

## Was uns (B-R)-Diagramme über Bedeckungsveränderliche sagen

Frank Walter

Die folgenden Aussagen sind zum großen Teil der am Ende angegebenen Literatur entnommen. Interessierte Leser finden dort weiterführende Details. Die Aussagen gelten für Beckungsveränderliche. Sie lassen sich jedoch in vielen Punkten auf andere Typen von Veränderlichen übertragen. Die aufgeführten Beispiele für (B-R)-Kurven sind alle der Lichtenknecker-DB (LKDB) entnommen. Die Kurvengrafiken habe ich mit Excel-Diagrammen und nicht mit der Originaldarstellung der LKDB erzeugt.

### Das (B-R)-Diagramm

Das (B-R)-Diagramm geht von bestimmten Elementen eines Veränderlichen aus. Fast immer handelt es sich um die linearen Elemente  $E_0$  (Anfangsepoche für ein Minimum, bei Bedeckungsveränderlichen ist es in der Regel das Hauptminimum) und  $P$  (Periode). Daraus ergeben sich berechnete Werte (R-Werte) für Minima der Folgeepochen

$$E_n = E_0 + n \cdot P$$

Den R-Werten stehen die durch Beobachtungen festgestellten Zeitpunkte für Minima gegenüber (B-Werte). Die Differenz (B-R) ist meist ungleich Null, was hauptsächlich an der Ungenauigkeit der Schätzung bzw. Messung der B-Werte und an der Ungenauigkeit der aus früheren Minima berechneten Werte  $E_0$  und  $P$  liegt. Im (B-R)-Diagramm stellt man die (B-R)-Werte als Funktion der Zeit oder der Epochenzahl  $n$  dar. Datensammlungen für Bedeckungsveränderliche, wie z.B. LKDB zeigen nicht nur Listen der Minimazeitpunkte sondern meist auch die auf gegebene Elemente bezogenen (B-R)-Diagramme.

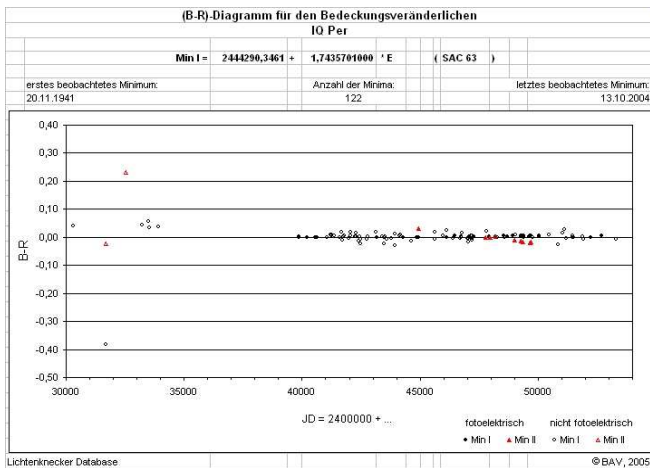


Abb. 1: (B-R)-Diagramm IQ Per

Abb. 1 zeigt als Beispiel aus der LKDB das (B-R)-Diagramm für den BAV Programmstern IQ Per. Abgesehen von zwei unsicheren Ergebnissen, gewonnen aus Plattenschätzungen erkennen wir eine kleine Streuung um die Nulllinie. Die Elemente können also als zuverlässig und über die letzten 60 Jahre als konstant angesehen werden.

Bei der LKDB ist es üblich, die Phase des Nebenminimums mit 0,5 anzunehmen sowie die (B-R)-Werte für Haupt- und Nebenminima durch unterschiedliche Symbole (Kreis bzw. Dreieck) darzustellen. Abb. 1 zeigt, dass die (B-R)-Werte der Nebenminima im Rahmen der gegebenen Genauigkeit nahe bei den Werten der Hauptminima liegen. Die Annahme, dass die Phase des Nebenminimums bei 0,5 liegt, ist im Falle IQ Per also richtig.

