

Thomas Posch; Franz Kerschbaum  
Kepler, Horrocks, Hevelius und der Venustransit von 1631

*Acta Universitatis Carolinae. Mathematica et Physica*, Vol. 46 (2005), No. Suppl, 89--100

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/143827>

## Terms of use:

© Univerzita Karlova v Praze, 2005

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

# Kepler, Horrocks, Hevelius und der Venustransit von 1631

THOMAS POSCH AND FRANZ KERSCHBAUM

Vienna

Received 20. October 2004

## 1. Keplers Prognose des Transits von 1631

In Keplers kurzem, aber gewichtigem Werk „De raris mirisque anni 1631 Phaenomenis [...] Admonitio ad Astronomos“ lesen wir:

Quod libro meo, Astronomiae Partis Opticae [...] negavi hoc seculo fieri posse, ut Stella Veneris particulam Solis tegat, id hoc anno 1631 d. 6. Decembris [...] futurum prodit calculus.<sup>1</sup>

Kepler revidiert also seine in der *Optik* getroffene Feststellung, im Verlaufe des 17. Jh. würde kein Venustransit stattfinden, und weist – nur zwei Jahre vor dem Transit von 1631 – auf dieses extrem seltene Himmelsereignis hin. Was die Seltenheit von Venusdurchgängen betrifft, schreibt Kepler mit großer Begeisterung:

non possum non summis votis expetere serenitatem [...], non hoc propterea praecipue, quia rarissime contingunt hujusmodi incursus *Veneris in Solem*, nec ante revolutionem 235 [ducenti triginta quinque] annorum in eodem loco [...] fieri.<sup>2</sup>

Kepler geht also davon aus, daß nur *einmal* alle 235 Jahre von *einem gegebenen Ort* aus ein Venustransit beobachtet werden könne, und nur zweimal in diesem

---

Institut für Astronomie, University of Vienna, Türkenschanzstr. 17, A – 1180, Wien, Austria

<sup>1</sup>J. Kepler, De raris mirisque anni 1631 Phaenomenis [...] Admonitio ad Astronomos, in: Joannis Kepleri Astronomi Opera Omnia. Hg. Ch. Frisch. Vol. VII, Frankfurt a.M. 1868, p. 592. – Vgl. Bibliographia Kepleriana, hg. von Max Caspar, München 1936, p. 102f., woraus hervorgeht, daß die „Admonitio“ erstmals 1629 in Leipzig, dann aber noch ein zweites Mal 1630 in Frankfurt ediert wurde; beide Male unter Beteiligung von Keplers Schwiegersohn Jacob Bartsch.

<sup>2</sup>Ebd.

Zeitraum, wenn man *alle* möglichen Beobachtungsorte in Betracht zieht („nec pluribus quam duobus totius circuitus locis, scilicet apud nodum utrumque“). An diese Feststellung schließt sich nun eine Wendung an, die nicht anders denn als folgenschwer bezeichnet werden kann: „nec iterum fieri possit usque in annum Icarionis 1761. diem 25. Maji Juliani [...]“.<sup>2</sup> Zwischen 1631 und 1761 erwartet Kepler also keinen Venustransit. Dieser Umstand ist es vor allem, der die theoretische Seite des Venustransitberichts von Jeremiah Horrocks so interessant macht.

Bezüglich des Zeitpunkts des Venustransits von 1631 finden wir bei Kepler folgende Angabe:

Etsi vero calculus indicat conjunctionibus articulum medium hor. 9.41' postquam Sol peaes nos jam 6 horas sub horizonte transegit, eoque apparitionem hanc adjudicat Americae [...].<sup>3</sup>

Kepler geht also davon aus, daß die untere Konjunktion der Venus am späten Abend des 6. Dezember 1631 (26. November alten Stils) stattfinden würde. Diese Prognose veranlaßte Gassendi zu einer gespannten Beobachtung der Sonne sowohl am 6. als auch am 7. 12. 1631, an letzterem Tage bis drei Uhr nachmittags; doch blieb dieser dabei erfolglos, wie er in seiner Schrift *Mercurius in sole visus, et Venus invisus* selbst berichtet.<sup>4</sup>

## 2. Horrocks' Bericht *Venus in sole visa* aus dem Jahre 1640

Horrocks verdankt seine Aufmerksamkeit auf den Venustransit von 1639 u.a. dem glücklichen Umstand, daß er sich während seiner frühen astronomischen Studien lange mit dem Tabellenwerk des Phillip Lansbergen auseinandensetzte.<sup>5</sup> Dieses Tabellenwerk – die 1632 erschienenen *Tabulæ motuum coelestium perpetuæ*<sup>6</sup> – waren zwar weniger genau als Keplers *Rudolphinische Tafeln*; doch gerade dieser Umstand zwang den Astronomen aus Lancaster zur Berechnung einer eigenen,

---

<sup>2</sup>Ebd.

<sup>3</sup>Ebd., p. 593.

