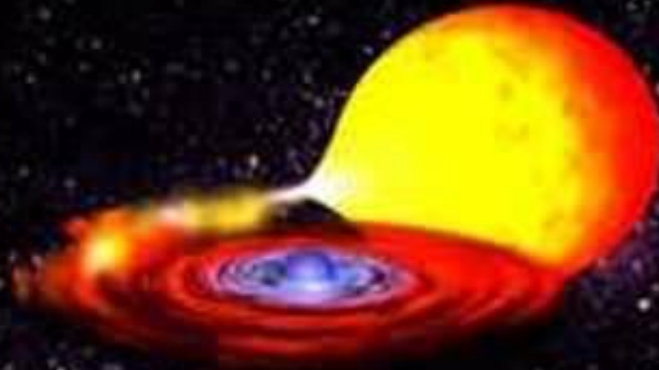


# Het VV Cephei dubbelstersysteem Eclipscampagne 2017/2019

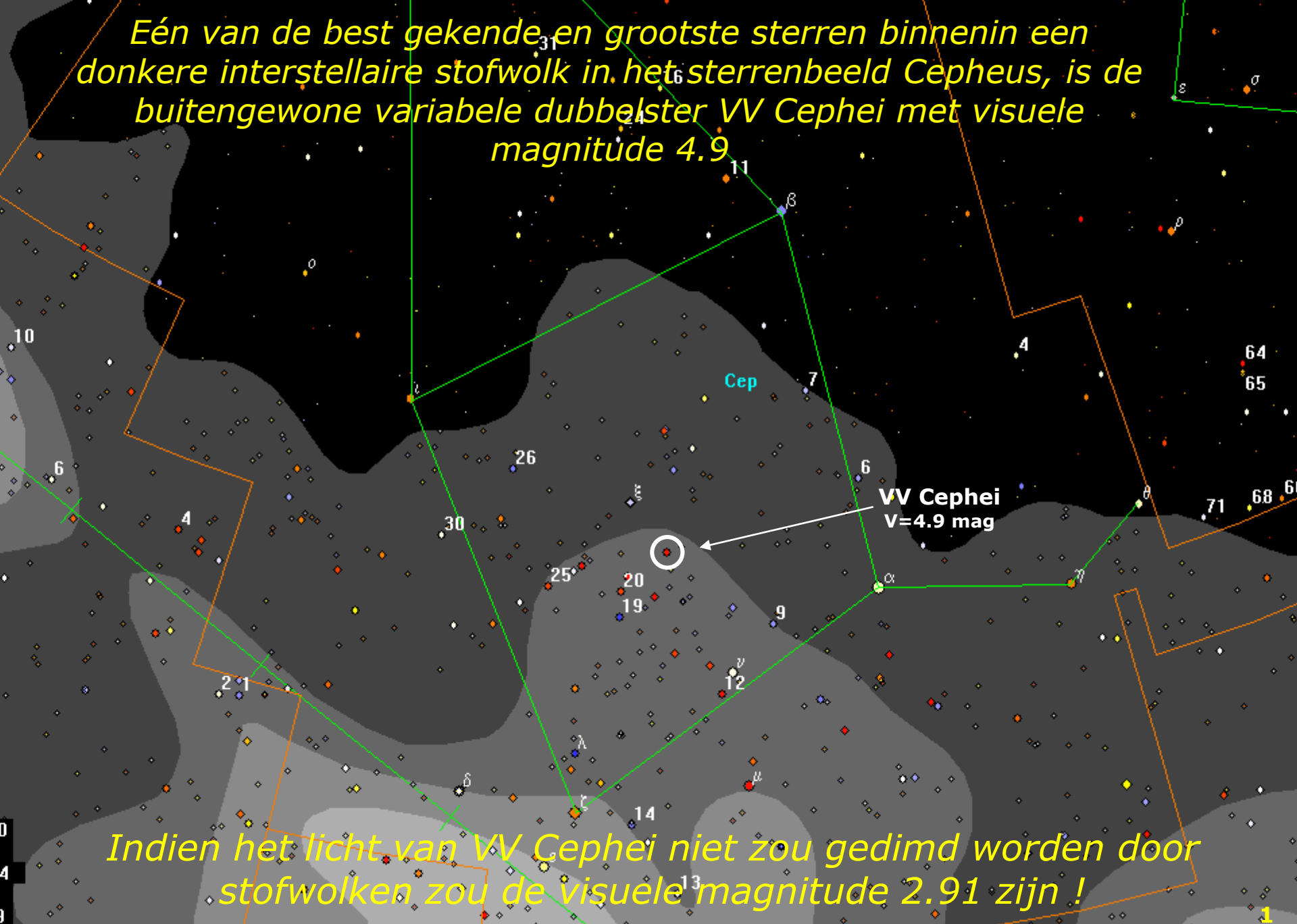


**Spectroscopie Dag Tivoli Observatorium 18. Nov. 2017**

**Ernst Pollmann**  
**International Working Group**  
**Active Spectroscopy in Astronomy**  
<http://astrospectroscopy.de>

Nederlandstalige versie: Marc Trypsteen

*Eén van de best gekende en grootste sterren binnenin een donkere interstellaire stofwolk in het sterrenbeeld Cepheus, is de buitengewone variabele dubbelster VV Cephei met visuele magnitude 4.9*



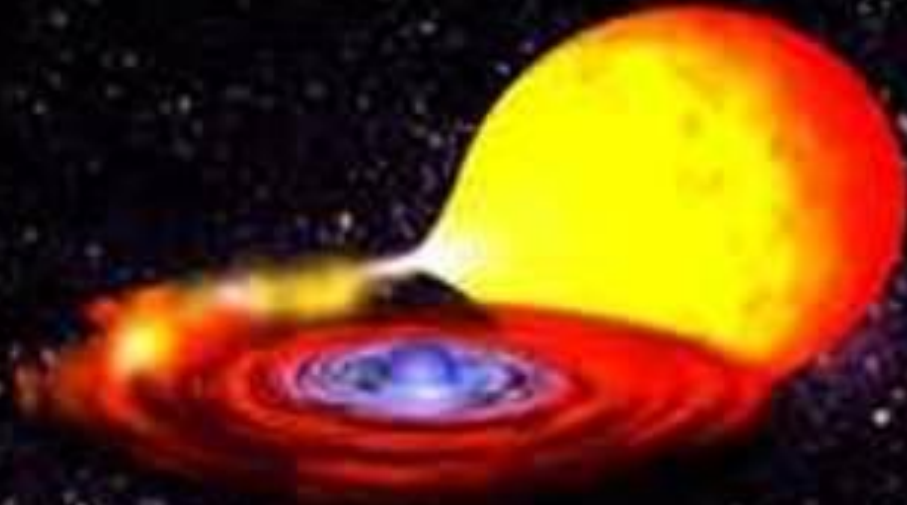
*Indien het licht van VV Cephei niet zou gedimd worden door stofwolken zou de visuele magnitude 2.91 zijn !*

*VV Cep is een eclipserende dubbelster die bestaat uit een M2 Iab type superreus als hoofdster en een hetere, waarschijnlijk een vroeg B-type hoofdreeksster als begeleider*



*De hete B begeleider met een straal van ongeveer 13x die van de Zon, draait rond de M2 Superreus op een gemiddelde afstand van 19-20 AE en dat over een periode van 20.4 jaar. De omloop is getypeerd door een eccentriciteit  $e = 0.34-0.35$  en een inclinatie van  $76-77^\circ$  met het ongewone gegeven dat deze omgeven is door een uitgestrekte waterstof wolk.*

*VV Cep is een buitengewoon en unieke soort eclipserend sterrenstelsel met een massawisseling tussen de componenten tijdens het periastron, waarbij een sterk uitgedeelde heldere M2 superreus met een uitgestrekte atmosfeer omcirkeld wordt door een veel zwakkere hete blauw-witte hoofdreeksster van spectrale klasse B0Ve...*



*... die reeds haar thermonucleaire waterstoffusie naar helium heeft ingezet. Deze krachten veroorzaken getijdestoringen bij de beduidend grotere, maar minder compacte primaire ster.*

*Volgens Peery (1965) bedraagt de afmeting van de schijf rond de B ster minder dan 1/18 van de fotosfeerdiameter van de M ster. Hutchings & Wright toonden in 1971 aan dat deze schijf niet sferisch symmetrisch is, maar naar de evenaar toe een dichtere pakking vertoont, te vergelijken met normale Be ster. Dit lijkt zeer aannemelijk rekening houdend met de opmerkelijke gasstroom in het systeem.*



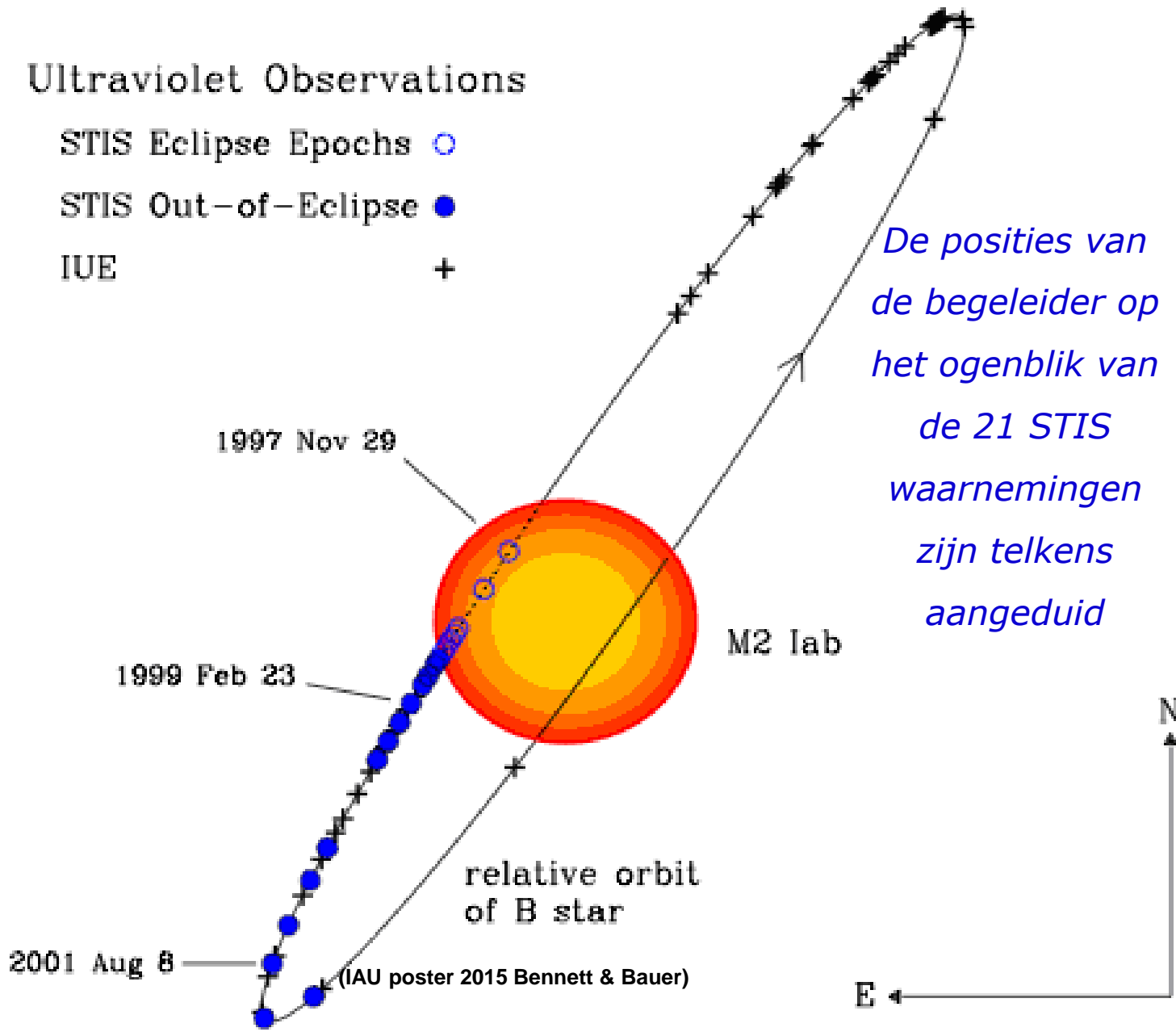
# De omloopbaan van VV Cephei zoals gezien aan de hemel

