Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft

Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft

Band: 76 (2018)

Heft: 3

Artikel: Zufall oder Systematik? : Warum fallen viele tiefe Mondfinsternisse in die Sommermonate?

Autor: Baer, Thomas / Laager, Erich

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-914022

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

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

Zufall oder Systematik?

Warum fallen viele tiefe Mondfinsternisse in die Sommermonate?

Von Thomas Baer & Erich Laager

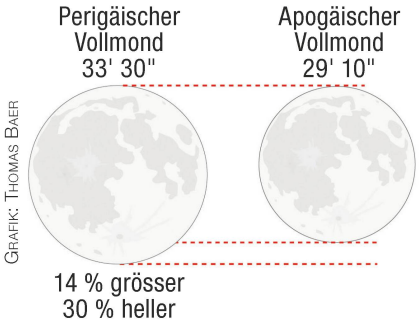
Im 21. Jahrhundert ereignen sich genau 24 tiefe totale Mondfinsternisse [1], von denen sechs länger als 100 Minuten dauern. Auffallend dabei: Alle langen totalen Finsternisse finden entweder im Juni oder Juli statt. In diesem Beitrag versuchen die Autoren, dem Sachverhalt auf den Grund zu gehen.

Bevor wir auf die einzelnen Aspekte, die lange totale Mondfinsternisse hervorbringen, eingehen, beginnen wir mit ein paar grundsätzlichen Überlegungen. Auf den ersten Blick scheint die Sache recht einfach zu erscheinen, vor allem im Vergleich zu einer Sonnenfinsternis, die vom Beobachtungsort abhängig ist und sich daher für den Betrachter in ganz unterschiedlicher Phase und zu unterschiedlicher Zeit abspielt. Mondfinsternisse dagegen können überall dort und zur selben Zeit beobachtet werden, wo der Vollmond zum Finsterniszeitpunkt gerade über dem Horizont steht, also auf der Nachthalbkugel der Erde. Wenn wir von «derselben Zeit» sprechen, dann ist natürlich die Weltzeit UT gemeint. Je nachdem ist die Finsternis zum Zeitpunkt des Mondaufgangs, am späteren Abend, um Mitternacht, in den frühen Morgenstunden oder gar bei Mondundergang zu sehen. Aber alle Beobachter, im Falle des 27. Juli 2018 egal ob in Europa, Indien oder Asien: Wenn der Mond in den Kernschatten eintritt, dann geschieht dies für jeden Betrachter zur selben Zeit.

In seinen Werken «Mathematical Astronomy» gibt Jean Meeus für Sonnenfinsternisse Formeln der maximalen Totalitätsdauer. Diese Daten basieren auf den Besselschen Elementen, wie man sie auch in seinem «Canon of Solar Eclipses –2003 to +2526» findet [2]. Der sehr grosse mathematische Aufwand dabei ist die Berechnung dieser Elemente. Dazu muss unter anderem eine komplizierte Theorie der Mondbahn, die sämtliche Bahnstörungen berücksichtigt, verwendet werden.

Dieselbe Problematik auf Mondfinsternisse übertragen

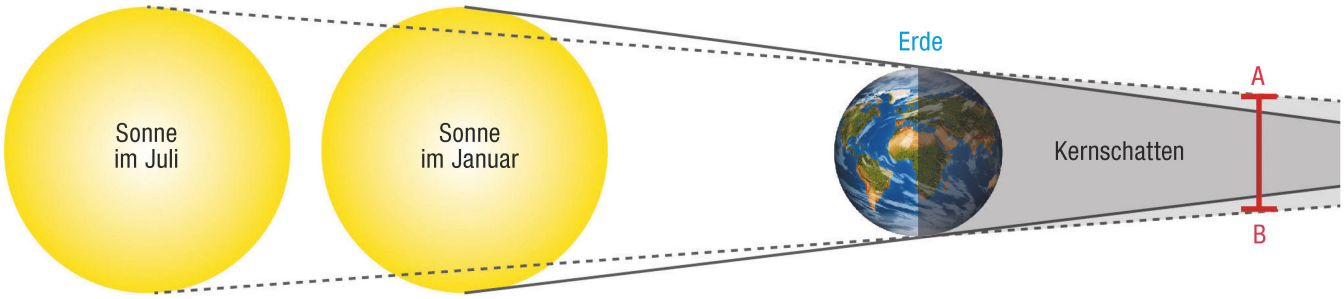
Welche Möglichkeiten stehen uns bei der Suche nach einer Antwort auf die Frage, warum lange totale Mondfinsternisse meist auf die Sommermonate fallen, überhaupt zur Verfügung? Sicher ist es richtig, sich einmal Gedanken darüber zu machen, welche Faktoren dafür sorgen, dass es überhaupt zu langen Finsternissen kommt. Dazu hilft sicher, diverse Mondfinsternistabellen, etwa auf Fred Espenaks Website, zu durchforsten und nach anderen Quellen zu suchen, die sich mit dieser Fragestellung schon beschäftigt haben.



Grafik: Thomas Baer

Abbildung 1: Grosse und kleine Vollmonde sind in der Astronomie nichts Aussergewöhnliches. Zu Beginn des Jahres hatten wir perigäische Vollmonde, am 27. Juli 2018 steht der Erdtrabant im Apogäum.

Bei einer Mondfinsternis durchwandert der Vollmond ja den Schattenkegel der Erde. Der Kernschatten überschiesst mit seiner durchschnittlichen Länge von 1'382'931 km die Mondbahn bei weitem. In Mondentfernung hat die Mondscheibe, wenn sie zentral durch den Schatten läuft, fast dreimal nebeneinander Platz! Damit der Mond also möglichst lange



Grafik: Thomas Baer

Abbildung 2: Der Kegelschnitt durch den Erdschatten in Mondentfernung ändert sich mit der Entfernung der Erde von der Sonne. Anfang Juli ist der Öffnungswinkel des Kernschattens flacher, der Kernschattenkegel dadurch auch länger.