<sup>4</sup>Pierre Gassendi, *Mercurius in sole visus, et Venus invisus Parisiis Anno 1631: Pro voto, & Admonitione Kepleri: Cujus heic sunt ea de re Epistolæ Dus cum Observatis quibusdam aliis* (Paris 1632). Vgl. Petrus Gassendi, *Opera Omnia*, Lyon 1658, vol. 4, p. 505: „Tum porro Venus adhuc invisus; etiam claro Sole, sub horam ab meridie tertiam.“

<sup>5</sup>Schon während seines Studiums in Cambridge wurde Horrocks durch eine Abhandlung des Londoner Astronomen D. H. Gellibrand auf Lansbergens Tabellen aufmerksam. Vgl. Peter Aughton: *The Transit of Venus. The Brief, Brilliant Life of Jeremiah Horrocks, Father of British Astronomy*. London 2004, p. 61, p. 70. – Später korrespondierte Horrocks mit seinem Freund Crabtree über Lansbergens Tabellen und deren Unzulänglichkeiten.

<sup>6</sup>Philips van Lansbergen, *Tabulæ motuum coelestium perpetuæ. Ex omnium temporum Observationibus constructas, Temporumque omnium Observationibus consentientes*. Middelburg 1632.

genaueren Venusephemeride, welche ihn etwa Anfang Oktober 1639 zur entscheidenden Erkenntnis führte.<sup>7</sup> So stellt er fest, er sehe Lansbergen angesichts der glücklichen Entdeckung mittlerweile dessen Überheblichkeit nach („Ignosco jam [...] illius Belgae arrogantiae“), wobei er mit *arrogantia* nicht zuletzt auf Lansbergens Behauptung, die genauesten Ephemeriden errechnet zu haben, anspielt.

Nicht nur mit Lansbergens Tafeln setzte sich Horrocks genauestens auseinander, sondern auch mit den übrigen zu seiner Zeit benutzten Tabellenwerken. Dies waren neben den bereits genannten Werken von Lansbergen und Kepler v.a. die auf Copernicus' Planetentheorie beruhenden *Prutenischen [=Preußischen]* Tafeln von Erasmus Reinhold (Tübingen 1551, <sup>2</sup>1571) und die auf dem Tychonischen Weltbild beruhende *Astronomia Danica* von Christian Longomontanus (Amsterdam 1622). Aus all diesen Tabellenwerken errechnete Horrocks die jeweiligen Zeitpunkte der unteren Konjunktion der Venus für 1639 und fand folgende Abweichungen im Vergleich zu seiner Beobachtung: Reinhold-Copernicus 2d 4h 47min<sup>8</sup> Longomontanus-Tycho 1d 8h 25min<sup>9</sup> Lansbergen-Copernicus<sup>10</sup> 16h 31min;<sup>11</sup> Kepler 9h 46min.<sup>12</sup> So kann für Horrocks kein Zweifel daran aufkommen, daß Keplers Tafeln die zuverlässigsten sind; nicht nur die exemplarische Rechnung für die untere Konjunktion der Venus von 1639, sondern tägliche Erfahrung habe ihn dies gelehrt („Docuit enim experientia quotidiana, vere illud de Kepleri Tabulis affirmari quod de suis [i.e. Lansbergii] [...] tantum inter alias efferre caput“<sup>13</sup>). An einigen Stellen des Horrocksschen Werkes finden sich regelrechte Elogien für Kepler, so etwa am Anfang des 14. Kapitels, wo er sich nach Copernicus (Kap. 11), Lansbergen (Kap. 12) und Longomontanus (Kap. 13) dem „Calculus Kepleri“ zuwendet und schreibt:

„Pergo igitur ad Astronomiae vere Principem J. Keplerum [...]: Ego certe divinissimum ingenium & ad invidiam usque faelix, summa cum admiratione

---

<sup>7</sup>Tatsächlich hätte sich dieses Resultat auch aus den Tabulae Rudolphinae ableiten lassen, wie O. Gingerich kürzlich zeigte (priv. Mitt.); die Pointe der Geschichte ist also eine doppelte: Kepler über- sah den Transit von 1639, aber seine Tafeln enthielten ihn dennoch implizit.

<sup>8</sup>Diese Angabe findet sich nicht direkt bei Horrocks; aus den Zahlen, die er im 11. Kapitel angibt, läßt sie sich jedoch leicht errechnen: Längenfehler nach dem „Calculus Copernici“ 3°34'49"; tägliche Bewegung der Venus 1°37'40".

<sup>9</sup>J. Horrocks, *Venus in sole visa*, Danzig 1662, p. 132: „[...] Longitudo [Longomontani] grad. 2°11'56" aberrat a scopo, quibus debetur dies 1 horae 8°25'.“

<sup>10</sup>Wie E. Reinhold legte auch noch Ph. Lansbergen die *kopernikanische* Planetentheorie seinen Rechnungen zugrunde; daher nennt Horrocks das Lansbergensche Tabellenwerk „nichts anderes als eine zweite Ausgabe der Prutenischen Tafeln“ („nihil aliud [...] nisi Tabularum Prutenicarum secunda Editio“: ebd., p. 131.)

