ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN.

N^o 3865.

Band 162.

I.

Über Herrn D. Gills „preliminary note on an apparent rotation of the brighter fixed stars as a whole with respect to fainter stars as a whole“ (A. N. 3800).

Von H. Seeliger.

In Nr. 3800 der A. N. hat Herr Gill die Resultate einer Vergleichung der Rektaszensionen innerhalb der Deklinationen -40° bis -52° der Kapkataloge von 1880 und 1900 untereinander und mit dem Newcombschen Fundamentalkataloge (1900) mitgeteilt. Er hat die Differenzen in solcher Weise in Mittel vereinigt, als ob die verglichenen Sterne auf alle Rektaszensionen zwischen 0^h und 24^h gleichmäßig verteilt wären, was dadurch erreicht wird, daß man zunächst Mittelwerte für die einzelnen RA.-Stunden oder für ein Vielfaches von solchen bildet und dann diese Mittelwerte mit gleichem Gewichte zu einem Gesamtmittel vereinigt. Es ergeben sich so Mittelwerte, die für verschiedene Größenklassen verschieden sind und systematisch von der mittleren Helligkeit der Sterne abzuhängen scheinen, obwohl kaum zu bezweifeln ist, daß die bekannte Abhängigkeit der Durchgangsbeobachtungen von der Helligkeit der Sterne hier keine wesentliche Rolle spielen konnte. Nachdem er dann eine analoge Vergleichung des Taylorschen Kataloges (1835) mit den genannten Katalogen vorgenommen hat, glaubte er diese Erscheinung, wenn auch mit einiger Reserve, als eine »apparent rotation of the brighter stars as a whole with respect to fainter stars as a whole« auffassen zu müssen, oder doch wenigstens als eine sehr merkwürdige Tatsache bezeichnen zu können. Die Unzulässigkeit des von Herrn Gill gebrachten zahlenmäßigen Nachweises wird am Ende

dieses Aufsatzes nachgewiesen werden. Zunächst sollen allgemeinere Fragen besprochen werden.

Wenn unter »Rotation« — deren Centrum hier das selbst bewegte Sonnensystem ist — nur eine kurze Bezeichnung für die aufgefundenen konstanten Differenzen verstanden werden soll, so ist dagegen natürlich nichts einzuwenden. Bei weiteren Betrachtungen wird man hier, wie bei allen stellar-astronomischen Studien, ob es sich bei ihnen nun um die räumliche Verteilung der Sterne oder um Gesetzmäßigkeiten in den Eigenbewegungen handelt, nicht nur auf die ungleichförmige Verteilung der Sterne am Himmel, sondern auch auf die Tatsache Rücksicht nehmen müssen, daß die Leuchtkraft der Sterne innerhalb sehr weiter Grenzen schwankt, daß also beliebig ausgewählte Sterne, in dieselbe Entfernung von der Sonne gebracht, sehr verschiedenen Größenklassen angehören werden.

Um die Sachlage möglichst klar zu übersehen, werde ein im Sinne der Mechanik festes rechtwinkliges Koordinatensystem zu Grunde gelegt, dessen Anfang also z. B. im Schwerpunkte des Fixsternsystems ruht, indem man seine Achsen dem Systeme der RA. und Dekl. gemäß annimmt. Man nenne die Koordinaten der Sonne in bezug auf dieses System X, Y, Z , die Koordinaten eines Sternes x, y, z , ϱ seine Entfernung von der Sonne, α und δ seine RA. und Deklination, so daß also

$$x = \varrho \cos \delta \cos \alpha, \quad y = \varrho \cos \delta \sin \alpha, \quad z = \varrho \sin \delta.$$

Bezeichnet man weiter die Veränderung aller vorkommenden Größen als Differentiale, so ergeben sich die bekannten Formeln:

$$\left. \begin{aligned} \cos \delta \cdot d\alpha &= - (dx - dX) \frac{\sin \alpha}{\varrho} + (dy - dY) \frac{\cos \alpha}{\varrho} + m \cos \delta + n \sin \delta \sin \alpha \\ d\delta &= - (dx - dX) \frac{\sin \delta \cos \alpha}{\varrho} - (dy - dY) \frac{\sin \delta \sin \alpha}{\varrho} + (dz - dZ) \frac{\cos \delta}{\varrho} + n \cos \alpha. \end{aligned} \right\} (1)$$

Hierin sind m und n die etwaigen Verbesserungen der Präcessionskonstanten; sie sind von ϱ unabhängig. Nimmt man nun das Mittel der Eigenbewegungen $d\alpha$ und $d\delta$ für Sterne von nahezu derselben Helligkeit innerhalb eines Himmelsteiles, dessen Ausdehnung in bezug auf α und δ als belanglos angesehen werden darf, so werden gewöhnlich die so auftretenden Mittelwerte $M\left(\frac{dx}{\varrho}\right)$, $M\left(\frac{dy}{\varrho}\right)$, $M\left(\frac{dz}{\varrho}\right)$

gleich null angenommen. Dies geschieht z. B. in der bekannten Arbeit des Herrn L. Struve über den Apex der Sonnenbewegung, überhaupt wohl immer bei der Anwendung der Airyschen Formeln zur Apexbestimmung. Daß diese Annahme zunächst ganz willkürlich ist und den aus den Rechnungen hervorgehenden Sonnenapex mit definiert, ist besonders eingehend von Herrn Anding *) erörtert worden. Es ist möglich, daß die vernachlässigten Glieder gegenüber

