

Es ist wieder Finsternis-Saison!

Erkennen und verstehen der Abfolge von Sonnen- und Mondfinsternissen

In Bezug zum Beitrag „27. Juli: Roter Mond trifft roten Planeten“ unter der Rubrik „Astronomie und Praxis: Monatsthema“ auf den Seiten 68-72 in der Zeitschrift »Sterne und Weltraum« 7/2018, Zielgruppe: Mittelstufe bis Oberstufe, WIS-ID: 1421011

Olaf Fischer und Stephan Edinger

Finsternisse kommen häufiger vor als es die meisten Menschen meinen. Auch treten sie nicht während beliebiger Neu- oder Vollmondphasen im Jahr verteilt, sondern saisonal gehäuft (aber auch nicht zu einem festen Zeitraum des Jahres) auf. Die zweite Finsternis-Saison in 2018 beginnt am 13. Juli mit einer in Südaustralien sichtbaren partiellen Sonnenfinsternis, wird gefolgt von einer totalen Mondfinsternis am 27. Juli (siehe SuW-Beitrag, S. 68-72) und endet wieder mit einer partiellen Sonnenfinsternis am 11. August (sichtbar in Skandinavien).

Die Abfolge der Sonnen- und Mondfinsternisse lässt sich gut im sogenannten [Finsternis-Diagramm](#) erkennen. Im folgenden WIS-Beitrag wird dieses Diagramm zunächst vorgestellt und anschließend am Beispiel interpretiert. Zur Interpretation wird das [Anschauungsmodell „Lunarium“](#) eingeführt und genutzt. Diese für den Lehrer wichtigen Informationen münden in ein [Arbeitsblatt](#), welches mit Schülern getestet wurde (siehe [Unterrichtserfahrungen](#)).

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Astronomie	Positionsastronomie, Himmelsmechanik	Sonnenfinsternis, Mondfinsternis, Mondbahn, Mondphasen, Mondknoten , Knotenlinie , Finsternis-Fenster , Finsternis-Diagramm , synodischer Monat , drakonitischer Monat , Finsternisperioden , Finsternis-Zyklen , Saros-Zyklus , Semester-Zyklus
Physik	Mechanik	Mondumlauf, Kreisel , Mondbahnkreisel , Präzession der Mondbahnebene
Fächerverknüpfung	Astro - Ma	Näherungsbruch , Kettenbruch, Kettenbruchentwicklung
Lehre allgemein	Kompetenzen (Wissen, Erkenntnis), Lernpsychologie, Unterrichtsmittel	Erweiterung des Wissens zum Mond, Markieren von Punkten im Diagramm Interpretieren eines Diagramms, Anwenden eines Anschauungsmodells , Modellgrenzen , räumliches Vorstellungsvermögen, Herstellung eines Lunariums , Anschauungsmodell, Lunarium , Analogiemodell zur Sarosperiode , Arbeitsblatt

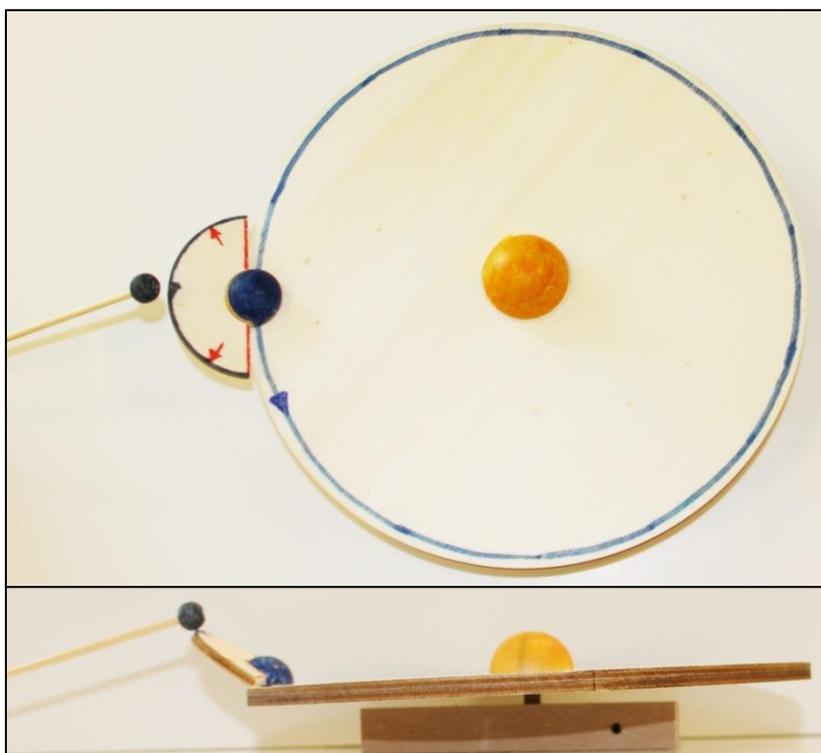


Abbildung 1: Lunarium in Draufsicht und Seitenansicht.

Das hier gezeigte Lunarium besteht aus der Erdbahnebene (aufsteckbar auf einen Ständer) mit blau markiertem Erdumlauf, der blau eingefärbten Erde und der gelben Sonne, der in den Erdorbit einsteckbaren Mondbahnebene mit grau markiertem Mondorbit und dem grau eingefärbten Mond an einem dünnen Stab.

In der Mondbahnebene wurden die Knotenlinie und die Grenzen der „Finsternis-Fenster“ rot gekennzeichnet.

In Draufsicht können die Mondphasen demonstriert werden; hier im Bild der Vollmond. Die Seitenansicht zeigt, dass es trotz (dieser) Vollmondstellung zu keiner Mondfinsternis kommen kann, weil sich der Mond wegen der Neigung seiner Bahnebene zur Erdbahnebene oberhalb des Erdschattens befindet.

© Olaf Fischer.

Das Finsternis(kalender)-Diagramm

Beim **Finsternis(kalender)-Diagramm** handelt es sich um ein Zeit-Zeit-Diagramm mit einer waagerechten Monatsachse und einer senkrechten Jahresachse, das an einen Mehrjahreskalender erinnert (siehe Abb. 2). Trägt man die Zeitpunkte der Sonnen- und Mondfinsternisse in dieses Diagramm ein, so ergibt sich ein Muster, das einem Perlenvorhang ähnelt, weswegen auch die Bezeichnung *“bead curtain” diagram* existiert (Guy Ottewill: „The Under-Standing of Eclipses“, Universal Workshop, First Edition edition (April 1, 1991), ISBN-10: 093454624X). Jean Meeus verwendet die Bezeichnung *eclipse panorama diagram* (Jean Meeus: „More Mathematical Astronomy Morsels“, Willmann-Bell (28. Februar 2002), ISBN-10: 0943396743).

Seine Ursprünge hat diese Art der Diagrammdarstellung vermutlich beim Schweizer Astronomen Johann Heinrich Lambert (1728-1777), der es in einem Buch veröffentlicht hat („Beschreibung und Gebrauch einer neuen und allgemeinen ecliptischen Tafel worauf alle Finsternisse des Mondes und der Erde in ihrer natürlichen Gestalt vorgestellt werden, nebst der leichtesten Art dieselbe und die dabey vorkommenden Umstände zu berechnen und zu entwerfen“, Berlin : im Verlag der Realschulbuchhandlung, 1765, siehe auch <http://www.e-rara.ch/zut/content/titleinfo/961715>).

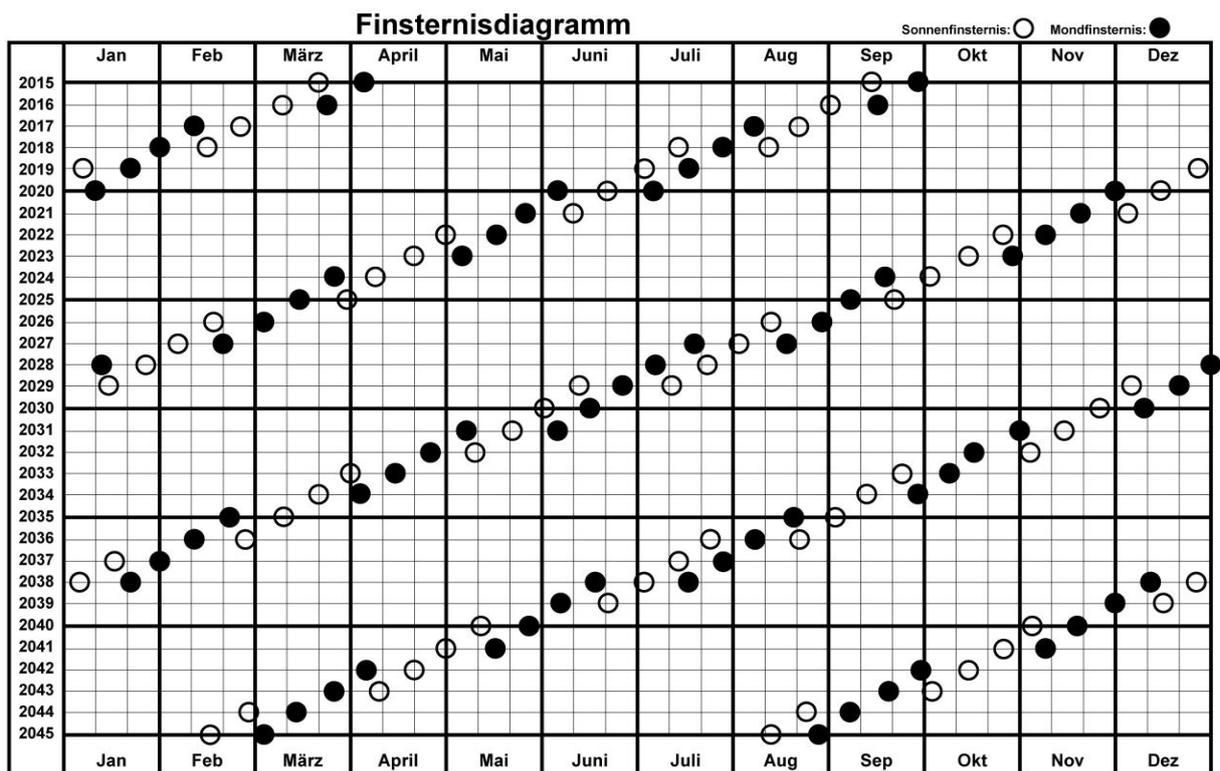
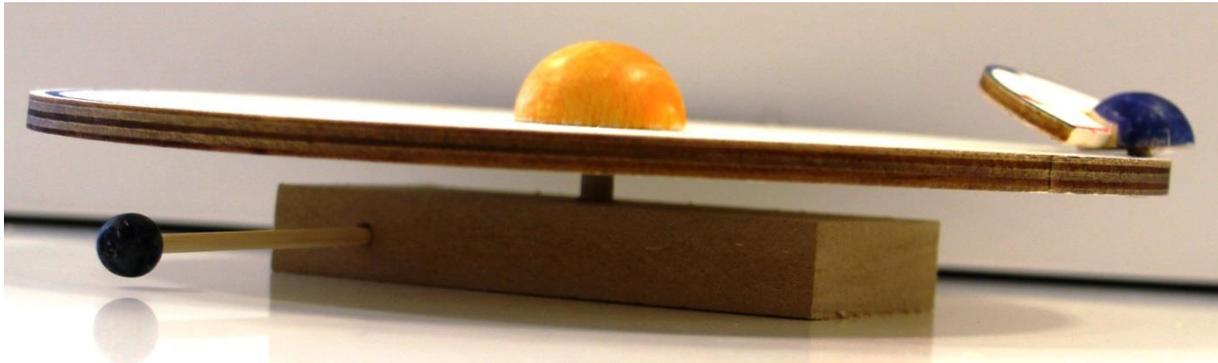


Abbildung 2: Finsternis-Diagramm für die Jahre 2015 bis 2045. Pro Jahr gibt es 2 Finsternis-Saisons mit insgesamt 4 bis 6 Finsternisereignissen. Sehr selten kann es auch vorkommen, dass 7 Finsternisse im Jahr auftreten.
© Olaf Fischer.

