

ANGEWANDTE ASTRONOMISCHE
PHÄNOMENOLOGIE

In sich abgeschlossene Fortführung der Seminare
1992/1993 und 1994 zur Astronomischen Phänomenologie

- 1 - 2 Titelseite; Inhaltsverzeichnis. 24 Jahre Österreichische Sternfreunde-Seminare zur himmelskundlichen Weiterbildung.
- 3 - 14 Die Gestalt des Himmelsgewölbes und die Mondtäuschung (Wolfgang Vollmann, Wien).
- 15 - 18 Sonnenaufgänge und Sonnenuntergänge weltweit. Mit zwei Farb-Kurvenblättern aus "The Times Atlas of the World", 2.Auflage, HarperCollins, London 1965 (*).
- 19 - 26 Wahrer Mittag, Sonnenhöchststand, Tageshälften (OStR. Mag.Walter Hofmann, Wien).
- 27 - 32 Der Alexandrinische Sonnenring (Dipl.Ing.Norbert Pachner, Wien).
- 33 - 46 Zur Wiederkehr spezieller totaler Sonnenfinsternisse am gleichen Ort (Mag.Thomas Weiland, Wien).
- 47 - 54 Kleinste freisichtige Finsternisgrößen (*).
- 55 - 66 Die Nächte der fünf hellen Planeten (*).
- 67 - 68 Astronomisch-Phänomenologische Voraussetzungen zur Begünstigung von Kleinplaneten-Entdeckungen (Ing.Erich Meyer, Privatsternwarte Davidschlag OÖ).
- 69 - 76 Babylonische Beobachtungen (Univ.-Prof.Dr.Hermann Hunger, Institut für Orientalistik der Universität Wien).
- 77 - 84 Zur Problematik der Planetenperioden (Aus dem Artikel "Babylonische Astronomie" von Dr.Paul Ahnert †, Kalender für Sternfreunde 1971, Johann Ambrosius Barth, Leipzig).
- 85 - 96 Zur Praxis der Planetenperioden. Mit Probeseite 1997 aus den "Astronomischen Kurzkalendern 1900-2000", H.Mucke, Astronomisches Büro, Wien 1989 (*).
- 97 - 102 Himmelskundliche Einflüsse auf die mittelalterliche Stadtplanung (Hofrat Dipl.Ing.Dr.Erwin Reidinger, Winzendorf NÖ).

*) Prof.Hermann Mucke, Seminarleiter, Planetarium der Stadt Wien und Wiener Urania Sternwarte.

Das Seminar wurde an fünf Abenden im Frühling 1997 im Planetarium der Stadt Wien als Gemeinschaftsveranstaltung von diesem und dem Österreichischen Astronomischen Verein durchgeführt.

Als Fortsetzung der zwei Seminare 1992/1993 "Moderne Astronomische Phänomenologie" und 1994 "Astronomische Phänomenologie, Tatsachen, Probleme, Hilfsmittel" finden sich hier weitere Beiträge.

Astronomische Phänomenologie wurde jenes Sachgebiet benannt, das neu strukturiert und mit modernen Hilfsmitteln die Lehre von den Himmelserscheinungen und den aus ihr entspringenden Anwendungen - auch in Nachbarwissenschaften - umfaßt. Autoren solcher Seminarbeiträge haben schon derartige Anwendungen als Forschungsarbeiten veröffentlicht und sind z.T. schon früher mit solchen Problemstellungen in Berührung gekommen. Dieser Expertenkreis ist bereits über die Grenzen Österreichs hinaus gewachsen und weitere dokumentierte Veranstaltungen sind zu erhoffen.

→ Wiedergabe dieser Papiere oder deren Teile ist nicht gestattet. ←

S E M I N A R P A P I E R E

Die Dokumentation der Seminare 1973-1997 wurde vom Österreichischen Astronomischen Verein herausgegeben und umfaßt 2866 Seiten DIN A4. Ab Ausgabe 1979 einschließlich sind sie noch lieferbar. Bestellungen nimmt das Astronomische Büro, Hasenwartgasse 32, A-1238 Wien, Tel.+Fax (00431) 889 35 41, e-mail: astbuero@astronomisches-buero-wien.or.at entgegen; die Titel aller Beiträge in den Seminaren sind in der Homepage des Astronomischen Büros: <http://members.ping.at/astbuero/> zu finden.

1973	Astronomische Koordinatensysteme, 58	1987	Die Veränderlichen, 172
1974	Gebrauch astronomischer Jahrbücher, 81	1988	Die Galaxien, 223 (Hausrekord)
1975	Himmelskarten und ihr Gebrauch, 97	1989	Planet Erde, 211
1976	Fernrohre und ihr Gebrauch, 115	1990	Die Milchstraße
1977	Astronomische Phänomenologie, 106	1991	Die Sonnenuhren (in Urania), 100
1978	Amateurastronomie, Theor./Praxis, 108	1992	Moderne astronomische Phänomenologie, 137; dessen Fortsetzung,
1979	Astronomische Finsternisse, 104	1993	1994 Astr.Phänomenologie..., 105
1980	Die Kometen, 111	1994	Himmelskundliche Beobachtungen u. himmelskundliches Weltbild, 144
1981	Der Mond, 147	1995	Himmelskundliche Beobachtungen u. himmelskundliches Weltbild, 70
1982	Die Kleinplaneten, 164	1996	Angewandte Astronomische Phänomenologie, ~86
1983	Die Doppelsterne, 163		
1984	Die Sonne, 199		
1985	Himmelskunde und Kleinrechner, 167		
1986	Die Meteore, 127		

Die Zahlen hinter den Generalthemen geben die im Durchschnitt *pro Abend* tatsächlich anwesenden Teilnehmer an. Die Veranstalter bedauern die Verfügung einer bedeutenden Erhöhung der Gebühren seit 1996.

Näheres zu Absicht und Art der Österreichischen Sternfreundeseminare: Sternbote 7/1987.

Allen Vortragenden, Teilnehmern sowie Helfern sagen die Veranstalter herzlichen Dank.

Res severa est verum gaudium

Referat: Die Gestalt des Himmelsgewölbes und die Mondtäuschung

1 Einflüsse in der optischen Wahrnehmung

Hubert Rohracher schreibt in Lit.1 über reizabhängige Einflüsse in der optischen Wahrnehmung:

"Wie scharf wir etwas sehen, wie genau wir Tiefenunterschiede wahrnehmen und ob uns die Dinge farblos oder farbig scheinen, hängt ausschließlich von den Netzhautprozessen ab. Kein psychischer Einfluß ist imstande, bei einem kurzsichtigen Auge scharfe Seheindrücke, bei einäugigem Sehen genaue Tiefenunterschiede oder beim Mondlicht Farbenwahrnehmungen zustande zu bringen. In allen diesen Fällen besteht eine klare Kausalbeziehung zwischen den retinalen Reizverhältnissen und den Empfindungsgrundlagen der Wahrnehmung."

Es gibt aber auch eine ganze Reihe reizunabhängiger Einflüsse in der optischen Wahrnehmung.

Rohracher beschreibt unter anderem die Ausfüllung des Sehraums, der dem "blinden Fleck" auf der Netzhaut entspricht, geometrisch-optische Täuschungen und auch - für Himmelsbeobachter besonders interessant - die abgeplattete Form des Himmelsgewölbes, sowie die Mondtäuschung, also daß die scheinbare Größe des Mondes am Horizont beträchtlich größer als im Zenit gesehen wird.

Dieses Referat soll einige Auswirkungen der Art, wie wir Menschen optische Reize wahrnehmen, auf Beobachtungen des Himmels diskutieren.

