Saroszyklus : warum wiederholen sich Finsternisse alle 18 Jahre? : Nur ähnlich, aber doch nicht ganz

Autor(en): **Baer, Thomas**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **75 (2017)**

Heft 401

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-897103

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Saroszyklus: Warum wiederholen sich Finsternisse alle 18 Jahre?

Nur ähnlich, aber doch nicht ganz

Von Thomas Baer

Am 21. August sind es genau 18 Jahre und 10 Tage her, seitdem sich die Sonne über Mitteleuropa am 11. August 1999 total verfinsterte. Jetzt spielt sich ihre «Nachfolgerin» im Saros 145 knapp 112° weiter westlich ab. Schon die Babylonier erkannten, dass sich gleichartige Finsternisse nach einem bestimmten Muster alle 18 Jahre wiederholen. Doch wie funktioniert dieser Saroszyklus überhaupt?

Wenn wir uns heute mit dem Saroszyklus beschäftigten, können wir heute kaum nachzuvollziehen, wie es bereits im Altertum möglich war – die ältesten erhaltenen Keilschrifttafeln mit Hinweisen auf den Finsterniszyklus stammen aus dem Jahr 748 v. Chr. – gleichartige Sonnen- und Mondfinsternisse über einen derart langen Zeitraum zu finden und sogar vorherzusagen. Bedenken wir: Die Menschen damals hatten noch keine Hochleistungsrechner und konnten längst nicht jede nach knapp zwanzig Jahren wiederkehrende Finsternis in ihrem Längenabschnitt wieder beobachten! Nicht weniger staunen wir über die Genauigkeit, mit der die Babylonier die Planetenumläufe um die Sonne berechneten. Oft weichen ihre Aufzeichnungen erst ab der dritten Dezimalstelle von unseren Berechnungen ab, ein Indiz dafür, dass die Gelehrten damals eine unglaubliche Gabe des exakten Beobachtens und Messens – womöglich mittels Steinsetzungen – beherrschen mussten. Viele Geheimnisse sind bis heute unverstanden. In anderen Kulturkreisen hat man das astronomische Wissen im Pyramidenbau integriert, denken wir nur an die Sonnenpyramide der späten Maya-Zeit in Chichén Itzá oder aber an die Pyramiden von Gizeh, die immer wieder zu Spekulationen Anlass gaben, ob, und wenn ja, sie nach möglichen astronomischen Kriterien dort gebaut wurden. Auch im alten China muss man die Kunst der Vorhersage von Finsternissen bereits verstanden haben, wenngleich die beiden kaiserlichen Hofastronomen Hi und Ho, so die Überlieferungen, nach ausgiebigen Festivitäten am 13. Oktober 2'128 v. Chr. die grosse Sonnenfinsternis Kaiser Tschung-kangh vorenthielten. Sie wurden mit dem Tod bestraft.

