

Informationen gefalteter Lichtkurven

Lienhard Pagel

Lichtkurven entstehen aus vielfältigen Gründen durch Faltung. Dabei wird eine Periode vorgegeben oder gesucht und die Helligkeitswerte werden in der durch die Periode vorgegebenen Phase zu einer Lichtkurve zusammengefügt. Welche Informationen können aus den oft chaotisch aussehenden Primärdaten gewonnen werden?

Der entscheidende Wert ist die Periode. Am einfachsten ist die Situation, wenn eine bekannte Periode kontrolliert wird. Dann wird die Faltung mit dieser Periode probiert und gegebenenfalls die Periode leicht korrigiert. Ist die Periode unsicher oder unbekannt, wird meistens durch Perioden-Suchprogramme ein vorgegebener Bereich von Perioden ausprobiert und das beste Ergebnis zur Anzeige gebracht. Dabei ist das Ergebnis nicht immer eindeutig. Die Ursache dafür liegt in einer meist gewissen Regelmäßigkeit der Beobachtungszeiten. Beispielsweise wird eben nur nachts beobachtet, es fällt die Zeit am Tage für Beobachtungen aus. An Hand eines simplen Beispiels soll die Entstehung einer Scheinperiode erläutert werden.

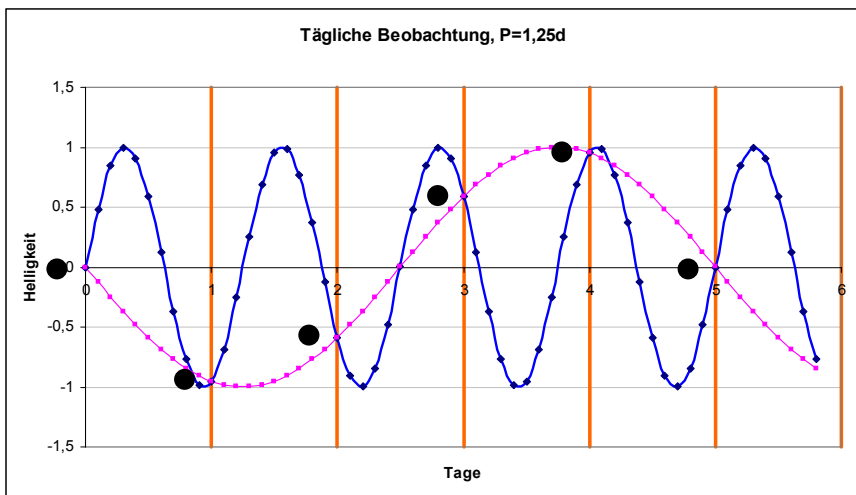


Bild 1: Beispiel einer Periode von 1,25 Tagen

Bild 1 zeigt die sinusförmige Lichtkurve eines Sternes mit einer Periode von $P_1 = 1,15$ Tagen. Wird jeden Tag zur gleichen Zeit eine Helligkeit bestimmt, entsteht eine scheinbare Lichtkurve mit einer Periode von 5 Tagen. In welchem Verhältnis stehen die beide Lichtkurven zueinander? Grundsätzlich haben wir es mit der Überlagerung von 2 Frequenzen zu tun, der Periode des Sterns P_1 und der Periode der täglichen Messung, der Periode P_2 . Oft ist $P_2 = 1$ Tag.

Die Scheinperiode entsteht wie eine Schwebung. Die Schwebungsfrequenzen f_s sind einmal die Differenz beider Perioden und andererseits deren Summe.

$$f_s = f_1 - f_2 \quad \text{scheinbare Periode } P_s = P_1 P_2 / (P_2 - P_1) \quad (1)$$

$$f_s = f_1 + f_2 \quad \text{scheinbare Periode } P_s = P_1 P_2 / (P_2 + P_1) \quad (2)$$

Im Beispiel ergibt sich folgende Periode für den Fall der Differenzfrequenz (1):

$$P_s = 1,25 / (-0,25) \rightarrow P_s = -5 \text{ d}$$

In unserem Beispiel ist die Frequenz oder die Periode negativ, was sich durch die Phasenverschiebung von 180 Grad ausdrückt.