*) Kritische Untersuchungen über die Bewegung im Weltraume. München 1901.

den bei der Apexbestimmung in erster Linie interessierenden klein sind, aber sicherlich darf man nicht ohne weiteres annehmen, sie seien; namentlich bei einer geringeren Anzahl von Sternen, die bei der Bildung von M mitstimmen, an und für sich von zu vernachlässigender Größe. Die gewöhnliche Begründung der erwähnten Annahme kommt darauf hinaus, daß man sich vorstellt, alle möglichen Richtungen der räumlichen Eigenbewegungen seien in allen Raumteilen des Fixsternsystems gleichmäßig vertreten. Bei verschiedenen Gelegenheiten habe ich mich gegen eine solche Auffassung, sobald sie ohne Einschränkung festgehalten wird, ausgesprochen. Trotzdem könnte man die Möglichkeit der näherungsweise Richtigkeit der Gleichungen $M(dx) = 0$ etc. anerkennen, wenigstens für beschränkte Raumteile, während natürlich ihre tatsächliche Feststellung eine noch nicht gelöste Aufgabe der Stellarastronomie zu bilden hätte. Denn als nicht unzulässig kann die Ansicht gelten, sehr vielen räumlichen Eigenbewegungen entsprächen im Mittel in demselben nicht zu klein bemessenen Raumteile Eigenbewegungen von derselben mittleren Größe, aber von entgegengesetzter Richtung, wobei durchaus nicht alle möglichen Richtungen gleichmäßig vertreten sind, vielmehr solche, die z. B. in gewissen nach bestimmten Gesetzen orientierten Ebenen liegen, bevorzugt erscheinen. Das sogenannte globulare System, auch wenn dasselbe nicht allein Kreisbahnen enthält, gibt hierfür ein passendes und leicht übersehbares Beispiel ab. Nun folgt aber aus der etwaigen Zulässigkeit der Gleichung $M(dx) = 0$ keineswegs, daß auch $M\left(\frac{dx}{\rho}\right)$ eine zu vernachlässigende Quantität darstellen muß. Die Anzahl der Sterne von annähernd gleicher Helligkeit auf demselben beschränkten Himmelsteil, welche außerdem dasselbe ρ haben, die bei Untersuchungen über Eigenbewegungen benutzt werden können, ist immer eine relativ sehr beschränkte und da, wie schon erwähnt, die ρ innerhalb sehr weiter Grenzen variieren,

kann keineswegs erwartet werden, daß sich im Mittel derselbe Zustand einstellt, wie vielleicht bei einer unbeschränkt großen Anzahl von Sternen. Eine solche Kompensation wären allenfalls noch eher zu erwarten, wenn $\frac{dx}{\rho}, \frac{dy}{\rho}$ etc. von ρ unabhängig wäre, was eine ganz bestimmte und vorderhand durch nichts begründete Annahme bedeutet.

Stellt man ferner die EB. selbst innerhalb engerer Gebiete zusammen, so fällt sofort auf, wie sehr sie schwanken und daß der Mittelwert ganz wesentlich beeinflusst wird, je nachdem man einige Sterne mit größerer EB. mitnimmt oder ausschließt. Man erkennt hierin die Folgen der soeben besprochenen Nichtkompensation, welche verursacht, daß die Mittelwerte keineswegs etwa den Bewegungszustand charakterisieren, den man in dem betrachteten Raumteile als mittleren bezeichnen will. Eine reelle Bedeutung werden in diesem Sinne die Mittelwerte jedenfalls nur beanspruchen können, wenn man einen sehr großen Teil der wirklich vorhandenen Sterne derselben Kategorie also z. B. derselben Helligkeit herangezogen hat.

Die Formel (1) soll nun der Kürze wegen auch für die soeben gebildeten Mittel — also Mittel von Sternen derselben Helligkeit auf demselben engeren Himmelsteile — gelten. Es bedeuten dann $d\alpha$ und $d\delta$ die Mittelwerte der Eigenbewegungen, $\frac{dx}{\rho}$ ist für $M\left(\frac{dx}{\rho}\right)$ gesetzt und ρ bedeutet die mittlere Entfernung der betreffenden Sterne. Bildet man nun hieraus die Summen über alle α in obigem Sinne, indem man etwa den Umkreis für α in gleich große Teile teilt, und die Mittelwerte für alle Teile einfach addiert, und nimmt man ferner an, daß ein relativ wenig breiter Deklinationsstreifen vorliegt, so daß auf die Veränderlichkeit von δ keine Rücksicht zu nehmen ist, so wird, wenn nunmehr nur die EB. in α allein betrachtet wird:

$$\cos \delta \sum d\alpha = - \sum \frac{dx}{\rho} \sin \alpha + dX \sum \frac{\sin \alpha}{\rho} + \sum \frac{dy}{\rho} \cos \alpha - dY \sum \frac{\cos \alpha}{\rho} \dots \quad (2)$$

Man könnte nun verleitet werden zu meinen, daß die Komponenten der Sonnenbewegung dX und dY in (2) verschwinden. Das wäre der Fall, wenn ρ , d. i. die mittlere Entfernung der Sterne von einer bestimmten Größenklasse, von α unabhängig wäre. Das findet strenge genommen aber nicht statt. Ich habe auf diesen Umstand in meiner Schrift über die räumliche Verteilung der Sterne ¹⁾ nachdrücklich aufmerksam gemacht und gezeigt, daß die mittlere Entfernung ρ_m der Sterne von der Größe m sowohl von der räumlichen Dichtigkeit der Sternverteilung als auch von der Verteilungsfunktion, welche die relative Häufigkeit der Sterne von bestimmter Leuchtkraft angibt, abhängt. So kommt es, daß die mittlere Entfernung der Sterne von bestimmter Helligkeit von der Lage zur Milchstraße abhängig ist. Es wird so in (2) keines der vier Glieder verschwinden, und zwar gerade dann nicht, wenn es bei konstantem ρ verschwände. Indessen wird im allgemeinen der zahlenmäßige Einfluß dieses