<sup>11</sup>Ebd.: „Praecessit ergo Coniunctio computa horis 16°31'.“

<sup>12</sup>Ebd., p. 134: „In Longitudine error est scrupulorum 39'43", quanta est orbis Prosthaphaeresis, quae efficiunt horas 9[h] 46', quibus coniectio [calculata!] fuisset maturior.“

<sup>13</sup>J. Horrocks, *Venus in sole visa*, Danzig 1662, p. 111.

summoque cum honore veneror, & Nobilissimi Haerois arcem Uranicam, tanto fastigio caeteras omnes superantem, meis [...] viribus propugnandum arbitror: nec quisquam, me vivo, Kepleri cineres impune laceserit [...].“<sup>14</sup>

Die Wirkung von Horrocks' Kepler-Rezeption sollte im übrigen nicht unterschätzt werden; diese trug wesentlich dazu bei, der astronomischen Revolution, die sich mit Copernikus und Kepler auf dem europäischen Kontinent vollzogen hatte, auch in Großbritannien – wo sie bislang noch kaum rezipiert worden war – Eingang zu verschaffen.<sup>15</sup> Selbst in bezug auf Newton Synthese von Keplers Himmelsmechanik und Galileis terrestrischer Mechanik darf vermutet werden, daß Horrocks dazu beigetragen hat, ihr den Weg zu ebnen; hatte doch selbst Francis Bacon noch geozentrisch gedacht.<sup>16</sup>

Die *wissenschaftlichen Zielsetzungen*, die Horrocks für seine Venustransit-Beobachtungen namhaft macht, sind nun die folgenden:

a) Verbesserung der Bahnelemente der Venus (mittlere Bewegung, Inklination, Länge des aufsteigenden Knotens); b) Bestimmung des scheinbaren Venusdurchmessers.

Während das Ziel a) nur partiell realisiert werden könnte, erhielt Horrocks (ebenso wie sein Freund Crabtree) in bezug auf Punkt b) ein Resultat von weitreichender Bedeutung für die Geschichte der Erforschung des Sonnensystems. Auf dieses wollen wir hier kurz eingehen und uns anschließend Horrocks' Diskussion seiner möglichen Beobachtungsfehler zuwenden.

*Horrocks' Bestimmung des scheinbaren Venusdurchmessers: „Majorem Ulam non apparuisse, certissime scio“ („Ich bin mir völlig sicher, größer erschien sie nicht“)*

---

<sup>14</sup>Ebd., p. 133.

<sup>15</sup>Vgl. A. Chapman, Jeremiah Horrocks, the transit of Venus, and the 'New Astronomy' in early seventeenth-century England, *Quarterly Journal of the RAS* 31, p. 333–357 (1990): „Jeremiah Horrocks was, perhaps, the first man in England to comprehend fully the astronomical revolution going on in Continental Europe. [...] He was the first of his countrymen to examine independently the Keplerian astronomy [...]“ (p. 350). Cf. p. 335: “His *Venus in sole visa* was not only Horrocks's one complete piece of astronomical writing, but his final statement on the New Astronomy. [...] In the tradition of Galileo's *Stary Messenger*, *Letter on Sunspots* and Tycho's *De nova Stella*, Horrocks' Venus is as much a work on the philosophy of science as it is an observation of a particular event [...]” – Wie Chapman hervorstreicht, schrieb Horrocks nicht nur *Venus in sole visa*, sondern auch eine *Astronomia Kepleriana Defensa & Promota*, welche in den *Opera Posthuma* (London 1673) veröffentlicht wurde.

<sup>16</sup>Vgl. P. Aughton, The Transit of Venus, loc. cit., p. 40: “Astronomically speaking, Francis Bacon was still in the past, because he could not accept any theory which did not put the Earth at the centre of the universe.” Zu Newton vgl. p. 185: “If I have ever seen further than others before me, said Newton, it is because I have stood on the shoulders of giants. Jeremiah Horrocks was one of those giants.”

Um den Winkeldurchmesser der Venus zu bestimmen, projizierte Horrocks das von einem relativ kleinen Teleskop erzeugte Bild der Sonne auf einen Schirm, sodaß der Durchmesser des projizierten Bildes 15cm (6 Zoll) betrug. Auf dem Projektionsschirm hatte er den Kreisdurchmesser in 30 gleich große Teile geteilt, in Relation zu denen er den Venusdurchmesser zu bestimmen gedachte. Die Teilung in 30 Teile entspricht etwa der Anbringung einer Bogenminuten-Skala und war folglich sehr geschickt gewählt.

An zwei Stellen seines Venus-Buchs erwähnt Horrocks seine Abschätzung des Venusdurchmessers: In Kapitel 2 und in Kapitel 16, wobei letzteres zur Gänze dem Durchmesser-Problem (auch in historischer Perspektive) gewidmet ist. Gegen Ende von Kapitel 2 heißt es, Venus sei größer als  $1/30$  des Sonnendurchmessers erschienen, doch nur um  $1/6$  oder allerhöchstens um  $1/5$  größer. Als wahrscheinlichsten Wert für den Venusdurchmesser sieht Horrocks – unter Voraussetzung eines Sonnendurchmessers von 30 Bogenminuten –  $1'2''$  an.<sup>17</sup> Wird ein größerer Sonnendurchmesser angenommen (was in Erdnähe ja tatsächlich angemessen ist), so resultiert ein entsprechend größerer Wert für den Venusdurchmesser – so etwa  $1'16''$  für  $31'30''$ , wie es im 16. Kapitel heißt.<sup>18</sup>

Dieser Wert von etwas mehr als einer Bogenminute ist sehr klein verglichen mit der Größenordnung der Zahlen, die von Tycho, Kepler, Riccioli und selbst noch Galilei angenommen worden waren, denn diese lagen durchwegs zwischen 3 und 12 Bogenminuten.<sup>19</sup>