Andererseits kann die 5d-Lichtkurve auch über die Summenfrequenz ausgedrückt werden. Dafür ergibt sich eine Periode von 0,554712d (2). Bild 2 zeigt, wie die 5d Kurve aus der 0,554712-Kurve durch periodische Messung entsteht.

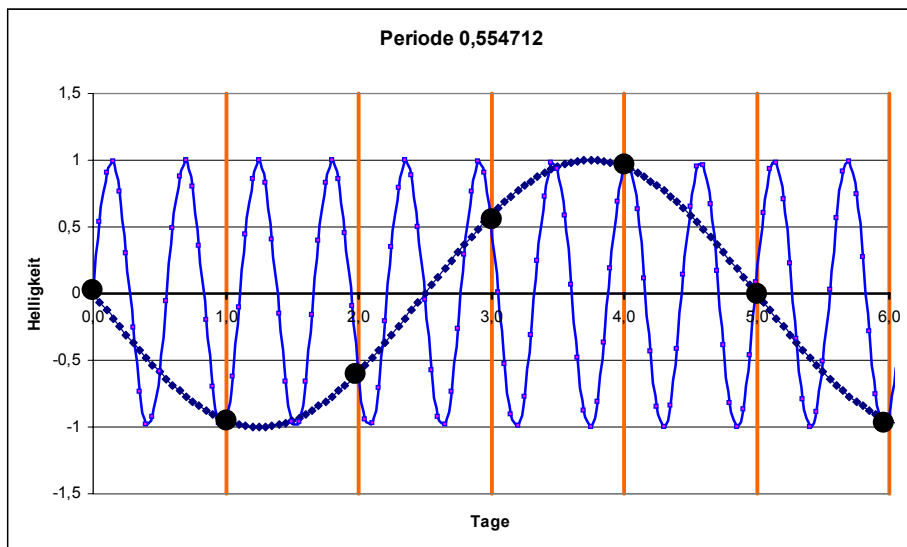


Bild 2: Verhältnisse für die Summenfrequenz

In der Praxis erfolgen die Messungen meist nicht streng periodisch, so dass die Lichtkurve mit der Scheinperiode eine größere Streuung aufweist. Anders liegen die Verhältnisse, wenn beispielsweise ein Stern immer im Meridian beobachtet, dann ist P_2 der siderische Tag.

An Hand von ASAS-Messungen [1] an U Aql sollen diese Mehrdeutigkeiten demonstriert werden. Bild 3 zeigt die Originaldaten und die gefaltete Lichtkurve.

Die Periode wird mit 7,02298d ermittelt. Wir erwarten nun Scheinperioden bei

$$P_s = -1,16603 \text{ für die Differenzfrequenz nach (1) zu } f_1=1\text{d und}$$

$$P_s = 0,87358 \text{ für die Summenfrequenz nach (2).}$$

Eine Periodensuche in Bereich um 1,16d ergibt eine Scheinperiode von 1,1623d. Bild 4 zeigt das Ergebnis. Das passt nicht so recht zur Vorhersage. Nehmen wir allerdings den siderischen Tag für P_2 , erhalten wir:

$P_s = -1,162322$ für die Differenzfrequenz zu $f_2=0,99727083d$ und
 $P_s = 0,873266$ für die Summenfrequenz.

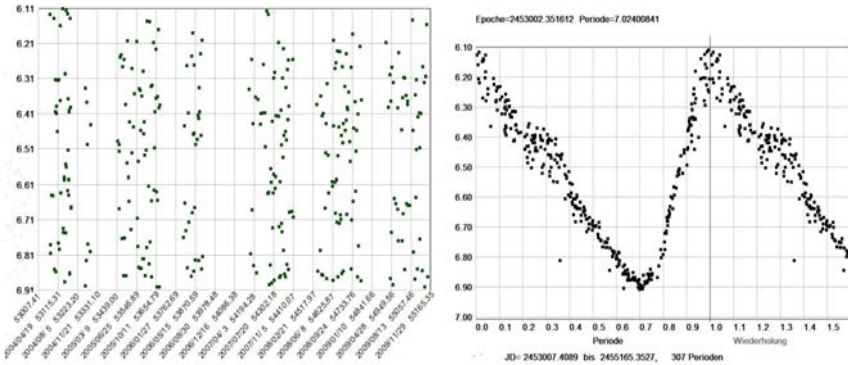


Bild 3: Links, die Darstellung der ASAS-Messwerte von U Aql in zeitlicher Reihenfolge und rechts die gefaltete Lichtkurve mit der Periode 7,02298d.

