

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Band:** 73 (2015)  
**Heft:** 386

**Artikel:** Machen Sie mit am Projekt : Beobachter und Mathematiker in  
Zusammenarbeit : Kontaktzeiten messen und berechnen  
**Autor:** Laager, Erich  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-897344>

### **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:** 06.10.2024

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

Machen Sie mit am Projekt: Beobachter und Mathematiker in Zusammenarbeit

# Kontaktzeiten messen und berechnen

■ Von Erich Laager

*Für jeden Beobachtungsort lassen sich die Zeiten für Anfang und Ende der partiellen Finsternis exakt berechnen. Frage: Wie genau kann ein Beobachter diese Zeiten messen? Mit welchen Instrumenten lassen sich die genauesten Resultate erzielen? Die ORION-Leser werden zum Mitmachen ermuntert! Demonstratoren in Sternwarten mit Sonnenprojektion erhalten die Möglichkeit, mit einem Überraschungseffekt den Beginn der Finsternis zu zeigen.*

Zur Finsternis vom 29. März 2006 habe ich in ORION I/2006 einen Beitrag publiziert, welchen ich hier – in modernisierter und erweiterter Form – nochmals veröffentlichen möchte. Alle Berechnungen und Figuren beziehen sich auf den Referenz-Ort «Zürich» (47°30' Nord / 8°30' Ost), wie im Jahrbuch «Der Sternenhimmel» von HANS ROTH. Beim Beobachten einer Sonnenfinsternis

ort, den man mit grossem Aufwand an Zeit und Geld erreicht hatte, die partielle Finsternis zur berechneten Zeit begann.

Man verspürt eine Erleichterung: *«Wir sind am rechten Ort, die Finsternis läuft offenbar so ab, wie vorausgesagt!»,* und man erfährt eine Bestätigung: *«Die Gestirne gehorchen wieder einmal unseren Berechnungen.»*

Für eine Sonnenfinsternis kann man sich verschiedene Dinge vornehmen: Die Situation vorausplanen und berechnen, dann einfach beobachten und geniessen, fotografieren, präzise hinschauen und messen, ...

Ich stelle hier eine Idee vor, bei welcher sich beobachtende und rechnende Astronomen treffen können: Bestimmung des Zeitpunktes für den 1. und 4. Kontakt (d. h. für den Beginn und das Ende der partiellen Finsternis), sodann Vergleich dieser Messungen mit den Berechnungen. Es ist interessant zu erfahren, wie genau man diese Zeiten durch Beobachten ermitteln kann.

Bedingungen für dieses Unterfangen sind eine genau gehende Uhr und die Kenntnis der Lage des Beobachtungsortes. Beide Dinge können heute dank Handy, Navi, GPS, Funkuhren usw. problemlos ermittelt werden.

Für die Beobachtung des 1. Kontaktes sollte man den ungefähren Zeitpunkt kennen. Beobachter in der Schweiz benützen das Kärtchen, welches THOMAS BAER nach Berechnungen von ARNOLD BARMETTLER für diesen Beitrag gezeichnet hat (Abb. 2). Sie wissen dann, innerhalb welcher halben Minute sie konzentriert beobachten müssen. Für Europa findet man eine entsprechende Darstellung in dieser ORION-Ausgabe auf Seite 26.