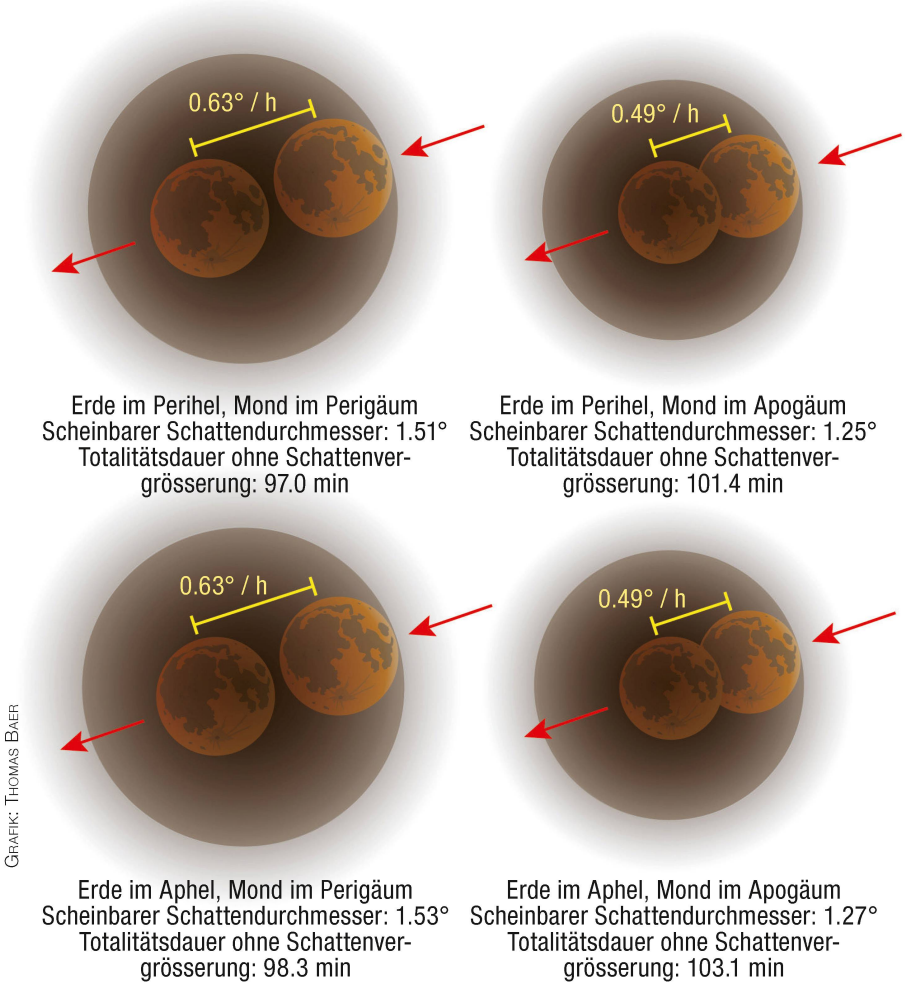
Grafik: Thomas Baer

Abbildung 3: Es spielt eine Rolle, ob der Vollmond in Erdnähe (Perigäum) oder in Erdferne (Apogäum) den Erdschatten passiert. Angenommen, er läuft beide Male zentral durch den Erdschatten, so ist der Kegelschnitt in grösserer Monddistanz zwar kleiner, aber die Mondgeschwindigkeit langsamer.

im Schatten verweilt, sollte der gerade Kegelschnitt – in unserem Fall ein Kreis – in Monddistanz möglichst gross und die Bewegung des Mondes langsam sein, was nur dann der Fall sein kann, wenn sich unser Nachbar im All in Erdferne befindet. Dann erscheint uns die Mondscheibe verständlicherweise auch am kleinsten (29' 10"). Das Intervall zwischen der genauen Vollmondstellung und dem Knotendurchgang muss zudem minimal sein. Nur dann läuft der Mond möglichst zentral durch den Erdschatten. Wie eingangs bereits erwähnt, spielen Mondhöhe (abhängig vom Beobachtungsort), Libration des Mondes, die Refraktion und eben auch der Beobachtungsort selbst keine Rolle.

Länge des Kernschattens und Kegelschnitt

Wenn wir eine Styroporkugel in unterschiedlichen Distanzen an eine Kugellampe halten und dabei den Schatten dieser Kugel auf einer Projektionswand betrachten, sehen wir einen Effekt, der auch bei Erde und Mond auftritt: Je näher die Erde an der Sonne steht, desto kürzer ist der Kernschattenkegel. Der Öffnungswinkel des Schattens ist gross. Umgekehrt haben wir einen kleinen Öffnungswinkel, wenn die Erde weit weg von der Sonne steht. Dies ist Ende Juni bis Mitte Juli der Fall (Abbildung 2). Dies alleine erklärt allerdings noch nicht, weshalb die langen Mondfinsternisse ausgerechnet in diesen beiden Monaten stattfinden. Zwar haben wir mit dem kleinen Schatten-Öffnungswinkel mit zunehmender Distanz auch einen grösseren Kegelschnitt, doch muss nun eben auch die Monddistanz berücksichtigt werden. Der Schattendurchmesser beim Mond ist umso grösser, je näher der Mond bei der Erde ist. Allerdings ist ein erdnaher Mond



Grafik: Thomas Baer

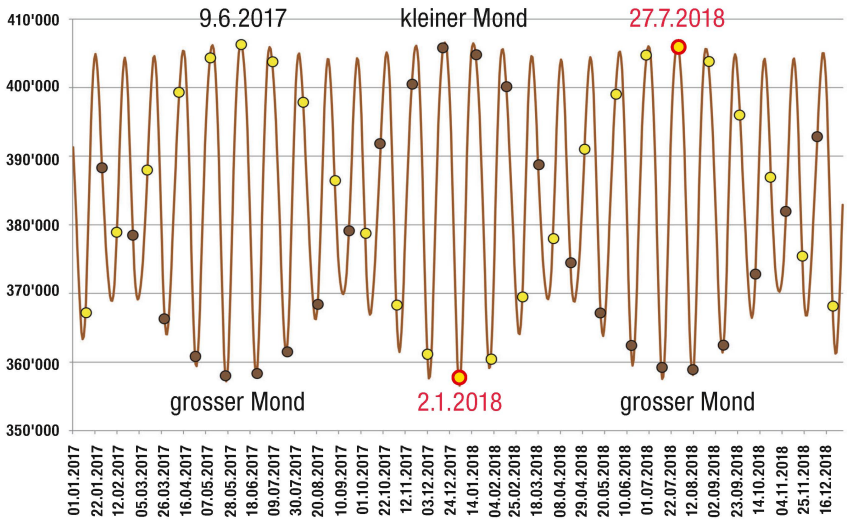
Abbildung 4: Zentrale totale Mondfinsternisse und ihre maximalen Dauern ohne die Berücksichtigung der Erdschattenvergrösserung zum Zeitpunkt ihrer extremen Stellungen (Erde im Perihel und Aphel, Mond im Perigäum und Apogäum). Man achte, wie sich die Kegelschnitte verändern.

