

# **AM Canum Venaticorum - ein Doppelstern mit ultrakurzer Umlaufperiode**

Hans G. Diederich

**Abstract:** *AM CVn ist ein heliumreicher kataklysmischer Veränderlicher und Namensgeber einer Gruppe, die nur elf Mitglieder umfasst. Ihnen gemein sind ultrakurze Umlaufperioden, deren Dauer im Bereich von 10 bis 65 Minuten liegt. Die Amplitude von AM CVn beträgt 0,08 mag, seine Periode 17,52 Minuten. Der Helligkeitsverlauf ist sehr unregelmäßig. Geschildert wird die Folge von Beobachtungen und Auswertungen, welche schließlich zur genauen Bestimmung der Umlaufperiode führen.*

## **AM-CVn-Sterne**

Bei AM-CVn-Sternen handelt es sich um heliumreiche kataklysmische Systeme mit ultra-kurzen Umlaufperioden. Diese Klasse umfasst elf Mitglieder, die jeweils aus einem akkretierenden Weißen Zwerg (Primärkomponente) und einer Sekundärkomponente bestehen. Bei letzterer handelt es sich um einen degenerierten oder um einen halb-degenerierten Stern, der durch Roche-Lobus-Überlauf (RLOF) Masse an den Weißen Zwerg abgibt. Zwei Entwicklungslinien sind bekannt, die zu einer degenerierten bzw. zu einer halb-degenerierten Sekundärkomponente führen. Drei Entwicklungsstufen bzw. Phasen können bei einem AM-CVn-System unterschieden werden [1].

AM-CVn-Sterne sind wechselwirkende Doppelsternsysteme mit einem Mangel an Wasserstoff. Es ist dieser Mangel, welcher bei der Sekundärkomponente zu höchster Dichte führt. Nur so sind die kurzen Umlaufperioden, welche im Bereich von 10 bis 65 Minuten liegen, überhaupt möglich [2]. In [3] wird sogar die Entdeckung einer Umlaufperiode von 5,4 Minuten bekannt gegeben. Die Einordnung dieses Systems als AM-CVn-Stern wird allerdings von einigen Autoren infrage gestellt.

## **AM CVn**

Lt. SIMBAD schwankt die Helligkeit von AM CVn zwischen  $V = 14,10$  mag und  $V = 14,18$  mag. Die Amplitude beträgt demnach nur 0,08 mag.

Die Informationen, welche ich mir vor einigen Jahren aus dem GCVS holte, nennen als Periode 0,01216609 Tage (= 18 Minuten). Dieser Wert wird in der Literatur inzwischen mit 17,52 Minuten angegeben.

AM CVn ist ein System im "hohen Zustands" ("high state system"). Der Abstand beider Komponenten beträgt 100.000 km [4]. Man mag sich bitte einmal vorstellen, wir hätten ein solches System vor unserer Haustür, z. B. in Mondentfernung. Es würde einem schwindelig.

## **Die erste Lichtkurve 2007**

Am 09.12.07 hatte ich 103 Einzelbilder a 40 s mit 12,5-Zoll-RC und STL1001E aufgenommen. Bei einer Beobachtungsdauer von 1 Stunde 19 Minuten erwartete ich,

in der Lichtkurve vier der 18-Minuten-Perioden deutlich zu sehen. Dem war aber nicht so. Erst mit einer Art von "Faltung" und dem Vergleich mit Lichtkurven aus der Literatur gelang mir schließlich der Nachweis der sehr kurzen Umlaufperiode [1]. Und so nahm ich mir vor, AM CVn erneut zu beobachten, und zwar mit deutlich besserer Instrumentierung.

### Die zweite Lichtkurve 2009

Am 01.01.09 wurde die Beobachtung wiederholt und AM CVn mit 24,5-Zoll-RC und STL6303 (560 Einzelbilder a 15 s im bin2-Modus) aufgenommen.

Die Auswertung ergab wieder eine Lichtkurve, mit der ich nicht richtig glücklich war. Immer noch war ich sehr daran interessiert, die für ein Doppelsternsystem extrem kurze Umlaufperiode im eigenem Bildmaterial nachzuweisen. Im BAV-Forum präsentierte ich einige Ergebnisse, gewonnen mit dem Periodensuchprogramm AVE. Ein Ausschnitt aus meinem damaligen Posting ...