2 Die Gestalt des Himmelsgewölbes

2.1 Die scheinbare Abplattung des Himmelsgewölbes

Marcel Minnaert schreibt in Lit.2:

"Wenn wir im freien Feld stehen und den Himmel sehen, haben wir normalerweise nicht den Eindruck eines grenzenlosen Raumes über uns, auch nicht den einer Halbkugel, die über uns und die Erde gestülpt ist. Vielmehr kommt es uns wie ein Gewölbe vor, dessen Höhe über unseren Köpfen geringer ist als die Entfernung zum Horizont. Es ist ein *Eindruck*, mehr nicht, für die meisten Menschen allerdings ein sehr starker Eindruck; er müßte also psychologischer, nicht physikalischer Natur sein."

1. Fortsetzung Ref.: Die Gestalt des Himmelsgewölbes und die Mondtäuschung

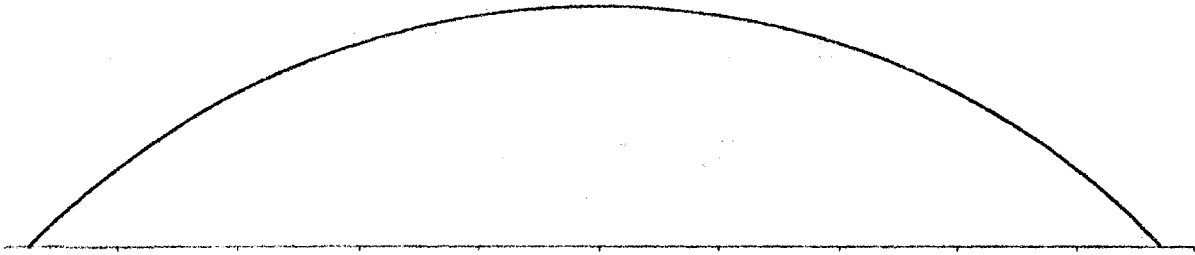


Abb.1: die scheinbare Form des Himmelsgewölbes

Es ist unmöglich, die scheinbare Abplattung des Himmelsgewölbes zu messen, doch wir können Schätzungen anstellen.

2.1.1 Schätzung des Streckenverhältnis' Auge-Horizont / Auge-Zenit

Wir schätzen das scheinbare Streckenverhältnis

$$\frac{\text{Auge-Horizont}}{\text{Auge-Zenit}}$$

Nach Minnaert werden je nach Beobachter und äußeren Bedingungen meist Werte zwischen 2 und 4 erhalten.

2.1.2 Schätzung der Mitte des Bogens Zenit-Horizont

Minnaert beschreibt kurz Beobachtungsmethode und Ergebnisse:

"Wir schätzen möglichst genau, wo die *Mitte des Bogens* Zenit-Horizont zu liegen scheint. Mißt man nach, so liegt diese Mitte meist nicht auf einer Höhe von 45°, sondern wesentlich tiefer, nämlich meistens zwischen 20 und 30°; seltener erhält man so niedrige Werte wie 12° oder so hohe wie 45°. Es ist wichtig, mit unvoreingenommenen Beobachtern zu arbeiten und ihnen einzuschärfen, daß sie nicht den Winkel, sondern den Bogen halbieren müssen. Ferner ist es wichtig, den Ort des Zenits richtig zu bestimmen: am besten, indem man sich erst in eine, dann in die entgegengesetzte Richtung wendet und prüft, ob die zwei so zustande gekommenen Schätzungen übereinstimmen."

Die so ermittelte scheinbare Abplattung des Himmels hängt von mehreren Umständen ab:

- der bewölkte Himmel erscheint flacher
- auch in der Dämmerung erscheint der Himmel flacher
- der dunkle Sternhimmel dagegen erscheint höher
- Im Mittel liegt der "Halbierungswinkel" bei 22° am Tag und bei 30° in der Nacht

Beobachtungen auf dem Meer sind zuverlässiger, da man völlig freie Sicht hat und auch sonst keine störenden Faktoren die Schätzungen beeinträchtigen.

2. Fortsetzung Ref.: Die Gestalt des Himmelsgewölbes und die Mondtäuschung

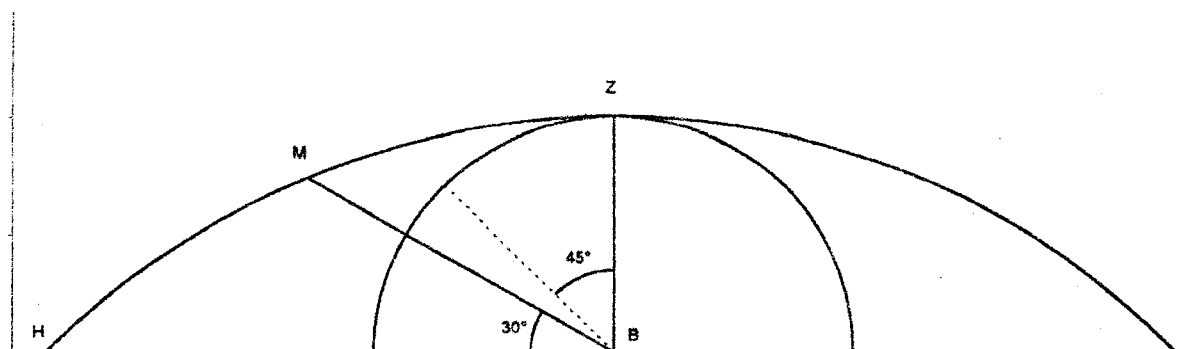


Abb.2: Mitte des Bogens (M) vom Zenit (Z) zum Horizont (H). B = Beobachter. Als Höhe der Mitte des Bogens ist 30° eingetragen, die Reimann für den dunklen Nachthimmel findet.

2.1.3 Reimanns Beobachtungen der Mitte des Bogens Zenit-Horizont

Eugen Reimann hat 1890 in Lit.4 eine sehr ausführliche Beobachtungsreihe mit solchen Schätzungen veröffentlicht. Nach der Schätzung der Mitte des Himmelsbogens wurde zu diesem Punkt mit einem einfachen Höhenmeßgerät visiert.

Als durchschnittliche Höhe der Mitte des scheinbaren Himmelsgewölbes am Tage ermittelte Reimann aus vielen Beobachtungen $21,5 \pm 0,1^\circ$. Ein Einfluß eines anderen Beobachtungsortes bzw. der Jahreszeiten war nicht eindeutig feststellbar. Bewölkung scheint aber diese Schätzungen merklich zu verändern: Reimann erhielt

bei völlig heiterem Wetter	$22,5^\circ$
bei völliger Bedeckung durch Wolken	$20,6^\circ$

als Mittelwerte der Höhe des Bogens.

Reimann stellte auch Versuche mit mehreren Testpersonen an. Die Schätzungen schwankten je nach Beobachter stark zwischen 22 und 38° . Auch die Einzelschätzungen eines solchen (ungeübten) Beobachters streuten um 2 bis 7° .

Bei ähnlichen Beobachtungen des Nachthimmels fand Reimann

in völlig heiterer Nacht bei Mondschein	$26,6 \pm 0,2^\circ$
in völlig heiterer Nacht ohne Mondschein	$30,0 \pm 0,2^\circ$

2.2 Welche Form hat das Himmelsgewölbe?

Viele Autoren, so auch Reimann (Lit.4), gingen davon aus, daß das Himmelsgewölbe die Form einer Kugelkalotte besitzt.

