

DIE
RINGFÖRMIGE
SONNENFINSTERNIS
AM
22. SEPTEMBER 2006

Robert Nufer





Vorwort

Zur Vorbereitung und als Zeichen der Vorfreude auf die totale Sonnenfinsternis am 11. August 1999 schrieb ich damals die Urform dieses Artikels. Ich verteilte ihn Freunden und Bekannten und sorgte dafür, dass auch einige Schulklassen den Artikel zu sehen bekamen. Bei den sonntäglichen Sonnenbeobachtungen des Astronomischen Vereins Basel vor der Finsternis gaben wir den Artikel den interessierten Besuchern gegen einen kleinen Unkostenbeitrag ab.

Jetzt, einige Monate vor der nächsten ringförmigen Sonnenfinsternis am 22. Sept. 2006, habe ich den Artikel mit aktuellen Daten und Graphiken ergänzt. Mein Ziel ist es nach wie vor, astronomisch Interessierten eine Freude zu machen. Natürlich kann man heute viel professionellere Artikel vom Internet herunterladen, aber das, was Sie jetzt in der Hand halten, ist das ‚hausgemachte‘ Produkt eines ‚normalen‘ Hobbyastronomen. Sämtliche Daten und Graphiken in diesem Artikel sind von mir berechnet und programmiert worden.

Ich selbst konnte bereits mehrere totale oder ringförmige Sonnenfinsternisse bestaunen:

- „Meine erste Totale“ fand im November 1994 im Norden Chiles statt. Arthur und Aranka Von Känel weihten mich ein, nachdem sie bei der „Big One 1991“ in Baja California vom Finsternisfieber angesteckt worden waren. Man sagt: "Wer einmal hingeht, geht immer hin!"
- Im Februar 1998 ging ich wieder hin. Es war eine weitere Reise nach Südamerika, diesmal nach Venezuela, mit meinem Freund Patrick Gfeller.
- Am 11. August 1999 spielte das Wetter in Frankreich nicht mit. Meine Frau und unsere Tochter hatten in Rastatt mehr Glück: Ein Wolkenloch im rechten Moment. sie sahen die ganze Totalität.
- Am 21. Juni 2001 erlebte ich mit einer Gruppe um Walter Staub (SAG) eine faszinierende Finsternis in Sambia.
- Am 4. Dezember 2002 konnte ich eine weitere totale Sonnenfinsternis kurz vor Sonnenuntergang im australischen Outback geniessen. Mit Manfred und Verena Grünig verbrachte ich drei traumhafte Wochen auf dem fünften Kontinent.
- Am 5. Oktober 2005 erlebte ich mit meiner Familie zum ersten Mal gemeinsam eine ringförmige Finsternis. Es war auch meine erste Ringförmige.
- Am 29. März war die Totalität einer der Höhepunkte einer zweiwöchigen Reise in einer schweizerischen Reisegruppe, die mich auch in die atemberaubenden Landschaften in Libyens Südwesten führte.

Und natürlich werde ich auch in Zukunft wieder hingehen!

Als Hobbyastronom konnte ich mir in den letzten Jahren einige Kenntnisse in Astronomie, Mathematik und vor allem in Computerprogrammierung aneignen. Einen Grossteil meines Wissens verdanke ich meinen Freunden im Astronomischen Verein Basel.

Therwil, 6. März 2006

Robert Nufer
Im Römergarten 1
CH-4106 Therwil (Schweiz)

Email : [Robert Nufer](mailto:Robert.Nufer@bluewin.ch)
Web : <http://RobertNufer.ch>

Die ringförmige Sonnenfinsternis am 22. September 2006

Nach der totalen Sonnenfinsternis am 29. März 2006 findet ein halbes Jahr später wieder eine ringförmige Sonnenfinsternis statt. Es ist die 16. von insgesamt 70 Sonnenfinsternissen, welche zum Saroszyklus 144 gehören. Sonnenfinsternisse in den geraden Saroszyklen finden am absteigenden Knoten statt und verlaufen der Reihe nach von ganz südlich immer etwas weiter nördlich. Da die Finsternis am 22. September 2006 in der ersten Hälfte des Zyklus liegt, findet die Ringförmigkeit hauptsächlich südlich des Äquators statt. Sie dauert im Maximum gut sieben Minuten. Leider findet die Finsternis vor allem über dem südlichen Atlantik statt. Die einzige Möglichkeit, sie vom Festland aus zu beobachten, bietet sich kurz nach Sonnenaufgang im südamerikanischen Guyana, Surinam und dem zur EU gehörenden französischen Übersee-Departement Französisch Guyana. Die Hauptstadt Cayenne und der Raketengebäude Kourou, von wo aus die europäischen Ariane-Raketen gestartet werden, liegen genau in der Ringförmigkeitszone. Da sich die Sonne bei Finsternismitte nur eine Handbreit über dem Horizont befindet, sind die Beobachtungsbedingungen nicht ideal, aber gekoppelt mit einer Besichtigung des Raketengeländes und einem Besuch in die weitgehend unberührte Natur kann eine Reise dorthin zu einem unvergesslichen Erlebnis werden.

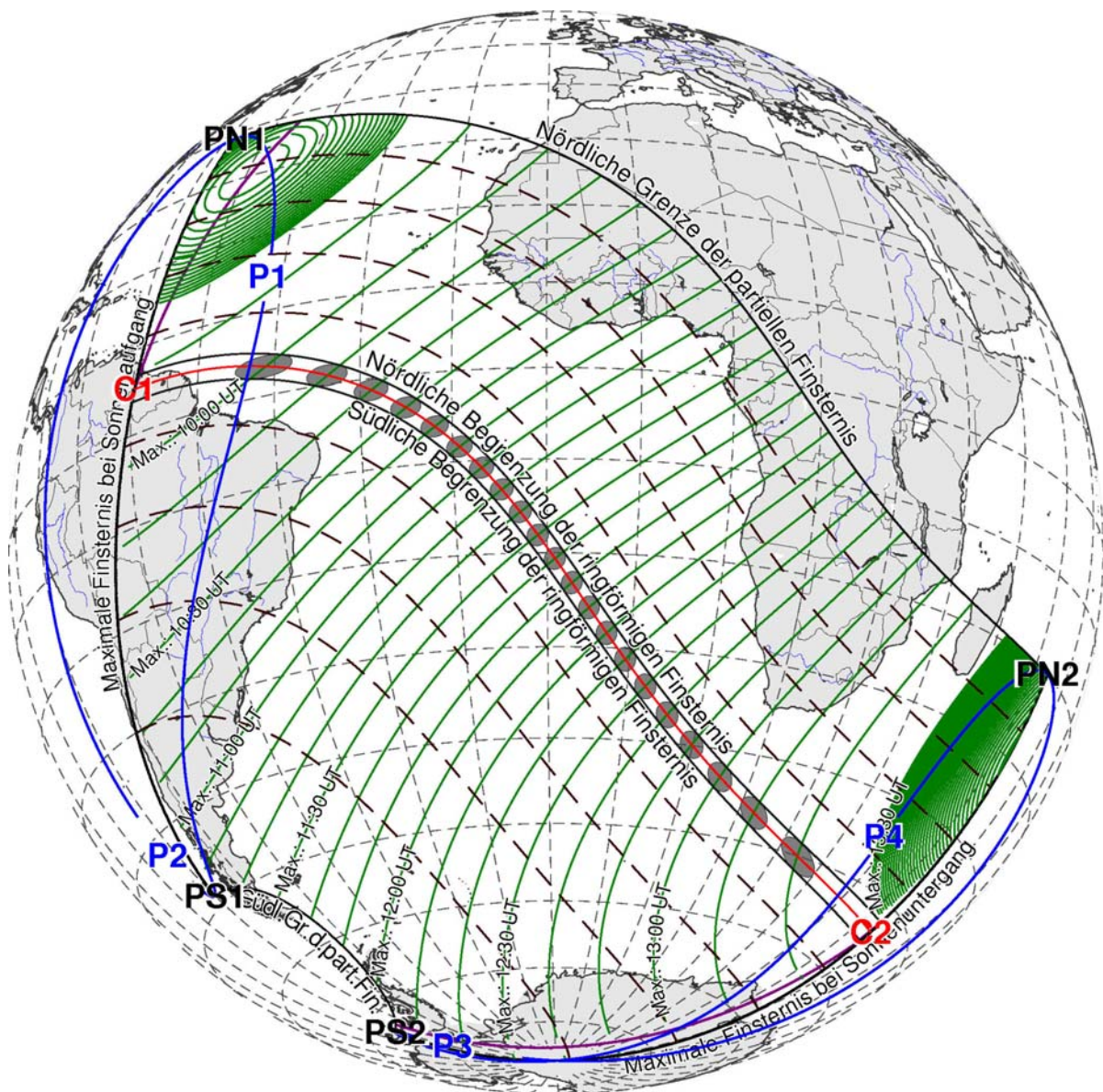


Abbildung 1: Orthographische Projektion der Sonnenfinsternis am 22. Sept. 2006. Die partielle Finsternis beginnt um 08:40 Universal Time (UT) bei Sonnenaufgang im Punkt **P1** und endet um 14:40 UT bei Sonnenuntergang im Punkt **P4**.