### *Die Diskussion möglicher Fehler und Irrtümer*

Mehr noch als Horrocks' Resultate beindrucken jene Passagen, in welchen er mögliche Fehlerquellen diskutiert. Infolge von Keplers Irrtum von 1607 (er hatte Sonnenflecken für Merkur gehalten) ist Horrocks besonders darauf bedacht, zu beweisen, daß er am 4. Dezember 1639 nicht gleichfalls einen Sonnenfleck gese-

---

<sup>17</sup>Horrocks, *Venus in sole visa*, ed. J. Hevelius, Danzig 1662, p. 116: „Tertio, diametrum Veneris in circulo chartaceo umbram suam depingentis, sedula & multoties repetita collatione deprehendi, parte tricesima diametri Solaris, majorem quidem, at valde parum, sexta quasi (aut ad summum quinta) illius particula. Esto igitur sicut aestimavi, diameter Solis ad Veneris diametrum, ut  $30'$  ad  $1'12''$ .“

<sup>18</sup>Ebd., p. 137: „Diametrum Veneris observavi [...] scrup[ulorum]  $1'12''$  qualium Sol erat  $30'$  ergo qualium hic habuit  $31'30''$ ; fuit illa  $1'16''$ ; Tanta fuit vera diameter: consentit huic Mensurae, amici mei W Crabtrii observatio, Majorem illam non apparuisse, certissime scio [!]: si quid peccatum est, in excessu fuit.“ – Hevelius schreibt in seiner Anmerkung zu dieser Stelle (ebd. S. 140), aus Crabtrees Beobachtungen könne ein Venusdurchmesser von  $1'3''$  abgeleitet werden.

<sup>19</sup>Galilei war der Wahrheit vor Horrocks noch am nächsten gekommen: In seinen *Briefen über die Sonnenflecken* (1613) hatte er einen Venusdurchmesser während der unteren Konjunktion von weniger als  $3'$  angegeben (vgl. Chapman, loc. cit., p. 352, Anm. 30).

hen und mit Venus verwechselt hatte.<sup>20</sup> So stellt er die folgenden, sehr starken Argumente zusammen:

- Sonnenflecken sind normalerweise viel kleiner als Venus während der unteren Konjunktion (siehe dazu aber unten Abschnitt 3);<sup>21</sup>
- Sonnenflecken erscheinen nicht exakt rund und scharf begrenzt;<sup>22</sup>
- Während Merkur und Venus vor der Sonne völlig schwarz erscheinen, sind Sonnenflecken nicht völlig schwarz; sie gleichen eher sehr dichten Rauchwolken;<sup>23</sup>
- Die Bewegung der Venus ist im Vergleich zu der (rotationsbedingten) der Sonnenflecken rasch und (auch in Projektion auf die Sichtlinie) gleichförmig.<sup>24</sup>

Noch ausführlicher wird die Frage diskutiert, welche systematischen Fehler die Bestimmung des scheinbaren Venusdurchmessers beeinflussen könnten. Hier bezieht sich Horrocks vor allem auf die Einwände, welche Schickhard gegen die Bestimmung des Merkurdurchmessers während des Transits vom November 1631 erhoben hatte<sup>25</sup> und sucht diese zu entkräften. Schickhard hatte u.a. die Ablenkung des Sonnenlichts am Rand der Venus (wie jedes anderen dunklen Körpers) in Betracht gezogen („Nosti lucis hanc esse naturam, ut se undiquaque diffundat & amplificet [...]“<sup>26</sup>); ferner hatte er mit einer geometrischen Verkleinerung des

---

<sup>20</sup>Zu Keplers Irrtum vgl. dessen redliches Selbstzeugnis: J. Kepler, *De rarioribus mirisque anni 1631*, in: *Opera Omnia*, vol. VII, loc. cit., p. 594: „Multis [...] diebus aberat [1607] conjunctio Solis et Mercurii, calculo teste. *Macula itaque Solis illa fuit*, utique quia, ut habet observatio, nec rotunda exacte fuit nec aequaliter ex omni parte umbrosa.“ (Hervorhebung hinzugefügt) – Horrocks dazu (Venus in sole visa, p. 119): „Ipse [...] Keplerus, Astronomorum, quotquot unquam fuerunt sagacissimus, insigniter tamen delusus est anno a Christo nato 1607 Maji 18 [...].“

<sup>21</sup>J. Horrocks, *Venus in sole visa*, loc. cit., p. 120: „Utcunque autem Veneris diameter observata multum defecerit ab ea quantitate, quam vulgo statuunt Astronomi; nihilominus longe superavit.“

<sup>22</sup>Ebd.: „[...] Maculae autem communes, quae nihil aliud sunt, nisi fumosae expirationes, & (ut verbo dicam) nubes Solares, cum constant, materia fluida, & facile dissipabili, rarissime in circuli formam coguntur, sed figura irregulari deformes, nebulas nostras terrestres exacte aemulantur [...].“

<sup>23</sup>Ebd.: „[...] Nubes Solares, cum sint materiae rarioris, nec admodum condensatae, crassi alicujus fumi soliditatem vix superantis, idcirco lumen Solis perfecte obtegere non possunt, sed radios illius, paulum debilitatos transmittunt: unde accidit, ut raro, si forte unquam, perfecte nigrescant [!]. sed pallidum quendam colorem, mixtaque cum Luce tenebras exhibeant plerumque [...]“

