

TT Ari - einer der merkwürdigsten kataklysmischen Veränderlichen

Hans-Günter Diederich und Dr. Franz Josef Hamsch

Einleitung

TT Ari ist ein Vertreter der VY-ScI-Sterne. Bei diesen handelt es sich um novaähnliche Veränderliche, die gelegentlich ein tiefes Fading für unterschiedliche lange Zeit erfahren. Die Gründe hierfür werden nicht vollständig verstanden. VY-ScI-Sterne bilden eine Unterklasse der kataklysmischen Veränderlichen (CV). Und weil ihr fotometrisches Verhalten entgegengesetzt zu dem der Zwergnovae erscheint, erhielten sie die "volkstümliche" Bezeichnung Anti-Zwergnovae.

CV sind enge Doppelsternsysteme, in denen ein Materiestrom von einer Komponente zu ihrem Nachbarn übergeht, mal mit, mal ohne Akkretionsscheibe um den Empfängerstern. Es gibt Mischformen, Unter-Unterklassen, Tomogramme, Hot Spots, positive Superbuckel ("superhumps"), negative Superbuckel, manchmal ein Wechsel zwischen beiden oder gar beide gleichzeitig, präzedierende Akkretionsscheiben, "overflows", Ausbrüche, Einbrüche, manchmal immer, manchmal sehr oft, manchmal lange Zeit gar nicht ("standstills"). CV sind äußerst vielgestaltig, zeigen Veränderlichkeit in Hülle und Fülle und faszinieren viele Sternfreunde. Und sie sind immer wieder für eine Überraschung gut.

Unsere erste Aufnahme von TT Ari erfolgte am 03.10.05 (HGD). Die Helligkeit wurde zu $V = 10,8$ mag bestimmt, TT Ari befand sich also im "high state" genannten Zustand seiner normal hohen Helligkeit. Am 11.10.05 wurde der Veränderliche immer noch mit hellen $V = 10,9$ mag beobachtet.

In [1] wurde der Veränderliche wie folgt beschrieben: "TT Ari oder auch MV Lyr sind CV, die nach dem gegenwärtigen Stand der Forschung den VY-ScI-Sternen zugerechnet werden, manchmal auch Anti-Zwergnovae genannt. Sie verharren die meiste Zeit im Ausbruch und zeigen nur selten Helligkeitseinbrüche von bis zu 6 mag." Und genau dieser Charakterisierung folgte TT Ari, als er sich am 22.12.08 mit $V = 10,4$ mag immer noch von seiner hellen Seite zeigte.

Aber ab dem 22 Oktober 2009 war dann auf einmal alles anders. Dies wird weiter unten an den Lichtkurven von HGD und FJH gezeigt. Zunächst aber tauchen wir ein wenig weiter in die Literatur über TT Ari ein.

Literatur (I)

Die nächsten Informationen stammen aus [2]. Danach handelt es sich bei TT Ari um einen der merkwürdigsten Veränderlichen. Er wird von Vielen beobachtet und bearbeitet, aber von Keinem verstanden. Entdeckt wurde seine Veränderlichkeit Mitte der 1950er Jahre. Die extreme Komplexität verhinderte bis heute, dem System eine genau passende Klassifizierung zuzuweisen.

Aufgrund des gelegentlichen Fadings dachte man zunächst, er gehöre zur Klasse der R-CrB-Sterne. Dort blieb er aber nicht lange, sondern wechselte in die nächste Schublade. Aus spektroskopischen Untersuchungen ist seit 1975 bekannt, dass es sich bei TT Ari um einen Doppelstern handelt. Mit vielen Vertretern von Unterklassen und Unter-Unterklassen der CV hat er Eigenschaften gemein. Über mehrere Jahrzehnte hinweg wurde TT Ari mal als Zwergnova, als Novaähnlicher und dann als IM ("intermediate polar") klassifiziert. Mit seinen bizarren Eigenschaften entzog er sich stets aufs neue einer exakten Zuordnung.

