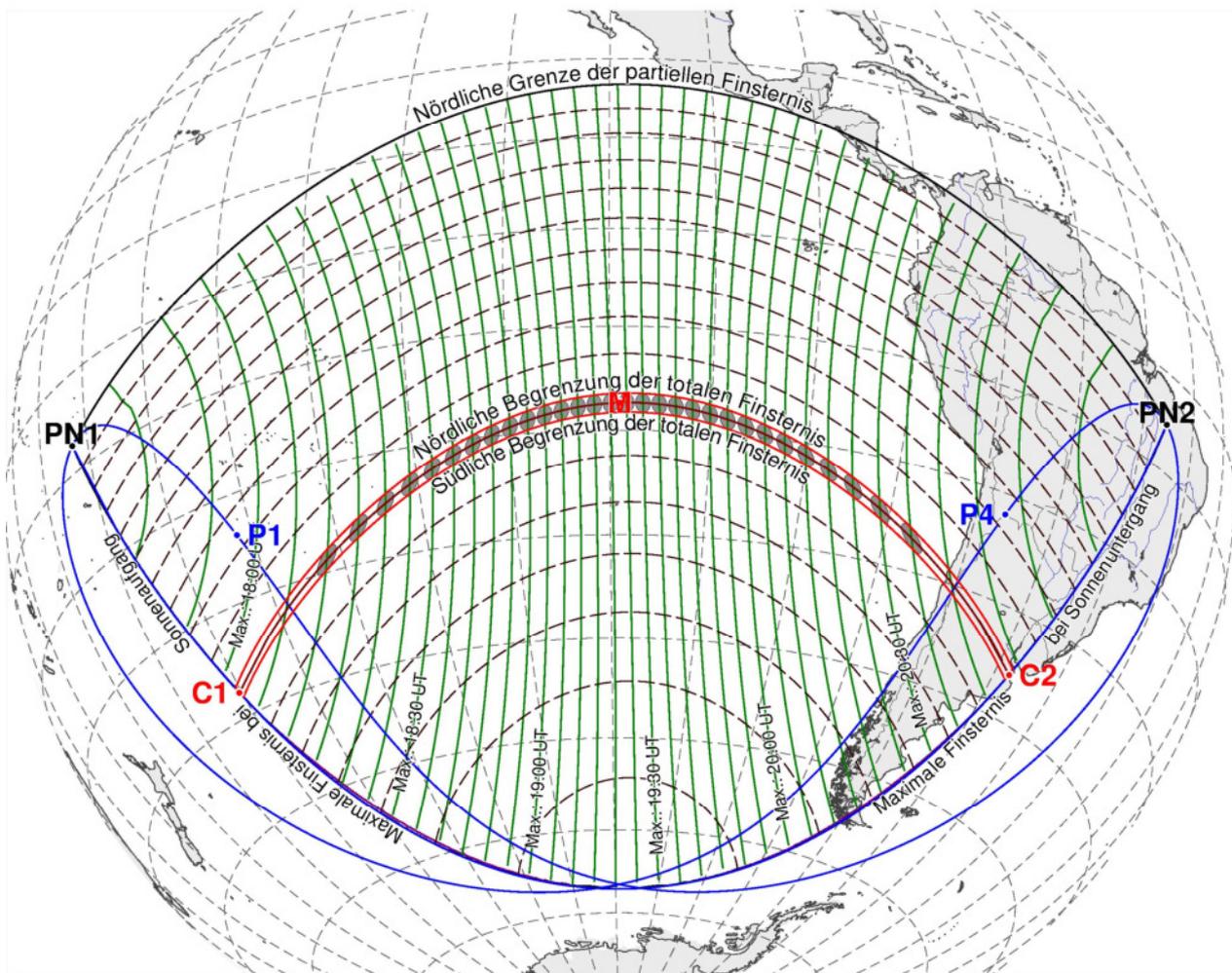


Die TOTALE SONNENFINSTERNIS am 2. JULI 2019

Robert Nufer

Totale Sonnenfinsternis am 2. Juli 2019



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.

Jetzt, eineinhalb Jahre vor der totalen Sonnenfinsternis am 2. Juli 2019, habe ich den Artikel wiederum 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:

1. Meine erste „Totale“ fand am **3. Nov. 1994** im Norden Chiles statt. Arthur(†) und Aranka Von Känel weihten mich ein. „Wer einmal hingeht, geht immer hin!“
2. Am **26. Febr. 1998** ging ich wieder hin. Es war eine weitere Reise nach Südamerika, diesmal nach Venezuela, mit meinem Freund Patrick Gfeller.
3. Am **11. Aug. 1999** spielte das Wetter in Frankreich nicht mit. Meine Frau Susi und unsere Tochter Yvonne hatten in Rastatt mehr Glück: Ein Wolkenloch im rechten Moment. Sie sahen die ganze Totalität.
4. Am **21. Juni 2001** erlebte ich mit einer Gruppe um Walter Staub(†) eine faszinierende Finsternis in Sambia.
5. Am **4. Dez. 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.
6. Am **5. Okt. 2005** erlebte ich mit meiner Familie zum ersten Mal gemeinsam eine ringförmige Finsternis.
7. Am **29. März 2006** war die Totalität einer der Höhepunkte einer zweiwöchigen Reise in einer schweizerischen Reisegruppe, die mich auch in die atemberaubenden Landschaften in Libyens Südwesten führte (VISTA-Reisen).
8. Am **22. Sept. 2006** war Joachim Biefang unser astronomischer Führer zur ringförmigen Finsternis, die wir im Gelände der ESA in Französisch-Guyana geniessen konnten (Wittmann Travel).
9. Am **1. Aug. 2008** waren wir im Westen der Mongolei und konnten die totale Finsternis vor einer abenteuerlichen Expedition Richtung Ulan Bator geniessen (VISTA-Reisen).
10. Am **22. Juli 2009** waren wir auf einer klassischen China-Reise und sahen die Finsternis bei nicht optimalem Wetter bei Wuhan; astronomisch begleitet von Joachim Biefang (Wittmann Travel).
11. Am **11. Juli 2010** genossen wir unsere vielleicht spektakulärste Finsternis – in der Südsee - an Bord des Personenfrachters Aranui 3 in Französisch Polynesien (Eclipse-Reisen.de).
12. Am **14. Nov. 2012** hatten Patrick Gfeller, meine Frau Susi und ich grosses Glück, dass wir die totale Sonnenfinsternis zum Abschluss einer einmonatigen Reise quer durch Australien nördlich von Cairns geniessen konnten.
13. Am **9. März 2016** genoss ich mit Patrick Gfeller die totale Sonnenfinsternis auf der indonesischen Insel Belitung. Es war der Anfang einer dreiwöchigen Reise durch Java und Bali.
14. Am **21. August 2017** war ich mit meiner Frau Susi und mit Manfred und Verena in Nebraska (USA) vor Ort.

Robert Nufer

Therwil, im Januar 2018

Im Römergarten 1 / CH-4106 Therwil (Schweiz) / Robert.Nufer@Bluewin.ch / RobertNufer.ch

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	2
Inhaltsverzeichnis	3
Die totale Sonnenfinsternis am 2. Juli 2019.....	4
Die Elemente der Finsternis.....	6
Die Eckpunkte der Finsternis	7
Der Weg der Finsternis	8
Das Entstehen von Sonnenfinsternissen	8
Der Saroszyklus.....	10
Der Saroszyklus 127.....	11
Ein seltenes Naturereignis?	12
Die Finsternisse in der Antike	12
Finsternisse und die Erdrotation	13
Ein atemberaubendes Erlebnis.....	14
Tipps zur Beobachtung	16
Fotografieren während der Finsternis	17
Temperaturverlauf während Sonnenfinsternissen	19
Literaturhinweise.....	19
Sichtbarkeit der Finsternis in einigen ausgewählten Orten	20
Wo dauert eine Sonnenfinsternis am längsten?	27
Finsternis-Karten	29
Seite für eigene Notizen.....	33

Die totale Sonnenfinsternis am 2. Juli 2019

2019 finden drei Sonnenfinsternisse statt – eine partielle am 6. Januar mit einer maximalen Magnitude von etwa 70% in Kamtschatka, eine totale und eine ringförmige.

Die zweite, die totale Finsternis ist die hier beschriebene am 2. Juli. Sie dauert auf der Zentrallinie im Maximum 4 Minuten und 32 Sekunden, allerdings weit draussen im südlichen Pazifik. Die Totalität kann vom Festland aus kurz vor Sonnenuntergang nur von Chile und Argentinien aus bei einer maximalen Sonnenhöhe von 15 Grad beobachtet werden.

Die dritte, weniger interessante, ringförmige Finsternis ist diejenige am 26. Dezember. Was das Beobachten vom Boden aus betrifft, ist die Ringförmigkeit auf der arabischen Halbinsel, im südlichen Indien, auf Sumatra und Borneo zu sehen.

Totale Sonnenfinsternis am 2. Juli 2019

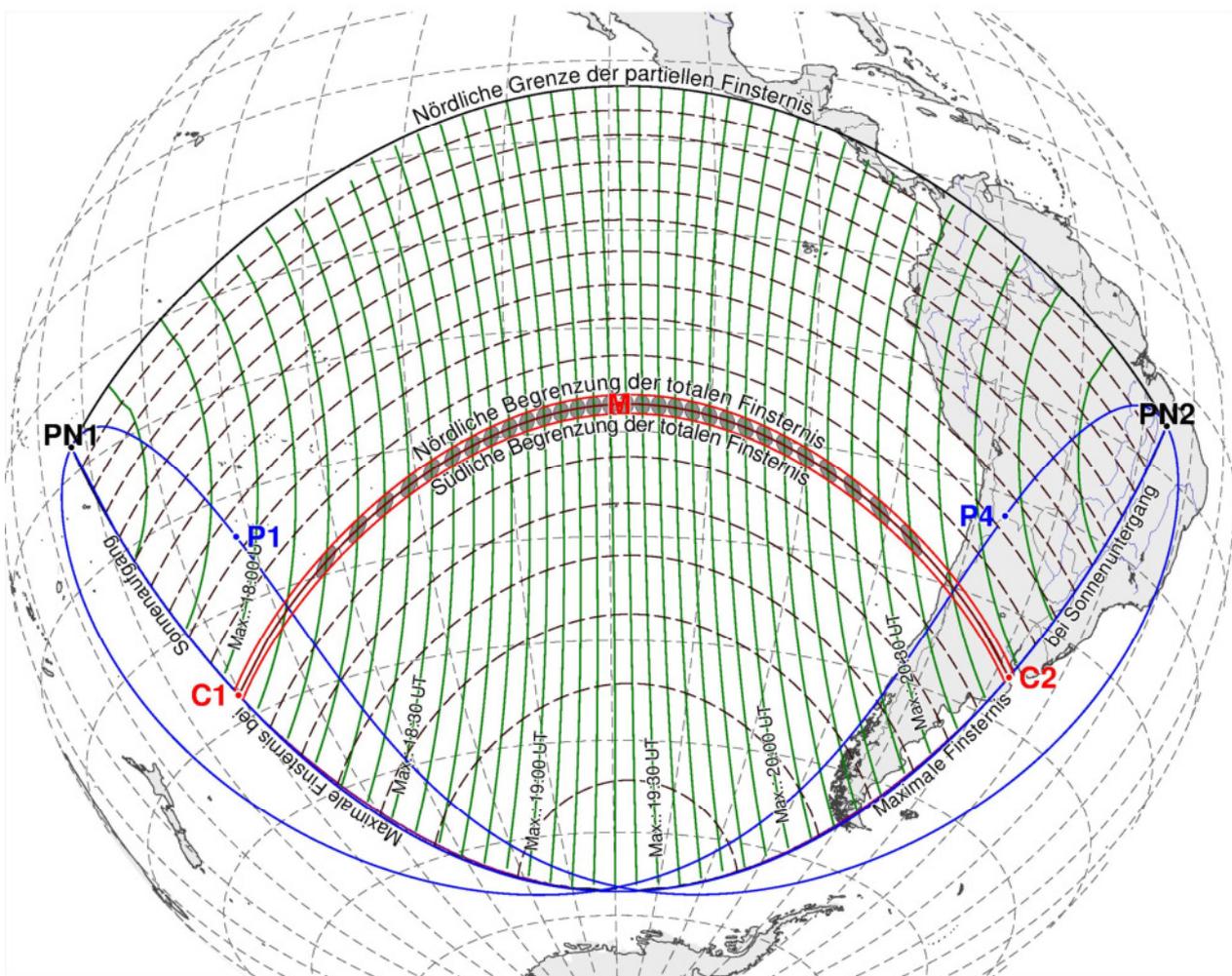


Abbildung 1: Orthographische Projektion der Sonnenfinsternis am 2. Juli 2019. Die partielle Finsternis beginnt um 19:55:12 Uhr Universal Time (UT) bei Sonnenaufgang im Punkt P1 und endet um 21:50:37 UT bei Sonnenuntergang im Punkt P4.
(Win_A5L_Kugel.dpr)

