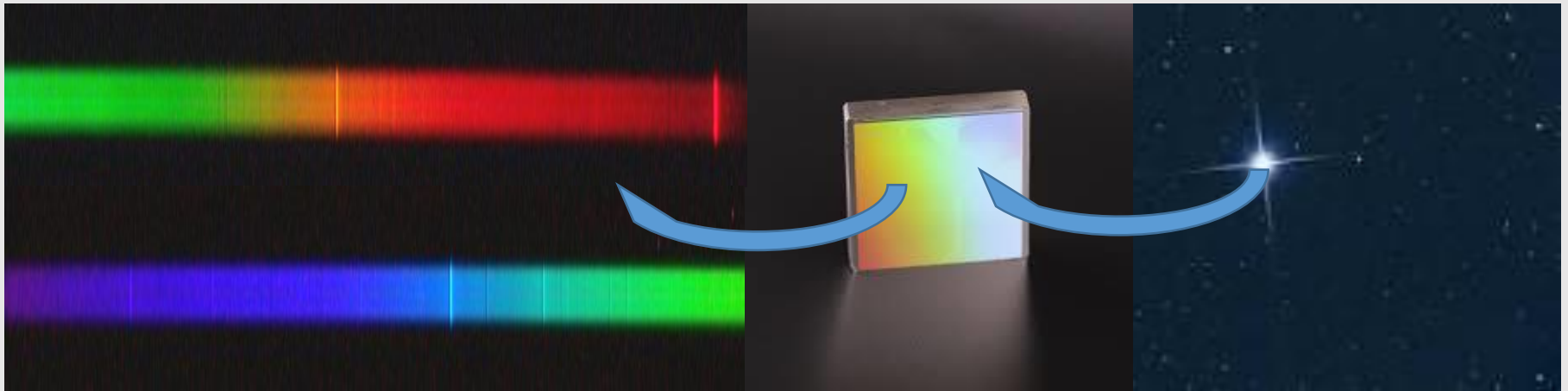


# Heiße Sterne hinter Gittern

Nächtliche Erkundungen mit zwei Spektrographen

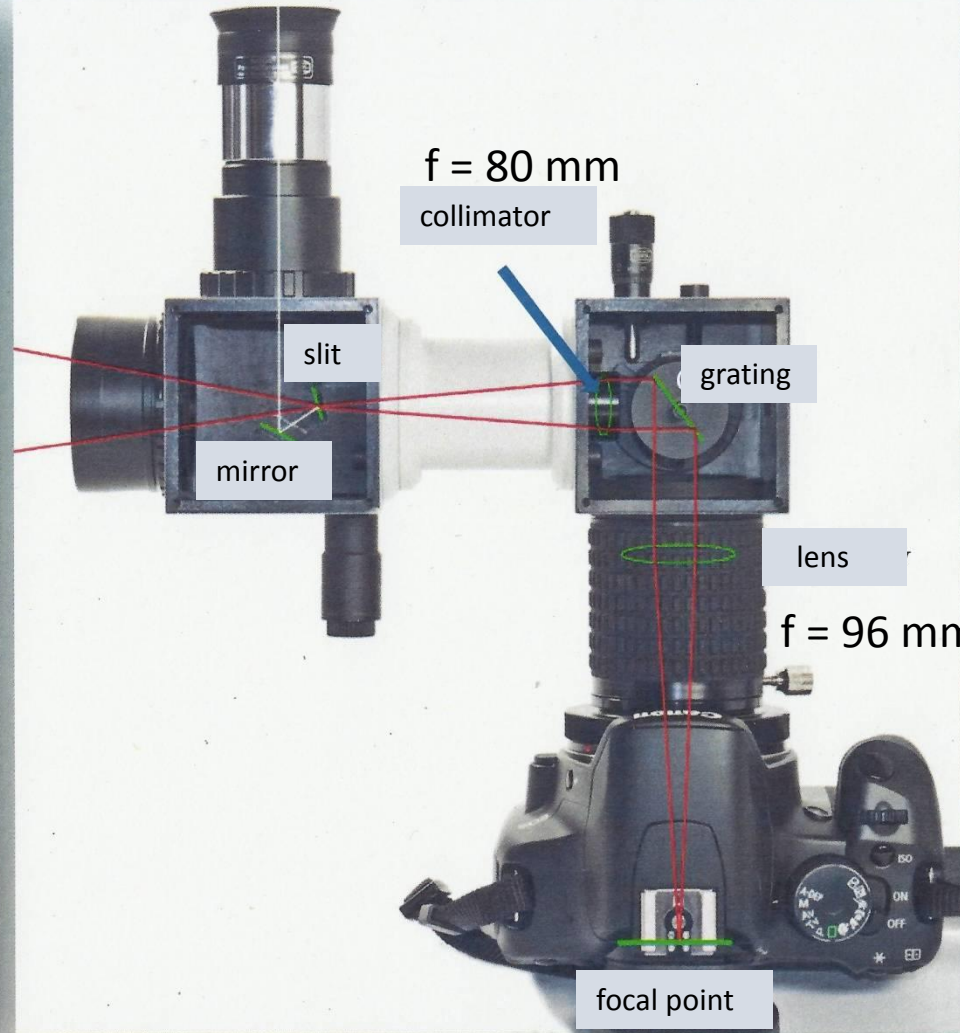
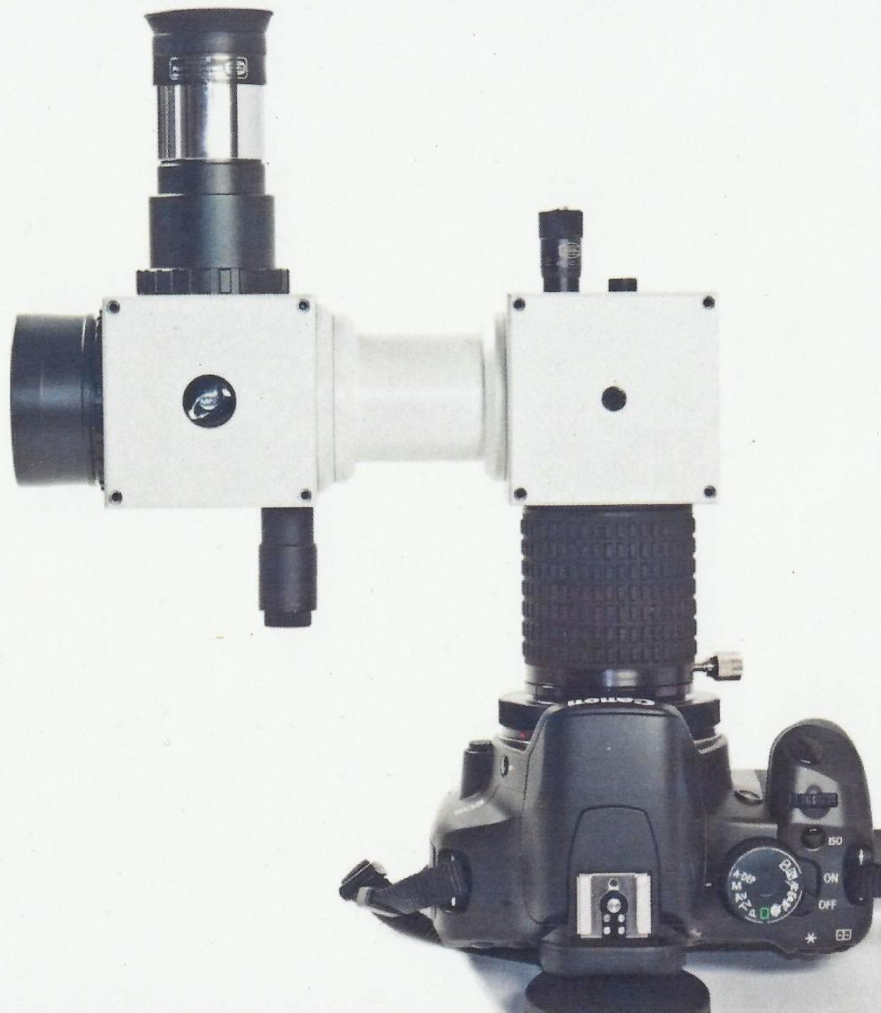
Bernd Hanisch, Lebus





**Zeiss-Meniscas 180/1800 mit DADOS-Spektrograph und Gitter 1200/mm sowie CCD-Kamera SBIG STF 8300M und Ne-Kalibrierlampe**

# Strahlengang im DADOS-Spektrographen





**C 11 280/2800 auf EQ 8-Montierung + LHires III Spektrograph + CCD STF 8300 m**

# Strahlengang im Spektrographen LHIRES III

Quelle: F. Cochard, Successfully Starting in Astronomical Spectroscopy, - A Practical Guide, S.94

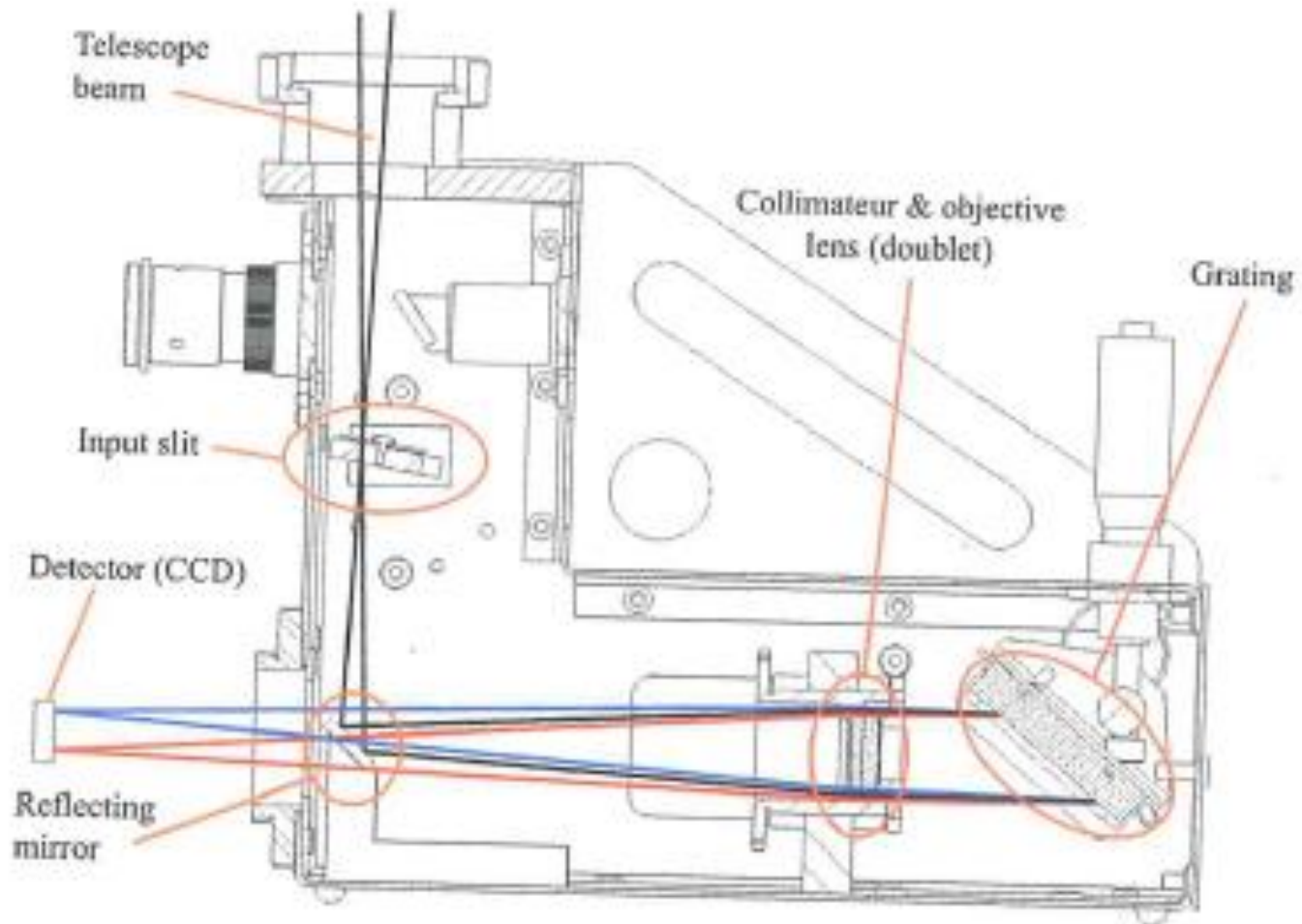


FIG. 5.33 – Cross section view of the LHIRES III.