Umstandes nicht sehr bedeutend sein, da sich, sobald man nicht zu kleine Gebiete des Himmels zusammenfaßt, fast stets der mittlere, von mir a. a. O. als typisch bezeichnete Zustand einzustellen pflegt und dann die Variationen der ρ nicht bedeutend zu sein scheinen. Ganz neuerdings ist Herr Turner ²⁾ auf die Abhängigkeit der ρ vom Orte zu sprechen gekommen und hat diesem Gedanken einen besonderen Wert beigelegt. Offenbar hat er meine vor fünf Jahren ausgeführten Untersuchungen nicht gekannt, wo die ganze Frage viel allgemeiner und so eingehend, als es damals nötig schien, behandelt worden ist.

Daraus, daß zunächst kein Grund vorhanden ist anzunehmen, daß die rechte Seite von (2) verschwinden muß, folgt weiter, daß $\sum d\alpha$ sich im allgemeinen mit ρ , also mit der Helligkeit der Sterne ändern wird. Man wird es also als etwas zu erwartendes ansehen müssen, wenn sich $\sum d\alpha$ systematisch mit der mittleren Sternhelligkeit verändert und

¹⁾ Betrachtungen über die räumliche Verteilung der Fixsterne.

²⁾ H. H. Turner, Monthly notices, Dec. 1902, S. 56.

Abhandlungen der Münchener Akademie. 1898, S. 34 (598).

nur über den quantitativen Betrag von $\Sigma d\alpha$ und seiner Veränderung wird man etwaige Erklärungsversuche anzustellen haben. Nach dem früheren wird es dabei wesentlich sein, daß man für jedes verwendete Helligkeitsintervall eine möglichst große Anzahl von Sternen zur Bildung der Mittelwerte benutzt. Hat man nur eine geringe Zahl von Sternen verwendet, so ist in jedem Falle die gefundene Mittelzahl gänzlich illusorisch, obwohl sich selbst dann eine ziemlich deutliche Abhängigkeit der $\Sigma d\alpha$ von ρ unter Umständen zeigen kann. Solche konstante Abweichungen der $\Sigma d\alpha$ und zwar auch, wenn die Zahlenwerte Mittel aus sehr großen Sternzahlen sind und demnach einigermaßen gesichert erscheinen, wird man aber offenbar nur dann als eine Rotation der helleren gegen die schwächeren Sterne auffassen dürfen, wenn für sehr verschiedene Deklinationsstreifen nahezu dieselben Werte für $\Sigma d\alpha$ sich ergeben. Bezeichnet man mit i und Ω Neigung und Knoten des Äquators der Rotationsbewegung gegen den Himmelsäquator, mit $d\ell$ die Winkelrotationsgeschwindigkeit eines Punktes im Äquator der Rotation, so ist

$$\frac{d\alpha}{d\ell} = \cos i + \sin i \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \sin(\alpha - \Omega).$$

Es wird also nach der Summenbildung sein:

$$\Sigma d\alpha = \cos i \cdot \Sigma d\ell.$$

Herr Turner hat deshalb gewiß recht, wenn er a. a. O. die zuletzt genannte Prüfung für entscheidend hält. Die von ihm angestellten Vergleichen erstrecken sich zwar nur auf den sehr kurzen Zeitraum von 4–5 Jahren, dafür sind seine Mittelwerte auf sehr großen Anzahlen von Sternen gegründet, ferner erlaubt die dankenswerte ausführliche Mitteilung der gewonnenen Mittelwerte ein näheres Eingehen auf die von ihnen geschaffene Sachlage.

Es sei erlaubt die Tabelle VII des Herrn Turner hier herzusetzen, weil ich einige Bemerkungen hierzu machen möchte.

	α	6 ^m 0	7 ^m 5	8 ^m 5	9 ^m 0	9 ^m 4
I	0 ^h – 3 ^h	–6.3	–5.5	–2.1	–2.6	+0.9
II	3 – 6	+0.7	+0.4	+1.7	+0.4	+0.1
III	6 – 9	+1.4	–2.5	+0.9	+0.9	+1.9
IV	9 – 12	–2.1	+1.6	–0.4	+0.6	–0.1
V	12 – 15	–1.1	–2.2	–0.4	–1.0	+1.3
VI	15 – 18	+1.5	+0.6	+0.5	+1.5	–1.9
VII	18 – 21	–0.9	–0.8	–1.4	+0.7	–0.3
VIII	21 – 24	–2.9	–0.8	+0.7	–1.0	+0.3
Mittel		–1.21	–1.15	–0.06	–0.06	+0.28