Die vorangehende Graphik in orthographischer Projektion stellt die Erde so dar, wie sie von unendlich weit betrachtet aussähe. Man sieht also genau die Hälfte der Erdoberfläche. Am besten erkennt man Gebiete in der Mitte der betrachteten Kugeloberfläche. Je weiter man gegen die Peripherie schaut, desto mehr werden die entsprechenden Regionen gestaucht, bis sie sich am Horizont den Blicken ganz entziehen.

Eine andere Art der Projektion, welche gerne für Sonnenfinsternisse benutzt wird, ist die stereographische Projektion. Man stelle sich die Erde durchsichtig und das Gradnetz der Erde als Drahtgitter vor. Auf die Stelle der Erde, welche man in der Gesichtsfeldmitte haben will, werde ein riesiges flaches Blatt Papier gelegt, welches die Erde nur an genau diesem einen Punkt berührt. An der gegenüberliegenden Seite der Erde werde eine Lampe angezündet, welche nun das Gradnetz als Schatten auf dem Papier abbildet. Der Vorteil dieser Projektion liegt darin, dass ausser dem Punkt der Lampe selbst die ganze Erde dargestellt werden kann. Es gibt also kein „hinten und vorne“. Im weiteren ist sie winkeltreu. Schaut man kleine Regionen an verschiedenen Orten der Projektion an, so erscheinen diese recht natürlich.

Die Frage, ob die totale Finsternis am 22. Sept. 2006 in Panama zu sehen ist oder nicht, kann in der stereographischen Projektion viel besser entschieden werden. In Abbildung 2 sieht man, dass nicht der Fall ist.

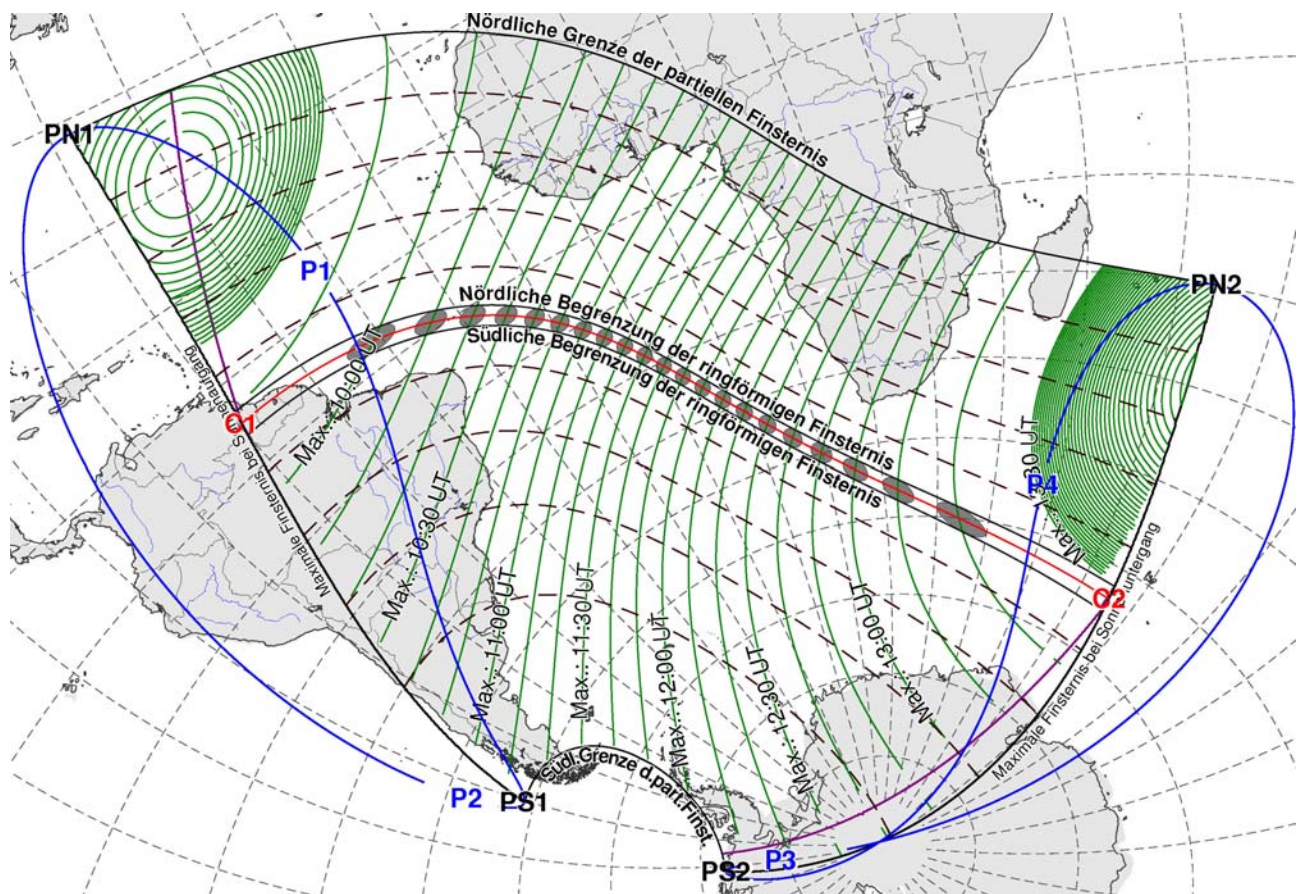


Abbildung 2: Stereographische Projektion der Sonnenfinsternis am 22. Sept. 2006. In dieser Darstellung werden die peripheren Gebiete einer Kugel nach aussen geklappt. Damit sind die Anfangs- und Endregionen der Finsternis besser sichtbar.

(A5L_06.EPS)

Die Elemente der Finsternis

Der Beobachter einer Sonnenfinsternis sieht am Himmel eine Scheibe, die Sonne, welche von einer zweiten Scheibe, dem für ihn unsichtbaren Mond, in einer praktisch geradlinigen Bewegung verdeckt und dann wieder freigegeben wird. Erscheint der Mond von der Erde aus betrachtet grösser als die Sonne, so tritt, wenn man am richtigen Ort steht, eine totale Sonnenfinsternis ein.

Date and UT of geoc.:	2006- 9-22		
conjunction in RA	:	12: 7:10.62	
Julian date	:	2454001.0049839642	
Date and UT of	2006- 9-22		
greatest eclipse	:	11:40:11.20	
Julian date	:	2454000.9862407765	
		h m s	h m s
RA of sun	:	11:57:32.853	Hourly motion : 00:00:08.978
and moon	:	11:56:50.212	Hourly motion : 00:01:43.769
		o ' "	o ' "
Declination of sun	:	00:15:56.90	Hourly motion : -0:00:58.39
Declination of moon	:	-0:03:07.81	Hourly motion : -0:14:12.88
Equat. HP of sun	:	8.76	True semidiameter: 00:15:56.1
Equat. HP of moon	:	00:53:56.69	True semidiameter: 00:14:42.0
tan(f1)	:	0.00465933	
tan(f2)	:	0.00463610	
μ'	:	0.26188202	
d'	:	-0.00027263	

Tabelle 1: Die Elemente der Finsternis. Die Tabelle zeigt die scheinbaren Örtter, Bewegungsrichtungen und Grössen von Sonne und Mond. Die Beiden befinden sich zu diesem Zeitpunkt, bei Herbstanfang, im Sternbild der Jungfrau.

Die Eckpunkte der Finsternis

Um einen Überblick über den Verlauf einer Sonnenfinsternis zu bekommen, werden vor deren ganzen Berechnung einige Eckpunkte ermittelt, welche geometrisch und dynamisch herausragenden Situationen entsprechen.

