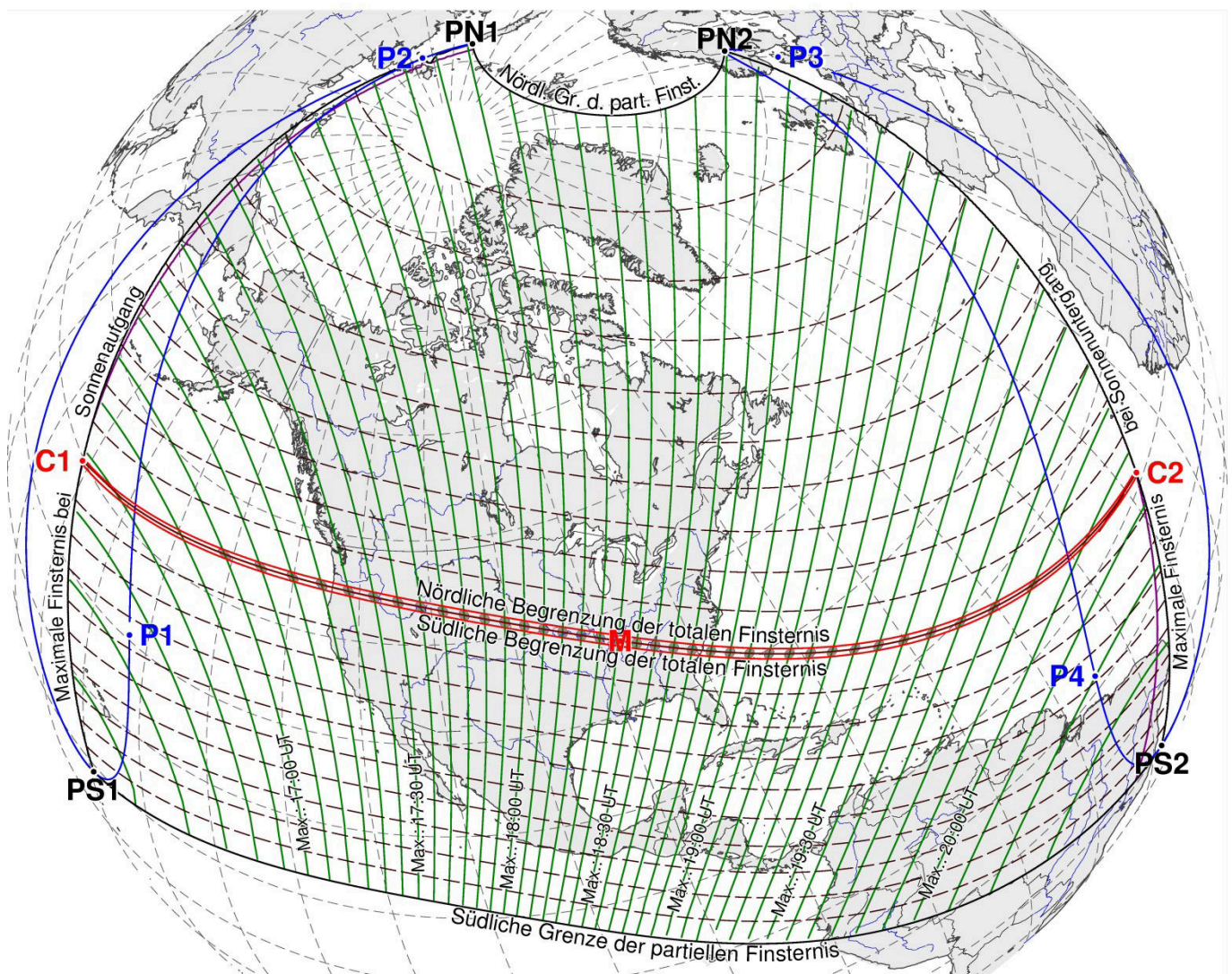


Die TOTALE SONNENFINSTERNIS am 21. AUGUST 2017

Robert Nufer

Totale Sonnenfinsternis am 21. August 2017



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, ein Jahr vor der totalen Sonnenfinsternis am 21. August 2017, 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 hingehet, 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 und Tochter 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.

Und natürlich werde ich auch in Zukunft wieder hinzugehen versuchen!

Robert Nufer

Therwil, im September 2016

Im Römergarten 1

CH-4106 Therwil (Schweiz)

Email: [Robert Nufer](mailto:Robert.Nufer@bluewin.ch)

Web: <http://RobertNufer.ch>

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	2
Inhaltsverzeichnis	3
Die totale Sonnenfinsternis am 21. August 2017	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 145.....	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.....	20
Sichtbarkeit der Finsternis in einigen ausgewählten Orten	21
Wo dauert eine Sonnenfinsternis am längsten?	24
Finsternis-Karten	26
Seite für eigene Notizen.....	33

Die totale Sonnenfinsternis am 21. August 2017

2017 finden zwei Sonnenfinsternisse statt – eine ringförmige und eine totale.

Die erste, weniger interessante, ringförmige Finsternis ist diejenige am 26. Februar. Was das Beobachten vom Boden aus betrifft, ist die Ringförmigkeit im südlichen Amerika und im afrikanischen Angola sehen. Die partielle Phase kann in Argentinien, Bolivien, Chile, Paraguay, Uruguay und in südlichen Teilen Brasiliens und Perus beobachtet werden.

Die zweite, totale Finsternis ist die hier beschriebene am 21. August. Sie dauert auf der Zentrallinie im Maximum 2 Minuten und 40 Sekunden im amerikanischen Bundesstaat Illinois.

Totale Sonnenfinsternis am 21. August 2017

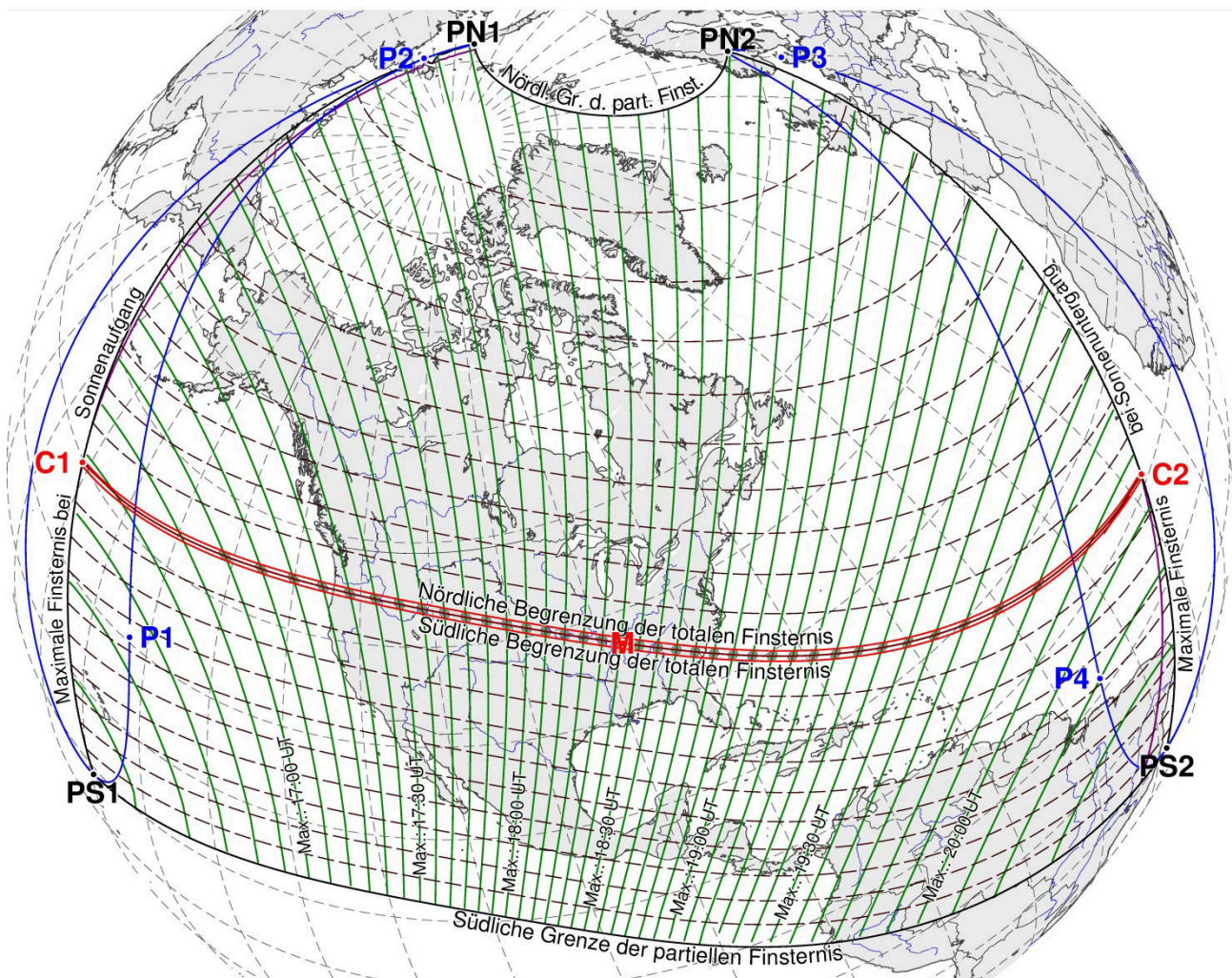


Abbildung 1: Orthographische Projektion der Sonnenfinsternis am 21. August 2017. Die partielle Finsternis beginnt um 15:46:50 Uhr Universal Time (UT) bei Sonnenaufgang im Punkt P1 und endet um 21:04:21 UT bei Sonnenuntergang im Punkt P4. (Win_A5L_Kugel.dpr)

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.

In der stereographischen Projektion ist viel besser zu erkennen, welche Teile Ost Sibiriens (links) und Westafrikas (rechts) noch in der Finsterniszone liegen.