Unabhängig einer fehlenden eindeutigen Klassifizierung ist TT Ari einer der hellsten CV, dessen Helligkeit sich zwischen $V = 10,5$ mag und $15,5$ mag bewegt. Im Gegensatz zu den anderen CV hält er sich die meiste Zeit im maximalen Licht auf. Spannend wird es immer dann, wenn die Helligkeit beginnt abzufallen.

Dies war zuletzt (Stand 2002!) von Anfang bis Mitte der 1980er Jahre der Fall. In März 1982 erlebte er einen steilen Abfall auf $V \sim 15,5$ mag. Im September 1984 ging es mit ihm wieder bergauf. Und seit Mitte 1985 befindet er sich dauerhaft im maximalen Licht ("high state").

Dieses "historische" Minimum wird nun genauer beschrieben und die teilweise Ähnlichkeit mit den VY-ScI-Sternen (Novaähnliche) und den SU-UMa-Sternen diskutiert. Letzteres erfolgt, weil die Lichtkurve von TT Ari SU-UMa-ähnliche Superbuckel aufweist.

Vielleicht verbirgt sich hinter seiner dauerhaft großen Helligkeit ein Effekt ähnlich dem in Z-Cam-Sternen ("standstill"). Es ist auch möglich, dass bei TT Ari verschiedene Instabilitäten gleichzeitig auftreten und so zum unerklärlichen Verhalten beitragen.

Die AAVSO schließt mit einer sehr umfangreichen Literaturliste und dem dringenden Hinweis, sofort öffentlich bekannt zu machen, wenn TT Ari schwächer als $V = 12,0$ mag werden sollte. Denn ein Verlassen des "high state" wurde seit den 1980ern nicht mehr beobachtet und stellt ein seltenes und sehr wichtig zu beobachtendes Ereignis dar.

Literatur (II)

Mit [3] können wir unseren Kenntnisstand weiter ausbauen. Der Text hierunter beschränkt sich zwar auf die Einführung dieser Arbeit. Lesens- und sehenswert sind aber auch Schlussfolgerung, Literaturverzeichnis und alle Lichtkurven dieser Untersuchung. Mit diesem Wissen sind wir in der Lage, das Verhalten des Veränderlichen bei Planung und Auswertung der eigenen Beobachtungen zu berücksichtigen, seien es einfache Belegbilder, eine tägliche Folge von fotometrierbaren Kurzserien oder gar eine mehr als 3,2 Stunden umfassende Lichtkurvenserie.

Als Monographien werden [4] und [5] hervorgehoben. TT Ari ist einer der hellsten und daher auch am intensivsten studierten novaähnlichen CV. In ihm läuft eine außerordentliche Vielfalt von Prozessen ab und führt zur Veränderlichkeit auf

Zeitskalen von 9,6 Sekunden bis zu Jahren. Als Folge der niedrigen Inklination fehlen deutlich sichtbare Bedeckungen. In der Lichtkurve fallen aber eine Modulation vom Typ "negativer superhump" und ~20-Minuten-QPO (quasi-periodische Schwingung) auf. Andere Autoren beschreiben ein "~40-Sekunden-Schwingungs-Ereignis", ">6-Minuten-QPO", Flickering und eine fast sinusförmige "3-Stunden-Modulation".

Schließlich wird TT Ari als eine Zwergnova im andauernden Ausbruch identifiziert und gelangt mehrere Jahre später in die "Große Liste der SW-Sextantis-Sterne" von [6].

Semeniuk et al. (1987) [7] schlagen vier Perioden für TT Ari vor: namentlich eine 3,8-Tage-Schwebung der 3,2-Stunden-fotometrischen und der 3,3-Stunden-spektroskopischen Periode. Dazu QPO mit einer offensichtlichen Abnahme der Periode von 27 Minuten (in 1961) auf 17 Minuten (in 1985). Ein anderer Autor findet Veränderlichkeit auf der kurzen Zeitskala von 9,6 Sekunden.