T in K x 1000  
70 40 31 9,7 7,6 6,0 5,2 3,7 3,0

L/L<sub>☉</sub>

1000000

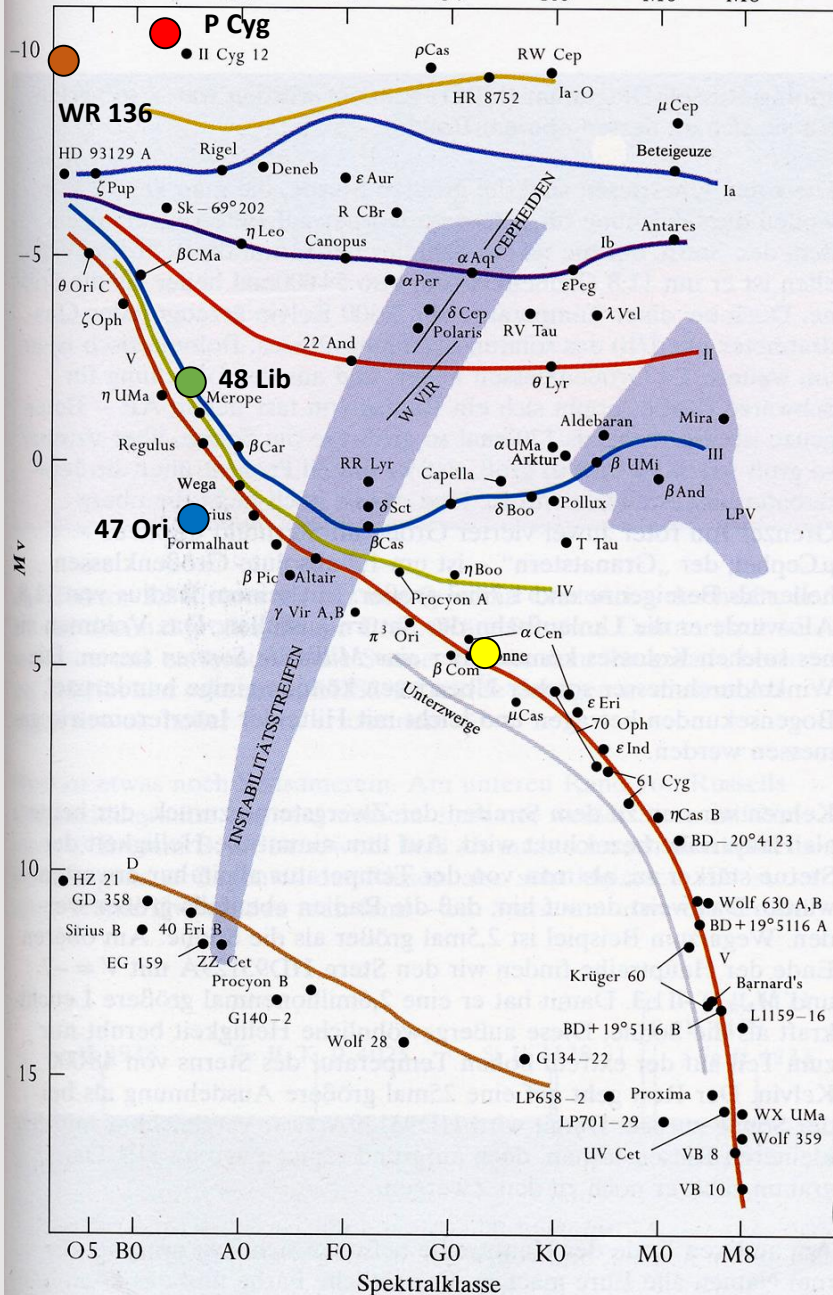
10000

100

1

1/100

1/  
10000



## Verteilung der Sterne

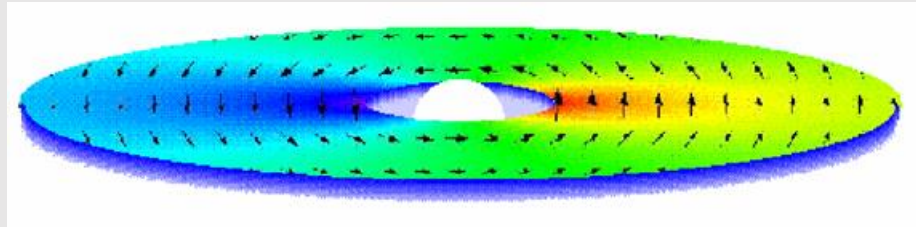
## im HRD

Aus: J.B: Kaler, Sterne - Die physikalische Welt der kosmischen Sonnen, Spektrum Verlag 2000, S.111, Skalierung modifiziert

# Be- Sterne

Frühe Sterne der Spektralklasse B (auch O bzw. A), die zeitlich veränderliche Emissionen (insbesondere der Balmerlinien) zeigen und die keine Überriesen sind.

Emissionslinien entstehen in der zirkumstellaren Hülle. Häufig handelt es sich um Mehrfachsysteme.



Grafik: <http://www.astrospectroscopy.eu/spektren/images/disc.png>

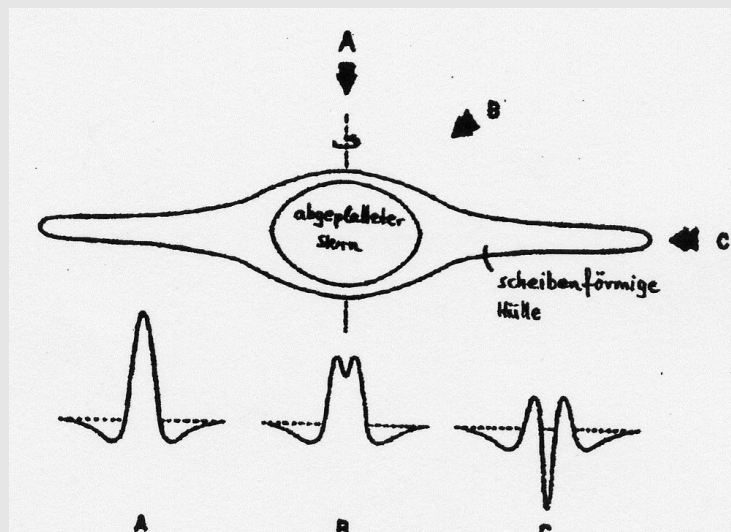
## mögliche Ursachen der Scheibenentstehung:

- schnelle Rotation 200 – 500 km/s
- (Zentrifugalkraft  $\leq$  Gravitationskraft)
- Stöße durch nichtradiale Pulsation
- Masseaustausch mit engem Begleiter (ca. 25 % Mehrfachsysteme)
- Magnetfeld + Sternwind

# Linienprofile und -variationen bei Be-Sternen

- Be zu B oder B zu Be (Verlust/Aufbau der Hülle)
- Be zu Be-Shell oder Be-Shell zu Be (Variation der Scheibendicke)
- zyklische V/R-Variationen der Spektrallinien (Variation der Dichteverteilung in der Scheibe ?)
- Variationen durch Bedeckungen in Doppelsternsystemen
- kurzzeitige Helligkeitsausbrüche und längerfristige Helligkeitsschwankungen

## Linienprofile:

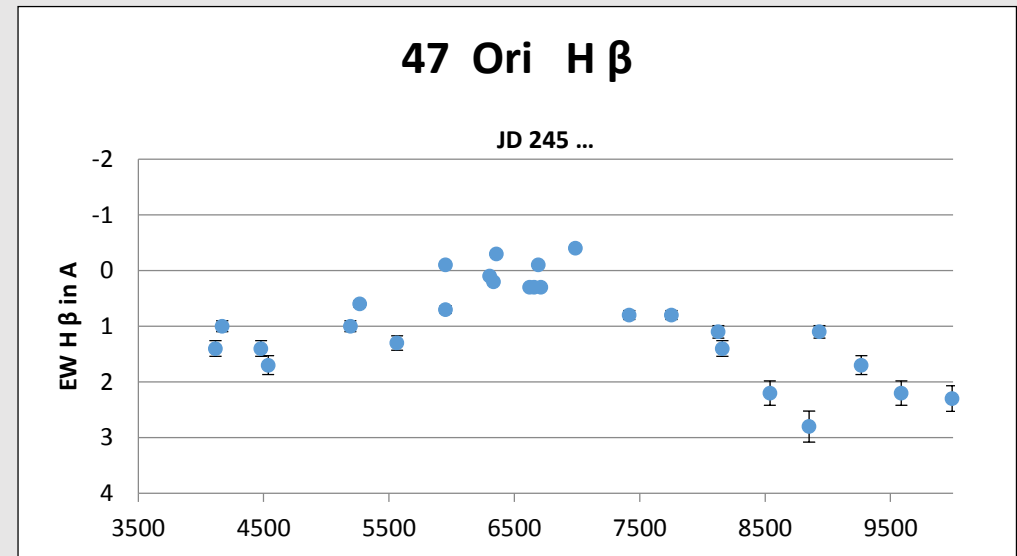
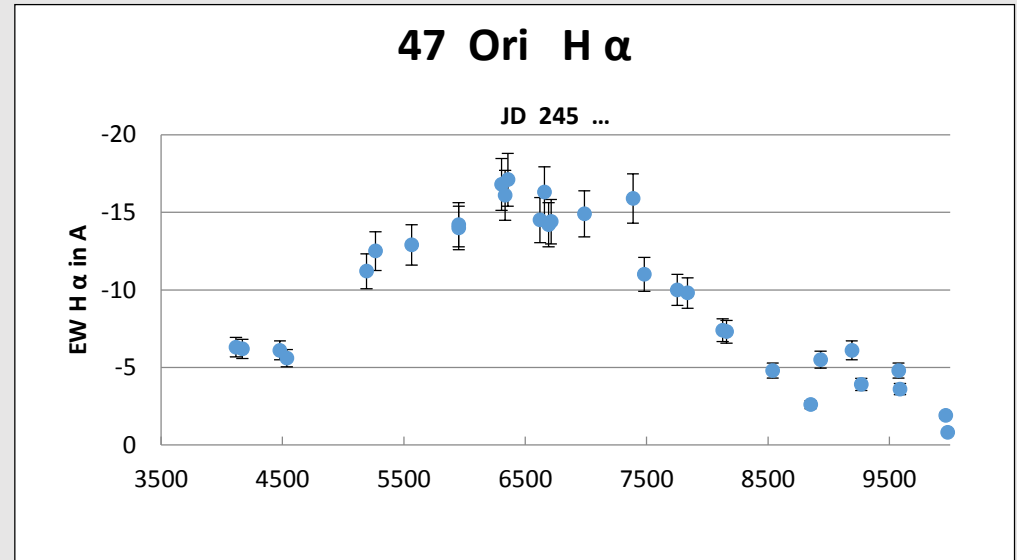


