

KL Dra - ein AM-CVn-Stern mit 25-Minuten-Periode

Hans-Günter Diederich

Bei der Suche nach Literatur zur Auswertung einer älteren Lichtkurve fand ich die Arbeit "arXiv:astro/ph/0409676v2, AM CVn stars, Nelemans (2005)". Diese gab den Anstoß, mich etwas eingehender mit AM-CVn-Sternen zu befassen, in denen Materie von einem heliumreichen Geberstern zu einem Weißen Zwerg fließt. Denn damals hatte ich eine Vermutung, die sich aber mangels Literatur nicht bestätigen ließ. Und auf einmal war ich wieder voll beschäftigt: Es fing ganz harmlos an, und am Ende hatte ich Mühe, nach mehreren Stunden Suchen, Lesen und Erfassen einen (vorläufigen) Abschluss zu finden. Aber das ist das Schöne an den Veränderlichen, es gibt immer etwas zu tun.

Zu Beginn noch ein wichtiger Hinweis: Die eben genannte Arbeit erscheint mir ausgesprochen gut geeignet, um den Einstieg in die AM-CVn-Sterne zu beginnen. Hierunter werde ich nur einen kleinen Teil übersetzen. Es sollte sich also jeder von Euch die 12 Seiten ausdrucken und mit Genuss lesen. Eine Reihe von Anregungen für eigene Beobachtungsprojekte können daraus gewonnen werden, bei einer für uns nicht allzu leichten Klasse von Veränderlichen.

Und natürlich gibt es mehr Literatur als diese eine Arbeit. Mein Ziel ist aber keine perfekte Literaturschau. Ich möchte vielmehr Appetit auf die Gruppe der AM-CVn-Sterne machen und anregen, sich ihnen mit Belegbild (einfach und schnell) und Lichtkurve (dauert länger und ist etwas schwieriger) in einem eigenen Projekt zu nähern. Und interessant sind sie allemal. Alleine der Gedanke, dass sich zwei kompakte Sterne in 25 Minuten rasend schnell umkreisen (bei manchen geht das noch viel schneller) ... da kann man nicht ruhig auf seinem Astrostühlchen sitzen bleiben, das muss man sich einfach mal anschauen!

Die Kapitelüberschriften entsprechen bis auf die letzte den Überschriften der o. g. Arbeit.

Einleitung

AM-CVn-Sterne sind Doppelsterne mit den kürzesten Umlaufperioden (weniger als ca. eine Stunde, ein System schafft das sogar in nur 5,4 Minuten).

Der Prototyp AM CVn mit einer Umlaufperiode von 17 Minuten wurde 1967 entdeckt. Paczyrski (1967) hatte damals vorgeschlagen, es handele sich um einen kurzperiodischen Doppelstern, welcher einen "degenerierten" heliumreichen Geberstern enthält. Der Massentransfer von diesem weg, hin zur Primärkomponente, wird durch den Verlust an Drehmoment durch das Aussenden von Gravitationswellenstrahlung verursacht.

Seit 1967 wurden weitere zehn Objekte dieser Klasse entdeckt, darunter zwei mit extrem kurzer Umlaufperiode, bei denen die Zugehörigkeit noch nicht zweifelsfrei geklärt ist.

Grundlegende Eigenschaften von AM-CVn-Sterne

AM-CVn-Sterne durchlaufen drei von einander unterscheidbare Phasen:

Eine Phase des "hohen Zustands" ("high-state phase"). Vertreter sind AM CVn and HP Lib. Diese Gruppe umfasst Systeme mit Perioden unterhalb von 20 Minuten. Hier finden wir Helligkeitsschwankungen nur geringen Umfangs. Unterscheidbar sind die Umlaufperiode und die geringfügig längere "superhump"-Periode. Letzter entsteht aufgrund der Tatsache, dass die Akkretionsscheibe exzentrisch ist und präzediert.

Es folgt die Ausbruchs-Phase ("outbursting phase") mit Veränderungen der Helligkeit von bis zu 4 mag. Beispiele sind CR Boo, KL Dra, V803 Cen, CP Eri und SN2003aw. Die Umlaufperioden liegen zwischen 20 und 40 Minuten.

Im hellen Zustand ähneln diese Systeme den "high-state"-Systemen und zeigen Absorptionslinien, während im Ruhezustand Emissionslinien sichtbar werden. Man stellt sich diese Systeme mit instabilen Akkretionsscheiben vor, analog zu den wasserstoffreichen Zwergnovae.

Die dritte Phase wird Phase "der längsten Periode" ("the longest period systems") genannt. Die entsprechenden Systeme zeigen Umlaufperioden oberhalb von 40 Minuten bis ca. 65 Minuten (Obergrenze der AM-CVn-Sterne). Als Beispiele werden SDSS J124058.03?015919.2, GP Com and CE315 genannt. Systeme dieser Phase zeigen in der optischen Fotometrie keine Veränderlichkeit. Der Versuch, bei ihnen eine Lichtkurve aufzunehmen, dürfte also sinnlos sein. Die Umlaufperioden werden spektroskopisch bestimmt. Vermutlich besitzen diese Systeme kalte und damit stabile Akkretionsscheiben.