Die Mondzyklen

Um zu verstehen, warum sich Finsternisse alle 18 Jahre in ähnlicher Art und Weise wiederholen, müssen wir uns zuerst einmal einen Überblick über die verschiedenen Mondzyklen verschaffen. Ein Umlauf des Mondes um die Erde dauert 27.321662 Tage. Nach Ablauf dieser Zeit kehrt der Trabant wieder zu demselben Stern zurück. Daher wird dieser Mondmonat auch siderische Periode genannt, abgeleitet vom lateinischen Begriff «sidus», was Stern bedeutet. Messen wir indessen die Zeitspanne von Neu- zu Neu- oder Voll- zu Vollmond, so verstreichen im Durchschnitt 29.530589 Tage. Die rund 2.2 Tage, die der Mond länger benötigt, um wieder in derselben Mondphase zu erscheinen, haben damit zu tun, dass sich die Erde während des siderischen Mondumlaufs auf ihrer Bahn ebenfalls ein Stück weiter bewegt hat.
Die Mondbahn ist bekanntlich um 5.145° gegen die Ekliptik gekippt. Die beiden Schnittpunkte, der auf- und der absteigende Knoten, wandern in 18.61 Jahren einmal rückläufig durch die Ekliptik. Die Knoten laufen dem Mond mit jedem Umlauf stets ein Stück entgegen, sodass das Intervall zwischen zwei Durchläufen desselben Bahnknotens mit 27.212221 Tagen etwas kürzer ist als der siderische Monat. Für die Finsternisse von Bedeutung ist letztlich auch die Erde-Mond-Distanz. Die Apsidenlinie (Verbindungslinie zwischen Perigäum und Apogäum) ihrerseits vollzieht innerhalb von 8.85 Jahren eine komplette rechtläufige Umdrehung. Folglich ist der anomalistische Mondmonat, also die Rückkehr zur selben Apside, mit einer Dauer von 27.554550 Tagen länger als der siderische Umlauf.
Wie wir unschwer feststellen, sind die Mondmonate mit Ausnahme des synodischen Monats ganzzahlig 27 Tage lang. Für die Finsternisse betrachten wir nun den synodischen, den drakonitischen und den anomalistischen Monat. Sucht man ihr gemeinsames Vielfaches, so sehen wir, dass 223 synodische Umläufe (6585.32 Tage) 242 drakonischen (6585.36 Tage) und 239 anomalistischen Monaten (6585.54 Tage) entsprechen. Abweichungen gibt es lediglich in den Dezimalstellen. Welche Auswirkungen haben diese nun in Bezug auf eine Sonnenfinsternis? – Nach Ablauf der 6585 Tagen (18 Jahre) ist es so, dass sich geometrisch gesehen eine fast identische Konstellation von Sonne, Erde und Mond einstellt. Für uns von Interesse sind aber die kleinen Abweichungen nach dem Dezimalpunkt, denn diese führen zu geringen Veränderungen, welche Finsternisse eines Saros eben nur annähernd identisch aussehen lassen.

Die verschiedenen Mondmonate

Name	Erklärung	Dauer in Tagen
Siderischer Mondmonat	Erdumlauf bezogen auf einen Fixstern (effektiver Erdumlauf)	27.321662
Synodischer Mondmonat	Neu- bis Neumond / Voll- bis Vollmond (Mondphasenmonat)	29.530589
Drakonitischer Mondmonat	Durchlauf des Mondes durch denelben Mondknoten	27.212221
Anomalistischer Mondmonat	Durchlauf des Mondes durch das Perigäum	27.554550

Tabelle 1: Zusammenstellung der für den Saroszyklus relevanten Mondmonate.

Der Saroszyklus – Vielfache der Mondmonate

Ganzzahlige Vielfache	Periodendauer [in Tagen]	Dauer [umgerechnet]	Effekt
223 Synodische Monate	6585.3223	6585 d 07 h 43 min	Finsternisgebiet driftet ~113° westwärts
239 Anomalistische Monate	6585.5375	6585 d 12 h 54 min	Der Mond ändert während eines Saros seine Distanz zur Erde
242 Drakonitische Monate	6585.3575	6585 d 08 h 35 min	Das Finsternisgebiet wandert mit jeder Wiederkehr ~8° nach Norden oder Süden

Tabelle 2: Hier sehen wir die gemeinsamen Vielfachen der Mondmonate und deren Effekte in Bezug auf zwei im Saroszyklus aufeinanderfolgender Finsternisse.

Ein Vergleich zwischen 1999 und 2017

Untersuchen wir dazu die beiden Sonnenfinsternisse von 1999 und 2017, die dem Saros 145 angehören. Am 11. August 1999 zog der Kernschatten des Mondes quer durch Mittel- und Südosteuropa. Die Finsternis erreichte um 13:03.1 Uhr MESZ über Rumänien (45° 5' N, 24° 17' O) mit einer maximalen Dauer von 2 min 23 s ihren Höhepunkt. Nun, 18 Jahre später, folgt die 22. Finsternis dieser insgesamt 77 Sonnenfinsternisse umfassenden Sarosreihe über den Vereinigten Staaten, diesmal am 21. August. Ihren Höhepunkt erreicht sie um 20:25.5 Uhr MESZ bei 36° 59' N, 87° 39' W nordwestlich von Nashville, Tennessee, mit einer Totalitätsdauer von 2 min 42 s. Was unterscheidet die beiden Finsternisse? Einerseits sehen wir eine leicht längere Dauer der zentralen Phase, andererseits ist der Ort des Finsternismaximums knapp 112° nach Westen und 8° näher zum Äquator hin gewandert. Das Finsternisgebiet als solches sieht 2017 im Vergleich zu 1999 recht ähnlich aus. Einzig im Norden erkennen wir, dass es neu eine nördliche Begrenzungslinie gibt, weil 1999 der Nordrand des Mondhalbschattens noch nicht vollständig auf die Erde fiel (siehe Abbildung 1, Seite 26). Diese Verschiebungen müssen also mit den kleinen Abweichungen der einzelnen Mondzyklen zu tun haben.