Sonnenfinsternisse beginnen dann, wenn der Mantel des Mondhalbschattens die Erdoberfläche in einem Punkt tangential berührt. Zu diesem Zeitpunkt ist die Sonne an der entsprechenden Stelle der Erdoberfläche am Horizont, es ist also Sonnenaufgang. Dieser Punkt wird mit P1 oder 1. Penumbrakontakt bezeichnet. Ab diesem Zeitpunkt wandert der Halbschatten über die Erde. Entsprechend endet eine Sonnenfinsternis in einem Punkt P4 bei Sonnenuntergang.

Die Finsternis am 22. Sept. 2006 verläuft nicht derart südlich, dass es nur eine nördliche Begrenzung der partiellen Finsternis gibt. Zwischen den beiden Zeitpunkten P2 und P3 verläuft der gesamte Halbschatten des Mondes auf der Erdoberfläche. Analog dazu, und natürlich interessanter, ist aber der Beginn der Ringförmigkeit. Durch den viel kleineren Durchmesser des Kernschattens läuft bei ringförmigen Sonnenfinsternissen fast immer der ganze Kernschatten über die Erde. So liegen also die entsprechenden Punkte U1 und U2, Beginn und Ende der Ringförmigkeit bei Sonnenaufgang, sowie U3 und U4, Beginn und Ende der Ringförmigkeit bei Sonnenuntergang, zeitlich und örtlich sehr nahe beieinander. Es gibt nur sehr wenige Finsternisse, bei denen der Kernschatten die Erdoberfläche in hohen geographischen Breiten nur streift, so dass U2 und U3 nicht existieren.

Der 'beste' Punkt zum Beobachten der Finsternis ist natürlich G0, welcher Ort und Zeitpunkt der maximalen Finsternis beschreibt.

Pkt	Zeit (TDT) hh:mm:ss.s	Zeit (UT) hh:mm:ss.s	geogr. Breite grad:mm.m	ephem. Länge grad:mm.m	geogr. Länge grad:mm.m
TP1	08:41:02.0	08:39:57.0	14:17.2	42:08.0	41:51.7
TP2	11:24:51.2	11:23:46.2	- 42:13.6	82:46.6	82:30.3
TP3	11:57:02.2	11:55:57.2	- 78:57.1	89:43.5	89:27.2
TP4	14:41:19.7	14:40:14.7	- 44:24.0	- 47:37.7	- 47:54.0
TPN1	09:44:09.8	09:43:04.8	38:47.2	58:04.8	57:48.5
TPS1	11:16:06.4	11:15:01.4	- 48:49.5	80:31.4	80:15.1
TPN2	13:38:33.1	13:37:28.1	- 19:55.3	- 63:27.4	- 63:43.7
TPS2	12:05:36.3	12:04:31.3	- 72:46.1	92:22.4	92:06.1
TU1	09:49:36.8	09:48:31.8	05:50.5	59:14.1	58:57.8
TU2	09:55:38.1	09:54:33.1	04:39.2	60:44.1	60:27.8
TU3	13:26:37.3	13:25:32.3	- 54:00.4	- 66:11.8	- 66:28.1
TU4	13:32:39.2	13:31:34.2	- 52:49.4	- 64:42.3	- 64:58.6
TUN1	09:53:52.8	09:52:47.8	03:47.6	60:17.5	60:01.2
TUS1	09:51:27.0	09:50:22.0	06:42.9	59:41.9	59:25.6
TUN2	13:28:22.0	13:27:17.0	- 54:51.7	- 65:45.0	- 66:01.3
TUS2	13:30:49.9	13:29:44.9	- 51:57.3	- 65:10.2	- 65:26.4
TC1	09:52:37.0	09:51:32.0	05:15.8	59:59.0	59:42.7
TC2	13:29:38.7	13:28:33.7	- 53:24.0	- 65:26.9	- 65:43.2
TG0	11:41:16.2	11:40:11.2	- 20:38.8	09:20.9	09:04.6

Tabelle 2: Die Eckpunkte der totalen Sonnenfinsternis am 22. Sept. 2006. in der ersten Kolonne bedeuten P=Penumbra (Halbschatten), U=Umbra (Kernschatten), C=Central (Schattenachse), N=nördlich, S=südlich und G=Greatest (Maximal)

Der Weg der Finsternis

Die ringförmige Finsternis beginnt bei Sonnenaufgang im Nordosten Südamerikas, in Guyana, Surinam und Französisch Guyana. Der Mondschatten rast zuerst ostwärts, dann in immer steilerem Winkel südwärts über den Südatlantik, zwischen Afrika und der Antarktis hindurch, wo er bei Sonnenuntergang in der Nähe der Inselgruppe der Kerguelen im südindischen Ozean die Erdoberfläche wieder verlässt. Im südlichsten Afrika erreicht die partielle Phase immerhin eine Grösse von 70%.

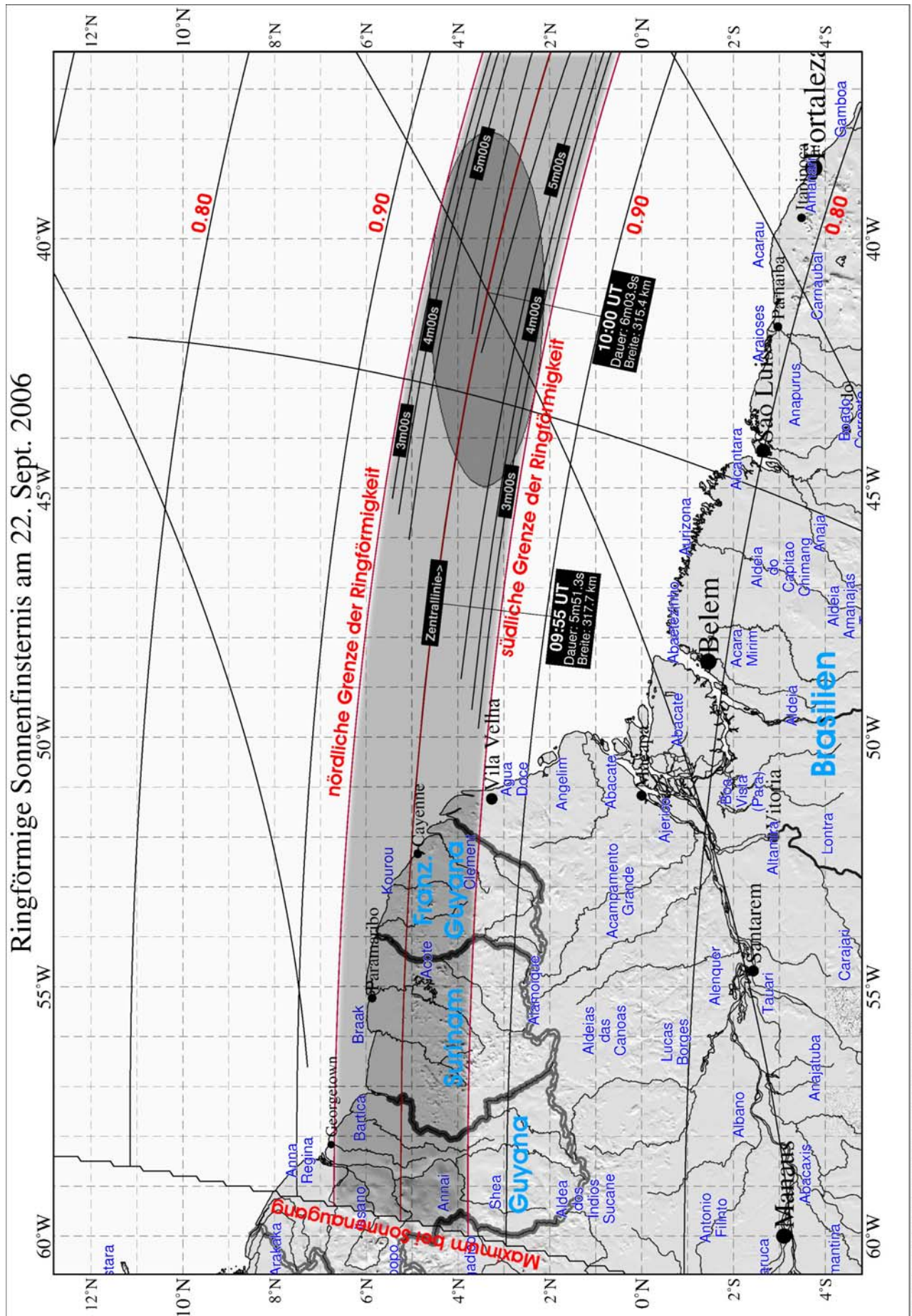


Abbildung 3: Übersicht über den Verlauf der Totalitätszone in Südamerika.

