

Werk

Titel: Das Cephei-Problem

Autor: Guthnick , P.

Ort: Berlin

Jahr: 1918

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0006 | LOG_0432

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Sechster Jahrgang.

6. Dezember 1918.

Heft 49.

Das δ Cephei-Problem.

Von Prof. Dr. P. Guthnick, Berlin-Babelsberg.

Die auf der hiesigen Sternwarte angestellten lichtelektrischen Untersuchungen — der erste Teil des Berichtes darüber ist 1914 erschienen, der zweite¹⁾ Anfang 1918 vollendet worden — sind hauptsächlich dem Problem der Veränderlichen vom δ Cephei-Typus und Verwandten gewidmet. Das Problem, dessen Bedeutung weit über die Grenzen seines Spezialgebietes hinausreicht, kann kurz wie folgt ausgesprochen werden: *Ist der Lichtwechsel der genannten Veränderlichen (zu denen im weiteren Sinne die Veränderlichen vom Mira-, R Sagittae- und vielleicht auch vom U Geminorum-Typus zu rechnen sein werden) auf die Einwirkung eines nahen Begleiters zurückzuführen, oder wird er allein durch innere Vorgänge in diesen Veränderlichen erzeugt?*

Schon in den beiden ältesten Theorien der physischen Veränderlichen, der Klinkerfußschen Gezeitentheorie und der Zöllnerschen, sehr primitiven Fleckentheorie, sind die beiden entgegengesetzten Standpunkte vertreten. Die Frage schien zugunsten der Klinkerfuß-Wilsingschen oder einer ähnlichen Anschauung, d. h. zugunsten der Doppelstern-Annahme entschieden, als es *Belopolsky* 1894 gelang, im Spektrum von δ Cephei mit der Periode des Lichtwechsels verlaufende *Linienverschiebungen* nachzuweisen, die sich durch die Annahme einer elliptischen Bahnbewegung darstellen ließen. Nach und nach sind solche dem Lichtwechsel parallel verlaufenden, periodischen Linienverschiebungen auch bei den anderen helleren δ Cephei-Sternen und Verwandten festgestellt worden. Allein, statt daß die Sachlage dadurch geklärt wurde, gestaltete sie sich im Gegenteil immer rätselhafter. Zunächst ist der merkwürdige Umstand zu erwähnen, daß in keinem einzigen Falle die zweite (schwächere) Komponente des Systems durch ihre Linien im Spektrum sich sicher nachweisen ließ, was bei anderen spektroskopischen Doppelsternen doch häufig genug möglich gewesen ist²⁾. Vor allem aber wollte es durchaus nicht gelingen, auf Grund der Dop-

pelstern-Annahme einen zwangsläufigen Mechanismus zu ersinnen, der allen beobachteten Erscheinungen, den Helligkeitsschwankungen einerseits und den veränderlichen Linienverschiebungen und sonstigen spektralen Vorgängen andererseits, gerecht wurde. Eine Zeitlang zwar schien dies Ziel in erreichbare Nähe gerückt, als nämlich *S. Albrecht* ein allgemeines, den δ Cephei-Lichtwechsel beherrschendes Gesetz gefunden zu haben glaubte. Es sagt aus, daß das Helligkeitsmaximum ungefähr mit dem Zeitpunkt der schnellsten Annäherung der helleren, im Spektrum allein sichtbaren Komponente des Systems zusammenfalle, d. h. mit dem negativen Maximum der Radialgeschwindigkeit derselben, das Helligkeitsminimum mit der schnellsten Entfernung, d. h. mit dem positiven Maximum der Radialgeschwindigkeit, zusammenfalle. Auf diese Gesetzmäßigkeit wurde von *Curtiss* und von *Loud* eine Theorie des Lichtwechsels aufgebaut, deren Gedankengang in korrekter Form kurz folgender ist: Das System des Veränderlichen ist in ein widerstehendes Mittel eingehüllt, das die Komponenten auf der — relativ zur Bewegungsrichtung — vorderen Seite erhitzt, so daß diese stärker leuchtet als die hintere Seite. Der Beitrag der helleren Komponente zum Lichtwechsel ist der bei weitem überwiegende. Damit nicht gewisse Schwierigkeiten physikalischer Natur sich erheben, muß die Rotationszeit gleich der Umlaufzeit in der Bahn angenommen werden, was auch aus mechanischen Gründen das wahrscheinlichste ist³⁾. (Statt einer Erhitzung nimmt *Duncan* Verdrängung der Atmosphäre von der Vorderseite infolge des Widerstandes an. Besonders die letztere Vorstellung würde manche der photometrischen und spektralen Erscheinungen recht gut erklären, wenn die Albrechtsche Regel einen allgemeingültigen Charakter besäße.) In Wirklichkeit haben aber spätere, auf vollkommenerem Tatsachenmaterial beruhende Untersuchungen ergeben, daß die Zeiten der Maxima und Minima der Helligkeit in der Regel merklich vor der Zeit der schnellsten Annäherung bzw. Entfernung der helleren Komponente eintreten, in einzelnen Fällen auch beträchtlich nach diesen Zeiten. Im ersten Falle gehen die Abweichungen der Länge in der Bahn bis zu mehr als 60%, im

