Astronomische Nachrichten.

Expedition auf der Königlichen Sternwarte bei Kiel.

Herausgeber: Prof. Dr. C. A. F. Peters.

Band 93.

Nr. 2232

24.

Einige Bemerkungen die Parallaxe der Sonne betreffend.

Von Prof. J. B. Listing.

Die Vorübergänge der Venus vor der Sonne, bereits von Halley als das vorzüglichste Mittel zur Bestimmung der Sonnenparallaxe empfohlen, ereignen sich bekanntlich innerhalb acht Jahren paarweise, während solche Paare des Phänomens durch lange Zwischenfristen abwechselnd von $105\frac{1}{2}$ und $121\frac{1}{2}$ Jahren von einander getrennt sind. Die beiden Vorübergänge des vorigen Jahrhunderts, nämlich 1761 und 1769, die ersten welche zu dem genannten Zweck astronomisch verworthe worden, ergaben nach Encke's 1824 angestellter Berechnung für die mittlere äquatoriale Horizontalparallaxe der Sonne den Werth $8''5776$, angeblich mit einer Unsicherheit von $\pm 0''037$. Indess haben spätere Berechnungen jener Beobachtungen, sowie anderweite Methoden der Ermittlung der Parallaxe, seitdem merklich grössere Werthe derselben ergeben und in gleichem Sinne fielen die in den letzten Jahrzehnten angestellten experimentellen Messungen der Geschwindigkeit der Lichtfortpflanzung aus. Eine erheblich grössere Zuverlässigkeit in dieser Bestimmung darf man mit Recht von den beiden Vorübergängen dieses Jahrhunderts, der Jahre 1874 und 1882 erwarten. Fast von allen civilisirten Nationen ist durch Ausrüstung astronomischer Expeditionen nach geeigneten Beobachtungsplätzen, wie bereits die früheren Male, so auch neuerdings für den Venusdurchgang des 9. December 1874 das dieser so seltenen Erscheinung gebührende wissenschaftliche Interesse eifrigst bethätigt worden, und darf ein Gleiches wenigstens in nicht minderem Maasse auch für den Durchgang des 6. December 1882 erwartet werden, welchem der nächstkünftige erst im Jahre 2004 folgen wird, indem die lange, 75 untere Conjunctionen der Venus — ohne Vorübergang — enthaltende Pause das volle 20. Jahrhundert überdauert,

Die Beobachtungen von 1874 sind noch lange nicht für alle in Betracht kommenden Stationen fertig gestellt,*)

um zur Berechnung des aus ihnen zu folgernden Ergebnisses verwendbar zu sein. Ueberdies wird man gern noch den nächsten, in vier Jahren bevorstehenden Durchgang und die aus ihm zu gewinnenden Daten abwarten wollen, um aus den vereinigten Beobachtungen des in unserm Jahrhundert vorkommenden Paares von Venusdurchgängen das möglichst zuverlässige Gesamtergebniss zu ziehen.

Unterweilen mag es nicht ganz ohne Interesse sein, interimistische Werthe der Sonnenparallaxe an der Hand anderweitiger Daten mit den ihnen neuerdings beizuziehenden

»Report of the Astronomer Royal to the Board of Visitors of the Royal Observatory Greenwich: Finally a Report was made to the Government on July 5 [1877] giving as a mean result for Mean Solar Parallax $8''76$, the results from ingress and from egress however differing to the extent of $0''11$. A more complete calculation of myself, including in one series the observations both at ingress and at egress, and recognizing the possible errors of *RA* and *NPD* gave sensibly the same mean result for Parallax. This is liable to no error except from the interpretation of observers language, to which I have alluded. All has subsequently been re-examined by Captain Tupman; different interpretations have been combined; instead of using different phases in the observations (both of ingress and of egress), attempts have been made to ascertain the one phase of »contact of limbs;« the notes of a few unpractised observers have been rejected and the result for parallax has been increased to $8''82$ or $8''83$. — Wenig erfreulich sind die mit photographischen Aufnahmen des Phänomens gemachten Erfahrungen. Hr. Airy sagt: The numerous photographs taken at the various stations had been carefully measured by Mr. Burton, and have since been re-measured by Captain Tupman; and (by photographs of Mr. De la Rue's scale of equal parts) the measure of photographic distortion had been well ascertained. But the results from photography have disappointed me much. The failure has arisen, perhaps sometimes from irregularity of limb, or from atmospheric distortion, but more frequently from faintness and from want of clear definition. Many photographs, which to the eye appeared good, lost all strength and sharpness when placed under the measuring microscope. It was once remarked to me »You might as well try to measure the zodiacal light.« A final result $8''17$ was obtained from Mr. Burton's measures, and $8''08$ from Captain Tupman's.