Hier sind für die mittleren Sterngrößen 6^m0 etc. die mittleren Werte der Veränderungen $d\alpha$ für die acht Oktanten der RA. zusammengefaßt. Die Einheit, in denen die Zahlen ausgedrückt sind, bedeutet eine Veränderung der RA. von 0.225 in 100 Jahren. Die benutzten Sterne liegen innerhalb der Deklinationsgrade +26°, +27° und +29°. Die Anzahlen n aller in den einzelnen Helligkeitsklassen 6^m0, 7^m5 etc. vereinigten Sterne sind der Reihe nach $n = 198, 564, 1914, 2103$ und 2372 , wobei ich immer die Mittel aus den von Herrn Turner angegebenen Zahlen L und E genommen habe. Herr Turner stellt zunächst fest, daß seine Mittelzahlen ge-

rade die entgegengesetzte Abhängigkeit zeigen, wie die Zahlen des Herrn Gill, womit die Vermutung einer »Rotation« in ablehnendem Sinne entschieden wäre. Es entsteht nun die Frage, welches Zutrauen wir den obigen Mittelzahlen schenken dürfen. Da fällt nun das regellose Verhalten der einzelnen Werte auf und man wird von vornherein geneigt sein, die Abweichungen der einzelnen Zahlen jeder Vertikalreihe von dem zugehörigen Gesamtmittel in der Hauptsache als zufällige Fehler zu betrachten. Diese Ansicht wird bestätigt, wenn man aus den Zahlen jeder Vertikalreihe Glieder von derselben Form, wie sie die Sonnenbewegung erzeugt, zu bestimmen sucht. Nach dem bekannten Verfahren, welches mit den Vorschriften der Methode der kleinsten Quadrate übereinstimmt, findet man:

Gr.	Korrektion =	μ	μ_0	μ_1
6 ^m 0	– 1.21 – 1.58 cos α + 0.58 sin α	0.95	1.36	0.91
7.5	– 1.15 – 1.29 – 0.02	0.84	0.81	0.67
8.5	– 0.06 – 0.02 + 0.60	0.49	0.42	0.49
9.0	– 0.06 – 0.88 + 0.14	0.49	0.42	0.48
9.4	+ 0.28 + 0.32 + 0.83	0.39	0.39	0.42

Die α sind hierbei vom Anfange einer jeden Zone gezählt, es wurde also nacheinander $\alpha = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ u. s. f. gesetzt. Ein Zusammenhang der verschiedenen Koeffizienten von $\cos \alpha$ und $\sin \alpha$ untereinander ist nicht vorhanden. Es wird dies voraussichtlich eine Folge davon sein, daß bei der geringen Zwischenzeit die mittleren und kleinen Eigenbewegungen sehr unsicher bestimmt erscheinen. Der mittlere Fehler des konstanten Teiles der Formel ist unter μ angegeben. Daneben steht unter μ_0 zur Vergleichung eine Größe, welche umgekehrt proportional den Wurzeln aus den oben angeführten Zahlen n der benutzten Sterne ist. Eine starke Verschiedenheit der μ_0 und μ tritt nur bei den hellsten Sternen hervor, was jedenfalls die Vermutung stärkt, daß es sich hier in der Hauptsache nur um zufällige Fehler handelt und den periodischen Gliedern der Formel keine reelle Bedeutung zukommt. Man könnte nun, was aber nur in beschränktem Maße gelingt, die Darstellung durch Mitnahme von $\sin 2\alpha$ und $\cos 2\alpha$ etc. besser machen, schließlich durch ein achtegliedrige Formel vollständig erzwingen, man könnte sogar das konstante Glied ganz fortschaffen und durch ein rein periodisches von $\cos 8\alpha$ abhängiges ersetzen. Doch hätten, wie bekannt, solche Versuche sehr wenig Beweiskraft, andererseits wären sie keineswegs sinnlos, da man über den detaillierten Verlauf der Korrekturen in ihrer Abhängigkeit von α von vornherein gar nichts aussagen kann und man die Zulässigkeit oder Unzulässigkeit solcher Ansätze nur durch eine Vergrößerung der Anzahl der Zonen I, II etc. übersehen kann. Interessanter vielleicht ist, daß bei gänzlicher Unterdrückung der periodischen Glieder für die konstanten Teile die mittleren Fehler μ_1 , die fast vollkommen mit den μ übereinstimmen, herauskommen. Indessen muß bei einer Vergleichung von μ_1 mit μ der erstere Wert – weil nach den üblichen Formeln gerechnet worden ist –

noch mit $\sqrt{\frac{56}{40}} = 1.2$ multipliziert werden, was dann eine geringe Vergrößerung der μ_1 gegenüber μ_0 hervorruft, wie es ja auch sein muß. In jedem Falle haben die Glieder $\sin \alpha$

und $\cos \alpha$ keine Bedeutung, aber auch die konstanten Glieder der Formeln scheinen, nach Maßgabe der mittleren Fehler, so unsicher bestimmt, daß man wohl kaum eine ausgesprochene Abhängigkeit der Gesamtmittel von der Sterngröße zulassen kann, trotzdem auf den ersten Blick eine solche Abhängigkeit, die übrigens nach den obigen Bemerkungen an sich gar nichts auffallendes hätte, hervortritt. Die große Unsicherheit der Gesamtmittel geht auch aus der Anwendung des bekannten und erprobten Kriteriums hervor, welches darin besteht, daß man die Mittel für die geraden Zonen II, IV etc. einerseits und für die ungeraden Zonen I, III etc. andererseits bildet. Diese beiden Mittelwerte müßten innerhalb der Grenzen der Sicherheit liegen. Nun ergibt sich

	ungerade	gerade
6 ^m 0	-1.7	-0.7
7.5	-2.8	+0.5
8.5	-0.8	+0.7
9.0	-0.5	+0.4
9.4	+1.0	-0.4

Von einer befriedigenden Übereinstimmung kann hier keine Rede sein. Nach allen vorstehenden Bemerkungen wird man dem systematischen Gange in den Gesamtmitteln nur in einem sehr beschränkten Sinne eine reelle Bedeutung zuerkennen dürfen und es dürfte sich kaum lohnen, nach Erklärungen für diese systematischen Abweichungen zu suchen.

