

S T E R N F R E U N D E - S E M I N A R
im Wiener Planetarium, März bis Mai 1977

A S T R O N O M I S C H E P H Ä N O M E N O L O G I E
=====

Kurs - Adskript. Reproduktion, auch von Teilen, verboten.

- 1-4 Übersicht: Sphärische Koordinatensysteme.
- 5-6 Rechenanleitung: Transformation sphärischer Koordinaten.
- 7-8 Rechenanleitung: Parallaxe.
- 9-11 Referat: Kalenderarten (Ing.Hans Stiassny).
- 12-14 Übersicht und Rechenanleitung: Zeitählung.
- 15-21 Referat: Sternzeit und Sonnenzeit (Renate Birnkraut).
- 22 Übersicht und Rechenanleitung: Ephemeridenzeit.
- 23-24 Rechenanleitung: Präzession.
- 25 Seminar-Sternverzeichnis (+1950,0).
- 26-39 Referat: Bahnelemente Sonne, Planeten, Kometen (Gerald Wödl).
- 40-45 Rechenanleitung: Transformation der Bahnelemente von Sonne, Planeten und Kometen in wahre Anomalie und Radiusvektor.
- 46-49 Rechenanleitung: Transformation wahre Anomalie, Radiusvektor, Bahnelemente von Sonne, Planeten und Kometen in geozentrische Größen.
- 50 Referat: Geozentrische Ephemeride des Kometen +1975 n West. (Gerhard Winkler).
- 51-52 Referat: Rechtwinkelige Koordinaten von Sonne und Planeten (Michael Pietschnig).
- 53-56 Referat: Bahnelemente, geozentrischer Ort, Äquatoreal-Horizontalparallaxe des Mondes (Alexander Pikhard).
- 57-59 Referat: Finsternisse, Stern- und Planetenbedeckungen (Beate Hirn).
- 60-61 Referat: Kratergenaue Berechnung von Finsternissen (Alfred Culik).
- 62 Methodische Übersicht: Die drei Grundgrößen und Grundprobleme der astronomischen Phänomenologie.
- 63-65 Referat: Lösung eines Anblickproblems (Wolfgang Chlada).
- 66 Tafeln: Refraktion (Bessel) und Extinktion (Wirtz).
- 67-68 Rechenanleitung: Lösung eines Datierungsproblems (Text).
- 69-70 Referat: Berechnung von Sichtbarkeitsperioden (Robert Mayer).
- 71-72 Rechenanleitung: Kulminationen, Auf- und Untergänge.
- 73 Rechenanleitung: Lösung eines Ortungsproblems.
- 74-75 Referat: Lösung eines Ortungsproblems; Astronomische Navigation (Robert Weber).

Zusätzliche Informationen: Literatur- und Geräte-Demonstrationen.
Dieses Seminar wurde vom ASTRONOMISCHEN VEREIN ZUR FÖRDERUNG DER AMATEURASTRONOMIE, Seeg.8, A-1090 Wien, mitveranstaltet und mitfinanziert.

Übersicht: Sphärische Koordinatensysteme

Wir betrachten die Innenseite einer Kugel, deren Halbmesser ins Unendliche wächst: Schließlich ergibt sich die Himmelskugel, bei der es unbedeutend ist, wo der Beobachtungsort in ihr liegt.

Die sphärischen Koordinatensysteme dienen zur Festlegung von Raumrichtungen. Jeder Richtungsstrahl bezeichnet auf der Himmelskugel einen Punkt, der durch Winkel - sphärische Koordinaten - festgelegt wird. Dazu sind zwei Fundamentalrichtungen nötig; gibt man die Winkel an, welche der Richtungsstrahl mit jeder von ihnen bildet, so ist er eindeutig bestimmt. In der Praxis ist eine Fundamentalrichtung die Normale auf die Fundamentalebene und die zweite legt eine bestimmte Richtung in dieser Ebene fest.

Instrumentell realisierbar werden diese Fundamentalrichtungen durch physikalische Eigenschaften der Erde: Schwerkraft, Erddrehung, Umlaufbewegung der Erde um die Sonne. Die Achsen, Teilkreise und Visierlinien der Meßgeräte werden an diesen naturgegebenen Fundamentalrichtungen orientiert und können sie dann darstellen.

Die Schwerkraft liefert über das Lot bzw. die Röhrenlibelle die Fundamentalrichtung zum Zenit und zum Nadir; die Drehung der Erde, die sich in der täglichen Bewegung widerspiegelt, liefert die Fundamentalrichtung zum unbewegten Himmelsnord- und Himmelssüdpol.

Erddrehung und die Umlaufbewegung der Erde um die Sonne bestimmen die Äquatorebene und die Erdbahnebene, deren Schnittgerade im Raum die Fundamentalrichtung zum Frühlingspunkt bzw. zum Herbstpunkt liefert. Sie wird durch die tägliche Bewegung und durch die Umlaufbewegung der Erde um die Sonne - die sich in der Jahresbewegung der Sonne widerspiegelt - beobachtungstechnisch faßbar.

1) Horizontales System

Fundamentalrichtungen: Zenit-Nadir und Himmelsnordpol-Himmels-südpol.

Fundamentalebene: Horizontebene, normal auf Zenit-Nadir. Ihr Schnitt mit der Himmelskugel ergibt den Großkreis Horizont, dessen Punkte um rechte Winkel vom Zenit bzw. vom Nadir abstehen. Im Gegensatz zum unregelmäßig verlaufenden Landschaftshorizont spricht man auch vom mathematischen Horizont.

Parallelkreise zum Horizont stehen um die Höhe H vom Horizont ab und auf ihnen ist H konstant; sie heißen Höhenkreise. Im Zenit bzw. im Nadir entarten sie zu Punkten, welche die Höhe $+90^\circ$ bzw. -90° haben. Der Horizont hat die Höhe 0° . Das Komplement der Höhe heißt Zenitdistanz $Z = 90 - H$.

Fortsetzung Übersicht: Sphärische Koordinatensysteme.

Halbgroßkreise, die durch Zenit und Nadir gehen, sind um das Azimet A gegen jenen Halbgroßkreis verdreht, der durch Zenit, Himmelsnordpol und Nadir geht und im Schnitt mit dem Horizont den Nordpunkt liefert; auf ihnen ist A konstant und diese Halbgroßkreise heißen Azimetkreise. Das Azimet wird vom Nordpunkt über Ost-, Süd- und Westpunkt von 0° bis 360° gezählt, der Nordpunkt ist also Koordinatennullpunkt mit $A = 0^\circ$ und $H = 0^\circ$. Von besonderer Wichtigkeit sind die Azimetkreise $A = 0^\circ$ und $A = 180^\circ$, die zusammen den Großkreis Meridian bilden sowie die Azimetkreise $A = 90^\circ$, der Ostvertikal und $A = 270^\circ$, der Westvertikal. Beim Durchgang durch den Zenit oder Nadir springt das Azimet um 180° .

Im horizontalen System werden Fundamentalmessungen von Gestirnskoordinaten vorgenommen (Meridiankreis und Uhr, direkteste Orientierung an Schwerkraft und Erddrehung) und dann rechen-technisch in andere Systeme transformiert.

2) Äquatoreales System

Fundamentalrichtungen: Himmelsnordpol-Himmels-südpol und Frühlingspunkt-Herbstpunkt.

Fundamentalebene: Äquatorebene, normal auf Himmelsnordpol-Himmels-südpol. Ihr Schnitt mit der Himmelskugel ergibt den Großkreis Himmelsäquator, dessen Punkte um rechte Winkel vom Himmelsnordpol bzw. Himmels-südpol abstehen.

Parallelkreise zum Himmelsäquator stehen um die Deklination δ vom Himmelsäquator ab und auf ihnen ist δ konstant; sie heißen Deklinationkreise und längs ihnen vollzieht sich die tägliche Bewegung. Im Himmelsnord- bzw. Himmels-südpol entarten sie zu Punkten, welche die Deklination $+90^\circ$ bzw. -90° haben. Der Himmelsäquator hat die Deklination 0° . Das Komplement der Deklination heißt Poldistanz $P = 90 - \delta$.

Halbgroßkreise, die durch Himmelsnord- und Himmels-südpol gehen, sind um die Rektaszension α gegen jenen Halbgroßkreis verdreht, der durch Himmelsnordpol, Frühlingspunkt und Himmels-südpol geht; auf ihnen ist α konstant und diese Halbgroßkreise heißen Rektaszensions- oder Stundenkreise. Die Rektaszension wird vom Frühlingspunkt gegensinnig zur täglichen Bewegung - in "recht-läufigem" Bewegungssinn - über den Herbstpunkt von 0^h bis 24^h gezählt, der Frühlingspunkt ist also Koordinatennullpunkt mit $\alpha = 0^h$ und $\delta = 0^\circ$.

Beim Durchgang durch den Himmelsnord- oder Himmels-südpol springt die Rektaszension um 12^h .

3) Ekliptikales System

Fundamentalrichtungen: Ekliptiknordpol-Ekliptiksüdpol und Frühlingspunkt-Herbstpunkt.

Fundamentalebene: Erdbahnebene, normal auf Ekliptiknordpol-Ekliptiksüdpol. Ihr Schnitt mit der Himmelskugel ergibt den Großkreis Ekliptik, dessen Punkte um rechte Winkel vom Ekliptiknordpol bzw. Ekliptiksüdpol abstehen.

Parallelkreise zur Ekliptik stehen um die ekliptikale Breite β von der Ekliptik ab und auf ihnen ist β konstant. Sie heißen ekliptikale Breitenkreise; genähert vollzieht sich längs ihnen die Präzession. Im Ekliptiknord- bzw. Ekliptiksüdpol entarten sie zu Punkten, welche die ekliptikale Breite $+90^\circ$ bzw. -90° haben. Die Ekliptik hat die ekliptikale Breite 0° ; längs ihr vollzieht sich die Jahresbewegung der Sonne.

Halbgroßkreise, die durch den Ekliptiknordpol und Ekliptiksüdpol gehen, sind um die ekliptikale Länge λ gegen jenen Halbgroßkreis verdreht, der durch Ekliptiknordpol, Frühlingspunkt und Ekliptiksüdpol geht; auf ihnen ist λ konstant. Diese Halbgroßkreise heißen ekliptikale Längenkreise. Die ekliptikale Länge wird vom Frühlingspunkt in "rechtläufigem" Bewegungssinn (Jahresbewegung der Sonne) und damit gegensinnig zur täglichen Bewegung von 0° bis 360° gezählt, der Frühlingspunkt ist also auch hier Koordinatennullpunkt mit $\lambda = 0^\circ$ und $\beta = 0^\circ$. Ekliptikpunkte mit $\lambda = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ heißen Frühlings-, Sommer-, Herbst- und Winterpunkt, weil die Sonne mit ihrem Erreichen den Beginn der betreffenden Jahreszeit markiert. Beim Durchschreiten der Ekliptikpole springt die ekliptikale Länge um 180° .

4) Galaktisches System

Die Fundamentalgrößen werden durch Festsetzungen repräsentiert, die gemäß unserer Kenntnis von der Struktur der Milchstraße formuliert wurden.

Altes System (I) und neues System (II), festgesetzt im äquatorealen System: Siehe Sternfreunde-Seminar 1973.

5) Vermittelnde Größen in den Systemen

Das äquatoreale System dreht sich zufolge der täglichen Bewegung und die einzelnen Punkte des Himmelsäquators passieren den Meridian einmal über und einmal unter dem Horizont; dann stehen sie in oberer bzw. in unterer Kulmination.

Steht der Punkt des Himmelsäquators mit der Rektaszension

Fortsetzung Übersicht: Sphärische Koordinatensysteme.

\mathcal{J} in oberer Kulmination, so ist es \mathcal{J} Uhr Sternzeit.

Den Winkel t , den die Richtung zum oben kulminierenden Himmelsäquatorpunkt mit der Richtung zu einem Himmelsäquatorpunkt der Rektaszension α in jenem Augenblick einschließt, in dem es \mathcal{J} Uhr Sternzeit ist, nennt man den Stundenwinkel. Er wächst mit zunehmender Zeit, wird vom oben kulminierenden Punkt des Himmelsäquators im Sinn der täglichen Bewegung von 0^h bis 24^h gezählt und ist definiert durch die wichtige Beziehung

$$t = \mathcal{J} - \alpha .$$

In oberer Kulmination hat ein Punkt des Himmelsäquators den Stundenwinkel 0^h , in unterer Kulmination den Stundenwinkel 12^h . Durch den Stundenwinkel läßt sich auch die Sternzeit noch als Stundenwinkel des Frühlingspunktes definieren.

Diese Überlegungen und Definitionen gelten nicht nur für Punkte des Himmelsäquators, sondern für alle Stundenkreise (Halbgroßkreise!), die durch diese Himmelsäquatorpunkte gehen.

Eine weitere Größe, die zwischen dem horizontalen und dem äquatorealen System vermittelt, ist die Höhe des Himmelsnordpols. Sie ist gleich der geographischen Breite φ des Beobachtungsortes.

Zwischen dem äquatorealen und dem ekliptikalen System vermittelt der Winkel, den die Richtung zum Himmelsnordpol mit der Richtung zum Ekliptiknordpol einschließt. Er tritt demzufolge auch als Schnittwinkel von Himmelsäquator und Ekliptik in Erscheinung und heißt Schiefe der Ekliptik, ε .

Rechenanleitung: Transformation sphärischer Koordinaten.

Symbole: Siehe Übersicht "Sphärische Koordinatensysteme". x, y, z sind jeweils entsprechend definierte Hilfsgrößen.

Horizontale Koordinaten in äquatoreale Koordinaten:

$$x = -\cos H \cdot \sin A$$

$$y = \sin H \cdot \cos \varphi - \cos H \cdot \cos A \cdot \sin \varphi$$

$$z = \sin H \cdot \sin \varphi + \cos H \cdot \cos A \cdot \cos \varphi$$

$$t = \arctan(x : y) \quad \text{Wenn } t \text{ negativ, nimm } t + 360^\circ.$$

$$\delta = \arctan(z : \sqrt{x^2 + y^2})$$

$$\alpha = \lambda - t$$

Äquatoreale Koordinaten in horizontale Koordinaten:

$$t = \lambda - \alpha$$

$$x = -\cos \delta \cdot \sin t$$

$$y = \sin \delta \cdot \cos \varphi - \cos \delta \cdot \cos t \cdot \sin \varphi$$

$$z = \sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \cos t \cdot \cos \varphi$$

$$A = \arctan(x : y) \quad \text{Wenn } A \text{ negativ, nimm } A + 360^\circ.$$

$$H = \arctan(z : \sqrt{x^2 + y^2})$$

Ekliptikale Koordinaten in äquatoreale Koordinaten:

$$x = \cos \beta \cdot \cos \lambda$$

$$y = \cos \beta \cdot \sin \lambda \cdot \cos \varepsilon - \sin \beta \cdot \sin \varepsilon$$

$$z = \cos \beta \cdot \sin \lambda \cdot \sin \varepsilon + \sin \beta \cdot \cos \varepsilon$$

$$\alpha = \arctan(y : x) \quad \text{Wenn } \alpha \text{ negativ, nimm } \alpha + 24^h.$$

$$\delta = \arctan(z : \sqrt{x^2 + y^2})$$

Äquatoreale Koordinaten in ekliptikale Koordinaten:

$$x = \cos \delta \cdot \cos \alpha$$

$$y = \cos \delta \cdot \sin \alpha \cdot \cos \varepsilon + \sin \delta \cdot \sin \varepsilon$$

$$z = \sin \delta \cdot \cos \varepsilon - \cos \delta \cdot \sin \alpha \cdot \sin \varepsilon$$

$$\lambda = \arctan(y : x) \quad \text{Wenn } \lambda \text{ negativ, nimm } \lambda + 360^\circ.$$

$$\beta = \arctan(z : \sqrt{x^2 + y^2})$$

Taschenrechner:

Man ziehe für die Ermittlung von t, A, α, λ nicht den \arctan heran, sondern verwende die Koordinatentransformation rechtwinklig \rightarrow polar, die im 1. und 2. Quadranten richtige und im 3. und 4. Quadranten negative, um 360° bzw. 24^h zu vermehrende Winkel gibt.

Beispiele: Transformation sphärischer Koordinaten.

Horizontale Koordinaten in äquatoreale Koordinaten:

A = 62°10'33"	A = 141°27'08"	A = 223°58'01"
H = 47°38'51"	H = 22°14'19"	H = 59°01'38"
\mathcal{A} = 4h23m51,3 ^s	\mathcal{A} = 9h41m17,9 ^s	\mathcal{A} = 16h37m25,7 ^s
φ = 48°12'43"	φ = 65°10'39"	φ = -10°11'57"
α = 8h50m11,9 ^s	α = 12h02m19,9 ^s	α = 14h58m47,7 ^s
δ = 49°30'50"	δ = 2°16'09"	δ = -31°05'21"

Äquatoreale Koordinaten in horizontale Koordinaten:

α = 6h23m58,1 ^s	α = 17h02m47,3 ^s	α = 23h27m55,7 ^s
δ = 6°47'42"	δ = -18°53'22"	δ = 78°22'39"
\mathcal{A} = 0h48m31,8 ^s	\mathcal{A} = 15h11m32,3 ^s	\mathcal{A} = 23h17m29,5 ^s
φ = 47°11'49"	φ = -25°50'02"	φ = 23°26'10"
A = 89°49'35"	A = 80°34'31"	A = 0°38'31"
H = 9°07'10"	H = 63°25'02"	H = 35°02'43"

Ekliptikale Koordinaten in äquatoreale Koordinaten:

λ = 210°15'38"	λ = 0°05'12"	λ = 154°32'08"
β = -24°02'00"	β = -2°19'23"	β = 29°07'57"
ε = 23°27'35"	ε = 23°28'51"	ε = 23°24'57"
α = 13h12m59,0 ^s	α = 0h04m01,3 ^s	α = 11h16m35,8 ^s
δ = -33°50'13"	δ = -2°05'46"	δ = 36°34'59"

Äquatoreale Koordinaten in ekliptikale Koordinaten:

α = 21h27m38,5 ^s	α = 17h43m12,4 ^s	α = 5h20m19,3 ^s
δ = 17°21'59"	δ = -22°38'17"	δ = 80°10'07"
ε = 23°26'25"	ε = 23°22'17"	ε = 23°28'42"
λ = 330°42'18"	λ = 266°07'31"	λ = 86°55'16"
β = 30°32'05"	β = 0°40'37"	β = 56°47'48"

Rechenanleitung: Parallaxe

Symbole: Siehe Übersicht "Sphärische Koordinatensysteme". SD Winkelhalbmesser, Π Äquatoreal-Horizontalparallaxe, φ' geozentrische Breite, f Erdabplattung, N Hilfsgröße, jeweils entsprechend definiert. Ungestrichene Gestirnskoordinaten und Gestirnswinkelhalbmesser gelten für die Erdmitte, gestrichene für den Beobachtungsort auf der nicht kugelförmigen Erde.

Allgemeines: Die Parallaxe muß überall dort berücksichtigt werden, wo der Abstand Erdmitte-Beobachtungsort gegenüber der Entfernung des Gestirns in Hinblick auf die Winkelmeß- oder Winkelrechengenauigkeit nicht vernachlässigt werden darf. Niemals kann daher eine Parallaxe zwischen Elementen der sphärischen Koordinatensysteme, sondern immer nur gegenüber diesen und endlich weit entfernten Gestirnen auftreten.

Für die Zwecke dieses Seminars reichen die folgenden, mittलगenaue Formeln (beim Mond besser als $\pm 0,001^\circ$ bzw. $\pm 0,1'$) bei weitem aus. Sie empfehlen sich durch ihre explizite und für den Taschenrechner verhältnismäßig bequeme Form.

$$\varphi' = \varphi - 0,193\ 24 \cdot \sin 2\varphi + 0,000\ 325 \cdot \sin 4\varphi \quad (f = 1:297)$$

Parallaktisch veränderte horizontale Koordinaten:

$$N = \cos A \cdot \cos H + \sin \Pi \cdot \sin (\varphi - \varphi')$$

$$A' = \arctan (\sin A \cdot \cos H : N) \quad \text{Wenn } A' \text{ negativ, nimm } A' + 360^\circ.$$

$$H' = \arctan ([\cos A' \cdot \sin H - \cos A' \cdot \sin \Pi \cdot \cos (\varphi - \varphi')] : N)$$

$$SD' = \arcsin (\cos A' \cdot \cos H' \cdot \sin SD : N)$$

Parallaktisch veränderte äquatoreale Koordinaten:

$$N = \cos \alpha \cdot \cos \delta - \sin \Pi \cdot \cos \varrho \cdot \cos \varphi'$$

$$\alpha' = \arctan ([\sin \alpha \cdot \cos \delta - \sin \Pi \cdot \sin \varrho \cdot \cos \varphi'] : N) \\ \text{Wenn } \alpha' \text{ negativ, nimm } \alpha' + 24h.$$

$$\delta' = \arctan ([\cos \alpha' \cdot \sin \delta - \sin \Pi \cdot \cos \alpha' \cdot \sin \varphi'] : N)$$

$$SD' = \arcsin (\cos \alpha' \cdot \cos \delta' \cdot \sin SD : N)$$

Parallaktisch veränderte ekliptikale Koordinaten:

$$N = \cos \lambda \cdot \cos \beta - \sin \Pi \cdot \cos \varphi' \cdot \cos \varrho$$

$$\lambda' = \arctan ([\sin \lambda \cdot \cos \beta - \sin \Pi \cdot \sin \varphi' \cdot \sin \varepsilon - \\ - \sin \Pi \cdot \cos \varphi' \cdot \cos \varepsilon \cdot \sin \varrho] : N) \quad \text{Wenn } \lambda' \text{ negativ, nimm } \lambda' + 360^\circ.$$

$$\beta' = \arctan ([\cos \lambda' \cdot \sin \beta - \cos \lambda' \cdot \sin \Pi \cdot \sin \varphi' \cdot \cos \varepsilon + \\ \cos \lambda' \cdot \sin \Pi \cdot \cos \varphi' \cdot \sin \varepsilon \cdot \sin \varrho] : N)$$

$$SD' = \arcsin (\cos \lambda' \cdot \cos \beta' \cdot \sin SD : N)$$

Beispiele: Parallaxe

Parallaktisch veränderte horizontale Koordinaten:

A = 116°32,8'	A = 180°00,0'	A = 242°10,3'
H = 28°39,0'	H = 42°19,3'	H = 0°51,4'
SD = 0°16,8'	SD = 0°15,7'	SD = 0°16,0'
$\overline{\Pi}$ = 1°01,4'	$\overline{\Pi}$ = 0°59,3'	$\overline{\Pi}$ = 0°58,7'
φ = 51°28,6'	φ = 48°12,7'	φ = 38°55,2'
A' = 116°32,6'	A' = 180°00,0'	A' = 242°10,5'
H' = 27°44,7'	H' = 41°35,1'	H' = -0°07,3'
SD' = 0°16,9'	SD' = 0°15,9'	SD' = 0°16,0'

Parallaktisch veränderte äquatoreale Koordinaten:

α = 11 ^h 22 ^m 16 ^s	α = 6 ^h 23 ^m 51 ^s	α = 22 ^h 15 ^m 59 ^s
δ = 3°35,4'	δ = 24°48,5'	δ = -10°37,3'
SD = 0°15,6'	SD = 0°16,5'	SD = 0°15,5'
$\overline{\Pi}$ = 0°57,3'	$\overline{\Pi}$ = 1°00,2'	$\overline{\Pi}$ = 0°59,3'
\mathcal{R} = 9 ^h 32 ^m 35 ^s	\mathcal{R} = 10 ^h 24 ^m 49 ^s	\mathcal{R} = 17 ^h 18 ^m 23 ^s
φ = 38°55,2'	φ = -32°11,2'	φ = 67°19,4'
α' = 11 ^h 23 ^m 40 ^s	α' = 6 ^h 20 ^m 34 ^s	α' = 22 ^h 17 ^m 29 ^s
δ' = 3°01,7'	δ' = 25°28,1'	δ' = -11°32,1'
SD' = 0°15,8'	SD' = 0°16,5'	SD' = 0°15,5'

Parallaktisch veränderte ekliptikale Koordinaten:

λ = 181,773°	λ = 49,989°	λ = 302,721°
β = 2,291°	β = 1,001°	β = 1,001°
SD = 0,271°	SD = 0,255°	SD = 0,255°
$\overline{\Pi}$ = 0,991°	$\overline{\Pi}$ = 0,938°	$\overline{\Pi}$ = 0,938°
\mathcal{R} = 13 ^h 59 ^m 04 ^s	\mathcal{R} = 23 ^h 23 ^m 25 ^s	\mathcal{R} = 23 ^h 23 ^m 25 ^s
φ = 50°05'10"	φ = 48°12'43"	φ = 48°12'43"
ϵ = 23°28'01"	ϵ = 23°26'28"	ϵ = 23°26'28"
λ' = 181,802°	λ' = 50,347°	λ' = 302,097°
β' = 1,484°	β' = 0,325°	β' = 0,323°
SD' = 0,274	SD' = 0,257°	SD' = 0,256°

Taschenrechner:

Man ziehe für die Ermittlung von A' , α' , λ' nicht den arc tan heran, sondern verwende die Koordinatentransformation rechtwinklig → polar, die im 1. und 2. Quadranten richtige und im 3. und 4. Quadranten negative, um 360° bzw. 24^h zu vermehrende Winkel gibt.

Referat: Kalenderarten.

Es gab im Laufe der letzten Jahrtausende die verschiedensten und es gibt auch heute vielerlei in Gebrauch stehende Kalender.

An einen Kalender werden zwei Anforderungen gestellt: Genauigkeit und Einfachheit. Jeder Kalender ist stets nur ein Kompromiß zwischen diesen beiden Bedingungen und man kann sagen, je genauer ein Kalender ist, umso komplizierter ist er und umgekehrt.

Konstruieren kann man einen Kalender nur nach drei Gesichtspunkten:

- 1) Nach der Umlaufszeit der Erde um die Sonne (tropisches Sonnenjahr 365,242 2 Tage), also Sonnenjahr und daher Sonnenkalender.
- 2) Nach zwölf Umläufen des Mondes um die Erde (zwölf synodische Monate zu 29,530 6 Tagen = 354,367 1 Tage), also reines Mondjahr und daher Mondkalender.
- 3) Nach Kombination aus beiden vorangegangenen Arten, also Lunisolarjahr und daher Lunisolarjahrkalender.

Derzeit in Gebrauch stehen: Julianischer Kalender, Gregorianischer Kalender, Neuer Orientalischer oder Orthodoxer Kirchenkalender und Persischer Kalender (Sonnenkalender); Mohammedanischer Kalender (reiner Mondkalender); Jüdischer Kalender, Chinesischer Kalender (Lunisolarjahrkalender). Nun zu den verschiedenen Kalenderarten im Einzelnen:

1a) Julianischer Kalender.

Als Cäsar im Jahre 46 v. Chr. aus Ägypten, wo er den dortigen Kalender studierte und für gut befand, nach Rom zurückkehrte, war der römische Kalender in arge Unordnung geraten. Er beauftragte Mathematiker und Astronomen, einen dem ägyptischen Kalender ähnlichen, aber genaueren Kalender zu erstellen. Als es soweit war, bestimmte er als Beginn der neuen Zeitrechnung den ersten Neumondtag nach der Wintersonnenwende 46 v. Chr., nämlich den 1. Januar 45 v. Chr. Weiters bestimmte er, daß die Gemeinjahre 365 und jedes 4. Jahr als Schaltjahr 366 Tage haben solle. Begonnen wurde gleich mit einem Schaltjahr, 45 v. Chr. und der Schalttag blieb der bei den Römern übliche Schalttag, der 24. Februar, was er noch heute ist - nicht, wie die meisten Leute glauben, der 29. Dieser Kalender ist in vielen Ostkirchen noch immer in Gebrauch.

1b) Gregorianischer Kalender.

Weil das tropische Sonnenjahr um gut 11 Minuten kürzer als das julianische Kalenderjahr mit 365,25 Tagen ist, schreitet die Tag- und Nachtgleiche in knapp 130 Jahren um je einen Tag im Kalender zurück. Lag der Frühlingsbeginn, die Tag- und Nachtgleiche, im

Fortsetzung Referat: Kalenderarten.

Jahr 325 n. Chr. (Konzil von Nicäa), am 20. März, so lag dieser im Jahr 1582 n. Chr. (Einführung des Gregorianischen Kalenders) schon am 11. März. Weil nun nach dem Beschluß des Konzils von Nicäa der Ostersonntag der erste Sonntag nach dem ersten Vollmond im Frühling sein soll, ergaben sich aus dem Unterschied zwischen dem astronomischen Frühlingsanfang und dem kalendermäßigen Frühlingsanfang (21. März) bald falsche Osterdaten. Die Kalenderreform Papst Gregors des XIII. sah daher unter anderem vor, daß in 400 Jahren nicht wie im julianischen Kalender 100, sondern nur 97 Jahre Schaltjahre sein sollten: Die durch 400 nicht ohne Rest teilbaren Säkularjahre (1700, 1800, 1900, 2100, etc.) werden gregorianische Gemeinjahre, die sonstigen Schaltjahre stimmen in beiden Kalendern überein. Der bis 1582 aufgelaufene Fehler von 10 Tagen wurde korrigiert, indem man auf den 4. Oktober 1582 den 15. Oktober 1582 folgen ließ. Der Kalenderfehler gegenüber dem tropischen Jahr macht erst nach rund 3000 Jahren einen Tag aus.

1c) Neuer Orientalischer Kalender.

Dieser am 23. März 1924 vom Patriarchen von Konstantinopel, Gregor VII., eingeführte Kalender ist noch genauer; es fallen in 900 Jahren 7 Schaltjahre des julianischen Kalenders aus.

1d) Persischer Kalender.

Es gab verschiedene persische Kalender, bei denen man stets bemüht war, den Jahresbeginn mit dem Frühlingsbeginn zusammenfallen zu lassen. Der neueste persische Kalender wurde erst am 21. März 1976 eingeführt. Die "Epoche" dieses Kalenders - so heißt bei den Chronologen der Termin des Beginnes einer Zeitrechnung - ist der Frühlingsbeginn 559 v. Chr., das Jahr der Thronbesteigung Kyros des Großen, dem Gründer des alten Perserreiches. 1976 hat daher die Jahreszahl 2535; die persische Monarchie ist somit die älteste Monarchie auf Erden. Die ersten sechs Monate des persischen Jahres haben je 31, die nächsten fünf je 30 und der zwölfte Monat hat im Gemeinjahr 29, im Schaltjahr 30 Tage. Somit fällt jeder Quartalsbeginn auch mit dem astronomischen Anfang aller vier Jahreszeiten zusammen.

2) Mohammedanischer Kalender.

Zur zweiten Gruppe der Kalenderarten, den Mondkalendern, gehört als einziger heute noch in Gebrauch stehender Kalender der mohammedanische Kalender. Die ungeraden Monate, also der I., III., etc. haben je 30 Tage und die geraden Monate je 29 Tage. Das Gemeinjahr hat also 354 Tage und das Schaltjahr, von denen es 11 in 30 Jahren gibt, hat 355 Tage, weil hier auch der zwölfte Monat 30 Tage hat.

Fortsetzung Referat: Kalenderarten.

33,58 mohammedanischen Jahren entsprechen 32,58 Sonnenjahren; nach dieser Zeit ergibt sich ein ganzes Jahr Differenz. Der mohammedanische Jahresbeginn wandert jährlich um $10 \frac{7}{8}$ Tage im Sonnenjahr zurück. Als Epoche gilt der 15./16. Juli 622 n. Chr., der erste Neumond bzw. das erste Neulicht auf der Flucht Mohammeds von Mekka nach Medina.

3a) Jüdischer Kalender.

Bei diesem Lunisolarkalender wird nach Mondmonaten gerechnet und insgesamt 7 mal in 19 Jahren ein Monat eingeschaltet. Diese 235 synodische Monate in 19 Mondjahren sind bis auf rund 2 Stunden so lang wie 19 tropische Sonnenjahre. In diesem 19jährigen Zyklus wird jeweils im 3., 6., 8., 11., 14., 17. und 19. Jahr jeweils der gleiche, vorletzte Monat des Jahres geschaltet. Die Gemeinjahre können 353, 354 oder 355 Tage und die Schaltjahre 383, 384 oder 385 Tage haben. Der jüdische Neujahrstag, der in diesem Jahrhundert zwischen den 6. September und 5. Oktober fällt, liegt stets in der Nähe des Herbstbeginns. Der Neujahrstag darf nicht auf einen Sonntag, Mittwoch oder Freitag fallen, und zwar aus religiösen Gründen; sollte der Neujahrstag auf einen dieser drei Wochentage fallen - wegen Neumond bzw. Neulicht - so wird das vergangene Jahr um einen bzw. zwei Tage verlängert, um ihn auf einen anderen Wochentag zu bringen. So kommt es zu Jahreslängen von 355 bzw. 385 Tagen, wodurch aber die darauf folgenden Jahre oft nur 353 bzw. 383 Tage haben. Die Epoche ist der 6./7. Oktober 3761 v. Chr. und vom 25. September 1976 bis zum 12. September 1977 schreiben die Juden das Jahr 5737. Der Rest der Division Jahreszahl:19 gibt an, das wievielte Jahr im 19jährigen Zyklus gerade gezählt wird; das genannte Jahr ist also das 18. Jahr.

Zur Illustration der Kompliziertheit des jüdischen Kalenders diene folgender Vergleich: Der julianische Kalender wiederholt sich alle 28 Jahre, der mohammedanische alle 210 Jahre, der jüdische aber erst nach 3 447 360 Jahren.

3b) Chinesischer Kalender.

Auch der chinesische Kalender benützt den 19jährigen Zyklus, doch wird zum Unterschied gegenüber dem jüdischen Kalender jeder 33. oder 34. Monat geschaltet; die 6 Jahreslängen stimmen mit jenen des jüdischen Kalenders überein. Der Jahresbeginn, Frühlingsfest genannt, ist stets der Neumondtag, an dem die Sonne im Zeichen Wassermann steht.

Datums-Transformationen in verschiedene Kalender über Tageszahl in der julianischen Periode: R. Schram, Kalendariographische und Chronologische Tafeln, Leipzig 1908.

Ing. Hans Stiassny, Strudlhofg. 14, A-1090 Wien.

Übersicht und Rechenanleitung: Zeitzählung.

Die durch die Zeitzählung von einer bestimmten Epoche ab festgelegten Termine werden stets durch Datum und Uhrzeit angegeben.