*) Wie wenig dies zur Zeit der Fall ist, erhellt u. a. aus einer auf diese Frage bezüglichen Stelle des diesjährigen im Juni erstatteten

legenden Werthen zu ermitteln. Als solche Daten lassen sich benutzen: erstens die sogenannte Lichtzeit l , oder die Zeit (in Secunden mittl. Sonnenzeit), welche das Licht im planetaren Raum gebraucht, die halbe grosse Axe der Erdbahn zu durchlaufen, zweitens die Lichtgeschwindigkeit v im leeren Raum, und drittens der Halbmesser a des Erdaequators. Die mittlere horizontale Aequatorialparallaxe ω der Sonne findet sich alsdann in Bogensekunden aus den genannten drei Stücken nach der Vorschrift

$$\omega = 206265 \frac{a}{vl}$$

Nehmen wir für l den Delambre'schen, aus über tausend Occultationen des ersten Jupiterstrabanten erhaltenen Werth (Tables ellipt. des Satellites de Jupiter)

$$l = 493^s.2,$$

ferner für v den neuerdings von Cornu (Détermination de la vitesse de la lumière d'après des expériences exécutées en 1864 entre l'observatoire et Montlhéry par M. A. Cornu. Paris 1876) im Wege der Fizeau'schen Methode mittelst Zahnrades und mit sehr vervollkommenem Apparate erhaltenen Werth

$$v = 300\,400\,000^m,$$

und sodann für a den in einer neulichen Mittheilung (A. N. No. 2228) aufgeführten Werth

$$a = 6\,377\,377^m,$$

so erhalten wir für die Sonnenparallaxe den provisorisch plausibelsten Werth

$$\omega = 8''8786$$

Statt der Lichtzeit l kann zu gleichem Behufe die Aberrationsconstante α angewendet werden, welche mit l theoretisch proportional und damit durch die Constante $\frac{l}{\alpha} = 24,34714$ verknüpft ist. Während aber hiernach dem Delambre'schen Werthe 493.2 für l der Werth $\alpha = 20''257$ entspricht — nahe mit dem zuerst von Bradley gefundenen 20''25 übereinstimmend — geben die neueren Untersuchungen, namentlich von Struve, etwas grössere Werthe. Struve's Aberrationsconstante, welche jetzt von dem Berliner Jahrbuch und dem Nautical Almanach adoptirt wird, ist $\alpha = 20''4451$. Der ihr entsprechende Werth von $l = 497^s.78$, dem folgeweise die astronomischen Ephemeriden ebenfalls den Vorzug geben, ist um 4,58 Zeitsecunden grösser als Delambre's Werth, ein Betrag, wie er als Fehler der Delambre'schen Bestimmung kaum denkbar erscheint. Die Frage, ob die aus directen Beobachtungen genommene Constante α von den optischen Bestandtheilen des angewandten Fern-

rohrs abhängt und dadurch mehr oder weniger vergrössert werde, dürfte noch nicht als endgültig entschieden gelten, und scheint durch die neuerdings angestellten Proben auf dem bekannten von Boscovich vorgeschlagenen Wege der erwähnte Verdacht noch nicht völlig beseitigt. Die Einführung von 497.78 statt 493.2 als Werth für l würde unter Beibehaltung der vorhin erwähnten Ziffern für v und a die Parallaxe 8''8050 ergeben. Das Berliner Jahrbuch setzt seit 1869 (für 1871) nach Newcomb (Investigation of the distance of the Sun. Washington 1867) $\omega = 8''85$, dagegen der Nautical Almanach seit 1866 (for 1870) nach Leverrier's tables du soleil $\omega = 8''95$.

