Ueber die Bestimmung der Aberrationsconstanten aus Rectascensionsbeobachtungen des Polarsterns.

Von Dr. Fritz Cohn.

Zu den zur Bestimmung der Aberrationsconstanten geeigneten Methoden gehört bekanntlich auch die der Rectascensionsbeobachtungen von Polsternen. Allerdings konnte dieselbe erst mit Erfolg zur Anwendung gelangen, seitdem der schon von Bessel dagegen gerichtete Einwand, dass sie zu sehr von den täglichen Bewegungen des Instruments abhängig sei, durch die Einführung von Miren (in consequenter Weise wohl zuerst in Pulkowa angewendet) im Wesentlichen gegenstandslos geworden war. So hat denn auch Nyrén in seiner »L'aberration des étoiles fixes«, Petersburg 1883, neben den aus anderen Pulkowaer Beobachtungsreihen abgeleiteten Werthen der Aberrationsconstanten auch die in den Jahren 1861–72 von Wagner beobachteten Rectascensionen von Polsternen mit gutem Erfolge bei der Bestimmung dieser Constanten verwerthet, nachdem schon früher Lindhagen die analogen Beobachtungen Schweizer's von 1842–44 in gleicher Weise bearbeitet hatte. Seitdem scheint diese Methode, besonders seit die Verwerthung der Talcott-Horrebrow Methode nach Küstner so günstige Aussichten eröffnete, mehr ins Hintertreffen gerathen zu sein. Ganz neuerdings ist nun Herr Chandler ¹⁾ im Interesse einer vielseitigeren Bestimmung jener wichtigen Constanten für diese Methode wieder eingetreten und hat die erwähnten Beobachtungsreihen einer erneuten Berechnung unterzogen, dabei aber einen Einwand gegen die von Lindhagen und Nyrén angestellten Berechnungen erhoben, der, wenn berechtigt, die Anwendbarkeit der Methode sehr in Frage stellen und so gerade den von Chandler erstrebten Zweck vereiteln würde.

Chandler sagt nämlich, dass zwar die Elimination der instrumentellen Fehlerquellen durch die Pulkowaer Miren-Einrichtung ermöglicht und thatsächlich in befriedigender Weise erreicht sei, dass dies aber mit den individuellen Fehlerquellen nicht ebenso sei. Als solche führt er einen persönlichen Auffassungsunterschied an, wie er theils durch den verschiedenen Anblick der Sterne und des Hintergrundes bei Tage und bei Nacht, theils durch die verschiedene Richtung der scheinbaren Bewegung in oberer und unterer Culmination entstehen könne, und sucht nachzuweisen, dass derselbe bei Ableitung des Werthes der Aberrationsconstanten in Rechnung gezogen werden müsse, da er diesen Werth merklich beeinflussen könne. Er thut das, indem er die erwähnten Beobachtungen der Jahreszeit nach in zwei Theile zerlegt (Januar–Juni, Juli–December), in denen der Polarstern unter wesentlich verschiedenen Bedingungen culminire;

in der ersten Jahreshälfte fällt die obere Culmination in den Tag oder helle Dämmerung, in der zweiten in Nacht oder schwache Dämmerung. Er führt daher in die Bedingungengleichungen neben der Aberrationsconstanten und der Parallaxe zwei verschiedene Ephemeridencorrectionen für die beiden Jahreshälften ein, um so die erstere wenigstens angenähert von jenem Fehler, der sie augenscheinlich, wenn er reell wäre, stark beeinflussen müsste, zu befreien.

Was zunächst die Möglichkeit der ersten Fehlerquelle betrifft, so ist dagegen natürlich nichts einzuwenden. Ich selbst hatte bei der Neureduction älterer Bessel'scher Beobachtungen gefunden, dass die aequatornahen Fundamentalsterne einen systematischen Auffassungsunterschied bei Tage und bei Nacht aufweisen und habe darüber u. A. auf dem vorjährigen Congress der A. G. zu Budapest berichtet. Ich hatte mich auch mit der Frage eines analogen Verhaltens der Polarsternbeobachtungen und seines Einflusses auf die Reductionselemente beschäftigt, ohne aus dem in dieser Beziehung recht primitiven Material Sicheres folgern zu können. Indessen schloss ich ganz abweichend von Chandler, dass eine solche Fehlerquelle auf die Bestimmung der Aberrationsconstanten ganz ohne Einfluss sein, aber in die uns hier nicht weiter interessirende Parallaxe des Polarsterns mit grossem Gewicht eingehen würde, und dies bestimmt mich hier auf diese Frage noch näher einzugehen.

Chandler führt ausserdem als mögliche Fehlerquelle noch die verschiedene Bewegungsrichtung bei oberer und unterer Culmination an. Dass auch diese Fehlerquelle vorstellbar ist, soll im Hinblick auf manche anderen merkwürdigen Erfahrungen über persönliche Fehler nicht gerade geleugnet werden, wenn auch besonders angesichts der so langsamen Bewegung des Polarsterns dafür nur schwer ein Grund einzusehen sein dürfte. Meines Wissens ist jedenfalls ein solcher Einfluss der Bewegungsrichtung bisher nirgends nachgewiesen. Hingegen haben zwei thatsächliche Untersuchungen an künstlichen Sternen nichts Verdächtiges ergeben. Zunächst hat Wagner selbst gelegentlich der Beobachtungen zu seinem Catalog für 1865 seinen persönlichen Fehler an künstlichen Sternen, und zwar auch in seiner Abhängigkeit von der Bewegungsrichtung untersucht. Seine allerdings nicht sehr zahlreichen Beobachtungen geben eine recht gute Uebereinstimmung der bei beiden Bewegungsrichtungen erhaltenen Werthe, wie die folgende Zusammenstellung zeigt: ²⁾

¹⁾ Astr. Journ. Vol. XIX, No. 444, Determination of the Aberration-Constant from Right-Ascensions.

²⁾ Observations de Poulkova, Vol. XII, p. (60) — (64).

