

# Algol

Spektrale Beobachtungen des  
Bedeckungsveränderlichen  $\beta$  Per

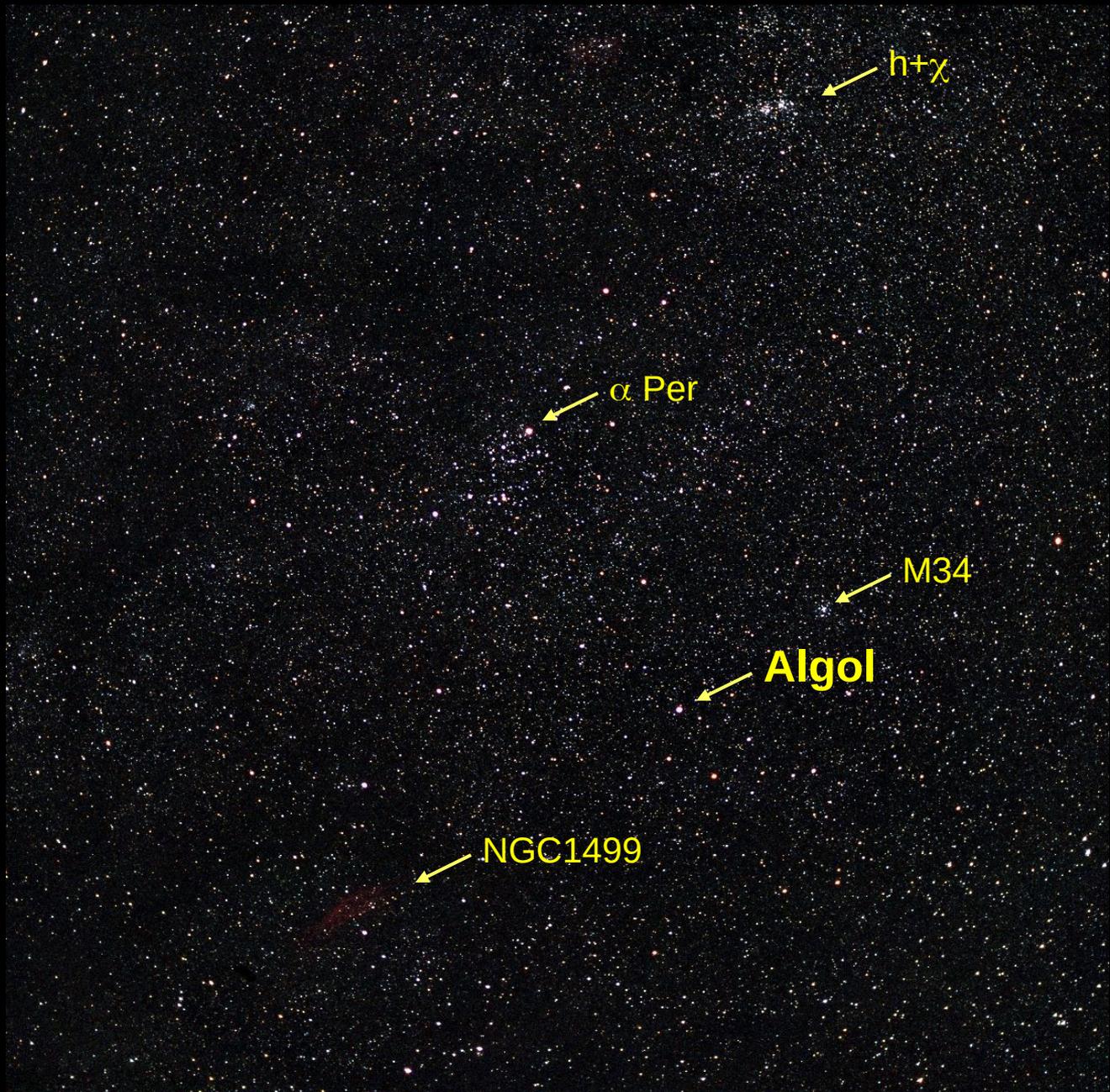
**Bernd Bitnar, Ulrich Waldschläger**

BAV Beobachtertreffen 20. Mai 2017, Hartha

# **Das Sternbild Perseus**







h+χ

α Per

M34

**Algol**

NGC1499

# Übersicht

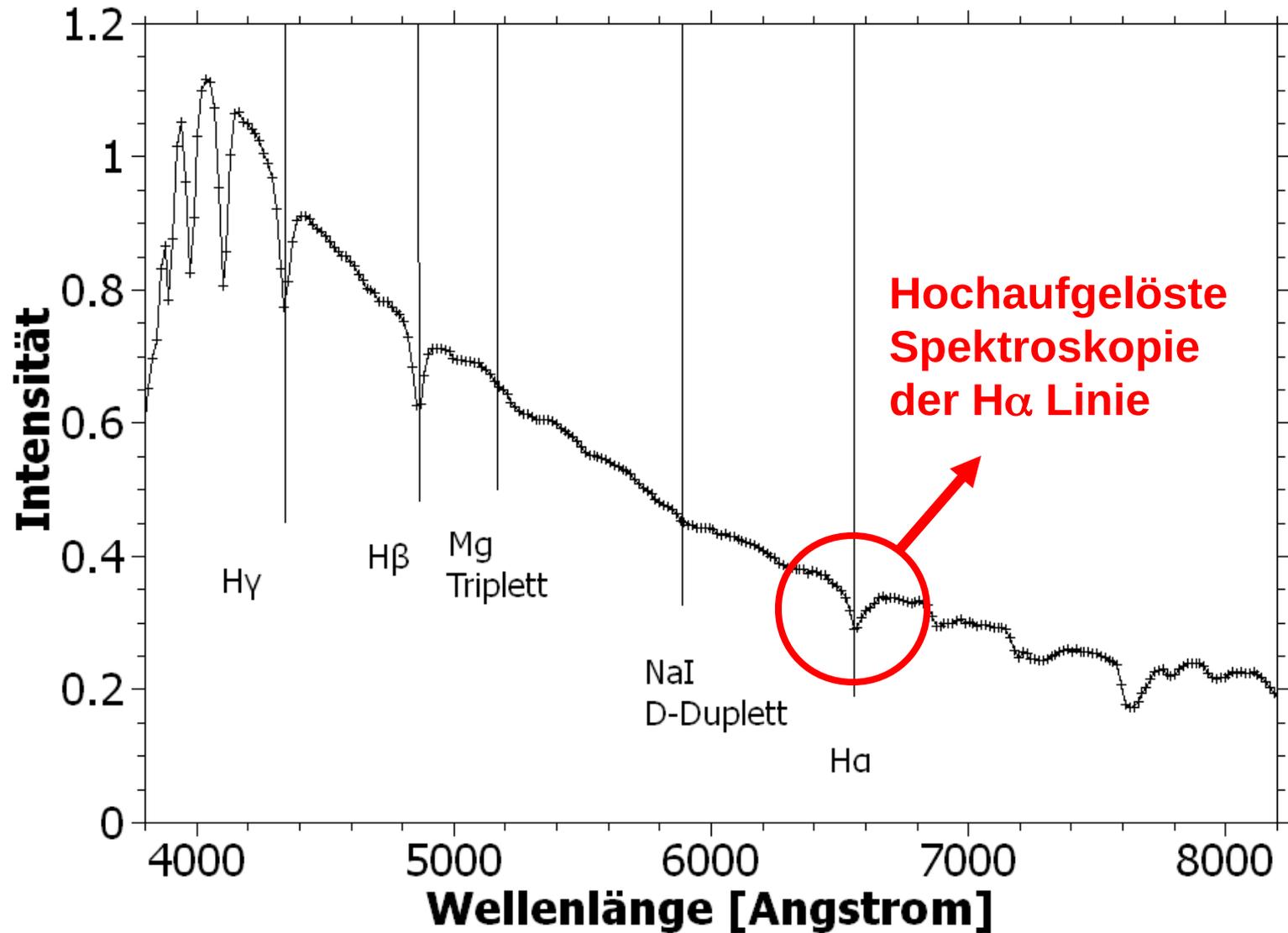
**Hochaufgelöste Spektroskopie der H $\alpha$  Linie**

