

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 55 (1997)
Heft: 278

Artikel: Astrowerkstatt : partielle Sonnenfinsternis 12.10.1996
Autor: Jost-Hediger, Hugo
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-898646>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

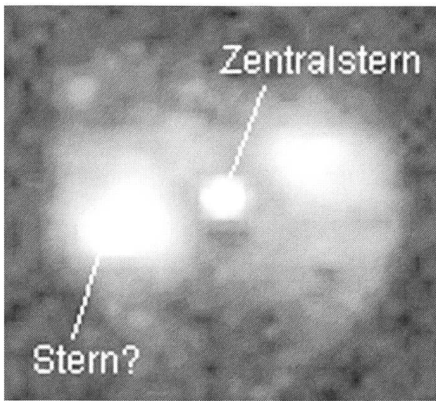
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.02.2025

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



Auch wenn NGC 2371-2 bei mittlerer Vergrößerung nicht gerade hell erscheint, lohnt es sich, stärker zu vergrössern. Die Auflösung des Auges ist bei schwachem Licht wesentlich geringer. Es ist deshalb notwendig, hoch zu vergrössern, um Details zu erkennen. Bei 226fach erkannte ich trotz Mond (ca. 36 Prozent) wesentlich mehr Struktur als mit 140fach.

Abb.4: ST6-CCD-Aufnahme des zentralen Bereichs des Planetarischen Nebels.
STEFAN MEISTER, Stw. Bülach.

Literatur

- [1] HYNES, STEVEN J.: *Planetary Nebulae, A Practical Guide and Handbook for Amateur Astronomers.* Willmann-Bell, Richmond VA 1991. ISBN 0-943396-30-1.
- [2] MALIN, DAVID & FREW, DAVID J.: *Hartung's Astronomical Objects for Southern Telescopes, A Handbook for Amateur Observers.* Melbourne University Press 1995. ISBN 0-522-84553-3.

PHILIPP HECK

Neuackerstrasse 2, CH-8125 Zollikerberg

E-Mail:

astro_mod_8@ezinfo.vmsmail.ethz.ch

GRUNDLAGEN
NOTIONS FONDAMENTALES

Astrowerkstatt: Partielle Sonnenfinsternis 12.10.1996

HUGO JOST-HEDIGER

Es muss nicht immer gleich eine totale Sonnenfinsternis sein! Schon eine partielle Sonnenfinsternis bietet uns eine Fülle von Beobachtungsmöglichkeiten und Auswertungen. Bereits die Beobachtung von blossen Auge ist fantastisch und beeindruckend. Da schiebt sich plötzlich, buchstäblich aus dem Nichts, die schwarze, unheimliche Scheibe des Mondes lautlos, langsam und unaufhaltsam vor die Sonne. Dieses Schauspiel erlaubt uns unter anderem die Bestimmung der Entfernung Erde-Mond, die Höhenmessung von Monderhebungen, den Versuch der Identifikation von Mondformationen am Mondrand und auch die Messung des Verfinsterungsgrades anhand der Messung der Lichtintensität. Also eine ganze Menge von Dingen, die sich da beobachten lassen. Zwei dieser Beobachtungen stelle ich im nachfolgenden Artikel vor.

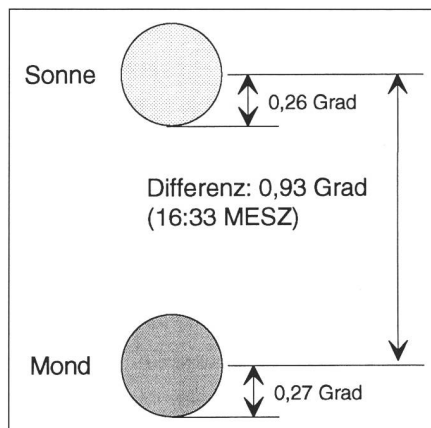
Messen der Entfernung Erde-Mond

Wie lässt sich bei einer Sonnenfinsternis die Entfernung Erde – Mond bestimmen? Lässt sich das mit Amateurmitteln überhaupt tun und welche Gesetzmässigkeit können uns helfen, diese Frage zu beantworten?

