

Gestalt in den weitaus meisten Fällen erster Bestimmung von Planetenbahnen ausreichen, in ihrer erweiterten Gestalt aber auch in ungünstigen Fällen zum Ziele führen und damit die mühsamere Benutzung der Beziehungen für das Verhältnis des Sektors zum Dreiecke ersparen werde. Ob schließlich meiner auf der Parameterformel beruhenden Methode die Arbeitersparung und Arbeitserleichterung, die ich für sie in Sternwarte Kiel, 1918 Juli.

Anspruch nehmen darf, wirklich zukomme, und zwar in einem Maße, daß sie mit einer Methode in Wettstreit treten könne, die den großen Vorteil alter Gewohnheit von vornherein für sich hat, kann nicht durch theoretische Erwägungen für und wider entschieden, sondern muß durch die praktische Prüfung festgestellt werden, zu der ich selbst sogleich die ersten Schritte getan habe. Es heißt hier: »Probieren geht über Studieren«.

*P. Harzer.*

### Aufforderung zu Meridianbeobachtungen des Planeten Venus in der Nähe seiner unteren Konjunktion. Von *L. Courvoisier.*

In der Erforschung der physikalischen Ursache der »jährlichen Refraktion«, deren Vorhandensein von mir durch eine Reihe von Untersuchungen<sup>1)</sup> (die durch inzwischen angestellte noch vervollständigt wurden) außer Zweifel gestellt erscheint, läßt sich, wie ich glaube, in absehbarer Zeit ein bedeutsamer Schritt vorwärts tun durch Heranziehung von Meridianbeobachtungen des Planeten Venus auch in der Nähe seiner unteren Konjunktion mit der Sonne. Obschon diese Beobachtungen naturgemäß mit starker Unsicherheit behaftet sind, — ein Umstand, der mich bisher davon abgehalten hatte, auf vorhandene Messungen näher einzugehen — so scheint es mir nunmehr, nach Prüfung älteren Materials, doch möglich zu sein, bei planmäßig angelegten neuen Beobachtungsreihen Resultate zu erzielen, die hinsichtlich der systematischen Fehler den wiederholt besprochenen Beobachtungen des Planeten in oberer Konjunktion nicht wesentlich nachstehen und somit unserem Zwecke hinreichend entsprechen werden. Ich möchte daher den Meridianbeobachtern solche Positionsbestimmungen des Planeten, die in ähnlicher Weise wie die bisher bekannt gegebenen Beobachtungsreihen in oberer Konjunktion, aber unter besonderer Berücksichtigung der Durchmesserbestimmungen anzustellen wären, angelegentlichst empfehlen. Zugleich sei erwähnt, daß die nächste untere Konjunktion der Venus am 12. September dieses Jahres stattfindet.

Zur Begründung meiner Aufforderung mögen die nachstehend mitgeteilten Ergebnisse von einigen kurzen Untersuchungen über die Wirkung kosmischer Refraktion bei Bestimmungen des Sonnendurchmessers und bei Beobachtungen der Venus in der Nähe der unteren Konjunktion dienen, die eine Beurteilung der praktischen Lösbarkeit unserer Frage zulassen.

Wenn die beobachtete jährliche Refraktion eine kosmische (zirkumsolare) und keine terrestrische (atmosphärische) Erscheinung ist, so muß man theoretisch folgende Feststellungen machen können: 1) Es ist der mit Winkelmeßinstrumenten bestimmte Sonnendurchmesser größer als der aus den Kontaktzeiten bei Planetenvorübergängen abgeleitete, vorausgesetzt, daß die Bahnelemente dieser Planeten selbst nicht merklich durch kosmische Refraktion verfälscht sind (was man annehmen darf). Ferner ist der aus den Venusvorübergängen gefundene Sonnendurchmesser größer als derjenige aus den Merkursvorübergängen. 2) Die jährliche Refraktion aus den Beobachtungen der Venus in unterer Konjunktion ergibt sich ganz erheblich (mindestens sechsmal) kleiner, als sie aus den

oberen Konjunktionen gewonnen wird. Ist ihre physikalische Ursache dagegen eine terrestrische, so wäre kein Unterschied erkennbar.

