Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 62 (2004)
Heft: 321

Artikel: Messungen während des Merkurtransits
Autor: Brodbeck, Roland / Pesendorfer, Marc
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-898324

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Messungen während des Merkurtransits

ROLAND BRODBECK UND MARC PESENDORFER

Im Aufsatz «*Bestimmung der astronomischen Einheit anhand des Venustransits*» stellten wir eine Methode zur Bestimmung der Parallaxe der Venus beim Transits vor. Diese tägliche Parallaxe der Venus oder des Merkurs kann bei als bekannt angenommener Bewegung des Erdmittelpunktes zur Bestimmung der astronomischen Einheit (AE) in Kilometer verwendet werden. Mit dieser Methode kann man Kontaktzeiten oder auch Winkeldistanzmessungen zwischen Sonnenmitte und Planetenmitte während eines Transits (Vorübergang vor der Sonnenscheibe) auswerten. Die Autoren führten solche Messungen in der Praxis beim Merkurtransit vom 7. Mai 2003 durch und leiteten daraus eine auf 10% genaue AE ab.

Fig 1. Unsere Ausrüstung: Meade LX200, 8" (vorne) und ETX125. © R. BRODBECK.
Our equipment: Meade LX200, 8" (foreground) and ETX125. © BRODBECK & PESENDORFER

Das Projekt Venus 2004 wird von Schweizer Amateurastronomen unter der Leitung des Präsidenten der Astronomischen Vereinigung Zürich, ANDREAS INDERBIZIN, durchgeführt [1]. Das Projekt setzt sich zum Ziel, mit den Mitteln der heutigen Amateurastronomen mit Hilfe des Venustransits vom 8. Juni 2004 die Astronomische Einheit AE (ca. Abstand Sonne Erde) zu bestimmen. Man möchte dabei möglichst viel Astronomie in Theorie und Praxis erfahren. Das Projekt dient somit zur persönlichen Weiterbildung und verfolgt kein wissenschaftliches Ziel. Man kann sich deshalb auf die spannendsten Teile der ganzen Problematik beschränken und beispielsweise – wie es hier gemacht ist – die Bewegung des Erdmittelpunkts im Sonnensystem als gegeben ansehen (siehe dazu die Bemerkungen im Anhang).

Die in [2] beschriebene Methode kann gemessene Kontaktzeiten und gemessene Winkeldistanzen zwischen Sonnenmitte und Planetenmitte verwenden. Die Frage, die wir uns stellten, ist: Wird man mit Mitteln des Amateurastronomen die Winkeldistanz zwischen Sonne und Venus während des Vorübergangs vom 8. Juni 2004 genau genug messen können, damit daraus eine AE von wenigstens der richtigen Grössenordnung bestimmt werden kann? Solche Messungen führten wir als Generalprobe beim Vorübergang des Merkurs vor der Sonnenscheibe am 7. Mai 2003 durch. Der Unterschied zwischen täglicher Parallaxe des Merkurs und der Sonne (die Messgrösse) ist bedeutend geringer als der Unterschied zwischen der täglichen Parallaxe von Venus und Sonne. Wenn also die Messung bei Merkur gelingt, sollte sie bei der Venus noch besser klappen.

Die Expedition

Als Ausrüstung stand uns ein schon etwas älteres Meade LX200 (20 cm Öffnung) und ein Meade ETX125 (12.5 cm Öffnung) zur Verfügung (Fig. 1). Während des Merkurtransits fotografierten wir die Sonne und den Merkur mit einer Digitalkamera CoolPix990. Beide Instrumente waren mit einem Baader Sonnenfilter ausgestattet. Das ETX verwendeten wir, um auch visuell beobachten zu können. Den Standort (südlich von Memmingen) wählten wir so, dass wir freie Sicht gegen Osten hatten. Wie auch der Venustransit begann der Merkurtransit kurz nach Sonnenaufgang. Gebäude, Bäume oder Berge in Richtung Sonnenaufgang hätten uns bei unsorgfältiger Wahl des Beobachtungsplatzes die Sicht auf den Beginn des Ereignisses versperrt.