3. Fortsetzung Ref.: Die Gestalt des Himmelsgewölbes und die Mondtäuschung

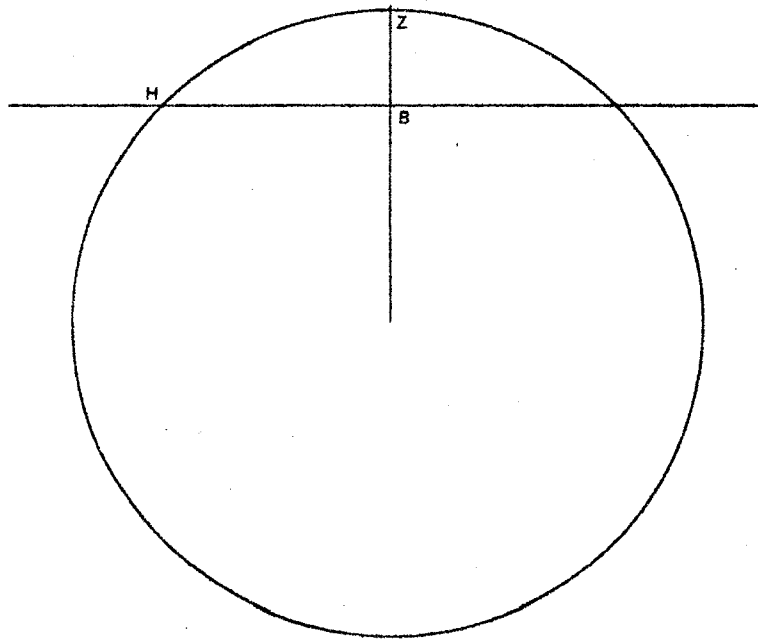


Abb.3: Das Himmelsgewölbe als Kugelkalotte. Maßstäblich gezeichnet für die Mitte des Bogens Zenit-Horizont in 30° Höhe (dunkler Nachthimmel).

Wenn die Höhe des Halbierungswinkels des Bogens Zenit-Horizont als m bezeichnet wird, folgt daraus o , der zugehörige Winkel am Mittelpunkt der Kugel aus

$$p = \frac{2}{\cos m} \sqrt{1/3 \cos(30^\circ + m) \cos(30^\circ - m)}$$

$$\cos 3z = \frac{\cos 2m}{p^3 \cos^2 m}$$

$$\cos o = p \cos z$$

Der Radius r der Himmelskugel ist dann (in Einheiten der Entfernung Beobachter-Zenit):

$$r = \frac{1}{2 \sin^2 o}$$

Für einen beliebigen Punkt auf der Himmelskugel, dessen Höhe über dem Horizont i ist, ermittelt man die Länge des zugehörigen Strahls ρ_i aus

$$\sin n = \cos 2o \cos i$$

$$\rho_i = r \frac{\cos(i + n)}{\cos i}$$

4. Fortsetzung Ref.: Die Gestalt des Himmelsgewölbes und die Mondtäuschung

Beispiel:

Für $m = 30,0^\circ$ (nach Reimanns Beobachtungen gültig für den klaren Nachthimmel ohne Mondschein) findet man:

$$o = 22,97^\circ$$

$$r = 3,283$$

Für i von 0° (Horizont) bis 90° (Richtung Zenit) findet man die Länge des Strahls ρ_i zu:

i	ρ_i	i	ρ_i
0	2,359	50	1,188
10	1,996	60	1,101
20	1,704	70	1,043
30	1,479	80	1,011
40	1,311	90	1,000

2.3 Form und Größe des Himmelsgewölbes nach Sterneck

R. Daublebsky v. Sterneck (Lit.3) findet, daß ein Rotationshyperboloid die wahrgenommene Form des Himmels am besten darstellt.

Er schätzte die Form und Größe des Himmels mit verschiedenen Methoden (siehe unten) und erhielt daraus für jede Beobachtungsmethode eine eigene Referenzfläche, die dem wahrgenommenen Himmelsgewölbe entspricht.

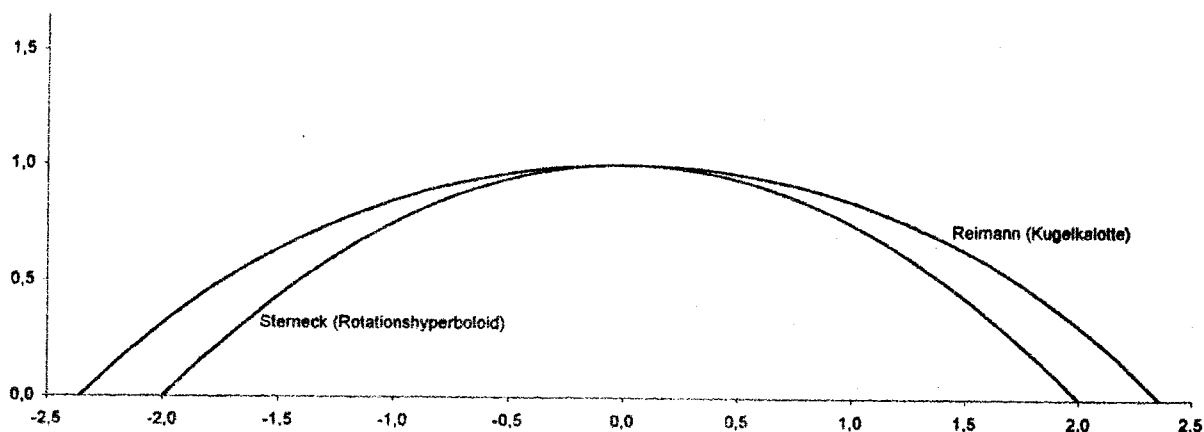


Abb.4: Form des Himmelsgewölbes als Kugelkalotte bzw. als Rotationshyperboloid.

Als Grundidee diente Sterneck die Beobachtung, daß z.B. die Sonne so groß wie ein Suppenteller (also z.B. 15 cm) aussieht. Da uns der Sonnendurchmesser unter dem Winkel von 32 Bogenminuten erscheint, folgt daraus eine wahrgenommene "Entfernung" der Sonne von 16,1 Metern. Aus vielen solchen Beobachtungen der Sonne in unterschiedlichen Höhen und Richtungen kann man nun einen Körper konstruieren, dessen Oberfläche eben als Referenzfläche für die linearen Schätzungen des Sonnendurchmessers zu dienen scheint.

2.3.1 Beschreibung der Referenzflächen

Eine solche Referenzfläche in Form eines Rotationshyperboloides läßt sich durch zwei Parameter gut beschreiben:

b = Entfernung Beobachter - Horizont bei Höhe 0°

$m+1$ = Faktor, um den das Himmelsgewölbe im Zenit gedrückt erscheint

Z.B. findet Sterneck für den Sternhimmel $b=24,4$ Meter und $m+1=2$; der Zenit erscheint also in einer Entfernung von 12,2 Metern.

Nun läßt sich aus b und m (aus $m+1$) für jede Höhe i über dem Horizont die Länge des Leitstrahls ρ_i zur Referenzfläche berechnen. Damit läßt sich ein Diagramm wie in Abb.4 zeichnen.

$$\rho_i = \frac{b}{m \sin i + 1}$$

Beispiel: für $b=24,4$ Meter und $m+1=2$:

i	ρ_i	i	ρ_i
0	24,4	50	13,8
10	20,8	60	13,1
20	18,2	70	12,6
30	16,3	80	12,3
40	14,9	90	12,2

2.3.2 Referenzfläche des Sternenhimmels

Sterneck benutzte Sternpaare gleicher Höhe, deren wahrgenommene lineare Entfernung in Zentimetern geschätzt wurden. Danach wurden Höhe und Winkelabstand des Sternpaares gemessen.

Ergebnis: $b = 24,4$ Meter; $m+1 = 2$

Als *Erklärungsversuch* für die beobachtete Abplattung des Sternhimmels schlägt Sterneck die mit sinkender Höhe stark wachsende Extinktion des Sternlichts vor.

2.3.3 Referenzfläche der Sonne

Der Sonnendurchmesser wurde in linearem Maß abgeschätzt. Dabei wurde die Sonne bei höherem Stand zur Vermeidung von Blendung durch ein dunkles Glas abgedämpft.