Die vorangehende Graphik in orthographischer Projektion stellt die Erde so dar, wie sie von unendlich weit betrachtet aussähe. Es wird genau die Hälfte der Erdoberfläche dargestellt. Am besten sind Gebiete in der Mitte der betrachteten Kugeloberfläche zu erkennen. 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“. Dazu ist sie winkeltreu. Schaut man kleine Regionen an verschiedenen Orten der Projektion an, so erscheinen diese recht natürlich.

Totaler Sonnenfinsternis am 2. Juli 2019

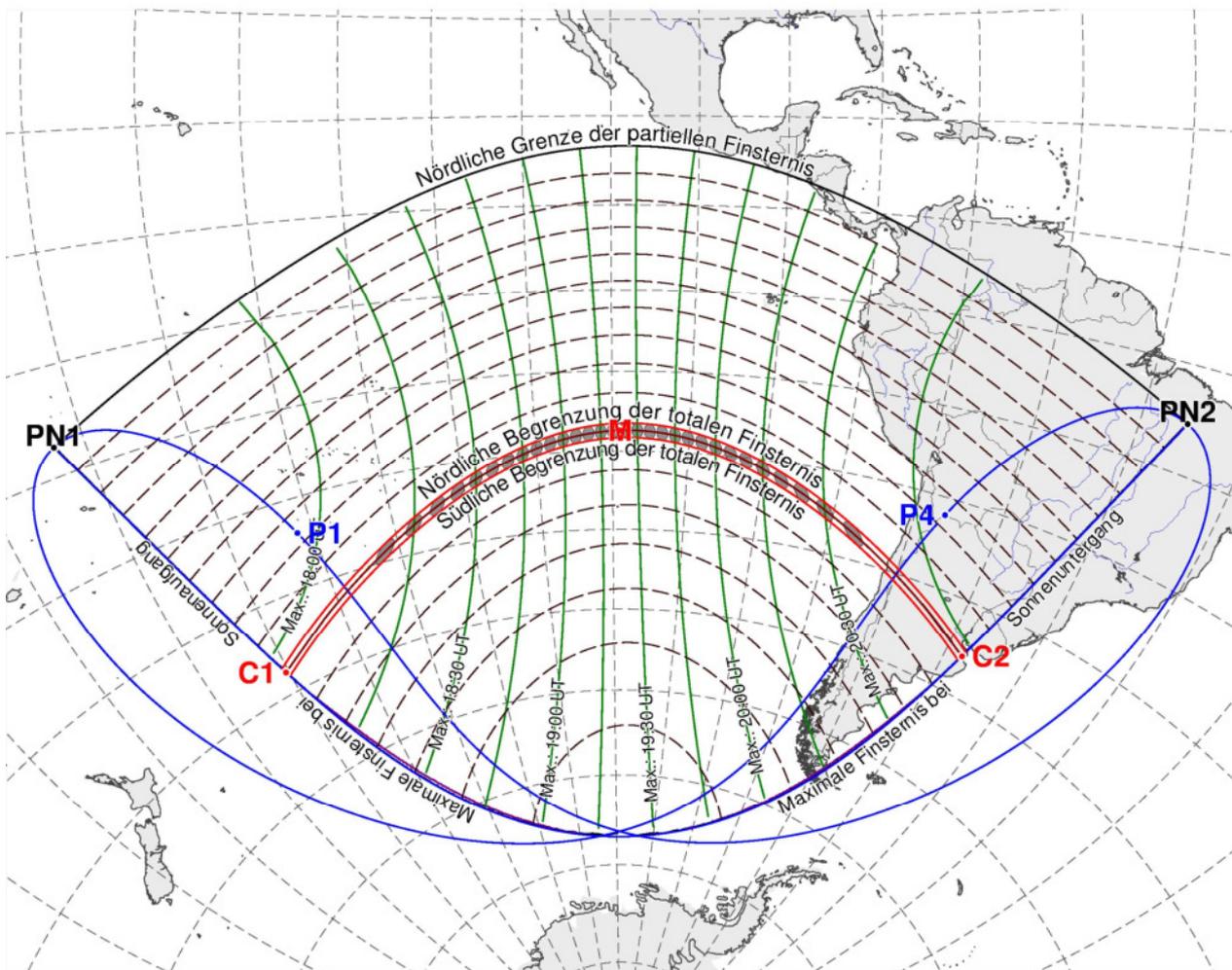


Abbildung 2: Stereographische Projektion der Sonnenfinsternis am 2. Juli 2019. In dieser Darstellung werden die peripheren Gebiete einer Kugel nach aussen geklappt. Damit sind die Anfangs- und Endregionen der Finsternis besser sichtbar. (Win_A5L_Stereogr.dpr)

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.

E L E M E N T E D E R F I N S T E R N I S

Geozentrische Konjunk- : 2019- 7- 2 19:22:50.99 J.D.: 2458667.307535 TT
tion in Rektaszension : 2019- 7- 2 19:21:39.64 J.D.: 2458667.306709 UT

Zeitpunkt der maxima- : 2019- 7- 2 19:24:07.48 J.D.: 2458667.308420 TT
len Finsternis : 2019- 7- 2 19:22:56.13 J.D.: 2458667.307594 UT

		h m s		h m s
Scheinbare	Sonne:	06:46:14.778	stündl. Bewegung :	00:00:10.330
Rektaszen-	Mond:	06:46:17.874	stündl. Bewegung :	00:02:36.014
sion				

		° ' "		° ' "
Scheinbare	Sonne:	23:00:36.42	stündl. Bewegung :	-00:00:11.40
Deklination	Mond:	22:22:09.21	stündl. Bewegung :	00:00:25.17

		° ' "		° ' "
Äquatoriale	Sonne:	8.65	wahrer Halbmesser :	00:15:43.8
Horizontal-	Mond:	00:59:37.77	wahrer Halbmesser :	00:16:15.0
parallaxe				

tan(f1) : 0.00459839 μ' : 14.99950762 °/h DeltaT : 71.35 s
tan(f2) : 0.00457549 d' : -0.00319145 °/h

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

Aus dieser Tabelle können grob schon einige Eigenschaften der Finsternis abgelesen werden:

Die stündliche Bewegung der Deklination des Mondes ist positiv, also findet die Finsternis am aufsteigenden Knoten statt.

Der Halbmesser des Mondes ist deutlich grösser als derjenige der Sonne, was zu einer totalen Sonnenfinsternis führt, falls man sich an der richtigen Stelle der Erde befindet.

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 (oder selten Sonnenuntergang). Dieser Punkt wird mit P1 oder 1. Penumbra-Kontakt bezeichnet. Bei dieser Finsternis liegt P1 um 16:55:12 UT etwa achthundert Kilometer südlich von Tahiti. Ab diesem Zeitpunkt wandert der Halbschatten über die Erde. Entsprechend endet die Sonnenfinsternis in einem Punkt P4 um 21:50:37 UT bei Sonnenuntergang im Grenzgebiet zwischen Bolivien und Argentinien in den Anden.

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

Pkt	Ephem.- zeit	Welt- zeit	Geogr. Breite	Ephem.- Länge	Geogr. Länge
---	-----	-----	-----	-----	-----
TP1	16:56:23.00	16:55:11.65	- 23:53.1	-152:13.9	-151:56.0
TP4	21:51:47.97	21:50:36.62	- 21:57.4	- 66:47.0	- 66:29.1
TPN1	17:49:07.10	17:47:55.75	- 07:14.9	-173:09.8	-172:51.9
TPN2	20:59:06.81	20:57:55.46	- 05:17.7	- 46:00.7	- 45:42.8
TU1	18:02:19.72	18:01:08.37	- 37:18.4	-160:40.6	-160:22.7
TU2	18:04:39.95	18:03:28.60	- 38:01.1	-160:45.0	-160:27.1
TU3	20:43:33.36	20:42:22.01	- 36:10.1	- 57:57.1	- 57:39.2
TU4	20:45:58.00	20:44:46.65	- 35:25.6	- 58:03.1	- 57:45.3
TUN1	18:02:53.30	18:01:41.95	- 37:07.0	-160:57.0	-160:39.2
TUS1	18:04:06.85	18:02:55.50	- 38:12.3	-160:28.6	-160:10.7
TUN2	20:45:23.30	20:44:11.95	- 35:13.8	- 57:46.6	- 57:28.7
TUS2	20:44:07.44	20:42:56.09	- 36:21.7	- 58:13.6	- 57:55.7
TC1	18:03:29.61	18:02:18.26	- 37:39.5	-160:43.0	-160:25.1
TC2	20:44:45.88	20:43:34.53	- 35:47.6	- 57:59.9	- 57:42.1
TG0	19:24:07.48	19:22:56.13	- 17:23.4	-109:17.3	-108:59.4

Tabelle 2: Die Eckpunkte der totalen Sonnenfinsternis am 2. Juli 2019. 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 partielle Phase der Finsternis beginnt um 15:46:50 UT bei Sonnenaufgang etwa achthundert Kilometer südlich von Tahiti, also weit draussen im südlichen Pazifik (Punkt P1 in den Abbildungen 1 und 2).

Mehr und mehr schiebt sich nun der Mondschatten auf die Erde. Eine gute Stunde später um 18:01:08 UT beginnt die Totalität – auch bei Sonnenaufgang – tausend Kilometer östlich von Neuseeland.

Im weiteren Verlauf der Totalität trifft der Mondschatten keine bewohnte Insel im Pazifik. Ab 20:38 UT erreicht die Totalität das chilenische Festland in der Nähe von La Serena. Sie kann auch vom Standort einiger Astronomischer Institutionen aus beobachtet werden. Zum Beispiel dem La Silla Observatory (ESO), dem Cerro Tololo Observatory (IAO) und dem Gemini Observatory.

Die Totalität überstreicht die Anden und endet bei Sonnenuntergang unmittelbar südlich von Buenos Aires an der argentinischen Ostküste.