Totale Sonnenfinsternis am 21. August 2017

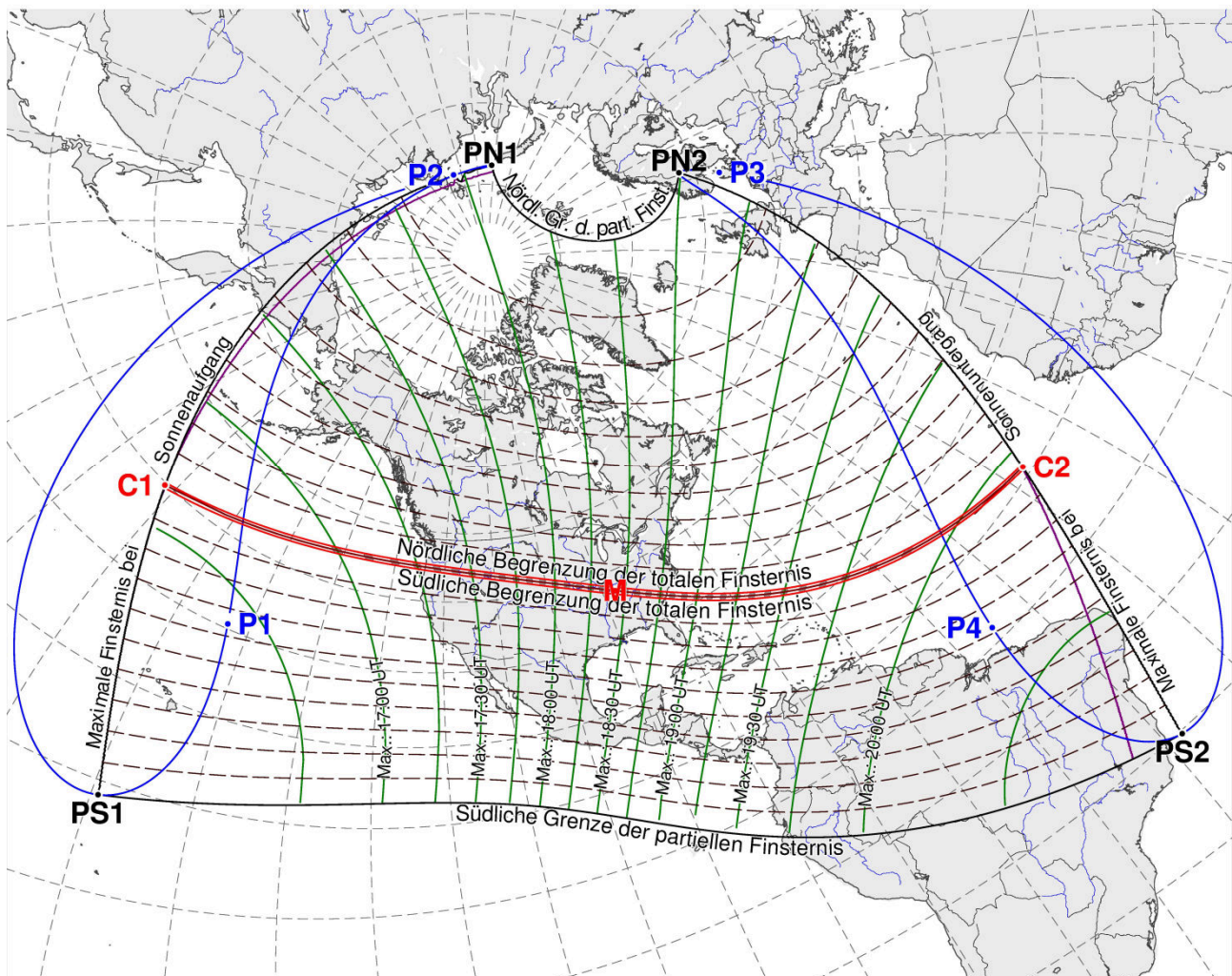


Abbildung 2: Stereographische Projektion der Sonnenfinsternis am 21. August 2017. In dieser Darstellung werden die peripheren Gebiete einer Kugel nach aussen geklappt. Damit sind die Anfangs- und Endregionen der Finsternis besser sichtbar. (Win_A5L_Stereogr.dpr)

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- : 2017- 8-21 18:14:22.82 J.D.: 2457987.259986 TT
tion in Rektaszension : 2017- 8-21 18:13:12.48 J.D.: 2457987.259172 UT

Zeitpunkt der maxima- : 2017- 8-21 18:26:40.24 J.D.: 2457987.268521 TT
len Finsternis : 2017- 8-21 18:25:29.91 J.D.: 2457987.267707 UT

		h m s		h m s
Scheinbare	Sonne:	10:04:03.938	stündl. Bewegung :	00:00:09.231
Rektaszen- sion	Mond:	10:04:30.585	stündl. Bewegung :	00:02:19.290

		° ' "		° ' "
Scheinbare	Sonne:	11:51:42.94	stündl. Bewegung :	-00:00:50.28
Deklination	Mond:	12:16:32.76	stündl. Bewegung :	-00:09:11.49

		° ' "		° ' "
Äquatoriale	Sonne:	8.69	wahrer Halbmesser :	00:15:48.7
Horizontal- parallaxe	Mond:	00:58:55.72	wahrer Halbmesser :	00:16:03.6

tan(f1) : 0.00462223 μ' : 15.00393864 °/h DeltaT : 70.33 s
tan(f2) : 0.00459921 d' : -0.01362378 °/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 Löwe.

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

Die stündliche Bewegung der Deklination des Mondes ist negativ, also findet die Finsternis am absteigenden 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 15:47:00 UT etwa tausend Kilometer nördlich von Hawaii. Ab diesem Zeitpunkt wandert der Halbschatten über die Erde. Entsprechend endet die Sonnenfinsternis in einem Punkt P4 um 21:04:21 UT bei Sonnenuntergang nordöstlich im Atlantik vor Brasilien.

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

Pkt	Zeit (TT) hh:mm:ss.ss	Zeit (UT) hh:mm:ss.ss	geogr. Breite grad:mm.m	ephem. Länge grad:mm.m	geogr. Länge grad:mm.m
----	-----	-----	-----	-----	-----
TP1	15:48:00.02	15:46:49.69	30:32.8	-153:22.7	-153:05.1
TP2	18:13:05.85	18:11:55.52	78:03.0	94:29.2	94:46.8
TP3	18:40:33.07	18:39:22.74	57:00.3	09:28.9	09:46.5
TP4	21:05:31.77	21:04:21.43	01:42.4	- 45:16.9	- 44:59.3
TPN1	18:07:23.74	18:06:13.41	77:33.9	71:14.0	71:31.6
TPS1	16:34:08.14	16:32:57.81	08:39.0	-159:36.5	-159:18.9
TPN2	18:46:17.83	18:45:07.49	61:56.8	12:22.6	12:40.3
TPS2	20:19:10.56	20:18:00.22	- 20:16.9	- 38:29.4	- 38:11.8
TU1	16:49:44.66	16:48:34.33	39:37.5	-171:42.7	-171:25.0
TU2	16:50:44.64	16:49:34.31	39:51.0	-172:02.5	-171:44.9
TU3	20:02:47.92	20:01:37.59	11:07.6	- 27:35.4	- 27:17.8
TU4	20:03:42.63	20:02:32.30	10:55.0	- 27:51.8	- 27:34.2
TUN1	16:50:30.08	16:49:19.74	39:59.7	-172:02.0	-171:44.4
TUS1	16:49:59.29	16:48:48.96	39:28.9	-171:43.2	-171:25.6
TUN2	20:03:01.30	20:01:50.97	11:15.6	- 27:37.0	- 27:19.4
TUS2	20:03:29.26	20:02:18.92	10:47.0	- 27:50.3	- 27:32.6
TC1	16:50:14.65	16:49:04.31	39:44.2	-171:52.6	-171:34.9
TC2	20:03:15.29	20:02:04.96	11:01.3	- 27:43.6	- 27:26.0
TG0	18:26:40.24	18:25:29.91	36:58.0	- 87:57.5	- 87:39.8

Tabelle 2: Die Eckpunkte der totalen Sonnenfinsternis am 21. August 2017. 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 eintausend Kilometer nordöstlich von Hawaii, weit draussen im Pazifik (Punkt P1 in den Abbildungen 1 und 2).

Mehr und mehr schiebt sich nun der Mondschaten auf die Erde. Eine gute Stunde später um 16:48:34 UT beginnt die Totalität – auch bei Sonnenaufgang – südlich der Aleuten. Zu dem Zeitpunkt fällt etwas weniger als der halbe Mondschaten auf die Erde. Es dauert nochmals fast einhalb Stunden, bis auch der restliche Teil des Mondschatens auf die Erde fällt. dies ist um 18:11:56 UT ganz im Norden, am achtzigsten Breitengrad in der Arktis der Fall. Das ist Pech für etwaige Beobachter, denn dort endet die Sonnenfinsternis just bei Sonnenaufgang.

Inmitten der Vereinigten Staaten von Amerika findet etwas später in der Nähe von Nashville, aber im Bundesstaat Kentucky, die maximale Totalitätsdauer statt. Dort dauert die Totalität $2^{\text{min}}40^{\text{sek}}$ und die Sonne steht 64 Grad über dem Horizont.

Ganz im Norden nähert sich der Rand des Halbschatens bereits wieder dem Horizont, und um 18:39:29 UT beginnt der Halbschaten, die Erde bei Sonnenuntergang zu verlassen. dieser Ort liegt in Dänemark (Punkt P3 in den Abbildungen 1 und 2).

Zu dem Zeitpunkt wandert der die Totalität erzeugende Kernschatten immer noch über die Oststaaten der USA. Um 18:48 UT hingegen verlässt er das amerikanische Festland und streift im Atlantik ostwärts, wo er um 20:02 UT die Erde bei Sonnenuntergang südwestlich der Kapverdischen Inseln verlässt.

Ab jetzt ist nur noch unabhängig vom Standort nur noch partielle Finsternis zu beobachten, und das immer später am Nachmittag. Nach einer Stunde verlässt um 21:04:21 UT der letzte Halbschaten nordöstlich von Brasilien im Atlantik die Erde bei Sonnenuntergang und die Finsternis ist endgültig Geschichte.

Die ganze Finsternis wird vom ersten bis zum letzten Kontakt des Halbschatens fünf und eine Viertelstunde gedauert haben. Darin eingebettet wird während drei und einer Viertelstunde 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 Mondschaten meistens die Erde. Befindet sich der Mond aber bei Neumond in der Nähe der Schnittlinie von 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.