Als Datenquelle für die Eintragung empfehlen wir die Seite der NASA (‘NASA Eclipse Web Site’: <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/solar.html>), welche alle Sonnen- und Mondfinsternisse im Jahreszeitraum -1999 bis 3000 detailliert auflistet.

Im Anhang findet sich für die Arbeit mit Schülern (für das Arbeitsblatt) ein Auszug aus dem oben genannten Katalog.

Modell „Lunarium“



Als **Lunarium** bezeichnet man ein **Anschauungsmodell**, welches die Orientierung der Mondbahn (mit drehbarer Knotenlinie) in Bezug auf die Erdbahn räumlich zeigt und verdeutlicht, dass nur eine Untermenge aller Neu- und Vollmondereignisse eines Jahres zu einer Finsternis führen kann. Insbesondere die Begriffe Knotenlinie, Mondknoten und Finsternis-Fenster werden fassbarer.

Herstellung eines Modells für Schüler

Material

Mit einem Materialwert von 5 bis 10 Euro lassen sich kleine Lunarien für die Schülerarbeit (wie in Abb.1 gezeigt) selbst herstellen. Benötigt werden z. B.:

- 1 Kreisscheibe aus Pappelspertholz ($\varnothing = 20$ cm, Dicke = 6 mm)*,
- 1 (Halb-)Kreisscheibe aus Pappelspertholz ($\varnothing = 6$ cm, Dicke = 4 mm)*,
- 1 Halbkugel aus Buche, ($\varnothing = 30$ mm)*,
- 1 Halbkugel aus Buche, ($\varnothing = 20$ mm)*,
- 1 Kugel aus Buche, ($\varnothing = 10$ mm, mit 3-mm-Bohrung)*,
- 1 Holzrundstab ($\varnothing = 6$ mm, 2 cm lang)
- 1 Holzrundstab ($\varnothing = 4$ mm, 1 cm lang)
- 1 Holzquader (aus Restmaterial, etwa 10 cm \times 5 cm \times 1,5 cm)
- 1 Schaschlikspieß (Länge = 20 cm, $\varnothing = 3$ mm).

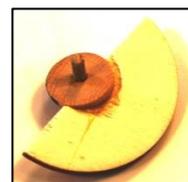
(*beschaffbar z. B. unter: [Halbkugeln aus Holz](#) [Bauklötze Holzbausteine Holzbaublöcke](#) - [Tischlerschuppen](#), <https://expresszuschnitt.de/Pappelspertholz-Platten-BBB>.)

Arbeitsschritte

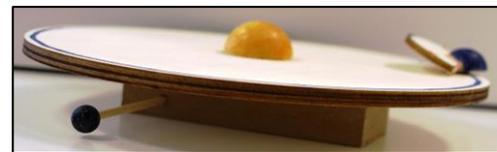
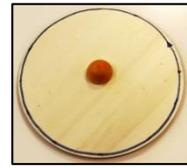
Die Herstellung des Modells ist einfach und mit einem Zeitaufwand von ca. 1-1,5 h schnell zu bewerkstelligen. An Werkzeugen und Hilfsmitteln sind erforderlich: eine Bohrmaschine (besser mit Ständer, Holzbohrer 4 mm und 6 mm, Lochsäge 20 mm), eine Laubsäge, etwas Schleifpapier, Klebstoff, dicke Faserstifte (gelb, blau, grau) und ein dünner Faserstift (rot).

Im Folgenden sind die nötigen Herstellungsschritte stichpunktartig aufgeführt:

- kreisrundes Loch ($\varnothing = 2$ cm) mittig in kleine Kreisscheibe ($\varnothing = 6$ cm) sägen (Lochsäge für Bohrmaschine),
- kleine Kreisscheibe halbieren,
- Loch ($\varnothing = 4$ mm, ca. 5 mm tief) mittig in flache Seite der Halbkugel ($\varnothing = 20$ mm) bohren,
- Kreishalbscheibe (Mondbahnebene) mit Halbkugel ($\varnothing = 20$ mm, Erde) verbinden (kleben, ca. 30° geneigt),
- Holzrundstab ($\varnothing = 4$ mm, 1 cm lang) in Loch stecken und mit Halbkugel verkleben,
- Mondumlaufbahn samt Richtungspfeil mit grauem Faserstift am Rand des Halbkreises markieren,
- mit rotem Faserstift Knotenlinie und Grenzen der Finsternis-Fenster markieren (siehe Abb. 1) und Halbkugel (Erde) mit blauem Faserstift einfärben,



- nun große Halbkugel ($\varnothing = 30$ mm, Sonne) mittig auf große Kreisscheibe ($\varnothing = 20$ cm) kleben,
- Loch ($\varnothing = 6$ mm, ca. 12 mm tief, bis in Halbkugel hinein) mittig von unten in Kreisscheibe bohren,
- Erdumlaufbahn samt Richtungspfeil mit blauem Faserstift ca. 5 mm vom Rand des Kreises entfernt markieren,
- Halbkugel (Sonne) mit gelbem Faserstift einfärben,
- an einem Punkt der Erdumlaufbahn Kreisscheibe durchbohren ($\varnothing = 4$ mm),
- kleine Holzku­gel ($\varnothing = 10$ mm, Mond) mit Schaschlik-Spieß verbinden (durch 3-mm-Loch schieben und eventuell verkleben),
- Kugel (Mond) mit grauem Faserstift einfärben,
- Loch ($\varnothing = 6$ mm, ca. 6-8 mm tief) mittig in Holzquader (Ständer) bohren,
- evt. Holzquader noch parallel zur Auflagefläche durchbohren ($\varnothing = 4$ mm, Lochlänge: 5 cm): zum Durchstecken des Schaschlik-Spießes,
- Holzrundstab ($\varnothing = 6$ mm, 2 cm lang) in Loch stecken und mit Holzquader verkleben,
- 4-mm-Stab des Mondbahnhalbkreises in 4-mm-Loch in Erdbahnkreis stecken,
- Erdbahnkreis auf 6-mm-Stab des Holzquaders stecken.



Einführung und Handhabung des Modells

Grenzen des Modells

Wie bei jedem Modell kann es auch beim Lunarium nur um ausgewählte Aspekte der Realität gehen. Entsprechend werden andere Aspekte (die für den Modellzweck nicht von Belang sind) verfälscht bzw. unrealistisch wiedergegeben. Dies sollte den Schülern immer wieder vor Augen geführt werden.

- Beim Lunarium geht es um die Veranschaulichung der Lagen der Umlaufbahnen. Die Durchmesser von Sonne, Erde und Mond sowie deren Abstände zueinander können **nicht maßstabsgerecht** dargestellt werden.
- Ebenso werden die Bahnen von Erde und Mond im Modell **nicht elliptisch** und ihre Neigung zueinander wird **stark überhöht** (in Wirklichkeit ca. 5°) wiedergegeben.
- Schließlich kann aus praktischen Gesichtspunkten heraus nur die halbe Mondbahnebene mit einer „Halberde“ im Umlauf um eine „Halbsonne“ dargestellt werden. Die unterhalb der Erdbahnebene liegenden Hälften der Mondbahnebene sowie von Sonne und Erde müssen gedanklich symmetrisch vervollständigt werden.

Vorausgesetzte (oder vorher zu erarbeitende) Vorkenntnisse

- Der Schüler weiß, dass ein Schatten dann entsteht, wenn eine Lichtquelle ganz oder teilweise durch einen Schattenwerfer verdeckt wird, wenn Lichtquelle, Schattenwerfer und Beobachter (Projektionswand) räumlich betrachtet nahezu auf einer Geraden stehen.
- Es wird auch vorausgesetzt (oder es muss zuvor erarbeitet werden), wie es zu Kern- und Halbschatten kommt (geometrische Optik).
- Auch die Entstehung der Mondphasen (insbesondere Neu- und Vollmond) wird als bekannt vorausgesetzt.