Die partielle Phase und damit die Finsternis endet um 21:50:37 UT bei Sonnenuntergang an der bolivianisch-chilenischen Grenze in den Anden.

Die ganze Finsternis wird vom ersten bis zum letzten Kontakt des Halbschattens knapp fünf Stunden gedauert haben. Darin eingebettet wird während zweidreiviertel Stunden die Totalität stattgefunden haben.

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 auf die Erde fällt. 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 Mondschatten meistens die Erde. Befindet sich der Mond aber bei Neumond in der Nähe der Schnittlinie von Mond- und Erdbahnebene, so überstreicht der Mondschatten 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.

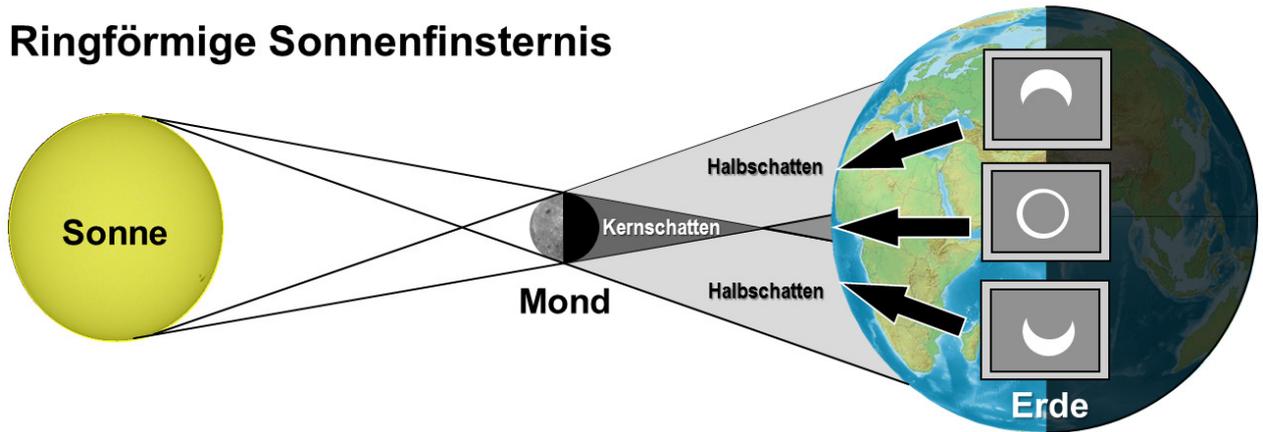
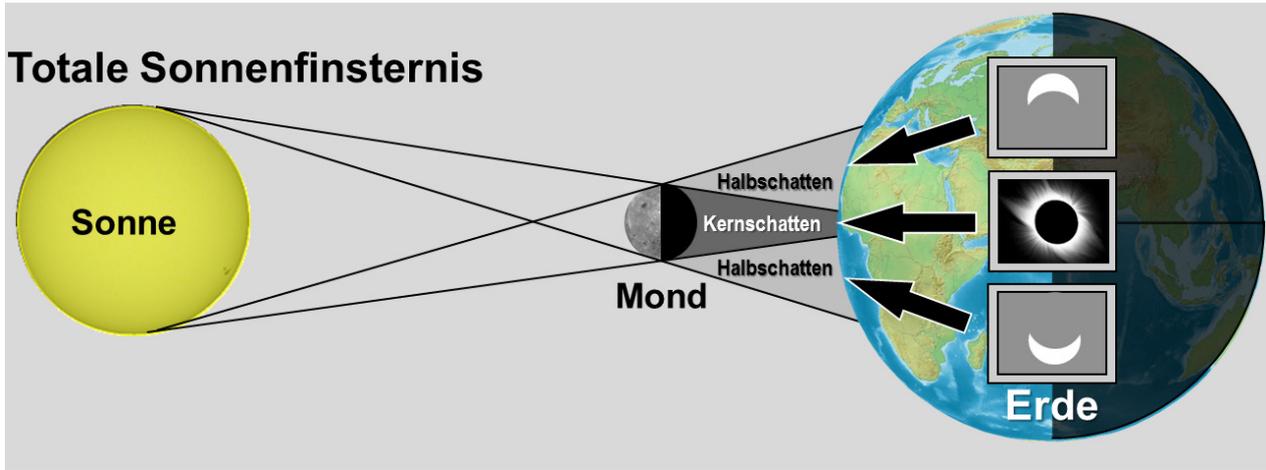


Abbildung 3: Bei einer totalen Sonnenfinsternis (oben) erreicht der Kernschatten des Mondes die Erde. Bei der ringförmigen Finsternis (unten) ist der Kernschattenkegel des Mondes zu kurz, um die Erdoberfläche zu erreichen. Deshalb sieht ein Beobachter vom Boden aus einen Ring aus Sonnenlicht um den Mond herum.

Die maximale Dauer der Totalität kann siebeneinhalb Minuten betragen. Dies tritt ungefähr dann ein, wenn der Mond auf dem erdnächsten Punkt seiner Bahn ist und sich die Sonne in Erdferne befindet. Letzteres ist jeweils um den 6. Juli. Mit einer Maximaldauer der Totalität von 4 Minuten und 32 Sekunden gehört diese totale Finsternis zu den längeren, allerdings muss man sich dafür weit hinaus in den südlichen Pazifik bemühen. Auf dem südamerikanischen Festland beträgt die maximale Dauer der Totalität 2 Minuten und 36 Sekunden an der chilenischen Küste bei La Serena.

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 10 1/3 oder 11 1/3 Tage, je nachdem, ob in diesen gut 18 Jahren vier oder fünf Schalttage liegen. Die modernen Zahlen ¹⁾ der für das Entstehen von Finsternissen relevanten Mondmonate sind

1 synodischer Monat (Neumond-Neumond)	=	29.53059 Tage
223 synodische Monate	=	6585.32157 Tage
1 drakonitischer Monat (Knoten-Knoten)	=	27.21222 Tage
242 drakonitische Monate	=	6585.35724 Tage

Die ungefähr 0.33 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, natürlich 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 Zyklus-hälfte die Erde in der Nähe des gegenüberliegenden Pols zu verlassen.

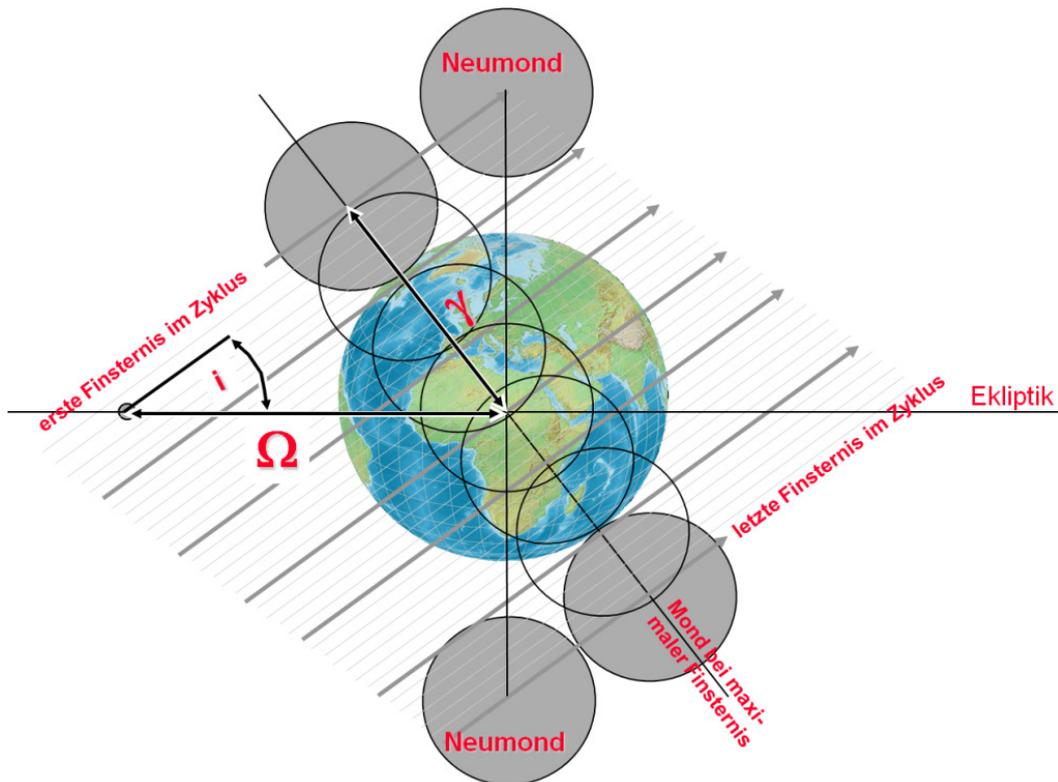


Abbildung 4: Der Saroszyklus (schematisch). Die erste Finsternis ist partiell und der Halbschatten des Mondes streift die Erde nur knapp. Das Finsternismaximum wird erreicht, wenn die Distanz γ minimal ist. γ ist der Abstand der Schattenachse bei maximaler Finsternis ausgedrückt in Erdradien. Neumond ist per Definition dann, wenn der Mond die gleiche geozentrische ekliptikale Länge wie die Sonne hat.

Der Saroszyklus 127

Diese totale Finsternis ist die 58. von insgesamt 81 Sonnenfinsternissen, welche zum Saroszyklus 127 gehören. Sonnenfinsternisse in ungeraden Saroszyklen finden am aufsteigenden Knoten statt und verlaufen der Reihe nach von ganz nördlich immer etwas weiter südlich. Die Finsternis am 2. Juli 2019 ist erst die fünftletzte totale im Zyklus. Nach weiteren zwanzig partiellen Finsternissen wird dieser Zyklus am 21. März 2452 abreißen. In der folgenden Tabelle wird ersichtlich, dass die Zeitpunkte der maximalen Finsternis (1. Zeitangabe) zu Beginn des Zyklus etwa eine Viertelstunde vor Neumond, in dessen Mitte (um die Nummer 40 herum) etwa gleichzeitig mit diesem, und am Ende des Zyklus wiederum eine Viertelstunde, aber nach Neumond, stattfinden. Bei Finsternissen mit gerader Sarosnummer ist es genau umgekehrt, denn diese finden am absteigenden Knoten des Mondes statt.