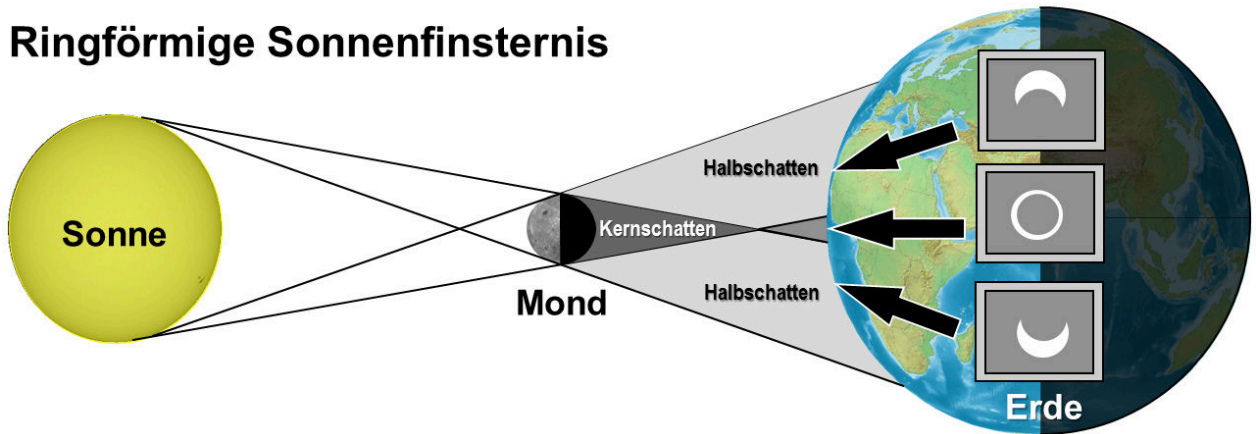
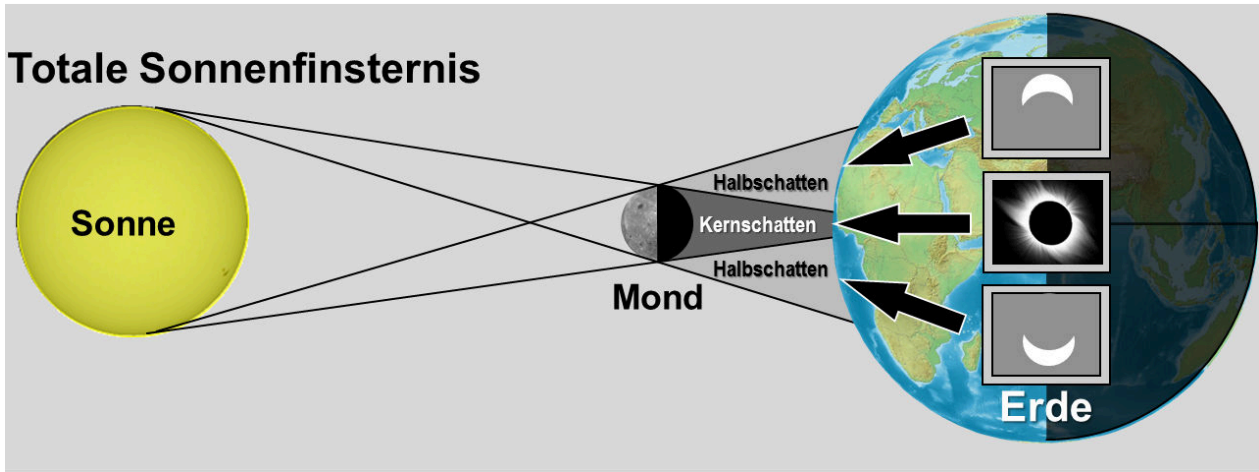


Abbildung 3: Bei einer totalen Sonnenfinsternis (oben) erreicht der Kernschatten des Mondes die Erde. Bei der ringförmigen Finsternis (unten) ist der Kernschattenkegel des Mondes zu kurz, um die Erdoberfläche zu erreichen. Deshalb sieht ein Beobachter vom Boden aus einen Ring aus Sonnenlicht um den Mond 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 2 Minuten und 40 Sekunden gehört diese totale Finsternis zu den kürzeren. Glücklicherweise streift ein grosser Teil des Kernschattens über die USA, wo die Totalität von Millionen Menschen bewundert werden kann.

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.

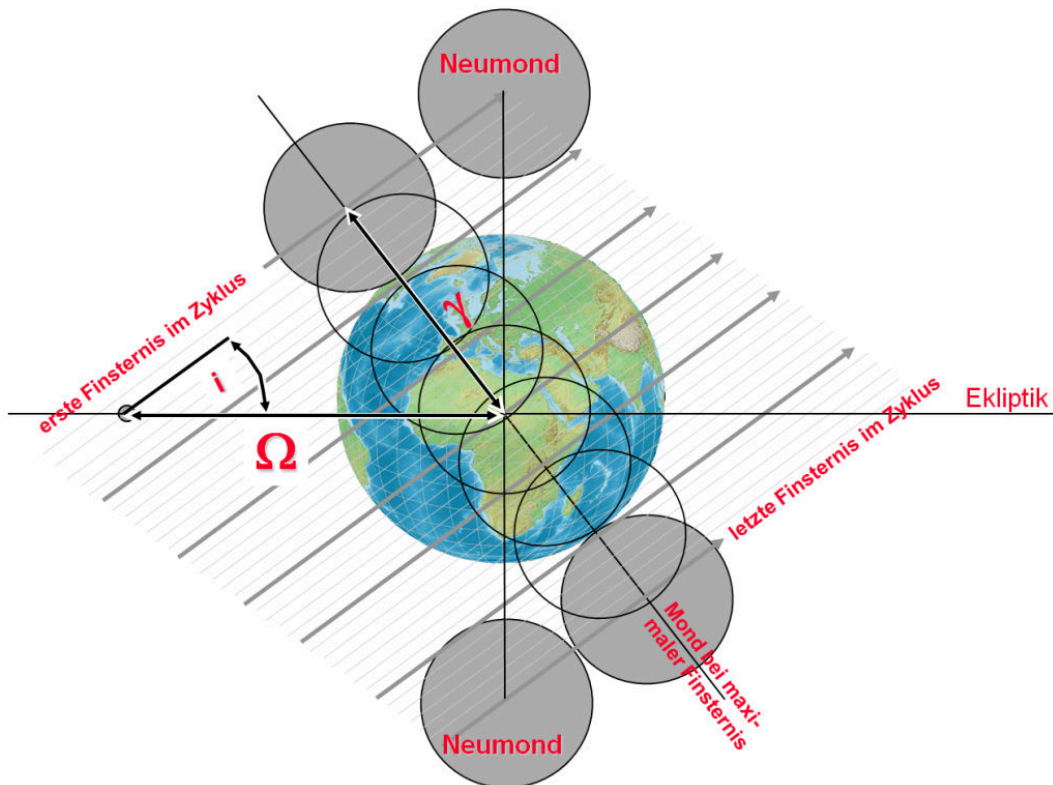


Abbildung 4: Der Saroszyklus (schematisch). Die erste Finsternis ist partiell und der Halbschatten des Mondes streift die Erde nur knapp. Das Finsternismaximum wird erreicht, wenn die Distanz γ minimal ist. γ ist der Abstand der Schattenachse bei maximaler Finsternis ausgedrückt in Erdradien. Neumond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

Der Saroszyklus 145

Diese totale Finsternis ist die 22. von insgesamt 77 Sonnenfinsternissen, welche zum Saroszyklus 145 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 21. August 2017 ist erst die sechste totale Finsternis im Zyklus. Bis zum Jahr 2648 werden 35 weitere totale Finsternisse folgen, bevor der Zyklus nach zwanzig partiellen Finsternissen am 17. April 3009 abreissen wird.

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	4. Jan. 1639 04:59	05:12	part.0.01	40	8. März 2342 01:34	01:32	total
2	14. Jan. 1657 13:12	13:25	part.0.02	41	18. März 2360 10:01	09:59	total
3	25. Jan. 1675 21:23	21:36	part.0.04	42	29. März 2378 18:22	18:19	total
4	5. Febr. 1693 05:31	05:44	part.0.06	43	9. Apr. 2396 02:35	02:32	total
5	17. Febr. 1711 13:34	13:47	part.0.10	44	20. Apr. 2414 10:41	10:37	total
6	27. Febr. 1729 21:31	21:44	part.0.14	45	30. Apr. 2432 18:39	18:35	total
7	11. März 1747 05:22	05:34	part.0.19	46	12. Mai 2450 02:30	02:26	total
8	21. März 1765 13:06	13:18	part.0.25	47	22. Mai 2468 10:16	10:11	total
9	1. Apr. 1783 20:43	20:54	part.0.33	48	2. Juni 2486 17:56	17:51	total
10	13. Apr. 1801 04:13	04:24	part.0.42	49	14. Juni 2504 01:31	01:26	total
11	24. Apr. 1819 11:36	11:46	part.0.52	50	25. Juni 2522 09:03	08:57	total
12	4. Mai 1837 18:53	19:03	part.0.64	51	5. Juli 2540 16:33	16:27	total
13	16. Mai 1855 02:05	02:14	part.0.76	52	16. Juli 2558 00:02	23:55	total
14	26. Mai 1873 09:13	09:22	part.0.89	53	27. Juli 2576 07:31	07:23	total
15	6. Juni 1891 16:18	16:26	ringf.	54	7. Aug. 2594 15:01	14:52	total
16	17. Juni 1909 23:21	23:29	hybrid	55	18. Aug. 2612 22:33	22:24	total
17	29. Juni 1927 06:25	06:32	total	56	30. Aug. 2630 06:08	05:59	total
18	9. Juli 1945 13:30	13:36	total	57	9. Sept. 2648 13:48	13:38	total
19	20. Juli 1963 20:37	20:43	total	58	20. Sept. 2666 21:33	21:22	part.0.91
20	31. Juli 1981 03:48	03:54	total	59	1. Okt. 2684 05:24	05:13	part.0.81
21	11. Aug. 1999 11:04	11:09	total	60	13. Okt. 2702 13:21	13:09	part.0.72
22	21. Aug. 2017 18:27	18:31	total	61	23. Okt. 2720 21:25	21:13	part.0.64
23	2. Sept. 2035 01:57	02:00	total	62	4. Nov. 2738 05:37	05:24	part.0.57
24	12. Sept. 2053 09:34	09:37	total	63	14. Nov. 2756 13:55	13:42	part.0.52
25	23. Sept. 2071 17:20	17:22	total	64	25. Nov. 2774 22:20	22:06	part.0.47
26	4. Okt. 2089 01:15	01:17	total	65	6. Dez. 2792 06:50	06:37	part.0.44
27	16. Okt. 2107 09:18	09:20	total	66	17. Dez. 2810 15:26	15:12	part.0.42
28	26. Okt. 2125 17:30	17:32	total	67	27. Dez. 2828 00:05	23:51	part.0.40
29	7. Nov. 2143 01:51	01:52	total	68	8. Jan. 2847 08:47	08:32	part.0.38
30	17. Nov. 2161 10:20	10:20	total	69	18. Jan. 2865 17:30	17:15	part.0.37
31	28. Nov. 2179 18:55	18:55	total	70	30. Jan. 2883 02:11	01:56	part.0.36
32	9. Dez. 2197 03:36	03:35	total	71	10. Febr. 2901 10:51	10:35	part.0.34
33	21. Dez. 2215 12:21	12:20	total	72	21. Febr. 2919 19:26	19:10	part.0.32
34	31. Dez. 2233 21:09	21:08	total	73	4. März 2937 03:56	03:39	part.0.29
35	12. Jan. 2252 05:59	05:58	total	74	15. März 2955 12:19	12:02	part.0.26
36	22. Jan. 2270 14:48	14:47	total	75	25. März 2973 20:34	20:16	part.0.21
37	2. Febr. 2288 23:35	23:34	total	76	6. Apr. 2991 04:40	04:22	part.0.15
38	14. Febr. 2306 08:20	08:18	total	77	17. Apr. 3009 12:37	12:19	part.0.08
39	25. Febr. 2324 17:00	16:58	total				

Tabelle 3: Die Finsternisse des Saroszyklus 145. 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 wenige Minuten. (Saros.xlsm)

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.