Dabei kommen für das Datum hauptsächlich der gregorianische und julianische Kalender und die fortlaufende Tageszählung in der julianischen Periode, für die Uhrzeit Sonnenzeit und Sternzeit in Stunden, Minuten, Sekunden oder Tagesbruch zur Anwendung.

Um Fehlern vorzubeugen, gebe man stets das System an, in dem die Angabe des Termins erfolgt (Kalender und Art der Uhrzeit) und prüfe, ob die zahlenmäßige Angabe auch genau dem verwendeten System entspricht.

1) Kalender.

Julianischer Kalender für Termine im Altertum und im Mittelalter, fallweise auch für später. Nach je 3 Gemeinjahren zu 365 Tagen stets ein Schaltjahr mit 366 Tagen, dessen Jahreszahl in astronomischer Zählung (siehe 2) bei Division durch 4 den Rest 0 gibt. Die Epoche des julianischen Kalenders ist der 1. Januar +1 jul. Zufolge seiner mittleren Jahreslänge von 365,250 Tagen werden die Daten der astronomischen Jahreszeitenanfänge nach knapp 130 Jahren um 1 Tag kleiner. Dieser Kalender wird vor allem von den Historikern verwendet.

Gregorianischer Kalender für Termine in der Neuzeit und später. Er wird fallweise auch vor die gregorianische Kalenderreform (+1582) rückgerechnet. Gegenüber dem julianischen Kalender sind jene Säkularjahre, deren Jahreszahl in astronomischer Zählung (siehe 2) bei Division durch 400 nicht den Rest 0 geben, Gemeinjahre, sonst besteht die gleiche Schaltpraxis wie beim julianischen Kalender. Die Datendifferenz gleichzeitiger Termine im Sinn gregorianisches minus julianisches Datum lautet einschließlich

10 ^d	von +1582 Okt.15 greg.	bis +1700 Mär.10 greg.
11	1700 Mär.12	1800 Mär.11
12	1800 Mär.13	1900 Mär.12
13	1900 Mär.14	2100 Mär.13
14	2100 Mär.15	2200 Mär.14
15	2200 Mär.16	2300 Mär.15
16	2300 Mär.17	2500 Mär.16
17	2500 Mär.18	2600 Mär.17

2) Jahreszählung.

Den historisch gezählten Jahren 1977 n.Chr., ... 1 n.Chr., 1 v.Chr., ... 4713 v.Chr. entsprechen die astronomisch gezählten Jahre +1977, ... +1, 0, -1, ... -4712. Die historische Jahreszählung kennt also

Fortsetzung Übersicht und Rechenanleitung.

kein Jahr 0!

Julianische Periode: Nach 28 julianischen Jahren kehren die Wochentage, nach 19 die Mondphasen auf dieselben Daten zurück. Neben diesem "Sonnenszyklus" (Jahresnummer darin "Sonnenszirkel", 1-28, Rest der Division Jahreszahl : 28) und "Mondzyklus" (Jahresnummer darin "Goldene Zahl" 1-19, Rest Division Jahreszahl : 19) gibt es noch einen "Indiktionszyklus" (Jahresnummer darin "Römerzinszahl" 1-15, Rest Division Jahreszahl : 15) zu 15 Jahren. Die julianische Periode umfaßt $28 \times 19 \times 15 = 7980$ julianische Jahre, nach deren Ablauf wieder ein Jahr mit gleicher Kombination von Sonnenszirkel, Goldener Zahl und Römerzinszahl auftritt. Das Jahr +1 jul. hat den Sonnenszirkel 10, die Goldene Zahl 2 und die Römerzinszahl 4 und ebenso das Jahr +4714. So kam J. Scaliger auf den 1. Januar 4713 v. Chr. = 1. Januar -4712, mit dem Jahr 1 der julianischen Periode beginnt.

3) Tageszählung "JD".

Fortlaufende Tageszählung in der julianischen Periode ab -4712 Jan. 1, 12^h Weltzeit, Meridian von Greenwich. Mit dieser Epoche beginnt Tag 0 dieser Zählung. Die Uhrzeiten werden somit von Mittag Weltzeit ab gezählt und in Tagesbruch angegeben. -4712 Jan. 1, 0^h Weltzeit entspricht JD 9 999 999,500 (statt negativem JD wird die dekadische Ergänzung gegeben), -4712 Jan. 2, 12^h Weltzeit JD 1,000. "JD" bezeichnet stets das seit der Epoche verflossene Zeitintervall in Tagen und wird mit Tafeln oder nach folgender Vorschrift berechnet, in welcher bedeutet: J, M, T Jahres-, Monats-, Tageszahl des Datums, ohne Rücksicht, ob es im gregorianischen oder julianischen Kalender ausgedrückt ist; JD_{jul}, JD_{greg} Tageszahl in der julianischen Periode für Datum im julianischen, gregorianischen Kalender; A, B, JD_J, JD_M, JD_{JMT}, Korr Hilfsgrößen.

$$A = [(J + 4712) \cdot 36\,525 - 25] : 100$$

$$B = \text{FRAC}(A) \quad \text{FRAC einer negativen Zahl ist negativ.}$$

$$\text{JD}_J = \text{INT}(A) \quad \text{Wenn B negativ, nimm } \text{JD}_J - 1 \text{ statt } \text{JD}_J.$$

$$\text{JD}_M = (M - 1) \cdot 31 \quad \text{Wenn M größer oder gleich 3, nimm } \text{JD}_M - 3 - \text{INT}[(M - 2) \cdot 0,4] \text{ statt } \text{JD}_M.$$

$$\text{JD}_{JMT} = \text{JD}_J + \text{JD}_M + T$$

$$\text{JD}_{\text{jul}} = \text{JD}_{JMT} \quad \text{Wenn J julianisches Schaltjahr und M größer 2, nimm } \text{JD}_{\text{jul}} + 1 \text{ statt } \text{JD}_{\text{jul}}.$$

$$\text{Korr} = \text{INT}[(J + 7999) : 100] - \text{INT}[(J + 7999) : 400] - 62$$

$$\text{JD}_{\text{greg}} = \text{JD}_{JMT} - \text{Korr} \quad \text{Wenn J gregorianisches Schaltjahr und M größer 2, nimm } \text{JD}_{\text{greg}} + 1 \text{ statt } \text{JD}_{\text{greg}}.$$

Fortsetzung Übersicht und Rechenanleitung: Zeitzählung.

Der Rest der Division $JD_{jul} : 7$ bezeichnet den Wochentag im julianischen, jener der Division $JD_{greg} : 7$ den Wochentag im gregorianischen Kalender: 0 Mo, 1 Di, 2 Mi, 3 Do, 4 Fr, 5 Sa, 6 So. (Ab 1957 auch gebraucht: MJD, Epoche +1858 11 17, 0^h Weltzeit).

Beispiele: Zeitzählung.

-5200 05 05	$JD_{jul} = 9\ 821\ 883$ Di	$JD_{greg} = 9\ 821\ 924$ Mo
	Julianisches und gregorianisches Schaltjahr.	
-5100 02 10	$JD_{jul} = 9\ 858\ 323$ So	$JD_{greg} = 9\ 858\ 364$ Sa
	Julianisches Schaltjahr, gregorianisches Gemeinjahr.	
-4831 11 27	$JD_{jul} = 9\ 956\ 866$ Do	$JD_{greg} = 9\ 956\ 904$ So
	Julianisches und gregorianisches Gemeinjahr.	
-2400 01 18	$JD_{jul} = 844\ 475$ Mi	$JD_{greg} = 844\ 495$ Di
	Julianisches und gregorianisches Schaltjahr.	
-2300 07 22	$JD_{jul} = 881\ 186$ Sa	$JD_{greg} = 881\ 205$ Do
	Julianisches Schaltjahr, gregorianisches Gemeinjahr.	
-2071 04 13	$JD_{jul} = 964\ 728$ Mi	$JD_{greg} = 964\ 745$ Sa
	Julianisches und gregorianisches Gemeinjahr.	
0 10 20	$JD_{jul} = 1\ 721\ 351$ Mi	$JD_{greg} = 1\ 721\ 353$ Fr
	Julianisches und gregorianisches Schaltjahr.	
40 09 03	$JD_{jul} = 1\ 735\ 914$ Sa	$JD_{greg} = 1\ 735\ 916$ Mo
	Julianisches und gregorianisches Schaltjahr.	
325 03 20	$JD_{jul} = 1\ 839\ 843$ Sa	$JD_{greg} = 1\ 839\ 842$ Fr
	Julianisches und gregorianisches Gemeinjahr.	
1850 01 01	$JD_{jul} = 2\ 396\ 771$ So	$JD_{greg} = 2\ 396\ 759$ Di
	Julianisches und gregorianisches Gemeinjahr.	
1900 01 00	$JD_{jul} = 2\ 415\ 032$ Fr	$JD_{greg} = 2\ 415\ 020$ So
	Julianisches Schaltjahr, gregorianisches Gemeinjahr.	
2000 01 01	$JD_{jul} = 2\ 451\ 558$ Fr	$JD_{greg} = 2\ 451\ 545$ Sa
	Julianisches und gregorianisches Schaltjahr.	

Zur Übung prüfe man die Angaben in der kleinen Tabelle der Kalendertatendifferenzen nach und setze sie in die Vergangenheit fort (Seite 1 dieser Rechenanleitung). Stimmt es, daß diese Differenz z.B. am 17. März +48918 greg. auf ein ganzes Jahr angewachsen ist?

-5200 05 05 jul.,	15^h23 Weltzeit entspricht	JD 9 821 883,141	Di
-2071 04 13 jul.,	4^h48	JD 964 727,700	Mi
1850 01 01 greg.,	$11^h50,6$	JD 2 396 758,994	Di
1977 03 24 greg.,	18^h06	JD 2 443 227,254	Do

Referat: Sternzeit und Sonnenzeit.

Allgemeines: Sternzeit = Stundenwinkel des Frühlingspunktes. Sonnenzeit = Stundenwinkel der Sonne + 12^h. Die Sonne durchwandert die Ekliptik in einem Sonnenjahr ungleich schnell, wodurch die Länge der Sonnentage innerhalb eines Jahres um knapp ±0,5 Minuten schwankt. Im Gegensatz zur "wahren" Sonne wird als Zeitgestirn eine fiktive, "mittlere" Sonne definiert, die in einem Sonnenjahr den Himmelsäquator gleichförmig schnell durchläuft: Mittleres Sonnenjahr, mittlere Sonnentage, mittlere Sonnenzeit. Diese Zeiten gelten, weil sie über Stundenwinkel definiert sind, nur für den Meridian des Beobachtungsortes (Halbgroßkreis). Aus verkehrstechnischen und wirtschaftlichen Gründen wird die mittlere Sonnenzeit eines bestimmten Meridians für ein gewisses Gebiet (Staat) verbindlich gemacht: Zonenzeit, Zonenmeridian. Die wichtigste Zonenzeit ist die Weltzeit, mit dem Nullmeridian als Zonenmeridian.

Sternzeit leitet sich aus der Lage des Frühlingspunktes (Koordinatensystem-Element), Sonnenzeit aus der Lage eines Gestirns (Sonne) zum Meridian des Beobachtungsortes ab. Die mittlere Sonne erreicht nach 365,242 2 mittleren Sonnentagen = 1 mittleres Sonnenjahr wieder den Frühlingspunkt; weil sich diese Wandelgestirnbewegung der Sonne relativ zum Frühlingspunkt entgegen der Richtung der täglichen Bewegung vollzieht, ist ein mittlerer Sonnentag länger als ein Stern-tag; dieser Unterschied muß in einem mittleren Sonnenjahr zu einem vollen Tag anwachsen. Man führt ein Intervall Sternzeit daher durch Multiplikation mit dem Faktor $365,242\ 2 : 366,242\ 2 = 0,997\ 269\ 566\ 4$ in ein Intervall mittlerer Sonnenzeit über, wobei eine sehr langsame Änderung dieses Faktors hier vernachlässigt werden darf.

Symbole: \mathcal{S}_0 Sternzeit um 0^h Weltzeit, Meridian von Greenwich; t Julianische Jahre zu 365,250 Tagen, die seit +1900 Jan.0 greg. 12^h Weltzeit = JD 2 415 020,000 bis 0^h Weltzeit des Datums verstrichen sind; \mathcal{S} Sternzeit; T_z Zonenzeit; λ geographische Länge des Beobachtungsortes, λ_z geographische Länge des Zonenmeridians (westliche Längen positiv, östliche Längen negativ).

$$\mathcal{S}_0 = 6^{\text{h}}38^{\text{m}}45,836^{\text{s}} + 86\ 401,845\ 42^{\text{s}} \cdot t + 0,929^{\text{s}} \text{ EEX-5} \cdot t^2 + \text{Äquinoktiengleichung.}$$

Die Äquinoktiengleichung kann ±1,2^s erreichen.

$$\mathcal{S} = (T_z + \lambda_z) : 0,997\ 269\ 566\ 4 + \mathcal{S}_0 - \lambda$$

$$T_z = (\mathcal{S} + \lambda - \mathcal{S}_0) \cdot 0,997\ 269\ 566\ 4 - \lambda_z$$

λ_z : Siehe beigegefügte Tafeln aus dem Nautical Almanac 1977, die man auch zur Transformation von Zonenzeiten in andere Zonenzeiten be-

Fortsetzung Referat: Sternzeit und Sonnenzeit.

nützen kann. Will man statt nach Zonenzeit nach mittlerer Ortszeit rechnen, so setzt man $\lambda_z = \lambda$.

In Österreich gilt seit 1893 04 01 die Mitteleuropäische Zeit, MEZ, $\lambda_z = -1^h$; ihre Einführung wurde bereits 1888 beschlossen. Sommerzeit = Zonenzeit + 1^h war in Österreich (bessere Nutzung des Tageslichtes) für folgende Zeiträume des greg. Kalenders verordnet:

Von +1916 04 30, 23 ^h MEZ	bis +1916 10 01, 1 ^h MEZ
1917 04 16, 3	1917 09 17, 3
1918 04 15, 3	1918 09 16, 3
1919 04 28, 2	1919 09 29, 3
1920 04 05, 2	1920 09 13, 3
1940 04 01, 2	1942 11 02, 3
1943 03 29, 2	1943 10 04, 3
1944 04 03, 2	1944 10 02, 3
1945 04 02, 2	jeweiliger Einmarsch der russischen Truppen, spätestens 1945 04 23, Wien 1945 04 11.
1946 04 14, 2 ^h	1946 10 07, 3
1947 04 06, 2	1947 10 05, 3
1948 04 18, 2	1948 10 03, 3

Als Folge der Unterschiedlichkeit der mittleren Ortszeiten kann man die Existenz der Datumsgrenze ansehen, bei deren Überschreitung von Ost nach West das Datum um 1 Tag vergrößert, bei Überschreitung von West nach Ost um 1 Tag verkleinert werden muß. Sie verläuft auf oder in der Nähe des Meridians 180° , meist in inselarmem Seegebiet durch folgende Punkte (geogr. Länge/geogr. Breite):

180°	/	-90°
180	/	-51
+172,5	/	-45
+172,5	/	-15
180	/	- 5
180	/	+48
-170	/	+53
+169	/	+65,5
+169	/	+68
180	/	+75
180	/	+90

Die Datumsänderung wurde erstmals bei der Weltumsegelung durch die Expedition des Magellan bemerkt: Schifftagebuch +1522 09 06, Kalender in der Heimat +1522 09 07. Renate Birnkraut, Waidhausenstr.16
A-1140 Wien.

STERNFREUNDE-SEMINAR, WIENER PLANETARIUM, 1977 / Mucke

Beispiele: Transformation von Zonenzeit in Sternzeit und umgekehrt.

Datum greg.	β_0	T_z	β	λ	λ_z	Beobachtungsort
1977 01 25	8 ^h 16 ^m 45,0	1 ^h 35 ^m 10,6s	9 ^h 33 ^m 12,7s	-11 ^h 39 ^m 03,7s	-12 ^h 00 ^m	Wellington, Neuseeland, Carter-Observatory
1977 01 31	8 40 24,4	19 22 27,5	4 22 44,3	- 9 18 10,1	- 9 00	Mitsaka, Tokio Astronomical Observatory
1977 03 15	11 29 56,4	23 50 07,8	11 10 54,6	- 5 17 49,7	- 5 30	Naini Tal, Uttar Pradesh, India State Observatory
1977 10 27	2 20 57,4	5 39 15,1	7 30 55,7	- 2 30 17,0	- 3 00	Moskau, Sternberg Obser- vatorium
1977 12 07	5 02 36,1	20 30 00,3	1 41 21,1	- 1 05 32,5	- 1 00	Wien, Urania-Sternwarte
1977 04 11	13 16 23,1	2 38 01,5	15 56 11,6	- 0 01 21,0	0 00	Herstmonceux, Royal Green- wich Observatory
1977 05 28	16 21 44,1	12 58 17,7	5 29 42,7	2 52 53,5	3 00	Rio de Janeiro, National Observatory
1977 02 20	9 59 15,5	8 23 57,0	18 31 20,8	5 54 13,6	6 00	Williams Bay, Wisconsin, Yerkes-Observatory
1977 07 02	18 39 40,6	15 47 38,2	10 22 35,6	8 08 37,7	8 00	Lafayette, California, Leuschner Observatory
1977 08 19	21 48 55,2	22 33 48,9	20 02 15,2	10 21 53,3	10 00	Hawaii, Mauna Kea Obser- vatory

Datum jul.

138 12 22 5 55 55,3* 19 52 36,6** 1 51 28,2 - 1 59 40,0 $\lambda_z = \lambda$ Alexandria, Ägypten

* ohne Äquinoktiengleichung; Zeitsekunden sind selbstverständlich hier nur Rechengrößen. ** Die Rechnung wird für Ortszeit geführt.

STANDARD TIMES (Corrected to September 1974)

LIST I—PLACES EAST ON G.M.T. (mainly those EAST OF GREENWICH), $\lambda_2 < 0$.

The times given } added to G.M.T. to give Standard Time.
below should be } subtracted from Standard Time to give G.M.T.

	h	m		h	m
Aden (Southern Yemen)	03	Egypt* (United Arab Republic) ... ..	...	02
Admiralty Islands	10	Ellice Islands ... ..	...	12
Afghanistan	04 30	Equatorial Guinea, Republic of ... ..	...	01
Albania*	01	Estonia ... ..	...	03
Amirante Islands	04	Ethiopia ... ..	...	03
Andaman Islands	05 30			
Angola (Portuguese West Africa)	01	Fernando Póo† ... ..	...	01
Annobon Island†	01	Fiji ... ..	...	12
Arabian Emirates, Federation of	04	Finland ... ..	...	02
Australia			Formosa* (Taiwan) ... ..	...	08
Australian Capital Territory*	10	France‡ ... ..	...	01
New South Wales*	10	French Territory of the Afars and Issas ... ..	...	03
Northern Territory	09 30	Friendly Islands ... ..	...	13
Queensland	10			
South Australia*	09 30	Gabon ... ..	...	01
Tasmania*	10	Germany ... ..	...	01
Victoria*	10	Gibraltar† ... ..	...	01
Western Australia	08	Gilbert and Ellice Islands ... ..	...	12
Austria	01	Greece ... ..	...	02
			Guam ... ..	...	10
Balearic Islands†*	01			
Bangladesh	06	Holland (The Netherlands) ... ..	...	01
Belgium	01	Hong Kong* ... ..	...	08
Botswana, Republic of	02	Hungary ... ..	...	01
British New Guinea	10			
Brunei	08	India ... ..	...	05 30
Bulgaria	02	Indonesia, Republic of		
Burma	06 30	Bali, Bangka, Billiton, Java, Lom- bok, Madura, Sumatra ... ..	...	07
Burundi	02	Borneo, Celebes, Flores, Sumba, Sumbawa, Timor ... ..	...	08
			Aru, Kei, Moluccas, Tanimbar, West Irian ... ..	...	09
Cambodia (Khmer Republic)	07	Iran ... ..	...	03 30
Cameroun Republic	01	Iraq ... ..	...	03
Caroline Islands, east of long. E. 160°	...	12	Irish Republic† ... ..	...	01
west of long. E. 160°	...	10	Israel ... ..	...	02
Truk, Ponape	11	Italy* ... ..	...	01
Central African Republic	01			
Ceylon (Sri Lanka)	05 30	Japan ... ..	...	09
Chad	01	Jordan* ... ..	...	02
Chagos Archipelago	05			
Chatham Islands†	12 45	Kamchatka Peninsula ... ..	...	12
China ²	08	Kenya ... ..	...	03
Christmas Island, Indian Ocean	07	Khmer Republic (Cambodia) ... ..	...	07
Cocos Keeling Islands	06 30	Korea ... ..	...	09
Comoro Islands	03	Kuril Islands ... ..	...	11
Congo Republic	01	Kuwait ... ..	...	03
Corsica†	01			
Crete	02	Laccadive Islands ... ..	...	05 30
Cyprus	02	Ladron Islands ... ..	...	10
Czechoslovakia	01	Laos ... ..	...	07
			Latvia ... ..	...	03
Dahomey, Republic of	01	Lebanon* ... ..	...	02
Denmark	01			

* Summer time may be kept in these countries.
 † Winter time is kept in this country.
 ‡ The legal time may differ from that given here.
¹ Except Broken Hill Area which keeps 09^h 30^m.
² All the coast, but some areas may keep summer time.

STANDARD TIMES (Corrected to September 1974)

LIST I—(continued), $\lambda_2 < 0$.

	h	m		h	m
Lesotho	02		Sardinia	01	
Libya†	02		Saudi Arabia	03	
Liechtenstein	01		Schouten Islands	09	
Lithuania	03		Seychelles	04	
Lord Howe Island	10	30	Siam (Thailand)	07	
Luxembourg	01		Sicily*	01	
Macao*	08		Singapore	07	30
Malagasy Republic	03		Socotra	03	
Malawi	02		Solomon Islands	11	
Malaysia			Somali Republic	03	
Malaya	07	30	South Africa, Republic of	02	
Sabah, Sarawak	08		Southern Yemen	03	
Maldivo Republic	05		South Vietnam	08	
Malta*	01		South West Africa	02	
Manchuria	09		Spain†*	01	
Mariana Islands	10		Spitsbergen (Svalbard)	01	
Marshall Islands ¹	12		Sri Lanka (Ceylon)	05	30
Mauritius	04		Sudan, Republic of	02	
Monaco†	01		Swaziland	02	
Mozambique (Portuguese E. Africa)	02		Sweden	01	
Muscat and Oman, Sultanate of	04		Switzerland	01	
Nauru	11	30	Syria* (Syrian Arab Republic)	02	
Netherlands, The	01		Taiwan* (Formosa)	08	
New Caledonia	11		Tanzania	03	
New Guinea, British	10		Thailand	07	
New Hebrides†	12		Timor	08	
New Zealand*	12		Tonga Islands	13	
Nicobar Islands	05	30	Truk	11	
Niger	01		Tunisia	01	
Nigeria, Republic of	01		Turkey*	02	
Norfolk Island	11	30	Uganda	03	
North Vietnam	07		Union of Soviet Socialist Republics ²		
Norway	01		west of long. E. 40°	03	
Novaya Zemlya	05		long. E. 40° to E. 52° 30'	04	
Ocean Island	11	30	long. E. 52° 30' to E. 67° 30'	05	
Okinawa	09		long. E. 67° 30' to E. 82° 30'	06	
Pakistan	05		long. E. 82° 30' to E. 97° 30'	07	
Papua	10		long. E. 97° 30' to E. 112° 30'	08	
Persia (Iran)	03	30	long. E. 112° 30' to E. 127° 30'	09	
Pescadores Islands	08		long. E. 127° 30' to E. 142° 30'	10	
Philippine Republic	08		long. E. 142° 30' to E. 157° 30'	11	
Poland	01		long. E. 157° 30' to E. 172° 30'	12	
Portugal	01		east of long. E. 172° 30'	13	
Portuguese East Africa (Mozambique)	02		Vietnam, North	07	
Portuguese West Africa (Angola)	01		(South) Republic of	08	
Réunion	04		Wrangell Island	13	
Rhodesia, Republic of	02		Yugoslavia	01	
Romania	02		Zaire		
Rwanda	02		Kinshasa, Mbandaka	01	
Ryukyu Islands	09		Orientale, Kivu, Katanga, Kasai	02	
Sakhalin	11		Zambia, Republic of	02	
Santa Cruz Islands	11				

* Summer time may be kept in these countries.

† The legal time may differ from that given here.

¹ Except the islands of Kwajalein and Eniwetok which keep a time 24^h slow on that of the rest of the islands.² The boundaries between the zones are irregular; the longitudes given are approximate only.

STANDARD TIMES (Corrected to September 1974)

LIST II—PLACES NORMALLY KEEPING G.M.T., $\lambda_2 = 0$.

Algeria	Gambia	Ifni	Mali	St. Helena	Tangier
Ascension Island	Ghana	Ireland, Northern ¹	Mauritania	São Tomé	Togo Republic
Canary Islands [‡] *	Great Britain ¹	Ivory Coast	Morocco*	Senegal	Tristan da Cunha
Channel Islands ¹	Guinea Republic	Liberia	Principe	Sierra Leone	Upper Volta
Faeroes, The	Iceland	Madeira	Rio de Oro [‡]	Spanish Sahara	

* Summer time may be kept in these countries.

‡ The legal time may differ from that given here.

¹ Summer time, one hour in advance of G.M.T., is kept from March 20^d 02^h to October 23^d 02^h G.M.T.

LIST III—PLACES SLOW ON G.M.T. (WEST OF GREENWICH), $\lambda_2 > 0$.

The times given } subtracted from G.M.T. to give Standard Time.
below should be } added to Standard Time to give G.M.T.

	h	m		h	m
Argentina	03		Chile*	04	
Austral Islands ¹	10		Christmas Island, Pacific Ocean	10	
Azores	01		Colombia	05	
Bahamas*	05		Cook Islands, except Niue	10	30
Barbados	04		Costa Rica	06	
Belize	06		Cuba*	05	
Bermuda*	04		Curaçao Island	04	
Bolivia	04		Dominican Republic [‡]	04	
Brazil, eastern ²	03		Dutch Guiana (Surinam)	03	30
Territory of Acre	05		Easter Island (I. de Pascua)	07	
western	04		Ecuador	05	
British Antarctic Territory ³	03		Falkland Islands ⁴	04	
Canada			Fanning Island	10	
Alberta*	07		Fernando de Noronha Island	02	
British Columbia*	08		French Guiana [‡]	03	
Labrador*	04		Galápagos Islands	05	
Manitoba*	06		Greenland, Scoresby Sound	02	
New Brunswick*	04		Angmagssalik and west coast	03	
Newfoundland*	03	30	Thule area	04	
Northwest Territories*			Grenada	04	
east of long. W. 68°	04		Guadeloupe	04	
long. W. 68° to W. 85°	05		Guatemala	06	
long. W. 85° to W. 102°	06		Guiana, Dutch	03	30
west of long. W. 102°	07		French [‡]	03	
Nova Scotia*	04		Guyana, Republic of	03	45
Ontario*, east of long. W. 90°	05		Haiti	05	
west of long. W. 90°	06		Honduras	06	
Prince Edward Island*	04		Honduras, British (Belize)	06	
Quebec*, east of long. W. 63°	04		Jamaica*	05	
west of long. W. 63°	05		Jan Mayen Island	01	
Saskatchewan*					
east of long. W. 106°	06				
west of long. W. 106°	07				
Yukon, east of long. W. 138°	08				
west of long. W. 138°	09				
Cape Verde Islands*	02				
Cayman Islands	05				

* Summer time may be kept in these countries.

‡ The legal time may differ from that given here.

¹ This is the legal standard time, but local mean time is generally used.

² Including all the coast and Brasilia.

³ Except South Georgia which keeps 02^h.

⁴ Port Stanley keeps summer time September to March.

STANDARD TIMES (Corrected to September 1974)

LIST III—(continued), $\lambda_2 > 0$.

	h	m		h	m
Johnston Island	10		United States of America (continued)	Florida ^{3, 4}	05
Juan Fernandez Islands	04			Georgia ³	05
Leeward Islands	04			Hawaii	10
Low Archipelago	10			Idaho ^{3, 4}	07
Marquesas Islands ¹	09	30		Illinois ³	06
Martinique	04			Indiana ¹	05
Mexico ²	06			Iowa ³	06
Midway Islands	11			Kansas ^{3, 4}	06
Miquelon	03			Kentucky ^{3, 4}	05
Nicaragua†*	06			Louisiana ³	06
Niue Island	11			Maine ³	05
Panama Canal Zone	05			Maryland ³	05
Panama, Republic of	05			Massachusetts ³	05
Paraguay*	04			Michigan ^{3, 4}	05
Peru	05			Minnesota ³	06
Portuguese Guinea	01			Mississippi ³	06
Puerto Rico	04			Missouri ³	06
Rarotonga	10	30		Montana ³	07
St. Pierre and Miquelon	03			Nebraska ^{3, 4}	06
Salvador, El	06			Nevada ³	08
Samoa	11			New Hampshire ³	05
Society Islands ¹	10			New Jersey ³	05
South Georgia	02			New Mexico ³	07
Surinam (Dutch Guiana)	03	30		New York ³	05
Tobago	04			North Carolina ³	05
Trindade Island, South Atlantic	02			North Dakota ^{3, 4}	06
Trinidad	04			Ohio ³	05
Tuamotu Archipelago ¹	10			Oklahoma ³	06
Tubuai Islands ¹	10			Oregon ^{3, 4}	08
Turks and Caicos Islands	05			Pennsylvania ³	05
United States of America				Rhode Island ³	05
Alabama ³	06			South Carolina ³	05
Alaska ³ , east of long. W. 137°	08		South Dakota ³ , eastern part	06	
long. W. 137° to W. 141°	09		western part	07	
long. W. 141° to W. 161°	10		Tennessee ^{3, 4}	06	
long. W. 161° to W. 172° 30'	11		Texas ³	06	
Aleutian Islands	11		Utah ^{3, 4}	07	
Arizona	07		Vermont ³	05	
Arkansas ³	06		Virginia ³	05	
California ³	08		Washington, D.C. ³	05	
Colorado ³	07		Washington ³	08	
Connecticut ³	05		West Virginia ³	05	
Delaware ³	05		Wisconsin ³	06	
District of Columbia ³	05		Wyoming ³	07	
			Uruguay	03	
			Venezuela	04	
			Virgin Islands	04	
			Windward Islands	04	

* Summer time may be kept in these countries.

† The legal time may differ from that given here.

¹ This is the legal standard time, but local mean time is generally used.² Except the states of Sonora, Sinaloa, Nayarit, and the Southern District of Lower California which keep 07^h, and the Northern District of Lower California which keeps 08^h.³ Emergency daylight-saving time, one hour fast on the given time, is kept in these states effective from 1974 January 6 at 02^h 00^m local clock time. Summer (daylight-saving) time, one hour fast on the time given, is kept in these states from the last Sunday in April to the last Sunday in October, changing at 02^h 00^m local clock time.⁴ This applies to the greater portion of the state.

Übersicht und Rechenanleitung: Ephemeridenzeit

Allgemeines: Die Umdrehungsdauer der Erde vergrößert sich langsam und unregelmäßig, z.B. als Folge von Massenverlagerungen im Erdkörper und Gezeitenreibung. Die Länge des auf der Grundlage der Erdrotation definierten Sterntages und mittleren Sonnentages vergrößert sich mithin. Bestimmt man auf der Zeitbasis der Gegenwart oder unmittelbaren Vergangenheit die Bahnelemente der Wandelgestirne, so tritt der Effekt der zunehmenden Verlangsamung der Erdrotation bei der Nachrechnung weit zurückliegender Beobachtungsergebnisse hervor; zusätzlich wurde er mit Hilfe der Quarz- und Atomuhren in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts direkt nachweisbar. Die Rotationsverhältnisse der Erde, welche die Zeitbasis für die Zeitargumente in den Bahnelementen der Wandelgestirne (Newcomb, +1900) liefern, werden zur Grundlage einer gleichförmig ablaufenden Ephemeridenzeit (ET) genommen, der gegenüber die Weltzeit (UT) ungleichförmig schnell verstreicht.

Die Differenz der beiden Zeitskalen kann vor allem durch Himmelserscheinungen ermittelt werden, an denen das rascheste Wandelgestirn, der Mond, beteiligt ist: Sternbedeckungen, Sonnenfinsternisse.

$$\Delta T = ET - UT \qquad ET = UT + \Delta T \qquad UT = ET - \Delta T$$

Diese Differenz, die auftritt, wenn ein und derselbe Termin einmal in Ephemeridenzeit und einmal in Weltzeit ausgedrückt wird, ist gegeben durch:

$$\Delta T = +24,349^s + 0,723\ 18^s \cdot t + 0,002\ 995\ 0^s \cdot t^2 + F$$

worin t in julianischen Jahren zu 365,250 Tagen, die seit +1900 Jan.0 greg., 12^h Weltzeit = JD 2 415 020,000 bis zu dem in Weltzeit ausgedrückten Termin verstrichen sind, angesetzt wird.

F bedeutet die unregelmäßigen Änderungen in ΔT , die Fluktuationen, die beobachtet werden müssen.

Beispiele: Ephemeridenzeit.

ΔT ohne Fluktuationen =	11 ^h 52 ^m 37 ^s	für -2000 01 01 jul.
	2 37 42	0 01 01 jul.
	0 01 38,1	1977 03 24 greg.
ΔT mit Fluktuationen =	0 00 42,2	1972 01 01 greg.
	0 00 43,4	1973 01 01 greg.
	0 00 44,5	1974 01 01 greg.
	0 00 45,5	1975 01 01 greg.
	0 00 46,5	1976 01 01 greg.
	0 00 47,5	1977 01 01 greg.

Rechenanleitung: Präzession

Allgemeines: Die Präzession bewirkt eine Veränderung der Gestirnskoordinaten. Sie geht näherungsweise längs der ekliptikalischen Breitenkreise vor sich; die ekliptikalischen Längen wachsen mit zunehmender Zeit, wobei die Geschwindigkeit dieses Wachstums mit zunehmender Zeit sehr langsam steigt. Zwischen -2500 und +2500 beträgt der Zuwachs in ekliptikalischer Länge durchschnittlich $0,0139 \pm 0,0001$ Grade pro Jahr oder $72,0 \pm 0,5$ Jahre pro Grad. Entdeckt um -130 von Hipparch. Bradley entdeckte um 1747 Schwankungen der Präzession mit einer Periode von rund 19 Jahren und einer Amplitude von rund $9''$; man nennt sie Nutation. Sie bleibt hier wegen ihrer Kleinheit unberücksichtigt. Diese Phänomene werden durch gravitationelle Einwirkungen von Sonne, Mond und Planeten auf die Erde verursacht.