>

Mit einem anderen Algorithmus ausgewertet ergeben sich daraus die folgenden "Perioden" ...

grüne Linie	8,7 Minuten	"halbe Periode"
gelbe Linie	17,4 Minuten	Periode
rote Linie	25,9 Minuten	?

Die bestimmte Periode liegt jetzt bei 17,4 Minuten und damit noch etwas näher am Literaturwert von 17,52 Minuten. Im Periodogramm neu aufgetaucht ist ein weiteres "Maximum" bei 25,9 Minuten. Addiert man die "halbe Periode" zur wirklichen Periode, ergibt sich  $8,7 + 17,4 = 26,1$ . Und 26.1 Minuten ist ein Wert ziemlich nahe an der abgelesenen "Periode" von 25,9 Minuten.

<

Aus der Zusammenfassung meiner Bemühungen und des Diskussionstands im BAV-Forum entstand dann ein erster Aufsatz zu AM CVn, aus dem oben bereits zitiert wurde [1].

Als ich vor wenigen Tagen erste Versuche mit dem Periodensuchprogramm Peranso unternahm, sollte dies mit echten Daten geschehen. Mir schien hierfür das noch nicht vollständig geglückte Projekt mit dem schwierigen AM CVn geeignet.. Zudem gab es im BAV Rundbrief den Aufsatz eines anderen Sternfreundes, welcher sich ebenfalls an AM CVn versucht hatte.

### AM CVn - ein Veränderlicher mit kurzer Umlaufperiode

Unter diesem Titel hatte Lienhard Pagel über seine Beobachtungen berichtet [5]. Ich erlaube mir, aus seinem Aufsatz einige kurze Abschnitte zu zitieren ...

>

... AM CVn ist ein exotischer Veränderlicher ... Die angegebene Helligkeitsänderung von 0.08 mag ist eine Herausforderung, der Kurvenverlauf alles andere als einfach

... Helligkeitsverlauf ... unregelmäßig ... eine Faltung ... ungeeignet ... ein interessanter, aber auch schwieriger Stern ...  
<

In Bild 3 präsentiert er seine Lichtkurve über 3 Perioden, mit gleitendem Mittelwert über 7 Datenpunkte geglättet ...

>  
Die Periode von ca. 17 min ist gut erkennbar.  
<

### Auswertung der zweiten Lichtkurve mit Peranso

Im Periodogramm zeigt sich bei den Methoden "Lomb-Scargle" und "Bloomfeld" neben erheblich niedrigeren, breiten Perioden eine schmale hohe "Spitze". Die Anwendung findet automatisch diese Stelle und gibt für die Länge dieser Periode (bei "Lomb-Scargle") den Wert 0,147 Stunden = 8,81 Minuten aus.

Seit meiner ersten Auswertung weiß ich, dass dies nur der halbe Wert der Periode ist. Multipliziert mit 2 ergibt sich als richtiger Wert 17,62 Minuten. Das kommt dem genauesten Literaturwert von 17,52 Minuten erstaunlich nahe, insbesondere wenn man die etwas "wilde" Lichtkurve betrachtet. Peranso erkennt also von sich aus nur die halbe Periode und zeigt die Datenpunkte im Phasendiagramm entsprechend an. Mit der Methode "Bloomfeld" wird für die richtige Periodendauer der Wert 17,57 Minuten (bereits mit 2 multipliziert) bestimmt. Ich staune immer noch über diese geringe Abweichung von nur ~3 Promille.

Die Ergebnisse aus dem Verfahren nach "Lomb-Scargle" (Lichtkurve, Periodogramm und Phasendiagramm) sind in der Abb. 1 als Montage zusammen gefasst..