### Falsche Elemente

Anhand eines (B-R)-Diagramms bemerkt man sehr schnell, wenn die zugrundeliegenden Elemente falsch sind. Falsche Werte für  $E_0$  zeigen sich in einer Geraden parallel zur Nulllinie, falsche Werte für  $P$  in einer steigenden Geraden ( $P$  ist zu klein) oder einer fallenden Geraden ( $P$  ist zu groß). Solche Fälle werden bei nicht zu langen Perioden relativ rasch erkannt und führen zu korrigierten Elementen.

### Regelmäßige Veränderungen

(B-R)-Diagramme von Bedeckungsveränderlichen zeigen oft ein ähnliches Bild, wie in Abb. 2..

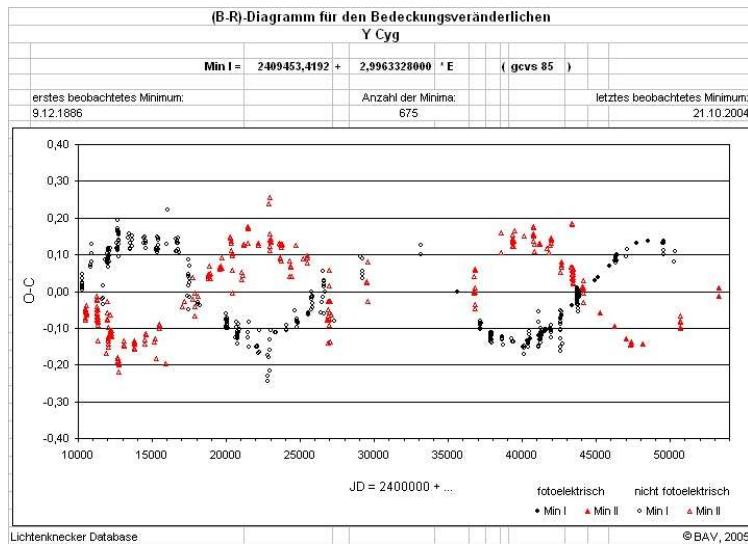


Abb. 2: Periodische Änderung (B-R), Drehung der Apsidenlinie

Die (B-R)-Kurven für Hauptminimum (Symbol Kreis) und Nebenminimum (Symbol Dreieck) sind sinusförmig und gegeneinander um eine halbe Wellenlänge verschoben. Diese Kurvenform kennzeichnet ein Bedeckungssystem mit Drehung der Apsidenlinie. Die Wellenlänge gibt die Dauer eines vollständigen Umlaufs der Apsidenlinie an. Im Falle des BAV Programmsterns Y Cyg sind das ca. 50 Jahre. Die Verschiebung der Kurven für Haupt- und Nebenminimum gegeneinander macht deutlich, dass die Phase des Nebenminimums alle Werte zwischen 0 und 1 annimmt, und das ist ja eine wesentliche Auswirkung der Apsidendrehung.