schneller unterwegs als ein erdferner. Hierzu ist folgende Überlegung interessant: Vergleichen wir einen apogäischen Vollmond Anfang Januar, wenn die Erde im Perihel steht und einen apogäischen Vollmond Anfang Juli, wenn wir 152.1 Millionen km von der Sonne entfernt sind und der Erdschatten 1'406'000 Millionen km weit ins Weltall hinausragt. Im Perihel bei einem apogäischen Vollmond (406'700 km) wäre der Radius des Kernschattenkegelschnitts in Monddistanz 4'460 km gross, im Aphel und ebenfalls apogäischem Vollmond 4'523 km. So hätte der Vollmond im ersten Fall 2.57 Mal nebeneinander Platz, wenn er durch die Schattenmitte liefe, im zweiten Fall 2.6 Mal [3]. Schon dieser Um-

stand würde für eine längere Finsternis im Juli sprechen.
Ganz so einfach ist es aber nicht, denn der Punkt des Apogäums (respektive die Apsidenlinie, also die Verbindungslinie zwischen Apogäum und Perigäum) wandert auf der Mondbahn und zwar in 8.85 Jahren rechtläufig einmal ringsum. Optimal wäre natürlich, wenn die Erde im Aphel stünde, der Vollmond zugleich in extremer Erdferne und dabei auch noch zentral durch den Erdschatten liefe. Natürlich ist dies äusserst selten bis «fast» nie der Fall. Eine fast perfekte zentrale Mondfinsternis, bei der das Mondscheibenzentrum praktisch mit dem Erdschattenmittelpunkt zusammenfiel, gab es am 26. Juli 1953 mit einer Grösse von 1.8628. Sie war aber nicht die längste des 20. Jahrhunderts, denn nur zwei Tage nach der Finsternis passierte der Vollmond die Erdnähe und war damit «zu schnell» unterwegs. Am 16. Juli 2000 dauerte die totale Phase mit 1 Stunde und 47 Minuten, allerdings bei einer kleineren Finsternisgrösse von 1.7684, gut 4 Minuten länger als 1953. Kein Wunder, denn diesmal stand der Vollmond knapp 24 Stunden vor der Finsternis in Erdferne (406'200 km), erschien mit 29.43' klein und war entsprechend langsam.

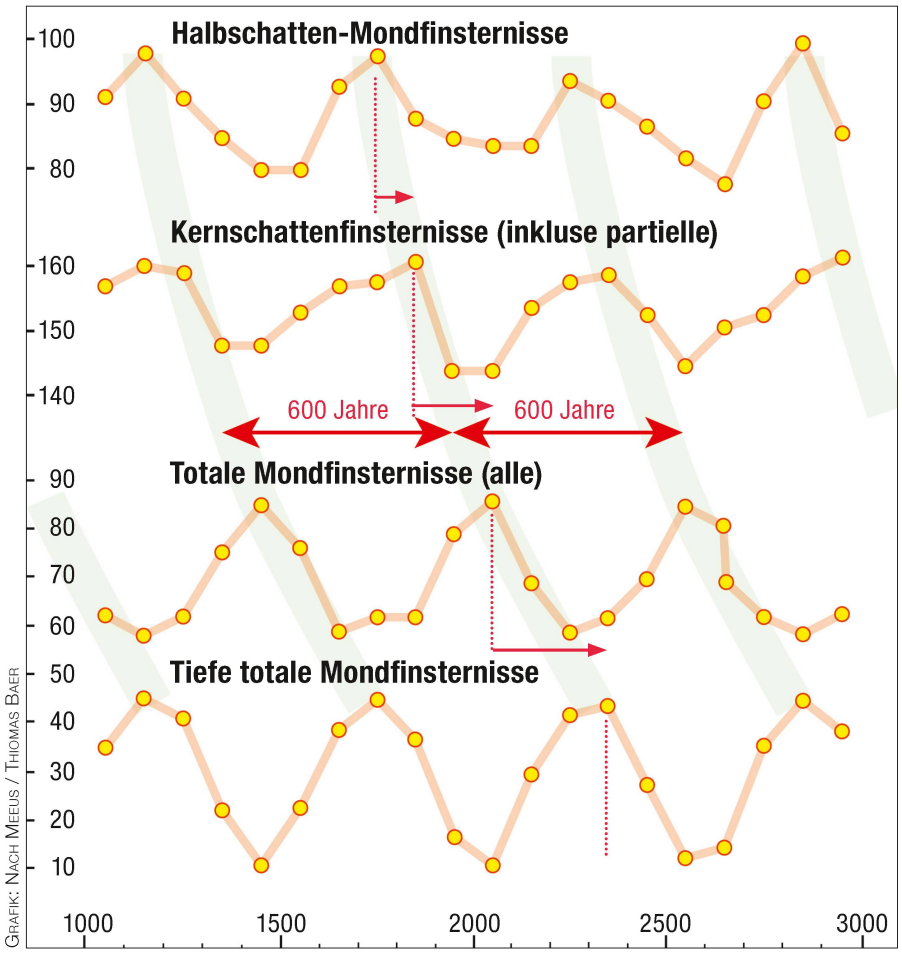
Nächster Mini-Vollmond am 27. Juli 2018

Die erwähnte lange totale Mondfinsternis vom 16. Juli 2000 gehört der Sarosreihe 129 an und ist die direkte Vorgängerin der bevorstehenden Finsternis vom 27. Juli 2018. Alle 18 Jahre 10 oder 11 Tage wiederholen sich Sonnen- und auch Mondfinsternisse in ganz ähnlicher Manier. So erstaunt es wenig, dass ausgerechnet die kommende Mondfinsternis zur längsten des Jahrhunderts wird. Am Morgen des Finsternistags gegen 07:27.7 Uhr MESZ verzeichnen wir die Erdferne mit 406'227.8 km. Der Vollmond erscheint uns nur 29.42' gross und ist damit der kleinste Vollmond des Jahres (CalSky)! Mit einer Finsternisgrösse von 1.614 im Kernschatten ist die Eklipse aber nicht mehr ganz so zentral wie ihre Vorgängerin vor 18 Jahren. Diese hatte noch eine Grösse von 1.774. Wir stellen also unschwer fest, dass sich einzelne Parameter langsam zu Gunsten oder Ungunsten einer langen Totalitätsdauer gegeneinander verschieben. Verfolgen wir den Saros 129 nämlich weiter, so währt die totale Mondfinsternis am 7. August 2036, also wieder einen Zyklus später, mit einer Grösse von 1.460 und einer Totalitätsdauer jetzt von 96 Minuten noch einmal kürzer. Genauso wie sich die Sonnenfinsternisgebiete mit jeder Wiederkehr



Grafik: Nach Berechnungen von Hans Roth

Abbildung 5: Die stark schwankende geozentrische Distanz des Mondes in den Jahren 2017 und 2018. Zusätzlich eingetragen sind die Orte des Vollmondes (gelb) und des Neumondes (braun).