Symbole: t tropische Jahre zu 365,242 2 Tagen, die seit +1950 01 00 = JD 2 433 282 bis zur Zielepoche verstrichen sind; α_0 bzw. α , δ_0 bzw. δ Rektaszension, Deklination für das mittlere Äquinoktium +1950 bzw. jenes der Zielepoche; μ_α und μ_δ einjährige Eigenbewegung des Sternes für +1950,0 (hier jedoch als Konstante betrachtet); ξ_0 , z , Θ Präzessionselemente; $\Delta\alpha$, $\Delta\delta$, A , D , δ' , p , a Hilfsgrößen. Die folgenden mittelgenauen, aber für Zwecke dieses Seminars ausreichenden Formeln sind für Winkel in dezimal geteilten Altgraden erstellt.

$$\xi_0 = 0,640\ 026\ 3\ \text{EEX-2} \cdot t + 0,838\ 89\ \text{EEX-8} \cdot t^2 + 0,5\ \text{EEX-11} \cdot t^3$$

$$z = \xi_0 + 0,219\ 722\ 2\ \text{EEX-7} \cdot t^2$$

$$\Theta = 0,556\ 737\ 6\ \text{EEX-2} \cdot t - 0,118\ 333\ \text{EEX-7} \cdot t^2 - 0,116\ 666\ 67\ \text{EEX-10} \cdot t^3$$

$$D = \delta_0 + \frac{\mu_\delta}{2} \cdot t \quad \mu_\alpha, \mu_\delta \text{ in Graden!}$$

$$\Delta\alpha = \mu_\alpha \cdot t + \mu_\alpha \cdot \mu_\delta \cdot \sin 1^\circ \cdot \tan D \cdot t^2$$

$$\Delta\delta = \mu_\delta \cdot t - \frac{\mu_\alpha^2}{4} \cdot \sin 1^\circ \cdot \sin 2D \cdot t^2$$

$$A = \alpha_0 + \Delta\alpha + \xi_0 \quad \delta' = \delta_0 + \Delta\delta$$

$$p = \sin \Theta \cdot \left(\tan \delta' + \tan \frac{\Theta}{2} \cdot \cos A \right)$$

$$a = A + \arctan \left[p \cdot \sin A : (1 - p \cdot \cos A) \right]$$

$$\alpha = a + z$$

$$\delta = \delta' + 2 \cdot \arctan \left(\cos \frac{a + A}{2} \cdot \tan \frac{\Theta}{2} : \cos \frac{a - A}{2} \right)$$

Fortsetzung Rechenanleitung: Präzession.

Für Al Cen (Seminar-Sternverzeichnis Nr.39) reichen wegen seiner geringen Entfernung und großen Eigenbewegung die genannten Formeln nicht aus, weshalb für diesen Stern eine Langzeit-Tabelle für jeweils Jan.0 greg. gegeben wird:

Jahr	α	δ
-2500	10h52,4 ^m	-38,0 ^o
-2000	11 12,8	-40,6
-1500	11 34,0	-43,2
-1000	11 56,0	-45,9
- 500	12 18,8	-48,6
0	12 42,8	-51,3
+ 500	13 08,8	-53,9
+1000	13 36,8	-56,4
+1500	14 06,8	-58,7
+2000	14 39,6	-60,8
+2500	15 15,5	-62,7

Ekliptikale Sonnenörter werden vorteilhaft mittels Präzession in Länge ($\beta = 0^\circ$) übertragen, die pro Jahr als Mittelwert für das Intervall Zielepoche minus Startepoche (+1950) folgt aus:

$$p_m = 0,013\ 960^\circ + 0,616\ 7\ \text{EEX-7} \cdot \frac{t + 100}{2}$$

Für die ekliptikale Sonnenlänge \odot gilt:

$$\odot = \odot_{1950} + (p_m \cdot t) \quad \text{und} \quad \odot_{1950} = \odot - (p_m \cdot t)$$

t hat hier die gleiche Bedeutung wie bei der äquatorealen Präzession (tropische Jahre zu 365,242 2 Tagen seit +1950 01 00).

Beispiele: Präzession (Mittlere Örter).

Mittlere Örter und Eigenbewegungen für +1950 siehe Seminar-Sternverzeichnis!

6	Al UMi	+1975 01 00 greg. = JD 2 442 413	2 ^h 07 ^m 26,6 ^s /+89 ^o 09'00"
39	Al Cen	+1975 01 00 greg. = JD 2 442 413	14 37 53,5 /-60 43 59
54	Al Cyg	+1975 01 00 greg. = JD 2 442 413	20 40 34,6 /+45 11 25
38	Al Boo	-2000 01 00 greg. = JD 990 574	11 06,2 /+42,7 ^o
		-1000 01 00 greg. = JD 1 355 817	11 56,8 /+36,6
		0 01 00 greg. = JD 1 721 059	12 44,3 /+30,5
		+1000 01 00 greg. = JD 2 086 302	13 30,2 /+24,6
		+2000 01 00 greg. = JD 2 451 544	14 15,7 /+19,2

Stimmt es, daß der mittlere Ort des Polarsternes zu Beginn des Jahres +2102 die kleinste Poldistanz hat?

Sonne +1976 03 10 greg., 4^h00 UT $\odot = 349,72^\circ$; für Übertragung auf +1950 01 00 $p_m = 0,013\ 964^\circ$; $\odot_{1950} = 349,35^\circ$.

Seminar-Sternverzeichnis (Mittlere Sternörter und Eigenbewegungen für +1950,0 nach dem FK 4). *) Siehe Langzeit-Tabelle!

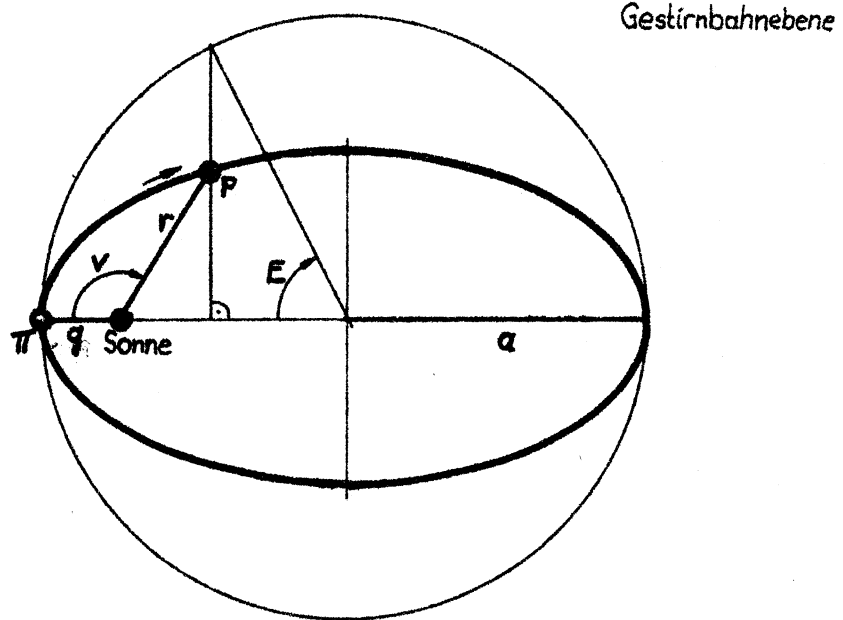
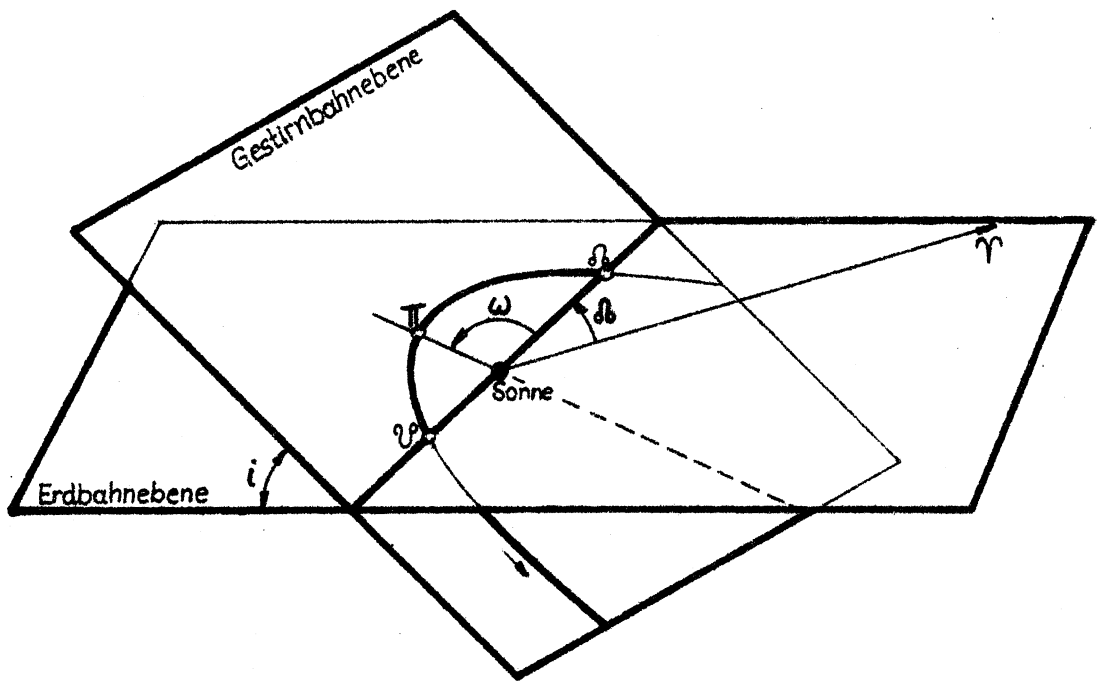
	Name	m _{vis}	α ₀	δ ₀	100·μ _α	100·μ _δ
1	Al And	+2,2	0 ^h 05 ^m 47,8 ^s	+28 ^o 48'52"	+ 1,038 ^s	- 15,83"
2	Al Phe	+2,4	0 23 49,0	-42 34 39	+ 1,871	- 39,01
3	Al Cas	+2,5	0 37 39,3	+56 15 49	+ 0,635	- 2,72
4	Be Cet	+2,2	0 41 04,8	-18 15 39	+ 1,628	+ 3,65
5	Al Eri	+0,6	1 35 51,3	-57 29 25	+ 1,295	- 2,81
6	Al UMi	+2var	1 48 48,8	+89 01 44	+18,107	- 0,43
7	Al Ari	+2,2	2 04 20,9	+23 13 37	+ 1,383	- 14,37
8	Th Eri	+3,4	2 56 21,9	-40 30 15	- 0,453	+ 2,26
9	Al Cet	+2,8	2 59 39,7	+ 3 53 41	- 0,082	- 7,43
10	Al Per	+1,9	3 20 44,4	+49 41 06	+ 0,259	- 2,15
11	Al Tau	+1,1	4 33 02,9	+16 24 38	+ 0,452	- 18,88
12	Be Ori	+0,3	5 12 08,0	- 8 15 29	- 0,024	- 0,18
13	Al Aur	+0,2	5 12 59,5	+45 56 58	+ 0,775	- 42,27
14	Ga Ori	+1,7	5 22 26,8	+ 6 18 22	- 0,079	- 1,36
15	Be Tau	+1,8	5 23 07,7	+28 34 02	+ 0,187	- 17,48
16	Ep Ori	+1,8	5 33 40,5	- 1 13 56	- 0,021	- 0,23
17	Al Ori	+1var	5 52 27,8	+ 7 23 58	+ 0,173	+ 0,97
18	Al Car	-0,9	6 22 50,5	-52 40 03	+ 0,290	+ 2,22
19	Al CMa	-1,6	6 42 56,7	-16 38 46	- 3,791	-121,14
20	Ep CMa	+1,6	6 56 39,6	-28 54 10	+ 0,015	+ 0,16
21	Al CMi	+0,5	7 36 41,1	+ 5 21 17	- 4,732	-102,87
22	Be Gem	+1,2	7 42 15,5	+28 08 55	- 4,735	- 5,13
23	Ep Car	+1,7	8 21 29,4	-59 20 53	- 0,326	+ 1,51
24	La Vel	+2,2	9 06 09,3	-43 13 48	- 0,198	+ 1,22
25	Be Car	+1,8	9 12 39,7	-69 30 40	- 2,882	+ 10,23
26	Al Hya	+2,2	9 25 07,8	- 8 26 27	- 0,119	+ 2,76
27	Al Leo	+1,3	10 05 42,6	+12 12 45	- 1,696	+ 0,26
28	Al UMa	+2,0	11 00 39,6	+62 01 17	- 1,682	- 7,05
29	Be Leo	+2,2	11 46 30,6	+14 51 06	- 3,428	- 11,89
30	Ga Crv	+2,8	12 13 13,8	-17 15 52	- 1,143	+ 1,77
31	Al ¹ Cru	+1,6	12 23 48,1	-62 49 19	- 0,363	- 1,66
32	Ga Cru	+1,6	12 28 22,7	-56 50 00	+ 0,348	- 26,70
33	Ep UMa	+1,7	12 51 50,1	+56 13 51	+ 1,314	- 1,02
34	Al Vir	+1,2	13 22 33,3	-10 54 03	- 0,291	- 3,34
35	Et UMa	+1,9	13 45 34,3	+49 33 44	- 1,285	- 1,41
36	Be Cen	+0,9	14 00 16,5	-60 07 58	- 0,274	- 2,34
37	Th Cen	+2,3	14 03 43,9	-36 07 30	- 4,287	- 52,27
38	Al Boo	+0,2	14 13 22,8	+19 26 31	- 7,760	-199,91
39	Al Cen	+0,3	14 36 11,3	-60 37 49	-49,042*	+ 71,20*
40	Al ² Lib	+2,9	14 48 06,4	-15 50 07	- 0,746	- 7,11
41	Be UMi	+2,2	14 50 49,6	+74 21 36	- 0,862	+ 1,01
42	Al CrB	+2,3	15 32 34,1	+26 52 55	+ 0,898	- 9,13
43	Al Sco	+1var	16 26 20,2	-26 19 22	- 0,046	- 2,29
44	Al TrA	+1,9	16 43 21,1	-68 56 20	+ 0,522	- 3,35
45	Et Oph	+2,6	17 07 30,5	-15 39 53	+ 0,002	+ 0,09
46	La Sco	+1,7	17 30 12,6	-37 04 10	+ 0,013	- 2,88
47	Al Oph	+2,1	17 32 36,7	+12 35 42	+ 0,804	- 22,72
48	Ga Dra	+2,4	17 55 26,6	+51 29 39	- 0,139	- 1,97
49	Ep Sgr	+2,0	18 20 51,2	-34 24 37	- 0,260	- 12,54
50	Al Lyr	+0,1	18 35 14,7	+38 44 10	+ 1,708	+ 28,47
51	Si Sgr	+2,1	18 52 09,9	-26 21 38	+ 0,104	- 5,39
52	Al Aql	+0,9	19 48 20,6	+ 8 44 06	+ 3,624	+ 38,66
53	Al Pav	+2,1	20 21 42,3	-56 53 50	+ 0,186	- 8,50
54	Al Cyg	+1,3	20 39 43,5	+45 06 03	+ 0,008	+ 0,51
55	Ep Peg	+2,5	21 41 43,8	+ 9 38 42	+ 0,196	+ 0,46
56	Al Gru	+2,2	22 05 05,5	-47 12 15	+ 1,281	- 14,87
57	Al PsA	+1,3	22 54 53,5	-29 53 16	+ 2,584	- 16,09
58	Al Peg	+2,6	23 02 16,1	+14 56 09	+ 0,433	- 3,82

Referat: Bahnelemente von Sonne, Planeten und Kometen.

Allgemeines: Die Raumbewegung der Planeten und Kometen um die Sonne geht unter dem Einfluß von Kräften vor sich, die zwischen ihnen und der Sonne, aber auch zwischen ihnen untereinander wirken. Die Größen, welche diese Raumbewegung und letztlich den Raumort eines Planeten oder Kometen bestimmen, nennt man seine Bahnelemente. Zufolge der je nach den Gestirnspositionen im Sonnensystem zeitlich wechselnden Kraftwirkungen sind die Bahnelemente lang- und kurzzeitlichen Veränderungen unterworfen. Man mißt sie von der Sonnenmitte aus in der Erdbahn- bzw. Gestirnbahnebene und benützt als Fundamentalrichtung die Richtung zum Frühlingspunkt γ . Es wird also ein heliozentrisches, ekliptikales Koordinatensystem verwendet (Abbildungen).

Symbole: t in julianischen Jahren zu 365,250 Tagen, die seit der in Ephemeridenzeit ausgedrückten Epoche T_0 bis zu dem in Ephemeridenzeit ausgedrückten Termin T' verstrichen sind, also $t = T' - T_0$;
 i Bahnneigung = Winkel zwischen Gestirn- und Erdbahnebene = Winkel zwischen den Normalen auf die Bahnebenen, gezählt $0^\circ - 180^\circ$; Ω Knotenlänge = heliozentrische Länge des aufsteigenden Knotens (in ihm tritt das Gestirn von der Süd- auf die Nordseite der Erdbahnebene) = heliozentrischer Winkel vom Frühlingspunkt bis aufsteigenden Knoten, gezählt im Erdumlaufsinne;
 π Perihellänge = heliozentrischer, gebrochener Winkel vom Frühlingspunkt in der Erdbahnebene in Erdumlaufsinne zum aufsteigenden Knoten und weiter in der Gestirnbahnebene in Gestirnumlaufsinne bis Perihel π ;
 ω Argument des Perihels = heliozentrischer Winkel vom aufsteigenden Knoten in der Gestirnbahnebene in Gestirnumlaufsinne bis Perihel, als $\pi = \omega + \Omega$;
 L Mittlere Länge = heliozentrischer, gebrochener Winkel vom Frühlingspunkt in der Erdbahnebene in Erdumlaufsinne zum aufsteigenden Knoten und weiter in der Gestirnbahnebene in Gestirnumlaufsinne über Perihel bis zum mittleren Ort des Gestirns;
 e numerische Exzentrizität, $e = \sin \varphi$, worin φ Exzentrizitätswinkel;
 a große Halbachse sowie $q = a \cdot (1 - e)$ Periheltdistanz der als Kegelschnitt dargestellten Gestirnbahn in AE;
 T Periheltermin = Termin in Ephemeridenzeit, zu dem das Gestirn das Perihel seiner Bahn passiert;
 g, H reduzierte Helligkeiten für Planeten, Kometen;
 $\bar{\epsilon}$ mittlere Schiefe der Ekliptik, siehe Koordinatentransformationen.

Für Zwecke dieses Seminars sind nur bei Jupiter und Saturn "Störungen" zu berücksichtigen; diese langperiodischen (*) und kurzperiodischen (**) Störungen sind aus dem beigegeführten Tafelsatz bequem zu entnehmen. Die Elemente und damit die aus ihnen folgenden Örter sind auf das mittlere Äquinoktium T' bezogen (d.h. Präzession bereits inbegriffen).



Fortsetzung Referat: Bahnelemente von Sonne, Planeten und Kometen.

Bahnelemente Sonne, Merkur, Venus, Mars: Newcomb, Suppl.Astr.Eph.;
Jupiter, Saturn: Gaillot, Ann.Obs.Paris, Mem.31,24.

SONNE

$$\begin{aligned}T_0 &= +1900\ 01\ 00\ \text{greg.},\ 12^{\text{h}}\text{ET} = \text{JD}\ 2\ 415\ 020,000 \\L &= 279,697^\circ + 360,007\ 689\ 3 \cdot t + 0,302\ 5\ \text{EEX-7} \cdot t^2 \\ \pi &= 281,221^\circ + 0,017\ 191\ 8 \cdot t + 0,452\ 8\ \text{EEX-7} \cdot t^2 + \\ &\quad + 0,333\ \text{EEX-11} \cdot t^3 \\ e &= 0,016\ 751\ 0 - 0,418\ 0\ \text{EEX-6} \cdot t - 0,126\ \text{EEX-10} \cdot t^2 \\ \bar{e} &= 23,452^\circ - 0,130\ 13\ \text{EEX-3} \cdot t - 0,164\ \text{EEX-9} \cdot t^2 + \\ &\quad + 0,50\ \text{EEX-12} \cdot t^3 \\ a &= 1,000\ 000\ \text{AE}\end{aligned}$$

MERKUR

$$\begin{aligned}T_0 &= +1900\ 01\ 00\ \text{greg.},\ 12^{\text{h}}\text{ET} = \text{JD}\ 2\ 415\ 020,000 \\L &= 178,179^\circ + 1\ 494,740\ 708 \cdot t + 0,301\ 1\ \text{EEX-7} \cdot t^2 \\ \pi &= 75,900^\circ + 0,015\ 554\ 9 \cdot t + 0,294\ 7\ \text{EEX-7} \cdot t^2 \\ \delta &= 47,146^\circ + 0,011\ 852\ 1 \cdot t + 0,173\ 9\ \text{EEX-7} \cdot t^2 \\ i &= 7,003^\circ + 0,186\ \text{EEX-4} \cdot t - 0,183\ \text{EEX-8} \cdot t^2 \\ e &= 0,205\ 614\ 2 + 0,204\ 60\ \text{EEX-6} \cdot t - 0,300\ 0\ \text{EEX-11} \cdot t^2 \\ a &= 0,387\ 099\ \text{AE}\end{aligned}$$

VENUS

$$\begin{aligned}T_0 &= +1900\ 01\ 00\ \text{greg.},\ 12^{\text{h}}\text{ET} = \text{JD}\ 2\ 415\ 020,000 \\L &= 342,767^\circ + 585,192\ 119\ 1 \cdot t + 0,309\ 7\ \text{EEX-7} \cdot t^2 \\ \pi &= 130,164^\circ + 0,014\ 080\ 4 \cdot t - 0,976\ 4\ \text{EEX-7} \cdot t^2 \\ \delta &= 75,780^\circ + 0,008\ 998\ 5 \cdot t + 0,410\ 0\ \text{EEX-7} \cdot t^2 \\ i &= 3,394^\circ + 0,101\ \text{EEX-4} \cdot t - 0,10\ \text{EEX-9} \cdot t^2 \\ e &= 0,006\ 820\ 7 - 0,477\ 40\ \text{EEX-6} \cdot t + 0,910\ 0\ \text{EEX-11} \cdot t^2 \\ a &= 0,723\ 332\ \text{AE}\end{aligned}$$

MARS

$$\begin{aligned}T_0 &= +1900\ 01\ 00\ \text{greg.},\ 12^{\text{h}}\text{ET} = 2\ 415\ 020,000 \\L &= 293,748^\circ + 191,416\ 992\ 6 \cdot t + 0,310\ 7\ \text{EEX-7} \cdot t^2 \\ \pi &= 334,218^\circ + 0,018\ 407\ 6 \cdot t + 0,129\ 9\ \text{EEX-7} \cdot t^2 - \\ &\quad - 0,119\ \text{EEX-11} \cdot t^3 \\ \delta &= 48,786^\circ + 0,007\ 709\ 9 \cdot t - 0,14\ \text{EEX-9} \cdot t^2 - 0,533\ \text{EEX-11} \cdot t^3 \\ i &= 1,850^\circ - 0,68\ \text{EEX-5} \cdot t + 0,126\ \text{EEX-8} \cdot t^2 \\ e &= 0,093\ 312\ 9 + 0,920\ 64\ \text{EEX-6} \cdot t - 0,770\ 0\ \text{EEX-11} \cdot t^2 \\ a &= 1,523\ 692\ \text{AE}\end{aligned}$$

JUPITER

$$T_0 = +1850\ 01\ 01\ \text{greg.},\ 11^{\text{h}}50,6^{\text{m}}\ \text{ET} = \text{JD}\ 2\ 396\ 758,994$$

$$L = 160,023^\circ + 30,363\ 016\ 5 \cdot t + 0,337\ 2\ \text{EEX-7} \cdot t^2 - \\ - 0,165\ \text{EEX-11} \cdot t^3 + L^* + L^{**}$$

$$\pi = 11,916^\circ + 0,016\ 089\ 0 \cdot t + 0,106\ 14\ \text{EEX-6} \cdot t^2 - \\ - 0,343\ \text{EEX-11} \cdot t^3 + \pi^* + \pi^{**}$$

$$\Omega = 98,938^\circ + 0,010\ 101\ 7 \cdot t + 0,365\ 0\ \text{EEX-7} \cdot t^2 - \\ - 0,851\ \text{EEX-11} \cdot t^3$$

$$i = 1,312^\circ - 0,570\ 0\ \text{EEX-4} \cdot t + 0,39\ \text{EEX-9} \cdot t^2$$

$$e = 0,048\ 233\ 8 + 0,164\ 647\ \text{EEX-5} \cdot t - 0,465\ 03\ \text{EEX-10} \cdot t^2 - \\ - 0,170\ 7\ \text{EEX-14} \cdot t^3 + \sin \varphi^* + \sin \varphi^{**}$$

$$a = 5,202\ 805\ \text{AE}$$

$$\xi = 145,163^\circ + 18,127\ 922\ 6 \cdot t$$

$$\eta = 14,860^\circ + 12,221\ 138\ 9 \cdot t$$

SATURN

$$T_0 = +1850\ 01\ 01\ \text{greg.},\ 11^{\text{h}}50,6^{\text{m}}\ \text{ET} = \text{JD}\ 2\ 396\ 758,994$$

$$L = 14,860^\circ + 12,235\ 095\ 6 \cdot t + 0,325\ 4\ \text{EEX-7} \cdot t^2 - \\ - 0,58\ \text{EEX-12} \cdot t^3 + L^* + L^{**}$$

$$\pi = 90,119^\circ + 0,019\ 575\ 9 \cdot t + 0,819\ 4\ \text{EEX-7} \cdot t^2 + \\ + 0,462\ \text{EEX-11} \cdot t^3 + \pi^* + \pi^{**}$$

$$\Omega = 112,354^\circ + 0,008\ 733\ 4 \cdot t - 0,144\ 2\ \text{EEX-7} \cdot t^2 - \\ - 0,531\ \text{EEX-11} \cdot t^3$$

$$i = 2,494^\circ - 0,390\ \text{EEX-4} \cdot t - 0,156\ \text{EEX-8} \cdot t^2 + 0,4\ \text{EEX-13} \cdot t^3$$

$$e = 0,056\ 035\ 5 - 0,344\ 770\ \text{EEX-5} \cdot t - 0,739\ 63\ \text{EEX-10} \cdot t^2 + \\ + 0,748\ 6\ \text{EEX-14} \cdot t^3 + \sin \varphi^* + \sin \varphi^{**}$$

$$a = 9,554\ 747\ \text{AE} + a^* + a^{**}; \quad \xi, \eta \text{ wie bei Jupiter}$$

Achtung: Bei Benützung der Störungstafeln für Jupiter und Saturn folge man genau den dort gegebenen Anweisungen (Kurzperiodische Störungen außer a^{**} : Tafelwerte durch 100 dividieren; a^{**} : Tafelwerte durch 1000 dividieren; alle kurzperiodischen Störungswerte bei Saturn positiv; bei Saturn müssen lang- und kurzperiodische Störungswerte stets zusammen angebracht werden)!

KOMETEN

Die Bahnelemente der Kometen ($T, \Omega, \omega, i, e, a, H$) entnimmt man entsprechenden Katalogen, z.B.: B.G.Marsden, Catalogue of Cometary Orbits; H.Mucke, Helle Kometen von -86 bis +1950. Achtung auf die Bezugsepoche!
Gerald Wödl, Magdeburgstraße 28, A-1220 Wien

Rechenanleitung: Transformation der Bahnelemente von Sonne, Planeten und Kometen in wahre Anomalie und Radiusvektor.

Symbole: Siehe "Bahnelemente"; M Mittlere Anomalie = heliozentrischer Winkel vom Perihel bis zum mittleren Ort des Gestirns, gleichförmig in der Umlaufszeit bis 360° wachsend; E Exzentrische Anomalie, Winkel mit Scheitel im Ellipsenmittelpunkt, ergibt sich mit M und e aus der Kepler-Gleichung; v wahre Anomalie = heliozentrischer Winkel vom Perihel bis zum wahren Ort des Gestirns, ungleichförmig in der Umlaufszeit bis 360° wachsend; r, R Radiusvektor Gestirn, Sonne = Abstand Gestirn, Erde von der Sonne, in AE; F, G Hilfsgrößen "Parabolische Bahn", v' , η , σ , k_1 , k_2 , k_3 "Parabelnahe Bahn".

ELLIPTISCHE BAHN ($e < 1$)

- 1) $M = L - \pi$; bei Sonne und Planeten aus Reihen, bei Kleinplaneten und Kometen mit $T'-T$ in Tagen und kleiner als Umlaufszeit, $M = 0,985\ 607\ 7 \cdot (T'-T) : \sqrt[3]{a^3}$. Kleines $T'-T$ reduziert Störungen!
- 2) E mit M und $e^\circ = e \cdot 57,295\ 78^\circ$ (Taschenrechner: Umwandlung Rad \rightarrow Grad) aus Kepler-Gleichung $E = M + e^\circ \cdot \sin E$ durch Iteration genügend genau berechnen. Ein guter Näherungswert (E) folgt aus dem Tafelwert, den man mit den nächstgelegenen Argumenten M und e aus der Tafel "Exzentrische minus mittlere Anomalie" ohne Interpolation entnimmt: $(E) = M + \text{Tafelwert}$. (Programmierbare Taschenrechner: Mit $(E) = M$ als erste Näherung beginnen). Zu $360^\circ - M$ gehört $360^\circ - E$; Fall $e = 0$: KREISBAHN, $r = a = q$; Fall e nahe bei 1: PARABELNAHE BAHN, s.d.

$$3) v = 2 \cdot \arctan \left[\tan (E:2) \cdot \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \right]; \quad r = a \cdot (1 - e \cdot \cos E).$$

PARABOLISCHE BAHN ($e = 1$)

- 1) $F = \arctan \left[\left(54,807\ 792 \cdot \sqrt[3]{q^3} \right) : (T'-T) \right]; \quad T'-T \text{ in Tagen}$
- 2) $G = \arctan \left[\sqrt[3]{\tan (F:2)} \right]$
- 3) $v = 2 \cdot \arctan \left[2 : \tan (2 \cdot G) \right]; \quad r = q : \cos^2(v:2).$

PARABELNAHE BAHN (e nahe bei 1); Verfahren von Möller.

- 1) v' wie v der parabolischen Bahn berechnen.
- 2) $\eta = (1-e) : 2$
- 3) $M = (T'-T) : \sqrt[3]{q^3} \quad T'-T \text{ in Tagen}$
- 4) $\sigma = \tan (v':2) + k_1 \cdot \eta + k_2 \cdot \eta^2 + k_3 \cdot \eta^3$; k_1, k_2, k_3 mit M aus Tafel "Wahre Anomalie in parabelnahen Bahnen" interpolieren.
- 5) $v = 2 \cdot \arctan \left[\sigma \cdot \sqrt{\frac{1-\eta}{1-\eta \cdot \sigma^2}} \right]; \quad r = q \cdot (1 + e \cdot \sigma^2)$

Anmerkung: Bei M, E, v auf die Symmetrie der Kegelschnitte achten!

Rechenanleitung: Transformation wahre Anomalie, Radiusvektor, Bahnelemente Sonne, Planeten, Kometen in geozentrische Größen: Ekliptikale Länge, Breite; Entfernung von der Erde; Elongation von der Sonne; Phasenwinkel; Scheinbare visuelle Helligkeit; Winkelhalbmesser Sonne.

Symbole: Siehe "Bahnelemente" und "Transformation Bahnelemente in wahre Anomalie, Radiusvektor"; \odot Ekliptikale Länge der Sonne; λ, β Ekliptikale Länge, Breite des Gestirns; Δ Entfernung des Gestirns von der Erde in AE; D Elongation des Gestirns von der Sonne im Großkreis; ϕ Phasenwinkel des Gestirns; m Scheinbare visuelle Gesamthelligkeit des Gestirns; i' Neigung, β' Aufsteigender Knoten Saturnring, bezogen auf Saturnbahnebene; B' Saturnzentrische Breite der Sonne, bezogen auf Ringebene; Winkelhalbmesser Sonne = $0,267^\circ$; R; u, Z, N Hilfsgrößen.

- 1) $\odot = v + \pi$ aus Sonnenelementen. \odot muß stets auf die Epoche der Gestirn-Bahnelemente bezogen sein! (ekliptikale Präzession).
- 2) $u = v + \pi - \beta$ aus Gestirnelementen.
- 3) $Z = (r \cdot \sin u \cdot \cos i) + [R \cdot \sin(\odot - \beta)]$
- 4) $N = (r \cdot \cos u) + [R \cdot \cos(\odot - \beta)]$
- 5) $(\lambda - \beta) = \arctan(Z : N)$; Taschenrechner: Man verwende nicht den \arctan , sondern die Koordinatentransformation rechtwinkelig \rightarrow polar. Wenn $(\lambda - \beta)$ negativ, nehme man $(\lambda - \beta) + 360^\circ$.
- 6) $\lambda = (\lambda - \beta) + \beta$
- 7) $\beta = \arctan[r \cdot \sin u \cdot \sin i : Z]$
- 8) $\Delta = N : [\cos(\lambda - \beta) \cdot \cos \beta]$
- 9) $D = \arccos[\cos(\lambda - \odot) \cdot \cos \beta]$
- 10) $\phi = \arctan[R \cdot \sin D : (\Delta - R \cdot \cos D)]$; $\phi \leq 90^\circ \leftarrow (r^2 + \Delta^2 - R^2) \geq 0$

Merkur

$$m = +1,16^m + 5 \cdot \log r \cdot \Delta + 0,02838 \cdot (\phi - 50^\circ) + 0,0001023 \cdot (\phi - 50^\circ)^2$$

Venus

$$m = -4,00^m + 5 \cdot \log r \cdot \Delta + 0,01322 \cdot \phi + 0,000004247 \cdot \phi^3$$

Mars

$$m = -1,30^m + 5 \cdot \log r \cdot \Delta + 0,01486 \cdot \phi$$

Jupiter

$$m = -8,93^m + 5 \cdot \log r \cdot \Delta$$

Saturn

$$m = -8,68^m + 5 \cdot \log r \cdot \Delta + 0,044 \cdot \phi - 2,60 \cdot |\sin B'| + 1,25 \cdot \sin^2 B'$$

$\sin B' = \sin i' \cdot \sin(v + \pi - \beta')$; i', B' aus folgender Tabelle:

Jahr	-2000	-1500	-1000	500	0	+500	+1000	+1500	+2000	+2500
i'	$26,5^\circ$	$26,5^\circ$	$26,5^\circ$	$26,6^\circ$	$26,6^\circ$	$26,6^\circ$	$26,7^\circ$	$26,7^\circ$	$26,7^\circ$	$26,8^\circ$
β'	117,4	124,4	131,4	138,4	145,4	152,5	159,5	166,5	173,6	180,6

Kleinplaneten

$$m = -0,8^m + g + 5 \cdot \log r \cdot \Delta + 0,023 \cdot \phi$$

Kometen

$$m = H + 5 \cdot \log \Delta + 10 \cdot \log r$$

JUPITER

Kurzperiodische Störung L'' in Länge.

