

Paul Baize (1901 - 1995) hat 1980 trotz des nur kleinen beobachteten Bahnbogens eine erste provisorische Bahnbestimmung durchgeführt. Sein Ergebnis (Periode 474 Jahre, große Halbachse 1,08") ergibt eine Massensumme von über 22 Sonnenmassen, deutlich zu viel für die vorliegende Kombination aus Spektraltyp und Leuchtkraftklasse. Eta Geminorum wäre mit dieser Masse ein Überriese und müsste deutlich heller sein. Offenbar ist die Bahnperiode deutlich länger, und auch die Halbachse dürfte größer als von Baize berechnet sein. Die Abbildung 1) zeigt den Bahnbogen nach der Ephemeride von Baize. Nach der aktuellsten vorliegenden Speckle-Messung von 2005 scheint sich der Begleiter weiter vom Hauptstern fortzubewegen, als es der Ephemeride nach sein sollte. Über den Begleiter selbst ist wenig bekannt, er wird als G-Unterriese gedeutet.

Die Bestimmung der genauen Systemdaten ist kein Selbstzweck, sondern dient der Ableitung der Komponentenmassen. Offensichtlich sind wir von einer genauen Kenntnis der Bahn aber noch ein gutes Stück entfernt.

Eta Geminorum als Veränderlicher Stern

Die Variabilität von Eta Geminorum wurde bereits 1865 von Johann Friedrich Julius Schmidt in Athen entdeckt: Eine beachtliche Leistung, berücksichtigt man die kleine Amplitude des Sterns. Untersuchungen des Lichtwechsels brauchen möglichst einheitliche Bedingungen und stützen sich daher meist auf langjährige Beobachtungsreihen einzelner Beobachter, unter denen Joseph Plassmann mit seinen jahrzehntelangen Reihen (für mehrere Sterne) besonders hervorzuheben ist. Für die Untersuchung des Lichtwechsels von Eta Geminorum sind Plassmanns Beobachtungen von 1887 bis 1940 daher ebenfalls von zentraler Bedeutung.

Eine erste Bearbeitung von Plassmanns Beobachtungen wurde 1913 durch Cuno Hoffmeister durchgeführt, dann 1949 durch Heinrich van Schewick. Als charakteristisch für den Lichtwechsel gelten demnach lange fast konstante Maxima und Minima von sehr stark wechselnder Größe und Gestalt; eine Periode von etwa 231 bis 233 Tagen finden alle Bearbeiter. Bei den Beschreibungen des Lichtwechsels kann man sich nicht des Eindrucks erwehren, dass die gefundenen „langen Maxima“ genauso gut auch ein Artefakt der Beobachtungen im Grenzbereich des visuell möglichen darstellen und Minima sehr geringer Amplitude schlicht nicht registriert werden.

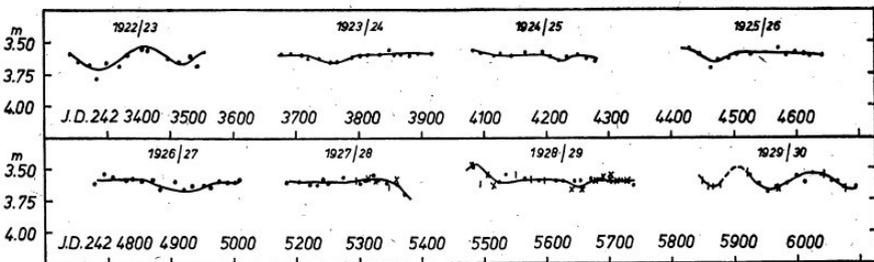


Abbildung 2) Ein typischer Lichtkurvenabschnitt von Plassmanns Beobachtungen in der Bearbeitung von van Schewick

Van Schewick hat versucht, die wechselnde Tiefe der Minima als übergeordneten Lichtwechsel zu beschreiben. Seine Beobachtung, dass etwa alle acht Jahre besonders tiefe Minima aufzutreten scheinen, versucht er mit einem Bedeckungslichtwechsel zu erklären. Unlogisch erscheint allerdings, dass sich Minima des behaupteten Bedeckungslichtwechsels nur in der Tiefe der Minima des Halbregelmäßigen Lichtwechsels zeigen sollen. Selbstverständlich sollte auch zu einem Maximum des Halbregelmäßigen Lichtwechsels ein Minimum des Bedeckungslichtwechsels auftreten können. Trotz der Unsicherheiten bei der Lichtkurveninterpretation und der Schwäche seiner Argumentation hat van Schewick ein Elementensystem abgeleitet:

$$\text{Min (II)} = 2429355 + 2984^d \times E'$$

Eines seiner „Bedeckungsminima“ findet man in der Abbildung 2) gleich zu Beginn (1922/23); die nicht weniger auffallenden Minima 1929/30 zählt er dagegen nicht dazu. Die Abbildung 3) zeigt seine Interpretation des übergeordneten Lichtwechsels. Die waagrechte gestrichelte Linie ist die Normalhelligkeit des Sterns. Die Ordinate macht die äußerst kleine Amplitude, um die es hier geht, deutlich.

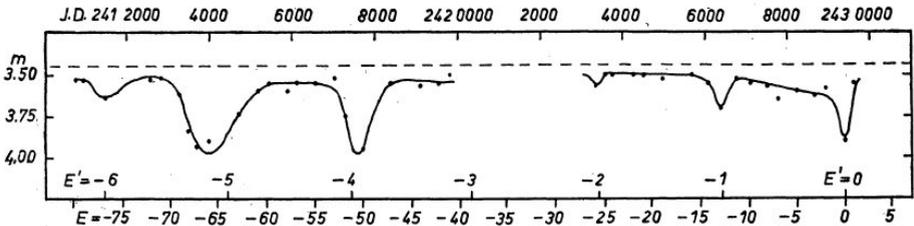


Abbildung 3) Der übergeordnete Lichtwechsel von Eta Geminorum in der Interpretation von v. Schewick. Aufgezeichnet ist die Tiefe der Minima pro Epoche. Interessant die stark wechselnde Breite der Minima (vgl. $E'=-5$ und $E'=-2$) und die „Unpünktlichkeit“ von $E'=-5$. Sieht so ein Bedeckungslichtwechsel aus?

Eta Geminorum als Spektroskopischer Doppelstern

Van Schewick ist nicht unbelastet an die Auswertung von Plassmanns Material gegangen: Er kannte die Arbeit von Dean B. McLaughlin und Suzanne E. A. van Dijke von 1944, in der zur Hauptsache 144 Spektren der Universität von Michigan nebst einiger Spektren anderer Observatorien zusammen mit einer langen visuellen Beobachtungsreihe von McLaughlin (704 Schätzungen von 1928 bis 1942) ausgewertet wurden. Die Autoren finden eine eindeutige Änderung in der Geschwindigkeit, die selbst dann überzeugend aussieht, wenn man die gelisteten Werte ohne Mittelbildung plottet. Die Abbildung 4) zeigt beide Versionen: Die linke Abbildung demonstriert die Rohwerte, die rechte Abbildung gibt eine Kurve aufgrund von 20 Normalwerten. Die Autoren leiten eine Periode von 2983 Tagen für die spektroskopische Bahn ab. Die Geschwindigkeitsamplitude ist mit 17,6 km/sec nicht gerade gering, die Exzentrizität liegt bei 0,53. Unter der Berücksichtigung der Entfernung lassen sich die Dimensionen des Systems grob abschätzen, und scheinbare Abstände der Komponenten von bis zu 0,1" wären denkbar – keine sonderlich schwierige Aufgabe für moderne Speckle-Beobachtungen. Aufgrund der Lichtkurve mit den unterschiedlich langen Minima vermuten die Autoren, dass Bedeckungen auftreten könnten, halten das aber noch nicht

für eindeutig sicher. Gedanken über den Begleiter machen sie sich nicht – im Spektrum verrät er sich jedenfalls nicht. Die Elemente von McLaughlin und van Dijke haben Bestand bis heute – noch im aktuellsten Katalog spektroskopischer Doppelsterne ist ihre Arbeit die einzige zu Eta Geminorum.