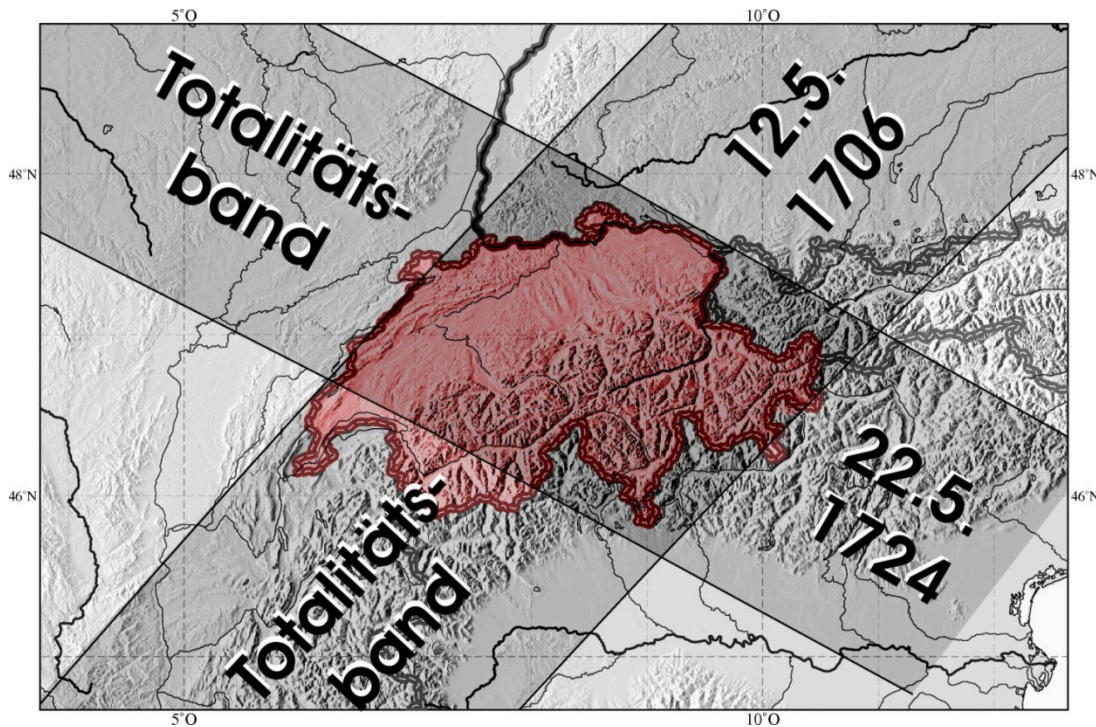


Abbildung 5: Die Totalitätszonen der beiden Finsternisse von 1706 und 1724. Allgemein gilt diejenige von 1724 als die letzte in der Schweiz sichtbare, auch wenn es an diesem Tag regnete. Die Graphik zeigt jedoch, dass die Totalitätszone unmittelbar südöstlich der heutigen Schweiz bei Sonnenuntergang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

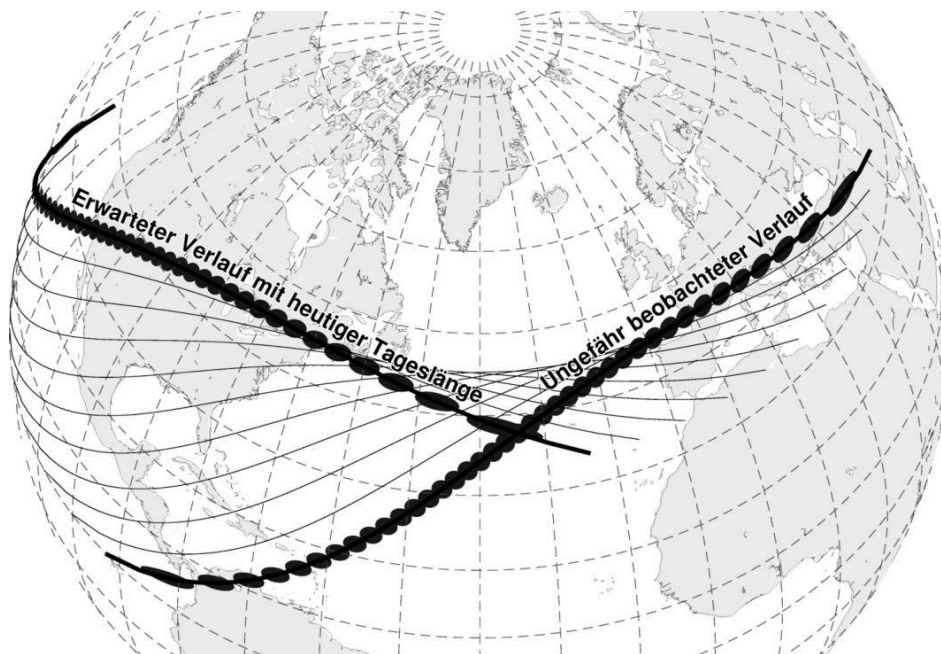


Abbildung 6: Verlauf der Totalitätszone der totalen Sonnenfinsternis am 28. Mai 585 v.Chr. Die Finsternis, welche tatsächlich beobachtet wurde, soll von Thales von Milet (640 - 562 v.Chr.) für eine 'kleinasiatische Küstenstadt' vorausgerechnet worden sein. Die Graphik zeigt, dass die Finsternis mit einer 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 kurzwelligen 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 geschwärmte 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

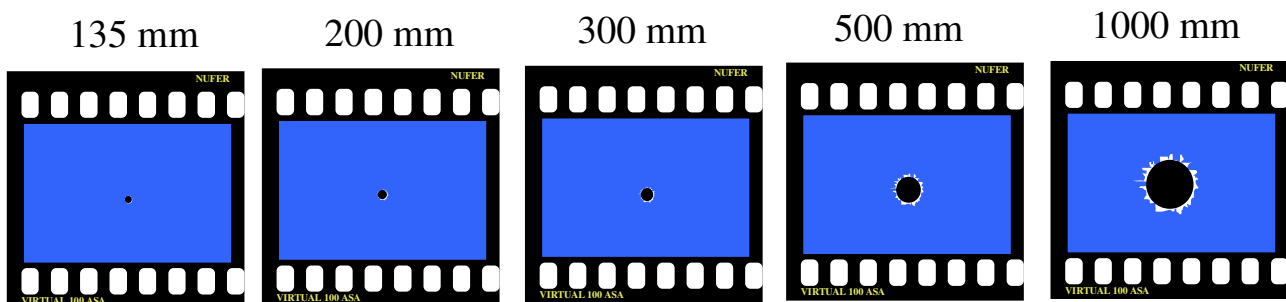
Es gibt viele verschiedene Arten, eine totale Sonnenfinsternis fotografisch auf ein Bild zu bannen. Aber wohl jeder, der zum ersten Mal eine solche erleben kann, will "sein" Portrait der Korona machen. Dazu braucht es einen Fotoapparat mit einem Teleobjektiv und ein Stativ. Zusätzlich sind ein Motor 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. (Tabelle 6)

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 Abbildungen habe ich allerdings eine etwas professionellere automatische Methode benutzt: Eine oder zwei batteriebetriebene und vorprogrammierte Messgeräte speicherten während einem oder zwei Tagen alle zehn bis zwanzig Sekunden die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit. Es waren dies die totalen Sonnenfinsternisse am 21. Juni 2001 in Sambia und diejenige am 11. Juli 2010 in Französisch Polynesien. Die Messgeräte wurden für diese Messungen wenn möglich in zwei Metern Höhe angebracht. 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 feine rote Kurve zeigt den etwa zu erwartenden Temperaturverlauf ohne Sonnenfinsternis. Mit dieser Kurve kann der Temperaturabfall abgeschätzt werden.

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

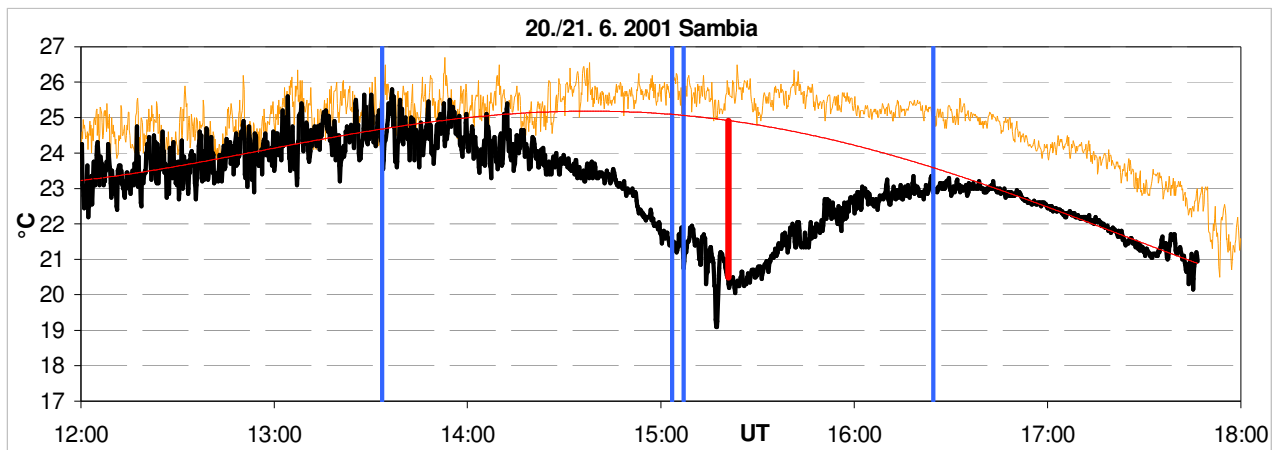


Abbildung 7: Temperaturverlauf am Tag der totalen Sonnenfinsternis am 21. Juni 2001 in Lalafuta/Sambia. Zum Vergleich ist der Temperaturverlauf am Vortag, dem 20. Juni 2001 eingezeichnet (orange Kurve).

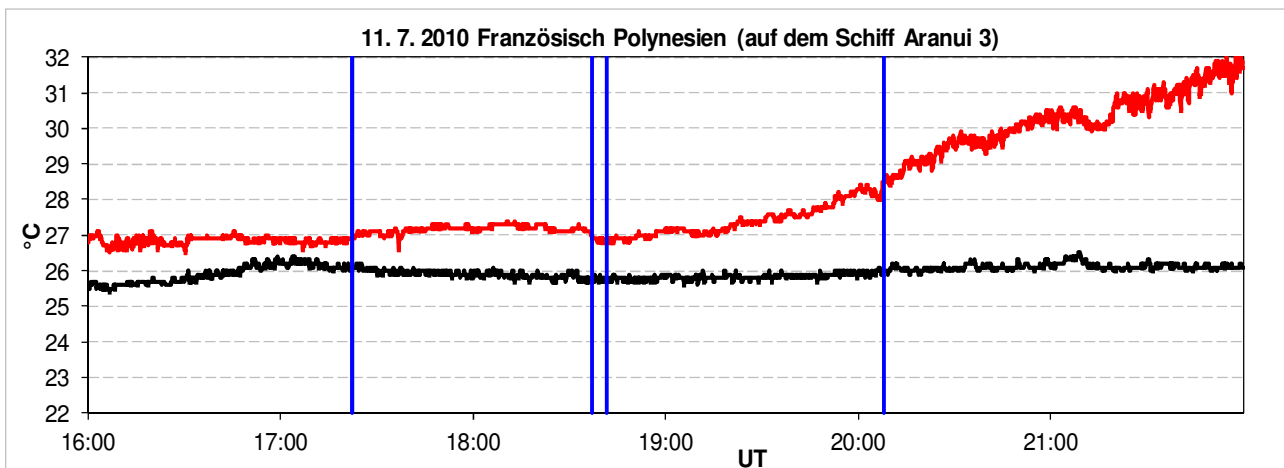


Abbildung 8: Temperaturverlauf am Tag der totalen Sonnenfinsternis am 11. 7. 2010 in Französisch Polynesien. Die rote Kurve wurde auf der Nordseite des nach Westen driftenden Schiffes gemessen, die mehr und mehr der Sonne ausgesetzt war.

