

Die Finsterniszyklen

von Albrecht Schultz

Die Bezeichnung „drakonitischer Monat“ hat mythischen Hintergrund. In alten Völkern (Chaldäer, Assyrer) herrschte die Vorstellung, dass ein gigantischer Drache (lat. draco) mit seiner ganzen Länge die Himmels-Halbkugel umfasste, Kopf und Schwanz an gegenüberliegenden Punkten des Gewölbes. So kamen Sonne und Mond bei ihrem Lauf durch den Himmel regelmäßig in Gefahr, vom Maul des Drachen *Tiamat* verschlungen bzw. von den Schlingen des Schwanzes erschlagen zu werden. Konnte das Ungeheuer die Sonne tatsächlich mit der Schnauze erfassen, so war sie ihm zu heiß, und es musste sie wieder ausspeien; der flinkere Mond konnte sich im Ernstfall immer aus den Schlingen des Schwanzes befreien [2]. Für uns sind Kopf und Schwanz des Drachens die Mondknoten; diese werden auch „Drachenknoten“ genannt, und die heute verwendeten Zeichen Ω und Υ für den auf- und absteigenden Knoten erinnern an die Mythen der Frühkulturen; es sind Bilder für den Drachen im Himmelshalbrund. Wir wissen: Eine Sonnen- oder Mondfinsternis kann nur dann entstehen, wenn der Erdtrabant zur Neu- bzw. Vollmondzeit die Ekliptikebene durchstößt (das griechische Wort „Eklipse“ bedeutet Verfinsterung). Mit anderen Worten: Zum Zeitpunkt des Knotendurchgangs muss die Knotenlinie – eine andere Bezeichnung ist „Drachenlinie“ – ungefähr zur Sonne ausgerichtet sein, d.h. der Neu- bzw. Vollmond muss in der Nähe eines der beiden Mondknoten stehen, siehe **Bild 7**.

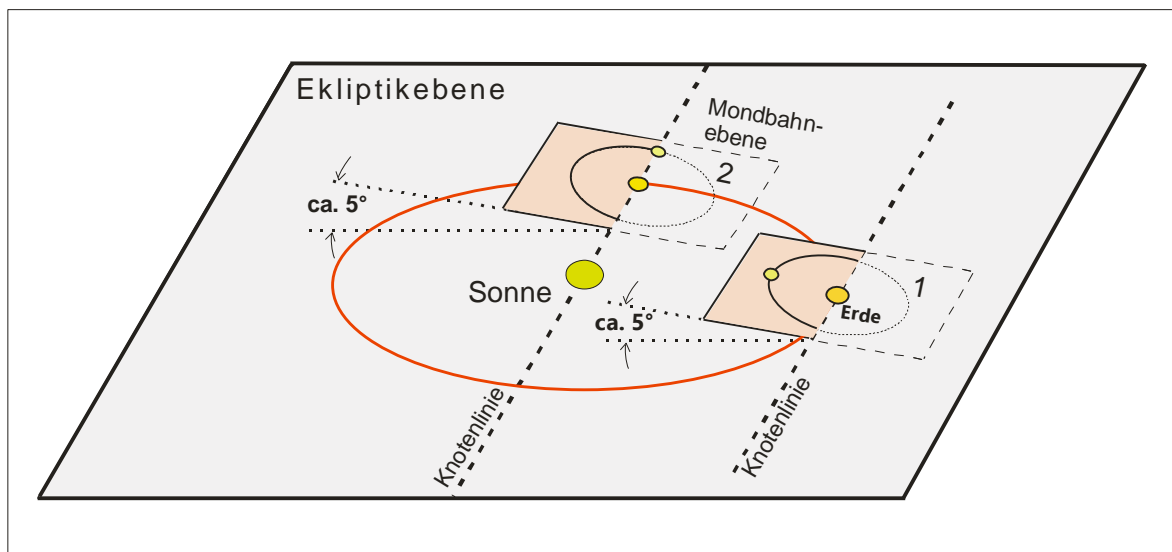


Bild 7 Voraussetzung für eine Sonnen- oder Mondfinsternis ist, dass die Knotenlinie der Mondbahn in Richtung Sonne zeigt. Im Fall 2 (Vollmond im Knotenpunkt) ergibt sich eine Mondfinsternis; im Fall 1 (Neumond oberhalb der Ekliptikebene) findet keine Sonnenfinsternis statt.