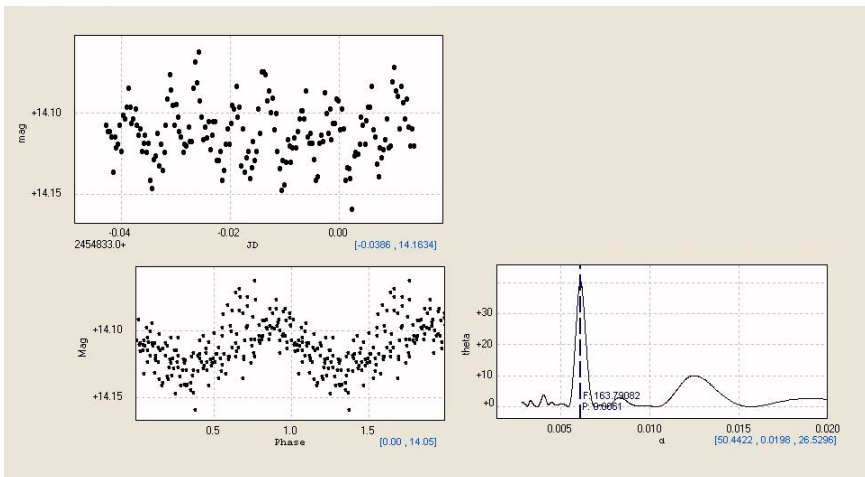


Abb. 1 (siehe Text)

Bei der Auswertung der ersten Lichtkurve war die Rede von abwechselnd höheren und niedrigeren Maxima gewesen, dass sich die Periode also aus einem höheren und einem darauf folgenden etwas niedrigeren Schwingungszug zusammen setzt. Dies könnte vielleicht bei angemessener Faltung auf die doppelte Zeit sichtbar werden.

Dass etwas nicht stimmt, lässt sich auch im Phasendiagramm der aktuellen Form sehen: die Datenpunkte im Phasendiagramm liegen in einem breiten Band. Und es ergibt sich der Eindruck, dass hier zwei verschiedene Kurvenzüge über einander gelegt (gefaltet) wurden.

Dies zeigt sich in Abb. 2, in der die obere und die untere Einhüllende des breiten "Datenbandes" eingezeichnet wurden. Diese sind nicht nur unterschiedlich hoch, sondern ihr Maximum liegt zeitlich auseinander. An manchen Stellen erscheint dieses "Datenband" auch schmaler. Die manuell eingezeichnete, mittelnde Kurve, welche der höchsten Punktdichte folgt, eckt mal oben und mal unten an.

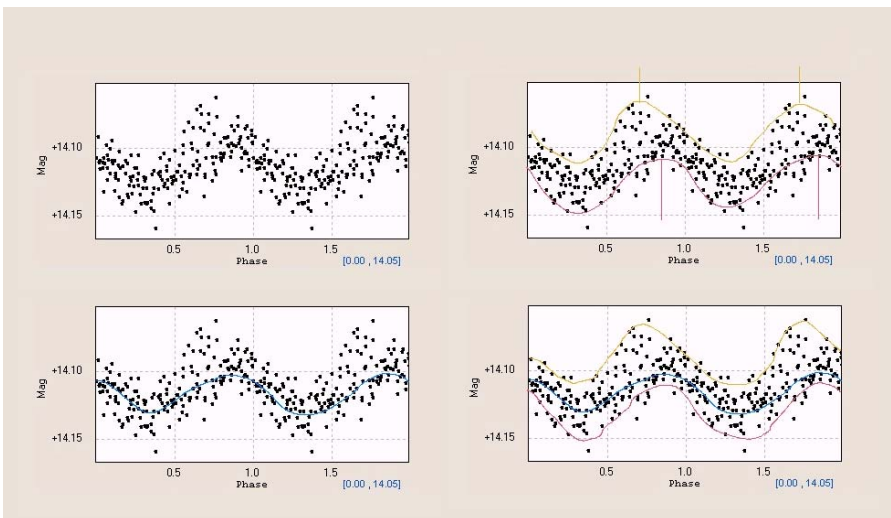


Abb. 2 (siehe Text)

### Falten mit der richtigen Umlaufperiode

Die Lichtkurve von AM CVn bisher für ein Phasendiagramm nur mit der halben Periodenlänge gefaltet zu haben, ließ mir keine Ruhe. Ich wiederholte daher die Auswertung mit Peranso bis zum Periodogramm, wählte jetzt allerdings die richtige Periode (die genaueste aus der Literatur bekannte Periode) von 17,52 Minuten bzw. 0,292 Stunden.