<sup>24</sup>Ebd.: „Ob quam causam, initio & fine apparitionis, cum circa declivem Solis oram versantur, ita tardo motu videntur procedere, ut die uno aut altero solum vix varient, propterea quod linea quasi recta ad oculos nostros accedant; vel ab iis recedant. At illa, quam nos observavimus [i.e. Venus], motu longe velociori, & quidem aequabili, circa ipsam Solis oram, spatio semihorae, vigesimam diametri Solis partem dimensa est, id quod vulgarium Macularum nulla integro biduo effecit unquam.“

<sup>25</sup>Wilhelm Schickard: *Pars Responsi Ad Epistolas P. Gassendi Insignis Philosophi Galii De Mercurio Sub Sole Viso, & aliis Novitatibus Uranicis*. Tübingen 1632.

<sup>26</sup>W. Schickhard, zit. nach Horrocks, *Venus in sole visa*, loc. cit., p. 137. – Man beachte, daß das Phänomen der *Lichtbeugung* erst in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts erstmals beschrieben wurde, und zwar von Francesco Maria Grimaldi (*Physico-Mathesis de Lumine, Coloribus et Iride*, Bononiae 1665).

Venusschattens argumentiert und einen Einfluß der Planetenatmosphären auf deren Erscheinungsbild bei Transits (und Sternbedeckungen) behauptet.<sup>27</sup> Horrocks zeigt nun,

- daß die Beobachtungen, welche Schickhard zum Punkt „Ablenkung des Lichts an dunklen Körpern“ anführt, von physiologischen Effekten<sup>28</sup> beeinträchtigt waren, welche durch Anwendung der Projektionsmethode eliminiert werden können;
- daß die geometrische Verkleinerung des Venusschattens vernachlässigbar ist.<sup>29</sup>
- daß eher eine Schattenvergrößerung (durch Berge) als eine Schattenverkleinerung angenommen werden könne,<sup>30</sup>
- schließlich, daß der Einfluß der Planetenatmosphären ebenso gering sein dürfte wie nach Horrocks' eigener Beobachtung der Einfluß der Atmosphäre des Mondes auf den Verlauf der Pleiadenbedeckung vom 19. März 1637.<sup>31</sup>

Um seinem den Zeitgenossen so überraschend klein erscheinenden Venus durchmesser zusätzliche Plausibilität zu verleihen, berichtet Horrocks außerdem noch von zwei Beobachtungen der Venus am Morgenhimmel, welche im Januar 1640 durchgeführt wurden, und zwar beide Male nach Sonnenaufgang, sodaß Blendung und Überstrahlung ausgeschaltet werden könnten. Horrocks verwendete dabei eine eiserne Nadel, die er in einem Abstand von seinem Auge plazierte, welcher ein bestimmtes Vielfaches ihres eigenen Durchmessers ausmachte, so daß die Nadel Venus abdeckte. Auf diese Weise könnte beide Male der Winkeldurchmesser der Venus bestimmt werden: am 7. Januar 1640 zu 38“, am 29. Januar zu 27“. <sup>32</sup> Man kann Horrocks nur zustimmen, wenn er schreibt, es sei erstaunlich, daß niemand vor ihm ähnliche Messungen anstellte, geschweige denn ähnliche Resultate erhielt.<sup>33</sup>

---

<sup>27</sup>Vgl. ebd., p. 138.

<sup>28</sup>Horrocks spricht von einer gewissen Feuchtigkeit der Augen: „in oculi illam intuentis humiditate [...], qua refringuntur, & ampliantur candelae radii [...] (ebd.)

<sup>29</sup>Vgl. ebd.: „Veneris vero diameter Soli apparet 0'28" ergo angulus conii umbrae Veneris erit 42'35" [...] [ergo] diameter Veneris visa 1'16" ad veram 1'16"0"5"“. – In der heute gebräuchlichen Einheit Millibogensekunden (mas) ausgedrückt, beträgt die geometrische Schattenverkleinerung nach Horrocks' Rechnung 1.4 mas!

<sup>30</sup>Ebd., p. 139: „Iidem Montes visum nostrum terminabunt, quo minus ad medium penetret, magnitudo tamen apparens, hinc potius aliquantum augetur non minuitur [...]“

<sup>31</sup>Ebd.: „[...] quod etiam in appulsu Lunae ad Pleyades patuit: ut primum enim Luna verum corpus fixarum texit, ilico evanere falsi radii qui si de vero corpore fuissent, sensim, & per gradus nec omnes uno momento [!] periissent.“

<sup>32</sup>Ebd.

<sup>33</sup>Ebd.: „Caeterum hic satis admirari non possum, tantopere deceptos esse omnes Astronomos in constituendis Planetarum diametris, quas ut plurimum quinquies aut sexies, imo interdum novies aut decies vero majores faciunt [...].“



### 3. Zu Hevelius' „Notae“ in der Horrocks-Edition von 1662

Johannes Hevelius, einem der bedeutendsten beobachtenden Astronomen des 17. Jahrhunderts, gebührt das Verdienst, Horrocks' *Venus in sole visa* 1662 nicht nur in den Druck gegeben zu haben, sondern für diese Edition auch eine ansehnliche Zahl von Anmerkungen verfaßt zu haben. Während der Traktat *Venus in sole visa* im Jahre 1859, ins Englische übersetzt und dadurch einem größeren Publikum zugänglich gemacht wurde,<sup>34</sup> blieben Hevelius' Anmerkungen bislang weitgehend unbeachtet. Im folgenden soll anhand dreier ausgewählter Beispiele gezeigt werden, daß der Informationswert dieser Anmerkungen keineswegs gering zu veranschlagen ist. Freilich wäre es unvorsichtig, Hevelius' Angaben blindlings zu vertrauen.