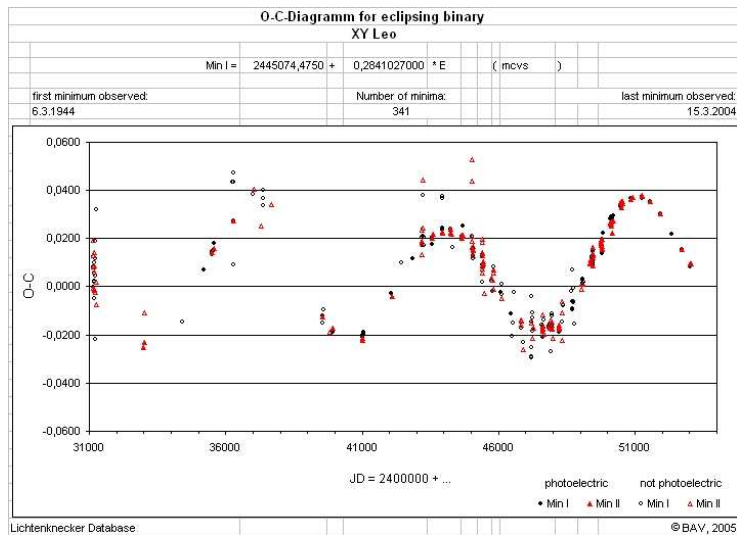


Abb. 3: Periodische Änderung (B-R), Lichtzeiteffekt

Das Bild einer sinusförmigen (B-R)-Kurve zeigt auch der Stern XY Leo in Abb. 3. Die Kurven für Haupt- und Nebenminimum sind jedoch nicht verschoben, die Phase des Nebenminimums liegt also bei 0,5. Das Bild lässt sich so interpretieren, dass hier ein dritter Körper im Spiel ist. Mit ihm bewegt sich das bedeckende Doppelsternpaar um einen gemeinsamen Schwerpunkt, es ist uns mal näher, mal ferner. Die regelmäßige Verkürzung bzw. Verlängerung der Periode beruht auf der Lichtzeit durch die Bahn des Bedeckungssystems um den dritten Körper. Aus der Kurve kann man eine ungefähre Umlaufzeit von 20 Jahren ablesen.

### Scheinbare Unstetigkeiten

Der Betrachter von (B-R)-Diagrammen in der LKDB wird in vielen Fällen einen sägezahnähnlichen Kurvenverlauf feststellen, was auf den ersten Blick so aussieht, als hätte sich die Periode von einer Epoche zur nächsten sprunghaft verändert, und als hätten sich Haupt- und Nebenminimum vertauscht. (Auch in der GEOS-Database weisen viele (B-R)-Diagramme, die aus den Maximumzeitpunkten von RR-Lyr-Sternen berechneten sind, solche Sprünge auf).

Die folgende Abb. 4 zeigt das (B-R)-Diagramm der LKDB für den Programmstern SW Lac. Der (B-R)-Wert springt drei Mal um eine halbe Periodenlänge.

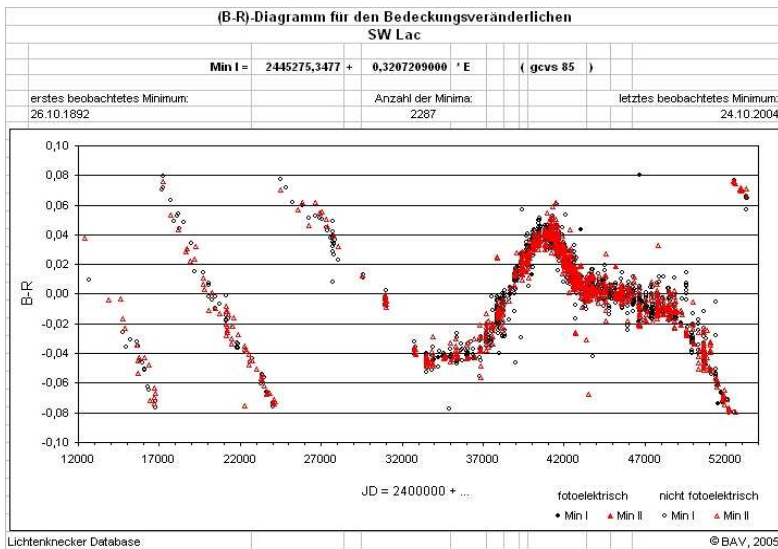


Abb. 4: Scheinbare Sprünge der (B-R)-Werte

Der wahre Grund für solche Unstetigkeiten sind nicht abrupte Periodenwechsel sondern der Algorithmus im Programm zur Darstellung des (B-R)-Diagramms. Er arbeitet

so, dass bei einem Wert  $-\frac{P}{4} > (B-R) > +\frac{P}{4}$  je nach Vorzeichen der festge-

stellte B-Wert um  $\frac{P}{2}$  erhöht bzw. vermindert wird. Der so neu berechnete (B-R)-

Wert wird dann auf das nächste Neben- bzw. Hauptminimum bezogen. Der Algorith-

mus lässt also (B-R)-Werte mit  $|B-R| > \frac{P}{4}$  nicht zu. Beseitigt man diese Ein-

schränkung und lässt beliebige (B-R)-Werte zu - auch solche, die eine oder mehrere Periodenlängen überschreiten - dann ergibt sich für den Stern SW Lac im Zeitraum von mehr als 100 Jahren eine stetige (B-R)-Kurve (siehe Abb. 5).