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

Sichtbarkeit der Finsternis in einigen ausgewählten Orten

Die folgende Liste enthält die Kontaktzeiten der Finsternis sowie die Totalitätsdauer. Die erste Kolonne enthält die alphabetisch sortierten Städtenamen. Daneben stehen fünf Kolonnenblöcke: Je ein Block für den 1. Kontakt (Beginn der partiellen Phase), 2. Kontakt (Beginn der totalen Phase), dem Maximum der partiellen Phase, 3. Kontakt (Ende der totalen Phase), und dem 4. Kontakt (Ende der partiellen Phase).

Tp Finsternistyp am Ort. p = partiell, t = total, a=annullar (ringförmig)

Innerhalb der Kolonnen-Blöcke bedeuten:

UT_x Universal time (=MEZ - 1 Stunde oder MESZ - 2 Stunden)

P_x° Positionswinkel des Mondzentrums in Grad (vom nördlichen Sonnenrand Richtung Osten)

V_x° Positionswinkel des Mondzentrums in Grad (vom höchsten Punkt des Sonnenrandes Richtung Osten)

A_x° Sonnenstand. Höhe der Sonne über dem mathematischen Horizont in Grad.

Im mittleren Kolonnen-Block bedeuten

mm:ss Dauer der Totalität.

Land Stadt	Einw.	T	1. Kontakt			2. Kontakt			Maximum			3. Kontakt			4. Kontakt									
			UT ₁	P°	V°	A°	UT ₂	P°	V°	A°	UTmax	P°	V°	A°	mm:ss	UT ₃	P°	V°	A°	UT ₄	P°	V°	A°	
Vereinigte Staaten von Amerika																								
Alliance (NE)	8140	t	16:27:05	289	328	46.0	17:49:11	106	128	56.6	17:50:26	200	222	56.7	2:30	17:51:41	294	316	56.8	19:16:41	112	104	59.4	
Arco (ID)	980	t	16:13:46	287	331	36.3	17:31:01	151	186	48.3	17:31:50	18	52	48.5	1:39	17:32:40	245	279	48.6	18:55:33	109	122	57.0	
Baker City (OR)	9420	t	16:09:50	285	329	32.2	17:24:28	65	102	44.1	17:25:16	197	234	44.2	1:36	17:26:04	328	5	44.4	18:46:52	109	129	54.1	
Batesburg-Leesville (SC)	5620	t	17:12:02	295	304	67.6	18:40:58	132	99	62.5	18:42:13	25	351	62.4	2:29	18:43:27	278	243	62.2	20:05:46	115	63	48.1	
Beatrice (NE)	12700	t	16:37:07	290	327	52.3	18:02:10	122	133	60.9	18:03:28	22	32	61.0	2:35	18:04:45	282	292	61.1	19:30:22	113	90	58.6	
Bowling Green (KY)	56000	t	16:58:40	292	314	62.5	18:27:28	48	30	63.4	18:27:59	204	186	63.4	1:03	18:28:31	1	343	63.4	19:53:09	115	73	52.5	
Broken Bow (NE)	3150	t	16:32:09	289	327	49.1	17:55:46	92	109	58.8	17:56:59	201	217	58.9	2:25	17:58:12	310	326	59.0	19:23:33	113	97	59.0	
Cameron (MO)	9300	t	16:41:47	291	324	54.7	18:07:46	91	96	62.0	18:08:59	202	207	62.0	2:27	18:10:13	314	318	62.0	19:35:39	114	86	57.5	
Cape Girardeau (MO)	37600	t	16:51:55	293	321	60.2	18:20:20	165	156	64.2	18:21:11	24	14	64.2	1:41	18:22:01	243	233	64.1	19:47:33	114	75	55.1	
Carrllton (MO)	3820	t	16:43:16	291	324	55.6	18:09:32	104	107	62.5	18:10:50	203	205	62.5	2:37	18:12:09	301	303	62.5	19:37:32	114	84	57.2	
Casper (WY)	54900	t	16:22:14	288	329	42.6	17:42:36	109	136	53.9	17:43:49	199	226	54.0	2:26	17:45:02	290	317	54.2	19:09:23	111	111	59.0	
Central City (KY)	5670	t	16:57:01	292	315	61.8	18:25:47	42	27	63.4	18:26:12	204	188	63.4	0:49	18:26:36	6	350	63.4	19:51:33	115	74	53.0	

Land Stadt	Einw. T	1. Kontakt			2. Kontakt			Maximum			3. Kontakt			4. Kontakt						
		UT ₁	P°	V° A°	UT ₂	P°	V° A°	UTmax	P°	V°	A°	mm:ss	UT ₃	P°	V°	A°	UT ₄	P°	V°	A°
Charleston (SC)	113000 t	17:16:47	295	299 69.0	18:46:18	172	133 61.7	18:47:01	25	346	61.6	1:25	18:47:43	238	199	61.4	20:09:52	114	60	46.5
Chester (IL)	7790 t	16:51:04	292	320 59.5	18:18:35	110	102 63.7	18:19:55	203	196	63.7	2:40	18:21:15	297	289	63.6	19:46:08	114	77	55.1
Chillicothe (MO)	8720 t	16:43:05	290	323 55.2	18:09:46	48	51 62.0	18:10:20	203	205	62.0	1:07	18:10:54	357	360	62.0	19:36:47	114	86	57.0
Cleveland (TN)	40300 t	17:03:24	294	314 65.1	18:33:01	177	153 64.0	18:33:38	25	0	64.0	1:14	18:34:15	232	208	63.9	19:58:40	114	67	51.4
Columbia (MO)	103000 t	16:45:38	291	323 56.8	18:12:20	102	102 62.9	18:13:38	203	202	62.9	2:37	18:14:56	303	302	62.9	19:40:12	114	82	56.6
Columbia (SC)	129000 t	17:13:22	294	301 67.6	18:42:08	88	53 61.9	18:43:17	205	170	61.8	2:18	18:44:26	322	287	61.6	20:06:26	115	63	47.4
Cookeville (TN)	29600 t	17:01:13	293	313 63.8	18:29:41	99	79 63.7	18:30:58	204	183	63.6	2:34	18:32:14	309	288	63.5	19:56:00	115	70	51.8
Cozad (NE)	4230 t	16:31:30	290	329 49.1	17:55:56	171	189 59.2	17:56:35	21	38	59.3	1:18	17:57:14	231	248	59.3	19:23:33	112	96	59.6
Crossville (TN)	12000 t	17:02:24	293	312 64.2	18:30:56	99	77 63.6	18:32:12	204	182	63.5	2:33	18:33:29	310	287	63.4	19:57:05	115	69	51.4
Douglas (WY)	6230 t	16:23:33	288	329 43.5	17:44:22	95	121 54.5	17:45:33	200	225	54.7	2:22	17:46:44	304	329	54.8	19:11:14	111	109	59.1
Falls City (NE)	3990 t	16:39:13	290	325 53.4	18:04:39	105	114 61.4	18:05:57	202	210	61.5	2:37	18:07:15	299	306	61.5	19:32:45	113	88	58.1
Farmington (MO)	16300 t	16:49:53	293	322 59.2	18:17:43	149	143 63.9	18:18:48	23	17	63.9	2:10	18:19:53	258	251	63.9	19:45:19	114	77	55.7
Fort Campbell North (KY)	11600 t	16:56:41	293	318 62.2	18:25:05	137	122 64.2	18:26:19	24	9	64.1	2:28	18:27:33	271	255	64.0	19:52:06	114	72	53.5
Geneva (NE)	2020 t	16:35:35	290	327 51.4	18:00:17	122	135 60.4	18:01:34	22	34	60.5	2:34	18:02:51	281	293	60.6	19:28:27	113	92	58.9
Georgetown (SC)	8480 t	17:17:42	294	296 68.5	18:46:29	72	33 60.8	18:47:25	205	166	60.7	1:51	18:48:20	339	299	60.5	20:09:45	116	62	45.8
Gerald (MO)	1250 t	16:47:48	292	322 58.0	18:14:56	120	117 63.4	18:16:16	23	20	63.4	2:39	18:17:35	286	282	63.4	19:42:47	114	80	56.1
Grand Island (NE)	46600 t	16:34:16	290	327 50.5	17:58:29	105	119 59.8	17:59:46	201	215	59.8	2:34	18:01:03	298	311	59.9	19:26:31	113	94	58.9
Greenville (SC)	60900 t	17:09:15	294	306 66.4	18:38:04	81	51 62.6	18:39:09	205	174	62.5	2:11	18:40:14	328	297	62.3	20:02:57	115	66	48.9
Greenwood (SC)	22600 t	17:10:23	294	306 67.2	18:39:21	135	103 62.9	18:40:35	25	353	62.7	2:28	18:41:48	275	242	62.5	20:04:25	115	64	48.7
Harrisburg (IL)	9500 t	16:53:46	292	318 60.5	18:21:44	72	62 63.6	18:22:44	204	192	63.5	2:00	18:23:44	335	323	63.5	19:48:31	115	76	54.1
Hastings (NE)	25400 t	16:34:13	290	328 50.7	17:58:49	142	157 60.1	17:59:56	21	36	60.2	2:14	18:01:03	261	274	60.2	19:26:54	112	93	59.2
Hermann (MO)	2700 t	16:47:28	291	322 57.7	18:14:28	94	91 63.1	18:15:43	203	200	63.1	2:30	18:16:58	312	309	63.1	19:42:07	114	80	56.1
Hopkinsville (KY)	32500 t	16:56:30	293	317 62.0	18:24:40	118	103 64.0	18:26:00	24	9	63.9	2:40	18:27:20	290	274	63.8	19:51:42	114	73	53.5
Idaho Falls (ID)	55300 t	16:15:09	287	331 37.4	17:33:00	148	181 49.4	17:33:54	18	51	49.5	1:47	17:34:47	249	282	49.6	18:58:02	109	120	57.6
Jackson (WY)	10000 t	16:16:42	287	330 38.5	17:34:54	125	157 50.3	17:36:01	18	50	50.5	2:14	17:37:08	272	303	50.6	19:00:28	110	118	57.9
Jefferson City (MO)	41100 t	16:46:02	292	324 57.2	18:13:05	136	136 63.3	18:14:18	23	22	63.3	2:27	18:15:32	270	268	63.3	19:41:02	113	81	56.7
John Day (OR)	1500 t	16:08:28	285	330 31.2	17:22:29	123	162 43.4	17:23:29	17	55	43.5	2:02	17:24:30	270	308	43.7	18:44:55	108	130	53.8
Kansas City (MO)	453000 t	16:41:19	292	326 54.9	18:08:26	182	187 62.6	18:08:54	22	28	62.6	0:56	18:09:22	223	228	62.6	19:36:00	113	85	58.1
Kearney (NE)	30700 t	16:33:01	290	328 50.0	17:57:32	154	170 59.7	17:58:29	21	37	59.8	1:54	17:59:26	248	263	59.9	19:25:28	112	95	59.4
Lincoln (NE)	255000 t	16:37:12	289	325 52.0	18:02:32	52	63 60.4	18:03:11	202	212	60.5	1:19	18:03:51	351	1	60.5	19:29:44	114	92	58.2
Lusk (WY)	1520 t	16:24:56	288	328 44.3	17:46:20	69	94 55.1	17:47:17	200	224	55.2	1:53	17:48:13	330	354	55.3	19:13:01	112	107	59.0