(1) Ein Beispiel für einen Irrtum des Danziger Astronomen ist das folgende. Hevelius diskutiert in einer Anmerkung zum ersten Kapitel der Horrocksschen Abhandlung die Frage, ob Venus 1631 überhaupt vor der Sonne vorübergezogen sei oder nicht. Schon die Marginalie nimmt das Ergebnis vorweg: „Probatur Venerae an[no] 1631, per discum Solis neutiquam incessisse“ – Venus sei also 1631 gar nicht vor der Sonnenscheibe vorübergezogen. Um dies zu zeigen, geht Hevelius von der Differenz zwischen der (auf Keplers Tafeln beruhenden) Vorhersage für den Zeitpunkt der unteren Konjunktion von 1639 und Horrocks' Beobachtungsergebnissen aus. Hevelius findet in Übereinstimmung mit Horrocks' Angaben in Kap. 14 von dessen Buch<sup>35</sup> eine Zeitdifferenz von fast einem halben Tag: Kepler hat – wie wir sahen – die untere Konjunktion von 1639 um etwa 10 h zu früh angesetzt. Daraus folgert er: Auch die untere Konjunktion von 1631 wird etwa 10 h später stattgefunden haben als von Kepler angenommen. Aus Keplers Konjunktionszeitpunkt von 9h41m abends am 6. Dez. (neuen Stils) wird so 8h am Morgen des 7. Dezember. Gassendi aber habe um diese Zeit schon die Sonne beobachtet und die Venus nicht gesehen. Der Transit von 1631 habe also gar nicht stattgefunden.

(2) Gehen wir nun aber zu einem „positiven“ Beispiel für Hevelius' Anmerkungen über – einem von vielen, die sich nennen ließen. Hevelius ist ebenso wie Horrocks davon überzeugt, daß Venus bei einem Transit nicht mit einem Sonnenfleck verwechselt werden könne. Horrocks hatte, um diese Überzeugung zu untermauern, u.a. vorgebracht, daß er nie einen Sonnenfleck beobachtet habe, der so groß gewesen wäre wie Venus bei ihrem Transit („Ego adhuc nullam [maculam] vidi cum haec Veneris umbram comparandam“<sup>36</sup>). Hevelius hält dem entgegen, er selbst habe im Mai 1644 einen Sonnenfleck mit einem Durchmesser von 1'15" gesehen; auch Scheiner habe – bereits im Mai 1625 – einen ähnlich großen Sonnenfleck

---

<sup>34</sup>Arundell Blount Whatton, *Memoir of the life and labors of the Rev. Jeremiah Horrox to wich is appended a translation of his celebrated discourse upon the transit of Venus across the Sun*. London 1859. Im deutschsprachigen Raum scheint dieses Werk allerdings kaum Verbreitung gefunden zu haben.

<sup>35</sup>S. oben Anm. 13.

<sup>36</sup>Ebd., p. 120.

beobachtet.<sup>37</sup> Es gibt übrigens nach heutigem Wissensstand keinen Grund, an der Richtigkeit dieser Beobachtungsergebnisse zu zweifeln. Hevelius fährt nun fort, das entscheidende Argument gegen eine Verwechslungsmöglichkeit der Venus mit Sonnenflecken sei nicht die Größe, sondern die Form und Umbra-Penumbra-Struktur (wie wir heute sagen würden) der letzteren. Auch diesen Punkt hatte Horrocks ja schon angesprochen. Hevelius präzisiert: Gerade die (oben erwähnten) *besonders großen Sonnenflecken* seien *niemals ohne Kerne* („absque nucleis“) beobachtet worden, hingegen habe man weder bei Merkur noch bei Venus je so etwas wie einen Kern gesehen; stets seien sie als *gleichförmig sehr dunkle Körper* erschienen („aequabilia, etiam ad ipsum limbum usque, obscurissima corpora“).<sup>38</sup>

(3) Abschließend sei noch eine Bemerkung betreffend die Diskussion über den scheinbaren Durchmesser der Venus angefügt. Hevelius bestreitet nicht, daß Horrocks' Wert für den Venusdurchmesser vor dem Hintergrund der zeitgenössischen Annahmen eine Überraschung darstellen mußte; nicht ohne Stolz weist er jedoch darauf hin, daß ihn seine eigenen Beobachtungen der Venus in Apogäumsnähe (bzw. nahe der oberen Konjunktion) unabhängig von Horrocks zu dem Schluß geführt hätten, daß unser innerer Nachbarplanet im Perigäum nicht wesentlich größer denn unter dem Winkel von einer Bogenminute erscheinen könne. Hevelius hatte nämlich Venus „non procul ab Apogaeo“ unter einem Winkel von bloß 12 bis 13 Bogensekunden gesehen<sup>39</sup> (Wie wir heute wissen, erscheint Venus in der

