

## **Die Periodizität des Veränderlichen R Scuti, eine statistische Untersuchung**

Hans Jasicek und Peter Sterzinger

R Sct ist einer der am meisten beobachteten Veränderlichen. Der halbregelmäßige Stern vom Typ RVa Tau wurde durch E. Pigott 1795 entdeckt und 1797/1805 beschrieben. Die Beobachtung ist aus mehreren Gründen interessant: zum einen ist R Sct bequem ca. 9 1/2 Monate durchgehend sichtbar, zum andern sind geeignete Vergleichssterne vorhanden, und drittens bietet dieser Stern immer wieder Überraschungen, weshalb sich die ununterbrochene Beobachtung lohnt. Die meist große Amplitude erleichtert zudem visuelle Schätzungen, und diese einfache Methode reicht bei etwas Erfahrung und Sorgfalt durchaus, um sich mit der Periodizität zu beschäftigen. Dies taten wir mit folgendem Material:

- a) eigene seit Jahrzehnten gesammelte Lichtkurven visueller Schätzungen mit einzelnen lichtelektrischen Kontrollmessungen (Photomultiplier in V),
- b) Lichtkurvenblätter der BAV aus dem Zeitraum von 1946 bis 2010,
- c) in einigen Fällen ergänzend Sammellichtkurven der AAVSO, wobei uns die Problematik dieser Darstellungsweise gerade für Periodenuntersuchungen bewusst ist.

Insgesamt wurden 331 Minima-Bestimmungen verwertet. Die Dichte der Beobachtungspunkte in den eigenen und BAV-Lichtkurven ist naturgemäß unterschiedlich, weshalb wir den jeweiligen Ergebnissen Gewichte von 1 bis 3 zugeordnet haben. Die Minima aus den reichlich verschmierten AAVSO-Sammel-Lichtkurven mussten erst sorgfältig ermittelt werden - aber es waren ohnehin nur vergleichsweise wenige. Hier musste mit der kleinsten Gewichtung gerechnet werden. Maxima blieben unberücksichtigt, weil die Verläufe - wie für RVa-Tau-Sterne typisch - oft sehr flach und variierend sind, viel weniger Daten dafür zur Verfügung stehen und schließlich die weitgehend gesichert erscheinenden physikalischen Ursachen der Veränderlichkeit eher für die Heranziehung der Minima sprechen. Wir gehen jedenfalls davon aus, dass Aussagen über Periodizität und davon ableitbare Korrelationen allein mit Hilfe der Minima sinnvoll sind.

Wir wollten nun mit Hilfe statistischer Methoden herausfinden, welche der verschiedenen in der Literatur angegebenen Perioden - etwa 140 (3), 141, 144 (7), 146 Tage, etc., vereinzelt auch wieder 71 Tage (4) am besten mit den vorhandenen Datensätzen vereinbar ist, ob sich etwa ein davon abweichender neuer Wert ergibt, und welche Rolle die so genannten Nebenminima bzw. die stark schwankenden Amplituden spielen. Die in der Literatur vielfach anzutreffende Differenzierung in Haupt- und Nebenminima konnte für unsere Untersuchung nicht ohne weiteres vorausgesetzt werden - schon die ersten Beschreibungen des Sterns gingen von Perioden zwischen 62 und 71 Tagen aus, also etwa der Hälfte der heute überwiegend üblichen Periodenangaben, und der bisweilen eintretende (scheinbare) Wechsel von

Neben- zu Hauptminima erforderte besonders umsichtiges oder besser unvoreingenommenes Vorgehen. Das Ergebnis gab uns dabei Recht.