In welcher Weise entsprechen nun die bisherigen Beobachtungstatsachen diesen theoretischen Forderungen?

I. Meiner oben erwähnten Abhandlung über jährliche Refraktion sollte ursprünglich noch ein Abschnitt hinzugefügt werden, der die Bestimmung des gesuchten Effektes aus beobachteten Sonnendurchmessern im soeben besprochenen Sinne behandelte. Obgleich das Resultat formell ein positives war, habe ich seinerzeit von einer Veröffentlichung deshalb abgesehen, weil die große Unsicherheit der Beobachtungsdaten dasselbe gänzlich in Frage stellte. In der Tat sind ja z. B. die erheblichen systematischen Unterschiede zwischen den mit kleinen und großen Heliometern bestimmten Sonnendurchmessern bekannt, und es bestehen berechtigte Zweifel, ob es wegen der Wirkung der Beugung in den Meßinstrumenten überhaupt gelingen kann, auf direktem Wege zu einer systematisch einwandfreien Bestimmung des wahren Durchmesser zu gelangen. Jedenfalls führt eine neuere Untersuchung von *Hayn* über den Sonnendurchmesser während der Finsternis 1914, nach einem Messungsverfahren, das sich von durch Beugung entstehenden systematischen Fehlern in hohem Grade frei macht, zu einem Werte, der um eine volle Bogensekunde kleiner ist als das Mittel der übrigen aus Winkelmessungen erhaltenen Zahlen und auch erheblich kleiner als die aus den Planetenvorübergängen abgeleiteten Beträge, sodaß also eine Vergleichung mit diesen von vornherein illusorisch wäre. Etwas günstiger liegen die Verhältnisse für die Vergleichung der Durchmesser aus den Venus- und Merkursvorübergängen unter sich, da es sich hier doch wohl um in systematischer Hinsicht gleichwertige Größen handelt. Jedoch bleibt als Hauptschwierigkeit die relative Unsicherheit der geringen Durchmesserunterschiede bestehen. Einige Zahlen mögen das Gesagte näher illustrieren.

Aus den Kontaktbeobachtungen bei Merkursdurchgängen folgt nach *Newcomb*<sup>2)</sup> für den Sonnenradius:  $959''.75 - 1.60 dR$ , wobei  $R$  zu  $3''.30$  angenommen ist. Nach neueren Messungen von *Hartwig*<sup>3)</sup> hätte man dagegen  $R = 3''.37$  zu setzen. Demnach würde der Sonnenradius aus den Merkursdurchgängen betragen:  $959''.65$ . Die deutschen Kontaktbeobachtungen bei den Venusdurchgängen von 1874 und 1882 ergeben nach *Auwers*<sup>4)</sup> als wahrscheinlichsten Wert des Sonnenradius:  $959''.78 \pm 0''.04$  (geschätzter m. F.). Die Differenz der

<sup>1)</sup> Siehe insbes. Beob.-Ergebn. d. Kgl. Sternw. zu Berlin Nr. 15, sowie A. N. 202.369.

<sup>2)</sup> Über die Durchmesser der Planeten Merkur u. s. w.

<sup>3)</sup> Astron. Papers Vol. I, S. 466.

<sup>4)</sup> Die Venusdurchgänge, Bd. VI, S. 65, 66.

gefundenen Sonnenradien:  $0''.13 \pm 0''.06$  (Schätzung) entspricht dem Sinne nach der Wirkung von kosmischer Refraktion. Betrachtet man den vom Sonnenrande zu uns gelangenden gekrümmten Lichtstrahl als Kreisbogen, so führt die obige Zahl zu einer Vergrößerung des Sonnenradius von  $0''.33 (\pm 0''.16)$  und zu dem Betrage der kosmischen Refraktion für eine ideelle Stellung der Venus in der Nähe der oberen Konjunktion von  $r = 0''.58 (\pm 0''.27)$ . Letzterer Wert stimmt mit der aus den Venusbeobachtungen tatsächlich gefundenen jährlichen Refraktion [etwa  $r(5^\circ) = 0''.55 \pm 0''.12$ ] überraschend gut überein. Andererseits ist zu bemerken, daß die von der *Einstein*-schen Relativitätstheorie geforderte Krümmung der Lichtstrahlen im Gravitationsfelde der Sonne allein schon eine Vergrößerung des Sonnenradius von  $1''.7$  bedingen würde, also einen Betrag, der den obigen um nahezu das sechsfache übersteigt.

