

## KH 15D – ein Stern verschwindet

Hans G. Diederich

Es gibt nur wenige Objekte, die mich dauerhaft so in ihren Bann gezogen haben, wie es KH 15D tat. Und dies liegt nicht nur an seinen besonderen Eigenschaften, sondern auch an der hier sehr einfachen Möglichkeit, in einem jungen Sternsystem einen dynamischen Vorgang „live“ miterleben, dokumentieren und sich sogar an einer Vorhersage über dessen Zukunft versuchen zu können.

In verschiedenen Mailinglisten, auf der Bochumer Herbsttagung 2004 und im VdS-J [1] wurde mehrfach über dieses Objekt berichtet und wiederholt zu seiner Beobachtung aufgerufen. Erstaunlicherweise blieb die Resonanz schwach. Unter den wenigen Sternfreunden mit regelmäßiger Beteiligung ist es vor allem Wolfgang Quester, dessen Aufnahmen die eigenen so ergänzten, dass sich schließlich ein interessanter Trend erkennen ließ.

Seit Anfang an bestand das Ziel darin, die dramatische Entwicklung der Dauer des Minimums von KH 15D in eigenen Aufnahmen zu beobachten, in Montagen und Animationen zu visualisieren und in Diagrammen nach einem Trend zu suchen, den es durch Folgebeobachtungen zu bestätigen oder aber zu widerlegen galt. Alles zusammen eine schöne runde Sache, zudem sehr einfach, da immer nur einer von zwei möglichen Zuständen festzustellen ist: „Stern sichtbar“ oder „Stern nicht sichtbar“.

In Abb. 1 liegt der Schwerpunkt allerdings darauf, KH 15D bereits im Minimum zu erkennen und seine Helligkeitsentwicklung in verschiedenen Wellenlängenbereichen zu dokumentieren. Da die Integrationszeit hierfür nicht ausreichte, musste bei der Bildbearbeitung bis ins Rauschen gestreckt werden.

Die wesentlichen Eigenschaften von KH 15D in kurzer Zusammenfassung:

- KH 15D ist ein "weak-lined" T-Tauri-Stern (WTT).
- Sein Alter beträgt ca. 2 Millionen Jahre und
- seine Entfernung wird mit 760 pc angegeben.
- Entdeckt wurde er von Kearns und Herbst im Jahre 1998.
- KH 15D ist der 15. Stern im Feld D der Arbeit dieser Autoren.
- In Simbad ist die Bezeichnung "NGC2264 VVO D15" oder "V\* V582 Mon" einzugeben.
- Rekt. (2000.0) = 06 41 10.18
- Dekl. (2000.0) = +09 28 35.5
- Sternbild Monoceros
- $B = 17.4$  mag
- $V = 16.1$  mag
- Der Unterschied zwischen Minimum und Maximum ist mit ca. 3,5 Magnituden recht groß.
- Die Elemente seines Lichtwechsels lauten: JD (mid-eclipse) = 2451626.86 + 48.34 \* E

- Äußerer Radius der protoplanetaren Scheibe  $\sim 3$  AE
- Große Halbachse der Umlaufbahn  $\sim 0,25$  AE
- Dauerte das Minimum zu Beginn der Beobachtung durch die Fachastronomie noch 18 Tage, so beträgt dessen zeitliche Länge inzwischen 37 Tage.
- Wurde anfangs noch eine jährliche Verlängerung des Minimums von einem Tag festgestellt, liegt dieser Wert inzwischen bei mehr als zwei Tagen und nimmt immer schneller zu.

## KH 15D - Aufstieg aus dem Minimum

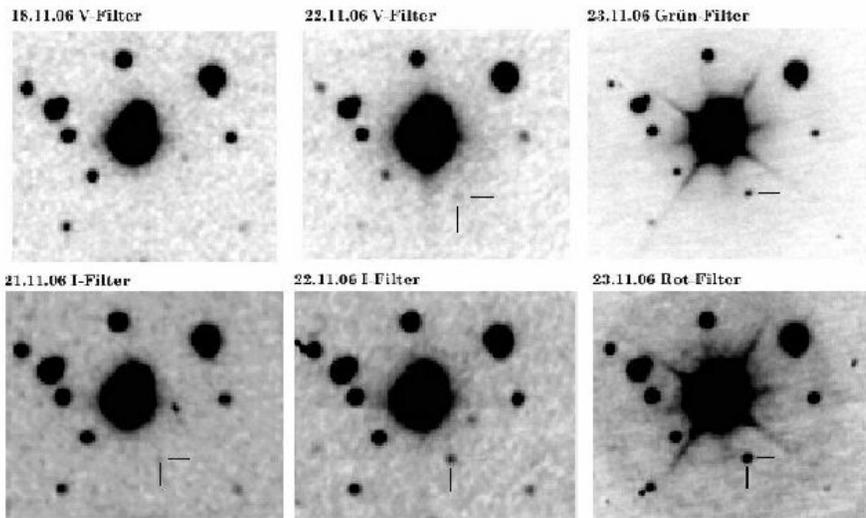


Abb. 1

erste Zeile: 18.11.06 und 22.11.06 (C14, 200 s), 23.11.06 (24-zoll-RC, 200 s)

zweite Zeile: 21.11.06 und 22.02.06 (C14, 200 s), 23.11.06 (24-zoll-RC, 200 s)

