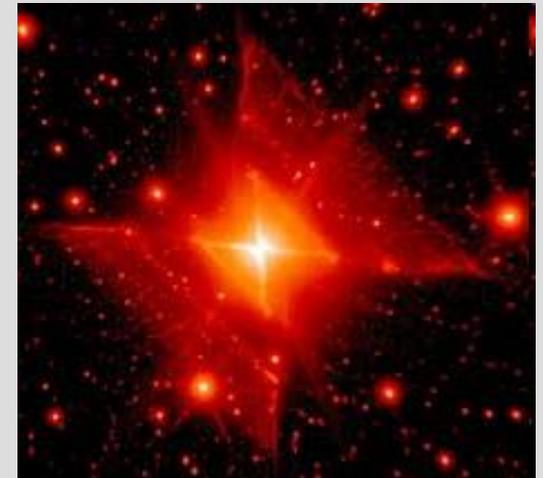


# Spektroskopische Veränderlichenbeobachtung im engeren Sinne

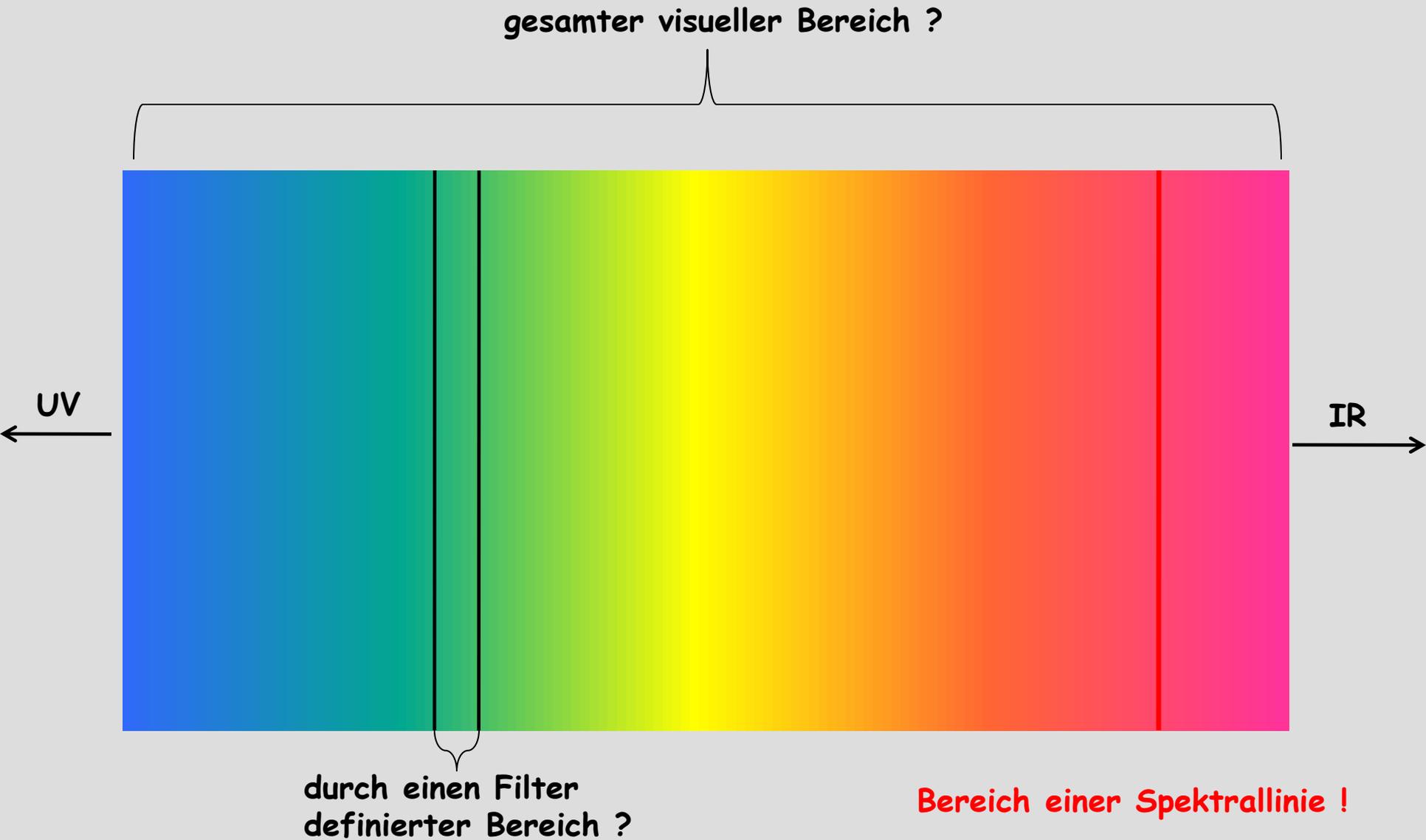
oder

## Lässt ein Stern seine Hülle fallen ?

von Bernd Hanisch



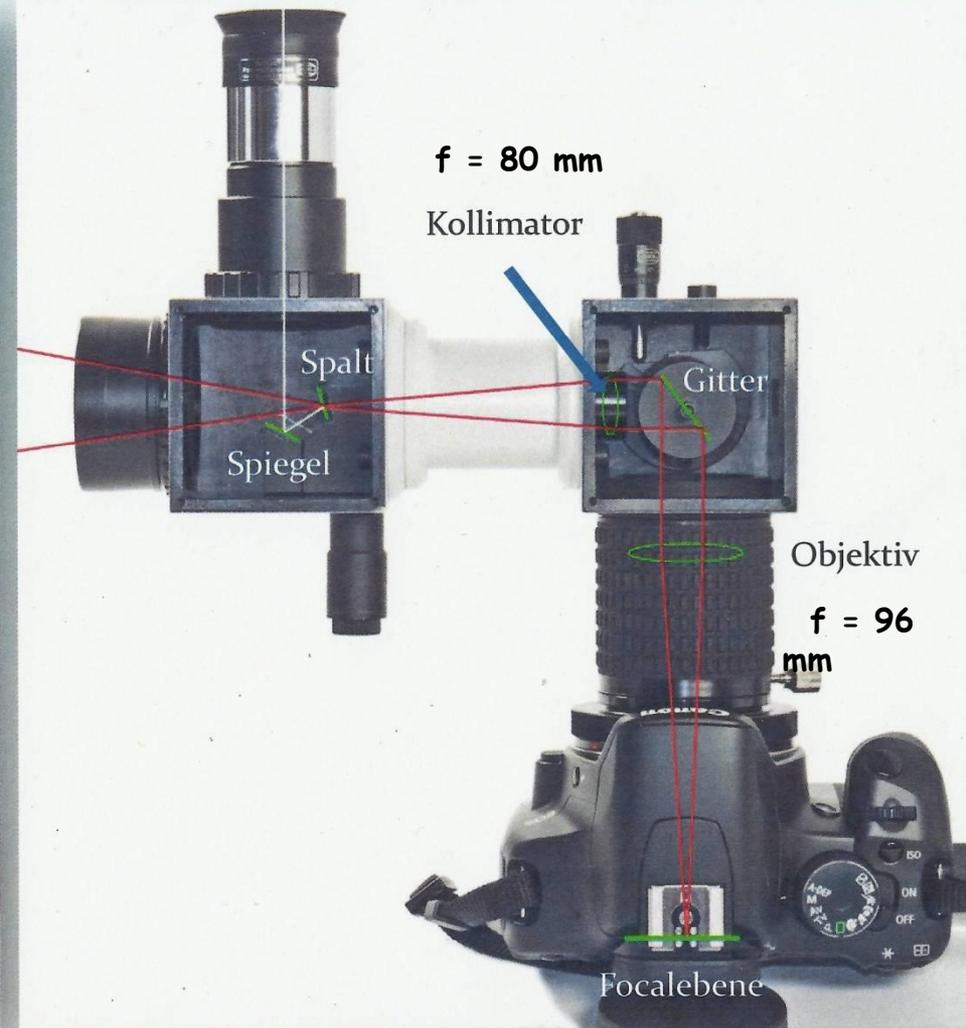
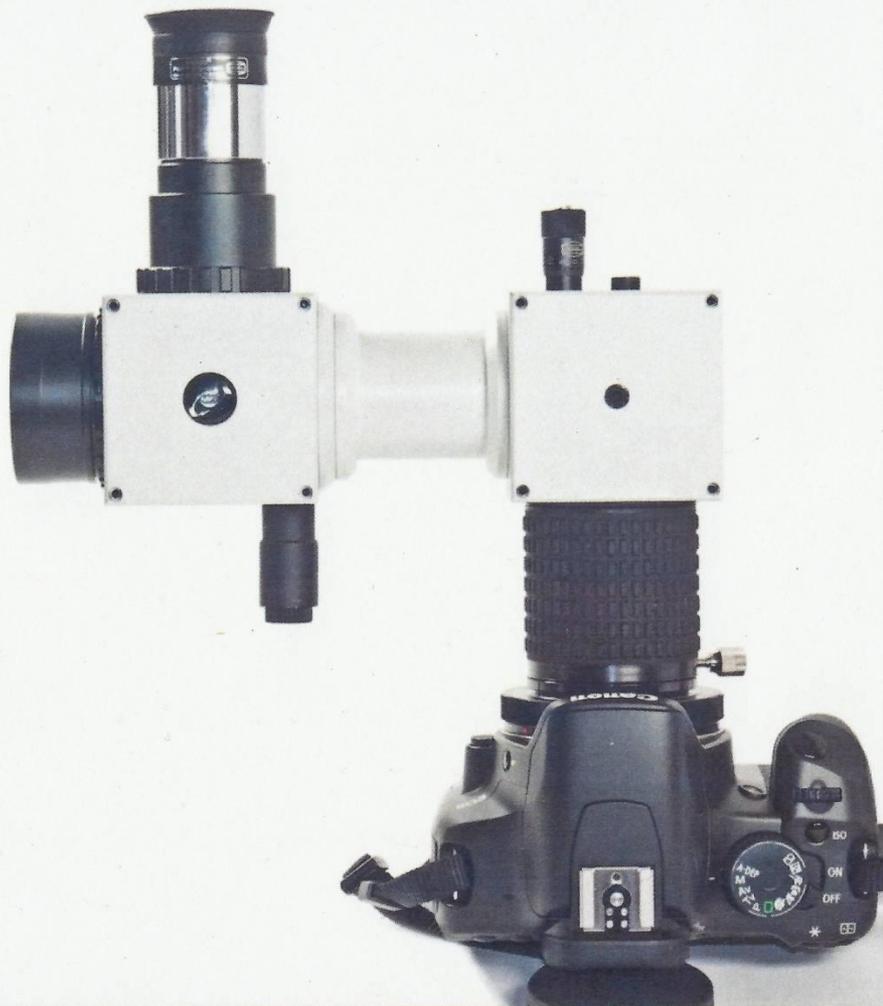
# Was heißt hier „im engeren Sinne“?



