



## Der Venustransit am 8. Juni 2004 Fotografische Bestimmung der Transitdauer in Basel

Robert Nufer

### Einleitung

Bei schönstem Wetter konnte am 8. Juni 2004 in Basel der Venustransit vor der Sonne beobachtet werden. Mehrere Hundert Besucher kamen auf die Sternwarte St. Margarethen in Binningen, wo sie, unterstützt durch Mitglieder des Astronomischen Vereins Basel und des Astronomischen Instituts der Universität Basel, dieses seltene Schauspiel bewundern konnten. Ich hatte mir vorgenommen, mit einer Digitalkamera regelmässig Aufnahmen durch ein kleines Fernrohr zu machen, und diese dann fotografisch auszuwerten.

Die Dauer des zentralen Transits ist das Intervall zwischen den Zeitpunkten, bei denen die Mitte der Venusscheibe auf dem Sonnenrand liegt. Ich wählte diese fotografische Methode als Alternative zur visuellen Bestimmung, bei der die Transitdauer aus den vier Kontaktzeiten T1 bis T4 bestimmt (geschätzt) wird. (siehe Bild 1) Was mir an der T1-T4-Methode nicht besonders gefällt, ist die Tatsache, dass der Zeitpunkt T1 prinzipiell nicht genau beobachtet werden kann. (Kommt noch hinzu, dass der eigentlich gesuchte Zeitpunkt des Beginns des zentralen Transits nicht genau zwischen T1 und T2 liegt, sondern durch die Krümmung des Sonnenrandes etwas näher bei T1 als bei T2 liegt.) Vom Publikumsbereich des Astronomischen Vereins aus auf dem Gelände des Astronomischen Instituts konnte der Zeitpunkt T1 bedingt durch die hohen Bäume zwischen der Kunsteisbahn und dem Institutsgelände gar nicht beobachtet werden.

### Ausrüstung

Ich benutzte eine Digitalkamera Nikon Coolpix 995, vor deren Objektiv ich ein 28 mm Okular der Firma William Optics schraubte.

Das Okular steckte ich in den Umlenkspiegel eines 90 mm Cassegrain-Maksutov Fernrohrs, eines Meade ETX 90, das ungefähr parallaktisch aufgestellt war. Die Art der Aufstellung und die Orientierung der Bilder spielte keine Rolle, denn mich interessierte von jeder Aufnahme nur die Position der Venus relativ zur Sonnenmitte. Der Fokus der Kamera wurde auf unendlich gestellt, und die Schärfe wurde am Fernrohr eingestellt.

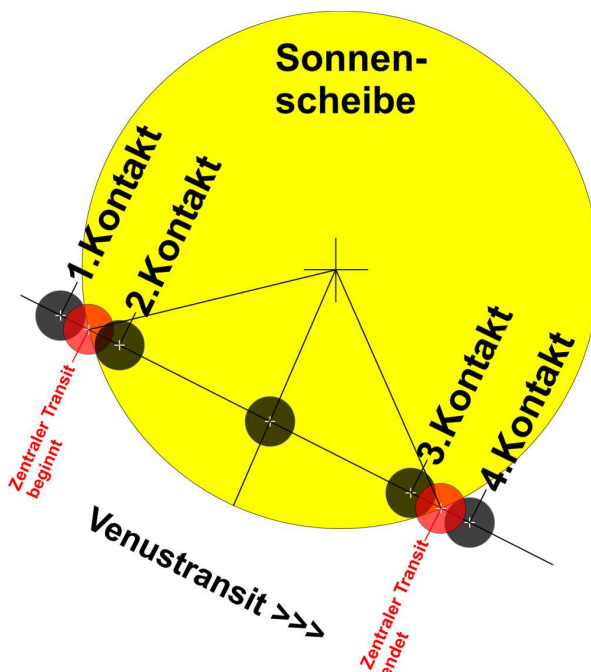


Bild 1  
Schematischer Transitverlauf von Merkur und Venus

### Fotografische Aufnahmen

Wie für alle astronomischen Aufnahmen wurden die Bilder mit maximaler Auflösung (2048 x 1536 Pixel) gewonnen und im TIFF-Modus abgespeichert. Im Gegensatz zu JPG-Bildern ist dabei die Helligkeit der drei Farben rot, blau und grün jedes Pixels unabhängig von benachbarten Pixeln. Der Zeitpunkt jeder Aufnahme (Genauigkeit: 1 Sekunde) und viele weitere technische Details wie Belichtungszeit, Blende, u.s.w. sind in den Bilddateien enthalten. Die erste Aufnahme machte ich einige Minuten nach dem 2. Kontakt, um 07:51 (Uhr MESZ), dann ab 08:00 jeweils zur vollen Viertelstunde bis um 12:45 und schliesslich noch eine letzte Aufnahme kurz vor dem 3. Kontakt, um 12:55



