

Beobachtungen an U Gem

Jörg Schirmer

Im Januar, Februar und März 2008 konnte ich meine Beobachtungen an U Geminorum (Gem) als Bedeckungsveränderlichen aus dem vergangenen Jahr fortsetzen. Dabei habe ich den Stern in dreizehn Nächten jeweils über mehrere Stunden ungefiltert mit der CCD-Kamera Alphamaxi von OES am SCT C9¼ aufgenommen. Die Länge der Einzelaufnahmen betrug 60 Sekunden bei Binning 3 (27µm-Pixel). Wie die Lichtkurven zeigten, führte diese Kombination aus geringer Helligkeit des Systems, nur etwas mehr als neun Zoll Öffnung und dabei nur eine Minute Belichtungszeit zu einer kräftigen Streuung der Datenpunkte. Diesen Kompromiss musste ich aber eingehen, um den Verlauf des Minimums einigermaßen abbilden zu können. In guten Nächten konnte ich Lichtkurven mit zwei Minima gewinnen. Neben Aufnahmen in der Ruhephase des Systems gelangen mir auch einige Aufnahmeserien während der Ausbruchphase, hier allerdings mit wesentlich kürzerer Belichtungszeit.

Nach der Dunkelstrom- und Flatfieldkorrektur rechnete ich mittels BAV Min/Max Version 1.08c den Aufnahmezeitpunkt auf das heliozentrische Julianische Datum um. Bei der sich anschließenden fotometrischen Auswertung kam wiederum das Fotometrieprogramm Muniwin Ver. 1.1.23 von David Motl zum Einsatz.

Zum besseren Verständnis der nachfolgenden Ausführungen eine tabellarische Darstellung des Systems U Geminorum. Dabei greife ich auf die Angaben von Zhang und Robinson [1] zurück.

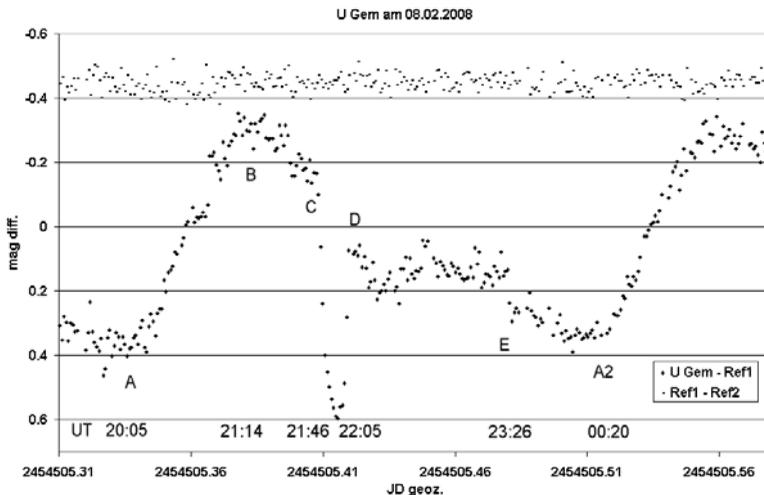
	Maße	Temperatur	Masse	
	km	K	in Sonnen-M.	
Weißer Zwerg (WZ), Radius	6,000	30,000	1.12	
Akkretionsscheibe innen, Radius	120,000			
Akkretionsscheibe außen, Radius	320,000	4,800		
~ vor Ausbruch	290,000			
~ nach Ausbruch	390,000			
Heißer Fleck (HF), Radius	32,000	11,600		
Roter Zwerg (RZ), Radius	300,000	2,900	0.53	
Abstand WZ - RZ	1,000,000			
Massentransferrate			7.8E-10/a	
Vorlauf HF vor RZ				32°
Betrachtungswinkel				70°

Zur Veranschaulichung verweise ich auf die Animation eines Modells von V348 Pup auf der Internetseite der BAV [2]. Bei U Gem wird allerdings der Weiße Zwerg vom

Begleiter nicht bedeckt! Weiterhin gibt es im unteren Bereich der Internetseite der BAV zu U Gem [3] eine Lichtkurve mit erläuternden Grafiken.

Ruhephase

Ein Vergleich der im Februar und März erhaltenen Lichtkurven zeigt, dass sich der gesamte Zyklus in immer wiederkehrende Abschnitte einteilen lässt. Ich zeige dies am Beispiel der Lichtkurve vom 08.02.2008.