Der Saroszyklus ist, wie wir gesehen haben, im Mittel 18 Jahre 11 Tage und 8 Stunden lang. Somit müsste die bevorstehende Sonnenfinsternis eigentlich am 22. August gegen 21:00 Uhr MESZ eintreten. Da jedoch im Jahr 2000 der Schalttag ausgelassen wurde, müssen wir diesen einen Tag subtrahieren und landen beim 21. August. Da die Sarosperiode nicht ganzzahlig aufgeht, sondern einen Drittel Tag zu lange ist, verschiebt sich das Finsternisgebiet auch etwa einen knappen Drittel um die Erde westwärts. Dass es weniger als 120° sind, hängt damit zusammen, dass die Erde ja nicht exakt 24 Stunden für eine Rotation benötigt.

Nach drei Saroszyklen, also nach 54 Jahren und 34 Tagen, kehrt das Finsternisgebiet mehr oder weniger wieder in denselben Längenabschnitt zurück. Allerdings zieht der Kernschatten des Mondes nicht mehr über dieselben Gebiete hinweg, denn die kleine Differenz zwischen den 223 synodischen und 242 drakonitischen Mondmonaten von 0.0352 Tagen oder 50.6 Minuten sorgen dafür, dass der Mond alle 18 Jahre um diese Differenz später den Knoten durchläuft. Anders betrachtet ist der Mondknoten etwa ein halbes Grad (einen Monddurchmesser) nach Osten gedriftet. Bei Finsternissen, welche im aufsteigenden Knoten stattfinden, wie dies beim Saros 145 der Fall ist, wandert das Finsternisgebiet mit jeder Wiederkehr ein kleines Stück südwärts über den Erdglobus. Bei Finsternissen im absteigenden Knoten verschiebt sich die Finsterniszone nordwärts.

Sarosreihe 145 begann im Nordpolargebiet

In der astronomischen Einsteigerliteratur wird meist etwas vereinfacht erklärt, dass Finsternisse nur dann eintreten können, wenn der Neumond in einem der beiden Bahnknoten steht. Ganz korrekt ist dies nicht, denn aufgrund der Grösse der Erde und der konischen Ausdehnung des Mondhalbschattens kann es noch zu einer partiellen Sonnenfinsternis im Polargebiet kommen, wenn der Neumond 16.6° östlich oder westlich des Bahnknotens eintritt. Da sich nun der Knoten selbst alle 18 Jahre um rund ein halbes Grad rechtläufig verschiebt, nimmt die Grösse einer Finsternis zu Beginn eines einsetzenden neuen Saroszyklus zu. Die Sarosreihe 145 etwa begann mit einer ultrakleinen partiellen Sonnenfinsternis über Sibirien am 4. Januar 1639. Ihre Grösse betrug gerademal 0.0009! Es folgten 13 partielle Sonnenfinsternisse zunehmender Grösse bis und mit dem 26. Mai 1873.

Am 6. Juni 1891 kam es erstmals zu einer ringförmigen Sonnenfinsternis. Nur einen Saros später verlief sie hybrid, das heisst ringförmig-total. Vom 29. Juni 1927 bis zum 9. September 2648 erlebt die Sarosreihe totale Finsternisse. Die Letzte findet über der Antarktis statt. Der Saros 145 läuft schliesslich mit zwanzig kleiner werdenden partiellen Sonnenfinsternissen im Südpolargebiet aus. Ein letztes Mal streift