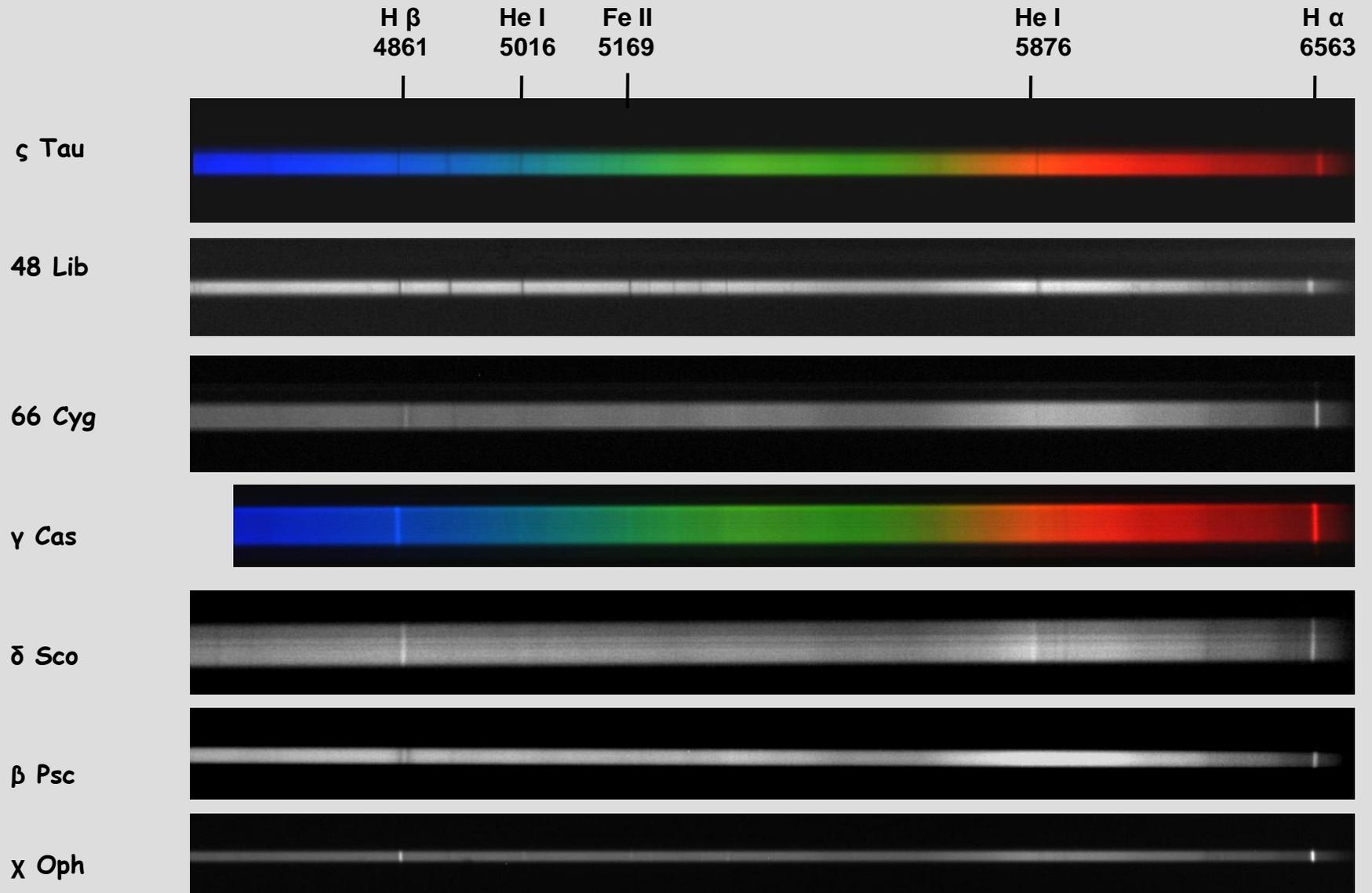


**Meniscas 180/1800 auf EQ 8 mit  
Gitterspektrograf DADOS 1200  
und DSLR EOS 6D astromodifiziert**

# Strahlengang im DADOS-Spektrographen



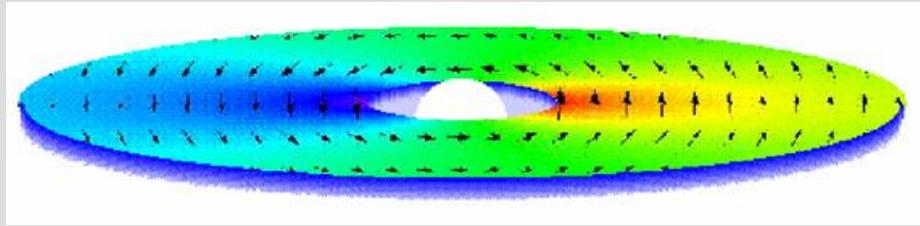
# Spektren heller Be-Sterne



## 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>

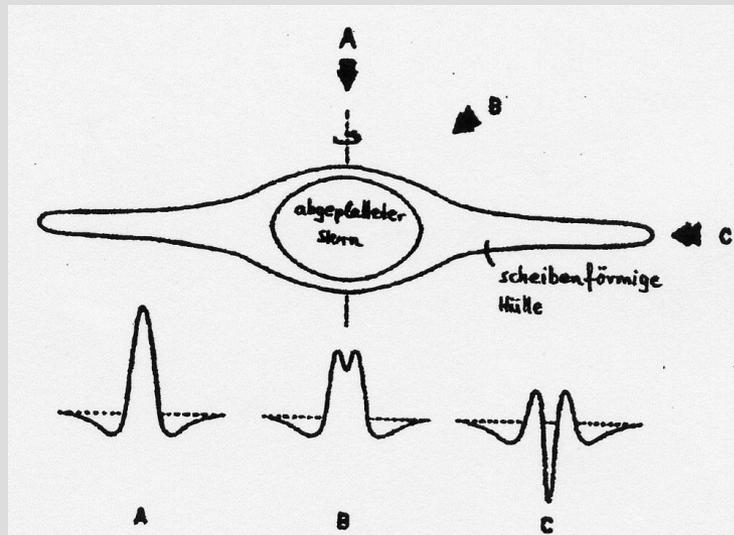
### mögliche Ursachen der Scheibenentstehung:

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

# Linienprofile/Variationen der Be-Sterne

- 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

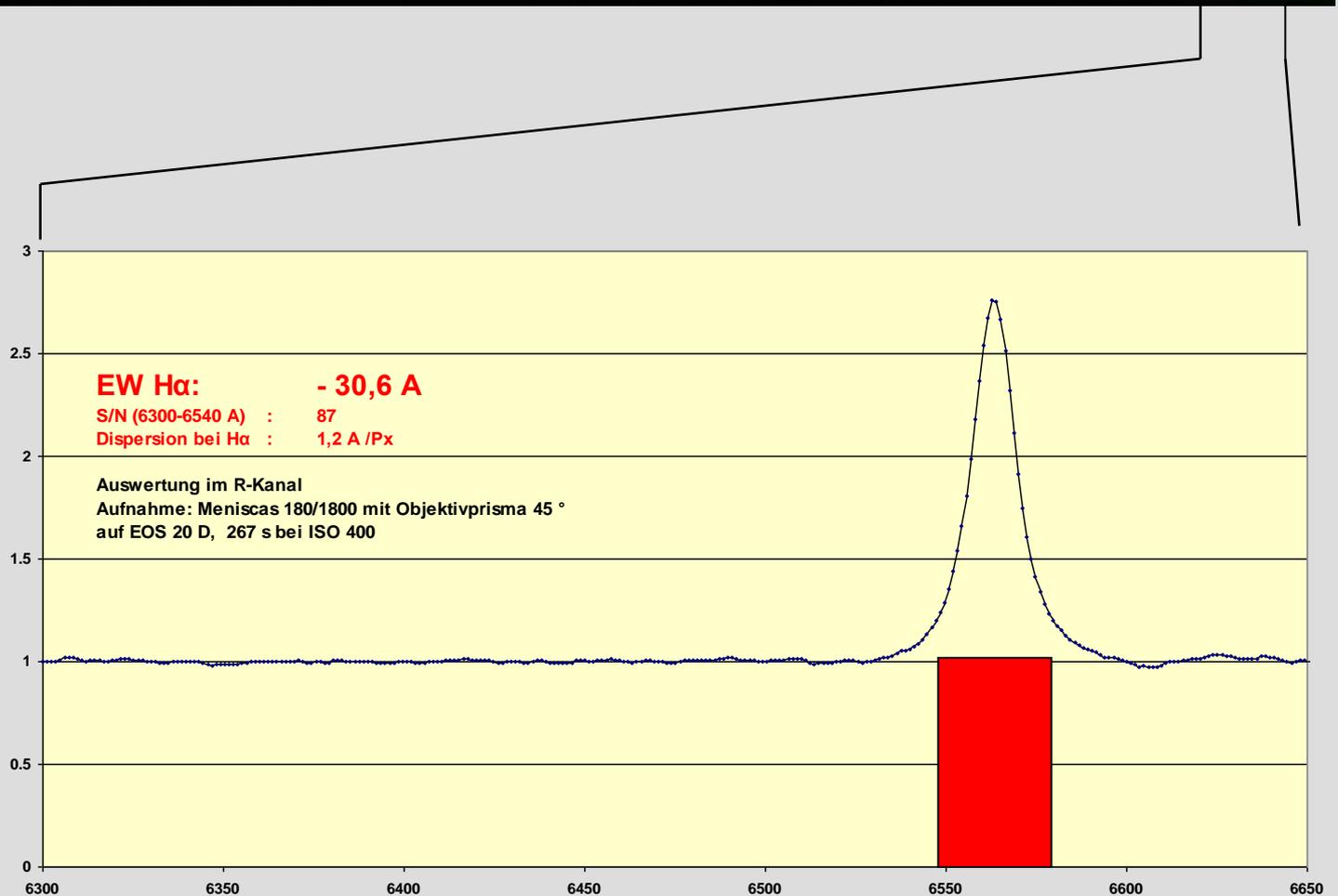
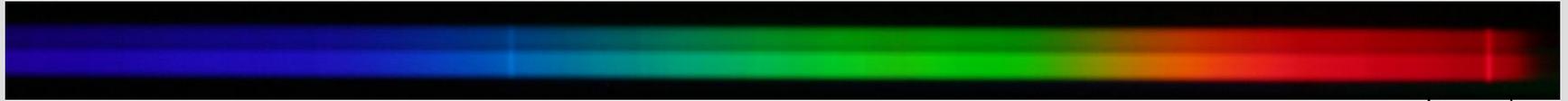
Linienprofile:



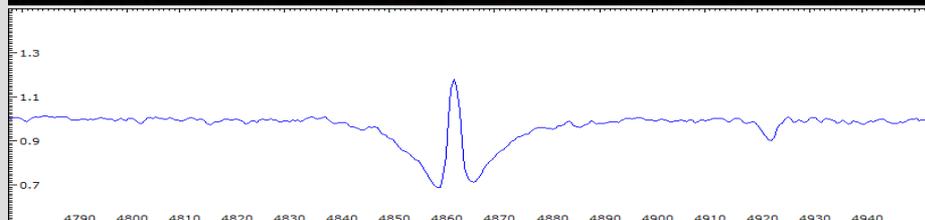
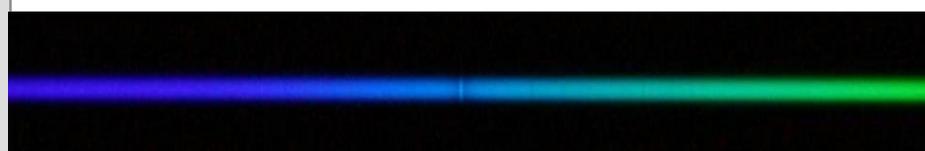
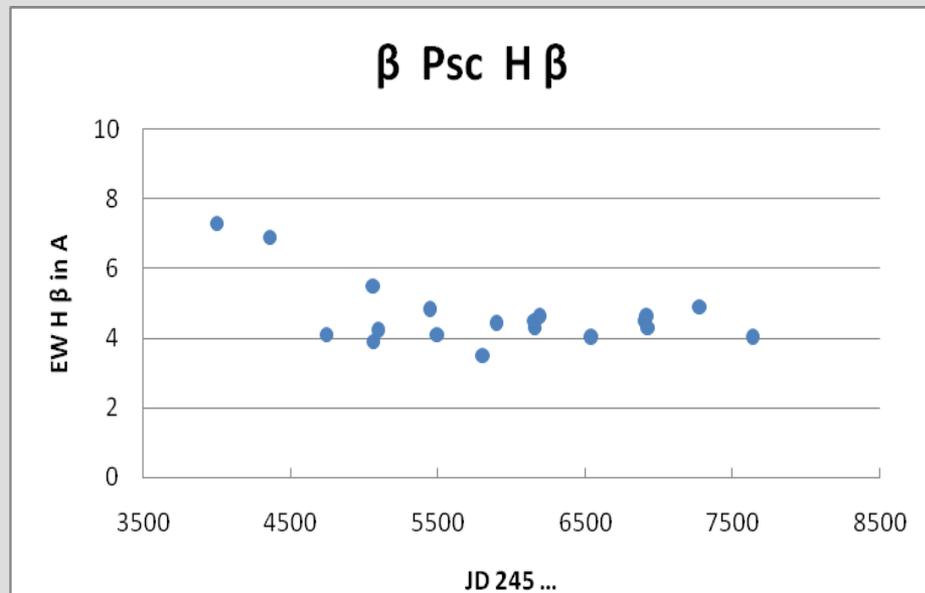
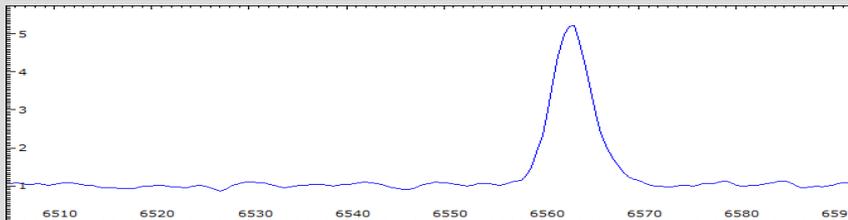
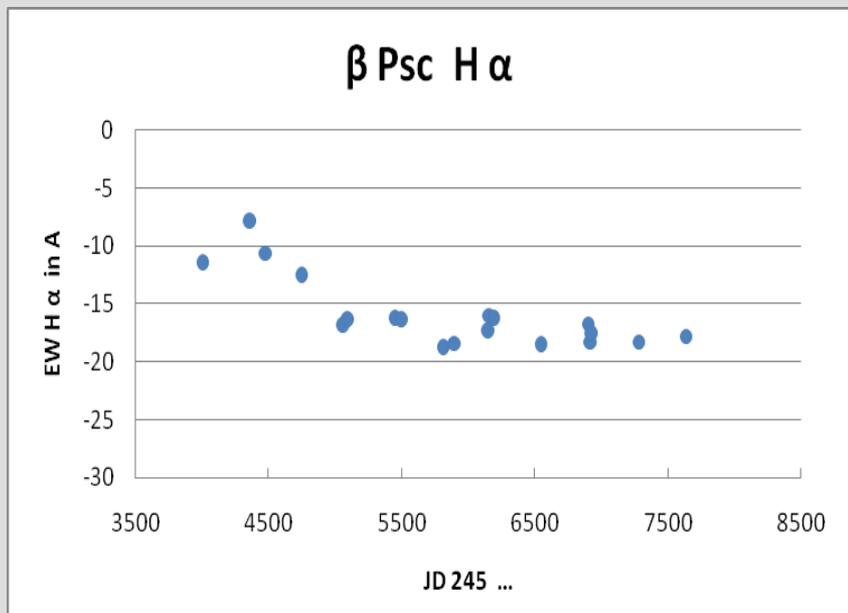
Grafik: aus Slettebak, The Be-Stars  
[1979], S.545