Im Punkt A der Lichtkurve wird der „Heiße Fleck“ am linken Außenrand der Akkretionsscheibe allmählich für uns sichtbar und dreht sich mit ihr innerhalb der nächsten 69 Minuten vollständig auf uns zu. Damit erreicht die Helligkeit bei Punkt B ihren Höhepunkt. Durch die weitere Drehung der Scheibe fällt das Maximum der Strahlung des „Heißen Flecks“ nicht mehr in unsere Richtung und die Helligkeit geht in diesen 32 Minuten wieder um rund 0,16 mag zurück.

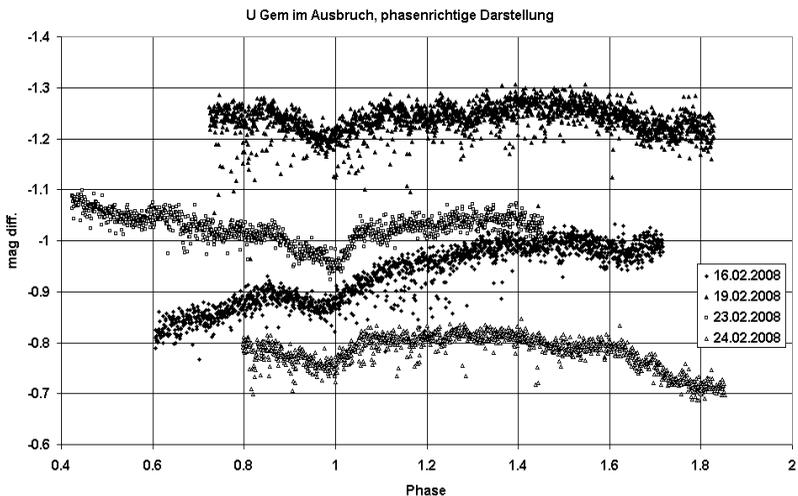
Wir sind im Punkt C. Nun beginnt die Bedeckung des „Heißen Flecks“ durch den Begleitstern und die Helligkeit fällt innerhalb von nur 13 Minuten um fast 0,75 mag ab. Der folgende Anstieg dauert dagegen lediglich etwa 6 Minuten, bleibt aber rund 0.2 mag unter der Helligkeit zu Beginn der Bedeckung. Dies ist verständlich, weil sich der „Heiße Fleck“ weiter aus unserer Sichtlinie gedreht hat. In der Lichtkurve ist jetzt der Punkt D erreicht.

Im weiteren Verlauf zeigt die Helligkeit für rund 60 bis 80 Minuten schnelle Schwankungen von 0,1 bis 0,2 mag (bis Punkt E). Danach fällt die Helligkeit bis zum Beginn des nächsten Zyklus (Punkt A2) weiter um fast 0,2 mag ab, wobei deutliche Helligkeitsschwankungen nun nicht mehr sichtbar sind. Der Abschnitt D bis A2 ist im Erscheinungsbild aber äußerst variabel.

Die eben angegebenen Helligkeitswerte können aber je nach Aktivität der Akkretionsscheibe und des „Heißen Flecks“ um rund 0,1 mag schwanken. Auch in der Ruhephase ist das System nicht wirklich ruhig.

Ausbruchsphase

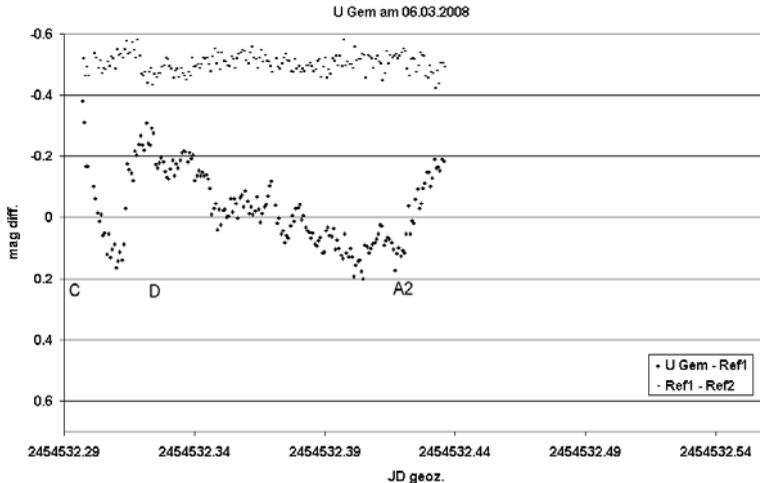
In vier Nächten konnte ich jeweils mehrstündige Serien von U Gem während eines Ausbruchs aufnehmen. Hier zeigt sich, dass das System auch in der Ausbruchsphase kleineren Helligkeitsschwankungen unterworfen ist. So zeigt die nachfolgende Lichtkurvensammlung, dass am 16.02.2008 noch ein leichter Anstieg in der Kurve selbst zu verzeichnen ist, am 19.02.2008 möglicherweise das Maximum erreicht ist, und am 23. u. 24.02.2008 die Helligkeit schon wieder um mehrere Zehntel nachgelassen hat.