(Neues) Hintergrundwissen: Fakten und Zusammenhänge

- Erde und Mond laufen aus Sicht vom ekliptikalen Nordpol entgegen dem Uhrzeigersinn auf ihren Bahnen. Pfeile entlang der Umlaufbahnen zeigen dies im Lunarium.
- Für eine weitere Interpretation des Erscheinungsbildes des ausgefüllten Finsternis-Diagramms benötigt man verschiedene Periodendauern:
 - Periodendauer von Vollmond zu Vollmond (**synodische Umlaufzeit bzw. synodischer Monat**): im Mittel rund 29,53 Tage (genauer: 29,530589),
 - Periodendauer vom einem Mondknoten zum nächsten gleichartigen Mondknoten (**drakonitischer Monat**): im Mittel rund 27,21 d (genauer: 27,212221),
 - Periodendauer von Perigäumsdurchgang (größte Erdnähe) zum nächsten Perigäumsdurchgang (anomalistische Umlaufzeit): im Mittel rund 27,56 d (genauer: 27,55455),
 - Die Erde braucht für einen Umlauf um die Sonne ca. 365,242 Tage (tropisches Jahr, von Frühlingsanfang bis zum nächsten Frühlingsanfang).
- Die Schnittlinie zwischen Erdbahnebene und Mondbahnebene bezeichnet man als **Knotenlinie**. Die Schnittpunkte der Mondbahn mit der Erdbahnebene werden dann als **Mondknoten** bezeichnet. Dort wo der Mond aus der Erdbahnebene aufsteigt (oben wird hier durch den ekliptikalen Nordpol definiert), befindet sich der **aufsteigende Knoten**. Im **absteigenden Knoten** läuft der Mond in die Erdbahnebene hinein in Richtung ekliptikaler Südpol.
- Auf Grund der räumlichen Ausdehnung von Sonne, Erde und Mond müssen diese nicht ganz exakt auf einem Strahl liegen, damit eine Finsternis auftritt. Entsprechend kommt es schon kurz vor oder nach dem Voll- oder Neumond zu einer Verfinsternung. Genauso kommt es zu einer Finsternis, wenn der Mond nicht genau in der Erdbahnebene steht, sondern etwas darüber oder darunter. Man bezeichnet den Bereich der Mondbahn um die Knotenpunkte herum, in dem noch Finsternisse möglich sind, als **Finsternis-Fenster**. (In Abb. 1 steht der Vollmond außerhalb der Finsternis-Fenster.)

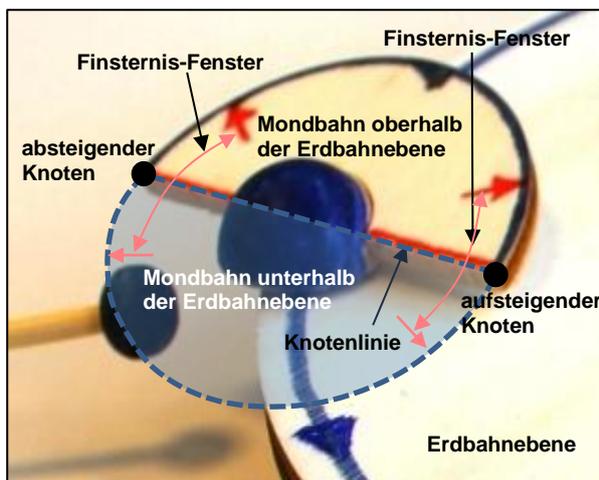
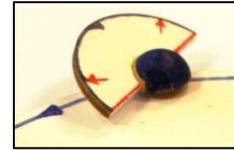
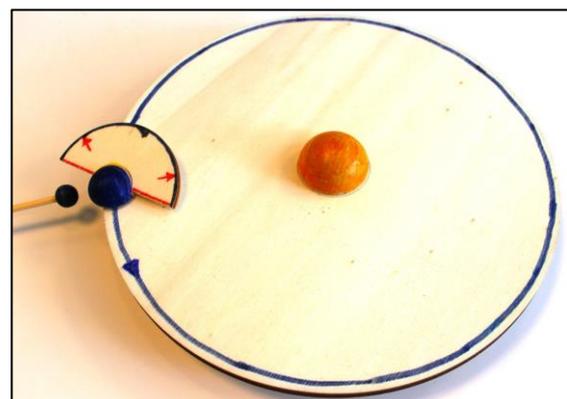


Abbildung 3: Veranschaulichung einiger oben genannter Begriffe mit dem Lunarium. © Olaf Fischer.



[zurück zum Anfang](#)

- Für die Interpretation des Finsternis-Diagramms wird auch das Wissen zum Verhalten von Kreiseln benötigt. Insbesondere muss herausgestellt werden, dass die Achse eines ungestörten Kreisels (Kreisel, an dessen Achse keine Kraft zieht) im Raum immer in die gleiche Richtung zeigt. Zieht dagegen eine Kraft an der Achse, so kommt es zu einer Auslenkung senkrecht zur Zugrichtung.

Diese Erkenntnis kann mit Hilfe einer Alltagserfahrung verknüpft werden: So bleibt das Vorderrad eines Fahrrads (ein Kreisel) beim Freihandfahren stabil (was bedeutet, dass die Ausrichtung der Radachse im Raum bleibt stabil), solange der Radfahrer aufrecht sitzt, d. h., solange die Kraftwirkung auf die linke und rechte Seite der Achse im Gleichgewicht ist (was so viel bedeutet wie kräftefrei). Sobald sich der Radfahrer etwas nach links oder rechts beugt, kommt es zu einer Auslenkung der Radachse senkrecht zur Kipprichtung.

In Anlehnung an die Fahrradfelge kann die Mondbahn als ein **Kreisel** betrachtet werden. Dieser behält seine Lage im Raum bei, wenn keine Kraft an einer Achse zieht. Die Anziehungskraft der Sonne auf den Mond zieht jedoch an der Achse des **Mondbahnkreisels** und führt zu einer Ausweichbewegung (**Präzession der Mondbahnebene**).

Im Zuge der Interpretation des Finsternis-Diagramms ist es zu empfehlen, zunächst das Verhalten einer ungestörten Mondbahnebene zu demonstrieren (siehe Bild). Zur Demonstration einer zunächst angenommenen stabilen Lage der Umlaufbahnachse im Raum fasse man die Mondbahn an (diese ist ja drehbar auf der Erdbahnebene angebracht) und drehe die Erdbahn, so dass die Mondbahnebene ihre Orientierung im Raum beibehält (siehe Abb. 4).

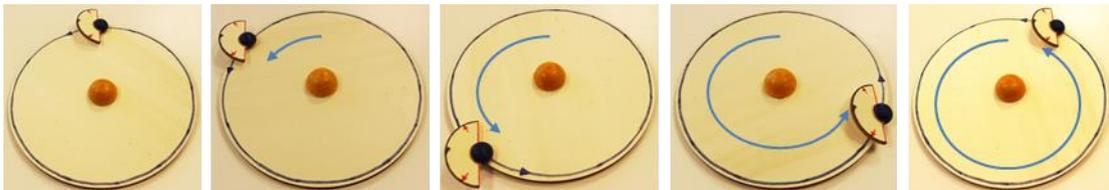
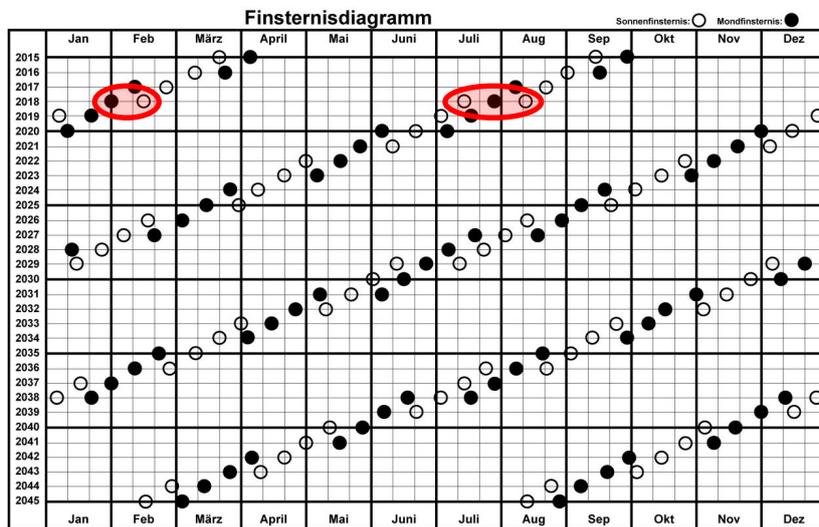


Abbildung 4: Mondbahnkreisel an verschiedenen Orten der Erde im Laufe eines Jahres bei stabiler Position im Raum (ungestörter Kreisel). Man erkennt, dass die Knotenlinie (rote Linie an Mondbahnebene) immer in die gleiche Richtung zeigt. © Olaf Fischer.

Die Diagramminterpretation macht es im Weiteren aber notwendig, eine Drehung der Mondbahnebene (also auch der Knotenlinie) einzuführen. Diese erfolgt im Uhrzeigersinn mit einer Periode von 18,61 Jahren. Als Grund für diese Drehung wird dann die Kraftwirkung der Sonne auf die Bahnkreiselachse herausgestellt.

Diagramminterpretation – Teil 1: Häufungen in Finsternis-Saisons

Warum finden meist mehrere Finsternisse nacheinander (in **Finsternis-Saisons**) jeweils etwa im Abstand von ca. 2 Wochen statt? Zeige (und erkläre) diese Tatsache mit Hilfe des Lunariums für die 2. Finsternis-Saison im Jahre 2018!



Die Eintragung erfolgt jeweils am Schnittpunkt zwischen Tag (Richtung x-Achse) und Jahr (Richtung y-Achse).

Abbildung 5: Stellvertretend für alle anderen Finsternis-Saisons sind die zwei im Jahr 2018 rot hervorgehoben.

Die erste Finsternis-Saison in 2018 beginnt mit einer totalen Mondfinsternis am 31.1. (in Europa am frühen Nachmittag, Mond etwa im absteigenden Knoten) und endet mit einer partiellen Sonnenfinsternis am 15.2. (sichtbar im südlichen Südamerika und in Antarktis, Mond unterhalb der Erdbahnebene). Die zweite Finsternis-Saison enthält 3 Finsternisse: partielle Sonnenfinsternis am 13.7. (Mond unterhalb der Erdbahnebene), totale Mondfinsternis am 27.7. (Mond etwa im aufsteigenden Knoten), partielle Sonnenfinsternis am 11.8. (Mond oberhalb der Erdbahnebene). © Olaf Fischer.

Zu einer Finsternis (Sonnenfinsternis: SoFi, Mondfinsternis: MoFi) kommt es, wenn die Syzygienlinie (Verbindungsgerade Sonne-Erde-Mond oder Sonne-Mond-Erde in Draufsicht auf die Erdbahnebene) im Bereich des Finsternis-Fensters (um die Knotenlinie herum) liegt. Die "Breite" des Finsternis-Fensters erlaubt es, dass mehrere Finsternisse kurz nacheinander bei den aufeinanderfolgenden Voll- und Neumondkonstellationen stattfinden. Deren zeitlicher Abstand beträgt einen halben synodischen Monat, bzw. etwa 14,74 Tage. Je besser die Breite des Fensters genutzt werden kann, desto mehr Finsternisse sind möglich. Meist erfolgen 2 Finsternisse nacheinander (SoFi-MoFi oder MoFi-SoFi). Ab und an können es auch drei sein (SoFi-MoFi-SoFi oder MoFi-SoFi-MoFi).

