

Beträchtliche Unterschiede bei verschiedenen Methoden zur Maximabestimmung bei RRab-Sternen

Klaus Bernhard und Stefan Hümmerich

Abstract: *The differences of common methods to determine the maxima of RRab stars were studied by analysing a synthetic light curve with EXCEL 2010. Depending on the used method, the determined maxima times can vary considerably, which should be considered in the interpretation of light curves and the application of reported maxima times in databases.*

Während verschiedene Methoden bei der Bestimmung symmetrischer Extremwerte – wie etwa Minima bei W-UMa-Sternen – weitgehende Übereinstimmung zeigen, ist die Situation bei den unsymmetrischen Maxima von RRab-Sternen deutlich komplexer.

Schon seit Jahrzehnten wird daher innerhalb der BAV, aber auch international, über die optimale Art zur Ermittlung der Maxima von RRab-Sternen diskutiert, bislang ohne Einigung auf eine spezielle Methode. Es werden somit mehrere unterschiedliche Methoden parallel verwendet, die aber voneinander abweichende Maximazeiten ergeben (siehe z.B. Quester, 2003), wie insbesondere:

- hellste Einzelbeobachtung
- Extrapolation der Mittellinie von Sehnen der Lichtkurve (Pogson-Linie)
- höchster Punkt einer geglätteten Messreihe aus Dreier-Mitteln
- Maximum eines Polynoms als mittlere Lichtkurve (Polynomfit)

Die Folge davon ist, dass zum Teil auf unterschiedliche Arten bestimmte Maxima Eingang in die Datenbanken wie z.B. GEOS (<http://dbrr.ast.obs-mip.fr/>) finden. Erst durch das Studium der Originalliteratur können Hinweise auf die verwendete Methode gefunden werden. Dies lässt aber noch keine direkten Rückschlüsse auf das Ausmaß der Differenz der verschiedenen Methoden zu.

Um verschiedene Methoden der Maximabestimmung möglichst objektiv vergleichen zu können, wurde in Microsoft EXCEL 2010 in Anlehnung an eine typische, asymmetrische und spitz zulaufende RRab-Lichtkurve (AM Cnc, entnommen aus Gröbel, 2012) eine synthetische Lichtkurve erstellt (Abbildung 1). Diese besteht aus 10 Beobachtungspunkten je Stunde, wobei der Anstieg zum Maximum 4 mal so schnell wie der Abstieg erfolgt. Die Ordinate zeigt eine fiktive Intensität von 0 bis 10. Der Einfachheit halber wurden keine zufälligen Messfehler eingefügt, für eine Betrachtung dieser zufälligen Effekte bei Polynom- und Pogsonverfahren siehe etwa Achterberg (2007). Weiter soll auch das Phänomen der „Doppelmaxima“, das bei RR-Lyrae-Sternen manchmal auftritt und die Maximabestimmung verkompliziert, in diesem Beitrag nicht näher betrachtet werden.

Die Maximazeiten der besonders bei visuellen Beobachtern beliebten Pogson-Linie sowie der Methode der „hellsten Einzelbeobachtung“ fallen bei der synthetischen

Lichtkurve genau auf $t[h] = 0$. Dieses Zusammenfallen der Maxima bei beiden Methoden ist bei realen Lichtkurven mit zufälligen Fehlern nicht selbstverständlich.

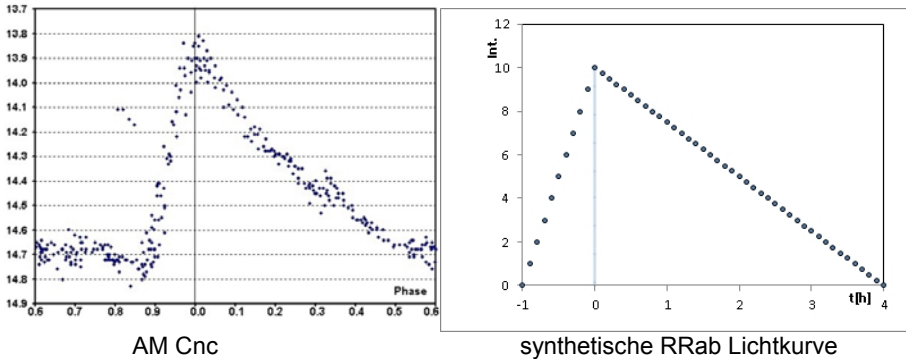


Abbildung 1: Reduzierte Lichtkurve von AM Cnc (links) im Vergleich zu einer synthetischen Lichtkurve des Bereiches rund um das Maximum bei $t[h] = 0$ (rechts)

Bei den inzwischen weit verbreiteten Tabellenkalkulationsprogrammen wie EXCEL bieten sich die als Trendlinien in Diagrammen angegebenen Ausgleichskurven an, um die Zeitpunkte der Maxima von R Rab-Sternen zu bestimmen. Grundsätzlich geeignet sind das gleitende Mittel und der Polynomfit, die im Folgenden im Detail betrachtet werden. Alternativ können natürlich spezielle Programme wie z.B. Peranso (<http://www.peranso.com/>) verwendet werden, auf die in diesem Beitrag aber nicht näher eingegangen werden soll.