2006-03-06 12:10 PROGRAM A5L_05a.pas (CIA_Map5.PAS) (C)2005 NUFER Robert

Sichtbarkeit der Finsternis in einigen Städten, in denen die Magnitude grösser als 0.66 ist

Die folgende Liste enthält die Kontaktzeiten der Finsternis, sowie Magnitude und Totalitätsdauer. Berücksichtigt wurden die Länder, in welchen mindestens eine grössere Stadt eine Magnitude von 0.66 sehen wird. Die Liste der Städte und Länder ist relativ alt und stimmt nicht mehr ganz mit der heutigen politischen Situation überein. Die erste Kolonne enthält die Städtenamen innerhalb der alphabetisch sortierten Länder. Daneben stehen fünf Kolonnenblöcke, je ein Block für den 1. Kontakt (Beginn partielle Phase), den 2. Kontakt (Beginn Ringförmigkeit), Maximum der partiellen oder ringförmigen Phase, dem 3. Kontakt (Ende Ringförmigkeit) und dem 4. Kontakt (Ende partielle Phase). Innerhalb der Blöcke bedeuten:

- UT_x Universal time (=MEZ - 1 Stunde oder MESZ - 2 Stunden)
 P° Positionswinkel des Mondzentrums in Grad (vom nördlichen Sonnenrand Richtung Osten)
 V° Positionswinkel des Mondzentrums in Grad (vom höchsten Punkt des Sonnenrandes Richtung Osten)
 A° Sonnenstand. Höhe der Sonne über dem mathematischen Horizont in Grad.

Im mittleren Kolonnen-Block bedeuten

- magn Magnitude der partiellen Finsternis. Die Magnitude ist definiert als der lineare Anteil des vom Mond bedeckten Sonnendurchmessers.
 mm:ss Dauer der Totalität in Minuten und Sekunden. Bei Städten in der Totalitätszone ist der ganze Block in Fettschrift gedruckt.

	UT_1	P°	V°	A°	UT_2	P°	V°	A°	UT_{max}	P°	V°	A°	magn. mm:ss	UT_3	P°	V°	A°	UT_4	P°	V°	A°	
Brasilien																						
Fortaleza	08:55:28	312.8	46.6	7.0					10:12:46	37.1	131.4	26.3	0.813					11:43:34	122.0	218.1	49.0	
Recife	09:04:21	318.4	56.7	12.8					10:24:59	39.4	139.2	32.8	0.754					11:59:22	120.9	225.8	55.9	
Belem									10:01:36	32.9	124.5	13.7	0.809					11:23:16	117.0	209.0	34.1	
Manaus									09:59:47	29.5	122.6	1.7	0.746					11:12:24	109.1	202.5	19.9	
Sao Luis	08:53:01	311.5	44.1	0.8					10:06:01	34.6	127.5	19.0	0.800					11:31:25	118.5	212.2	40.4	
Maceio	09:07:14	320.7	60.7	12.6					10:27:00	39.2	140.8	32.3	0.714					12:00:15	118.2	225.5	54.9	
Teresina	08:57:06	315.2	50.4	3.3					10:11:07	35.5	131.2	21.7	0.752					11:37:47	116.5	213.8	43.2	
Jaboatao	09:04:22	318.5	56.8	12.7					10:24:53	39.3	139.1	32.6	0.752					11:59:09	120.8	225.6	55.7	
Joao Pessoa	09:02:29	317.1	54.4	12.4					10:23:06	39.3	137.9	32.4	0.774					11:57:34	122.0	225.0	55.6	
Aracaju	09:09:29	322.7	63.9	11.8					10:27:47	38.8	141.7	30.9	0.675					11:59:11	115.2	223.9	53.0	
Olinda	09:04:15	318.3	56.6	12.8					10:24:55	39.4	139.1	32.8	0.756					11:59:21	121.0	225.8	55.9	
Campina Grande	09:02:26	317.5	54.9	11.4					10:22:12	38.8	137.5	31.2	0.761					11:55:42	120.8	223.6	54.2	
Vitoria									10:01:45	31.9	124.8	10.2	0.764					11:20:22	113.0	206.5	29.8	
Vila Velha									09:54:48	31.6	118.3	9.3	0.919					11:13:46	122.0	208.4	29.0	

	UT ₁	P°	V°	A°	UT ₂	P°	V°	A°	UTmax	P°	V°	A°	magn. mm:ss	UT ₃	P°	V°	A°	UT ₄	P°	V°	A°
Santarem									10:00:12	31.0	123.5	7.2	0.768					11:16:45	112.2	205.1	26.3
Caruaru	09:04:22	318.9	57.4	11.8					10:24:02	38.9	138.8	31.5	0.740					11:57:20	119.5	224.2	54.3
Macapa									09:58:31	31.9	121.9	10.3	0.836					11:17:56	117.4	207.6	30.1
Paulista	09:04:08	318.2	56.4	12.8					10:24:48	39.4	139.0	32.8	0.757					11:59:16	121.1	225.8	55.9
Juazeiro do Norte	09:01:18	317.9	55.1	7.7					10:18:00	37.2	135.4	26.7	0.732					11:47:55	117.3	218.5	48.9
Mossoro	08:58:11	314.7	50.0	9.0					10:16:40	37.9	133.9	28.6	0.793					11:48:48	121.7	220.3	51.4
Juazeiro	09:05:27	321.2	60.7	7.5					10:20:51	37.0	137.7	26.1	0.676					11:48:59	113.4	217.8	47.6
Arapiraca	09:07:11	321.1	61.1	11.7					10:26:03	38.8	140.4	31.1	0.702					11:58:16	117.0	223.9	53.5
Maraba									10:06:42	33.1	128.7	14.2	0.714					11:27:18	111.3	208.0	34.3
Cabo	09:04:44	318.7	57.3	12.8					10:25:15	39.4	139.4	32.7	0.749					11:59:30	120.5	225.7	55.7
Codo	08:55:52	314.2	48.7	1.9					10:09:06	35.0	129.8	20.1	0.760					11:34:48	116.5	212.7	41.5
Santa Luzia	09:01:15	317.0	54.0	10.1					10:20:06	38.3	136.3	29.7	0.761					11:52:34	120.2	221.7	52.5
Parnaiba	08:53:41	311.9	44.9	3.4					10:08:30	35.6	129.0	22.1	0.808					11:36:13	120.1	214.5	44.0
Camaragibe	09:06:42	320.3	59.9	12.8					10:26:44	39.3	140.5	32.5	0.723					12:00:18	118.8	225.7	55.2
Itapipoca	08:54:50	312.5	46.1	5.9					10:11:20	36.6	130.6	25.0	0.811					11:41:09	121.4	216.9	47.4
Caucaia	08:55:24	312.8	46.6	6.9					10:12:34	37.0	131.3	26.1	0.812					11:43:13	121.9	217.9	48.7
Varzea Grande	08:59:37	317.2	53.8	4.6					10:14:03	36.0	133.2	23.0	0.726					11:41:13	115.4	214.9	44.6
Vitoria d.S.Antao	09:04:26	318.6	57.1	12.5					10:24:45	39.2	139.1	32.3	0.748					11:58:46	120.4	225.3	55.3
French Guiana																					
Cayenne					09:50:00	307	32	7.0	09:52:50	31.1	116.2	7.7	5:41	09:55:40	115	201	8.4	11:10:35	123.8	208.5	27.0
Guyana																					
Georgetown									09:50:20	209.4	292.6	1.2	0.920					11:03:36	124.3	207.2	19.4
Südafrika																					
Cape Town	11:21:10	299.9	135.1	54.4					12:56:56	223.4	83.3	42.9	0.704					14:24:23	146.2	17.2	27.2
Kayamandi	11:22:02	299.5	135.4	54.2					12:57:31	223.3	83.6	42.6	0.698					14:24:38	146.4	17.6	26.9
Nyanga	11:21:29	299.9	135.2	54.3					12:57:10	223.3	83.3	42.8	0.704					14:24:31	146.2	17.2	27.1
St. Helena																					
Jamestown	09:51:29	310.5	66.7	50.9					11:34:18	232.0	20.2	70.9	0.818					13:21:37	151.1	15.5	67.1
Suriname																					
Paramaribo					09:48:52	272	356	3.8	09:51:20	210.2	294.4	4.4	4:56	09:53:48	149	233	5.0	11:06:48	124.0	207.7	23.2

Tabelle 3: Sichtbarkeit der Sonnenfinsternis am 22. Sept. 2006. Aufgeführt sind nur Städte, in welchen die Magnitude mehr als 0.66 beträgt.