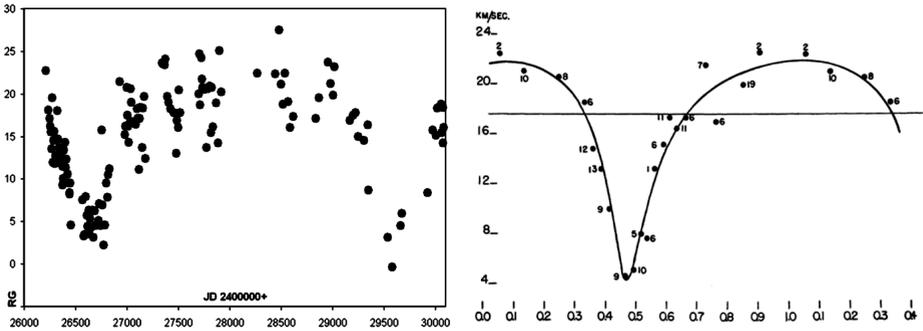


Abbildung 4) Links Rohwerte spektroskopischer Geschwindigkeitsmessungen von 90% der Werte (in den Jahren davor gab es nur sporadische Messungen), rechts die Normalkurve aus McLaughlin und van Dijke (1944)

Beobachtungskampagnen des AKV 1980 und 1988

Es ist verständlich, dass der Verdacht, hier ein Bedeckungssystem mit einem Roten Riesen vor sich zu haben, in der Folge immer wieder zu Beobachtungskampagnen führte. Unter der Leitung von Dietmar Böhme wurden zweimal Kampagnen vom Arbeitskreis „Veränderliche“ im Kulturbund der DDR durchgeführt. Im Frühjahr 1980 nahmen drei Beobachter teil, und ein Minimum von 0,5mag Tiefe konnte zum erwarteten Zeitpunkt beobachtet werden (Mitte bei JD 2444270).

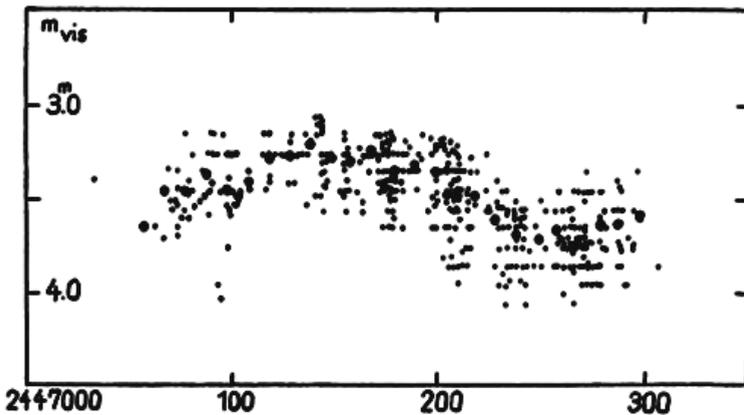


Abbildung 5) Minimum vom Frühjahr 1988, beobachtet durch den AKV (Böhme, 1988). Ein Minimum bei JD 2447260 ist deutlich.

Beim nächsten Minimum im Frühjahr 1988 wurde ein besonders tiefes Minimum erwartet, da der Stern die Jahre vorher intensiv beobachtet wurde und ein Minimum des halbregelmäßigen Lichtwechsels mit dem Minimum des Bedeckungslichtwechsels zusammenfallen sollte. 25 Beobachter beteiligten sich an der Kampagne und konnten den Lichtwechsel gut verfolgen, das Ergebnis war aber eher enttäuschend. Das bei JD 2447260 beobachtete Minimum hatte nur eine Amplitude von wenig mehr als 0,3mag im Visuellen, und Böhmers Zusammenfassung ist nichts hinzuzufügen: „Das vorliegende Material liefert **keinen** eindeutigen Hinweis, dass im Beobachtungszeitraum ein außergewöhnliches Minimum stattgefunden hat. Der beobachtete Lichtwechsel lässt sich durchaus als Folge der halbregelmäßigen Pulsationen erklären.“

Lichtelektrische Beobachtungen

Schon 1988 war in der Kampagne des AKV endlich ein Photometer zum Einsatz gekommen. Was zeigen nun Langzeit-Beobachtungen hoher Genauigkeit, also nicht nur Beobachtungen während eines kurzen Zeitabschnitts? John R. Percy und Mitarbeiter haben Messungen aus einem Zeitraum von 5000 Tagen für mehrere Halbregelmäßige, darunter Eta Geminorum ausgewertet. Ihr Ergebnis: Die Periode beträgt etwa 234 Tage, es gibt keinen Hinweis auf einen überlagerten Lichtwechsel langer Periode, dagegen eine Veränderlichkeit geringer Amplitude auf einer Zeitskala von etwa 20 Tagen. Die Periode von 233 bis 234 Tagen ist allerdings auffallend lang für einen M3III-Stern.