Mit Ausnahme des 23.02.2008 liegen die auftretenden Minima alle vor der Phase 1, also dem Minimum der Bedeckung des „Heißen Flecks“. Damit scheint sich hier die Bedeckung der Akkretionsscheibe durch den Roten Zwergstern abzubilden. Man beachte auch die geringe Tiefe der Minima.

Meiner Meinung nach hat sich der Ausbruch von U Gem möglicherweise schon am 14./15.02.2008 angedeutet. Die betreffende Lichtkurve zeigt bereits ein um 0,2 mag angehobenes Aktivitätsniveau.

Ebenso lassen sich die Nachwehen des Ausbruchs noch am 6.03.2008 nachweisen, wie die folgende Lichtkurve zeigt. Sie ist im selben Zeitmaßstab und Helligkeitsbereich dargestellt wie die Lichtkurve vom 8.02.2008. Wie man sieht, ist das Niveau der Ruhephase noch nicht ganz erreicht.

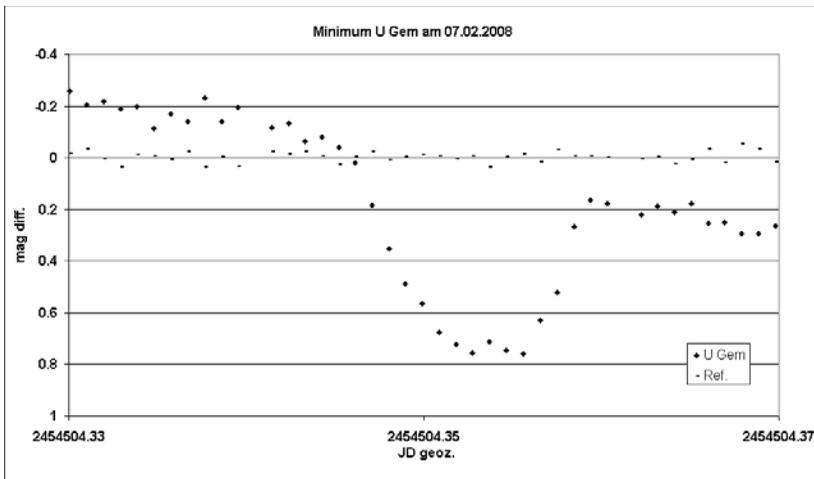


Bemerkenswert ist hierbei auch, dass im Unterschied zu oben genannter Lichtkurve im gesamten Bereich D bis A2 deutliche Lichtschwankungen bei beständig abnehmender mittlerer Helligkeit stattfinden. Ein Zeichen für restliche Aktivität? Außerdem ist das Licht bei A2 in etwa so gering wie das Licht im Bedeckungsminimum dieser Kurve.

Bedeckung des „Heißen Flecks“

Wie schon eingangs erwähnt, musste ich bei der Belichtungszeit einen Kompromiss eingehen, der dazu führte, dass für die Bedeckung meist nur 20 Datenpunkte zur Verfügung standen. Das reichte gerade so, um wenigstens die grundlegende Form dieses Kurvenabschnitts zu ermitteln. Das geringe SNR tat ein Übriges. So ist nicht immer ganz klar, ob im Kurvenboden gerade Flackern auftritt, oder ob es sich um eine Folge von Ausreißern handelt.

