

Wie eine Präzessionsschwingung erlischt: Die Auflösung einer zirkumstellaren Scheibe in Pleione

Ernst Pollmann

Abstract: *Langjährige H α -Beobachtungen von 28 Tau (Pleione) zeigen periodische Variationen der zentralen Absorption, des V/R-Verhältnisses und der Äquivalentbreite, die mit den Periastronpassagen des Begleitsterns ($P = 218$ d) korreliert sind. Die Profilformen deuten auf eine wiederholte, gezeitenbedingte Verkipfung der zirkumstellaren Scheibe um etwa 30° hin. Modellrechnungen zeigen, dass die beobachtete Variabilität überwiegend geometrischen Ursprungs ist. Ein rechnerisches Modell beschreibt eine präzedierende Scheibe mit einer Periode von etwa 80 Jahren sowie einen etwa 34-jährigen Zyklus aus Verkipfung, Aufspaltung und Auflösung der Scheibe, der die kurz- und langfristige Variabilität von Pleione konsistent erklärt.*

Beobachtungen

Langfristige H α -spektroskopische Beobachtungen des spektroskopischen Doppelsternsystems 28 Tau (Pleione) über einen Zeitraum von rund 26 Jahren zeigen ausgeprägte periodische Variationen der zentralen Absorption (CD), des V/R-Verhältnisses sowie der Äquivalentbreite (EW) der H α -Emission (Pollmann 2025). Diese Veränderungen stehen in engem zeitlichem Zusammenhang mit den Periastronpassagen des Begleitsterns, der Pleione mit einer Umlaufperiode von 218 Tagen umkreist. Charakteristisch ist dabei, dass Maxima der zentralen Absorption (CD) mit Minima von V/R und EW zusammenfallen (die Parameter sind in <http://www.bav-astro.eu/rb/rb2020-2/81.html> ausführlich beschrieben). Dieses Verhalten wird dem gravitativen Einfluss des Begleitsterns während der Periastronpassagen zugeschrieben. Bemerkenswert ist, dass ein derartiges Muster weder während der früheren Shell-Phasen in den 1970er-Jahren noch während der ausgeprägten Shell-Phase um 1980 beobachtet wurde. Die Form der H α -Profile (siehe Abb. 1 und 2 in <http://www.bav-astro.eu/rb/rb2020-2/81.html>) legt nahe, dass die Gezeitenkräfte des Begleiters bei jeder Periastronpassage eine zeitweise Verkipfung der zirkumstellaren Scheibe um etwa 30° relativ zur Sternäquatorebene verursachen.

H α -Beobachtungen aus den Jahren 2005 bis 2019 (Marr et al. 2022) zeigen, dass Pleione in diesem Zeitraum einen Übergang von einer klassischen Be-Phase in eine Be-Schalen-Phase durchlief. Zur Interpretation dieses Phasenwechsels wurden rund 100.000 Scheibenmodelle berechnet. Dabei konnte mit einem geeigneten Modell die beobachtete Änderung der Scheibenneigung bei konstanter äquatorialer Dichte reproduziert werden. Dies stützt die Schlussfolgerung, dass die spektrale Variabilität in erster Linie geometrischen Ursprungs ist und nicht durch starke Änderungen der Massenverlustrate verursacht wird. Das bestpassende Modell beschreibt eine Präzession der Scheibe zwischen Sichtlinien-Inklinationswinkeln von etwa 25° bis 144° mit einer Präzessionsperiode von rund 80,5 Jahren (Marr et al. 2022).

In diesem Szenario wird eine einzelne Scheibe über einen Zeitraum von etwa 34 Jahren langsam um rund 30° gegenüber der Sternäquatorebene verkippt. Im heute bevorzugten Modell (Marr et al. 2022; Suffak et al. 2023) kippt die Scheibe über rund 30 Jahre hinweg immer weiter, bis die ständigen Gezeitenkräfte des Begleitsterns sie

schließlich regelrecht „aufreißen“. Dabei trennt sich der äußere Teil der Scheibe vom inneren (Abb. 1).