## Ultraviolet Observations

STIS Eclipse Epochs ○

STIS Out-of-Eclipse ●

IUE +





*Beide sterren, de M superreus en de B ster, bieden uitstekende gelegenheden om hun buitenste schillen of atmosferen te observeren en te bestuderen, zowel tijdens als buiten de eclipsperioden.*

*De Primaire Eclips vindt plaats wanneer de kleinere en hetere blauwe B Ster+ Gas schijf achter de grotere en koelere rode M Ster heen beweegt.*



**M2 Iab Superreus**  
**20 Zonnemassa's**  
**1000-1800 Zonneradii**

**Eclips Tijdslijn**

|                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| <b>T1- 04 Augustus 2017</b> | <b>(vooravond)</b> |
| <b>T2- 27 Oktober 2017</b>  | <b>(vooravond)</b> |
| <b>T0- 01 Juni 2018</b>     | <b>(vooravond)</b> |
| <b>T3- 06 Februari 2019</b> | <b>(vooravond)</b> |
| <b>T4- 16 Mei 2019</b>      | <b>(vooravond)</b> |

semi-transparante zone

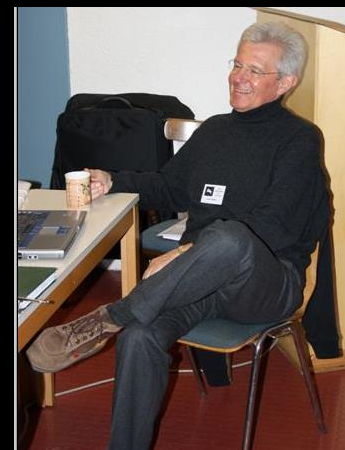
*In 2015 werd een Fotometrische en Spectroscopische campagne opgezet door Jeff Hopkins, Phil Bennett en mezelf voor observatie van de eerstvolgende eclips, die begint in Augustus 2017 en ongeveer 650 dagen zal duren.*



**Jeffrey L. Hopkins**  
Hopkins Phoenix  
Observatory  
Phoenix, Arizona USA  
(† 2015/07/28)



**Philip D. Bennett**  
Department of  
Astronomy and Physics  
Saint Mary's University  
Halifax, Canada



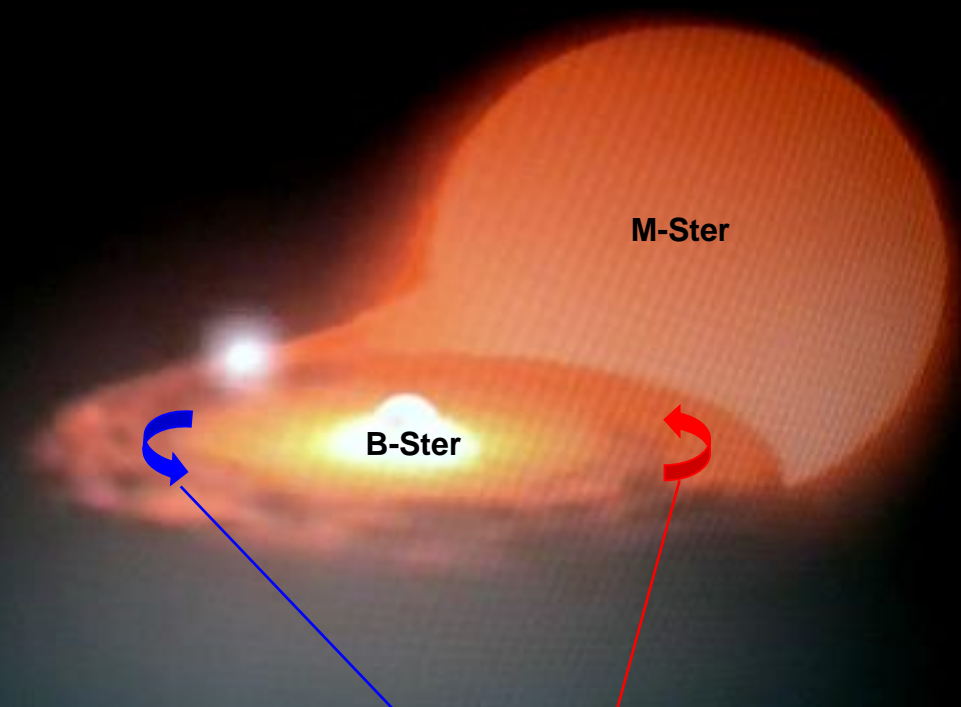
**Ernst Pollmann**  
Working group  
Active Spectroscopy in  
Astronomy  
Leverkusen, Germany



*Spectroscopische observaties leveren, naast fotometrische gegevens, bijkomende informatie over de duur en het middelpunt van de eclips.*

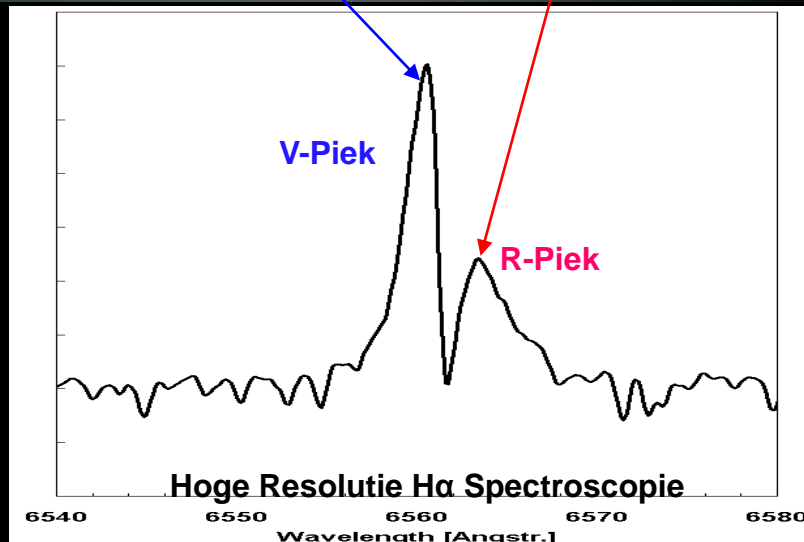
*Dit laat ons toe de schijfachtige roterende schil van de hete begeleider te observeren in dezelfde richting als die van de omloopbaan.*



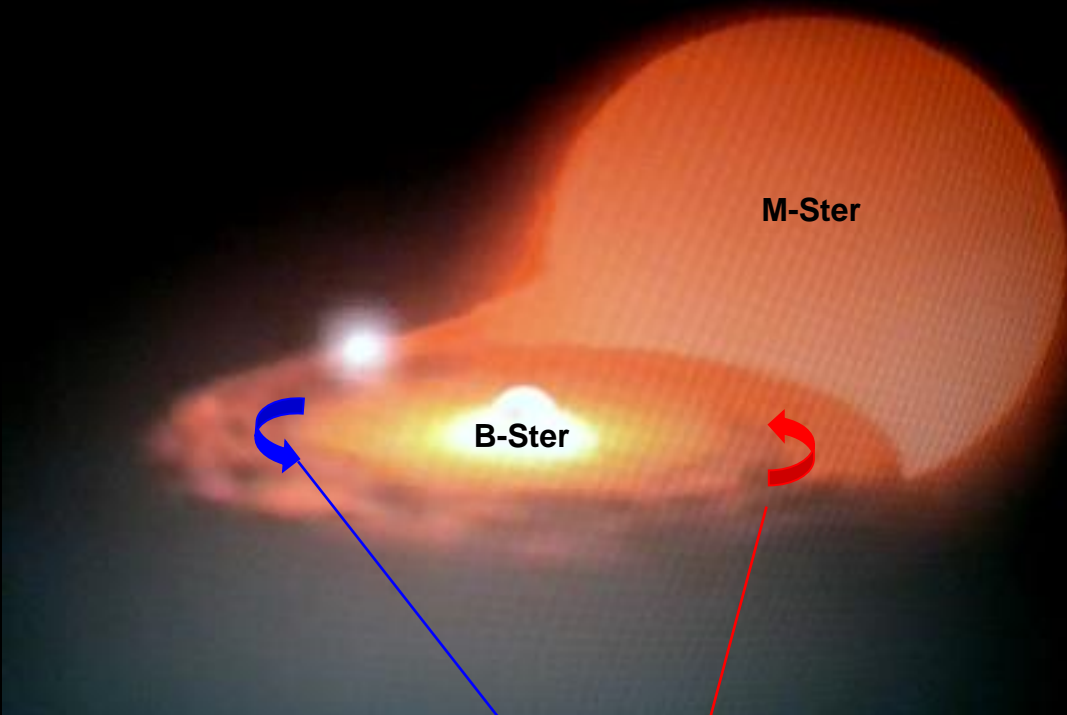


*Ha in het spectrum van VV Cep verschijnt normaal als een emissielijn met dubbele piek, gekenmerkt door een blauw- (V) en rood- (R) verschoven component.*