Ergebnis: $b = 25,3$ Meter; $m+1 = 2,5$

Das zum Sonnenbild gehörende Himmelsgewölbe ist also ein wenig flacher als das des Sternhimmels und ungefähr gleich groß.

2.3.4 Referenzfläche des Wolkenhimmels

Hier wurden Wolkendetails bzw. eine kleine Wolke in linearem Maß geschätzt und danach Höhe und Winkelabstand der Details gemessen.

6. Fortsetzung Ref.: Die Gestalt des Himmelsgewölbes und die Mondtäuschung

Ergebnis: $b = 109,4$ Meter; $m+1 = 9$

Der Wolkenhimmel erscheint also viel flacher als der Sternhimmel oder Sonnenhimmel. Grund dafür ist, daß der Horizont viel weiter entfernt scheint; für die Höhe des Himmelsgewölbes im Zenit findet Sterneck hier 12,2 Meter, wie beim Sternhimmel.

2.3.5 Referenzfläche des Mondes

Die Beobachtungsmethode war dieselbe wie bei der Sonne.

Ergebnis: in Höhen über 12° bei Tag wie bei der Sonne; bei Nacht wie beim Sternenhimmel.

Bei Höhen unter 12° erscheint der Mond in der Dämmerung noch $1\frac{1}{2}$ mal größer als sonst. Bei Nacht erschien Sterneck der Mond umso mehr vergrößert, je mehr er den ihn umgebenden Teil des Himmels erleuchtet (also besonders um den Vollmond und bei dunstigem Wetter).

2.3.6 Die Unterschätzungstheorie von Sterneck

Ein Erklärungsversuch für diese beobachteten Referenzflächen ist, daß wir Entfernungen systematisch unterschätzen. Die Entfernung naher Gegenstände wird nur geringfügig unterschätzt. Je größer aber die Entfernung ist, desto mehr unterschätzen wir sie, bis sich die scheinbare Entfernung schließlich einem Grenzwert nähert.

Von Sterneck gibt folgenden Zusammenhang zwischen der scheinbaren Entfernung d' und der tatsächlichen Entfernung d :

$$d' = \frac{cd}{c+d}$$

c ist eine "Unterschätzungskonstante": die größte Entfernung, die wir unter den gegebenen Bedingungen noch schätzen können; sie liegt zwischen 200 Meter und 20 Kilometer.

Minnaert gibt als Beispiel dafür eine Wolkenschicht mit einer Höhe von 2,5 km an. Wir müßten sie als extrem flache Schale sehen, da unser Auge durch die Krümmung der Erde 178 km von der Wolkendecke am Horizont und 2,5 km von der Wolkendecke im Zenit entfernt ist. Wir sehen den bewölkten Himmel aber nicht so: die kurze Entfernung wird ein wenig, die große stark unterschätzt. Wenn wir das Verhältnis der Entfernungen Auge-Horizont zu Auge-Zenit z.B. zu 5 schätzen, können wir mit $c = 10,6$ km die richtigen Werte erhalten.

2.4 Einfluß der Blickrichtung auf die Form des Himmelsgewölbes

Minnaert zitiert eine Reihe von Beobachtungen die darauf hinweisen, daß die Form des Himmelsgewölbes mit unserer Blickrichtung bezüglich unserer Körperhaltung zusammenhängen:

- beim Liegen im Schaukelstuhl erscheint auch der hoch am Himmel stehende Mond, der jetzt in unserer Blickrichtung liegt, vergrößert

7. Fortsetzung Ref.: Die Gestalt des Himmelsgewölbes und die Mondtäuschung

- beim flachen Liegen auf dem Rücken erscheint uns der Horizont, dem unser Kopf jetzt zugewendet ist, abgeplattet und der Zenit, auf den wir blicken, kugelförmiger
- Im Kniehang kopfüber am Reck soll der Himmel tatsächlich als Halbkugel erscheinen (eine ziemlich unbequeme Methode...)

2.5 Weitere Verformungen der wahrgenommenen Gestalt des Himmelsgewölbes

Minnaert erwähnt auch Beobachtungen, daß Gegenstände auf der Erde die Wahrnehmung von Entfernung und Gestalt des Himmelsgewölbes stark beeinflussen:

- der Himmel über einem Wald kommt uns näher vor als der über freiem Feld
- wenn der Blick über Eisenbahnschienen "in die Ferne schweift" erhalten wir den Eindruck weiter Entfernung des Himmels. Decken wir die Landschaft bis zum Horizont ab, rückt uns der Horizont scheinbar viel näher.
- Die wahrgenommene Höhe des Himmelsgewölbes wird durch hohe Masten merklich nach oben gestreckt.

2.6 Auswirkungen der Gestalt des Himmelsgewölbes

1. Die Form von Erscheinungen wie Regenbogen, Haloerscheinungen um Sonne und Mond, Dämmerungsstrahlen, Nordlichter und Kometenschweiften hängt von der wahrgenommenen Gestalt des Himmelsgewölbes ab, da sich diese Erscheinungen darauf projizieren.

2. In der Meteorologie muß beim Grad der Bewölkung berücksichtigt werden, daß sich das scheinbare Himmelsgewölbe nicht mit der mathematischen Halbkugelform deckt.

3. Höhenwinkel werden normalerweise stark überschätzt. Näheres dazu finden Sie im folgenden Abschnitt.

4. Die auffällige Vergrößerung von Sonne und Mond bei ihrem Auf- und Untergang (die "Mondtäuschung"). Genaueres siehe dazu unter Abschnitt 3.

5. Sternbilder werden nahe dem Horizont viel ausgedehnter wahrgenommen als bei ihrer Kulmination. Dieser Effekt entspricht der Mondtäuschung.

2.7 Das Überschätzen von Höhenwinkeln

Minnaert schreibt:

"Bei der scheinbaren Abplattung des Himmelsgewölbes spielt eine Rolle, daß wir die Höhen über dem Horizont zu groß schätzen. Offenbar verwechseln wir die Bogenlänge mit dem Höhenwinkel."

Auswirkungen für die Beobachtung:

1. Im Winter steht die Sonne zur Mittagszeit scheinbar ziemlich hoch, obwohl sie in Wien nur etwas mehr als 18° über dem Horizont steht. Im Sommer kommt es uns vor, als stünde sie fast im Zenit - dabei steht sie in Wirklichkeit in Wien nie höher als etwas mehr als 65° .

2. Wir überschätzen die Höhe von Hügeln und die Steilheit eines vor uns liegenden Berges.

3. Wir überschätzen die Höhen von Meteoren und anderen Himmelserscheinungen. Das muß z.B. bei der Bestimmung einer Meteorbahn aus Höhenschätzungen berücksichtigt werden.

3 Die scheinbaren Durchmesser von Sonne und Mond und die Mondtäuschung

3.1 Wie groß erscheinen uns Sonne und Mond?

Auf der Urania Sternwarte veranstalte ich manchmal ein kleines Experiment: die Besucher sollen raten, ob bei ausgestrecktem Arm der kleine Finger, der Daumen oder die zur Faust geballte Hand nötig ist, um den Mond vollständig abzudecken.

Alle Beobachter sind verblüfft, daß die Breite des kleinen Fingers in der Weite des ausgestreckten Arms den Mond vollständig zudeckt, ganz gleich ob er hoch oder tief steht. Anscheinend nehmen wir den Mond viel größer wahr, als er sich dann beim Nachmessen erweist und wir überschätzen die scheinbare Größe des Mondes besonders, wenn er tief am Himmel steht.

3.2 Wie groß können wir Sonne und Mond messen?

Mond und Sonne erscheinen uns am Himmel unter einem Winkel von einem halben Grad. Bei der Sonne schwankt dieser Winkel infolge der veränderlichen Entfernung Erde-Sonne zwischen 31,5 und 32,5 Bogenminuten, im Mittel 32,0'. Der Mond ist im scheinbaren Durchmesser stärker veränderlich, zwischen 29,3 und 33,5', im Mittel 31,1'.