¹⁾ *P. Guthnick und R. Prager*, Photoelektrische Untersuchungen an spektroskopischen Doppelsternen und an Planeten. II. Veröff. der Kgl. Sternwarte zu Berlin-Babelsberg, Bd. II, Heft 3. Berlin, Ferd. Dümmler, 1918. VI, 164 S., 17 Tafeln.

²⁾ Man nimmt an, daß die zweite Komponente nicht mehr als höchstens 2 Größenklassen schwächer sein darf als die hellere, um noch durch ihre Linien im Spektrum nachweisbar zu sein.

³⁾ Diese Annahme hat, nebenbei bemerkt, zur Folge, daß jede der beiden Komponenten bei kreisförmiger Bahn unverrückt im Zenit eines festen Punktes der Oberfläche der anderen steht, bei elliptischer Bahn dagegen periodisch um das Zenit dieses Punktes pendelt, wobei gleichzeitig der Abstand der beiden stets einander zugekehrten Oberflächengebiete periodisch um einen Mittelwert schwankt.

zweiten bis zu mehr als 70°. Auch der lichtelektrisch entdeckte δ Cephei-Veränderliche β Cephei bestätigt die Regel nicht. Mit derselben stehen und fallen aber auch die erwähnten Theorien, abgesehen von anderen Schwierigkeiten, die sich bei näherer Überlegung ergeben hatten.

Nöch zwei mit der Doppelstern-Annahme wesentlich zusammenhängende Punkte sind zu erwähnen. Vergleicht man bei den gewöhnlichen spektroskopischen Doppelsternen, deren Bahnelemente hinreichend genau bekannt sind, die *Bahnexzentrizität* mit der Umlaufzeit, so findet man, daß im großen ganzen die Exzentrizität mit wachsender Umlaufzeit zunimmt; für die ganz kurzen Umlaufzeiten ist die Exzentrizität in der Regel verschwindend klein. Da im allgemeinen mit kurzer Umlaufzeit geringer Abstand der Komponenten verbunden sein wird, so war diese Beziehung a priori zu erwarten. Ihr ordnen sich jedoch die δ Cephei-Sterne keineswegs ein. Die Bahnexzentrizität dieser Sterne ist durchschnittlich um das Vielfache größer als die der gewöhnlichen spektroskopischen Doppelsterne gleicher Umlaufzeit, und ein Anwachsen der Exzentrizität mit der Periodenlänge findet nicht statt. Der zweite Punkt betrifft die

Massenfunktion $f(m_1, m_2) = \frac{m_2^3 \sin^3 i}{(m_1 + m_2)^2}$, die eine

aus den Radialgeschwindigkeiten abzuleitende Beziehung zwischen den Massen m_1 und m_2 der beiden Komponenten darstellt. Unter i ist das Komplement der Neigung der Bahnebene gegen die Gesichtslinie zu verstehen. Während der in *Einheiten der Sonnenmasse* ausgedrückte Wert der Massenfunktion bei den gewöhnlichen spektroskopischen Doppelsternen mit wenigen Ausnahmen zwischen den Grenzen 0,01 und 1 liegt, ist er bei allen bisher untersuchten δ Cephei-Sternen kleiner als 0,01 und im Durchschnitt nur einige Tausendstel. Da es aus verschiedenen Gründen nicht wahrscheinlich ist, daß i für die δ Cephei-Sterne im Durchschnitt kleiner ist als für die gewöhnlichen spektroskopischen Doppelsterne, so bedeutet die Kleinheit der Massenfunktion, daß bei den δ Cephei-Sternen die Masse m_2 der schwächeren (im Spektrum unsichtbaren) Komponente klein im Verhältnis zur Masse m_1 der helleren Komponente sein muß. Nun läge es ja nahe, anzunehmen, daß große Exzentrizität der Bahn bei kurzer Umlaufzeit, d. h. geringem Abstand der Komponenten, das Zustandekommen eines δ Cephei-Lichtwechsels begünstige. Aber weshalb ist dann nicht in allen, oder mit Rücksicht auf die Neigung i , wenigstens in viel zahlreicheren Fällen beträchtlicher Exzentrizität bei kurzer Umlaufzeit ein solcher Lichtwechsel vorhanden? Welche Rolle spielt dabei das Massenverhältnis $m_2 : m_1$?