L		7																				L																		
0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	-2	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-3	-2	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	-2	-3	-4	-5	-5	-5	-5	-5	-6	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	-1	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-7	-8	-8	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	-1	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-7	-8	-8	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-6	-7	-7	-7	-8	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	+1	0	0	-1	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-6	-7	-7	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	+1	+1	+1	0	0	-1	-2	-2	-3	-4	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6
80	+2	+2	+2	+2	+1	+1	0	0	-1	-2	-3	-4	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6
90	+2	+2	+2	+2	+2	+1	+1	0	0	-1	-2	-3	-4	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6
100	+3	+3	+3	+3	+3	+2	+2	+1	+1	0	-1	-2	-3	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
110	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+2	+2	+2	+1	0	-1	-2	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
120	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+2	+2	0	0	-1	-2	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
130	+2	+2	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+2	+1	0	0	-1	-2	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
140	+2	+2	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
150	+1	+1	+2	+2	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
160	+1	+1	+2	+2	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
170	+1	+1	+1	+1	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+1	0	0	-1	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
180	+1	+1	+1	+1	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+1	0	0	-1	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
190	0	0	0	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
200	0	0	0	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
210	0	0	0	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
220	-1	0	0	0	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
230	-1	0	0	0	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
240	-2	-1	-1	-1	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
250	-2	-1	-1	-1	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
260	-2	-1	-1	-1	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
270	-1	-1	-1	-1	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
280	-1	-1	-1	-1	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
290	0	0	0	0	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
300	0	0	0	0	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
310	0	0	0	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
320	0	0	0	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
330	0	0	0	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
340	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	
360	-2	-2	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	

Die Tafelwerte sind durch 100 zu dividieren, um L'' zu erhalten!

JUPITER

Langperiodische Störung L^* in Länge, φ^* in Exzentrizitätswinkel, π^* in Perihellänge.

Jul. Jahr	L^*	φ^*	π^*
-3000	+0.37	+0.02	-0.02
-2980	+0.45	+0.03	-0.01
-2960	+0.52	+0.03	-0.02
-2940	+0.59	+0.03	-0.01
-2920	+0.65	+0.03	-0.01
-2900	+0.70	+0.04	-0.01
-2880	+0.74	+0.03	0.00
-2860	+0.77	+0.03	0.00
-2840	+0.78	+0.03	0.00
-2820	+0.78	+0.03	+0.01
-2800	+0.76	+0.03	+0.01
-2780	+0.73	+0.03	+0.01
-2760	+0.68	+0.02	+0.02
-2740	+0.62	+0.02	+0.02
-2720	+0.55	+0.02	+0.02
-2700	+0.46	+0.02	+0.02
-2680	+0.36	+0.01	+0.03
-2660	+0.26	+0.01	+0.03
-2640	+0.15	+0.01	+0.03
-2620	+0.03	0.00	+0.03
-2600	-0.09	0.00	+0.03
-2580	-0.20	-0.01	+0.03
-2560	-0.30	-0.01	+0.02
-2540	-0.40	-0.02	+0.02
-2520	-0.49	-0.02	+0.02
-2500	-0.56	-0.03	+0.02
-2480	-0.62	-0.03	+0.02
-2460	-0.67	-0.03	-0.01
-2440	-0.71	-0.03	0.00
-2420	-0.72	-0.04	0.00
-2400	-0.72	-0.03	-0.01
-2380	-0.70	-0.03	-0.01
-2360	-0.67	-0.03	-0.01
-2340	-0.63	-0.03	-0.02
-2320	-0.58	-0.02	-0.02
-2300	-0.53	-0.02	-0.02
-2280	-0.46	-0.02	-0.02
-2260	-0.39	-0.01	-0.02
-2240	-0.32	-0.01	-0.02
-2220	-0.24	0.00	-0.03
-2200	-0.16	0.00	-0.03
-2180	-0.08	0.00	-0.03
-2160	0.00	+0.01	-0.03
-2140	+0.08	+0.01	-0.03
-2120	+0.16	+0.01	-0.03
-2100	+0.24	+0.02	-0.02
-2080	+0.31	+0.02	-0.02
-2060	+0.38	+0.02	-0.02
-2040	+0.44	+0.03	-0.01
-2020	+0.49	+0.03	-0.01
-2000	+0.53	+0.03	-0.01

Jul. Jahr	L^*	φ^*	π^*
-1000	+0.51	+0.03	0.00
-980	+0.50	+0.03	+0.01
-960	+0.48	+0.02	+0.01
-940	+0.45	+0.02	+0.01
-920	+0.41	+0.02	+0.02
-900	+0.37	+0.02	+0.02
-880	+0.32	+0.01	+0.02
-860	+0.26	+0.01	+0.02
-840	+0.20	+0.01	+0.02
-820	+0.13	0.00	+0.02
-800	+0.07	0.00	+0.02
-780	0.00	0.00	+0.02
-760	-0.07	-0.01	+0.02
-740	-0.13	-0.01	+0.02
-720	-0.19	-0.01	+0.02
-700	-0.25	-0.02	+0.02
-680	-0.30	-0.02	+0.02
-660	-0.34	-0.02	+0.02
-640	-0.37	-0.02	+0.01
-620	-0.40	-0.02	+0.01
-600	-0.42	-0.02	+0.01
-580	-0.44	-0.02	0.00
-560	-0.44	-0.02	0.00
-540	-0.44	-0.02	0.00
-520	-0.43	-0.02	-0.01
-500	-0.41	-0.02	-0.01
-480	-0.39	-0.02	-0.01
-460	-0.36	-0.02	-0.01
-440	-0.32	-0.01	-0.02
-420	-0.28	-0.01	-0.02
-400	-0.24	-0.01	-0.02
-380	-0.19	0.00	-0.02
-360	-0.14	0.00	-0.02
-340	-0.08	0.00	-0.02
-320	-0.03	+0.01	-0.02
-300	+0.03	+0.01	-0.02
-280	+0.09	+0.01	-0.02
-260	+0.14	+0.01	-0.02
-240	+0.19	+0.01	-0.02
-220	+0.24	+0.01	-0.02
-200	+0.29	+0.02	-0.01
-180	+0.33	+0.02	-0.01
-160	+0.36	+0.02	-0.01
-140	+0.39	+0.02	0.00
-120	+0.40	+0.02	0.00
-100	+0.41	+0.02	0.00
-80	+0.41	+0.02	0.00
-60	+0.41	+0.02	+0.01
-40	+0.40	+0.02	+0.01
-20	+0.38	+0.02	+0.01
0	+0.35	+0.02	+0.02

Jul. Jahr	L^*	φ^*	π^*
0	+0.35	+0.02	-0.02
20	+0.32	+0.02	-0.02
40	+0.28	+0.01	+0.02
60	+0.23	+0.01	+0.02
80	+0.18	+0.01	+0.02
100	+0.13	0.00	+0.02
120	+0.08	0.00	+0.02
140	+0.03	0.00	+0.02
160	-0.02	-0.01	+0.02
180	-0.08	-0.01	+0.02
200	-0.13	-0.01	+0.02
220	-0.18	-0.02	+0.02
240	-0.23	-0.02	+0.02
260	-0.27	-0.02	+0.01
280	-0.30	-0.02	+0.01
300	-0.33	-0.02	+0.01
320	-0.35	-0.02	+0.01
340	-0.37	-0.02	0.00
360	-0.38	-0.02	0.00
380	-0.38	-0.02	0.00
400	-0.38	-0.02	-0.01
420	-0.37	-0.02	-0.01
440	-0.35	-0.02	-0.01
460	-0.33	-0.02	-0.01
480	-0.30	-0.02	-0.02
500	-0.27	-0.01	-0.02
520	-0.23	-0.01	-0.02
540	-0.19	-0.01	-0.02
560	-0.15	-0.01	-0.02
580	-0.10	0.00	-0.02
600	-0.05	0.00	-0.02
620	0.00	0.00	-0.02
640	+0.05	+0.01	-0.02
660	+0.10	+0.01	-0.02
680	+0.15	+0.01	-0.02
700	+0.19	+0.02	-0.02
720	+0.23	+0.02	-0.01
740	+0.26	+0.02	-0.01
760	+0.29	+0.02	-0.01
780	+0.32	+0.02	0.00
800	+0.34	+0.02	0.00
820	+0.35	+0.02	0.00
840	+0.36	+0.02	0.00
860	+0.36	+0.02	+0.01
880	+0.35	+0.02	+0.01
900	+0.34	+0.02	+0.01
920	+0.32	+0.02	+0.01
940	+0.30	+0.01	+0.02
960	+0.27	+0.01	+0.02
980	+0.24	+0.01	+0.02
1000	+0.20	+0.01	+0.02

Jul. Jahr	L^*	φ^*	π^*
+1000	+0.20	+0.01	+0.02
+1020	+0.15	0.00	+0.02
+1040	+0.11	0.00	+0.02
+1060	+0.06	0.00	+0.02
+1080	+0.01	-0.01	+0.02
+1100	-0.03	-0.01	+0.02
+1120	-0.08	-0.01	+0.02
+1140	-0.12	-0.01	+0.02
+1160	-0.17	-0.02	+0.01
+1180	-0.21	-0.02	+0.01
+1200	-0.25	-0.02	+0.01
+1220	-0.28	-0.02	+0.01
+1240	-0.30	-0.02	0.00
+1260	-0.32	-0.02	0.00
+1280	-0.33	-0.02	0.00
+1300	-0.34	-0.02	0.00
+1320	-0.34	-0.02	-0.01
+1340	-0.34	-0.02	-0.01
+1360	-0.33	-0.02	-0.01
+1380	-0.31	-0.02	-0.01
+1400	-0.29	-0.02	-0.02
+1420	-0.26	-0.01	-0.02
+1440	-0.23	-0.01	-0.02
+1460	-0.19	-0.01	-0.02
+1480	-0.15	-0.01	-0.02
+1500	-0.11	0.00	-0.02
+1520	-0.07	0.00	-0.02
+1540	-0.03	+0.01	-0.02
+1560	+0.01	+0.01	-0.02
+1580	+0.06	+0.01	-0.02
+1600	+0.11	+0.01	-0.02
+1620	+0.15	+0.01	-0.02
+1640	+0.19	+0.02	-0.01
+1660	+0.22	+0.02	-0.01
+1680	+0.25	+0.02	-0.01
+1700	+0.28	+0.02	-0.01
+1720	+0.30	+0.02	0.00
+1740	+0.32	+0.02	0.00
+1760	+0.33	+0.02	0.00
+1780	+0.33	+0.02	0.01
+1800	+0.32	+0.02	+0.01
+1820	+0.32	+0.02	+0.01
+1840	+0.31	+0.02	+0.01
+1860	+0.29	+0.01	+0.02
+1880	+0.27	+0.01	+0.02
+1900	+0.24	+0.01	+0.02
+1920	+0.21	+0.01	+0.02
+1940	+0.17	0.00	+0.02
+1960	+0.13	0.00	+0.02
+1980	+0.09	0.00	+0.02
+2000	+0.05	-0.01	+0.02

Jul. Jahr	L^*	φ^*	π^*
+2000	+0.05	-0.01	+0.02
+2020	0.00	-0.01	+0.02
+2040	-0.04	-0.01	+0.02
+2060	-0.09	-0.02	+0.02
+2080	-0.13	-0.02	+0.02
+2100	-0.17	-0.02	+0.02
+2120	-0.21	-0.03	+0.01
+2140	-0.24	-0.02	+0.01
+2160	-0.27	-0.02	+0.01
+2180	-0.29	0.02	+0.01
+2200	-0.30	-0.02	0.00
+2220	-0.31	-0.02	0.00
+2240	-0.32	-0.02	-0.01
+2260	-0.32	-0.02	-0.01
+2280	-0.32	-0.01	-0.01
+2300	-0.31	-0.01	-0.01
+2320	-0.29	-0.01	-0.02
+2340	-0.27	-0.01	-0.02
+2360	-0.24	-0.01	-0.02
+2380	-0.21	0.00	-0.02
+2400	-0.17	0.00	-0.02
+2420	-0.13	0.00	-0.02
+2440	-0.09	0.00	-0.02
+2460	-0.05	0.00	-0.02
+2480	-0.01	-0.01	-0.02
+2500	0.03	+0.01	-0.02
+2520	0.07	+0.01	-0.02
+2540	0.11	+0.01	-0.01
+2560	0.15	+0.02	-0.01
+2580	0.19	+0.02	-0.01
+2600	0.22	+0.02	-0.01
+2620	0.25	+0.02	-0.01
+2640	0.27	+0.02	0.00
+2660	0.29	+0.02	0.00
+2680	0.31	+0.02	0.00
+2700	0.32	+0.02	+0.01
+2720	0.32	+0.02	+0.01
+2740	0.32	+0.02	+0.01
+2760	0.31	+0.02	+0.01
+2780	0.29	+0.01	+0.02
+2800	0.27	+0.01	+0.02
+2820	0.25	+0.01	+0.02
+2840	0.22	+0.01	+0.02
+2860	0.19	+0.01	+0.02
+2880	0.15	0.00	+0.02
+2900	0.11	0.00	+0.02
+2920	0.07	-0.01	+0.02
+2940	0.03	-0.01	+0.02
+2960	-0.01	-0.01	+0.02
+2980	-0.06	-0.02	+0.02
+3000	-0.10	-0.02	+0.02

SATURN

Langperiodische Störung L^* in Länge, φ^* in Exzentrizitätswinkel, π^* in Perihellänge, a^* in gr. Halbachse.

Jul. Jahr	L^*	φ^*	π^*	a^*	Jul. Jahr	L^*	φ^*	π^*	a^*	Jul. Jahr	L^*	φ^*	π^*	a^*
-3000	-2.00	-0.51	-0.38	-0.044	-2000	-1.60	-0.52	-0.40	-0.048	-1000	-1.41	-0.55	-0.42	-0.051
-2980	-2.03	-0.52	-0.38	-0.045	-1980	-1.59	-0.53	-0.41	-0.049	-980	-1.37	-0.56	-0.43	-0.051
-2960	-2.05	-0.53	-0.38	-0.045	-1960	-1.56	-0.54	-0.41	-0.050	-960	-1.32	-0.57	-0.44	-0.052
-2940	-2.01	-0.54	-0.38	-0.046	-1940	-1.52	-0.55	-0.42	-0.051	-940	-1.25	-0.58	-0.45	-0.052
-2920	-1.96	-0.55	-0.39	-0.047	-1920	-1.46	-0.57	-0.43	-0.051	-920	-1.16	-0.59	-0.46	-0.053
-2900	-1.90	-0.56	-0.39	-0.048	-1900	-1.38	-0.58	-0.44	-0.052	-900	-1.06	-0.59	-0.47	-0.053
-2880	-1.82	-0.58	-0.40	-0.049	-1880	-1.29	-0.59	-0.45	-0.052	-880	-0.95	-0.60	-0.49	-0.053
-2860	-1.72	-0.59	-0.41	-0.050	-1860	-1.18	-0.59	-0.46	-0.053	-860	-0.84	-0.60	-0.50	-0.054
-2840	-1.60	-0.60	-0.42	-0.051	-1840	-1.05	-0.60	-0.48	-0.054	-840	-0.72	-0.60	-0.52	-0.054
-2820	-1.46	-0.61	-0.43	-0.052	-1820	-0.91	-0.60	-0.49	-0.054	-820	-0.60	-0.59	-0.53	-0.054
-2800	-1.31	-0.62	-0.45	-0.053	-1800	-0.76	-0.61	-0.51	-0.055	-800	-0.47	-0.59	-0.55	-0.054
-2780	-1.15	-0.62	-0.47	-0.054	-1780	-0.61	-0.61	-0.53	-0.055	-780	-0.34	-0.58	-0.56	-0.054
-2760	-0.97	-0.63	-0.49	-0.054	-1760	-0.47	-0.61	-0.55	-0.055	-760	-0.22	-0.58	-0.57	-0.054
-2740	-0.78	-0.63	-0.51	-0.055	-1740	-0.33	-0.60	-0.57	-0.055	-740	-0.10	-0.57	-0.58	-0.054
-2720	-0.58	-0.63	-0.53	-0.056	-1720	-0.19	-0.59	-0.58	-0.055	-720	+0.01	-0.56	-0.59	-0.054
-2700	-0.38	-0.65	-0.55	-0.056	-1700	-0.06	-0.58	-0.59	-0.055	-700	+0.11	-0.55	-0.59	-0.053
-2680	-0.19	-0.63	-0.57	-0.057	-1680	+0.07	-0.56	-0.60	-0.055	-680	+0.19	-0.53	-0.60	-0.053
-2660	0.00	-0.62	-0.59	-0.057	-1660	+0.19	-0.55	-0.60	-0.055	-660	+0.26	-0.52	-0.60	-0.053
-2640	+0.19	-0.60	-0.61	-0.057	-1640	+0.29	-0.54	-0.61	-0.055	-640	+0.32	-0.50	-0.60	-0.053
-2620	+0.36	-0.59	-0.63	-0.057	-1620	+0.37	-0.53	-0.61	-0.054	-620	+0.36	-0.49	-0.59	-0.053
-2600	+0.51	-0.57	-0.64	-0.057	-1600	+0.44	-0.51	-0.61	-0.054	-600	+0.39	-0.47	-0.59	-0.051
-2580	+0.64	-0.55	-0.64	-0.056	-1580	+0.49	-0.50	-0.61	-0.054	-580	+0.40	-0.46	-0.58	-0.050
-2560	+0.75	-0.53	-0.65	-0.056	-1560	+0.53	-0.48	-0.60	-0.055	-560	+0.40	-0.45	-0.58	-0.050
-2540	+0.83	-0.51	-0.65	-0.055	-1540	+0.55	-0.47	-0.60	-0.052	-540	+0.38	-0.44	-0.57	-0.049
-2520	+0.88	-0.49	-0.64	-0.055	-1520	+0.54	-0.45	-0.59	-0.051	-520	+0.35	-0.43	-0.56	-0.049
-2500	+0.90	-0.47	-0.64	-0.054	-1500	+0.51	-0.44	-0.58	-0.051	-500	+0.31	-0.42	-0.55	-0.048
-2480	+0.90	-0.45	-0.63	-0.053	-1480	+0.46	-0.43	-0.57	-0.050	-480	+0.25	-0.42	-0.54	-0.048
-2460	+0.87	-0.43	-0.62	-0.053	-1460	+0.40	-0.43	-0.56	-0.049	-460	+0.18	-0.41	-0.53	-0.047
-2440	+0.81	-0.41	-0.60	-0.052	-1440	+0.33	-0.42	-0.55	-0.048	-440	+0.09	-0.41	-0.53	-0.047
-2420	+0.73	-0.40	-0.58	-0.051	-1420	+0.25	-0.42	-0.54	-0.048	-420	0.00	-0.41	-0.51	-0.047
-2400	+0.62	-0.39	-0.56	-0.050	-1400	+0.15	-0.41	-0.53	-0.047	-400	-0.10	-0.41	-0.50	-0.047
-2380	+0.50	-0.39	-0.55	-0.049	-1380	+0.05	-0.41	-0.52	-0.047	-380	-0.21	-0.41	-0.49	-0.047
-2360	+0.36	-0.38	-0.53	-0.048	-1360	-0.06	-0.41	-0.50	-0.046	-360	-0.32	-0.41	-0.48	-0.047
-2340	+0.21	-0.38	-0.52	-0.047	-1340	-0.17	-0.41	-0.49	-0.046	-340	-0.43	-0.42	-0.47	-0.046
-2320	+0.06	-0.38	-0.50	-0.046	-1320	-0.29	-0.41	-0.48	-0.046	-320	-0.55	-0.42	-0.46	-0.046
-2300	-0.10	-0.38	-0.48	-0.046	-1300	-0.41	-0.42	-0.47	-0.045	-300	-0.66	-0.43	-0.45	-0.046
-2280	-0.27	-0.39	-0.47	-0.045	-1280	-0.53	-0.42	-0.46	-0.045	-280	-0.77	-0.43	-0.44	-0.047
-2260	-0.43	-0.39	-0.46	-0.045	-1260	-0.65	-0.43	-0.45	-0.045	-260	-0.87	-0.44	-0.43	-0.047
-2240	-0.59	-0.40	-0.45	-0.044	-1240	-0.77	-0.43	-0.44	-0.046	-240	-0.97	-0.45	-0.42	-0.047
-2220	-0.74	-0.41	-0.44	-0.044	-1220	-0.88	-0.44	-0.43	-0.046	-220	-1.06	-0.46	-0.42	-0.048
-2200	-0.88	-0.42	-0.43	-0.044	-1200	-0.99	-0.44	-0.42	-0.046	-200	-1.15	-0.47	-0.41	-0.048
-2180	-1.01	-0.43	-0.43	-0.044	-1180	-1.09	-0.45	-0.42	-0.046	-180	-1.23	-0.48	-0.41	-0.048
-2160	-1.13	-0.44	-0.42	-0.044	-1160	-1.17	-0.46	-0.41	-0.046	-160	-1.28	-0.49	-0.41	-0.048
-2140	-1.24	-0.45	-0.42	-0.045	-1140	-1.24	-0.47	-0.41	-0.047	-140	-1.33	-0.50	-0.41	-0.049
-2120	-1.33	-0.46	-0.41	-0.045	-1120	-1.31	-0.48	-0.40	-0.047	-120	-1.36	-0.52	-0.41	-0.049
-2100	-1.41	-0.47	-0.41	-0.046	-1100	-1.36	-0.49	-0.40	-0.048	-100	-1.38	-0.53	-0.42	-0.050
-2080	-1.47	-0.48	-0.40	-0.046	-1080	-1.40	-0.50	-0.40	-0.048	-80	-1.38	-0.55	-0.43	-0.050
-2060	-1.52	-0.49	-0.40	-0.047	-1060	-1.42	-0.51	-0.41	-0.049	-60	-1.36	-0.56	-0.43	-0.051
-2040	-1.57	-0.50	-0.40	-0.047	-1040	-1.43	-0.52	-0.41	-0.050	-40	-1.33	-0.57	-0.43	-0.051
-2020	-1.66	-0.51	-0.40	-0.048	-1020	-1.43	-0.54	-0.42	-0.050	-20	-1.29	-0.58	-0.44	-0.052
-2000	-1.60	-0.52	-0.40	-0.048	-1000	-1.41	-0.55	-0.42	-0.051	0	-1.23	-0.58	-0.45	-0.052

Diese langperiodischen Saturnstörungen müssen mit den kurzperiodischen Saturnstörungen verbunden werden!

SATURN

Langperiodische Störung L^* in Länge, φ^* in Exzentrizitätswinkel, π^* in Perihellänge, a^* in gr. Halbachse.

Jul. Jahr	L^*	φ^*	π^*	a^*	Jul. Jahr	L^*	φ^*	π^*	a^*	Jul. Jahr	L^*	φ^*	π^*	a^*
0	-1.23	-0.58	-0.45	-0.052	+1000	-0.96	-0.59	-0.49	-0.053	+2000	-0.60	-0.58	-0.54	-0.053
+ 20	-1.16	-0.59	-0.46	-0.053	+1020	-0.86	-0.59	-0.50	-0.053	+2020	-0.50	-0.58	-0.55	-0.053
+ 40	-1.07	-0.59	-0.48	-0.053	+1040	-0.75	-0.59	-0.52	-0.053	+2040	-0.39	-0.57	-0.56	-0.053
+ 60	-0.97	-0.59	-0.49	-0.053	+1060	-0.64	-0.58	-0.53	-0.053	+2060	-0.28	-0.56	-0.57	-0.053
+ 80	-0.87	-0.59	-0.50	-0.053	+1080	-0.52	-0.58	-0.54	-0.053	+2080	-0.18	-0.55	-0.58	-0.053
+ 100	-0.76	-0.59	-0.51	-0.053	+1100	-0.40	-0.57	-0.55	-0.053	+2100	-0.08	-0.54	-0.58	-0.053
+ 120	-0.64	-0.59	-0.53	-0.053	+1120	-0.29	-0.57	-0.56	-0.053	+2120	+0.01	-0.53	-0.59	-0.053
+ 140	-0.52	-0.58	-0.54	-0.053	+1140	-0.18	-0.56	-0.57	-0.053	+2140	+0.09	-0.52	-0.59	-0.053
+ 160	-0.40	-0.58	-0.55	-0.053	+1160	-0.08	-0.55	-0.58	-0.053	+2160	+0.16	-0.51	-0.59	-0.053
+ 180	-0.28	-0.57	-0.56	-0.053	+1180	+0.01	-0.54	-0.58	-0.053	+2180	+0.21	-0.50	-0.59	-0.053
+ 200	-0.17	-0.56	-0.57	-0.053	+1200	+0.10	-0.53	-0.59	-0.053	+2200	+0.25	-0.49	-0.59	-0.053
+ 220	-0.07	-0.55	-0.57	-0.053	+1220	+0.18	-0.52	-0.59	-0.053	+2220	+0.28	-0.48	-0.58	-0.053
+ 240	+0.03	-0.54	-0.58	-0.053	+1240	+0.24	-0.50	-0.59	-0.053	+2240	+0.29	-0.46	-0.58	-0.053
+ 260	+0.12	-0.53	-0.58	-0.052	+1260	+0.29	-0.49	-0.59	-0.051	+2260	+0.29	-0.45	-0.57	-0.050
+ 280	+0.20	-0.52	-0.59	-0.052	+1280	+0.32	-0.47	-0.58	-0.051	+2280	+0.27	-0.44	-0.56	-0.050
+ 300	+0.26	-0.51	-0.59	-0.051	+1300	+0.33	-0.46	-0.58	-0.050	+2300	+0.24	-0.43	-0.55	-0.049
+ 320	+0.31	-0.50	-0.59	-0.051	+1320	+0.33	-0.45	-0.57	-0.050	+2320	+0.20	-0.43	-0.54	-0.049
+ 340	+0.34	-0.49	-0.59	-0.050	+1340	+0.32	-0.44	-0.56	-0.050	+2340	+0.15	-0.42	-0.53	-0.048
+ 360	+0.35	-0.47	-0.58	-0.050	+1360	+0.29	-0.43	-0.56	-0.049	+2360	+0.09	-0.42	-0.52	-0.048
+ 380	+0.35	-0.46	-0.58	-0.049	+1380	+0.25	-0.43	-0.55	-0.049	+2380	+0.02	-0.42	-0.51	-0.048
+ 400	+0.34	-0.45	-0.57	-0.049	+1400	+0.20	-0.42	-0.54	-0.048	+2400	-0.07	-0.41	-0.50	-0.048
+ 420	+0.32	-0.44	-0.56	-0.049	+1420	+0.14	-0.42	-0.53	-0.048	+2420	-0.17	-0.41	-0.49	-0.047
+ 440	+0.28	-0.43	-0.55	-0.049	+1440	+0.06	-0.41	-0.52	-0.048	+2440	-0.27	-0.41	-0.48	-0.047
+ 460	+0.22	-0.43	-0.54	-0.048	+1460	-0.03	-0.41	-0.51	-0.048	+2460	-0.37	-0.42	-0.47	-0.047
+ 480	+0.15	-0.42	-0.53	-0.048	+1480	-0.13	-0.41	-0.50	-0.047	+2480	-0.47	-0.42	-0.46	-0.047
+ 500	+0.07	-0.42	-0.52	-0.047	+1500	-0.23	-0.41	-0.49	-0.047	+2500	-0.57	-0.43	-0.45	-0.047
+ 520	-0.01	-0.41	-0.51	-0.047	+1520	-0.33	-0.41	-0.48	-0.047	+2520	-0.67	-0.44	-0.44	-0.047
+ 540	-0.10	-0.41	-0.50	-0.047	+1540	-0.44	-0.42	-0.47	-0.047	+2540	-0.77	-0.45	-0.44	-0.047
+ 560	-0.20	-0.41	-0.49	-0.047	+1560	-0.55	-0.42	-0.45	-0.047	+2560	-0.87	-0.46	-0.43	-0.048
+ 580	-0.31	-0.41	-0.48	-0.047	+1580	-0.66	-0.43	-0.44	-0.047	+2580	-0.96	-0.47	-0.43	-0.048
+ 600	-0.42	-0.41	-0.47	-0.047	+1600	-0.77	-0.44	-0.43	-0.047	+2600	-1.04	-0.48	-0.42	-0.048
+ 620	-0.54	-0.42	-0.46	-0.047	+1620	-0.87	-0.45	-0.43	-0.048	+2620	-1.11	-0.49	-0.42	-0.049
+ 640	-0.65	-0.42	-0.45	-0.047	+1640	-0.96	-0.46	-0.42	-0.048	+2640	-1.16	-0.50	-0.41	-0.049
+ 660	-0.76	-0.43	-0.44	-0.047	+1660	-1.04	-0.47	-0.42	-0.048	+2660	-1.20	-0.51	-0.41	-0.050
+ 680	-0.86	-0.44	-0.43	-0.047	+1680	-1.12	-0.48	-0.41	-0.048	+2680	-1.24	-0.52	-0.41	-0.050
+ 700	-0.96	-0.45	-0.43	-0.047	+1700	-1.19	-0.49	-0.41	-0.049	+2700	-1.27	-0.53	-0.42	-0.050
+ 720	-1.05	-0.46	-0.42	-0.048	+1720	-1.24	-0.51	-0.41	-0.049	+2720	-1.28	-0.54	-0.42	-0.050
+ 740	-1.13	-0.47	-0.42	-0.048	+1740	-1.28	-0.52	-0.41	-0.049	+2740	-1.28	-0.55	-0.43	-0.050
+ 760	-1.20	-0.49	-0.41	-0.048	+1760	-1.30	-0.53	-0.41	-0.049	+2760	-1.26	-0.56	-0.44	-0.051
+ 780	-1.26	-0.50	-0.41	-0.048	+1780	-1.31	-0.54	-0.42	-0.050	+2780	-1.22	-0.57	-0.45	-0.051
+ 800	-1.30	-0.52	-0.41	-0.049	+1800	-1.31	-0.55	-0.42	-0.050	+2800	-1.17	-0.58	-0.46	-0.051
+ 820	-1.33	-0.53	-0.41	-0.049	+1820	-1.29	-0.56	-0.43	-0.051	+2820	-1.11	-0.58	-0.47	-0.052
+ 840	-1.35	-0.54	-0.41	-0.050	+1840	-1.26	-0.56	-0.43	-0.051	+2840	-1.04	-0.59	-0.48	-0.052
+ 860	-1.35	-0.55	-0.42	-0.050	+1860	-1.22	-0.57	-0.44	-0.051	+2860	-0.96	-0.59	-0.49	-0.052
+ 880	-1.34	-0.56	-0.42	-0.051	+1880	-1.16	-0.58	-0.46	-0.052	+2880	-0.87	-0.59	-0.50	-0.052
+ 900	-1.31	-0.57	-0.43	-0.051	+1900	-1.09	-0.58	-0.47	-0.052	+2900	-0.77	-0.58	-0.52	-0.053
+ 920	-1.26	-0.58	-0.44	-0.051	+1920	-1.00	-0.59	-0.49	-0.052	+2920	-0.67	-0.58	-0.53	-0.053
+ 940	-1.20	-0.58	-0.45	-0.052	+1940	-0.91	-0.59	-0.50	-0.053	+2940	-0.57	-0.57	-0.54	-0.053
+ 960	-1.13	-0.59	-0.46	-0.052	+1960	-0.82	-0.59	-0.51	-0.053	+2960	-0.47	-0.57	-0.55	-0.053
+ 980	-1.05	-0.59	-0.47	-0.052	+1980	-0.72	-0.59	-0.52	-0.053	+2980	-0.37	-0.56	-0.56	-0.053
+1000	-0.96	-0.59	-0.49	-0.053	+2000	-0.60	-0.58	-0.54	-0.053	+3000	-0.27	-0.56	-0.57	-0.053

Diese langperiodischen Saturnstörungen müssen mit den kurzperiodischen Saturnstörungen verbunden werden!

SATURN

Kurzperiodische Störung L** in Länge.

ζ	7																			ζ																				
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180		190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360		
0	55	57	58	59	60	61	61	61	61	59	57	56	54	52	49	47	45	43	42	42	41	40	40	40	41	41	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	52	53	55	0
10	58	60	61	63	65	67	67	67	67	66	65	64	62	60	57	55	53	52	49	48	47	46	45	45	46	46	46	47	48	49	50	51	51	51	51	52	53	55	58	10
20	60	61	63	65	67	68	70	71	71	71	71	70	69	67	65	63	61	59	56	55	53	52	51	51	51	51	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	20
30	60	61	63	64	66	68	70	71	72	73	74	74	74	73	71	70	68	66	63	61	59	58	57	56	56	56	56	57	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	30
40	59	60	62	63	65	67	69	71	73	74	75	75	74	72	70	68	66	63	61	59	58	57	56	55	55	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	40
50	59	60	61	63	65	67	69	71	73	74	75	75	74	72	70	68	66	63	61	59	58	57	56	55	55	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	50
60	59	60	60	61	63	65	67	69	71	73	74	75	75	74	72	70	68	66	63	61	59	58	57	56	55	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	60
70	58	58	58	58	59	61	63	65	67	69	71	72	73	73	72	70	68	66	63	61	59	58	57	56	55	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	70
80	56	56	56	56	57	58	60	62	64	66	68	70	71	72	72	71	69	67	64	62	60	58	57	56	55	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	80
90	55	55	54	54	55	56	58	60	62	64	66	68	70	71	72	72	71	69	66	64	62	60	58	57	56	55	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	90
100	54	54	53	53	54	55	56	58	60	62	64	66	68	70	71	72	72	71	69	66	64	62	60	58	57	56	55	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	100
110	53	53	52	52	53	54	55	56	58	60	62	64	66	68	70	71	71	70	68	66	64	62	60	58	57	56	55	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	110
120	52	52	52	52	53	54	55	56	58	60	62	64	66	68	70	70	70	69	67	64	62	60	58	57	56	55	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	120
130	51	51	50	50	51	52	53	54	56	58	60	62	64	66	68	69	69	68	66	64	62	60	58	57	56	55	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	130
140	50	50	49	49	49	49	49	49	50	51	52	53	54	55	56	56	56	56	55	54	53	52	51	51	51	51	52	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	140
150	49	49	48	48	47	47	47	47	48	48	49	50	51	52	53	53	53	53	52	51	50	49	48	48	48	48	49	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	150
160	49	48	47	47	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	45	44	43	42	42	42	42	42	43	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	160	
170	48	47	46	46	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	44	43	42	41	41	41	41	41	42	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	170	
180	48	47	46	46	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	44	43	42	41	41	41	41	41	42	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	180	
190	47	46	46	46	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	44	43	42	41	41	41	41	41	42	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	190	
200	47	46	45	45	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	43	42	41	41	41	41	41	42	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	200		
210	46	45	45	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	43	42	41	41	41	41	41	42	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	210		
220	45	45	44	44	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	42	41	40	40	40	40	40	41	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	220	
230	44	44	43	43	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	41	40	39	39	39	39	40	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	230	
240	44	43	42	42	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	40	39	38	38	38	38	39	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	240	
250	43	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	33	33	33	33	33	33	32	31	30	30	30	30	31	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	250	
260	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	32	32	32	32	32	32	31	30	29	29	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	260
270	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	31	31	31	31	31	31	30	29	28	28	28	28	29	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	270
280	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	31	31	31	31	31	31	30	29	28	28	28	28	29	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	280
290	41	40	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	31	31	31	31	31	31	30	29	28	28	28	28	29	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	290
300	41	40	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	31	31	31	31	31	31	30	29	28	28	28	28	29	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	300
310	41	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	32	32	32	32	32	32	31	30	29	29	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	310
320	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	41	40	39	39	39	39	40	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	320	
330	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	43	42	41	41	41	41	42	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	330		
340	47	48	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	48	47	46	46	46	46	47	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	340		
350	51	52	53	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	53	52	51	51	51	51	52	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	350		
360	55	57	58	59	60	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	60	59	58	58	58	58	59	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	360	

Diese kurzperiodischen Saturnstörungen müssen mit den langperiodischen Saturnstörungen verbunden werden!
 Die Tafelwerte sind positiv und sind durch 100 zu dividieren, um L** zu erhalten!