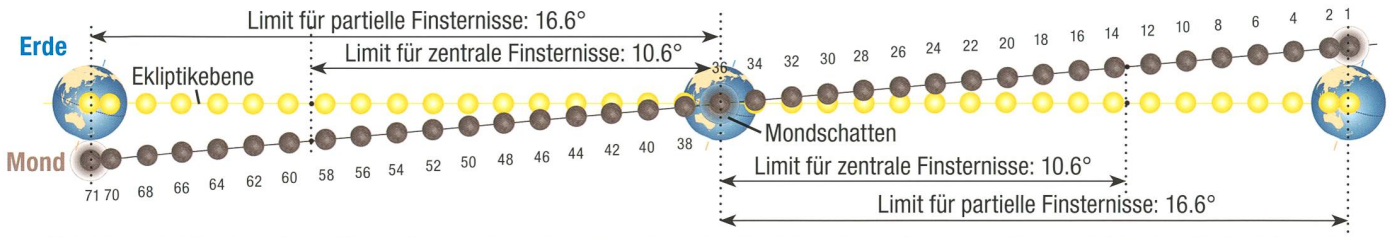


Abbildung 1: Hier ist schematisch ein ganzer Saroszyklus (im aufsteigenden Knoten) dargestellt. Der Zyklus beginnt rechts mit einer ersten kleinen partiellen Finsternis im Nordpolargebiet. Dargestellt ist nur jede zweite Finsternis. Mit jeder Wiederkehr rückt das Finsternisgebiet weiter südwärts. Eingezeichnet sind weiter auch die Limiten für partielle und zentrale (ringförmig oder totale) Finsternisse. Wie wir unschwer feststellen können, muss der Neumond nicht, wie in der Mitte der Darstellung, exakt im Bahnknoten stehen.