Das Entstehen von Sonnenfinsternissen

Eine Sonnenfinsternis tritt dann bei Neumond ein, wenn sich der Mond auf seiner Bahn um die Erde genau zwischen die Sonne und die Erde schiebt und sein Schatten über die Erde läuft. Läge die Mondbahn genau in der Erdbahnebene, fände jeden Monat bei Neumond eine Sonnenfinsternis statt. Die Mondbahn ist aber gegenüber der Erdbahnebene um gut fünf Grad geneigt, deshalb verfehlt der Mondschaten meistens die Erde. Befindet sich der Mond aber bei Neumond in der Nähe der Schnittpunkte der Mond- und Erdbahnebene, so überstreicht der Mondschaten die Erde und ein Betrachter in diesem Schattenbereich erlebt eine Sonnenfinsternis. Die Schnittpunkte der Mondbahn mit der Erdbahnebene nennt man den auf- oder absteigenden Knoten, je nachdem der Mond die Erdbahnebene von unten (Süden) oder von oben durchstösst.

Eigentlich ist die Bezeichnung Sonnenfinsternis nicht ganz richtig, denn die Sonne wird im Gegensatz zum Mond bei Mondfinsternissen nicht verfinstert. Es handelt sich vielmehr um eine Sonnenbedeckung durch den Mond, wie wir sie am Nachthimmel unter dem Begriff Sternbedeckung kennen.

Zufälligerweise erscheint der Mond und die Sonne von der Erde aus gesehen fast gleich gross. Beide Scheiben haben am Himmel einen Durchmesser von etwa einem halben Grad. Durch die etwas elliptischen Bahnen vor allem des Mondes scheint dieser aber einmal etwas grösser und einmal etwas kleiner als die Sonne zu sein. Sehen wir den Mond während einer Sonnenfinsternis grösser als die Sonne, so entsteht eine totale Sonnenfinsternis, weil der Kernschatten des Mondes für einige Sekunden oder Minuten die Sonne ganz verdeckt. Im anderen Fall bleibt immer ein Ring aus Sonnenlicht um den Mond sichtbar und man spricht von einer ringförmigen Sonnenfinsternis. Selten treten auch Mischformen auf, nämlich die ringförmig-totalen Sonnenfinsternisse.

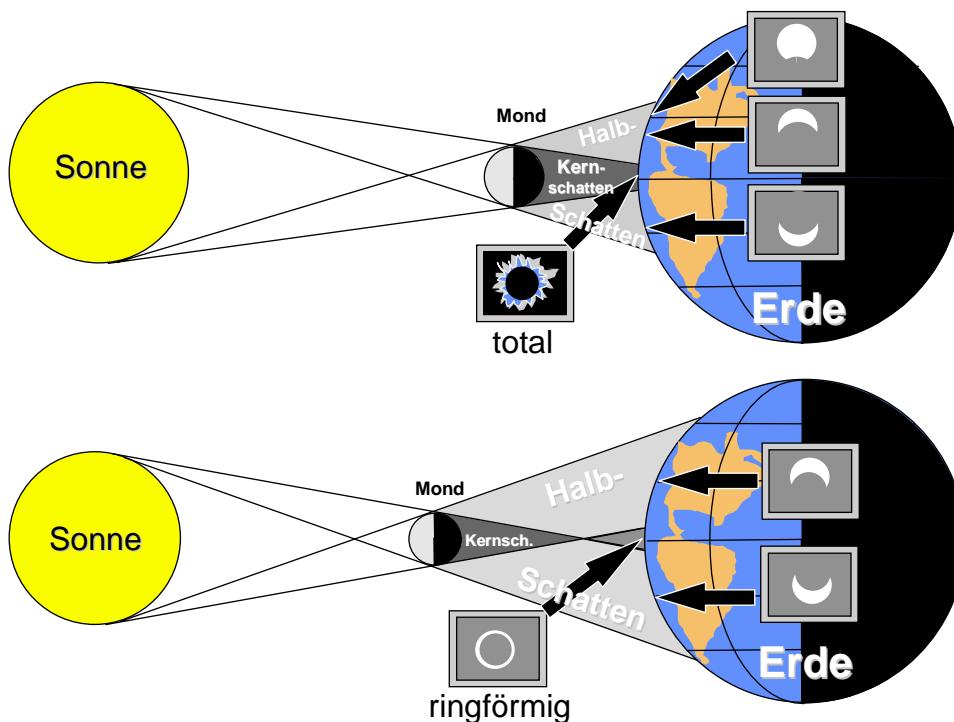


Abbildung 4: Bei der totalen Sonnenfinsternis (oben) erreicht der Kernschatten des Mondes die Erde. Bei der ringförmigen Finsternis (unten) ist der Kernschattenkegel des Mondes zu kurz, deshalb sieht man vom Boden aus einen Ring aus Sonnenlicht um den Mond herum.

Der Saroszyklus

Schon die Babylonier wussten, dass sich Sonnenfinsternisse in Abständen von 223 Neumonden wiederholen. In dieser Zeit passiert der Mond den auf- oder absteigenden Knoten praktisch exakt 242 mal. Findet also an einem bestimmten Datum eine Sonnenfinsternis statt, so findet nach 6585.3 Tagen eine fast gleiche Finsternis statt. Nach unserem heutigen Kalender entspricht dies 18 Jahren und etwa Tagen. Die modernen Zahlen ¹⁾ der für das Entstehen von Finsternissen relevanten Mondmonate sind

1 synodischer Monat (Neumond-Neumond) = 29.53059 Tg 223 synod. Monate = 6585.32157 Tg
 1 drakonitischer Monat (Knoten-Knoten) = 27.21222 Tg 242 drakon. Monate = 6585.35724 Tg

Die ungefähr 0.3 Tage hinter dem Dezimalpunkt sorgen allerdings dafür, dass die Finsternis etwa 120 Grad weiter westlich stattfindet, weil sich die Erde in diesen acht Stunden entsprechend weit nach Osten dreht. Da beide Zahlen (6585.xxx) nicht hundertprozentig übereinstimmen, reißt ein Saroszyklus nach gut tausend Jahren wieder ab. Die erste Finsternis eines Zyklus findet beim grösstmöglichen Abstand des Mondes vom Knoten statt, bei dem ein Teil des Mondschattens die Erde gerade noch streift, immer in hohen geographischen Breiten. Mit jeder weiteren Finsternis innerhalb der Serie nähert sich der Zeitpunkt des Knotendurchgangs dem Zeitpunkt des Neumondes und damit der Schattenverlauf der Äquatorregion, um am Ende der zweiten Zyklushälfte die Erde in der Nähe des gegenüberliegenden Pols zu verlassen.