SATURN

Kurzperiodische Störung φ^{**} in Exzentrizitätswinkel.

ζ	η																																				ζ	
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350		360
0	54	57	60	62	64	66	67	67	66	65	63	61	59	57	54	51	47	44	41	38	36	34	33	32	31	31	32	33	34	36	39	42	45	48	51	54	0	
10	59	62	64	66	68	69	68	67	66	64	61	59	56	54	51	48	44	41	38	36	34	33	32	31	31	32	33	34	35	37	40	44	47	50	53	57	10	
20	59	62	64	66	68	69	68	67	66	64	61	59	56	54	51	48	44	41	38	36	34	33	32	31	31	32	33	34	35	37	40	44	47	50	53	57	20	
30	60	63	65	67	69	70	69	68	67	65	63	60	57	53	50	46	43	40	37	35	32	31	30	30	31	31	32	33	35	37	40	44	46	48	51	55	60	30
40	61	63	65	67	69	70	69	68	67	65	63	60	57	53	49	45	41	38	35	33	31	30	29	30	31	31	32	33	35	38	41	44	47	51	54	57	61	40
50	62	64	66	68	69	69	69	67	66	64	62	59	56	53	49	45	41	38	35	33	31	30	29	30	31	31	32	34	36	39	42	45	48	51	54	57	60	50
60	59	61	63	65	66	67	67	66	64	62	59	56	52	49	45	41	38	35	33	31	30	30	31	31	32	33	35	38	40	43	46	49	52	54	57	59	60	60
70	59	60	62	63	64	65	65	64	62	60	58	55	52	49	45	41	38	36	34	32	31	31	32	33	35	38	40	43	45	48	51	53	55	57	59	70	70	
80	58	59	60	61	62	62	62	61	60	59	57	54	52	49	45	41	38	36	34	32	31	31	32	33	35	38	40	43	45	48	51	53	55	57	58	80	80	
90	57	58	58	58	58	58	58	58	58	58	57	55	53	51	49	46	43	41	39	37	36	36	37	39	41	43	46	48	50	52	54	56	57	58	80	90	90	
100	56	56	56	56	56	56	55	55	55	54	53	52	50	48	46	44	42	40	39	39	39	40	42	44	46	48	50	52	54	56	57	57	56	56	56	100	100	
110	56	55	54	53	53	52	52	52	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	42	42	43	44	46	48	50	52	54	56	57	57	56	56	56	56	110	110	
120	55	54	53	52	51	50	49	49	49	49	49	48	48	47	46	45	44	43	42	42	42	43	44	46	48	50	52	54	56	57	57	56	56	56	56	120	120	
130	55	53	52	50	49	48	47	46	46	46	46	45	44	43	42	41	40	39	39	39	40	42	44	46	48	50	52	54	56	57	57	56	56	56	56	130	130	
140	54	52	50	49	47	46	45	44	44	44	44	43	42	41	40	39	38	38	38	39	40	42	44	46	48	50	52	54	56	57	57	56	56	56	56	140	140	
150	54	52	50	48	46	45	44	43	42	42	42	41	40	39	38	37	37	37	37	38	39	40	42	44	46	48	50	52	54	56	57	57	56	56	56	150	150	
160	53	51	49	47	45	43	42	41	40	40	40	39	38	37	36	35	35	35	35	36	37	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	57	57	56	56	160	160	
170	52	50	48	47	45	43	42	41	40	39	39	38	37	36	35	34	34	34	34	35	36	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	56	56	55	54	53	170	170
180	51	49	48	46	45	43	42	41	40	39	39	38	37	36	35	34	34	34	34	35	36	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	56	55	54	53	52	180	180
190	50	49	47	46	44	42	41	40	40	39	39	38	37	36	35	34	34	34	34	35	36	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	56	55	54	53	52	190	190
200	49	48	47	45	44	42	41	40	40	40	40	39	38	37	36	35	34	34	34	35	36	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	56	55	54	53	52	200	200
210	48	48	47	46	45	44	43	42	42	42	42	41	40	39	38	37	37	37	37	38	39	40	42	44	46	48	50	52	54	56	57	57	56	56	55	54	210	210
220	47	47	47	47	47	46	46	45	44	44	44	43	42	41	40	39	39	39	39	40	41	42	44	46	48	50	52	54	56	57	57	56	56	55	54	220	220	
230	46	47	47	47	47	46	46	45	44	44	44	43	42	41	40	39	39	39	39	40	41	42	44	46	48	50	52	54	56	57	57	56	56	55	54	230	230	
240	45	47	48	48	48	48	48	48	48	48	48	47	46	45	44	43	42	41	40	40	41	42	44	46	48	50	52	54	56	57	57	56	56	55	54	240	240	
250	44	46	48	49	50	51	51	51	51	51	51	50	49	48	47	46	45	44	43	43	44	46	48	50	52	54	56	57	57	56	56	55	54	53	52	250	250	
260	43	46	48	51	53	55	55	55	55	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	45	47	49	51	53	55	56	57	57	56	56	55	54	53	260	260		
270	43	46	49	52	54	57	60	61	62	63	63	62	60	58	55	54	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	38	38	38	38	270	270	
280	42	46	49	53	56	59	62	64	66	67	67	66	64	61	59	56	54	52	50	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	37	37	37	37	280	280	
290	42	46	49	53	57	61	64	66	69	70	70	69	66	63	61	58	55	52	49	47	45	43	42	41	40	39	38	37	36	35	35	35	35	35	35	290	290	
300	42	46	50	54	58	62	65	68	71	72	72	71	68	65	62	59	56	52	49	46	43	41	40	38	37	36	35	34	34	34	34	34	34	34	34	300	300	
310	43	46	50	54	58	62	66	69	71	73	73	72	69	66	63	60	56	52	48	45	42	40	38	36	35	34	33	33	33	33	33	33	33	33	33	310	310	
320	43	47	51	55	59	63	67	70	72	73	74	73	70	67	64	60	56	52	48	44	41	39	37	35	34	33	33	32	32	32	32	32	32	32	32	320	320	
330	44	48	51	55	59	63	66	69	71	72	73	72	69	66	63	59	55	51	47	44	41	38	36	34	33	33	32	31	32	32	32	32	32	32	32	330	330	
340	47	50	53	56	59	63	65	67	69	70	71	70	67	65	62	59	55	51	47	43	40	37	35	33	32	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	340	340	
350	50	53	56	58	61	63	65	66	68	69	69	68	66	64	62	60	57	53	49	46	42	39	37	35	33	32	31	31	31	31	31	31	31	31	31	350	350	
360	54	57	59	61	63	65	66	67	67	67	66	65	63	61	59	57	54	51	47	44	41	38	36	34	33	32	31	31	31	31	31	31	31	31	31	360	360	

Diese kurzperiodischen Saturnstörungen müssen mit den langperiodischen Saturnstörungen verbunden werden!
 Die Tafelwerte sind positiv und sind durch 100 zu dividieren, um φ^{**} zu erhalten!

Exzentrische minus mittlere Anomalie

$M \setminus e$	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
0°	0°00	0°00	0°00	0°00	0°00	0°00	0°00	0°00	0°00	0°00	0°00	0°00	0°00	0°00	0°00
1	0.11	0.25	0.43	0.67	1.00	1.22	1.50	1.85	2.33	2.90	3.97	5.58	8.60	15.04	26.11
2	0.22	0.50	0.86	1.33	2.00	2.44	2.99	3.70	4.63	5.92	7.81	10.74	15.54	23.02	32.23
3	0.33	0.75	1.28	2.00	2.99	3.65	4.47	5.51	6.89	8.75	11.40	15.26	20.85	28.18	36.26
4	0.44	1.00	1.71	2.66	3.97	4.85	5.93	7.29	9.07	11.44	14.68	19.13	25.00	31.97	39.28
5	0.55	1.25	2.14	3.31	4.95	6.03	7.36	9.03	11.17	13.97	17.66	22.45	28.34	34.95	41.69
6	0.66	1.49	2.56	3.97	5.91	7.19	8.76	10.70	13.17	16.32	20.33	25.30	31.12	37.40	43.69
7	0.77	1.74	2.98	4.61	6.86	8.33	10.12	12.32	15.07	18.50	22.73	27.78	33.47	39.45	45.39
8	0.88	1.99	3.40	5.20	7.80	9.45	11.44	13.88	16.86	20.51	24.89	29.95	35.49	41.21	46.84
9	0.99	2.23	3.81	5.89	8.72	10.54	12.72	15.36	18.55	22.37	26.84	31.86	37.25	42.74	48.11
10	1.10	2.47	4.22	6.52	9.62	11.60	13.96	16.78	20.14	24.08	28.50	33.56	38.80	44.08	49.23
11	1.21	2.72	4.63	7.13	10.50	12.63	15.15	18.13	21.62	25.65	30.18	35.08	40.17	45.27	50.22
12	1.32	2.96	5.04	7.74	11.36	13.63	16.30	19.41	23.01	27.10	31.62	36.44	41.40	46.32	51.09
13	1.43	3.20	5.44	8.34	12.20	14.60	17.39	20.62	24.31	28.44	32.94	37.67	42.49	47.26	51.87
14	1.53	3.43	5.83	8.93	13.01	15.53	18.44	21.77	25.52	29.67	34.14	38.78	43.48	48.11	52.57
15	1.64	3.67	6.22	9.51	13.80	16.44	19.44	22.85	26.66	30.81	35.23	39.79	44.37	48.87	53.20
16	1.75	3.90	6.61	10.07	14.57	17.30	20.40	23.88	27.72	31.87	36.24	40.71	45.18	49.55	53.76
17	1.85	4.13	6.99	10.63	15.31	18.14	21.31	24.84	28.71	32.84	37.16	41.54	45.91	50.16	54.26
18	1.95	4.36	7.36	11.17	16.03	18.94	22.18	25.76	29.63	33.74	38.00	42.31	46.57	50.72	54.70
19	2.06	4.58	7.73	11.70	16.73	19.70	23.01	26.62	30.50	34.58	38.78	43.00	47.17	51.22	55.10
20	2.16	4.81	8.10	12.22	17.40	20.44	23.79	27.42	31.30	35.35	39.49	43.64	47.71	51.67	55.46
21	2.26	5.03	8.45	12.72	18.05	21.15	24.53	28.19	32.05	36.07	40.15	44.22	48.21	52.07	55.78
22	2.36	5.25	8.80	13.22	18.67	21.82	25.24	28.90	32.76	36.73	40.75	44.74	48.65	52.43	56.06
23	2.46	5.46	9.15	13.69	19.27	22.46	25.91	29.58	33.41	37.34	41.30	45.23	49.06	52.76	56.30
24	2.56	5.67	9.48	14.16	19.84	23.08	26.54	30.21	34.02	37.91	41.81	45.67	49.42	53.05	56.51
25	2.66	5.88	9.81	14.61	20.40	23.66	27.14	30.80	34.59	38.43	42.28	46.07	49.75	53.30	56.69
26	2.76	6.09	10.14	15.05	20.93	24.22	27.71	31.36	35.12	38.92	42.71	46.43	50.04	53.52	56.85
27	2.85	6.29	10.45	15.48	21.43	24.75	28.24	31.88	35.61	39.37	43.10	46.76	50.31	53.72	56.98
28	2.95	6.49	10.76	15.89	21.92	25.25	28.75	32.37	36.07	39.78	43.46	47.05	50.54	53.89	57.08
29	3.04	6.68	11.06	16.29	22.38	25.73	29.22	32.83	36.49	40.16	43.78	47.32	50.74	54.03	57.17
30	3.13	6.88	11.36	16.67	22.83	26.18	29.67	33.26	36.89	40.51	44.08	47.56	50.92	54.15	57.23
31	3.22	7.06	11.64	17.04	23.25	26.61	30.09	33.66	37.25	40.83	44.35	47.77	51.07	54.24	57.27
32	3.31	7.25	11.92	17.40	23.65	27.02	30.49	34.03	37.59	41.12	44.59	47.95	51.20	54.32	57.29
33	3.40	7.43	12.20	17.75	24.04	27.40	30.86	34.38	37.90	41.39	44.80	48.12	51.31	54.37	57.29
34	3.49	7.61	12.46	18.08	24.40	27.76	31.21	34.70	38.18	41.63	44.99	48.26	51.40	54.41	57.28
35	3.57	7.78	12.72	18.40	24.75	28.10	31.53	35.00	38.44	41.84	45.16	48.38	51.47	54.43	57.25
36	3.66	7.95	12.97	18.71	25.07	28.43	31.84	35.27	38.68	42.04	45.31	48.47	51.52	54.43	57.21
37	3.74	8.12	13.21	19.00	25.38	28.73	32.12	35.52	38.90	42.21	45.44	48.55	51.55	54.41	57.15
38	3.82	8.28	13.44	19.28	25.68	29.01	32.38	35.75	39.09	42.37	45.55	48.62	51.56	54.38	57.07
39	3.90	8.44	13.67	19.55	25.95	29.27	32.62	35.97	39.27	42.50	45.64	48.66	51.56	54.34	56.98
40	3.98	8.60	13.89	19.81	26.22	29.52	32.85	36.16	39.43	42.62	45.71	48.69	51.55	54.28	56.88
41	4.06	8.75	14.10	20.06	26.46	29.75	33.06	36.34	39.56	42.71	45.76	48.70	51.52	54.21	56.77
42	4.13	8.89	14.30	20.29	26.69	29.96	33.24	36.49	39.68	42.80	45.80	48.70	51.47	54.12	56.64
43	4.20	9.03	14.50	20.51	26.90	30.16	33.42	36.63	39.79	42.86	45.83	48.68	51.41	54.02	56.51
44	4.28	9.17	14.69	20.72	27.10	30.34	33.57	36.76	39.88	42.91	45.84	48.65	51.34	53.91	56.36
45	4.35	9.31	14.87	20.92	27.29	30.51	33.71	36.87	39.95	42.94	45.83	48.60	51.26	53.79	56.20
46	4.42	9.44	15.04	21.11	27.46	30.66	33.84	36.96	40.01	42.96	45.81	48.55	51.16	53.66	56.04
47	4.48	9.56	15.21	21.29	27.62	30.80	33.95	37.04	40.05	42.97	45.78	48.48	51.06	53.52	55.86
48	4.55	9.68	15.37	21.46	27.77	30.93	34.05	37.11	40.08	42.97	45.74	48.40	50.94	53.36	55.67
49	4.61	9.80	15.52	21.62	27.90	31.04	34.13	37.16	40.10	42.95	45.68	48.31	50.81	53.20	55.48
50	4.68	9.91	15.66	21.77	28.02	31.14	34.20	37.20	40.11	42.92	45.62	48.20	50.67	53.03	55.27
51	4.74	10.02	15.80	21.91	28.13	31.22	34.26	37.22	40.10	42.87	45.54	48.09	50.53	52.85	55.06
52	4.79	10.13	15.93	22.03	28.23	31.30	34.31	37.24	40.08	42.82	45.45	47.97	50.37	52.66	54.84
53	4.85	10.23	16.05	22.15	28.32	31.36	34.34	37.24	40.05	42.75	45.35	47.83	50.20	52.46	54.61
54	4.91	10.33	16.17	22.26	28.40	31.41	34.36	37.23	40.01	42.68	45.24	47.69	50.03	52.25	54.37
55	4.96	10.42	16.28	22.36	28.46	31.45	34.38	37.21	39.96	42.60	45.12	47.54	49.85	52.04	54.13
56	5.01	10.51	16.38	22.45	28.52	31.48	34.38	37.18	39.90	42.50	44.99	47.38	49.65	51.82	53.88
57	5.06	10.59	16.48	22.54	28.56	31.50	34.37	37.14	39.82	42.40	44.86	47.21	49.45	51.59	53.62
58	5.11	10.67	16.57	22.61	28.60	31.51	34.35	37.09	39.74	42.28	44.71	47.03	49.25	51.35	53.36
59	5.16	10.75	16.65	22.68	28.62	31.51	34.32	37.04	39.65	42.16	44.56	46.85	49.03	51.11	53.09
60	5.20	10.82	16.73	22.73	28.64	31.50	34.28	36.97	39.55	42.03	44.40	46.66	48.81	50.86	52.81

Exzentrische minus mittlere Anomalie

M^e	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
60°	5°20	10°82	16°73	22°73	28°64	31°50	34°28	36°97	39°55	42°03	44°40	46°66	48°81	50°86	52°81
61	5.24	10.89	16.80	22.78	28.65	31.48	34.23	36.89	39.44	41.89	44.23	46.46	48.58	50.61	52.53
62	5.28	10.95	16.87	22.83	28.65	31.46	34.18	36.80	39.33	41.74	44.05	46.25	48.35	50.34	52.24
63	5.32	11.02	16.92	22.86	28.64	31.42	34.11	36.71	39.20	41.59	43.86	46.04	48.11	50.08	51.95
64	5.36	11.07	16.98	22.88	28.62	31.37	34.04	36.61	39.07	41.42	43.67	45.82	47.86	49.80	51.65
65	5.40	11.12	17.02	22.90	28.59	31.32	33.96	36.50	38.93	41.25	43.47	45.59	47.60	49.52	51.34
66	5.43	11.17	17.06	22.91	28.56	31.26	33.87	36.38	38.78	41.08	43.27	45.36	47.34	49.24	51.03
67	5.46	11.22	17.10	22.92	28.51	31.19	33.77	36.25	38.62	40.89	43.06	45.12	47.08	48.95	50.72
68	5.49	11.26	17.13	22.91	28.47	31.11	33.67	36.12	38.46	40.70	42.84	44.87	46.81	48.65	50.40
69	5.52	11.29	17.15	22.90	28.41	31.03	33.56	35.98	38.29	40.51	42.61	44.62	46.53	48.35	50.08
70	5.55	11.33	17.17	22.89	28.34	30.94	33.44	35.83	38.12	40.30	42.38	44.36	46.25	48.04	49.75
71	5.57	11.36	17.18	22.87	28.27	30.84	33.31	35.67	37.94	40.09	42.15	44.10	45.96	47.73	49.41
72	5.60	11.38	17.19	22.84	28.20	30.74	33.18	35.51	37.75	39.88	41.90	43.83	45.67	47.41	49.07
73	5.62	11.40	17.19	22.80	28.11	30.63	33.04	35.35	37.55	39.66	41.66	43.56	45.37	47.09	48.73
74	5.64	11.42	17.19	22.76	28.02	30.51	32.89	35.18	37.35	39.43	41.40	43.28	45.07	46.77	48.38
75	5.65	11.44	17.18	22.71	27.92	30.38	32.74	35.00	37.15	39.20	41.15	43.00	44.76	46.44	48.03
76	5.67	11.45	17.16	22.66	27.82	30.25	32.58	34.81	36.94	38.96	40.88	42.71	44.45	46.11	47.68
77	5.68	11.45	17.14	22.60	27.71	30.12	32.42	34.62	36.72	38.72	40.61	42.42	44.14	45.77	47.32
78	5.69	11.46	17.12	22.53	27.59	29.97	32.25	34.43	36.50	38.47	40.34	42.12	43.82	45.43	46.96
79	5.70	11.46	17.09	22.46	27.47	29.83	32.08	34.23	36.27	38.22	40.06	41.82	43.49	45.08	46.59
80	5.71	11.46	17.06	22.39	27.34	29.67	31.90	34.02	36.04	37.96	39.78	41.52	43.17	44.73	46.22
81	5.72	11.45	17.02	22.30	27.21	29.51	31.71	33.81	35.80	37.69	39.50	41.21	42.83	44.38	45.85
82	5.72	11.44	16.98	22.22	27.07	29.35	31.52	33.59	35.56	37.43	39.20	40.89	42.50	44.02	45.47
83	5.73	11.42	16.93	22.12	26.93	29.18	31.33	33.37	35.31	37.16	38.91	40.58	42.16	43.66	45.09
84	5.73	11.41	16.88	22.03	26.78	29.01	31.12	33.14	35.06	36.88	38.61	40.25	41.81	43.30	44.71
85	5.73	11.39	16.82	21.93	26.63	28.83	30.92	32.91	34.80	36.60	38.31	39.93	41.47	42.93	44.32
86	5.73	11.36	16.76	21.82	26.47	28.64	30.71	32.67	34.54	36.32	38.00	39.60	41.12	42.56	43.93
87	5.72	11.34	16.70	21.71	26.31	28.45	30.49	32.43	34.28	36.03	37.69	39.27	40.76	42.19	43.54
88	5.72	11.31	16.63	21.59	26.14	28.26	30.28	32.19	34.01	35.74	37.37	38.93	40.41	41.81	43.15
89	5.71	11.27	16.56	21.47	25.97	28.06	30.05	31.94	33.74	35.44	37.06	38.59	40.05	41.43	42.75
90	5.70	11.24	16.48	21.35	25.79	27.86	29.82	31.69	33.46	35.14	36.73	38.25	39.68	41.05	42.35
91	5.69	11.20	16.40	21.22	25.61	27.65	29.59	31.43	33.18	34.84	36.41	37.90	39.32	40.66	41.94
92	5.68	11.16	16.32	21.08	25.43	27.44	29.36	31.17	32.90	34.53	36.08	37.55	38.95	40.27	41.54
93	5.66	11.11	16.23	20.95	25.24	27.23	29.12	30.91	32.61	34.22	35.75	37.20	38.58	39.88	41.13
94	5.65	11.06	16.14	20.80	25.05	27.01	28.87	30.64	32.32	33.91	35.41	36.84	38.20	39.49	40.72
95	5.63	11.01	16.04	20.66	24.85	26.79	28.63	30.37	32.02	33.59	35.07	36.48	37.82	39.09	40.30
96	5.61	10.96	15.94	20.51	24.65	26.56	28.37	30.09	31.72	33.27	34.73	36.12	37.44	38.69	39.88
97	5.59	10.90	15.84	20.35	24.44	26.33	28.12	29.81	31.42	32.95	34.39	35.76	37.06	38.29	39.46
98	5.57	10.84	15.73	20.20	24.23	26.10	27.86	29.53	31.12	32.62	34.04	35.39	36.67	37.89	39.04
99	5.55	10.78	15.63	20.04	24.02	25.86	27.60	29.25	30.81	32.29	33.69	35.02	36.28	37.48	38.62
100	5.52	10.72	15.51	19.87	23.80	25.62	27.33	28.96	30.50	31.96	33.34	34.65	35.89	37.07	38.19
101	5.49	10.65	15.40	19.70	23.59	25.37	27.07	28.67	30.18	31.62	32.98	34.27	35.50	36.66	37.77
102	5.46	10.58	15.28	19.53	23.36	25.13	26.79	28.37	29.87	31.28	32.62	33.89	35.10	36.25	37.34
103	5.43	10.51	15.15	19.36	23.14	24.88	26.52	28.07	29.55	30.94	32.26	33.51	34.70	35.83	36.90
104	5.40	10.43	15.03	19.18	22.91	24.62	26.24	27.77	29.22	30.60	31.90	33.13	34.30	35.41	36.47
105	5.37	10.36	14.90	19.00	22.67	24.36	25.96	27.47	28.90	30.25	31.53	32.75	33.90	34.99	36.03
106	5.34	10.28	14.77	18.82	22.44	24.10	25.68	27.16	28.57	29.90	31.16	32.36	33.49	34.57	35.59
107	5.30	10.19	14.63	18.63	22.20	23.84	25.39	26.85	28.24	29.55	30.79	31.97	33.09	34.15	35.15
108	5.26	10.11	14.50	18.44	21.96	23.57	25.10	26.54	27.91	29.20	30.42	31.58	32.68	33.72	34.71
109	5.23	10.02	14.36	18.24	21.71	23.31	24.81	26.23	27.57	28.84	30.04	31.18	32.26	33.29	34.27
110	5.19	9.93	14.21	18.05	21.47	23.03	24.51	25.91	27.23	28.48	29.67	30.79	31.85	32.86	33.82
111	5.14	9.84	14.07	17.85	21.22	22.76	24.22	25.59	26.89	28.12	29.29	30.39	31.44	32.43	33.37
112	5.10	9.74	13.92	17.65	20.96	22.48	23.92	25.27	26.55	27.76	28.90	29.99	31.02	32.00	32.92
113	5.06	9.65	13.77	17.44	20.71	22.20	23.61	24.95	26.20	27.39	28.52	29.59	30.60	31.56	32.47
114	5.01	9.55	13.61	17.23	20.45	21.92	23.31	24.62	25.86	27.03	28.13	29.18	30.18	31.12	32.02
115	4.96	9.45	13.46	17.02	20.19	21.64	23.00	24.29	25.51	26.66	27.75	28.78	29.76	30.69	31.57
116	4.92	9.35	13.30	16.81	19.93	21.35	22.69	23.96	25.16	26.29	27.36	28.37	29.33	30.25	31.11
117	4.87	9.24	13.14	16.60	19.66	21.06	22.38	23.63	24.80	25.91	26.96	27.96	28.91	29.80	30.65
118	4.81	9.13	12.98	16.38	19.39	20.77	22.07	23.29	24.45	25.54	26.57	27.55	28.48	29.36	30.20
119	4.76	9.03	12.81	16.16	19.12	20.48	21.75	22.95	24.09	25.16	26.17	27.14	28.05	28.91	29.74
120	4.71	8.92	12.64	15.94	18.85	20.18	21.43	22.61	23.73	24.78	25.78	26.72	27.62	28.47	29.27

Exzentrische minus mittlere Anomalie

M^e	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
120°	4°71	8°92	12°64	15°94	18°85	20°18	21°43	22°61	23°73	24°78	25°78	26°72	27°62	28°47	29°27
121	4.66	8.80	12.47	15.71	18.58	19.88	21.11	22.27	23.37	24.40	25.38	26.31	27.18	28.02	28.81
122	4.60	8.69	12.30	15.49	18.30	19.58	20.79	21.93	23.00	24.02	24.98	25.89	26.75	27.57	28.35
123	4.54	8.57	12.13	15.26	18.02	19.28	20.47	21.58	22.64	23.63	24.58	25.47	26.31	27.12	27.88
124	4.49	8.45	11.95	15.03	17.74	18.98	20.14	21.24	22.27	23.25	24.17	25.05	25.88	26.67	27.41
125	4.43	8.33	11.77	14.79	17.46	18.67	19.81	20.89	21.90	22.86	23.77	24.63	25.44	26.21	26.95
126	4.37	8.21	11.59	14.56	17.17	18.36	19.48	20.54	21.53	22.47	23.36	24.20	25.00	25.76	26.48
127	4.30	8.09	11.41	14.32	16.88	18.05	19.15	20.18	21.16	22.08	22.95	23.78	24.56	25.30	26.01
128	4.24	7.97	11.23	14.08	16.60	17.74	18.82	19.83	20.79	21.69	22.54	23.35	24.12	24.84	25.53
129	4.18	7.84	11.04	13.84	16.31	17.43	18.48	19.47	20.41	21.29	22.13	22.92	23.67	24.38	25.06
130	4.11	7.71	10.85	13.60	16.01	17.11	18.14	19.12	20.03	20.90	21.72	22.49	23.23	23.92	24.59
131	4.05	7.58	10.66	13.35	15.72	16.79	17.81	18.76	19.65	20.50	21.30	22.06	22.78	23.46	24.11
132	3.98	7.45	10.47	13.11	15.42	16.48	17.47	18.40	19.27	20.11	20.89	21.63	22.33	23.00	23.64
133	3.91	7.32	10.28	12.86	15.13	16.16	17.12	18.03	18.89	19.71	20.47	21.20	21.89	22.54	23.16
134	3.84	7.18	10.08	12.61	14.83	15.83	16.78	17.67	18.51	19.30	20.05	20.76	21.43	22.07	22.68
135	3.77	7.05	9.89	12.36	14.53	15.51	16.44	17.31	18.13	18.90	19.63	20.33	20.99	21.61	22.20
136	3.70	6.91	9.69	12.11	14.23	15.19	16.09	16.94	17.74	18.50	19.21	19.89	20.53	21.14	21.72
137	3.63	6.77	9.49	11.85	13.92	14.86	15.74	16.57	17.36	18.10	18.79	19.46	20.08	20.68	21.24
138	3.56	6.63	9.29	11.60	13.62	14.53	15.40	16.21	16.97	17.69	18.37	19.02	19.63	20.21	20.76
139	3.49	6.49	9.09	11.34	13.31	14.21	15.05	15.84	16.58	17.28	17.95	18.58	19.17	19.74	20.27
140	3.42	6.35	8.88	11.08	13.00	13.88	14.70	15.46	16.19	16.88	17.52	18.14	18.72	19.27	19.79
141	3.34	6.21	8.68	10.82	12.69	13.55	14.34	15.09	15.80	16.47	17.10	17.70	18.26	18.80	19.31
142	3.27	6.06	8.47	10.56	12.38	13.21	13.99	14.72	15.41	16.06	16.67	17.25	17.80	18.33	18.82
143	3.19	5.92	8.26	10.30	12.07	12.88	13.63	14.35	15.01	15.65	16.24	16.81	17.35	17.85	18.34
144	3.11	5.77	8.05	10.03	11.76	12.54	13.28	13.97	14.62	15.23	15.82	16.36	16.89	17.38	17.85
145	3.03	5.62	7.85	9.77	11.45	12.21	12.92	13.59	14.23	14.82	15.39	15.92	16.43	16.91	17.36
146	2.96	5.47	7.63	9.50	11.13	11.87	12.56	13.22	13.83	14.41	14.96	15.47	15.97	16.43	16.87
147	2.88	5.32	7.42	9.24	10.82	11.53	12.20	12.84	13.43	13.99	14.52	15.03	15.50	15.96	16.38
148	2.80	5.17	7.21	8.97	10.50	11.19	11.84	12.46	13.03	13.58	14.09	14.58	15.04	15.48	15.89
149	2.72	5.02	6.99	8.70	10.18	10.85	11.48	12.08	12.64	13.16	13.66	14.13	14.58	15.00	15.40
150	2.64	4.87	6.78	8.43	9.86	10.51	11.12	11.70	12.24	12.75	13.23	13.68	14.11	14.52	14.91
151	2.55	4.71	6.56	8.16	9.54	10.17	10.76	11.31	11.84	12.33	12.79	13.23	13.65	14.05	14.42
152	2.47	4.56	6.34	7.88	9.22	9.83	10.40	10.93	11.43	11.91	12.36	12.78	13.18	13.57	13.93
153	2.39	4.40	6.12	7.61	8.90	9.48	10.03	10.55	11.03	11.49	11.92	12.33	12.72	13.09	13.44
154	2.30	4.25	5.91	7.34	8.58	9.14	9.67	10.16	10.63	11.07	11.49	11.88	12.25	12.61	12.94
155	2.22	4.09	5.69	7.06	8.25	8.79	9.30	9.78	10.23	10.65	11.05	11.43	11.79	12.13	12.45
156	2.13	3.93	5.46	6.78	7.93	8.45	8.93	9.39	9.82	10.23	10.61	10.98	11.32	11.65	11.96
157	2.05	3.77	5.24	6.51	7.61	8.10	8.57	9.01	9.42	9.81	10.17	10.52	10.85	11.16	11.46
158	1.96	3.61	5.02	6.23	7.28	7.75	8.20	8.62	9.01	9.38	9.74	10.07	10.38	10.68	10.97
159	1.88	3.45	4.80	5.95	6.95	7.41	7.83	8.23	8.61	8.96	9.30	9.61	9.91	10.20	10.47
160	1.79	3.29	4.57	5.67	6.63	7.06	7.46	7.84	8.20	8.54	8.86	9.16	9.45	9.72	9.97
161	1.70	3.13	4.35	5.39	6.30	6.71	7.09	7.45	7.79	8.11	8.42	8.70	8.98	9.23	9.48
162	1.62	2.97	4.12	5.11	5.97	6.36	6.72	7.06	7.39	7.69	7.98	8.25	8.51	8.75	8.98
163	1.53	2.81	3.90	4.83	5.64	6.01	6.35	6.67	6.98	7.27	7.54	7.79	8.04	8.27	8.48
164	1.44	2.65	3.67	4.55	5.31	5.66	5.98	6.28	6.57	6.84	7.09	7.34	7.56	7.78	7.99
165	1.35	2.48	3.44	4.27	4.98	5.31	5.61	5.89	6.16	6.41	6.65	6.88	7.09	7.30	7.49
166	1.26	2.32	3.22	3.98	4.65	4.95	5.24	5.50	5.75	5.99	6.21	6.42	6.62	6.81	6.99
167	1.17	2.16	2.99	3.70	4.32	4.60	4.86	5.11	5.34	5.56	5.77	5.97	6.15	6.33	6.49
168	1.08	1.99	2.76	3.42	3.99	4.25	4.49	4.72	4.93	5.14	5.33	5.51	5.68	5.84	5.99
169	1.00	1.83	2.53	3.14	3.66	3.90	4.12	4.33	4.52	4.71	4.88	5.05	5.21	5.35	5.50
170	0.91	1.66	2.30	2.85	3.33	3.54	3.75	3.94	4.11	4.28	4.44	4.59	4.73	4.87	5.00
171	0.82	1.50	2.07	2.57	3.00	3.19	3.37	3.54	3.70	3.85	4.00	4.13	4.26	4.38	4.50
172	0.73	1.33	1.84	2.28	2.66	2.84	3.00	3.15	3.29	3.43	3.55	3.67	3.79	3.90	4.00
173	0.64	1.16	1.61	2.00	2.33	2.48	2.62	2.76	2.88	3.00	3.11	3.21	3.31	3.41	3.50
174	0.54	1.00	1.38	1.71	2.00	2.13	2.25	2.36	2.47	2.57	2.67	2.75	2.84	2.92	3.00
175	0.45	0.83	1.15	1.43	1.67	1.77	1.87	1.97	2.06	2.14	2.22	2.30	2.37	2.44	2.50
176	0.36	0.67	0.92	1.14	1.33	1.42	1.50	1.58	1.65	1.72	1.78	1.84	1.90	1.95	2.00
177	0.27	0.50	0.69	0.86	1.00	1.07	1.12	1.18	1.24	1.29	1.33	1.38	1.42	1.46	1.50
178	0.18	0.33	0.46	0.57	0.67	0.71	0.75	0.79	0.82	0.86	0.89	0.92	0.95	0.97	1.00
179	0.08	0.17	0.23	0.29	0.33	0.35	0.37	0.39	0.41	0.43	0.44	0.46	0.47	0.49	0.50
180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(Bauschinger-Stracke, Tafeln zur Theoretischen Astronomie)