Die aus der Doppelstern-Annahme entspringenden Schwierigkeiten bewirkten, daß in den letzten Jahren mehr und mehr die Neigung sich geltend machte, diese Annahme bezüglich der

δ Cephei- und verwandten Sterne zu verlassen und eine andere Erklärung zu versuchen. Die *neue Hypothese*, die in klarer und bestimmter Weise zuerst von *Shapley* formuliert worden ist, geht von der theoretisch begründeten Möglichkeit aus, daß die *Masse eines gasförmigen Himmelskörpers Schwingungen (Pulsationen) vollführt*, deren Hauptglied praktisch unbegrenzte Zeit bestehen kann, ohne von den Reibungswiderständen vernichtet zu werden. Den ursprünglichen Anlaß zu solchen Schwingungen muß eine gewaltsame Störung des Gleichgewichtes gebildet haben. Die Periode einer jeden der möglichen Schwingungen hängt unter gewissen Voraussetzungen nur von der Dichte der Gaskugel, nicht von ihrer Masse, ab; sie ist umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Dichte. Die Hauptschwingung, d. h. die der längsten Periode und größten Amplitude, ist die aus einer Deformation nach der Oberflächenkugelfunktion 2. Ordnung entspringende. Die Hauptschwingungsdauer einer „polytropen“ Gaskugel von der mittleren Dichte der Sonne beträgt sehr nahe 2 Stunden. Diese Betrachtungen gelten jedoch nur für sehr kleine Schwingungsamplituden¹⁾.

Die bei den δ Cephei-Sternen beobachteten periodischen *Linienverschiebungen* wären danach als *Dopplereffekte* auf die *Schwingungen* der Oberfläche des Veränderlichen zurückzuführen, wenn man nicht Druckeffekte oder andere noch unbekannte Effekte von einem Betrage annehmen will, wie sie sonst noch nicht beobachtet worden und ganz unwahrscheinlich sind. Der *Lichtwechsel* wird nach der Vorstellung *Shapleys* dadurch erzeugt, daß die *Photosphäre* des Sternes periodisch von heißen Massen aus dem Innern durchbrochen wird.

Die Pulsationstheorie ist ohne Zweifel sehr bestrickend und anregend. Einige der bisher mehr oder weniger rätselhaft gebliebenen, an den δ Cephei-Sternen beobachteten Tatsachen, z. B. das Fehlen der zweiten Komponente im Spektrum, vermag sie zwanglos zu erklären. Dafür entstehen aber bei näherer Überlegung neue große Schwierigkeiten, die kaum zu beseitigen sein werden. Die Anwendung der Pulsationstheorie auf die δ Cephei-Sterne verlangt zunächst an Stelle der von der Theorie betrachteten sehr kleinen Massenverschiebungen riesengroße Schwingungsamplituden; um die beobachteten Schwankungen der Radialgeschwindigkeiten zu erklären; ferner Schwankungen der gesamten ausgestrahlten Energie von 100 % und mehr, die in vielen Fällen sich in Zeiträumen von wenigen Stunden — die Perioden der δ Cephei-Sterne gehen herab bis zu $3\frac{1}{4}$ Stunden — abspielen sollen, und in Massen, die doch wohl von der Größenordnung der Sonnenmasse sind. Diese Schwankungen sollen bei manchen dieser Sterne durch längere Zeiträume hindurch mit fast absoluter Regelmäßigkeit vor sich gehen. Periodische Temperaturschwankungen von dieser

¹⁾ *Emden, Gaskugeln.*

Schnelligkeit und dem erforderlichen Betrage (1000° und mehr) können nur als sehr unwahrscheinlich angesehen werden, allgemeine Absorptionsschwankungen in den Sternatmosphären, die den gleichen Effekt erzielen, kaum minder.