Die zwei Zeilen zeigen das Auftauchen von KH 15D aus seinem Minimum. Dieser Anstieg setzt im Visuellen offenbar später ein und verläuft danach steiler als im Infraroten. Norden ist unten.

Mein Beobachtungsfenster für 2007 sieht wie folgt aus (beidseitig vom Mittelpunkt des Minimums aus gerechnet):  $\pm 16, \pm 17, \pm 18, \pm 19, \pm 20, \pm 21, \pm 22$  Tage. Vielleicht sind die Zeitpunkte des Wechsels zum bzw. vom Minimum inzwischen aber noch weiter nach außen gerückt. Es soll jedenfalls immer so lange beobachtet werden, bis KH 15D eindeutig sichtbar wird bzw. eindeutig nicht mehr sichtbar ist.

KH 15D ist ein Doppelsternsystem, dessen beide Komponenten sich auf lang gestreckten Ellipsen umlaufen. Dieses System wird von einer dunklen, dichten Scheibe aus Staub (einer so genannten protoplanetaren Scheibe) umgeben, welche präzediert und durch diese Taumelbewegung immer größere Abschnitte der Bahnen

beider Komponenten unseren Blicken entzieht. Konnten durch Fotometrie auf Archivaufnahmen noch beide Sterne nachgewiesen werden, schaut schon seit längerem nur noch eine der beiden Komponenten gelegentlich hinter dem Rand dieser Scheibe hervor. Und die Zeiten, in denen dies geschieht, werden immer kürzer. Bald dürfte KH 15D überhaupt nicht mehr aus seinem Minimum heraus kommen. Und die Entwicklung auf diesen Zustand hin können wir JETZT beobachten und miterleben.

Als Beispiel für eine Beobachtung ist hier das Ergebnis aus dem November 2006 wieder gegeben, wobei die Beobachtung „extrem schwach zu sehen“ nicht im Einzelbild sondern im Summenbild mit 200 s Integrationszeit erfolgte:

Datum (MST)	Zeit (MST)	JD	Kommentar
04.11.06	-	2454043,86	Mittelpunkt Minimum
15.11.06	4:16	2454054,97	nichts zu sehen
16.11.06	3:19	2454055,93	nichts zu sehen
17.11.06	3:34	2454056,94	extrem schwach zu sehen
18.11.06	3:35	2454057,94	nichts zu sehen
19.11.06	4:34	2454058,98	extrem schwach zu sehen
20.11.06	3:19	2454059,93	extrem schwach zu sehen
21.11.06	3:41	2454060,95	extrem schwach zu sehen
22.11.06	2:57	2454061,91	schwaches Pünktchen in jedem
23.11.06	3:38	2454062,94	Einzelbild deutlich zu sehen voll hell da!

Diese Daten wurden getrennt nach „nicht sichtbar“, „schwach sichtbar“ und „gut sichtbar“ in drei Datenreihen sortiert und in einer Tabellenkalkulation als x-y-Punktendiagramm dargestellt. Die Abb. 2 zeigt das Ergebnis.

Und jetzt beginnt die eigentliche Auswertung, die Suche im Diagramm nach Regelmäßigkeiten, nach Trends, nach Auffälligkeiten. Und es fällt einiges auf. Insbesondere das Einzeichnen einer Linie (möglichst ohne Knicke und Wellen), welche alle positiven Sichtungen (grüne Datenpunkte) auf der einen und alle negativen Sichtungen (rote Datenpunkte) auf der anderen Seite dieser Linie lässt, führt zu den folgenden Aussagen:

- Die Dauer des Minimums nimmt monoton wachsend zu.
- War diese Zunahme zu Beginn der Beobachtungen noch annähernd linear, so erfuhrt sie in den letzten Jahren eine deutliche Beschleunigung.
- Von einem linearen Trend kann daher nicht mehr gesprochen werden.
- Ein Ende dieser Beschleunigung ist vor dem vollkommenen Unsichtbarwerden von KH 15D nicht zu erwarten.
- Würde der letzte Abschnitt der Trendlinie linear fortgeschrieben, wäre KH 15D in ca. 500 Tagen dauerhaft verschwunden.

- Da aber die Beschleunigung weiter zunehmen dürfte, sollte dieser Zustand bereits früher eintreten. Vielleicht müssen wir bereits in einem Jahr damit rechnen.