*Bij het begin van de eclips, wordt de kant van de schijf, die in onze richting beweegt en daarmee de blauw- (V) verschoven component van de emissielijnen uitzendt, het eerst bedekt.*

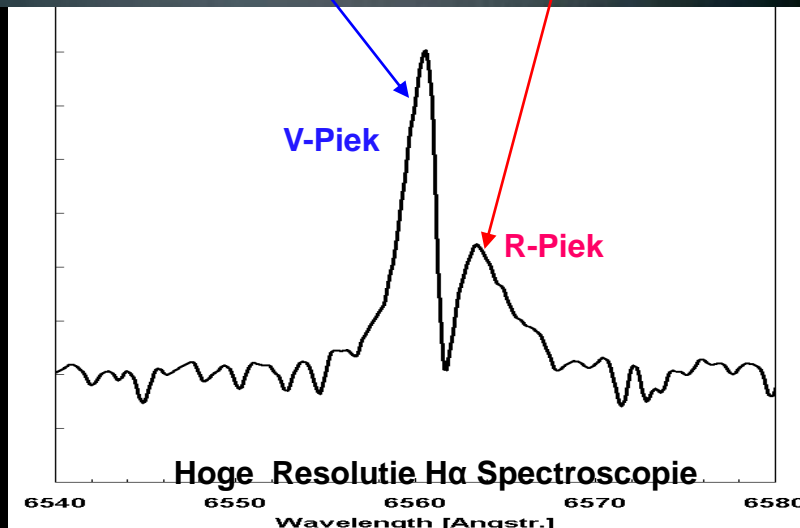


*Tijdens de totaliteit worden beide emissiecomponenten onderdrukt, terwijl gedurende de uittrede de blauwe emissiekant van de schijf het eerst verschijnt van achter de superreus.*



De *V* en *R* componenten, waarin de emissielijn van het VV Cep spectrum is opgedeeld, kunnen in verband gebracht worden met de straling van de gasschijf rond de B ster.

Door rotatie in tegenwijzerzin rond de centrale ster, ten opzichte van de kijkrichting van de waarnemer, ontstaat een *blauwverschuiving* bij beweging naar de waarnemer toe (*V-component*) en een *roodverschuiving* bij het zich verwijderen van de waarnemer. (*R-component*)



Het opvolgen van variaties in de intensiteit van de *V* en *R* emissie-pieken (de zogenaamde *V/R* verhouding) over een langere termijn levert belangrijke informatie op over de pieksterkte als maat voor de massa en/of de dichtheid van het gas in de schijf. De pieksterkte wordt hierbij uitgedrukt als equivalente breedte *EW* van de emissie. Verder levert het ook informatie over de bewegingsrichting van de overeenkomstige gaszone in de schijf.

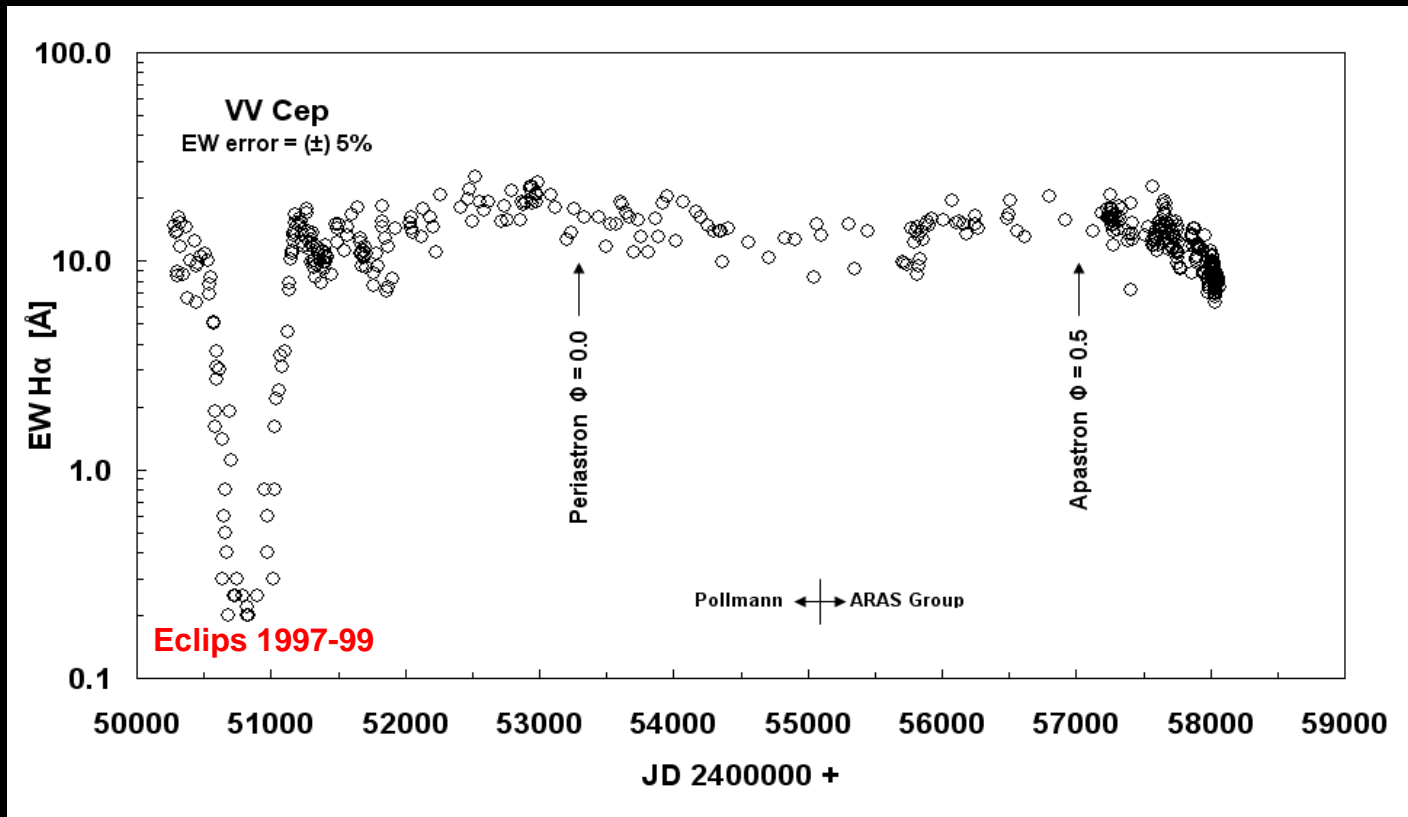
## ***Spectroscopische Campagne: Doelstellingen voor de Hoge resolutie***

*Een LHires III spectrograaf (of gelijkwaardig) met een 2400 L/mm rooster wordt aanbevolen voor het hoge resolutie spectroscopisch werk met als doel de eigenschappen van de schijf te bestuderen.*

- Ha equivalente breedte (EW)*
- Ha lijnprofiel­dynamiek (V/R verhouding)*

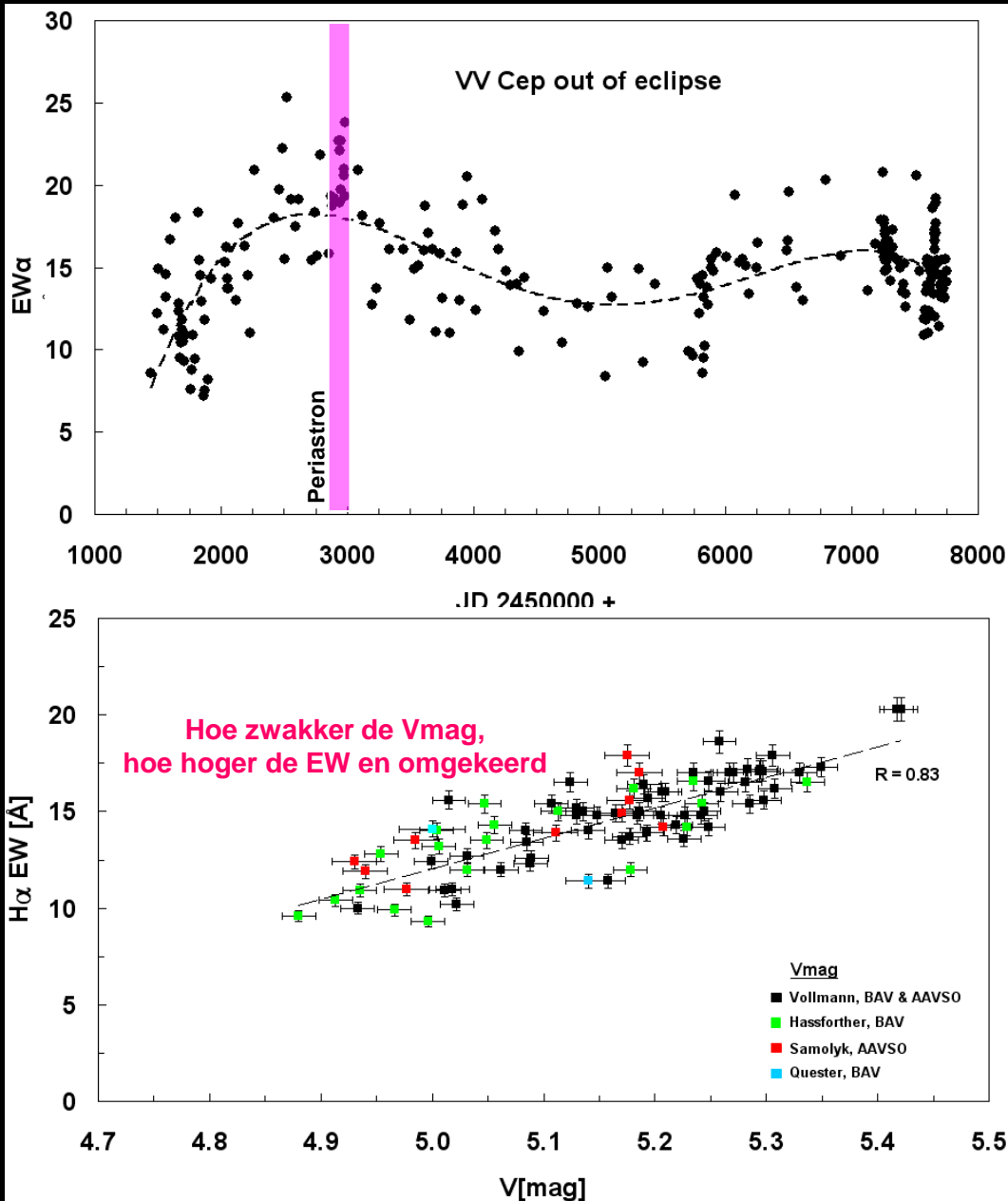
# Monitoring van de H $\alpha$ -EW vanaf 1996 tot heden

*De H $\alpha$  emissie is de enige aanwijzing voor de aanwezigheid van de schijf. De eclips van de emitterende Be sterrenschijf door de M superreus begon in Maart 1997 (JD 2450511) en eindigde 673 dagen later.*



*De periode tussen het begin van het 1ste - tot het 2de contact duurde 128 dagen, tussen het 3de - tot het 4de contact 171 dagen. De periode van volle eclips was 373 d. Het volledige gebeuren bestreek een tijdsperiode van ongeveer 1000 dagen.*

# EW Fluctuatie buiten de eclipsperiode



De Ha emissie varieert over korte en langere tijdschalen.

