ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN.

N^o 3673.

Band 154.

I.

Ueber die Wirkung der atmosphärischen Dispersion auf die photographischen Bestimmungen der Abstände 61₁–61₂ Cygni.

Von *J. Wilsing.*

In seiner Abhandlung »The parallax of 248 stars of the region around BD. +35°40'13 contained on photographs prepared by A. Donner, Professor of astronomy and Director of the Observatory at Helsingfors, measured and discussed by Prof. J. C. Kapteyn«¹⁾ hat Herr Kapteyn die Ergebnisse meiner Arbeiten »Untersuchungen über die Parallaxe und die Eigenbewegung von 61 Cygni nach photographischen Aufnahmen«²⁾ und »Ueber eine auf photographischem Wege entdeckte periodische Veränderung des Abstandes der Componenten von 61 Cygni«³⁾ einer Besprechung (a. a. O. S. 73) unterzogen, zu welcher ich hier einige Bemerkungen machen möchte, da ich mich den Darlegungen des Herrn Kapteyn nicht anschliessen vermag.

Die Bestimmung der Parallaxe von 61 Cygni mit Hülfe des photographischen Refractors von 33 cm Oeffnung wurde von mir zunächst in der Absicht unternommen, die Brauchbarkeit der photographischen Methode bei Aufgaben zu prüfen, welche an die Genauigkeit der Messungen die höchsten Anforderungen stellen. Im Verlauf der Untersuchung zeigte sich, dass die Abweichungen in den Abständen der Componenten von einander, welche nach Ausgleichung der Messungen übrig blieben, durch die Fehler der letzteren nicht erklärt werden konnten, sondern dass thatsächlich diesen Abweichungen systematische Verschiebungen der Bilder auf den Platten entsprechen. Die Richtigkeit dieses Ergebnisses wird von Herrn Kapteyn nicht bestritten, vielmehr besteht die Meinungsverschiedenheit in der Deutung desselben, insofern Herr Kapteyn in jenen Verschiebungen die Wirkung der atmosphärischen Dispersion erblickt, während ich entsprechende Störungen im Abstände beider Sterne annehme.

Herr Kapteyn unterscheidet bei photographischen Messungen ausser den persönlichen Messungsfehlern Fehler, die von mangelhafter Führung des Fernrohrs während der Aufnahme herrühren und sich häufig durch Vermehrung der Aufnahmen beseitigen lassen. Ich habe diese Fehlergattung in folgender Weise charakterisirt: Unruhe der Luft und Mängel in der Führung des Fernrohrs bewirken, dass die photographischen Sternscheibchen bei stärkerer Vergrösserung selten vollkommen rund erscheinen. Die Folge dieser De-

formationen sind constante Einstellungsfehler, welche von derselben Ordnung sind wie die zufälligen Einstellungsfehler und sich durch Wiederholung der Messung nicht beseitigen lassen. Man findet ihren Betrag durch Vergleichung der Messungen mehrerer Aufnahmen derselben Distanz unter der Voraussetzung, dass die Aufnahmen von einander unabhängig sind, eine Voraussetzung, welche indessen nicht unter allen Umständen zutrifft. Fehlerhafter Gang des Uhrwerks während der Aufnahme bei unzulänglicher Controlle der Bildschwankungen am Leitfernrohr kann vielmehr gleichartige Deformationen der Sternbilder in der Richtung der Rectascension bewirken; rasche Aenderung der Refraction bei tiefem Stande der Sterne verursacht ähnliche Deformationen in der Richtung der Höhe. Nur auf die Messung des Abstandes zweier einander nahe stehender, gleich heller Sterne, deren photographische Bilder auch gleichen Durchmesser haben, bleiben derartige Deformationen ohne Einfluss, da beide Bilder in gleicher Weise verzerrt werden. Haben die Sterne dagegen sehr verschiedene Helligkeit, so können durch Störungen der erwähnten Art, besonders bei kurzen Expositionen, die Bilder der helleren Sterne deformirt werden, während sich bei den Bildern der schwachen Sterne keine Verzerrung bemerkbar macht.⁴⁾

Herr Kapteyn hält diese Fehler für unwesentlich, während ich ihnen bei Parallaxenbestimmungen, wenigstens sobald es sich um Verbindung von Sternen sehr verschiedener Helligkeit handelt, grössere Bedeutung beilege. Da nämlich allein in Folge des Temperaturunterschieds mit dem Wechsel der Jahreszeit auch der Gang des Uhrwerks, welches das Fernrohr treibt, variirt, so können systematische Fehler der Rectascensionsunterschiede der hellen Sterne gegen die schwachen auftreten, welche mit dem Gang des Uhrwerks das Vorzeichen wechseln. Bei dem geringen Helligkeitsunterschied der Componenten von 61 Cygni (61₁, 5^m.44; 61₂, 6^m.08)⁵⁾ kommen diese Deformationen indessen nicht in Betracht.