Land Stadt	Einw. T	1. Kontakt			2. Kontakt			Maximum			3. Kontakt			4. Kontakt			
		UT ₁	P°	V° A°	UT ₂	P°	V° A°	UTmax	P°	V° A°	mm:ss	UT ₃	P°	V° A°	UT ₄	P°	V° A°
Marion (IL)	17500 t	16:52:58	292	319 60.3	18:20:42	91	82 63.7	18:21:56	204	193 63.6	2:28	18:23:10	316	305 63.6	19:47:53	115	76 54.4
Maryville (TN)	27600 t	17:04:55	293	309 64.9	18:33:49	64	38 63.1	18:34:38	205	179 63.0	1:39	18:35:28	346	320 62.9	19:59:01	115	68 50.4
Mill City (OR)	1700 t	16:05:40	285	330 28.2	17:17:51	109	150 40.3	17:18:51	16	56 40.5	2:01	17:19:52	282	322 40.6	18:38:44	107	134 51.4
Murfreesboro (TN)	105000 t	16:59:33	294	317 63.6	18:29:07	184	165 64.3	18:29:35	24	5 64.3	0:56	18:30:03	225	205 64.2	19:55:09	114	69 52.7
Murphy (NC)	1560 t	17:05:20	294	311 65.6	18:34:14	136	110 63.6	18:35:28	25	358 63.5	2:27	18:36:42	273	246 63.4	20:00:06	115	67 50.5
Nashville (TN)	600000 t	16:58:28	294	317 63.1	18:27:23	158	140 64.3	18:28:21	24	6 64.2	1:56	18:29:19	250	232 64.1	19:54:00	114	70 53.0
Newport (OR)	10000 t	16:04:19	285	330 26.9	17:15:55	136	177 39.0	17:16:46	16	57 39.2	1:43	17:17:37	255	296 39.3	18:36:03	107	136 50.5
North Platte (NE)	24200 t	16:30:14	290	329 48.3	17:54:04	160	179 58.6	17:54:54	21	40 58.7	1:40	17:55:44	242	260 58.7	19:21:45	112	98 59.7
Orangeburg (SC)	13200 t	17:14:00	295	302 68.2	18:43:00	141	105 62.2	18:44:11	25	349 62.0	2:21	18:45:21	270	233 61.8	20:07:26	115	62 47.4
Paducah (KY)	25500 t	16:53:57	293	320 61.0	18:22:14	146	135 64.2	18:23:21	24	12 64.1	2:15	18:24:29	261	249 64.1	19:49:28	114	74 54.4
Richmond (MO)	5890 t	16:42:22	291	325 55.2	18:08:40	130	134 62.5	18:09:56	23	26 62.5	2:32	18:11:12	276	279 62.5	19:36:48	113	84 57.6
Riverton (WY)	10200 t	16:19:29	288	330 40.7	17:38:58	130	160 52.3	17:40:04	19	48 52.5	2:14	17:41:11	268	297 52.6	19:05:14	110	114 58.7
Salem (OR)	156000 t	16:05:23	284	329 27.8	17:17:18	91	131 39.8	17:18:16	196	236 39.9	1:56	17:19:14	301	341 40.1	18:37:49	107	135 51.0
Scottsbluff (NE)	14900 t	16:25:48	289	330 45.4	17:48:09	157	181 56.4	17:49:00	20	44 56.5	1:43	17:49:51	243	266 56.5	19:15:24	111	104 59.7
Sedalia (MO)	21100 t	16:43:57	292	325 56.3	18:11:19	171	173 63.1	18:12:01	23	24 63.1	1:25	18:12:44	235	236 63.2	19:39:00	113	82 57.4
Summerton (SC)	1030 t	17:15:03	294	300 68.2	18:43:44	103	67 61.7	18:45:00	205	168 61.5	2:32	18:46:16	307	270 61.3	20:07:56	115	62 46.9
Sumter (SC)	38400 t	17:14:36	294	299 67.8	18:43:30	70	34 61.5	18:44:24	205	169 61.4	1:48	18:45:18	341	304 61.3	20:07:17	116	63 46.9
Toccoa (GA)	9160 t	17:07:23	294	309 66.4	18:36:41	157	128 63.5	18:37:40	25	356 63.3	1:58	18:38:39	253	224 63.2	20:02:03	114	65 49.9
Union (SC)	7990 t	17:11:03	293	303 66.8	18:40:30	39	7 62.0	18:40:48	205	172 62.0	0:37	18:41:07	11	339 61.9	20:04:12	116	65 48.1
Westmoreland (TN)	2200 t	16:59:20	293	315 63.0	18:27:41	93	74 63.7	18:28:55	204	185 63.6	2:28	18:30:09	316	297 63.5	19:54:10	115	71 52.4
Wheatland (WY)	3250 t	16:23:55	289	330 44.2	17:46:08	182	207 55.5	17:46:31	20	45 55.5	0:46	17:46:54	218	243 55.6	19:12:44	111	107 59.7
Wildwood (MO)	34200 t	16:49:11	292	321 58.5	18:16:26	93	88 63.4	18:17:41	203	198 63.3	2:30	18:18:56	314	308 63.3	19:43:58	114	79 55.6
York (NE)	7840 t	16:35:37	290	326 51.2	18:00:12	85	98 60.1	18:01:21	202	214 60.2	2:19	18:02:31	318	330 60.2	19:28:01	113	93 58.6

Tabelle 6: Sichtbarkeit der Sonnenfinsternis am 21. August 2017. Aufgeführt sind Städte und Orte, in welchen die Totalität zu sehen ist.

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 Äquatornähe 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.

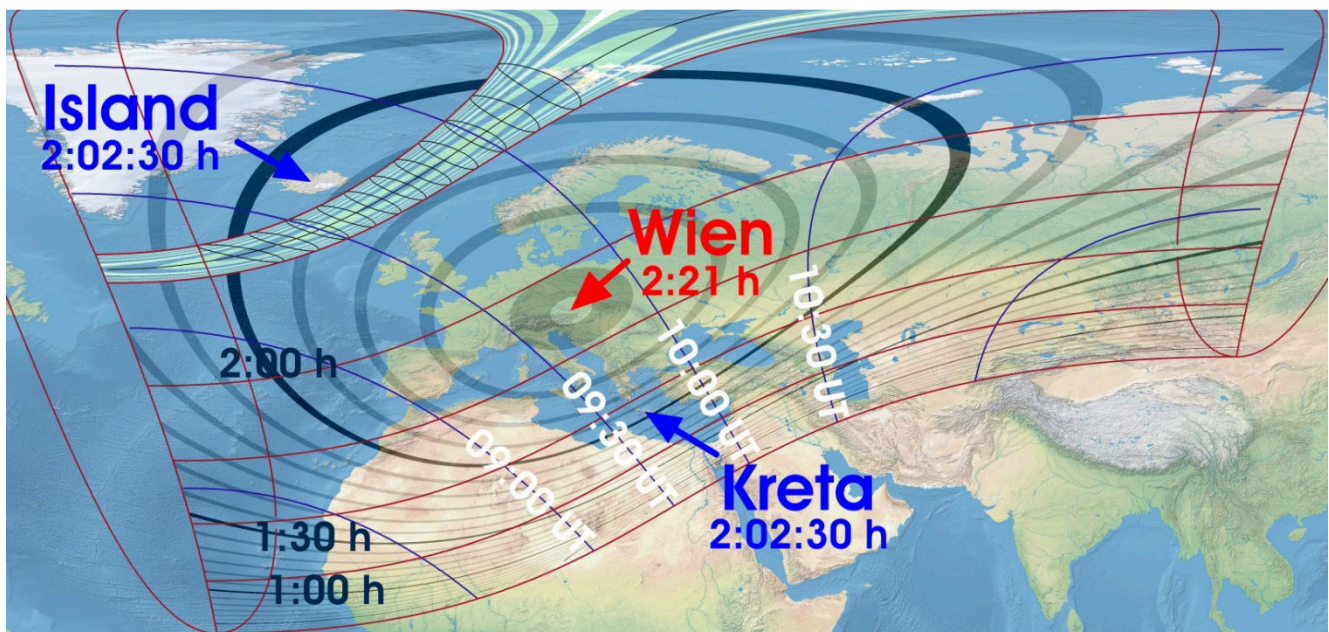
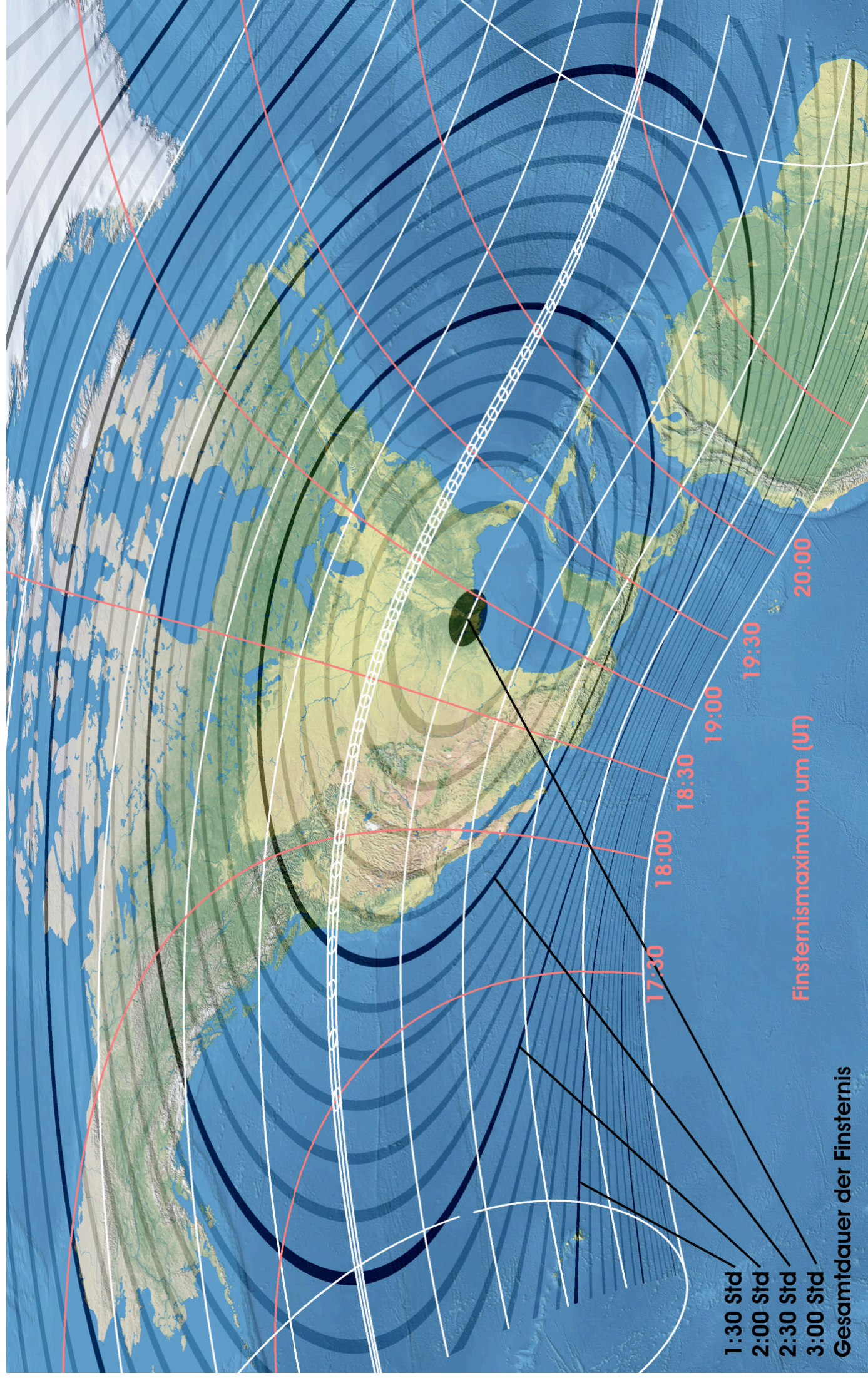