# Äquivalentbreite der H-Alpha-Linie des Sterns $\gamma$ Cas

H  $\alpha$   
6563 Å

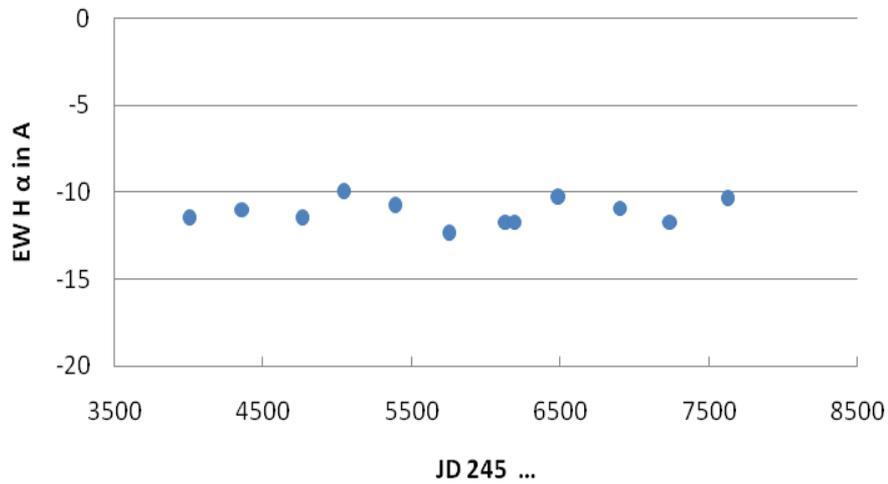


# $\beta$ Psc - Ein Beispiel für langsamen Hüllenaufbau

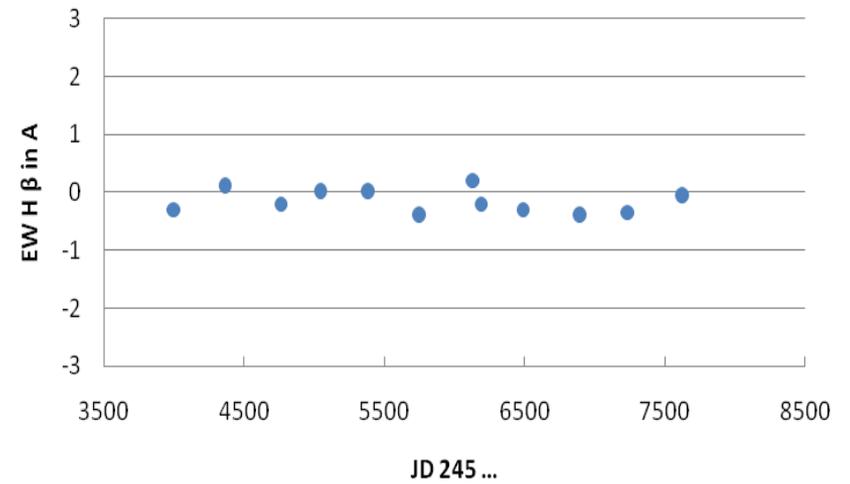


# 59 Cygni - ein Beispiel für relative Konstanz der Gashülle

## 59 Cyg H $\alpha$

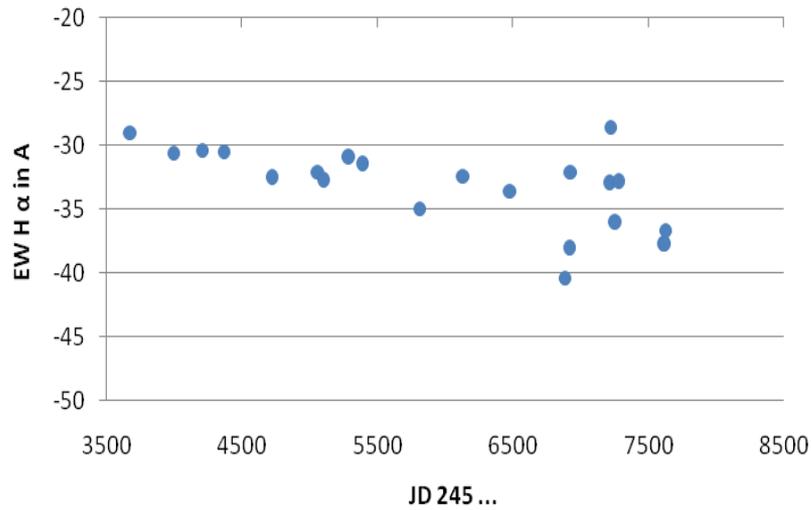


## 59 Cyg H $\beta$

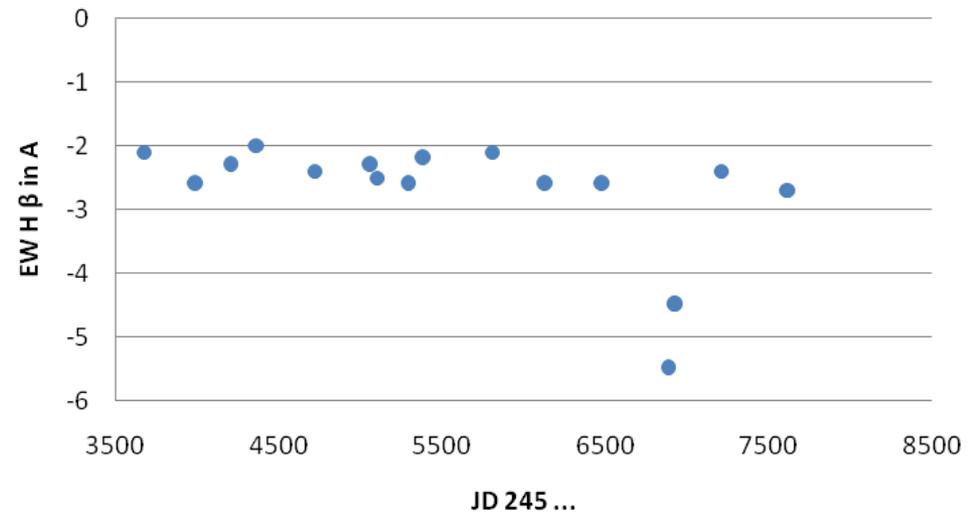


# $\gamma$ Cas - Ein Beispiel für stärkere Schwankungen in der Gashülle

## Gamma Cas H $\alpha$

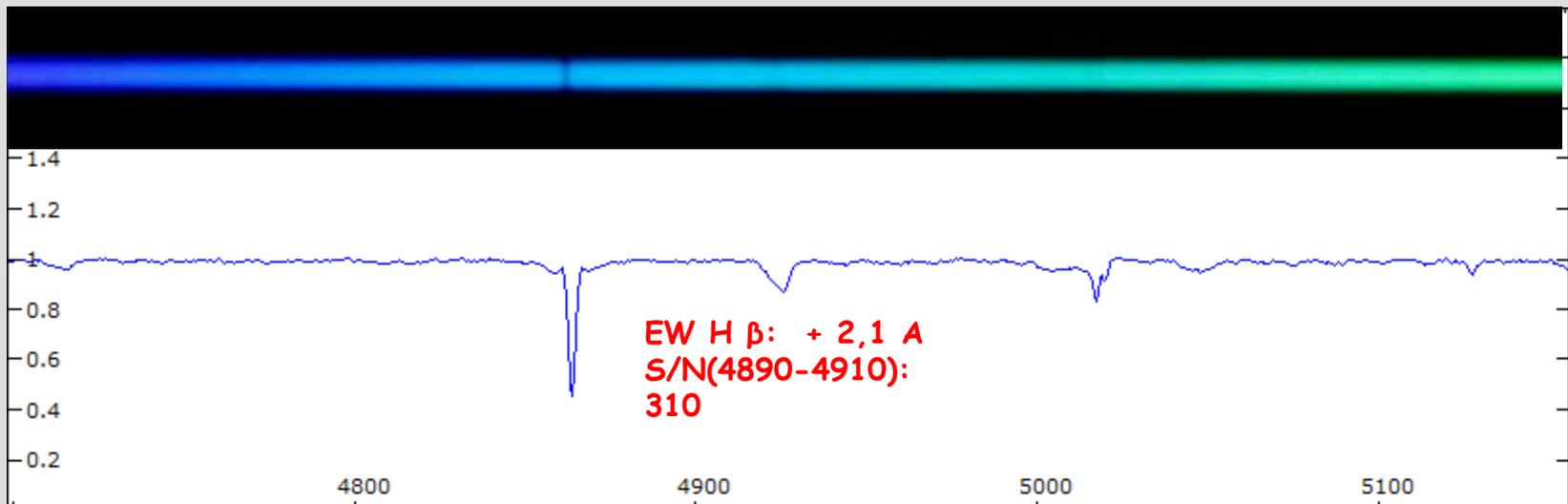
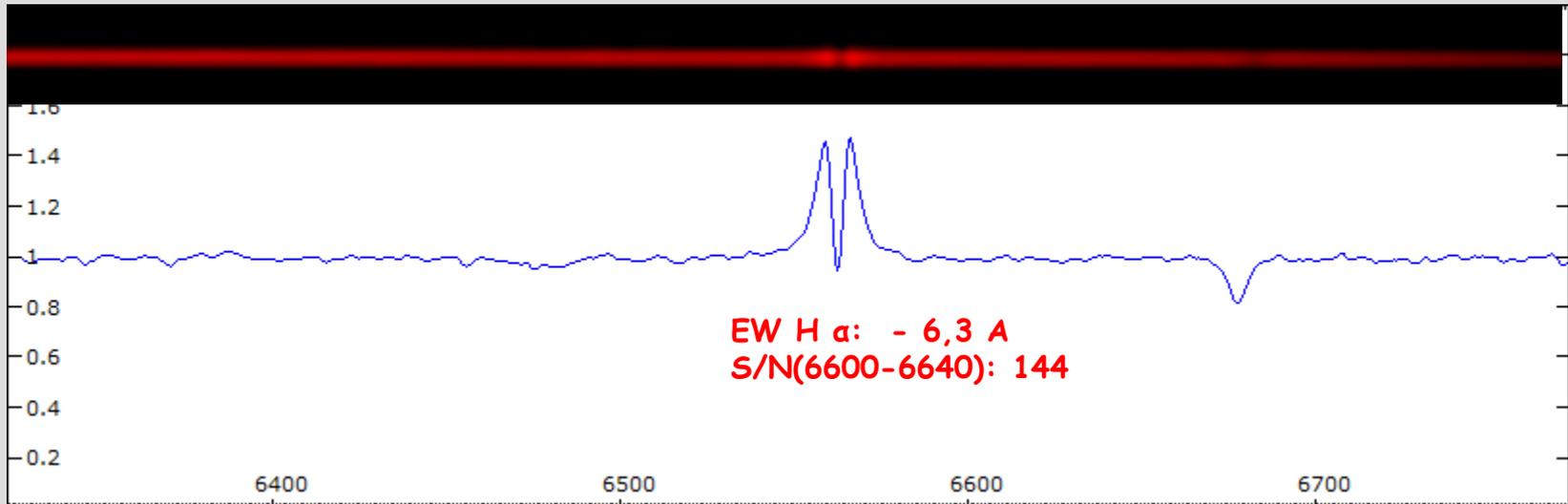