Foto: THOMAS BAER, ALBUQUERQUE, NEW MEXICO

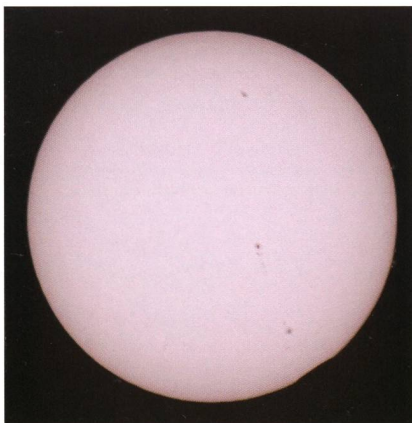
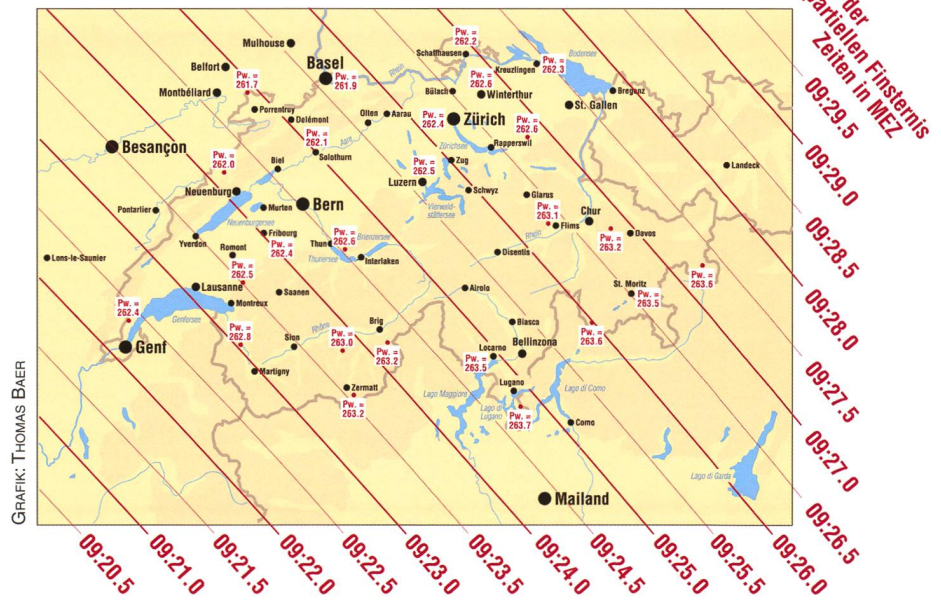


Abbildung 1: Nur wenige Sekunden nach dem ersten Kontakt kann man den Mond bereits als kleine Delle am Sonnenrand erkennen. Dazu muss man den Positionswinkel wissen.

ist zweifellos das Erlebnis der Totalität das Faszinierendste. Ich war aber auch immer stark beeindruckt, wenn dann an einem Beobachtungs-



GRAFIK: THOMAS BAER

Abbildung 2: Mit Hilfe dieser Karte ermittelt man den Zeitpunkt des 1. Kontaktes auf einige Sekunden genau. Der Beobachter kann sich dann in diesem Zeitraum auf die Zeitmessung konzentrieren. Die Kurven sind in 30-Sekunden-Intervallen gezeichnet. Ebenfalls eingezeichnet sind für ein paar Sternwarten die Positionswinkel.

## Positionswinkel: Wo am Sonnenrand ist der erste Kontakt?

Erfahrungen haben gezeigt, dass auch erfahrene Beobachter den 1. Kontakt an einem falschen Ort am Sonnenrand suchen – so geschehen u. a. beim Venustransit im Jahr 2004! Je nach Gerät und Zusatzeinrichtung (z. B. Zenitprisma) wird das projizierte Sonnenbild seitenrichtig oder seitenverkehrt. Welcher Fall zutrifft, findet man am sichersten heraus, wenn man schon vorgängig die nötigen Beobachtungen anstellt. Der Positionswinkel ist die Richtung von der «Mitte der Sonnenscheibe» zur «Mitte der Mondscheibe». Dies gilt auch für den Positionswinkel bei Finsternismitte.

Der Positionswinkel für den 1. und 4. Kontakt gibt somit an, wo am Sonnenrand die «Berührung» mit dem Mondrand stattfindet.

Abb. 3 zeigt, wie der Positionswinkel auf zwei Arten gemessen werden kann. Für unsere weiteren Betrachtungen brauchen wir nur den Winkel, gemessen ab Nordrichtung ( $P_N$ ).