Nr	Datum und Zeit (UT)	Neu- mond	Finsternis- typ	Nr	Datum und Zeit (UT)	Neu- mond	Finsternis- typ
1	10. Okt. 991 14:26	14:42	part. 0.03	42	8. Jan. 1731 10:17	10:17	total
2	20. Okt. 1009 22:30	22:46	part. 0.08	43	18. Jan. 1749 19:08	19:08	total
3	1. Nov. 1027 06:43	06:59	part. 0.11	44	30. Jan. 1767 03:56	03:56	total
4	11. Nov. 1045 15:03	15:19	part. 0.14	45	9. Febr. 1785 12:40	12:40	total
5	22. Nov. 1063 23:29	23:44	part. 0.16	46	21. Febr. 1803 21:18	21:18	total
6	3. Dez. 1081 07:59	08:14	part. 0.17	47	4. März 1821 05:50	05:50	total
7	14. Dez. 1099 16:31	16:46	part. 0.18	48	15. März 1839 14:14	14:13	total
8	25. Dez. 1117 01:04	01:18	part. 0.19	49	25. März 1857 22:30	22:29	total
9	5. Jan. 1136 09:36	09:50	part. 0.21	50	6. Apr. 1875 06:37	06:36	total
10	15. Jan. 1154 18:05	18:19	part. 0.23	51	16. Apr. 1893 14:36	14:35	total
11	27. Jan. 1172 02:31	02:44	part. 0.25	52	28. Apr. 1911 22:27	22:25	total
12	6. Febr. 1190 10:51	11:04	part. 0.29	53	9. Mai 1929 06:11	06:08	total
13	17. Febr. 1208 19:06	19:18	part. 0.33	54	20. Mai 1947 13:47	13:44	total
14	28. Febr. 1226 03:13	03:25	part. 0.39	55	30. Mai 1965 21:17	21:14	total
15	10. März 1244 11:14	11:26	part. 0.46	56	11. Juni 1983 04:43	04:38	total
16	21. März 1262 19:08	19:19	part. 0.54	57	21. Juni 2001 12:04	11:59	total
17	1. Apr. 1280 02:54	03:05	part. 0.63	58	2. Juli 2019 19:23	19:17	total
18	12. Apr. 1298 10:35	10:44	part. 0.74	59	13. Juli 2037 02:39	02:33	total
19	22. Apr. 1316 18:09	18:18	part. 0.86	60	24. Juli 2055 09:56	09:49	total
20	4. Mai 1334 01:39	01:47	part. 0.98	61	3. Aug. 2073 17:13	17:05	total
21	14. Mai 1352 09:04	09:12	total	62	15. Aug. 2091 00:32	00:24	total
22	25. Mai 1370 16:27	16:35	total	63	26. Aug. 2109 07:55	07:45	part. 0.97
23	4. Juni 1388 23:49	23:56	total	64	6. Sept. 2127 15:21	15:11	part. 0.85
24	16. Juni 1406 07:11	07:16	total	65	16. Sept. 2145 22:53	22:42	part. 0.74
25	26. Juni 1424 14:33	14:39	total	66	28. Sept. 2163 06:31	06:20	part. 0.64
26	7. Juli 1442 21:58	22:03	total	67	8. Okt. 2181 14:15	14:03	part. 0.55
27	18. Juli 1460 05:27	05:31	total	68	19. Okt. 2199 22:06	21:54	part. 0.48
28	29. Juli 1478 13:00	13:03	total	69	31. Okt. 2217 06:04	05:52	part. 0.41
29	8. Aug. 1496 20:39	20:42	total	70	11. Nov. 2235 14:09	13:56	part. 0.36
30	20. Aug. 1514 04:24	04:26	total	71	21. Nov. 2253 22:20	22:07	part. 0.32
31	30. Aug. 1532 12:16	12:18	total	72	3. Dez. 2271 06:37	06:23	part. 0.29
32	10. Sept. 1550 20:16	20:17	total	73	13. Dez. 2289 14:57	14:44	part. 0.27
33	21. Sept. 1568 04:23	04:25	total	74	25. Dez. 2307 23:21	23:07	part. 0.25
34	12. Okt. 1586 12:39	12:40	total	75	5. Jan. 2326 07:46	07:32	part. 0.24
35	22. Okt. 1604 21:02	21:03	total	76	16. Jan. 2344 16:11	15:56	part. 0.23
36	3. Nov. 1622 05:33	05:34	total	77	27. Jan. 2362 00:33	00:19	part. 0.21
37	13. Nov. 1640 14:10	14:11	total	78	7. Febr. 2380 08:52	08:37	part. 0.19
38	24. Nov. 1658 22:53	22:54	total	79	17. Febr. 2398 17:06	16:50	part. 0.17
39	5. Dez. 1676 07:41	07:41	total	80	29. Febr. 2416 01:12	00:57	part. 0.13
40	16. Dez. 1694 16:31	16:32	total	81	11. März 2434 09:11	08:55	part. 0.09
41	28. Dez. 1712 01:24	01:24	total	82	21. März 2452 17:01	16:44	part. 0.03

Tabelle 3: Die Finsternisse des Saroszyklus 127. 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 (part.) 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 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. Sept. 2081 stattfinden. An einem bestimmten Ort auf eine totale Sonnenfinsternis warten kann also sehr, sehr lange dauern. Im Durchschnitt muss man etwa vierhundert 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 beiden Zentrallinien lag in der Nähe des Vierwaldstättersees.

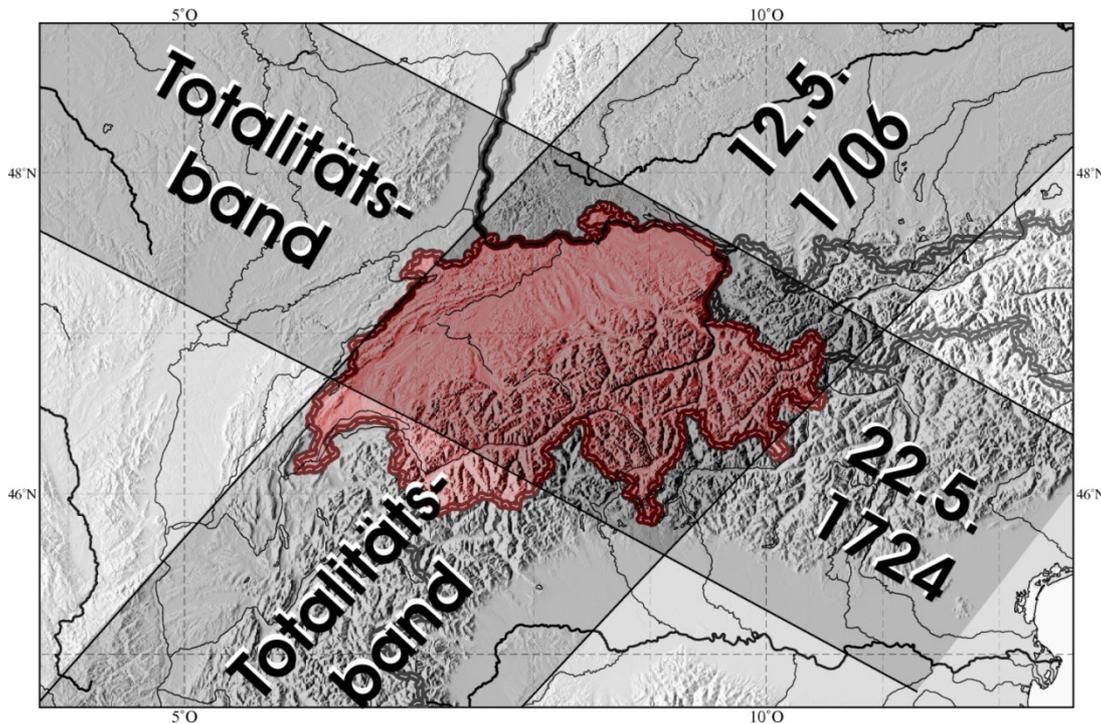


Abbildung 5: Die Totalitätszonen der beiden Finsternisse von 1706 und 1724. Allgemein gilt diejenige von 1724 als die letzte in der Schweiz sichtbare, auch wenn es an diesem Tag regnete. Die Graphik zeigt jedoch, dass die Totalitätszone unmittelbar südöstlich der heutigen Schweiz bei Sonnenuntergang 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_03.EPS(20090722))

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. 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 'Drachepunkt' 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 Drachepunkte (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 vorausgerechneten 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 als Folge der durch den Mond verursachten Gezeitenreibung zu bestimmen. Viele weitere Hinweise zu antiken Finsternissen liefert ⁹⁾.

Finsternisse und die Erdrotation

Die Berechnung von Finsternissen über Jahrhunderte ist himmelsmechanisch kein Problem. Wird dabei aber eine konstante Tageslänge von 86400 Sekunden angenommen, 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 äusserst 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 sich in ⁵⁾.)

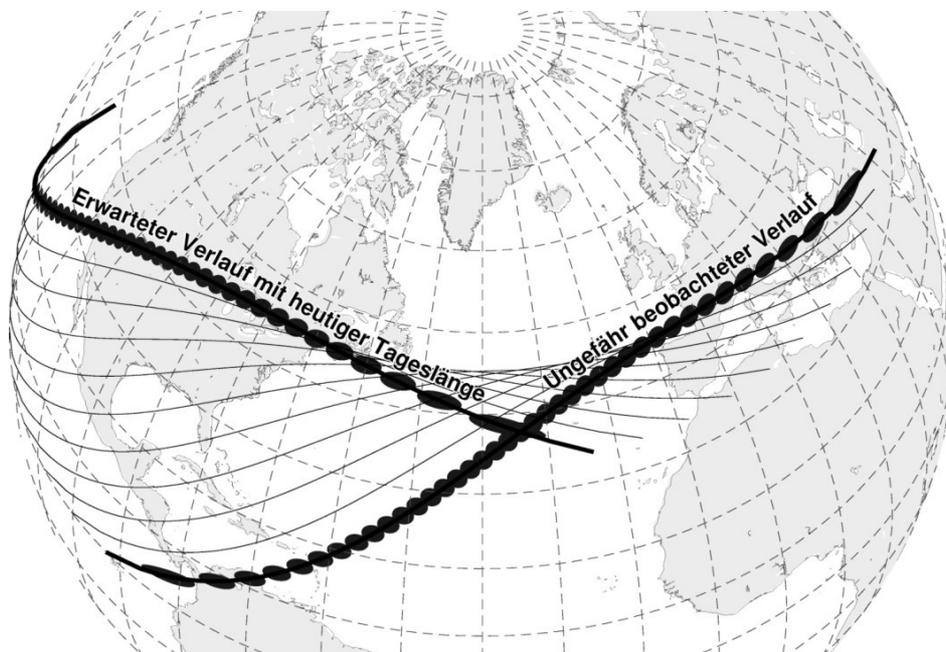


Abbildung 6: Verlauf der Totalitätszone der totalen Sonnenfinsternis am 28. Mai 585 v.Chr. Die Finsternis, welche tatsächlich beobachtet wurde, soll von Thales von Milet (640 - 562 v.Chr.) für eine 'kleinasiatische Küstenstadt' vorausgerechnet worden sein. Die Graphik zeigt, dass die Finsternis mit einer konstanten heutigen Tageslänge unmöglich hätte in Kleinasien beobachtet werden können. (A5L_07.EPS)

Ein atemberaubendes Erlebnis

Vor tausendmal tausend Jahren hat Gott es so gemacht, dass es heute zu dieser Sekunde sein wird; in unsere Herzen aber hat er die Fibern gelegt, es zu empfinden...

(Aus Adalbert Stifter: Die Sonnenfinsternis am 8. Juli 1842)

Viele derer, die einmal eine totale Sonnenfinsternis erlebt haben, werden versuchen, weitere zu erleben, auch wenn diese nur für kurze Zeit und am anderen Ende der Welt zu beobachten sind!

