

## Beobachtungen des Sterns FG Gem und die MORO - Auswertung dazu

H. Jungbluth , F. Agerer

Bedeckungsveränderliche bieten den großen Vorteil, daß man aus ihren Lichtkurven etliche physikalische Größen der beiden Sterne ermitteln kann. Das Computerprogramm MORO leistet dies. Dies wird hier am Beispiel des Sterns FG Gem gezeigt.

Beobachtungsreihen des Sterns FG Gem wurde von Herrn F. Agerer im Rahmen seiner Himmelsüberwachung an drei Tagen gewonnen. Es waren dies die Tage : 20.2.2004 , 9.2.2005 und 10.2.2007.

Das verwendete Instrument war ein Celestron C8 mit einer ST6 - CCD - Kamera von SBIG. Die Belichtungszeit betrug 60 sec., es wurde ein Minus-IR-Filter vor der Kamera verwendet. Aus diesen drei Beobachtungsreihen ließ sich eine komplette Lichtkurve des Sterns erstellen. In Bild 1 ist diese Normallichtkurve dargestellt.

Zu dem Stern FG Gem findet man im GCVS folgende Angaben:

$\alpha = 6\text{h } 47\text{m } 49,6\text{s (2000)}$	$\delta = 16^\circ 51' 44,6'' (2000)$
max. Helligkeit :	11,6 mag. ph
min. Helligkeit :	12,6 mag. ph
Typ :	EA
Spektrum :	keine Angaben
Ausgangsepoche :	2451250,2987
Periode :	0,81912585 d

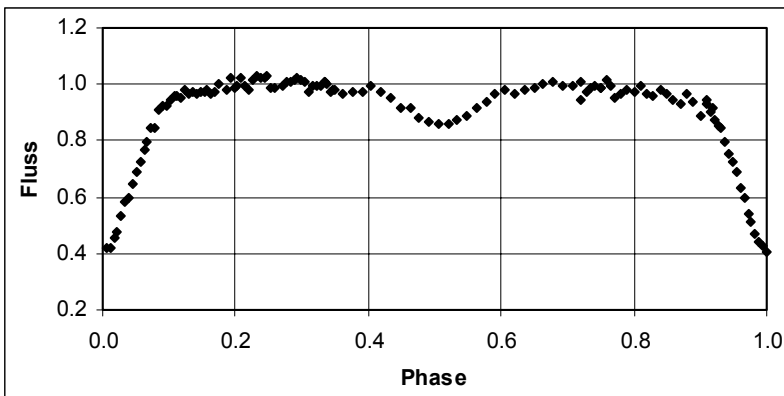


Bild 1: Normallichtkurve von FG Gem

Es lag also nahe, die komplette Lichtkurve in das Programm MORO einzugeben, um die Parameter des Sternsystems zu ermitteln. Diese Rechnungen wurde von H. Jungbluth durchgeführt.

Das Programm MORO benötigt, um die Temperaturen T1 und T2 beider Sterne zu ermitteln, mindestens zwei Lichtkurven in unterschiedlichen Farben, besser noch drei.

Da hier nur eine Lichtkurve mit starker Betonung des roten Spektralbereichs durch die Kamera ST6 zur Verfügung stand, konnte nur das Verhältnis der beiden Temperaturen,  $T1/T2$ , gefunden werden.

Man braucht zum Starten des MORO-Programms Anfangswerte, auch für die Temperaturen. Diese kann man abschätzen, wenn man die Spektraltypen der Sterne kennt. Dies ist hier aber nicht der Fall (siehe oben). Es wurde daher als Temperatur der Sterne ein Wert von 6000 K angenommen.

Albedo, Randverdunkelung und "gravitational darkening" sind drei Parameter, die von der Temperatur des jeweiligen Sterns abhängen. Sie sind also eigentlich keine freien Größen. Das "gravitational darkening" wurde auf einen Wert von 0,32 festgehalten, der zu einer Sterntemperatur von 5000 K passt. Die Albedo und die Randverdunkelung wurden zur Variation freigegeben.

Die Parameter für den Strahlungsdruck und ein "drittes Licht" wurden zu null gesetzt.

Das Programm MORO variiert alle freien Parameter so lange, bis die vom Programm berechnete Lichtkurve möglichst gut mit der beobachteten übereinstimmt.

Bild 2 zeigt nun die gerechnete Lichtkurve und die gemessene in einer Darstellung. Interessant ist hier wieder das B - R, also die Differenz zwischen beiden Kurven; sie ist in Bild 3 dargestellt.