Wahre Anomalie in parabelnahen Bahnen

M	x ₁	x ₂	x ₃	M	x ₁	x ₂	x ₃	M	x ₁	x ₂	x ₃
0	+0.0000	+0.000	+0.00	60	+0.0859 ⁺²⁶	+0.037	+0.02	120	+0.2178 ⁺¹⁵	+0.125	+0.09
1	0000	000		61	0885 ²⁶	039		121	2193 ¹⁶	126	
2	0000	000		62	0911 ²⁵	040		122	2209 ¹⁵	127	
3	0000	000		63	0936 ²⁶	042		123	2224 ¹⁶	127	
4	0001	000		64	0962 ⁺²⁶	044		124	2240 ⁺¹⁵	128	
5	+0.0001	-0.000	+0.00	65	+0.0988 ²⁶	+0.045	+0.03	125	+0.2255 ¹⁴	+0.129	-0.08
6	0002	000		66	1014 ²⁶	047		126	2269 ¹⁵	129	
7	0003	000		67	1040 ²⁶	049		127	2284 ¹⁴	130	
8	0005	000		68	1065 ²⁶	051		128	2298 ¹⁴	130	
9	0006	000		69	1091 ⁺²⁵	053		129	2312 ⁺¹⁴	131	
10	+0.0009	+0.000	+0.00	70	+0.1116 ²⁶	+0.054	+0.03	130	+0.2326 ¹⁴	+0.131	+0.08
11	0012	000		71	1142 ²⁵	056		131	2340 ¹³	132	
12	0015	000		72	1167 ²⁶	058		132	2353 ¹⁴	132	
13	0019	000		73	1193 ²⁵	060		133	2367 ¹³	132	
14	0023	000		74	1218 ⁺²⁵	061		134	2380 ⁺¹³	133	
15	+0.0028	+0.000	+0.00	75	+0.1243 ²⁵	+0.063	+0.04	135	+0.2393 ¹²	+0.133	+0.08
16	0034	000		76	1268 ²⁵	065		136	2405 ¹³	133	
17	0040	000		77	1293 ²⁴	067		137	2418 ¹²	133	
18	0047	000		78	1317 ²⁵	069		138	2430 ¹²	134	
19	0055	000		79	1342 ⁺²⁴	070		139	2442 ⁺¹²	134	
20	+0.0064	+0.001	+0.00	80	+0.1366 ²⁴	+0.072	+0.05	140	+0.2454 ¹²	+0.134	+0.07
21	0073	001		81	1390 ²⁴	074		141	2466 ¹¹	134	
22	0083	001		82	1414 ²⁴	076		142	2477 ¹¹	134	
23	0093	001		83	1438 ²⁴	077		143	2488 ¹²	134	
24	0105	001		84	1462 ⁺²³	079		144	2500 ⁺¹⁰	134	
25	+0.0117	+0.002	+0.00	85	+0.1485 ²⁴	+0.081	+0.06	145	+0.2510 ¹¹	+0.134	+0.07
26	0129	002		86	1509 ²³	082		146	2521 ¹¹	134	
27	0143	002		87	1532 ²³	084		147	2532 ¹⁰	133	
28	0157	003		88	1555 ²²	086		148	2542 ¹⁰	133	
29	0172	003		89	1577 ⁺²³	087		149	2552 ⁺¹⁰	133	
30	+0.0187	+0.003	+0.00	90	+0.1600 ²²	+0.089	+0.06	150	+0.2562 ¹⁰	+0.133	+0.06
31	0203	004		91	1622 ²³	091		151	2572 ⁹	133	
32	0220	004		92	1645 ²²	092		152	2581 ¹⁰	132	
33	0237	005		93	1667 ²¹	094		153	2591 ⁹	132	
34	0255	006		94	1688 ⁺²²	095		154	2600 ⁺⁹	132	
35	+0.0274	+0.006	+0.00	95	+0.1710 ²¹	+0.097	+0.07	155	+0.2609 ⁹	+0.131	+0.05
36	0293	007		96	1731 ²¹	098		156	2618 ⁸	131	
37	0312	008		97	1752 ²¹	100		157	2626 ⁹	130	
38	0333	009		98	1773 ²¹	101		158	2635 ⁸	130	
39	0353	009		99	1794 ⁺²⁰	102		159	2643 ⁺⁸	129	
40	+0.0374	+0.010	+0.00	100	+0.1814 ²¹	+0.104	+0.07	160	+0.2651 ⁸	+0.129	+0.04
41	0396	011		101	1835 ²⁰	105		161	2659 ⁸	128	
42	0418	012		102	1855 ¹⁹	107		162	2667 ⁷	127	
43	0440	013		103	1874 ²⁰	108		163	2674 ⁷	127	
44	0463	014		104	1894 ⁺¹⁹	109		164	2681 ⁺⁸	126	
45	+0.0486	+0.015	+0.01	105	+0.1913 ²⁰	+0.110	+0.08	165	+0.2689 ⁷	+0.125	+0.02
46	0509	017		106	1933 ¹⁹	112		166	2696 ⁷	124	
47	0533	018		107	1952 ¹⁸	113		167	2703 ⁷	124	
48	0557	019		108	1970 ¹⁹	114		168	2710 ⁶	123	
49	0581	020		109	1989 ⁺¹⁸	115		169	2716 ⁺⁶	122	
50	+0.0606	+0.022	+0.01	110	+0.2007 ¹⁸	+0.116	+0.08	170	+0.2722 ⁷	+0.121	+0.01
51	0630	023		111	2025 ¹⁸	117		171	2729 ⁶	120	
52	0655	025		112	2043 ¹⁷	118		172	2735 ⁶	119	
53	0680	026		113	2060 ¹⁸	119		173	2741 ⁵	118	
54	0705	028		114	2078 ⁺¹⁷	120		174	2746 ⁺⁶	117	
55	+0.0731	+0.029	+0.02	115	+0.2095 ¹⁷	+0.121	+0.08	175	+0.2752 ⁵	+0.116	-0.01
56	0750	031		116	2112 ¹⁷	122		176	2757 ⁶	115	
57	0782	032		117	2129 ¹⁶	123		177	2763 ⁵	114	
58	0807	034		118	2145 ¹⁶	124		178	2768 ⁵	113	
59	0833	035		119	2161 ⁺¹⁷	125		179	2773 ⁺⁵	111	
60	+0.0859	+0.037	+0.02	120	+0.2178	+0.125	+0.09	180	+0.2778	+0.110	-0.03

Wahre Anomalie in parabelnahen Bahnen

<i>M</i>	x_1	x_2	x_3	<i>M</i>	x_1	x_2	x_3	<i>M</i>	x_1	x_2	x_3
180	+0.2778 ⁺⁴	+0.110	-0.03	240	+0.2819 ⁻³	-0.016	-0.38	300	+0.249 ⁻⁹	-0.23	-1
181	2782 ⁵	109		241	2816 ³	019		310	240 ⁹	0.27	
182	2787 ⁴	108		242	2813 ³	021		320	231 ⁹	0.32	
183	2791 ⁴	106		243	2810 ³	024		330	222 ⁹	0.37	
184	2795 ⁺⁴	105		244	2807 ⁻⁴	027		340	211 ⁻¹¹	0.41	
185	+0.2799 ⁴	+0.104	-0.05	245	+0.2803 ³	-0.030	-0.42	350	+0.200 ¹¹	-0.46	-2
186	2803 ⁴	102		246	2800 ³	033		360	189 ¹²	0.52	
187	2807 ⁴	101		247	2797 ³	036		370	177 ¹²	0.57	
188	2810 ³	099		248	2793 ⁴	040		380	165 ¹³	0.63	
189	2814 ⁺³	098		249	2789 ⁻⁴	043		390	152 ⁻¹⁴	0.68	
190	+0.2817 ³	+0.096	-0.07	250	+0.2785 ³	-0.046	-0.46	400	+0.138 ¹³	-0.74	-2
191	2820 ³	095		251	2782 ⁴	049		410	125 ¹⁵	0.80	
192	2823 ³	093		252	2778 ⁴	052		420	110 ¹⁴	0.86	
193	2826 ³	092		253	2774 ⁵	055		430	096 ¹⁵	0.92	
194	2820 ³	090		254	2769 ⁻⁴	058		440	081 ⁻¹⁶	0.99	
195	+0.2831 ²	+0.088	0.00	255	+0.2765 ⁴	-0.062	-0.50	450	+0.065 ¹⁵	-1.05	-3
196	2831 ²	086		256	2761 ⁵	065		460	050 ¹⁶	1.12	
197	2830 ³	085		257	2756 ⁵	068		470	034 ¹⁷	1.19	
198	2830 ³	083		258	2752 ⁴	072		480	017 ¹⁷	1.26	
199	2841 ⁺²	081		259	2747 ⁻⁵	075		490	000 ⁻¹⁷	1.33	
200	+0.2843 ¹	+0.079	-0.12	260	+0.2742 ⁴	-0.078	-0.55	500	-0.017 ¹⁷	-1.40	-4
201	2844 ²	078		261	2738 ⁵	082		510	034 ¹⁸	1.47	
202	2846 ²	076		262	2733 ⁵	085		520	052 ¹⁸	1.55	
203	2848 ¹	074		263	2728 ⁵	088		530	070 ¹⁸	1.62	
204	2849 ⁺¹	072		264	2723 ⁻⁵	092		540	088 ⁻¹⁸	1.70	
205	+0.2850 ¹	+0.070	-0.15	265	+0.2718 ⁶	-0.095	-0.59	550	-0.106 ¹⁹	-1.78	-5
206	2851 ¹	068		266	2712 ⁶	099		560	125 ¹⁹	1.86	
207	2852 ¹	066		267	2707 ⁵	102		570	144 ¹⁹	1.94	
208	2853 ¹	064		268	2702 ⁶	106		580	163 ¹⁹	2.02	
209	2854 ⁺¹	062		269	2696 ⁻⁶	109		590	182 ⁻²⁰	2.10	
210	+0.2855 ⁰	+0.060	-0.18	270	+0.2690 ⁵	-0.113	-0.64	600	-0.202 ²⁰	-2.19	-7
211	2855 ⁰	058		271	2685 ⁶	117		610	222 ²⁰	2.27	
212	2855 ⁰	055		272	2679 ⁶	120		620	242 ²⁰	2.36	
213	2856 ⁰	053		273	2673 ⁶	124		630	262 ²⁰	2.44	
214	2856 ⁻⁰	051		274	2667 ⁻⁶	128		640	282 ⁻²¹	2.53	
215	+0.2856 ⁰	+0.049	-0.21	275	+0.2661 ⁶	-0.131	-0.69	650	-0.303 ²¹	-2.62	-8
216	2856 ⁰	046		276	2655 ⁶	135		660	324 ²¹	2.71	
217	2856 ⁰	044		277	2649 ⁶	139		670	345 ²¹	2.80	
218	2855 ⁰	042		278	2643 ⁷	142		680	366 ²¹	2.89	
219	2855 ⁻¹	040		279	2636 ⁻⁶	146		690	387 ⁻²²	2.98	
220	+0.2854 ¹	+0.037	-0.24	280	+0.2630 ⁶	-0.150	-0.74	700	-0.409 ²¹	-3.1	-10
221	2853 ⁰	035		281	2623 ⁷	154		710	430 ²²	3.2	
222	2853 ¹	032		282	2617 ⁷	158		720	452 ²²	3.3	
223	2852 ¹	030		283	2610 ⁷	161		730	474 ²²	3.4	
224	2851 ⁻²	027		284	2603 ⁻⁶	165		740	496 ⁻²²	3.5	
225	+0.2849 ¹	+0.025	-0.27	285	+0.2597 ⁷	-0.169	-0.79	750	-0.518 ²³	-3.6	-11
226	2848 ¹	022		286	2590 ⁷	173		760	541 ²²	3.7	
227	2847 ²	020		287	2583 ⁷	177		770	563 ²³	3.8	
228	2845 ¹	017		288	2576 ⁷	181		780	586 ²³	3.9	
229	2844 ⁻²	015		289	2569 ⁻⁸	185		790	609 ⁻²³	4.0	
230	+0.2842 ²	+0.012	-0.31	290	+0.2561 ⁷	-0.189	-0.84	800	-0.632 ²³	-4.1	-13
231	2840 ²	009		291	2554 ⁷	193		810	655 ²³	4.2	
232	2838 ²	007		292	2547 ⁸	197		820	678 ²³	4.3	
233	2836 ²	004		293	2539 ⁸	201		830	701 ²⁴	4.4	
234	2834 ⁻²	+0.001		294	2532 ⁻⁷	205		840	725 ⁻²³	4.5	
235	+0.2832 ³	-0.001	-0.34	295	+0.2524 ⁷	-0.209	-0.90	850	-0.748 ²⁴	-4.6	-15
236	2829 ²	004		296	2517 ⁸	213		860	772 ²⁴	4.7	
237	2827 ³	007		297	2509 ⁸	218		870	796 ²³	4.8	
238	2824 ²	010		298	2501 ⁸	222		880	819 ²⁴	4.9	
239	2822 ⁻³	013		299	2493 ⁻⁸	226		890	843 ⁻²⁴	5.0	
240	+0.2819	-0.016	-0.38	300	+0.2485	-0.230	-0.95	900	-0.867	-5.1	-17

(Bauschinger-Stracke, Tafeln zur Theoretischen Astronomie)

STERNFREUNDE-SEMINAR, WIENER PLANETARIUM, 1977 / Mucke

Beispiele: Geozentrische Wandelgestirnsdaten zu Sonne und Planeten.

1) T' = +1977 04 14 greg., 18^h00,0 UT

JD 2 443 248,250 (UT, gezählt von Mittag); $\Delta T = +0,001^d$

JD 2 443 248,251 (ET, gezählt von Mittag); $t = +77,284\ 739\ 22^a$ für Sonne, Merkur, Venus, Mars; $t = +127,280\ 648\ 9^a$ für Jupiter, Saturn.

Schritte	SONNE	MERKUR	VENUS	MARS	JUPITER	SATURN
L	22,80°	138,83°	209,19°	327,36	64,65°	132,15°
L*					+0,10°	-0,73°
L**					+0,04°	+0,30°
π	282,55°	77,10°	131,25°	335,64°	13,97°	92,61°
π^*					+0,02°	-0,52°
π^{**}					-0,02°	+0,58°
δ		48,06°	76,48°	49,38°	100,22°	113,47°
i		7,00°	3,39°	1,85°	1,30°	2,49°
e	0,01672	0,20563	0,00678	0,09338	0,04844	0,05560
e*					0,00000	-0,01030
e**					-0,00035	+0,01152
a	1,00000	0,38710	0,72333	1,52369	5,20281	9,55475
a*						-0,053
a**						+0,066
\odot	24,68°					
R	1,00324					
ξ					292°	292°
η					130°	130°
M	100,25°	61,73°	77,94°	351,72°	50,82°	39,05°
E	101,19°	73,00°	78,32°	350,87°	53,02°	41,19°
v	102,13°	84,70°	78,70°	349,98°	55,26°	43,39°
r		0,36382	0,72234	1,38321	5,05231	9,15867
Z		-0,06756	-0,26510	-1,79352	-3,57250	2,51133
N		0,77439	0,12345	1,06178	4,58144	8,47738
λ		43,07°	11,45°	350,01°	62,27°	129,97°
β		2,99°	6,05°	-1,22°	-0,58°	0,99°
Δ		0,7784	0,2941	2,0847	5,8100	8,8429
D		18,63°	14,53°	34,69°	37,60°	105,29°
\emptyset		118,26°	159,61°	24,38°	6,96°	6,07°
m		+0,8 ^m	-3,5 ^m	+1,4 ^m	-1,6 ^m	+0,5 ^m

Nach Transformation in äquatoriale Koordinaten, $\bar{\xi} = 23^{\circ}26'32''$, folgt:

α	1 ^h 31,4 ^m	2 ^h 38,7 ^m	0 ^h 32,5 ^m	23 ^h 25,2 ^m	4 ^h 01,2 ^m	8 ^h 50,8 ^m
δ	+ 9°34'	+18°37'	+10°06'	- 5°05'	+20°03'	+18°42'
Astron. Eph.77:	1 ^h 31,4 ^m	2 ^h 38,6 ^m	0 ^h 32,4 ^m	23 ^h 25,2 ^m	4 ^h 01,2 ^m	8 ^h 50,7 ^m
	+ 9°33'	+18°36'	+10°05'	- 5°05'	+20°02'	+18°42'

Fortsetzung Beispiele: Geozentrische Wandelgestirndaten ...

2) $T' = -596\ 05\ 01$ jul., $16^{\text{h}}00,0$ UT

JD 1 503 490,167 (UT, gezählt von Mittag); $\Delta T = +0,195^{\text{d}}$;

JD 1 503 490,362 (ET, gezählt von Mittag); $t = -2495,632\ 137^{\text{a}}$ für Sonne, Merkur, Venus, Mars; $t = -2445,636\ 227^{\text{a}}$ für Jupiter, Saturn.

Schritte	SONNE	MERKUR	VENUS	MARS	JUPITER	SATURN
L	33,13°	175,42°	78,70°	307,54°	63,36°	332,47°
L*					-0,42°	+0,39°
L**					+0,02°	+0,55°
π	238,55°	37,26°	94,42°	288,38°	333,25°	42,67°
π^*					+0,01°	-0,59°
π^{**}					-0,04°	+0,46°
Ω		17,68°	53,58°	29,63°	74,58°	90,99°
i		6,95°	3,37°	1,87°	1,45°	2,58°
e	0,01772	0,20509	0,00807	0,09097	0,04395	0,06392
e*					-0,00035	-0,00820
e**					0,00000	+0,01012
a	1,00000	0,38710	0,72333	1,52369	5,20281	9,55475
a*						-0,051
a**						+0,049
\odot	33,98°					
R	1,01606					
f					91°	91°
η					6°	6°
M	154,58°	138,16°	344,28°	19,16°	89,74°	290,87°
E	155,01°	144,91°	344,15°	21,03°	92,24°	287,27°
v	155,43°	151,20°	344,03°	22,99°	94,73°	283,63°
r		0,45206	0,71771	1,39431	5,21166	9,36605
Z		0,35706	-0,03955	-1,28736	-1,26266	-8,5323
N		0,52899	1,60836	1,29679	5,94828	-4,79518
λ		51,70°	52,17°	344,84°	62,60°	331,66°
β		0,79°	0,63°	-1,40°	-0,14°	-2,03°
Δ		0,6383	1,6089	1,8278	6,0808	9,7944
D		17,74°	18,20°	49,16°	28,62°	62,34°
\oslash		136,78°	26,24°	33,45°	5,36°	5,51°
m		+1,7 ^m	-3,3 ^m	+1,2 ^m	-1,4 ^m	+1,2 ^m
SD	0,263°					

B. Tuckerman, "Planetary, Lunar, and Solar Positions, Bd.1, gibt:

\odot	34,04°					
λ		51,70°	52,23°	344,82°	62,57°	331,74°
β		+0,78°	+0,64°	-1,40°	-0,14°	-2,03°

Dieses Werk benützt für Sonne-Mars Elemente von Leverrier, +1850.

STERNFREUNDE-SEMINAR, WIENER PLANETARIUM, 1977 / Mucke

Beispiel: Geozentrische Wandelgestirnsdaten zu Sonne und Kometen.

T' = +1986 01 08 greg., 16^h30 UT

JD 2 446 439,188 (UT, gezählt von Mittag); $\Delta T = +0,001^d$;
 JD 2 446 439,189 (ET, gezählt von Mittag); $t = +86,021\ 051\ 33^a$ für
 Sonne. Die ekliptikale Sonnenlänge wird durch den Präzessionsbetrag
 von +1986 01 08 auf +1986,0 (Epoche der Kometenelemente) für die
 hier verwendete Genauigkeit noch nicht merklich verändert.

SONNE

L 287,94°
 π 282,70°
 e 0,01671
 M 5,24°
 E 5,33°
 v 5,42°
 ☉ 288,12° (+1986,0)
 R 0,98336 AE

KOMET +1986 P/HALLEY

T +1986 02 09 greg., 9^h30,8 ET
 JD 2 446 470,896 (ET, ab Mittag)
 ω 111,87° (+1986,0)
 Ω 58,67° (+1986,0)
 i 162,24° (+1986,0)
 q 0,58716 AE
 e 0,96728 (parabelnahe Ellipse)
 H +4,8^m
 T'-T -31,707^d Rechnung wie für Parabel
 F -37,87°
 G -34,99°
 v' -72,16°

Zur Übung berechne man
 eine geozentrische
 Ephemeride des Kometen
 +1986 P/Halley in ent-
 sprechend engem Inter-
 vall für jenen Bereich,
 in dem seine scheinbare
 visuelle Gesamthellig-
 keit größer als +5,0^m
 ist.

Möller-Verfahren: Wie für $v > 0$

η 0,01636
 η^2 2,67650 EEX-4
 η^3
 M 70,47°
 k₁ +0,1128
 k₂ +0,055
 k₃
 σ 0,73054
 v -72,09° (v' < 0, daher auch v < 0 !)
 r 0,89027 AE
 Z -1,28968
 N 0,04489
 λ 330,66°
 β +7,67°
 Δ 1,3044 AE
 D 43,10°
 \emptyset 48,89°
 m +4,9^m

STERNFREUNDE-SEMINAR, WIENER PLANETARIUM, 1977 / Mucke

Referat: Geozentrische Ephemeride des Kometen +1975 n (West) für 4^h00,0^m UT, mittl. Äquinoktium +1950.

SONNE: L Ephemeride (+1976, 188) KOMET +1975 N: T +1976 02 25,221 greg., ET
 π 282,53° (+1976, 188). JD 2 442 833,721 (ET, ab Mittag)
 e 0,016 72 Ω 118,23° (+1950,0)
 ξ 23°26'45" (+1976, 188) ω 358,42° (+1950,0)
 \odot Ephemeride (+1976, 188) i 43,07° (+1950,0)
 \odot_{50} Ephemeride (+1950,0) e 1,000 00 (Parabel)
 P_m 0,013 964^o q 0,196 63 AE
 Präzession in Länge bis +1950: -0,37° H +5,3^m

1976	2 442	L	\odot	\odot_{50}	R	λ_{50}	β_{50}	α_{50}	δ_{50}	A	D	m_{vis}
03 02	839,668	340,08°	341,71°	341,34°	0,99123	335,78°	+13,61°	22 ^h 10,4 ^m	+ 3°17'	0,8027	15°	-0,5 ^m
03 04	841,668	342,05	343,72	343,35	0,99173	333,12	+16,65	21 56,4	+ 5 12	0,8223	19	+0,3
03 06	843,668	344,02	345,72	345,35	0,99224	330,86	+19,00	21 45,0	+ 6 38	0,8473	24	+1,0
03 08	845,668	345,99	347,72	347,35	0,99276	328,97	+20,84	21 35,7	+ 7 44	0,8746	28	+1,6
03 10	847,668	347,96	349,72	349,35	0,99328	327,40	+22,31	21 28,1	+ 8 37	0,9022	31	+2,2
03 12	849,668	349,94	351,72	351,35	0,99382	326,09	+23,51	21 21,9	+ 9 21	0,9295	34	+2,7
03 14	851,668	351,91	353,72	353,35	0,99436	324,98	+24,53	21 16,6	+ 9 58	0,9557	37	+3,1
03 16	853,668	353,88	355,71	355,34	0,99491	324,03	+25,40	21 12,1	+10 31	0,9807	39	+3,5
03 18	855,668	355,85	357,70	357,33	0,99546	323,20	+26,16	21 08,3	+10 59	1,0043	42	+3,9

Symbole: Siehe betreffende Rechenleitungen und Referate.

$\Delta T = 0,001^d$

Gerhard Winkler, Inzersdorferstr. 76/2/3/11, A-1100 Wien.

Referat: Rechtwinkelige Koordinaten von Sonne und Planeten.

Allgemeines: Das rechtwinkelige, heliozentrische und äquatoreale Koordinatensystem hat seinen Ursprung im Sonnenmittelpunkt; die positiven Achsen weisen zum Frühlingspunkt (x-Achse), zum 6h-Punkt auf dem Himmelsäquator (y-Achse) und zum Himmelsnordpol (z-Achse). Die Koordinaten werden in astronomischen Einheiten gemessen (AE). Ein großer Vorteil dieser Koordinaten ist die Möglichkeit, sie sehr leicht auf verschiedene Beobachtungsorte im Planetensystem umrechnen zu können. Achtung auf die Bezugsepoche - gegenwärtig meist +1950,0. Die Koordinaten gelten jeweils für 0^h Ephemeridenzeit. Symbole: x,y,z Koordinaten des Planeten; X,Y,Z Koordinaten der Sonne; α Rektaszension; δ Deklination; r Radiusvektor des Planeten; R Radiusvektor der Erde; Δ Entfernung Erde-Planet; A,B,C Hilfsgrößen zur Transformation x,y,z heliozentrisch in α, δ geozentrisch.

$$A = x + X \quad B = y + Y \quad C = z + Z$$

$$R = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \quad r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad \Delta = \sqrt{A^2 + B^2 + C^2}$$

$$\alpha = \arctan (B : A) ; \quad \delta = \arcsin (C : \Delta) \text{ "astrometrisch"}$$

Merkregel: α liegt im 1,2,3,4 Quadranten, wenn A+B+, A-B+, A-B-, A+B-. Taschenrechner: Man verwende nicht den arc tan, sondern die Koordinatentransformation rechtwinkelig \rightarrow polar; wenn α negativ, addiere man 360° bzw. 12^h.

Interpolation von rechtwinkelligen Koordinaten:

Für Zwecke dieses Seminars reicht es hin, zweite Differenzen zu berücksichtigen.

Symbole: x_i Argumentwerte; x_t Argument, für das interpoliert wird; F_i zu x_i gehörende Funktionswerte; F_t Funktionswert, durch Interpolation zu finden; d^v v-te Differenzen; s,t Hilfsgrößen.

Argument	Funktionswert	1.Differenz	2.Differenz
x_{-1}	F_{-1}		
x_0	F_0	$d^1 F_{-1/2}$	$d^2 F_0$
x_1	F_1	$d^1 F_{1/2}$	$d^2 F_1$
x_2	F_2	$d^1 F_{3/2}$	

$$d^1 F_{1/2} = F_1 - F_0; \quad d^2 F_0 = d^1 F_{1/2} - d^1 F_{-1/2}; \quad \text{usw.}$$

Fortsetzung Referat: Rechtwinkelige Koordinaten von Sonne und Planeten.

$$t = (x_t - x_0) : (x_1 - x_0)$$

$$s = 1 - t$$

$$F_t = s \cdot F_0 + t \cdot F_1 + \frac{1}{6} \cdot (s^3 - s) \cdot d^2 F_0 + \frac{1}{6} \cdot (t^3 - t) \cdot d^2 F_1$$

Beispiel: Geozentrischer Ort des Pluto, +1977 04 15 greg., 0^h ET.

Interpolation von x (APAE Vol.XII):

JD	F	d ¹ F	d ² F
2 443 200,5	-28,5197 64222		
2 443 240,5	-28,4758 08462	439 55760 EEX-9	4 70461 EEX-9
2 443 280,5	-28,4313 82241	444 26221 EEX-9	4 71453 EEX-9
2 443 320,5	-28,3864 84567	448 97674 EEX-9	

Zu interpolieren ist x für JD 2 443 248,500 (hier in ET, gezählt ab Mittag).

$$t = (2\ 443\ 248,500 - 2\ 443\ 240,500) : 40 = 0,2; \quad s = 0,8$$

$$F_t = 0,8 \cdot (-28,4758\ 08462) + \frac{0,8^3 - 0,8}{6} \cdot 470\ 461\ \text{EEX-9} +$$

$$+ 0,2 \cdot (-28,4313\ 82241) + \frac{0,2^3 - 0,2}{6} \cdot 4\ 71\ 453\ \text{EEX-9} =$$

$$= -28,4669\ 6089 = x.$$

Ebenso wie x werden y und z sowie X, Y, Z interpoliert:

x = -28,4669 6089	y = -9,3491 1161	z = 5,6741 5456
X = 0,9127 781	Y = 0,3821 896	Z = 0,1657 177
A = -27,5541 8279	B = -8,9669 2201	C = 5,8398 7226

$$\alpha = 13^{\text{h}}12^{\text{m}}06,33^{\text{s}}; \quad \delta = 11^{\circ}23'40,7''; \quad \Delta = 29,5591\ 41\ \text{AE}$$

Die Astronomical Ephemeris geben:

$$\alpha = 13^{\text{h}}12^{\text{m}}06,07^{\text{s}}; \quad \delta = 11^{\circ}23'42,1''; \quad \Delta = 29,5591\ 45\ \text{AE}$$

Achtung: Die Örter sind "astrometrische", bezogen auf +1950,0, d.h. mittlere Örter mit Planeten-, aber ohne Fixsternaberration, für +1950,0. Sie können daher, so wie sie sind, mit den mittleren Sternörtern eines Sternkataloges (z.B. FK 4, +1950,0) verbunden werden.

Michael Pietschnig, Pannaschgasse 7, A-1050 Wien.

Referat: Bahnelemente, geozentrischer Ort, Äquatoreal-Horizontalparallaxe und Winkelhalbmesser des Mondes (Brown; Meeus).

Prinzip: Berechnung ungestörter Elemente wie bei Sonne und Planeten; Ermittlung gestörter Elemente sowie Mittelpunktsgleichung und Parallaxe; Berechnung der Längen-, Breiten- und Parallaxenstörung und schließlich Ermittlung der geozentrischen Größen.

Symbole: t in julianischen Jahren zu 365,250 Tagen, die seit der in Ephemeridenzeit ausgedrückten Epoche T_0 bis zu dem in Ephemeridenzeit ausgedrückten Termin T' verstrichen sind, also $t = T' - T_0$; L Mittlere Länge; D Mittlere Elongation Mond-Sonne; F Mittlerer Abstand Mond - aufsteigender Knoten; M Mittlere Anomalie Sonne, s.d.; M' Mittlere Anomalie Mond; Ω Mittlere Länge des aufsteigenden Knotens; e^* Exzentrizität Erdbahn, in Einheiten jener für T_0 ; L_0, D_0, F_0, M_0, M'_0 ungestörte Elemente; N, T_1, T_2 Argumente zur Berechnung der Elementen-Störungen; C Mittelpunktsgleichung; π_0 ungestörte, π gestörte Äquatoreal-Horizontalparallaxe; L_n, B_n, P_n Störungen in Länge, Breite, Äquatoreal-Horizontalparallaxe; C_n Koeffizienten, i, j, k, l Argument-Koeffizienten der Störungsterme (Tabelle); λ, β geozentr. ekliptikale Länge, Breite; SD geozentr. Winkelhalbmesser. Daten aus: J.Meeus, Tables of Moon an Sun, 1962; mit dankenswertem, freundschaftlichem Einverständnis des Autors.

1) Berechnung der ungestörten Elemente:

$$\begin{aligned}
 T_0 &= +1900\ 01\ 00\ \text{greg.},\ 12^h\ \text{ET} = \text{JD}\ 2\ 415\ 020,000 \\
 L_0 &= 270,434^\circ + 4\ 812,678\ 831 \cdot t - 1,133\ 333\ 33\ \text{EEX-7} \cdot t^2 + \\
 &\quad + 1,888\ 888\ 89\ \text{EEX-12} \cdot t^3 \\
 M'_0 &= 296,105^\circ + 4\ 771,988\ 491 \cdot t + 9,191\ 666\ 67\ \text{EEX-7} \cdot t^2 + \\
 &\quad + 14,388\ 888\ 9\ \text{EEX-12} \cdot t^3 \\
 \Omega &= 259,183^\circ - 19,341\ 420\ 1 \cdot t + 2,077\ 777\ 78 \cdot \text{EEX-7} \cdot t^2 + \\
 &\quad + 2,222\ 222\ 222\ \text{EEX-12} \cdot t^3 \\
 D_0 &= L_0 - L_\odot; \quad F_0 = L_0 - \Omega; \quad M_0 = L_\odot - \pi_\odot \\
 e^* &= 1 - 2,495\ \text{EEX-5} \cdot t - 7,522\ \text{EEX-10} \cdot t^2 \\
 N &= 275,05^\circ - 0,023 \cdot t \\
 T_1 &= 51,2^\circ + 0,202 \cdot t \\
 T_2 &= 346,56^\circ + 1,328\ 7 \cdot t - 9,173\ \text{EEX-7} \cdot t^2
 \end{aligned}$$

2) Berechnung gestörter Elemente, Mittelpunktsgleichung, Parallaxe:

$$\begin{aligned}
 L &= L_0 + 0,003\ 96 \cdot \sin T_2 + 0,002\ 02 \cdot \sin \Omega \\
 D &= D_0 + 0,002\ 01 \cdot \sin T_1 + 0,003\ 96 \cdot \sin T_2 + 0,002\ 02 \cdot \sin \Omega \\
 F &= F_0 + 0,003\ 96 \cdot \sin T_2 - 0,024\ 64 \cdot \sin \Omega - 0,004\ 33 \cdot \sin(N+\Omega) \\
 M &= M_0 - 0,001\ 78 \cdot \sin T_1 \\
 M' &= M'_0 + 0,000\ 82 \cdot \sin T_1 + 0,003\ 96 \cdot \sin T_2 + 0,002\ 59 \cdot \sin \Omega
 \end{aligned}$$

Fortsetzung Referat: Bahnelemente, geozentrischer Ort, .. des Mondes.