**Zur Methode:**

Charakteristisch für RV-Tauri-Sterne sind einerseits sporadische Periodenänderungen, andererseits über größere Zeitintervalle doch einigermaßen konstante mittlere Perioden. Aus diesem Grund haben wir auch die uns zur Verfügung stehenden Minima mit einem linearen (B-R)-Modell analysiert. Zunächst wurde ein sehr gut definiertes tiefes Minimum ausgewählt, um die Epoche eines Startzeitpunktes zu erhalten. Davon ausgehend haben wir die glaubhafteste Periodenangabe aus der Literatur übernommen und die Ablagen der gemessenen „Hauptminima“ bestimmt. Abgesehen davon, dass dabei etwa die Hälfte der sogenannten Nebenminima unberücksichtigt bleiben musste, hat sich gezeigt, dass in machen Zeitintervallen die Minima ziemlich seicht waren, die Bezeichnung „tiefes“ Minimum daher nicht verdienten. Wir summierten die Ablagen dieser Minimazeitpunkte von dem Zeitwert des jeweils errechneten Minimums in 5-Tage-Intervallen auf, um eine Verteilungskurve zu erhalten. Die Wurzel aus der Quadratsumme dieser Verteilung war ein Maß für die Güte der gewählten „Versuchs“-Epoche und „Versuchs“-Periode.

Da uns die signifikante Änderung der Tiefe der Minima auffiel, haben wir den Vorgang mit einer Epoche, die etwa eine halbe Periode verschoben war, wiederholt, um die zweite Hälfte der ausgewiesenen Minima – die vermeintlichen „Nebenminima“ – der gleichen Optimierung von Epoche und Periode zu unterziehen. Auch in diesem Fall hat es Zeitintervalle gegeben, in denen sehr tiefe Minima dabei waren. Das war für uns das Zeichen, dass die generelle Unterscheidung in Haupt- und Nebenminima für R Sct nicht sinnvoll erscheint. Somit haben wir die oben beschriebene Prozedur mit der Hälfte der meist angegebenen Periode von etwa 142 Tagen, also mit 71 Tagen, wiederholt und damit ein „bestfit“- Modell für Epoche und Periode ermittelt.

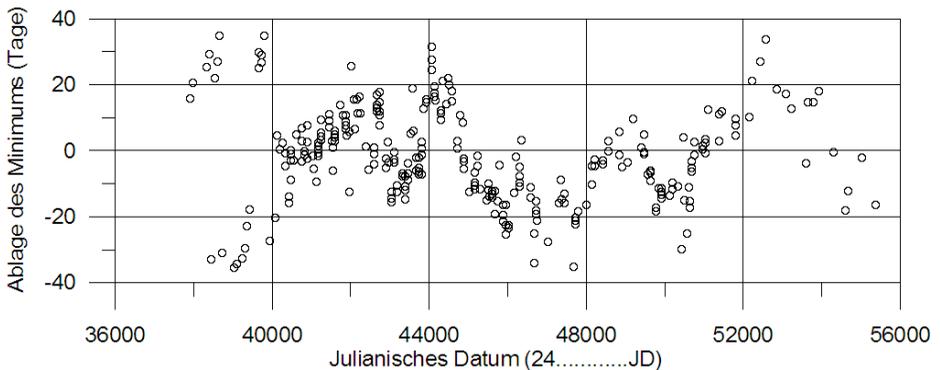


Fig.1: R Sct, (B-R) für den Zeitraum 1946 – 2010 (P=71d)

Erstaunlicherweise waren die mittleren Ablagen von der berechneten Idealperiode geringer als bei dem Modell mit der Unterscheidung zwischen Haupt- und Nebenminimum.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, bleiben die Minimazeitpunkte mit Ausnahme von einigen wenigen der ältesten Ergebnisse alle in einem Intervall von +/- 35 Tagen um die berechneten Zeitpunkte.

Wie deutlich zu erkennen ist, ändert sich die Periode immer wieder, manchmal sprunghaft. In Fig. 2 sind die jeweiligen Helligkeiten der entsprechenden Minima in der gleichen Zeitskala dargestellt.