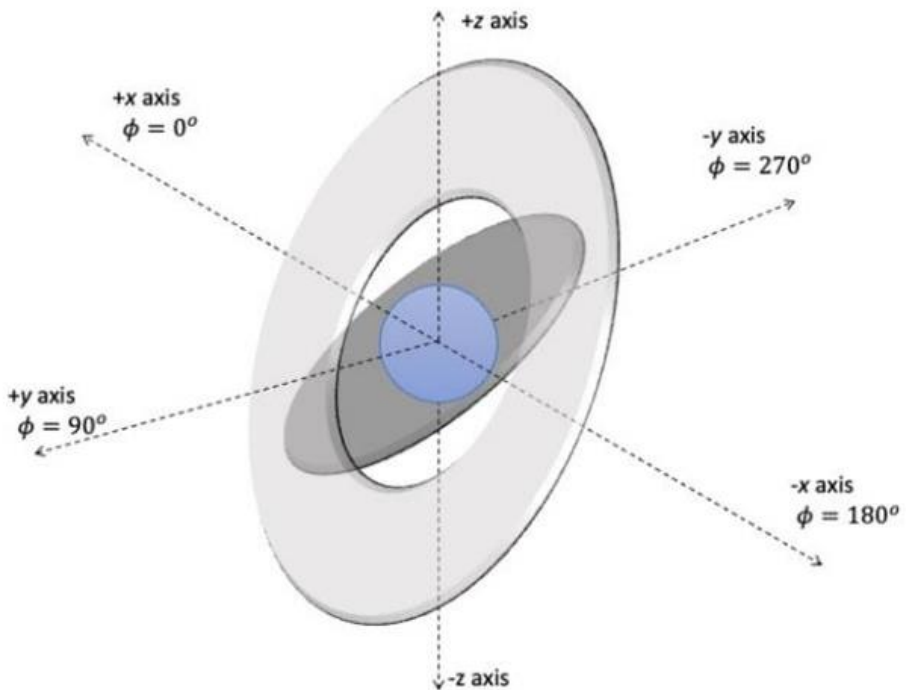


Abb. 1(aus: Suffak et al. MNRAS000, 2023): Schematische Darstellung des sich auflösenden Scheibensystems. Der Stern befindet sich in der Mitte (blau). Um ihn kreist eine innere Scheibe (dunkelgrau) und eine äußere Scheibe (hellgrau), die voneinander getrennt sind. Die z-Achse zeigt die Rotationsachse des Sterns. Der Winkel ϕ beschreibt die Blickrichtung, wobei $\phi = 0^\circ$ in Richtung der positiven x-Achse zeigt.

Der innere Teil fällt zurück in die Äquatorebene des Sterns, während die Scheibenfütterung aus dem Sterninneren aufrechterhalten bleibt. Die äußere Scheibe präzediert über einen Zeitraum von etwa 15 Jahren und löst sich dabei allmählich auf. Dieser Zyklus wiederholt sich ungefähr alle 34 Jahre und ist in der Lage, sowohl die kurz- als auch die langfristigen Variabilitätstrends von Pleione konsistent zu erklären. Das Aufreißen der Scheibe, ihre Präzession sowie ihre allmähliche Auflösung spiegeln sich besonders deutlich im zeitlichen Verhalten der zentralen Absorption (CD) im H α -Profil wider. Abbildung 2 zeigt sowohl das CD-Langzeitverhalten über einen Zeitraum von 27 Jahren als auch die inverse Darstellung $1/CD$ (rote Punkte).

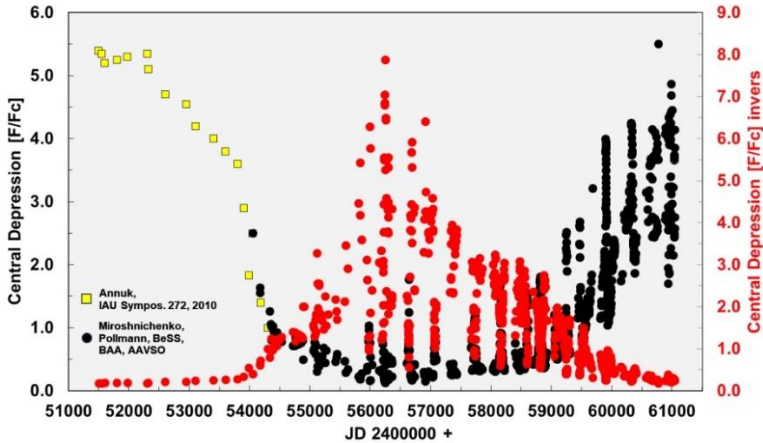


Abb. 2: Zeitverhalten der zentralen Absorption (CD = Fluxmax/Fluxcontinuum) sowie die inverse Form ($1/CD$ = rote Punkte)

Nach Subtraktion des exponentiell abfallenden, inversen CD-Langzeittrends ab JD 2456500 sind ab etwa JD 2461000 keine signifikanten periodischen Modulationen mehr nachweisbar (Abb. 3). Der Fit liefert eine Periode von $P = 218$ Tage in Übereinstimmung mit der bekannten orbitalen Periode des Begleitsterns. Die gefittete Amplitude ist mit (fast) Null innerhalb der Fehler vereinbar. Dies deutet auf das vollständige Verschwinden der zuvor abgetrennten Scheibe hin.