Grafik: aus Slettebak, The Be-Stars  
[1979], S.545

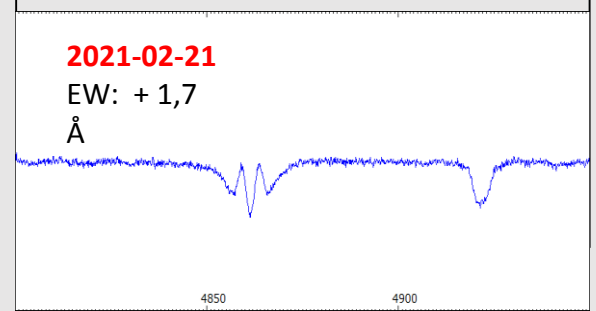
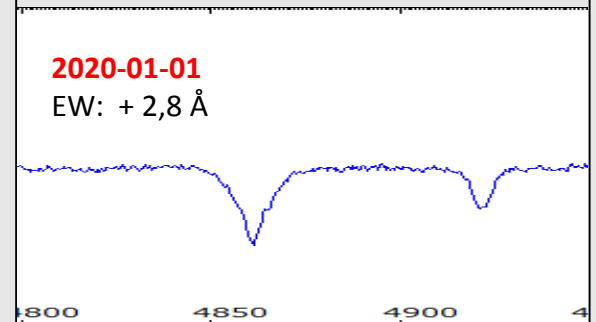
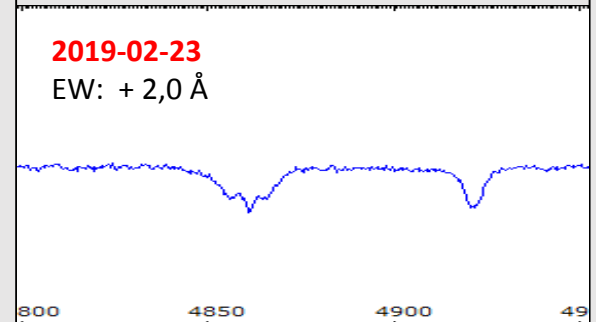
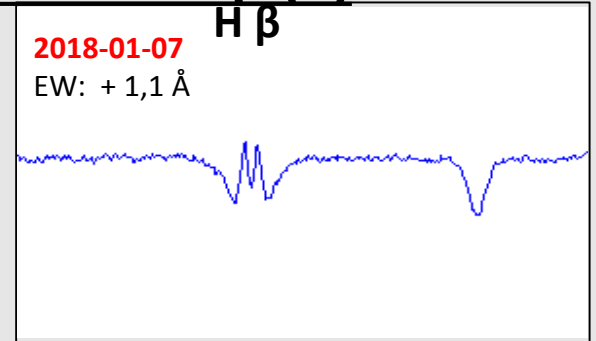
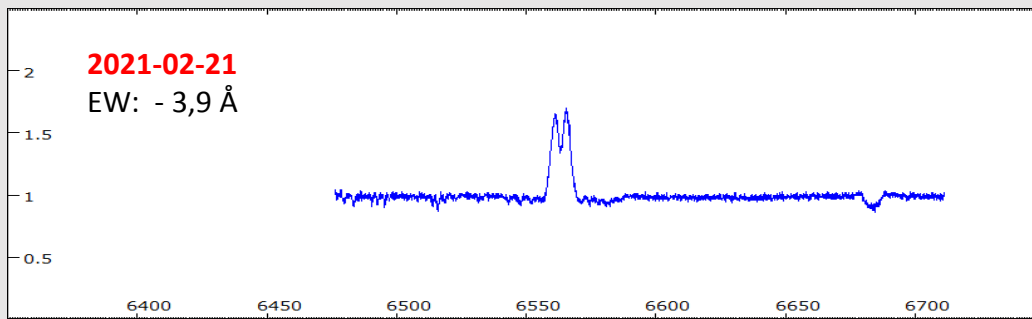
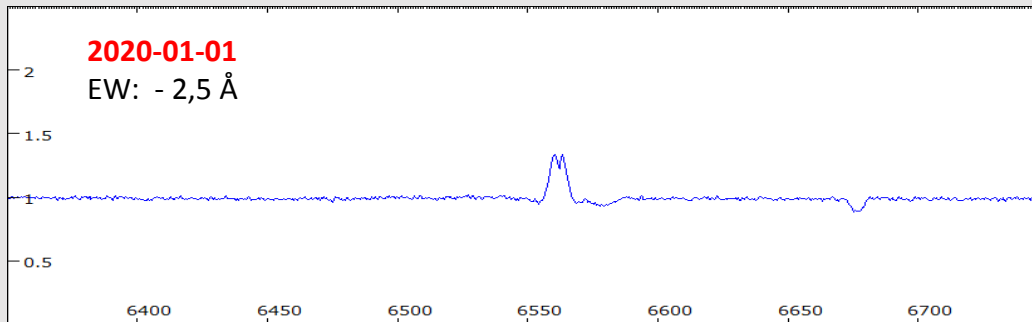
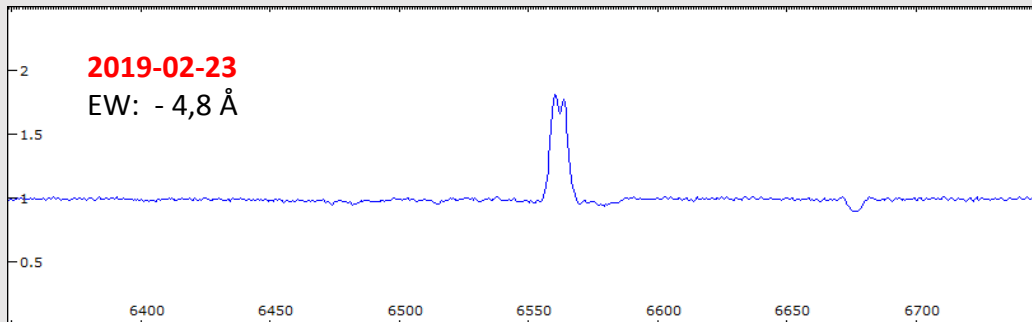
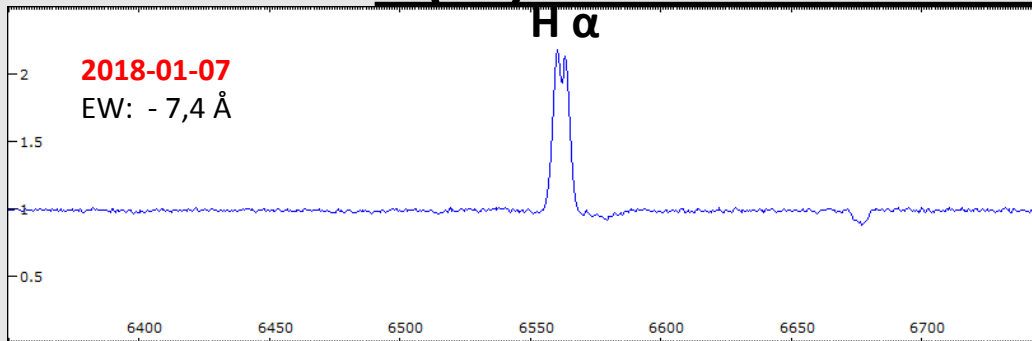


# o (47) Orionis - EW von H $\alpha$ und H $\beta$

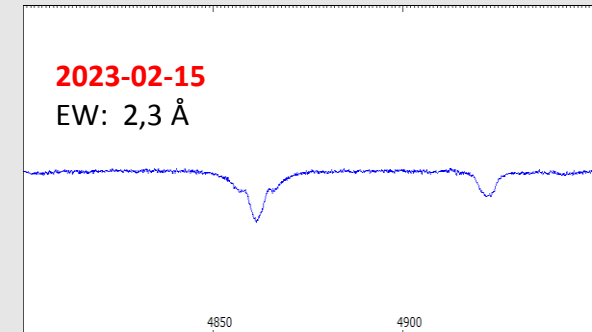
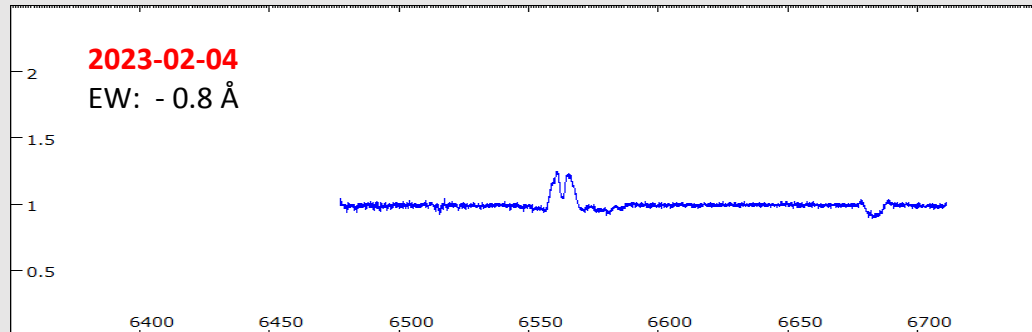
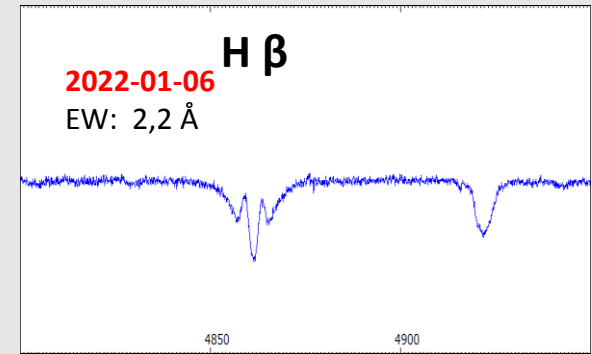
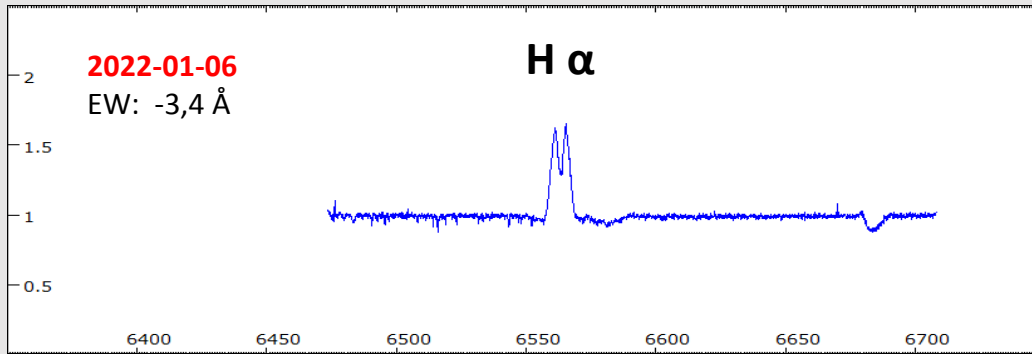
Spektrum	B 3 V e
m vis	4,57
T eff [K]	19000
Entfernung [Lj]	1400
M*/M sol	7,0
R*/R sol	5,0
v rot * sin i [km/s]	179
Nichtradiale Pulsation	0,97 d und 2,29 d
Mehrfachsystem	eher nicht
Magnetfeld	1000-fach stärker als Erdfeld
<a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Omega_Orionis">https://en.wikipedia.org/wiki/Omega_Orionis</a>	



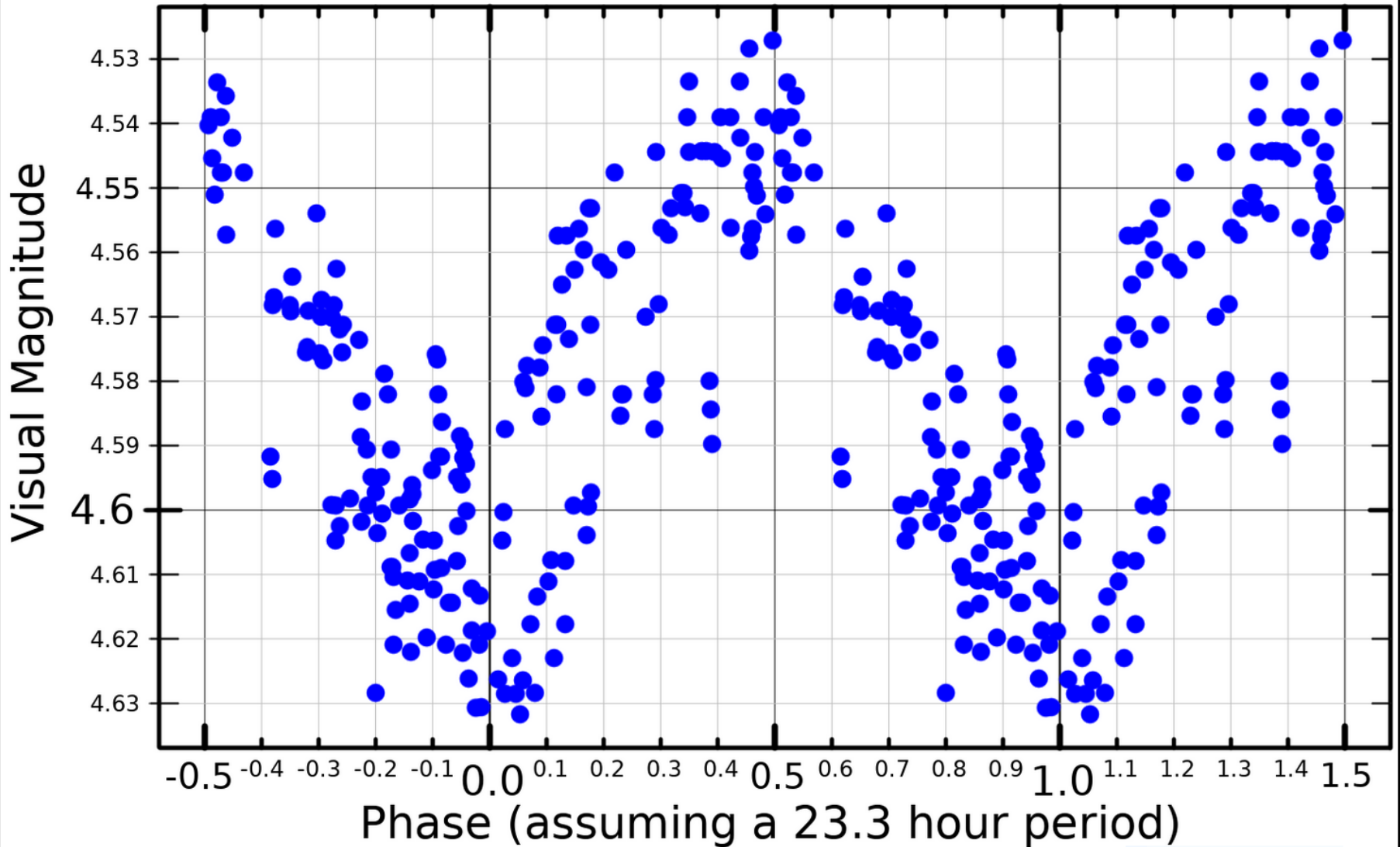
# o (47) Orionis - Profile von H $\alpha$ und H $\beta$ (1)