Der zeitliche Verlauf der Winkeldistanz zwischen Sonnenmitte und Merkurmitte soll nachträglich anhand von Fotos bestimmt werden. Während des Transits ging es darum, alle notwendigen Informationen zu sammeln. Als Zeitgeber verwendeten wir ein GPS-Empfänger (Navigation mit Satellitensignalen); eine Funkuhr hätte jedoch denselben Dienst getan. Die geographische Position ist für die beabsichtigte Messung weniger kritisch, dafür ist nicht unbedingt ein GPS notwendig. Das Ablesen der geographischen Koordinaten aus einer Landkarte hätte für unsere Zwecke ausgereicht.

Während des über fünf Stunden dauernden Transits schossen wir alle zwei Minuten eine Aufnahme (Fig. 2). Dabei entstanden gegen 200 Fotos. Den Bild-

Fig. 2: Beispiel aus der Aufnahmeserie (Ausschnitt). Oben: Zwei Sonnenflecken, unterhalb der Mitte: Merkur, unten: Sonnenrand. Aufnahmezeit 08:18:00
Example from one of the series of exposures (Detail). Upper part: two sunspots; below the center: Mercury; lower part: Sun's limb. Time of the exposure 08.18.00. © BRODBECK & PESENDORFER.

ausschnitt wählten wir so, dass ein deutlicher Bogen des Sonnenrandes zusammen mit Merkur auf jeder Aufnahme zu sehen war. In regelmässigen Abständen überprüften wir die Qualität der Aufnahmen am mitgebrachten Laptop, so dass wir Bildschärfe und Belichtungszeit überprüfen und bei Bedarf korrigieren konnten. Da der Transit während des ganzen Morgens dauerte und die Sonne dabei immer höher am Himmel stand, schwankte die Belichtungszeit in einem weiten Bereich: Bei einer effektiver Empfindlichkeit von 400 ASA von 1/125 – 1/1000 Sekunde. Die Bilder waren alle 2048 x 1360 Pixel gross.

Die Auswertung

Zuhause sollten nun die Aufnahmen ausgewertet werden. Zunächst musste die optische Verzerrung des komplizierten optischen Systems Digitalkamera - Teleskop bestimmt werden, damit die Aufnahmen einigermassen entzerrt werden konnten und die Winkeldistanz Sonnenmitte – Merkurmitte direkt aus ihnen abgelesen werden kann (Fig.3). Dies mit dem Ziel, dass man direkt auf der Aufnahme die Distanz zwischen Sonnenmitte und Merkurmitte auswerten kann. Eine kleine selbst geschriebene Software passten wir so an, dass sie das Testbild (ein durch das Teleskop fotografiertes Plakat in ca. 30m Entfernung) einigermassen entzerrte. Diese Entzerrung machten wir auch mit sieben der besten Transitaufnahmen.

Die entzerrten Bilder werteten wir nun mit Hilfe des CAD-Programms AutoCAD aus. Zunächst wählten wir drei Punkte am Sonnenrand. AutoCAD legt durch die drei Punkte automatisch einen Kreis. Der Radius dieses Kreises entspricht dem scheinbaren Sonnenradius in Bogensekunden am Transittag und ist bekannt. Somit ist der Massstab der Aufnahme (bzw. CAD-Zeichnung) bekannt. Ebenso legten wir durch den Rand des Merkurscheibchens einen Kreis. Das Programm gibt den Abstand der beiden Kreismittelpunkte direkt in Bogensekunden an. Dies ist der gesuchte Winkelabstand zum Aufnahmezeitpunkt.