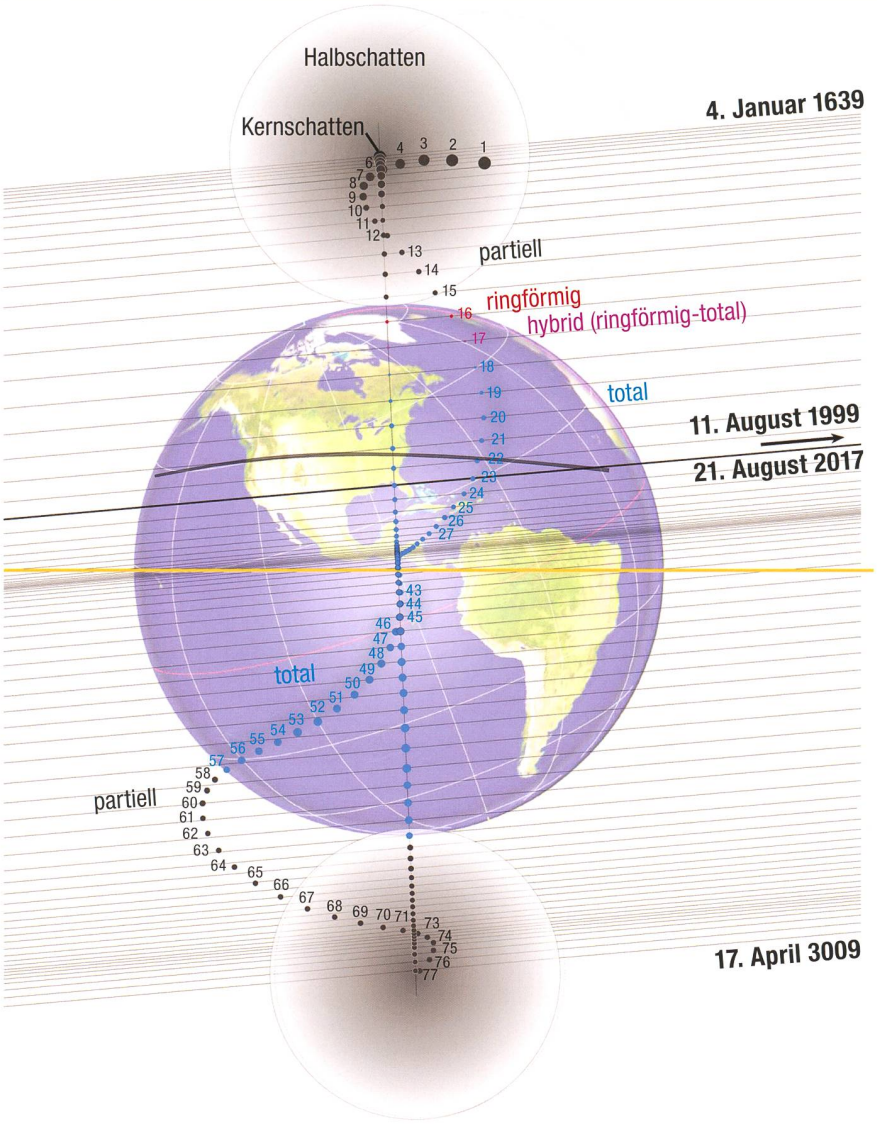


Abbildung 2: Der gesamte Saroszyklus 145 umfasst 77 Finsternisse. Infolge der räumlichen Lage der Erdachse wandert das Finsternisgebiet nicht immer gleichmässig südwärts.

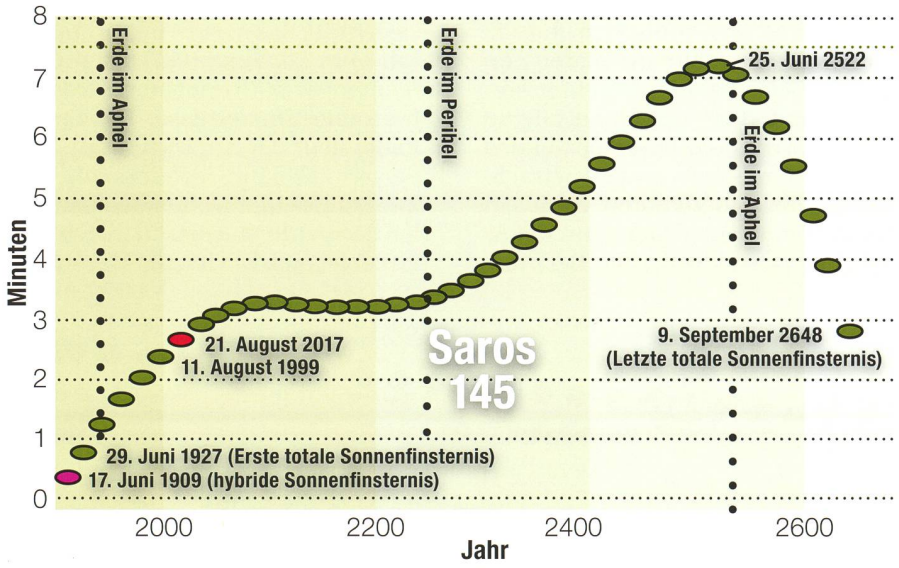


Abbildung 3: Die Totalitätslänge ab der hybriden Finsternis vom 17. Juni 1909 nimmt in einer ersten Phase auf gut 3 Minuten zu, stagniert dann und erreicht am 25. Juni 2522 mit knapp über 7 Minuten Dauer ein Maximum..

der Mondhalbschatten am 17. April 3009 die Erde. Der ganze Zyklus umfasst somit 77 Finsternisse über einen Zeitraum von 1370.29 Jahren verteilt (vgl. Abbildung 1 und 2).
Interessant ist, wenn man die Entwicklung des Saros 145 untersucht, dass es zu Beginn der zentralen Finsternisse eine noch knapp ringförmige, dann eine hybride (ringförmig-totale) Finsternis gab. Ab dem 17. Juni 1909 bis zur letzten zentralen Finsternis am 9. September 2648 verlaufen die Finsternisse jedesmal total. Zu Beginn nimmt die Dauer der Totalität rasch auf knapp über 3 Minuten zu (Abbildung 3).
Elf aufeinanderfolgende Finsternisse unterscheiden sich dann kaum in der Länge der totalen Phase. Was geschieht hier genau? Hierzu müssen wir uns die Abstandsverhältnisse von Erde und Sonne, respektive Erde und Mond vor Augen führen. Es handelt sich um Sonnenfinsternisse, die im Herbst und Winter stattfinden. Die Erde nähert sich in dieser Zeit wieder der Sonne, wodurch deren scheinbarer Durchmesser wächst. Gleichzeitig aber fällt alle 18 Jahre der Neumondtermin immer optimaler mit dem Perigäum des Mondes zusammen, was die scheinbare Mondgrösse bis zur Sonnenfinsternis im Jahr 2089 ebenfalls anwachsen lässt. In dieser Zeit stagniert die Totalitätsdauer um die 3 min 15 s, ja, wird sogar noch einmal etwas kürzer, ehe sie ab dem 31. Dezember 2233 ansteigt und am 2. Juni 2486 die 7-Minuten-Marke um eine Sekunde verpasst! Die längste Totalität mit 7 min 12 s ereignet sich am 25. Juni 2522. Danach verkürzen sich die Finsternisse wieder rasch bis auf 2 min 48 s.
Stellt man die Pfade aller 77 Finsternisse ekliptikal dar, ziehen diese um gut 5° gekippt zur Senkrechten (Mondbahnschräge) über den Erdglobus (Abbildung 2). Interessant zu sehen ist, dass das Finsternisgebiet nicht jedesmal in gleichen weiten Schritten nach Süden wandert, sondern zwischenzeitlich langsamer. Dies hat mit der räumlichen Lage der Erdachse (vom Sonnenzentrum aus betrachtet) über die Jahreszeiten hinweg zu tun.