Die folgende Bedeckungslichtkurve vom 07.02.2008 zeigt noch einmal deutlich, wie schon oben angeführt, den längeren Abstieg und kürzeren Aufstieg. Zusätzlich ist nun auch die unterschiedliche Kurvenform der beiden Äste sowie die Änderung der Steigung im fallenden Ast zu erkennen. Die Form des Kurvenbodens sieht hier schön rund aus, bleibt in der Gesamtschau der erhaltenen Minima aber unklar.



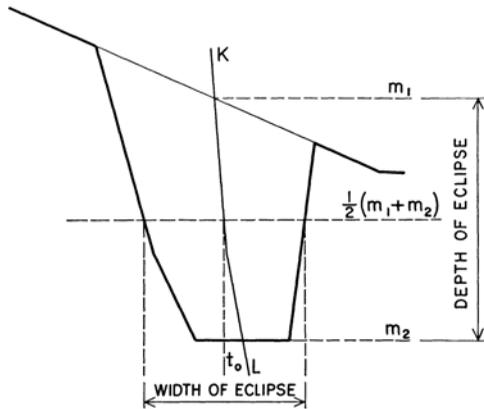
Zudem wird in diesem Beispiel die Fortsetzung der Helligkeitskurve des „Heißen Flecks“ über das Minimum hinaus deutlich. Dies kommt nicht in allen Beispielen so gut heraus, besonders dann nicht, wenn nach dem Minimum gerade ein heftiges Flackern stattfindet.

Der Vergleich aller Minima zeigt außerdem, dass sich die Tiefe der Minima in den zehn Tagen vor dem Ausbruch von 0,73 mag auf 0,57 mag verringerte. Dabei sollte man aber im Sinn haben, dass der nicht gut fassbare Kurvenboden Unsicherheiten ins Spiel bringt. Aber die Tendenz ist deutlich und auch gut in der grafischen Überlagerung der Minima-Kurven sichtbar. Dies lässt sich im BAV Rundbrief wegen des S/W-Drucks nicht abbilden.

Die Zeitpunkte der Minima (t_0) ermittelte ich mit der von Krzeminski [4] für U Gem skizzierten Methode (Abbildung auf der nächsten Seite). Wie bei allen grafischen Methoden führen die subjektiven Abschätzungen zu einer hohen Fehlerbreite, die man allerdings durch mehrmaliges Anwenden der Methode verringern kann. Bei diesem Verfahren sollte man auf jeden Fall genügend breite Flügelstücke vor und nach der Bedeckung des „Heißen Flecks“ mit in die grafische Auswertung einbeziehen. Auf diese Weise gewinnen die einzuziehenden Ausgleichsgeraden an Verlässlichkeit. Besonders kritisch erscheint mir die Festlegung von m_2 bei starker Streuung der Messwerte im Kurvenboden.

Gemessen am derzeitigen Periodenwert von J. M. Kreiner schwanken meine (B-R)-Werte zwischen 0,0002 d und -0,0002 d. Damit kann ich bei der Datenlage zufrieden sein.

Skizze von Krzeminski aus [4]. Nur auf U Gem anzuwenden!



Betrachtet man die bis heute veröffentlichten Periodenwerte zu U Gem, so scheint sich eine geringe Verlängerung der Periode abzuzeichnen.

0,17690591 d

Krzeminsky, 1965

0,17690617 d

Arnold u. Berg, 1976

0,1769061898 d

J. Smak, 1993, Acta Astronomica, 43, 121

0,176906239 d

J. M. Kreiner, 2004, Acta Astronomica, 54, 207ff

0,176906253 d

J. M. Kreiner, pers. Mitteilung am 17.04.2008

Anmerkung

Mit dem verwendeten Aufbau sind bei diesem interessanten Veränderlichen keine tiefgreifenderen Aussagen möglich. Über das Erreichte freue ich mich und werde im Rahmen meiner Möglichkeiten an dem Stern dranbleiben. Ich würde gerne einmal den Übergang vom Ruhezustand in den Ausbruch dokumentieren. In diesem Jahr war ja genau diese Nacht wolkig, bzw. hat das Hausdach die weitere Beobachtung am 14./15.02.2008 verhindert.

[1] The eclipses of cataclysmic variables. II. U Geminorum; 1987ApJ...321..813Z

[2] <http://www.bav-astro.de/eruptive/index.shtml>

[3] <http://www.bav-astro.de/sterne/gemu.shtml>

[4] The eclipsing binary U Geminorum; 1965ApJ...142..1051K