Die im Diagramm 2a des Zeitschriftenartikels markierten Erdpositionen kennzeichnen Konstellationen des Jahres 2008, in denen der Mond auf der Knotenlinie stand, entsprechend war ja die zugrunde liegende Tabelle 2 angelegt. Man sieht im Diagramm, dass an vier der entsprechenden Termine

– am 7. und 20. Februar sowie am 2. und 16. August –

die Knotenlinie einigermaßen zur Sonne ausgerichtet war; mit einem Spiel von etwa einem Tag war der Mond jeweils „neu“ oder „voll“, und es konnten sich Finsternisse ergeben. Die

am Neu- oder Vollmondtag gegebene Ausrichtung zur Sonne muss nicht exakt sein, auch bei kleinen Winkelabweichungen können Finsternisse eintreten - die Auffangfläche des Mondschattens bzw. die Ausdehnung des Erdschattens spielen eine Rolle, und die Finsternisse können auch partiell sein. Außerdem hatten wir ja gesehen, dass die Knotenlinie beinahe still steht, sobald sie zur Sonne weist; innerhalb eines Tages nimmt der Drehwinkel nur ganz wenig zu, und dadurch kann sich ein Zeitfenster nur vergrößern. Wir befragen das Jahrbuch [1], die Ereignis-Tabelle in den Monatsübersichten:

- In der Tat herrschte am 7.2.2008 Neumond, und es gab über der Antarktis eine ringförmige Sonnenfinsternis.
- Am 21. Februar herrschte Vollmond bei einer totalen Mondfinsternis.
- Am Neumondtag 1. August raste eine totale Sonnenfinsternis vom Norden Kanadas über Grönland, Russland, Mongolei nach China.
- Schließlich gab es eine partielle Mondfinsternis am Vollmondtag 16. August.

Mit dem Befund für das Jahr 2008 erschließt sich die allgemeine Methode, Finsternis-Termine vorauszusagen. Entscheidend ist die Periode, mit der sich die mit dem Neumond (Vollmond) besetzte Knotenlinie in Sonnenrichtung stellt. Einen Wert von 177 d hatten wir bereits empirisch ermittelt – siehe Diagramm 2a: 14.02. bis 9.08. 2008; wir suchen jetzt auch rechnerisch nach der *mittleren* Periode:

Im Mittel ergeben sich Neu- und Vollmond jeweils nach 29,53059 Tagen, einem synodischen Monat, und die Knotendurchgänge erfolgen im Mittel nach jeweils einem halben drakonitischen Monat (Hälfte von 27,21220 d); für diese Zeitspannen muss ein gemeinsames Vielfaches gefunden werden. Die Gleichung

$$x \text{ synodische Monate} = y \text{ halbe drakonitische Monate}$$

(x und y positive ganze Zahlen)

schreibt sich um zu

$$x \cdot 29,53059 \text{ d} = y \cdot \frac{27,21220 \text{ d}}{2} \quad \text{oder}$$

$$\frac{y}{x} = \frac{2 \cdot 2953059}{2721220} = \frac{2953059}{1360610}; \quad (1)$$

Demnach sind 1360610 synodische Monate genau so lang wie 2953059 halbe drakonitische Monate, und man müsste sehr lange (110 009 Jahre) warten, bis sich die gesuchte Konstellation wieder *exakt* einstellt. Das Eintreten einer Finsternis ist nicht an den genauen Knotendurchgang gebunden, und die betreffenden Umlaufzeiten streuen jeweils um ihre Mittelwerte, deshalb ist es angebracht, mit Näherungen zu arbeiten. Mit dem Verfahren „Kettenbruchentwicklung“ (z.B. [3]) ergeben sich für den Bruch (1) Annäherungen mit kleineren Zählern und Nennern, die in gewisser Hinsicht jeweils optimal sind. Eine dieser Näherungen lautet $\frac{y}{x} \approx \frac{13}{6}$, und kein Bruch mit kleinerem Nenner als 6 liegt näher am ursprünglichen. Also sind 6 synodische Monate ungefähr so lang wie 13 halbe drakonitische Monate; die eine Zeitdauer beträgt 177,2 Tage, die andere 176,9 Tage. Mit der kleinen Rechnung bestätigt sich: Liegt ein Knotendurchgang während der Voll- oder Neumondphase vor, so ist das nächste Ereignis entsprechender Art rund 177 Tage später zu erwarten; das ist der „Semesterzyklus“. Wir machen einen weiteren Test: 177 Tage nach der Sonnenfinsternis vom 1.8.2008 haben wir das Datum 26.1.09 (von Excel berechnet). Ein Blick in das Jahrbuch 2009 bestätigt uns eine ringförmige Finsternis am Folgetag, sie war in Europa nicht sichtbar. 177 Tage nach der partiellen Mondfinsternis vom 16.8.2008, am 9.2.2009, kam es zu einer Halbschattenfinsternis des Mondes.