Nur selten fallen Neumond und Perigäum optimal zusammen

Infolge der Drehung der rechtläufigen Wanderschaft der Apsidenlinie

in 8.85 Jahren fallen Neumond und Perigäum nur alle knapp 9 Jahre in den Sommermonaten zusammen. Letztmals war dies 2009/10 der Fall und wiederholt sich dieses Jahr: Im Mai durchquerte der Neumond das Perigäum einen Tag später, im Juni einen Tag vor Neumond. Die Differenz von 223 synodischen und 239 anomalistischen Mondmonaten beträgt im Schnitt 5 Stunden und 11 Minuten. Dies bedeutet, dass mit jeder Wiederkehr einer Finsternis im Saroszyklus sich Neumondstellung und Perigäum um eben diese Differenz gegeneinander verschieben. Entweder driften die beiden Momente aufeinander zu oder voneinander weg. Die scheinbare Sonnengrösse pendelt zwischen Sonnennähe und Sonnenferne von 32' 32" (4. Januar) und 31' 20" (3. Juli) hin und her.

Die Mondgrösse schwankt während eines Mondumlaufs ebenfalls, maximal zwischen 29' 23" und 33' 25". Beim Mond fallen Perigäum und Apogäum allerdings nicht jedesmal gleich aus. Optimal lang kann eine Sonnenfinsternis dann werden, wenn aus rein geometrischer Sicht die Erde in Sonnenferne steht, der Neumond aber zugleich in Erdnähe steht. Dann haben wir eine kleine Sonne und einen maximal grossen Mond. Allerdings spielen noch andere Faktoren wie Erdrotation, die vektorielle Bewegungsrichtung des Beobachters mit der Erddrehung in Bezug auf den Mondschatten sowie die zenitnahe Stellung von Sonne und Mond (subsolarer Punkt) eine Rolle, wenn wir eine möglichst lange Totalität erleben wollen.

Die Sonnenferne fällt derzeit auf Anfang Juli. Somit können lange totale Sonnenfinsternisse nur in einem Zeitfenster vom 4. bis ca. 18. Juli stattfinden. Wenn in dieser Spanne ein perigäischer Neumond mit möglichst geringem Intervall zum Knotendurchlauf stattfindet, liegt eine 7-minütige Sonnenfinsternis drin. Tatsächlich finden während des Saros 145 solche Finsternisse vom 14. Juni 2504 (7 min 10 s) bis 5. Juli 2540 (7 min 04 s) statt. Dass es nicht für eine maximal lange Totalität von 7 min 31 s reicht – die längste totale Sonnenfinsternis findet übrigens am 16. Juli 2186 statt (7 min 29 s) – hat damit zu tun, dass die einzelnen Faktoren im Laufe des Saros 145 zwar gut, aber doch nicht ganz perfekt zusammenspielen. So etwa wären zwar die Radienverhältnisse von Sonne und Mond nahezu ideal, doch das Finsternismaximum und der subsolare Punkt (an dem die Sonne im Zenit stünde) liegen weit auseinander. Der Beobachter ist etwas weiter vom Mond entfernt, was sich auf die Grösse der Kernschattenellipse und damit auch auf die Totalitätslänge suboptimal auswirken. ▮