---

<sup>37</sup>Ebd., Anm. des Hevelius auf S. 121 zu Cap. IV: „Etiam si Horroxius ejusmodi magnam Solis maculam unius & amplius scrupuli primi observaverit; tamen nonnunquam ejusmodis apparent. Qualem ego vidi in Sole anno 1644, die 10 & 11 Maji, 1'15" [!] quoad diametrum. Pariter Scheinerus anno 1625 die 15 & 16 Maji, fere ejusdem magnitudinis aliam conspexit; sed raro tamen, (ut recte auctor ait) tales deprehenduntur: quippe unicam tantummodo ejusmodi magnam, plurimis annis, memini me observasse; nec Scheinerum praeter illam unicam octo annorum spatio annotasse, in Rosa Ursina inventio.“ – Vgl. Ch. Scheiner, *Rosa ursina sive Sol*, Bracciano 1630, p. 211; faksimiliert in: Anton von Braunmühl, *Christoph Scheiner als Mathematiker, Physiker und Astronom*, Bamberg 1891, Fig. 11 (nachp. 60).

<sup>38</sup>Vgl. ebd.: „Deinde majores illae maculae, (quod probe notandum,) peculiarem nucleum in meditullio, modo unum, modo plures plerumque possident; qui semper reliqua materia sunt densiores ac obscuriores. Venus vero & Mercurius neutiquam tales exhibuerunt nucleos; sed aequabilia, etiam ad ipsum limbum usque, obscurissima corpora. Sic ut certum prorsus sit, quantum ex Scheinerianis, nostrisque observationibus didcerim, tales maculas pari magnitudine, simili facie, uti Venus, absque nucleis nunquam apparuisse.“

<sup>39</sup>Vgl. ebd., Anm. des Hevelius auf S. 116 zu Cap. II: „Desine nunc amplius mirari, arnice Lector nostri Mercurii diametrum apparentem, in Sole 12 tantum existentem. Cum videas Veneris dimetientem non nisi 1'16" deprehensam esse: quam sibi Tythonici ibidem in Perigaeo (ut vult Horroxius Cap. 16) 12[']; Lansbergiani 11'; Kepleriani 7' fere, & qui Ricciolum sequuntur ultra 4' imaginantur. Ego, etsi primum conscripto nostro Mercurio hanc observationem viderim, nec quicquam de ea antehac inaudiverim; tamen ex sola nostra Mercurii observatione, ut alii probe norunt, illico conjeci, Venerem vix paulo majorem unius scrupuli primi posse in perigaeo apparere; inprimis, cum certis observationibus edoctus essem, non procul ab Apogaeo vix 12" vel 13" diametrum ejus esse majorem. De qua autem plura sub capite 16 hujus libelli.“

oberen Konjunktion unter einem Winkel von knapp unter 10“). Vom Winkeldurchmesser im Agogäum auf jenen im Perigäum zu schließen, könnte kein besonderes Problem darstellen, zumal die geometrischen Proportionen – nicht aber die absolute Größe – des Sonnensystems einwandfrei bekannt war.

Abschließend können wir feststellen: *Venus in sole visa* scheint auf den ersten Blick eine kleine, sehr spezielle, auf den ersten Blick nur für den Spezialisten interessante Schrift zu sein. Tatsächlich aber kommen darin sehr viele wesentliche Probleme der Astronomie des 17. Jahrhunderts zur Sprache: Größenverhältnisse im Sonnensystem, wahre Bewegungsformen (Ellipsen) als Grundlage für korrekte Ephemeriden, Natur der Sonnenflecken, optische Wirkung der Planetenatmosphären, Physiologie des menschlichen Auges, befruchtende Wechselwirkung von Theorie und Beobachtung.

#### **Anhang A: Zum Ursprung der Überschätzung des Winkeldurchmessers der Venus**

Wir sahen, daß berühmte, großteils auch beobachterisch tätige Astronomen der Neuzeit wie Tycho, Kepler und Riccioli nach den Angaben von Horrocks und Hevelius Werte für den maximalen Winkeldurchmesser der Venus zwischen 12' und 4' annahmen. Bedenkt man, daß 12 Bogenminuten 40% des Winkeldurchmessers des Mondes entsprechen, aber auch der Keplersche Wert von 7 Bogenminuten immerhin etwa 25% des Monddurchmessers, so stellt sich die Frage, wie sich die Annahme derart großer Zahlen erklärt. Freilich war es zumindest vor Erfindung des Fernrohrs (also z.B. zu Tychos Zeit) schwierig, den Winkeldurchmesser der Venus zu bestimmen. Die extreme Helligkeit unseres inneren Nachbarplaneten führte sicherlich zu einer Überschätzung ihres Durchmessers. Der Hauptgrund für die Überschätzung war jedoch ein ganz anderer: nämlich die Überlieferung des Wertes, welchen die höchste Autorität der antiken Astronomie – Ptolemäus – angenommen hatte. Nach Ptolemäus sollte die Sonnenparallaxe knapp 3 Bogenminuten (genauer 166 Bogensekunden) betragen; dies entspricht einem mehr als 19mal zu großen Wert, der aber viele Jahrhunderte lang als gültig angesehen wurde.<sup>40</sup> (Man mache sich klar, daß Venus während eines Transits,