Diese tatsächlichen Änderungen der scheinbaren Durchmesser sind anscheinend zu klein, um ohne Meßinstrument wahrgenommen zu werden.

3.3 Darstellung von Sonne und Mond im Planetarium

Planetarien streben nach der möglichst naturgetreuen Darstellung des Himmels. Da wir Sonne und Mond größer wahrnehmen als sie sind, müssen beide im Planetarium übernatürlich groß projiziert werden, um dem tatsächlichen Eindruck am Himmel zu entsprechen! Die in den verschiedenen Geräten realisierten Werte liegen im allgemeinen in der Nähe der doppelten Größe (Lit.5).

Einige Projektoren für Sonne und Mond sind sogar mit Zoom-Optiken veränderlicher Brennweite ausgestattet, um die im folgenden Abschnitt beschriebene Mondtäuschung nachzubilden.

3.4 Die scheinbare Vergrößerung von Sonne und Mond am Horizont (die "Mondtäuschung")

Schon oft habe ich von Besuchern der Wiener Urania-Sternwarte bei Führungen um die Vollmondzeit die Frage gehört: "Warum ist der Mond beim Aufgang bzw. Untergang soviel größer als hoch oben?".

Was könnte der Grund für diese Wahrnehmung sein?

3.5 Tatsächliche Änderung des scheinbaren Durchmessers des Mondes mit der Höhe

Es gibt beim Mond (in viel geringerem Maß auch bei der Sonne) eine tatsächliche Änderung des scheinbaren Durchmessers, abhängig von der Höhe über dem Horizont: im Horizont ist der Mond um einen Erdradius weiter von uns entfernt als im Zenit, erscheint also tatsächlich etwas *kleiner* als im Zenit!

In der durchschnittlichen Entfernung des Mondes von 384.400 km erscheint uns der Monddurchmesser von 3.476 km unter dem Winkel von 31,1 Bogenminuten. Falls der Mond im Zenit über uns steht und wir von einem Ort am Äquator der Erde aus beobachten, ist er uns einen Äquatorradius der Erde von 6.378 km näher, also $384.400 - 6.378 = 378.000$ km. Er erscheint uns dann größer als am Horizont, unter dem Winkel von 31,6'. Der Unterschied von 0,5' ist ohne Meßgerät nicht wahrnehmbar.

3.6 Wie groß nehmen wir Sonne und Mond wahr?

Alle diese Messungen und Rechnungen können unsere Wahrnehmung nicht beeinflussen: wir sehen den aufgehenden Vollmond oft erschreckend groß; er erscheint winzig klein, wenn er hoch am Himmel steht. Die Vergrößerung von Sonne und Mond ist also ein psychologisches Phänomen.

3.6.1 Beobachtung der Durchmesser von Sonne und Mond

Minnaert beschreibt eine Möglichkeit, diese Vergrößerung zu messen. Am besten klebt man eine Reihe weißer Scheiben von zunehmender Größe auf einen schwarzen Hintergrund. Stellen Sie diese Vergleichsscheiben gegenüber dem zu beobachtenden Himmelskörper auf, damit kein direkter Vergleich der Winkel möglich ist. Dann wenden Sie sich zuerst dem Himmelskörper zu, prägen sich gut seine scheinbare Größe ein, drehen sich um, und vergleichen Sie das Bild aus dem Gedächtnis mit der scheinbaren Größe der weißen Kartonscheibe. Führen Sie solche Schätzungen bei hoch- und bei tiefstehendem Mond aus.

Die so erhaltenen Zahlen zeigen, daß uns Sonne und Mond in Horizontnähe gut $2\frac{1}{2}$ bis $3\frac{1}{2}$ mal größer erscheinen als hoch am

10. Fortsetzung Ref.: Die Gestalt des Himmelsgewölbes und die Mondtäuschung

Himmel! Der Unterschied zwischen dem physikalischen und dem psychologischen Phänomen ist also ungemein deutlich. Bei bewölktem Himmel oder in der Dämmerung ist der Effekt noch ausgeprägter.

3.7 Warum nehmen wir Himmelskörper in Horizontnähe größer wahr?

Lit.6 diskutiert einige der hauptsächlichsten Erklärungsversuche:

1. Erklärungsversuch: Die differentielle Refraktion in Horizontnähe erzeugt die Mondtäuschung.

Dieser Effekt führt auf jeden Fall zur abgeplatteten Form des Mondes in Horizontnähe. Es ist schwer zu erkennen, wie das eine Vergrößerung bewirken sollte.

2. Erklärungsversuch: Die unterschiedliche Blickrichtung des Auges Richtung Horizont bzw. Zenit erzeugt die Mondtäuschung.

In diesem Fall sollte bei einem liegenden Beobachter der Mond hoch am Himmel vergrößert gegenüber dem am Horizont erscheinen. Das wird anscheinend nicht so gesehen.

3. Erklärungsversuch: Vordergrundobjekte wie Häuser und Bäume beeinflussen durch Vergleich die Wahrnehmung des Monddurchmessers. Der Grund für diese Beeinflussung ist schwer erkennbar. Gegen diese Erklärung spricht auch, daß Flugzeugpiloten auch in sehr großer Höhe die Mondtäuschung noch wahrnehmen.

3.8 Die Eisenbahnschienen-Täuschung

Eine bekannte optische Täuschung ist in Abb.5 dargestellt (Lit.1 bzw. 6). Wir sehen "parallele" Schienen, die in der Entfernung durch die Perspektive zusammenlaufen. Zwei Balken genau gleicher Länge sind zwischen den Schienen aufgelegt. Der "weitere" der beiden Balken erscheint merkbar länger als der nähere.

Durch die auf der Zeichnung angedeutete Perspektive akzeptieren wir den oberen Teil der Zeichnung als weiter entfernt als den unteren Teil. Da der obere Balken weiter entfernt zu sein scheint und von gleicher Winkelgröße ist, muß er viel länger sein als der untere, "nähere".

Diese optische Täuschung ist eine von vielen, bei denen Hintergrundobjekte die Wahrnehmung von Vordergrundobjekten beeinflussen.

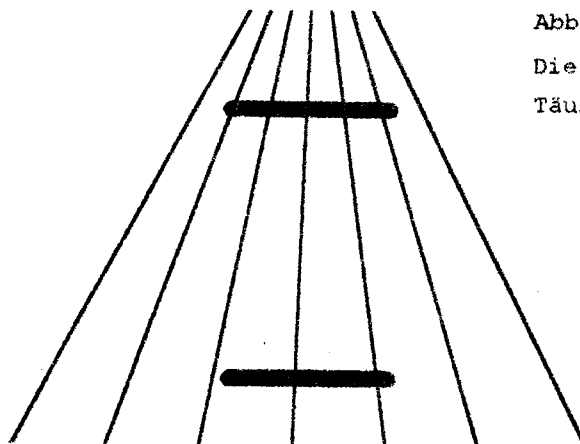


Abb. 5:

Die "Eisenbahnschienen-Täuschung"

3.9 Erklärung der Mondtäuschung durch die scheinbare Form des Himmelsgewölbes

Carl Wenning verbindet in Lit.6 die Form des Himmelsgewölbes mit der Erklärung der "Eisenbahnschienen-Täuschung".

Das Himmelsgewölbe erscheint uns abgeplattet, der Horizont viel weiter entfernt als der Zenit. Da der Winkeldurchmesser des Mondes tief oder hoch am Himmel gleich bleibt, muß er gegenüber dem "weit entfernten" Horizont größer aussehen als gegenüber dem vergleichsweise näheren hohen Teil des Himmels.