## Gamma Cas H $\beta$



# Spektrum von Zeta Tau JD: 245 7753,4 (30.12.2016)

Spektraltyp: B4 III pe

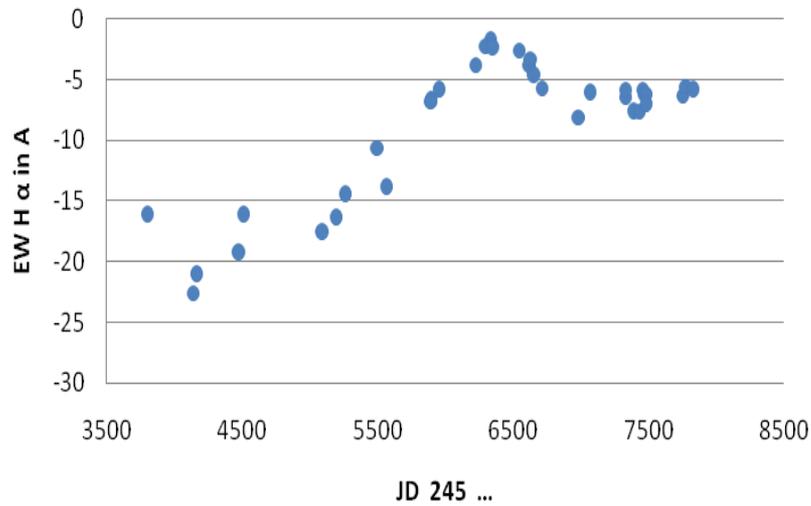


Aufnahme H $\alpha$ -Bereich: Meniscas 180/1800 mit DADOS 1200 und EOS 6Da 485 s bei 200 ISO Spalt: 25  $\mu$ m

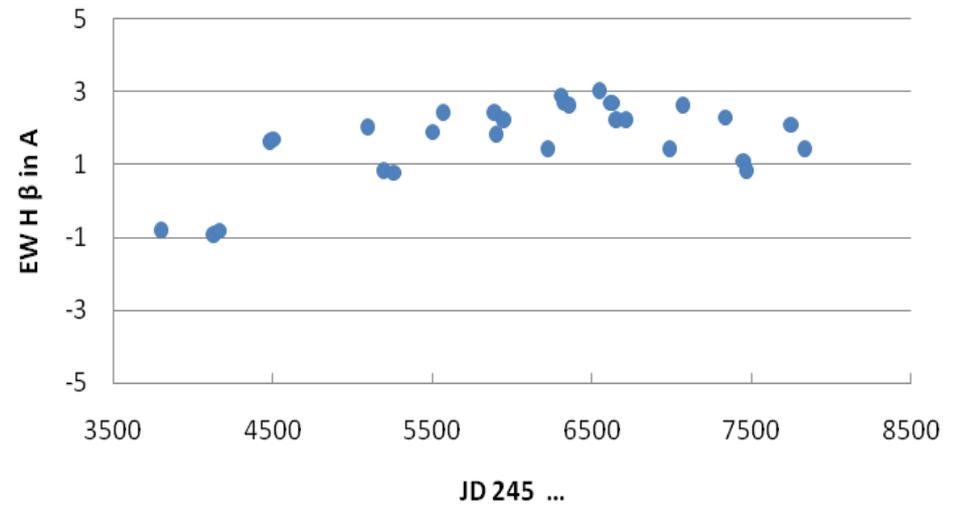
Aufnahme H $\beta$ -Bereich: Meniscas 180/1800 mit DADOS 1200 und EOS 6Da 166 s bei 200 ISO Spalt: 25  $\mu$ m

# $\zeta$ Tau - Ein Beispiel für langsamen Hüllenverlust

## $\zeta$ Tau H $\alpha$



## $\zeta$ Tau H $\beta$





## 66 Ophiuchi

(Floquet et al.; Variability and pulsations in the Be star 66 Ophiuchi; A&A 394, 137-149 (2002))