Eine gute Stunde vor der Totalität scheint der von Westen kommende Mondrand die Sonne zu berühren: der erste Kontakt. Jetzt beginnt die Bedeckung der Sonnenscheibe. Man spricht von der partiellen Phase. Nach einer halben Stunde ist etwa die Hälfte des Scheibendurchmessers der Sonne bedeckt. Wer nicht informiert ist, merkt bis jetzt noch gar nichts, obschon etwa ein Drittel des Sonnenlichts fehlt. Unser Auge-Gehirn-System gleicht einen so langsamen Lichtabfall für uns unmerklich aus. Dann aber beginnt das Licht allmählich fahl zu werden, ganz anders als bei Sonnenuntergang. Durch die Horizontnähe der untergehenden Sonne durchdringt dort nämlich das Sonnenlicht sehr viel Erdatmosphäre, welche die kurzwelligigen blauen Anteile aus dem Sonnenlicht wegstreut, so dass nur das langwellige rote Licht übrigbleibt: So entstehen Abend- und Morgenrot. Ganz anders hingegen entsteht die Dunkelheit während einer Sonnenfinsternis. Die Sonne steht mehr oder weniger hoch am Himmel und das Licht wird in seiner Gesamtheit durch eine undurchsichtige Gesteinskugel, den Mond, abgeblockt. Unser Gehirn versucht dabei den allabendlichen Rot-Stich der untergehenden Sonne zu korrigieren, was der Beobachter als Fahlheit und eher grünstichig erlebt.

Jetzt beginnt man auch ein leichtes Abkühlen zu bemerken. Die Aufregung der Vorfreude auf das, was einen in wenigen Minuten erwartet, hat einem etwas Schweiß auf die Haut getrieben, was nun als Frösteln wahrgenommen wird und man wird sich seiner Anspannung bewusst. Die Temperatur fällt während der partiellen Phase bis zur Totalität um maximal etwa fünf Grad.

Bis eine Minute vor der Totalität wird es gleichmäßig langsam immer dunkler. Dann aber macht sich die Unebenheit der Mondoberfläche bemerkbar. Wenige Sekunden vor dem Beginn der Totalität scheint die Sonne nur noch aus einigen tiefer liegenden Tälern am Rand des Mondes. Wie von einem himmlischen Dimmer gesteuert erlöschen jetzt die letzten einzelnen Lichtpunkte und es ist fast Nacht. Im gleichen Moment erscheint die Korona, ein Lichtsaum über der Sonnenoberfläche, welcher normalerweise nicht sichtbar ist, da er durch das millionenfach hellere Sonnenlicht überstrahlt wird. Zusammen mit dem letzten Sonnenstrahl, der eben noch sichtbar ist, glaubt man einen mit einem Diamanten besetzten Fingerring zu sehen. Dann verschwindet auch dieser letzte gleissende Lichtstrahl: Dies ist der zweite Kontakt und die Totalität beginnt. Am innersten Sonnenrand erkennt man einen feinen roten Saum, die Chromosphäre und feine Fädchen, die Protuberanzen. In Wirklichkeit sind dies gewaltige Gasausbrüche an der Sonnenoberfläche. Am dunkeln Himmel erkennt man einige Planeten und die hellsten Sterne werden sichtbar. Jetzt erfasst einen ein Staunen und phantastisches Schauern und man wird sich bewusst, in welcher grandiosen Weise wir in unser Universum eingebunden sind.

Das hatte keiner geahnt - ein einstimmiges "Ah" aus aller Munde,
und dann Totenstille,
es war der Moment, da Gott redete und die Menschen horchten.

(Adalbert Stifter)

Wer sich ein abgelegenes Plätzchen ausgesucht hat, wird bemerken, dass es um ihn herum ruhig geworden ist. Der Wind lässt nach und das Rauschen der Bäume und Blätter wird weniger. Doch

am auffallendsten dürfte das Verstummen der Vögel sein. Diese hören auf zu zwitschern und suchen sich ein Nachtlager. Einige Blütenpflanzen beginnen sich zu schliessen.

Wer Pech hat und in der Nähe von "zivilisierten Mitmenschen" ist, muss sich auf Lärm aus Grölen und Hupkonzerten gefasst machen!

Am Horizont sieht man vielleicht Berge, welche nicht in der Totalitätszone liegen, denn der Kernschatten des Mondes hat einen Radius von nur einigen Dutzend Kilometern.

Nach viel zu kurzer Zeit findet der dritte Kontakt statt und auf der westlichen Seite des Mondes kommt der erste Sonnenstrahl hervor. Der Spuk ist vorbei und es wird wieder hell. Nach einer guten Stunde wird der letzte Teil des Mondes die Sonnenscheibe ganz freigegeben haben. Dieser vierte Kontakt beendet die Sonnenfinsternis des Beobachters. In den nächsten Minuten und Stunden werden weitere Menschen Hunderte oder Tausende von Kilometern (meist) weiter östlich in den Genuss des gleichen Schauspiels kommen.

Im Herzen aber bleibt ein wunderschönes und unauslöschliches Erlebnis zurück und man fragt sich: "Wann findet die nächste totale Sonnenfinsternis statt?"

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 Fotografierens 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! Zur Not gibt es im Autozubehör-Handel mit Aluminium bedampfte Plastikfolien, sogenannte "Rettungsfolie", 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, zum Beispiel die "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, sich aber für Aufnahmen während der Totalität schnell entfernen lassen.

Während der Totalität besteht keine Gefahr für die Augen. Das Licht der Korona ist mehrere hunderttausend Mal schwächer als das Sonnenlicht. Die Korona wird mit blossen Augen oder mit dem Feldstecher betrachtet. Es darf beliebig geguckt und gestaunt werden...

...aber Achtung nach der Totalität. Wenn der erste Sonnenstrahl hinter dem Mond hervorkommt, gelten wieder die ganzen Vorsichtsmassnahmen.

Fotografieren während der Finsternis

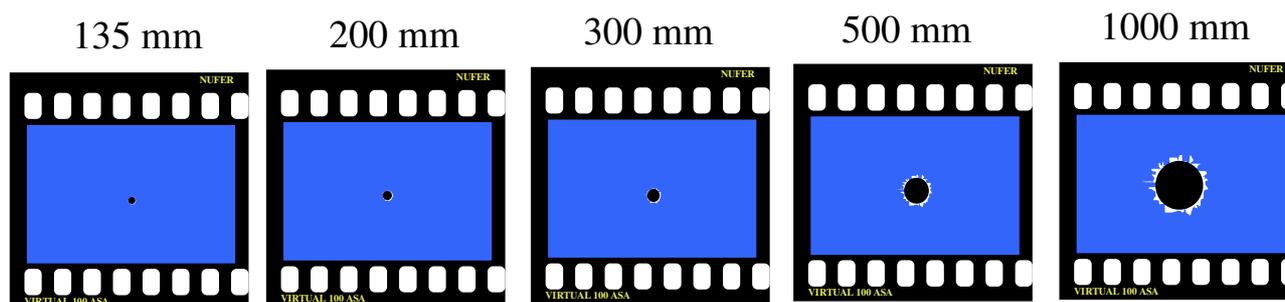
Es gibt viele verschiedene Arten, eine totale Sonnenfinsternis fotografisch auf ein Bild zu bannen. Aber wohl jeder, der zum ersten Mal eine solche erleben kann, will "sein" Portrait der Korona machen. Dazu braucht es einen Fotoapparat mit einem Teleobjektiv und ein Stativ. Zusätzlich sind ein Motor und ein Drahtauslöser eine ideale Kombination. Je länger die Brennweite des Objektivs ist, desto grösser wird die Sonne auf dem Film abgebildet.

Die folgenden zwei Tabellen geben einen Überblick über den Abbildungsmassstab der Sonne bei Verwendung verschiedener Optiken und vorgeschlagene Belichtungszeiten für die verschiedenen Phänomene während der Totalität.

Die Helligkeit des Himmels und der Kontrast der Korona während der Totalität hängen sehr stark von den momentanen Bedingungen am Aufnahmeort ab und lassen sich nicht genau vorhersagen. Dunst, Staub und (Zirrus-)Bewölkung, sowie reflektiertes Sonnenlicht von Bergen ausserhalb der Totalitätszone haben einen grossen Einfluss darauf. Es ist deshalb wichtig, dass nicht nur ein Bild, sondern eine ganze Serie von Bildern mit verschiedenen Belichtungszeiten gemacht wird. Damit hat man gute Chancen, die verschiedenen Phänomene zu erwischen.

Beispiel der Optik (Berechnungen für 24 x 36 mm Vollformat-Kameras)	Brennweite	ungefähres Gesichtsfeld	Abgebildete Grösse von Sonne / Mond
	mm	Grad	mm
Sigma 15 mm 1:2.8	15	100° x 77°	0.16
	18	90° x 67°	0.18
stärkste verzeichnungsfreie Weitwinkelobjektive	24	74° x 53°	0.23
starke Weitwinkelobjektive	28	65° x 46°	0.26
"normales" Weitwinkelobjektiv	35	54° x 38°	0.32
"normales" Objektiv	50	40° x 27°	0.44
"normales" Teleobjektiv	135	15° x 10°	1.18
NIKKOR 200 mm 1:4	200	10.3° x 6.9°	1.7
	300	6.9° x 4.6°	2.6
	400	5.2° x 3.4°	3.5
Pro Optik Maksutov-Cassegrain System 500 mm 1:5.6	500	4.1° x 2.7°	4.4
	1000	2.1° x 1.4°	8.7
	1500	1.4° x 0.9°	13
Celestron C-8	2000	1.0° x 0.7°	17
Celestron C-11	2800	0.7° x 0.5°	24

Tabelle 4: Die abgebildete Grösse der Sonne (oder des sie verdeckenden schwarzen Mondes) auf 24 x 36 mm Vollformat-CCD-Chip hängt direkt von der verwendeten Brennweite ab. Mit einem 200er-Tele beträgt die Grösse der abgebildeten Sonne erst 1.7 mm. Vorzugsweise sind deshalb noch grössere Brennweiten zu verwenden (graue Bereiche). Zur besseren Veranschaulichung sind unten einige Beispiele aufgeführt.



ISO (ASA)	Blende (f/)									
25	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	16	22	32
50	2	2.8	4	5.6	8	11	16	22	32	44
100	2.8	4	5.6	8	11	16	22	32	44	64
200	4	5.6	8	11	16	22	32	44	64	88
400	5.6	8	11	16	22	32	44	64	88	128
800	8	11	16	22	32	44	64	88	128	
1600	11	16	22	32	44	64	88	128		

Effekt	Belichtungszeit									
Perlschnur-Phänomen				1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60
Chromosphäre			1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30
Protuberanzen		1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15
innerste Korona	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8
Korona bis 0.1 R _S	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4
Korona bis 0.15 R _S	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2
Korona bis 0.2 R _S	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1
Korona bis 0.35 R _S	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2
Korona bis 0.5 R _S	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4
Korona bis 0.75 R _S	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8
Korona bis 1 R _S	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	16
Korona bis 2 R _S	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	16	32
Korona bis 4 R _S	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	16	32	1 min
Korona bis 6 R _S	1/4	1/2	1	2	4	8	16	32	1 min	2 min
Korona bis 8 R _S	1/2	1	2	4	8	16	32	1 min	2 min	

Tabelle 5: Belichtungszeiten für totale Sonnenfinsternisse. Die Belichtungsformel wurde 10) entnommen. Die grauen Felder können folgendermassen als Beispiel verwendet werden: Benutzt wird ein 100 ASA Kleinbildfilm oder Chip bei Blende 8. Die Entfernung ist natürlich auf Unendlich gestellt. Zu Beginn wird die Belichtungszeit auf 1/4000 gestellt. Unmittelbar vor dem zweiten Kontakt werden einige Aufnahmen gemacht. Wenn die Totalität beginnt, wird jeweils die Belichtungszeit auf die nächste längere Stufe gedreht und ausgelöst. So wird eine ganze Belichtungsreihe gemacht. Ist das Stativ fest montiert, so kann dies 'blind' erfolgen, denn die Sonne bewegt sich praktisch nicht in diesen paar Sekunden. Am besten 'fährt' man wieder die Belichtungsleiter hoch. Wer diese Prozedur geübt hat und 'im Schlaf' beherrscht, kann während dieser Belichtungsreihe die Natur beobachten. (R_S = Sonnenradien)

Die obige Tabelle enthält gemäss der Einleitung des Kapitels nur grobe Richtwerte. Ob zum Beispiel Blende 5.6 oder 8 eingestellt wird, spielt keine grosse Rolle. Ob die Kamera 1/4000 oder nur 1/1000 Sekunden als kürzeste Verschlusszeit zulässt, spielt auch keine Rolle. Wichtig ist nur, dass der vorhandene Belichtungsspielraum der Kamera in Form einer Belichtungsreihe möglichst mehrmals abgefahren wird.