## De trage variabiliteit ontstaat

- in correlatie met de onderlinge afstanden tussen de twee sterren, waarbij een grotere emissieflux optreedt wanneer de begeleider zich in de nabijheid van het periastron bevindt.

## De korte tijdschaal wordt veroorzaakt

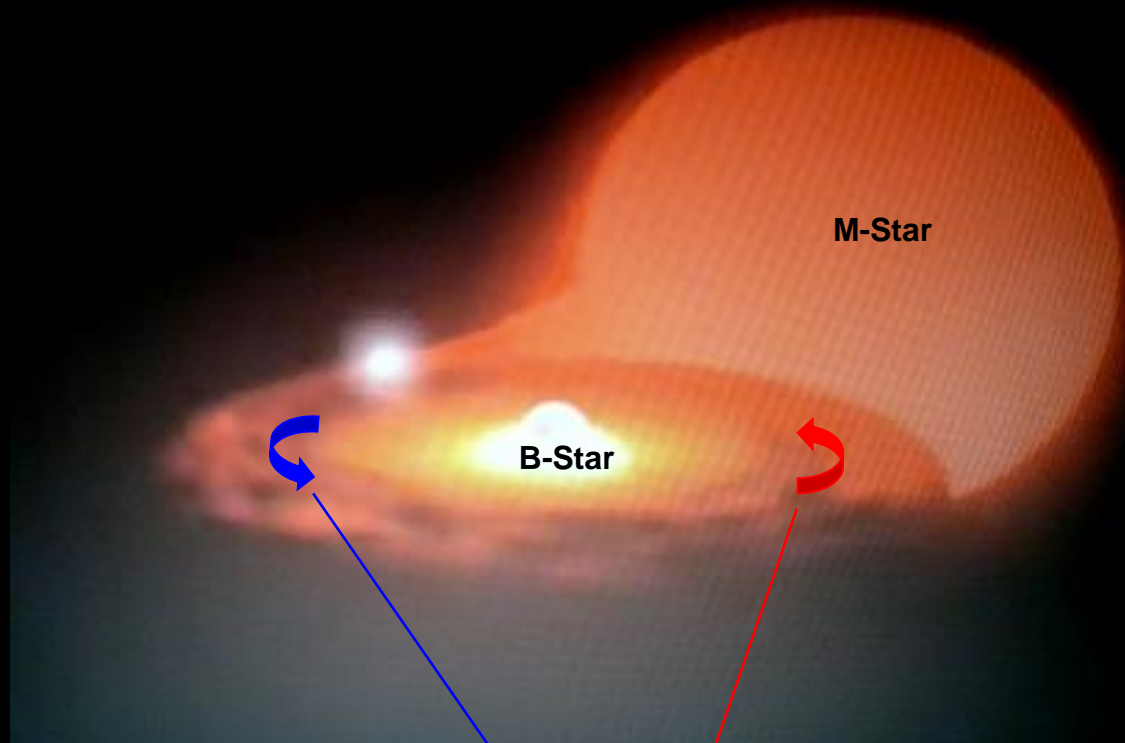
- door onregelmatig variërende massa accretie van de M super-reus naar de accretieschijf zoals beschreven door Wright (1977) en Stencel et al. (1993)

- en door fotometrische variabiliteit Vmag van het continuum onder de Ha emissie.

## Hoe zwakker de Vmag, hoe hoger de EW en omgekeerd

Dit is te zien op de onderste figuur <sub>16</sub>

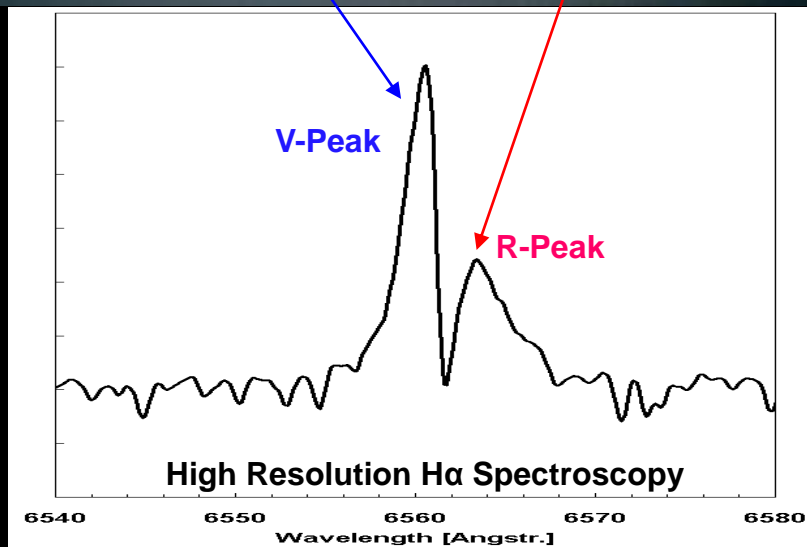




Lange termijn monitoring van de intensiteitsvariaties van de *V* en *R* emissiepieken (de zogenaamde *V/R* verhouding) levert belangrijke informatie op over:

➤ De pieksterkte als maat voor de massa en/of de gasdichtheid in de schijf, uitgedrukt als equivalente breedte *EW* van de emissie.

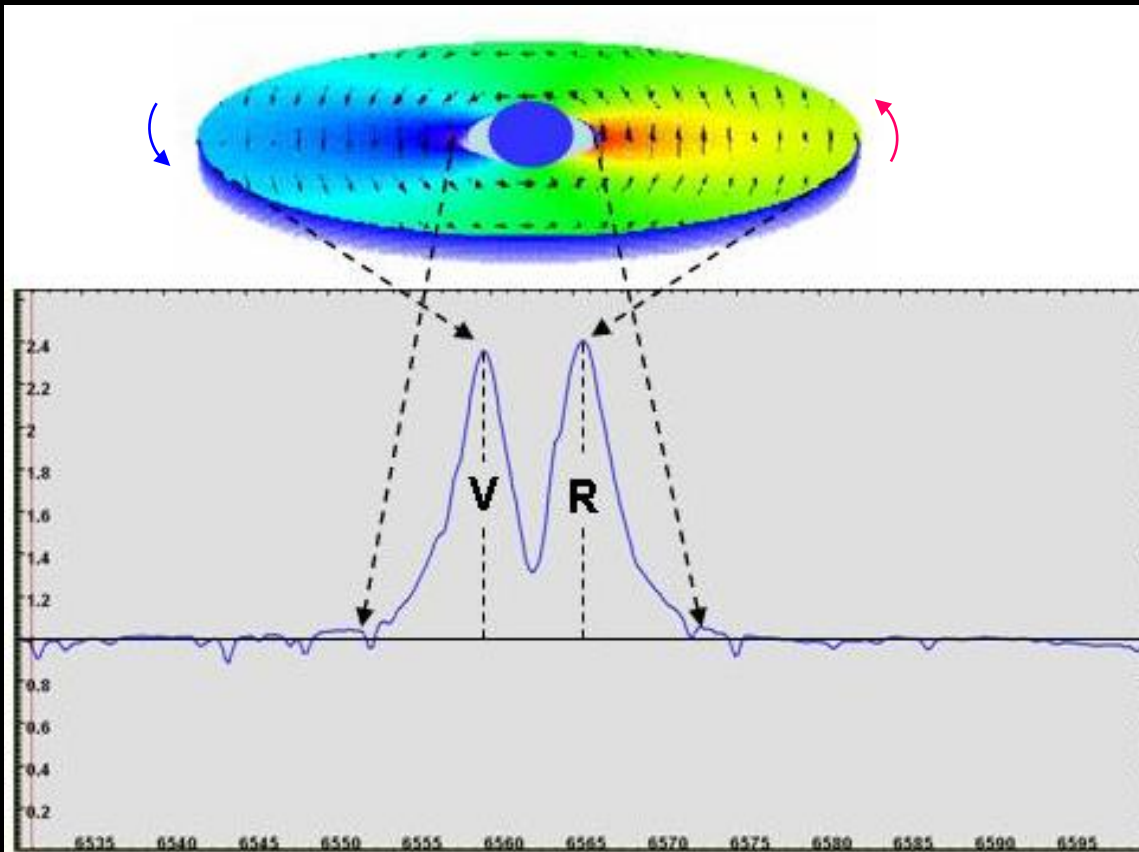
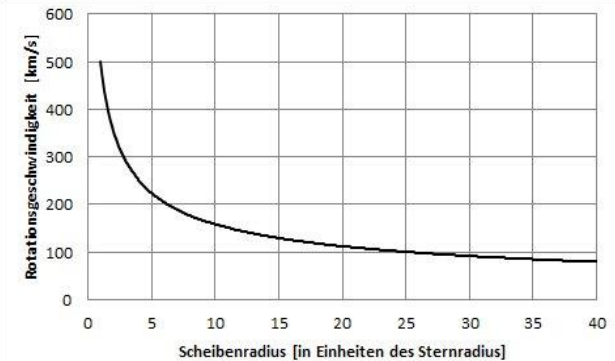
➤ en de bewegingsrichting van de overeenkomstige gaszone in de schijf.