Um einen ersten Eindruck von der Brauchbarkeit dieser Messungen zu erhalten, verwendeten wir sieben Messpunkte (Winkelabstand Sonnenmitte – Merkurmitte zu einem bestimmten Zeitpunkt), um nun mit dem in [1] beschriebenen Modell die AE als freier Parameter zu bestimmen. Eine Astronomische Einheit von 145 Millionen Kilometer passte am besten zu unseren Messungen (Richtiger Wert 149.6 Millionen Kilometer). Ein professionelles Programm zur Auswertung physikalischer Messungen (ProFit von Quantumsoft) gab den Fehler mit 13 Millionen Kilometer an. Der nachträgliche Vergleich des Winkelabstandes Sonne – Merkur mit den professionellen Ephemeriden der NASA ergab einen Fehler unserer gemessenen Positionen von 0.5 bis 1.5 Bogensekunden.

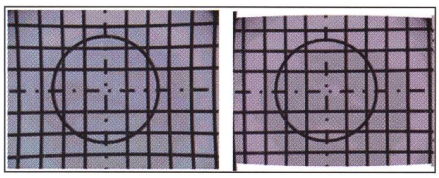
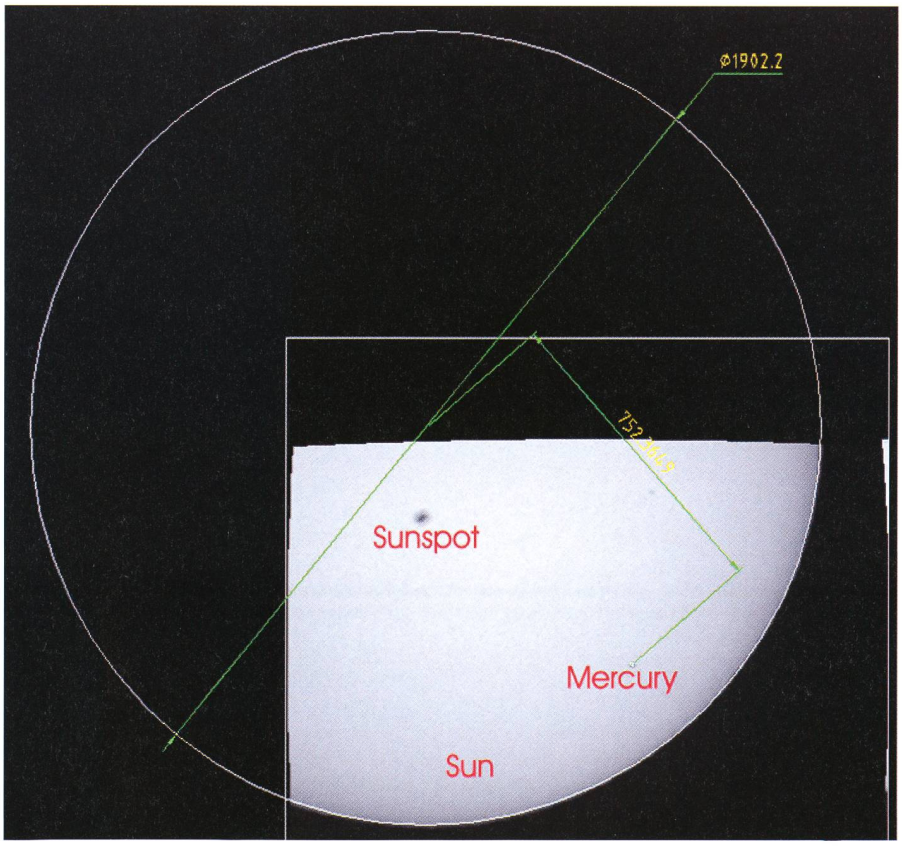


Fig. 3: Korrektur der optischen Verzerrung. Links Originalbild, rechts entzerrtes Bild.

Correction of the optical distortion. Left, original picture; right, corrected picture.
© R. BRODBECK & M. PESENDORFER.