Bei der hin und wieder geltend gemachten Unterscheidung in dem etwaigen physischen Verhalten des planetaren Raumes (aus Jupiterstrabanten-Verfinsterungen bestimmte Lichtzeit) und des interstellaren Raumes (Aberration der Fixsterne) ist m. E. eine dunkle Vorstellung in unzutreffender Weise untergelaufen. Schon von dieser Seite betrachtet, sollte wenigstens bei Bestimmung der Sonnenparallaxe die Lichtzeit in erster, die Aberration in zweiter Linie zu Hülfe genommen werden.

In dem obigen Ausdruck für ω bedeutet offenbar vl die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne, die wir mit A bezeichnen wollen, und zwar ohne Affixum, wenn sie nach absolutem (metrischen) Maass gemessen wird, dagegen durch A' , wenn in geographischen Meilen ausgedrückt, wie noch vielfach gebräuchlich; ebenso den Werth des Aequatorialhalbmessers der Erde in Metern durch a , in geographischen Meilen durch a' .

Mit den oben gewählten Zahlenwerthen erhalten wir

$$A = 148\,157\,300 \text{ Kilometer,}$$

$$A' = 19\,966\,200 \text{ geogr. Meilen.}$$

entsprechend der erwähnten Parallaxe 8''8786.

Bezeichnen wir das Verhältniss $\frac{A}{a}$ oder $\frac{A'}{a'}$ durch q , so dass offenbar

$$q = \frac{206265}{\omega},$$

so findet sich hieraus für jeden gegebenen Werth der Sonnenparallaxe die entsprechende mittlere Entfernung zwischen Sonne und Erde A' in geographischen Meilen durch Multiplication von q mit dem gleichfalls in geogr. Meilen ausgedrückten Halbmesser a' des Erdaequators. Hierbei kommt nun die Natur des „geographische Meile“ genannten Längenmaasses zu eigenthümlicher — man möchte sagen paradoxer — Wirkung. Diese Meile ist

nämlich, wie an einem andern Orte*) des Näheren besprochen worden, ähnlich verschiedenen zur See gebräuchlichen Meilen, ein wirkliches Naturmaass, indem sie defnirt wird als der 5400. Theil des aequatorialen Umfangs der Erde. Daraus folgt, dass die in g. Meilen ausgedrückte mittlere Entfernung der Erde von der Sonne A' keine absolut bestimmte Grösse ist, sondern nur das q fache Multiplum von dem ebenfalls in g. Meilen ausgedrückten und somit gleichfalls nicht in absolutem Maass bestimmten Aequatorialradius a' . Sowie der Umfang des Aequators jederzeit 5400 g. Meilen enthält, so enthält a' jederzeit die Zahl $\frac{2700}{\pi}$ geographischer Meilen — eine feste Zahl, nämlich 859,4366927, gleichviel wie gross man bei den verschiedenen seit Anfang dieses Jahrhunderts aufgestellten Erdsphäroiden den Aequatorial-Quadranten rechnet, wie beispielsweise Walbeck (1819) 10 016805^m, oder Bessel (1841) 10 017592^m, oder Clarke (1866) 10 018862^m. Das Product von 859,4367 mit 206265 liefert für $\omega A'$ die feste Constante 177 271538, so dass sich durch Division mittelst ω die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne in einer Zahl ergibt, welche keine absolut bestimmte Grösse bedeutet, sofern ihre Einheit der Bestimmtheit ermangelt. Die Vorschrift aber lautet

$$A' = \frac{177,27154}{\omega} \text{ Millionen g. Meilen.}$$

Soll dagegen die mittlere Entfernung von der Sonne nach absolutem, z. B. metrischem Maasse ermittelt werden, so hätte man die eben gefundene Zahl A' mit der in Metern ausgedrückten geogr. Meile zu multipliciren.