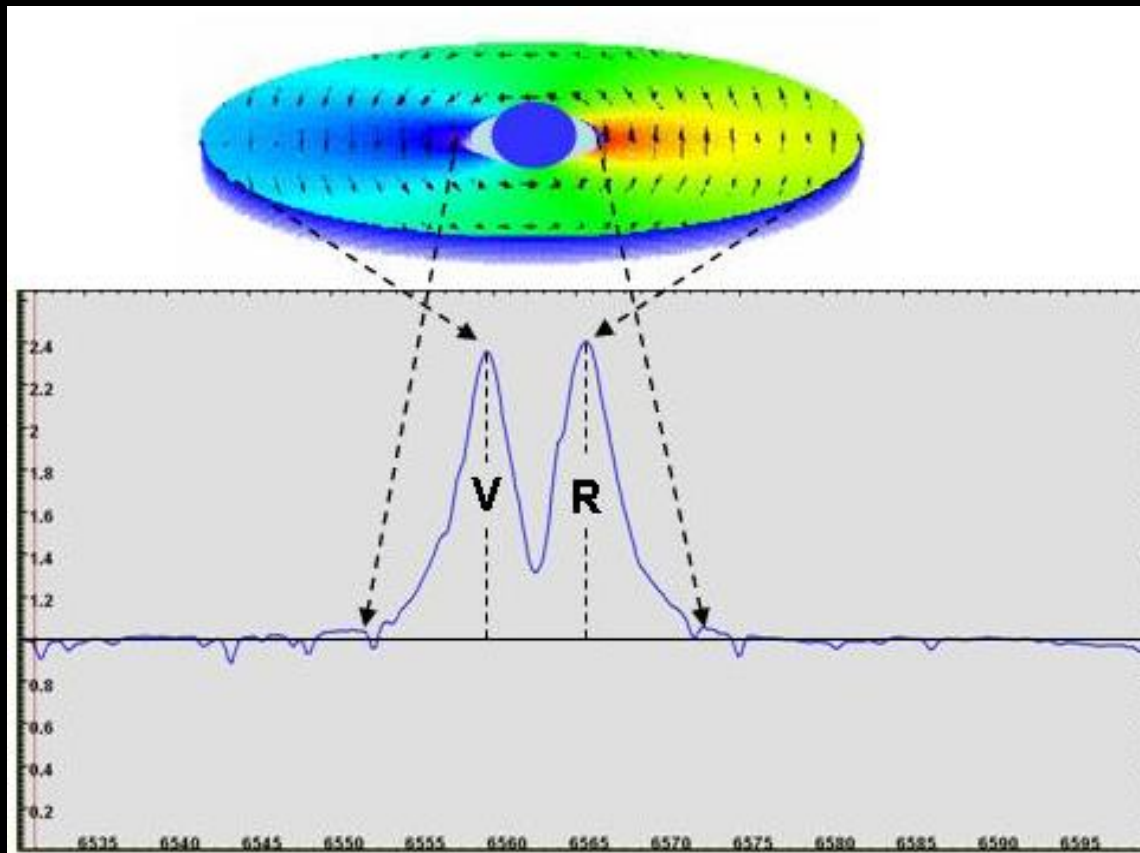
De gasatomen in de schijf bewegen rond de centrale ster in benaderende banen, overeenkomstig de 3<sup>de</sup> wet van Kepler.

De omloopsnelheid  $v_K$  neemt af met toenemende straal  $r$  van de schijf, waardoor we kunnen uitgaan van een differentiële rotatie van de schijf.

$$v_K(r) = v_0(r/r_*)^{-0.5}$$



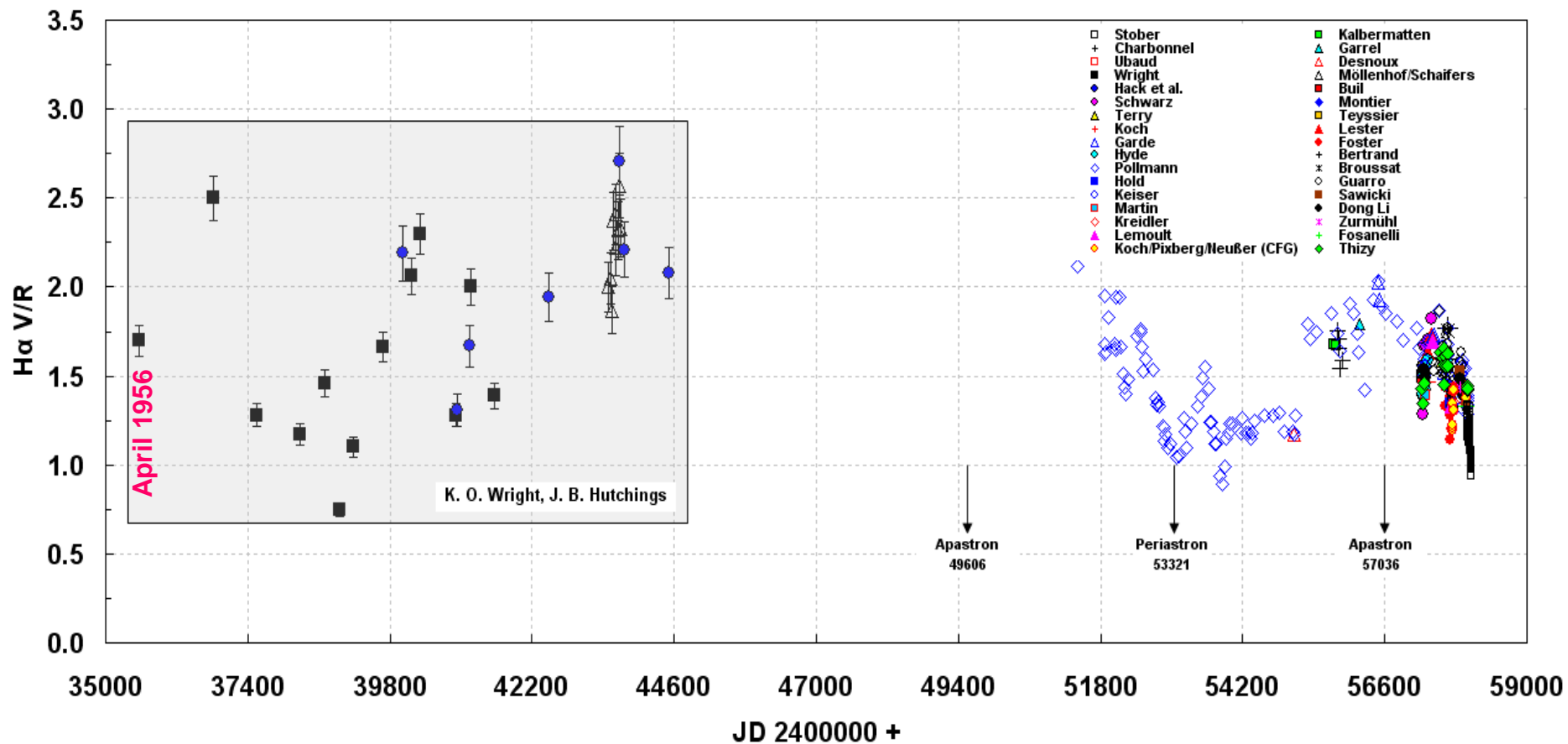
Bij het zijaanzicht a.h.w. doorheen de schijf ( $i = 90^\circ$ ), verschijnt het lijnprofiel met een dubbele piek en de waargenomen verbreding ontstaat door zelfabsorptie in de gezichtslijn.



*De hoogte van de V-piek is een maat voor het aantal atomen van het element dat naar ons toe beweegt (**blauwverschuiving**); de hoogte van de R piek is een maat voor het aantal atomen van het element dat zich van ons verwijdert. (**roodverschuiving**)*

*De verhouding  $V / R$  van deze twee pieken geeft informatie over de asymmetrie van de deeltjesdistributie in de roterende schijf.*

# De lange termijn H $\alpha$ -V/R monitoring sinds 1956 tot nu



*Sedert April 1956 werden tijdens de observaties indrukwekkende veranderingen vastgesteld in de V/R verhouding. De data bevestigen duidelijk de tijdsevolutie van de V/R verhouding. De V/R variatie vraagt een meer gedetailleerde evaluatie van haar cyclisch karakter*