Es wurde eine Abhängigkeit zwischen den Parametern der QPO und der Akkretionsrate vorgeschlagen. Andere Autoren sehen den Grund der Veränderlichkeit der Akkretionsrate im Umschalten zwischen positiven und negativen Superhumps.

Eines der aufregendsten Ereignisse in TT Ari war das Umschalten von "negativen" Superhumps auf "positive" Superhumps im Jahr 1997. Aufregend, weil während dreier Dekaden optischer Untersuchung bisher immer nur negative Superhumps beobachtet worden waren. 2005 wechselte das System dann wieder zurück zu negativen Superhumps.

Eigene Beobachtungen

Im Oktober 2009 berichtete Thorsten Lange im BAV-Forum, dass TT Ari seinen "ersten Helligkeitsabstieg seit den 1980er Jahren" begonnen hatte und die Helligkeit bereits auf "unter 13 mag" abgefallen war. Die AAVSO veröffentlichte am 13.10.2009 eine Benachrichtigung unter der Nummer 408.

Sie ruft darin eindringlich zur kontinuierlichen Beobachtung von TT Ari auf. Das Niveau des "historischen Minimums" bei 15,5 mag könnte schnell erreicht werden und sich TT Ari dort für einige Zeit aufhalten. Es wird auch auf schnelle Veränderlichkeit einschließlich QPO hingewiesen. Zeitreihen Aufnahmen sind erwünscht und es darf sogar auf gefilterte Aufnahmen verzichtet werden.

TT Ari erfährt also den ersten schwachen Zustand seit dem Ereignis von 1982-1985. Jedoch treten periodische Schwingungen mit großer Amplitude (~1 mag) und einer Periode von 0,371 Tagen auf, deren Ursache unbekannt ist. Jedenfalls ist diese Periode länger als die bekannte Umlaufperiode und auch länger als die Pulsationsperiode des Weißen Zwergs in diesem Doppelsternsystem.

Insgesamt sind bis heute nur zwei Fading-Ereignisse bekannt: das Ereignis von 1982-1985 und ein kürzeres Ereignis von 1979-1980. Und für beide fehlen ausreichend dicht besetzte Lichtkurven. Die Kampagne wird bei der AAVSO von Matthew Templeton und Arne Henden geleitet.

FJH erfuhr von diesem Ereignis durch einen Aufruf des Center of Backyard Astronomy (CBA). Über mehrere Wochen hinweg beobachtete er fortan intensiv TT Ari mit seiner CCD-Kamera. Die entstandenen Lichtkurven sind in Abb. 1 zusammengefasst.