Bild 2  
Originalaufnahme um 07:51

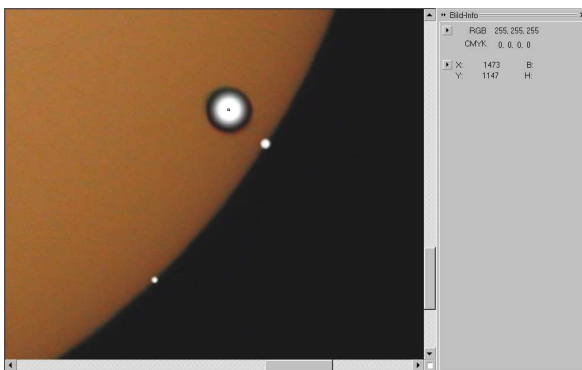


Bild 3  
Ausschnitt aus der Bestimmung des Sonnenrandes und der Venusmitte

Uhr. Aus irgend einem mir nicht bekannten Grund wurden die beiden Aufnahmen um 12:00 und 12:15 nicht abgespeichert.

Im Nachhinein zeigte sich, dass die Aufnahmen im Laufe des Vormittags immer unschärfer wurden, bedingt durch die Erwärmung des Fernrohrs. Nachfokussieren ohne die Brennweite des Fotoapparats zu verstellen

len ist bei prallem Sonnenlicht praktisch nicht möglich. Und ich wollte mir die Möglichkeit nicht verbauen, im Nachhinein aus den Bildern eine Animation zu erstellen.

### Auswertung

Die Aufgabe bestand jetzt darin, auf den zwanzig gewonnenen Aufnahmen die Position der Venusmitte in Bezug zur Sonnenmitte und den Sonnenradius zu bestimmen. Ich markierte auf den auf doppelte Grösse dargestellten Bildern an 8 Punkten (jeweils etwa 45 Grad voneinander entfernt) den Sonnenrand mit einem weissen Fleck, wobei ich die Pixelposition der 8 Fleckmitten notierte (Bild 3). Ungefähr dort, wo Venus am nächsten beim Sonnenrand lag, markierte ich einen weiteren Fleck am Sonnenrand. Venus selbst deckte ich mit einem grösseren weissen Fleck möglichst konzentrisch ab. Ich schätze, die Genauigkeit dieser Punkte liegt etwa bei 2 Pixeln bei den schärfsten Bildern und etwa bei 6 Pixeln bei den unscharfen Bildern am Ende der Serie. Bild 4 zeigt die Excel-Tabelle für die Aufnahme um 07:51. In den Kolonnen "X<sub>Rand</sub>" und "Y<sub>Rand</sub>" stehen die 9 Bildkoordinaten des Sonnenrandes. Grau unterlegt ist die mit dem Excel-Solver gefundene Position der Sonnenmitte und des Sonnenradius, der am besten dazu passt. In Kolonne "ang" steht der Winkel aller Punkte relativ zur Sonnenmitte im Winkelmass. "X<sub>Rand</sub> fit" und "Y<sub>Rand</sub> fit" sind die gefitteten Koordinaten der Punkte am Sonnenrand. Die Kolonne "Dist. Pixel" gibt die Abstände der von mir markierten Punkte zum gefitteten Sonnenrand an. Die grösste Differenz ist 1.8

	Zeit	X <sub>Rand</sub>	Y <sub>Rand</sub>	ang	X <sub>Rand</sub> fit	Y <sub>Rand</sub> fit	Dist. Pixel	Diff <sup>2</sup> *1000		Pixel	Rf.
DSCN0002.TIF	<b>07:51:00</b>	987	198	1.54	987.0	198.0	0.0	1	X <sub>Sonnenmitte</sub>	969.9	
		1438	401	0.75	1436.7	402.2	1.8	3122	Y <sub>Sonnenmitte</sub>	833.1	
		1604	835	6.28	1605.2	835.0	1.2	1366	Radius <sub>Sonne</sub>	635.3	
		1410	1291	5.48	1410.1	1291.1	0.2	30			
		962	1469	4.70	962.0	1468.4	0.6	419			
		451	1201	3.76	451.6	1200.6	0.8	580			
		335	849	3.17	334.8	849.0	0.2	54			
		443	480	2.55	442.1	479.4	1.1	1108			
		1504	1176	5.71	1504.5	1176.3	0.6	333			
<b>Venus</b>		1473	1147	5.73	1508.9	1169.4		7013	Randabst.	42.3	<b>0.933</b>

Bild 4  
Bestimmung der Venusposition relativ zur Sonnenmitte in Einheiten des Sonnenradius