Auf der linken Hälfte der Abb. 3 befinden sich zum Vergleich Periodogramm und Phasendiagramm für die halbe Periodenlänge (8,73 Minuten). Ihnen sind rechts die

neu erstellten Diagramme für die volle Periodenlänge (17,52 Minuten) gegenübergestellt.

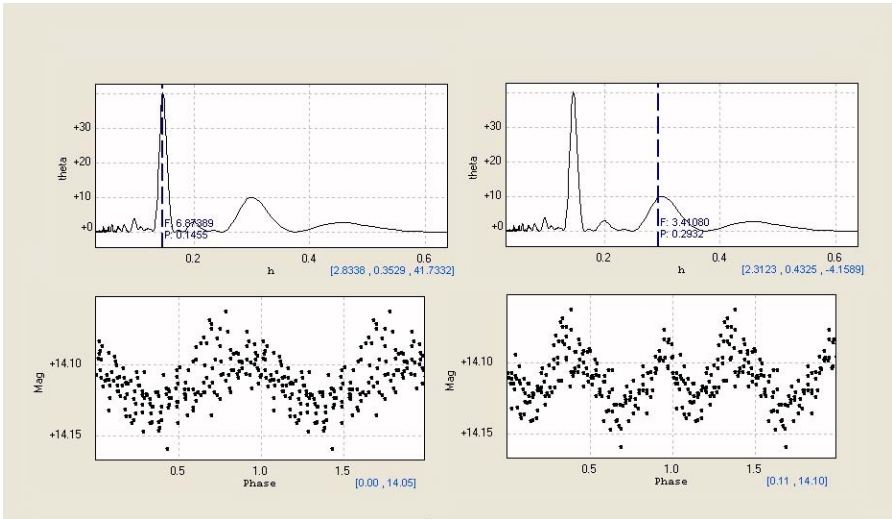


Abb. 3 (siehe Text)

Das Phasendiagramm rechts zeigt jetzt erstmals zwei verschiedene Halbwellen, die sich in ihrer Amplitude unterscheiden (Abb. 4). Die "große" Halbwellen weist eine Amplitude von  $\sim 0,10$  mag, die "kleinere" Halbwellen eine solche von  $0,07$  mag auf. Die Lichtkurve im Phasendiagramm ist schmäler, sieht besser aufgelöst aus. Ihre Erscheinungsform wird in der Literatur als "doppel-gebuckelt" ("double-humped") bzw. als "Doppelwellentyp" ("double wave type") bezeichnet.

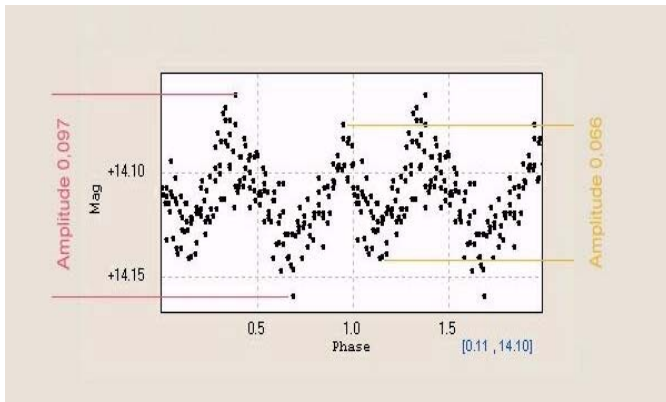


Abb. 4 (siehe Text)

Warum aber ist die das Maximum im Periodogramm bei der halben Periodendauer, bei dem alle Halbwellen auf einander gelegt werden, hoch und schmal, während das Maximum an der richtigen Stelle, bei der wirklichen Periodenlänge von 17,52 Minuten nur ein Viertel der Höhe erreicht und so verschmiert, buckelig und breit erscheint ? Astro-physikalisch kann ich mir das (mangels Erfahrung, Wissen und Modellierung) nicht erklären. Aber mathematisch habe ich die folgende Idee:

Im Phasendiagramm glaube ich eine Häufung von Datenpunkten entlang einer Sinuswelle zu erkennen (Abb. 5). Diese durchgehende sinusförmige Schwingung versuche ich von Hand gelb einzuzichnen. Mit ihrer konstanten Amplitude und der halben Periodenlänge von 8,81 Minuten (der doppelten Frequenz) sieht sie schön gleichmäßig aus, ungestört von jeglichen andere Effekten. Darin vermute ich den Grund, dass ihre Spektrallinie im Periodogramm so außerordentlich schmal, steil und stark ist.