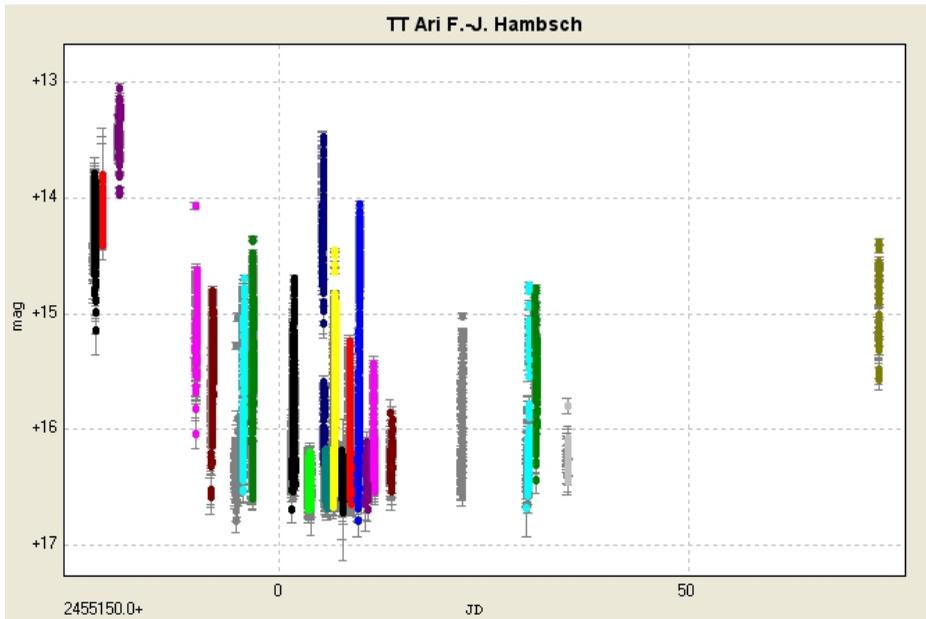


Abb. 1 Beobachtungen an TT Ari von F.-J. Hamsch

Die Daten wurden mittlerweile alle an die AAVSO weitergeleitet. Die Abbildung zeigt schön, wie sehr sich TT Ari im Verlauf der Wochen veränderte. Die tiefsten gemessenen Werte erreichten beinahe die 17. Größenklasse, wobei es innerhalb einer Beobachtungsnacht teilweise von der 17. auf die 14. Größenklasse hinaufging.

In vielen der Zeitreihen können zudem Fluktuationen im Bereich von mehr als einer Größenklasse erkannt werden. In Abb. 2 (vom 15 November 2009) ist ein solcher Fall dargestellt. Die daraus ermittelte Periode beträgt für diese Nacht 0,1294 Tage. Abb.3 zeigt eine Zeitreihe vom 23.11.2009. In beiden Nächten sind starke Veränderungen in der Lichtkurve festzustellen, ohne dass sich ein vergleichbares Bild ergibt.

Die Vergleichssterne wurden der AAVSO-F-Karte "d6516 2169cdz" entnommen. Das Auf- und Ab der dicht besetzten Lichtkurve (sowohl der eigenen Messungen als auch der von der AAVSO gesammelten) führt eindrucksvoll vor Augen, dass sich hier in TT Ari mächtig was tat (und immer noch tut).

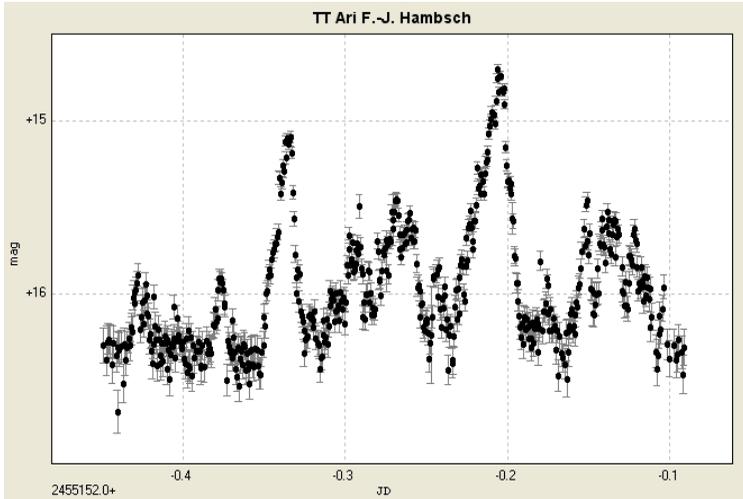


Abb. 2 Fluktuationen in kurzen Zeiträumen bei TT Ari

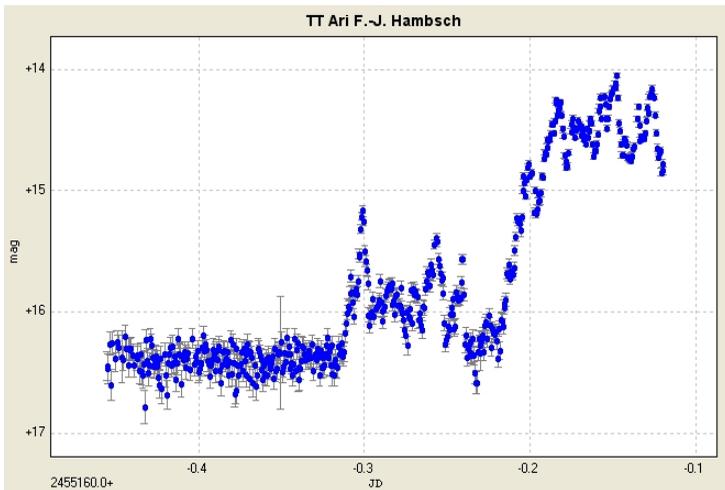


Abb. 3 Lichtkurve von TT Ari am 23.11.2009

Am deutlichsten zeigt wohl die Gegenüberstellung von zwei Aufnahmen (22.12.2008 und 14.03.2010) den "Absturz" von TT Ari (Abb.4).