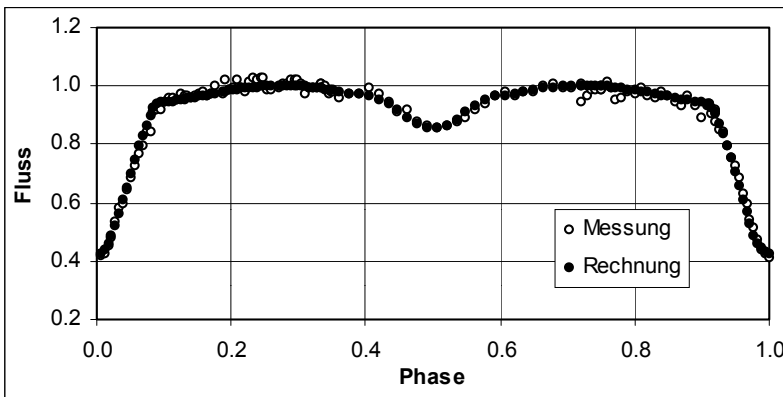


Bild 2: gemessene und gerechnete Lichtkurve

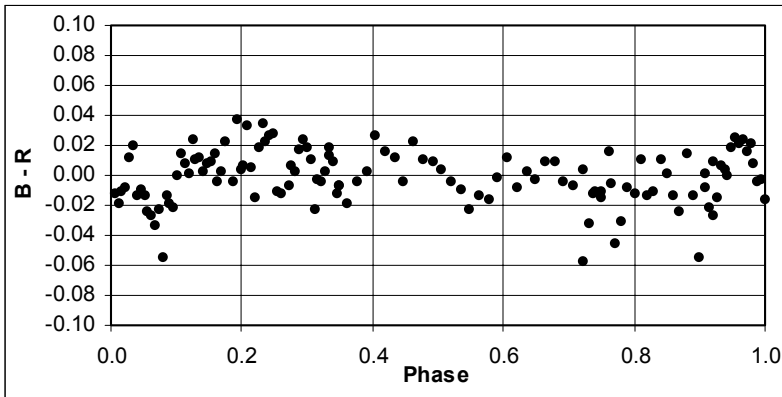


Bild 3 : Verlauf von B - R , Standardabweichung  $\sigma = 0,018$

Man sieht, dass gemessene und gerechnete Lichtkurve gut zusammen passen. Auch ist der Verlauf der B - R - Kurve über die Phase horizontal und nicht mit deutlichen Wellen behaftet, was auf eine noch nicht gute Anpassung schließen ließe. Eine Standardabweichung von 0,018 ist nicht schlecht. Hierbei muss man auch berücksichtigen, dass das "Rauschen" der gemessenen Lichtkurve voll in das B - R eingeht.

Betrachtet man die Originallichtkurve in Bild 1, so sieht man, dass bei Phase 0,2 bis 0,3 das Rauschen stärker ist und bei Phase 0,7 bis 0,9 zusätzlich einige "Ausreisser" dabei sind. Glättet man die Lichtkurve in diesen Bereichen durch Mittelbildung, so erhält man Bild 4.

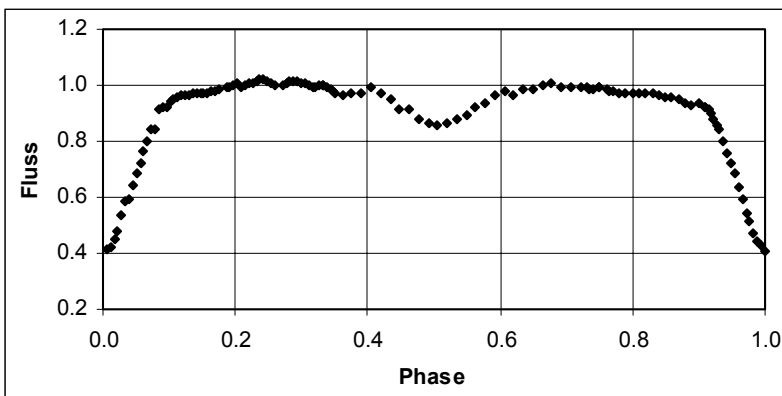


Bild 4 : geglättete Lichtkurve

Lässt man diese bearbeitete Lichtkurve jetzt durch das MORO - Programm, so erhält man mit Bild 5 und Bild 6 eine noch bessere Anpassung von beobachteter und gerechneter Lichtkurve.