# o (47) Orionis - Profile von H $\alpha$ und H $\beta$ (2)



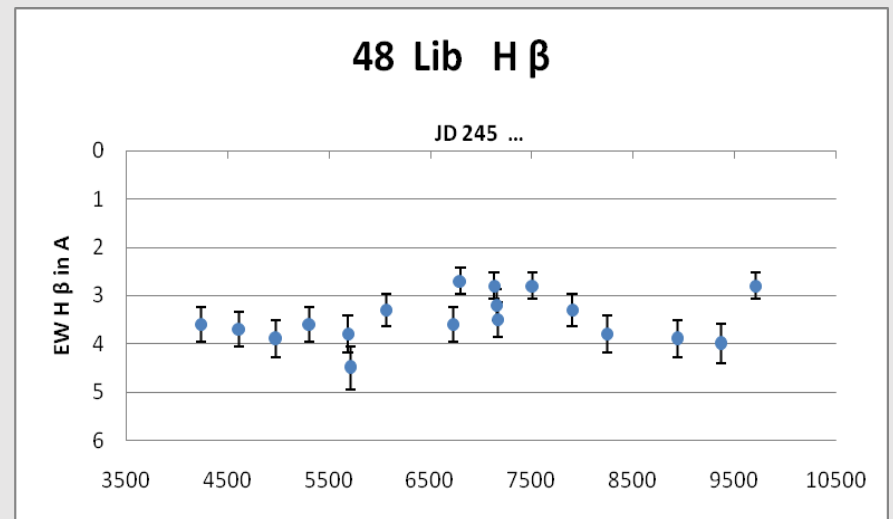
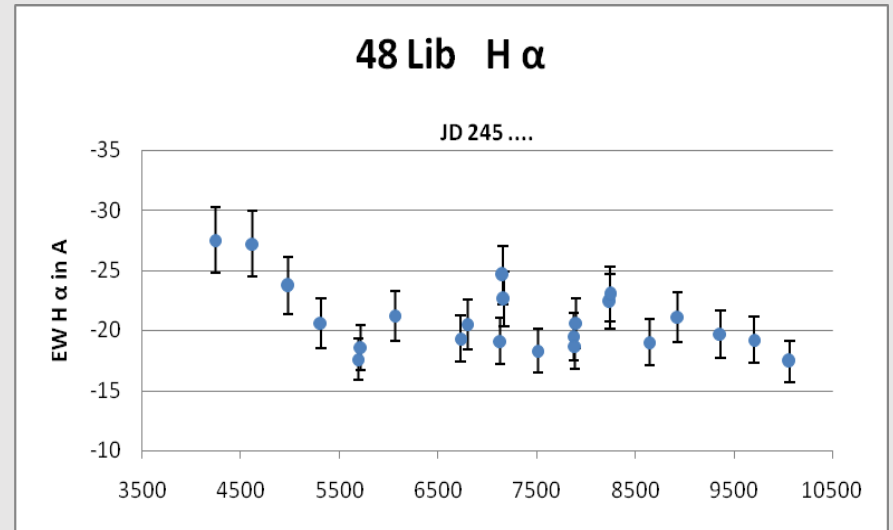
## A Light Curve for Omega Orionis



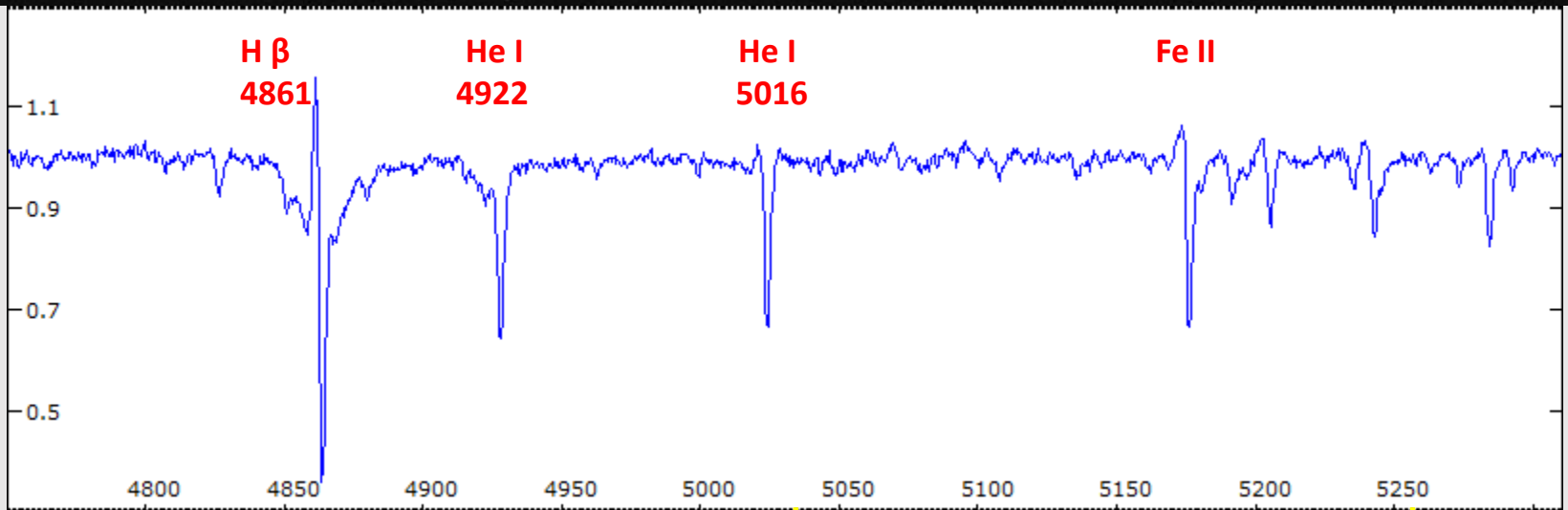
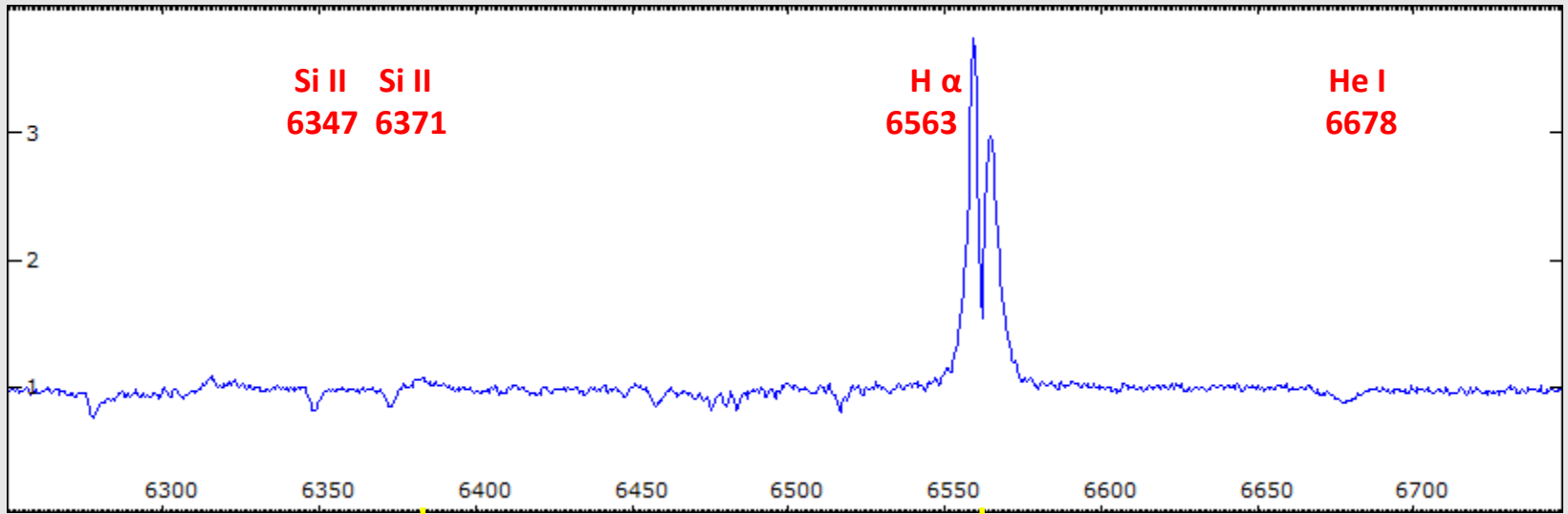
Balona, L. A.; Aerts, C.; Božić, H.; Guinan, E. F.; Handler, G.; James, D. J.; Kaye, A. B.; Shobbrook, R. R. (November 2001). ["Short period line profile and light variations in the Be star  \$\omega\$  Orionis"](#). *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. **327** (4): 1288–1296. [Bibcode:2001MNRAS.327.1288B](#). [doi:10.1046/j.1365-8711.2001.04831.x](#). [S2CID 119578276](#). Retrieved 31 July 2022.

# (48) Librae - EW von H $\alpha$ and H $\beta$

Spektrum	B 3 V shell B 8 Ia/lab
m vis	4,74 - 4,96
T eff [K]	17645 20100
Entfernung [Lj]	515
M*/M sol	5,8 6,9
R*/R sol	3,3 2,9
v rot * sin i [km/s]	400
Inklination	83 °
Mehrfachsystem	?
<a href="http://stars.astro.illinois.edu/sow/48lib.html">http://stars.astro.illinois.edu/sow/48lib.html</a>	

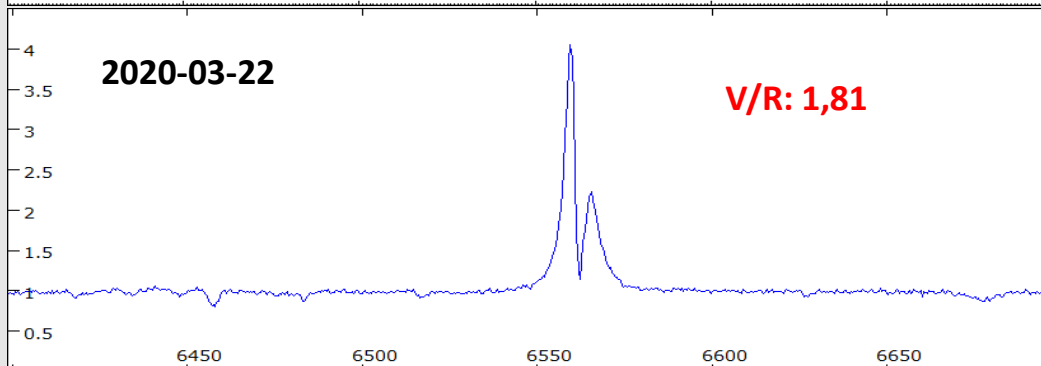
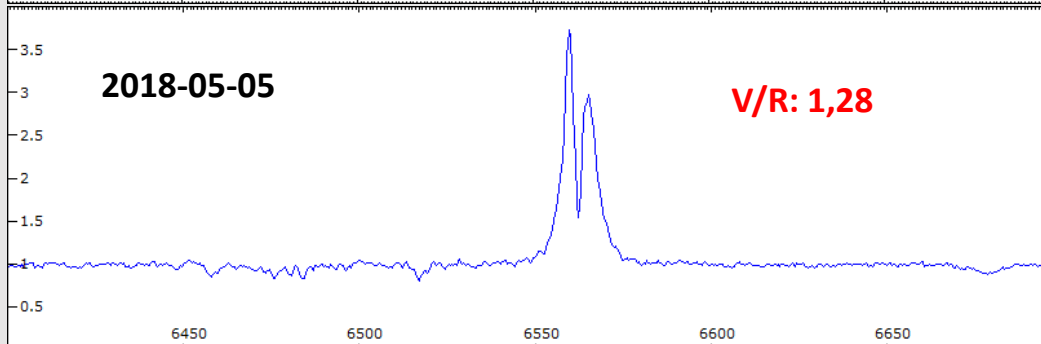
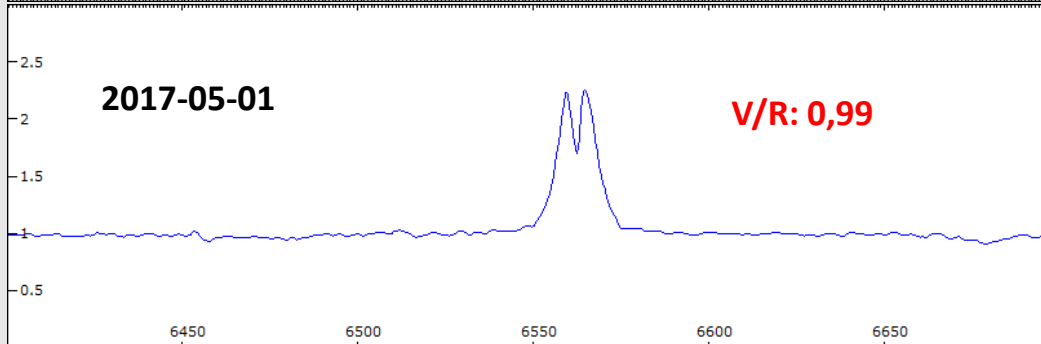
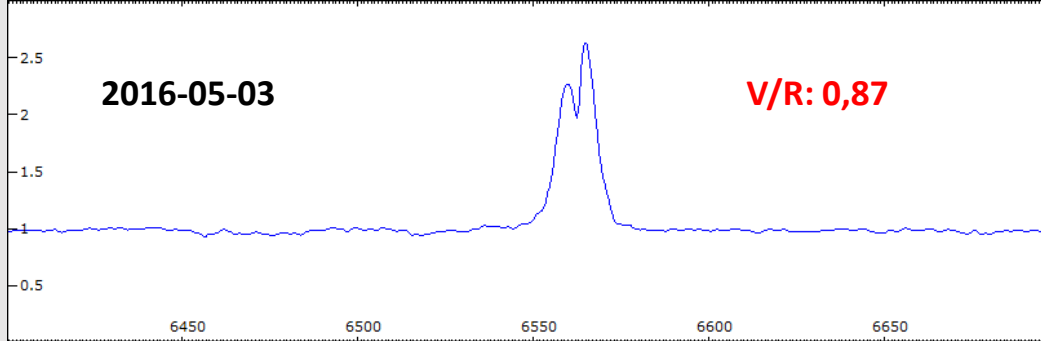


