

PM 1-322 – ein veränderlicher Planetarischer Nebel

Klaus Bernhard

Abstract: ZTFJ201451.59+120353.4 (=Planetary Nebula PM 1-322), shows unusual variability patterns including a deep eclipse-like event, dimming in the optical region with simultaneous brightening in the red and infrared, and rapid eruption-like events. The spectral energy distribution is dominated by infrared radiation, with high-resolution spectroscopy revealing strong forbidden emission lines and symmetric double-peaked H α emission. The object is likely a hot central star surrounded by gaseous and dusty disks, an extended nebula, and possibly a companion star.

Dieser Beitrag ist eine Zusammenfassung unserer Veröffentlichung „PM 1-322: new variable planetary nebula“, der in internationaler Zusammenarbeit in der Zeitschrift Astronomy und Astrophysics publiziert wurde.

Planetarische Nebel sind durch ihre ausgedehnten Gashüllen häufig optisch imposante Objekte, die meisten der in ihnen eingebetteten Zentralsterne sind jedoch maximal geringfügig veränderlich. Die komplexen Helligkeitsveränderungen von PM1-322 sind uns als Nebenprodukt einer systematischen Suche nach langperiodischen veränderlichen Sternen in der photometrischen Datenbank des Zwicky Transient Facility (ZTF) am Mount Palomar in den USA aufgefallen (Abbildung 1). Dieses überwacht mit Hilfe des 48-inch-Samuel-Oschin-Schmidt-Teleskops seit dem Jahr 2017 große Teile des Himmels in den zwei Spektralbändern r (orange) und g (blaugrün), teilweise zusätzlich auch im längerwelligen i.

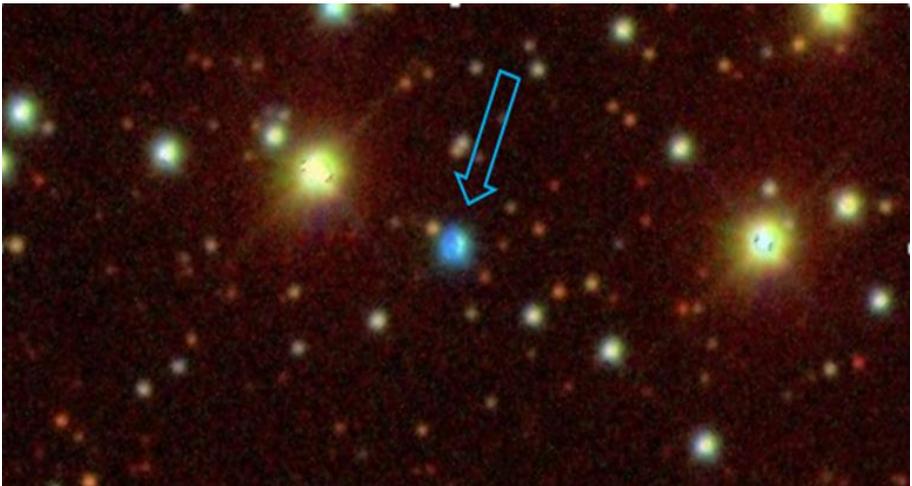


Abbildung 1: Umgebung von PM 1-322 (blauer Pfeil) aus der Sicht des Sloan Digital Sky Survey (Ahn et al. 2012, bearbeitet).

Die vom ZTF-Teleskop aufgenommene Lichtkurve von PM1-322 (ZTFJ201451.59+120353.4) zeigt auf ersten Blick drei Minima im g-Band in Abständen von etwa einem Jahr, zeitgleich zu entsprechenden Maxima im r-Band (Abbildung 2). Diese Anti-Phase-Variabilität war bislang als praktisch einzigartiges Merkmal einer Untergruppe von Sternen mit ungewöhnlichen Metallhäufigkeiten in der oberflächennahen Schicht (Alpha^2CVn -Sterne) betrachtet worden. Bei diesen Objekten wird das Anti-Phase-Verhalten durch eine Umverteilung des Lichtes aus verschiedenen Spektralbereichen durch chemische Flecken wie Strontium oder Europium erklärt.