Gehen wir zuerst der Frage nach, wie denn eine Sonnenfinsternis überhaupt entsteht. Wir alle wissen: der Mond schiebt sich auf seinem Weg von Westen nach Osten vor die Sonne und führt so zu einer Sonnenfinsternis. Welche Bedingungen müssen denn genau erfüllt sein, damit das passiert? heisst die nächste Frage. Nun, eine Bedeckung der Sonne erfolgt dann, wenn der Abstand der Zentren von Sonne und Mond in der Deklination kleiner wird als die Summe des halben Mond- und des halben Sonnendurchmessers. Also, schauen wir uns doch einmal an, wie das am 12.10.96 war. In einem astronomischen Almanach oder einem astronomischen Programm finden wir die Rektaszension und Deklination von Sonne und Mond für den fraglichen Zeitpunkt. Wir zeich-

nen diese Werte auf (Bild 1) und stellen mit Verblüffung fest: der Abstand von Sonne und Mond ist zu gross! Eine Verfinsternis der Sonne kann nicht stattfinden!

Bild 1: Deklinationsdifferenz von Sonne und Mond am 12.10.96. Um ca. 15:33 Uhr (15:50), dem Maximum der Bedeckung, beträgt die Differenz immer noch rund 0,93 Grad, also wesentlich mehr als die Summe des halben Mond- und Sonnendurchmessers!



Was soll denn das heissen? Sind wir alle gemeinsam einer Fata Morgana aufgegessen oder haben wir vergessen, irgend etwas zu berücksichtigen? Ja! denn ganz so einfach ist die Sache nicht. Wir haben den zwar kleinen aber entscheidenden Effekt der Parallaxe nicht berücksichtigt (Bild 2).

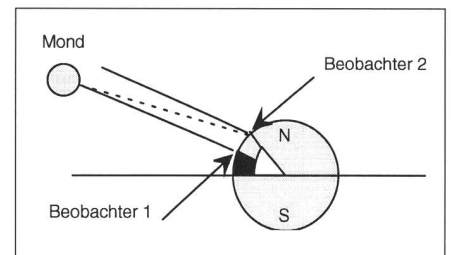


Bild 2: Mond und Parallaxe

Betrachten wir Bild 2, so stellen wir folgendes fest: Ein Beobachter, der auf dem Breitengrad steht, welcher der Deklination des Mondes entspricht, sieht den Mond bei Kulmination im Zenit. Bewegt sich der Beobachter nach Norden, so gleitet der Mond immer weiter nach unten, das heisst, vom Zenit Richtung Süden. Dieser Effekt ist beim relativ nahestehenden Mond zwar recht klein, aber messbar. Bei der rund 400 mal weiter entfernten Sonne ist kein Unterschied mehr bemerkbar. Die Winkeländerung ist zu klein!

Was bewirkt dies nun? Da die Sonne im fraglichen Zeitpunkt südlicher als der Mond stand, mussten wir unseren Beobachtungsort so weit nach Norden verlegen, bis die Parallaxe des Mondes zu einer Bedeckung der Sonne führte. Wir alle wissen: in der Schweiz waren wir so weit nördlich, dass das Schauspiel beobachtet werden konnte. Die partielle Sonnenfinsternis war gerettet.

Diese Tatsache können wir nun dazu benutzen, die Entfernung Erde – Mond zu bestimmen. Als Messlatte benutzen

wir dabei die Sonne und den Mond. Die Messung an und für sich ist einfach. Wir müssen lediglich zum Zeitpunkt der grössten Verfinsternung (nur dann steht die Verbindungslinie der zwei Zentren annähernd senkrecht auf beiden Bahnen) die Entfernung der Zentren von Sonne und Mond in Bogenminuten messen. Wir benutzen dazu Bild 3 und stellen fest: Beobachter 2, welcher nördlicher als Beobachter 1 steht, sieht den Mond relativ zu Beobachter 1 um den Winkel α , die Parallaxe, nach Süden verschoben.

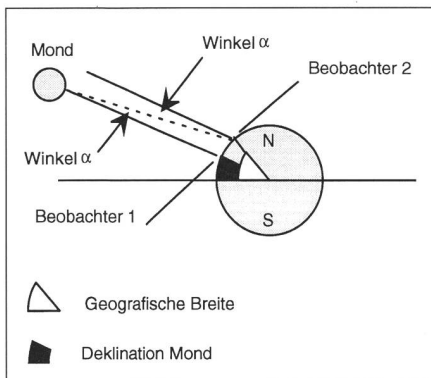


Bild 3: Der Winkel der Parallaxe

Wir können nun das entstehende Dreieck bestimmen (Bild 4) und uns daran machen zu untersuchen, ob sich mit dessen Hilfe die Entfernung Erde-Mond bestimmen lässt.