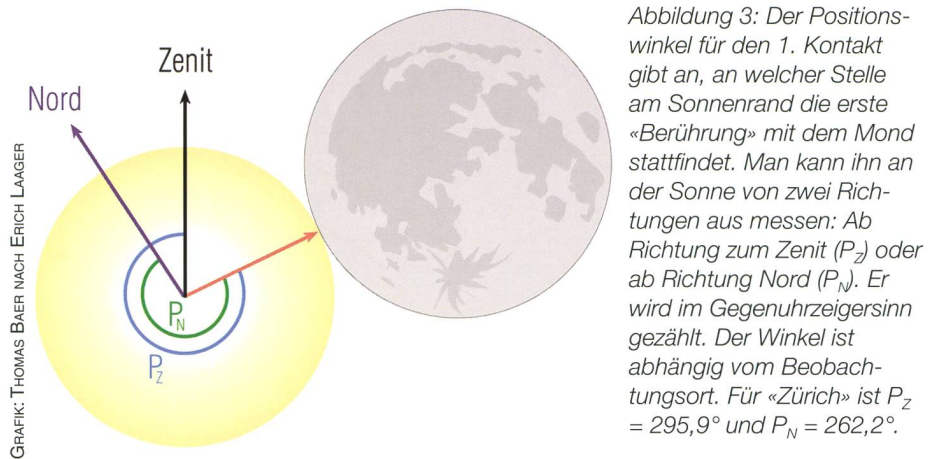
Man beachte: Bei Finsternisbeginn ist die Richtung von der Sonne zum Himmelspol nach links geneigt. Im Laufe des Vormittags richtet sich diese immer mehr auf, die Differenz  $P_Z - P_N$  wird immer kleiner und ist schliesslich Null, wenn die Sonne kulminiert.

Als Folge davon läuft der Mond am Himmel nicht auf einer geraden Linie, wie in Abb. 9 dargestellt, sondern auf einer nach oben gekrümmten Bahn.

## Zeitmessung mit Hilfe der Projektionsmethode

Ich schlage folgendes Vorgehen vor:

- Stellen Sie durch die Projektion eines Sonnenuntergangs fest, welcher der 4 Fälle (gemäss Abb. 4) für Ihr Gerät zutrifft.
- Abb. 5 zeigt, wo am 20. März 2015 der 1. Kontakt stattfindet.
- Messen Sie vorgängig den Durchmesser des projizierten Sonnenbildes. (Für die Finsternisbeobachtung muss dann der Abstand des Projektionsschirmes von der Optik gleich gross sein!).
- Zeichnen Sie auf weisses Papier einen Kreis mit dem Durchmesser des projizierten Sonnenbildes und an diesen Kreis 2 parallele Tangenten. Konstruieren Sie eine weitere «Kontakt-Parallele». Der Abstand dieser Linie von der «Südtangente» beträgt 43,3% des Sonnendurchmessers in



GRAFIK: THOMAS BAER NACH ERICH LAAGER

Abbildung 3: Der Positionswinkel für den 1. Kontakt gibt an, an welcher Stelle am Sonnenrand die erste «Berührung» mit dem Mond stattfindet. Man kann ihn an der Sonne von zwei Richtungen aus messen: Ab Richtung zum Zenit ( $P_Z$ ) oder ab Richtung Nord ( $P_N$ ). Er wird im Gegenuhrzeigersinn gezählt. Der Winkel ist abhängig vom Beobachtungsort. Für «Zürich» ist  $P_Z = 295,9^\circ$  und  $P_N = 262,2^\circ$ .

der Projektion (Abb. 8, blaue Konstruktionlinien).

- Wer ein spiegelbildliches Projektionsbild erhält (Fälle C und D in Abb. 4), muss die Zeichnung gemäss Abb. 8 entsprechend ändern!

- Befestigen Sie dieses Blatt vor Finsternisbeginn auf dem Projektionsschirm und drehen Sie es so, dass das Sonnenbild (zunächst bei abgestellter Nachführung) zwischen den parallelen Tangenten Richtung Westen läuft.

Kontrollieren Sie, ob auch die Nord-Süd-Orientierung stimmt: Bewegen Sie das Gerät nach oben oder nach Norden (Deklination vergrössern). In der Projektion bewegt sich das Sonnenbild dabei Richtung unten oder Süden. Jetzt ist die Zeichnung richtig orientiert!

- Der 1. Kontakt ist beim Schnittpunkt der «Kontakt-Parallelen» mit dem vorausgehenden (westlichen) Sonnenrand zu erwarten.