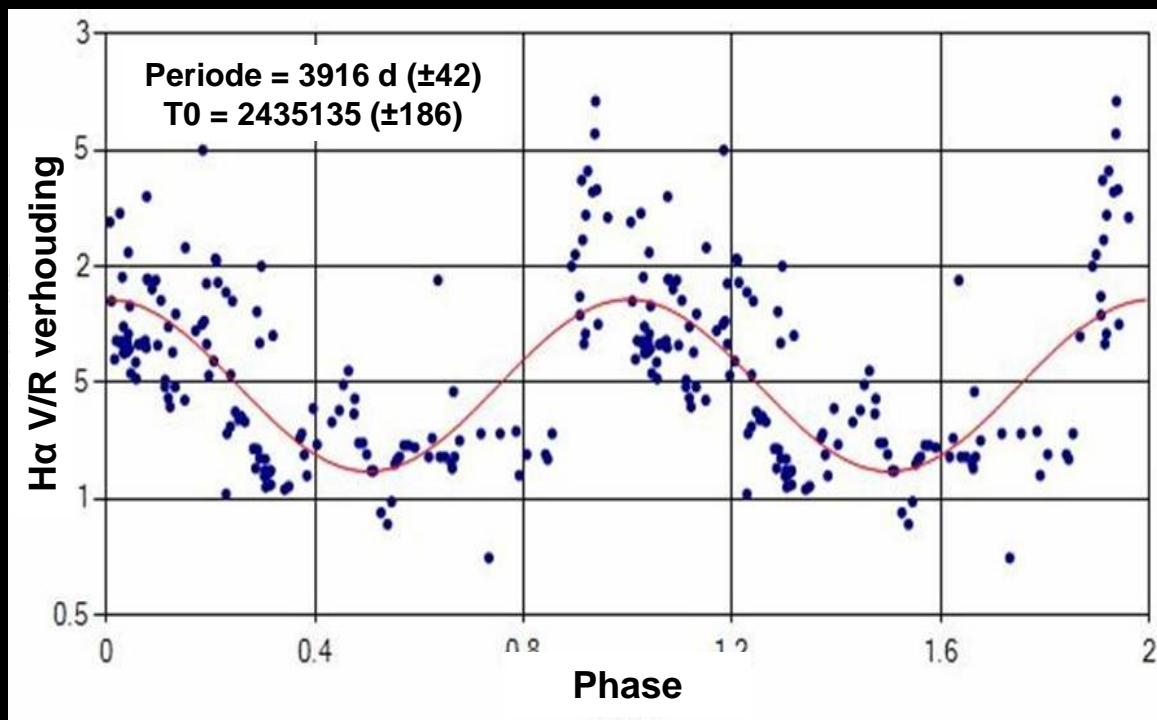
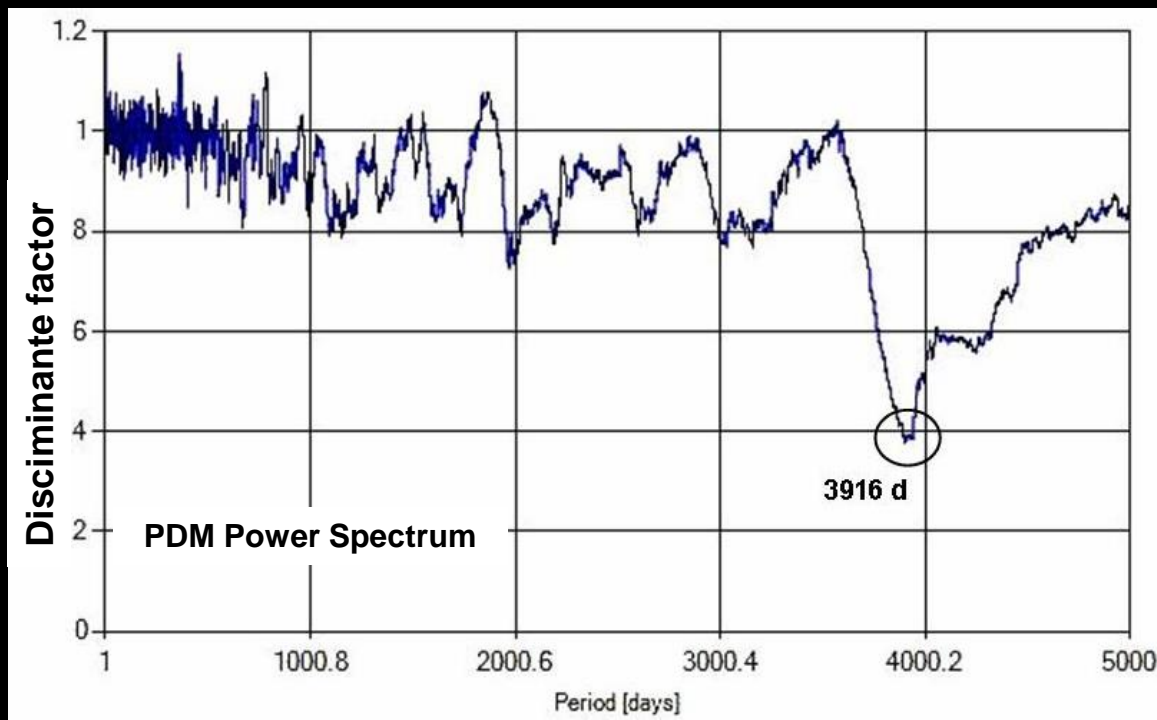
# Periodieke Variabiliteit van de H $\alpha$ V/R verhouding

*De bovenste figuur toont een PDM periode analyse van de volledige V/R data set, met als dominante periode 3916 dagen.*

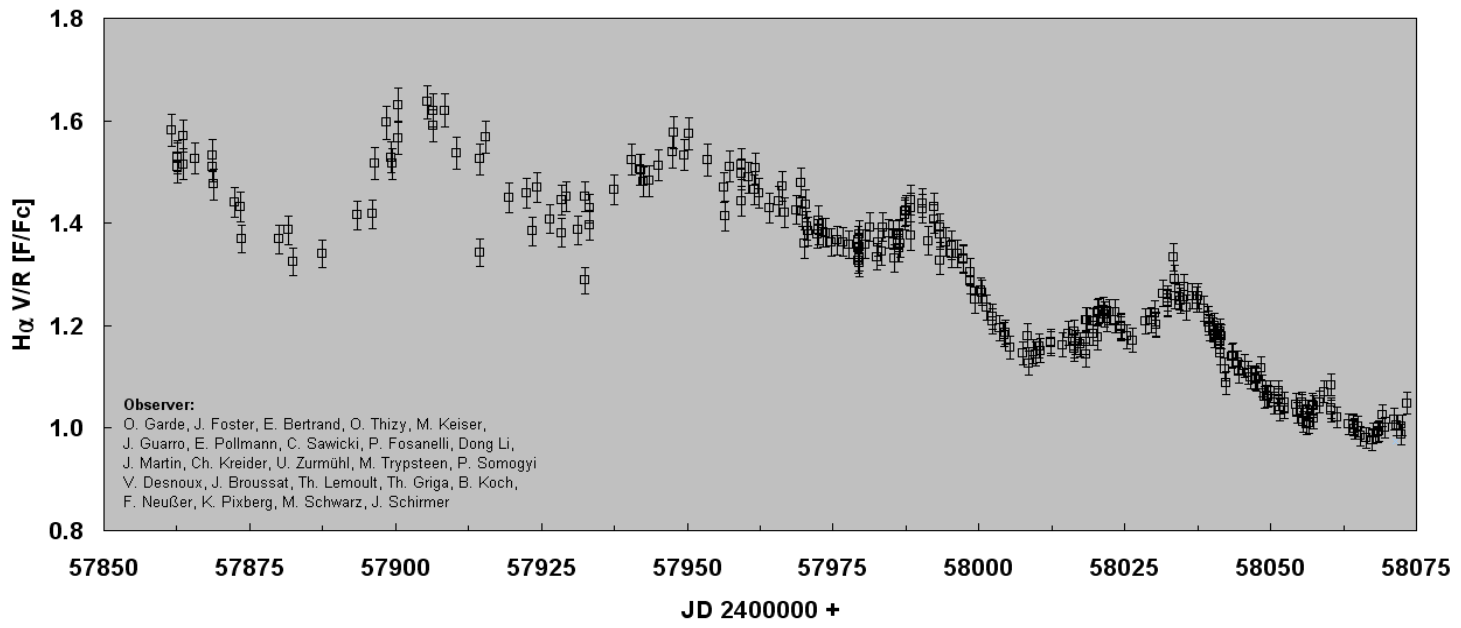
*In de onderste figuur is het fase-diagram van de 3916 d periode afgebeeld.*

*Het lijkt erop dat dit overeenstemt met de helft van de omlooperperiode, ongeveer 7450 d.*

*Een mogelijke verklaring voor dit verloop zou een getijdenwerking kunnen zijn, uitgeoefend door de M superreus op de schijf van de B ster gedurende elk periastron.*