Der Werth M dieser Meile ist $\frac{\pi}{2700} a$, wo nunmehr a den in Metern ausgedrückten Halbmesser des Aequators des zu Grunde gelegten Erdsphäroides bedeutet. In den vorhin erwähnten Beispielen würde M für das Ellipsoid von Walbeck 7419,85, von Bessel 7420,439, von Clarke (1866) 7421,37 Meter betragen. Wir entnehmen den gegenwärtig plausibelsten Werth der g. Meile der erwähnten Mittheilung in No. 2228 dieser Nachrichten: $M = 7420,415$ Meter, welchem der bereits vorhin angewandte Werth $a = 6377377^m$ zum Grunde liegt: Man sieht leicht, dass sich ωA gleich einer Constante findet, welche aus der Multiplication von 206265 mit 6 377377 hervorgeht, d. h. gleich 1315428,39 Millionen Meter, und somit die Vorschrift

*) Ueber unsere jetzige Kenntniss der Gestalt und Grösse der Erde von J. B. Listing. S. 6.

$$A = \frac{1315,42839}{\omega} \text{ Millionen Kilometer,}$$

wodurch die jeder gegebenen Parallaxe ω (in Bogensecunden) entsprechende halbe grosse Axe der Erdbahn in absolutem Maass gefunden wird unter Voraussetzung der erwähnten bestimmten Werthe von a und M .

Zur bequemen numerischen Orientirung in den mit der Sonnenparallaxe zunächst zusammenhängenden Grössen dürfte eine Tafel, wie die nachstehende, aus der sich mittelst der Parallaxe ω als Argument die im Vorstehenden in Betracht gezogenen Grössen q , A' und A fertig berechnet entnehmen lassen, nicht unwillkommen sein. Dieselbe musste für die mannichfachen Vorkommnisse, welche ihren Gebrauch erheischen können, einen angemessen weiten Umfang besitzen. Sie umfasst daher in den Werthen von ω ein Intervall von 8''70 bis 9''00, fortschreitend nach Einheiten der zweiten Decimale. Eine engere Region dieses Intervalls, nämlich zwischen 8''85 und 8''91, welche in nächster Zukunft bei den bevorstehenden frequenteren Discussionen über die Parallaxe vorzugsweise in Betracht kommen dürfte, schreitet nach Einheiten der dritten Decimale fort. Die Zahlen unter q , A' und A sind nach den oben gegebenen Vorschriften berechnet. Ihre Bedeutung mag hier noch einmal kurz wiederholt werden. Es bezeichnet

q das in der mittleren Entfernung A der Erde von der Sonne enthaltene Multiplum des aequatorialen Halbmessers a der Erde, so dass also

$$q = \frac{A}{a} = \frac{206264,8}{\omega}$$

A' die mittlere Entfernung zwischen Sonne und Erde in geographischen Meilen, also

$$\begin{aligned} A' &= \frac{2700}{\pi} q \text{ geogr. Meilen} \\ &= \frac{177,27154}{\omega} \text{ Millionen geogr. Meilen} \end{aligned}$$

A die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne in absolutem (metrischen) Maasse, also

$$\begin{aligned} A &= a q = 6\,377\,377 q \text{ Meter} \\ &= \frac{1315,42839}{\omega} \text{ Millionen Kilometer.} \end{aligned}$$

Die Zahlen der Tafel unter A' und A sind als Millionen bzw. von g. Meilen und von Kilometern zu lesen.