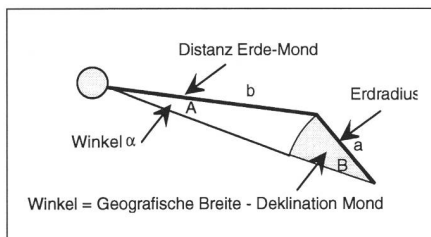


Bild 4: Resultierendes Dreieck

Für dieses Dreieck gilt (G1). Darin bedeuten: a = Erdradius; b = Distanz Erde-Mond; B = Geografische Breite des Beobachters - Deklination Mond; $A = \sin$ (Parallaxe).

Lösen wir die Gleichung nach b (Distanz Erde-Mond) auf, so erhalten wir (G2). Gelingt es uns, den Winkel irgendwie zu messen, so können wir die Monddistanz mit Hilfe der Gleichung (G2) berechnen.

Zuerst gilt es, den Zeitpunkt der maximalen Finsternis zu bestimmen. Dieser Zeitpunkt kann entweder mit Hilfe eines Astronomieprogrammes wie «Dance of the Planets» oder aber durch

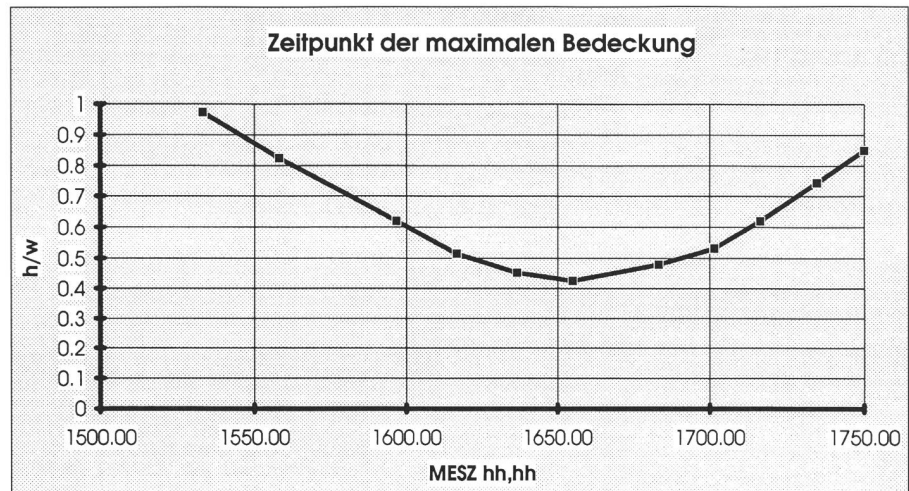


Diagramm 1: Bestimmung des Zeitpunkts der maximalen Bedeckung aufgrund der ausgemessenen Fotos.

Messen festgestellt werden. Die Messung erfolgt anhand der Fotos vom 12.10.96. Bei jeder Foto (die Aufnahmezeit habe ich anhand einer Funkuhr sekundengenau notiert) wird das Verhältnis unbedeckter Anteil der Sonne zum Durchmesser der Sonne in einer Grafik aufgetragen. Der Zeitpunkt, bei welchem dieses Verhältnis den kleinsten Wert annimmt, ist der Zeitpunkt der maximalen Verfinsternung. Wir finden als Zeitpunkt 16:33 MESZ (Diagramm 1).

Der Zeitpunkt der maximalen Bedeckung erlaubt uns nun zu berechnen, wie gross die Differenz der Deklination von Sonne-Mond ist. Wir berechnen für den Zeitpunkt 16:32 eine Deklinationsdifferenz von 0,9310 Grad. Nun gilt es, die scheinbare Deklinationsdifferenz aus der Beobachtung zum Zeitpunkt der maximalen Bedeckung durch Messung und Berechnung zu ermitteln. Was können wir messen? Was berechnen? Messen müssen wir nicht viel, lediglich das Verhältnis «W» (Sonnendurchmesser) zu «h» (nicht bedeckter Anteil des Sonnendurchmessers). Daraus lässt sich sehr einfach die Distanz vom Sonnenzentrum zum Mondzentrum berechnen (Bild 5).

Es gelten demnach die Gleichungen (G3) (G4). W ist identisch dem Sonnendurchmesser, woraus (G5) folgt. Mit den eingesetzten Zahlen ergibt sich (G6). Nun berechnen wir die Parallaxe: Parallaxe = Wahre Deklinationsdifferenz - scheinbare Deklinationsdifferenz (G7).