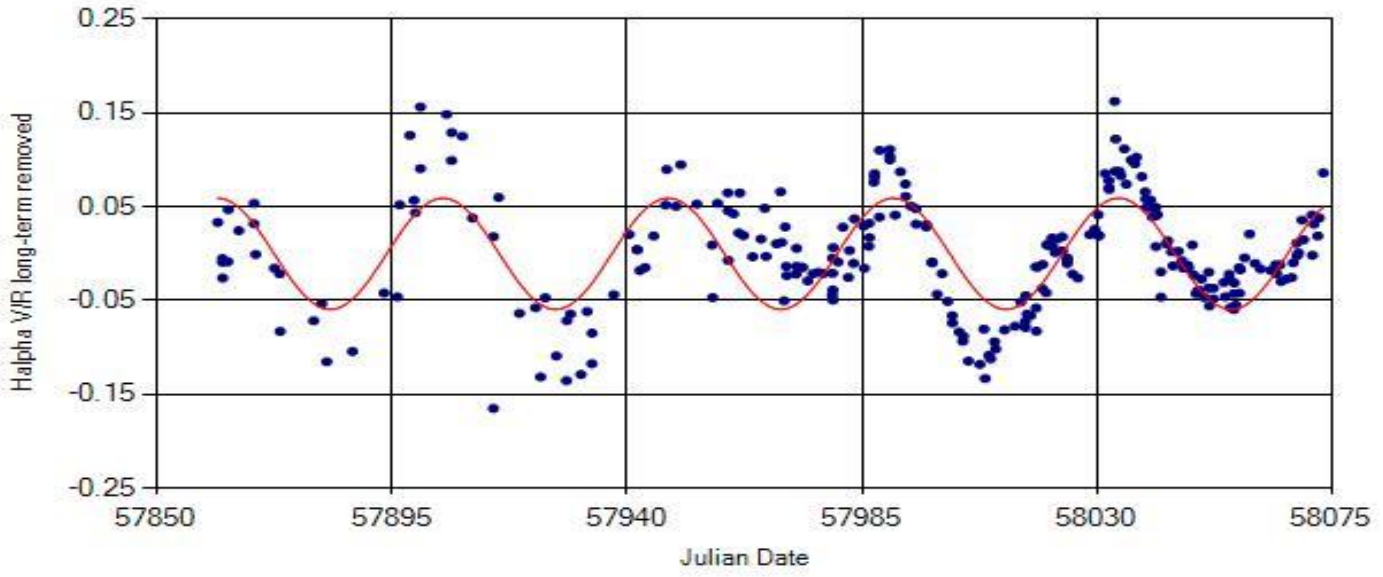


# Korte termijn variabiliteit van de H $\alpha$ V/R verhouding



*ARAS-groep  
V/R tijdserie  
sinds April 2017*

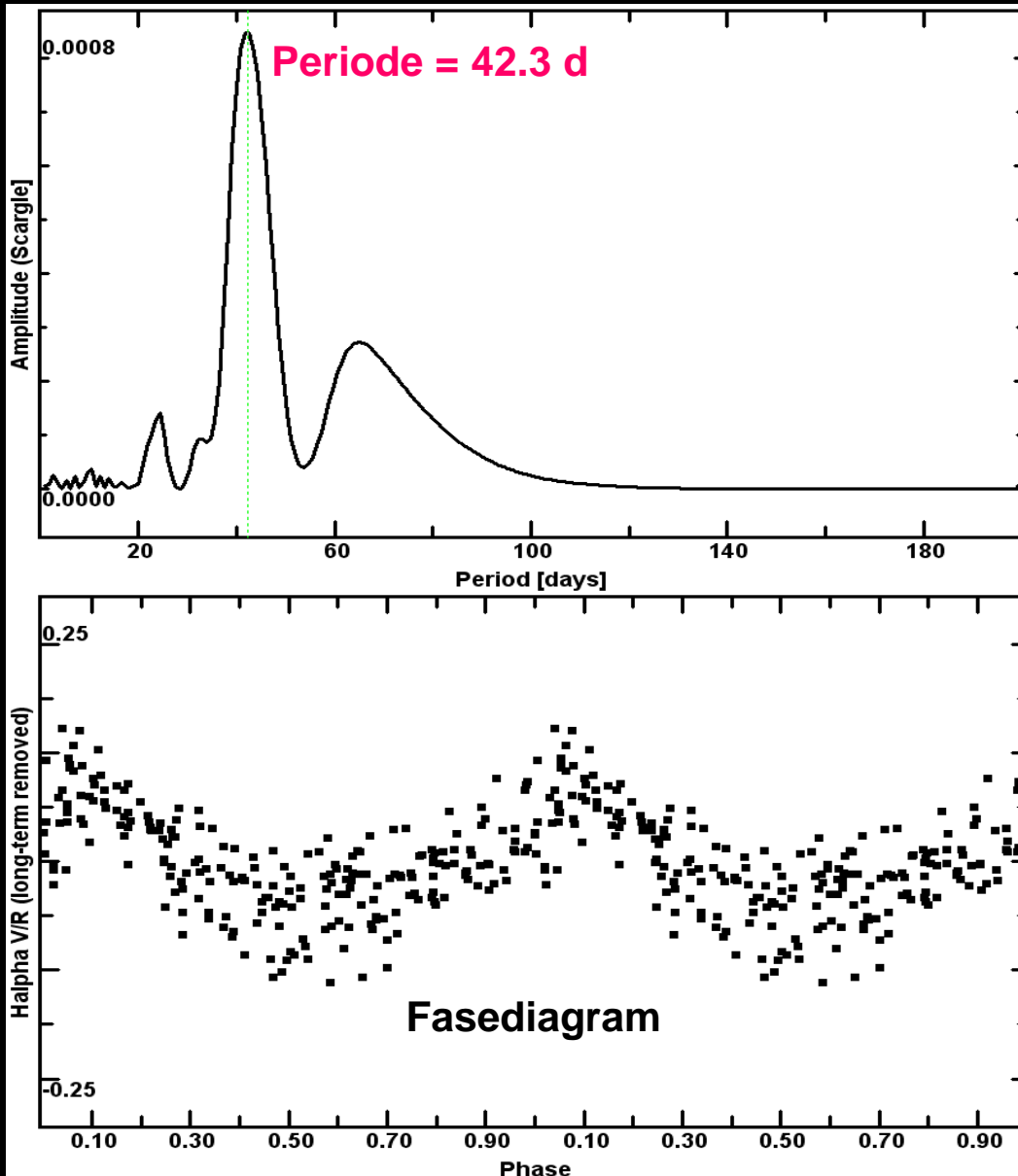
*Deze variabiliteit  
was tot op heden  
onbekend*



*Om een  
periodieke data-  
analyse mogelijk  
te maken wordt  
de lange termijn  
component van  
de eclips  
afgetrokken van  
de tijdserie.*



# Korte termijn variabiliteit van V/R



*PDM Periodieke analyse levert een zeer duidelijke en overheersende periode op van 42.3 dagen*

*OORZAKEN ?  
Precessie van de rotatie-as van de schijf ?*

## **OPEN VRAAG**

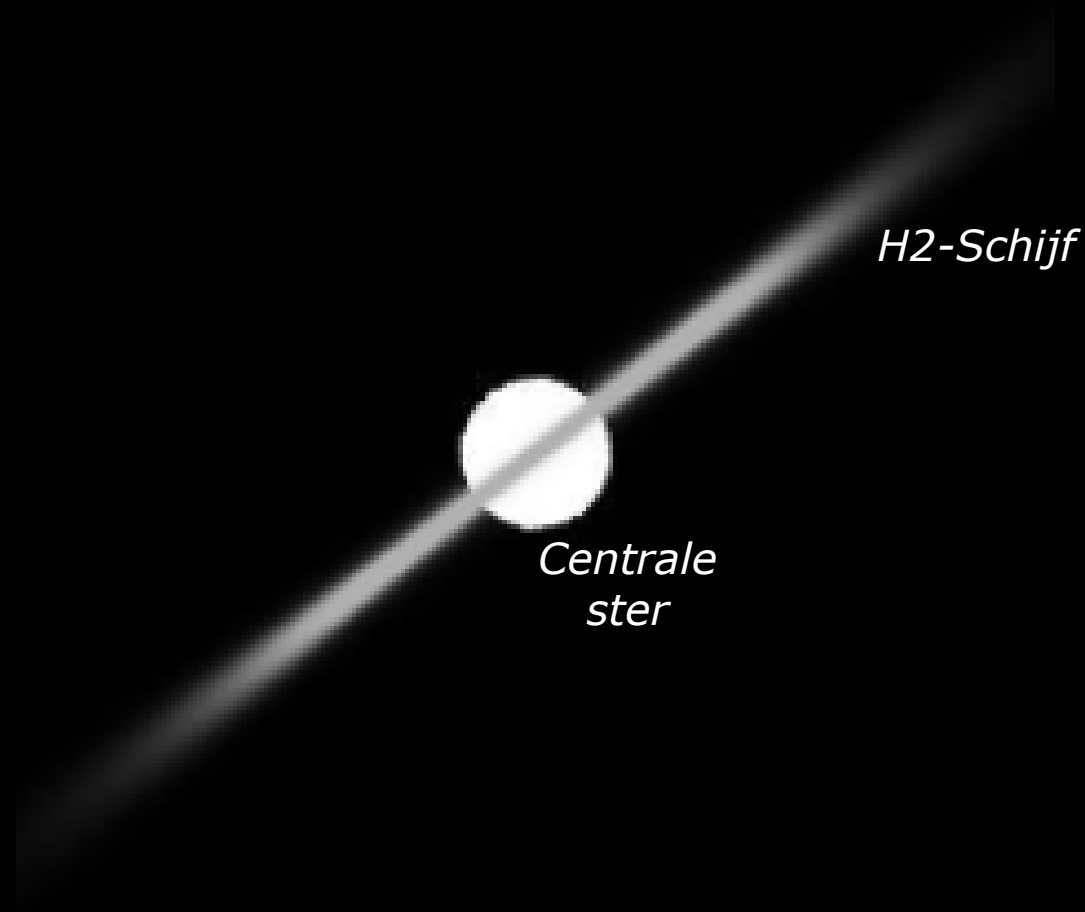
*Het lijkt hoogst onwaarschijnlijk dat pulsaties van de M ster regelmatige dichtheidsvariatiëes zouden veroorzaken in de buitenste atmosfeer van de ster, die de 42 daagse V/R periode van de gedeeltelijk geëclipseerde schijf kunnen verklaren.*

*Echter, schommelende oscillaties van de schijf, veroorzaakt door precessie van de rotatie-as, zoals ondervonden is bij de accretieschijven van Be sterren (Martin et al., 2011; Schaefer et al., 2010), kunnen een aannemelijke verklaring vormen voor de periodieke V/R variatie.*

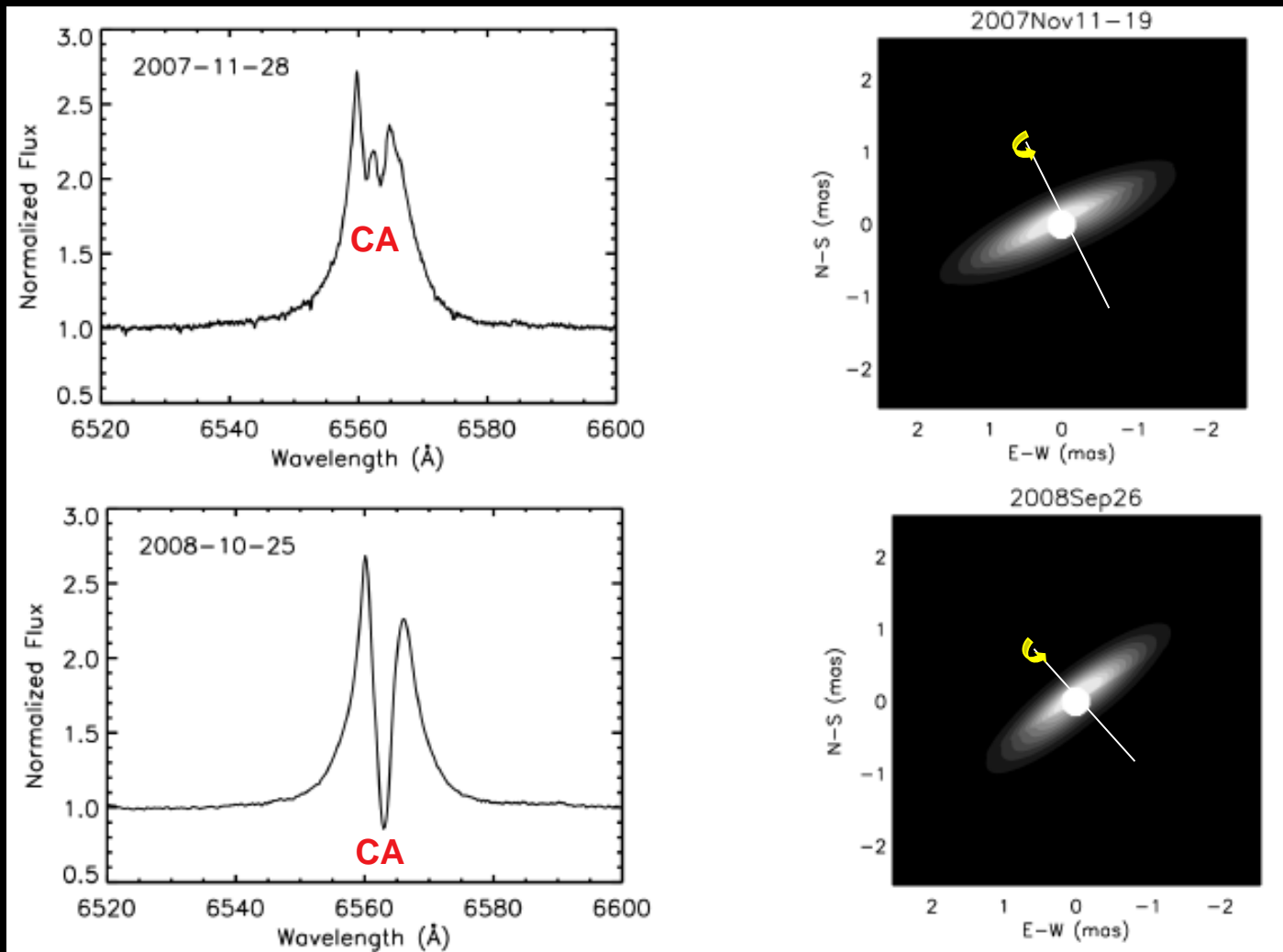
*De oorzaken van de precessies zijn niet duidelijk, maar Hummel (1998) suggested dat ze mogelijks geïnduceerd worden door getijdenwerking binnen het dubbelstersysteem.*

