

# Früheste und späteste maximale Finsternis : einige Bemerkungen zum Verlauf von Sonnenfinsternissen

Autor(en): **Nufer, Robert**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen  
Gesellschaft**

Band (Jahr): **65 (2007)**

Heft 338

PDF erstellt am: **27.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-898029>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Früheste und späteste maximale Finsternis

# Einige Bemerkungen zum Verlauf von Sonnenfinsternissen

ROBERT NUFER

Sonnenfinsternisse sind faszinierende Naturschauspiele. Sie wecken unser Interesse lange vor ihrem Eintreten. «Wie verläuft die Zentrallinie?» Vielleicht lässt sich eine «gewöhnliche» Ferienreise mit einer Sonnenfinsternis zu einem unvergesslichen Abenteuer aufwerten. Über den Verlauf von Finsternissen informieren wir uns an Hand von Grafiken, die in Büchern oder im Internet, manchmal sogar als Animation, gefunden werden können. Schaut man dabei etwas genauer hin, erlebt man erstaunliches - auf seine Art auch faszinierendes ...

Bild 1 zeigt eine stereographische Darstellung der totalen Sonnenfinsternis am 29. März 2006. Die rot eingezeichnete Zentrallinie beginnt bei Sonnenaufgang beim Punkt C1 und endet bei Sonnenuntergang beim Punkt C2. Unmittelbar darüber und darunter sind die Begrenzungslinien der totalen Finsternis schwarz durchgezogen eingezeichnet und beschriftet, daran anschließend die schwarz gestrichelten 80%, 60%, 40% und 20%-Isomagnituden (Kurven gleicher maximaler Finsternisgrösse in Prozent des bedeckten Sonnendurchmessers) und schliesslich den

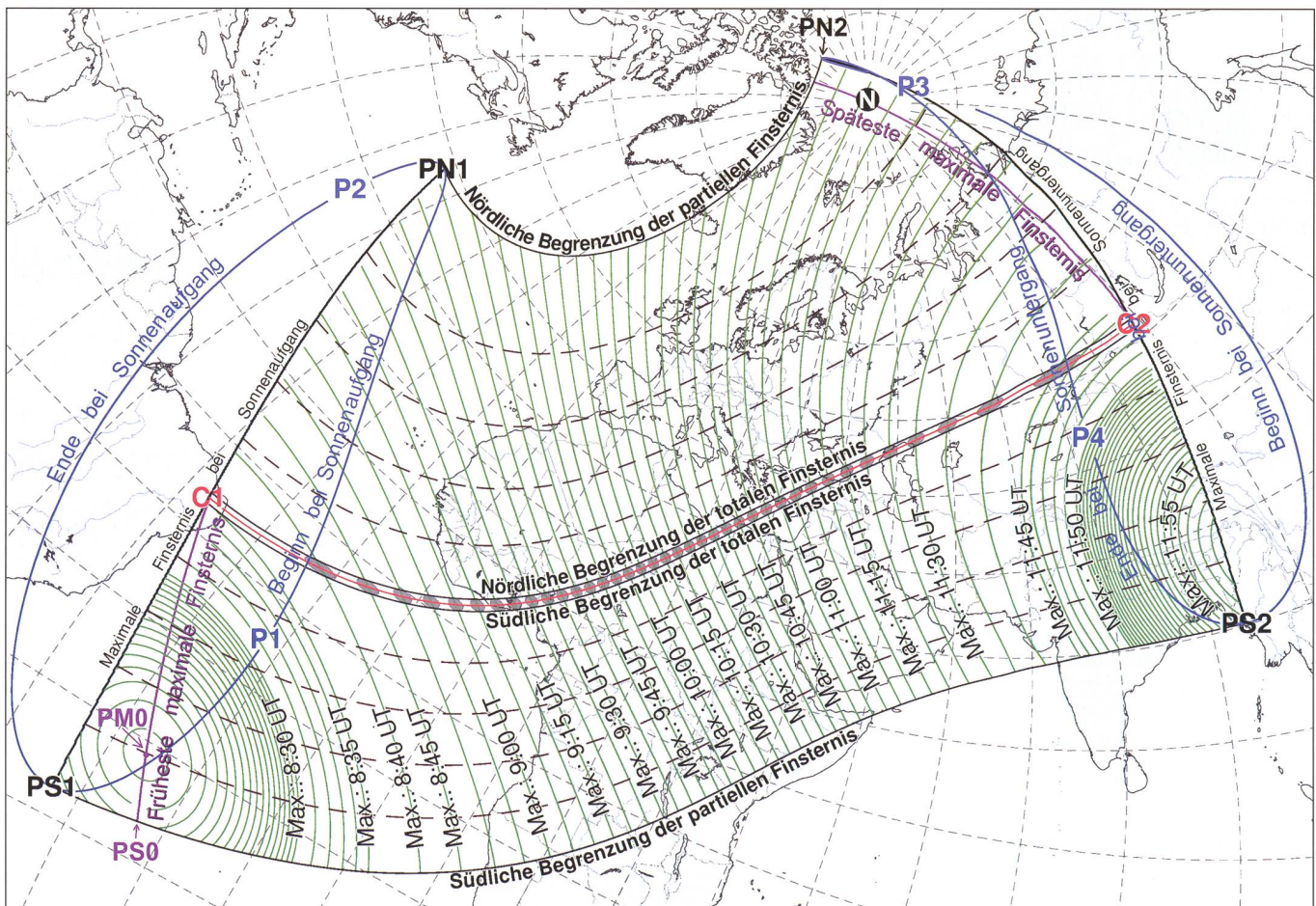
schwarz durchgezogenen und beschrifteten Begrenzungen der partiellen Finsternis. Die blauen geschlossenen Kurven markieren Beginn (P1) und Ende (P2) der partiellen Finsternis bei Sonnenaufgang, sowie Beginn (P3) und Ende (P4) der partiellen Finsternis bei Sonnenuntergang. Ganz grob gesagt verlaufen Finsternisse ja «von Westen nach Osten» (oder in dieser Darstellungsart «von links nach rechts»), was man an den angeschriebenen Zeiten der maximalen Finsternis ablesen kann. Aber ganz richtig ist diese Aussage nicht, wie gleich gezeigt wird ...