Bewegung von links nach rechts			Bewegung von rechts nach links		
δ	Aug. und Ohr	Registrirt	δ	Aug. und Ohr	Registrirt
85° 32'	-0.03 (3)	-0.14 (3)	85° 58'	+0.06 (7.5)	-0.29 (7.5)
86 27	-0.04 (7)	-0.31 (7)	88 12	+0.13 (8)	-0.33 (8)
88 22	+0.20 (7.5)	-0.32 (7 ¹ / ₃)	89 1	+0.40 (8)	-0.11 (8)
89 1	+0.37 (7)	-0.17 (7)			

Aehnlich ist der Sachverhalt bei den Beobachtungen, die in Leiden zur Bestimmung der absoluten persönlichen Gleichung in den Jahren 1885–87 von zahlreichen Beobachtern angestellt sind (Bd. VII der Leidener Annalen); nur bei einem Beobachter (Kapteyn) scheint der Verdacht eines solchen Auffassungsunterschiedes begründet.

Aber wenn wir auch einen solchen Auffassungsunterschied von Tag- und Nachtbeobachtungen einerseits, von oberer und unterer Culmination andererseits anerkennen, so genügt das noch keineswegs, um den von Chandler angenommenen Effect hervorzurufen; vielmehr müssen beide noch in der Weise zusammenwirken, dass der von der Bewegungsrichtung abhängige Unterschied am Tage und in der Nacht ein anderer oder, was dasselbe ist, der Unterschied von Tag- und Nachtbeobachtungen für obere und untere Culmination ein anderer ist. Denn da eine Polarsternrectascension (d. h. eine Ephemeridencorrection) thatsächlich auf einer Verbindung von oberer und unterer Culmination beruht und zu den Zeiten der Aberrationsextreme die eine Culmination auf den Tag, die andere in die Nacht fällt, so werden jene beiden Fehlerquellen die resultirenden Polarsternrectascensionen in beiden Jahreszeiten um den gleichen Betrag fälschen, was auf die Aberrationsconstante ohne jeden Effect ist. Bezeichnen wir mit a_o und b_o den persönlichen Fehler der oberen, mit a_u und b_u den der unteren Culmination bei Tage und bei Nacht, so werden die Polarsternrectascensionen im Frühjahr um $\frac{1}{2}(a_o + b_u)$, im Herbst um $\frac{1}{2}(a_u + b_o)$ fehlerhaft; ihr Unterschied, der allein in die Bestimmung der Aberrationsconstanten eingeht, ist:

$$\frac{a_o - a_u}{2} - \frac{b_o - b_u}{2} = \frac{a_o - b_o}{2} - \frac{a_u - b_u}{2},$$

d. h. gleich dem halben Unterschiede des Effects der Bewegungsrichtung bei Tage und bei Nacht. Dass eine solche Grösse aber einen merklichen Betrag erreichen sollte, dürfte wohl unwahrscheinlich sein.¹⁾ Uebrigens ist auch gar nicht anzunehmen, dass Chandler's Einführung zweier Ephemeridencorrectionen für die beiden Jahreszeiten auf solche Erwägungen gegründet worden ist. Es scheint mir vielmehr, dass er das Zusammenwirken von Beobachtungen in oberer und unterer Culmination nicht berücksichtigt oder individuelle und instrumentelle Fehler in ihrem Effect für gleichartig angesehen hat, was besonders deutlich aus seinen Schlussätzen hervor-

geht. Er leitet daselbst den Einfluss irgend einer täglich-periodischen Schwankung sei es des Instruments, sei es der persönlichen Gleichung in eins ab, obwohl der Effect beider Ursachen ein ganz verschiedener ist. Eine täglich-periodische Schwankung des Instruments, deren Extreme auf Mittag und Mitternacht fallen, geht, wenn sie nicht berücksichtigt wird, völlig in die Bestimmung der Aberrationsconstanten ein, eine analoge Schwankung der persönlichen Gleichung ist ganz ohne Einfluss auf sie.

Damit scheint mir mein nächster Zweck erreicht und nachgewiesen zu sein, dass die Einwände Chandler's, die sich zwar nicht direct gegen die Methode selbst richten, thatsächlich aber ihre Brauchbarkeit stark beeinträchtigen würden, wohl als unbegründet bezeichnet werden können und sich gerade diese Methode als möglichst frei von individuellen Fehlern erweist. Es erscheint mir dies deshalb besonders werthvoll, weil es bedeutend schwieriger ist, den Einfluss individueller als den instrumenteller Fehler zu beseitigen.²⁾

Danach läge nun zwar zu einer weiteren Verfolgung der Chandler'schen Rechnungen kein Grund vor, indessen dürfte es doch von Interesse sein zu zeigen, dass auch seine Resultate, die er als eine Bestätigung seiner Ansicht auffasst, thatsächlich nichts dafür beweisen können. Dabei möchte ich hier einige Worte über das Beobachtungsmaterial und seine bisherige Bearbeitung zur Orientirung hinzufügen.

Lindhagen hat (De numero constante aberrationis etc., Petersburg 1849) für jede einzelne Schweizer'sche Polarsternbeobachtung die entsprechende Bedingungsgleichung aufgestellt, während Nyren in seiner oben erwähnten Schrift die Wagner'schen Beobachtungen unter Hinzunahme von δ Urs. min. und 51 Hev. Cep. in Halbmonatsmittel (I. Auge- und Ohr-, II. Registrirbeobachtungen) zusammenfasst. Chandler hat sich unter Vereinfachung der Gewichtszahlen und unter Beschränkung auf α Urs. min. an diese Bearbeitungen gehalten und auch die Schweizer'schen Beobachtungen in Halbmonatsmittel vereinigt. Die Originalbeobachtungen, die in ihrer Endform den betreffenden Bearbeitern noch nicht vorlagen, sind in Vol. III und XII der Pulkowaer Publicationen gegeben, weichen aber nur im Falle Schweizer's infolge theilweise anderer Reduction von jenen merklich ab. Die Bedingungsgleichungen, die sonst nur die Aberrationsconstante k , die Parallaxe π und die Ephemeridencorrection $\Delta\alpha$ enthalten, löst Chandler nun mit zwei für die beiden Jahreshälften verschiedenen $\Delta\alpha$ auf. Da aber diese Einführung eines Rectascensionsunterschiedes in beiden Jahreshälften zu gleichartig

¹⁾ Um ganz sicher zu gehen, würde man bei einer zukünftigen Beobachtungsreihe ein Reversionsprisma in Anwendung bringen können.