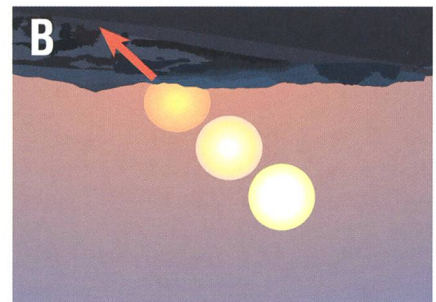
Bei der Durchblickmethode kann das Verfahren entsprechend angepasst werden.

## Angaben für andere Beobachtungsorte

Für andere Beobachtungsorte findet man die Positionswinkel mit Hilfe des Kärtchens (Abb. 2). Der dazu gehörenden Abstand der «Kontakt-Parallelen» (in Prozent des scheinbaren Sonnendurchmessers) ist ein-



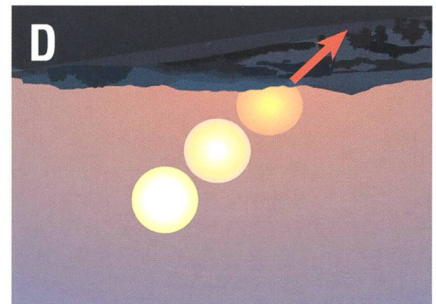
Oben / unten: richtig  
Links / rechts: richtig



Oben / unten: vertauscht  
Links / rechts: vertauscht



Oben / unten: richtig  
Links / rechts: vertauscht



Oben / unten: vertauscht  
Links / rechts: richtig

GRAFIK: THOMAS BAER NACH ERICH LAAGER

Abbildung 4: Wie sieht ein Sonnenuntergang in meinem Fernrohr (mit Sonnenfilter!) oder in der Projektion aus? Man beobachte, welcher der hier gezeigten Fälle zutrifft. Die Figuren gelten für Beobachter auf der Nordhalbkugel der Erde. Die Ansichten A und B sind seitenrichtig, die anderen sind spiegelbildlich.

## Beobachtungen

fach zu berechnen. Gegeben: Positionswinkel ab Norden  $P_N$  (in Grad), wobei  $180^\circ < P_N < 360^\circ$  ist. Gesucht: Prozentzahl  $p$  für den Abstand der beiden Parallelen (Sonnendurchmesser = 100%).

$$\alpha = P_N - 180^\circ$$

$$p = 50 \cdot (1 - \cos \alpha)$$

Rechnung zu Abb. 8

$$P_N = 262,2^\circ$$

$$\alpha = 262,2^\circ - 180^\circ = 82,2^\circ$$

$$\cos \alpha = 0,1357$$

$$p = 50 \cdot (1 - 0,1357) = 43,2$$

### Die Zeiten messen

- Man beginne rechtzeitig mit Beobachten!
- 1. Kontakt: Zeitpunkt, bei dem erstmals eine Einbuchtung am Sonnenrand zu sehen ist. Dies ist naturgemäss ein wenig später als der genaue 1. Kontakt.
- 4. Kontakt: Einfacher zu beobachten! Zeitpunkt, bei dem vermutlich Mond- und Sonnenrand exakt übereinander liegen.

### Der Vergleich Beobachtung – Berechnung

Meine Berechnungstabelle möchte ich für die kommende Finsternis wiederum verwenden.

Ich mache folgendes Angebot:

Wer Kontaktzeiten gemessen hat (irgendwo auf der Welt!) kann mir diese auf einem Meldeformular mitteilen. Ich werde diese Zeiten dann mit den berechneten vergleichen und dem Beobachter eine Rückmeldung schicken.

Das Meldeformular findet man unter [www.orionzeitschrift.ch](http://www.orionzeitschrift.ch).

Bei genügender Anzahl Beobachtungseinsendungen lohnt sich dann später eine Publikation der Ergebnisse im ORION.

### Sonnenprojektion mit dem «Solarscope»

Das «Solarscope» ist ein geniales, absolut gefahrloses Gerät zur Projektion der Sonne. Ein Objektiv von 40 mm Durchmesser kombiniert mit einem konvexen Spiegelchen erzeugt ein bequem grosses Abbild der Sonne von ca. 115 mm Durchmesser.