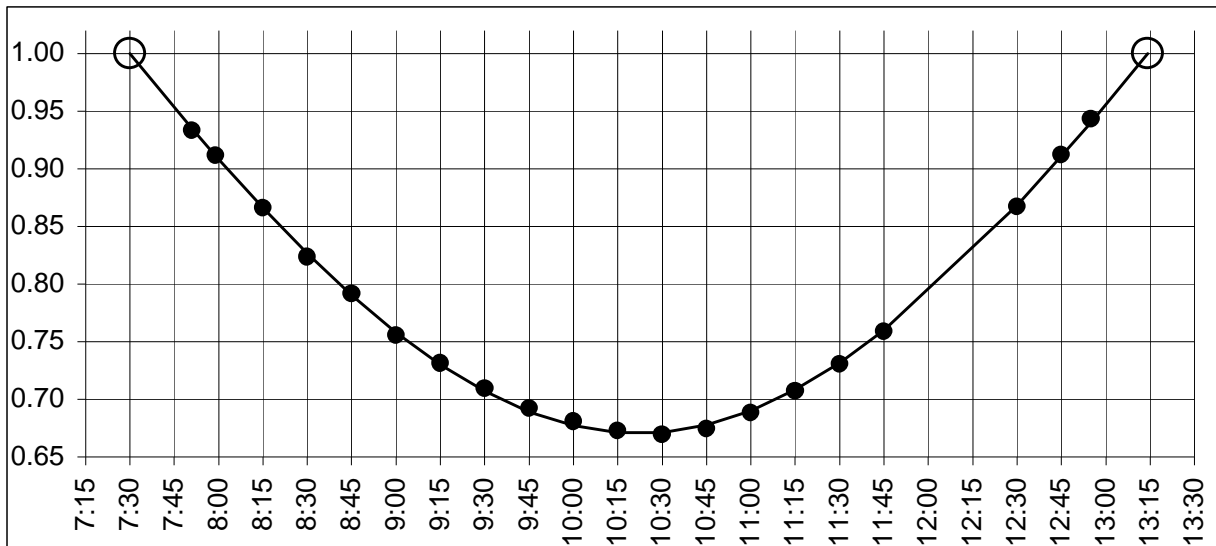


Bild 5

Abstand der Venusmitte vom Sonnenmittelpunkt in Sonnenradien gegen die Zeit

Pixel, alle anderen Punkte liegen praktisch maximal ein Pixel daneben. Dies bedeutet, dass die Sonne auf der Aufnahme wirklich kreisrund abgebildet wurde.

Für Venus, besser gesagt für die Venusmitte, ergibt sich ein Abstand vom Sonnenrand von 42.3 Pixel. Anders ausgedrückt, sie hat von der Sonnenmitte aus einen Abstand von 0.933 Sonnenradien.

Dieser Wert, in Bild 4 die Kolonne "Rf", ist nach dem 2. Kontakt knapp unter 1.0, er vermindert sich etwa zur Mitte des Transits, um dann wieder zuzunehmen.

Gesucht sind die beiden Zeitpunkte, bei denen dieser Wert 1.000 beträgt, d. h., wenn die Venusmitte auf den Sonnenrand zu liegen kommt. In Bild 5 ist der Verlauf des Rf-Werts über die Zeit aufgetragen. Gesucht ist die Hyperbel, welche optimal an die gefundenen Rf-Werte angepasst ist. Diese Hyperbel muss nun auf beiden Seiten bis zum Wert 1 extrapoliert werden. Die beiden Zeitpunkte, bei denen dies der Fall ist, markieren Beginn und Ende des Transits. Das Zeitintervall dazwischen ist die gesuchte Transitzeit. In Bild 5 kann der Transit grob etwa zwischen 07:30 und 13:15 abgelesen werden.

### Resultat

Die genauen Zeitpunkte von Transitanfang und -ende sind 07:29:59 Uhr und 13:14:06 Uhr, was einer Transitdauer von 5:44:07 entspricht. Dieser Wert ist um nur **9 Sekunden** grösser, als die von Dr. Fred Espenak unter <http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/transit/TV2004> publizierte Transitdauer für Basel

(Mittelwert aus T2-T1 und T4-T3). Da die Hyperbel in Bild 5 nicht exakt durch alle Messpunkte verläuft, muss geklärt werden, ob die (phantastische) Genauigkeit von 9 Sekunden nicht nur zufällig zustande gekommen ist. Da meine Aufnahmen im Verlauf des Vormittags immer unschärfer wurden, habe ich folgende Simulation gemacht. Alle Messpunkte (jeweils 9 Punkte am Sonnenrand und die Position der Venusmitte) habe ich mit einem kleinen zufälligen Fehler versehen, der bei der ersten Aufnahme maximal 2 Pixel betragen darf und bei der letzten Aufnahme maximal 6 Pixel. Zehn mal habe ich auf diese Weise Transit-Anfang und -ende berechnet, um für beide Zeitpunkte eine Streuung zu erhalten. Da die Aufnahmen am Ende des Vormittags unschärfer herausgekommen sind, ist der Wert des Transitendes auch etwas unsicherer bestimmbar.

Mein Resultat für den Beobachtungsort Sternwarte St. Margarethen, Binningen bei Basel (7°35' Ost;47°32.5' Nord) lautet:

Zentraler Transitbeginn: 07:30:01 +/- 13 Sek.  
 Zentrales Transitende: 13:14:11 +/- 30 Sek.

Zentrale Transitdauer: **5:44:10 +/- 33 Sek**  
 (gemäss Fehlerfortpflanzungsgesetz)

Robert.Nufer@Bluewin.ch