Antiphase-Variationen und Helligkeitseinbruch

Die unseres Wissens nach noch nicht in der Literatur beschriebene Anti-Phase-Variabilität eines Planetarischen Nebels und ein darauffolgender Helligkeitseinbruch in beiden Spektralbändern im Jahr 2022 waren Anlass für diese Studie. Auch erklärte keines der bisher publizierten Modelle des Systems, wie das eines jungen Planetarischen Nebels oder das eines wechselwirkenden symbiotischen Doppelsternsystems mit einem Roten Riesen, alle beobachteten Phänomene.

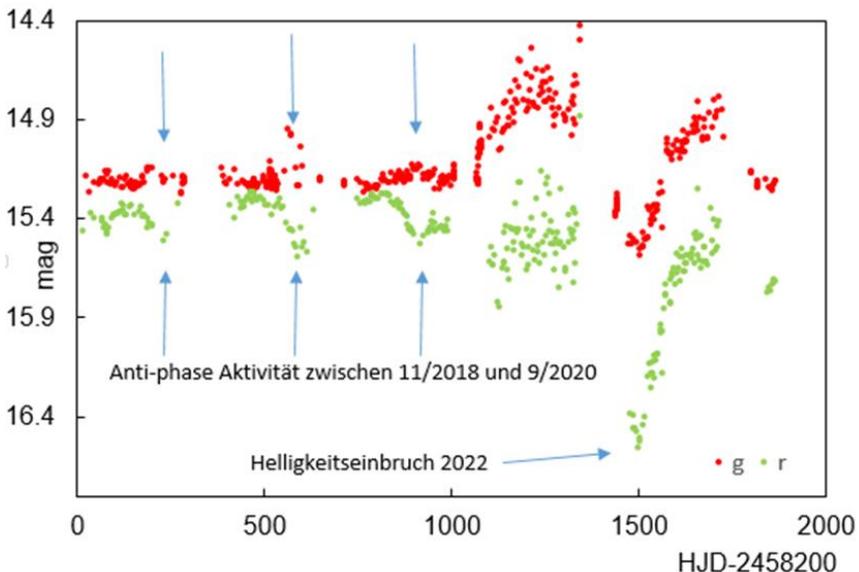


Abbildung 2: ZTF Lichtkurve von PM1-322 im r (orange) und g (blaugrün) Band zwischen 4/2018 und 5/2023 (eigene Darstellung)

Unsere Follow-Up-Beobachtungen erfolgten durch spektroskopische Messungen am Fies-Instrument des Nordic Optical Telescope auf La Palma im November 2022. Das Spektrum umfasst eine Reihe von (verbotenen) Spektrallinien wie [OIII], [NIII] oder

[ArIII]. Insbesondere die Spektrallinie des doppeltionisierten Sauerstoffs [OIII] ist in diesem Zusammenhang interessant, da es elektromagnetische Strahlung eines über 25.000 K heißen Sterns für ihre Entstehung erfordert. Die Balmer-Serie des Wasserstoffs (H α , H β etc.) zeigte ein sehr interessantes niveaubehängiges Verhalten, das auf einen Zentralstern mit einer fast auf der Kante liegenden Scheibe hinweist. Zusätzliche fotometrische Beobachtungen am Remote Observatory Desert Telescope in Chile in den Spektralbändern BVRI im August und September 2022 gaben Hinweise auf eine semi- bis irreguläre Veränderlichkeit in Zeiträumen eines Bruchteiles eines Tages, was den Durchmesser des zentralen Bereiches des Planetarischen Nebels einschränkt.

Darüber hinaus beinhalten auch die im Internet verfügbaren Surveys eine Reihe von wertvollen Informationen. Historische Aufnahmen des WISE/NEOWISE-Satelliten bzw. des ASAS-SN Surveys deuten darauf hin Periodizität von 6 bzw. 12 Jahren Periode hin, was als Bedeckungen eines langperiodischen Doppelsternsystems interpretiert werden kann.

Die aus Aufnahmen verschiedenster Spektralbereiche abgeleitete spektrale Energieverteilung (SED) weist auf eine Kombination von 2 Körpern mit Temperaturen von mindestens 9400 K (0.56 Sonnenradius) sowie von 800 K (100 Sonnenradien) in Verbindung mit einer weitaus größeren 180 K kühlen Staubhülle hin.

Ein im Nebel verborgenes Doppelsternsystem?