Die in Metall gefassten optischen Teile sind auf einer Montierung aus stabilem Wellkarton befestigt. Das Gerät lässt sich mühelos auf die Sonne ausrichten. Es kann auch zur

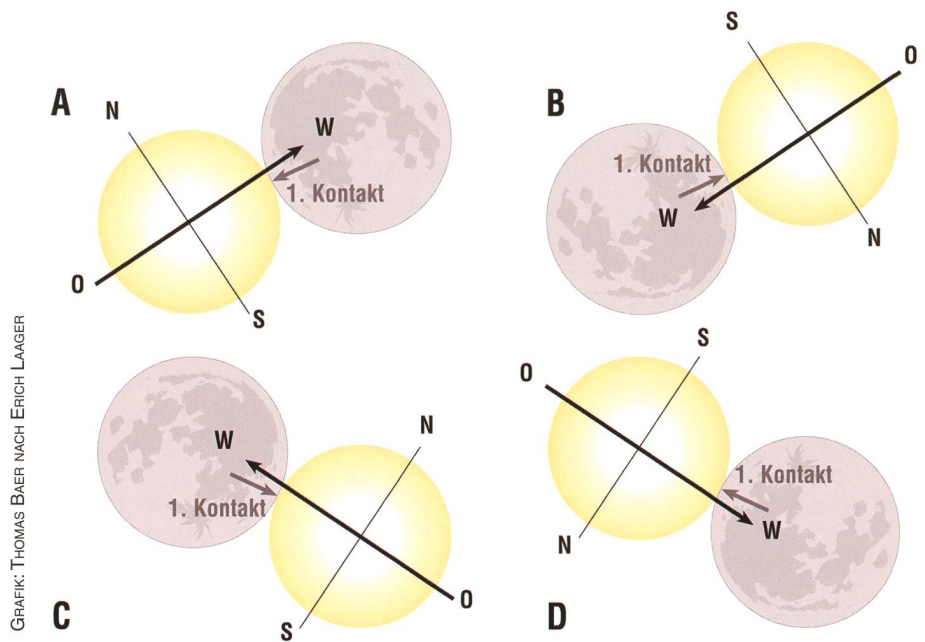


Abbildung 5: Die Figuren zeigen für die 4 Fälle die Situation bei Finsternisbeginn. Sie entsprechen den vier Möglichkeiten in Abb. 4. Die Richtung zum Zenit ist oben in den Figuren A und C, unten in den Figuren B und D. Der schwarze Pfeil (O-W) zeigt die scheinbare Bewegung der Sonne am Himmel, der graue Pfeil markiert den Ort des Finsternisbeginns (1. Kontakt).

Beobachtung von Sonnenflecken und zur Messung der Länge eines Sonnentages verwendet werden. Bezugsquelle: Foto Video Zumstein AG, Casinoplatz 8, 3011 Bern ([www.zumstein-foto.ch](http://www.zumstein-foto.ch)). Preis Fr. 89.– (Offerte im Internet, Oktober 2014).

### Der Finsternisbeginn in Sternwarten mit Sonnenprojektions-Einrichtungen

Die Demonstratoren der Sternwarte ermitteln für ihren Standort so genau wie möglich Zeit und Positionswinkel für den ersten Kontakt. Sie können den Ort beim (gross) projizierten Sonnenbild zum Voraus angeben und dann für den Finsternisbeginn die Sekunden abzählen. Wenn

sodann bei «Null» die erste Einbuchtung tatsächlich erscheint, dürfte das Staunen gross sein, wie genau man den Lauf der Gestirne voraussagen kann.

Auf Wunsch kann ich die berechneten Kontaktzeiten liefern. Ich brauche zum Berechnen von der Sternwarte die genauen geogr. Koordinaten (Länge und Breite) und die Höhe über Meer.

### Zwei ungleiche Bewegungen führen zur Finsternis

Abb. 9 zeigt den Verlauf der Finsternis, dargestellt im Äquatorsystem, so wie in einem Sternatlas.

Blau: Zwei Koordinaten-Linien aus



Abbildung 6: Ein zusammengesetztes Solarscope.