**Messung der Orbitbewegung**

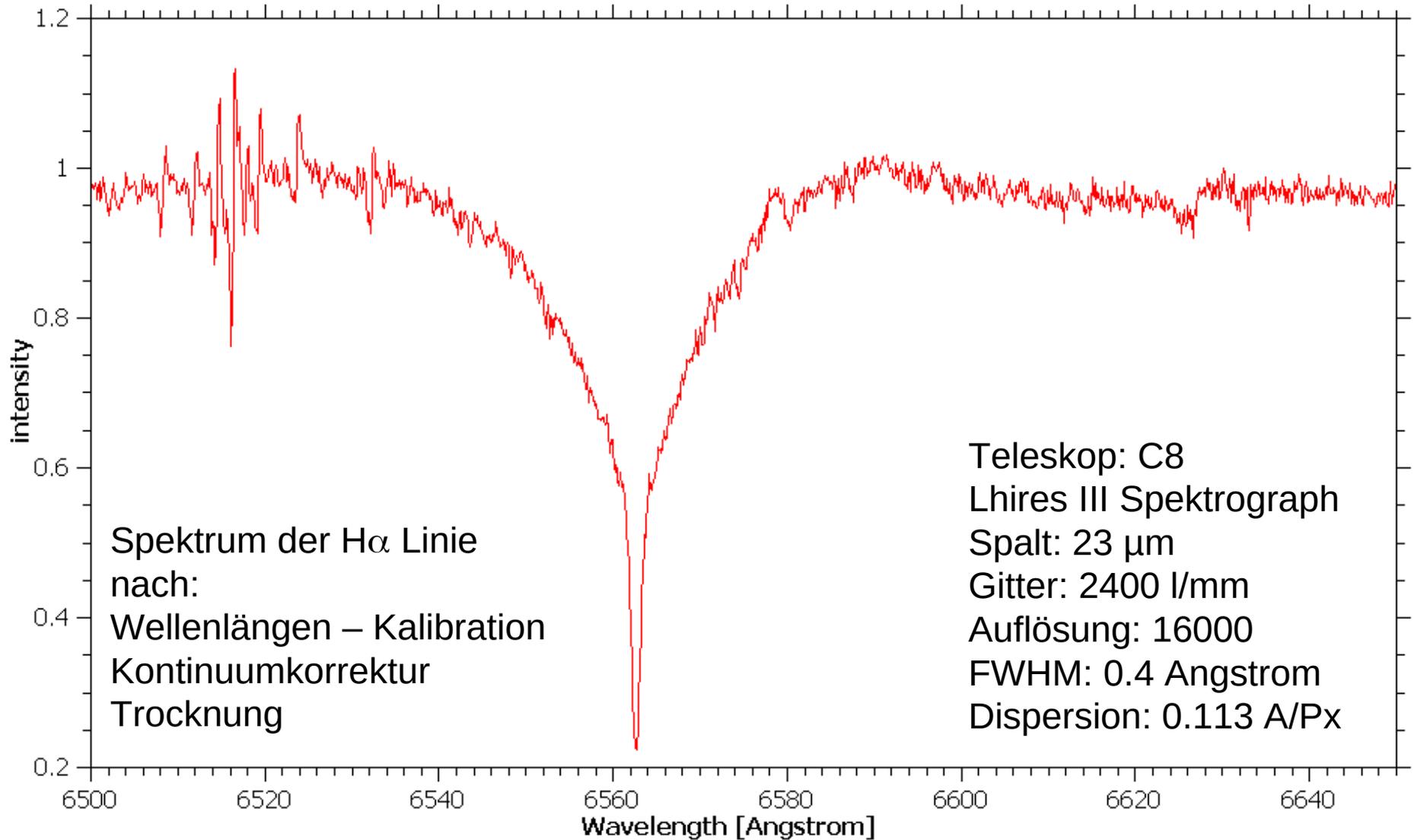
**Untersuchung des Massentransfers**

# **Hochaufgelöste Spektroskopie der H $\alpha$ Linie**

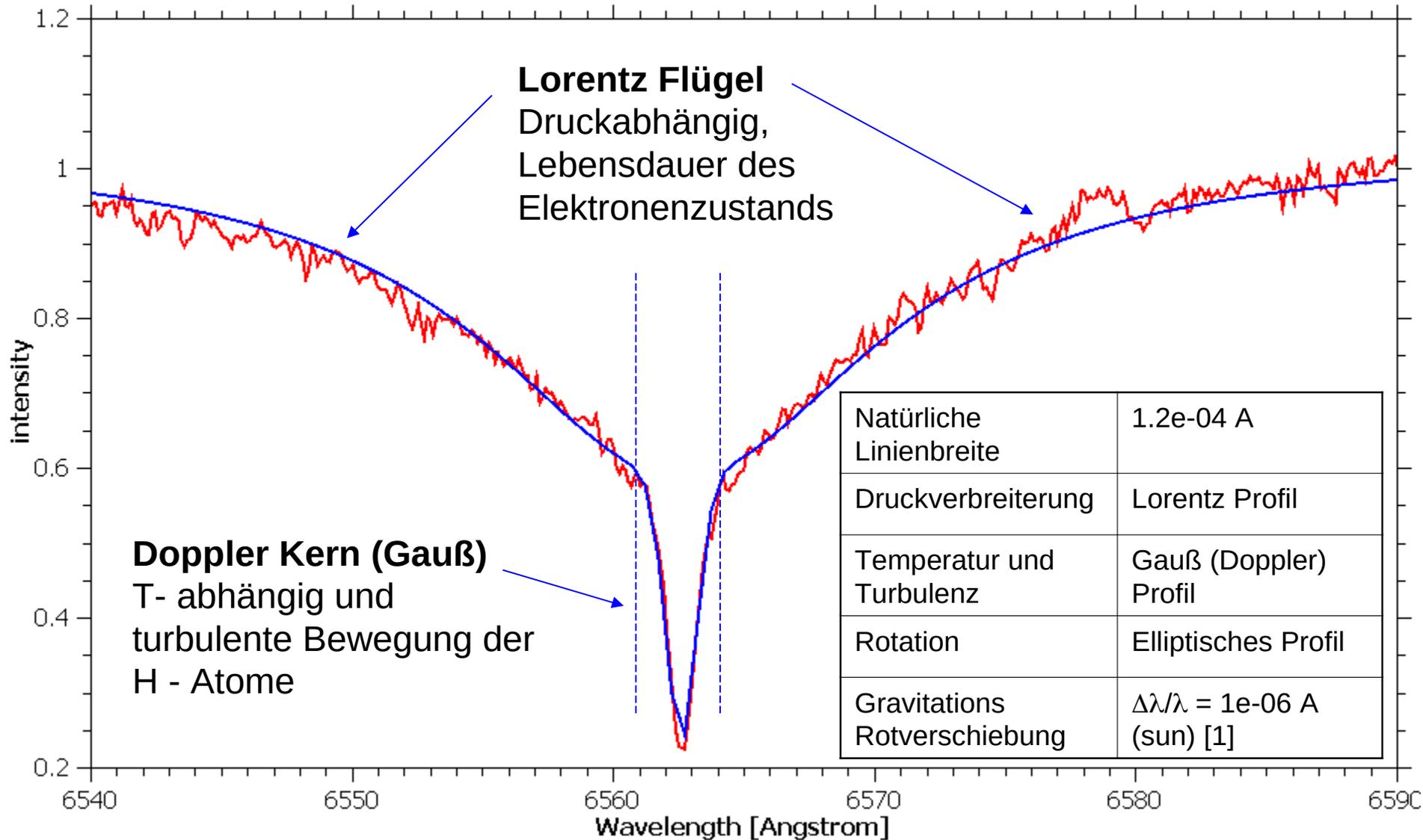
# Spektrum des A0 Sterns Wega



**Wega 31. 07. 2014**



# Wega 31. 07. 2014

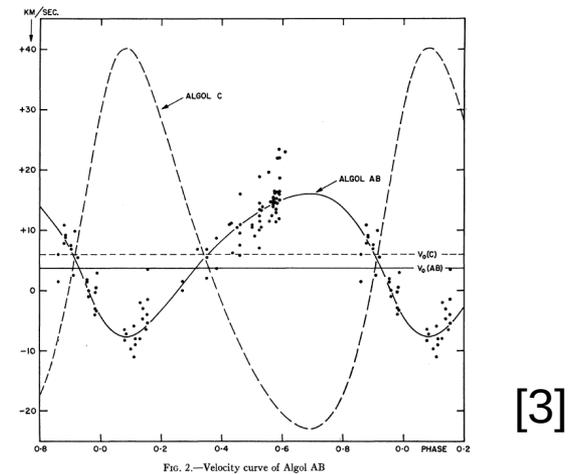
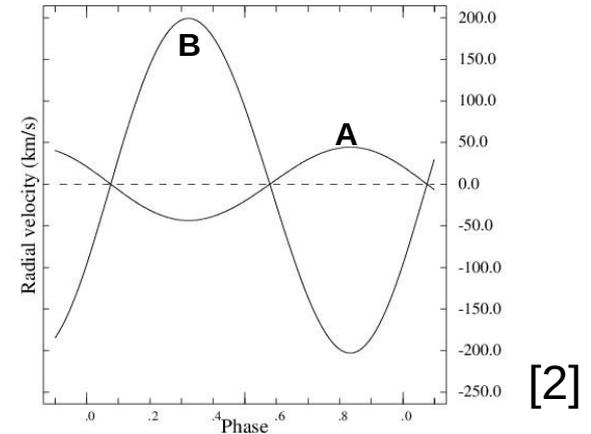