Für die aus Winkelmessungen und Beobachtungen bei Finsternissen, die von kosmischer Refraktion nur unmerklich beeinflusst sind, erhaltenen Sonnenradien liegen folgende Zahlen vor:

Aus kleinen Heliometern	959''.71 ( $\pm 0''.02$ )	nach <i>Ambrohn</i> <sup>1)</sup>
» großen »	98 ( $\pm 0''.01$ )	» <i>Ambrohn</i> <sup>1)</sup>
» Photographien	93	» <i>Chevalier</i> <sup>2)</sup>
» »	79	» <i>Chevalier</i> <sup>3)</sup>
» » (b. d. Finstern. 1914)	38 ( $\pm 0''.04$ )	» <i>Hayn</i> <sup>4)</sup>
» Beob. b. d. Finsternis 1912	96	» <i>Simonin</i> <sup>5)</sup>

Bildet man das Gesamtmittel aus den Mittelwerten der drei Gruppen: Heliometer, Photographie und Finsternisbeobachtung, die unter sich als systematisch gleichwertig angesehen werden sollen, wobei aber der *Haynsche* Wert wegen seiner oben erwähnten prinzipiellen Ausnahmestellung gänzlich ausgeschlossen sei, so erhält man:  $959''.89 \pm 0''.04$  (geschätzter m. F.). Damit folgen weiter die Differenzen  $\Delta$  gegen die Radien aus den Planetenvorübergängen und die für die obere Konjunktion der Venus geltenden kosmischen Refraktionen  $r$  unter der Voraussetzung kreisförmig gekrümmter Lichtstrahlen aus den

Merkurdurchgängen:  $\Delta = 0''.24 \pm 0''.06$ ,  $r = 0''.63 \pm 0''.16$   
 Venusdurchgängen:  $\Delta = 0''.11 \pm 0''.06$ ,  $r = 0''.71 \pm 0''.38$ .

Die abgeleiteten Werte der kosmischen Refraktion wären also auch in diesem Falle qualitativ und quantitativ mit den beobachteten Abweichungen der Venuspositionen in oberer Konjunktion sehr gut vereinbar und würden für den zirkum-solaren Ursprung der Erscheinung sprechen. Es genügt aber wohl, auf die vorher geäußerten Bedenken hinzuweisen, um den zweifelhaften Charakter dieser Entscheidung festzustellen.

II. Wesentlich zuverlässiger dürfte eine Beurteilung der Frage auf Grund von möglichst homogen durchgeführten speziellen Beobachtungsreihen der Venus in der Nähe der unteren Konjunktion sein. Die systematische Unsicherheit, die dadurch entsteht, daß bei den  $\alpha$ -Beobachtungen im allgemeinen nur ein Rand des Planeten einzustellen ist, wird, wenigstens prinzipiell, behoben werden können, wenn man nur die mit dem gleichen Instrument und vom gleichen Beobachter nahe zur selben Zeit angestellten Durchmesserbestimmungen zur Reduktion verwendet. Für die  $\delta$ -Beobach-

tungen, bei denen in vielen Fällen beide Ränder pointierbar sein werden, kommt diese Vorsichtsmaßregel weniger in Betracht, doch gestalten sich hier andererseits die Verhältnisse wegen der mehr differentiellen Bestimmungsweise der jährlichen Refraktion wieder etwas ungünstiger.