²⁾ Schon Gill hat in seinem grossen Werke über die Bestimmung der Sonnenparallaxe aus Heliometerbeobachtungen von kleinen Planeten in seinen Schlussfolgerungen (Annals of the Cape Obs; Vol. VI, Part. VI p. 22) gegen diese Methode eingewendet, dass sie einem etwaigen Auffassungsunterschied von Tag- und Nachtbeobachtungen ausgesetzt sei, und Nyren hat schon Veranlassung genommen (Bull. Ast. T. XIV, Sur les déterminations de la constante de l'aberration exécutées à Poulkova, p. 8) diesen Irrthum zu berichtigen.

mit der Aberration wirkt, als dass sie sich scharf davon trennen lassen sollte, so sind starke mittlere Fehler der Resultate zu erwarten. Ich schreibe nach Chandler's Arbeit die Differenz der beiden Ephemeridencorrectionen, sowie die Unterschiede hin, die ihre Einführung (gegenüber der ungetrennten Auflösung) in k und π verursacht, füge aber noch die mittleren Fehler hinzu, die Chandler nicht angibt:

	$\Delta_1\alpha - \Delta_2\alpha$	Δk	$\Delta\pi$
Schweizer	$+0^s.28 \pm 0^s.18$	$+0^s.073 \pm 0^s.062$	$0^s.000$
Wagner I	$+0.11 \pm 0.14$	$+0.029 \pm 0.050$	$+0.003$
Wagner II	$+0.15 \pm 0.14$	$+0.039 \pm 0.051$	$+0.003$

Nur allenfalls bei Schweizer übersteigen die gefundenen Werthe die Grenzen der Ungenauigkeit, die ihnen nach ihren mittleren Fehlern zukommen. Zugleich zeigt sich, dass, wenn man in dieser Weise den von Chandler angenommenen Fehler eliminiren wollte, die Bestimmung von k mit einem derartig grossen mittleren Fehler behaftet sein würde, dass die ganze Methode kaum noch brauchbar genannt werden könnte. Noch schärfer zeigt sich der rein rechnungsmässige Charakter der Chandler'schen Resultate darin, dass die mittleren Fehler der Gewichtseinheit durch Chandler's Einführung von

$$\begin{array}{ll} \pm 0^s.385 & \pm 0^s.383 \\ \pm 0.380 & \text{in } \pm 0.386 \\ \pm 0.420 & \pm 0.423 \end{array}$$

übergehen, also absolut keine Verbesserung, sondern eher eine Verschlechterung der Darstellung der Beobachtungen

$$\left. \begin{array}{l} 76 \Delta\alpha - 26.67 d\dot{k} + 54.88 \pi + 13 u = + 0^s.03 \\ - 26.67 \Delta\alpha + 247.79 d\dot{k} - 1.19 \pi - 7.01 u = + 12.35 \\ + 54.58 \Delta\alpha - 1.19 d\dot{k} + 155.88 \pi + 30.20 u = + 5.30 \\ 13 \Delta\alpha - 7.01 d\dot{k} + 30.20 \pi + 7.5 u = + 0.80 \end{array} \right\} \text{Schweizer}$$

$$\left. \begin{array}{l} 362.0 \Delta\alpha - 168.0 d\dot{k} + 295.7 \pi + 71.1 u = + 53^s.94 \\ - 168.0 \Delta\alpha + 1231.2 d\dot{k} - 271.5 \pi - 68.3 u = + 3.95 \\ 295.7 \Delta\alpha - 271.5 d\dot{k} + 1054.0 \pi + 205.8 u = + 50.97 \\ 71.1 \Delta\alpha - 68.3 d\dot{k} + 205.8 \pi + 45.8 u = + 14.38 \end{array} \right\} \text{Wagner I}$$

$$\left. \begin{array}{l} 415.0 \Delta\alpha - 35.5 d\dot{k} + 299.9 \pi + 77.9 u = + 6^s.84 \\ - 35.5 \Delta\alpha + 1443.0 d\dot{k} - 336.1 \pi - 58.4 u = + 49.92 \\ 299.9 \Delta\alpha - 336.1 d\dot{k} + 1186.9 \pi + 212.0 u = + 8.74 \\ + 77.9 \Delta\alpha - 58.4 d\dot{k} + 212.0 \pi + 46.5 u = + 7.32 \end{array} \right\} \text{Wagner II}$$

Ihre Auflösung ist in der folgenden Zusammenstellung unter I und II gegeben, wobei die Columnne I, in der $u = 0$ gesetzt ist, nur den Zweck hat, zu zeigen, dass die Auslassung einiger Halbmonate die unter Lindhagen-Chandler und Nyrén gegebenen früheren Resultate nur unwesentlich beeinflusst:

Schweizer.

	Lindhagen-Chandler	I	II
$\Delta\alpha$	$+0^s.005$	$-0^s.009$	$-0^s.012$
$d\dot{k}$	$+0^s.047$	$+0^s.049$	$+0^s.051$
π	$+0.032$	$+0.037$	$+0.021$
u	—	0	$+0^s.090 \pm 0^s.348$

bedeuten. Danach kann man auch aus den Chandler'schen Resultaten schliessen, dass eine solche Fehlerquelle nicht vorhanden, jedenfalls nicht nachweisbar ist.