Grafik: Nach Meeus / Thomas Baer

Abbildung 6: In diesem Diagramm sehen wir, wie unregelmässig die Häufigkeit einzelner Finsternisarten über die Jahrhunderte hinweg verteilt sind. Besonders auffällig ist das antizyklische Verhalten der tiefen totalen Mondfinsternisse.

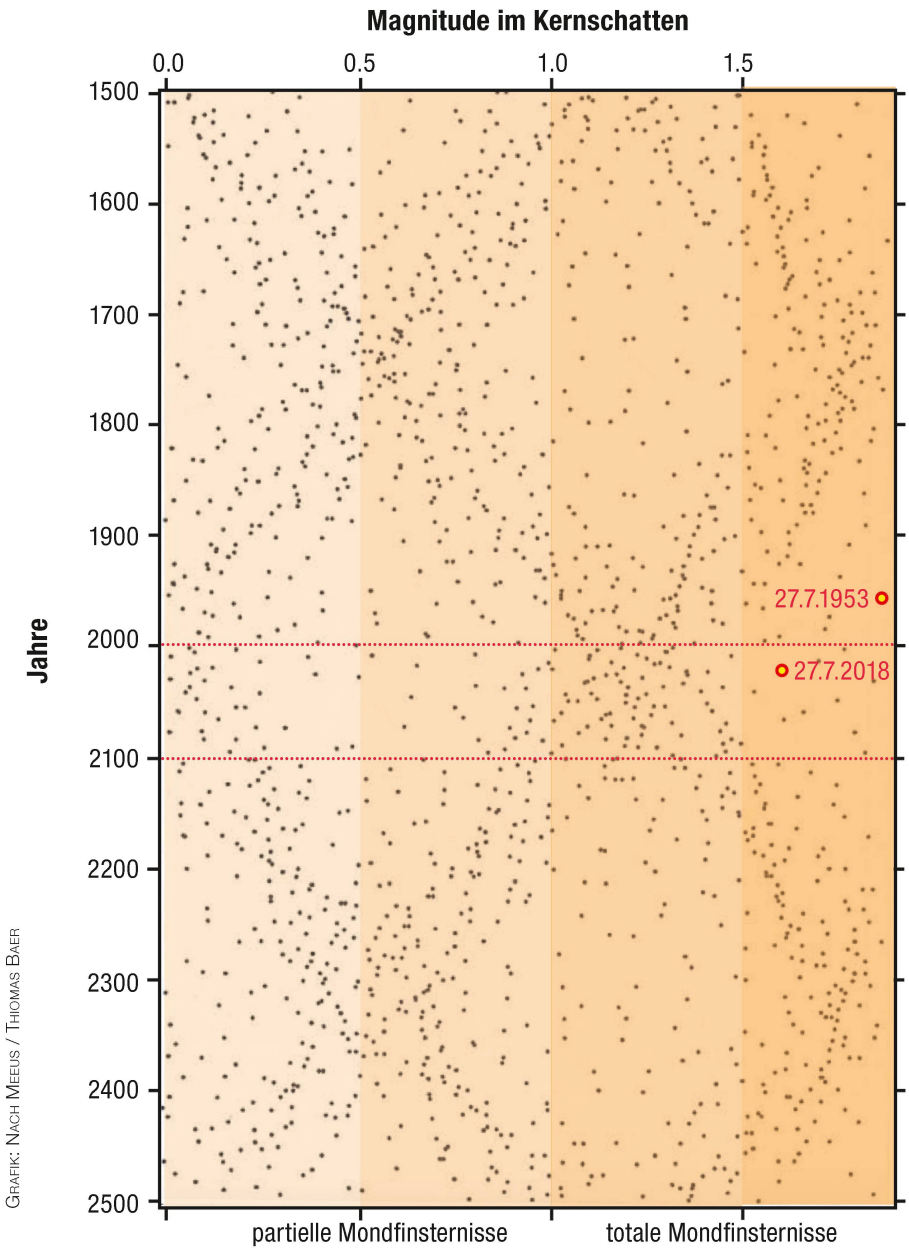
nach 18 Jahren, je nachdem, ob das Ereignis im auf- oder absteigenden Mondknoten eintritt, leicht südwärts oder nordwärts über die Erde verschieben, läuft bei den Mondfinsternissen der Vollmond jedes Mal etwas südlicher oder nördlicher durch den Kernschattenkegel. Dies hängt damit zusammen, dass die Vielfachen eines synodischen und drakonitischen Mondmonats eben nur in den ganzen Tagen aufgehen, in den Dezimalstellen jedoch kleine Differenzen aufweisen, die dieses Nord- oder Südwärtswandern erklären.

Die Zahl langer Mondfinsternisse in den Jahrhunderten ist variabel

In Statistiken über lange totale Mondfinsternisse fällt ein weiteres Kuriosum auf. Im 18. Jahrhundert gab es 15 Finsternisse mit einer Dauer von 100 Minuten und mehr, im 19. Jahrhundert zwölf, im 20. und 21. Jahrhundert bloss noch deren sechs. Während im 18. und 19. Jahrhundert diese Rekordfinsternisse scheinbar «willkürlich» über alle Monate des Jahres verteilt waren, treten die langen Mondfinsternisse seit dem 20. Jahrhundert mit einer Ausnahme (4. August 1906) nur in den Sommermonaten Juni und Juli auf!