Das in den Beobachtungsbänden von Greenwich (Transit-Circle), Paris (Grand cercle méridien) und Washington (9-zöll. Meridiankreis, 1902 6-zöll. Meridiankreis) von 1858 an — dem ersten Jahre der Verwendung der Tafeln *Le Verriers* — bis in die neuere Zeit enthaltene, brauchbare Material an Venusbeobachtungen in der Nähe der unteren Konjunktion habe ich nun sowohl in  $\alpha$  wie in  $\delta$  zu einer vorläufigen Ableitung des genäherten Betrages der jährlichen Refraktion in ganz ähnlicher Weise verwendet, wie das in meiner erwähnten Arbeit (a. a. O., S. 8 ff.) für die obere Konjunktion geschehen ist. Innerhalb der Grenzen von durchschnittlich einem halben Monat vor und nach der Konjunktion wurden in  $\alpha$  die beobachteten Unterschiede  $B - R$  gegen die Venus-tafeln gemittelt und die beiden Mittel (Normalörter) miteinander verglichen. In  $\delta$  habe ich drei Normalörter gebildet, zwei gewöhnlich je etwa zehn Tage vor und nach der Konjunktion und einen dritten möglichst für diese selbst. Die ersteren wurden mit den in  $\delta$  meist ganz geringen Korrekturen für jährliche Refraktion nach meiner empirischen Formel (a. a. O., S. 71) versehen und hierauf durch lineare Interpolation auf die Epoche des mittleren Normalortes reduziert. Die Differenz zwischen dem so erhaltenen refraktionsfreien und dem beobachteten Mittel der  $B - R$  ergab einen Wert für die jährliche Refraktion. Die an einem Beobachtungsorte für die einzelnen Konjunktionen gefundenen Beträge wurden vorderhand unter der Annahme linearer Veränderung der jährl. Refraktion mit dem Winkelabstand von der Sonne gemittelt.

Greenwich. In den Greenwich-Bänden ist überall an den zur Reduktion benutzten Tafelhalbmesser  $h$  des N. A. noch die Korrektur  $+0''.39 + 0''.027 \cdot h$  angebracht worden. Es entsprach diese Korrektur ursprünglich einer Durchmesserbestimmung, die *Stone*<sup>6)</sup> auf Grund von älterem, vor 1862 an den Meridianinstrumenten erhaltenem Material ausgeführt hatte. Nun ist aber der Tafelhalbmesser in der Einheit der Entfernung bei *Stone*  $8''.25$ , während 1865–1895 im N. A. dafür  $8''.305$  und von 1896 an  $8''.40$  angenommen wurde. Ich habe daher die verwendeten Halbmesser vorläufig alle gleichmäßig auf den *Stoneschen* Wert reduziert durch Anbringung der Korrekturen:

$$1865-1895: -0.0067 \cdot h (= -0''.055, \text{ für } h = 8''.25)$$

$$1896-1911: -0.0182 \cdot h (= -0''.15, \text{ für } h = 8.25).$$

Als Tafeln der Venus gelten für 1865–1900 diejenigen von *Le Verrier*, von 1901 an diejenigen von *Newcomb*. Indem von einer eigenen Untersuchung der von 1865 an beobachteten Halbmesser vorerst abgesehen wurde, ergab sich:

$$\text{aus 201 } \alpha\text{-Beob. während 23 unt. Konj. 1865-1911:}$$

$$r(17^\circ) = -0''.55 \pm 0''.22,$$

$$\text{aus 176 } \delta\text{-Beob. während 19 unt. Konj. 1865-1911:}$$

$$r(7^\circ) = +0''.20 \pm 0''.20.$$

Dabei wurde der m. F.  $\mu$  der Gewichtseinheit (in jeder Koordinate 4 Beob.) in  $\alpha$  zu rund  $\pm 2''$ , in  $\delta$  zu  $\pm 1''$  abgeschätzt.

<sup>1)</sup> Astron. Mitteil. d. Kgl. Sternw. zu Göttingen, 7. Teil.

<sup>4)</sup> A. N. 201.185.

<sup>5)</sup> Mémoire sur l'éclipse du soleil des

<sup>2)</sup> B. A. 29, S. 473-475.