Die Abbildung 6) zeigt zum einen die Gesamtlichtkurve, zum zweiten einen typischen kürzeren Abschnitt. Die Abbildung 7) liefert das Ergebnis einer Periodensuche: Eine Periode von 234 Tagen beschreibt den Lichtwechsel sehr gut, die unterschiedliche Tiefe der Minima tut dem keinen Abbruch.

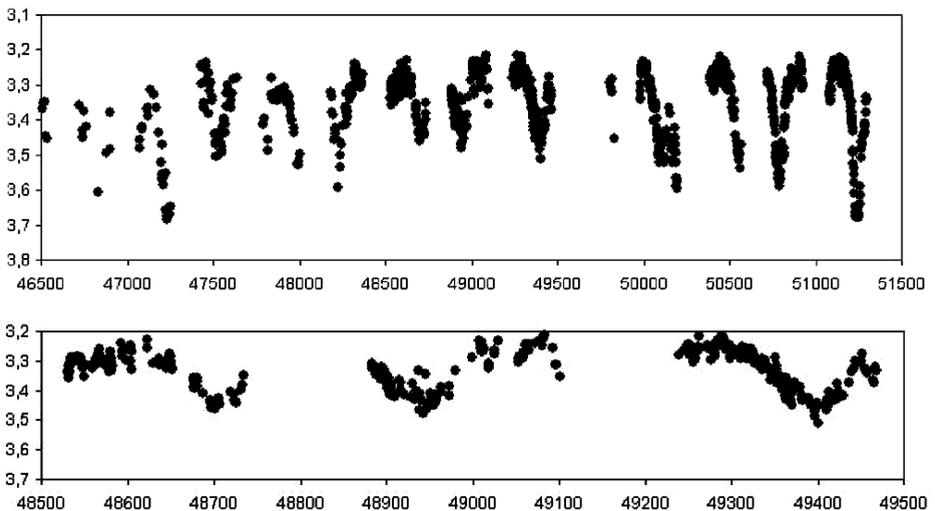


Abbildung 6) Lichtwechsel im Gesamtzeitraum und in einem typischen Zeitabschnitt. Man achte auf die schnellen Variationen zu Beginn der unteren Kurve.

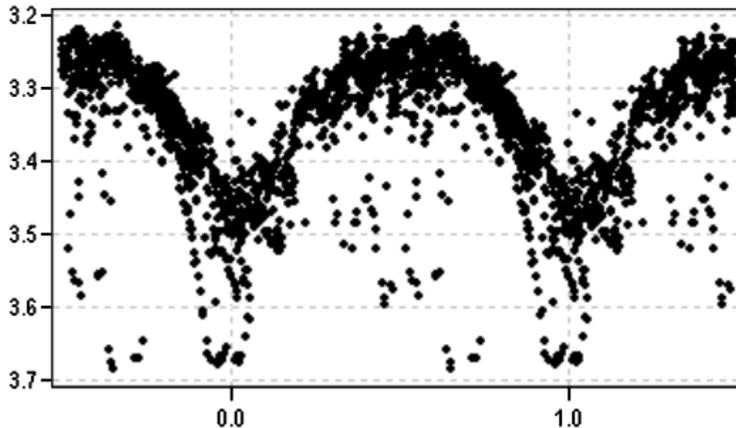


Abbildung 7) Einzelwerte reduziert mit einer Periode von 234 Tagen

Weitere wichtige Details zu Eta Geminorum

- Zu Eta Geminorum liegen photometrische Messungen in einer Vielzahl von Farbbereichen vor. Alle Werte entsprechen dem, was von einem M3III-Stern zu erwarten ist. Ein blauer oder ein tiefroter Begleiter ist nicht nachweisbar.