Es wird vielleicht nicht ohne Interesse sein die Resultate einer analogen Mittelbildung der $d\alpha$ für einen andern Deklinationsstreifen, die ich gelegentlich gemacht habe, hier mitzuteilen. Der Bearbeitung der AG. Zone $+15^\circ$ bis $+20^\circ$ hat Herr Auwers eine große Anzahl von EB. hinzugefügt und ihr dadurch einen ganz besonderen Wert verliehen. Er hat die Eigenbewegungen für fast alle Sterne bis zur Größe 7.0 abgeleitet, für schwächere Sterne in der Hauptsache nur dann, wenn sie bemerkbar waren oder eine besondere Veranlassung

zur Untersuchung vorlag. In letzterer Beziehung ist demnach das Material für den vorliegenden Zweck nicht so einwurfsfrei, wie für die helleren Sterne.

Bei den meisten stellarastronomischen Untersuchungen muß man sich noch für lange Zeit auf die mittleren Verhältnisse stützen und alle individuellen Erscheinungen in den Hintergrund treten lassen. Für die Beurteilung solcher mittleren Verhältnisse ist aber die Feststellung, daß die Eigenbewegung eines Sternes zwischen zwei bestimmten engen Grenzen liegt, von derselben Wichtigkeit, ob nun die Eigenbewegung groß oder sehr klein ist, d. h. unter der Grenze, welche die nur mit beschränkter Genauigkeit auszuführende Vergleichung zieht, liegt. Es ist nicht zu leugnen, daß die Ableitung solcher kleinster EB., die doch von so erheblichem Interesse sind, bisher vernachlässigt worden ist und zwar nicht bloß infolge des Mangels an Material und es wäre sehr zu wünschen, wenn diese Lücke in unseren Kenntnissen nach und nach ausgefüllt werden möchte.

Die EB. in α , welche das Verzeichnis des Herrn Auwers enthält, habe ich nun für die einzelnen Rektaszensionsstunden in Mittel vereinigt und in sechs Gruppen zusammengefaßt. Die erste Gruppe enthält alle Sterne, welche in der BD. heller als 5^m0 sind, die zweite die Sterne von der Größe 5^m0–5^m9 u. s. f., die letzte die Sterne schwächer als 8^m9. Die Stundenmittel enthalten mitunter äußerst wenige, in sechs Fällen gar keine Sterne, weshalb die detaillierte Diskussion dieser 24 Mittelwerte für die allerhellsten und allerschwächsten Sterne mit großen Unsicherheiten behaftet sein würde, wenn man den einzelnen Stundenmitteln gleiches Gewicht geben will, was hier notwendig war. Aus diesem Grunde teile ich die 24 Stundenmittel nicht mit und führe nur folgendes an. Gibt man den einzelnen Stundenmitteln dasselbe Gewicht, so ergeben sich als Gesamtmittelwerte für die 100-jährige EB. in α :

aus	47	Sternen von der mittl.	Größe	3 ^m 8	-0.28 (-0.15)
»	89	» » » »	»	5.5	-0.18
»	328	» » » »	»	6.4	-0.11
»	363	» » » »	»	7.4	-0.14
»	356	» » » »	»	8.4	+0.02 (-0.01)
»	70	» » » »	»	9.1	-0.23 (-0.09)

Wenn man den mittleren Charakter der Sternbewegungen kennen lernen will, muß man alles fern halten, was die Feststellung der Mittelwerte nachweisbar erschweren muß. Die besonders stark bewegten Sterne sind nun ohne Zweifel als vereinzelt Individuen zu betrachten. Sie müssen notwendiger Weise jeden Mittelwert stark beeinflussen und zwar verfälschen, da bei ihnen eine Kompensation durch andere Sterne nicht angenommen werden kann und nachweisbar nicht eintritt. Bei der beinahe vollkommenen Unkenntnis der individuellen Entfernungen, der räumlichen und mechanischen Verhältnisse in unserem Sternsysteme ist es fast unmöglich eine scharfe Grenze anzugeben, welche die mitzunehmenden von den auszuschliessenden EB. trennt. Es ist dies glücklicherweise auch nicht notwendig, wenn man sich nur davor hütet den Mittelwerten eine größere Bedeutung zuzuerteilen, als sie verdienen. Sehr deutlich geht die Notwendigkeit solcher

Rücksichten hervor bei der soeben ausgeführten Mittelbildung. Schließt man nur drei Sterne aus, deren säkulare EB. $> 5^\circ$ 0, so erhält man die in Klammern beigefügten Werte für die Mittelzahlen. Die drei Sterne sind je ein Stern von der Größe 8^m5, 1^m und 9^m2 in den bezw. Stunden 13^h, 14^h und 17^h. Die solcher Gestalt gefundenen Mittelwerte zeigen nun eine geradezu bemerkenswerte Konstanz, vielleicht mit Ausnahme der Sterne von der Größe 8^m4, welche Abweichung indessen wohl durch die Entstehung des Materiales der EB. erklärlich sein dürfte und wesentlich durch die Anhäufung größerer positiver Eigenbewegungen in I und II (siehe unten) entstanden ist. Ich habe nun weiter die Mittelzahlen für alle Eigenbewegungen innerhalb der R.A.-Stunden 0^h–3^h, 3^h–6^h etc. gebildet oder, was dasselbe ist, das Mittel aus je drei aufeinanderfolgenden Stundenmitteln mit Rücksicht auf die Sternzahlen. So entstand folgende kleine Tabelle:

I	(2) $3^m 0 + 0^s 43$	(13) $5^m 5 + 0^s 04$	(34) $6^m 4 + 0^s 22$	(32) $7^m 4 + 0^s 22$	(47) $8^m 4 + 0^s 38$	(13) $9^m 1 + 0^s 47$
II	(11) $3.9 + 0.60$	(17) $5.3 + 0.40$	(50) $6.4 + 0.19$	(53) $7.4 + 0.05$	(40) $8.3 + 0.22$	(6) $9.0 + 0.21$
III	(4) $3.9 - 0.02$	(10) $5.6 - 0.16$	(35) $6.4 - 0.21$	(55) $7.4 - 0.19$	(38) $8.4 - 0.12$	(9) $9.1 + 0.11$
IV	(3) $2.9 - 1.34$	(5) $5.7 - 0.37$	(22) $6.5 - 0.48$	(42) $7.4 - 0.38$	(44) $8.3 - 0.20$	(3) $9.1 - 0.63$
V	(8) $4.2 - 0.86$	(8) $5.4 - 0.49$	(28) $6.4 - 0.32$	(46) $7.4 - 0.27$	(56) $8.5 - 0.38$	(9) $9.0 - 0.42$
VI	(8) $4.1 - 0.04$	(9) $5.4 - 0.26$	(53) $6.4 - 0.26$	(38) $7.3 - 0.29$	(35) $8.3 - 0.23$	(6) $9.1 0.00$
VII	(8) $3.9 - 0.02$	(18) $5.7 - 0.21$	(58) $6.5 - 0.05$	(60) $7.3 - 0.02$	(50) $8.4 - 0.02$	(7) $9.1 - 0.76$
VIII	(2) $4.2 + 0.38$	(9) $5.5 + 0.23$	(48) $6.5 + 0.13$	(37) $7.3 - 0.12$	(46) $8.4 + 0.19$	(16) $9.2 - 0.04$

Neben den mittleren Eigenbewegungen sind die mittleren Helligkeiten, die RA.-Stunden durch I (0^h-3^h), II (3^h-6^h) etc. und die Anzahl der mitstimmenden Sterne in Klammern mit angeführt. Die genannten drei Sterne mit abnorm großer EB. sind fortgelassen worden.

Die einfachen Mittel aus den vertikal stehenden Zahlen sind in der folgenden Zusammenstellung unter (A) angegeben.

	A	U	G	B
$3^m 9$	$-0^s 11$	$-0^s 12$	$-0^s 10$	$-0^s 11$
5.5	-0.10	-0.21	0.00	-0.10
6.4	-0.10	-0.09	-0.11	-0.09
7.4	-0.12	-0.07	-0.18	-0.14
8.4	-0.02	-0.04	0.00	-0.05
9.1	-0.13	-0.15	-0.12	-0.13

Die Zahlen A zeichnen sich, wie vorauszusehen, wieder durch eine bemerkenswerte Beständigkeit, wieder mit derselben Ausnahme, aus. Die absoluten Mittelwerte sind aber gegen früher zurückgegangen und beweisen, daß eine andere Zusammenfassung merkliche Veränderungen hervorbringt; es beweist das, daß die Zahl der Sterne doch noch nicht ausreicht ganz zuverlässige Mittelwerte zu bilden. Das wird aber niemanden überraschen, der ähnliche Zusammenfassungen einmal ausgeführt hat. Es zeigt sich dabei immer, daß die EB. die Tendenz haben, auf enger begrenzten Himmelsteilen sich um gewisse verschiedene Mittelwerte zu gruppieren, also eine systematische Abhängigkeit vom Orte aufzuweisen.

Die aus den ungeraden Zonen I, III etc. und ebenso aus den geraden gebildeten Mittel sind unter U und G angegeben und zeigen bei den Sternen $5^m 5$ und $7^m 4$ recht bedeutende Verschiedenheiten. Schließlich wurden noch sechs besonders starke Eigenbewegungen (jetzt also im ganzen 9) ausgeschlossen, nämlich solche $> 3^s 0$. Sie gehören zu einem Stern 6^m in 15^h , zwei Sternen 7^m in 1^h und 13^h , drei Sternen 8^m in 1^h , 2^h und 23^h . Es ergeben sich die Zahlen B. Die geringen Abweichungen in diesen Zahlen dürften in keiner Weise auffallen, auch scheint es sehr wahrscheinlich, daß sie mit der Vergrößerung der Anzahl der Sterne noch mehr ausgeglichen werden, doch ist das, wie oben bemerkt, keineswegs eine sicher zu erwartende Tatsache.

In jedem Falle geben die erhaltenen Zahlen keine Veranlassung sich mit ihnen weiter zu beschäftigen und sicher enthalten sie auch nicht den mindesten Anlaß, das Vorhandensein einer Rotation der hellen Sterne gegen die schwächeren zu vermuten.