Kommen wir nun zur Berechnung der Monddistanz. Wir verwenden Gleichung (G2) und setzen darin die gemessenen Werte ein. So erhalten wir (G8).

Resultat: Monddistanz = 365'745 km
Diese aufgrund von Fotos gemessene Monddistanz ergibt einen annähernd richtigen Wert. Die richtige Monddi-

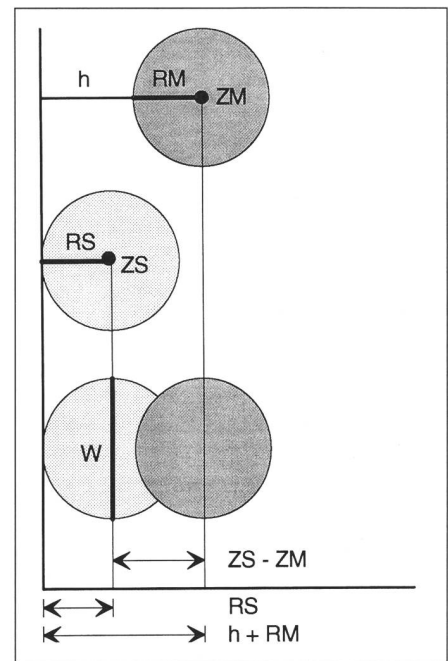


Bild 5: Berechnung der Distanz von Sonnenzentrum zu Mondzentrum in Grad
Legende: ZS = Zentrum Sonne; ZM = Zentrum Mond; h = unbedeckter Anteil der Sonnenscheibe; W = Durchmesser Sonne; RS = Radius Sonne; RM = Radius Mond; h/W = Verhältnis ungedeckter Anteil Sonnendurchmesser zu Sonnendurchmesser

stanz bei der grössten Verfinsternung betrug 390'406 km. Die Messung liegt somit rund 6% zu tief. Eine echte Verbesserung liesse sich dadurch erreichen, dass mehrere unabhängige Gruppen diese Messungen durchführen und dadurch ein genauerer Mittelwert errechnet werden könnte.

Messen der Himmelhelligkeit

Eine partielle Sonnenfinsternis führt, ebenso wie eine vor der Sonne durchziehende Wolke, zu einer merkba-

ren Verminderung des von der Sonne empfangenen Lichtes. Die Verminderung der Himmelselligkeit ist von bloßem Auge kaum zu bemerken, da unser Auge Helligkeitsveränderungen durch öffnen oder schliessen der Pupille weitgehend ausgleicht. Am ehesten noch bemerkt man die Verminderung der Wärmestrahlung im Infrarotbereich.

Verwendet man zur Helligkeitsmessung nicht das Auge, sondern einen linearen Strahlungsempfänger wie zum Beispiel eine CCD-Kamera, so sollte die Helligkeitsverminderung klar und deutlich zu messen sein. Anlässlich der partiellen Sonnenfinsternis vom 12.10.96 wagte ich den Versuch und mass mit der CCD-Kamera zum ersten Mal die Himmelselligkeit. Zu diesem Zweck führte ich auf einer der Sonne in 45 Grad Abstand nachgeführten Montierung ein Teleskopobjektiv $f=135\text{mm}$ mit doppelter Sonnenschutzfolie nach. Die auf unendlich eingestellte Brennweite des Objektivs erlaubte es mir, mit Hilfe der CCD-Kamera die Helligkeit eines Himmelsausschnittes von 1×1 Grad zu bestimmen. Ab 15:00 Uhr MESZ fotografierte ich den

Himmelsausschnitt während der ersten halben Stunde alle 10 Minuten, später dann alle 5 Minuten je vier mal.

Nach den Aufnahmen folgte dann die Auswertung. Wie immer stellt sich als erstes die Frage, wie man wohl zu den genauesten Resultaten kommt. Ich bildete von den vier zusammengehörenden Aufnahmen jeweils den Mittelwert und mass dann die Helligkeit (Summe aller Pixelwerte) in einem Viereck von $25 \times 25 = 625$ Pixeln. Die gemessene Himmelselligkeit um 15:00 Uhr bei noch unverfinsteter Sonne nahm ich als Maximalwert = 1. Alle anderen Helligkeitswerte wurden in Relation zu diesem Wert gerechnet. Nach der kompletten Auswertung konnte dann endlich die Lichtkurve gebildet und zum ersten Mal betrachtet werden. Und wie sah sie nun aus, die Kurve? Schauen Sie selbst (Diagramm 2).