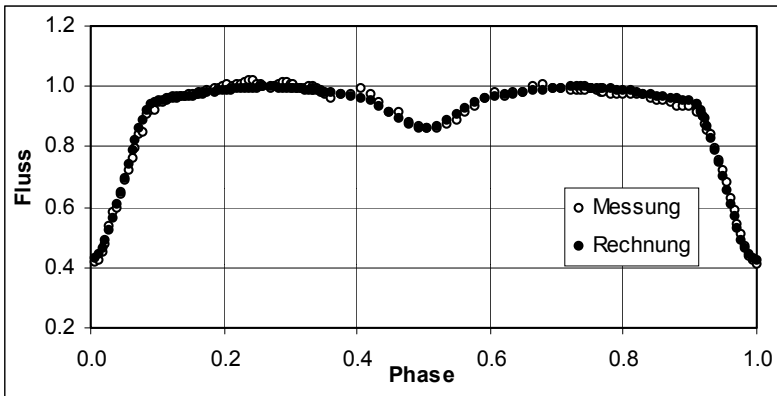


Bild 5 : geglättete Messungen und gerechnete Lichtkurve

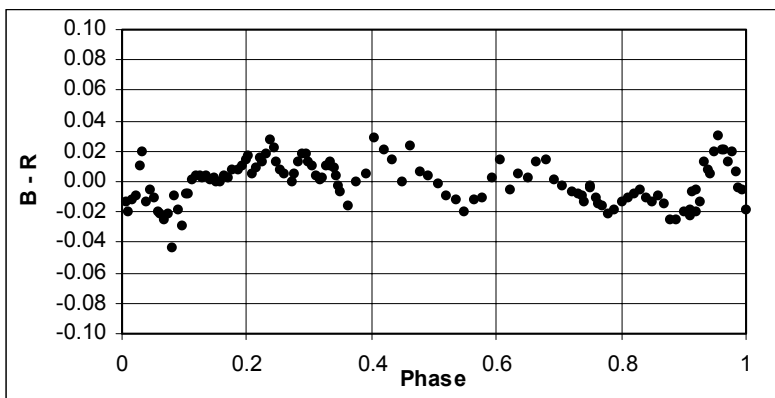


Bild 6 : Verlauf von B - R ,  $\sigma = 0,014$

Die Standardabweichung ist mit 0,014 jetzt sehr gut und kaum noch zu verbessern. In den folgenden Tabellen sind die gefundenen Parameter für beiden Sterne aufgelistet, und zwar bei Verwendung der originalen und der geglätteten Lichtkurve.

Lichtkurve	Neigung i	T1 / T2	Potential 1	Potential 2	Leuchtkraft L1	Leuchtkraft L2
original	76,74	1,184	5,714	3,653	7,838	4,377
geglättet	76,28	0,833	5,156	3,688	8,837	3,433

Tabelle 1

Lichtkurve	Massenverh.	Albedo 1	Albedo 2	Randverd. 1	Randverd. 2	Standardabw.
original	0,934	0,53	0,62	0,401	0,472	0,018
geglättet	0,939	0,71	0,51	0,530	0,496	0,014

Tabelle 2

Man sieht, dass die Werte, die aus der originalen und der geglätteten Lichtkurve erhalten wurden, gut beinander liegen. Ausnahme ist das Temperaturverhältnis. Aber wie schon oben gesagt: um die Temperaturen aus Lichtkurven heraus zu rechnen, braucht man mindestens zwei Lichtkurven unterschiedlicher Farbe, und die standen hier nicht zur Verfügung. Albedo und Randverdunkelung haben sich von ihren Startwerten 0,5 bzw. 0,521 weg bewegt, liegen aber noch immer im physikalisch sinnvollen Rahmen. Aus den Potentialen der Sterne berechnen sich deren Radien.

Auch die Radien der Sterne kommen bei beiden Auswertungen mit guter Genauigkeit gleich heraus, wie Tabelle 3 zeigt. Es handelt sich hierbei also um ein getrenntes System.

Lichtkurve	R <sub>1Pole</sub>	R <sub>1Point</sub>	R <sub>1Side</sub>	R <sub>1Back</sub>	R <sub>2Pole</sub>	R <sub>2Point</sub>	R <sub>2Side</sub>	R <sub>2Back</sub>
Original	0,208	0,214	0,210	0,213	0,349	0,462	0,366	0,396
geglättet	0,236	0,245	0,239	0,243	0,346	0,443	0,362	0,391

Tabelle 3

Bei den Indizes der Radien bedeutet: "Pole" - senkrecht zur Bahnebene, "Point" - auf den zweiten Stern zu, "Side" - in der Bahnebene senkrecht zu Point, "Back" - entgegengesetzt zu Point.

Es wird der Bahnradius gleich 1 gesetzt, die Radien sind dann in Bruchteilen des Bahnradius angegeben.

Aus der Zusammenstellung der Ergebnisse erkennt man, dass es sich eigentlich nicht lohnt, eine geglättete Lichtkurve zu erstellen; die Ergebnisse kommen kaum anders heraus.

Zumindest für einen Amateurastronomen ist es immer wieder erstaunlich, welche physikalischen Parameter eines Bedeckungssystems man aus der Helligkeitsänderung eines dimensionslosen Lichtpunkts herausholen kann!

Das Programm MORO wurde der BAV von der Remeis Sternwarte Bamberg ( Prof. Dr. Drechsel) dankenswerterweise zur Verfügung gestellt.

Franz Agerer, Dorfstr. 19, 84184 Zweikirchen, [agerer.zweik@t-online.de](mailto:agerer.zweik@t-online.de)

Hans Jungbluth, Kaiserallee 22, 76185 Karlsruhe, [hans.jungbluth@mach.uni-karlsruhe.de](mailto:hans.jungbluth@mach.uni-karlsruhe.de)