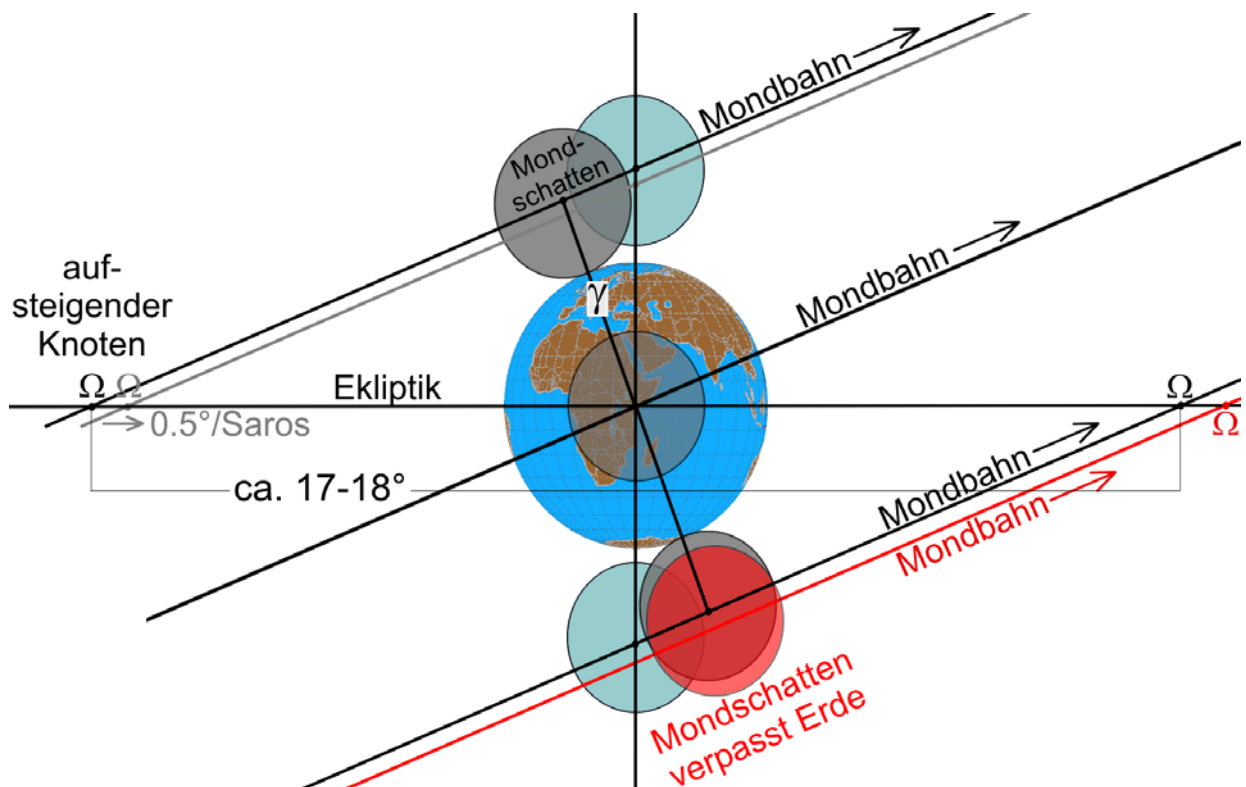


Abbildung 5: Der Saroszyklus (schematisch). Die erste Finsternis ist partiell und der Halbschatten des Mondes streift die Erde nur knapp. Maximum der Finsternis ist dann, wenn die Distanz γ minimal ist. γ ist der Abstand der Schattenachse bei maximaler Finsternis ausgedrückt in Erdradien. Neumond ist dann, wenn der Mond die gleiche geozentrische ekliptikale Länge wie die Sonne hat.

In der folgenden Tabelle erkennt man, dass die Zeitpunkte der maximalen Finsternis (1. Zeitangabe) zu Beginn des Zyklus etwa eine Viertelstunde vor, in dessen Mitte gleichzeitig, und am Ende des Zyklus eine Viertelstunde nach Neumond liegen. Bei Finsternissen mit ungerader Sarosnummer ist es genau umgekehrt, denn diese finden am aufsteigenden Knoten des Mondes statt.

Nr	Datum/Zeit	Neu- mond	Finsternis- typ	Nr	Datum/Zeit	Neu- mond	Finsternis- typ
1	11. Apr. 1736 7:18	7:33	part. 0.08	36	29. Apr. 2367 21:34	21:29	ringf.
2	22. Apr. 1754 14:27	14:42	part. 0.17	37	10. Mai. 2385 4:40	4:35	ringf.
3	2. Mai. 1772 21:27	21:41	part. 0.27	38	21. Mai. 2403 11:40	11:34	ringf.
4	14. Mai. 1790 4:18	4:32	part. 0.39	39	31. Mai. 2421 18:36	18:29	ringf.
5	25. Mai. 1808 11:02	11:15	part. 0.51	40	12. Jun. 2439 1:28	1:21	ringf.
6	5. Jun. 1826 17:40	17:52	part. 0.64	41	22. Jun. 2457 8:17	8:10	ringf.
7	16. Jun. 1844 0:13	0:24	part. 0.78	42	3. Jul. 2475 15:07	14:59	ringf.
8	27. Jun. 1862 6:42	6:53	part. 0.93	43	13. Jul. 2493 21:57	21:48	ringf.
9	7. Jul. 1880 13:10	13:20	ringf.	44	26. Jul. 2511 4:49	4:40	ringf.
10	18. Jul. 1898 19:37	19:46	ringf.	45	5. Aug. 2529 11:45	11:35	ringf.
11	30. Jul. 1916 2:06	2:14	ringf.	46	16. Aug. 2547 18:45	18:35	ringf.
12	10. Aug. 1934 8:37	8:45	ringf.	47	27. Aug. 2565 1:52	1:41	ringf.
13	20. Aug. 1952 15:13	15:20	ringf.	48	7. Sep. 2583 9:06	8:55	part. 0.95
14	31. Aug. 1970 21:55	22:01	ringf.	49	18. Sep. 2601 16:28	16:16	part. 0.84
15	11. Sep. 1988 4:44	4:49	ringf.	50	29. Sep. 2619 23:59	23:47	part. 0.75
16	22. Sep. 2006 11:41	11:45	ringf.	51	10. Okt. 2637 7:39	7:26	part. 0.67
17	2. Okt. 2024 18:46	18:50	ringf.	52	21. Okt. 2655 15:29	15:15	part. 0.60
18	14. Okt. 2042 2:01	2:04	ringf.	53	31. Okt. 2673 23:27	23:13	part. 0.55
19	24. Okt. 2060 9:24	9:27	ringf.	54	12. Nov. 2691 7:35	7:21	part. 0.50
20	4. Nov. 2078 16:57	16:59	ringf.	55	23. Nov. 2709 15:52	15:37	part. 0.47
21	15. Nov. 2096 0:37	0:39	ringf.	56	5. Dez. 2727 0:16	0:00	part. 0.45
22	27. Nov. 2114 8:26	8:26	ringf.	57	15. Dez. 2745 8:46	8:31	part. 0.44
23	7. Dez. 2132 16:20	16:20	ringf.	58	26. Dez. 2763 17:22	17:06	part. 0.43
24	19. Dez. 2150 0:19	0:19	ringf.	59	6. Jan. 2782 2:02	1:46	part. 0.43
25	29. Dez. 2168 8:22	8:21	ringf.	60	17. Jan. 2800 10:44	10:28	part. 0.43
26	9. Jan. 2187 16:26	16:25	ringf.	61	27. Jan. 2818 19:27	19:10	part. 0.42
27	21. Jan. 2205 0:30	0:29	ringf.	62	8. Feb. 2836 4:09	3:52	part. 0.42
28	1. Feb. 2223 8:33	8:32	ringf.	63	18. Feb. 2854 12:48	12:31	part. 0.41
29	11. Feb. 2241 16:32	16:31	ringf.	64	29. Feb. 2872 21:24	21:06	part. 0.40
30	23. Feb. 2259 0:27	0:25	ringf.	65	12. Mär. 2890 5:55	5:36	part. 0.37
31	5. Mär. 2277 8:16	8:14	ringf.	66	23. Mär. 2908 14:19	14:01	part. 0.34
32	16. Mär. 2295 15:59	15:56	ringf.	67	3. Apr. 2926 22:37	22:18	part. 0.29
33	27. Mär. 2313 23:34	23:30	ringf.	68	14. Apr. 2944 6:48	6:29	part. 0.23
34	8. Apr. 2331 7:01	6:57	ringf.	69	25. Apr. 2962 14:52	14:32	part. 0.16
35	18. Apr. 2349 14:21	14:17	ringf.	70	5. Mai. 2980 22:49	22:29	part. 0.08

Tabelle 4: Die Finsternisse des Saroszyklus 144. In den Spalten stehen die Nummer innerhalb des Zyklus, Datum und Zeit (UT) bei Maximum der Finsternis, die Zeit (UT) des Neumondes und der Typ der Finsternis. Bei partiellen Finsternissen wird noch die ungefähre Magnitude angegeben. Die Tabelle wurde mit einfachen Formeln aus ³⁾ und ⁴⁾ berechnet. Die Fehler bei den Zeitangaben betragen nur einige wenige Minuten.

Ein seltenes Naturereignis ?