Die Erklärung der Mondtäuschung wäre damit ganz ähnlich der oben beschriebenen, sofern man das Bild der Eisenbahnschienen auf den Kopf stellt (versuchen Sie es!).

Die scheinbare Vergrößerung der Sternbilder in Horizontnähe kann ebenso erklärt werden.

4 Literatur

1. Hubert Rohracher: Einführung in die Psychologie. Verlag Urban & Schwarzenberg, Wien-München-Berlin 1971.
2. Marcel Minnaert: Licht und Farbe in der Natur. Verlag Birkhäuser, Basel-Boston-Berlin 1992.
3. R. Daublebsky v. Sterneck: Über die scheinbare Form des Himmelsgewölbes und die scheinbare Größe der Gestirne. Aus den Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem.-naturw. Klasse; Bd. CXV, Abt. IIa. Mai 1906.
4. Eugen Reimann: Beiträge zur Bestimmung der Gestalt des scheinbaren Himmelsgewölbes. Programm des Königlichen Gymnasiums zu Hirschberg - Ostern 1890.
5. Ludwig Meier: Der Himmel auf Erden. Die Welt der Planetarien. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig-Heidelberg 1992.
6. Carl J. Wenning: New Thoughts on Understanding the Moon Illusion. In: The Planetarian, Vol. 14, #4, December 1985.

Ich danke meiner Frau, Dr. Elisabeth Höfler, für Literaturhinweise und Gespräche zum Thema dieses Referats.

Wolfgang Vollmann, Gerichtsgasse 20/23, A-1210 Wien

Referat: Sonnenaufgänge und Sonnenuntergänge weltweit

Kurvenblätter: Linien

Die beigelegten Kurvenblätter gestatten es, die Auf- und Untergänge der Sonne weltweit - von Pol zu Pol - für alle Tage im Jahr mit einer Genauigkeit von wenigen Zeitminuten zu ermitteln.

Die senkrechten, geraden Linien bezeichnen das Datum im gregorianischen Kalender im Intervall von 5 zu 5 Tagen, wobei das letzte in den Monaten mit 31 Tagen 6, im Februar aber 3 Tage enthält.

Die waagrechten geraden Linien bezeichnen die geographische Breite von 90° Nord bis 90° Süd im Intervall von 10° zu 10°.

Die roten Kurven verbinden gleiche mittlere Ortszeiten, zu denen die Sonne auf- bzw. untergeht, der Oberrand der Sonne im mathematischen Horizont erscheint. Es ist somit auch die Strahlenbrechung in der Lufthülle der Erde enthalten. Notfalls muß die Uhrzeitkurve geschätzt werden, die durch den Schnittpunkt der gewünschten Datumlinie und Linie der geographischen Breite geht.

Der gregorianische Kalender ist so genau auf den Sonnenlauf abgestimmt, daß sich jedes 4. Jahr die Auf- und Untergangsurzeiten eines Jahres auf die Zeitminute wiederholen und in Zwischenjahren sowie innerhalb einiger Jahrhunderte um die Gegenwart selbst bis zu den Polarkreisen nur um höchstens einige Zeitminuten verschieden sind.

Kurvenblätter: Farbbereiche

Dunkelblau: Sonne stets unter -18° Höhe, Polarnacht.

Mittelblau: Sonne stets -12° oder tiefer, es gibt astronomische Dämmerung.

Hellblau: Sonne stets -6° oder tiefer, es gibt nautische Dämmerung.

Weiß: Sonnenoberrand bleibt unter dem mathematischen Horizont, es gibt bürgerliche Dämmerung.

Dunkelgrün: Sonne geht auf und unter, sinkt aber nicht tiefer als -18°, es gibt astronomische Dämmerung.

Mittelgrün: Sonne geht auf und unter, sinkt aber nicht tiefer als -12°, es gibt nautische Dämmerung.

Hellgrün: Sonne geht auf und unter, sinkt aber nicht tiefer als -6°, es gibt bürgerliche Dämmerung.

Grün außerhalb des Auf- und Untergangsbereichs: Dämmerungsphasen.

Gelb: Sonnenoberrand über dem mathematischen Horizont. Polartag.

Rosa: Sonnenauf- und Sonnenuntergänge das ganze Jahr über. Sonne

1. Fortsetzung Referat: Sonnenauf- und Sonnenuntergänge weltweit.

sinkt allnächtlich unter -18° .

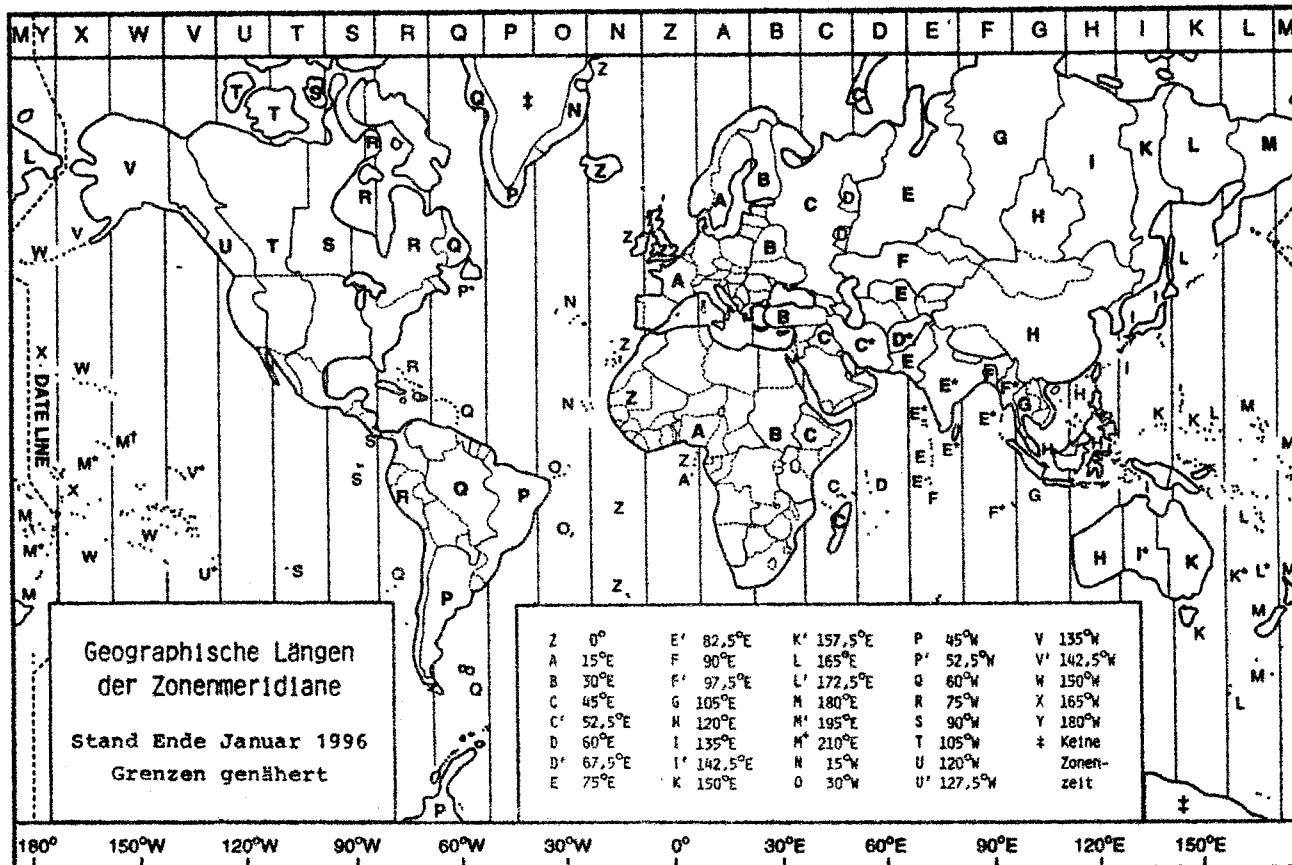
Zonenzeit

Jede mittlere Ortszeit gilt nur auf dem Meridian ihres Beobachtungs-ortes; 1° Unterschied in geographischer Länge entsprechen 4 Zeit-
minuten. Wir sprechen von Zonenzeit, wenn die mittlere Ortszeit eines
Meridians - des Zonenmeridians - für ein gewisses Gebiet gelten soll.
Liegt der Ortsmeridian um \ddot{o} Grade östlich des Zonenmeridians, so sind
 $\ddot{o} \times 4$ Zeitminuten von der mittleren Ortszeit abzuziehen, liegt er w
Grade westlich, so sind $w \times 4$ Zeitminuten zuzufügen, um Zonenzeit
zu erhalten.