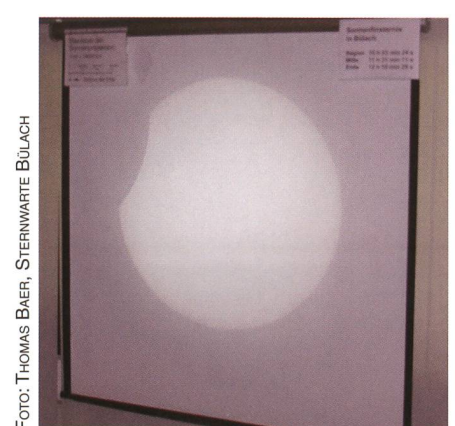


Abbildung 7: Leinwandprojektion in der Sternwarte Bülach.

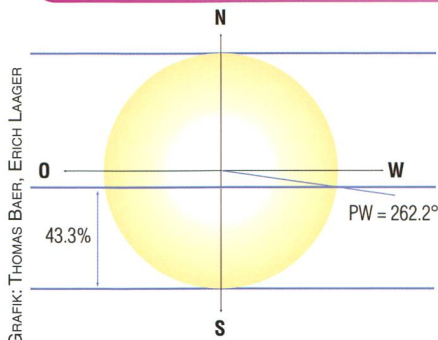


Abbildung 8: Hilfszeichnung zum sicheren Auffinden des 1. Kontaktes. Der Abstand der «Kontaktparallele» von der «Südparallelen» ist 43,3% des Sonnendurchmessers in der Projektion. Weitere Erklärungen im Text.

dem Himmels-Äquatorsystem. Der Schnittpunkt ist der Frühlingspunkt.

Rote Linie: Bahn der Sonnenmitte. Diese erreicht den Frühlingspunkt am 20. März 2015 um 23:45 Uhr MEZ, also rund 12 Stunden nach Ende der Finsternis

Graue Linie: Bahn der Mondmitte. Diese verläuft hier noch praktisch parallel zur Sonnenbahn, nähert sich dieser allmählich und schneidet sie am selben Tag um 19:55 Uhr MEZ. Der Mond steht dann im absteigenden Knoten.

Orange Kreise: Stellung der Sonne zu den drei angegebenen Zeiten. Bei Finsternismitte bedeckt der Mond 75,1% des Sonnendurchmessers.

Die scheinbaren Bewegungen: Die Sonne läuft in 1 Jahr einmal rundum, hier während 1 Stunde 2,45 Bogenminuten.

Der Mond läuft in 1 Monat einmal um die Erde, hier während 1 Stunde 29,6 Bogenminuten.

Er ist somit rund 12-mal schneller als die Sonne, überholt diese also während der Finsternis.

Finsternisse können nur in der Nähe eines Knotens (Schnittpunkt der scheinbaren Bahnen von Sonne und Mond) stattfinden. Beim folgenden Neumond am 18. April läuft der Mond bereits 2,3° unterhalb der Sonne durch.

Ein Beobachtungsformular finden Sie als PDF-File auf der ORION-Website [www.orionzeitschrift.ch](http://www.orionzeitschrift.ch). Ein-sendeschluss ist der 8. April 2015.

## ■ Erich Laager

Schlüchtern 9  
CH-3150 Schwarzenburg  
Tel. 031 731 09 88  
[erich.laager@bluewin.ch](mailto:erich.laager@bluewin.ch)