---

<sup>40</sup>Vgl. Harry Woolf, *The Transit of Venus. A study of Eighteenth-Century Science*. Princeton 1959, p. 9: „Hipparchus established the solar distance as 1245 times the earth's diameter; Ptolemy, who owed so much to this greatest of ancient astronomers, apparently canceled his indebtedness at this point for he not only fails to mention this figure but goes to indicate a value of his own, namely, 605 terrestrial diameters. It is rather striking [...] that the more accurate determination of Hipparchus should remain unknown, while Ptolemy's figure, derived from a combination of Aristarchus [nämlich: Verhältnis zwischen Mond- und Sonnenentfernung = 1 : 19; bekanntlich aus Beobachtung des Halbmondes erschlossen] and his own calculation of the lunar parallax and expressed in angular measure as 3 minutes, should persist down to early modern times.“ – Cf. Robert Grant, *History of Physical Astronomy*, London 1852, p. 211.

wenn der Ptolemäische Wert wahr wäre, beinahe eine ringförmige Sonnenfinsternis verursachen könnte: betrüge ihr Winkeldurchmesser doch etwa 20'!) Selbst Copernicus ging noch von einem ähnlich großen Wert für die Sonnenparallaxe aus wie sein Kontrahend in der Planetentheorie: Er setzte die Distanz der Sonne mit 1500 Erdradien an.<sup>41</sup> (Unter dieser Voraussetzung hatte Venus in der unteren Konjunktion einen Winkeldurchmesser von 16': Dies ist zugleich der Wert, welchen Horrox als den Tychonischen überliefert.) Kepler war dann offenbar der erste Astronom, welcher den Ptolemäischen Wert signifikant revidierte, indem er eine Sonnenparallaxe von einer Bogenminute oder darunter für äußerst wahrscheinlich ansah.

#### **Anhang B: Crabtrees erstaunlich genaues Resultat für den Venusdurchmesser und dessen Erwähnung durch Newton**

Die Venustransitbeobachtung von Horrocks' Freund William Crabtree wird häufig so dar gestellt, als habe sie kaum wissenschaftlich auswertbare Resultate geliefert. Teils wurde ja seine Beobachtung durch Wolken beeinträchtigt, teils war er in hohem Maße perplex angesichts des sich ihm anbietenden einmaligen Naturschauspiels.<sup>42</sup> Paradoxerweise ist jedoch der Venusdurchmesser, den Crabtree nach Horrocks' Bericht ableitete, realistischer als der von Horrocks selbst ermittelte: kam doch ersterer auf einen Wert von 63".<sup>43</sup>

Sowohl Horrocks' als auch Crabtrees Resultat wird in Newtons *Philosophiae naturalis principia mathematica* erwähnt. Auch diese Erwähnung birgt ein Kuriosum, nämlich, daß selbst noch Newton die Werte seiner beiden Landsleute für zu klein hält.<sup>44</sup> So heißt es dort im abschließenden Buch „Über das Weltsystem“ unter § 16, „Verbesserung der scheinbaren Durchmesser“:

Nach *Hevel*, *Galletius* und *Halley* schien der Merkur nicht über 12 bis 15 Sekunden, nach Crabtree die Venus nur 1 Minute und 2 Sekunden und dieselbe

---

<sup>41</sup>Vgl. ebd., p. 10.

<sup>42</sup>J. Horrocks, *Venus in sole visa*, ed. J. Hevelius, Danzig 1662, p. 117: „[...] diu stetit otioso intuitu se ipsum oblectans, propriisque sensibus in tanta laetitia vix satis fidens.“ – Der Beschreibung des Erstaunens und des Glücksgefühls fügt Horrox übrigens hinzu: „Habemus enim Mathematici, muliebre quoddam ingenium, levibusque, & quae alios ne hilium quidem moverent, perditae delectatum.“ (Whatton übersetzt hier: „[...] we astronomers have as it were a womanish disposition, and are overjoyed with trifles and such small matters as scarcely make an impression upon others [...].“)

<sup>43</sup>Ebd.: „Diametrum Veneris observavit, partium 7, qualium Sohabuit 200: Hoc est in mea mensura ser. 1'3".“

<sup>44</sup>Hierauf weist auch N. Kollerstrom hin: Crabtree's Venus-Transit Measurement, in: *Quarterly Journal of the RAS*, vol. 32, p. 51 (1991): „It is [...] of interest to note that, in the opinion of Sir Isaac Newton, [...] they [i.e. the diameters of Venus as obtained by Horrocks and Crabtree] were both too small.“

nach *Horrox* 1 Minute 12 Sekunden einzunehmen, während die letztere doch, nach den von *Hevel* und *Huygens* ausserhalb der Sonnenscheibe angestellten Messungen, wenigstens 1 Minute 24 Sekunden im Durchmesser haben sollte. So erschien auch der scheinbare Durchmesser des Mondes, welchen man im Jahre 1684, wenige Tage vor und nach der Sonnenfinsternis, auf der Pariser Sternwarte zu 31'30" bestimmt hatte, während der Finsternis nicht größer als 30' oder 30'5". Daher sind die Durchmesser der Planeten ausserhalb der Sonnenscheibe zu verkleinern, innerhalb zu vergrössern und zwar um einige Sekunden.<sup>45</sup>

---

<sup>45</sup>I. Newton, *Mathematische Principien der Naturlehre*. Mit Bemerkungen und Erläuterungen herausgegeben von J. Ph. Wolfers. Berlin 1872, p. 524f.