Bei Meeus finden wir dazu eine aufschlussreiche Tabelle (Jean Meeus: Mathematical Astronomy Morsels, 1997/Seite 102). Sie führt die Zahl aller Arten von Mondfinsternissen im Zeitraum von 1000 bis 2999, in Jahrhunderte gegliedert, auf. Legen wir den Fokus nur auf die totalen Ereignisse, so können wir eine regelmässige Schwankung von rund 600 Jahren feststellen, innerhalb der die Anzahl totaler Mondfinsternisse von minimal 58 oder 59 auf 85 oder 86 analoger Ereignisse ansteigt. Die meisten totalen Mondfinsternisse gibt es in den Zeiträumen zwischen 1400 und 1499, 2000 und 2099 sowie 2500 und 2699. Genau antizyklisch verläuft die Kurve betreffend der tiefen (und auch langen) Mondfinsternisse. Sind wir in einer Phase mit vielen totalen Mondfinsternissen pro Jahrhundert, so sinkt die Zahl langer Finsternisse und umgekehrt.

Stets etwa 200 Jahre bevor es wieder eine Häufung totaler Mondfinsternisse gibt, steigt die Zahl der Kernschattenfinsternisse (jetzt auch die partiellen Mondfinsternisse mitgerechnet) an. Nochmals 100 bis 200 Jahre früher ist die Spitze der reinen Halbschattenfinsternisse erreicht. Es scheint also eindeutig mit dem Einsetzen neuer Saroszyklen zu tun haben. Nach Jahrhunderten mit vielen partiellen Mondfinsternissen folgen dann, eben um rund 200 bis 300 Jahre versetzt, Jahrhunderte mit ausschliesslich eher randnahen und damit kürzeren totalen Mondfinsternissen (Grössen zwischen 1.0 bis 1.4). Durch das bereits im letzten Abschnitt erklärte Nord- und Südwärtswandern durch den Kernschattenkegel mit jeder weiteren Wiederkehr innerhalb desselben Saroszyklus erklärt sich schliesslich die nochmals um 200 bis 300 Jahre



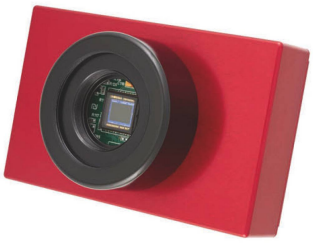
Grafik: Nach Meeus / Thomas Baer

Abbildung 7: Jeder der schwarzen Punkte steht für eine Kernschattenfinsternis. Links sind die sehr kleinen partiellen Mondfinsternisse, ab Magnitude 1.0 die totalen Finsternisse eingetragen. Über den Zeitraum von 1'000 Jahren entsteht ein netzartiges Muster der Finsternisverteilung. Wenn wir das 21. Jahrhundert herausnehmen (durch die gepunktete Linie markiert), so fällt auf, dass wir viele kleine partielle Mondfinsternisse mit Magnituden < 0.5 und viele totale Mondfinsternisse > 1.0 aber < 1.5 haben. Dagegen ereignen sich nur wenige tiefe totale Finsternisse. Übrigens muss eine grosse Finsternistiefe nicht zwingend auch eine rekordlange Totalität bedeuten. Die tiefste totale Mondfinsternis des 21. Jahrhunderts findet am 26. Juni 2026 mit einer Grösse von 1.8436 statt, dauert aber «nur» 101.9 Minuten.

www.teleskop-express.de
Teleskop-Service – Kompetenz & TOP Preise

Der große Onlineshop für **Astronomie**, **Fotografie** und **Naturbeobachtung**
mit über **6500 Angeboten!**

Teleskop-Service: Wir haben die Zukunft der Astrofotografie. CMOS Kameras von Atik und ZWO Imaging



Atik InfinityM / InfinityC
Stellen Sie wunderschöne Astroaufnahmen von Nebeln und Galaxien, hochaufgelöste Planetenaufnahmen oder einen Videoflug über die Mondoberfläche her - ohne aufwendige Bildbearbeitung!
Ideal für Astrofotografie mit Einsteigerteleskopen und Dobsons, für Vorführungen uvm.
Oder beobachten Sie LIVE am Bildschirm, wie das Deep-Sky-Objekt mit jeder Minute immer kontrastreicher und kräftiger wird.
Die Infinity ist ebenfalls ein vollwertiger Autoguider mit ST-4 Schnittstelle.
Sensor: Sony ICX825 mit ExView Technologie, wahlweise monochrom oder color

Atik HorizonM / HorizonC
Die ATIK Horizon Kamera verwendet einen hochmodernen CMOS Sensor von Panasonic mit unglaublicher Empfindlichkeit für Astrofotografie.
- 16-MP-4/3"-CMOS-Sensor, QE ca. 60%
- Leistungsstarke Peltierkühlung bis 40 °C unter Umgebung
- sehr hohe Empfindlichkeit auch in H-Alpha
- 256 MB DDR3-Image-Buffer - kein Verstärkerglühen
- Quarz-Schutzglas mit vollem IR-Durchlaß

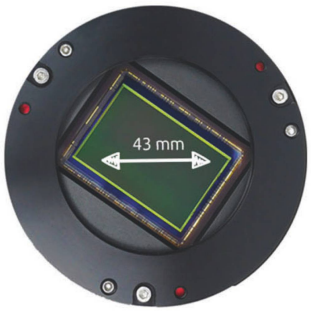
ASI294MCPRO

- Sony IMX294CJK Sensor
- 23,2 mm Diagonale, 4,63 µm Px.
- 4144 x 2822 Pixel
- Quanteneffizienz > 75 %!
- Full well capacity 63700 e-
- DDR Zwischenspeicher für stabileren Datentransport

ASI071MCPRO

- Sony IMX071 Sensor
- 28,4 mm Diagonale, 4,78 µm Pixel
- 4944 x 3284 Pixel
- Wie ASI294 ebenfalls USB 3.0, beheiztes Sensorglas, Leistungsstarke Peltierkühlung, DDR Zwischenspeicher, T2 Anschluß, verschraubte Frontplatte

Neu von ZWO Imaging: gekühlte CMOS Kameras mit Vollformat-Sensoren



ASI094MCPRO

- Sony IMX094 Sensor
- 24x36 mm, 4,88 µm Pixel,
- 7376x4928 Px
- Quanteneffizienz: 56 %
- Ausleserauschen 2.1 e

ASI128MCPRO

- Sony IMX128 Sensor
- 24x36 mm, 5,97 µm Pixel
- 6032x4032 Px
- Quanteneffizienz: 53 %
- Ausleserauschen 2.5 e

Beiden Kameras gemeinsam ist ein 14 Bit ADC, 256 MB DDR Pufferspeicher, Tilt-Adapter für die perfekte Einrichtung des Sensors, leistungsstarke Peltierkühlung bis 35°C unter Umgebungstemperatur. Dazu integrierte Anti-Tau-Heizung, USB 3.0 Schnittstelle uvm.
Das alles bei einem Gewicht von nur 640 Gramm!