Die Elemente δ und e^* bleiben ungestört.

$$C = 6,288\ 75^\circ \cdot \sin M' + 0,213\ 62 \cdot \sin 2 M' + \\ + 0,010\ 03 \cdot \sin 3 M' + 0,000\ 54 \cdot \sin 4 M'$$

$$\Pi_0 = 0,950\ 75^\circ + 0,051\ 82 \cdot \cos M' + 0,002\ 82 \cdot \cos 2 M'$$

3) Berechnung der Störung in Länge, Breite und Parallaxe:

Die einzelnen Störungsterme haben alle die Form

$$L_n = C_n \cdot \sin (i \cdot D + j \cdot F + k \cdot M + l \cdot M') ;$$

$$B_n = C_n \cdot \sin (i \cdot D + j \cdot F + k \cdot M + l \cdot M') ;$$

$$P_n = C_n \cdot \cos (i \cdot D + j \cdot F + k \cdot M + l \cdot M')$$

und ergeben sich mit den einzelnen Koeffizienten C_n und den einzelnen Argument-Koeffizienten i, j, k, l aus der beigefügten Tabelle, die besonders auf Taschenrechner zugeschnitten ist. Die Gesamtstörung in Länge, Breite und Parallaxe für einen auf $0,01^\circ$ genauen Mondort ist die algebraische Summe aller 40 hier gegebenen L_n , aller 29 hier gegebenen B_n und aller 10 hier gegebenen P_n . L_1 Ekvation, L_2 Variation, L_3 Jährliche Gleichung, L_{10} Parallaxische Ungleichheit; B_4 Große Ungleichheit in Breite. Für eine Genauigkeit von einigen Zehntelgraden nimmt man nur die ersten L- und B-Terme, für $1'$ die L-, B- und P-Terme bis zum Querstrich in der Tabelle mit. Um auch schärfere Mondörter (z.B. aus den "Astronomical Ephemeris") verarbeiten zu können, sind einige Parallaxenstörungen mehr als für $0,01^\circ$ nötig gegeben.

Wie man bei den C_n sieht, müssen einige Terme mit e^* bzw. e^{*2} multipliziert werden, was man nicht einzeln, sondern zweckmäßigerweise mit den betreffenden Teilsummen ausführt.

4) $\lambda = L + C + (\text{Summe } L_n)$; Zuwachs im Mittel $0,549^\circ/h$, $0,009^\circ/\text{min}$.

5) $\beta = (\text{Summe } B_n) \cdot [1 - 0,000\ 466 \cdot \cos \delta - \\ - 0,000\ 075 \cdot \cos (\delta + N)]$

6) $\Pi = \Pi_0 + (\text{Summe } P_n)$; Topozentrische Daten: Siehe Rechenanleitung "Parallaxe". Unterschied geozentrischer-topozentrischer Mondort kann über 1° ausmachen - woran erinnert sei!

7) $SD = 0,2725^\circ \cdot \Pi$

8) Mondalter = $(\lambda - \odot)$: 12,191, ergibt sich in Tagen seit letztem Neumond.

Hauptphase	$\lambda - \odot$	Alter
Neumond	$0^\circ, 360^\circ$	$0,0^d; 29,5^d$
Erstes Viertel	90	7,4
Vollmond	180	14,8
Letztes Viertel	270	22,1

KOEFFIZIENTEN LÄNGENSTÖRUNG

	C_n	i	j	k	l
L ₁	+1,274 02	+2	0	0	-1
L ₂	+0,658 31	+2	0	0	0
L ₃	-0,185 60 .e*	0	0	+1	0
L ₄	-0,114 34	0	+2	0	0
L ₅	-0,058 79	-2	0	0	+2
L ₆	+0,057 21 .e*	+2	0	-1	-1
L ₇	+0,053 32	+2	0	0	+1
L ₈	+0,045 87 .e*	+2	0	-1	0
L ₉	+0,041 01 .e*	0	0	-1	+1
L ₁₀	-0,034 76	+1	0	0	0
L ₁₁	-0,030 46 .e*	0	0	+1	+1
L ₁₂	-0,015 33	-2	+2	0	0
L ₁₃	-0,012 53	0	+2	0	+1
L ₁₄	-0,010 98	0	+2	0	-1
L ₁₅	+0,010 68	+4	0	0	-1
L ₁₆	+0,008 55	+4	0	0	-2
L ₁₇	-0,007 91 .e*	+2	0	+1	-1
L ₁₈	-0,006 78 .e*	+2	0	+1	0
L ₁₉	+0,005 17	-1	0	0	+1
L ₂₀	+0,005 01 .e*	+1	0	+1	0
L ₂₁	+0,004 05 .e*	+2	0	-1	+1
L ₂₂	+0,004 00	+2	0	0	+2
L ₂₃	+0,003 86	+4	0	0	0
L ₂₄	-0,003 66	-2	0	0	+3
L ₂₅	+0,002 69 .e*	0	0	-1	+2
L ₂₆	+0,002 60	-2	-2	0	+1
L ₂₇	+0,002 40 .e*	+2	0	-1	-2
L ₂₈	-0,002 35	+1	0	0	+1
L ₂₉	+0,002 25 .e* ²	+2	0	-2	0
L ₃₀	+0,002 13 .e*	0	0	+1	+2
L ₃₁	-0,002 08 .e* ²	0	0	+2	0
L ₃₂	+0,002 06 .e* ²	+2	0	-2	-1
L ₃₃	-0,001 77	+2	-2	0	+1
L ₃₄	-0,001 59	+2	+2	0	0
L ₃₅	+0,001 22 .e*	+4	0	-1	-1
L ₃₆	-0,001 11	0	+2	0	+2
L ₃₇	-0,000 89	+3	0	0	-1
L ₃₈	-0,000 81 .e*	+2	0	+1	+1
L ₃₉	+0,000 76 .e*	+4	0	-1	-2
L ₄₀	+0,000 72 .e* ²	0	0	-2	+1

KOEFFIZIENTEN BREITENSTÖRUNG

	C_n	i	j	k	l
B ₁ *	+5,128 19	0	+1	0	0
B ₂	+0,280 61	0	+1	0	+1
B ₃	+0,277 69	0	-1	0	+1
B ₄	+0,173 24	+2	-1	0	0
B ₅	+0,055 41	+2	+1	0	-1
B ₆	+0,046 27	+2	-1	0	-1
B ₇	+0,032 57	+2	+1	0	0
B ₈	+0,017 20	0	+1	0	+2
B ₉	+0,009 27	+2	-1	0	+1
B ₁₀	+0,008 82	0	-1	0	+2
B ₁₁	+0,008 25 .e*	+2	-1	-1	0
B ₁₂	+0,004 32	+2	-1	0	-2
B ₁₃	+0,004 20	+2	+1	0	+1
B ₁₄	+0,003 37 .e*	-2	+1	-1	0
B ₁₅	+0,002 47 .e*	+2	+1	-1	-1
B ₁₆	+0,002 22 .e*	+2	+1	-1	0
B ₁₇	-0,002 07 .e*	-2	+1	+1	+1
B ₁₈	+0,001 88 .e*	0	+1	-1	+1
B ₁₉	+0,001 83	+4	-1	0	-1
B ₂₀	-0,001 80 .e*	0	+1	+1	0
B ₂₁ *	-0,001 75	0	+3	0	0
B ₂₂	+0,001 57 .e*	0	-1	-1	+1
B ₂₃	-0,001 49	+1	+1	0	0
B ₂₄	-0,001 48 .e*	0	+1	+1	+1
B ₂₅	+0,001 42 .e*	0	+1	-1	-1
B ₂₆	+0,001 35 .e*	0	+1	-1	0
B ₂₇	+0,001 33	-1	+1	0	0
B ₂₈	+0,001 11	0	+1	0	+3
B ₂₉	+0,001 02	+4	-1	0	0

KOEFFIZIENTEN PARALLAXENSTÖRUNG

P ₁	+0,009 531	+2	0	0	-1
P ₂	+0,007 843	+2	0	0	0
P ₇	+0,000 857	+2	0	0	+1
P ₈	+0,000 533 .e*	+2	0	-1	0
P ₆	+0,000 401 .e*	+2	0	-1	-1
P ₉	+0,000 320 .e*	0	0	-1	+1
P ₁₀	+0,000 272	+1	0	0	0
P ₁₁	+0,000 264 .e*	0	0	+1	+1
P ₁₄	+0,000 20	0	+2	0	-1
P ₁₅	+0,000 17	+4	0	0	-1

STERNFREUNDE-SEMINAR, WIENER PLANETARIUM, 1977 / Mucke

Beispiele: Geozentrische Monddaten - Ort, Parallaxe, Winkelhalbmesser.

Datum	+1977 04 28 greg.	-596 05 01 jul.	+1999 08 11 greg.
Uhrzeit	18h00,0 ^m UT	16h00,0 ^m UT	9h00,0 ^m 15 ^h 00,0 ^m ET
JD (UT)	2 443 262,250	1 503 490,167	2451401,874 ..02,124
ΔT	+0,001 ^d	+0,195 ^d	+0,001 ^d +0,001 ^d
JD (ET)	2 443 262,251	1 503 490,362	2451401,875 ..02,125
L_{\odot}	36,60°	33,13°	139,40° 139,64°
κ_{\odot}	282,55°	238,55°	282,93° 282,93°
e_{\odot}	0,016 719	0,017 716	0,016 709 0,016 709
\odot	38,33°	33,98°	138,28° 138,51°
R			1,013 53 1,013 49
SD_{\odot}			0,263° 0,263°
\bar{E}	23°26'32"		
L_{\circ}	161,531°	273,730°	132,444° 135,738°
D_{\circ}	124,931°	240,600°	353,044° 356,098°
F_{\circ}	317,885°	344,217°	359,822° 3,130°
M_{\circ}	114,050°	154,580°	216,470° 216,710°
M'_{\circ}	280,907°	333,760°	65,036° 68,302°
Ω	203,646°	289,512°	132,622° 132,609°
N	273,272°	332,450°	272,759° 272,759°
T_1	66,819°	267,082°	71,321° 71,321°
T_2	89,294°	264,900°	118,900° 118,901°
L	161,534°	273,724°	132,449° 135,743°
D	124,936°	240,592°	353,051° 356,105°
F	317,895°	344,241°	359,804° 3,112°
M	114,048°	154,582°	216,468° 216,708°
M'	280,911°	333,753°	65,042° 68,308°
e^*	0,998 066	1,057 581	0,997 507
C	-6,246°	-2,961°	+5,862° +5,985°
Π_{\circ}	0,957 9°	0,998 9°	0,970 8° 0,967 9°
Summe L_n	-1,323°	+1,279°	-1,214° -1,146°
Summe B_n	-4,067°	-1,439°	+0,380° +0,701°
Summe P_n	+0,004°	-0,012°	+0,010° +0,010°
λ	153,97°	272,04°	137,10° 140,58°
β	-4,07°	-1,44°	+0,38° +0,70°
Π	0,962°	0,987°	0,981° 0,978°
SD	0,262°	0,269°	0,267° 0,267°
α	10h17,5 ^m		Doppelort für Berechnung Sonnenfinsternis
δ	+6°16'		

Die "Astronomical Ephemeris" geben für +1977 04 28, 18^h00,0 ET (~~UT~~):
 $\alpha = 10^h17,5^m$; $\delta = +6^{\circ}16'$; $SD = 0,262^{\circ}$; $\Pi = 0,961$.

Referat: Finsternisse, Stern- und Planetenbedeckungen durch den Mond.

Prinzip: Aus einem die geozentrische, ekliptikale Konjunktion bzw. Opposition einschließenden Doppelort der beteiligten Wandelgestirne wird zunächst eine geozentrische, ekliptikale Ephemeride in einstündigem Intervall entwickelt. Die geozentrischen Mondörter werden sodann durch Anbringung der ekliptikalen Parallaxe in topozentrische Mondörter übergeführt, während die Örter der übrigen Wandelgestirne für Zwecke dieses Seminars geozentrisch bleiben dürfen. Der derart beschriebene topozentrische Ablauf wird graphisch dargestellt und graphisch ausgewertet.

Symbole: Siehe vorangegangene Referate und Rechenanleitungen. U Abstand Sonne - aufsteigender Knoten der Mondbahn; λ_K und β_K bedeuten ekliptikale, geozentrische Koordinaten des Mondes, gültig für den Termin der ekliptikalen, geozentrischen Konjunktion; t_K Termin der ekliptikalen, geozentrischen Konjunktion.

Sonnenfinsternis

1) Beurteilung der Möglichkeit und des Charakters mit Hilfe von U:

$$U = 56,982 + 1053,747 \cdot t - 4,93 \text{ EEX-7} \cdot t^2 + (\odot - L_{\odot}) \cdot 2,778$$

wobei t, \odot , L_{\odot} für den Termin des fraglichen Neumondes gelten. Man bildet die Differenz $\Delta U = U -$ nächstgelegenes Vielfaches von 500 und hat für

$\Delta U =$	0 bis 28	Zentrale Sonnenfinsternis
	29 bis 34	Zentrale oder partielle Sonnenfinsternis
	35 bis 45	Partielle Sonnenfinsternis
	46 bis 51	Partielle oder keine Sonnenfinsternis
	52 bis 250	Keine Sonnenfinsternis

2) Ekliptikaler Doppelort, Termine ET (siehe betr. Rechenanleitungen):

Mond: Termin $t_1 \dots \lambda_1, \beta_1, SD_1, \Pi_1$; Termin $t_2 \dots \lambda_2, \beta_2, SD_2, \Pi_2$.

Sonne: Termin $t_1 \dots \odot_1, SD_{\odot 1}$; Termin $t_2 \dots \odot_2, SD_{\odot 2}$.

Anstreben: t_1 nahe bei t_2 , möglichst $t_2 - t_1 = 6^h$ oder weniger.

3) Geozentrische Konjunktion Sonne-Mond, ET:

$$\lambda_K = \frac{\odot_1 \cdot \lambda_2 - \odot_2 \cdot \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1 - \odot_2 + \odot_1} \quad t_K = \frac{t_1 (\lambda_2 - \odot_2) - t_2 (\lambda_1 - \odot_1)}{\lambda_2 - \lambda_1 - \odot_2 + \odot_1}$$

$$\beta_K = \beta_1 + \frac{(\beta_2 - \beta_1) \cdot (t_K - t_1)}{t_2 - t_1}$$

$$UT = ET - \Delta T$$

4) Stündliche Änderungen der ekliptikalen, geozentrischen Koordinaten von Sonne und Mond aus deren Doppelorten 2) berechnen.

Fortsetzung Referat: Finsternisse, Stern- und Planetenbedeckungen ...

- 5) Für t_K interpolieren: SD, Π, SD_{\odot} . Sie werden über die Finsternis hin als konstant betrachtet.
- 6) Für $t_K - 2^h, t_K - 1^h, t_K, t_K + 1^h, t_K + 2^h$ (UT) mit den stündl. Koordinatenänderungen und den Konjunktionsörtern eine geozentrische Ephemeride für Sonne und Mond erstellen. Für diese UT-Termine die Sternzeit \mathcal{S} für den Beobachtungsort berechnen und Transformation der geozentrischen Mondörter in topozentrische durchführen; auch SD aus 5) mit transformieren (siehe entsprechende Rechenanleitungen).
- 7) Topozentrische Mondörter und geozentrische Sonnenörter im Maßstab $1^\circ \doteq 100$ mm graphisch darstellen und beide Bahnen von 10 zu 10 Zeitminuten nach Uhrzeit beziffern. Mit zwei Transparentpapierblättern - auf dem einen topozentrische Mondscheibe, auf dem anderen geozentrische Sonnenscheibe - die Daten der Finsternis ermitteln. Die Uhrzeiten ergeben sich zunächst in UT; Transformation in andere Zonenzeiten: Siehe Referat "Sternzeit u. Sonnenzeit".

Mondfinsternis

- 1) Beurteilung der Möglichkeit und des Charakters mit Hilfe von U , siehe Sonnenfinsternis, aber für Termin des fraglichen Vollmondes:

$\Delta U =$	0 bis 12	Totale Mondfinsternis
	13 bis 17	Totale oder partielle Mondfinsternis
	18 bis 27	Partielle Mondfinsternis
	28 bis 33	Partielle oder Halbschattenmondfinsternis
	34 bis 45	Halbschattenmondfinsternis
	46 bis 51	Halbschatten- oder keine Mondfinsternis
	52 bis 250	Keine Mondfinsternis
- 2) bis 5) analog Sonnenfinsternis, aber anstelle \odot_1, \odot_2 verwenden: $180^\circ + \odot_1, 180^\circ + \odot_2$. Statt der geozentrischen Konjunktion Sonne-Mond wird geozentrische Konjunktion Gegensonne-Mond, d.h. Erdschatten-Mond, berechnet.
- 6) Analog Sonne, doch entfällt die Transformation der geozentrischen in topozentrische Mond Daten.
- 7) Geozentrische Mond- und Gegensonnenörter analog Sonnenfinsternis 7) graphisch darstellen und ebenfalls zwei Transparentpapierblätter benutzen: Auf dem einen Kern- und Halbschatten der Erde, auf dem anderen geozentrische Mondscheibe eintragen und Daten der Finsternis ermitteln. Für die Radien der Schatten gilt mit Daten in Grad:
Halbschattenradius $^\circ = 1,02 \cdot (0,9983 \cdot \Pi + SD_{\odot} + 0,002^\circ)$
Kernschattenradius $^\circ = 1,02 \cdot (0,9983 \cdot \Pi - SD_{\odot} + 0,002^\circ)$
Vorteilhaft bezieht man die Mondbewegung auf ruhende Schatten!

Fortsetzung Referat: Finsternisse, Stern- und Planetenbedeckungen ...

Planetenbedeckungen durch den Mond

Man geht genauso vor wie bei einer Sonnenfinsternis, ersetzt aber den Doppelort der Sonne durch den Doppelort des Planeten und verwendet statt SD_{\odot} Null.

Sternbedeckungen durch den Mond

Man geht genauso vor wie bei einer Sonnenfinsternis, ersetzt aber den Doppelort der Sonne durch den für das Datum der Bedeckung gültigen Sternort (siehe Rechenanleitung "Präzession" und "Transformation sphärischer Koordinaten") in ekliptikalischen Koordinaten λ^* , β^* . Statt SD_{\odot} verwendet man Null.

Beispiele

Totale Sonnenfinsternis +1999 08 11 greg.:

Beobachtungsort Salzburg, Geogr.Länge = $-0^h52^m12^s$, Geogr.Breite = $+47^{\circ}54'$. Doppelort für $t_1 = +1999 08 11$ greg., $9^h00,0^m$ ET und $t_2 = +1999 08 11$ greg., $15^h00,0^m$ ET, $\Delta T = +2,1^m$. Mond: $137,10^{\circ}/+0,38^{\circ}$, $0,981^{\circ}$, $0,267^{\circ}$ und $140,58^{\circ}/+0,70^{\circ}$, $0,978^{\circ}$, $0,267^{\circ}$. Sonne: $138,28^{\circ}$, $0,263^{\circ}$ und $138,51^{\circ}$, $0,263^{\circ}$. Stündliche Änderung Mond: $+0,5800^{\circ}/+0,0533^{\circ}$; Sonne $+0,0383^{\circ}$. $\lambda_K = 138,36^{\circ}$, $t_K = 11^h10^m$ ET = 11^h08 UT = 12^h08 MEZ; $\beta_K = +0,50^{\circ}$. Für t_K : $SD = 0,267^{\circ}$, $\Pi = 0,980^{\circ}$, $SD_{\odot} = 0,263^{\circ}$

MEZ	\odot	λ	β	\mathcal{J}	λ'	β'	SD'	Π
10h08	$138,28^{\circ}$	$137,20^{\circ}$	$+0,39^{\circ}$	$7^h17^m47^s$	$137,69^{\circ}$	$-0,03^{\circ}$		
11 08	$138,32$	$137,78$	$+0,45$	8 17 57	$138,12$	$+0,00$		
12 08	$138,36$	$138,36$	$+0,50$	9 18 07	$138,54$	$+0,01$	$0,271^{\circ}$	$0,980^{\circ}$
13 08	$138,40$	$138,94$	$+0,55$	10 18 17	$138,96$	$-0,00$		
14 08	$138,44$	$139,52$	$+0,61$	11 18 26	$139,40$	$-0,01$		

$\mathcal{J}_0 = 21^h16^m05^s$, $\bar{\epsilon} = 23^{\circ}26'22''$, $U = 105 015,7$, $\Delta U = 16 \rightarrow$ zentral und, da $SD' > SD_{\odot}$, total. Anfang 10^h18 , Mitte 11^h40 (total), Ende 13^h03 MEZ. Zur Übung berechne man die Zeiten für Wien, $-16^{\circ}24'/+48^{\circ}13'$!

Totale Mondfinsternis +1975 11 18/19 greg.:

Doppelort für $t_1 = +1975 11 18$ greg., $20^h00,0$ UT und $t_2 = +1975 11 19$ greg., $2^h00,0$ UT, $\Delta T = +1,6^m$. Mond: $54,68^{\circ}/-0,26^{\circ}$, $0,922^{\circ}$, $0,251^{\circ}$ und $57,80^{\circ}/-0,55^{\circ}$, $0,924^{\circ}$, $0,252^{\circ}$. Sonne: $235,86^{\circ}$, $0,270^{\circ}$ und $236,11^{\circ}$, $0,270^{\circ}$. Halbschattenradius $1,217^{\circ}$, Kernschattenradius $0,666^{\circ}$. Eintritt Halbschatten $18. 20^h25$, Eintritt Kernschatten 21^h37 , Mitte 23^h23 , Austritt Kernschatten $19. 1^h10$, Austritt Halbschatten 2^h21 MEZ.

Bedeckung Spika -293 03 09 jul.:

Beobachtungsort Alexandria, $-1^h59^m40^s/+31^{\circ}13'$; $\lambda^* = 172,01^{\circ}$, $\beta^* = -1,90^{\circ}$. Doppelort -293 03 09 jul., 18^h und 24^h UT, $\Delta T = +3^h34,0^m$. Mond: $170,63^{\circ}/-1,75^{\circ}$, $0,910^{\circ}$, $0,248^{\circ}$ und $173,65^{\circ}/-1,49^{\circ}$, $0,909^{\circ}$, $0,248^{\circ}$. Anfang 18^h39 , Ende 19^h56 UT. - Beate Hirn, Wallensteinstr.15, A-1200 Wien.

Referat: Kratergenaue Berechnung von Mondfinsternissen.

Symbole: α, δ und α', δ' Rektaszension, Deklination der Gegen Sonne und des Mondes; Π Äquatorreal-Horizontalparallaxe des Mondes; R Radiusvektor der Sonne; P, L, B Positionswinkel des Mondnordpols, Selenographische Länge, Breite der Mondscheibenmitte; X, Y, Z Rechtwinkelige, geozentrische Koordinaten des Mondes; x_0, y_0, z_0 Rechtwinkelige, selenographische Koordinaten einer Mondformation; x, y, z Rechtwinkelige, geozentrische Koordinaten dieser Mondformation; x', y', z' Stündliche Änderungen von x, y, z ; r_m Geringster Abstand Mondformation-Kernschattenmitte; n Stündliche Geschwindigkeit der Mondformation; t Halbe Dauer der Verfinsterung für die Mitte der Mondformation; T_a, T_m, T_e Uhrzeiten für Anfang, Mitte, Ende der Verfinsterung der Formationsmitte; $a_x, a_y, a_z, b_x, b_y, b_z, c_x, c_y, c_z, p, \varrho_0$ Hilfsgrößen.

- 1) X, Y, Z für die der Mitte der Finsternis nächstliegende volle Stunde sowie für die vorangehende und folgende volle Stunde berechnen:

$$\begin{aligned} X &= [\cos \delta' \cdot \sin (\alpha' - \alpha)] : \sin \Pi \\ Y &= [\sin \delta' \cdot \cos \delta - \cos \delta' \cdot \sin \delta \cdot \cos (\alpha' - \alpha)] : \sin \Pi \\ Z &= [\sin \delta' \cdot \sin \delta + \cos \delta' \cdot \cos \delta \cdot \cos (\alpha' - \alpha)] : \sin \Pi \end{aligned}$$

Längeneinheit ist der Äquatorhalbmesser der Erde, Z liegt also in der Größenordnung von +60.

- 2) Man berechnet weiters für die drei genannten vollen Stunden:

$$\begin{aligned} a_x &= -\cos L \cdot \cos P - \sin L \cdot \sin P \cdot \sin B \\ b_x &= \sin P \cdot \cos B \\ c_x &= \sin L \cdot \cos P - \cos L \cdot \sin P \cdot \sin B \\ a_y &= \cos L \cdot \sin P - \sin L \cdot \cos P \cdot \sin B \\ b_y &= \cos P \cdot \cos B \\ c_y &= -\sin L \cdot \sin P - \cos L \cdot \cos P \cdot \sin B \\ a_z &= -\cos B \cdot \sin L \\ b_z &= -\sin B \\ c_z &= -\cos B \cdot \cos L \end{aligned}$$

Kontrolle: $\text{Summe } a_i^2 = \text{Summe } b_i^2 = \text{Summe } c_i^2 = 1$; $a_k^2 + b_k^2 + c_k^2 = 1$

- 3) Mit den für die Mondformation gültigen, aus nachfolgender Tabelle zu entnehmenden x_0, y_0, z_0 werden für die drei genannten vollen Stunden berechnet:

$$\begin{aligned} x &= X + a_x \cdot x_0 + b_x \cdot y_0 + c_x \cdot z_0 \\ y &= Y + a_y \cdot x_0 + b_y \cdot y_0 + c_y \cdot z_0 \\ z &= Z + a_z \cdot x_0 + b_z \cdot y_0 + c_z \cdot z_0 \end{aligned}$$

Fortsetzung Referat: Kratergenaue Berechnung von Mondfinsternissen.

4) Man berechnet $\rho_0 = 1,01176 - z \cdot \tan(0,264092^\circ : R)$ für die volle Stunde nahe der Finsternismitte. Die Erdkernschattenvergrößerung ist im Betrag von 86/85 berücksichtigt.

5) Für die drei vollen Stunden Ausdruck $(x \cdot x' + y \cdot y')$ berechnen und durch Interpolation feststellen, für welche Stunde T_m er gleich Null ist (geringster Abstand Formation-Schattenmitte).

6) Für die volle Stunde nahe der Finsternismitte berechnen:

$$r_m = (y \cdot x' - x \cdot y') : n, \text{ worin } n = \sqrt{x'^2 + y'^2} > 0$$

7) Schließlich berechnet man noch

$$p = \sqrt{\rho_0^2 - r_m^2} > 0 \quad \text{und} \quad t = p : n \quad \text{und erhält}$$

8) $T_a = T_m - t$ für den Anfang und $T_e = T_m + t$ für das Ende der Verfinsterung der betreffenden Formation x_0, y_0, z_0 .

Näheres findet sich im Sternenboten, Heft 10/1974 (J.Meeus).

RECHTWINKELIGE, SELENOGRAPHISCHE KOORDINATEN VON MONDFORMATIONEN

Formation	x_0	y_0	z_0
Aristarchus	-0,1841	+0,1095	+0,1684
Aristoteles	+0,0520	+0,2092	+0,1668
Autolycus	+0,0061	+0,1390	+0,2343
Billy	-0,2028	-0,0651	+0,1699
Campanus	-0,1120	-0,1278	+0,2130
Censorinus	+0,1471	-0,0019	+0,2294
Copernicus	-0,0918	+0,0468	+0,2523
Dionysius	+0,0810	+0,0132	+0,2598
Endymion	+0,1348	+0,2193	+0,0894
Eudoxus	+0,0548	+0,1903	+0,1872
Goclenius	+0,1897	-0,0477	+0,1897
Grimaldi	-0,2522	-0,0275	+0,0994
Harpalus	-0,1135	+0,2166	+0,1203
Kepler	-0,1660	+0,0385	+0,2127
Langrenus	+0,2353	-0,0422	+0,1309
Manilius	+0,0417	+0,0681	+0,2605
Menelaus	+0,0719	+0,0763	+0,2515
Messier	+0,2012	-0,0089	+0,1835
Pico	-0,0292	+0,1954	+0,1877
Plato	-0,0271	+0,2130	+0,1677
Plinius	+0,1053	+0,0721	+0,2408
Proclus	+0,1913	+0,0756	+0,1787
Pytheas	-0,0897	+0,0956	+0,2389
Riccioli	-0,2619	-0,0150	+0,0739
Taruntius	+0,1964	+0,0266	+0,1870
Timocharis	-0,0550	+0,1224	+0,2372
Tycho	-0,0381	-0,1865	+0,1950
Vitruvius	+0,1348	+0,0826	+0,2220

Beispiel: Totale Mondfinsternis +1975 11 18/19.

Mit bogenminutengenauen Mond- und Sonnenörter (Seminar!) ergibt sich für Aristoteles $T_a = 22^h13$ und $T_e = 0^h51$ MEZ (Österr.Himmelskalender: $22^h14 / 0^h54$). Alfred Culik, Hartlebeng.17/1A,A-1220 Wien.

Methodische Übersicht: Die drei Grundgrößen und Grundprobleme der astronomischen Phänomenologie.

Die astronomische Phänomenologie - die Lehre von den Himmelserscheinungen - läßt sich sehr zweckmäßig an jenem Zusammenhang darstellen, der in der Natur zwischen dem Himmelsanblick, dem Beobachtungstermin und dem Beobachtungsort besteht. Diese Größen und zugehörigen Probleme mögen für unsere Seminaraufgaben wie folgt erläutert werden:

Himmelsanblick / Anblickprobleme

Ein Himmelsanblick besteht aus Gestirnen und astrometrischen Elementen in ihrer raum-zeitlichen Anordnung an der Himmelskugel. Bei den Gestirnen soll es sich vorzugsweise um freisichtige, bei den astrometrischen Elementen um Koordinatenlinien, Gitterpunkte sphärischer Koordinatensysteme, durch sphärische Koordinatensysteme festgelegte Punkte oder Punktstrukturen handeln. Ein Himmelsanblick ist umso vollständiger, je mehr natürliche oder astrometrische Elemente er umfaßt; dies ist bei Datierungs- und Ortungsproblemen sehr wichtig. Ein Anblickproblem lösen heißt, aus dem gegebenen Beobachtungstermin und Beobachtungsort den Himmelsanblick - meist nur hinsichtlich einiger seiner Elemente - zu bestimmen.

Beobachtungstermin / Datierungsprobleme

Ein Beobachtungstermin ist ein Zeitpunkt, der in einem bestimmten Zeitählungssystem festgelegt ist; meist angegeben durch das Datum in einem bestimmten Kalender und die Uhrzeit in einer bestimmten Zeitart. Hier werden Beobachtungstermine häufig durch die Tagnummer in der julianischen Periode mit dezimalem Tagesbruch (JD) angegeben. Ein Datierungsproblem lösen heißt, den Beobachtungstermin aus dem gegebenen Himmelsanblick und Beobachtungsort zu bestimmen. Unvollständigkeit des Himmelsanblicks bedingt oft Mehrdeutigkeiten, die durch Randbedingungen nichtastronomischer Art behoben werden müssen. Manchmal genügt es, nur das Datum des Termins zu ermitteln. In der Regel kommen iterative Methoden zu Anwendung.

Beobachtungsort / Ortungsprobleme

Ein Beobachtungsort stellt eine in einem bestimmten Koordinatensystem gegebene räumliche Position dar. Häufige Beobachtungsorte sind die Sonnen- und Erdmitte, besonders aber Orte auf der Erdoberfläche; sie werden durch geographische Koordinaten (geogr. Länge, Breite, Seehöhe) festgelegt. Ein Ortungsproblem lösen heißt, aus gegebenem Himmelsanblick und Beobachtungstermin den Beobachtungsort zu ermitteln. Unvollständiger Himmelsanblick: Oft Mehrdeutigkeiten!

Diese Methodik wurde erstmals bei diesbezüglichen Arbeiten im Wiener Planetarium formuliert (H.Mucke, Ann.Univ.Stw.Wien, Bd.27/1, 1967).

STERNFREUNDE-SEMINAR, WIENER PLANETARIUM, 1977 / Mucke

Referat: Lösung des Anblickproblems: "Komet +1975 N (West) am Morgenhimmel" für Beobachtungstermine +1976 März greg., jeweils 5h00,0^m Mitteleuropäische Zeit, $\lambda_z = -1^h$ und für die Urania-Sternwarte Wien, $\lambda = -1^h05^m32,5^s$, $\varphi = +48^\circ12'43''$, Seehöhe 186m.

Prinzip: Berechnung einer geozentrischen Ephemeride in äquatorrealen Koordinaten für die Beobachtungstermine, anschließend Transformation in horizontale, für den Beobachtungsort gültige Daten mit Berücksichtigung von Refraktion und Extinktion (Sonne, Komet, Stern Epsilon Pegasi).
 Symbole: α, δ Rektaszension, Deklination, bezogen auf das mittlere Äquinoktium zu konstant = +1976,188 = +1976 03 10 gr. = JD 2442848; α Sternzeit; A, H Azimut, Höhe; A', H' parallaktisch verändertes Azimut bzw. Höhe = A, H, weil Parallaxe vernachlässigbar; H" durch Refraktion veränderte Höhe, m' durch Extinktion veränderte scheinbare visuelle Gesamthelligkeit.
 Angaben für Stern ϵ Peg: Siehe Referat "Präzession" mit Seminar-Sternverzeichnis.