## Anfang und Ende oder der Anfang vom Ende?

Schon eine Aussage wie «Die Finsternis beginnt in Brasilien und endet östlich des Baikalsees» ist falsch, denn die blaue Kurve PN1 - P2 - PS1 links im Bild 1 markiert das Ende bei Sonnenaufgang und nicht den Anfang. Die Finsternis beginnt beim Punkt P1, mitten im Atlantik. Analog dazu endet die Finsternis auch nicht östlich des Baikalsees, denn die äusserste blaue Kurve rechts PS2 - P3 - PN2 markiert den Anfang bei Sonnenuntergang und nicht das Ende. Die Finsternis endet beim Punkt P4, nördlich von Indien. Ganz links handelt es sich also um «das Ende vom Anfang» und ganz rechts um den «Anfang vom Ende».

Randnotiz: Bei dieser Finsternis ist im Gegensatz zur linken ovaloiden blauen Kurve die rechte blaue Kurve zu einer Art «Acht» verschlungen, da der Halb-

Fig. 1: Graphische Darstellung der Sonnenfinsternis am 29. März 2006. Grün gezeichnet sind die Kurven maximaler Finsternis bei einer vorgegebenen Zeit. Von 08:35 - 11:45 (UT) sind die Zeitintervalle fünf Minuten, von 08:30 - 08:35 und 11:45 - 11:50 eine Minute. Vor 08:30 und nach 11:50 fünfzehn Sekunden.



schatten die Erde zum Teil westlich des Meridians verlässt. Es handelt sich nach J. Meeus um eine Finsternis vom Typ IV [1]. Beim äusseren blauen Bogenstück der oberen kleinen Schlaufe handelt es sich dann tatsächlich um das Ende der Finsternis - aber bei Sonnenaufgang!