Sonnenfinsternisse treten jährlich mehrmals auf. Es gibt pro Jahr mindestens zwei und maximal deren fünf! Einige davon sind aber nicht total. Und der Kernschatten des Mondes, auch wenn er weit über zweihundert Kilometer breit werden kann und mehrere Tausend Kilometer der Erde trifft, überstreicht jeweils nur einen sehr kleinen Teil der Erdoberfläche. Die letzte totale Sonnenfinsternis in Basel fand am 22. Mai 1724 statt. Die nächste wird in Basel erst wieder am 3. September 2081 stattfinden. An einem bestimmten Ort auf eine totale Sonnenfinsternis warten kann also sehr, sehr lange dauern. Im Durchschnitt muss man etwa 400 Jahre an einer bestimmten Stelle auf eine totale Sonnenfinsternis warten. Interessant ist die Tatsache, dass die Finsternis vom 12. Mai 1706 und ihre direkte Nachfolgerin im Saroszyklus 133, diejenige vom 22. Mai 1724, beide praktisch das ganze Gebiet der heutigen Schweiz überstrichen. Der Schnittpunkt der beider Zentrallinien lag in der Nähe des Vierwaldstättersees.

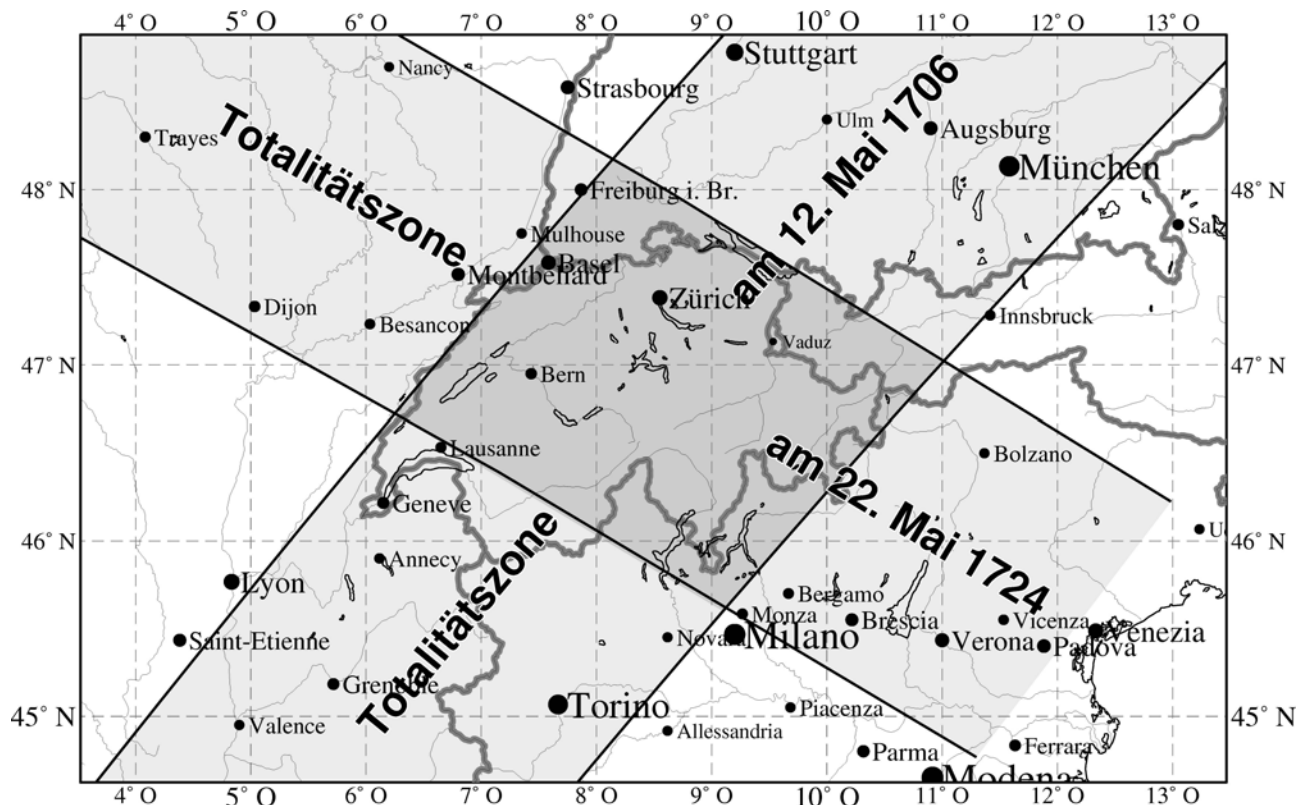


Abbildung 6: Die Totalitätszonen der beiden Finsternisse von 1706 und 1724.

Allgemein bezeichnet man diejenige von 1724 als die letzte in der Schweiz sichtbare, auch wenn es an diesem Tag regnete. Die Graphik zeigt jedoch, dass die Totalitätszone unmittelbar südöstlich der heutigen Schweiz bei Sonnenuntergang endete. Selbst bei schönem Wetter hätten also nur sehr wenige Menschen bei guten Horizontbedingungen die Totalität in dieser Region direkt beobachten können, betrug doch der Sonnenstand weniger als drei Grad über dem mathematischen Horizont. (A5L_01.EPS)

Die Finsternisse in der Antike

Die Tatsache, dass wir mehrere tausend Jahre alte Aufzeichnungen oder Hinweise von Sonnen- und Mondfinsternissen aus verschiedenen antiken Kulturen haben, lässt uns erahnen, wie tief der Eindruck auf die Menschen ist, welcher das Erleben einer solchen Finsternis hinterlässt. Wer selbst einmal eine totale Sonnenfinsternis bewundern konnte, wird begreifen, dass sich auch unter noch so bruchstückhaften Überlieferungen unserer Ahnen Aufzeichnungen von Sonnen- und Mondfinsternissen befinden. Wenngleich die Menschen alter Kulturen die Gesetze der Himmelsmechanik verglichen mit dem heutigen Wissensstand nur partiell kannten, so waren ihnen die Rhythmen von Sonne, Mond und den hellen Planeten bekannt. Alles, was es dazu brauchte, war eine aufmerksame Beobachtung des Laufes von Sonne und Mond, sowie eine sorgfältige Tabellierung der bemerkenswerten Ereignisse in Form einer Tagesliste. Möglicherweise war der wichtigste Rhythmus, der Saroszyklus, bereits mehr als 2000 Jahre, vielleicht sogar fast 3000 Jahre vor Christi Geburt bekannt²⁾, also lange bevor die Ursache der Finsternisse verstanden wurde.

Die alte Bezeichnung 'Drachenpunkt' für den Schnittpunkt der Mond- mit der Erdbahn widerspiegelt heute noch die einstige Ansicht, dass ein Drache das Sonnenfeuer während der Finsternis frass und dann wieder ausspuckte. Finsternisse finden tatsächlich nur dann statt, wenn sich der Mond in der Nähe eines der beiden Drachenpunkte (die heutige Bezeichnung ist Knoten) befindet.

Viele alte Geschichten und Legenden ranken sich um Finsternisse. Da sollen die beiden chinesischen Astronomen Hi und Ho geköpft worden sein, weil sie eine tatsächlich eingetretene Sonnenfinsternis nicht vorausgesagt hatten. Kriege sollen durch die plötzliche Dunkelheit auf dem Schlachtfeld beeinflusst worden sein. So zum Beispiel die Schlacht zwischen Lydiern und Medern am 28. Mai 585 v. Chr., zum Zeitpunkt einer von Thales von Milet vorausberechneten Sonnenfinsternis. Und schliesslich soll Kolumbus am 29. Februar 1504 einem indianischen Häuptling auf dem

heutigen Jamaika mit einer Mondfinsternis gedroht und ihn so um Nahrung für seine Mannschaft erpresst haben ^{7,8)}.

Hinweise auf Sonnenfinsternisse gibt es seit fast 5000 Jahren, dennoch gilt als die älteste sicher datierte Aufzeichnung einer totalen Sonnenfinsternis diejenige vom 15. Juni 763 v.Chr. Solche alten Aufzeichnungen können heute unter anderem dazu verwendet werden, das langsame Abbremsen der Erdrotation zu bestimmen. Viele weitere Hinweise zu antiken Finsternissen liefert ⁹⁾.