Abbildung 9: Gesamtdauer der Sonnenfinsternis am 20. März 2015 an verschiedenen Orten der Erde. In Kreta, das 3900 km von der Zentrallinie entfernt lag, betrug die Dauer der partiellen Finsternis mit etwa zwei Stunden gleich lang wie in Island unmittelbar neben der Zentrallinie. Dies deshalb, weil Kreta viel näher am Äquator liegt als Island und deshalb mit grösserer Geschwindigkeit dem Mondschatten folgte.

Die totale Sonnenfinsternis am 21. August 2017



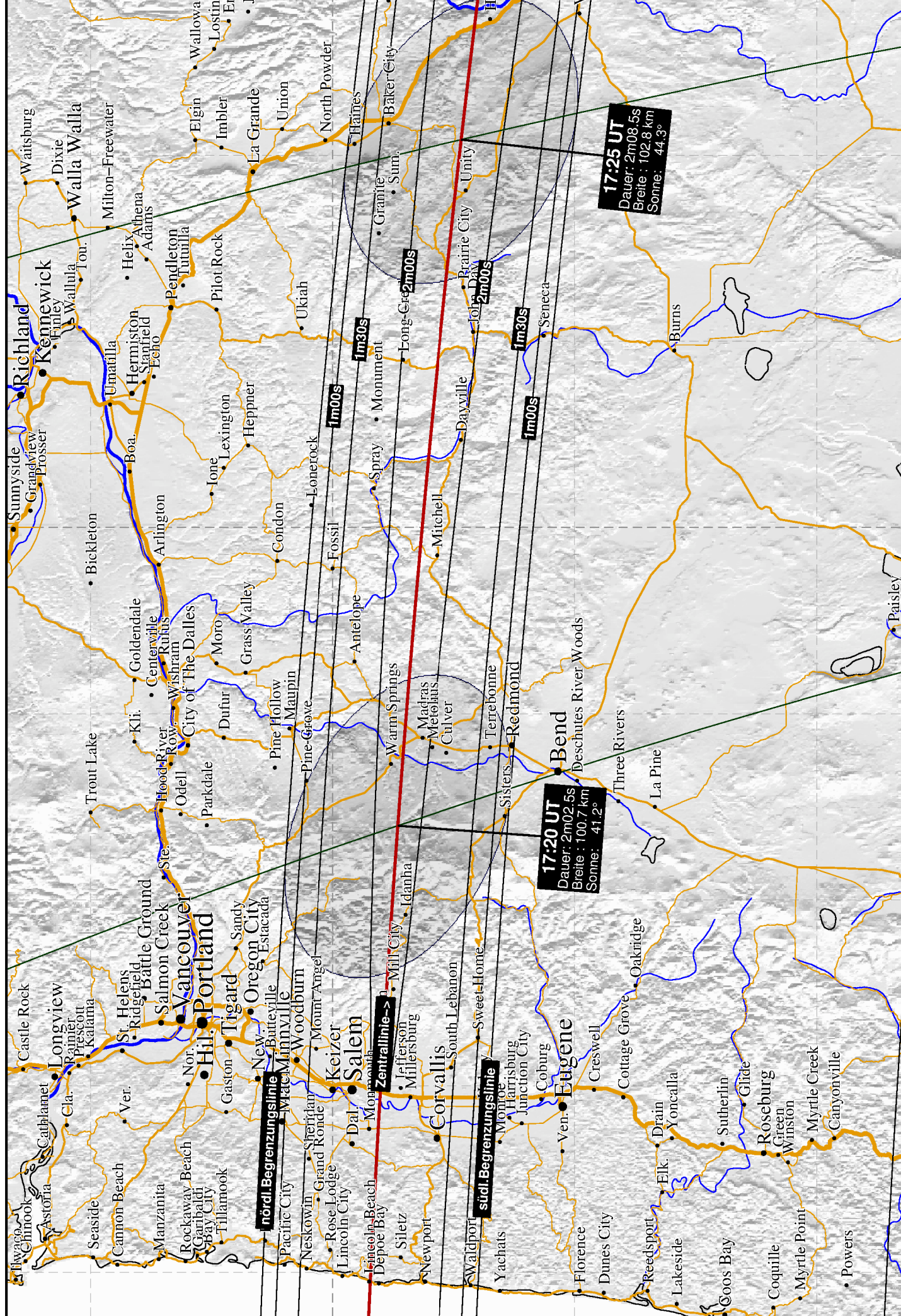
Gesamtdauer der Finsternis

Abbildung 10 Verlauf der Finsternis: Die schattierten Ringe sind die Orte gleicher Finsternisdauer.

Finsternis-Karten

Totale Sonnenfinsternis am 21. August 2017 in den U.S.A (Westküste)

120°W



46°N

44°N

46°N

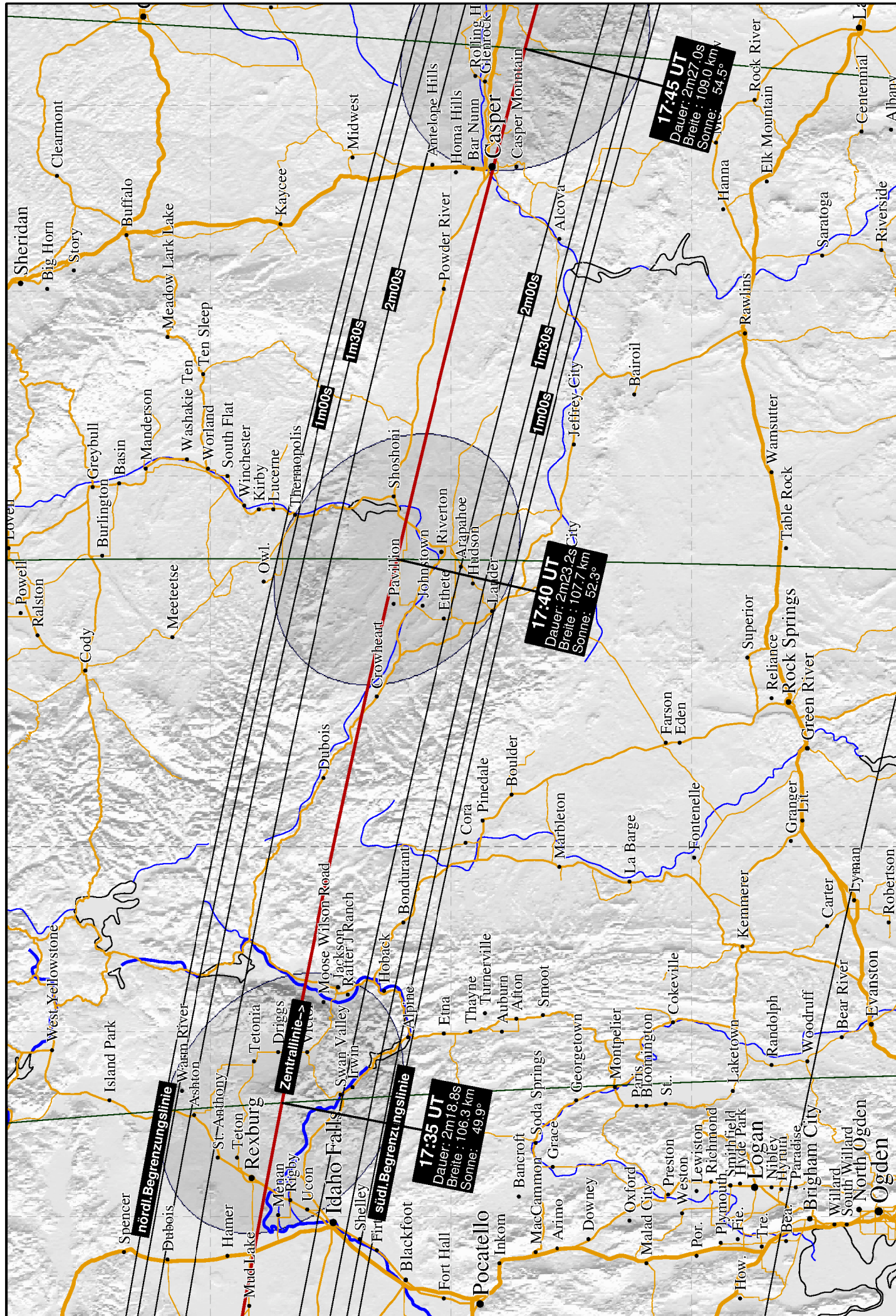
44°N

120°W

120°W

Totale Sonnenfinsternis am 21. August 2017 in den U.S.A (Idaho Falls, ID – Casper, WY)