### Ist nördlich wirklich nördlich?

Folgt man der «südlichen Begrenzung der partiellen Finsternis» in Bild 1, mag die Frage müssig erscheinen, aber an der «nördlichen Begrenzung der partiellen Finsternis» sieht es anders aus. Im Norden Grönlands und nördlich der kanadischen Inseln befindet man sich in Wirklichkeit am südlichen Rand der partiellen Finsternis! Der «nördliche» Grenzverlauf ändert seine west-östliche Richtung zwischen Island und Grönland in eine ost-westliche Richtung, womit der geographische Nord- zu einem Süd-Rand wird. Die Bezeichnung «nördlich» oder «südlich» bei den Begrenzungslinien sind also «nur» astronomisch und nicht unbedingt geographisch gemeint.

### Beginnen und beginnen sind zwei Paar Stiefel

Zurück zur südlichen Begrenzung der partiellen Finsternis, denn auch diese hat eine Überraschung auf Lager: Sie beginnt bei Sonnenaufgang beim Punkt PS1 und endet bei Sonnenuntergang beim Punkt PS2. Falsch! Zwar stimmt die Aussage, dass die Spur der südlichen Begrenzung der partiellen Phase beim Punkt PS1 beginnt und beim Punkt PS2 endet, aber der zeitliche Beginn der maximalen Finsternis an der südlichen Begrenzung der partiellen Finsternis findet nicht beim Punkt PS1, sondern weiter östlich beim Punkt PS0 statt, dort wo die in Bild 1 violett gezeichnete Kurve die südliche Begrenzung der partiellen Finsternis trifft. Dieser Zeitpunkt liegt vor dem Zeitpunkt PS1 und - was verblüffen mag: die Sonne steht dort bei Finsternismaximum deutlich über dem Horizont. Der Schattenverlauf, der am südlichen Ende natürlich nur ein mathematischer (Zeit-)Punkt ist, beginnt also nicht unbedingt bei Sonnenaufgang am Horizont.

Im Falle dieser Finsternis gibt es für eine knappe Minute zwei Punkte, welche die südliche Begrenzung «zeichnen». Der eine verläuft von PS0 aus nach Westen, wo er bei Sonnenaufgang den Punkt PS1 markiert und der andere verläuft von PS0 aus «normal» nach Osten, wo er nach Stunden bei Sonnenuntergang den Punkt PS2 markiert.

Das gleiche gilt wiederum für den zeitlichen Verlauf der nördlichen Begrenzung der partiellen Finsternis, denn