Eigentlich sieht die Kurve recht abenteuerlich aus und unwillkürlich stellt sich die Frage, ob diese Kurve denn wohl irgendetwas mit der Realität zu tun habe! Dies bedeutete, dass nun zu überlegen war, wie sich die Himmelselligkeit denn theoretisch verän-

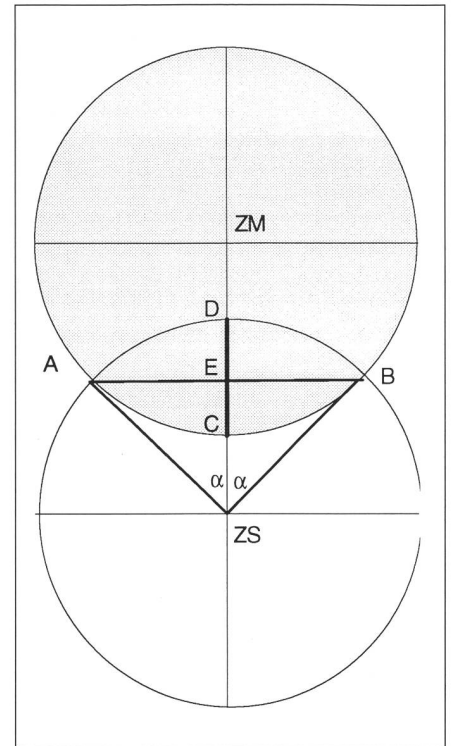


Bild 6: Berechnung des unverfinsterten Flächenanteils der Sonne.

Legende: Strecke $C - D =$ Phase der Bedeckung; Der Sonnenradius wird $r = 1$ gesetzt; Zu berechnen ist der Flächenanteil der Bedeckung der Sonne (Fläche $A - C - B - D$).

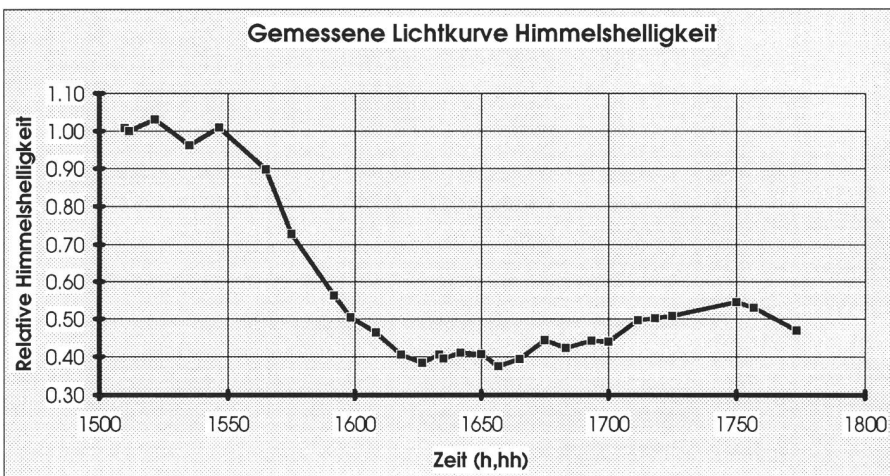
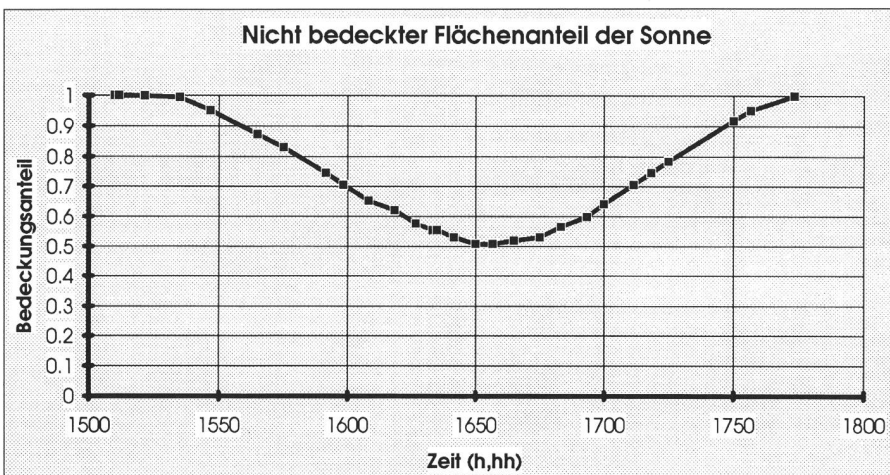