Fig. 4: Auswertung im CAD-Programm.
CAD-Program's evaluation. © R. BRODBECK & M. PESENDORFER



Fazit

Wir konnten zeigen, dass es möglich ist, mit Amateurmitteln und einem noch zu verantwortenden Arbeitszeitaufwand den Winkelabstand eines Planeten (Merkur oder Venus) von der Sonnenmitte auf gut eine Bogensekunde genau aus digitalen Bildern zu bestimmen. Dies reichte aus, um den Effekt der täglichen Parallaxe zu messen und bei bekannter Position des Erdmittelpunkts im Sonnensystem (geozentrische Ephemeride) die astronomische Einheit auf 10% genau zu bestimmten. Durch das Auswerten von mehr als nur 7 Aufnahmen hätte das Resultat sicher noch etwas verbessert werden können. Doch stand der Lerneffekt im Vordergrund, und in dieser Beziehung war kein wesentlicher Gewinn durch das Auswerten von z.B. 30 anstatt 7 Aufnahmen zu erwarten.

Für uns war das Unternehmen ein Erfolg. Wir haben bei der Vorbereitung viel über Himmelsmechanik gelernt und konnten diese auch in der Praxis des Merkurtransits anwenden. Damit konnten wir Theorie und Praxis erfolgreich verbinden. Wir hoffen, dass wir diese Messungen bei dem Jahrhundertereignis Venustransit wiederholen können.

Literatur

[1] *Interntet: http://www.astronomie.info/projektvenus*
[2] *Orion 312 (5/2002) ISSN 0030-557-X, Seiten 4-9, Oktober 2000*
Download unter
http://eclipse.astronomie.info/transit/venus/theorie/parallaxe.pdf

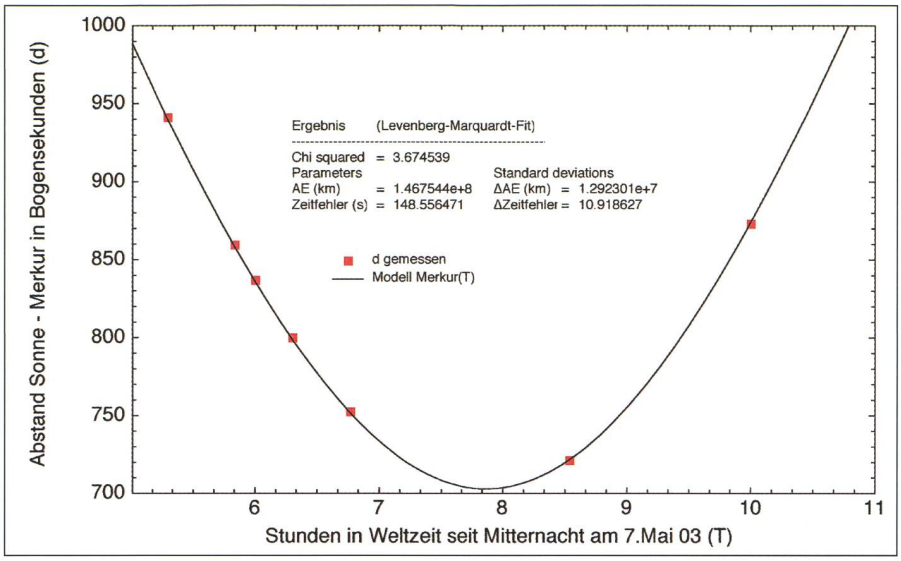


Fig. 5: Ergebnis der Messung und Resultat des numerischen Fits durch die sieben Messpunkte. Outcome from the measurement and result of the numerical fit through the seven measured points. Points in UT since midnight of 7. May 2003. d(T) Sun-Mercury in arcseconds (d)
© R. Brodbeck und Marc Pesendorfer.

Anhang 1

Ergänzung zu [2]

Beisst sich die Katze nicht in den Schwanz bei der Verwendung einer vorgegebenen Bewegung des Erdmittelpunktes?