ω	q	A'	A
8''70	23 708.54	20.37603	151.1986
71	681.33	35263	0252
72	654.18	32929	150.8520
73	627.10	30601	6792
74	600.08	28278	5067
8.75	23 573.12	20.25960	150.3346
76	546.22	23647	1629
77	519.37	21340	149.9917
78	492.58	19038	8209
79	465.85	16741	6505
8.80	23 439.18	20.14449	149.4805
81	412.57	12162	3109
82	386.02	09880	1416
83	359.53	07604	148.9727
84	333.11	05333	8042
8.850	23 306.75	20.03068	148.6360
851	304.12	02842	6192
852	301.49	02616	6024
853	298.86	02390	5856
854	296.23	02163	5688
8.855	23 293.60	20.01937	148.5520
856	290.97	01711	5352
857	288.34	01485	5185
858	285.71	01259	5017
859	283.08	01033	4850
8.860	23 280.45	20.00808	148.4682
861	277.82	00582	4515
862	275.19	00356	4347
863	272.56	00130	4180
864	269.94	19.99905	4012
8.865	23 267.31	19.99680	148.3845
866	264.69	99454	3677
867	262.07	99229	3510
868	259.45	99003	3342
869	256.83	98778	3175
8.870	23 254.21	19.98552	148.3008
871	251.59	98326	2841
872	248.97	98101	2674
873	246.35	97876	2507
874	243.73	97651	2340
8.875	23 241.11	19.97426	148.2173
876	238.49	97201	2006
877	235.87	96976	1839
878	233.26	96751	1672
879	230.64	96526	1505

ω	q	A'	A
8''880	23 228.02	19.96301	148.1338
881	225.40	96076	1171
882	222.78	95852	1004
883	220.17	95627	0837
884	217.55	95402	0671
8.885	23 214.94	19.95177	148.0504
886	212.33	94953	0338
887	209.72	94728	0171
888	207.11	94504	0005
889	204.50	94280	147.9838
8.890	23 201.89	19.94056	147.9672
891	199.28	93831	9505
892	196.67	93607	9339
893	194.07	93383	9173
894	191.46	93159	9007
8.895	23 188.85	19.92935	147.8840
896	186.24	92711	8674
897	183.64	92487	8508
898	181.03	92263	8342
899	178.43	92039	8176
8.900	23 175.82	19.91815	147.8010
901	173.22	91591	7844
902	170.62	91368	7678
903	168.02	91144	7512
904	165.42	90920	7346
8.905	23 162.81	19.90697	147.7180
906	160.21	90473	7014
907	157.61	90250	6848
908	155.01	90026	6682
909	152.41	89803	6516
8.91	23 149.81	19.89580	147.6351
92	123.86	87349	4696
93	097.97	85122	3045
94	072.13	82900	1397
95	046.35	80683	146.9752
8.96	23 020.63	19.78471	146.8111
97	22 994.96	76265	6474
98	969.35	74065	4841
99	943.80	71871	3212
9.00	918.31	69684	1587

Wenn wir, wie oben geschehen, den aus den Daten l , v und a abgeleiteten Werth der Sonnenparallaxe $\omega = 8''.8786$ als den vorläufig und interimistisch plausibelsten ansehen, so scheint es nicht ohne Interesse, nach dem Betrag der Unsicherheit zu fragen, wenigstens soweit er sich aus denselben Daten entnehmen lässt, womit diese Bestimmung zur Zeit noch behaftet ist. Die erheblichste Unsicherheit findet sich in l , wofür wir in Erwägung der oben erwähnten Werthe von Delambre und von Struve $\delta l = \frac{1}{100} l$ setzen. Für den Werth

von v setzt Cornu selbst rund $\delta v = \frac{1}{1000} v$. Die vergleichungsweise geringste Unsicherheit darf a beige-messen werden, obwohl unserer Ansicht bedeutender, als man bisher glauben mochte. Wir setzen dieselbe*)

$\delta a = \frac{1}{7000} a$. Ermitteln wir vorerst die Wirkung der beiden erheblicheren Fehler δl und δv auf das Product $vl = A$, so findet sich $\delta A = \pm 1629730$ Kilometer, also für A ein Schwanken zwischen den Grenzen 149 787000 und 146 527550 Kilometer, wozu sich aus