Finsternisse und Erdrotation

Berechnet man Finsternisse vor Hunderten von Jahren, was himmelsmechanisch kein Problem ist, und nimmt eine konstante Tageslänge von 86'400 Sekunden an, so stellt man fest, dass die Finsternisse an ganz anderen Orten hätten stattfinden müssen, als man alten Aufzeichnungen entnimmt. Der Grund dafür ist eine permanente Verlangsamung der Erdrotation durch innere Reibung und Gezeiten. Der Effekt dieser Zunahme der Tageslänge ist mit 45 Nanosekunden pro Tag äussert gering. In hundert Jahren nimmt die Tageslänge um nur 160 Millisekunden zu, aber die Orientierung der Erde entlang ihrer Rotationsachse ist die stetige Aufsummierung dieser Differenz. Diese macht in 2500 Jahren etwa sechs Stunden oder 90 Grad aus. (Einen interessanten Artikel dazu findet man in ⁵⁾.)

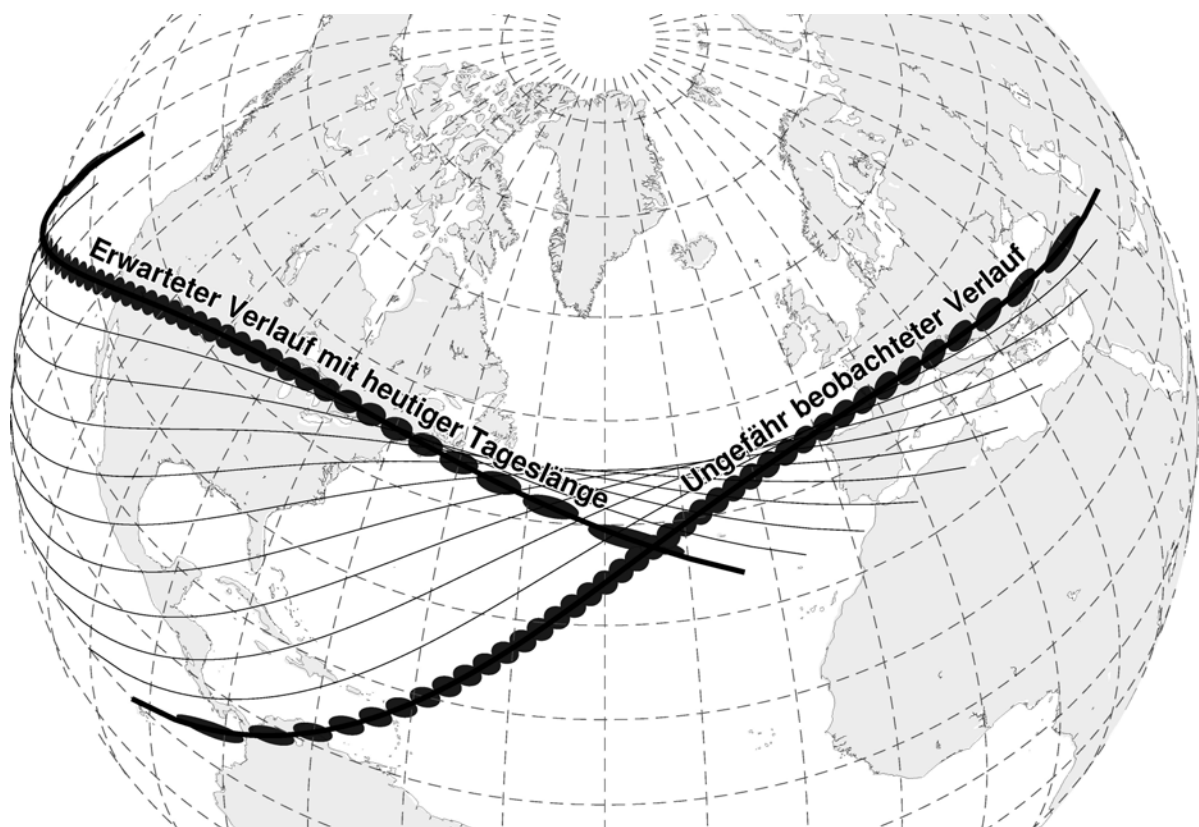


Abbildung 7: Verlauf der Totalitätszone der totalen Sonnenfinsternis am 28. Mai 585 v.Chr. Die Finsternis, welche tatsächlich beobachtet wurde, soll von Thales von Milet (640 - 562 v.Chr.) für eine 'kleinasiatische Küstenstadt' vorausberechnet worden sein. Die Graphik zeigt, dass die Finsternis mit einer konstanten heutigen Tageslänge unmöglich hätte in Kleinasien beobachtet werden können. (A5L_07.EPS)

Tipps zur Beobachtung

Wer an diesem grossartigen Ereignis teilhaben will, sollte sich möglichst früh an die Vorbereitungen machen. Es gilt, einen günstigen Beobachtungsort zu finden und für Fotofreunde, den Ablauf des Fotografieren während der Finsternis im Trockenen, besser gesagt bei Tageslicht, durchzuspielen.

Im Gegensatz zu den nächtlichen astronomischen Beobachtungsbedingungen spielt der Beobachtungsort bei Sonnenfinsternissen praktisch keine Rolle! Allerdings ist in Städten und Dörfern mit dem automatischen Einschalten der Strassenbeleuchtung zu rechnen! Es kommt also eher darauf an, sich zu entscheiden, wie und mit wem man zur Finsternis reisen will.

Das einzig nicht Berechenbare ist dann noch das Wetter. Wenige Tage vor der Finsternis werden meteorologische Satellitenbilder die besten Wegweiser sein. Wer kann, wird dorthin fahren, wo die Sonne scheint (Schlafsack). Langzeit-Wetterstatistiken sind zwar für echte Finsternis-Freaks fesselnd, weil sie zu Diskussionen anregen, haben aber objektiv gesehen in diesem Zusammenhang keinen Sinn.

ACHTUNG auf die AUGEN während der partiellen Phasen !

- NICHT mit ungeschützten Augen direkt in die Sonne schauen, sondern geeignete Folien benutzen! Im Autozubehör-Handel gibt es mit Aluminium bedampfte Plastikfolien, sogenannte "Retungsfolie", welche ein- oder zweifach genommen werden kann. Damit lässt sich die partielle Phase von Auge gut beobachten.
- Sonnenbrillen allein sind KEIN geeigneter Schutz für die Augen!
- Mit Russ geschwärzte Scheiben sind KEIN geeigneter Schutz für die Augen!
- NICHT mit Fotoapparat, Feldstecher oder Fernrohr in die Sonne schauen! Im Fotofachhandel sind spezielle Sonnenfolien, sogenannte "Mylar"-Folien, erhältlich, welche optischen Ansprüchen genügen. Diese müssen derart vor der Optik fixiert werden, dass sie einerseits **sicher nicht herunterfallen, auch wenn neugierige Kinder in der Nähe sind!!!**

Literaturhinweise

- 1) Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac, University Science Books, 1992
- 2) Meyers Handbuch über das Weltall, Meyers Lexikonverlag, 1973
- 3) Jean Meeus, Astronomical Algorithms, Willman-Bell Inc., 1991
- 4) Charles Kluepfel, What Saros Number?, Sky and Telescope, Oktober 1985, Seite 366f
- 5) Richard Stephenson, Early Chinese Observations and Modern Astronomy, Sky and Telescope, Januar 1999, Seite 48ff
- 6) Hans Roth, Der Sternenhimmel 1999, Birkhäuser Verlag, 1999
- 8) Camille Flammarion, Himmelskunde, 1879
- 9) Barry Hetherington, A Chronicle of Pre-Telescopic Astronomy, Springer Verlag, 1996
- 10) Fred Espenak and Jay Anderson, Total Solar Eclipse of 1999 August 11, NASA Reference Publication 1398, 1997

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	1
DIE RINGFÖRMIGE SONNENFINSTERNIS AM 22. SEPTEMBER 2006	2
DIE ELEMENTE DER FINSTERNIS	4
DIE ECKPUNKTE DER FINSTERNIS	4
DER WEG DER FINSTERNIS	5
SICHTBARKEIT DER FINSTERNIS IN EINIGEN STÄDTEN, IN DENEN DIE MAGNITUDE GRÖßER ALS 0.66 IST	7
DAS ENTSTEHEN VON SONNENFINSTERNISSEN	9
DER SAROSZYKLUS	10
EIN SELTENES NATUREREIGNIS ?	11
DIE FINSTERNISSE IN DER ANTIKE	12
FINSTERNISSE UND ERDROTATION	13
TIPPS ZUR BEOBACHTUNG	14
SONNENFINSTERNIS HEISST NEUMOND, ALSO MONDLOSE NÄCHTE!	15
LITERATURHINWEISE	16