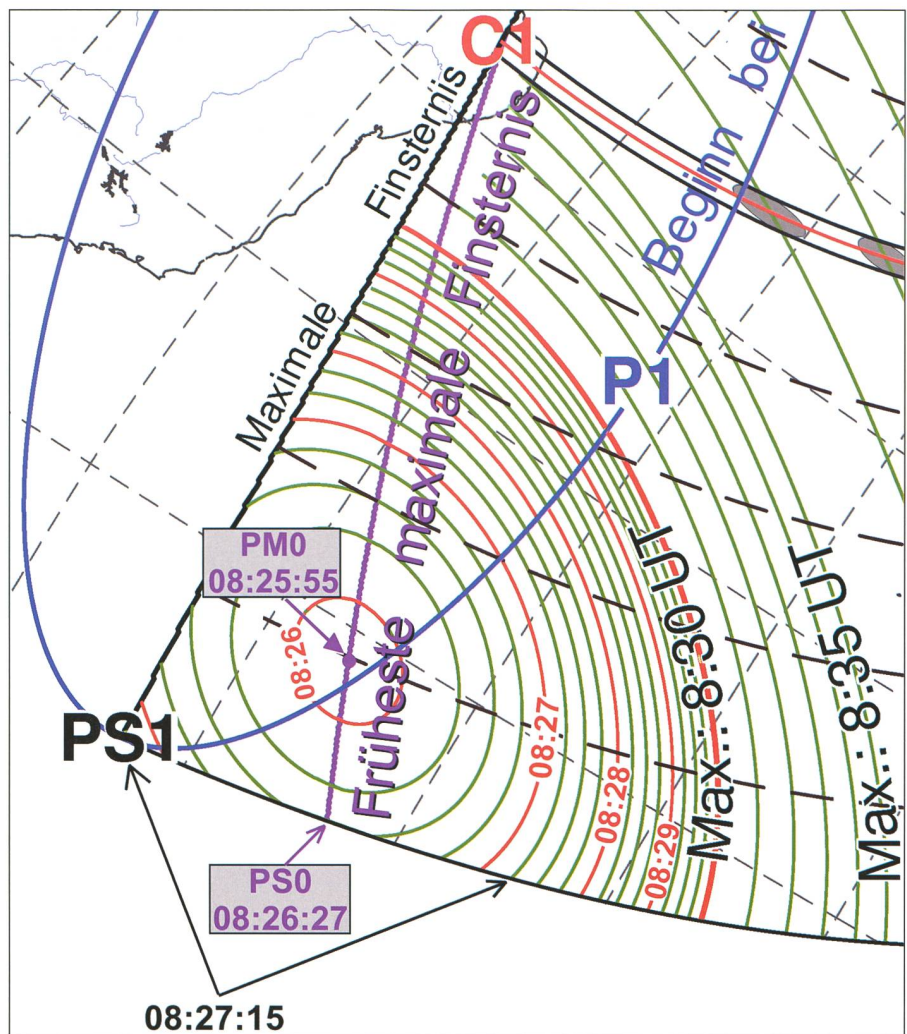


Fig. 2: Ausschnitt aus Bild 1 mit etwas mehr Informationen. Die violett gezeichnete Kurve «Früheste maximale Finsternis» fällt bei Beginn der zentralen Finsternis bei Sonnenaufgang (C1) mit der Kurve «Maximale Finsternis bei Sonnenaufgang» zusammen.

das Finsternismaximum etwa ab der nordgrönländischen Grenze wird jeweils nach dem Zeitpunkt PN2 erreicht.

### «Früheste maximale Finsternis» und «Späteste maximale Finsternis»

Offensichtlich ist der zeitliche Ablauf schwieriger zu verstehen als der geographische. Die Tatsache, dass zwei Beobachter an verschiedenen Orten das Finsternismaximum bei gleicher Magnitude zur gleichen Zeit beobachten können, nennt selbst Jean Meeus [2] einen «strange effect» (merkwürdiger, seltsamer Effekt), der übrigens auch bei Sternbedeckungen durch den Mond vorkommt!

Der Effekt wird mit Bild 2 besser verständlich. Zwischen den roten Zeitkurven in Minutenabstand sind grüne Kurven in 15-Sekunden-Abstand gezeichnet. An der südlichen Begrenzung der partiellen Phase tritt die früheste maximale Finsternis um 08:26:27 ein (PS0).

Links und rechts anschliessend sind die Zeitpunkte 08:26:30 und 08:26:45 (grün), 08:27 (rot) und dann 08:27:15 (grün, mit Pfeilen markiert). Dieser letzte Zeitpunkt ist der Moment, bei dem ein Beobachter beim Punkt PS1 Finsternismaximum bei Sonnenaufgang hat, ein anderer Beobachter hingegen Finsternismaximum bei einer Sonnenhöhe gut 15 Grad hat.

PS0 ist aber nur das früheste Maximum an der südlichen Begrenzung der partiellen Finsternis. Das «absolut früheste Maximum» der partiellen Finsternis wird beim Punkt PM0 um 08:25:55 erreicht, also nochmals gut dreissig Sekunden früher. Von diesem Ort (zeitlich und geographisch) breiten sich die Kurven «Finsternismaximum zu einer bestimmten Zeit» radial aus. Diese Kurven können für eine kurze Zeit als geschlossene Kurven komplett auf der Tagseite der Erde vorliegen, die meiste Zeit aber werden sie durch den Kegelmantel des Mondschatens oder dem Horizont (Sonnenauf- und -untergang) begrenzt.