*) Vergleiche die oben angeführte Untersuchung über Gestalt und Grösse der Erde.

obiger Tafel für ω die Grenzen $8''.783$ und $8''.974$ entnehmen lassen. Der Einfluss Seitens $\delta a = 0.911$ Kilom. für sich betrachtet ergibt $\delta \omega = \pm 0''.00153$, so dass sich unter dem simultanen Einfluss der von den drei Stücken l , v , a herrührenden Unsicherheiten ergibt $\delta \omega = \pm 0''.0970$ und somit die Grenzen, zwischen welchen die Parallaxe zur Zeit noch als schwankend zu betrachten ist, $8''.7816$ und $8''.9755$. Aus der Tafel entnehmen wir, dass sich die entsprechende Unsicherheit in A auf 1 644400 Kilometer und in A' auf 221600 geogr. Meilen beläuft, wonach sich also die Unsicherheit in unserer gegenwärtigen Kenntniss der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne auf kaum den neunhundertsten Theil des Ganzen herausstellt. Kein Wunder also, wenn sich noch heute so grosse Unterschiede in den von den namhaftesten Autoritäten angenommenen Werthen für die Sonnenparallaxe finden, von denen oben nur einige erwähnt worden.

Die hier hervorgehobene verhältnissmässig grosse Unsicherheit in der Grösse l macht eine umfassende Revision der Aberrationsfrage sowohl auf dem directen als auf dem indirecten Olaf Römer und Delambre'schen Wege dringend wünschenswerth.

Göttingen, 1878 November 6.

Schreiben des Herrn Dr. E. Metzger an den Herausgeber.

Durch die in „Astr. Nachr. 2219“ erfolgte Ankündigung der in 1876 (Frühjahr) erschienenen 1. Abtheilung der „Triangulirungs-Arbeiten auf Java“ fühle ich mich angeregt, Ihnen einige Mittheilungen über den gegenwärtigen Stand der Arbeiten zu machen.

In dem officiellen Bericht der Regierung an die General-Staaten heisst es über 1877: Das Personal des geographischen Dienstes mit Ausnahme der Abtheilung für magnetische und meteorologische Beobachtungen (über welche abgesondert rapportirt wird) beschäftigte sich auch im letzten Jahre nur mit Triangulirungs-Arbeiten, namentlich mit Beendigung der Basismessungen.

Die Berechnung der Verbindung der Basis in West-Java mit dem Netz wurde schon im Anfang des Jahres beendet.

Für die Verbindung der Basis im mittleren Java mit dem Netz wurden im 1. Semester auf 4 Stationen Horizontal-Winkel-Messungen ausgeführt und damit auch die Arbeit an dieser Verbindung beendet.

Die eigentliche Messung der 3. Basis (5040 Meter)

dauerte vom 20. August bis 27. October. Hierauf wurde die Verbindung mit dem Dreiecksnetz vorbereitet und diese sowie die Aufnahme des Basisterrains im 1. Vierteljahre 1876 beendet.

Ausserdem findet man noch an besonderen Arbeiten angeführt: Verbindung von Batavia mit dem primären Netz, Messung von Zenithdistanzen zur Bestimmung der Refractionsconstanten, eine astronomische Breitenbestimmung, horizontale Winkel-Messungen auf einer Station für das primäre Netz und einige Berechnungen.

Es besteht der Plan den geographischen Dienst als solchen aufzulösen und nur die Abtheilung für magnetische und meteorologische Beobachtungen in ihrer gegenwärtigen Gestalt zu behalten, die Triangulirungs-Arbeiten dem Militair-Departement zu unterstellen, während die geographischen Ortsbestimmungen durch einen der Abtheilung für Hydrographie zuzufügenden Marine-Officier, der sich gegenwärtig unter Leitung vom Herrn Dr. J. A. C. Oudemans für seine Aufgabe vorbereitet, ausgeführt werden sollen. Ueber eine Fortsetzung der