SoFi am 13. 7. 2018

Mond ist unterhalb der Erdbahnebene vor dem aufsteigenden Knoten, aber schon im Finsternis-Fenster

½ synodischen Monat später MoFi am 27. 7. 2018

Mond ist nahezu im aufsteigenden Knoten, also in der Erdbahnebene (mittig im Finsternis-Fenster)

½ synodischen Monat später SoFi am 11. 8. 2018

Mond ist nun oberhalb der Erdbahnebene nach dem aufsteigenden Knoten

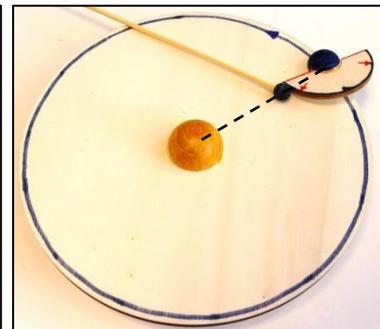
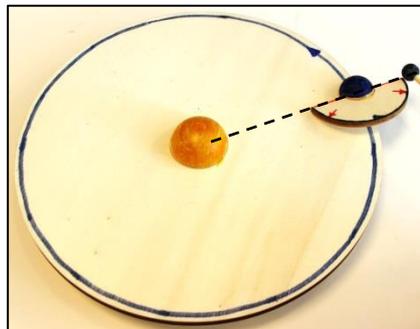
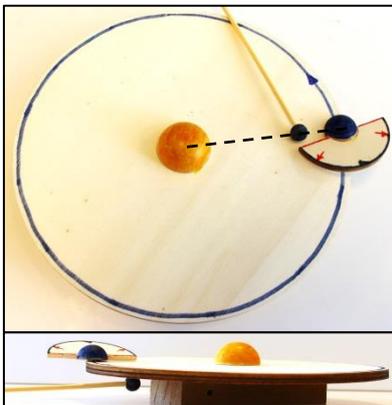


Abbildung 6: Die drei 3 aufeinanderfolgenden Finsternisse (hier SoFi, MoFi, SoFi) der zweiten Finsternis-Saison in 2018 nachgestellt mit dem Lunarium. Während der Mond bei der Mondfinsternis fast im Knoten (auf der roten Linie am Schnittpunkt mit der Erdbahnebene) steht, befindet er sich bei den beiden einrahmenden Sonnenfinsternissen abseits des Knotens, aber noch im Finsternis-Fenster, dessen eine Hälfte vom Knoten bis zum Pfeil reicht (andere Hälfte symmetrisch auf der anderen Seite der Mondbahnebene). Das Finsternis-Fenster kennzeichnet den Bereich, in dem Sonnen- und Mondfinsternisse auftreten können. Es hat eine zeitliche Breite von ca. 33 Tagen. Die Drehung der Knotenlinie wird an dieser Stelle noch nicht thematisiert, d. h., die Knotenlinie behält beim Zeigen zunächst ihre Richtung bei. © Olaf Fischer.

Diagramminterpretation – Teil 2: zeitlicher Abstand zwischen den Finsternis-Saisons

Warum treten die Finsternis-Saisons im zeitlichen Abstand von etwas weniger als einem halben Jahr auf? Wann wäre der Abstand genau ein halbes Jahr? Warum ist der Abstand etwas kleiner? Bestimme die zeitliche Verkürzung! Nutze das Lunarium und die obigen Fakten und Zusammenhänge und finde eine Erklärung!

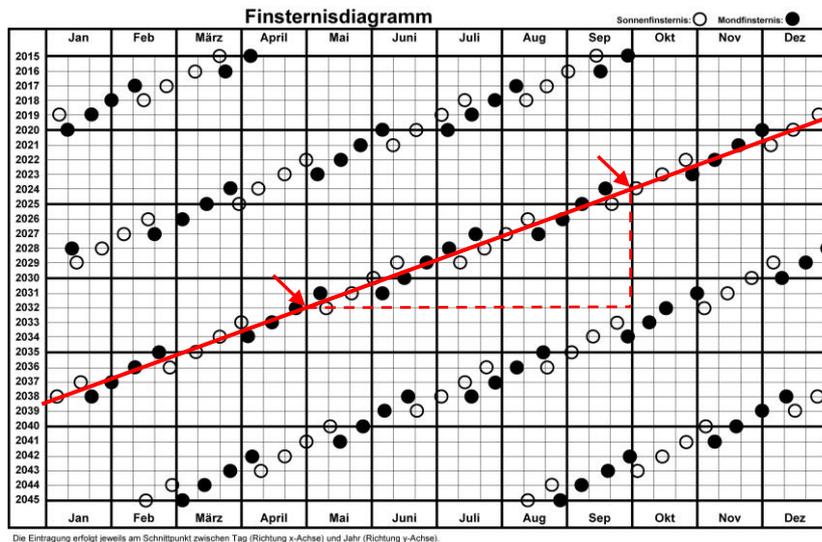


Abbildung 7: Die Finsternis-Saisons finden im zeitlichen Abstand von etwas weniger als einem halben Jahr statt. Zur Bestimmung der zeitlichen Verschiebung in Bezug auf ein halbes Jahr wird eine vermittelnde Gerade genutzt. An geeigneten Punkten (siehe Pfeile) können an der Geraden gut Werte abgelesen werden.

Hier im Diagramm zeigt die Pfeile auf die Werte (30. April, 2032) und (30. September, 2024). Aus den abgelesenen Zeitdifferenzen (5 Monate pro 8 Jahre) ergibt sich, dass das Finsternisjahr rund 19 Tage kürzer ist als das tropische Jahr (Kalenderjahr).

© Olaf Fischer.

Würde die Mondbahnebene ohne weitere äußere Einflüsse (die Gravitation der Sonne) sein, so würde sie stabil im Raum stehen und die Finsternisperioden würden halbjährlich versetzt (ca. 182,5 Tage) immer in den gleichen Monaten auftreten (siehe Abb. 8).

Bedingt durch die Gravitationswirkung der Sonne wirkt eine Kraft auf die Achse des Mondbahnenkreises, die zu einem Ausweichen der Achse (einer Präzession) führt. Dadurch dreht sich auch die Knotenlinie. Im Diagramm wird ersichtlich, dass der zeitliche Abstand zwischen den Finsternis-Saisons kürzer als ein halbes Jahr ist. Das bedeutet, die Knotenlinie dreht sich entgegen der Bewegung des Mondes – also im Uhrzeigersinn.

Die zeitliche Verkürzung kann anhand der Schräge der roten Linie wie folgt abgelesen werden. (Ohne zeitliche Verkürzung stünde diese senkrecht.):

Es werden die Zeitdifferenzen zwischen den durch die Pfeile markierten Punkten ermittelt.

$5 \text{ Monate} / (2032 - 2024) = 0,625 \text{ Monate} / \text{Jahr} = 0,625 \cdot (365,25/12) \text{ Tage} / \text{Jahr} \approx 19,0234 \text{ Tage} / \text{Jahr}$.

Die zeitliche Verkürzung beträgt also rund 19 Tage pro Jahr bzw. rund 9,5 Tage kürzer als ein halbes Jahr. (Der reale Wert beträgt 18,61 Jahre.)

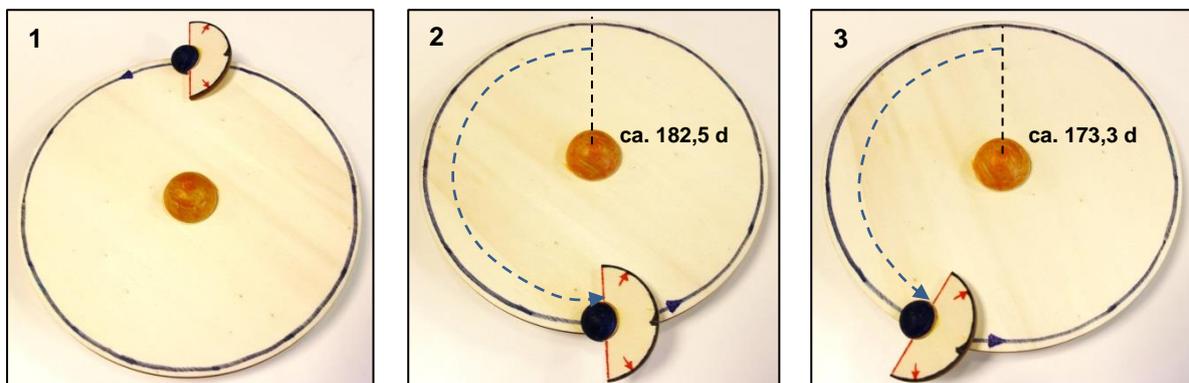


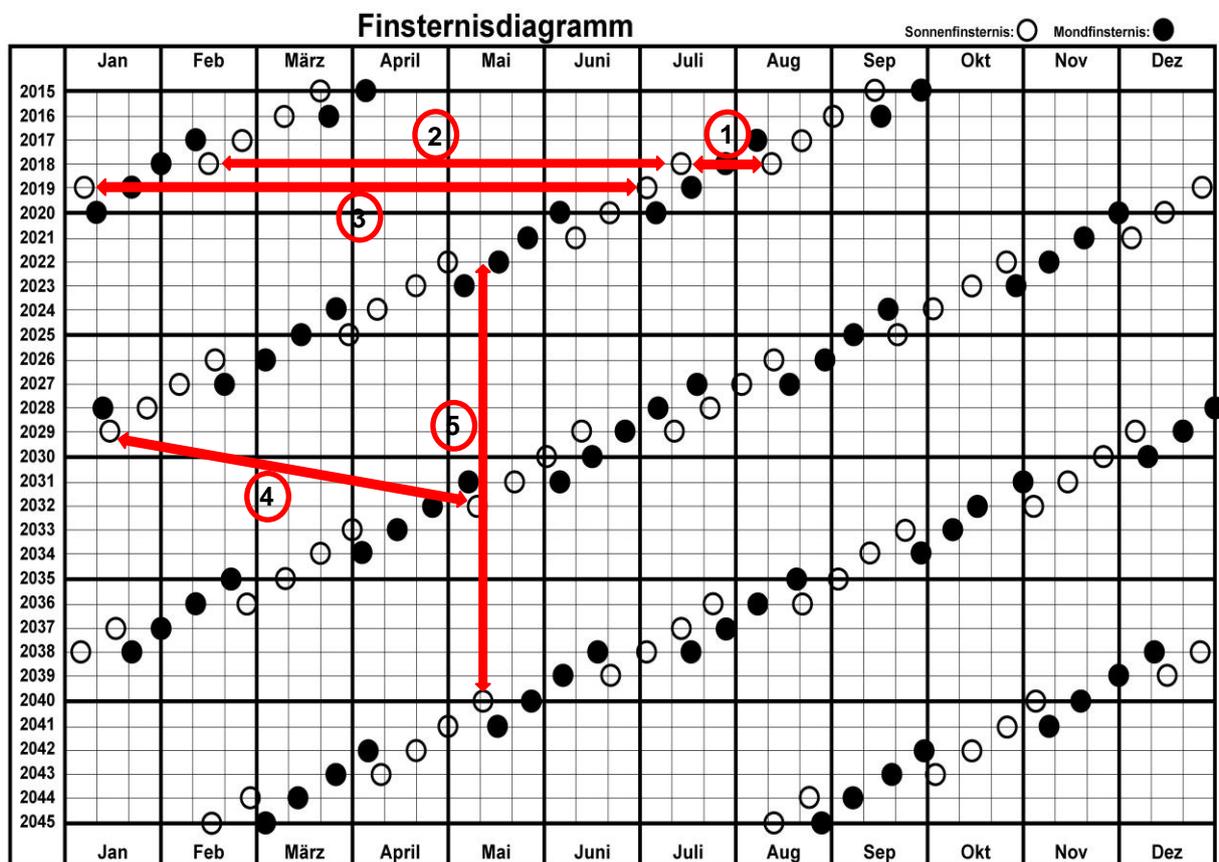
Abbildung 8: Ohne Drehung der Knotenlinie würde die nächste Mitte eines Finsternis-Fensters nach genau einem halben Jahr (ca. 182,5 Tage) erreicht (Bild 1 → Bild 2). Infolge der Drehung der Knotenlinie im Uhrzeigersinn dauert es aber nur etwa 173,3 Tage (Bild 1 → Bild 3). © Olaf Fischer.