1976 März	α	δ	α	δ	A	H	H"	A	H	A*	H*	H"
02	22h11,7 ^m	+ 30'25"	22h52,5 ^m	- 70'10"	15h45,8 ^m	82,89°	- 1,75°	82,26°	-16,42°	83,97°	+ 7,73°	+ 7,84°
04	21 57,7	+ 5 20	23 00,0	- 6 24	15 53,7	85,70	+ 3,31	+ 3,52°	81,81	-15,78	85,42	+ 9 04 + 9,14
06	21 46,3	+ 6 45	23 07,4	- 5 38	16 01,6	88,33	+ 7,57	+ 7,68	81,38	-15,13	86,88	+10,35 +10,44
08	21 37,0	+ 7 51	23 14,8	- 4 51	16 09,5	90,78	+11,25	+11,33	80,94	-14,46	88,34	+11,66 +11,73
10	21 29,4	+ 8 44	23 22,2	- 4 04	16 17,4	93,08	+14,49	+14,54	80,50	-13,79	89,81	+12,98 +13,04
12	21 23,2	+ 9 28	23 29,6	- 3 17	16 25,3	95,25	+17,37	+17,42	80,05	-13,13	91,29	+14,30 +14,35
14	21 17,9	+10 05	23 36,9	- 2 30	16 33,1	97,33	+20,00	+20,04	79,64	-12,44	92,76	+15,60 +15,66
16	21 13,4	+10 38	23 44,2	- 1 42	16 41,0	99,36	+22,45	+22,49	79,22	-11,74	94,25	+16,91 +16,96
18	21 09,6	+11 05	23 51,5	- 0 55	16 48,9	101,37	+24,70	+24,74	78,81	-11,05	95,76	+18,22 +18,27

Für die Epoche dieser Ephemeride besitzt ϵ Peg ($m = +2,5^m$) die Koordinaten $\alpha = 21^h43,0^m$, $\delta = +9^\circ46'$; die mittlere Schiefe der Ekliptik ϵ beträgt $23^\circ26'33''$. Die Werte für Refraktion und Extinktion wurden der beigefügten Tabelle entnommen, sie gilt für den visuellen Bereich.

Fortsetzung Referat: Lösung des Anblickproblems "Komet +1975 n (West)
am Morgenhimmel"

Die scheinbaren visuellen Gesamthelligkeiten des Kometen nach dem Helligkeitsgesetz $m_{\text{☄}} = +5,3^m + 5 \cdot \log \Delta + 10 \cdot \log r$ wurden ebenso wie die geozentrischen Örter dem Referat "Geozentrische Ephemeride des Kometen +1975 n (West)" entnommen. In der folgenden Tabelle werden m und m' sowohl für den Kometen wie für den Stern angeführt:

1976	$m_{\text{☄}}$	$m'_{\text{☄}}$	$m_{\text{*}}$	$m'_{\text{*}}$
03 02	- 0,5 ^m		+ 2,5 ^m	+ 3,7 ^m
03 04	+ 0,3	+ 2,8 ^m	+ 2,5	+ 3,5
03 06	+ 1,0	+ 2,2	+ 2,5	+ 3,4
03 08	+ 1,6	+ 2,4	+ 2,5	+ 3,3
03 10	+ 2,2	+ 2,8	+ 2,5	+ 3,2
03 12	+ 2,7	+ 3,2	+ 2,5	+ 3,1
03 14	+ 3,1	+ 3,5	+ 2,5	+ 3,0
03 16	+ 3,5	+ 3,8	+ 2,5	+ 3,0
03 18	+ 3,9	+ 4,2	+ 2,5	+ 2,9

Man vergleiche die Werte obiger Tabelle mit folgenden Beobachtungsergebnissen:

1976	$m_{\text{☄}}$	1976	$m_{\text{☄}}$
03 02	- 0,3 ^m	03 14	+ 3,0 ^m
03 04	+ 0,5	03 16	+ 3,3
03 06	+ 1,2	03 18	+ 3,6
03 08	+ 1,8	03 25	+ 4,6
03 10	+ 2,2	03 30	+ 5,1
03 12	+ 2,5	04 06	+ 6,0

Die Schweiflängen erreichten Anfang März 8° (Typ I) und 30° (Typ II), wobei der Typ II - Schweif heller war und auch länger hell blieb; seine Länge nahm gegen Ende März auf 2° ab. Deutliche Strahlenstruktur, vom diffusen Schweifrand ausgehend.

Die Lösung des Anblickproblems ist in beigefügter Zeichnung für die drei Himmelsanblick-Elemente Sonne, Komet und Stern ϵ Peg dargestellt.

REFRAKTION (Bessel)

Barometerstand von 751.8 mm und +9.3 C. Lufttemperatur.

Argument: Direkt gemessene Zenitdistanz z'

z'	R	z'	R
0°	0' 0"	75°0	3' 32"
10	0 10	75.5	3 39
20	0 21	76.0	3 47
30	0 33	76.5	3 56
40	0 48	77.0	4 5
		77.5	4 15
50	1 9	78.0	4 25
51	1 11	78.5	4 36
52	1 14	79.0	4 48
53	1 16	79.5	5 2
54	1 19		
55	1 22	80.0	5 16
56	1 25	80.5	5 32
57	1 29	81.0	5 49
58	1 32	81.5	6 8
59	1 36	82.0	6 30
		82.5	6 53
60	1 40	83.0	7 20
61	1 44	83.5	7 50
62	1 48	84.0	8 23
63	1 53	84.5	9 2
64	1 58		
65	2 3	85.0	9 46
65°0	2' 3"	84° 0'	8' 23"
65.5	2 6	84 20	8 48
66.0	2 9	84 40	9 16
66.5	2 12		
67.0	2 15	85 0	9 46
67.5	2 18	85 20	10 21
68.0	2 22	85 40	10 59
68.5	2 25		
69.0	2 29	86° 0'	11' 39"
69.5	2 33	86 20	12 24
		86 40	13 15
70.0	2 37	87 0	14 15
70.5	2 42		
71.0	2 46	87 20	15 23
71.5	2 51	87 40	16 41
72.0	2 56		
72.5	3 1	88° 0'	18' 9"
73.0	3 7	88 20	19 52
73.5	3 13	88 40	21 56
74.0	3 19	89 0	24 25
74.5	3 25	89 20	27 23
		89 40	30 52
75.0	3 32	90 0	34 54

Korrektion für Lufttemperatur.
Argument: Mittlere Refraktion R und Temperatur T.

R \ T	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	0°
1'	+10"	+ 8"	+ 7"	+ 6"	+ 4"	+ 3"	+ 2"
2	+19	+17	+14	+11	+ 9	+ 6	+ 4
3	+29	+25	+21	+17	+13	+10	+ 6
4	+40	+34	+28	+23	+18	+13	+ 8
5	+50	+43	+36	+29	+23	+16	+11
6	+61	+52	+44	+36	+28	+20	+13
7	+72	+62	+52	+42	+33	+24	+15
8	+84	+72	+60	+49	+38	+28	+18
9	+97	+83	+69	+56	+44	+32	+20
10	+110	+94	+78	+64	+50	+36	+23
R \ T	+30°	+25°	+20°	+15°	+10°	+5°	0°
1'	- 4"	- 3"	- 2"	- 1"	0"	+ 1"	+ 2"
2	- 8	- 6	- 4	- 2	0	+ 2	+ 4
3	-12	-10	- 7	- 4	0	+ 3	+ 6
4	-17	-13	- 9	- 5	-1	+ 4	+ 8
5	-21	-16	-11	- 6	-1	+ 5	+11
6	-26	-20	-14	- 7	-1	+ 6	+13
7	-30	-23	-16	- 9	-1	+ 7	+15
8	-35	-27	-19	-10	-1	+ 8	+18
9	-40	-31	-22	-12	-1	+ 9	+20
10	-46	-35	-24	-13	-2	+11	+23

Korrektion für Barometerstand.

Argument: R = Mittl. Refrakt. + Temperaturkorr. und Barometerstand B, auf 0° C. red.

R \ B	500 mm	550 mm	600 mm	650 mm	700 mm	750 mm	800 mm	B \ R
1'	- 20"	- 16"	- 12"	- 8"	- 4"	0"	+ 4"	1'
2	- 40	- 32	- 24	-16	- 8	0	+ 8	2
3	- 60	- 48	- 36	-24	-12	0	+12	3
4	- 80	- 64	- 48	-32	-16	-1	+16	4
5	-101	- 81	- 61	-41	-21	-1	+19	5
6	-121	- 97	- 73	-49	-25	-1	+23	6
7	-141	-113	- 85	-57	-29	-1	+27	7
8	-161	-130	- 98	-65	-33	-1	+31	8
9	-181	-146	-110	-74	-37	-1	+35	9
10	-201	-163	-122	-82	-42	-1	+39	10

Mittlere Extinktion
(Luftdruck 760 mm, Temperatur 0°)

Scheinb. ZD	E	Scheinb. ZD	E
0°	0.00	80°0	0.90
5	.000	.2	.92
10	.000	.4	.94
15	.01	.6	.97
20	.010	.8	.99
	.01		
25	.02	81.0	1.01
30	.03	.2	1.04
35	.04	.4	1.07
40	.06	.6	1.09
45	.08	.8	1.12
	.08		
50	.11	82.0	1.15
51	.12	.2	1.18
52	.12	.4	1.22
53	.13	.6	1.25
54	.14	.8	1.29
	.14		
55	.15	83.0	1.33
56	.15	.2	1.37
57	.16	.4	1.41
58	.17	.6	1.45
59	.18	.8	1.50
	.18		
60	.19	84.0	1.55
61	.21	.2	1.60
62	.22	.4	1.65
63	.23	.6	1.71
64	.25	.8	1.77
	.25		
65	.27	85.0	1.84
66	.28	.2	1.91
67	.30	.4	1.98
68	.32	.6	2.06
69	.35	.8	2.15
	.35		
70	.37	86.0	2.24
71	.40	.2	2.34
72	.43	.4	2.44
73	.47	.6	2.56
74	.51	.8	2.68
	.51		
75	.55	87.0	2.81
76	.60	.2	2.96
77	.66	.4	3.11
78	.73	.6	3.28
79	.81	.8	3.47
	.81		
80	.90	88.0	3.68
		.2	3.90
		.4	4.15
		.6	4.43
		.8	4.74
		89.0	5.08

Beispiel: Lösung eines Datierungsproblems (Textdatierung)

A) Text (Bruchstück eines Druckes, der von Conradus de Paderborne stammt und in die 70er Jahre des 15. Jahrhunderts gehört):

- 1) Ver capit initium suum cum sol intrat Arietem, quod nunc erit mense Marcii die undecima ante meridiem hora decima. Et illa hora ascendet Cancer in oriente et erit luna in eodem signo circiter octo gradus et erit dominus anni quia est in angulo orientali et in domo sua propria fortis ...
- 2) Estas capit initium suum quando sol intrat Cancerum. Et hoc erit hoc anno praesenti in Junio die duodecima hora nona post meridiem.
- 3) Autumnus capit initium quando sol intrat libram. Hoc erit hoc anno currenti in septembri decima quarta die undecima hora quasi ante meridiem ...
- 4) In anno LXXII in Januario fuit per totum visus Cometa dictus Pertica et apparuit nobis in tertia parte Virginis circa finem. Et nunc ista coniunctio Saturni et Martis est vel fuit in Virgine sig^o humano ...

Leider bricht der Text gerade an der Stelle ab, wo Angaben über den Mondlauf beginnen.

B) Himmelsanblick-Elemente

Die diesbezüglich auswertbaren Textangaben enthalten:

- 1) Frühlingsäquinoktium 11. März jul., 10 Uhr Sonnenzeit.
 - 1a) Zu dieser Stunde Aufgang Zeichen Krebs, $\lambda = 90^\circ$, $\beta = 0^\circ$.
 - 1b) Zu dieser Stunde Mond im 8. Grad des Krebses, $\lambda = 98^\circ$.
- 2) Sommersolstitium 12. Juni jul., 21 Uhr Sonnenzeit.
- 3) Herbstäquinoktium 14. September jul., 11 Uhr Sonnenzeit.
- 4) Besondere Himmelserscheinungen:
 - 4a) 1472 war ein Komet im Zeichen Jungfrau sichtbar.
 - 4b) Zur Zeit der Textniederschrift fand eine Konjunktion Mars/Saturn im Zeichen Jungfrau statt oder hatte stattgefunden.

C) Beobachtungsort

Er liegt in Mitteleuropa ($-8^\circ 44'$ / $+51^\circ 43'$ Paderborn?).

D) Behandlung des Datierungsproblems

a) Grobe Abschätzung:

Aus der Abfassung des Textes folgt, daß der Drucktermin zwischen folgenden Grenzen liegen muß: Nach 4) muß er des Kometen wegen

Fortsetzung Beispiel: Lösung eines Datierungsproblems (Textdatierung).

später als 1472 und später als die Konjunktion Mars/Saturn in der Jungfrau liegen, nach 1) bis 3) muß er vor dem Jahr liegen, auf das sich diese Angaben beziehen (erit = wird sein, also Vorausberechnung). Dies vereinfacht die Arbeit sehr!

b) Rechengang:

Berechnung des Frühlingsäquinoktiums, des Sommersolstitiums und des Herbstäquinoktiums für die auf 1742 folgenden 8 Jahre. Man findet Übereinstimmung mit den Angaben des Textes natürlich alle 4 Jahre, aber mit einer Unstimmigkeit: Das Sommersolstitium und das Herbstäquinoktium führen auf 1474 und 1478, das Frühlingsäquinoktium auf 1472 und 1476. Die Entscheidung, wo das Richtige liegt, liefert die ekliptikale, geozentrische Länge des Mondes aus 1) zum Zeitpunkt des fraglichen Frühlingsäquinoktiums, $\lambda = 98^\circ$. Man berechnet genäherte Mondörter (nur die ersten L- und B-Störungsterme mitnehmen, denn die Mondörter aus dem 15. Jahrhundert sind nicht sehr genau) und erhält Übereinstimmung mit den Textangaben im gegenständlichen Terminbereich nur für das Jahr 1478, das somit die späteste mögliche Grenze für den Termin darstellt.

Es sei angemerkt, daß in der Angabe der Uhrzeit des Frühlingsäquinoktiums im Text ein unerklärlicher Fehler steckt. Die einfache Annahme, post meridiem (nach Mittag) statt ante meridiem (vor Mittag) zu lesen, darf man nicht machen, denn sie widerspräche 1a); denn der Anfang des Zeichens Krebs, $\lambda = 90^\circ, \beta = 0^\circ$ bzw. $\alpha = 6^{\text{h}}00,0^{\text{m}}$, $\delta = +23,5^\circ$ fällt wirklich am Tag des Frühlingsäquinoktiums für die geographische Breite $\varphi = +50^\circ$ auf 10^{h} Sonnenzeit. Fehlerhafte Angaben finden sich in Textstellen häufig. Hier ist dieser Fehler aber ohne Einfluß.

Die früheste mögliche Grenze für den Druck bildet die Konjunktion Mars/Saturn in der Jungfrau. Man berechnet diese Konjunktionen von 1472 an und untersucht, ob eine davon in das Zeichen Jungfrau ($\lambda = 150^\circ$ bis 180°) fällt. Man findet wirklich eine solche am 9. Oktober +1477 jul., $\lambda_K = 152^\circ$. Somit kann der Druck nicht vor Oktober 1477 liegen. Der erwähnte Komet ist der Komet +1472 Regiomontan, der nach dem Katalog "Helle Kometen von -86 bis +1950" tatsächlich im Januar dieses Jahres fast mit Venushelligkeit in hohen Breiten im Zeichen Jungfrau stand.

E) Ergebnis

Der Druck des Textes ist also im Herbst oder Winter +1477 erfolgt.-

Dieses Beispiel stammt von Prof. Dr. P. V. Neugebauer, Astronomische Chronologie I, Berlin 1929. Hier unbedeutend gekürzt bzw. ergänzt.

Referat: Berechnung von Sichtbarkeitsperioden.

Bei diesen Datierungsproblemen steht das Datum im Vordergrund. Hier Rechenpraxis eingestellt auf Weglassen von Refraktion, Parallaxe, Extinktion, die in empirische Tabellenwerte eingebaut wurden.

Mond

Neulicht (Altlicht) tritt an jenem Tag ein, an dem erstmals (letztmals) die Mondsichel nach (vor) Neumond gesehen werden kann. Für Sonnenmitte im mathematischen Horizont hat dabei die Mondmitte bei einer Azimutdifferenz DA gegenüber der Sonnenmitte erstmals (letztmals) mindestens die Höhe H_0 . K.Schoch gibt für H_0 die Tabelle:

DA	H_0	DA	H_0	DA	H_0	DA	H_0	DA	H_0
0°	10,4°	5°	10,0°	10°	9,3°	15°	8,0°	20°	6,2°
1	10,4	6	9,8	11	9,1	16	7,7	21	5,7
2	10,3	7	9,7	12	8,9	17	7,4	22	5,2
3	10,2	8	9,5	13	8,6	18	7,0	23	4,8
4	10,1	9	9,4	14	8,3	19	6,6		

- 1) Einige Untergangstermine der Sonnenmitte um vermutetes Neulichtdatum herum ermitteln. Neulicht frühestens 16^h nach Neumond.
- 2) Für diese Termine Azimut Sonne, Mond sowie Mondhöhe H berechnen.
- 3) Erster Termin, für den $H \geq H_0$ ist, liefert Neulichtdatum. H_0 aus Tafel. Für das Altlichtdatum verfährt man völlig sinngemäß.

Planeten und ekliptiknahe Sterne

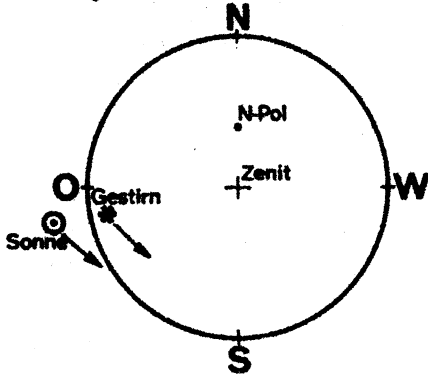
Sichtbarkeitsperiode beginnt mit heliakischem Aufgang = erstmalige Wahrnehmung nach Konjunktion mit Sonne (Abb.1) bzw. endet mit heliakischem Untergang = letztmalige Wahrnehmung vor Konjunktion mit Sonne (Abb.4 bis 8). Für Gestirn im mathematischen Horizont muß dabei die Sonnenmitte erstmalig bzw. letztmalig mindestens um den Sehungsbogen β unter dem mathematischen Horizont stehen. β hängt von der scheinbaren visuellen Gestirnhelligkeit mag nach Schoch ab:

mag	β	mag	β	mag	β
-4,0	4,9°	-1,0	9,4°	+2,0	13,5°
-3,0	6,5	0,0	10,4	+3,0	16,1
-2,0	8,0	+1,0	11,6	+4,0	19,3

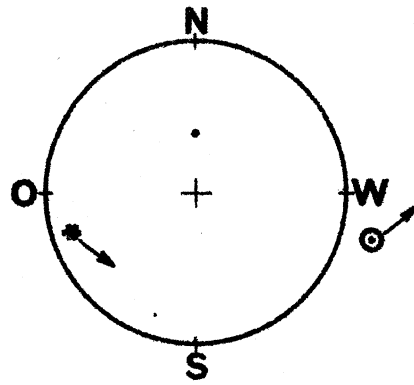
- 1) Einige Auf- bzw. Untergangstermine des Gestirns um vermutetes heliakisches Auf- bzw. Untergangsdatum herum ermitteln.
- 2) Für diese Termine berechnen, wie tief die Sonnenmitte unter dem mathematischen Horizont steht (negative Sonnenhöhe, H_0).
- 3) Erster bzw. letzter Termin, für den $|H_0| \geq \beta$ ist, liefert Datum des heliakischen Auf- bzw. Unterganges. Achtung: Merkur und Venus können auch am Morgen heliakisch unter- bzw. am Abend heliakisch aufgehen, bei Venus auch kurze Doppelsichtbarkeit möglich. Näheres: Sternenbote 8/1972 (N.Pachner).

① Heliakischer Aufgang

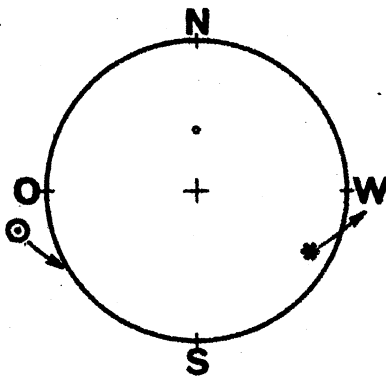
Beginn der Sichtbarkeitsperiode



② Akronychischer Aufgang

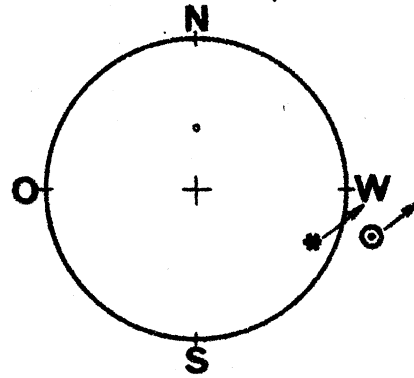


③ Kosmischer Untergang

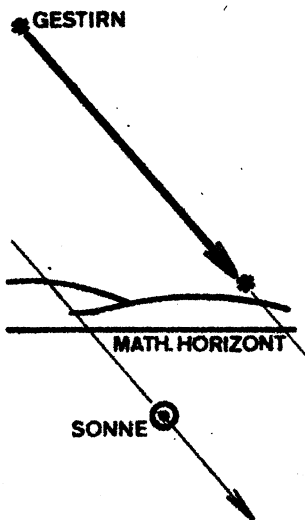


④ Heliakischer Untergang

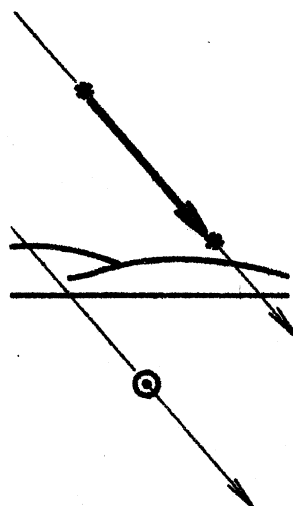
Ende der Sichtbarkeitsperiode



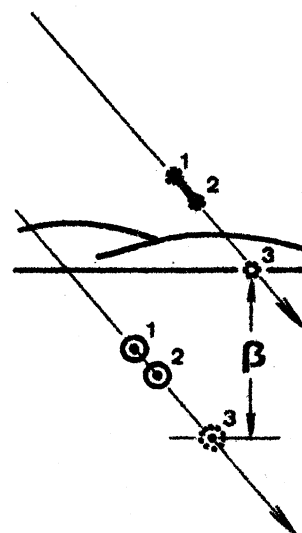
⑤ Mehrere Tage vor d. Hel. Unt.



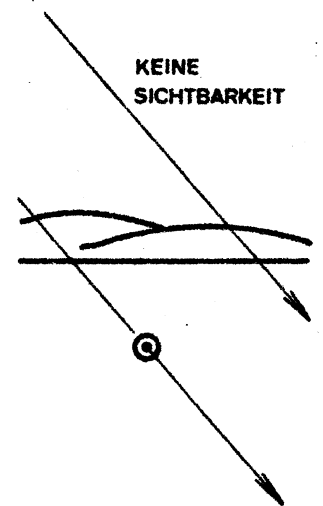
⑥ Wenige Tage vor d. Hel. Unt.



⑦ Heliakischer Untergang



⑧ Nach dem Hel. Unt.



Rechenanleitung: Kulminationen, Aufgänge, Untergänge.

Bei diesen Datierungsproblemen steht die Uhrzeit im Vordergrund.

Sterne

- 1) Berechnung der Rektaszension α und der Deklination δ für das gewünschte Datum, siehe Rechenanleitung "Präzession".
- 2) Sternzeit der oberen Kulmination = α
- 3) Die Sternzeit aus 2) wird nach der Rechenanleitung "Sternzeit und Sonnenzeit" in Zonenzeit transformiert und stellt dann die Zonenzeit der oberen Kulmination dar.
- 4) Der auf die Auswirkung der Refraktion korrigierte halbe Tagbogen t wird für die geographische Breite φ und die Seehöhe h (Meter) des Beobachtungsortes berechnet nach

$$t = 0,99727 \cdot \arccos \left(-\tan \delta \cdot \tan \varphi + \frac{\cos(90,567^\circ + 0,035^\circ \sqrt{h})}{\cos \delta \cdot \cos \varphi} \right)$$

und in Zeitmaß ausgedrückt.

- 5)

Zonenzeit	Aufgang	=	Zonenzeit obere Kulmination	-	t
	Untergang			+	t

Mond, Sonne, Planeten

Hier muß - besonders beim Mond - auf die während eines Tages nicht mehr vernachlässigbare Bewegung im äquatorealen Gradnetz Rücksicht genommen werden: Ganz allgemein müssen die Gestirnspositionen nicht nur für das Datum, sondern auch für die Uhrzeit des jeweiligen Ereignisses genommen werden. Diese Uhrzeit soll aber gerade ermittelt werden und so muß man den Weg der Iteration beschreiten.

- 1) Berechnung dreier ekliptikaler Positionen (beim Mond mit Äquatoreal-Horizontalparallaxe und Winkelhalbmesser) für Vordatum, Datum und Folgedatum, jeweils 0^h Weltzeit, damit man leicht Örter für Zwischenzeiten interpolieren kann.
- 2) Transformation der ekliptikalen Längen λ und Breiten β mit der mittleren Schiefe der Ekliptik $\bar{\epsilon}$ in α, δ , siehe Rechenanleitung "Transformation sphärischer Koordinaten".
- 3) Genäherte Sternzeit obere Kulmination = Rektaszension für 0^h Weltzeit des Datums.
- 4) Die Sternzeit aus 3) wird nach Rechenanleitung "Sternzeit und Sonnenzeit" in Zonenzeit transformiert.

Fortsetzung Rechenanleitung: Kulminationen, Aufgänge, Untergänge.

- 5) Für diese Zonenzeit aus 4) wird eine genauere Rektaszension des Gestirns interpoliert und diese als Sternzeit erneut in Zonenzeit transformiert. Nach einigen solchen Iterationen "steht" die Zonenzeit der oberen Kulmination; sie heißt "Kulm".
- 6) In analoger Weise wird die Zonenzeit der oberen Kulmination für das Vordatum "Kulm*" und das Folgedatum "Kulm**" berechnet.
- 7) Zur Korrektur des halben Tagbogens auf Gestirnbewegung wird das Zeitintervall $Korr^* = Kulm - Kulm^*$ sowie $Korr^{**} = Kulm^{**} - Kulm$ in Tagesbruchteilen berechnet. Beim Mond liegt dieser Wert in einem Bereich um 1,0350.
- 8) Mit der Deklination des Gestirns zum Datum, 0^h Weltzeit, wird nun der genäherte halbe Tagbogen t^* berechnet.

$$t = \arccos(-\tan \delta \cdot \tan \varphi)$$

- 9) Genäherte Zonenzeit $\begin{matrix} \text{Aufgang} \\ \text{Untergang} \end{matrix} = \begin{matrix} Kulm - t^* \\ Kulm + t^* \end{matrix}$
- 10) Mit der genäherten Zonenzeit für den Aufgang interpoliert man nun ein δ_{Auf} , mit jener für den Untergang ein δ_{Unter} .
- 11) Mit diesen beiden Zonenzeiten werden, wenn nötig, Π und SD interpoliert.
- 12) Berechnung des halben Tagbogens t_{Auf} für den Aufgang und t_{Unter} für den Untergang (Grade) und für die Seehöhe h (Meter) nach:

$$t_{\text{Auf}} = 0,997\ 27 \cdot \arccos(-\tan \delta_{\text{Auf}} \cdot \tan \varphi + \frac{\cos(z + 0,035 \cdot \sqrt{h})}{\cos \varphi \cdot \cos \delta_{\text{Auf}}})$$

$$t_{\text{Unter}} = 0,997\ 27 \cdot \arccos(-\tan \delta_{\text{Unter}} \cdot \tan \varphi + \frac{\cos(z + 0,035 \cdot \sqrt{h})}{\cos \varphi \cdot \cos \delta_{\text{Unter}}})$$

Für den Mond setzt man $z = 90,567^\circ + SD - \Pi$, für die Sonne $z = 90,567^\circ + SD$, also Oberrand; für die Planeten $z = 90,567^\circ$.

- 13) Die Korrektur dieser halben Tagbogen auf Gestirnbewegung wird durch Multiplikation mit $Korr^*$ bzw. $Korr^{**}$, je nachdem, in welchem Bereich das Ereignis liegt, vorgenommen:

$$t'_{\text{Auf}} = Korr \cdot t_{\text{Auf}}; \quad t'_{\text{Unter}} = Korr \cdot t_{\text{Unter}}$$

Die Angabe erfolgt hier nicht mehr in Grad-, sondern in Zeitmaß.

- 14) Zonenzeit $\begin{matrix} \text{Aufgang} \\ \text{Untergang} \end{matrix} = \begin{matrix} Kulm - t'_{\text{Auf}} \\ Kulm + t'_{\text{Unter}} \end{matrix}$, man verwendet $Kulm^*$ oder $Kulm^{**}$, je nachdem, ob in 13) die $Korr^*$ oder $Korr^{**}$ verwendet wurde.

Rechenanleitung: Lösung eines Ortungsproblems

A) Himmelsanblick

Der Himmelsanblick besteht nur aus einem einzigen Gestirn, dessen Rektaszension α und Deklination δ sowie Azimut A und Höhe H bekannt sind.

B) Beobachtungstermin

Der Beobachtungstermin ist nach Datum und Zonenzeit T_z , deren Zonenmeridian die geographische Länge λ_z hat, bekannt.

C) Behandlung des Ortungsproblems

Zunächst wird aus A, H, δ der Stundenwinkel t des Gestirns am Beobachtungsort berechnet; mit α ergibt sich die Sternzeit \mathcal{S} am Beobachtungsort. T_z wird in Weltzeit und weiter in Sternzeit für den Meridian von Greenwich \mathcal{S}_{GR} transformiert, siehe Referat "Sternzeit und Sonnenzeit". Die Differenz der Sternzeiten am Meridian von Greenwich minus Sternzeit am Meridian des Beobachtungsortes entspricht der geographischen Länge λ des Beobachtungsortes. Die geographische Breite φ des Beobachtungsortes folgt aus einem Ausdruck, der sich aus dem Pol-Zenit-Stern-Dreieck (Nautisches Dreieck) ableiten läßt.

$$1) t = \arcsin (- \cos H \cdot \sin A : \cos \delta)$$

$$2) \mathcal{S} = \alpha + t$$

$$3) UT = T_z + \lambda_z$$

$$4) UT \text{ in } \mathcal{S}_{GR} \text{ transformieren, } \lambda_z = \lambda = 0$$

$$5) \lambda = \mathcal{S}_{GR} - \mathcal{S}$$

$$6) \varphi = \arcsin \frac{\sin H \cdot \sin \delta - \cos \delta \cdot \cos t \cdot \cos H \cdot \cos A}{\sin^2 \delta + \cos^2 \delta \cdot \cos^2 t}$$

Beispiel

Al Lyr: $\alpha = 18^h 38^m 10^s$, $\delta = +38^\circ 47,7'$, $A = 50^\circ 00,0'$, $H = 20^\circ 48,0'$;
 +1977 05 01 greg., $19^h 00^m 00^s$ MEZ. $\lambda = -5^h 30^m 57^s$, $\varphi = +4^\circ 25,9'$.

Zur Übung spezialisieren Sie man die Rechenanleitung für die obere Kulmination, die untere Kulmination, den Durchgang durch den Ost- bzw. Westvertikal.

Referat: Lösung eines Ortungsproblems (Astronomische Navigation)

Die Lösung erfolgt nach dem oft benützten Höhenstandlinienverfahren.

Allgemeines: Ein Himmelsanblick, der aus der Höhe eines einzigen Gestirnes besteht, legt zusammen mit dem zugehörigen Beobachtungstermin den Beobachtungsort auf der Erdoberfläche nicht eindeutig fest. Diese Höhe H bzw. Zenitdistanz $90-H$ bestimmt einen Kreis auf der Erdoberfläche - siehe Zeichnung - auf dem alle Orte P liegen, für die zum angegebenen Termin das Gestirn die Höhe H hat; Visuren zum (unendlich fernen) Gestirn sind parallel! Die Ortslinie ist wirklich ein Kreis, denn die einzige Bewegungsfreiheit von P ist Rotation um a , den Strahl Gestirn-Erdmitte. Der Kreismittelpunkt ist jener Punkt der Erdoberfläche, in dem a sie durchstößt und sein stets in Richtung des Gestirnazimuts liegender Radius entspricht der Zenitdistanz des Gestirns. Drei in verschiedenen Azimuten stehende Gestirne legen mit ihren Höhen und zugehörigen Terminen drei solche Ortskreise fest, deren Schnitt P gibt.

Praxis: Diese Ortskreise komplett - etwa auf einem Globus - zu zeichnen, wäre umständlich und ungenau. Statt dessen geht man folgendermaßen vor - siehe Zeichnung:

- 1) Nahe dem gesuchten Ort $P (\lambda, \varphi)$ nimmt man einen Ort $P_0 (\lambda_0, \varphi_0)$ an und berechnet für diesen (siehe Rechenanleitung Koordinatentransformationen) die Azimute A_{01}, A_{02}, A_{03} und Höhen H_{01}, H_{02}, H_{03} , welche die drei Gestirne 1, 2, 3 zu den zugehörigen Terminen T_1, T_2, T_3 (Zonenzeit) jeweils besitzen.
- 2) Am Ort P besitzen die Gestirne 1, 2, 3 zu den Terminen T_1, T_2, T_3 jeweils die Höhe H_1, H_2, H_3 (Angabe bzw. Messung).
- 3) $DH_1 = H_1 - H_{01}, DH_2 = H_2 - H_{02}, DH_3 = H_3 - H_{03}$ berechnen.
- 4) P_0 auf einer Karte in Merkator-Projektion (Seekarte) eintragen und Azimutstrahlen A_{01}, A_{02}, A_{03} zeichnen; zweckmäßig auch ins Gegenazimut verlängern und Längenmaßstab wählen ($1' = x \text{ mm}$)
- 5) Von P_0 auf Strahl A_{01} Strecke DH_1 , auf A_{02} DH_2 , auf A_{03} DH_3 abtragen; negative DH von P_0 ins Gegenazimut abtragen. Die Normalen in den Endpunkten sind die Standlinien (Tangenten an die Ortskreise), die sich in P schneiden. Gestirnhöhen zwischen $20^\circ - 60^\circ$!

Beispiel

Himmelsanblick: Al Aur, $H_1 = 24^\circ 38,6'$; Al Vir, $H_2 = 29^\circ 02,7'$; Al Lyr, $H_3 = 26^\circ 15,7'$. Beobachtungstermine: $T_1 = +1977 \text{ 05 01 greg.}, 21^{\text{h}}30^{\text{m}}14^{\text{s}}$
 $T_2 = 21^{\text{h}}35^{\text{m}}17^{\text{s}}, T_3 = 21^{\text{h}}40^{\text{m}}59^{\text{s}}$ MEZ; $P_0 (-16^\circ 30,0' / +48^\circ 10,0')$. Es folgt $P (-16^\circ 28' / +48^\circ 13')$. Robert Weber, Reclang.8, A-1220 Wien.