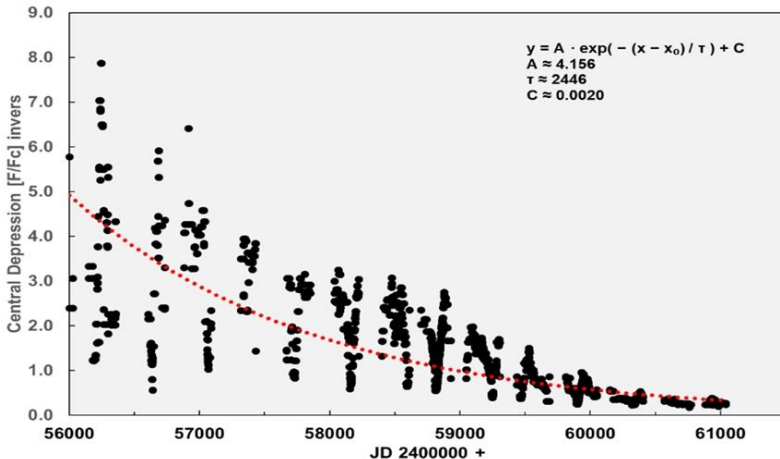


Abb. 3: Exponentielle Fitting des inversen CD-Langzeittrend. Dabei wurden die Parameter A (Anfangsamplitude), τ (charakteristische Abklingzeit) und C (konstanter Untergrund) so bestimmt, dass die quadratischen Abweichungen zwischen Messwerten und Fitkurve minimal sind. Die roten Punkte zeigen den resultierenden Best-Fit.

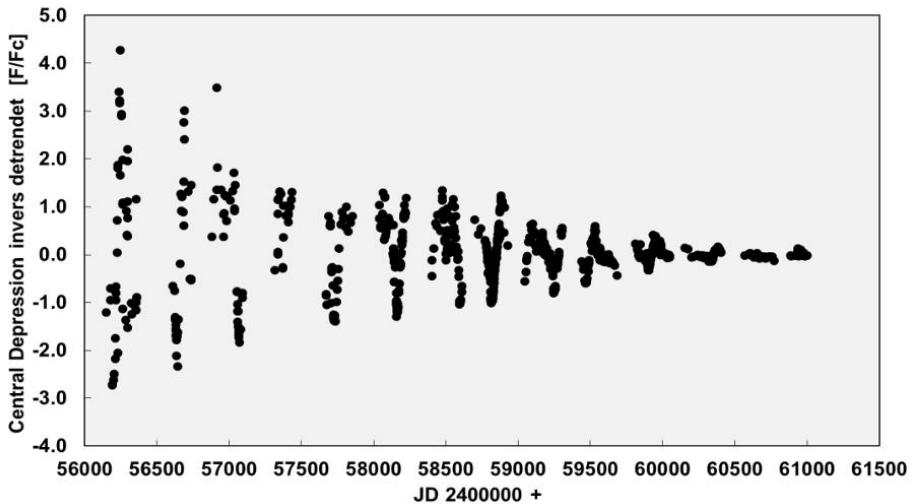


Abb. 4: Subtraktion der exponentiellen Fittung vom inversen CD-Langzeittrend zur Verdeutlichung der orbitalen Periode von 218 Tagen des Begleitsterns und des vollständigen Verschwindens der zuvor abgetrennten Scheibe.

Dieses Monitoring belegt eindrucksvoll den wissenschaftlichen Wert der Zusammenarbeit zwischen Amateur- und professioneller Astronomie.

Referenzen

- Annuk, K., 2010, Proceedings IAU Symposium No. 272
Marr, K., C., et al., 2022, The Astrophysical Journal, 928:145
Miroshnichenko, A., 2025, priv. comm., Greensboro, State University North Carolina
Pollmann, E., 2025, JAAVSO Volume 53
Suffak, M., W., et al., 2023, MNRAS000, 2023

Ernst Pollmann, ernst-pollmann@t-online.de