All dies sind Gründe, KH 15D gerade in den nächsten Monaten zu beobachten. Es wird langsam richtig spannend!

### Dauer der Minima von KH 15D

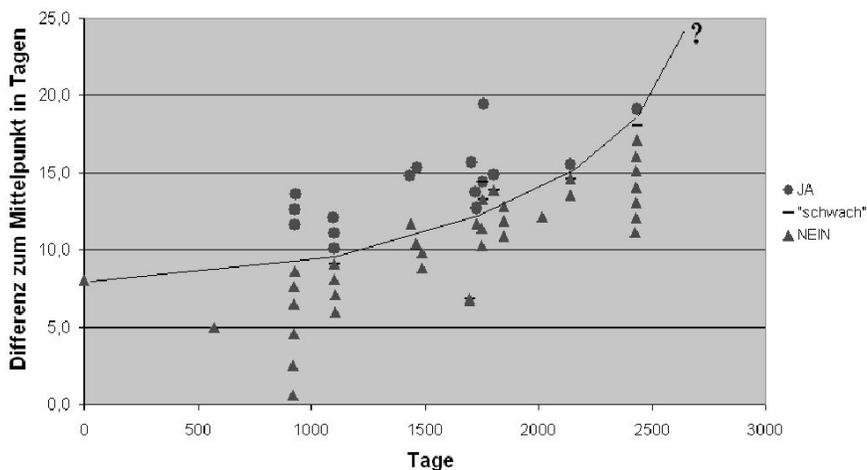


Abb. 2

Dauer des Minimums von KH 15D und seine zeitliche Entwicklung. Auf der x-Achse ist die Zeit und auf der y-Achse die Zeit zwischen Mitte des Minimums und seinem Beginn bzw. seinem Ende aufgetragen.

Mit dieser Auswertung vor Augen können wir jetzt auch nach den Gründen fragen, warum die Dauer des Minimums immer schneller zunimmt. Könnte die protoplanetare Scheibe die Ursache für diese Beschleunigung sein?

Nach den Berechnungen von Matthew Holman [3] reicht die protoplanetare Scheibe bis zu 2,6 AE nach außen. Die beiden Komponenten von KH 15D bewegen sich dagegen innerhalb dieser Scheibe auf Bahnen, auf denen sie sich bis auf 0,07 AE nahe kommen, um danach bis auf 0,25 AE auseinander zu laufen. Die Scheibe prezediert mit einer Periode von ca. 1.000 Jahren. Ihr Außenrand scheidet daher als Ursache für die beobachtete Beschleunigung aus.

Aber vielleicht weist die Scheibe eine Verbiegung, einen so genannten „Warp“ auf. Oder in ihr kreisen „Klumpen“ dichten Materials mit einer Periode von ca. vier Jahren. Vielleicht wäre dies eine denkbare Erklärung?

Mir scheint eine weitere Möglichkeit plausibler zu sein: Die beiden Komponenten von KH 15D umlaufen sich auf lang gestreckten Ellipsen. Und wie die Kometen unseres Sonnensystems sich in der Nähe der Sonne sehr schnell bewegen und sich weit entfernt von ihr viel mehr Zeit lassen, so tun dies auch die Komponenten von KH 15D. Damit hätte der Rand der gleichmäßig präzedierenden protoplanetaren Scheibe die Gelegenheit zum Aufholen und würde die jetzt noch sichtbare Komponente von KH 15D immer schneller überholen.

Mit dieser Vorstellung wäre die beobachtete Entwicklung der Minimumsdauer von KH 15D ohne zusätzliche Bedingungen einfach zu erklären. Mit etwas Mathematik ließen sich aus unseren Beobachtungen sogar Hinweise auf die Geometrie der Umlaufbahnen von KH 15D gewinnen.

Und noch etwas könnten wir bei wirklich tiefen Aufnahmen tun, nämlich KH 15D mit Bessel-V- und Bessel-I-Filter aufnehmen, fotometrieren und den Farbindex V- I bestimmen und verfolgen. Dies findet auch in der Fachastronomie statt. Von dort [4] stammt der Hinweis, dass die Kante der protoplanetaren Scheibe in Projektion pro Tag um den halben Durchmesser der sichtbaren Komponente von KH 15D über diese hinweg gleitet. Mit Aufnahmen im Stundenabstand könnten wir also eine Auflösung von ca. 0,05 Sternradien und damit 0,5 Mikrobogensekunden erreichen. Bei einem Deepsky-Objekt der Amateurastronomie ein außergewöhnliches Erlebnis.