Ich selbst machte nun den Versuch, dasselbe Material auf einen etwaigen Auffassungsunterschied von Tag- und Nachtbeobachtungen hin, gegen dessen Realität ja nach dem Obigen die Ergebnisslosigkeit der Chandler'schen Rechnung nichts beweist, zu discutiren, obwohl ein solcher nach einer einfachen Ueberlegung nur schwer von der Parallaxe zu trennen sein konnte. Beachtet man nämlich das Zusammenwirken von oberer und unterer Culmination, so wird ein solcher Auffassungsunterschied u bewirken, dass die erhaltenen Rectascensionen zu den Zeiten, da beide Culminationen auf den Tag, resp. beide in die Nacht fallen, um $+ \frac{1}{2}u$ resp. $- \frac{1}{2}u$ von den Werthen in den dazwischenliegenden Jahreszeiten abweichen, in denen die eine Culmination auf den Tag, die andere in die Nacht fällt. Nach einem ungefähren Ueberschlag fallen nun in Pulkowa beide Culminationen auf den Tag von Mitte Mai bis Mitte August, in die Nacht von Anfang December bis Ende Januar, während die parallaktischen Maximalwirkungen Anfang Januar und Anfang Juli eintreten. Ich fügte demnach den erwähnten Bedingungs-gleichungen — und zwar im Falle Schweizer's den Chandler'schen, im Falle Wagner's den Nyrén'schen Gleichungen — in den Halbmonaten Mai_{II} — August_I: $+ \frac{1}{2}u$, December_{II} und Januar_I: $- \frac{1}{2}u$ hinzu und liess die Halbmonate Mai_I, December_I, Januar_{II} als Uebergangsperioden ganz aus. Ich setze die Normalgleichungen hierher:

Wagner I.

	Nyrén	I	II
$\Delta\alpha$	$+0^s.155$	$+0^s.151$	$+0^s.127$
$d\dot{k}$	$+0^s.033$	$+0^s.027$	$+0^s.032$
π	$+0.016$	$+0.013$	-0.090
u	—	0	$+0^s.568 \pm 0^s.336$

Wagner II.

	Nyrén	I	II
$\Delta\alpha$	$+0^s.027$	$+0^s.007$	$-0^s.050$
$d\dot{k}$	$+0^s.044$	$+0^s.039$	$+0^s.038$
π	$+0.005$	$+0.017$	-0.112
u	—	0	$+0^s.800 \pm 0^s.280$

Während also die Schweizer'schen Beobachtungen ein verschwindendes μ ergeben, nimmt es bei den beiden Wagner'schen Reihen sehr beträchtliche Werthe an, die ihre mittleren Fehler weit übersteigen. Auch die Darstellung der Beobachtungen wird eine wesentlich günstigere, indem der mittlere Fehler der Gewichtseinheit von: ± 0.782 , resp. ± 0.856 in ± 0.746 , resp. ± 0.734 übergeht. Trotzdem möchte ich aus verschiedenen Gründen auch dieses Resultat nicht für reell ansehen, insbesondere da sich für die Parallaxe ein ausgesprochen negativer Werth ergibt, sondern nur als einen Beweis dafür, dass in dem benutzten Beobachtungsmaterial noch andere, unberücksichtigte, mit der Jahreszeit veränderliche Fehlerquellen vorhanden sind.

Um einen hiervon möglichst freien Werth der Aberrationsconstanten zu erhalten, schien es mir nun rathsam, das Beobachtungsmaterial noch in etwas anderer Weise, als Lindhagen und Nyren gethan haben, zu seiner Bestimmung zu verwerthen, indem ich nur die um die beiden Aberrations-extreme gelegenen Beobachtungen mit einander verband. Wenn man im Allgemeinen aus einer Reihe beobachteter Werthe den Betrag einer periodisch wirkenden Ursache zu bestimmen hat, wird man allerdings nicht nur die beiden Extreme mit einander verbinden, sondern auch alle dazwischenliegenden Beobachtungen verwerthen. Neben der durch die Vergrößerung des Materials erhöhten Genauigkeit des Resultats

wird man, insbesondere wenn die extremen Beobachtungen unter verschiedenen Umständen stattfinden, die das Auftreten systematischer Fehler befürchten lassen, aus der Darstellung der Zwischenbeobachtungen Schlüsse ziehen können. So wird es z. B. bei der Messung relativer Sternparallaxen die Zuverlässigkeit erhöhen, wenn man nicht nur zu den Zeiten der parallaktischen Extreme, sondern auch zu den neutralen Zeiten beobachtet, da die Messungen in den beiden Extremen in ganz anderen Stundenwinkeln erfolgen. Im vorliegenden Falle ist der Sachverhalt aber ein ganz anderer; gerade die Beobachtungen um die Zeit der Aberrationsextreme sind gleichartig, da sie um dieselben Tagesstunden stattfinden, während in den dazwischenliegenden Zeiten wesentlich andere Beobachtungsumstände vorliegen. Auch die Jahreszeiten sind bei dem Polarstern gleichartig (Frühling und Herbst), so dass man erwarten darf, durch Vergleich der Frühjahr- und Herbstbeobachtungen allein einen von individuellen und sonstigen uncontrollirbaren Fehlern möglichst freien Werth der Aberrationsconstanten zu erhalten. Aus diesen Gründen fasste ich in den drei wiederholt besprochenen Beobachtungsreihen die Monate März und April einerseits, September, October und (um das Material zu vermehren) die erste Hälfte November andererseits zusammen und erhielt so die folgende Verbesserung Δk der Struve'schen Aberrationsconstanten, denen ich die von Lindhagen und Nyren erhaltenen gegenüberstelle:

	Lindhagen resp. Nyren	Cohn	Diff.
Schweizer	$+0.053 \pm 0.019$	$+0.104 \pm 0.021$	$+0.051^1)$
Wagner I	$+0.033 \pm 0.021$	$+0.049 \pm 0.023$	$+0.016$
Wagner II	$+0.044 \pm 0.019$	$+0.065 \pm 0.021$	$+0.021$