*De duidelijk gedetecteerde periode van "slechts" ongeveer 42 dagen kan betekenen dat de massa en/of de diameter van de accretieschijf "overeenkomstig klein" zou moeten zijn.*

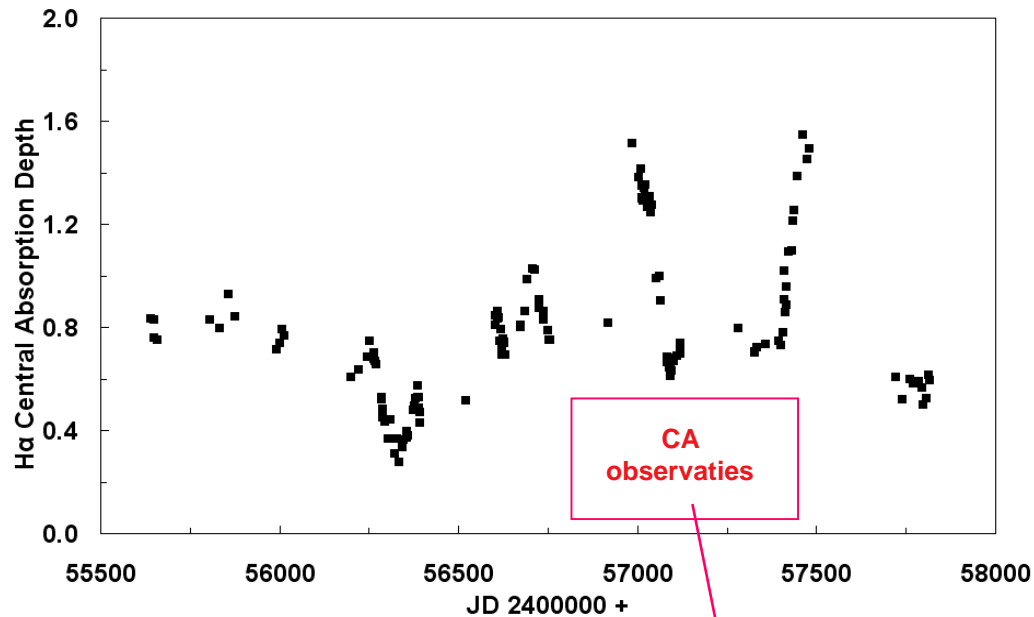
# Vergelijking met de schijf van de Be dubbelster $\zeta$ Tau



# ***Precessie van de rotatie-as van de schijf veroorzaakt variaties van de centrale absorptie CA***

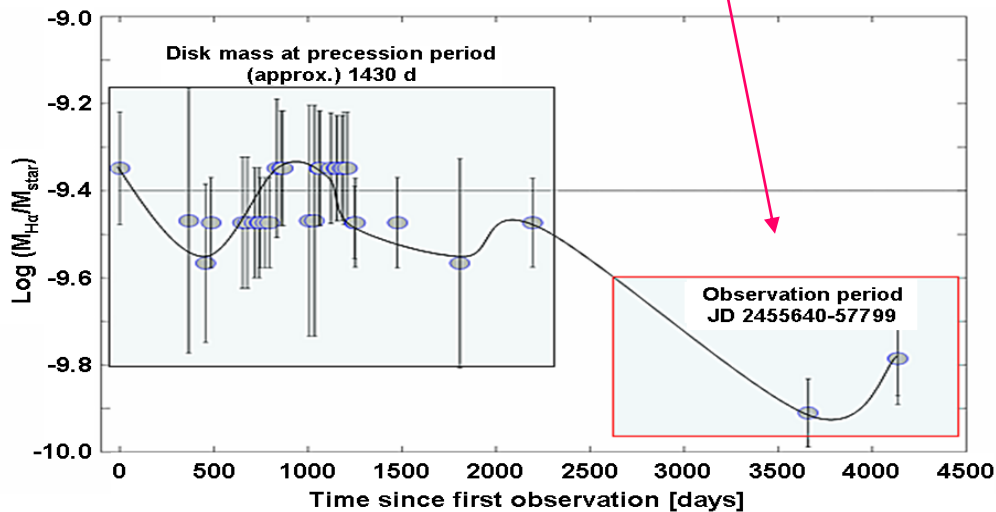


*Een 440-dagen precessieperiode van de rotatie-as van de schijf werd ontdekt in  $\zeta$  Tau (Pollmann, 2017, IBVS No. 6208) tijdens een periode van schijfmassaminimum.*



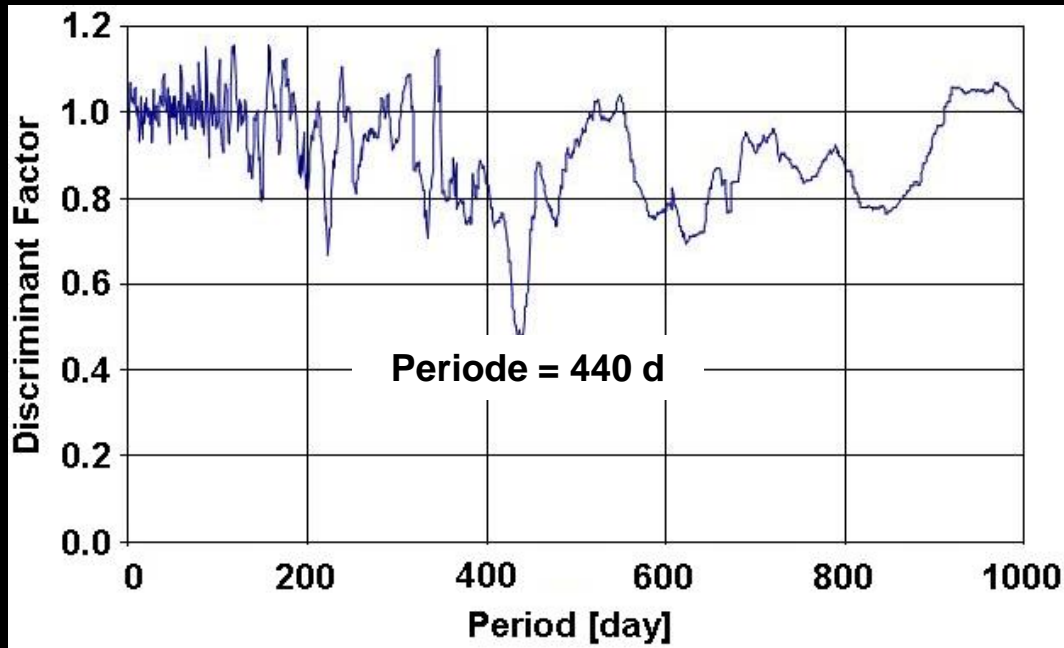
*ARAS H $\alpha$ -CA observaties, toevallig en simultaan met onderzoeken van Tycner & Sigut (2015) tijdens het schijfminimum:*

*$\sim 1.2 \cdot 10^{-10}$  massa van de primaire ster*



*Aangezien de massa van de primaire ster = 11.3 SM (Carciofi et al. 2009), was de massa van de schijf in  $\zeta$  Tau*

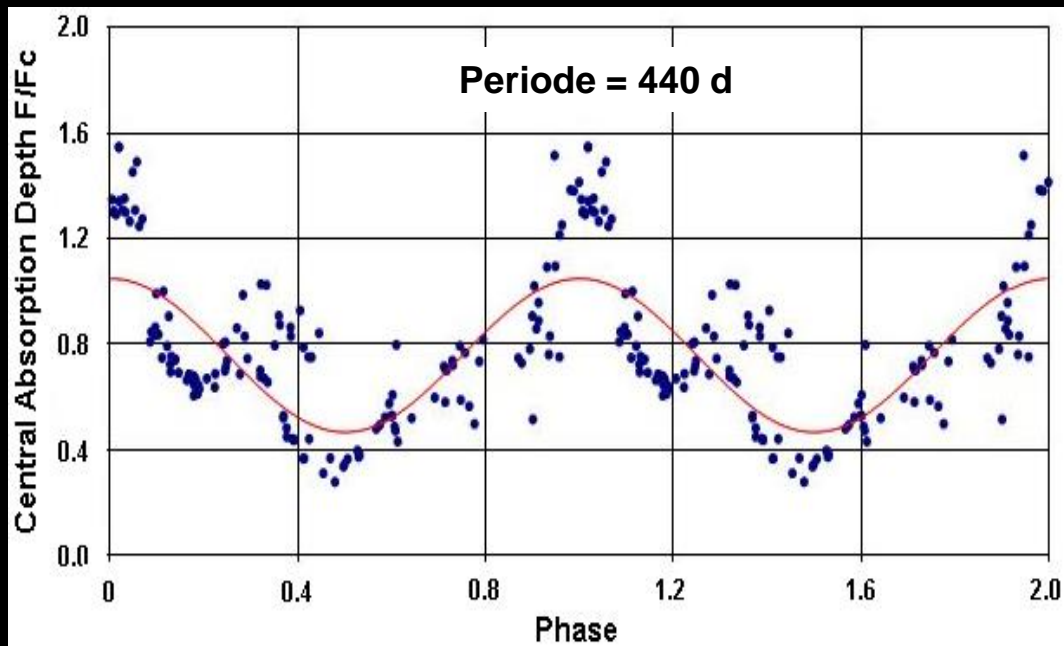
$$11.3 \text{ SM} * 1.2 * 10^{-10} = 1.356 * 10^{-9} \text{ SM}$$



440 dagen  
precessieperiode



schijfmassa  
 $1.356 \cdot 10^{-9}$  SM





*Over het algemeen is de precessie van schijf van Be sterren evenredig met hun massa en diameter (Martin et al. 2011).*

*De precessieperiode van de accretieschijf in VV Cep, met de 42 dagen, is één tiende van de precessieperiode van de schijf in  $\zeta$  Tau (440 d).*

*Aangezien de massa van de B ster in VV Cep (18.6 SM; Bennett et al. 2004) ongeveer van dezelfde orde is als de massa van de Be ster  $\zeta$  Tau ...*

*... kunnen we dan zeggen dat de massa van de VV Cep accretieschijf dan ook één tiende is van de schijfmassa in  $\zeta$  Tau =  $1.356 * 10^{-10}$  SM ?*



**...klaar voor de  
observaties?**