[1] Voigt, Abriss der Astronomie, BI 1991

# **Physikalische Parameter der Algol - Systems**

# Parameter von Algol ( $\beta$ Per) [2,3,4]

HD	19 356
Brightness (V) [mag]	2.12
Spectral type	B8V + K2IV
Mass [sun mass]	3.39 + 0.77
Radius [sun radius]	2.9 + 3.4
Temperature [K]	12550 + 4900
Radial velocity [km/s]	4.0
Periode [d]	2.8673
Inclination	97.69°
Excentricity	0.02
K1 [km/s]	44.1
Algol C – periode [years]	1.862
$K_{\text{Algol C}}$ [km/s]	11.9
$T_{0 \text{ Algol C}}$ (max.pos.v)	1952.05
Entfernung [Pc]	31 +- 3

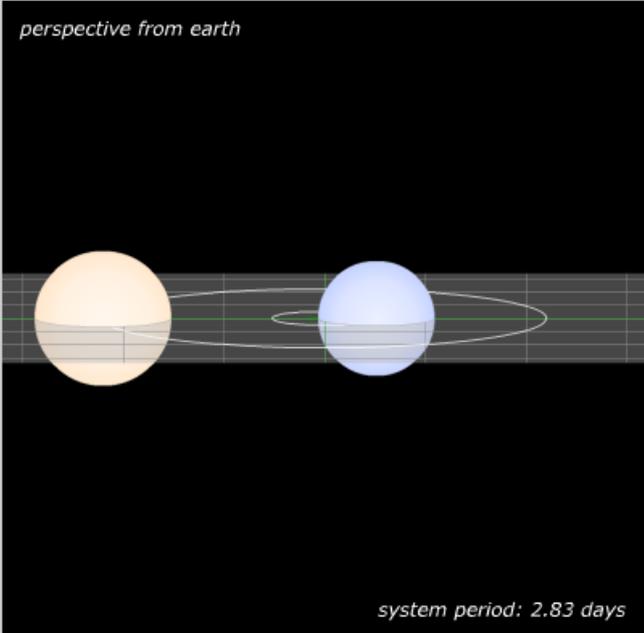


- [2] 9<sup>th</sup> Catalogue of spectroscopic binary orbits, <http://sb9.astro.ulb.ac.be>  
 [3] G. Hill et al, Astrophys. J. 168, pp. 443 – 460, (1971)  
 [4] V. Kolbas et al., Mon.Not.R.Astron.Soc, arXiv:1506.01254v1 (2015)

# Eclipse Simulator

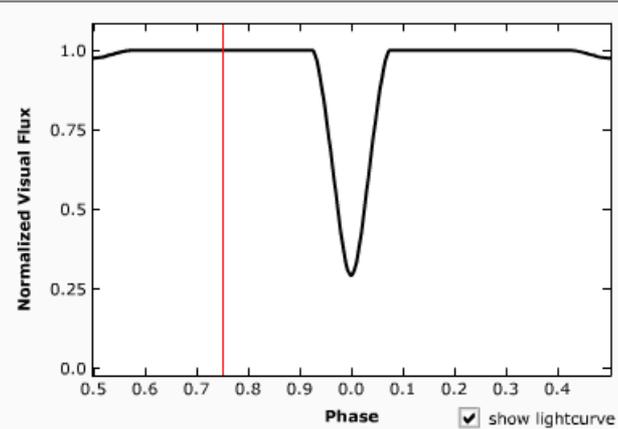
Eclipsing Binary Simulator reset help about

*perspective from earth*



*system period: 2.83 days*

**Normalized Visual Flux**



Phase  show lightcurve

**System Orientation**

longitude:  °

inclination:  °

**Animation and Visualization Controls**

phase:

lock on perspective from earth  
 show orbital paths  
 show orbital plane

**Presets**

- select a preset -

**Star 1 Properties**

mass:   $M_{\odot}$

radius:   $R_{\odot}$

temperature:  K

**Star 2 Properties**

mass:   $M_{\odot}$

radius:   $R_{\odot}$

temperature:  K

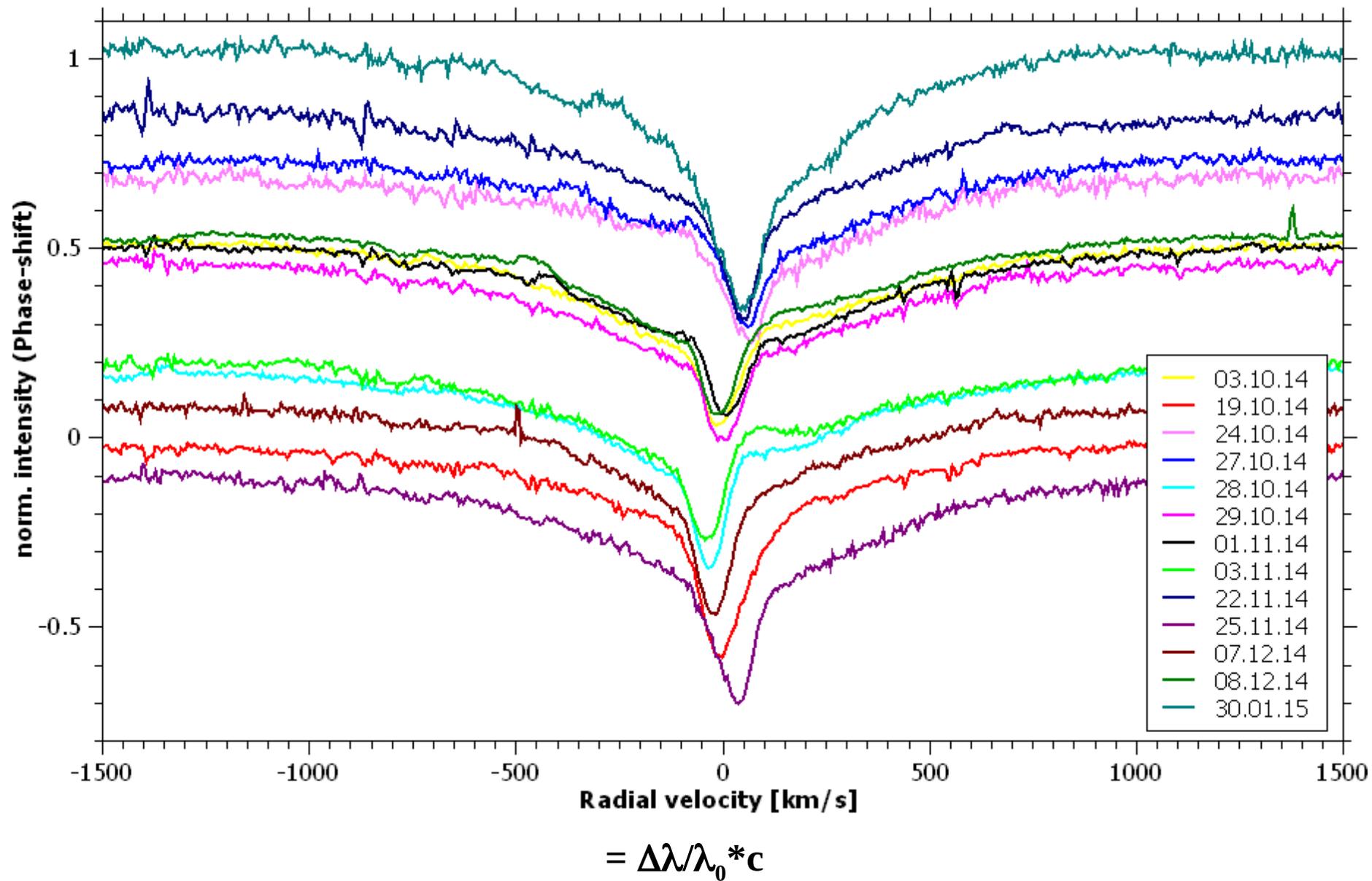
**System Properties**

separation:   $R_{\odot}$

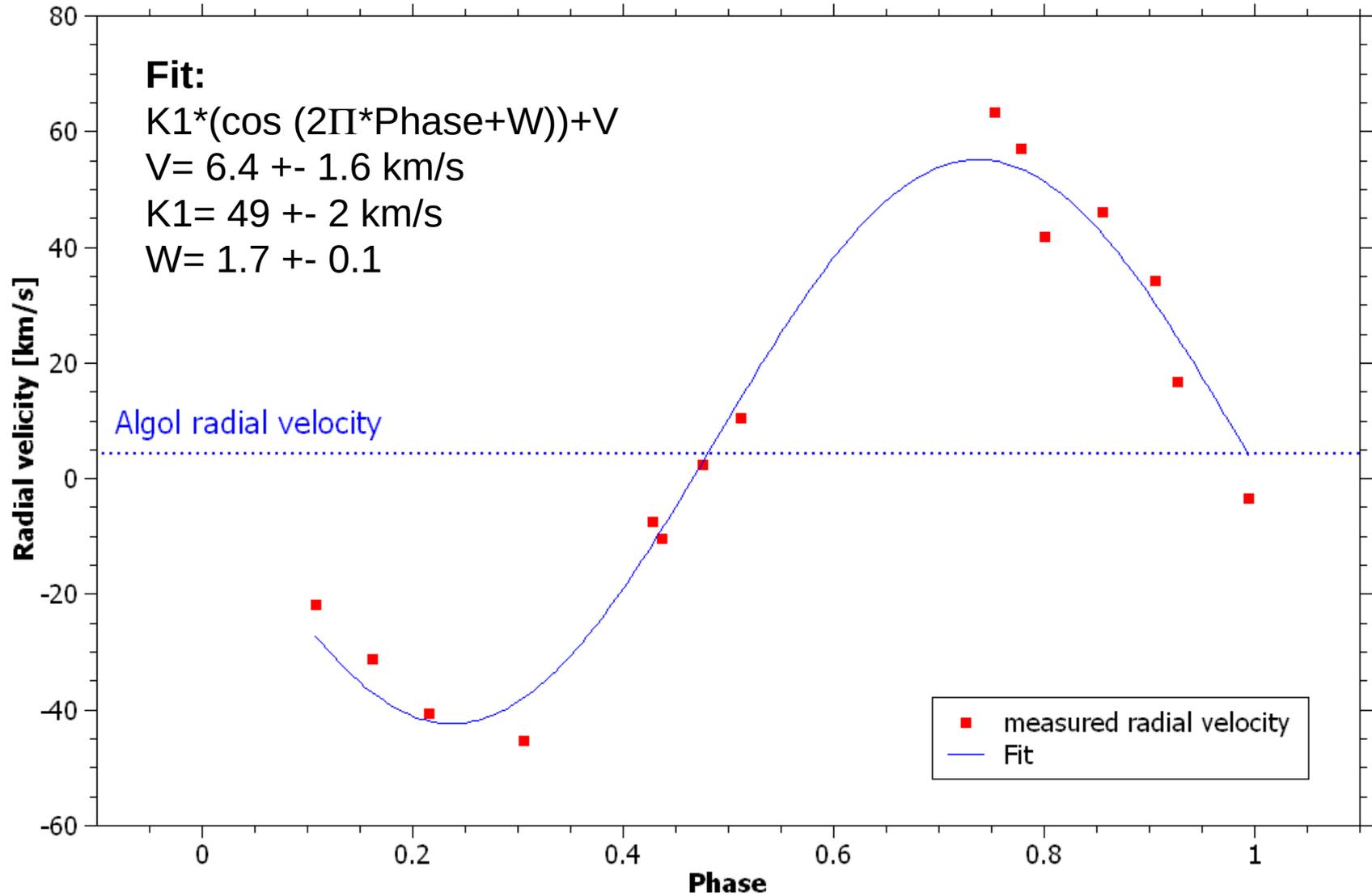
eccentricity:

# Messung der Orbitbewegung

# Algol



# Algol



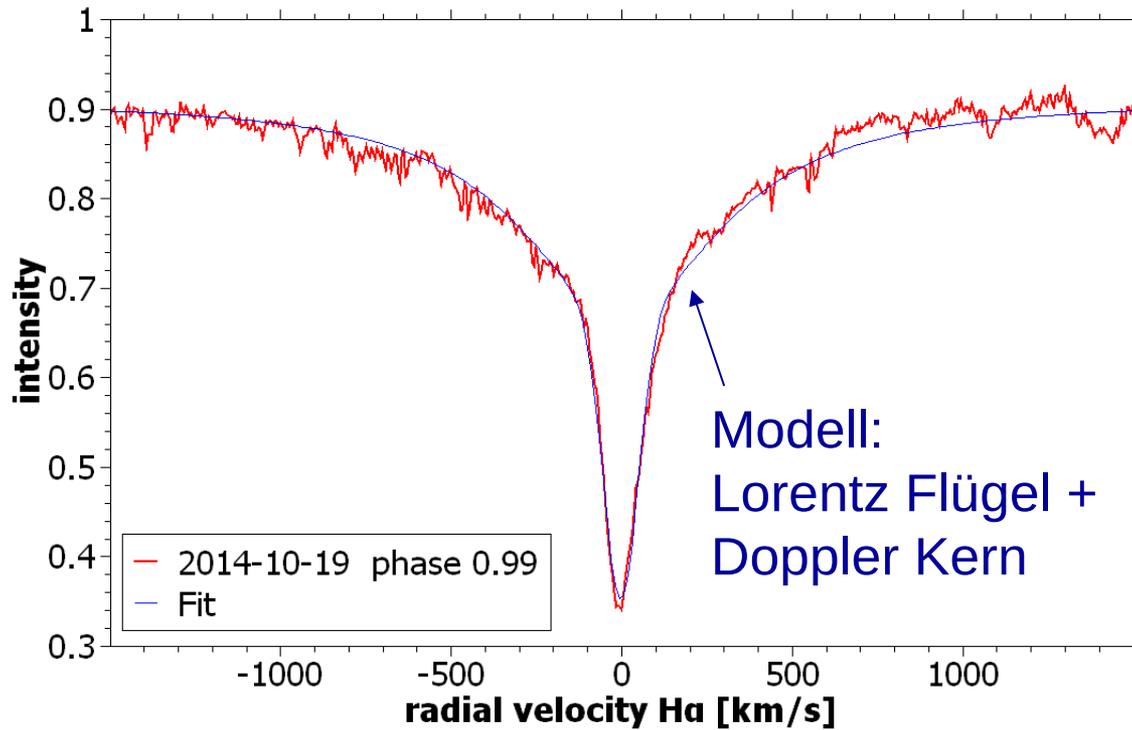
---

## Ergebnis der Radialgeschwindigkeits - Messungen

Die Radialgeschwindigkeit der  $H\alpha$  Linie spiegelt die Bahngewegung des B8 Sterns wider. Eine gute Übereinstimmung mit den Literaturwerten wurde gefunden.

- Periodische Verschiebung der Radialgeschwindigkeit
- Amplitude der Radialgeschwindigkeits - Variation:  
 **$K1 = 49 \pm 2 \text{ km/s}$**  (Literaturwert: 44.0 km/s [2])
- Mittlere Radialgeschwindigkeit:  **$V = 6.4 \pm 1.6 \text{ km/s}$**   
(Literaturwert: 4.0 km/s [2])
- Phasenverschiebung:  **$W = 1.7 \pm 0.1$**  ( $\Pi/2 = 1.57$ )
- Die Komponente C läßt sich nicht nachweisen.