Mittels Kettenbruchentwicklung ergeben sich für (1) weitere und bessere Näherungen als $\frac{13}{6}$, z.B. $\frac{293}{135}$ und $\frac{484}{223}$, siehe die **Tabelle 3**:

Zum Beispiel sind 135 synodische Monate ungefähr so lang wie 293 halbe drakonitische Monate, hier haben wir den sog. Tritos-Zyklus von 10,9 Jahren. 484 halbe drakonitische Monate sind fast so lang wie 223 synodische, und das ist der bekannte „Saroszyklus“ von 18,03 Jahren (18 a 11 d). Zugleich sind das auch ziemlich genau 239 anomalistische Monate, deshalb folgen in diesem Rhythmus *fast identische* Finsternisse aufeinander; wie kommt es zu diesem Schluss? Auf Grund der zweiten, zusätzlichen Koinzidenz – der anomalistische Umlauf dauert von einer Perigäumspassage zur nächsten – hat alle 18,03 Jahre der Mond die gleiche Position auf seiner elliptischen Bahn. Ist er bei einer Sonnenfinsternis z.B. nahe bei uns, so erscheint er am Himmel größer und verdeckt die Sonne *ganz*, das geschieht dann jedes Mal in diesem Zyklus; im anderen Extremfall bringt er jeweils nur eine ringförmige Sonnenfinsternis zustande. Dazu passend ist bei Finsternissen in diesen Zeitabständen die scheinbare Größe der Sonne annähernd dieselbe, denn die Erde steht wegen der fast vollen Jahresanzahl ungefähr an derselben Stelle ihrer Umlaufbahn. Zwischen 242 drakonitischen und 223 synodischen Monaten gibt es eine kleine Differenz von 0,03 d, und das bewirkt, dass die Saroszyklen nach ungefähr 13 Jahrhunderten abreißen. Übrigens ist die annähernde Übereinstimmung des Saroszyklus mit der Umlaufzeit des Mondknotens (18,6 a) zufällig.

Der Semesterzyklus sowie der Tritoszyklus von 10,9 a und der Saroszyklus von 18,03 Jahren sind gut ablesbar in der Aufzeichnung von **Diagramm 2e**, in dem die Wanderung der Finsternisse durch die Jahre dargestellt ist. Weil der Semesterzyklus etwas kürzer als ein halbes Jahr ist, treten die Finsternisse von Kalenderjahr zu Kalenderjahr immer früher ein, das erzeugt den schrägen Anstieg der Bänder. Die Übereinanderreihung der schrägen Bänder ist durch den Tritoszyklus verursacht, und in den Wiederholungen jeweils gleichartiger Finsternisse eines Bandes im übernächsten macht sich der Saroszyklus bemerkbar. Die Zyklen waren schon in alten Kulturen (Chaldäer, Chinesen) bekannt, lange bevor man überhaupt Kenntnisse über die wahren Ursachen hatte.

Die Beispiele, die Rechnungen und detaillierte geometrische Betrachtungen z.B. in [4] belegen: Für Finsternisse gibt es zweimal, manchmal auch dreimal im Jahr Zeitfenster von der Dauer eines synodischen Umlaufs, in denen jeweils ein bis drei Ereignisse der Art „S“ oder „M“ (Sonnen- bzw. Mondfinsternis) eintreten. Wenn eines dieser Ereignisse im oder fast im aufsteigenden Knoten stattfindet, so folgt gegebenenfalls ein anderes (fast) im absteigenden Knoten oder umgekehrt. Die möglichen Kombinationen sind S, SM, MS, SMS. Die Zeitfenster wiederholen sich im Abstand von 177 Tagen. Eine besonders ausführliche Darstellung der geometrischen Bedingungen für die Entstehung von Finsternissen findet man in [5].

x synod. Mon. $\approx y$ halbe drak. Mon. (x u. y ganz) $y_0 / x_0 = 2 * 2953059 / 2721220$ $= 2,1703934265$			$T_{syn} = 29,53059$ d $T_{drak} = 27,21220$ d			
Zu nähernder Bruch: y_0 / x_0 mit $y_0 = 2953059$ $x_0 = 1360610$	Näherungen			Finsterniszyklen		
	y	x	y/x	in Tagen	in Jahren	
	2	1	2,0000000000			
	11	5	2,2000000000			
	13	6	2,1666666667	177	0,48	Semester
	89	41	2,1707317073	1211	3,32	Hepton
	102	47	2,1702127660	1388	3,80	Okton
	191	88	2,1704545455	2599	7,12	Anonymos
	293	135	2,1703703704	3987	10,91	Tritos
	484	223	2,1704035874	6585	18,03	Saros
	777	358	2,1703910615	10572	28,95	Inex
	2038	939	2,1703940362			
	2815	1297	2,1703932151			
	7668	3533	2,1703934333			
	87163	40160	2,1703934263			
	269157	124013	2,1703934265	Excel VBA		
	894634	412199	2,1703934265	Editor-Start: Alt + F11		

Tabelle 3 Kettenbruchentwicklung mit *Excel Visual Basic for Application* (VBA).