Diagramminterpretation – Teil 3: Finsternis-Zyklen

Das Zusammenspiel der zwei für das Zustandekommen einer Finsternis entscheidenden Perioden (synodischer und drakonitischer Monat) führt dazu, dass sich verschiedene Finsternisperioden herausbilden, die sich innerhalb entsprechender Finsternis-Zyklen zeigen. Auch im Finsternis-Diagramm erkennt man, dass es zu einer Wiederholung der Musterabfolge kommt.

Der Zyklus mit der kürzesten Periode von 6 synodischen Monaten (rund 177 Tage) ist der **Semester-Zyklus**. Analysiere das Diagramm und bestimme wieviele Sonnenfinsternisse innerhalb eines Semester-Zyklus möglich sind!

Der bekannteste unter den verschiedenen Zyklen ist der Saros-Zyklus, innerhalb dessen etwa 72 Sonnenfinsternisereignisse im Abstand von 18,03 Jahren stattfinden. Identifiziere im Diagramm (+Tabelle) 2 Finsternisse, die zu einem Saros-Zyklus gehören!



Die Eintragung erfolgt jeweils am Schnittpunkt zwischen Tag (Richtung x-Achse) und Jahr (Richtung y-Achse).

Abbildung 9: Einige Finsternisperioden:

1: 1 synodischer Monat, gehört zum Finsternis-Zyklus ‚Nova‘, der aber nur eine Periode enthält.*

2: 5 synodische Monate, gehört zum Finsternis-Zyklus ‚Pentalunex‘, der wie Nova auch nur eine Periode enthält.*

3: 6 synodische Monate, gehört zum Semester-Zyklus, der den ersten „echten“ Finsternis-Zyklus darstellt. Er kann 8 bis 10 SoFi im Semester-Abstand enthalten.

4: 41 synodische Monate (ca. 3,31 Jahre), gehört zum Finsternis-Zyklus namens ‚Hepton‘. Dieser kann etwa 46 SoFi enthalten und ca. 46 Jahre andauern.

5: 223 synodische Monate (ca. 18,03 Jahre), gehört zum Saros-Zyklus, dem bekanntesten der Finsternis-Zyklen. Dieser enthält etwa 72 SoFi und dauert ca. 1333 Jahre.

*Nova und Pentalunex bilden wegen der ausbleibenden Wiederholungen keine echten Finsterniszyklen.

Zur SoFi-Abfolge sei noch folgende Statistik erwähnt: schon nach 1 Lunation in 11,4 % aller Fälle, nach 6 Lunationen in 65,5 % aller Fälle und nach 5 Lunationen in 23,1 % aller Fälle.

© Olaf Fischer.

Der Canon der Finsternisse

Der österreichische Astronom Theodor Egon von Oppolzer (1841-1886) beschäftigte sich auch eingehend mit der Abfolge von Sonnen- und Mondfinsternissen und schuf in diesem Zusammenhang den „Canon der Finsternisse“ (1887). Canon (lat.) bedeutet so viel wie ‚Regel‘.

Insbesondere Sonnenfinsternisse haben schon immer tiefen Eindruck bei den Menschen, die diese erlebten, hinterlassen. Insbesondere für unsere unaufgeklärten Vorfahren waren es zutiefst beeindruckende und oft auch beängstigende Himmelschauspiele, deren Zeitpunkte man schon frühzeitig dokumentierte und so u.a. den Saros-Zyklus für deren Wiederauftreten erkannte. Dies belegen Keilschrifttafeln der Babylonier ab 748 v. Chr.

Für das Zustandekommen einer Finsternis (im Weiteren sollen nur Sonnenfinsternisse betrachtet werden) sind lediglich zwei Bedingungen nötig: 1. muss der Mond nahe seiner Neumondposition sein und 2. muss er sich nahe bei einem seiner beiden Bahnknoten befinden. (Das Wort ‚nahe‘ ist im Zusammenhang mit dem Finsternis-Fenster zu erläutern.) Von Neumond zu Neumond vergehen im Mittel ca. 29,503589 Tage (synodischer Monat). Von Knoten zu Knoten braucht der Mond im Mittel ca. 13,6061105 Tage (einen halben drakonitischen Monat). Damit ausgehend von einem gleichzeitigen Auftreten beider Bedingungen (einer SoFi) diese sich wiederholen, müssen sich die verstrichenen Perioden innerhalb gewisser Toleranzen in einem ganzzahligen Verhältnis zueinander stehen.

Um diese Verhältnisse zu bestimmen, wenden wir die Methode der **Kettenbruchentwicklung** an (siehe Abb. 10). Mit zunehmender Ordnung (Zahl der Teilbrüche) wird die rationale Zahl (hier das Periodenverhältnis) immer besser angenähert (**Näherungsbruch**). Im Ergebnis erhält man etliche verschiedene Finsternis-Zyklen, die mit größer werdender Zyklusdauer (siehe Tab. 1) das ganzzahlige Verhältnis immer besser annähern und entsprechend langlebiger sind, weil die Restdifferenz zwischen dem Vielfachen des synodischen Monats und dem Vielfachen des halben drakonitischen Monats auch immer kleiner wird, so dass mehr Finsternisse des jeweiligen Finsternis-Zyklus ins Finsternis-Fenster passen.

$$\frac{\text{synodischer Monat}}{\text{halber drakonitischer Monat}} = \frac{29,530589}{\frac{1}{2} \cdot 27,212221} = 2,170391678 \approx 2,1703917 = \frac{21703917}{10000000}$$

$\frac{21703917}{10000000}$	$= 2 +$	$\frac{1703917}{10000000}$
$\frac{10000000}{1703917}$	$= 5 +$	$\frac{1480415}{1703917}$
$\frac{1703917}{1480415}$	$= 1 +$	$\frac{223502}{1480415}$
$\frac{1480415}{223502}$	$= 6 +$	$\frac{139403}{223502}$
$\frac{223502}{139403}$	$= 1 +$	$\frac{84099}{139403}$
$\frac{139403}{84099}$	$= 1 +$	$\frac{55304}{84099}$
$\frac{84099}{55304}$	$= 1 +$	$\frac{28795}{55304}$
$\frac{55304}{28795}$	$= 1 +$	$\frac{26509}{28795}$
$\frac{28795}{26509}$	$= 1 +$	$\frac{2286}{26509}$

$$\frac{21703917}{10000000} = 2 + \frac{1}{5 + \frac{1}{1 + \frac{1}{6 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1}}}}}}}}$$

Abbildung 10: Kettenbruchentwicklung zur Bestimmung von Näherungsbrüchen, d. h. ganzzahligen Verhältnissen von synodischer Umlaufzeit und halber drakonitischer Umlaufzeit. Für jede Ordnung des Kettenbruchs kommt ein Teilbruch (ein Bruchstrich) hinzu. Die Näherungsbrüche verdeutlichen verschiedene Finsternis-Zyklen, deren Periodendauer und Lebensdauer (begrenzte Anzahl von Finsternissen) mit besser werdender Näherung wächst (Ergebnisse siehe Tab. 1).
© Olaf Fischer.

Kettenbruchentwicklung zu den Finsternis-Zyklen - Ergebnistabelle

Näherung durch Kettenbruch n-ter Ordnung (Abbruch nach n Bruchstrichen)	Berechnung des Verhältnisses $T_{\frac{1}{2} \text{ drakonit}} / T_{\text{synod}}$	Zeitabstand zwischen den Finsternissen Zähler $\times \frac{1}{2}$ drakonitisch (13,6061105 d) Nenner \times synodisch (29,530589 d) Zeitdifferenz Zähler-Nenner	Name des Finsternis-Zyklus Dauer der Finsternisperiode (siehe auch Zeitabstand zwischen den Finsternissen)	Anzahl der Finsternisse in diesem Finsternis-Zyklus Lebensdauer dieses Finsternis-Zyklus
n=0 2	$\frac{2}{1}$	27,212221 d 29,530589 d ca. -2,32 d	Nova 1 synod. Monat	1,15 34 Tage
n=1 $2 + \frac{1}{5}$	$\frac{11}{5}$	149,667216 d 147,652945 d ca. 2,01 d	Pentalunex 5 synod. Monate	1,32 196 Tage
n=2 $2 + \frac{1}{5 + \frac{1}{1}}$	$\frac{13}{6}$	176,8794365 d 177,183534 d ca. -0,304 d	Semester 6 synod. Monate (0,485 Jahre)	8,77 4,25 Jahre
n=3 $2 + \frac{1}{5 + \frac{1}{1 + \frac{1}{6}}}$	$\frac{89}{41}$	1210,943835 d 1210,754149 d ca. 0,2897 d	Hepton 41 synod. Monate (3,31 Jahre)	14,06 46,61 Jahre
n=4 $2 + \frac{1}{5 + \frac{1}{1 + \frac{1}{6 + \frac{1}{1}}}}$	$\frac{102}{47}$	1387,823271 d 1387,937683 d ca. -0,1144 d	Octon 47 synod. Monate (3,8 Jahre)	23,31 88,57 Jahre
n=5 $2 + \frac{1}{5 + \frac{1}{1 + \frac{1}{6 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1}}}}}$	$\frac{191}{88}$	2598,767106 d 2598,691832 d ca. 0,0723 d	Anonymus 88 synod. Monate (7,11 Jahre)	35,45 252,19 Jahre
n=6 $2 + \frac{1}{5 + \frac{1}{1 + \frac{1}{6 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1}}}}}}$	$\frac{293}{135}$	3986,590377 d 3986,629515 d ca. -0,0391 d	Tritos 135 synod. Monate (10,92 Jahre)	68,06 742,85 Jahre
n=7 $2 + \frac{1}{5 + \frac{1}{1 + \frac{1}{6 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1}}}}}}}$	$\frac{484}{223}$	6585,357482 d 6585,321347 d ca. 0,0361 d	Saros 223 synod. Monate (18,03 Jahre)	73,97 1333,71 Jahre
n=8 $2 + \frac{1}{5 + \frac{1}{1 + \frac{1}{6 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1}}}}}}}}$	$\frac{777}{358}$	10571,94786 d 10571,95086 d ca. -0,0030 d	Inex 358 synod. Monate (28,95 Jahre)	851,20 24637,16 Jahre