110°W



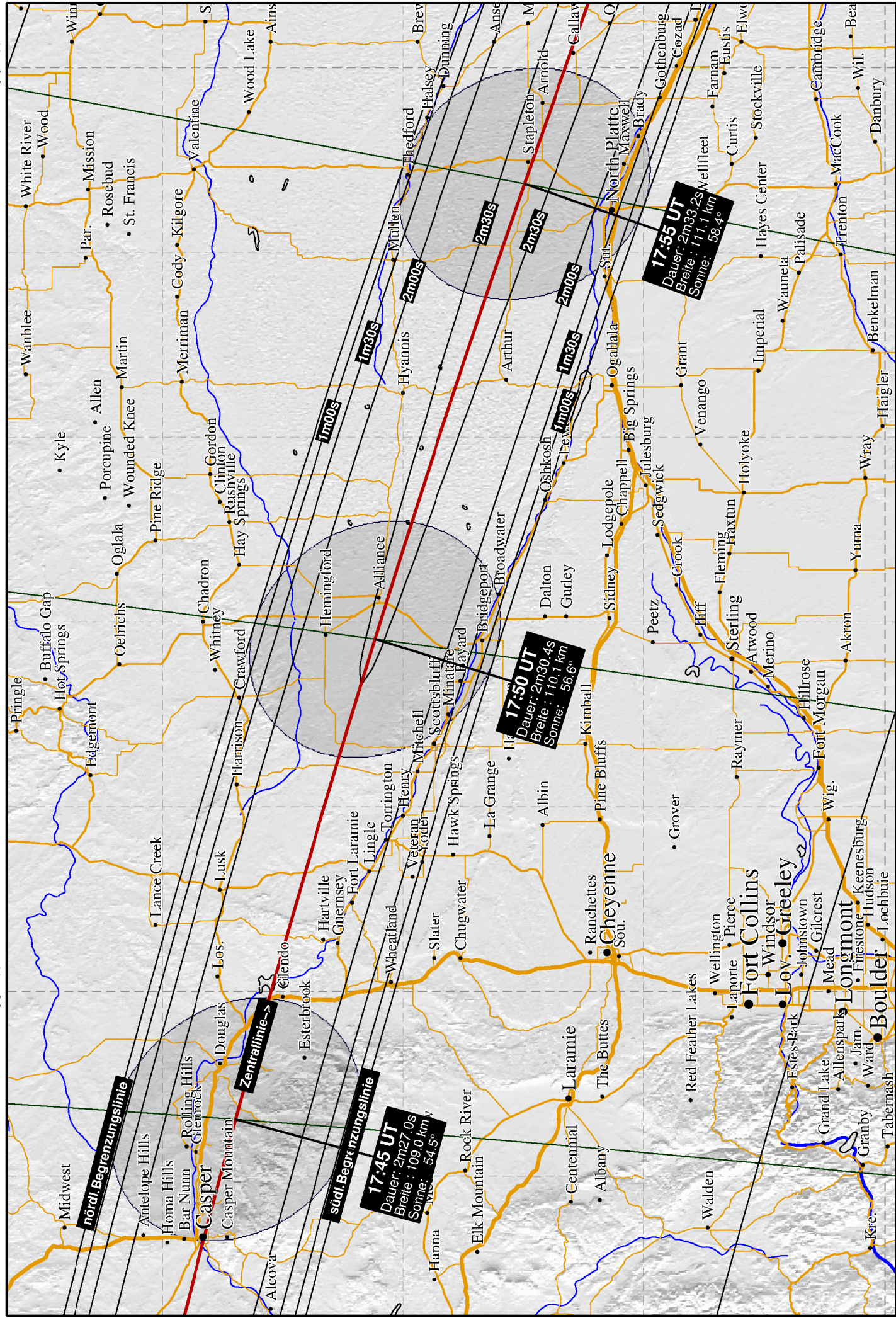
44°N

42°N

Totale Sonnenfinsternis am 21. August 2017 in den U.S.A (Casper, WY – North Platte, NE)

100°W

105°W



42°N

42°N

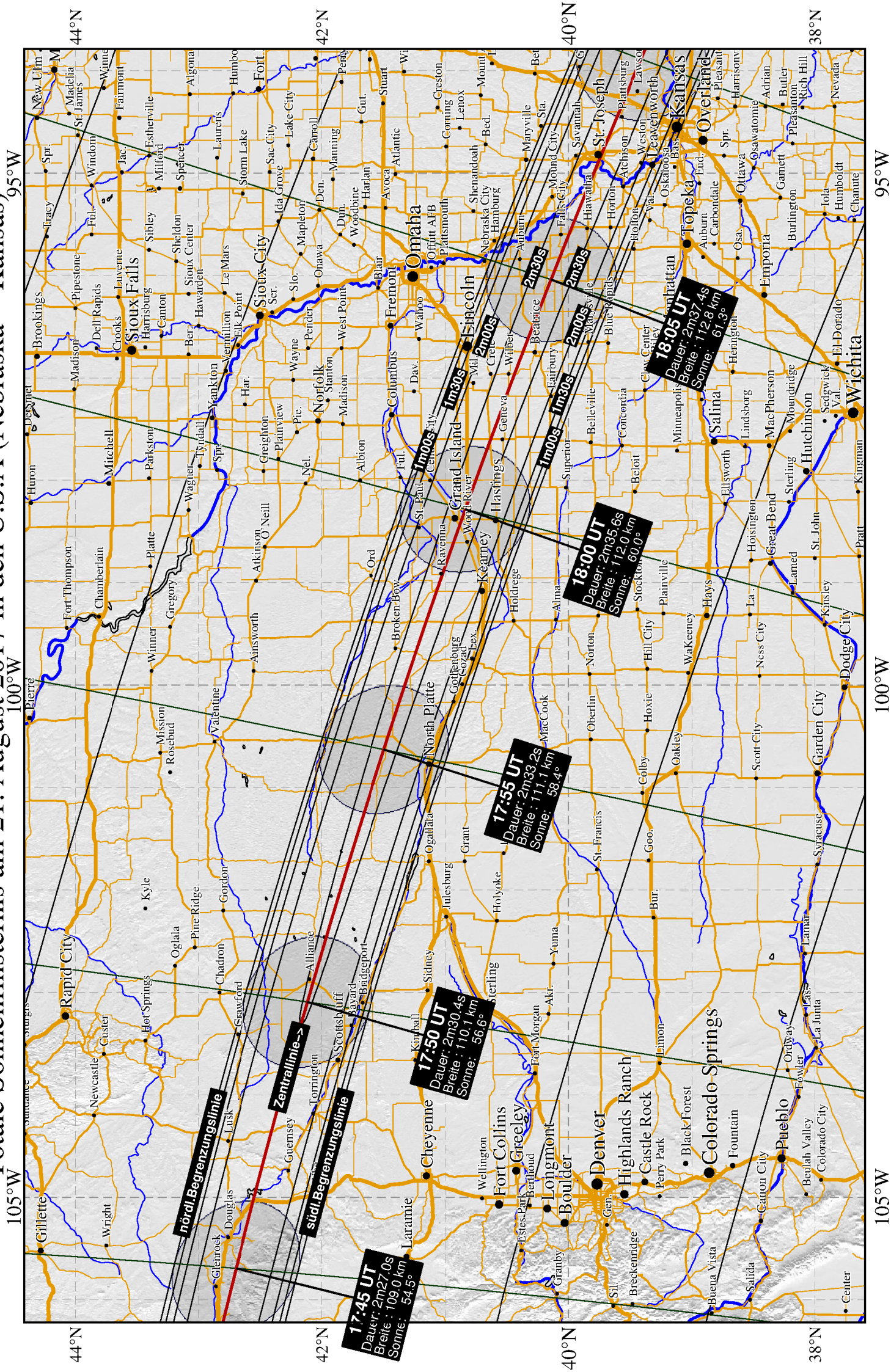
40°N

40°N

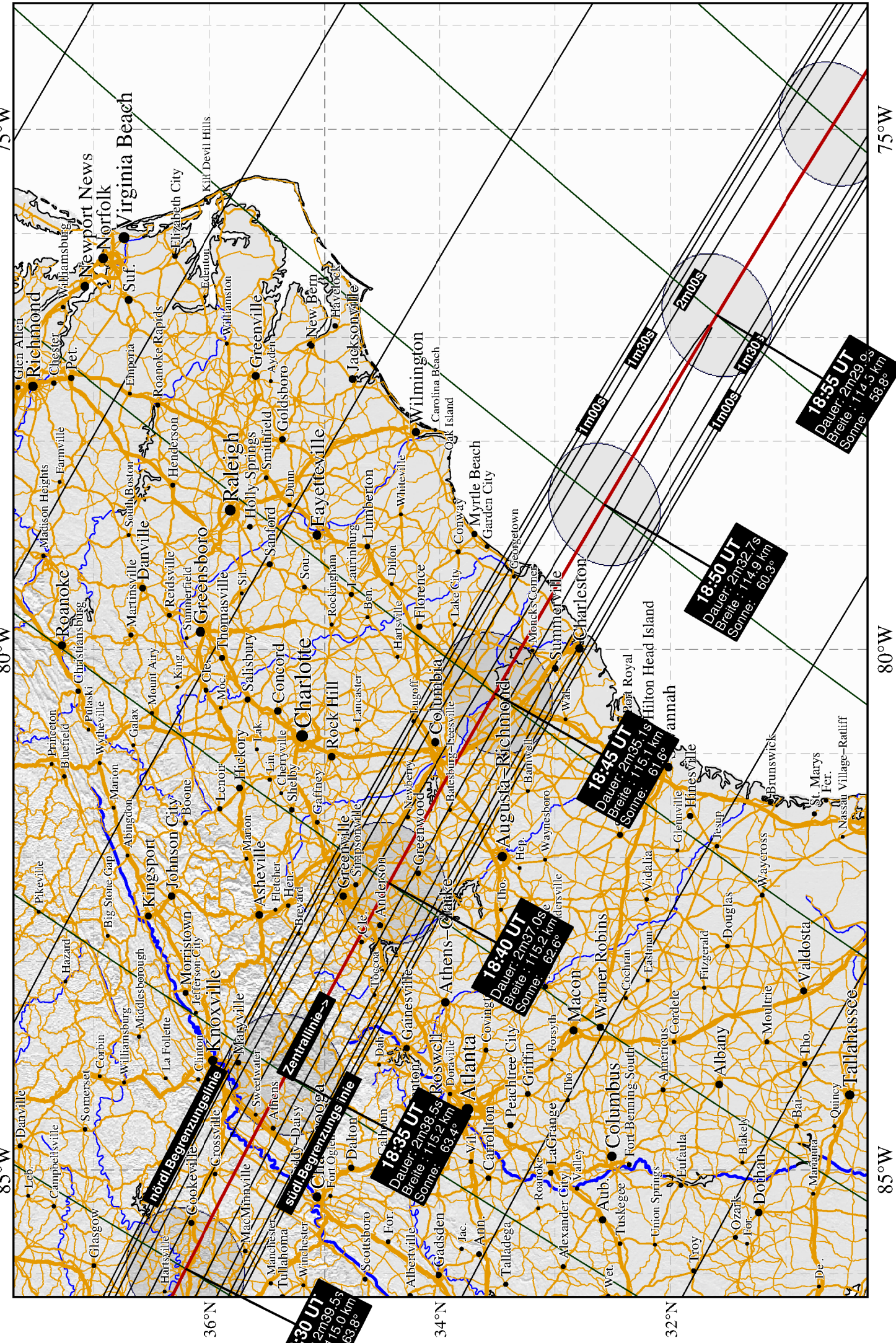
105°W

100°W

Totale Sonnenfinsternis am 21. August 2017 in den U.S.A (Nebraska – Kansas)



Totale Sonnenfinsternis am 21. August 2017 in den U.S.A (Tennessee–Georgia–South Carolina)



Seite für eigene Notizen