Entstehung und Entwicklung der AM-CVn-Sterne

Die Autoren gehen von drei Entwicklungspfaden aus. Diese sind in der Abb. 1 der Arbeit übersichtlich dargestellt.

Einerseits gibt es den Pfad des Doppelsternsystems aus zwei Weißen Zwergen, das durch Abstrahlung von Gravitationswellen Drehmoment verliert. Die Periode verkürzt sich mehr und mehr. Bei Perioden von einigen Minuten beginnt der Massentransfer. Danach verlängern sich die Umlaufperioden mit gleichzeitig abnehmender Massentransferrate.

Beim zweiten Entwicklungspfad fließt von einem massearmen nicht-degenerierten Helium-Stern Materie zu einem Weißen Zwerg. Das System entwickelt sich durch das Periodenminimum von ca. 10 Minuten hindurch. Hierbei wird der Helium-Stern zu einem "halb-degenerierten" ("semi-degenerate") Objekt. Nach Durchlaufen des Periodenminimums verlängert sich auch hier die Periode wieder bei gleichzeitig abnehmender Massentransferrate.

In der dritten Möglichkeit kann sich ein kataklysmischer Veränderlicher mit entwickelter Sekundärkomponente zu einem AM-CVn-Stern entwickeln, wenn der entwickelte Stern seiner äußeren Schicht entblößt den heliumreichen Kern zeigt. Die weitere Entwicklung läuft ähnlich wie beim einem Helium-Stern ab.

Um zwischen diesen drei Pfaden zu entscheiden, ist allerdings mehr an Information als nur die Kenntnis der Periodendauer erforderlich.

Direkter Einschlag

Eine spezielle Situation ergibt sich beim Einsetzen des Massentransfers zwischen zwei Weißen Zwergen. Die beiden Sterne befinden sich in so großer Nähe, dass für eine Akkretionsscheibe einfach kein Platz ist. Das Gas fällt in dieser Situation direkt auf die Oberfläche der Primärkomponente.

Eigene Beobachtung

Hier möchte ich die Übersetzung der Arbeit beenden und über meine eigene Beobachtung von KL Dra berichten. Bereits 2002 hatte ich diesen AM-CVn-Stern beobachtet. Die extrem kurze Umlaufperiode von 25 Minuten war der Anlass. Mit einer Lichtkurve wollte ich versuchen, diese Umlaufperiode nachzuweisen. KL Dra wurde mit 16 Einzelbildern a 120 s mit einem 14-Zoll-SCT und einer ST-9E aufgenommen und fotometriert. Das Ergebnis ist in Abb. 1 zu sehen.

Die beiden Minima in der oberen Kurve erschienen mir echt zu sein. Die Amplitude übersteigt die Ungenauigkeit, erkennbar an der Differenz (untere Kurve) der Helligkeiten beider Vergleichssterne. Der zeitliche Abstand der beiden Minima beträgt 24 Minuten. Ob das die Umlaufperiode von KL Dra war?

Mir fehlte eine Bestätigung aus der Literatur, die es seinerzeit nicht gab (bzw. die ich damals nicht fand). Bei Simbad, VizieR und AAVSO waren jedenfalls keine Informationen zur Periode zu erhalten. Und ohne solche konnte ich mit "meinem" Wert nichts anfangen.

Das änderte sich erst bei der aktuellen Literatursuche. In der o. g. Arbeit steht: "SN1998di, jetzt KL Dra genannt, zeigte ein "high state spectrum" im Ausbruch und weist eine fotometrische Periode von 1530 s auf, die als "superhump" Periode interpretiert wird. Dies legt eine Umlaufperiode von ca. 1500 s nahe."

Damit habe ich nun eine Bestätigung für die Beobachtung des 24-Minuten-Abstands erlangt. Beobachtet wurde also nicht die Umlaufperiode, sondern die "superhump"-Periode. Man mag den Unterschied zwischen den Periodendauern (bei mir 24 Minuten = 1.440 Sekunden, dagegen 1.530 s in der Arbeit) bemängeln. Bei einem Abstand der Einzelbildaufnahmen von größer 2 Minuten (mit daraus sich ergebender geringer zeitlicher Auflösung) halte ich meine daraus abgeleitete Annahme allerdings für gerechtfertigt.

Dieses Ergebnis zeigt, dass auch mit Aufnahmen, welche in Dauer und Tiefe nicht optimal für die Lichtkurve eines AM-CVn-Sterns erscheinen, der Nachweis der Periode in einem schnell umlaufenden Sternsystem möglich ist. Man sollte es daher einfach mal versuchen. Und spätere Verbesserungen sind ja nicht ausgeschlossen.

KL Dra (04.10.02)



Abb. 1 Fotometrie von KL Dra am 04.10.2002