Eine Reihe von möglichen Szenarien scheinen aus heutiger Sicht geeignet, einzelne Aspekte der Beobachtungen zu erklären und können daher nicht komplett ausgeschlossen werden. Die Summe an optischen und spektroskopischen Beobachtungen wird aber am besten erklärt durch ein in eine dünne Gashülle eingebettetes Doppelsternsystem bestehend aus einem über 25.000 K heißen Primärstern und eines in einer Staubscheibe eingehüllten Begleitsterns. Die beobachteten Finsternisse und die Variabilität legen nahe, dass wir die Gas- und Staubscheibe sowie den vermutlichen Begleiter fast von der Kante aus beobachten (Abbildung 3).

Dieses Szenario erklärt auch zwanglos das bisher noch nie bei einem Planetarischen Nebel beobachtete Anti-Phase-Verhalten der unterschiedlichen Farbbänder: Wenn die Gas- und Staubscheibe zum Beispiel durch eine Instabilität heißer wird und sich ausdehnt, nimmt die Helligkeit im Infraroten und im ZTF-r zu. Gleichzeitig könnten die dabei angeschwollenen Ränder der äußeren und kühleren Scheibe den Zentralstern oder die heißeren inneren Teilbereiche der Scheibe verfinstern, was zu den gleichzeitigen Helligkeitsabfällen bei kürzeren Wellenlängen führt.

Trotz dieser Studie, die von Prof. Ernst Paunzen, Brünn/Tschechische Republik geleitet wurde, bleiben noch eine Reihe von Fragen für das Verständnis dieses interessanten Systems offen, für die erweiterte photometrische und spektroskopische Langzeitbeobachtungen erforderlich wären.

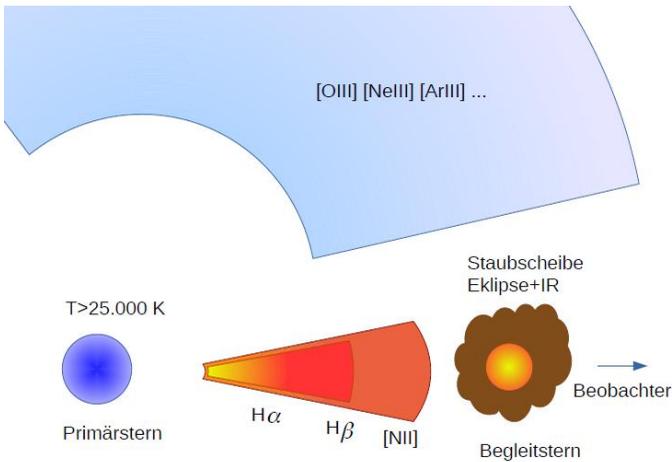


Abbildung 3: Schematisches Modell von PM 1-322 (Grafik: J. Budaj) Der heiße Primärstern regt die umgebende Gashülle (blau) zu Emissionslinien wie O[III] an, die für Planetarische Nebel typisch sind. Die umgebende Staub- und Gasscheibe inklusive eingebettetem Begleitstern führt zur Emission von Balmer-Wasserstofflinien (Halpa, Hbeta) bis hin zu zur Infrarotstrahlung.

Nicht geklärt ist auch die Natur eines aus der spektralen Energieverteilung (SED) abgeleiteten und das System einhüllende etwa 180 K kühlen Staubwolke. Diese könnte 4600 Sonnendurchmesser oder je nach optischer Dichtheit noch wesentlich größer sein, was sie zu einem lohnenden Beobachtungsobjekt für das im IR empfindliche James-Webb-Teleskop machen würde.

Danksagung: Der Autor dankt allen Koautoren der Arbeit herzlich für die Zusammenarbeit. Für weitere Danksagungen siehe Originalartikel.

Literaturhinweise

PM 1-322: new variable planetary nebula, E. Paunzen, K. Bernhard, J. Budaj, F.-J. Hambsch, S. Hümmerich, D. Jones, J. Krticka, 2023, A&A, 676, <https://www.aanda.org/component/article?access=doi&doi=10.1051/0004-6361/202346162>

Sloan Digital Sky Survey:

Ahn, C. P., Alexandroff, R., Allende Prieto, C., et al. 2012, ApJS, 203, 21

Autor:

Klaus Bernhard, Kafkaweg 5
A-4030 Linz,
E-Mail: Klaus.Bernhard@liwest.at