**Spektrum von 48 Librae JD: 245 8244,5 B 3 V e**



Meniscas 180/1800 mit DADOS 1200 und CCD STF 8300 M 2018-05-05 2 x 600 s (oben) Spalt: 25  $\mu$ m

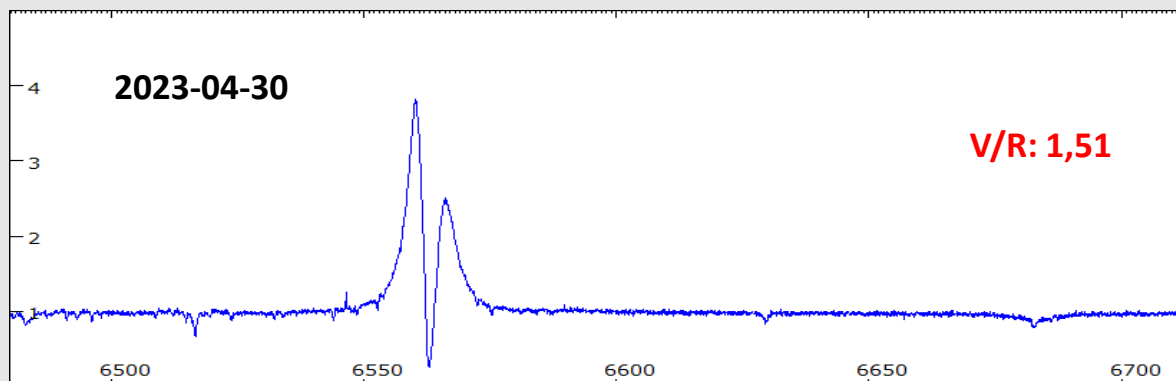
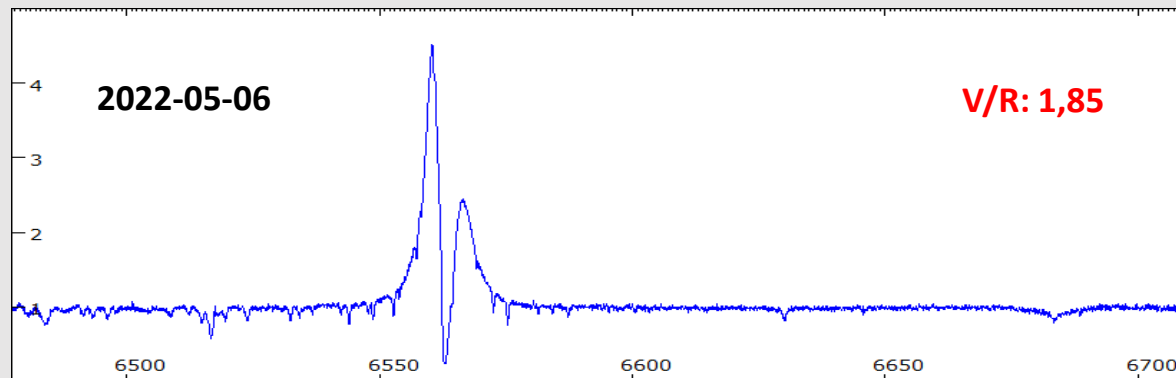
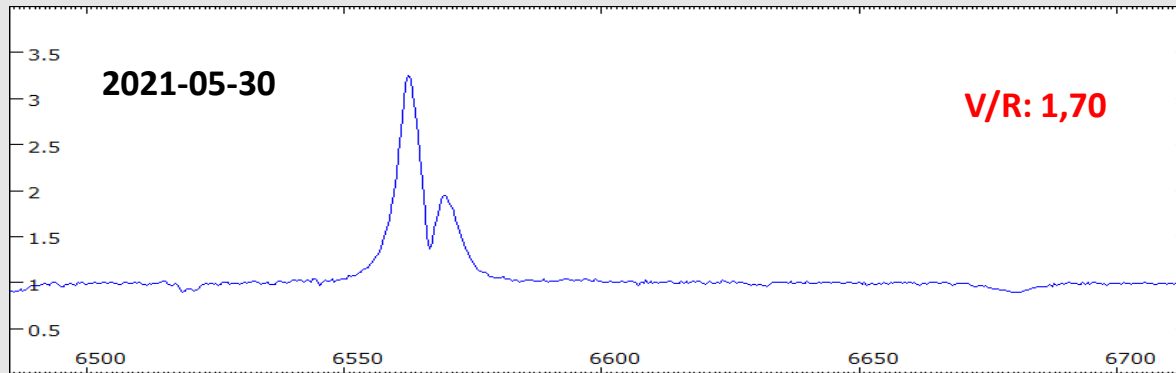
2018-05-05 2 x 600 s (unten) Spalt: 25  $\mu$ m



Meniscas 180/1800 mit DADOS 1200 und CCD STF 8300 M

48 Librae:

V/R-Variation der  
H  $\alpha$ -Linie

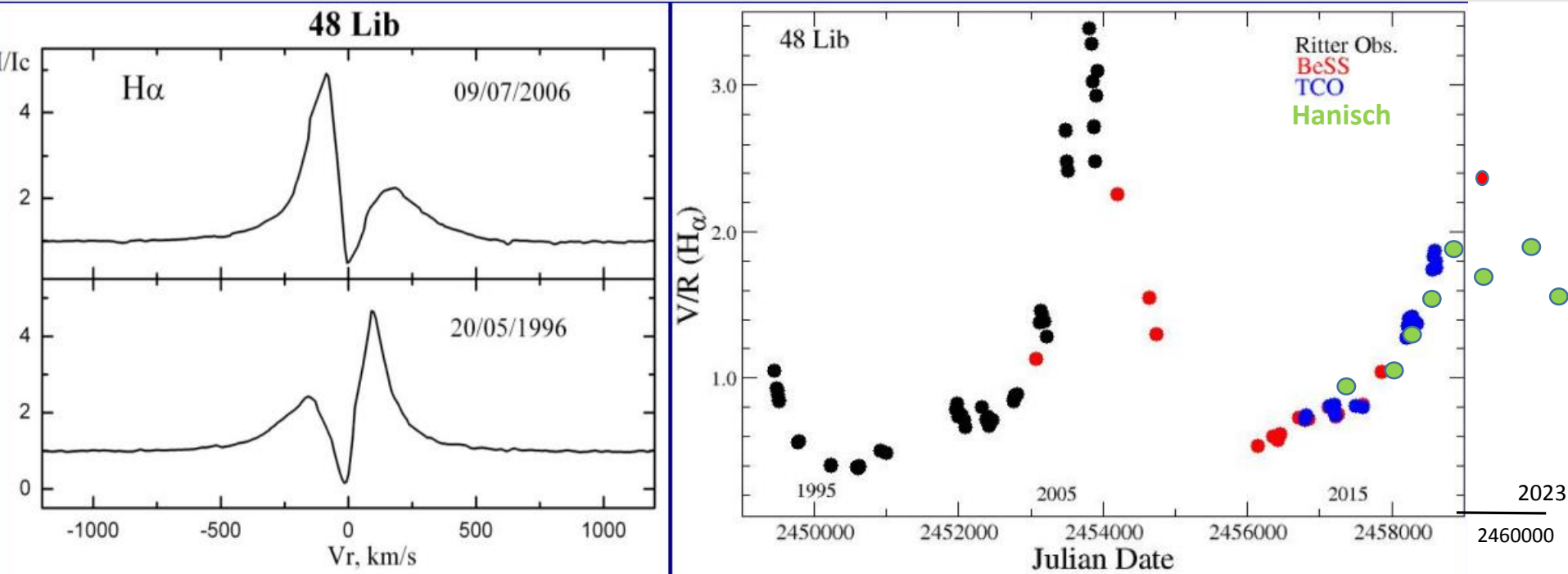


48 Librae:

V/R-Variation der  
H  $\alpha$ -Linie



# 48 Librae- Periodischer V/R-Wechsel



Quelle: A. Miroshnichenko et. al., Long-term spectral variations of selected bright Be-stars and binarity, Dep. of physics & astronomy, University of North Caroline at Greensboro, USA, Vortrag auf der VEGA-Tagung 2019 in Salzburg

# p Cygni

Deneb

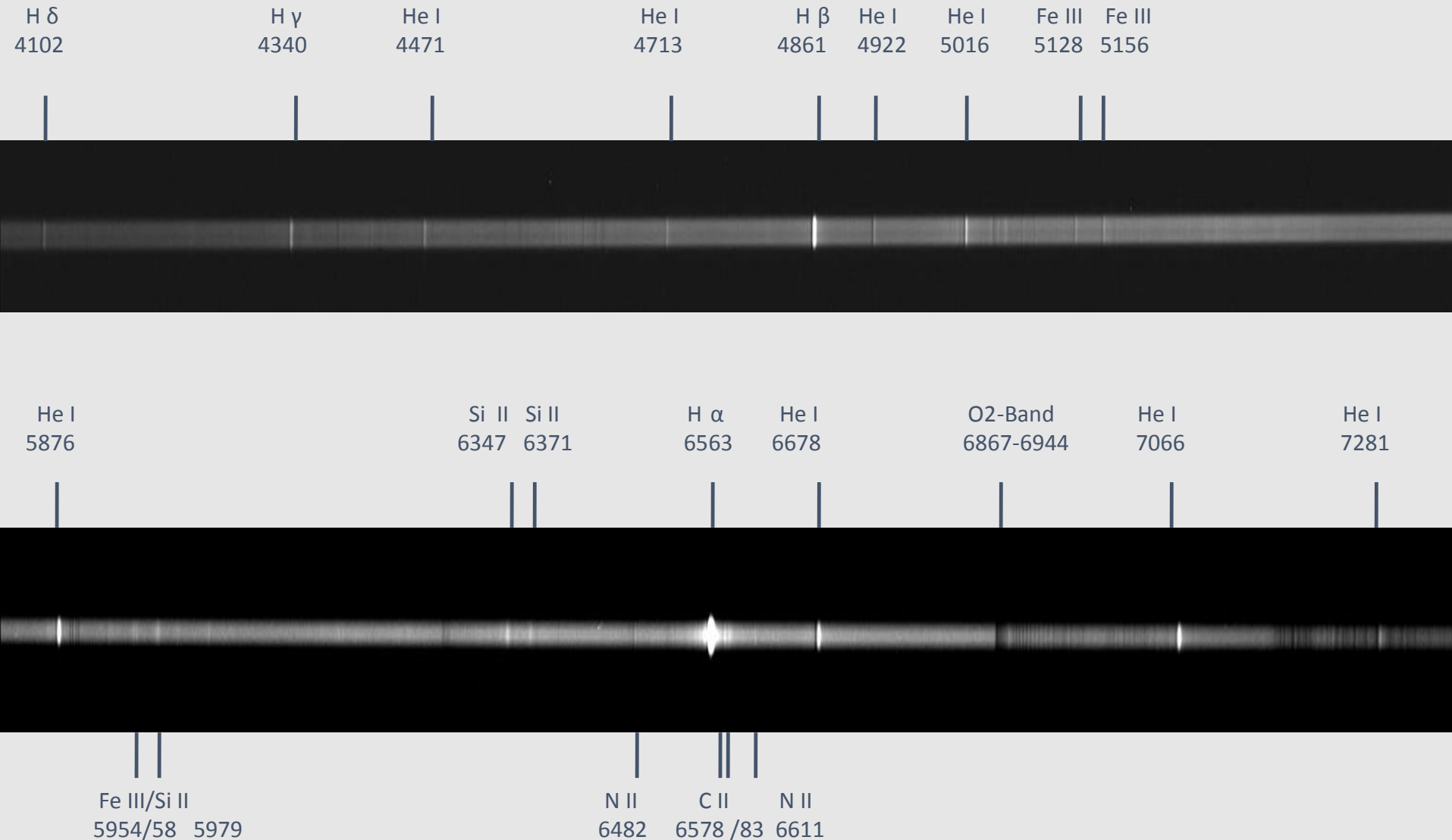
$\delta$  Cyg

Sadr.