Ich komme nun wieder auf die Resultate des Herrn Gill zurück. Auf Grund der vorstehenden Erörterungen würde man sie doch anders zu interpretieren haben, als Herr Gill tut, und wie dies zu geschehen hätte, dürfte klar vorgezeichnet sein. Nun sind aber auch gegen die Resultate des Herrn

Gill von rein formalem Standpunkte aus gewichtige Einwendungen zu erheben und dies in Verbindung mit der Wichtigkeit des Gegenstandes veranlaßt mich darauf mit einigen kurzen Bemerkungen einzugehen, obwohl die in Aussicht gestellte Publikation des Herrn Gill noch nicht vorliegt und diese vielleicht manche Aufklärung im einzelnen bringen wird.

Herr Gill verglich 61 Sterne, die in Newcombs Fundamentalkatalog (N, 1900) und im Kapkataloge von 1880 (C_{1880}) vorkommen, dann 21 Sterne, in N und C_{1900} , ferner 62 Sterne in Taylor und N und schließlich Taylor mit C_{1900} . So fand sich im Mittel:

	m. Gr.	Anz.	
$N - C_{1880} = +0^s 055$	$3^m 8$	61	(1)
$C_{1900} - N = +0^s 044$	4.2	21	(2)
$N - \text{Tayl.} = -0^s 096$	3.8	62	(3)

Hieraus leitet er die folgenden Differenzen ab:

$$C_{1900} - C_{1880} = +0^s 099, \quad 4^m 0 \quad (4)$$

$$C_{1900} - \text{Tayl.} = -0^s 052, \quad 4.0 \quad (5)$$

Die direkten Vergleichen der beiden Kapkataloge untereinander und mit Taylor hatten ergeben:

	Gr.	Anz.	
$C_{1900} - C_{1880} = +0^s 011$	$6^m 8$	681	} (6)
$= -0^s 014$	7.9	813	
$C_{1900} - \text{Tayl.} = -0^s 188$	$5^m 8$	218	
$= -0^s 315$	7.4	472	

Nach den nicht mißzuverstehenden Angaben des Herrn Gill sind die Vergleichen (1) und (2) so gemacht, daß bei ihnen die Positionen für 1900 direkt aus N entnommen, die für 1880 mit den angegebenen EB. aus den Katalog-örtern N berechnet worden sind »employing Newcombs precessions and proper motions.« Nimmt man aber, wozu man jedenfalls berechtigt ist, an, daß die EB. von Newcomb überaus nahe richtig sind, dann stellen die Gleichungen (1) und (2) und die aus ihnen durch Addition hervorgegangene Gleichung (4) nur eine Beziehung zwischen den beiden Kapkatalogen dar, die von den EB. gänzlich unabhängig ist. Da im Gegenteil die Vergleichen (6) »without any proper motions« angestellt sind, also sowohl die konstanten Beziehungen der Kataloge als auch den Mittelwert der 20-jährigen EB. der verglichenen Sterne in RA. enthalten, so sind (4) und (6) gar nicht vergleichbar und Herr Gill hätte aus diesen Zahlen nicht folgern dürfen, daß die Sterne 8. Größe ihre Rektaszension im Mittel in 20 Jahren um $-0^s 11$ gegenüber den Sternen 4. Größe geändert hätten. Wie schon gesagt, lassen die Worte des Herrn Gill keinen Zweifel über das

begangene Versehen, was schon daraus hervorgeht, daß nirgends vom Betrage der Newcombschen EB. gesprochen wird. Man könnte übrigens schon zweifelhaft sein, ob die Vergleichen (1) und (2), da sie auf einer so kleinen und was besonders wichtig ist, in beiden Fällen verschiedenen (21 und 62) Anzahl von Sternen beruhen, ein genügend sicheres Additionsresultat ergeben. Ich habe indessen die Vergleichen (1) noch einmal wiederholt, die Mittelzahlen auf verschiedene Art kombiniert und die Überzeugung gewonnen, daß jede der Zahlen (1) und (2) bis auf 0.01 bis 0.02 gesichert sein dürfte, was für die hohe Genauigkeit des Kapkataloges ein glänzendes Zeugnis bildet. Man wird demnach (4) bis auf vielleicht 0.02 bis 0.03 als richtig bezeichnen dürfen. Will man nun (4) mit (6) in Vergleich bringen, so muß zu (4) erst die mittl. 20-jährige EB. der benutzten Sterne in RA. addiert werden. Diese ist, wie ja a priori zu erwarten war, durchaus keine verschwindende Größe. Zu diesem Zwecke habe ich für alle Sterne von Newcomb zwischen -40.0 und -52.0 die EB. entnommen und in Mittel vereinigt. Unter diesen 61 Sternen kommt aber einer — e Eridani — mit der ganz abnorm großen säkularen EB. von 28.1 vor, die 14 mal so groß ist, als die größte der andern. Nach den oben gemachten Bemerkungen muß dieser Stern selbstverständlich ausgeschlossen werden. Es bleiben so 60 Sterne übrig und diese geben im Mittel für die 20-jährige EB.: -0.048 , -0.056 bzw. -0.037 , je nachdem man das einfache Mittel der 60 Werte nimmt, oder zuerst 24 Stundenmittel und aus ihnen das einfache bildet, oder schließlich die mit Rücksicht auf die Anzahlen gebildeten Mittel für die acht Oktanten in ein einfaches Mittel vereinigt. Es soll der mittlere Wert -0.056 als der brauchbarste acceptiert werden. Wenn man nun (4) als ganz richtig annimmt, so ergibt sich jetzt die Gegenüberstellung:

$$\left. \begin{aligned} C_{1900} - C_{1880} &= +0.043 & 4^m 0 \\ &= +0.011 & 6.8 \\ &= -0.014 & 7.9 \end{aligned} \right\} (7)$$