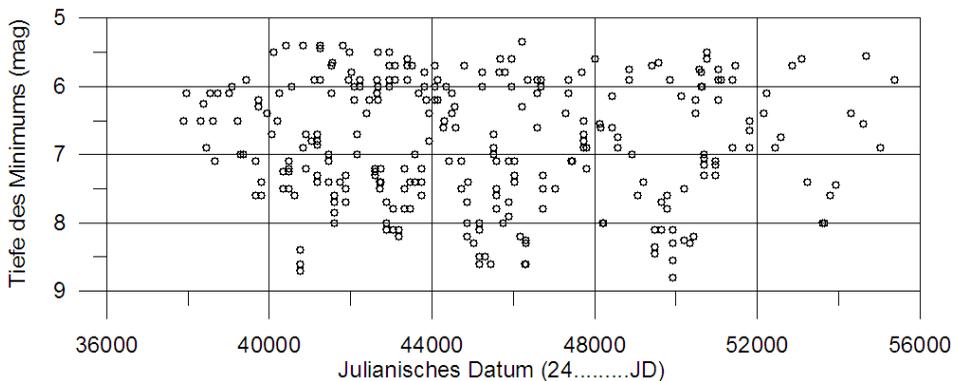


Fig. 2: R Sct, visuell ermittelte Minima in mV

Hierin sind nun deutlich Zeitphasen erkennbar, in denen tiefe „Hauptminima“ von seichteren „Nebenminima“ gefolgt werden, und dann gibt es wieder kürzere Zeitintervalle, wo die aufeinander folgenden Minima etwa gleich tief sind. Somit ist eine Unterscheidung in tiefe Minima, auf die weniger tiefe folgen, nicht generell gegeben. Deshalb erscheint nur eine mittlere Periode sinnvoll, wie sie interessanterweise den ältesten Beschreibungen des Sterns entspricht und vereinzelt wieder in jüngeren Arbeiten zu finden ist (4). Die von uns ermittelten „bestfit“-Werte betragen:

$$E_0 = 2446998,4 \text{ JD}, \text{ Periode} = 70,928 \text{ Tage}$$

Die Verteilung der Ablagen von dem bestangepassten Modell in 5-Tage-Intervallen ist in Fig.3 dargestellt. Erkennbar ist eine leichte Asymmetrie der Ablagen, die künftige theoretische Modelle erklären müssten.

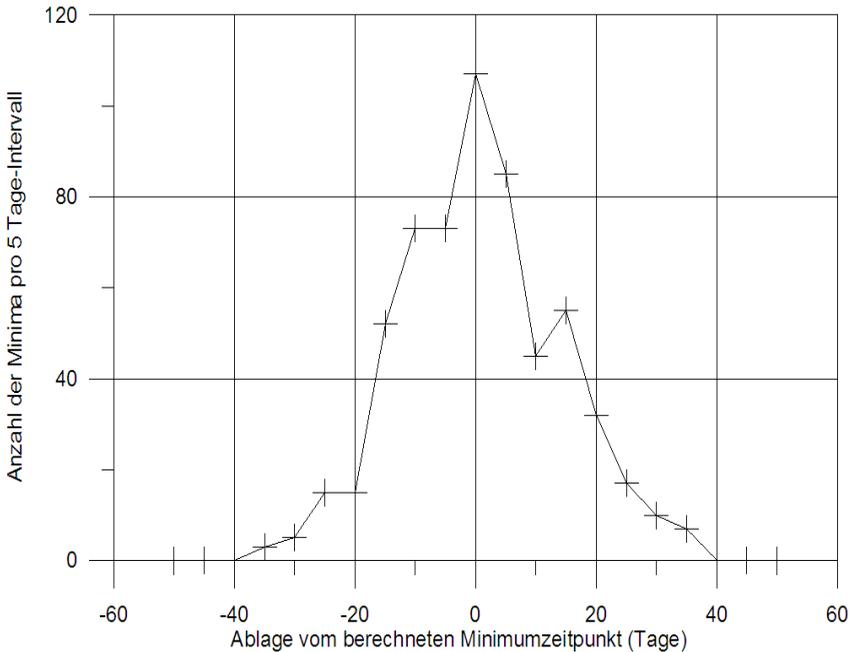


Fig. 3: R Sct, Verteilungskurve der (B-R)-Werte (P=71d)

Der Vollständigkeit halber haben wir noch die Korrelationen dieser Ablagen mit der Tiefe der Minima studiert. Diese Abhängigkeit ist in Fig. 4 dargestellt.