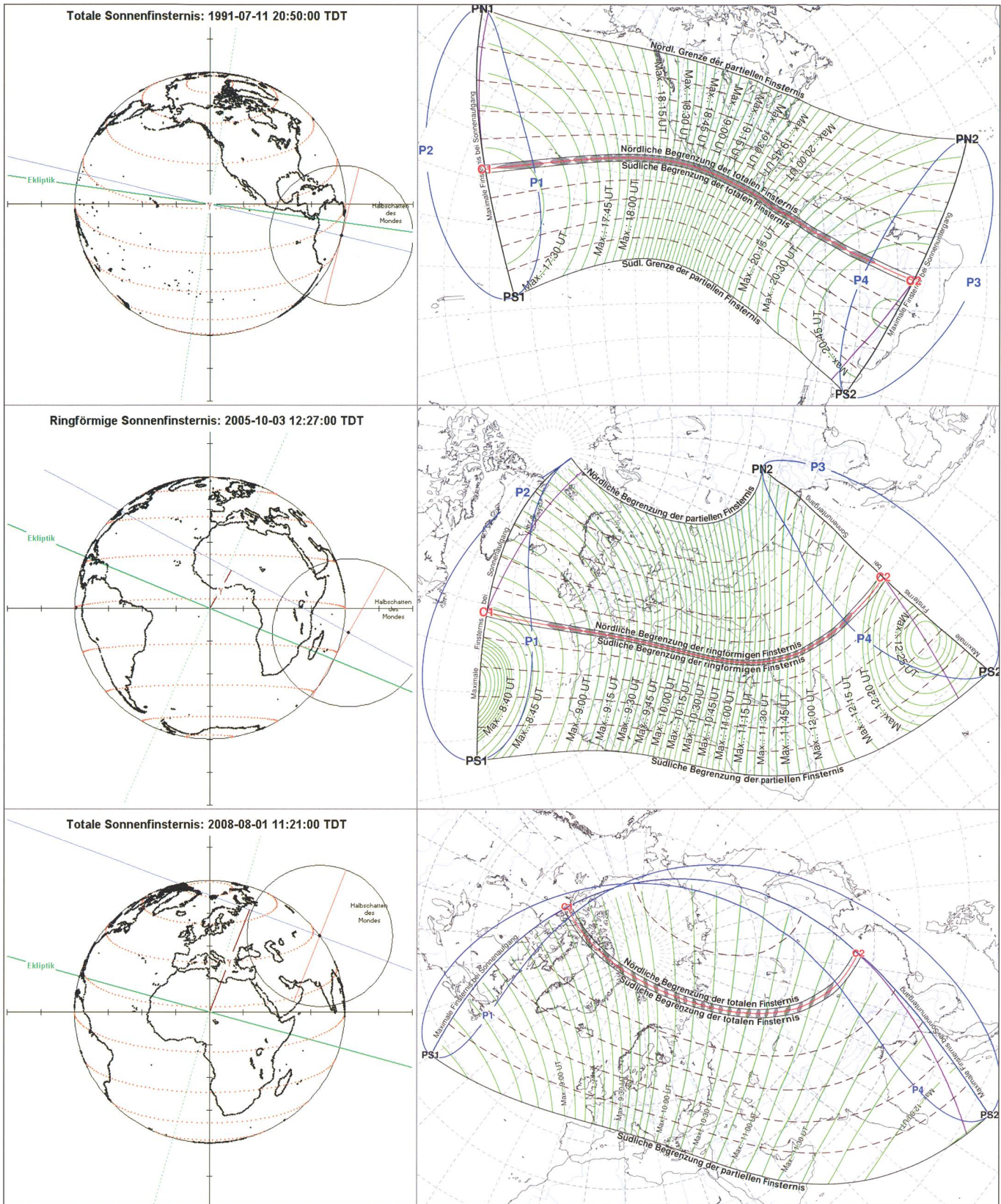


Fig. 3: Sonnenfinsternisse mit immer grösserem Gamma. Links: Der Weg der Schattenachse (blau). Der Halbschatten des Mondes ungefähr bei Ende der zentralen Finsternis (kleiner Kreis, schwarz). Rechts: Die dazugehörigen stereographischen Projektionen mit den Kurven «Früheste maximale Finsternis» und «Späteste maximale Finsternis» (violett, nicht angeschrieben)

### Angewendete Berechnungsmethode

Um die Kurven «Früheste maximale Finsternis» und «Späteste maximale Finsternis» zu berechnen, werden die Isomagnituden von der südlichen bis zur nördlichen Limite der partiellen Finsternis in 0.2%-Intervallen mit einer

Ortsauflösung von 0.2 Grad in geographischer Länge gerechnet und abgespeichert. Jede Isomagnitude entsteht auf diese Weise in Form einer Art Punktwolke und wird dann zeitlich aufsteigend sortiert. Die ersten und letzten Punkte (geographische Koordinaten und Zeitpunkt) jeder Isomagnitude bilden dann die beiden Kurven.