Tabelle 1: Kettenbrüche und Finsternis-Zyklen. Das Wiederauftreten einer Sonnenfinsternis (oder Mondfinsternis) geschieht in verschiedenen Perioden innerhalb entsprechender Zyklen. Die kürzeste (als solche in Erscheinung tretende) Periode ist die Semester-Periode. Diese hat eine Dauer von knapp einem halben Jahr und kann 8- oder 9-mal nacheinander stattfinden und bildet damit den Semester-Zyklus. Die ersten beiden erhaltenen Zyklen mit noch kürzeren Periodendauern (Nova, Pentalunex) haben praktisch keine Bedeutung, weil keine Wiederholungen auftreten können. Je besser die Näherung durch den erhaltenen Bruch ist, desto geringer wird die Zeitdifferenz zwischen den beiden maßgeblichen Perioden. Damit fällt die Positionsänderung zweier aufeinanderfolgender Finsternisse des Zyklus auch immer kleiner aus, so dass mehr Perioden innerhalb des Finsternis-Fensters möglich sind. Entsprechend größer ist die Lebensdauer des Finsternis-Zyklus.

Wichtig zu betonen ist die Tatsache, dass jede SoFi (oder MoFi) Bestandteil vieler Zyklen sein kann.

Analogie und mehr

Warum ist der **Saros-Zyklus** eigentlich so bekannt? Bei der Beantwortung dieser Frage kann ein einfaches **Analogiemodell** helfen (siehe Abb. 11). Durch seine Funktionalität erlaubt das Modell eine Modellierung des Zeitablaufes. Man kann zeigen, dass es verschiedene Perioden gibt, nach denen sich die Pfeilrichtungen der entscheidenden beiden äußeren Räder in einem Toleranzbereich (Finsternis-Fenster) nähern. Es wird auch ersichtlich, dass bei größeren Perioden die Annäherungen noch besser sind.

Für den Saros-Zyklus kommt das mittlere Rad (anomalistische Umlaufzeit = anomalistischer Monat) hinzu. Für die Saros-Periode von ca. 18 Jahren (18,03) gilt: 223 synodische Monate \approx 242 drakonitische Monate \approx 239 anomalistische Monate. Das bedeutet, dass zwei aufeinander folgende Finsternisse sich sehr ähnlich sind in ihrer Geometrie (beinahe gleiche Abstände von Sonne und Mond). Zudem finden aufeinanderfolgende Finsternisse im Saros-Zyklus nahezu zur gleichen Zeit im Jahr (nur um einige Tage verschoben) statt, was ein viertes Rad im Analogiemodell demonstrieren könnte. Im Finsternisdiagramm zeigen sich diese Ereignisse deshalb nahezu senkrecht übereinander (siehe Abb. 9).

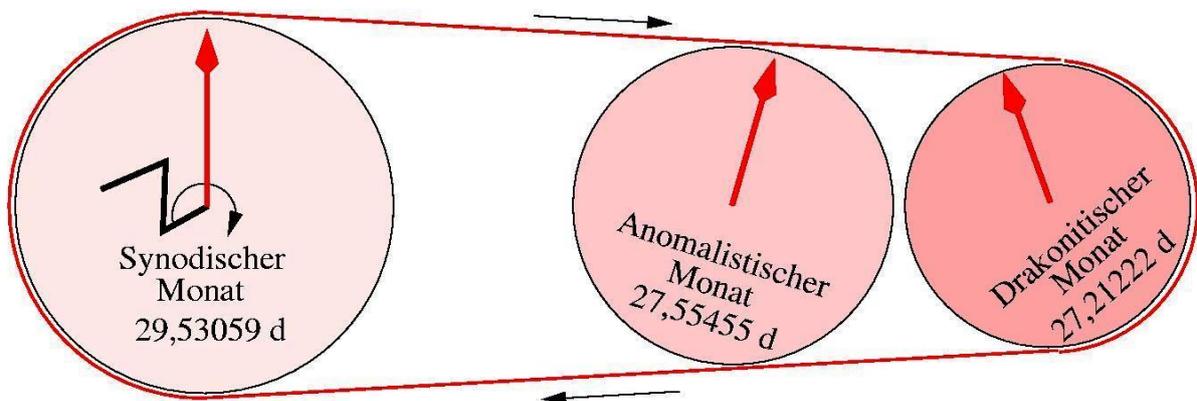


Abbildung 11: „Saros-Maschine“ bzw. „Finsternis-Uhr“: ein Analogiemodell zur einprägsamen Veranschaulichung des zeitlichen Zusammenspiels verschiedener Monatslängen in der Sarosperiode. Drei Räder, deren Umläufe man mit den Mondumläufen hinsichtlich der verschiedenen Bezugspunkte vergleicht (Umfänge entsprechen Monatslängen), werden durch einen umlaufenden Riemen (den „Zeitfluss“) wie dargestellt gemeinsam gedreht. Die Pfeile können dabei nur näherungsweise in die gleiche Richtung zeigen (entspricht einer Finsternis in der Analogie), weil die Monatslängen nicht kommensurabel sind, d. h., nicht in einem ganzzahligen Verhältnis zueinander stehen. Für zwei Pfeile gilt dies schon mehrfach nach jeweils 6 Umdrehungen (Semester-Periode) des Rades mit dem synodischen Monat, Dann zeigt jeweils das Rad mit dem drakonitischen Monat in etwa in die gleiche Richtung. Der mögliche Richtungsunterschied wird durch das Finsternis-Fenster ermöglicht. Damit alle drei Pfeile wieder in einen bestimmten Richtungsbereich zeigen, muss man die Räder deutlich öfter drehen. So erfordert die Sarosperiode 223 Umdrehungen des synodischen Monatsrads.

© Olaf Fischer.

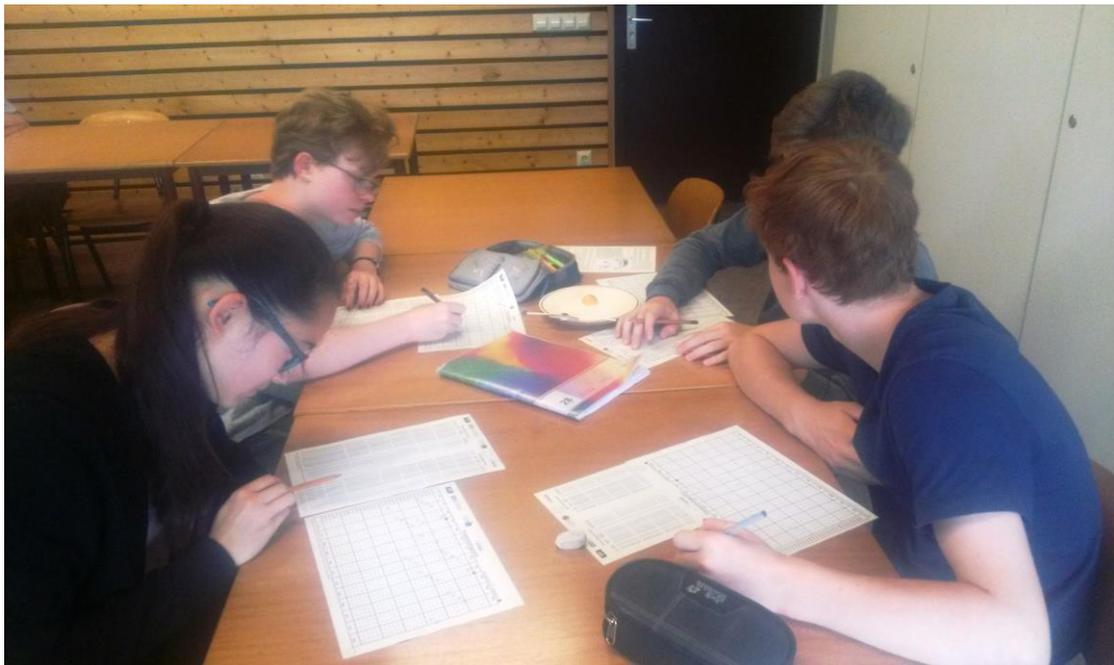
Erste Unterrichtserfahrungen

Rahmenbedingungen

Die vorliegenden Unterrichtsmaterialien habe ich zusammen mit dem Lunarium-Modell in einer 8. Klasse im NwT-Unterricht am Helmholtz-Gymnasium Heidelberg getestet. Der zeitliche Rahmen war dabei eine Doppelstunde, die Gruppengröße lag (bedingt durch einen Engländeraustausch) bei nur 15 Schülerinnen und Schülern.

Vorgehensweise

Von der Vorgehensweise her habe ich zunächst kurz das Modell vorgestellt und dabei einige wichtige Fachbegriffe erklärt (z.B. Knotenlinie, synodischer Monat, etc...) - das allgemeine Zustandekommen der Mondphasen hatten wir im Unterrichtsgang davor schon thematisiert. In der Folge haben die Schülerinnen und Schüler das Arbeitsblatt ausgefüllt und Mondfinsternisse und Sonnenfinsternisse eingetragen. Dabei haben sie sich Gedanken und Notizen zu den drei Fragen auf dem Arbeitsblatt gemacht, wobei natürlich das Lunarium zum Einsatz kam - fünf bereits gebastelte Lunarien hatte ich an die einzelnen Gruppen verteilt. Zum Stundenende hin dann haben wir die Ergebnisse an der Tafel gesammelt, besprochen und vervollständigt. Es blieb auch genug Zeit für die Fragen der Schülerinnen und Schüler – für die Bearbeitung der Zusatzaufgabe blieb dann allerdings in dieser zur Verfügung stehenden Doppelstunde keine Zeit mehr, so dass ich dieses Arbeitsblatt nicht mehr ausgeteilt habe.