Temperaturverlauf während Sonnenfinsternissen

Das Messen der Temperatur kann ein interessantes Experiment sein, das auch von und mit Kindern durchgeführt werden kann. In der folgenden Abbildung habe ich allerdings eine etwas professionellere automatische Methode benutzt: Mehrere batteriebetriebene und vorprogrammierte Messgeräte speicherten während der ganzen Finsternis die Temperatur auf verschiedenen Höhen über Grund. Die Temperatur-Diagramme zeigen nebst dem Temperaturverlauf auch die abnehmende Thermik im Tagesverlauf. Das Temperaturminimum, ein Gefälle von etwa 4 °C, wird erst einige Minuten nach der Totalität erreicht.

Die schwarzen senkrechten Striche markieren jeweils (v. l. n. r.) Beginn der partiellen Phase, Beginn der Totalität, Ende der Totalität und Ende der partiellen Phase.

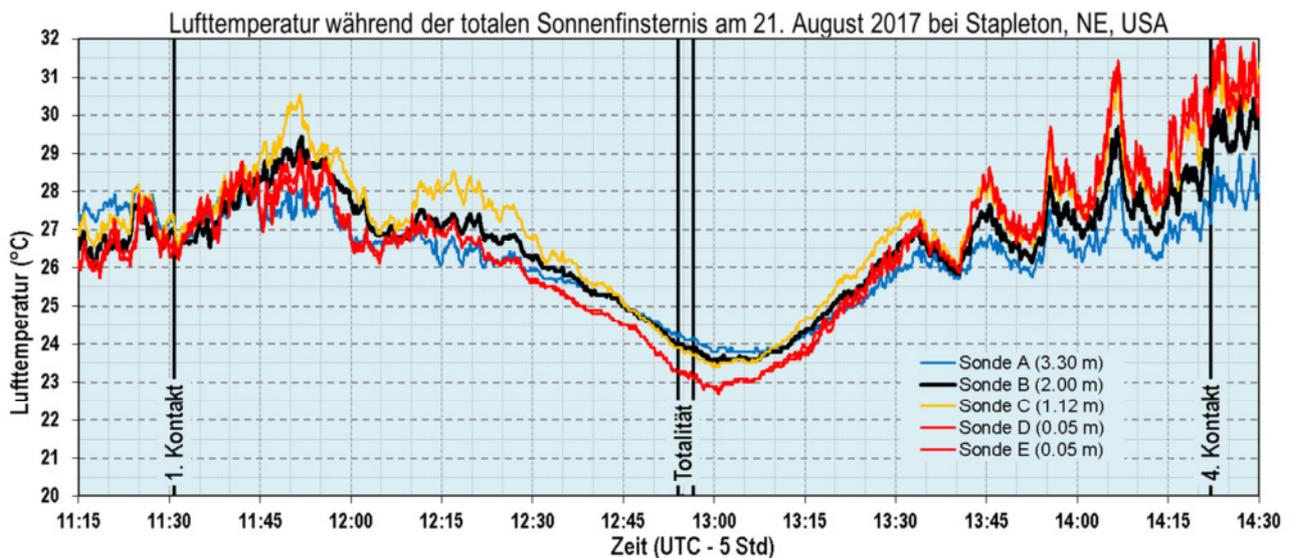


Abbildung 7: Temperaturverlauf auf verschiedenen Messhöhen während der Sonnenfinsternis am 21.8.2017 in den U.S.A.

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

Die totale Sonnenfinsternis am 2. Juli 2019

Land	Stadt	Einw.	Tp	1. Kontakt				2. Kontakt				Maximum				magn.	3. Kontakt				4. Kontakt			
				UT ₁	P°	V°	A°	UT ₂	P°	V°	A°	UT _{max}	P°	V°	A°		UT ₃	P°	V°	A°	UT ₄	P°	V°	A°
Chile																								
	Andacollo	10400	t	19:23:00	277	134	26	20:38:45	68	297	14	20:39:53	188	58	13.8	2:15	20:41:00	309	178	13.6	21:47:07	99	336	1.4
	Antofagasta	345000	p	19:28:11	269	132	28.9					20:44:00	189	64	15.7	0.857					21:49:58	108	351	2.6
	Buín	50700	p	19:21:10	283	137	22.4					20:36:42	8	233	11.3	0.923								
	Calera	54700	p	19:21:00	282	136	23.4					20:37:06	8	234	12.1	0.940					21:44:06	94	328	0.2
	Cartagena	23700	p	19:19:54	283	136	23.2					20:36:02	8	233	12.1	0.918					21:43:09	92	325	0.4
	Cauquenes	36300	p	19:17:34	286	137	21.9					20:33:07	7	230	11.4	0.855					21:40:06	89	319	0.3
	Chañaral	13500	t	19:22:43	277	134	26.3	20:38:41	65	294	14.2	20:39:46	188	58	14.1	2:11	20:40:51	312	182	13.9	21:47:08	99	337	1.6
	Concón	36000	p	19:20:23	282	136	23.6					20:36:40	8	234	12.3	0.933					21:43:50	93	327	0.5
	Constitución	42400	p	19:17:43	285	136	22.4					20:33:37	7	231	11.8	0.868					21:40:47	89	320	0.5
	Copiapó	165000	p	19:25:41	274	134	26.5					20:41:56	189	60	13.9	0.953					21:48:32	102	342	1.2
	Coquimbo	207000	t	19:22:21	278	135	25.5	20:38:11	137	6	13.7	20:39:12	8	237	13.5	2:01	20:40:12	239	108	13.4	21:46:30	98	334	1.2
	Curacaví	21400	p	19:20:43	282	136	23					20:36:37	8	233	11.7	0.926					21:43:31	93	326	0
	Curicó	118000	p	19:19:44	284	137	21.9					20:35:06	8	232	11.1	0.889								
	El Monte	29000	p	19:20:46	283	136	22.7					20:36:30	8	233	11.5	0.921								
	Graneros	27900	p	19:21:02	283	137	22.2					20:36:26	8	233	11.1	0.915								
	Illapel	26500	p	19:21:40	280	136	24.2					20:38:04	8	235	12.6	0.968					21:45:11	95	330	0.6
	La Ligua (Valparaíso)	22300	p	19:21:06	281	136	23.7					20:37:19	8	234	12.3	0.947					21:44:24	94	328	0.4
	La Serena	208000	t	19:22:32	278	135	25.5	20:38:12	128	357	13.7	20:39:19	8	237	13.5	2:15	20:40:27	248	117	13.3	21:46:34	98	335	1.2
	Lampa	23500	p	19:21:11	282	136	22.9					20:36:57	8	234	11.6	0.932								
	Limache	43500	p	19:20:44	282	136	23.3					20:36:49	8	234	12	0.934					21:43:51	93	327	0.2
	Linares	75200	p	19:18:45	285	137	21.5					20:33:58	7	231	10.9	0.865								
	Los Andes	72300	p	19:21:55	281	136	23					20:37:38	8	234	11.6	0.946								
	Machalí	35100	p	19:21:02	283	137	22.1					20:36:23	8	233	11	0.913								
	Melipilla	65200	p	19:20:27	283	136	22.8					20:36:17	8	233	11.7	0.919					21:43:12	92	325	0
	Molina	44200	p	19:19:36	284	137	21.8					20:34:57	8	232	11	0.885								
	Ovalle	85700	p	19:22:13	279	135	25					20:38:51	8	236	13.1	0.993					21:46:03	97	333	0.9
	Padre Hurtado	47300	p	19:21:08	282	136	22.6					20:36:46	8	234	11.4	0.926								
	Paine	30900	p	19:21:07	283	137	22.4					20:36:38	8	233	11.2	0.921								

Die totale Sonnenfinsternis am 2. Juli 2019

Land	Stadt	Einw.	Tp	1. Kontakt				2. Kontakt				Maximum				magn.	3. Kontakt				4. Kontakt			
				UT ₁	P°	V°	A°	UT ₂	P°	V°	A°	UT _{max}	P°	V°	A°		UT ₃	P°	V°	A°	UT ₄	P°	V°	A°
	Parral	30200	p	19:18:13	286	137	21.4					20:33:26	7	230	11	0.856								
	Peñaflor (Metropolitana)	88700	p	19:20:58	282	136	22.6					20:36:38	8	233	11.5	0.923								
	Puente Alto	886000	p	19:21:31	282	137	22.4					20:36:59	8	234	11.2	0.927								
	Quillota	76200	p	19:20:50	282	136	23.4					20:36:57	8	234	12.1	0.937					21:43:59	94	327	0.3
	Quilpué	165000	p	19:20:21	282	136	23.5					20:36:35	8	234	12.2	0.931					21:43:43	93	327	0.4
	Quintero	22900	p	19:20:27	282	136	23.7					20:36:46	8	234	12.4	0.936					21:43:58	94	327	0.5
	Rancagua	253000	p	19:20:56	283	137	22.1					20:36:19	8	233	11.1	0.913								
	Rengo	42200	p	19:20:36	283	137	22					20:35:59	8	233	11	0.906								
	San Antonio (Valparaíso)	98000	p	19:19:53	283	136	23.2					20:35:59	8	233	12	0.916					21:43:06	92	325	0.3
	San Bernardo	325000	p	19:21:19	282	137	22.5					20:36:52	8	234	11.3	0.926								
	San Felipe	66900	p	19:21:46	281	136	23.1					20:37:35	8	234	11.7	0.946								
	San Fernando	60900	p	19:20:20	284	137	22					20:35:43	8	232	11.1	0.900								
	San Vicente	27200	p	19:20:16	283	137	22.2					20:35:46	8	232	11.2	0.903								
	Santiago	5280000	p	19:21:30	282	137	22.6					20:37:03	8	234	11.3	0.930								
	Talagante	69600	p	19:20:56	283	136	22.6					20:36:36	8	233	11.4	0.922								
	Talca	237000	p	19:18:51	285	137	21.9					20:34:17	8	231	11.2	0.874								
	Vallenar	47100	p	19:24:10	276	134	26					20:40:44	188	59	13.7	0.989					21:47:41	100	338	1.2
	Valparaíso	267000	p	19:20:08	282	136	23.6					20:36:26	8	234	12.3	0.929					21:43:39	93	326	0.5
	Vicuña	22400	t	19:23:19	278	135	25	20:38:31	119	348	13.2	20:39:43	8	237	13	2:24	20:40:55	258	127	12.8	21:46:40	98	335	0.7
	Villa Alemana	133000	p	19:20:35	282	136	23.4					20:36:43	8	234	12.1	0.932					21:43:47	93	327	0.3
	Viña del Mar	286000	p	19:20:17	282	136	23.5					20:36:33	8	234	12.3	0.931					21:43:44	93	327	0.5
	Uruguay																							
	Colonia	23100	p	19:37:07	276	140	12.1					20:44:44	188	60	0.5	0.985								
	Mercedes	44800	p	19:38:03	275	140	12.8					20:45:43	188	61	1.1	0.957								
	Paysandú	78900	p	19:38:53	273	139	13.3					20:46:29	188	62	1.4	0.934								
	Salto	108000	p	19:39:54	272	139	13.6					20:47:17	188	63	1.6	0.908								

Tabelle 6: Sichtbarkeit der Sonnenfinsternis am 2. Juli 2019. Aufgeführt sind Städte und Orte mit mehr als zehntausend Einwohnern, in welchen die Totalität zu sehen ist, und Orte mit mehr als zwanzigtausend Einwohnern, wo die maximale Finsternis mindestens eine Magnitude von 85% erreicht.