Die Kurven «Maximale Finsternis zu einer bestimmten Zeit» werden aus den oben berechneten Isomagnituden interpoliert. Auf diese Weise können die geschlossenen Kurven (z. B. die rote Kurve 08:26 in Bild 2) erzeugt werden.

Die Isomagnituden selbst werden in eine logische Reihenfolge gebracht, so dass sie als Linie gezeichnet werden können. Auch das ist eine nicht ganz triviale Aufgabe, denn die Isomagnituden verlaufen nicht generell von West nach Ost, auch nicht von Nord nach Süd oder umgekehrt und auch nicht generell aufsteigend nach Zeit.

Bei dieser Art des Sortierens ist an einem Ende jeder Isomagnitude das Maximum bei Sonnenaufgang und am anderen Ende das Maximum bei Sonnenuntergang. (Die Ausnahmen in Polnähe, wo Sonnenauf- und -untergang vertauscht sind, spielen hierfür keine Rolle.)

Mindestens auf einer Seite der Zentrallinie, über- oder unterhalb derjeni-

gen, fallen die Kurven «Früheste maximale Finsternis» und «Maximale Finsternis bei Sonnenaufgang» zusammen. Bei Ende der Finsternis ist es dann typischerweise umgekehrt: In Bild 2 sind die frühesten Maxima unterhalb der Zentrallinie vor den Maxima bei Sonnenaufgang und die spätesten Maxima oberhalb der Zentrallinie nach den Maxima bei Sonnenuntergang.

Ob es zu geschlossenen Kurven der Maxima zu einer bestimmten Zeit kommt, hängt davon ab, unter welchem Winkel die Zentrallinie die Erde überstreicht. In Bild 3 sind drei Finsternisse mit immer grösserem Gamma gezeigt, d. h. die Finsternis verläuft immer nördlicher. Die roten Senkrechten auf die Bewegungsrichtung des Mondschattens in den oberen zwei Beispielen treffen die Erde tangential, was beim untersten Beispiel nicht der Fall ist. Bei den beiden oberen Finsternissen treten die geschlossenen Kurven der Finsternismaxima auf.

Das Auftreten dieser geschlossenen Kurven hängt zusätzlich von der Rela-

tivbewegung (Erdrotation) und des Schattenkegels ab, was aus einer statischen Darstellung allein nicht ersichtlich ist.

Die Kurven «Früheste maximale Finsternis» und «Späteste maximale Finsternis» und das damit verbundene Auftreten des «strange effects» haben für das Beobachten von Sonnenfinsternissen (zum Glück) keine relevanten praktischen Auswirkungen. Trotzdem finde ich es eine äusserst interessante Eigenschaft des Naturschauspiels Sonnenfinsternis – quasi das «Kleingedruckte der Finsternisgeometrie».

### Bibliographie

- 1] MEEUS J., Mathematical astronomy morsels, Willmann-Bell, Inc., Richmond, Virginia, USA, 1997
- [2] MEEUS J., private Kommunikation

ROBERT NUFER

Im Römergarten 1, CH-4106 Therwil  
Robert.Nufer@Bluewin.ch

## Ihr Partner für Teleskope und Zubehör



Grosse Auswahl  
Zubehör, Okulare, Filter

Telradsucher  
Astro-CCD-Kameras, Astro-Software

Sternatlanten, Sternkarten  
Astronomische Literatur

Günstige Preise  
Beratung, Heimlieferung, Service

Ausstellungsraum



Casinoplatz 8 3011 Bern  
Tel. 031/3112113 Fax 031/3122714

 **MEADE**

 **BRESSER**

**Tele Vue**

**ANDRES**

**AOK**

**Sky-Watcher**

 **LEICA**

*Kowa*

**PENTAX**

 **FUJINON**

**STARLIGHT X-PRESS**  
ASTRONOMICAL AND INDUSTRIAL CCD CAMERAS

Internet <http://www.zumstein-foto.ch>

E-Mail [astro@zumstein-foto.ch](mailto:astro@zumstein-foto.ch)