# **Untersuchung des Massentransfers**



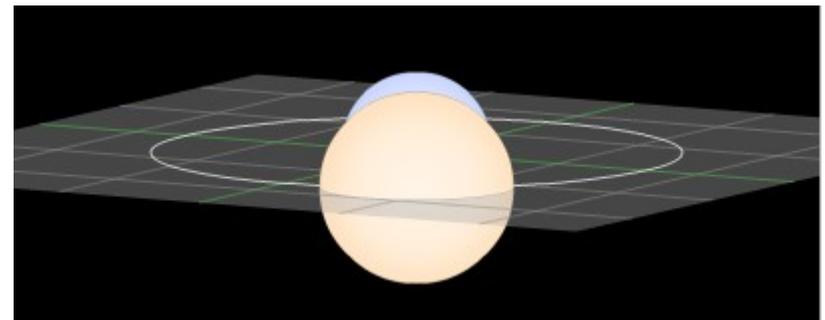
## Phase 0.99

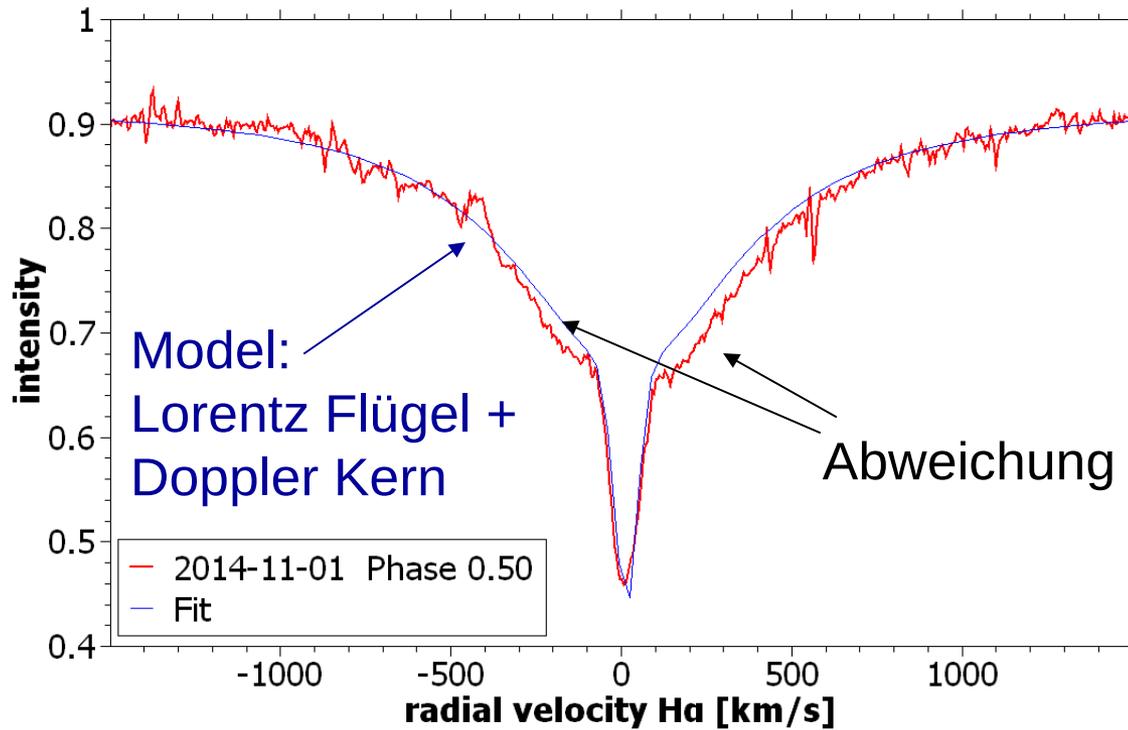
Gefittetes Profil mit  
Doppler Kern und  
Lorentz Flügeln  
(pseudo Voigt  
Funktion)

Hauptminimum, fast vollständige  
Bedeckung des B8V Sterns.

K2 Sterne zeigen nur sehr  
schwache H $\alpha$  Linie [5], diese ist im  
Spektrum nicht sichtbar.

## Phase 0.00





## Phase 0.50

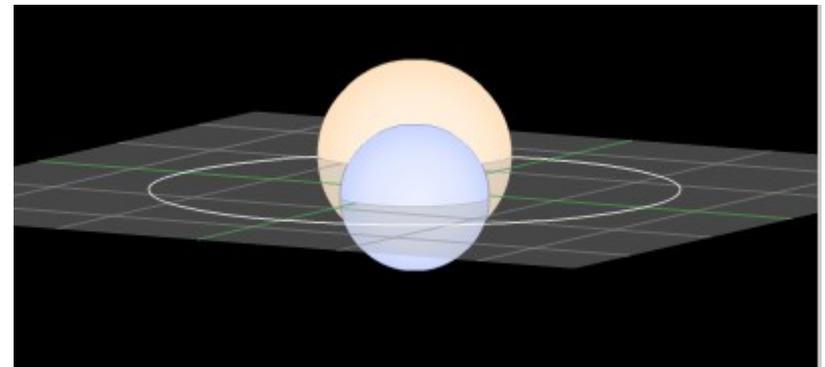
Abweichung vom  
Modell ist sichtbar

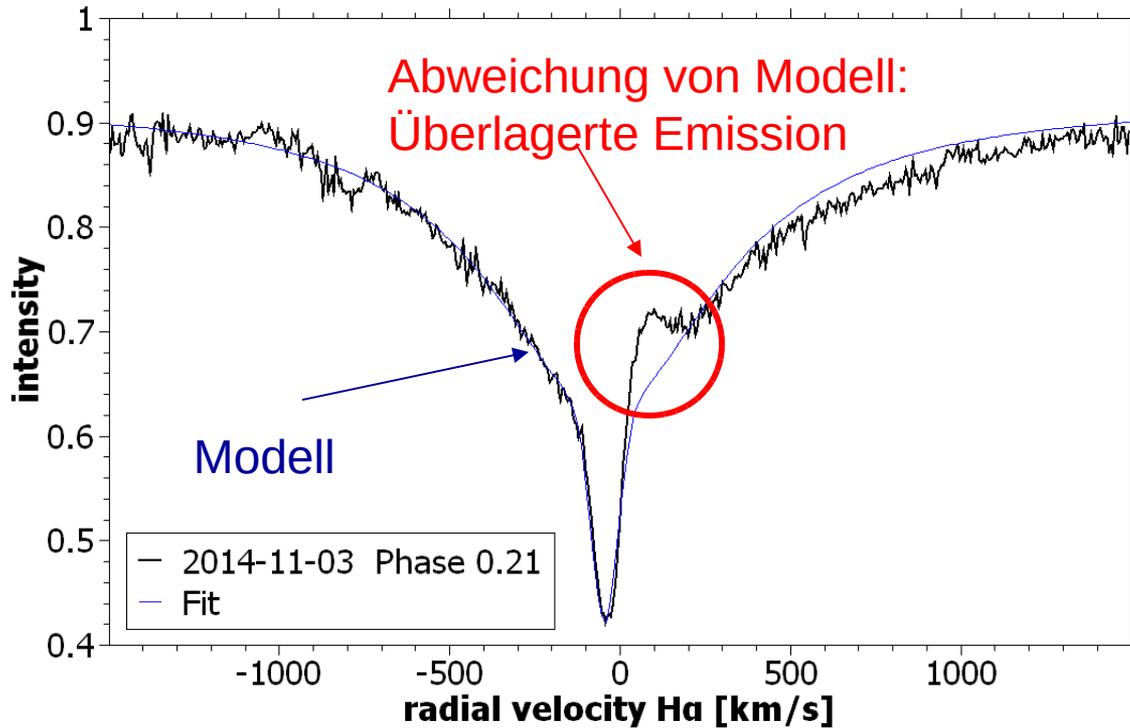
Abweichung wurde als Rotationsverbreiterung interpretiert [7].

Kolbas [4] bestimmt Rotationsgeschwindigkeit der Hauptkomponente zu  $v=50$  km/s, ist nicht Ursache der Abweichung.