Spektrum	B 1 Ia
m vis	4,8 +/- 0.1
T eff [K]	18000 – 20 000
Entfernung [Lj]	6000 - 7000
M*/M sol	35 - 60
R*/R sol	76
L*/L sol	560000 - 900000
Masseverlust	$10^{-5}$ M sol/a
<a href="https://de.wikipedia.org/wiki/P_Cygni">https://de.wikipedia.org/wiki/P_Cygni</a>	



# Spektrum von p Cygni JD: 245 8285,5



Meniscas 180/1800 + DADOS 1200 + CCD STF 8300 M

14.05.2018

600 s

01:26 - 01:36 MESZ

Chip: -23 °C

Spalt: 25  $\mu$ m

13./14.05.2018

600 s

23:55 - 00:05 MESZ

Chip: -23 °C

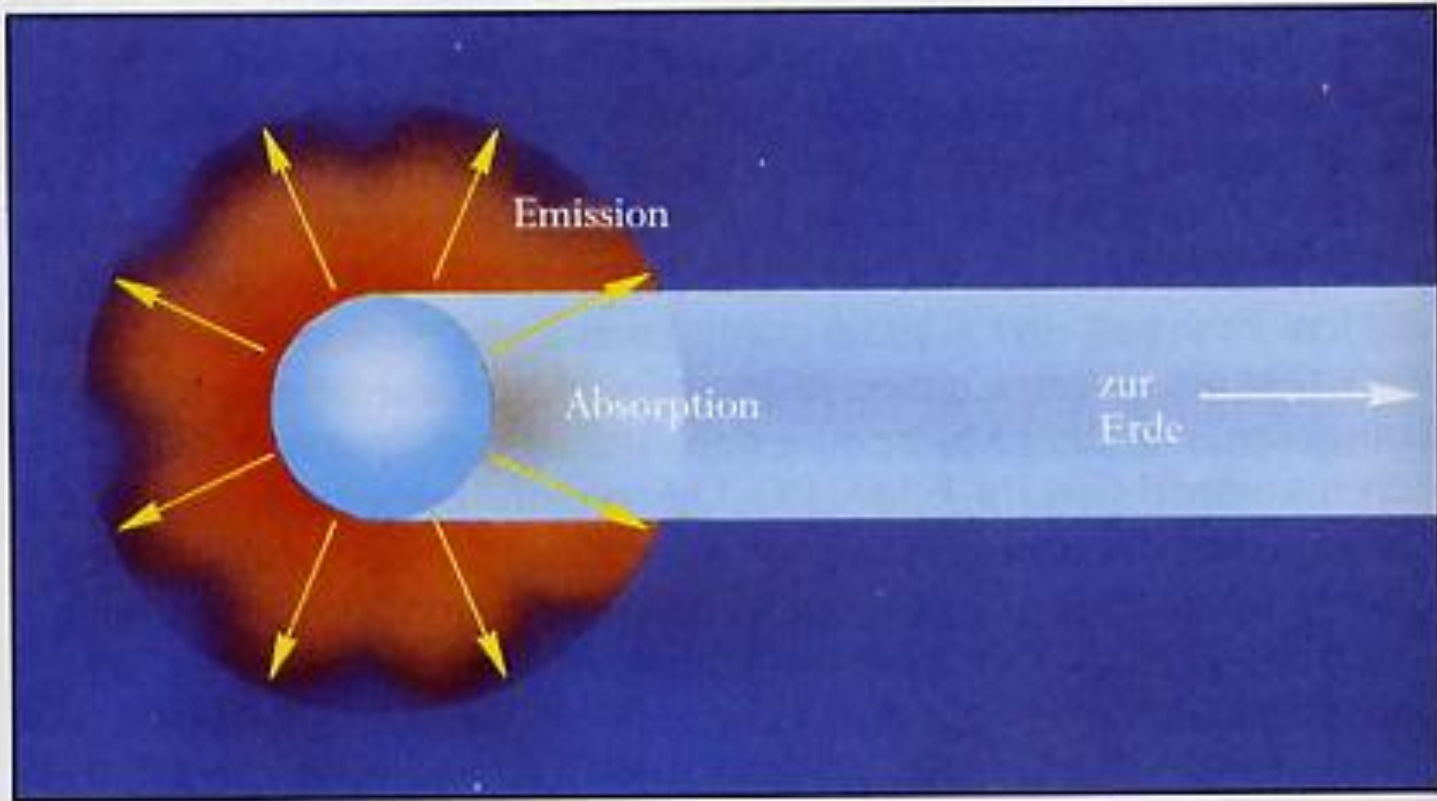
Spalt: 25  $\mu$ m

Bernd Hanisch

Lebus

BAV- Beobachtertreffen am 10. Juni 2023 in Hartha

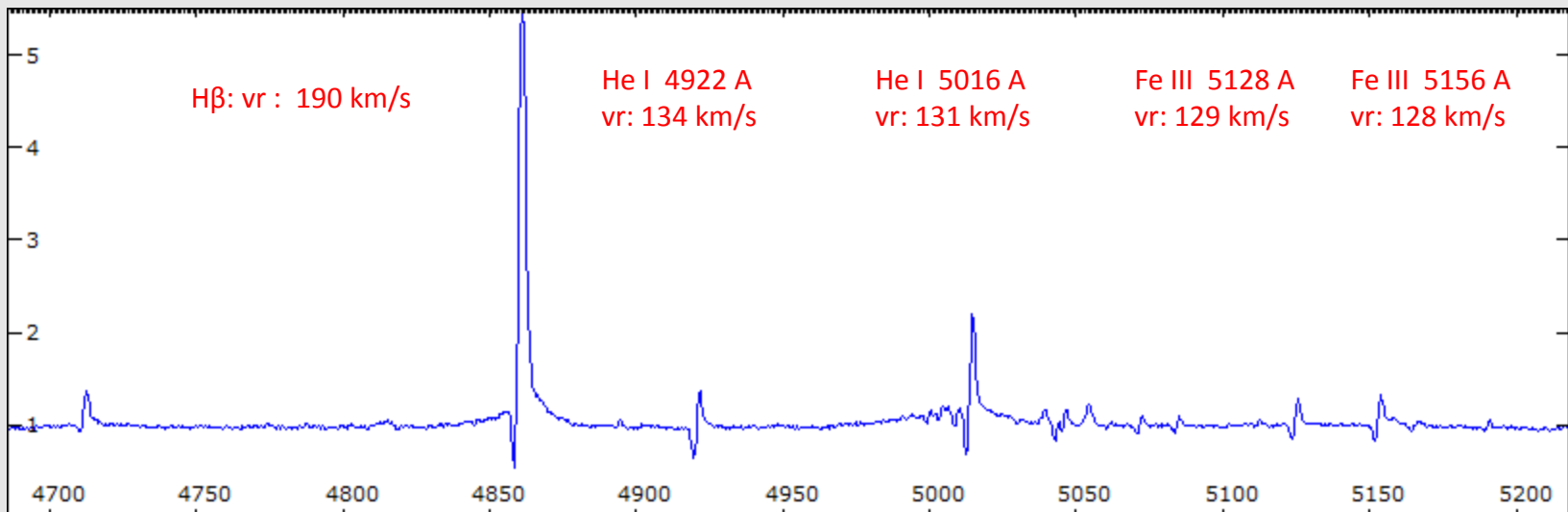
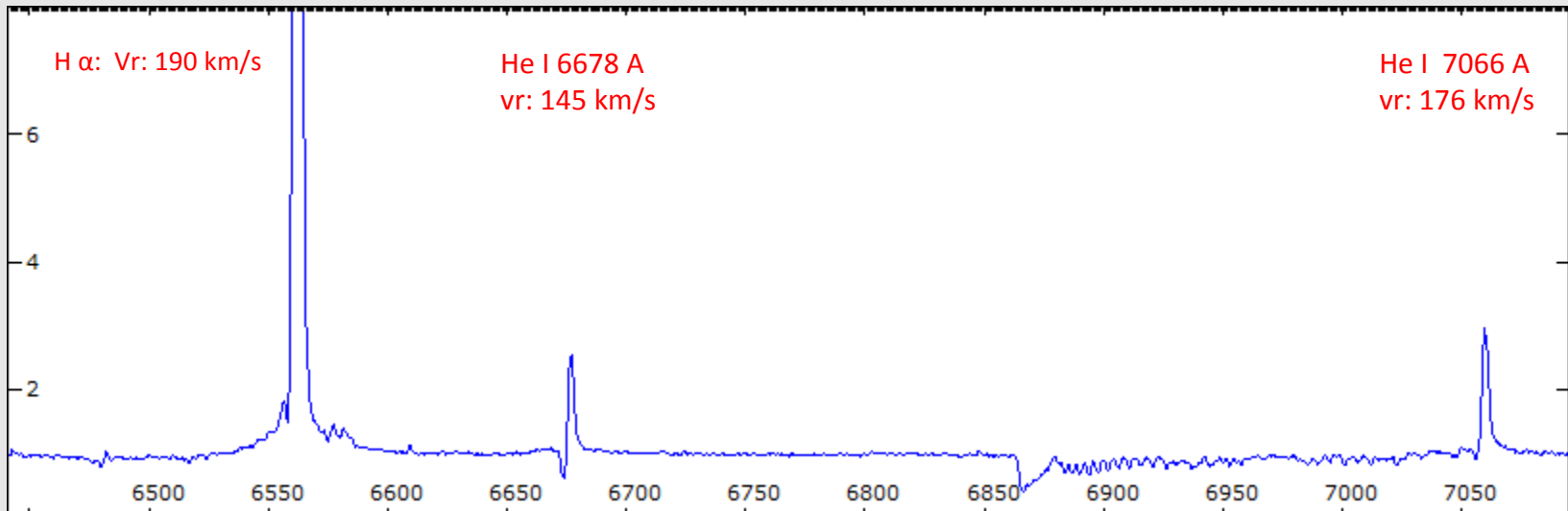
# Entstehung des p-Cygni-Linienprofils



Grafik: James B. Kaler; Stars and their spectra, Cambridge University Press 1989, p. 194,

**P Cygni verliert, verursacht durch einen starken Strahlungsdruck, einen bedeutenden Teil seiner Masse. Es entsteht eine expandierende Gashölle. Dabei entstehen die Linienemissionen in dem stationären Teil der Hölle, während die blau verschobenen Absorptionskomponenten dem expandierenden Teil der Hüllenkorona zuzuordnen sind. Aus der Differenz von Emissions- und Absorptionswellenlänge einer Linie ist der radiale Anteil der Expansionsgeschwindigkeit der Hölle ableitbar.**

# Spektrum von $\rho$ Cygni JD: 245 8285,5



Meniscas 180/1800 + DADOS 1200 + CCD STF 8300 M 2018-05-13/14 600 s 23:55- 00:05 MESZ Chip: -23 °C Spalt: 25  $\mu$ m  
2018-05-14 600 s 01:26 – 01:36 MESZ Chip: -23 °C Spalt: 25  $\mu$ m