Die Kurve verläuft in ihrem ersten Teil parabolisch, was auf einen Massenaustausch zwischen den beiden Komponenten des Bedeckungssystems hindeutet. Unregelmäßige Kurvenformen wie in Abb. 5 sind keine Seltenheit. Ihre Interpretation, d.h. die Ermittlung der physikalischen Ursachen ist schwierig, oft noch ungelöst. In vielen Fällen überlagern sich mehrere Effekte wie Massenaustausch, Lichtzeit bei mehr als zwei Komponenten, Apsidendrehung oder Lichtwechsel einer der beteiligten Komponenten.

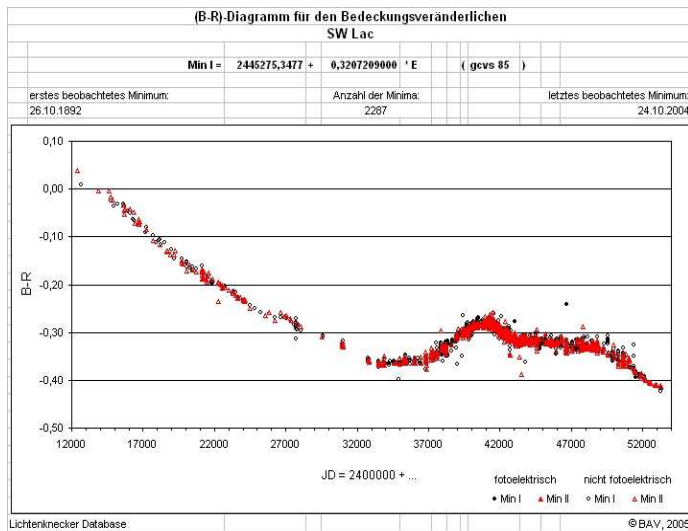


Abb. 5: Stetiger Verlauf der (B-R) Werte

Die weitere Verfolgung der Minimumzeiten für Bedeckungsveränderliche mit laufend sich ändernden (B-R)-Werten ist eine lohnende Aufgabe. Sie fordert Geduld, denn die (B-R)-Kurven lassen sich oft erst nach langen Zeitabschnitten vollständig erklären. Hier zeigt sich der große Wert unserer LKDB. Der aktive Beobachter, der viele Minima aufnehmen will, geht gerne von instantanen Elementen aus, die eine möglichst genaue Vorhersage der Minimumzeitpunkte erlauben. Er bestätigt dann mit seiner Beobachtung die Vorhersage und wendet sich dem nächsten Stern zu. So werden Ephemeridenlisten der Reihe nach „abgehakt“. Diese Praxis führt dazu, dass laufend „verbesserten“ Elementen veröffentlicht werden. Nach ihnen verhält sich ein Veränderlicher immer „normal“, d.h. sein Minimum erscheint zum vorhergesagten Zeitpunkt. Der Beobachter verliert aus den Augen, was wirklich interessant ist: Die „Veränderung der Veränderung“. Aus ihr lassen sich wichtige physikalische Eigenschaften des Bedeckungssystems und seine Entwicklung ableiten. Sie erschließt sich einem jedoch erst dann, wenn man die (B-R)-Werte langfristig betrachtet.

#### Literatur:

- [1] Hübscher, Braune, Fernandes, Broemme: Einführung in die visuelle Beobachtung Veränderlicher Sterne; BAV Berlin, 1983
- [2] Hoffmeister, Richter, Wenzel: Veränderliche Sterne; Leipzig, 1990
- [3] Wischniewski: Astronomie in Theorie und Praxis; Kaltenkirchen, 2004

Frank Walter, Denninger Str. 217, 81927 München, 0 89 - 9 30 27 38  
[walterfrk@aol.com](mailto:walterfrk@aol.com)