Diagramm 2: Gemessene Lichtkurve der Himmelselligkeit

Diagramm 3: Theoretische Lichtkurve der Himmelselligkeit (Bedeckungsanteil der Sonne)



dern sollte. Drei Parameter sind es, die die zu erwartende Kurve bestimmen und denen wir nun gesondert auf die Spur kommen wollen. Da ist einmal der Bedeckungsgrad der Sonne durch den Mond, dann die zunehmende Extinktion bei der Annäherung der Sonne an den Horizont und dann noch die zunehmenden Zirren während der Beobachtung.

Bedeckungsgrad der Sonne durch den Mond

Massgebend für unsere Betrachtung ist der Flächenanteil der Sonne, der durch den Mond nicht bedeckt wird. Dies gibt uns den Flächenanteil des bei unverändertem Sonnenstand zu erwartenden Restlichts bezogen auf die unverfinsterte Sonne. Schön wäre es, wenn wir diese Zahl in Minutenabständen direkt in astronomischen Programmen oder Jahreskalendern nachschlagen könnten. Dem ist leider nicht so! Die mir bekannten Jahrbücher und auch Programme (z.B. Dance of the Planets) geben alle die Phase der Finsternis an. Diese gibt uns an, welcher Bruchteil des Durchmessers der Sonne (Sonnendurchmesser = 1) durch den Mond bedeckt ist. Daraus lässt sich recht einfach der unverfinsterte Flächenanteil der Sonne berechnen.

Extinktion in Abhängigkeit der Zenitdistanz

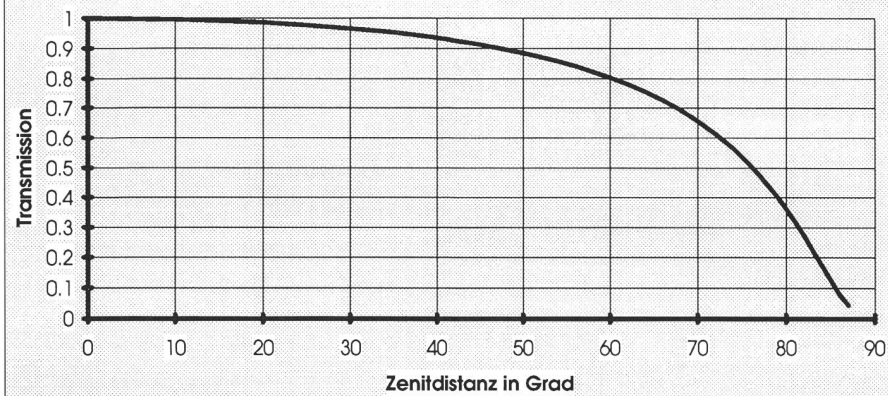
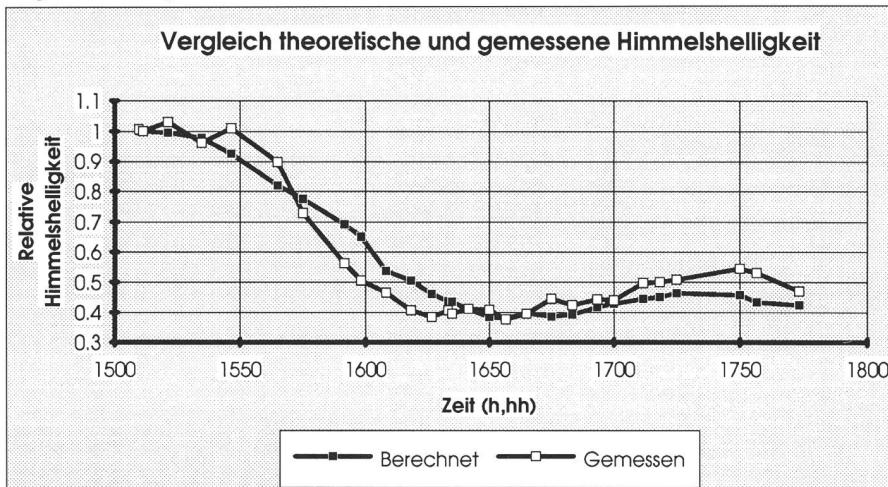


Diagramm 4: Extinktion des roten Lichtes bei leicht getrübtter Atmosphäre

Diagramm 5: Vergleich der theoretisch berechneten und der gemessenen Himmelselligkeit



Es gelten folgende Gleichungen: (G9) (G10) (G11) (G12).