Die mit dem "Helligkeitsabsturz" einhergehende "Amplitude" sowohl bei R- als auch V-gefilterten Aufnahmen mit einer offenbar vollständig überstrichenen Differenz von 3 mag springt beim Betrachten der AAVSO-Lichtkurve ins Auge. Das kann nicht die

oben in der "Alert Notice Nummer 408" der AAVSO erwähnte Schwingung (~ 1 mag, Periode von 0,371 Tagen) sein. Was sehen wir hier? Was ist dessen Ursache?

TT Ari - im Absturz erwischt!

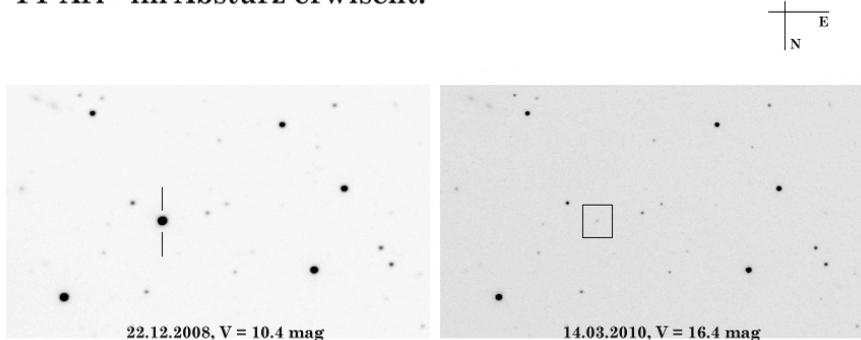


Abb. 4 TT Ari im Helligkeitsvergleich zu verschiedenen Zeitpunkten

Und diese Lichtkurve entwickelt sich. Ging es direkt nach dem Beginn des Abfalls zunächst extrem steil und tief hinunter, so wurden diese geringen Helligkeiten im März 2010 schon nicht mehr erreicht.

Für uns beide war es ein tolles Erlebnis, solch ein "historisch" zu nennendes Ereignis miterleben zu können. Ohne die Hinweise aus den Medien der BAV (und der anderer Organisationen) wäre es dazu nicht gekommen. Und wir sind voller Neugier, wie sich uns TT Ari bei der nächsten Beobachtungsmöglichkeit präsentieren wird. Und was BAV, AAVSO und die Fachastronomie noch herausfinden werden. TT Ari sollte man sich wirklich nicht entgehen lassen.

Literaturverzeichnis

- [1] Schirmer, J., 2008. Ein interessanter Veränderlicher, BAV Rundbrief 1/2008, 18-20
- [2] Malatesta, K., 2002. The Mysterious Ways of TT Arietis, AAVSO, Variable Star Of The Month, January 2002 (<http://www.aavso.org/vstar/vsots/0102.shtml>) (Stand: 09.05.2010))
- [3] Kim, Y., et al., 2008. Nova-Like Cataclysmic Variable TT Ari: QPO Behaviour Coming Back From Positive Superhumps, astro-ph (<http://xxx.uni-augsburg.de/pdf/0810.1489>) (Stand: 09.05.2010))
- [4] Warner, B., 1995. Cataclysmic Variable Stars, Cambridge Univ. Press
- [5] Hellier, C., 2001. Cataclysmic Variable Stars. How and why they vary, Springer Berlin
- [6] Hellier, C., 2000. New Astron. Rev., 44, 131
- [7] Semeniuk, I., et al., 1987. AcA, 37, 197