[7] McLaughlin et al, Astrophys. J. 60, pp. 22 – 32, (1924)

## Phase 0.50





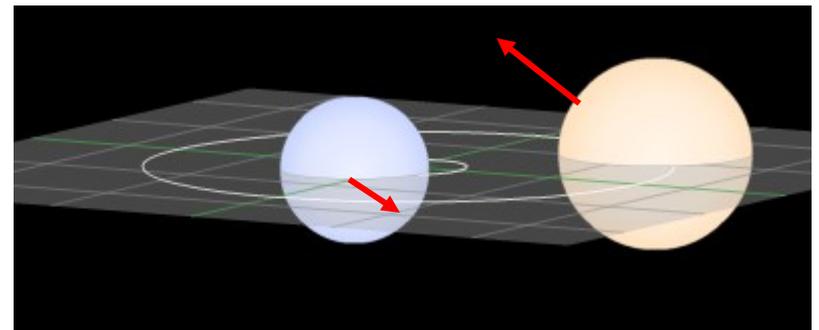
## Phase 0.21

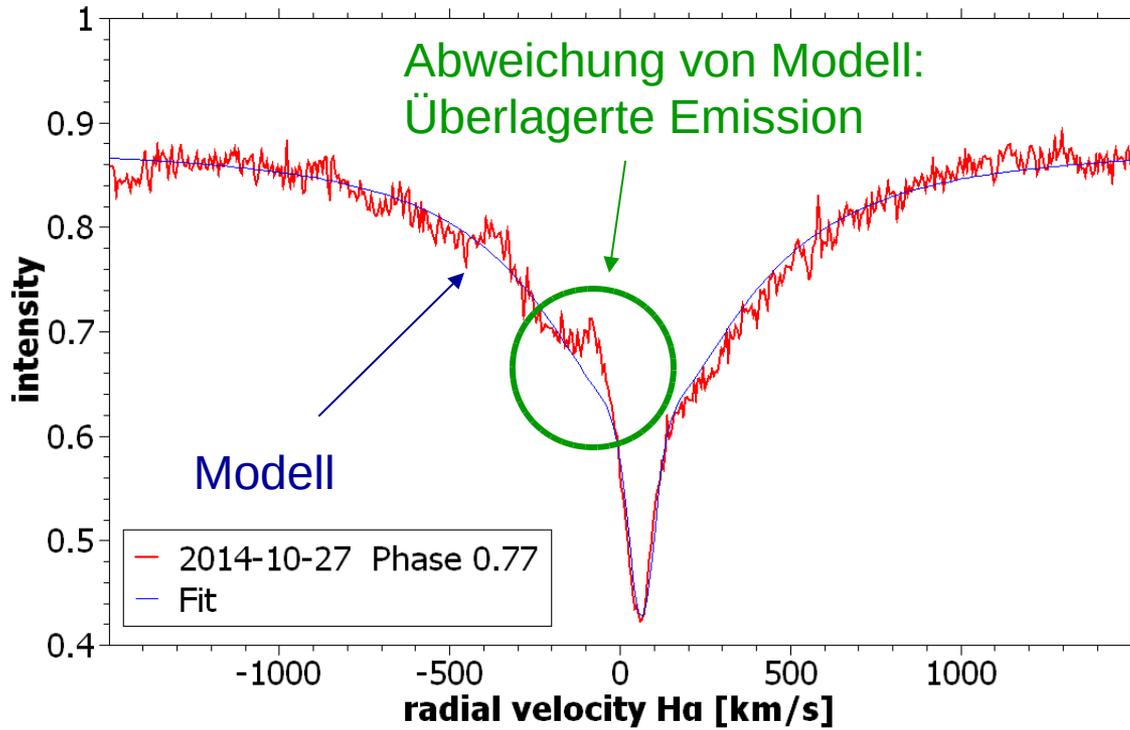
Spektrum zeigt  
Absorption des B8V  
Sterns und eine  
überlagerte  
Emissionslinie

Überlagerte Emission hat

$$v_{\text{rad}} = +94 \pm 10 \text{ km/s}$$

Phase 0.25





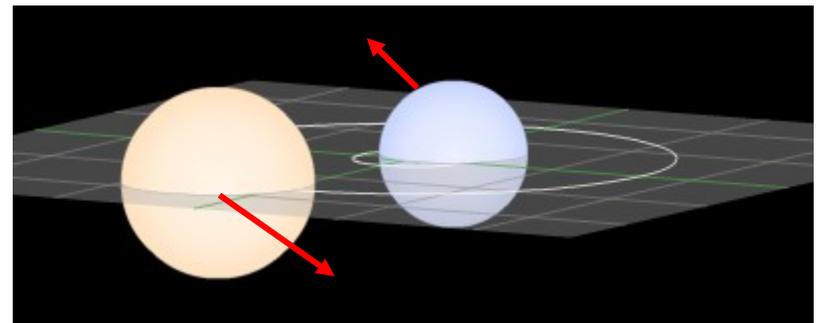
## Phase 0.77

Spektrum zeigt  
Absorption des B8V  
Sterns und eine  
überlagerte  
Emissionslinie