Teleskop-Service, Von-Myra-Straße 8, DE-85599 Parsdorf bei München
Telefon: +49 89-9922875-0 • info@teleskop-service.de

verschobene Zunahme langer Mondfinsternisse, die nun, eben antizyklisch, zur gesamten Anzahl totaler Mondfinsternisse verläuft. Sobald eine Serie langer Mondfinsternisse endet, schliesst eine neuerliche Serie (mehrheitlich) randnaher Mondfinsternisse an.

Verteilung der Mondfinsternisse

Über die Verteilung der Mondfinsternisse finden wir in Meeus [4] folgende Erklärung: Im Zeitraum vom Jahr 0 bis 2999 gibt es insgesamt 7'245 Mondfinsternisse, von denen 2'089 total sind, 2'536 partiell und 2'620 durch den Halbschatten verlaufen. Daraus wäre es naheliegend, abzuleiten, dass jedes Jahrhundert 241 oder 242 Mondfinsternisse hätte, also 70 totale, 84 oder 85 partielle sowie 87 Halbschattenfinsternisse. Dies wäre die arithmetische Verteilung. Wie gesehen, verhält es sich die Situation in Tat und Wahrheit anders. Meeus weist mit Blick auf Abbildung 6 ebenfalls auf die antizyklische Verteilung der tiefen totalen Mondfinsternisse zur Gesamtzahl aller totaler Finsternisse hin.

Ergänzend dazu ist Abbildung 7 interessant. Jeder schwarze Punkt stellt eine Kernschatten-Mondfinsternis dar, hier im Zeitraum von 1500 bis 2500. Wenn wir die Finsternisse nach ihrer Tiefe im Kernschatten (Magnitude 1.0 entspricht dabei dem scheinbaren Monddurchmesser) chronologisch gegen die Finsternisgrösse auftragen, so entsteht ein sich stetig wiederholendes netzartiges Muster. Total ist eine Mondfinsternis ab einer Grösse von 1.0. Maximal kann die Finsternis 1.88 Magnitude gross werden (Mond im Apogäum, Erde im Aphel). Die Mondfinsternis am 26. Juli 1953 war die tiefste des vergangenen Jahrhunderts. Was wir nun auch verstehen: Die maximale Finsternisgrösse sagt nichts über die Länge der Totalität aus, wie wir unschwer an der bevorstehenden Mondfinsternis vom 27. Juli 2018 mit einer Grösse von «nur» 1.613 sehen können.

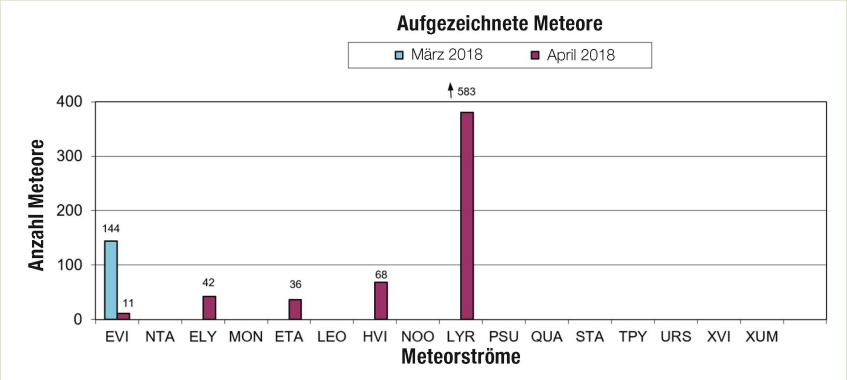
Es ist aber gefährlich, Statistiken in einem zu kurzen Zeitraum durchzuführen. Aus der Tatsache, dass es in der Zeit von 1900 bis 2099 insgesamt 165 Mondfinsternisse und nur 123 partielle Mondfinsternisse gibt, könnte man verallgemeinern, dass, wenn der Mond den Kernschatten der Erde durchquert, er im Durchschnitt häufiger total verfinstert wird. Wie wir gesehen haben, gibt es auf lange Sicht aber mehr partielle Eklipsen als totale. Dies zeigt sich auch in Abbildung 7 sehr schön.

Es ist sofort ersichtlich, dass die Punkte in der Übersicht nicht gleichmässig verteilt sind. Um das Jahr 1700 gab es zum Beispiel viele par-tielle Finsternisse mit einer Magnitude nahe 0.6 und viele tiefe totale Finsternisse mit einer Magnitude von 1.6 oder grösser; aber es gab relativ wenige totale Finsternisse mit einer Magnitude zwischen 1.0 und 1.5 und einige sehr kleine partielle Finsternisse. Dasselbe gilt für den Zeitraum um 2300 n. Chr.

Antizyklisch zeigt sich die Verteilung um das Jahr 2000: Hier gibt es zwar viele totale Mondfinsternisse mit einer Magnitude zwischen 1.0 und 1.4, zahlreiche kleine partielle

Swiss Meteor Numbers 2018

Fachgruppe Meteorastronomie FMA (www.meteore.ch)



ID	Beobachtungsstation	Methode	Kontaktperson	3/2018	4/2018
ALT	Beobachtungsstation Altstetten	Video	Andreas Buchmann	15	86
BAU	Beobachtungsstation Bauma	Video	Andreas Buchmann	0	31
BAU	Beobachtungsstation Bauma	visuell	Andreas Buchmann	0	0
BOS	Privatsternwarte Bos-cha	Video	Jochen Richert	538	1268
BUE	Sternwarte Bülach	Foto	Stefan Meister	0	0
EGL	Beobachtungsstation Eglisau	Video	Stefan Meister	60	127
FAL	Sternwarte Mirasteilas Falera	Video	José de Queiroz	73	121
GNO	Osservatorio Astronomica di Gnosca	Video	Stefano Sposetti	890	938
GOR	Sternwarte Stellarium Gornergrat	Foto	P. Schlatter / T. Riesen	0	0
LOC	Beobachtungsstation Locarno	Video	Stefano Sposetti	0	92
MAI	Beobachtungsstation Maienfeld	Video	Martin Dubs	62	112
MAU	Beobachtungsstation Mauren	Video	Hansjörg Nipp	159	284
PRO	Beobachtungsstation Priosito	Video	Viola Romerio	55	79
SCH	Sternwarte Schafmatt Aarau	Foto	Jonas Schenker	0	0
SON	Sonnenturm Uecht	Foto	T. Friedli / P. Enderli	0	2
VTE	Observatoire géophysique Val Terbi	Video	Roger Spinner	347	758
WOH	Beobachtungsstation Wohlen BE	Foto	Peter Schlatter	0	0