Zeichnen wir diesen unverfälschten Flächenanteil der Sonne in ein Diagramm mit der Zeit auf der x-Achse ein, so erhalten wir die Lichtkurve der Himmelselligkeit, wenn die Sonne am Standort der ersten Messung stehen bleiben würde (Diagramm 3).

Der Einfluss der Extinktion

Da sich die Sonne während der Beobachtung in Richtung Horizont bewegt, muss auch die Extinktion berücksichtigt werden. Sie zeigt, wie stark das Sonnenlicht bei zunehmender Annäherung der Sonne an den Horizont gedämpft wird (immer länger werdender Lichtweg durch die Atmosphäre). Die Dämpfung ist abhängig vom Zustand der Atmosphäre (absolut klar, leicht getrübt, stark getrübt) und von der Wellenlänge des Lichtes. Rotes Licht durchdringt dicke Luftschichten besser als blaues Licht. Für die Messungen vom 12.10.96 gilt: leicht getrübt Atmosphäre, rotes Licht (grösster Empfindlichkeitsbereich der CCD).

Rechnen wir die Extinktion gemäss Diagramm auf unseren Beobachtungszeitraum um und überlagern die zwei Diagramme 3 und 4 (Multiplikation der Diagramme), so erhalten wir die zu erwartende Lichtkurve. Tragen wir dann noch die theoretisch zu erwartende Lichtkurve und die beobachtete Lichtkurve im selben Diagramm 5 ein, so können wir feststellen, dass die theoretisch zu erwartende Kurve und die tatsächlich gemessene Kurve doch recht nahe beieinander liegen. Die Veränderung der Himmelsdurchsicht durch Zirren habe ich dabei unberücksichtigt gelassen, da die Auswirkungen innerhalb der sonstigen Messungenauigkeiten lagen.

Wie Sie sehen, kann an einer partiellen Sonnenfinsternis bereits mit einfachen Mitteln die Distanz Erde-Mond ermittelt werden. Versuchen Sie es doch auch einmal! Es ist faszinierend, am Ende der Auswertung zum ersten Mal mit eigenen Beobachtungen zu einem vernünftigen Resultat zu kommen.

HUGO JOST-HEDIGER,
Lingeriz 89, CH-2540 Grenchen

G1 $\frac{\sin(A)}{a} = \frac{\sin(B)}{b}$

G3 Distanz ZS-ZM = (h + RM) - RS

G2 Mondsdistanz = Erdradius $\times \frac{\sin(\text{geografische Breite Beobachter} - \text{Deklination Mond})}{\sin(\alpha)}$

G4 Distanz ZS-ZM = $\frac{h}{W} \times W + RM - RS$ G5 Distanz ZS-ZM = $\frac{h}{W} \times 2RS + RM - RS$

G6 Distanz ZS-ZM = $0,4248 \times 0,26 + 0,27 - 0,26 = 0,1205$ Grad

G7 Parallaxe = $0,9310 - 0,1205 = 0,8105$ Grad

G8 Mondsdistanz = $6378 \text{ km} \times \frac{\sin(47,5 - (-6,71))}{\sin(0,8105)}$

G9 Nicht bedeckter Sonnenanteil = $1 - (2 \times (\text{Sektor}(ZM, A, D, B) - \text{Dreieck}(ZM, A, B)))$

G10 $\alpha = \arccos \frac{2r - (2r \times \text{phase})}{2} = \arccos(1 - \text{phase})$

G11 Sektor = $\frac{(r \times r \times \text{Pi} \times \alpha)}{2} = \text{Pi} \times \frac{\alpha}{180}$

G12 Dreieck = $r \times \sin(\alpha) \times (r - \text{phase}) = \sin(\alpha) \times (1 - \text{phase})$

Quellenangaben

- [1] Software: *Dance of the Planets*
- [2] ESO Astronomy online Experimente
- [3] G.D. РOTH (Hrsg.): *Handbuch für Sternfreunde*. 4. Aufl. Springer 1989