Diese Werthe nähern sich stark den Chandler'schen, aber ohne dass seine Hypothese benutzt wird. Die Differenzen sind offenbar nicht unbedeutend und zeigen deutlich, dass in jenen Beobachtungsreihen thatsächlich systematisch wirkende Fehlerquellen vorhanden sind, welche die Bestimmung von k viel unsicherer gestalten, als es die abgeleiteten mittleren Fehler vermuthen lassen. Ein noch ungünstigeres Resultat erhielt ich bei dem Versuch, eine mögliche Fehlerquelle instrumenteller Art, die aus der ungleichen Vertheilung der oberen und unteren Culminationen bei den Wagner'schen Beobachtungen entstehen könnte, zu beseitigen, wiewohl sich diese selbst als unwesentlich ergab. Die Reduction der Pulkowaer Beobachtungen ist in der Weise durchgeführt, dass für gewisse Zeiträume das Azimuth der Miren aus dem Gesamtmaterial von Polsternbeobachtungen (α , δ , λ Urs. min. und 51 Hev. Cep.) ermittelt und für die Zwischenzeit mit zuweilen nothwendigen Interpolationen in Anwendung gebracht ist, wodurch jede einzelne Beobachtung des Polarsterns seine Rectascension giebt. Sind nun die oberen und unteren Culminationen nicht hinreichend gleichmässig vertheilt, so kann ein etwaiger Fehler im angewandten

Azimuth, der theils zufälliger Natur sein, theils thatsächlichen Aenderungen in dem betrachteten Zeitraum entspringen kann, merklichen Einfluss auf die abgeleiteten Rectascensionen haben.²⁾ Bei den Schweizer'schen Beobachtungen wechseln nun, wie ein Blick auf die Lindhagen'sche Zusammenstellung zeigt, obere und untere Culminationen sehr regelmässig ab; anders ist es mit den Wagner'schen Beobachtungen, die überhaupt, soweit es sich allein um Beobachtungen von α Urs. min. handelt, lückenhafter sind. Ich ging daher von den Halbmonatsmitteln der Nyren'schen Bearbeitung auf die Einzelwerthe Wagner's (Bd. XII der Pulk. Beob.) zurück und vereinigte möglichst direct obere und untere Culminationen mit einander; mehrere Beobachtungen der einen Art, denen keine der anderen Art in kürzerer Zeit entsprachen, wurden ausgeschlossen. Ferner konnte beim Vergleich der Werthe in Bd. XII, pag. (110)–(114) mit den Originaldaten in Bd. XI und XII eine Anzahl übersehener Beobachtungen bemerkt und hinzugefügt, sowie eine Anzahl Fehler verbessert werden.

Bei dieser Gelegenheit wurde nun eine Zerlegung der Wagner'schen Beobachtungen in zwei Gruppen ausgeführt, die durch eine grosse Lücke in denselben sich von selbst

¹⁾ Lindhagen findet eigentlich $\Delta k = +0.045$, aber als Correction des Ausgangswerthes 20.453 . Beiläufig ergab sich noch, wenn ich statt seiner Daten die in Bd. III der Pulkowaer Beobachtungen enthaltenen Ergebnisse der Schweizer'schen Beobachtungen benutzte, $\Delta k = +0.101$ in sehr naher Uebereinstimmung mit oben.

²⁾ Ist der oben besprochene Auffassungsunterschied von Tag- und Nachtbeobachtungen reell, so wird das Azimuth der Miren insofern davon mitbetroffen, als es aus α Urs. min. anders folgen kann als aus anderen Polsternen.

darbot. Brauchbare Auge- und Ohrbeobachtungen finden sich nämlich nur für 1861–63 und 1868–72 (und Herbst 1865), Registrirbeobachtungen von 1862–65 und 1867–72. Diese Zerlegung führte noch einen weiteren Vortheil mit sich. In der ersten Gruppe sind die Beobachtungen beider Art fast völlig unabhängig von einander, während in der zweiten bei fast jeder Beobachtung einige Fäden mit Auge und Ohr beobachtet, einige registrirt sind, sodass die instrumentellen Fehler bei beiden dieselben sind.

Wenn auch das Material sich schliesslich nicht als so reichhaltig erwies als ursprünglich angenommen wurde,¹⁾ so ist doch das überraschende Resultat, zu dem ich gelangte, wenn es auch mit stärkeren mittleren Fehlern behaftet ist, wohl ganz sichergestellt. Als Verbesserung der Struve'schen Aberrationsconstanten $20''.445$ ergab sich nämlich:

Auge- und Ohrbeobachtungen.

	Frühjahr		Herbst		Δk
	α	Gew.	α	Gew.	
1861–63	38 ^s 81	36.8	38 ^s 52	13.7	$-0''.061 \pm 0''.048^2)$
1868–72	38.32	48.7	38.87	34.5	$+0.112 \pm 0.033$

Registrirbeobachtungen.

	Frühjahr		Herbst		Δk
	α	Gew.	α	Gew.	
1861–65	39 ^s 06	35.6	38 ^s 97	63.2	$-0''.019 \pm 0''.031$
1867–72	38.69	53.6	39.39	32.8	$+0.143 \pm 0.033$

Die beiden Werthe der ersten Epoche sind dabei, wie schon bemerkt, fast völlig unabhängig von einander, während die der zweiten auf nahezu denselben Beobachtungen beruhen. Daher erscheint es rathsam, unter Berücksichtigung dieses Verhältnisses die beiden Beobachtungsarten mit einander zu vereinigen, indem man den Unterschied von $0''.424$, der sich sehr constant sowohl in den verschiedenen Jahreszeiten, als auch den verschiedenen Jahren zeigt, zur Hälfte an die betreffenden Werthe anbringt. Dabei wurden natürlich die Gewichte nicht einfach addirt, sondern nur eine geringe Vermehrung des Gewichts der Registrirbeobachtungen (auf das 1.2-fache) vorgenommen. Dann fand sich:

	Frühjahr		Herbst		Δk
	α	Gew.	α	Gew.	
1861–65	38 ^s 937	72.5	38 ^s 772	76.5	$-0''.035 \pm 0''.025$
1867–72	38.505	64.3	39.116	45.1	$+0.125 \pm 0.029$