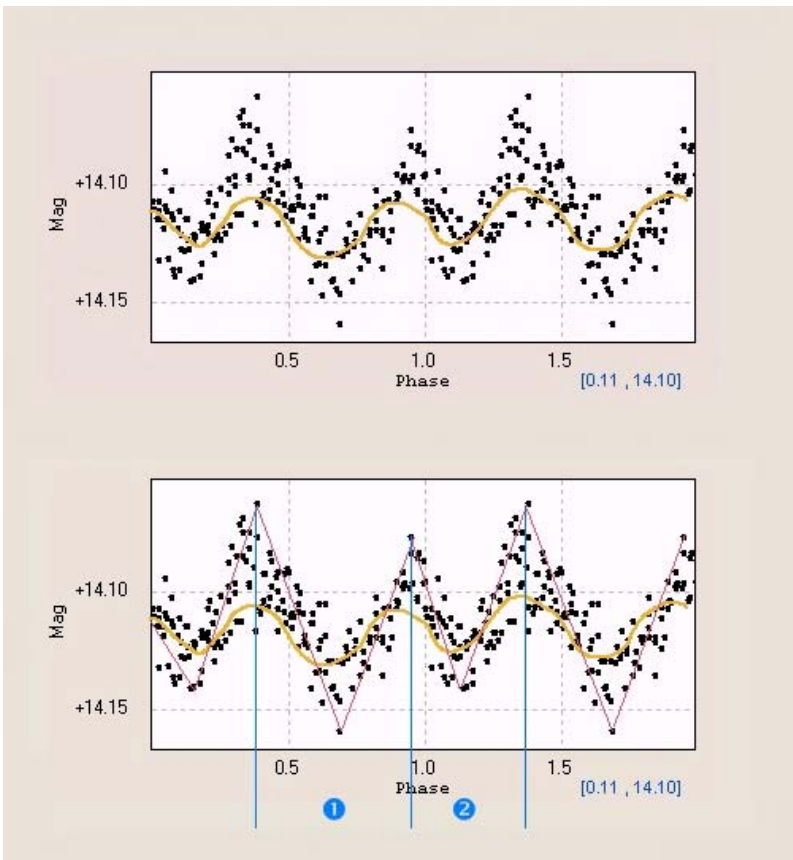


Abb. 5 (siehe Text)

Ich vergleiche mit früheren Auswertungen in [1] und [5] und habe besonders in der Lichtkurve der Fig. 3 aus [5] gelegentlich den Eindruck, dass sich zusätzlich zu den vorherrschenden Schwingungen mit halber und voller Periodenlänge eine andere Art von "Schwingung" hindurch zieht und ihr Aussehen je nach Periode höchst unterschiedlich verändert. Das kann aber nicht alles sein, ist aber genau das, was mich jetzt interessiert.

Eine Auswertung möchte ich aber noch zeigen. In der Abb. 5 sind von den oberen Maxima der Halbwellen senkrechte Geraden nach unten gezogen. Und der Abstand zwischen ihnen ist nicht gleich. Der Abstand wechselt zwischen einem längeren Abschnitt [1] und einem kürzerem [2]. Die beiden Halbwellen in der Lichtkurve von AM CVn weisen unterschiedliche Länge auf. Dies war mir bereits in einer der ersten Auswertungen [1] aufgefallen. Zum Vergleich wiederhole ich die dortige Lichtkurve hier als Abb. 6. Die kurze Halbwelle weist immer ein helles und die lange Halbwelle immer ein schwaches Minimum auf.

Im Phasendiagramm, gefaltet auf die richtige (nämlich die volle) Periodenlänge, ist dies natürlich viel besser zu sehen.