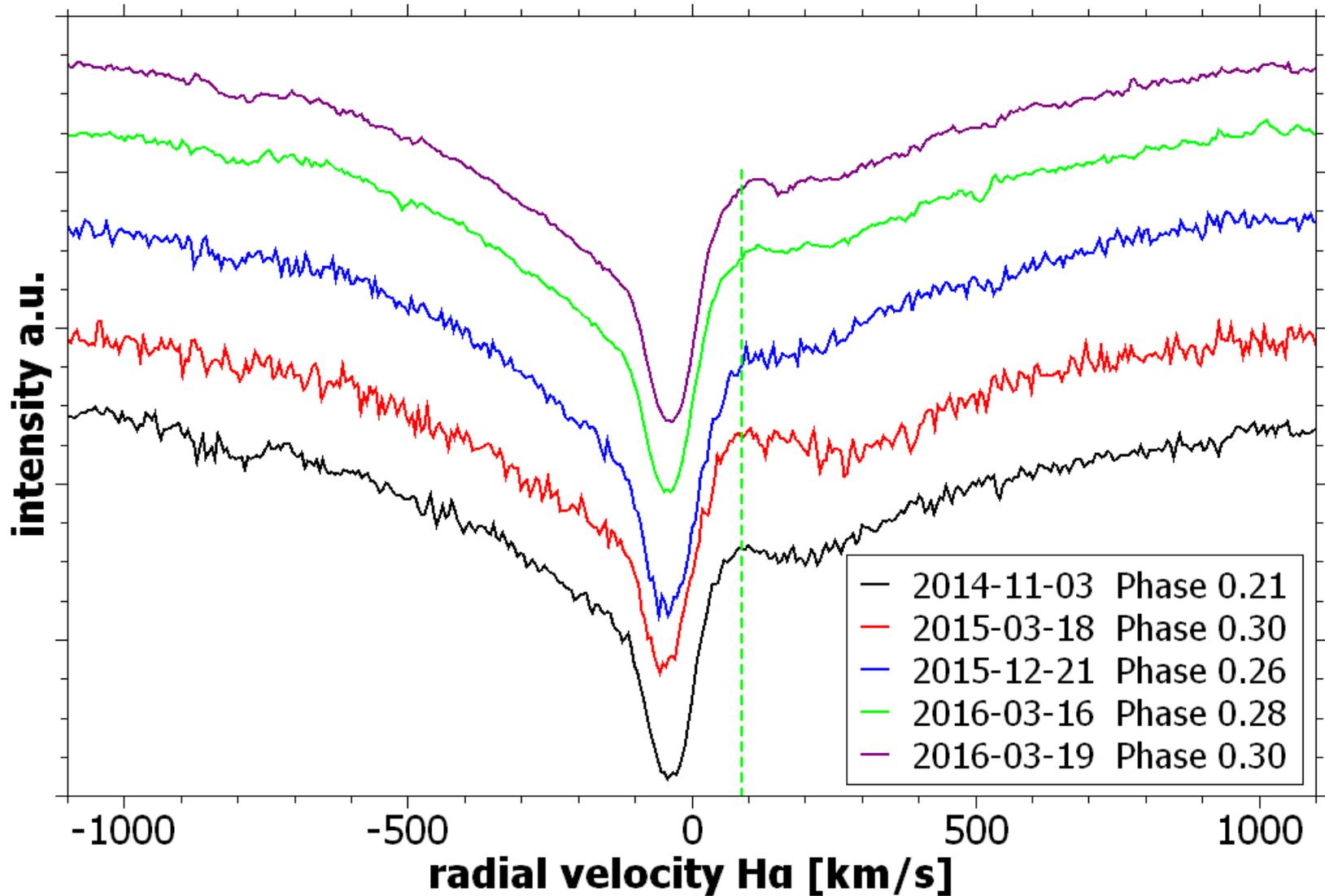
Überlagerte Emission hat

$$v_{\text{rad}} = -83 \pm 10 \text{ km/s}$$

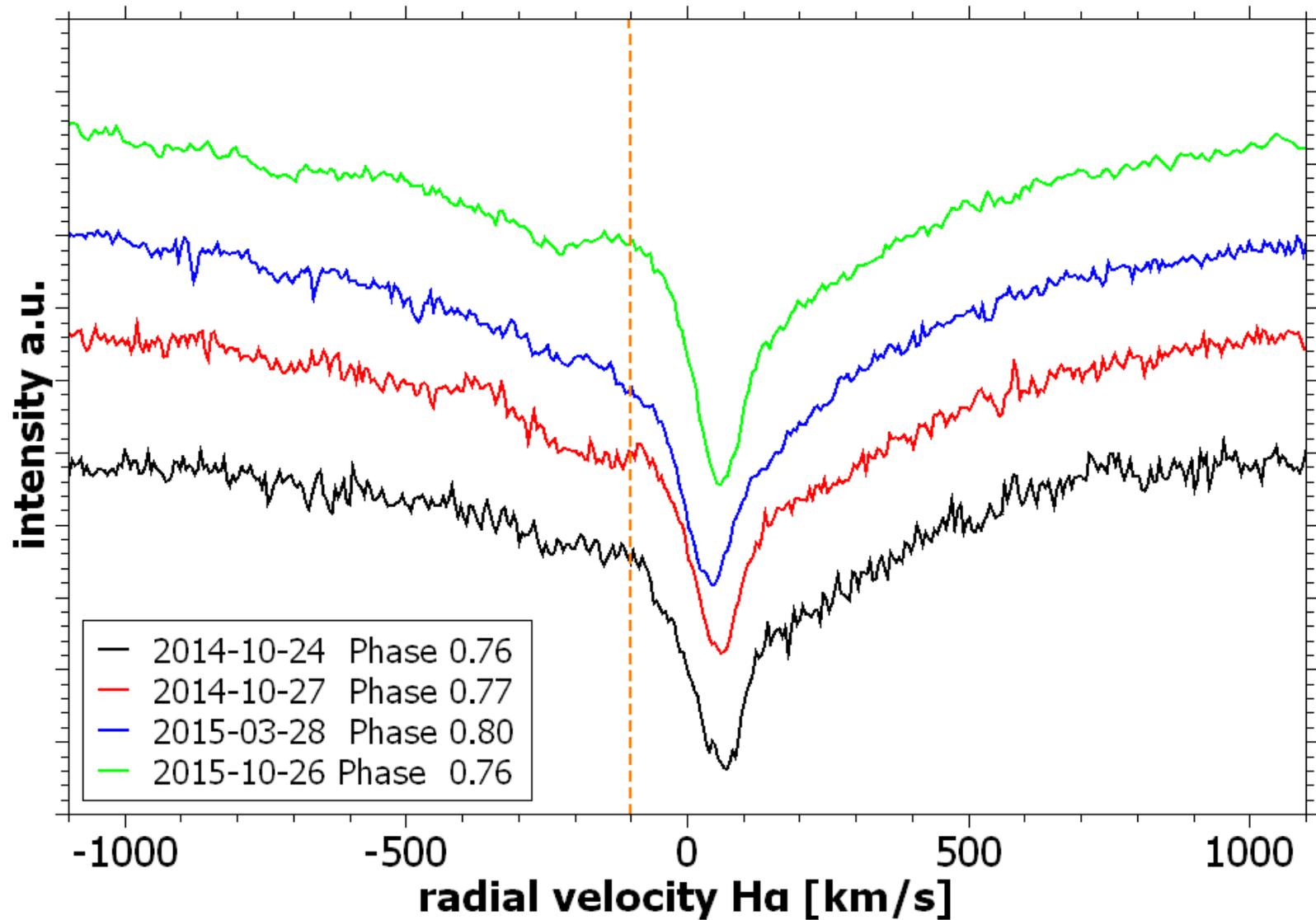
Phase 0.75



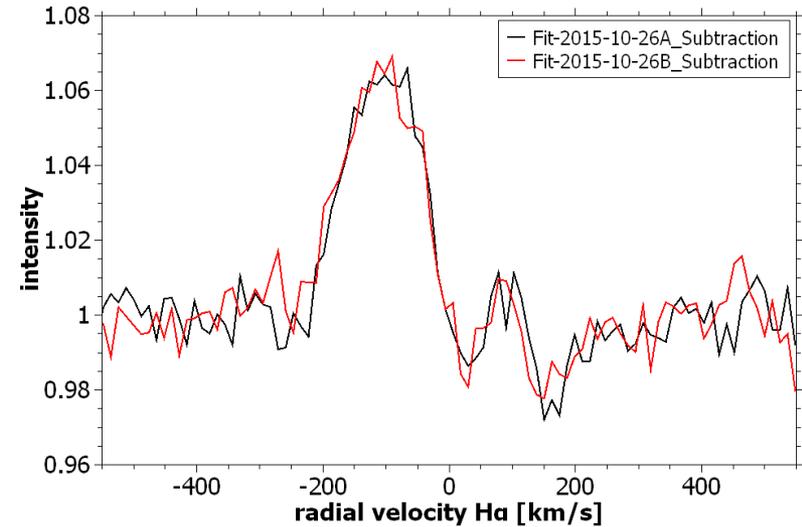
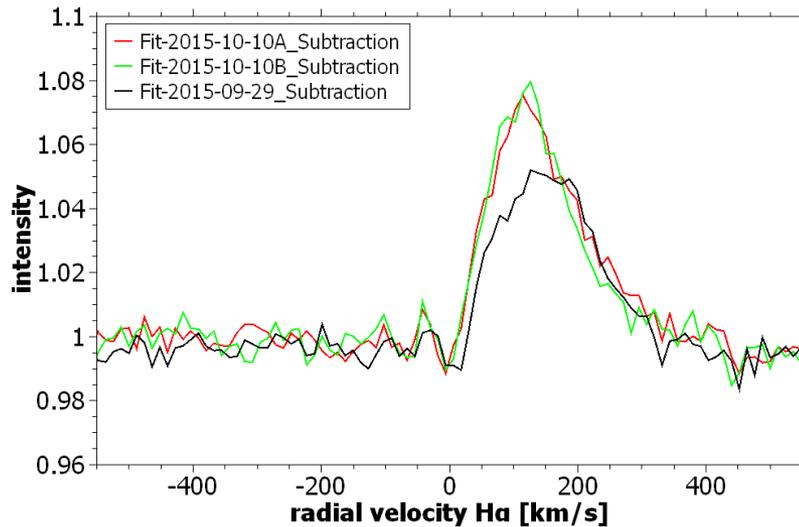
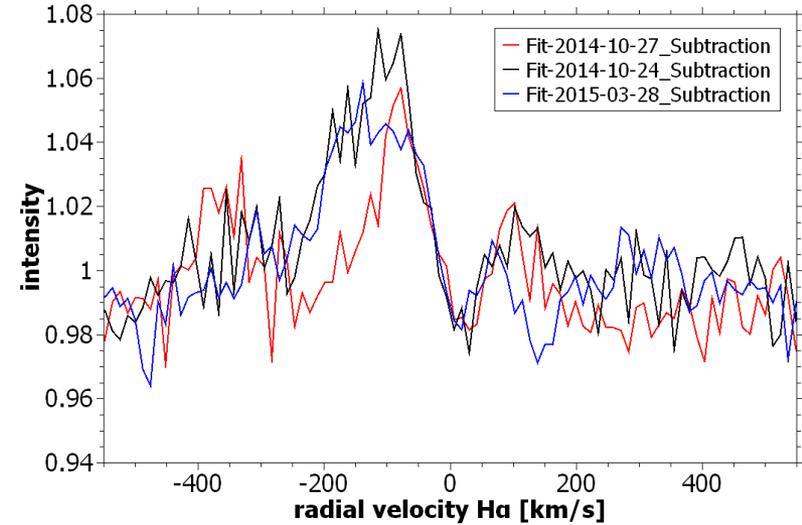
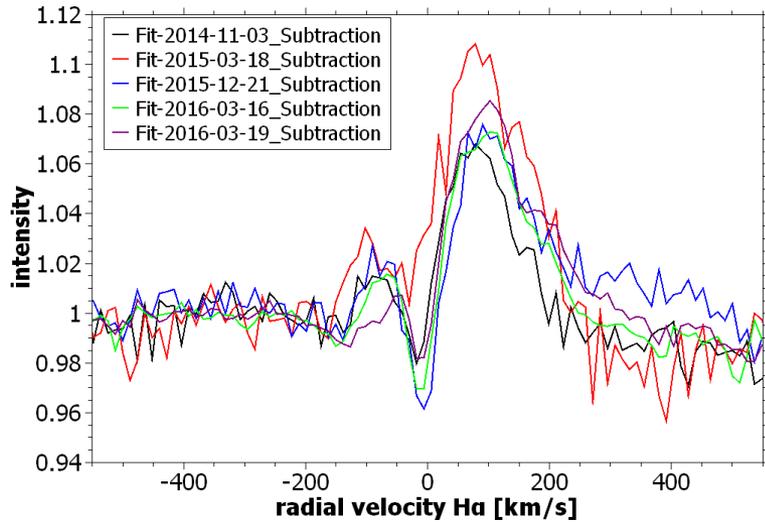
# Zeitliche Entwicklung der Emissionslinie