Einem Tipp aus dem BAV-Forum folgend hatte ich das November-Ereignis überwiegend mit einem Bessel-I-Filter zur besseren Sichtbarkeit beobachtet und einige Serien dann auch mit einem Bessel-V-Filter aufgenommen. Von Anfang an war keine Fotometrie geplant. Hierzu wären in einem C14 auch Integrationszeiten von > 800 s erforderlich. Aber dennoch wollte ich eine kümmerliche Fotometrie versuchen. Also wurden die Summenbilder bis zum Rauschen gestreckt. Ein Teil dieser Bearbeitungen ist in Abb. 1 zusammen gestellt. Mir fiel dabei auf, dass bereits mehrere Tage vor dem schnellen Aufstieg mit großer Amplitude ein langsamer Anstieg mit sehr geringer Amplitude vorgeschaltet ist. Dieses wird durch die Abbildungen 9 und 10 in [4] bestätigt.

Meine bruchstückhafte, kümmerliche Fotometrie ist in folgender Tabelle zusammen gestellt:

Fotometrie mit Vergleichssterne D

Datum	I / mag	R / mag	V / mag	V-I / mag	R-I / mag	V-R / mag
Minimum c)	18.6			1.6		
19.11.06	17.5	-	-	-	-	-
20.11.06	17.0 d)	-	-	-	-	-
21.11.06	17.4	-	-	-	-	-
22.11.06	16.0	-	18.5	2.5	-	-
23.11.06	15.1 e)	16.0 a	16.7 b)	1.6 c)	-	0.7
Maximum c)	14.5				1.6	

- a) Rot-Filter (kein Bessel-R)
- b) Grün-Filter (kein Bessel-V)
- c) abgelesen Fig. 2 und Fig. 13 aus [4]
- d) beeinträchtigt durch "Verunreinigung in der Nähe"
- e) berechnet aus dem eigenen "V-Wert" mit dem V-I-Wert von [4]

(Vergleichssterne D: I = 13.6 mag, R = 14.3 mag, V = 15.0 mag)

Trotz der großen Ungenauigkeit wurde der Farbindex vom 22.11.06 zu V-I = 2.5 mag bestimmt. Dieser Wert ist allerdings erheblich größer als der in [4] genannte (V-I = 1.6 mag). Dies war der Anlass, [4] nochmals genau durchzulesen. Die dortige Abb. 13 zeigt, dass im gesamten Minimum V-I stark streut (zwischen 1.0 mag und 2.1 mag), und zwar weit jenseits der Messfehler. Diese und noch andere Besonderheiten des Farbindex werden in [4] angesprochen und führen zu einem erweiterten Modell. Eine vollständige Erklärung kann aber trotz offenbar erfolgreicher Modellierung nicht gegeben werden. Drei grundsätzliche Möglichkeiten bieten sich an. Weitere Messungen der Fachastronomie sind für eine endgültige Klärung erforderlich. Und jeder ist von den Autoren aufgerufen, sich hierbei zu beteiligen.

Aus der Sicht eines „Konsumenten“ wäre dieses Fehlen einer eindeutigen Erklärung aller Eigenschaften von KH 15D zu bedauern. Es steht aber jedem interessierten Sternfreund frei, [4] und die dort angegebene Literatur zu lesen und sich ein eigenes Urteil zu bilden. Der vorliegende Aufsatz eignet sich jedenfalls nicht zur umfassenden Wiedergabe des augenblicklichen Forschungsstandes.

Auf der anderen Seite können wir froh über die Fülle von Informationen, Anregungen und Bestätigungen aus der Fachastronomie sein. Und ich freue mich, meine kümmerliche Fotometrie zum Anlass für ein intensives Literaturstudium genommen zu haben. Ohne Beobachtungen mit V- und I-Filter wäre es dazu nicht gekommen.

Damit ist diese Geschichte von KH 15D an ihrem Ende angekommen. Gezeigt wurde, was sich aus einfachen Beobachtungen heraus lesen lässt und wie diese intensiviert werden können. Wer KH 15D noch erleben möchte, bevor er für sehr lange Zeit dunkel bleibt, sollte sich beeilen. Denn die Zeit drängt. Und der Sternfreund, welcher dieser Anregung folgt, möge bitte seine Aufnahmen und Beobachtungen mit genauem Zeitpunkt versehen an den Autor einsenden. Im Diagramm ist noch viel Platz für weitere farbige Datenpunkte ...

Die Beobachtungen erfolgten auf der Gästesternwarte New Mexico Skies in NM, USA.

#### Literaturangabe:

- [1] Diederich, H. G., 2005. KH 15D und seine protoplanetare Scheibe, VdS-Jour. 2/2005, 128-129
- [2] <http://www.bav-astro.de/>
- [3] Krome, T., 2004. Verstecken spielen, spektrum direkt, 02.03.2004  
[gefunden über eine Suchmaschine]
- [4] Winn, Joshua N. et al., 2006. The Orbit and Occultations of KH15D, Vorabdruck 15.02.2006 astro-ph