Kurz vor der Aufstellung der Pulsationstheorie, im Winter 1913—14, war nach Erprobung der lichtelektrischen Methode an einem besonders geeigneten Prüfungsobjekt von uns beschlossen worden, das δ Cephei-Problem von einer anderen Seite als bislang anzufassen. Der nach und nach sich herauskristallisierende leitende Gedanke war der: Sind die δ Cephei-Sterne und Verwandten enge Doppelsternsysteme mit einer der Lichtwechselperiode gleichen Umlaufs- und Rotationszeit, so müssen, weil nicht alle spektroskopischen Doppelsterne mit nicht zu langer Periode Veränderliche vom δ Cephei-Typus sind, *besondere*, das Auftreten des Lichtwechsels *begünstigende* Umstände vorliegen.

Das schließt aber nicht aus, daß auch bei den gewöhnlichen spektroskopischen Doppelsternen kurzer Periode *Spuren eines mit dem Umlauf in der Bahn synchronen Lichtwechsels* vorhanden sind, die nur wegen ihrer Geringfügigkeit und der verhältnismäßig geringen Genauigkeit der älteren astrophotometrischen Methoden *bisher der Wahrnehmung sich entziehen konnten*.

Wären insbesondere solche Helligkeitsschwankungen an denjenigen spektroskopischen Doppelsternen nachweisbar, in deren Spektren die Linien der zweiten Komponente zweifellos sichtbar sind, und verrieten sie überdies vielleicht noch einen merklichen Einfluß der zweiten Komponente auf die Lichtkurve, so müßte dies ein schwerwichtiges Argument zugunsten der Doppelstern-Natur der δ Cephei-Sterne bilden. Weitere Kriterien könnte ferner die Auffindung solcher Fälle liefern, in denen augenscheinlich ein δ Cephei-Lichtwechsel mit einem echten Bedeckungslichtwechsel (Algol) vermischt auftritt, da der letztere naturgemäß ein Doppelsternsystem zur Voraussetzung hat.

Bereits in dem ersten Teil unserer Untersuchungen konnten wir es wahrscheinlich machen, daß mit spektroskopischer Duplizität — vorsichtiger ausgedrückt, mit periodischen Linienverschiebungen — in der Regel kontinuierliche Helligkeitsschwankungen verbunden sind, die in der gleichen Periode wie die Linienverschiebungen verlaufen. Unter den aufgefundenen Fällen waren einige, deren Doppelstern-Natur in Anbetracht des zusammengesetzten Charakters des Spektrums nicht wohl angezweifelt werden kann, auch wenn man periodische Schwankungen der Spektrallinien in einem scheinbar einfachen (nicht offensichtlich aus zwei übereinander gelagerten Komponenten bestehenden) Spektrum für einen hinreichenden Beweis der Duplizität nicht gelten lassen will. Weitere Fälle, in denen an-

scheinend δ Cephei- und Bedeckungslichtwechsel zugleich vorhanden ist, wurden dann bald darauf gefunden und an anderer Stelle veröffentlicht. Alle diese Fälle sind im zweiten Teil eingehender untersucht und noch um einige vermehrt worden. Auf Einzelheiten braucht hier nicht eingegangen zu werden.

An folgenden spektroskopischen Doppelsternen wurde ein δ Cephei-artiger oder verwandter Lichtwechsel, mit oder ohne sekundäre Wellen, festgestellt: ϵ und β Ursae majoris, α Canum venaticorum, γ Bootis, β Cephei; ferner an α Ursae majoris, bei dem kurzperiodische Veränderlichkeit der Radialgeschwindigkeit bisher noch nicht sicher festgestellt ist. Von diesen zeigen ϵ Ursae, γ Bootis und β Cephei schwache, α Canum sehr deutliche Spuren einer zweiten Komponente im Spektrum. Bei β und ϵ Ursae sowie bei α Canum ist ferner neben dem δ Cephei-Lichtwechsel anscheinend ein Bedeckungslichtwechsel vorhanden. Bei β Ursae ist uns der Bedeckungs-Charakter des zweiten Lichtwechsels aus hier nicht zu erörternden Gründen später wieder zweifelhaft geworden. Der Stern β Cephei weist in bezug auf seine Bahnelemente alle Eigentümlichkeiten der δ Cephei-Sterne auf. Einen vom einfachen δ Cephei-Fall abweichenden, verwickelteren Lichtwechsel, der aber auch mit der spektroskopischen Periode verläuft, zeigten die Sterne α_1 Geminorum, ζ Ursae majoris, σ und φ Persei. Die drei letzteren haben deutlich zusammengesetzte Spektren; an ihrer Duplizität kann daher nicht gezweifelt werden. Statt einer einzigen Welle, die höchstens mit kleinen sekundären Wellen besetzt ist, wie beim gewöhnlichen δ Cephei-Fall, waren bei diesen Sternen deren mehrere von gleicher Ordnung auf den Umlauf verteilt: bei α_1 Geminorum drei, bei ζ Ursae zwei, bei σ und φ Persei bis zu sieben. Bei φ Persei fielen einmal an einer bestimmten Stelle der Lichtkurve einige Wellen aus; dies wiederholte sich nach einem spektroskopischen Umlauf des Systems. Man kann dies nicht wohl anders erklären als durch die *Annahme, daß der Lichtwechsel durch ungleiche Helligkeitsverteilung auf der Oberfläche der veränderlichen Komponente verursacht* wird, die in der gleichen Zeit sich um ihre Achse dreht, in der ein Umlauf im System vollendet wird.