Wo dauert eine Sonnenfinsternis am längsten?

Während einer Sonnenfinsternis fällt der Schatten des Mondes (das gilt für den Halb- sowie den Kernschatten) für eine gewisse Zeit auf die der Sonne zugewandte Seite der Erde, weil dann der Mond auf seiner Bahn um die Erde zwischen Erde und Sonne vorbeizieht.

Bei Finsternissen, bei denen der Mondschatten die Erde „voll“ trifft, wenn also die Zentrallinie über äquatoriale Gebiete führt, dauert die globale partielle Phase im Schnitt maximal etwas mehr als fünf Stunden und die globale Totalität oder Ringförmigkeit etwa dreieinhalb Stunden.

Von oberhalb der Ekliptik (Erdbahnebene) betrachtet umkreist der Mond die Erde im Gegenuhrzeigersinn und auch die Erdrotation läuft im Gegenuhrzeigersinn. Da die Erdachse nur um 23.5 Grad um die Senkrechte auf die Umlaufbahn gekippt ist und auch die Mondbahn nur um fünf Grad geneigt ist, folgen Beobachter in Äquaturnähe durch die Erdrotation dem Mondschatten, ganz im Gegenteil zu Beobachtern an den Polen, die in dieser Hinsicht „stehenbleiben“. Der Mond bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 3400 km/h (384'400 km Abstand Erde-Mond; 29.5 Tage von Neumond zu Neumond) um die Erde. Am Äquator bewegt man sich mit einer Geschwindigkeit von 1670 km/h (40'000 km Erdumfang; 24 Stunden Tageslänge) um die Erdachse und mit dieser Geschwindigkeit verfolgt man den Mondschatten. Die Relativgeschwindigkeit des Mondschattens über dem Äquator kann also bestenfalls auf etwa 1730 km/h gedrückt werden.

In erster Näherung kann gesagt werden, dass Beobachter auf der Zentrallinie eine längere Finsternis geniessen können, weil dort die Schattenradien (Halb- und Kernschatten) grösser sind als in der Nachbarschaft. Je weiter man sich aber quer zum Schattenverlauf von der Zentrallinie entfernt, desto kürzer (und asymmetrischer) wird die Finsternis sein. Berücksichtigt man nun aber die Tatsache, dass Beobachter am Äquator dem Mondschatten eher folgen als alle andern, kommt man zum Schluss, dass man sich für eine etwas längere totale Dauer einer Finsternis durchaus von der Zentrallinie entfernen kann, und zwar in die Richtung, wo die Sonne höher über dem Horizont steht, allerdings natürlich auf Kosten eines konzentrischen Finsternis-Maximums. Je pol-näher eine Finsternis verläuft, desto stärker ist dieser „Gewinn“ an Finsternisdauer, wie das Beispiel der totalen Sonnenfinsternis am 20. März 2015 deutlich zeigt.

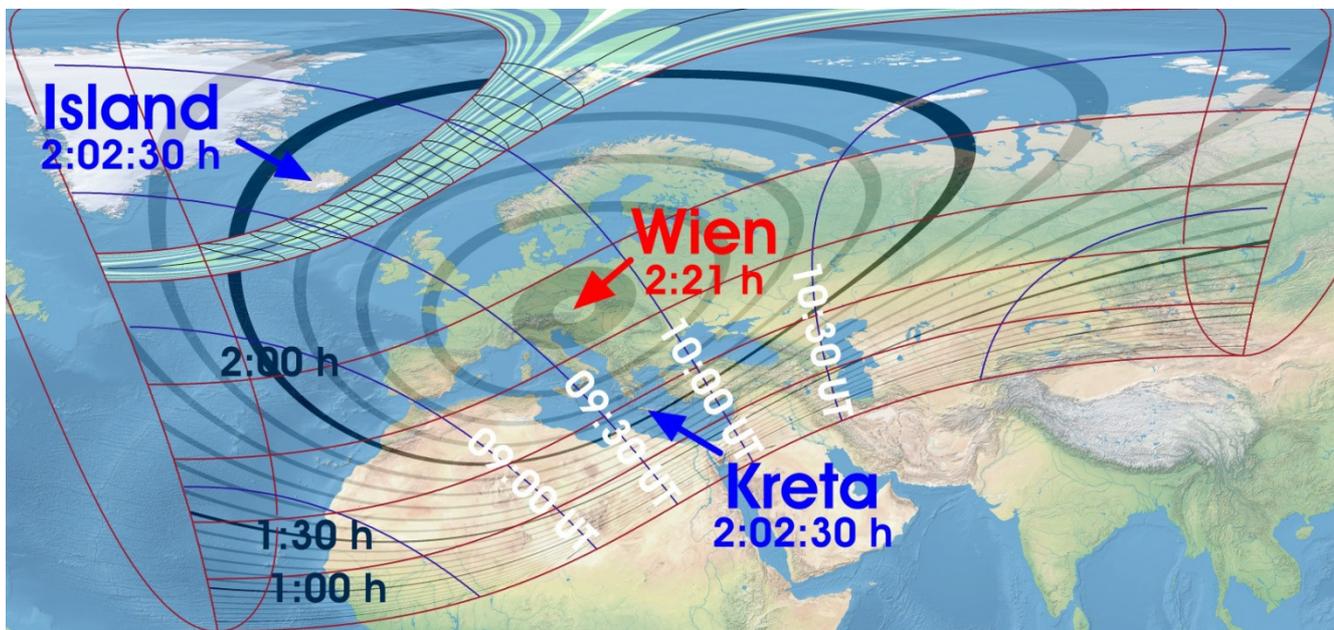


Abbildung 8: Gesamtdauer der Sonnenfinsternis am 20. März 2015 an verschiedenen Orten der Erde. In Kreta, das 3900 km von der Zentrallinie entfernt lag, betrug die Dauer der partiellen Finsternis mit etwa zwei Stunden gleich lang wie in Island unmittelbar neben der Zentrallinie. Dies deshalb, weil Kreta viel näher am Äquator liegt als Island und deshalb mit grösserer Geschwindigkeit dem Mondschatten folgte.

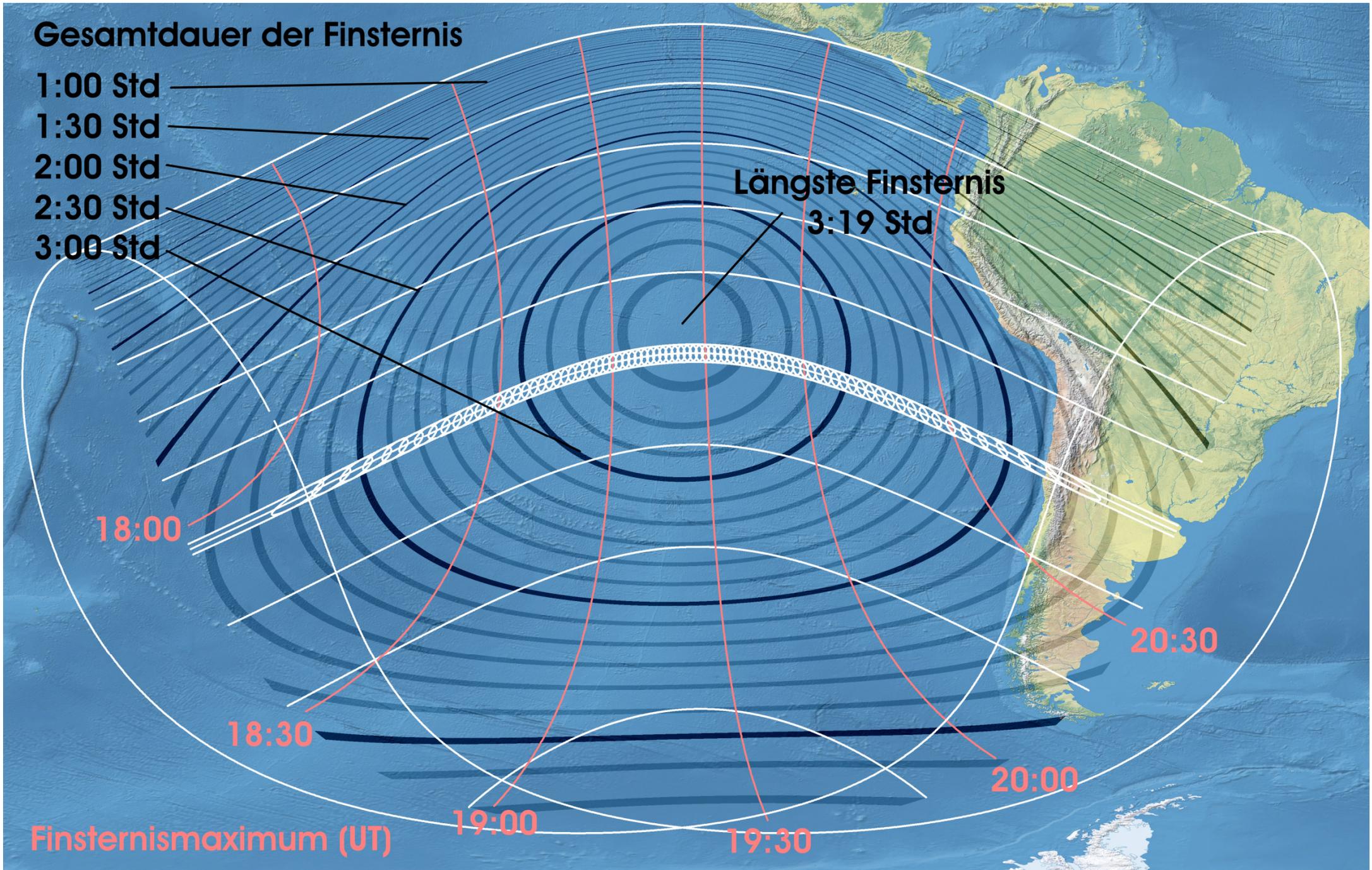
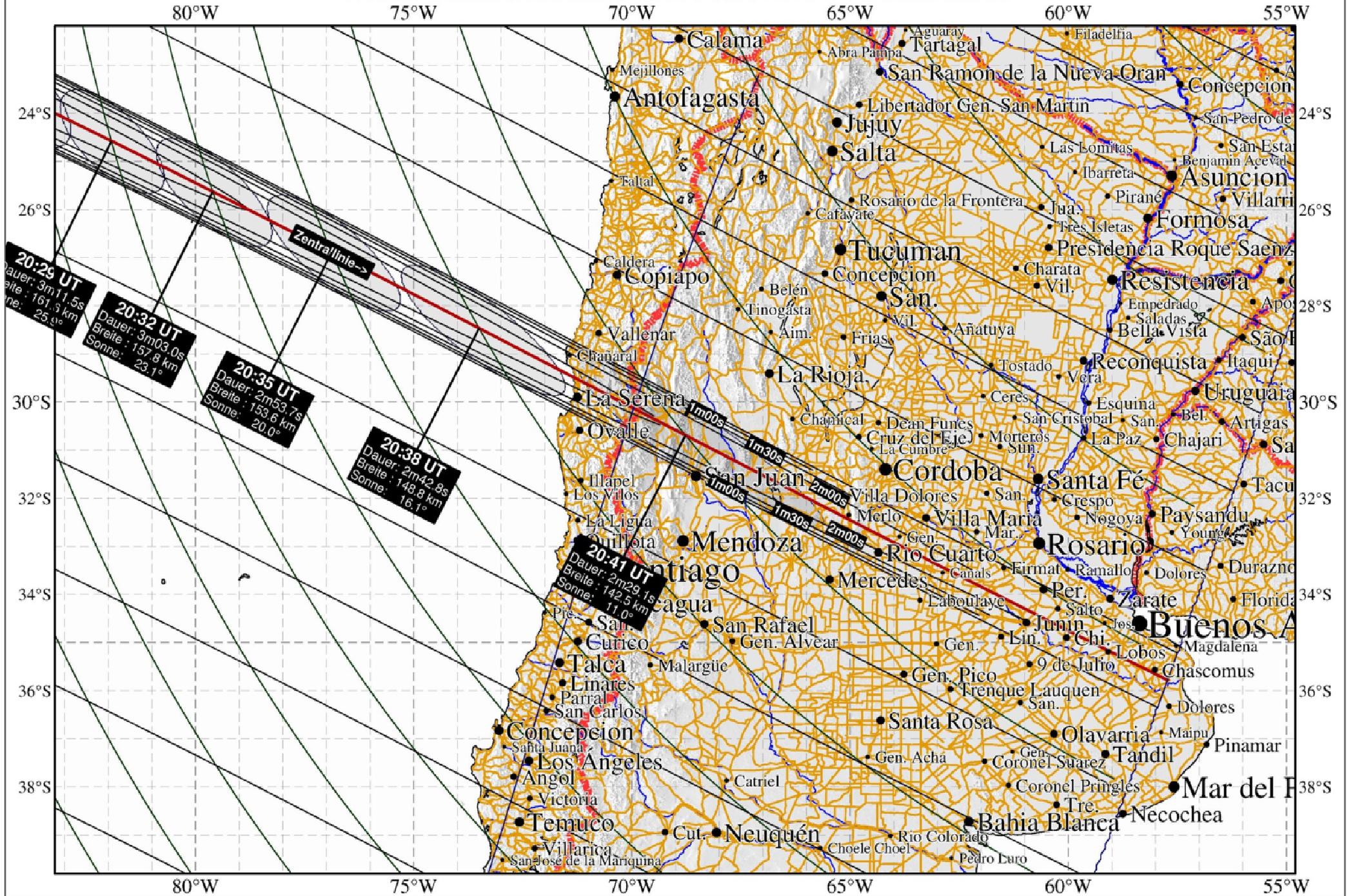