# Planetarischer Nebel NGC 7662 im Sternbild Andromeda

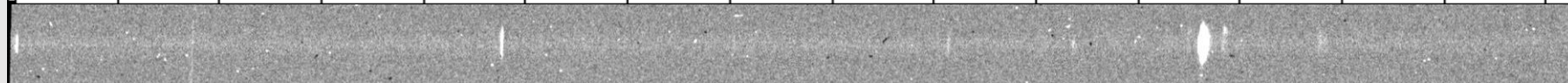
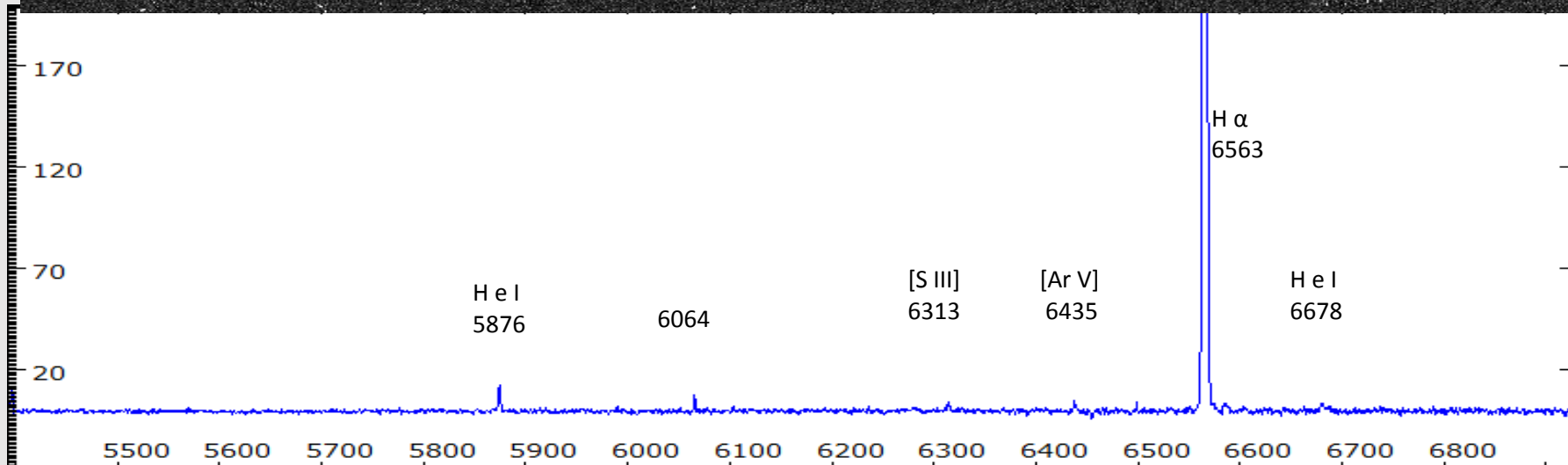
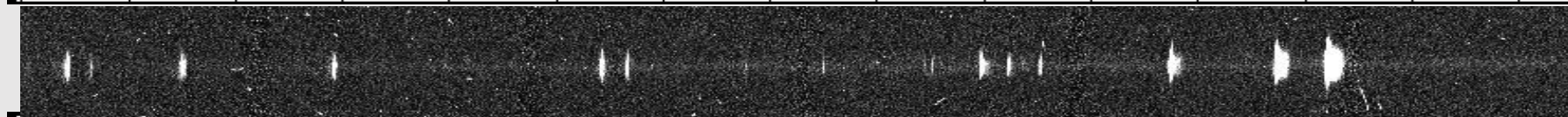
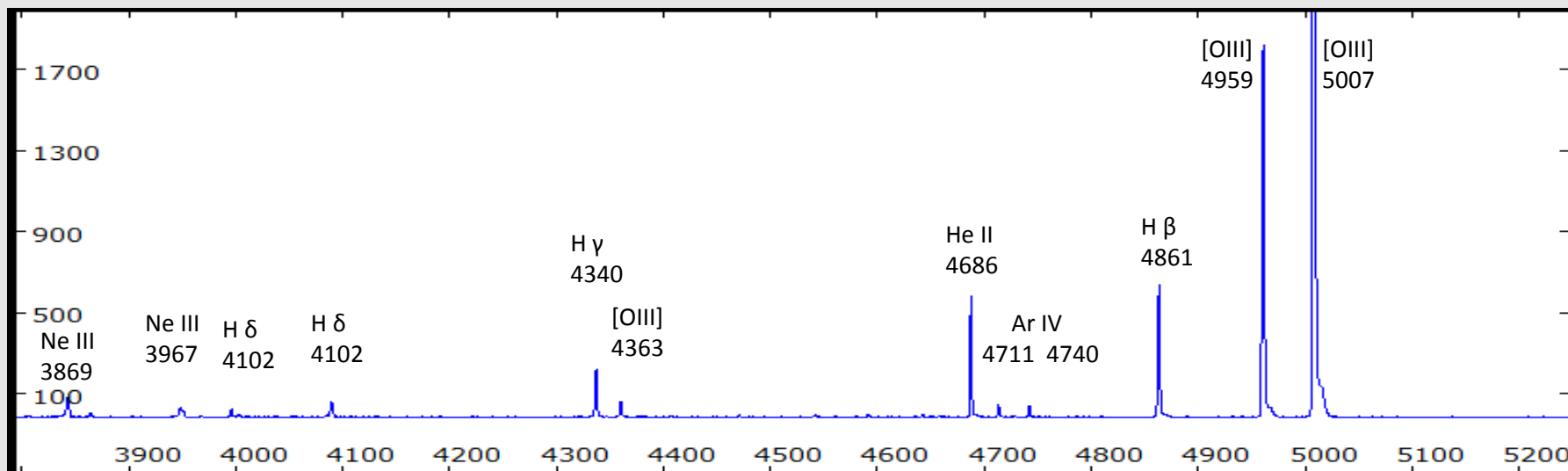


Aufnahme Hubble-Weltraumteleskop

# Was sind Planetarische Nebel ?

- Gruppe von leuchtenden Gasnebeln mit regelmäßigen Formen
- haben nichts mit Planeten gemein, außer scheibenförmiges Aussehen im Fernrohr
- werden von einem sehr heißen Zentralstern zum Leuchten angeregt, der das Symmetriezentrum bildet, bis 250 000 K
- entstehen in einer späten Entwicklungsphase massearmer Sterne, wenn der Stern seine Hülle abstößt
- expandierende Hülle mit ca. 20 – 50 km/s, ca. 10000 K
- eher kurzlebige Objekte, einige 100 – 10000 Jahre
- sehr geringe Teilchendichten in der Hülle, 1000 Ionen/cm<sup>3</sup>
- besitzen sehr merkwürdige Spektren , „verbotene Linien“

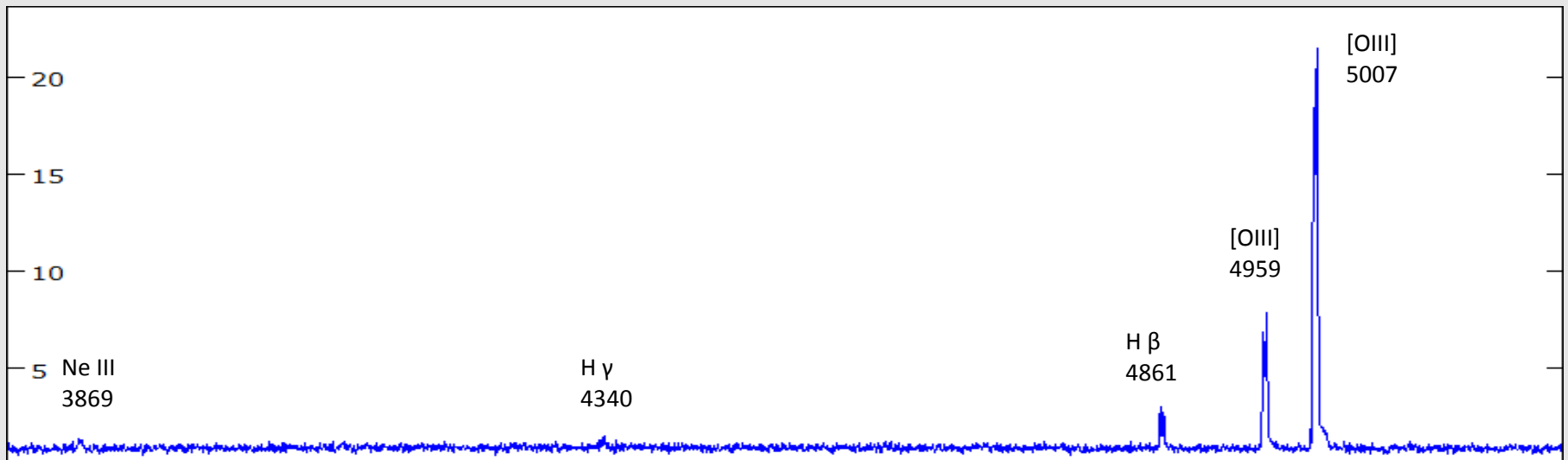
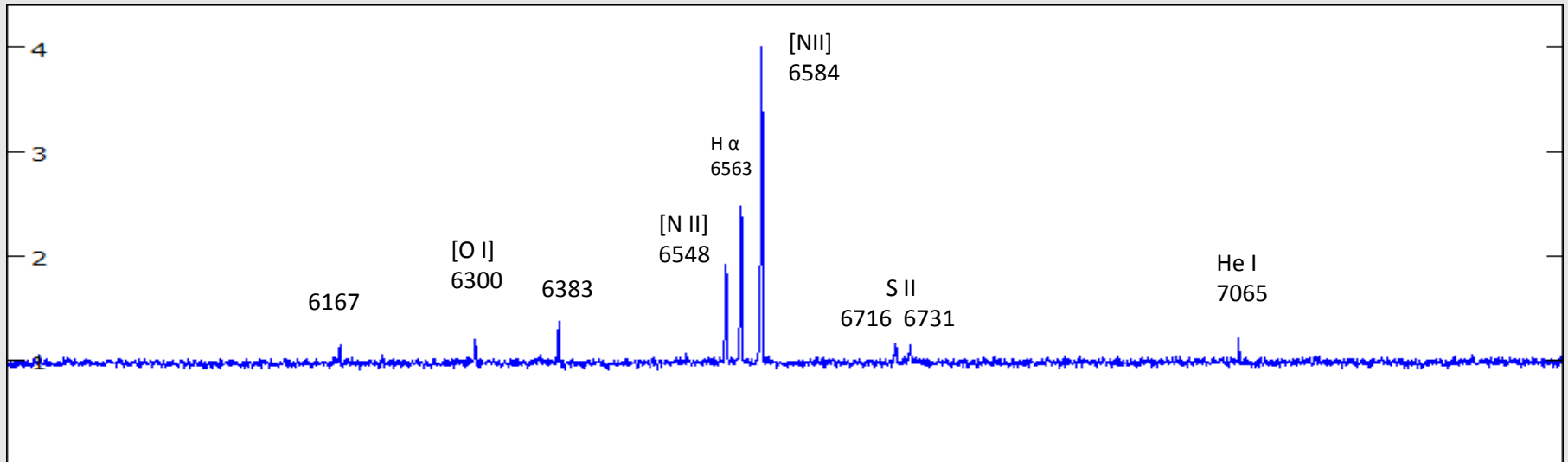
# Spektrum des Planetarischen Nebels NGC 7662



Aufnahme: C11 280/2800 + DADOS 1200 + STF 8300 M je 2500 s 05./06.08.2022 Spalt: 35 m



# Spektrum des Planetarischen Nebels M 57



Aufnahme: C11 280/2800 + DADOS 1200 + STF 8300 M 2 x 900 s 27.07.2022 Spalt: 35 m