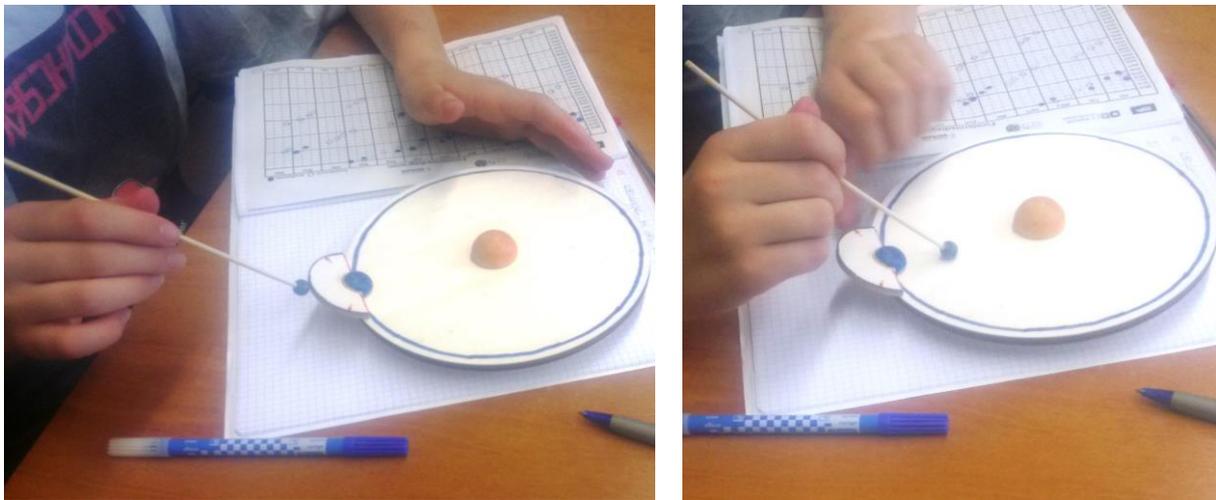
Erfahrungen

Die Erfahrungen waren durchweg positiv! Beim Eintragen der Sonnen- und Mondfinsternisse haben sich die Schülerinnen und Schüler am Anfang etwas beklagt, dass das so viel Arbeit macht – hier war etwas Motivation notwendig. Je länger sie dies aber getan haben, desto mehr haben sie aber begonnen, Muster zu entdecken und schon während der Eintragsphase diese mit Hilfe des Lunariums zu erklären. Hier muss jede Lehrkraft entscheiden: Das Austeilen des bereits ausgefüllten Finsterniskalenders spart zwar Zeit (und ermöglicht somit eventuell auch die Behandlung der Zusatzaufgabe innerhalb einer Doppelstunde), das Ausfüllen des Kalenders durch die Schülerinnen und Schüler dahingegen sorgt für eine aktive Auseinandersetzung mit der Materie und schärft den Blick für die vorhandenen Muster.

[zurück zum Anfang](#)

Darüber hinaus ermöglicht das genaue Betrachten der Daten einen emotionalen Lerneffekt, da viele Schülerinnen und Schüler (mit großer Freude!) eine Finsternis z.B. an ihrem Geburtstag gefunden haben. Diese emotionale Komponente ist beim Lernen sehr wichtig! In den einzelnen Gruppen wurden dabei auch Entdeckungen gemacht, die über die Musterlösung des Arbeitsblattes hinaus gehen: Finsternissaisons mit drei Finsternissen treten z.B. häufig im Zweijahresabstand auf (2018 und 2020 – 2027 und 2029), wobei sich die Reihenfolge der Finsternisse dabei jeweils umdreht – 2018 kommt es beispielsweise zu Sofi, Mofi, Sofi, 2020 dahingegen zu Mofi, Sofi, Mofi. Die Schülerin, die diese Entdeckung gemacht hat, war (zu Recht!) sehr stolz und von der Klasse wurde diese Regel gleich mit ihrem Namen versehen – ein weiterer wichtiger, emotionaler Lerneffekt!

Das Lunarium-Modell selbst wurde von den Schülerinnen und Schülern sehr gelobt, denn es hat ihnen geholfen, die Thematik zu verstehen, sowohl in der lehrerzentrierten Einführungsphase, als auch in der Gruppenarbeit. Ein sehr wichtiger Aspekt hierbei war, dass das Lunarium beweglich ist, dass Abläufe also auch langsam und dann immer wieder betrachtet werden können.



Bei der quantitativen Auswertung der Dauer einer Mondbahnpräzession haben wir die Zeit bestimmt, in der sich die Finsternissaisons um 5 Monate verfrühen. Bei der anschließenden Auswertung (siehe Musterlösung) haben wir den Mittelwert der verschiedenen Gruppen zugrunde gelegt und kamen damit auf einen Wert von 19,2 Jahren, der recht nahe am Literaturwert von 18,6 Jahren liegt, was die Klasse sehr beeindruckt hat – wieder ein emotionaler Lerneffekt!

Fazit

Den Einsatz des Lunariums kann ich uneingeschränkt empfehlen! Für weitere Anregungen ist das Autorenteam sehr dankbar.

Anlagen

Quellen

- Katalog zu Sonnen- und Mondfinsternissen:
<https://eclipse.gsfc.nasa.gov/LEcat5/LEcatalog.html>
- Guter Beitrag zu Mondfinsternissen: <http://www.mondfinsternis.info/saros.htm>
- Zu den Finsternis-Zyklen: <https://de.wikipedia.org/wiki/Finsterniszyklus>,
<http://wissenschaftsreisen.de/quiz-antwort/antwort-saros.php>

Finsternisdaten für die Jahre 2015 – 2045

Sonnenfinsternisse

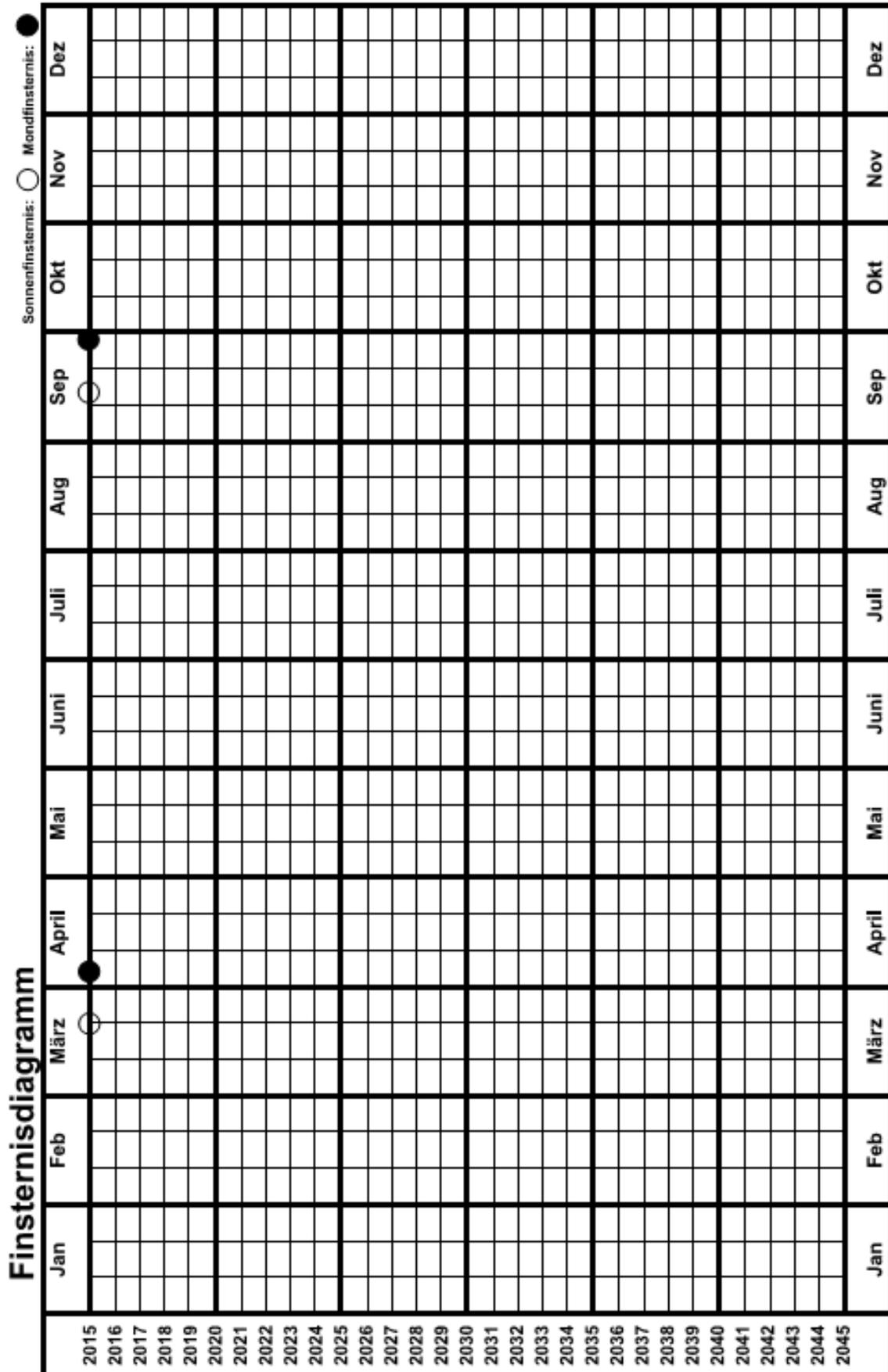
Cat Num	Canon Plate	Calendar Date	TD of		Luna Num	Saros Num	Ecl. Type
			Greatest Eclipse	ΔT s			
9541	478	2015 Mar 20	09:46:47	69	188	120	T
9542	478	2015 Sep 13	06:55:19	69	194	125	P
9543	478	2016 Mar 09	01:58:19	70	200	130	T
9544	478	2016 Sep 01	09:08:02	70	206	135	A
9545	478	2017 Feb 26	14:54:33	70	212	140	A
9546	478	2017 Aug 21	18:26:40	70	218	145	T
9547	478	2018 Feb 15	20:52:33	71	224	150	P
9548	478	2018 Jul 13	03:02:16	71	229	117	P
9549	478	2018 Aug 11	09:47:28	71	230	155	P
9550	478	2019 Jan 06	01:42:38	71	235	122	P
9551	478	2019 Jul 02	19:24:07	71	241	127	T
9552	478	2019 Dec 26	05:18:53	72	247	132	A
9553	478	2020 Jun 21	06:41:15	72	253	137	Am
9554	478	2020 Dec 14	16:14:39	72	259	142	T
9555	478	2021 Jun 10	10:43:07	72	265	147	A
9556	478	2021 Dec 04	07:34:38	73	271	152	T
9557	478	2022 Apr 30	20:42:36	73	276	119	P
9558	478	2022 Oct 25	11:01:20	73	282	124	P
9559	478	2023 Apr 20	04:17:56	73	288	129	H
9560	478	2023 Oct 14	18:00:41	74	294	134	A
9561	479	2024 Apr 08	18:18:29	74	300	139	T
9562	479	2024 Oct 02	18:46:13	74	306	144	A
9563	479	2025 Mar 29	10:48:36	75	312	149	P
9564	479	2025 Sep 21	19:43:04	75	318	154	P
9565	479	2026 Feb 17	12:13:06	75	323	121	A
9566	479	2026 Aug 12	17:47:06	75	329	126	T
9567	479	2027 Feb 06	16:00:48	76	335	131	A
9568	479	2027 Aug 02	10:07:50	76	341	136	T
9569	479	2028 Jan 26	15:08:59	76	347	141	A
9570	479	2028 Jul 22	02:56:40	77	353	146	T
9571	479	2029 Jan 14	17:13:48	77	359	151	P
9572	479	2029 Jun 12	04:06:13	77	364	118	P
9573	479	2029 Jul 11	15:37:19	77	365	156	P
9574	479	2029 Dec 05	15:03:58	77	370	123	P
9575	479	2030 Jun 01	06:29:13	78	376	128	A
9576	479	2030 Nov 25	06:51:37	78	382	133	T
9577	479	2031 May 21	07:16:04	78	388	138	A
9578	479	2031 Nov 14	21:07:31	79	394	143	H
9579	479	2032 May 09	13:26:42	79	400	148	A
9580	479	2032 Nov 03	05:34:13	79	406	153	P
9581	480	2033 Mar 30	18:02:36	80	411	120	T
9582	480	2033 Sep 23	13:54:31	80	417	125	P
9583	480	2034 Mar 20	10:18:45	80	423	130	T
9584	480	2034 Sep 12	16:19:28	81	429	135	A
9585	480	2035 Mar 09	23:05:54	81	435	140	A
9586	480	2035 Sep 02	01:56:46	81	441	145	T
9587	480	2036 Feb 27	04:46:49	82	447	150	P
9588	480	2036 Jul 23	10:32:06	82	452	117	P
9589	480	2036 Aug 21	17:25:45	82	453	155	P
9590	480	2037 Jan 16	09:48:55	82	458	122	P
9591	480	2037 Jul 13	02:40:36	83	464	127	T
9592	480	2038 Jan 05	13:47:11	83	470	132	A
9593	480	2038 Jul 02	13:32:55	84	476	137	A
9594	480	2038 Dec 26	01:00:10	84	482	142	T
9595	480	2039 Jun 21	17:12:54	84	488	147	A
9596	480	2039 Dec 15	16:23:46	85	494	152	T
9597	480	2040 May 11	03:43:02	85	499	119	P
9598	480	2040 Nov 04	19:09:02	85	505	124	P
9599	480	2041 Apr 30	11:52:21	86	511	129	T
9600	480	2041 Oct 25	01:36:22	86	517	134	A
9601	481	2042 Apr 20	02:17:30	86	523	139	T
9602	481	2042 Oct 14	02:00:42	87	529	144	A
9603	481	2043 Apr 09	18:57:49	87	535	149	T+
9604	481	2043 Oct 03	03:01:49	88	541	154	A-
9605	481	2044 Feb 28	20:24:39	88	546	121	As
9606	481	2044 Aug 23	01:17:02	88	552	126	T
9607	481	2045 Feb 16	23:56:07	89	558	131	A
9608	481	2045 Aug 12	17:42:39	89	564	136	T
9609	481	2046 Feb 05	23:06:26	90	570	141	A
9610	481	2046 Aug 02	10:21:13	90	576	146	T