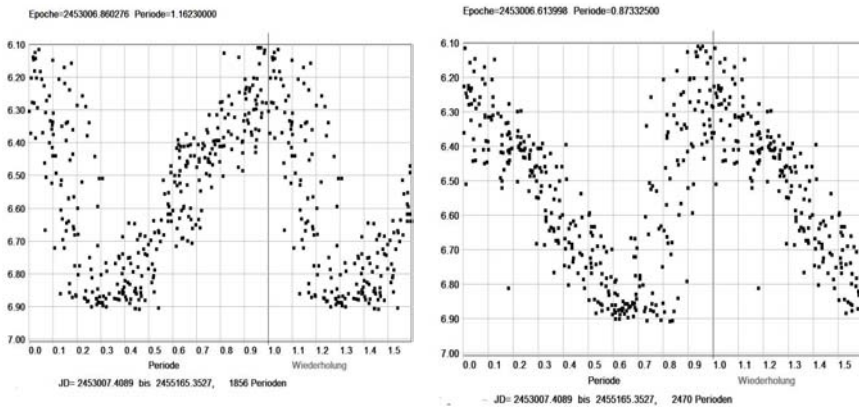


Bild 4: Lichtkurven bei den Scheinperioden links 1,1623d und rechts 0,873325

Mit dem siderischen Tag passen die Scheinperioden besser, was den Schluss zulässt, dass wohl zu Beginn der Beobachtungsperiode eher morgens und später eher zu Beginn der Nacht beobachtet wurde. Ganz nebenbei ist Interessant, dass bei der ersten Scheinperiode in Bild 4 die Lichtkurve „rückwärts“ abgetastet wird, sie erscheint gespiegelt, deshalb auch die negative Periode.

Im Bild 3 links ist noch eine jährliche Periodizität zu erkennen. Auch dies kann eine Ursache für Scheinperioden sein. In unserem Beispiel liegt eine dieser Scheinperioden bei 7,160664d und ist in diesem Falle recht schwach (siehe Bild 5).

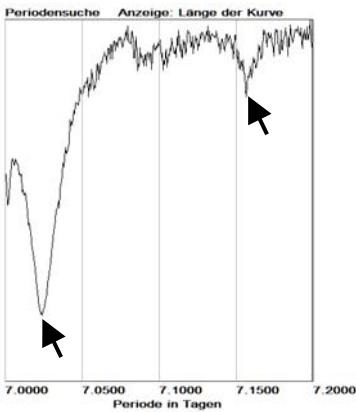


Bild 5a: Ausschnitt aus der Periodensuche in der Nähe der Periode 7,02298.

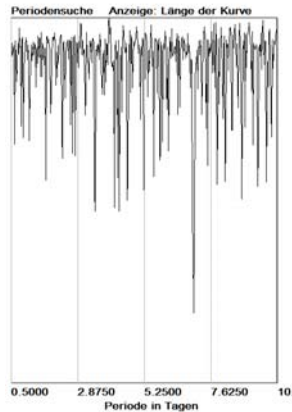


Bild 5b: Ergebnis der Periodensuche von 0,5 d bis 10d

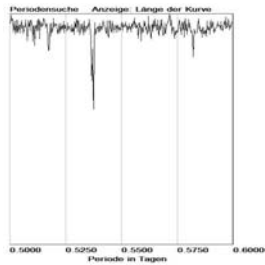
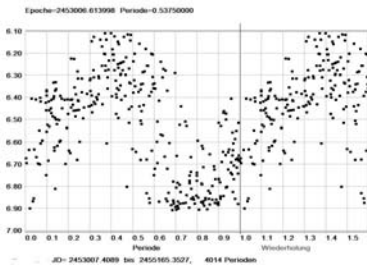


Bild 6: Scheinperiode bei 0,53750 , rechts der Peak bei der Periodensuche.