Dagegen legt Herr Kapteyn auf den Stundenwinkelfehler, welcher von der atmosphärischen Dispersion der Sternbilder herrührt, besonderes Gewicht. Ueber die Ver-

¹⁾ Publications of the astronomical laboratory at Groningen. 1900.

²⁾ Publicationen des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam. Bd. 11.

³⁾ Sitzungsberichte der Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1893.

⁴⁾ a. a. O. Public. d. Astr. Obs. S. 4.

⁵⁾ Müller und Kempf, Photometrische Durchmusterung des nördlichen Himmels, enthaltend alle Sterne der BD. bis zur Grösse 7.5. Publicationen des Astrophysikalischen Observatoriums. Bd. 13.

zeichnung, welche durch die atmosphärische Dispersion bewirkt werden kann, bemerkte ich Folgendes: Zu einer Deutung der Verschiebungen als Fehler der Abbildung scheint dagegen, wenigstens auf den ersten Blick, die folgende Betrachtung zu führen. Bedenkt man, dass die Refraction eine spectrale Ausbreitung der Sternbilder bewirkt, und dass die Länge des Luftspectrums mit der Zenithdistanz der Sterne wechselt, so lässt sich die Möglichkeit von Verschiebungen der Bildmitte nicht von vornherein abweisen. Allein diese Deformationen können nur dann auf die Messung des Abstandes zweier Sterne Einfluss haben, wenn letztere verschiedenen Spectraltypen angehören (beide Componenten von 61 Cygni gehören dem zweiten Spectraltypus an) oder sehr verschieden hell sind, so dass ihre Bilder auch in verschiedenem Grade verzerrt werden, Bedingungen, die hier nicht erfüllt sind.¹⁾ Da nach Herrn Kapteyn's Ansicht die Wirkung der atmosphärischen Dispersion ›though expressly adverted to by the author, was perhaps somewhat hastily discarded‹, so will ich auf die Frage etwas ausführlicher eingehen.

Relative Verschiebungen der Bilder können nach Herrn Kapteyn auch bei Sternen, welche derselben Spectralclass angehören, dadurch zu Stande kommen, dass die Helligkeitscurve des Spectrums zu beiden Seiten des Intensitätsmaximums unsymmetrisch verläuft; ›it seems quite possible that a displacement will be caused of the brighter stars with respect to the fainter ones. For it is evident that for the brighter stars a greater part of the secondary star spectrum will produce an effect on the plate than will be the case for the fainter ones. Any dissymetrie of this effective part of the spectrum with regard to the most active rays will thus cause a shifting in the position of the brighter stars with regard to the fainter ones.‹²⁾

Bei näherer Betrachtung erscheint jedoch die Annahme, dass die Bilder der atmosphärischen Spectra verschieden heller, aber derselben Spectralclass angehöriger Sterne merklich verschieden lang seien, recht zweifelhaft, wenn man voraussetzt, dass die Expositionszeit hinreichend gross gewählt wird, um auch die Bilder der schwächeren Sterne kräftig hervortreten zu lassen. Die Länge des Spectrums wird nämlich nach der weniger brechbaren Seite verhältnissmässig scharf begrenzt, da hier die Sensibilitätscurve der gewöhnlichen Platten schroff abfällt. Die bei Sternen des zweiten Spectraltypus weniger kräftigen ultravioletten Strahlen des Spectrums werden dagegen einmal durch die atmosphärische Absorption bei tiefem Stande des Sterns verhältnissmässig stark und über $\lambda 370\mu$ hinaus durch die Absorption des Objectivs beinahe vollkommen vernichtet. Aus diesem Grunde werden die Bilder der atmosphärischen Spectra selbst beträchtlich verschieden heller, aber der gleichen Spectralclass angehöriger Sterne bei genügender Exposition wesentlich von gleicher Länge und Schwärzung sein, und die Helligkeitsunterschiede kommen erst bei der Bildung der photographischen Sternscheibchen zur Geltung, deren Durchmesser die Länge des Spectrums meist um ein Vielfaches übertrifft. Die relativen Verschiebungen der Bildmittelpunkte, von denen nur der in die Richtung der Ver-

bindungslinie beider Componenten fallende Theil in die Messungen eingeht, dürfen daher als kleine Grössen zweiter Ordnung betrachtet werden in Bezug auf die Länge des Spectrums, welche zwischen $H\beta$ und $H\gamma$ für 61 Cygni durch die folgende Tabelle gegeben wird:

Stundenwinkel	Länge des Spectrums	Stundenwinkel	Länge des Spectrums
0 ^h	0".2	4 ^h	0".7
1	0.2	5	0.9
2	0.3	6	1.3
3	0.5		

Aus diesen Darlegungen geht hervor, dass bei dem geringen Helligkeitsunterschiede der Componenten von 61 Cygni die Aenderung des Abstandes der Bilder beider Sterne unmerklich wird. Geht man auf die Messungen selbst näher ein, so ergibt sich, dass bei Annahme einer merklichen Verschiebung durch die atmosphärische Dispersion der scheinbare Abstand beider Sterne mit wachsendem östlichen Stundenwinkel kleiner werden müsste, da die von mir abgeleitete Curve für Ende Juni 1891 ein charakteristisches Minimum der Entfernung giebt. Nun ist aber die Abweichung des Normalortes 1891 Mai 13 (6 Platten, 12 Aufnahmen) vom Mittel $-0".039$ und die Abweichung des Normalortes 1891 Juni 14 (4 Platten, 8 Aufnahmen) $-0".179$, während die entsprechenden Stundenwinkel $-6^h.3$ und $-4^h.1$ und die Länge des atmosphärischen Spectrums 1".5 resp. 0".9 betragen, so dass im Widerspruch mit der Annahme Kapteyn's die bei kleineren Stundenwinkeln angefertigten Aufnahmen mehr abweichen.

Ich habe mich indessen mit diesen Betrachtungen nicht begnügt, sondern die Frage auch direct zu entscheiden versucht: ›Ueberdies schliesst die Vergleichung der Aufnahmen von 1893 April 18 und 1893 April 21, welche letztere absichtlich bei sehr tiefem Stande von 61 Cygni angefertigt wurde, merkliche von spectraler Deformation herrührende Fehler in den Messungen des Abstandes beider Sterne aus. Die Messungen gaben nämlich fast übereinstimmend für den Abstand $21".02$ resp. $21".05$, obgleich die Länge des Spectrums zwischen F und H im ersten Falle 0".9, im zweiten 1".8 betrug.‹³⁾ Hervorzuheben ist noch, dass der unbedeutende Unterschied dieser Zahlen das entgegengesetzte Vorzeichen hat, als nach der Dispersionstheorie zu erwarten ist. Diese Messungen, welche zweifellos gegen die Annahme einer Wirkung der atmosphärischen Dispersion sprechen, sind von Herrn Kapteyn übersehen worden.

Ferner macht Herr Kapteyn darauf aufmerksam, dass sich in der Reihe der Abstände der Vergleichsterne [3] BD. $+37^\circ 41' 80''$ 7^m7 und [7] BD. $+37^\circ 41' 73''$ 8^m8, deren Richtung der Verbindungslinie der Componenten von 61 Cygni beinahe parallel ist, ein ähnliches Minimum zeige, wie in den Abständen von 61₁–61₂ Cygni selbst. Allerdings bemerkt Herr Kapteyn selbst: ›the objection may be made that the interpretation of the divergences of the preceding table as due to atmospheric dispersion is not allowable because the position angles counted at the brighter star are nearly 180° different in the two cases of [61₁, 61₂] and

¹⁾ a. a. O. Publ. S. 50.

²⁾ a. a. O. S. 68.

³⁾ a. a. O. Publ. S. 50.

[3, 7].¹⁾ In der That lässt sich der Parallelismus beider Messungsreihen bei Voraussetzung gleicher Spectren durch die Wirkung der atmosphärischen Dispersion nicht erklären, wenn der hellere Stern in dem einen Falle folgt, im anderen vorangeht. Herr Kapteyn fährt auch fort: »it is true that an appreciable difference of colour of one of the stars [3] or [7] may be accountable for the reversal of sign.«¹⁾ Durch Ausgleichung der Abstände [3, 7]²⁾ habe ich für die relative Eigenbewegung beider Sterne $-0''.048 \pm 0''.049$ und für die Parallaxe $0''.137 \pm 0''.037$ gefunden und glaube, dass in dem Gange der Abstände [3, 7] eine parallaktische Schwankung angedeutet ist, deren Wirkung durch zufällige Fehler verstärkt wird.