Gleitende Dreier-Mittel und Fünfer-Mittel

Nach der Erstellung der synthetischen Lichtkurve durch Eingabe der (x/y) Wertepaare (-1.0/0.0; -0.9/1.0; -0.8/2.0 etc.) in EXCEL wurden durch Markieren der Datenreihen im Diagramm und der Option „Trendlinie hinzufügen“ gleitende Dreier-Mittel und Fünfer-Mittel erzeugt.

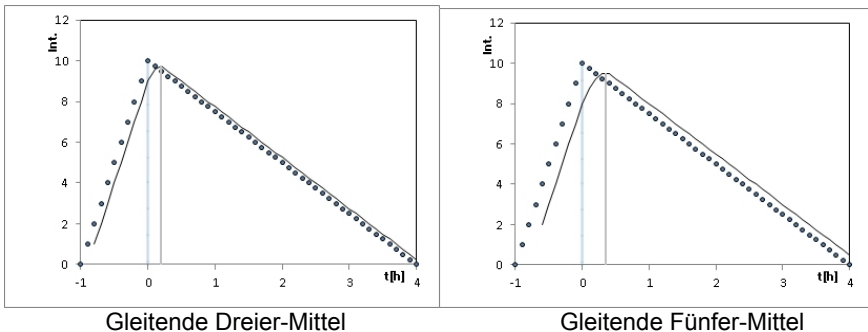


Abbildung 2: Gleitende Dreier-Mittel und Fünfer-Mittel der synthetischen Lichtkurve

Das überraschende Ergebnis ist in Abbildung 2 dargestellt: Die gleitenden Dreier- bzw. Fünfermittel sind gegenüber den einzelnen Datenpunkten offensichtlich deutlich versetzt, möglicherweise ist die Berechnung bei EXCEL 2010 sogar fehlerhaft. Die Abweichung zum hellsten Einzelwert ist mit 12 Minuten (Dreier-Mittel) bzw. 21 Minuten (Fünfer-Mittel) so hoch, dass der mit EXCEL berechnete gleitende Durchschnitt nicht zur Maximabestimmung bei RRab-Sternen geeignet ist.

Polynomfit 3. und 5. Grades

Unter der Trendlinienoption „Polynomisch“ ist der Polynomfit abrufbar, der auf Grund seiner einfachen Handhabung bei der Maximabestimmung häufig verwendet wird. Da der Polynomfit 2. Grades (=quadratische Interpolation) wegen großer zeitlicher Differenzen augenscheinlich ungeeignet ist, wurde der 3. und 5. Grad auf die synthetische Lichtkurve angewandt.

Das Maximum der Trendlinie kann anhand der Lage im Diagramm optisch abgeschätzt werden. Alternativ kann mit dem Aktivieren von „Formel im Diagramm anzeigen“ das Maximum der Trendlinie mit dem sogenannten „EXCEL-Solver“ exakt bestimmt werden. Die letztere und genauere Variante wurde für diesen Beitrag verwendet. In Abbildung 3 sind die Ergebnisse der Polynomfits 3. und 5. Grades dargestellt.

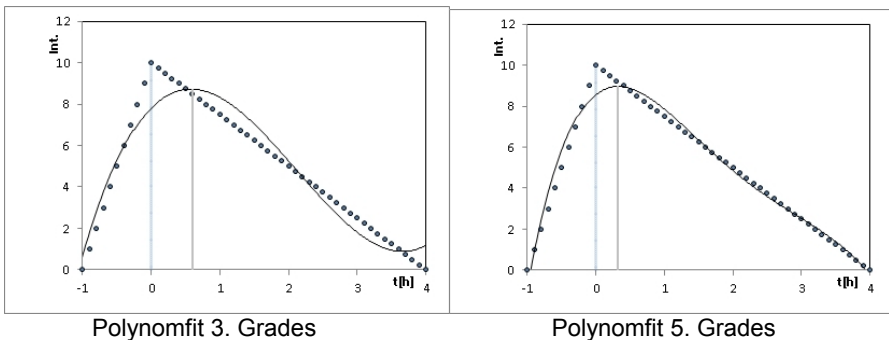


Abbildung 3: Polynomfit 3. und 5. Grades der synthetischen Lichtkurve

Auch in diesem Fall ist die Abweichung des Polynomfits vom Zeitpunkt der Maximalhelligkeit augenscheinlich beträchtlich und zwar 0,57 h für den Polynomfit 3. Grades und immerhin noch 0,32 h für den Polynomfit 5. Grades. Auch wenn die synthetische Kurve durch die exakte Spitze einen Extremfall darstellt, führt ein Polynomfit 3. bzw. 5. Grades angewandt auf die gesamte Lichtkurve zu großen Abweichungen im Vergleich zu den anderen gängigen Methoden der Maximabestimmung.