Beispiele:

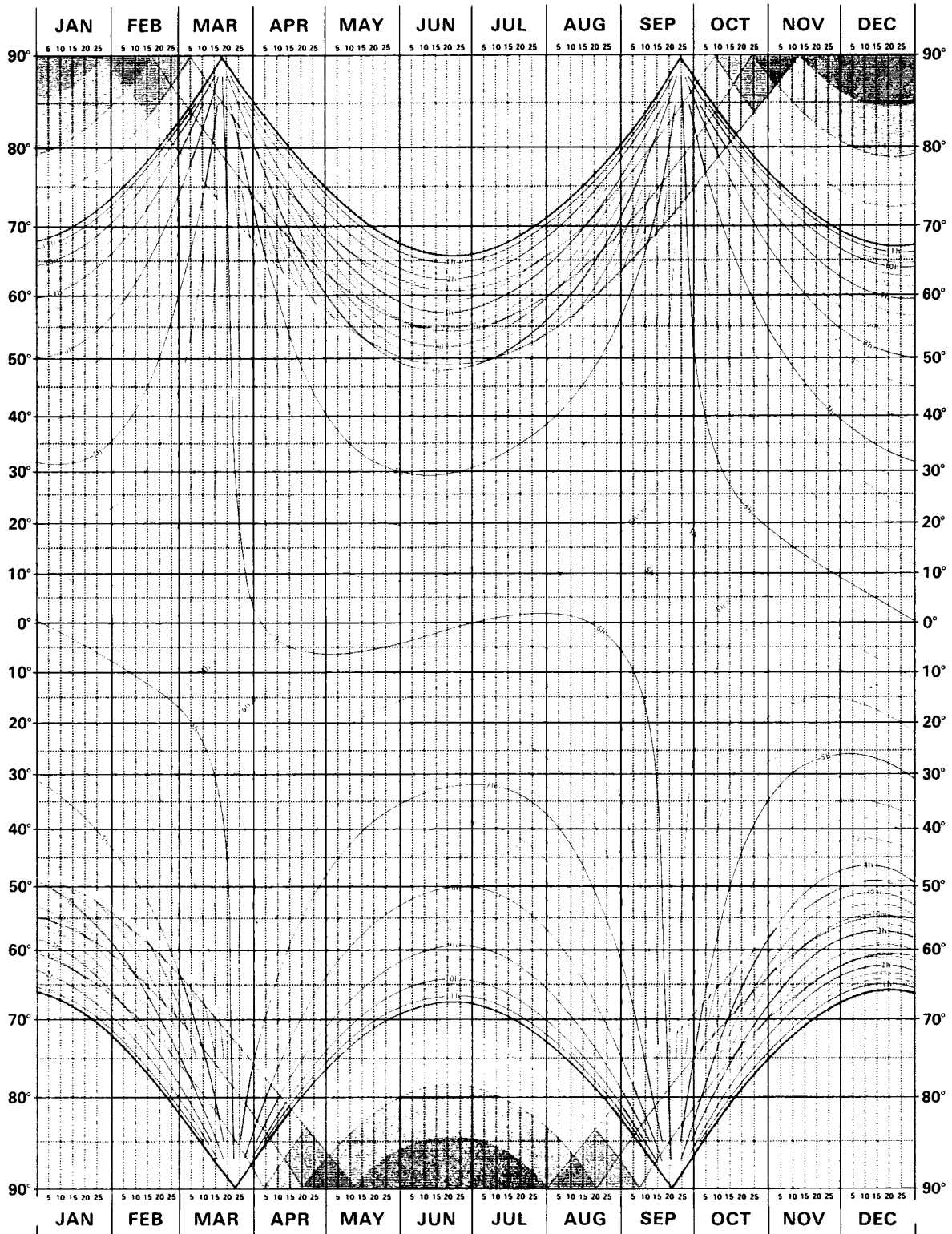
25. März, geogr. Breite $+20^{\circ}$: Aufgang $6^{\text{h}}00$, Untergang $18^{\text{h}}13$ mittlere
Ortszeit; geogr. Länge Ortsmeridian $16,25^{\circ}$ Ost, Zonenmeridian 15° Ost
(MEZ): $1,25^{\circ} \times 4 = 6,0$ Zeitminuten. MEZ Aufgang $5^{\text{h}}54$, Untergang $18^{\text{h}}07$.

8. April, geogr. Breite -57° : Aufgang $6^{\text{h}}40$, Untergang $17^{\text{h}}22$ mittlere
Ortszeit; geogr. Länge Ortsmeridian 78° West, Zonenmeridian 75° West
(EST): $3 \times 4 = 12$ Zeitminuten. EST Aufgang $6^{\text{h}}52$, Untergang $17^{\text{h}}34$.



Nach "Astronomical Phenomena 1998", HMSO, London 1996; Beilagen aus
"The Times Atlas of the World", 2. Aufl., HarperCollins, London 1965.
Prof. Hermann Mucke, Hasenwartg. 32, A-1238 Wien.