wodurch die von Herrn Gill gefundenen Anomalien auf die Hälfte ihrer Beträge reduziert werden. Den anscheinend regelmäßigen Verlauf der Zahlen (7) wird man aber, wenn nicht ganz neue Untersuchungen angestellt werden, nicht die mindeste Bedeutung zuerkennen, denn die erste Zahl $+0.043$ ist schon oben als mit einer Unsicherheit von 2 bis 3 hundertstel Sekunde behaftet bezeichnet worden. Dazu kommt

noch, daß das Mittel der EB. der 60 Sterne nicht unwesentlich von dem der 21 Sterne abweichen kann, was ohne die Vorlage des bisher unpublizierten Kataloges C_{1900} nicht näher untersucht werden kann. Jedenfalls gibt (7), besonders im Zusammenhange mit den oben ausgeführten allgemeinen Betrachtungen, nicht den mindesten Anlaß zu weitgehenden Spekulationen.

Ähnliche Bemerkungen, wie sie sich auf (4) bezogen, sind nun auch in bezug auf (5) zu machen. Denn (5) ist, wie man aus den Erläuterungen des Herrn Gill schließen muß, *) auf ähnliche Weise entstanden wie (4). Nur kommt hier noch hinzu, daß der Katalog Taylor voraussichtlich dem Kapkataloge weit an Genauigkeit nachstehen wird und außerdem die Rückrechnung mit dem Newcombschen EB. auf eine so entlegene Zeit notwendigerweise Ungenauigkeiten hervorbringen muß, namentlich in diesen südlichen Teilen des Himmels, welcher letzterer Umstand indessen zuletzt wieder kompensiert wird. Die Zahl -0.052 in (5) wird demnach recht unsicher sein, worüber sich aber etwas Näheres ohne die einzelnen Vergleichen zu haben, nicht sagen läßt. Jedenfalls hat man zu (5) noch das Mittel der Eigenbewegung der angewandten Sterne in 65 Jahren, das ist nach der obigen Ermittlung -0.182 , zu addieren und kommt so zu der Gegenüberstellung:

$$\begin{aligned} C_{1900} - \text{Tayl.} &= -0.234 & 4^m 0 \\ &= -0.188 & 5.8 \\ &= -0.315 & 7.4 \end{aligned}$$

und wenn man von einer konstanten Korrektur absieht:

$$\begin{aligned} C_{1900} - \text{Tayl.} &= 0.000 & 4^m 0 \\ &= +0.046 & 5.8 \\ &= -0.081 & 7.4 \end{aligned}$$

Auf eine Erklärung dieser Differenzen, die den systematischen Verlauf vollständig verloren haben, einzugehen, dazu liegt keine Veranlassung vor. Ich möchte mir nur erlauben darauf hinzuweisen, daß die Prüfung der Richtigkeit seiner Ansichten, die Herr Gill durch Reduktion von C_{1880} auf C_{1900} mit den aus Taylor und C_{1900} abgeleiteten Eigenbewegungen herstellt, schon deshalb wenig beweiskräftig zu sein scheint, weil die Differenzen $C_{1900} - \text{Taylor}$ nur mit dem Faktor $1:3\frac{1}{4}$ multipliziert eingehen. Jedenfalls darf man wohl behaupten, daß es Herrn Gill nicht gelungen ist seine Thesis zahlenmäßig festzustellen.

München, 1903 Januar 31.

H. Seeliger.

*) Ich habe inzwischen die Vergleichen der neuen Ausgabe des Taylorschen Kataloges mit N wiederholt und diese hat die Richtigkeit der obigen Auffassung und damit die Unrichtigkeit des Verfahrens des Herrn Gill über jeden Zweifel erhoben. 60 gemeinschaftliche Sterne innerhalb der Deklinationen -40° und -52° geben im Mittel: $N - \text{Tayl.} = -0.089$, wobei also die EB. tatsächlich eliminiert sind. Hierbei entsteht die Schwierigkeit, daß in den RA. 17^h bis 22^h vier sehr große Abweichungen — bis 0.6 — auftreten, die wohl nicht allein der Ungenauigkeit der Taylorschen Positionen sondern auch der Unsicherheit der EB. in N zur Last fallen. Schließt man diese vier abnormen Abweichungen und ferner den obigen Bemerkungen gemäß den Stern e Eridani aus, so bleiben 55 Sterne übrig, für welche der Mittelwert $N - \text{Tayl.} = -0.093$ wird, also sehr nahe übereinstimmend mit der Angabe des Herrn Gill. Das Mittel der 65-jährigen EB. dieser 55 Sterne ist -0.177 . Es ergibt sich so sehr nahe dasselbe Resultat wie oben, nämlich $C_{1900} - \text{Tayl.} = -0.226$, $4^m 0$. [Anmerkung bei der Korrektur].

Planet (130) Elektra. Ich fand nachträglich mit dem Stereokomparator den Planeten (130) Elektra:

1901 April 21 $11^h 38^m$ Kgst. $\alpha = 11^h 41^m 20.5$ $\delta = +19^\circ 56' 26''$ Äqu. 1875.0 Gr. 11.8.

Derselbe stand 1901 April 9 10 7 » $\alpha = 11^h 47^m 2$ $\delta = +19^\circ 14$ » 1875.0.

Die Position 1901 April 21 ist mit dem Stereokomparator mit rechtwinkligen Koordinaten ausgemessen. M. Wolf.