Mondfinsternisse

Cat Num	Canon Plate	Calendar Date	TD of		Luna Num	Saros Num	Ecl. Type
			Greatest Eclipse	ΔT s			
9661	484	2005 Apr 24	09:55:55	65	65	141	N
9662	484	2005 Oct 17	12:04:27	65	71	146	P
9663	484	2006 Mar 14	23:48:34	65	76	113	N*
9664	484	2006 Sep 07	18:52:25	65	82	118	P
9665	484	2007 Mar 03	23:21:59	65	88	123	T
9666	484	2007 Aug 28	10:38:27	66	94	128	T-
9667	484	2008 Feb 21	03:27:09	66	100	133	T
9668	484	2008 Aug 16	21:11:12	66	106	138	P
9669	484	2009 Feb 09	14:39:22	66	112	143	N
9670	484	2009 Jul 07	09:39:43	66	117	110	N
9671	484	2009 Aug 06	00:40:18	66	118	148	N
9672	484	2009 Dec 31	19:23:46	67	123	115	P
9673	484	2010 Jun 26	11:39:34	67	129	120	P
9674	484	2010 Dec 21	08:18:04	67	135	125	T
9675	484	2011 Jun 15	20:13:43	67	141	130	T+
9676	484	2011 Dec 10	14:32:56	68	147	135	T
9677	484	2012 Jun 04	11:04:20	68	153	140	P
9678	484	2012 Nov 28	14:34:07	68	159	145	N
9679	484	2013 Apr 25	20:08:38	68	164	112	P
9680	484	2013 May 25	04:11:06	68	165	150	Nb
9681	485	2013 Oct 18	23:51:25	68	170	117	N
9682	485	2014 Apr 15	07:46:48	69	176	122	T
9683	485	2014 Oct 08	10:55:44	69	182	127	T
9684	485	2015 Apr 04	12:01:24	69	188	132	T
9685	485	2015 Sep 28	02:48:17	69	194	137	T
9686	485	2016 Mar 23	11:48:21	70	200	142	N
9687	485	2016 Sep 16	18:55:27	70	206	147	N
9688	485	2017 Feb 11	00:45:03	70	211	114	N
9689	485	2017 Aug 07	18:21:38	70	217	119	P
9690	485	2018 Jan 31	13:31:00	71	223	124	T
9691	485	2018 Jul 27	20:22:54	71	229	129	T+
9692	485	2019 Jan 21	05:13:27	71	235	134	T
9693	485	2019 Jul 16	21:31:55	71	241	139	P
9694	485	2020 Jan 10	19:11:11	72	247	144	N
9695	485	2020 Jun 05	19:26:14	72	252	111	N
9696	485	2020 Jul 05	04:31:12	72	253	149	N
9697	485	2020 Nov 30	09:44:01	72	258	116	N
9698	485	2021 May 26	11:19:53	72	264	121	T
9699	485	2021 Nov 19	09:04:06	73	270	126	P
9700	485	2022 May 16	04:12:42	73	276	131	T-
9701	486	2022 Nov 08	11:00:22	73	282	136	T+
9702	486	2023 May 05	17:24:05	73	288	141	N
9703	486	2023 Oct 28	20:15:18	74	294	146	P
9704	486	2024 Mar 25	07:13:59	74	299	113	N
9705	486	2024 Sep 18	02:45:25	74	305	118	P
9706	486	2025 Mar 14	06:59:56	75	311	123	T
9707	486	2025 Sep 07	18:12:58	75	317	128	T
9708	486	2026 Mar 03	11:34:52	75	323	133	T
9709	486	2026 Aug 28	04:14:04	75	329	138	P
9710	486	2027 Feb 20	23:14:06	76	335	143	N
9711	486	2027 Jul 18	16:04:09	76	340	110	Ne
9712	486	2027 Aug 17	07:14:59	76	341	148	N
9713	486	2028 Jan 12	04:14:13	76	346	115	P
9714	486	2028 Jul 06	18:20:57	77	352	120	P
9715	486	2028 Dec 31	16:53:15	77	358	125	T
9716	486	2029 Jun 26	03:23:22	77	364	130	T+
9717	486	2029 Dec 20	22:43:12	78	370	135	T
9718	486	2030 Jun 15	18:34:34	78	376	140	P
9719	486	2030 Dec 09	22:28:51	78	382	145	N
9720	486	2031 May 07	03:52:02	78	387	112	N
9721	487	2031 Jun 05	11:45:17	78	388	150	N
9722	487	2031 Oct 30	07:46:45	79	393	117	N
9723	487	2032 Apr 25	15:14:51	79	399	122	T
9724	487	2032 Oct 18	19:03:40	79	405	127	T
9725	487	2033 Apr 14	19:13:51	80	411	132	T
9726	487	2033 Oct 08	10:56:23	80	417	137	T
9727	487	2034 Apr 03	19:06:59	80	423	142	N
9728	487	2034 Sep 28	02:47:37	81	429	147	P
9729	487	2035 Feb 22	09:06:12	81	434	114	N
9730	487	2035 Aug 19	01:12:15	81	440	119	P
9731	487	2036 Feb 11	22:13:06	82	446	124	T
9732	487	2036 Aug 07	02:52:32	82	452	129	T+
9733	487	2037 Jan 31	14:01:38	82	458	134	T
9734	487	2037 Jul 27	04:09:53	83	464	139	P
9735	487	2038 Jan 21	03:49:52	83	470	144	N
9736	487	2038 Jun 17	02:45:02	83	475	111	N
9737	487	2038 Jul 16	11:35:56	84	476	149	N
9738	487	2038 Dec 11	17:45:00	84	481	116	N
9739	487	2039 Jun 06	18:54:25	84	487	121	P
9740	487	2039 Nov 30	16:56:28	85	493	126	P
9741	488	2040 May 26	11:46:22	85	499	131	T-
9742	488	2040 Nov 18	19:04:40	85	505	136	T+
9743	488	2041 May 16	00:43:03	86	511	141	P
9744	488	2041 Nov 08	04:35:05	86			

[zurück zum Anfang](#)

Finsternisdiagramm für die Jahre 2015 – 2045 mit einer Beispieleintragung für 2015



Die Eintragung erfolgt jeweils am Schnittpunkt zwischen Tag (Richtung x-Achse) und Jahr (Richtung y-Achse).