# Zeitliche Entwicklung der Emissionslinie



# Zeitliche Entwicklung der Emissionslinie



# Zeitliche Entwicklung der Emissionslinie

Datum	Phase	Max [km/s]	Int.Max	EW [Å]
03.11.14	0.21	90	1.068	-1.7
18.03.15	0.30	102	1.108	-3.7
10.10.15	0.22	133	1.080	-2.4
21.12.15	0.26	132	1.076	-2.2
16.03.16	0.28	138	1.073	-2.1
19.03.16	0.30	161	1.085	-2.7
24.10.14	0.76	-138	1.075	-2.0
27.10.14	0.77	-102	1.057	-0.9
28.03.15	0.80	-138	1.059	-1.7
26.10.15	0.76	-120	1.066	-2.0

Blau: C8

Bernd Bitnar

Grün: 10" LX200

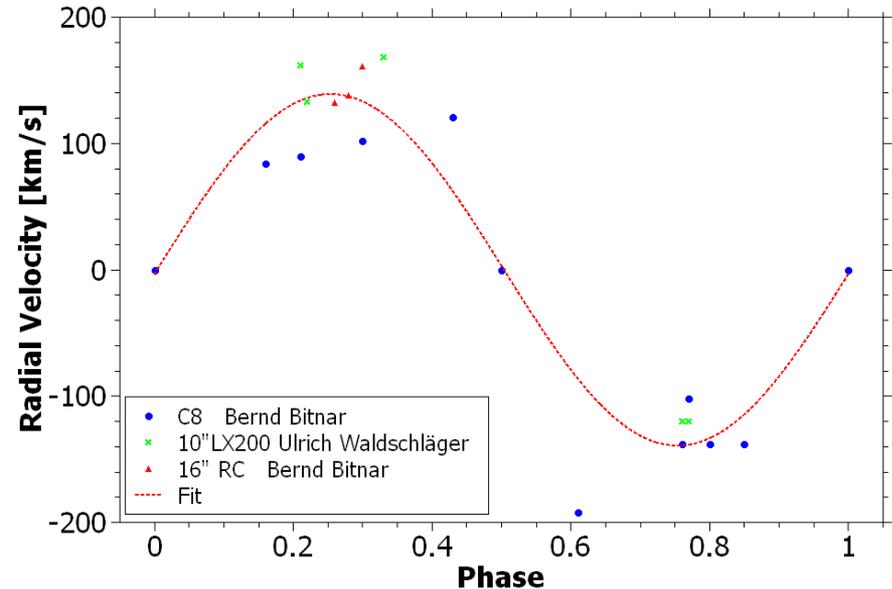
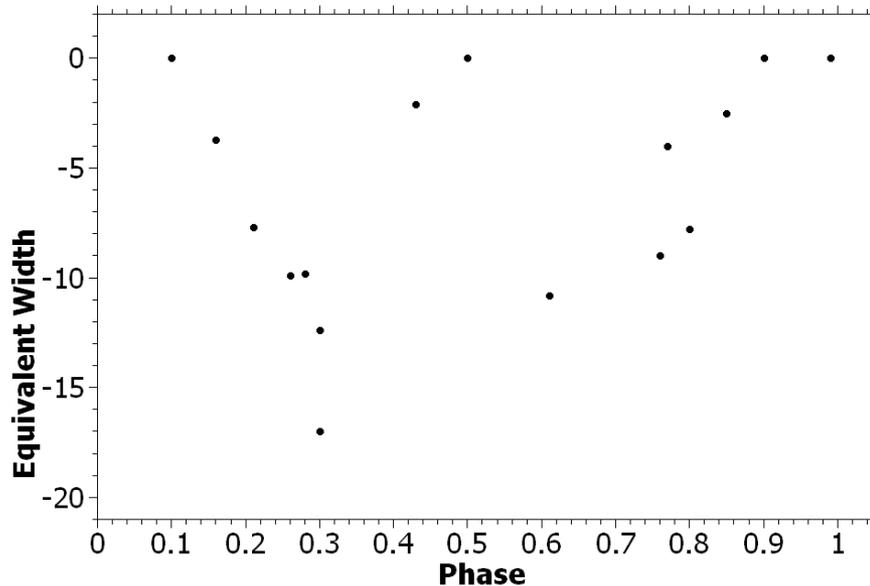
Ulrich Waldschläger

Rot: 16" RC

Bernd Bitnar

- Kleinere Veränderungen lassen sich nicht ausschließen, insgesamt scheint die Emissionsregion stabil zu sein

# Orbitalbewegung des Emissionsgebiets



**Annahme:** Die Emissionsregion befindet sich auf der Verbindungslinie der beiden Sterne -> Fit einer Sinusfunktion an die Radialgeschwindigkeit.

- **Amplitude der  $v_{\text{rad}}$  der Emissionslinie beträgt etwa 140 km/s (Algol B: 200 km/s)**
- Eine eventuell leichte Abweichung von der Sinuskurve könnte durch eine Phasenverschiebung der Emissionsregion zu den Sternen entstehen, dies bleibt aber unsicher.
- Fehlerquellen: Dem Modell liegt keine physikalisch richtige Fitfunktion zugrunde; die Differenzspektren weisen ein starkes Rauschen auf.

# Zusammenfassung

- Die hochaufgelöste Spektroskopie erlaubt eine detaillierte Untersuchung des Doppelsternsystems Algol.
- Die Bahnparameter der Sterne lassen sich aus der Radialgeschwindigkeit der  $H\alpha$  Linie in guter Übereinstimmung zu den Literaturwerten bestimmen.
- Eine  $H\alpha$  Emissionslinie entsteht in einem Hot Spot im Gasstrom vom K2 Begleiter auf den B8 Hauptstern.
- Die Emissionslinie ist in den Phasenwinkeln 0,2 – 0,3 und 0,6 – 0,8 sichtbar.
- Eine zeitliche Veränderung läßt sich bisher nicht eindeutig nachweisen.
- Die Radialgeschwindigkeits – Variation der Emissionslinie deutet auf eine Entstehung weit entfernt von der Hauptkomponente hin.

# Ausblick

- Die Emissionsregion wird auch in der neueren Literatur detailliert beschrieben [8].
- Das Team vergrößert sich, um genauere Untersuchungen der Emissionsregion in Zukunft durchzuführen.
  - Treten zeitliche Veränderungen auf?
  - Lassen sich Eigenschaften der Emissionsregion bestimmen?
- Verwendung simulierter Modellatmosphären statt des einfachen Fits
- Einbeziehung weiterer Daten mit verbessertem SNR der Spektren.

[8] M. Richards et al, *Astrophys. J.* 459, pp. 249 – 258, (1996)

**Siehe auch:**

B. Bitnar, *Spektrum*, Nr. 50, 1/2016, S. 20 – 24, ISSN 2363-5894.

## Verwendete Software

- AIP4WIN (R. Berry, J. Burnell) für die Rohbild-Bearbeitung
- vspec 4.0.6 für die Auswertung der Spektren  
[<http://astrosurf.com/vdesnoux/>]
- Spectro Tools für die Entfernung der terrestrischen H<sub>2</sub>O Linien  
[<http://www.peterschlatter.ch/SpectroTools/>]

## Danksagung

### Vielen Dank

- an die lokale Spektroskopiegemeinde:  
Christian Brock, Michael Fröhner, Robert Heinz, Thomas Hunger, Enrico Gerlach für viele spannende Diskussionen in unseren Spektroskopietreffen
- das Palitzsch Museum in Dresden für unseren Besprechungsraum
- an Ottmar Stahl von der VdS Fachgruppe Spektroskopie für wertvolle Literaturhinweise.