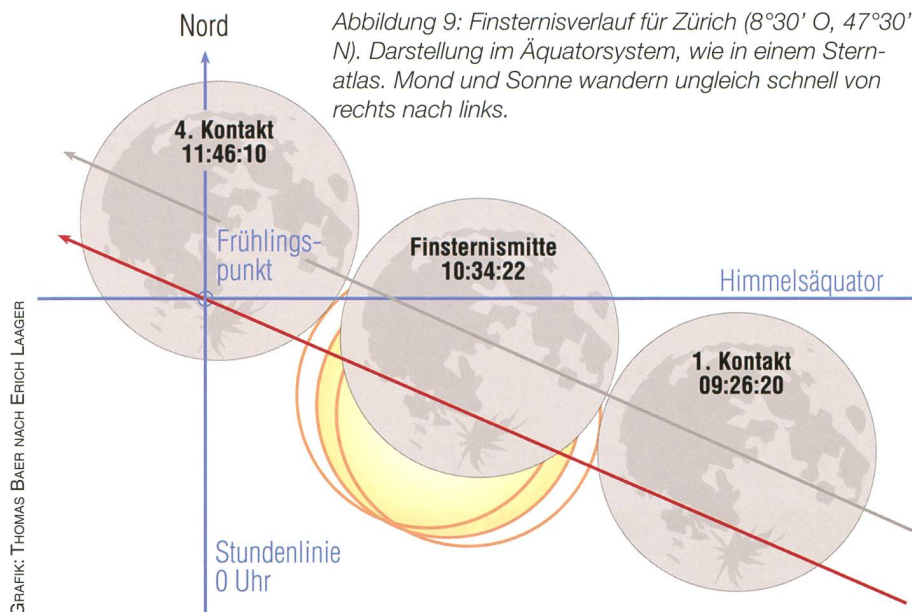


Abbildung 9: Finsternisverlauf für Zürich (8°30' O, 47°30' N). Darstellung im Äquatorsystem, wie in einem Stern-atlas. Mond und Sonne wandern ungleich schnell von rechts nach links.

## Die Berechnung des Positionswinkels

Der Mathematiker JEAN MEEUS ist bekannt für seine Berechnungen zu allen erdenklichen (zum Teil fast «exotischen») Themen, welche Vorgänge am Himmel beschreiben.

So bin ich vor 10 Jahren in seinem Büchlein «Elements of solar eclipses 1951-2200» (1989 WILLMANN-BELL, Inc. Richmond USA) auf eine ausführliche Anleitung zur Berechnung von Sonnenfinsternissen gestossen. Der Abschnitt «The practical utilization of the Besselian elements and numerical examples» umfasst 20 Seiten mit Formeln und Rechnungsbeispielen.

Für meine Berechnungen habe ich die Besselschen Elemente aus den NASA-Finsternisseiten verwendet. Dies ist eine Liste von 22 Zahlen, die als Grundlage für die Berechnungen aller Dinge dienen, die man über eine bestimmte Sonnenfinsternis erfahren kann (mit Ausnahme des Wetters am Beobachtungsort...).

Ich habe mich beschränkt auf: Zeit, Höhe der Sonne, Positionswinkel je für den 1. und 4. Kontakt und für das Finsternis-Maximum.

Das allein ergibt 250 Zeilen mit Daten und Formeln in einer Excel-Tabelle.

Die Zeiten für 1. und 4. Kontakt und Finsternismaximum müssen durch Iteration bestimmt werden, d. h. die Berechnungen werden mit dem jeweils gewonnenen Wert als Grundlage wiederholt, bis eine genügende Genauigkeit erreicht ist. Vor 30 Jahren rechnete man so etwas in der verbreiteten Programmiersprache BASIC in einer Schleife, bis die Abbruchbedingung erfüllt war («IF... THEN GOTO...»), worauf das Programm automatisch in die Fortsetzung führte. In Excel wiederhole ich die Berechnungen von 30 Zeilen in 5 Kolonnen und verwende jeweils den letzten Wert für die Fortsetzung.

Zur Kontrolle habe ich diese Resultate verglichen mit Daten aus den NASA-Finsternis-Seiten und mit Kärtchen aus dem Astro-Programm «Voyager». Die Zeitdifferenzen bei den Resultaten betragen nur 0.1 bis 0.6 Sekunden; die Figuren stimmen im Rahmen der Zeichnungsgenauigkeit sehr gut überein. (ela)

## Verlauf der partiellen Sonnenfinsternis für Zürich

Die einzelnen Finsterniselemente	Erster Kontakt	Mitte Finsternis	Vierter Kontakt
Zeit in MEZ	09:26:20.2	10:34:21.7	11:46:09.5
Positionswinkel ab Norden (Grad)	262.2	335.9	49.8
Positionswinkel ab Zenit (Grad)	295.9	0.4	60.4
Höhe der Sonne über der Horizontlinie (Grad)	27.3	35.7	41.2
Maximale Grösse der Finsternis (Sonnendurchmesser = 1)		0.751	
Verh. Durchmesser Mond : Sonne		1.0496	

Tabelle 1: Die Resultate für die Berechnungen «Zürich» mit Delta T = 67,6 Sekunden.