16-17 avril 1912, p. 103.

<sup>3)</sup> A. J. B. 1915, S. 112.

<sup>6)</sup> M. N. 25, S. 57.

Paris. Es wurden nur Beobachtungen in  $\alpha$  verwertet, da sie in  $\delta$  zu spärlich sind. In Ermangelung von Angaben über beobachtete Halbmesser konnte vorläufig ebenfalls der *Stonesche* Halbmesser zur Reduktion benutzt werden, um so mehr, als die optischen Verhältnisse des Instrumentes nahe die gleichen wie in Greenwich sind. Der in den Pariser Bänden verwendete Tafelhalbmesser ist derjenige des N. A. Entsprechend wurden folgende Korrekturen an diesen angebracht:

vor 1865	$+0''.39 + 0.027 \cdot h$
1865–1895	$+0.39 + 0.020 \cdot h$
nach 1895	$+0.39 + 0.009 \cdot h$

Die Tafeln sind durchweg diejenigen von *Le Verrier*. Aus 11 unteren Konjunktionen 1858–1906 mit 72 Einzelbeobachtungen folgte schließlich:  $r(20.7) = -0''.19 \pm 0''.36$ , wobei  $\mu$  wiederum  $= \pm 2''$  angenommen wurde.

Washington. Die verwendeten Tafeln der Venus sind 1866–1881 die *Le Verrierschen*, 1881–1891 die von *Hill*, von da an die *Newcombschen*. Dem in den Washington-Bänden benutzten Halbmesser der A. E. liegt der Wert  $8''.546$  in der Entfernung 1 zugrunde. Eine zur Prüfung dieses Wertes von mir ausgeführte Ausgleichung von ungefähr 500 in  $\delta$  am 9-zöhl. Meridiankreise zwischen 1866 und 1901 beobachteten Halbmessern, in allen möglichen geozentrischen Entfernungen des Planeten, ergibt nahe Übereinstimmung mit dem *Stoneschen* Halbmesser. Es folgt nämlich:

$$B - R = +0''.34 - 0.0149 \cdot h \quad \text{oder Halbmesser in Entf. 1:} \\ (\pm 0.06)(\pm 0.0048)$$

$h_0 = 8''.42 \pm 0''.04$ , während bei *Stone* der Halbmesser zu  $8''.47$  und die Irradiation zu  $0''.39$  herauskommt. 300 Beobachtungen in  $\alpha$  bestätigen dieses Resultat für große Entfernungen ( $h = 6''$ ) innerhalb der m. F., ebenso ergeben etwa 250 Beobachtungen am 6-zöhl. Meridiankreis für  $h = 6''$  annähernd dasselbe. Bringt man nun an die Halbmesser der A. E. entsprechende Korrekturen an, so hat man als Endresultate:

aus 127  $\alpha$ -Beob. während 15 unt. Konj. 1866–1902:

$$r(15.0) = -1''.44 \pm 0''.28,$$

aus 101  $\delta$ -Beob. während 10 unt. Konj. 1866–1902:

$$r(6.5) = +0''.34 \pm 0''.27$$

unter den früheren Annahmen für  $\mu$ . Der in  $\alpha$  angenommene Venushalbmesser scheint hier trotz der Kontrolle durch die  $\delta$ -Beobachtungen stark verfehlt zu sein, und überhaupt weisen die  $\alpha$  größere negative Beträge von  $r$  auf als die  $\delta$ , welche im Mittel nahe null ergeben. Vielleicht deutet dieser Umstand auf eine Abplattung des Planeten hin.