Wenn die Bewegung der Planeten um die Sonne berechnet wird, so verwendet man dazu das Newtonsche Gravitationsgesetz (plus allgemeine Relativität von Einstein). Neben der Schwerkraft der Sonne wirkt im geringeren Masse auch die Schwerkraft der Planeten untereinander und beeinflusst ihre Bahnen. Um nun die Bewegungen der Planeten vorherzusagen oder im Nachhinein zu erklären, verwendet man nicht ein Masssystem, das Meter, Kilogramm und Sekunden als Basiseinheiten verwendet, sondern eines, das die Sonnenmasse gleich eins setzt und als Längeneinheit die Astronomische Einheit (AE) verwendet. Diese wird in diesem Masssystem so definiert, das ein Probekörper, der die Sonne in einer Distanz von einer AE umkreist, eine ganz bestimmte Umlaufzeit hat. Die Gravitationskonstante in diesem Masssystem wird auf einen bestimmten Wert definiert. In diesem Masssystem werden nun alle Berechnungen durchgeführt.

Erst wenn man die scheinbare Position eines Planeten (oder der Sonne) am Himmel eines bestimmten Beobachters auf der Erdoberfläche berechnen will, spielt es eine Rolle, wie weit das Gestirn ausgedrückt in Metern entfernt ist. Dieser Effekt ist die Parallaxe, die wir mit der oben und in [2] beschriebenen Methode massen.

Da die Messung nicht (mehr) einem wissenschaftlichen Zweck dient, die AE ist inzwischen auf wenige zehn Meter genau bekannt, kann man sich auf den wesentlichen Effekt beschränken.

Hier wurde auf die Transformation von Schwerpunkt Erde – Mond – System zum Schwerpunkt der Erde nicht eingegangen. Ebenso blendeten wir die Frage aus, ob im 18. Jahrhundert, als beispielsweise James Cook ein Venustransit auf Tahiti verfolge um im Verbund mit vielen anderen Astronomen die AE zu messen, die verfügbare geozentrische Ephemeride genau genug gewesen wäre, um die Methode von [1] anzuwenden. Vermutlich wäre die Antwort nein. Bei den beiden Venustransits gegen Ende des 19. Jahrhunderts hingegen wäre es vermutlich möglich gewesen. Kompetente Beiträge zu diesen Fragen würden uns sehr interessieren.

Anhang 2

Modellfunktion Winkelabstand Sonne – Merkur am Transittag

Die Astronomische Einheit AE ist dabei der freie Parameter, der an die gemessenen Abstände angepasst wird. Die Zeit ist in Stunden Weltzeit am 7. Mai 2003 seit Mitternacht einzusetzen. Programmsprache ist C++. Die Theorie findet man in [1]. Die Funktion gibt den scheinbaren Winkelabstand zwischen Sonne und Merkur zum Zeitpunkt t zurück. t in Stunden Weltzeit am Transittag. Es ist mit einem konstanten Offset (Zeitfehler) in der Zeit zu rechnen, der etwa 128 Sekunden beträgt. Das Modell liefert nur am Transittag genaue Resultate.

AE: Astronomische Einheit in Kilometer.

Breite: Geographische Breite des Beobachters. Meridianzeit: Zeitpunkt, zu dem das Gestirn am Transittag für den Beobachter genau im Süden steht.

SAG - Kolloquium 2004: Astronomie von blossem Auge

Termin: Samstag/Sonntag 12./13. Juni 2004
Zeit: Samstag 15 bis 18 Uhr, Sonntag 9.30 bis 12 Uhr
Ort: Schulungsraum Feriensternwarte Calina in Carona

Programmübersicht

– Geschichte der Astronomie von blossem Auge – Einfache Astronomie Beobachtungen und Phänomene – Beobachtungen von blossem Auge – Fotografie mit «normaler» Kamera ohne Nachführung

Anmeldung:
Hugo Jost-Hediger, Lingeriz 89, CH-2540 Grenchen, Tel. 032 653 10 08, email: hugojost@bluewin.ch
Anmeldungen bitte bis spätestens 1. Juni 2004.

Übernachtung in der Sternwarte Calina:
Anfragen bitte an Frau Susanne Brändli, Casella postale 8, CH-6914 Carona, Tel. 091 649 51 91