Polynomfit 3. und 5. Grades der Beobachtungspunkte nahe des Maximums

Als Lösungsmöglichkeit dieses Problems wird in der Literatur (siehe z.B. Hamsch, 2009) die Verwendung der Beobachtungspunkte nahe des Maximums für den Polynomfit genannt. Das Ergebnis der Verwendung der Punkte mit einer fiktiven Intensität von größer als Acht ist in Abbildung 4 dargestellt. Bereits augenscheinlich zeigt sich, dass das mit den beiden Polynomfits generierten Maxima weitaus näher zum höchsten Einzelwert liegt als bei der Verwendung aller Datenpunkte.

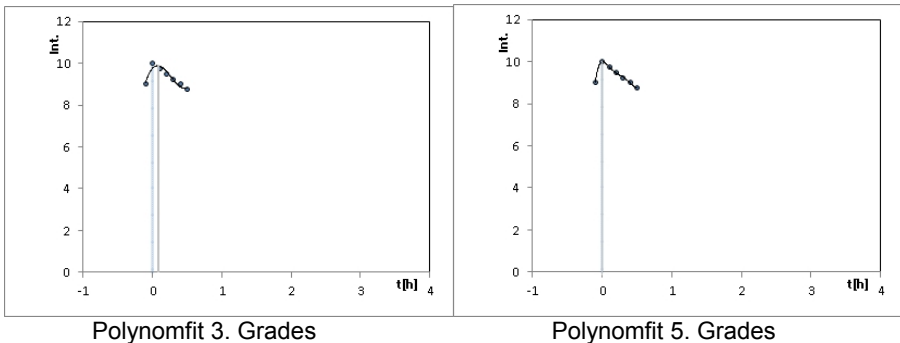


Abbildung 4: Polynomfit 3. und 5. Grades der Punkte nahe des Maximums

Die Zeitdifferenz zum hellsten Einzelwert verringert sich beim Polynomfit 3. Grades auf fast ein Zehntel (0.07 h gegenüber 0.57 h), beim Polynomfit 5. Grades sogar auf (0.008 h gegenüber 0.32 h). Somit sind die Abweichungen des Polynomfits 5. Grades zum hellsten Einzelwert im Bereich von unter 30 Sekunden, was in Abbildung 4 nicht mehr erkennbar und insgesamt vernachlässigbar ist.

Fazit:

Durch die geeignete Wahl von Beobachtungspunkten nahe des Maximum und einem geeigneten Polynomfit höheren Grades können systematische Abweichungen zu anderen Bestimmungsmethoden, wie der Pogson-Methode und der Methode des hellsten Einzelwertes, minimiert werden. Allerdings sollte das Teilstück der Lichtkurve zumindest so lang gewählt werden, dass zufällige Beobachtungsfehler („Scatter“) nicht in der Trendlinie dominierend werden, wofür eine visuelle Durchsicht der Lichtkurven unumgänglich ist.

Durch die Verwendung von Beobachtungspunkten nahe des Maximums für einen Polynomfit ergibt sich eine weitgehende Annäherung an die von primär von Profiastronomen oder auch speziellen Computerprogrammen verwendete Splinefunktion (siehe z.B. Jungbluth, 2007).

Vorsicht ist bei der Verwendung der Maxima von RRab-Sternen aus Datenbanken wie z.B. GEOS geboten, da unterschiedliche, nicht exakt definierte Auswertungsmethoden gängig waren bzw. noch immer sind. Während z.B. vor einigen Jahrzehnten die grafische Pogson-Methode auf Millimeterpapier verbreitet war, wird heutzutage eher der Polynomfit verwendet. Bei automatisierten Auswertungen großer Mengen an Veränderlichen kommt in manchen Fällen der Fourierfit zur Anwendung (siehe etwa

Drake et. al, 2013), was zu nicht unerheblichen Unterschieden zu anderen Methoden führt (Rainer Gröbel, pers. Mitteilung). Möglicherweise kann diese systematische Änderung der Auswertungsmethoden in ungünstigen Einzelfällen sogar zur Vortäuschung langfristiger Periodenänderungen bei RRab-Sternen führen.

Danksagung: Die Autoren danken Herrn Rainer Gröbel herzlich für die fachliche Unterstützung zur Erstellung dieses Artikels.

Referenzen:

- Achterberg, H., 2007, BAV Rundbrief 3, 173
<http://www.bav-astro.de/rb/rb2007-3/173.pdf>
Drake, A. J. et al., 2013, ApJ, 763, 32
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2013ApJ...763...32D>
Gröbel, R., 2012, BAV Rundbrief 3, 163
<http://www.bavdata-astro.de/rb/RB2012-3/163.pdf>
Hamsch, F.-J., 2009, BAV Rundbrief 2, 101
<http://www.bavdata-astro.de/rb/RB2009-2/101.pdf>
Jungbluth, H., 2007, BAV Rundbrief 3, 169
<http://www.bav-astro.de/rb/rb2007-3/169.pdf>
Quester, W., 2003, BAV Rundbrief 3, 130
<http://www.bavdata-astro.de/rb/RB2003-3/seite130.html>

Klaus Bernhard, Kafkaweg 5, A-4030 Linz, Klaus.Bernhard@liwest.at
Stefan Hümmerich, Stiftstr. 4, 56338 Braubach, ernham@rz-online.de