Außer den genannten Sternen wurde noch eine Reihe anderer spektroskopischer Doppelsterne veränderlich gefunden, die aber meistens noch nicht näher untersucht sind; u. a. σ Andromedae, ι Bootis, ζ Cephei, γ Orionis, η Ursae majoris; ferner von Sternen mit anormalem Spektrum, deren Duplizität a priori wahrscheinlich ist, γ Cygni und c Persei.

Das Ergebnis der Untersuchungen läßt sich dahin zusammenfassen, daß *die Doppelstern-Natur der δ Cephei-Sterne wieder in höherem Grade wahrscheinlich* geworden ist. Indem wir sowohl

die photometrischen wie die spektroskopischen Beobachtungsdaten in Betracht zogen, gelangten wir zu folgender Vorstellung von der Ursache ihres Lichtwechsels:

Unter dem gegenseitigen Einfluß der Komponenten des Systems bilden sich auf deren Oberflächen mehr oder weniger beständige Gebiete verschiedener Leuchtkraft, die in Verbindung mit der im Mittel in der Umlaufzeit sich vollziehenden Rotation den Lichtwechsel verursachen¹⁾. Die ungleichförmige Helligkeitsverteilung ist wahrscheinlich auf meteorologische Vorgänge zurückzuführen: über den helleren Gebieten ist die Atmosphäre des Sternes durchlässiger als über den dunkleren Gebieten. Infolge ungleicher Rotationsgeschwindigkeit der verschiedenen Schichten und Zonen der Atmosphäre haben die hellen Gebiete, die als die eigentlichen Störungsgebiete zu betrachten sind, die Neigung, nach der der Rotationsrichtung entgegengesetzten Seite abzufließen, ähnlich wie es an den größeren Flecken des Jupiters direkt beobachtet wird. Es entsteht dadurch eine Helligkeitsverteilung mit einem in der Richtung der Rotation sehr starken, in der entgegengesetzten Richtung dagegen kleineren Gradienten. Dies verursacht die gewöhnlich vorhandene *Asymmetrie der Lichtkurven*. Die beobachteten *periodischen Veränderungen des Spektrums* der δ Cephei-Sterne stehen mit der Vorstellung im Einklang. Da das Licht der helleren Gebiete aus tieferen und heißeren Schichten der Atmosphäre stammt als das Licht der dunkleren Gebiete, so muß, wie es tatsächlich der Fall ist, der Spektraltypus des Sterns im Helligkeitsmaximum ein früherer sein als im Helligkeitsminimum. Ob die Schwankungen der Spektrallinien *nur* von der Bahnbewegung herühren, ist unter diesen Umständen höchst zweifelhaft, und es liegen auch manche Anzeichen des Gegenteils vor. Es ist daher vorderhand nicht statthaft, aus ihnen Schlüsse mechanischer Natur zu ziehen, wenn das Vorhandensein eines starken Lichtwechsels die Gefahr erheblicher Beeinflussung der Linienverschiebungen durch andere Effekte als den von der Bewegung in der Bahn herrührenden Dopplereffekt naherückt. Es scheint z. B. nicht ausgeschlossen, daß die starken Exzentrizitäten der δ Cephei-Bahnen wenigstens zum Teil von solchen Effekten herrühren und in Wirklichkeit viel kleiner sind als die beobachteten Linienverschiebungen sie ergeben²⁾.

¹⁾ Man beachte bezüglich der aus der Annahme der Gleichheit von Rotations- und Umlaufzeit sich ergebenden eigentümlichen Verhältnisse die Fußnote auf Seite 713 (2. Spalte).