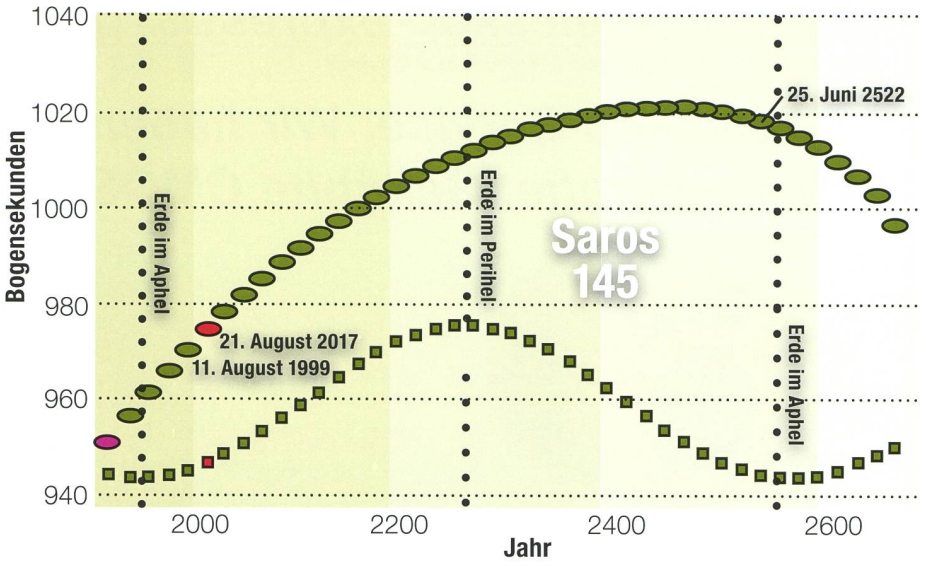


Abbildung 4: Warum die Totalitätsdauer eine Weile bei gut 3 Minuten stagniert, veranschaulicht diese Grafik, welche die scheinbaren Radien von Sonne und Mond über den gesamten Saroszyklus 145 zeigt. Da sich die Finsternisse im Laufe der Zeit durch alle Monate hindurch verschieben, steht die Erde einmal im Perihel, dann wieder im Aphel (kleine Quadrate). Durch die Wanderung der Apsidenlinie der Mondbahn, nimmt die Mondgrösse bis Anfang 2500 stetig zu. Inzwischen ist das Finsternisgebiet auch zum Äquator hin gewandert, wo wir die höchste Geschwindigkeit mit der Erdrotation ausnutzen können. Dies führt zur langen Sonnenfinsternis am 25. Juni 2522.



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. Gekühlte CMOS Kameras von ZWO



ASI174 MMC / MCC
Farb- und Monochromversion
IMX174LLJ Sensor, bis zu 77% QE
2,3 MPx, Pixelgröße 5,86 µm
Sensorgröße 11,34 x 7,13 mm



ASI178 MCC / MMC
Farb- und Monochromversion
Peltierkühlung bis 45°C Diff.
Sensordiagonale 8,82 mm, 6,4 MPx
Sony Starvis- und Exmor System
USB 3.0



ASI1600MMC / MCC
Version 3, Peltierkühlung bis 45°C Diff.
16 MPx CMOS Sensor, 21,9 mm
Pixelgröße 3,8 µm
Ausleserauschen: 1,2e bei 30dB Gewinn



ASI071C Farbkamera
Peltierkühlung bis 40°C Diff.
Sony CMOS Sensor 28,4 mm
16 MPx, Pixelgröße 4,78 µm
Justierbare Anschlußplatte



ASIEFWmini
kompaktes Filterrad für
5x 1,25“ oder 5x 31 mm Filter
CNC Aluminiumgehäuse
T2 Anschlüsse
Filterwechsel durch Schritt-
motor



ZWOADC
Korrigiert Farbverschiebung
durch atmosphärische
Dispersion und erhöht die
Schärfe an Mond + Planeten

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