**T eff:** 23850 +/- 900 K

**Spektrum:** B 2 V

**v sin i:** 280 +/- 15 km/s

**V vis:** ~ 4,6 magn.

**log L/L<sub>sun</sub>:** 4,0 +/- 0,4

**M/M<sub>sun</sub>:** 12,0 +/- 1,0

**log g:** 3,95 +/- 0,08

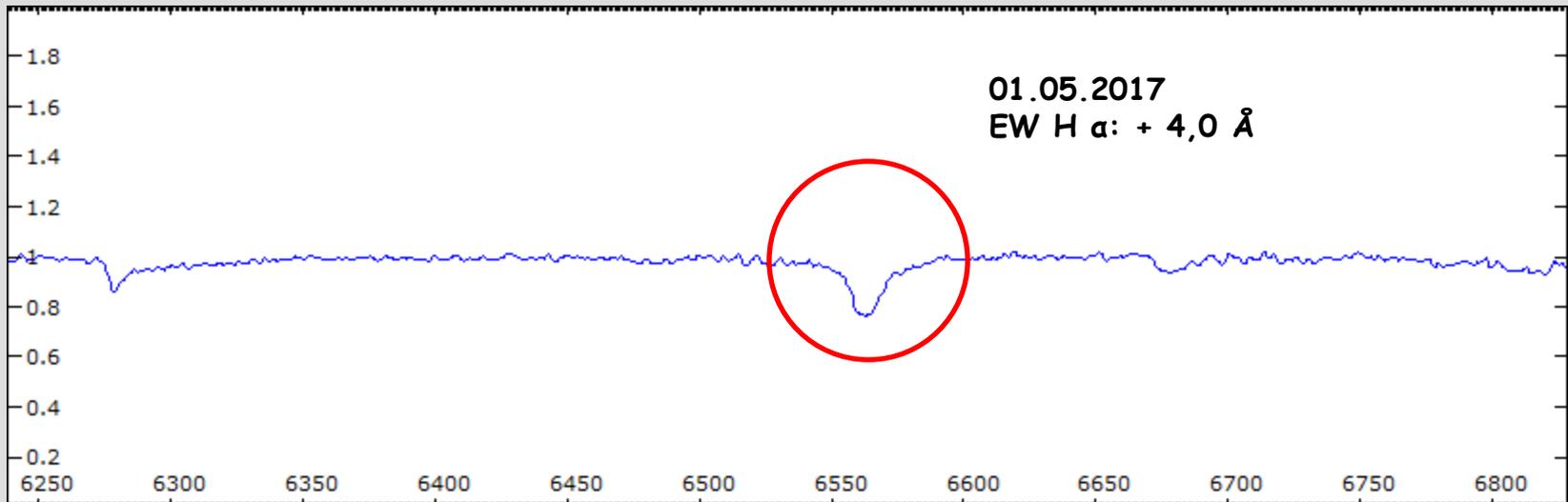
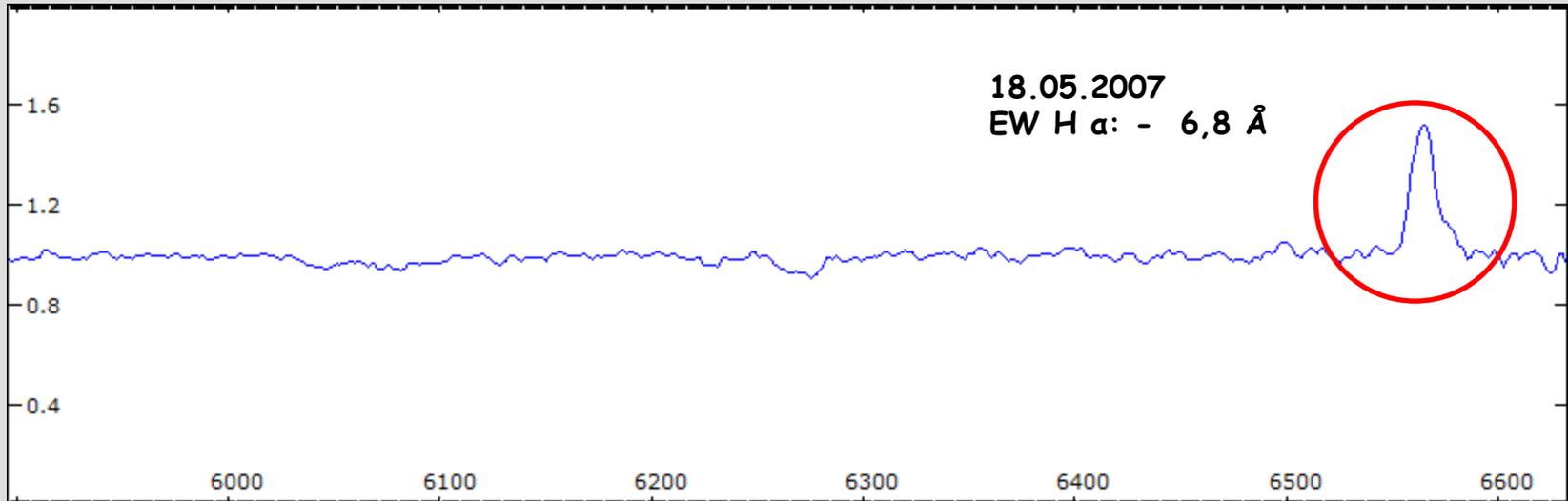
# 66 Ophiuchi

(Floquet et al.; Variability and pulsations in the Be star 66 Ophiuchi; A&A 394, 137-149 (2002))

## Historie:

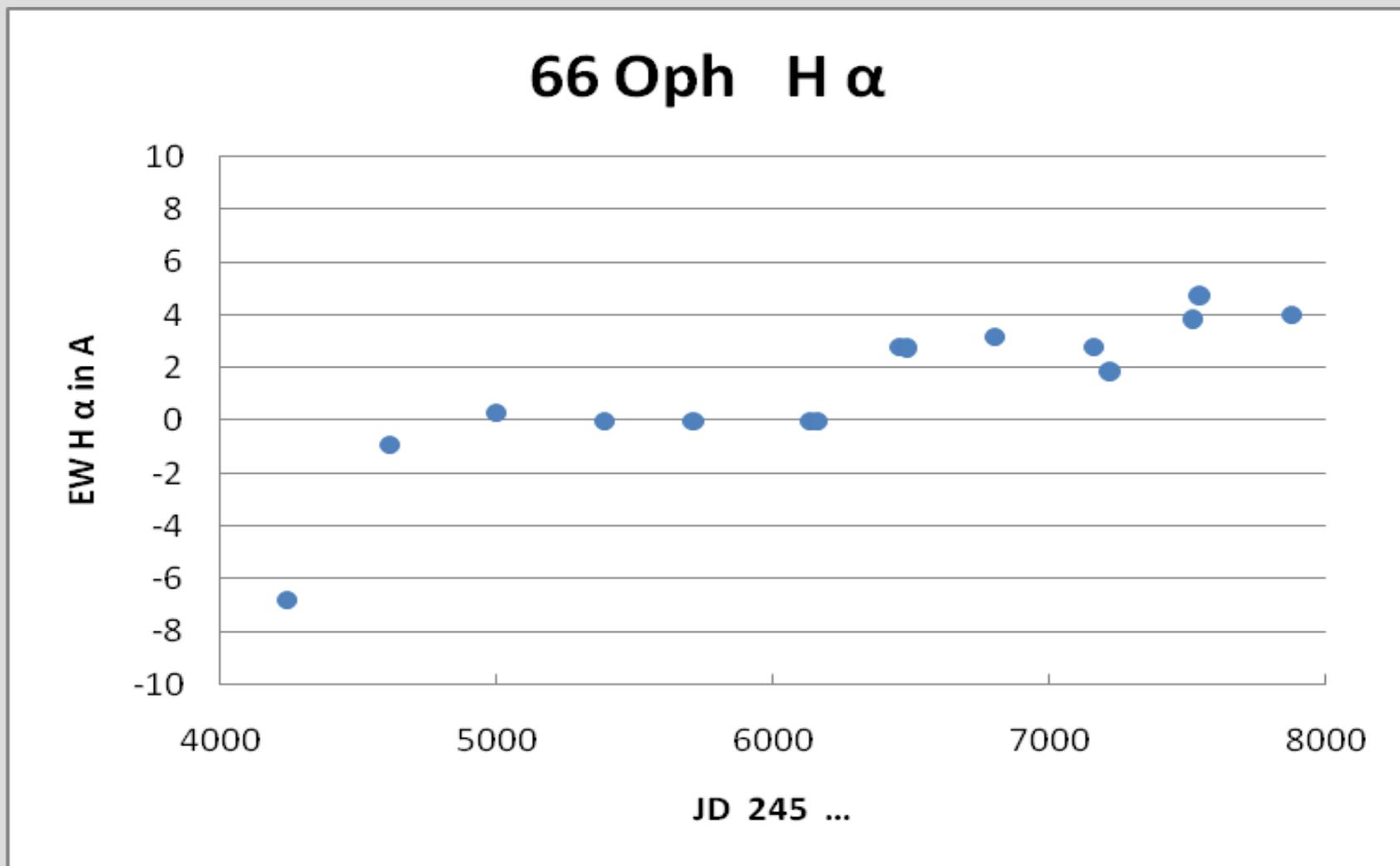
- 1933: Entdeckung von Balmer-Linien in Emission durch Merrill & Burwell
- 1955: Minimum der Emissionsintensität der Balmer-Linien
- bis 1993: stetiger Anstieg der EW von H $\alpha$  auf bis zu - 60 Å
- ab 1993 : stetige Abnahme der EW von H  $\alpha$
- 2017: EW H  $\alpha$  im Bereich von + 4 Å