Übersicht. Um eine genauere Reduktion der zahlreichen Beobachtungen in Greenwich zu ermöglichen, habe ich nachträglich noch eine Bestimmung des Venushalbmessers durch Ausgleichung von 930 am Transit-Circle 1865–1911

Berlin-Babelsberg, 1919 Januar 29.

angestellten  $\delta$ -Beobachtungen vorgenommen, wobei die Bedingungsgleichungen wieder die Form:  $B - R = \alpha + \beta \cdot h$  hatten und die Beobachtungen ziemlich gleichmäßig über alle Entfernungen ausgewählt werden konnten. Es ergab sich:  $\alpha = +0''.42 \pm 0''.094$ ,  $\beta = +0.0038 \pm 0.0060$  bei einem Tafelhalbmesser  $h_0 = 8''.305$ . Zusammen mit den früheren Werten (*Stone* und *Washington*) hat man dann für  $h_0$  und die Irradiation folgende Beträge:

	$h_0$	Irradiation
Greenwich ( <i>Stone</i> ) (1839–1862)	$8''.47$	$+0''.39$
Greenwich (1865–1911)	$8.34 \pm 0''.049$	$+0.42 \pm 0''.094$
Washington (1866–1901)	$8.42 \pm 0.041$	$+0.34 \pm 0.059$
Mittel	$8.41$	$+0.38$

Da die Dimensionen der beiden Instrumente in Greenwich und Washington ungefähr gleich sind, wird man das Mittel als wahrscheinlichsten Wert der einzuführenden Größen ansehen können. Danach bedürfen die Beobachtungen in Washington keiner merklichen Korrektur mehr, dagegen wurde eine solche in Greenwich und Paris (für die  $\alpha$ -Beob. nur überschlagsweise) angebracht und damit endgültig die in der folgenden Übersicht gegebenen Zahlenwerte für die jährliche Refraktion erhalten.

#### $\alpha$ -Beobachtungen.

$$\text{Greenwich } r(17.0) = -0''.78 \pm 0''.22$$

$$\text{Paris } r(21) = -0.41 \pm 0.36$$

$$\text{Washington } r(15) = -1.44 \pm 0.28$$

$$\text{Mittel } r(17.1) = -0.92 \pm 0.16$$

#### $\delta$ -Beobachtungen.

$$\text{Greenwich } r(7.5) = -0''.32 \pm 0''.20$$

$$\text{Washington } r(6.5) = +0.34 \pm 0.27$$

$$\text{Mittel } r(7.1) = -0.08 \pm 0.16$$

Die Ergebnisse der  $\alpha$ -Beobachtungen sind nicht einwandfrei, da der Halbmesser im allgemeinen nur aus  $\delta$ -Beobachtungen abgeleitet werden konnte. Gibt man ihnen aus diesem Grunde gegenüber den  $\delta$ -Beobachtungen nur halbes Gewicht, so folgt als Gesamtmittel:  $r(12.0) = -0''.34 \pm 0''.13$ . Das heißt soviel, als daß in diesem Falle jährliche Refraktion nicht nachweisbar ist. Da nun die Beobachtungen der oberen Konjunktionen der Venus ganz unzweifelhaft positive Abweichungen ergeben, so spricht das vorliegende, aus dem vorhandenen Beobachtungsmaterial der Venus in der Nähe der unteren Konjunktion gewonnene negative Zahlenresultat einstweilen dafür, daß es sich bei der jährlichen Refraktion um eine zirkumsolare (kosmische) und keine terrestrische Erscheinung handelt. Bis zu einer endgültigen Entscheidung der Frage wird dieses Ergebnis jedoch unbedingt der wiederholten, starken Sicherung durch weitere, ausgedehnte Beobachtungsreihen des Planeten zur Zeit der Erdnähe bedürfen.

L. Courvoisier.

Berichtigungen zu Nr. 4785 Bd. 200 p. 143 Z. 17 v. u. statt  $0''.001$  lies  $0''.003$ .

» » 4969 » 208 » 13 » 28 v. o. statt 1917 CQ Priamus lies 1918 EQ.

Inhalt zu Nr. 4979. P. Harzer. Zusatz zu meinem Artikel »Über eine kurze Methode der Bestimmung einer Planetenbahn nach drei Beobachtungen bei den gewöhnlichen kleinen und mäßigen Zwischenzeiten«. 153. — L. Courvoisier. Aufforderung zu Meridianbeobachtungen des Planeten Venus in der Nähe seiner unteren Konjunktion. 163. — Berichtigungen. 167.