Auffallend ist, dass die tieferen Minima stärker zur mittleren Periode konzentriert sind als die seichteren. Da nicht zu erwarten ist, dass die seichteren Minima „ungenauer“ ermittelt worden sind, müsste nach einer plausiblen physikalischen Erklärung gesucht werden. Es kann sich jedenfalls nicht um einen Effekt einer ungleichmäßig verteilten Staubwolke in der Sternatmosphäre handeln, wie sie in RV-Tau-Sternen als typisch angesehen wird, da ja dann die tieferen Minima stärker durch die Abschattung betroffen sein müssten. Es sollten unterschiedliche Staubeinflüsse in den Ab- und Anstiegen der Minima nicht nur deren Tiefe beeinflussen, sondern auch deren Zeitpunkte verschieben.

Zusammenfassend sei festgestellt, dass es durchaus lohnend ist, auch mit den einfachsten optischen Beobachtungsmitteln, wie z.B. Feldstecher, Lichtkurven halbregelmäßiger Veränderlicher über große Zeiträume zu beobachten, womit ein weiterer Beitrag zur Gewinnung statistisch signifikanter Aussagen über die Physik dieser Sterne geleistet wird.

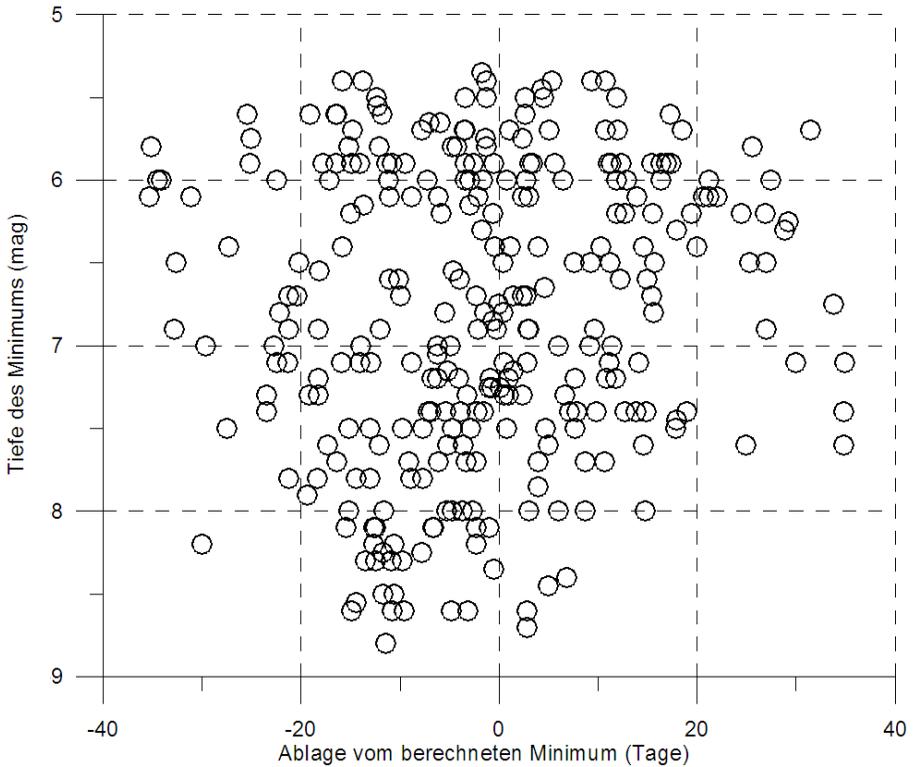


Fig. 4: R Sct, Korrelation der (B-R)-Werte mit den Minima-Helligkeiten

Literatur (Auswahl):

- 1) Burnhams Celestial Handbook, Vol 3, Dover Publ. 1978,
- 2) J. Bauer, Beobachtungen an R Sct, im BAV-Rundbrief 1973
- 3) C. Hoffmeister, Veränderliche Sterne, Leipzig 1970
- 4) Veldhuizen, T. & Percy, J. R., Evidence for Chaotic Behavior in R Scuti?  
The Journal of the American Association of Variable Star Observers,  
vol. 18, no. 2, p. 97-101
- 5) Percy et al., Period Changes and Evolution in RV Tauri Stars,  
Astron. Journal, 375, 1991. 691-695
- 6) A.B. Fokin, Nonlinear Pulsations of the RV Tauri Stars, A&A, 292, 1994, 133-151
- 7) J.A. Cardelli, St. B. Howell, The Nature of RV Tauri Variables,  
Astron. Journal 98 (1) July 1989.