²⁾ Eine systematische Verfälschung der Radialgeschwindigkeitsbestimmungen, die bei den δ Cephei-Sternen und Verwandten ziemlich sicher vorhanden ist, besteht in folgendem. Die zu den Bestimmungen benutzten Sternlinien sind wohl in den seltensten Fällen einfache Linien; sie werden vielmehr meistens aus mehreren, nahe zusammenstehenden Linien verschiedener Herkunft zusammengesetzt sein, die infolge der verhältnismäßig geringen anwendbaren Dispersion

Der Umstand, daß mit sehr kleinem Wert der Massenfunktion in der Regel — jedoch nicht immer — Helligkeitsschwankungen nach δ Cephei-Art von beträchtlichem Umfang verbunden sind, dagegen mit normalem oder großem Wert der Funktion nur geringe Helligkeitsschwankungen dieser Art, scheint anzudeuten, daß die große Masse des Begleiters dem Zustandekommen eines δ Cephei-Lichtwechsels nicht günstig ist. Von einem meteorologischen Standpunkt aus kann dies nicht als unplausibel angesehen werden:

Eine Stütze erfährt die skizzierte Vorstellung in gewisser Beziehung durch das Ergebnis lichtelektrischer Messungen an dem Planeten Mars, dessen Oberfläche bekanntlich mit konstanten und veränderlichen Flecken und mit einer nicht unmerklichen Atmosphäre bedeckt ist; ferner durch das photometrische Verhalten der Satelliten des Jupiter und Saturn, insbesondere des Japetus, das offenbar unter dem Einfluß des nahen großen Planeten steht. Japetus zeigt eine starke, mit der Periode seines Umlaufs um Saturn verlaufende, sehr beständige Helligkeitsschwankung, die nach Charakter und Orientierung zur Bahnbewegung dem δ Cephei-Fall sehr ähnlich ist. Auch in diesen Systemen scheint allzu starke Einwirkung dem Zustandekommen eines stabilen,

nicht getrennt werden. Um die für die Ableitung der Radialgeschwindigkeit notwendigen Wellenlängen der Sternlinien zu erhalten, muß man mit Hilfe des Rowlandschen Sonnenspektrums zunächst ermitteln, aus welchen Komponenten wohl die betreffenden Sternlinien zusammengesetzt sein werden. Das Gewichtsmittel der Wellenlängen dieser Komponenten (Gewichte nach Maßgabe der relativen Intensitäten der Komponenten im Sonnenspektrum, wenn ein anderweitiger Anhalt fehlt) wird dann als Wellenlänge der Sternlinie angenommen. Wenigstens ist dies prinzipiell das von den Beobachtern eingeschlagene Verfahren. Es ändert qualitativ für die folgende Betrachtung nichts, wenn man etwa die Wellenlänge einer einzigen Sonnenlinie in der betreffenden Gruppe zugrunde legen wollte, oder Wellenlängen, die im Laboratorium bestimmt sind. Da nun die relativen Intensitäten der Komponenten mit dem Spektraltypus zum Teil sehr stark variieren, so dürfte dieses Verfahren strenggenommen nur auf Sterne vom Spektraltypus der Sonne (G) angewandt werden. Für alle anderen Spektralklassen müssen sich merkliche systematische Fehler aus ihm ergeben. In der Tat ist ein mit zunehmender Verschiedenheit der Sternspektren vom Sonnenspektrum wachsender systematischer Fehler der Radialgeschwindigkeiten, der auf die beschriebene Ursache zurückgeführt wird, nämlich der Campbellsche K-Effekt, seit längerer Zeit bekannt. Er beträgt am Anfang der Spektralreihe rund 5 km, beim Sonnentypus ist er, wie zu erwarten, nahezu Null. Da der Spektraltypus der δ Cephei-Sterne zwischen Minimum und Maximum der Helligkeit sich sehr beträchtlich ändert — bei δ Cephei z. B. um den nicht ungewöhnlichen Betrag von mehr als einer Klasse —, so sind bei ihnen periodisch veränderliche Einflüsse auf die Radialgeschwindigkeitsbestimmungen zu erwarten, die leicht 2—3 km erreichen können. Solche Beträge sind aber durchaus imstande, die Exzentrizität und die Lage der durch den Bahnellipse ganz erheblich zu verfälschen, da die Schwankungen der Radialgeschwindigkeit bei den δ Cephei-Sternen verhältnismäßig gering sind. Der Durchschnitt der Amplituden von 10 genauer untersuchten Fällen beträgt nur 15 km.