## Übergang der H $\alpha$ -Linie von Emission in Absorption bei 66 Oph (2)

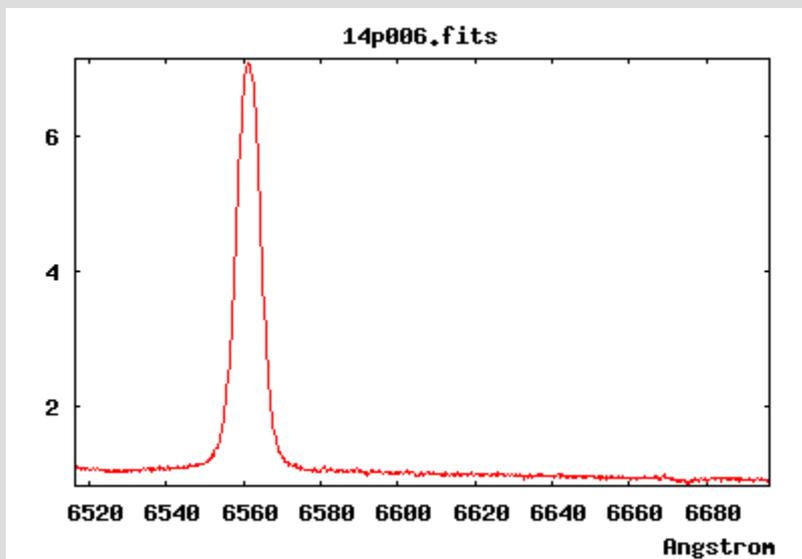


Aufnahme: oben: Meniscas 180/1800 mit Objektivprisma 45° BK 2 und EOS 20 D 279 s bei 400 ISO  
unten: Meniscas 180/1800 mit DADOS 1200 und EOS 6 D a 1531 s bei 400 ISO

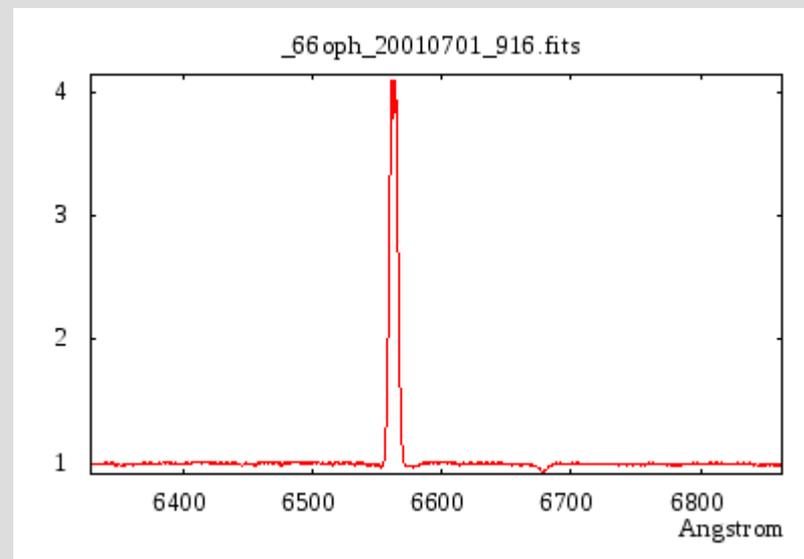
# Übergang der H $\alpha$ -Linie vom Emission in Absorption bei 66 Oph (2)



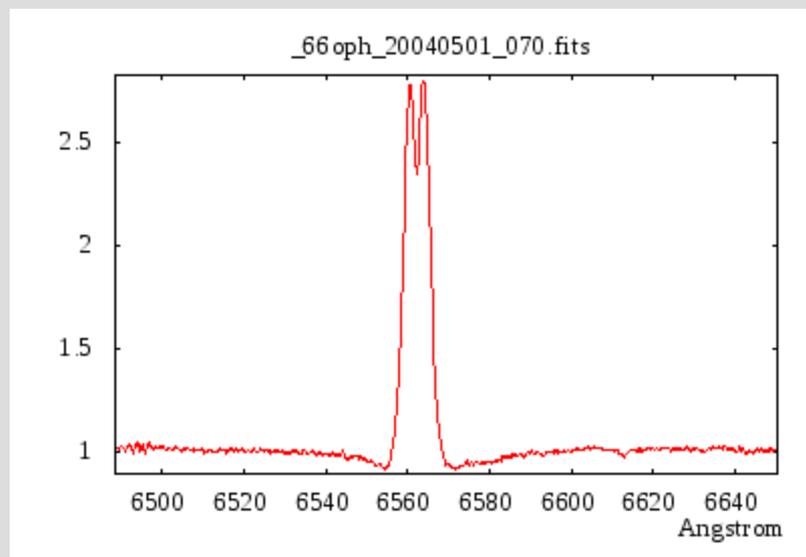
# Übergang der H $\alpha$ -Linie vom Emission in Absorption bei 66 Oph (3)