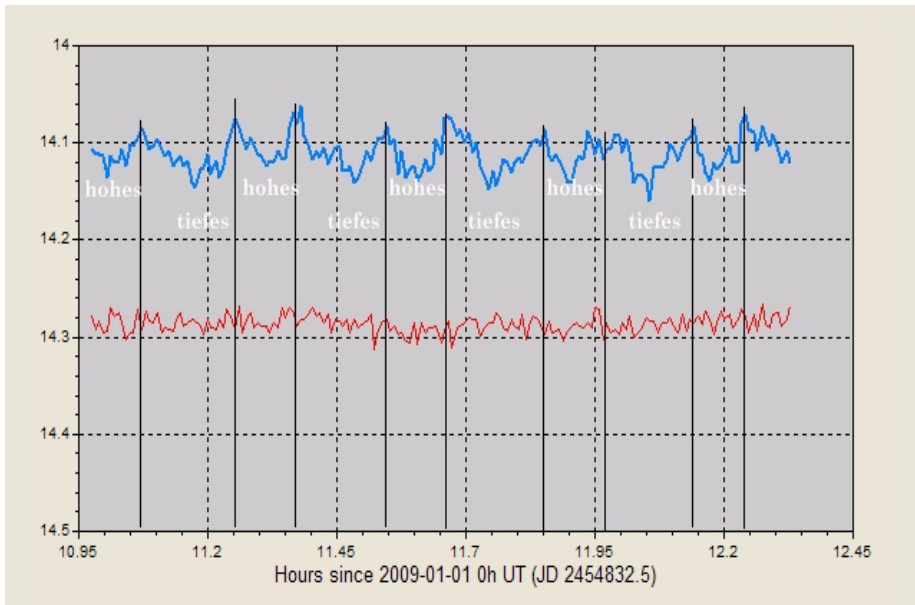


Abb.6 (siehe Text)

### Zusammenfassung

Somit stellt sich das Bild von AM CVn in seiner Lichtkurve augenblicklich wie folgt dar: Es gibt in diesen "chaotischen" Doppelwellen einen regelmäßigen Wechsel (ein Wechsel in der Amplitude und einer im zeitlichen Abstand der Halbwellenmaxima). Ich

vermute dies als Folge davon, dass sich zwei fast ähnliche, kompakte Objekte umkreisen, die mit einem gleichen ("Gleichtakt"-) Anteil mit halber Periodendauer und mit einem unterschiedlichen ("Gegentakt"-) Anteil mit voller Periodendauer zur Gesamthelligkeit beitragen.

Was ist aber die Ursache dafür, dass sich von Umlauf zu Umlauf, von Halbwelle zu Halbwelle so viel und offenbar ohne jede Regelmäßigkeit ändert? Das hat mir bisher noch niemand erklären können.

Erneut scheint eine intensive Literaturrecherche erforderlich zu sein. Zudem dürfte es sich lohnen, den Veränderlichen genauer, länger, häufiger zu beobachten und weitere Lichtkurven auszuwerten.

Natürlich ist AM CVn "etwas schwierig". Zwar gelang Nachweis der Umlaufperiode bereits mit einem 12,5-Zoll-RC [1], aber um ausreichende Tiefe für detailliertere Untersuchungen zu erreichen, sind größere Öffnungen erforderlich. Trotz alledem, ist und bleibt AM CVn ein interessantes, reizvolles Objekt für den CCDler.

## **Literaturverzeichnis**

- [1] Diederich, Hans G., 2008. AM CVn - Nachweis einer extrem kurzen Umlaufperiode durch "Faltung" der Lichtkurve, BAV-Rundbrief 2 (2008), 115-119
- [2] Marsh, T. R., et al., 2006. SDSS\_J0926+3624, the first eclipsing AM CVn star, as seen by ULTRACAM, arXiv:astro-ph/0610414v1
- [3] Israel, G.L., et al., 2002. RX J0806.3+1527: A double degenerate binary with the shortest known orbital period (321s), arXiv:astro-ph/0203043v1
- [4] Faulkner, J., et al., 1972. Ultrashort-Period Binaries. II. HZ 29 (=AM CVn): a Double-White Semidetached Postcataclysmic Nova?, Astrophys. J., 175, L79-L83 (1972)
- [5] Pagel, L., 2009. AM CVn - ein Veränderlicher mit kurzer Umlaufperiode, BAV-Rundbrief Nr. 3 (2009), 164-165