März 2018 **Total: 2198**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	68	12	80	2	13	56	153	114	36	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
65	63	102	178	78	86	7	7	5	56	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
42	189	190	135	111	109	53	35	15	15	14

Anzahl Sporadische: 1052 Anzahl Sprites: 2
Anzahl Feuerkugeln: 0
Anzahl Meldeformulare: 1

April 2018 **Total: 3888**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
79	141	6	14	92	233	204	85	1	58
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
82	27	120	125	27	46	142	247	238	227
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
334	369	278	153	208	89	68	62	24	20

Anzahl Sporadische: 3147 Anzahl Sprites: 1
Anzahl Feuerkugeln: 1
Anzahl Meldeformulare: 3

Video-Statistik 3/2018	Meteore			Beob.
Einzelbeobachtungen:	1674	=	90 %	1674
Simultanbeobachtungen:	184	=	10 %	524
Total:	1858	=	100 %	2198

Video-Statistik 4/2018	Meteore			Beob.
Einzelbeobachtungen:	2338	=	81 %	2338
Simultanbeobachtungen:	541	=	19 %	1550
Total:	2879	=	100 %	3888

Finsternisse mit unter 0.5, aber nur wenige Finsternisse mit einer Grösse zwischen 0.5 und kleiner als 1.0 und grösser als 1.5.

Evektion verformt die Mondbahn

Eine Mondbahnstörung, die Evektion, hat auf die Mond- aber auch auf die Sonnenfinsternisse einen Einfluss. Es sind periodische Störungen der Exzentrizität sowie der Lage der Apsidenlinie, welche die Mondbahn verformen. Stehen die drei Himmelskörper Sonne, Erde und Mond auf einer Geraden, was bei Voll- und Neumond der Fall ist, so zieht die Sonne unseren Trabanten stärker an, als etwa in den Halbmondpositionen. Die mittlere Exzentrizität der Mondbahn beträgt 0.055. Sie wird aber von einer 31.81-tägigen Schwankung von ± 0.014 überlagert sowie einer 205.9-tägigen von ± 0.008. Immer wenn die grosse Halbachse der Mondbahn auf die Sonne gerichtet ist, erreicht die Exzentrizität ein Maximum. Dies tritt rund alle 205.9 Tage auf, also nach etwas mehr als einem halben Jahr, da auch die Apsidenlinie täglich rechtläufig um 0.1° wandert.
In Abbildung 5 können wir diese Schwingung sehen. Letztmals trat ein Vollmond in extremer Apogäumstellung am 9. Juni 2017 ein, also ziemlich exakt vor 413.6 Tagen, wenn wir vom 27. Juli 2018 zurückrechnen. Dazwischen fiel am 19. Dezember 2017 (vor 206.8 Tagen) der noch fast leere Mond mit dem Apogäum zusammen. Auffallend ist, dass die Extrema der Apogäen deutlich weniger stark oszillieren wie die Perigäumsdistanzen.

Wann gibt es die längste Totalität?

Rekapitulieren wir noch einmal alle Bedingungen, die eine maximal lange Mondfinsternistotaliät hervorbringen:

- Der Vollmond sollte möglichst zeitnah ein extremes Apogäum durchlaufen. Dann ist er maximal weit von der Erde entfernt, erscheint sehr klein und ist mit der langsamsten Bahngeschwindigkeit unterwegs.
- Ein extremes Apogäum ist nur dann möglich, wenn die Apsidenlinie auf die Sonne gerichtet ist und die Mondbahnellipse maximal «elliptisch» ist (alle 205.9 Tage).
- Das Intervall zwischen dem Passieren des Mondknotens und der genauen Vollmondstellung muss möglichst klein sein, am besten zeitgleich. Nur dann durchläuft der Vollmond den Erdschatten zentral.
- Anfang Juli, wenn die Erde in Sonnenferne steht, ist der Öffnungswinkel des Erdschattens flacher (vgl. dazu Abbildungen 2, 3 und 4).

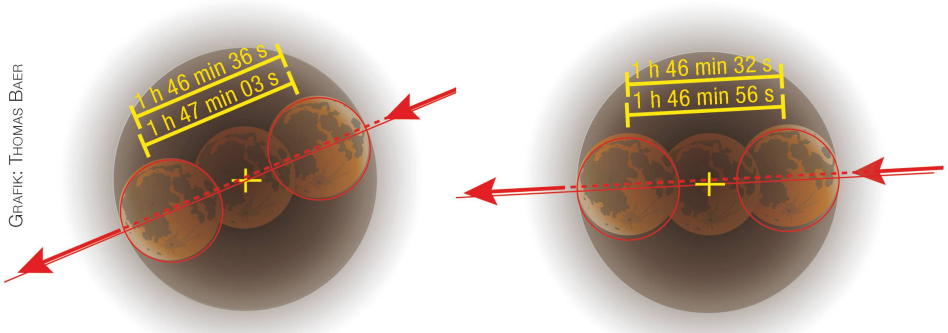
Anders als bei den Sonnenfinsternissen, wo es noch die geografische Breite des Beobachters für eine möglichst lange Totalitätsdauer zu berücksichtigen gilt, ist es bei den Mondfinsternissen etwas einfacher. Wir sehen, dass es keine Faktoren gibt, die sich gegenseitig «beissen», sprich, nicht gleichzeitig erfüllt sein könnten. Dies macht die Eingrenzung schon erheblich einfacher.
Optimal wäre eine zentrale totale apogäische Mondfinsternis zum Zeitpunkt der Erdferne und gleichzeitiger Ausrichtung der Apsidenlinie auf die Sonne! Ausschliessen können wir sicher die Wintermonate, denn selbst wenn der Voll-