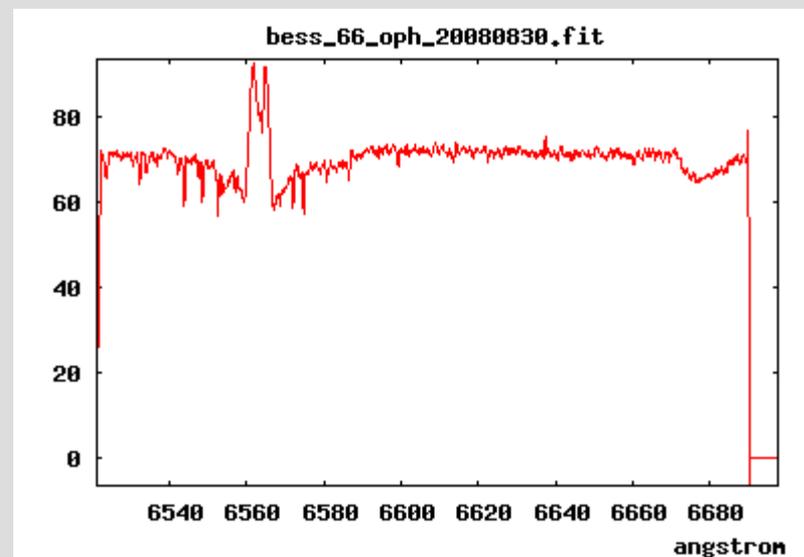
Desnoux 24.02.1996



Buil 01.07.2001

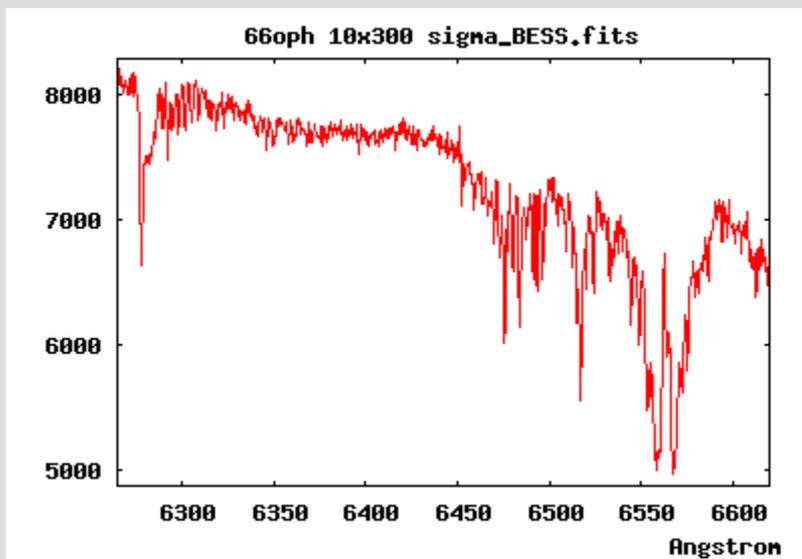


Buil 01.05.2004

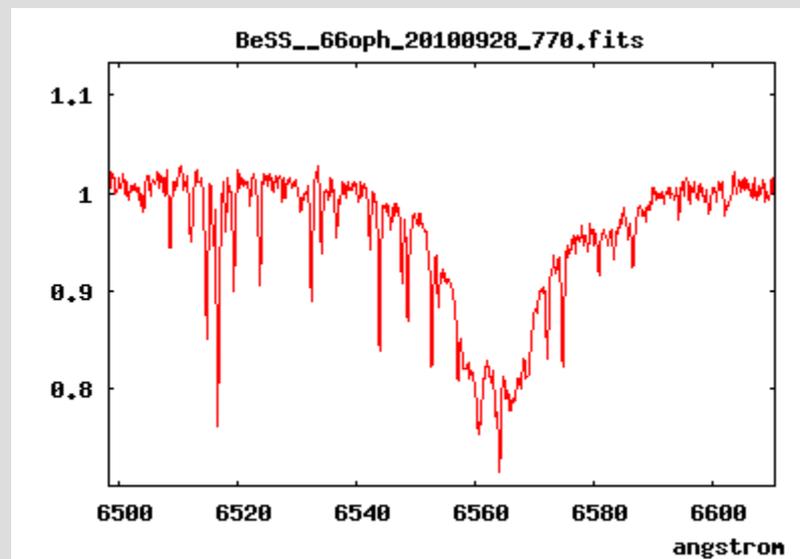


Mauclaire 30.08.2008

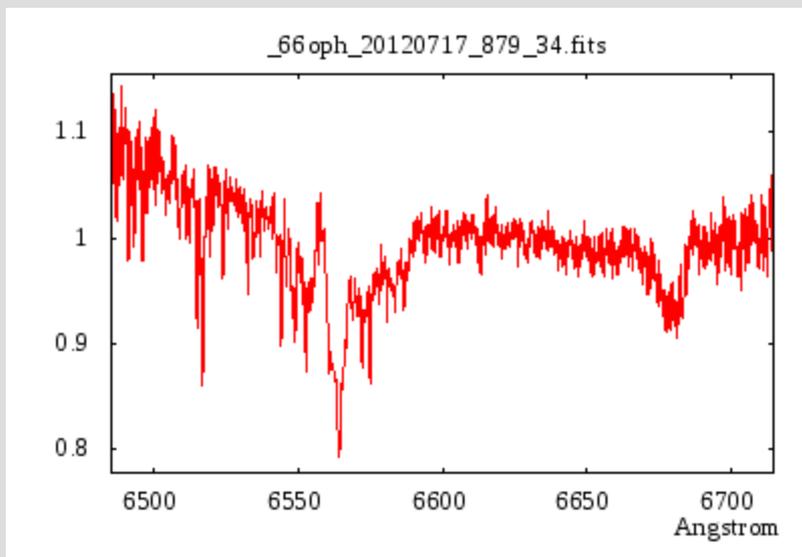
# Übergang der H $\alpha$ -Linie vom Emission in Absorption bei 66 Oph (4)



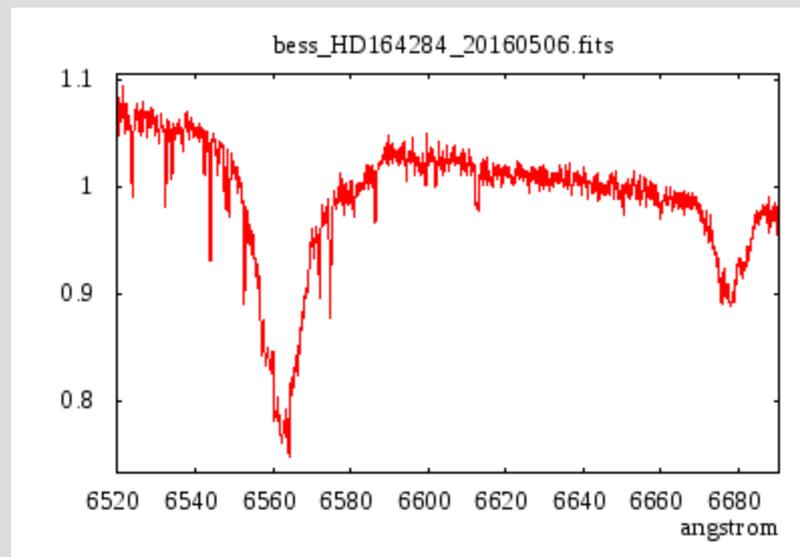
Kalajian 04.08.2009



Garrel 28.09.2010

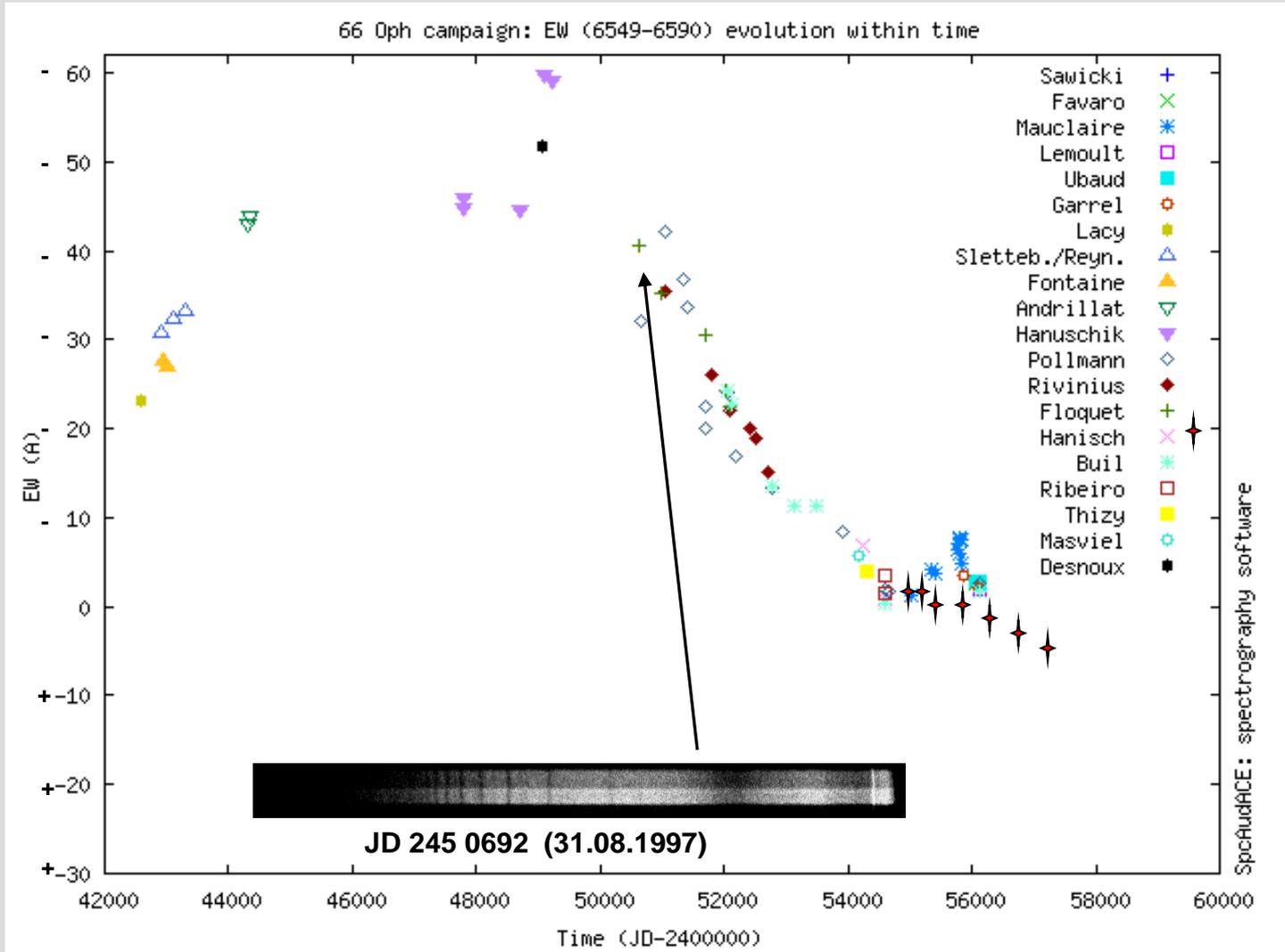


Buil 17.07.2012



Houpert 06.05.2016

# Entwicklung der EW H $\alpha$ bei 66 Oph seit 1974



Quelle: [bmauclaire.free.fr/astromie/spectro/.../66\\_oph](http://bmauclaire.free.fr/astromie/spectro/.../66_oph) (+ eigene Messungen)

## Fazit:

Das ist nichts für „eilige Leute“ !

Viele Beobachtungen (und Beobachter) machen lückenlosere Kurven!

Auch mit bescheidener Ausrüstung sind Beiträge zur Beobachtung möglich !

**Lässt ein Stern seine Hülle fallen ?**

**... ja er lässt, und wir konnten dabei  
zusehen!**