Der Unterschied beider Werthe von Δk ist $0''.160$, mehr als viermal so gross als sein mittlerer Fehler $\pm 0''.038$. Einer

Abnahme des Werths von α um $0''.43$ im Frühjahr steht eine Zunahme von $0''.34$ im Herbst gegenüber, wobei der mittlere Fehler der einzelnen Werthe kleiner als $\pm 0''.10$ ist. Vielleicht noch deutlicher tritt die systematische Veränderung in den einzelnen Jahreswerthen hervor:

	Frühjahr		Herbst	
	α	Gew.	α	Gew.
1861	39 ^s 04	22.4	38 ^s 89	9.0
1862	39.08	10.0	38.67	13.2
1863	38.84	18.3	38.57	25.4
1864	38.74	15.3	39.14	9.2
1865	39.09	6.5	38.88	19.7
1866	—	—	—	—
1867	—	—	39.22	5.7
1868	38.24	17.3	39.08	10.5
1869	38.60	23.9	38.92	7.5
1870	38.35	8.7	39.41	13.0
1871	38.74	5.3	—	—
1872	38.75	9.1	38.81	8.4

oder:

	Frühjahr		Herbst		Diff.
1861–63	38 ^s 98	50.7	38 ^s 66	47.6	$+0''.32$
1864–65	38.85	21.8	38.96	28.9	-0.11
1867–69	38.45	41.2	39.06	23.7	-0.61
1870–72	38.60	23.1	39.18	21.4	-0.58

Dass die geringen Aenderungen im Beobachtungsmaterial und in seiner Zusammenfassung keinen merklichen Einfluss gehabt haben, zeigt sich, wenn man beide Gruppen vereinigt; man erhält:

	Frühjahr		1861–72 Herbst		Δk
	α	Gew.	α	Gew.	
Auge- u. Ohrbeob.	38 ^s 53	85.5	38 ^s 77	48.2	$+0''.050$
Registrirbeob.	38.84	89.2	39.11	96.0	$+0.056$

während sich oben (S. 184) $+0''.049$ und $+0''.065$ ergab.

Zunächst kann man hieraus entnehmen, dass die Pulkowaer Polarsternbeobachtungen systematischen Fehlern, und zwar im Laufe der Jahre veränderten, unterliegen und daher der Beitrag, den sie zur Bestimmung des Werthes der Aberrationsconstanten liefern, nicht so werthvoll ist, wie man bisher wohl annahm.³⁾

Welcher Art diese Fehler gewesen sind, wird sich natürlich nicht sicher feststellen lassen. Es wäre ja vielleicht doch denkbar, dass persönliche Fehler mitgespielt haben; indessen müsste man dann zu noch complicirteren Annahmen

¹⁾ Ein grosser Theil der Wagner'schen Polsternbeobachtungen bezieht sich eben nicht auf α Urs. min., sodass, während Schweizer in 20 Monaten 360 Polarsternbeobachtungen erzielte, Wagner in 12 Jahren nicht ganz 600 (1861–65: 335, 1866–72: 250) erhielt.

²⁾ Zieht man die isolirten Herbstbeobachtungen von 1865 (38^s65 13.8) hinzu, so folgt: $\Delta k = -0''.048 \pm 0''.038$.

³⁾ Fügt man den hier abgeleiteten Ergebnissen der Pulkowaer Rectascensionsbeobachtungen des Polarsterns noch zwei kürzere, bisher unberücksichtigt gebliebene, in Bd. III publicirte Beobachtungsreihen von Lindhagen und Wagner hinzu, so erhält man für Δk :

Schweizer	1842–44	$+0''.101$	5	Wagner	1861–65	$-0''.035$	4
Lindhagen	1848–50	-0.045	1	Wagner	1867–72	$+0.125$	3
Wagner	1851–53	-0.040	1		$\Delta k = +0''.047$		

Die Wahl der Gewichte entspricht sehr nahe den mittleren Fehlern, wobei allerdings das Auftreten systematischer Fehler nicht berücksichtigt werden konnte. Danach würde als Endresultat dieser Reihen $k = 20''.492$ anzusehen sein.

seine Zuflucht nehmen als schon vorhin. Wahrscheinlicher erscheint es mir, dass hier instrumentelle Fehler wirksam gewesen sind. Denn wenn wir auch die Bedenken, die in Betreff der individuellen Fehler gegen die Methode erhoben worden sind, als recht unwahrscheinlich hinstellen konnten, so lassen sich andere den Effect der instrumentellen Fehler betreffende nicht so leicht von der Hand weisen. Da die erforderlichen Polarsternrectascensionen nur durch Verbindung von oberen und unteren Culminationen, also durch Beobachtungen, die 12 Stunden aus einander liegen, erhalten werden können, werden sie durch unberücksichtigte instrumentelle Schwankungen täglicher Periode verfälscht werden. Fallen die Extreme dieser Schwankungen auf Mittag und Mitternacht, so vermischt sich ihr Effect ganz mit der Aberrationswirkung; eine Abhängigkeit von der Jahreszeit würde die Sachlage weiter compliciren.