Herr Kapteyn schliesst mit der Bemerkung, dass sich die von mir gefundenen Abweichungen in den Entfernungen der Componenten durch die aus der Theorie der atmosphärischen Dispersion abgeleitete Formel $a + b \operatorname{tg} z \cos(p - q)$

p Positionswinkel

q parallaktischer Winkel

z Zenithdistanz

$$a = +0''.042 \quad b = +0''.0904 \pm 0''.0090$$

genügend darstellen liessen. Allein, wenn mit Hülfe dieser Formel auf das Vorhandensein einer Wirkung der atmosphärischen Dispersion geschlossen werden soll, so müsste sich zunächst für die von Herrn Kapteyn eingeführte Constante a der Werth Null ergeben, da für $p - q = 90^\circ$ die Correction verschwinden muss. Aber auch in diesem Falle würde jener Ausgleichung nur eine formale Bedeutung zukommen, da es nicht überraschend ist, wenn so kleine Schwankungen, wie die hier betrachteten, mit Hülfe eines derartigen Ausdrucks auf den Betrag der Beobachtungsfehler herabgedrückt werden. So dürfte z. B. ein beträchtlicher Theil der vorhandenen Parallaxenbestimmungen jener Prüfung nicht Stand halten, soweit die von Herrn Kapteyn aufgestellte Forderung, dass die Beobachtungen nur im Meridian erfolgen sollen, nicht erfüllt ist.

Nicht genügendes Gewicht scheint mir Herr Kapteyn auf die eingehenden Untersuchungen des Herrn Davis zu legen, welche auf umfangreichen Messungen der Aufnahmen von Rutherford beruhen. Herr Davis hat diese Messungen in seinen beiden Abhandlungen »Catalogue of sixty-five stars near 61 Cygni«³⁾ und »The Parallaxes of 61¹ and 61² Cygni«³⁾ sorgfältig discutirt und ähnliche Abweichungen in den Abständen der Componenten von 61 Cygni gefunden wie ich. Seine Untersuchungen führten Herrn Davis zur Annahme eines Unterschieds der Parallaxen beider Componenten von $+0''.072 \pm 0''.028$, und derselbe leitete dann, von der gleichen Annahme ausgehend, aus meinen Messungen $+0''.088 \pm 0''.012$ für den Unterschied der Parallaxen ab. Ich selbst habe die Deutung der fraglichen Schwankungen der Abstände als relativer Parallaxe beider Sterne ausschliessen zu müssen geglaubt, da abgesehen davon, dass die Periode der Schwankung nicht genügend mit der Jahreslänge übereinstimmt, die Grösse des Unterschiedes der Parallaxen mit der Vorstellung einer physikalischen Zusammengehörigkeit beider Sterne, wie sie durch die Gleichheit der Eigenbewegung dargethan wird, kaum in Uebereinstimmung zu bringen ist. Die Bedeutung der Untersuchungen von Herrn Davis erblicke ich vielmehr in der Feststellung, dass die Discussion der Aufnahmen von Rutherford zu Abweichungen der Abstände beider Sterne von einander von gleicher Grössenordnung führt, wie das von mir benutzte Messungsmaterial.

Nach diesen Darlegungen scheint mir eine Erklärung der betreffenden Schwankungen durch die Wirkung der atmosphärischen Dispersion nicht haltbar zu sein und ich glaube, dass die von mir a. a. O. näher begründete Annahme eines verhältnissmässig lichtschwachen Begleiters des Hauptsterns von 61 Cygni meinen Messungen am besten entspricht und mit Rücksicht auf die zahlreichen in neuerer Zeit auf spectrographischem Wege gemachten Entdeckungen von Doppelsternen an Wahrscheinlichkeit gewonnen hat.

Potsdam, Kgl. Astrophysik. Observatorium, im September 1900.

J. Wilsing.

¹⁾ a. a. O. S. 76.

²⁾ a. a. O. Publ. S. 13.

³⁾ Contributions from the Observatory of Columbia University, New-York. 1898.

Meridian Circle Observations of Comparison Stars for the Major Planets.

By R. H. Tucker.

The following lists of stars were selected by Sir David Gill, for heliometer measures of position of Neptune and Mars; and they have been observed in compliance with his request.

The places of the fundamental stars have been adopted provisionally, as in the table below, either from the new reductions of Doctor Auwers, or from observations made at this observatory. Since the entire list of fundamental stars will be discussed later, by Sir David Gill, the comparison stars will eventually require corresponding corrections. In order to replace these positions exactly, with new fundamental data, the reference to the fundamentals used has been made explicit. They have been observed in

sets, since it is not possible to observe all of them with each comparison star.

It will be necessary, for instance, to sum up the corrections to the provisional mean places of the fundamentals in set I, and to apply this as constant to the comparison stars of set I. The process will be simple and brief, and the resulting differential places will be obtained with all the precision of the original observations.

A comparison of these places with Newcomb's Fundamental Places, gives corrections of $+0''.018$ and $+0''.01$ for ten stars of the list of fourteen.

The magnitudes and designations of the stars are taken from the published list of the Royal Observatory,