Längste totale Mondfinsternisse über 1 h 46 min

(Nach Fred Espenak) * längste Finsternis, aber nicht ganz zentral ** zentral, aber nicht nahe am Erd-Aphel

Jahr / Datum	Grösse im Kernschatten	Totalitätsdauer	Aphelstellung der Erde	Anzahl Tage zwischen Aphel und Finsternis
1921 v. Chr. / 7. April	1.7681	1h46m17s	13. Mai 1921 v. Chr.	+ 36 Tage
1646 v. Chr. / 24. Juni	1.7946	1h46m17s	18. Mai 1646 v. Chr.	– 37 Tage
1505 v. Chr. / 27. Mai	1.7948	1h46m28s	19. Mai 1505 v. Chr.	+ 8 Tage
1364 v. Chr. / 28. April	1.7910	1h46m25s	21. Mai 1364 v. Chr.	+ 23 Tage
380 v. Chr. / 6. Juni	1.7703	1h46m11s	30. Mai 380 v. Chr.	– 7 Tage
239 v. Chr. / 9. Mai	1.7713	1h46m07s	31. Mai 239 v. Chr.	+ 22 Tage
54 / 7. August	1.7924	1h46m09s	1. Juni 54	– 67 Tage
177 / 28. Juni	1.7874	1h46m29s	5. Juni 177	– 23 Tage
318 / 31. Mai	1.7951	1h46m36s	7. Juni 318	+ 7 Tage *
459 / 3. Mai	1.8167	1h46m32s	8. Juni 459	+ 35 Tage **
1443 / 12. Juni	1.8097	1h46m14s	17. Juni 1443	+ 5 Tage
1584 / 24. Mai	1.8145	1h46m05s	18. Juni 1584	+ 25 Tage
1859 / 13. August	1.8148	1h46m27s	2. Juli 1859	– 42 Tage
2000 / 16. Juli	1.7684	1h46m24s	4. Juli 2000	– 12 Tage
2123 / 9. Juni	1.7487	1h46m06s	6. Juli 2123	+ 27 Tage

Tabelle 1: Hier sehen wir die längsten totalen Mondfinsternisse von 2000 v. Chr. bis 3000 n. Chr. Wir stellen tatsächlich fest: Alle langen Totalitäten fanden um die Aphelstellung der Erde herum statt.



Grafik: Thomas Baer

Totale Mondfinsternis am 31. Mai 318
Finsternisgrösse: 1.7951
Totalitätsdauer: 1 h 46 min 36 s
Theoretische Totalitätsdauer bei zentralem Schattendurchgang:
1 h 47 min 03 s

Totale Mondfinsternis am 3. Mai 459
Finsternisgrösse: 1.8167
Totalitätsdauer: 1 h 46 min 32 s
Theoretische Totalitätsdauer bei zentralem Schattendurchgang:
1 h 46 min 56 s

Abbildung 8: Die beiden längsten totalen Mondfinsternisse vom 31. Mai 318 und vom 3. Mai 459. Rot überlagert ist die perfekte zentrale Mondfinsternis gezeichnet, die im Fall links nach meinen Berechnungen 27 Sekunden und in der Situation rechts 24 Sekunden länger als die wirkliche Totalität gedauert hätte!

Längste totale Mondfinsternisse im 21. Jahrhundert

(Nach Fred Espenak)

Datum	Grösse im Kernschatten	Totalitätsdauer
15. Juni 2011	1.700	1h40m12s
27. Juli 2018	1.609	1h42m57s
26. Juni 2029	1.844	1h41m43s
7. Juli 2047	1.751	1h40m49s
17. Juni 2076	1.794	1h40m10s
28. Juni 2094	1.823	1h40m36s

Tabelle 2: Die sechs totalen Mondfinsternisse des 21. Jahrhunderts, die mehr als 100 Minuten dauern. Keine ist länger als jene vom 27. Juli 2018, trotz ihrer nicht perfekten Zentralität.

mond dann ein extremes Apogäum durchläuft, fällt die Finsternis knapp zwei Minuten kürzer aus.
Rein rechnerisch können wir die Länge der längstmöglichen Totaliät unter Berücksichtigung der Erdschattenvergrösserung (Seite 28) berechnen [5]. Vergrössern wir den Schatten um die rund 2 %, so dehnt sich die Totalität auf 107 Minuten. Diese Länge tritt aber im ganzen Zeitraum von 2000 v. Chr. bis 3000 n. Chr. gar nie ein (Tabelle 1). Nur schon dies zeigt, dass höchst selten, alle Bedingungen optimal und gleichzeitig erfüllt sind. Ist das Intervall «Anzahl Tage zwischen Aphel-Stellung der Erde und Mondfinsternis» kurz, taucht vielleicht der Mond nicht ganz zentral in den Erdschatten ein, oder sein Apogäumszeitpunkt erfolgt nicht perfekt um den Finsternistermin herum. So gab es am 31. Mai des Jahres 318 die längste totale Mondfinsternis in diesen 5'000 Jahren! Wäre sie perfekt zentral verlaufen, hätte sie die 107-Minuten-Marke um wenige Sekunden geknackt. Auch die totale Finsternis am 3. Mai 459 wäre als perfekt zentrale Finsternis um 4 Sekunden knapp an der Rekorddauer vorbeigeschrammt (vgl. dazu Abbildung 8)!

Fazit

Klar wird nun aber, dass die längsten totalen Mondfinsternisse (über 106 Minuten) nur um die Aphel-Stellung der Erde herum eintreten können, je näher, desto besser. Würden auch die anderen Bedingungen exakt passen, wäre uns die Rekord-Mondfinsternis, wie gesehen, sicher!
Am 27. Juli 2018 müssen wir uns mit einer Totalitätsdauer von 1 Stunde und 43 Minuten begnügen, immerhin im Wissen, dass keine totale Mondfinsternis im ganzen 21. Jahrhundert länger dauern wird. ▮

Quellen

- [1] Fred Espenak, https://eclipse.gsfc.nasa.gov/LEcat5/LEcatalog.html
- [2] Jean Meeus, Canon of Solar Eclipses –2003 to +2526
- [3] Erich Laager, Berechnungen der Schattendurchgänge
- [4] Jean Meeus, Mathematical Astronomy Morsels, 1997
- [5] Fred Espenak, https://eclipse.gsfc.nasa.gov/LEcat5/shadow.html

Bild: Thomas Baer / Sternwarte Bülach