Hiernach könnte es nun vielleicht scheinen, dass es die Methode ist, der diese unbefriedigenden Ergebnisse der werthvollen Pulkowaer Beobachtungen zur Last fallen, und dass sie daher zur Bestimmung der Aberrationsconstanten ungeeignet sei. Indessen ist dazu zweierlei zu bemerken. Herr Chandler, der infolge seiner vielfachen diesbezüglichen Arbeiten, insbesondere seiner Neuberechnung älterer Beobachtungsreihen, auf diesem Gebiete besonders erfahren ist, sagt neuerdings (Astr. Journal, Vol. XVIII, No. 427, p. 150. The Aberrationsconstant of the French Conference), dass er, je länger er sich mit den vielfachen Bestimmungen des Werthes der Aberrationsconstanten beschäftige, um so unsicherer über ihren wahren Werth geworden sei und nur glaube, dass er zwischen $20''.48$ und $20''.58$ liege. In der That genügt ein Blick auf die Zusammenstellung der Werthe für k , welche Newcomb in seinen »Fundamental Constants of Astronomy,« p. 137–139, giebt, um erkennen zu lassen, dass Einzelbestimmungen, die etwa zwischen $20''.40$ und $20''.60$ fallen, noch nicht als unstatthaft bezeichnet werden können, und in diese Grenzen fallen alle obigen Werthe. Ob die Anwendung der Talcott-Horrebaw Methode dieser Unsicherheit ein Ende machen wird, lässt sich noch nicht sicher übersehen; wenigstens sind gerade neuerdings sehr von einander abweichende Ergebnisse publicirt worden:

Astr. Jour. No. 428, Doolittle: $20''.572 \pm 0''.014$

Astr. Jour. No. 451, Rees, Jacoby and Davis: $20''.461 \pm 0''.009$.

Zweitens aber, und das ist die Hauptsache, wird man bei der Beurtheilung des Werthes der Methode nicht ausser Acht lassen dürfen, dass die Pulkowaer Beobachtungen ja gar nicht dieses Zweckes halber angestellt sind, wie es bei den anderen Methoden thatsächlich der Fall ist. Man würde nur dann ein Urtheil über die Brauchbarkeit der Methode

gewinnen, wenn eigens zu dem Zwecke angestellte Beobachtungsreihen vorlägen, bei denen auf die Elimination aller zu befürchtenden Fehlerquellen, insbesondere also der täglichen Schwankungen des Instruments das grösste Gewicht gelegt ist. Es erscheint aber ganz sicher, dass hierin noch erheblich mehr erreicht werden kann als bei den behandelten Beobachtungen. Für den dortigen Zweck genügte es, die Schwankungen in Neigung und Azimuth durch zahlreiches Nivelliren und Einstellen der Miren möglichst zu eliminiren. Für eine fehlerfreie Bestimmung der Aberrationsconstanten dürfte aber die genaueste Kenntniss nicht so sehr der thatsächlichen Werthe der Instrumentalconstanten als ihrer im Laufe der 12 Stunden zwischen oberer und unterer Culmination vor sich gehenden Aenderungen unbedingtes Erforderniss sein. Als solche nenne ich z. B. eine systematische Schwankung des Collimationsfehlers, die theils reell sein, theils durch einen Einfluss der Beleuchtung auf die Auffassung der Fäden entstehen kann, voll in die Bestimmung der Aberrationsconstanten eingeht und wohl einige $0''.01$ betragen kann, selbst wenn sie durch Umlegen zum Theil eliminirt wird. Ferner dürfte es wohl rathsam sein, bei einer künftigen Beobachtungsreihe gleichzeitige Sonnenbeobachtungen, da ja die Polsternbeobachtungen um Mittag stattfinden, zu unterlassen, um nicht geringfügige, aber systematisch wirkende Aenderungen im Instrument hervorzurufen. So giebt es gewiss noch manche andere Fehlerquelle, auf deren Elimination zu achten wäre, die aber einem erfahrenen Beobachter wohl auch mit der erforderlichen Schärfe gelingen wird. Besondere Schwierigkeiten könnte wohl nur ein Punkt machen, nämlich die Untersuchung einer täglichen Bewegung im Azimuth der Miren. Der Zweck der Miren, die azimuthalen Bewegungen des Instruments unter Controlle zu halten, wird offenbar nur dann völlig erreicht, wenn sie nicht selbst tägliche Schwankungen erleiden. Dass solche Schwankungen messbare Beträge erreichen können, ist durchaus wahrscheinlich, wenn man z. B. die jährlichen Schwankungen der Pulkowaer Miren beachtet;¹⁾ auch können dieselben durch terrestrische Lateralrefractionen complicirt werden. Wenn daher auch diese Schwankungen im allgemeinen als zu gering unberücksichtigt bleiben können, erscheint ihre Elimination bei der Bestimmung der Aberrationsconstanten unerlässlich. Dies hat aber seine Schwierigkeit, was schon Küstner (A. N. Bd. 126, Nr. 3015, S. 248) als ein schwerwiegendes Bedenken gegen die Methode geltend machte. Indessen scheint es mir doch, als ob es durch die Hinzuziehung einer Reihe anderer Circumpolarsterne grösserer Poldistanz zu den Polarsternbeobachtungen gelingen müsste, die tägliche Azimuthschwankung der Miren mit der nothwendigen Schärfe zu eliminiren.²⁾

¹⁾ Sokoloff, Astr. Nachr. Bd. 134, Nr. 3207: Bestimmung der periodischen Bewegung der Erdpole mittelst der Miren des Pulkowaer grossen Passageninstruments.

²⁾ In zweierlei Art würden sich die azimuthalen Schwankungen bei Sternen verschiedener Declination bemerkbar machen. Hat man z. B. möglichst gleichzeitig mit α Urs. min. einen südlicheren Stern, wie etwa δ Cass. oder ζ Urs. maj., in oberer und unterer Culmination mitbeobachtet, so erhält man daraus augenscheinlich sowohl das mittlere Azimuth, als auch seine 12-stündige Aenderung, da sie auf beide Sterne verschieden wirkt. Und wenn auch ein einzelner Tag ein ganz unsicheres Resultat geben würde, so handelt es sich auch nur um die durchschnittliche 12-stündige Aenderung des Mirenazimuths (wie auch des Collimationsfehlers) während aller Frühjahrs-, resp. aller Herbstbeobachtungen. Der an sich berechtigte Einwand, dass sich für beide Sterne z. B. infolge Unregelmässigkeit der Zapfen ein etwas verschiedenes Azimuth ergeben könnte, hat auf die Bestimmung der Aberrationsconstanten keinen Einfluss, da der entstehende Fehler im Frühjahr und Herbst derselbe ist. Dann aber wirkt eine tägliche Schwankung des Azimuths auf Sterne verschiedener Declination anders als die Aberration, wenn auch nur im Verhältniss $\sec \delta : \tan \delta$, d. h. die Aberrationsconstante würde einen Gang nach δ zeigen. Daher müsste es wohl möglich sein, diese Fehlerquelle mit hinreichender Schärfe zu eliminiren.