C 11 280/2800 + DADOS 1200 + STF 8300 M 2 x 900 s 28.07.2022 Spalt: 35 m

# M57 (NGC 6720) Spektrum der Nebelhülle

H Beta  
4861

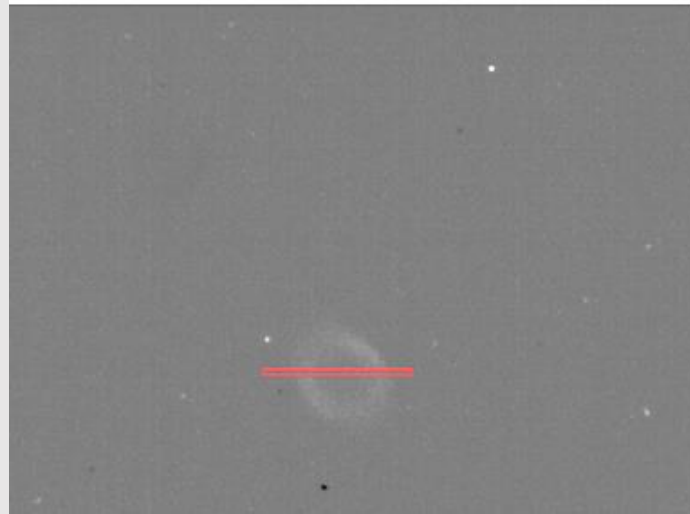
[OIII]  
4959

[OIII]  
5007

[N II]  
6548

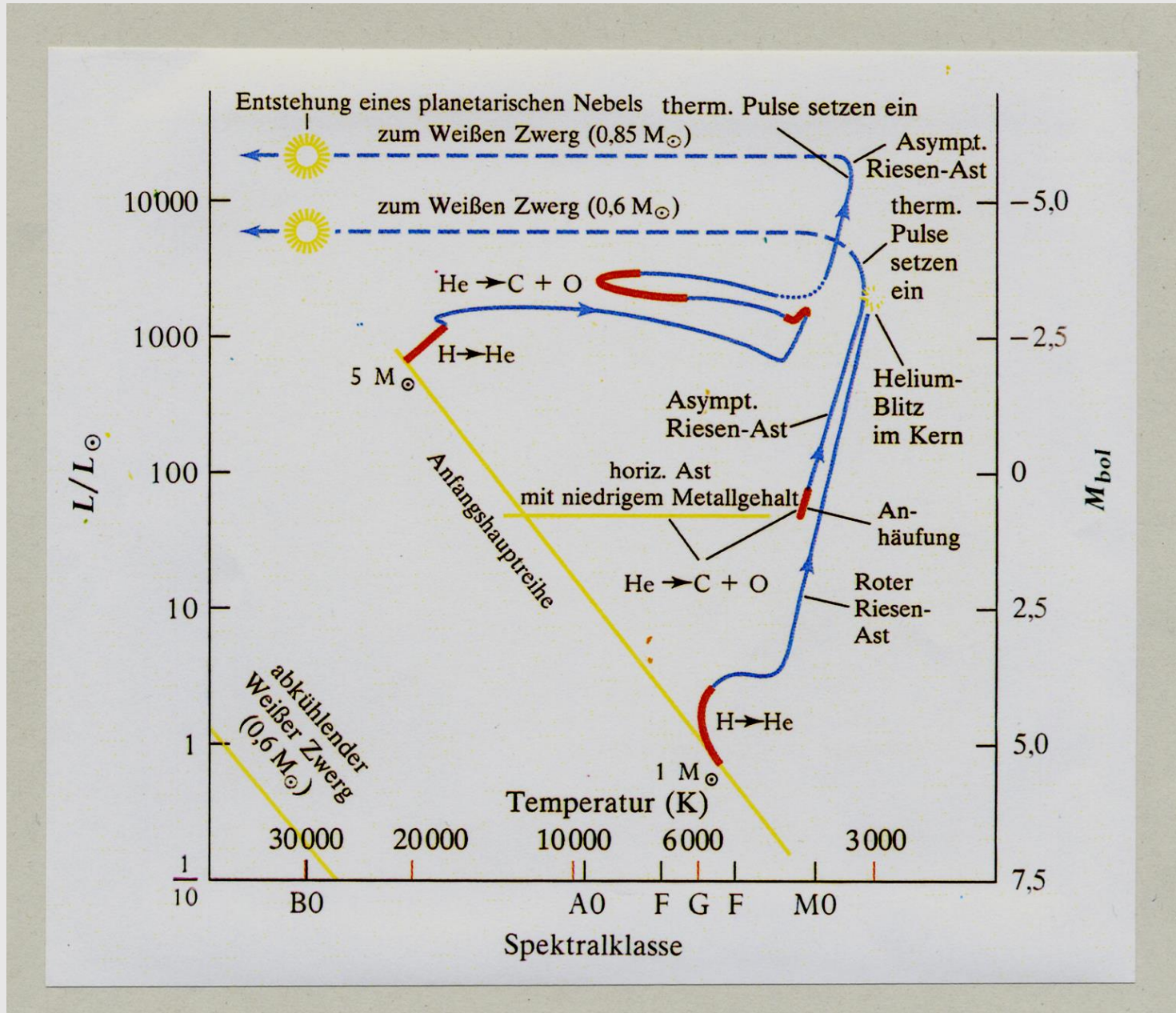
H-Alpha  
6563

[N II]  
6584

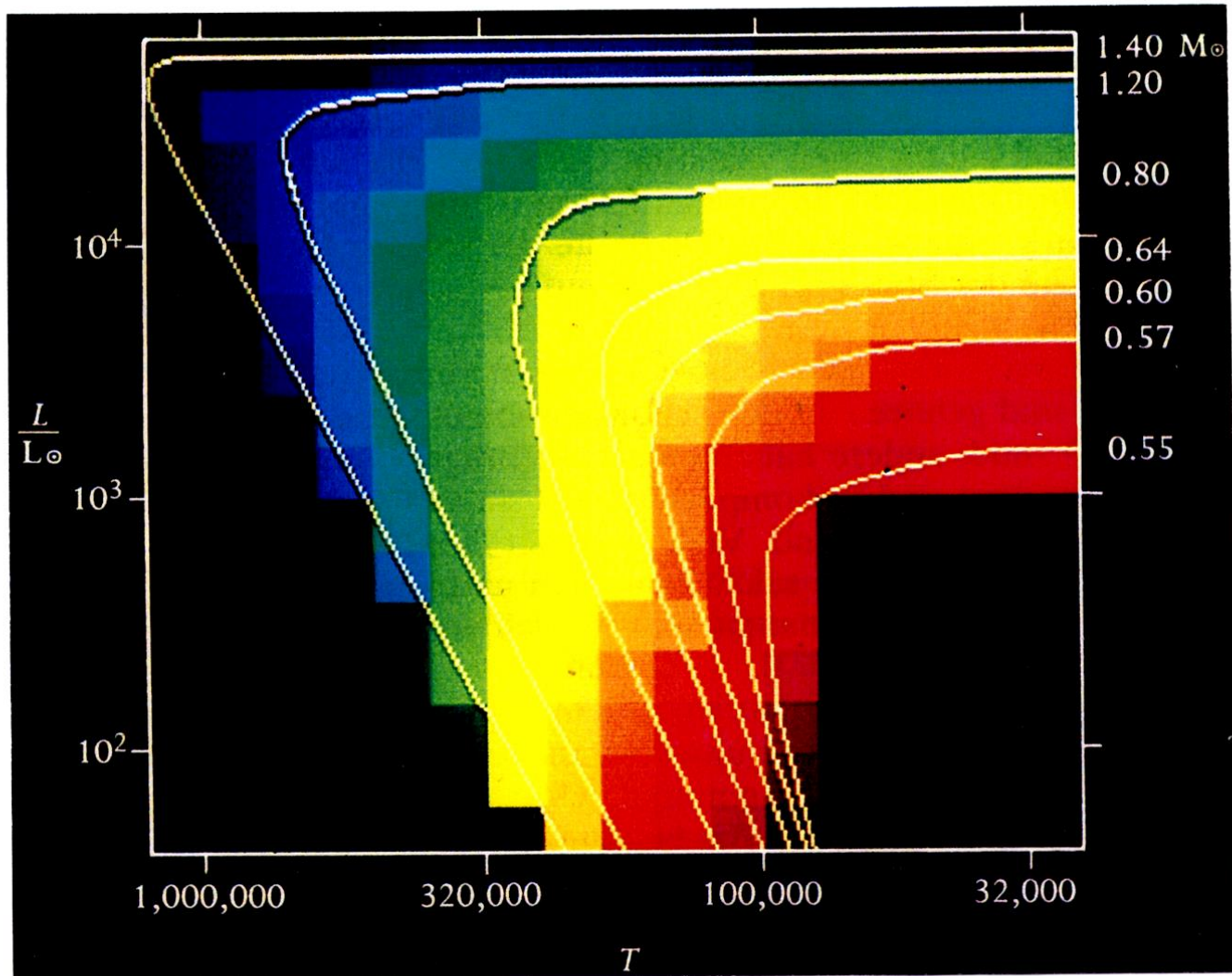


Aufnahme: C11 280/2800 + LHIRES 2400 + CCD STF 8300 M 28.05.2023 00:51 – 01:01 MESZ 1800 s Spalt: 23  $\mu$ m rechts  
31.05.2023 01:02 – 01:32 MESZ 1800 s Spalt: 23  $\mu$ m links

# Entwicklungswege zweier Sterne von 1 bzw. 5 Sonnenmassen

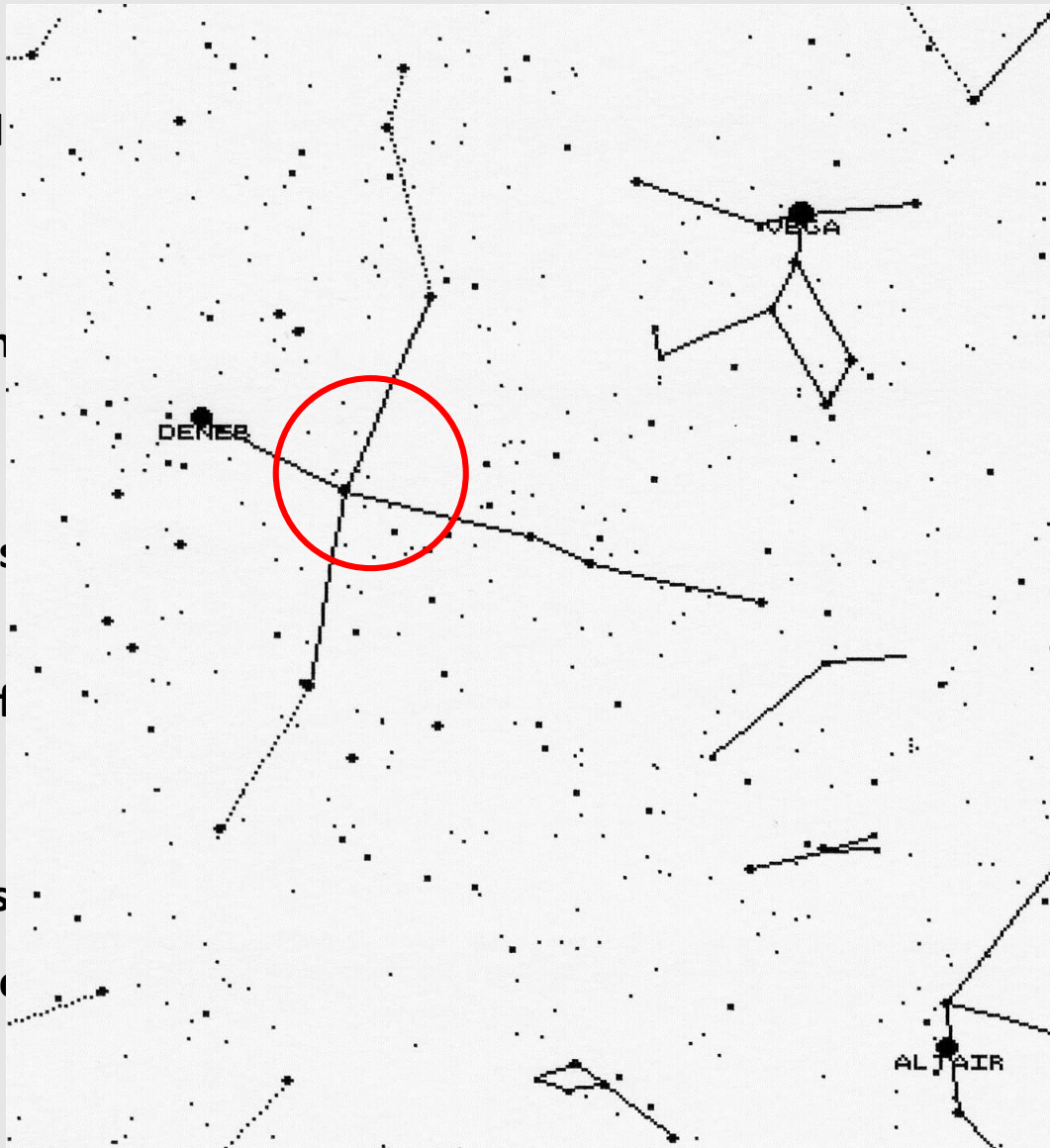


# Entwicklungswege der Zentralsterne von planetarischen Nebeln



# Wolf-Rayet-Sterne

- heiße und
- ausgedehnt
- breite Emis
- besitzen of
- entweder s
- massereich



m/s)

H !

ch)

# Die Wolf-Rayet-Sterne WR 136 und WR 140

## WR 136

Spektrum: WN 6  
 Masse: Sonne x 21  
 Radius: Sonne x 5,1  
 Leuchtkraft: Sonne x 600 000  
 T eff: 70 800 K

## WR 140

Spektrum: WC 7 + O5  
 Masse: Sonne x 8,4 + Sonne x 20,5  
 Radius: Sonne x 35  
 Leuchtkraft: Sonne x 537 000 (WR) +  
 Sonne x 1 600 000 (O5)  
 T eff: 70 000 K (WR) + 35 000 K (O5)

N III	He II	He II	He II	C IV	He I	He II
4640	4686	4861	5412	5808	5876	6560

**WR 136**

**WR 140**

C IV  
4658

C III   C IV  
5698   5808

Aufnahmen mit Meniscas 180/1800 : WR 136: 27.09.2009, 1283 s bei 400 ISO;      WR 140: 19.07.2007, 768 s bei 400 ISO

Linienzuordnung nach Spektren von P. Swings, Ap. K. 95, 112 (1942), publ. in K. Wurm: Die Planetarischen Nebel, Akademie Verlag Berlin 1951

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!