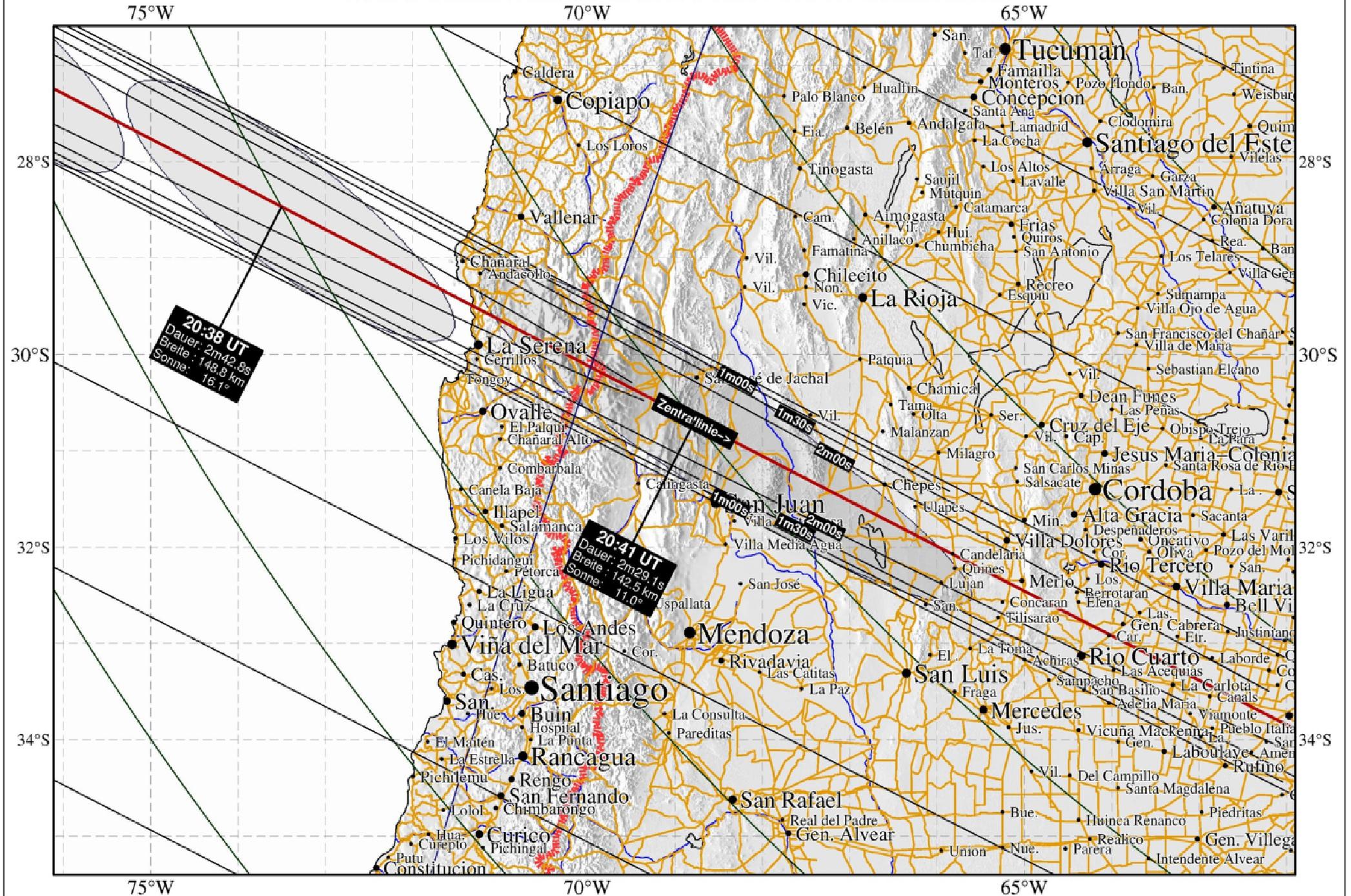
Abbildung 9 Verlauf der Finsternis: Die schattierten Ringe sind die Orte gleicher Finsternisdauer.

Finsternis-Karten

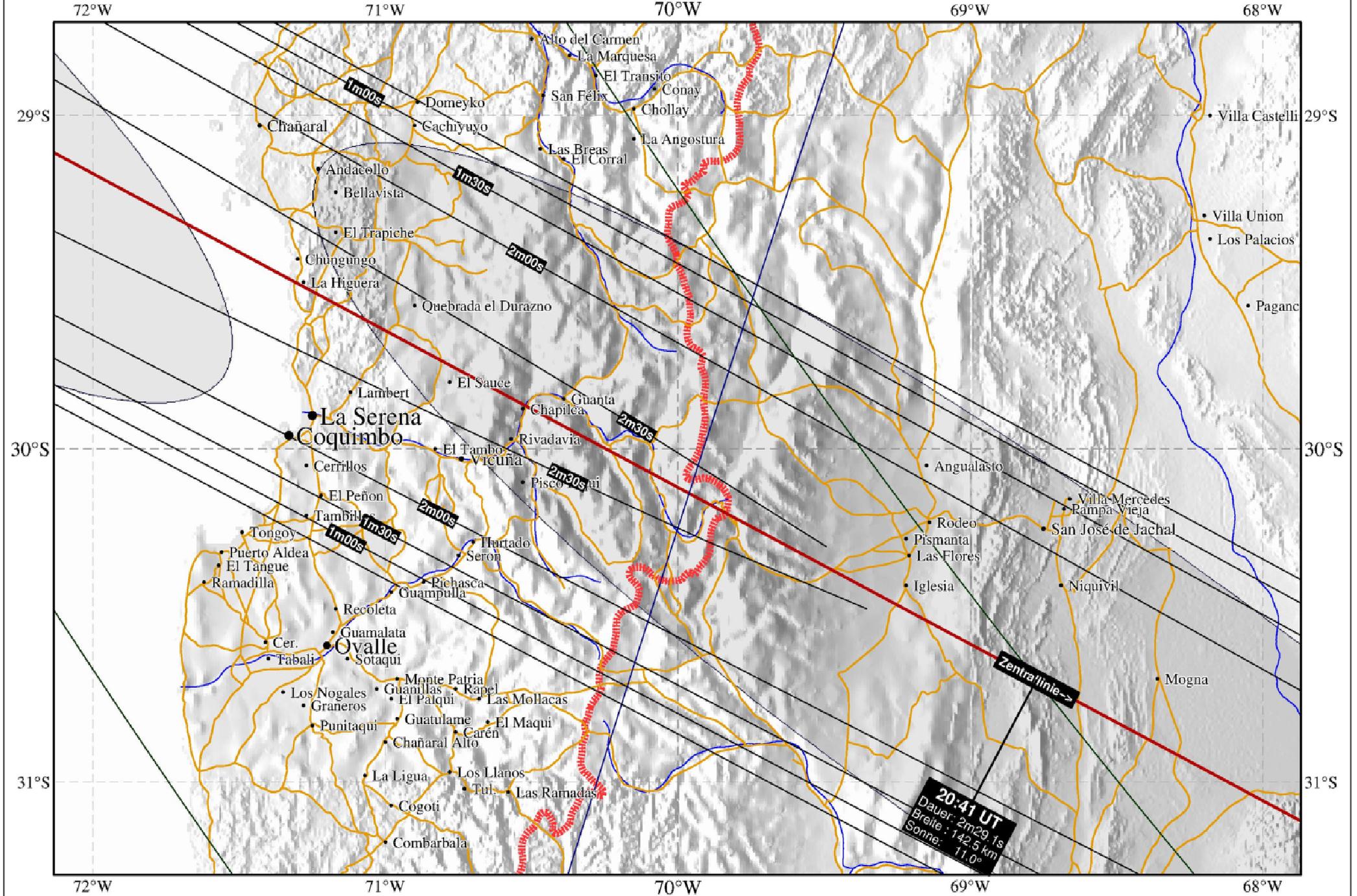
Totale Sonnenfinsternis am 2. Juli 2019 in Südamerika



Totale Sonnenfinsternis am 2. Juli 2019 in Südamerika



Totale Sonnenfinsternis am 2. Juli 2019 in Südamerika



Seite für eigene Notizen