Die Periodensuch-Programm findet allerdings noch sehr viel mehr Scheinperioden. Bild 6 zeigt ein Beispiel einer Periode von 0,53750d, diese ist recht prägnant. Diese Scheinperiode ergibt sich, wenn die Scheinperiode von 1,16232 als Periode P_1 genommen wird und davon die Scheinperiode für die Summenfrequenz berechnet wird. Dann erhalten wir eine Scheinperiode von der Scheinperiode von 0,536745d. Diese Betrachtung lässt ahnen, wie komplex das Ergebnis der Periodensuche ausfallen kann (siehe Bild 5b). Grundsätzlich werden Mehrfache einer Periode ebenfalls als Periode gefunden. Bei Bedeckungsveränderlichen wird oft auch zusätzlich die halbe Periode gefunden, was das Ergebnis nicht einfacher macht.

Manchmal ist es tatsächlich schwierig, die richtige Periode zu bestimmen. Wer sagt uns, dass im Falle U Aql nicht 1,162322d die richtige Periode ist und 7,02298 eine Scheinperiode ist? Es ist sehr oft die Plausibilität oder eine eingehende Analyse der Scheinperioden. Bei Veränderlichen mit stark variierender Lichtkurve ist das fast immer problematisch. Das können Lichtkurven mit Blazhko-Effekt sein oder

Lichtkurven mit starker Streuung der Messwerte. Da helfen oft nur zusätzliche eigene Beobachtungen.

Wie können die gefalteten Lichtkurven im (B-R)-Diagramm dargestellt werden? Die Informationen, aus denen die Lichtkurve zusammengesetzt wird, stammen vom gesamten Beobachtungszeitraum (siehe Bild 3). Im Beispiel U Aql von JD= 53007 bis 55165. Es wäre nicht korrekt, jedem Punkt eine Lichtkurve oder einer Auswahl von Punkten, beispielsweise den Messpunkten im Maximum, die Lichtkurve zu zuordnen. Auch ohne die Punkte im Maximum kann das Maximum recht präzise bestimmt werden.

Die Aussage der gefalteten Lichtkurve ist die, dass in einem durch die Messungen vorgegeben Zeitraum ΔT eine Periode P mit einem bestimmten Fehler ΔP existiert. Das setzt allerdings voraus, dass die Messwerte einigermaßen gleichmäßig über ΔT verteilt sind. Der Fehler der Periodenbestimmung kann einfach durch Variation der Periode in kleinen Schritte und der Beurteilung der Lichtkurve erfolgen.

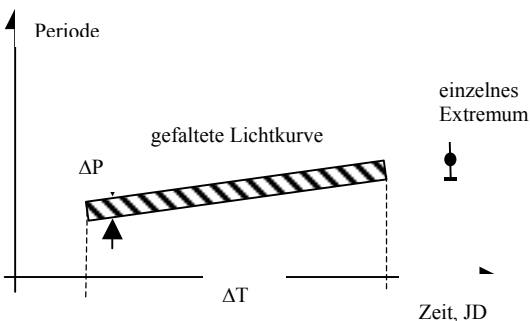


Bild 7. Darstellung einer gefalteten Lichtkurve in einem B-R-Diagramm

Genau so sollte es auch im (B-R)-Diagramm dargestellt werden. Bild 7 zeigt das schematisch. Der Balken repräsentiert die gefaltete Lichtkurve, rechts daneben ist zum Vergleich ein einzelnes Extremum dargestellt, das ohne Faltung gewonnen wurde.

Für die Berechnungen, die Periodensuche und die Darstellung der Bilder wurde das Programm Starcurve des Autors verwendet.

Quelle:

- [1] ASAS The All Sky Automated Survey
<http://www.astrow.edu.pl/asas/?page=download>

Lienhard Pagel, Mecklenburger Str. 87, 18311 Klockenhagen,
lienhard.pagel(at)t-online.de