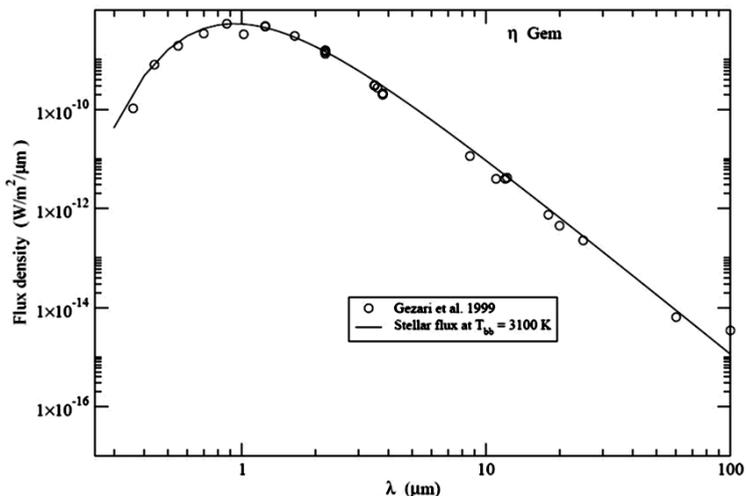


Abbildung 8) Spektrale Energieverteilung von Eta Geminorum

- Eta Geminorum liegt in der Ekliptik, was es ermöglicht, den Durchmesser bei Mondbedeckungen genau zu bestimmen. Dabei ist keine Spur eines Begleiters zu entdecken. Der Sterndurchmesser kann zu ca. 12 Millibogensekunden (mas) bestimmt werden (im Infraroten; bei kürzeren Wellenlängen ca 11 bis 11,5 mas), entsprechend 146 Sonnendurchmessern bei der Entfernung von 350 Lichtjahren.

- Mit interferometrischen Methoden können Sterndurchmesser direkt bestimmt werden. Durch MARK III wurde das bei Eta Geminorum gemacht, und der abgeleitete Durchmesser passt zu dem durch Mondbedeckungen ermittelten Durchmesser. Kein Begleiter ist sichtbar.
- Ein großer Prozentsatz der Halbbregelmäßigen zeigt Erscheinungen wie die bei Eta Geminorum beobachteten unterschiedlichen Tiefen der Minima. Aus der Tiefe der Minima darf nicht auf Bedeckungen geschlossen werden.
- Ein noch ungelöstes Rätsel bei Halbbregelmäßigen mit vergleichsweise kurzer Periode (60 bis 300 Tage) ist eine überlagerte langsame Variation der Radialgeschwindigkeit. Selbst so bekannte Veränderliche wie AF Cyg, X Her und g Her zeigen RG-Variationen von 330 bis 930 Tagen Dauer. Ist die lange Periode von Eta Geminorum nur ein etwas längeres Beispiel dieser Art von Variation?

Zusammenfassung

Zunächst seien die wesentlichen Ergebnisse zusammengestellt:

- In der Vergangenheit wurde aufgrund der Lichtkurve auf eine Bedeckungsveränderlichkeit geschlossen. Mit genauerer Photometrie und dem Vergleich mit anderen Halbbregelmäßigen zeigt sich, dass das Lichtwechselverhalten von Eta Geminorum nichts Auffallendes hat. Aus der Lichtkurve kann also nicht auf Bedeckungen geschlossen werden.
- Es liegt eine klare spektrale Geschwindigkeitsvariation langer Periode vor, die auf einen engen Begleiter hinweisen *könnte*. Allerdings ist weder bei Mondbedeckungen, bei interferometrischen Beobachtungen, noch bei Speckle-Beobachtungen ein zweiter Begleiter nachweisbar.
- Die spektrale Energieverteilung könnte einen Hinweis auf einen dunklen Begleiter (z.B. einen in Staub gehüllten normalen Stern) oder auf einen kompakten heißen Stern geben. Aber die spektrale Energieverteilung für Eta Geminorum weicht nicht von der eines normalen Einzelsterns ab.

Fazit: Die Indizien sprechen gegen einen zweiten engen Begleiter des Roten Riesen. Ein Bedeckungslichtwechsel ist sehr unwahrscheinlich.

Wichtigste Literatur

- Baize, P., Orbital Elements of 14 Visual Double Stars, A&AS S.Ser.V. 39, P.83 (1980)
 Hinkle, K.H. et al, Velocity Observations of multiple-mode Asymptotic Giant Branch Variable Stars, AJ 123, 1002-1012 (2002)
 McLaughlin, D.B. und van Dijke, S.E.A., The Spectrographic Orbit and Light-Variations of Eta Geminorum, ApJ 100, 63-68 (1944)
 Mondal, S. und Chandrasekhar, T., Angular diameter measurements of evolved variables by lunar occultations at 2.2 and 3.8 μ m, astro-ph/0504326v1 14 Apr 2005
 Mozurkevich, D. et al, Angular Diameter of Stars from the MARK III Optical Interferometer, AJ 126, 2502-2520 (2003)
 Percy, J.R. et al, Long-Term VRI Photometry of Small-amplitude Red Variables. I. Light Curves and Periods. PASP 113, 983-996 (2001)
 Schewick, H.v., Der Lichtwechsel von Eta Geminorum, AN 279, 65-70 (1950)