Nachdem so die mannigfachen Bedenken gegen die besprochene Methode grösstentheils haben beseitigt werden können, möchte ich nur noch bemerken, dass sie mir auch vom Standpunkte der Beobachtungsökonomie viel für sich zu haben scheint. Die anderen beiden Methoden, die zur Bestimmung der Aberrationsconstanten angewendet zu werden pflegen, die der Beobachtungen im ersten Vertical und die Talcott-Horrebrow'sche haben nur diesen einen Zweck. Dass sie neuerdings zugleich die Aufgabe erhalten haben, die Polhöschwankung zu verfolgen, ist ja sehr wichtig, complicirt aber ihre eigentliche Aufgabe wesentlich. Von dieser Complication ist die Methode der Polsternrectascensionen frei; dann aber lässt sie auch noch jede andere Verwerthung der Beobachtungen zu, die überhaupt Rectascensionsbestimmungen von Polsternen gestatten. Beruhen doch so wie so alle fundamentalen Bestimmungen darauf und können durch eine möglichst strenge Discussion der Instrumentalconstanten und ihrer täglichen Aenderungen nur gewinnen. Dann aber erfordern sie nur Beobachtungen während eines Theils des Jahres (4–5 Monate), wenn man sich, wie ich es aus früher erörterten Gründen für wünschenswerth halten würde, auf die Zeiten der Aberrationsextreme beschränkt, und auch dann nur für einige Stunden um Mittag und um Mitternacht.

Königsberg, 1899 Febr. 14.

Es ist nicht meine Absicht und auch nicht der Ort, hier in die practischen Einzelheiten der Methode näher einzugehen. Mein Zweck war es, die mannigfachen gegen die Methode erhobenen Bedenken zu erörtern und insbesondere zu zeigen, dass die Chandler'sche Annahme individueller Fehler wohl nicht begründet oder wenigstens ganz wesentlich zu modificiren ist, dass hingegen bei den bisher vorliegenden Reihen die Elimination der instrumentellen Fehler noch nicht als völlig gelungen bezeichnet werden kann. Auf diese Punkte wäre daher bei einer zukünftigen Beobachtungsreihe das Hauptgewicht zu legen; dann aber ist es höchst wahrscheinlich, dass die Methode, die Aberrationsconstante aus Rectascensionsbeobachtungen des Polarsterns zu bestimmen, sich auch im Vergleich mit den sonst bevorzugten Methoden als durchaus brauchbar erweisen wird.

Es würde jedenfalls recht interessant sein, wenn an einer der für diesen Zweck mit geeigneten Mitteln versehenen Sternwarten ein derartiger Versuch als Ergänzung der jetzt so vielfachen Bestimmungen nach der Talcott-Horrebrow Methode, die nicht ganz die erwartete Uebereinstimmung zeigen, ausgeführt würde.

Fritz Cohn.

A new satellite of Saturn.

By Edward C. Pickering.

Nearly all of the astronomical discoveries made by the aid of photography have related to the fixed stars. In the study of the members of the solar system, the results obtained by the eye are generally better than those derived from a photograph. For many years it has been supposed that photography might be used for the discovery of new satellites, and in April, 1888, a careful study of the vicinity of the outer planets was made by Professor William H. Pickering. Photographs were taken with the 13-inch Boyden telescope, with exposures of about one hour, and images were obtained of all the satellites of Saturn then known, except Mimas, whose light is obscured by that of its primary. It was then shown that Saturn probably had no satellite, as yet undiscovered, revolving in an orbit outside of that of Enceladus, unless it was more than a magnitude fainter than Hyperion. (Forty-third Report, p. 8).

In planning the Bruce Photographic telescope, a search for distant and faint satellites was regarded as an important part of its work, and accordingly, plates for this purpose were taken at Arequipa, by Dr. Stewart. A careful examination of these plates has been made by Professor William H. Pickering, and by superposing two of them, A 3228 and A 3233, taken August 16 and 18, 1898, with exposures of 120^m, a faint object was found which appeared in different positions on the two plates. The same object is shown on two other plates, A 3227 and A 3230, taken August 16 and 17, 1898, with exposures of 60^m and 122^m, respectively. The position is nearly the same on the two plates taken August 16, but on August 17 it followed this position 33", and was south 19", while on August 18 it followed 72", south 43". Its

motion was direct, and less than that of Saturn, though nearly in the same direction. It cannot, therefore, be an asteroid, but must be either a satellite of Saturn or a more distant outside planet. The proximity of Saturn, renders the first supposition much more probable. On August 17, the position angle from Saturn was 106°, and the distance 1480". Assuming that it was at elongation, and that its orbit is circular, its period would be 400 days, or five times that of Iapetus. It was at first identified with a very faint object found on plates taken in 1897, and the period of seventeen months was derived from them. This supposition has not been confirmed.

Measurements of the positions of the images give additional material for determining the form of the orbit. The method of measurement is that described in the *Annals*, Vol. XXVI, p. 236. The uncorrected positions of the four images referred to the first plate of August 16 as an origin, are for x , 0".0, +1".2, +33".6, and +71".8; for y , 0".0, -1".7, -19".8, and -42".1; the corresponding Greenwich mean times are 12^h 16^m, 14^h 18^m, 12^h 56^m, and 13^h 12^m. Correcting for the motion of Saturn, the relative motion with reference to that body is in x , 0".0, -2".4, -10".7, and -22".0; in y , 0".0, +0".1, +2".4, and +2".9. It appears from this, that the apparent motion is about 10".4 a day, at a distance of 1480". A computation shows that if the orbit is circular, the period must be either 4200 or 490 days, according as the satellite is near conjunction or elongation. These values may be greatly altered if the orbit is elliptical. Since the interval of time between the first and last photographs on which the satellite appears is only two