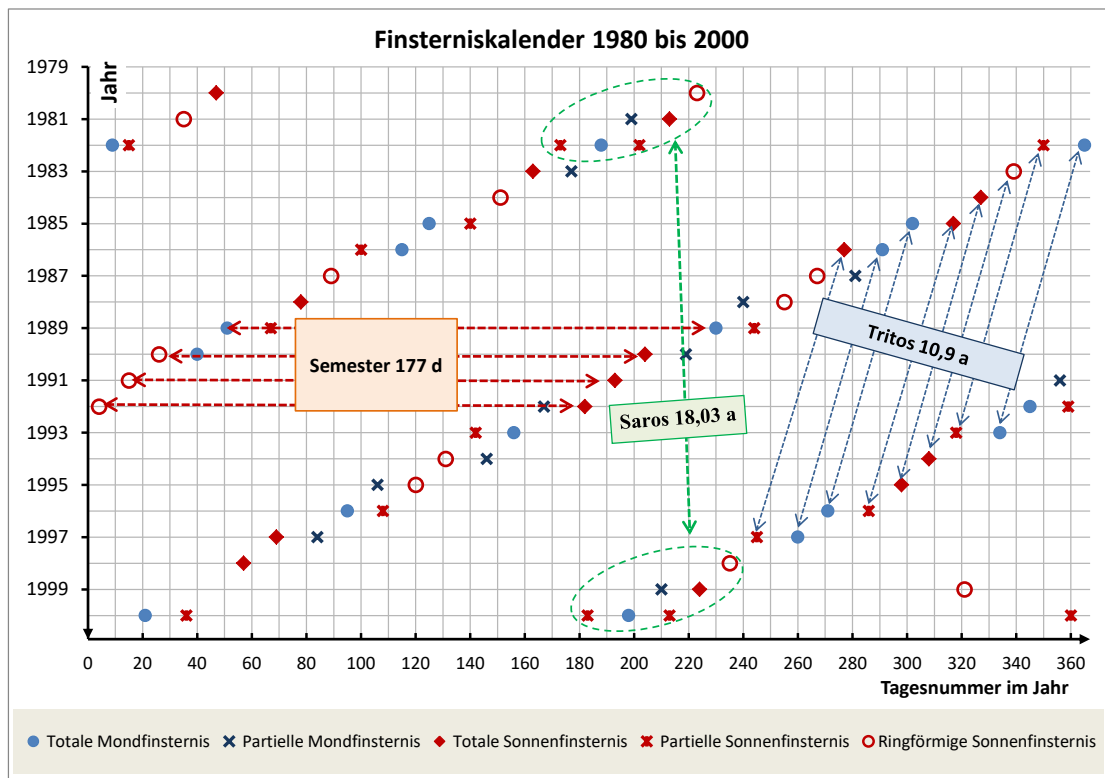


Diagramm 2e Besondere Finsterniszyklen im Finsterniskalender 1980 bis 2000 (Daten aus [6]). Halbschattenfinsternisse des Mondes sind nicht berücksichtigt.

Literatur

- [1] Ahnerts Astronomisches Jahrbuch 2008. Verlagsgesellschaft Spektrum der Wissenschaft
- [2] Haber, H.: Unser Sternenhimmel – Sagen, Märchen, Deutungen. Kösel-Verlag, München 1981, S. 53
- [3] Bronstein u.a.: Taschenbuch der Mathematik, Verlag Harri Deutsch, Frankfurt a.M. 2012, S. 4
- [4] Voigt, H. H.: Abriß der Astronomie, B.I. Wissenschaftsverlag, Mannheim / Wien / Zürich 1975, S. 67 ff
- [5] Wetzel, S.: Einiges über Finsternisse. www.swetzel.ch/astronomie/finster/finster.html
- [6] Meyers Handbuch Weltall, B.I. Wissenschaftsverlag, Mannheim / Wien / Zürich 1984, S. 45 ff.