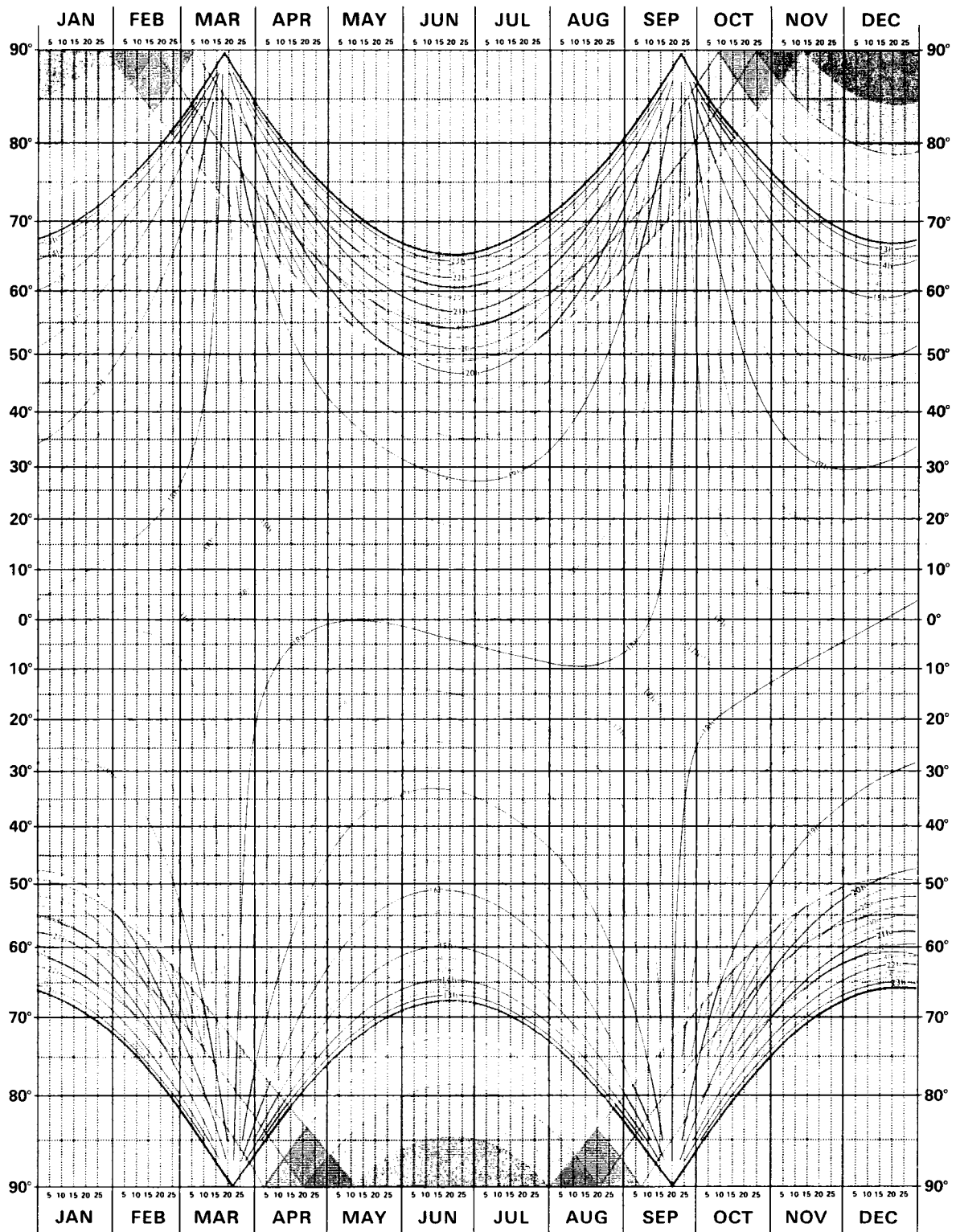
SONNENAUFGÄNGE WELTWEIT



Waagrechte Gerade: Geographische Breite. Senkrechte Gerade: Datum im gregorianischen Kalender. Krumme Linien: Mittlere Ortssonnenzeit f. Sonnenoberrand im mathematischen Horizont.

Reproduktion durch den Österreichischen Astronomischen Verein für das Seminar "Angewandte Astronomische Phänomenologie" mit freundlicher Erlaubnis von HarperCollins Cartographic, London.

SONNENUNTERGÄNGE WELTWEIT



Waagrechte Gerade: Geographische Breite. Senkrechte Gerade: Datum im gregorianischen Kalender. Krumme Linien: Mittlere Ortssonnenzeit f. Sonnenoberrand im mathematischen Horizont.

Reproduktion durch den Österreichischen Astronomischen Verein für das Seminar "Angewandte Astronomische Phänomenologie" mit freundlicher Erlaubnis von HarperCollins Cartographic, London.

Referat: Wahrer Mittag, Sonnenhöchststand, Tageshälften

1. Übersicht

Mitunter ist es nicht einfach, vertraute Begriffe einwandfrei zu erklären. Wir befassen uns mit dem Begriff des wahren Mittags und schlagen zunächst in verschiedenen Werken nach.

In der Brockhaus Enzyklopädie wird der wahre Mittag als Zeitpunkt des Durchgangs der Sonne durch den Meridian während ihrer oberen Kulmination beschrieben, im ABC-Lexikon Astronomie (Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1995) nur als der Zeitpunkt des Meridiandurchgangs. Beide Werke erklären Kulmination mit dem Erreichen der größten oder geringsten Höhe über bzw. unter dem Horizont eines Beobachtungsortes; im ABC-Lexikon wird darauf hingewiesen, daß bei der Sonne und dem Mond, die ihre Deklination verhältnismäßig schnell ändern, die Kulmination auch außerhalb des Meridians stattfinden kann.

Der Astronomical Almanac (Washington, London 1997) definiert Kulmination mit der Meridianpassage. Genauer allerdings sei Kulmination der Durchgang durch den Punkt größter Höhe auf der Tagesbahn. Die obere Kulmination finde in Zenitnähe, die untere in Zenitferne statt. Lehrbücher der Sphärischen Astronomie aus dem vorigen Jahrhundert erklären die Kulmination als Meridiandurchgang, verweisen aber darauf, daß der Höchststand eines Gestirns von der Kulmination verschieden sein kann.

Herr Wolfgang Vollmann gibt in seinem Referat "Erscheinungen der täglichen Bewegung" im Sternfreunde-Seminar 1992/93 eine Formel an, nach der ein Näherungswert für den Unterschied zwischen dem Zeitpunkt der größten Höhe und dem des Meridiandurchgangs eines Gestirns mit veränderlicher Deklination berechnet werden kann.

Die Sonne ändert auf ihrem scheinbaren Weg über das Firmament zwischen den beiden Sonnenwenden ständig ihre Deklination. Damit erreicht sie beim Durchgang durch einen Ortsmeridian im allgemeinen nicht ihre größte Höhe über dem Horizont des Beobachtungsortes. Nur für einen Punkt auf dem Äquator fällt an jedem Tag der Zeitpunkt des höchsten Sonnenstandes mit dem des Meridiandurchgangs zusammen. Für alle anderen Orte der Erde, die beiden Pole ausgenommen, sind diese beiden Zeitpunkte nur an den Tagen der Sonnenwenden gleich.

Im folgenden soll für den Beobachtungsort Uraniasternwarte Wien und den Tag des Vortrags der zeitliche Unterschied zwischen dem Meridiandurchgang und dem höchsten Stand der Sonne berechnet werden, außerdem die Mitte des Zeitraums

1. Fortsetzung Referat: Wahrer Mittag, Sonnenhöchststand, Tageshälften

zwischen dem Aufgang und dem Untergang der Sonne. Nach einem Exkurs über ein altes Verfahren, die Nordsüdrichtung allein mit Hilfe der Sonne zu ermitteln, wird an einem Beispiel für einen Beobachtungsort in der Nähe des Nordpols die Schwierigkeit aufgezeigt, den Begriff des wahren Mittags allgemein zu definieren.

Überlegungen über den Meridiandurchgang, den Höchststand und die Mitte des Zeitraums zwischen Aufgang und Untergang können auch für andere Gestirne mit veränderlicher Deklination angestellt werden. Beim Mond würde sich in den Ergebnissen die verhältnismäßig schnelle Änderung seiner Deklination auswirken.

2. Symbole, Formeln, Ausgangsdaten

λ	geographische Länge des Beobachtungsortes
φ	geographische Breite des Beobachtungsortes
τ	Stundenwinkel
δ	Deklination
a	Azimut
h	Höhe (wahre Höhe)
H	scheinbare Höhe
R	Refraktion
p	Sonnenparallaxe
p_H	Horizontalparallaxe
S	scheinbarer Halbmesser der Sonnenscheibe

$$(1) \quad \sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \tau$$

$$(2) \quad \sin a = - \cos \delta \sin \tau / \cos h$$

$$(3) \quad \cos a = (\sin \delta - \sin h \sin \varphi) / \cos h / \cos \varphi$$

$$(4) \quad p = p_H \cdot \cos h$$

$$(5) \quad h = H - R + p$$

Werden (2) und (3) gemeinsam verwendet, kann a eindeutig festgelegt werden. Die Rechnungen werden mit einem programmierbaren Taschenrechner durchgeführt.

Bei den Ergebnissen unserer Berechnungen kommt es auf hohe Genauigkeit an. Obwohl gerundete Angabedaten zu vergleichbaren Ergebnissen führen, entnehmen wir dem Astronomical Almanac 1997 genaue Daten und rechnen von TDT in UT um. Der Ephemeridenmeridian wird 1,002738 ΔT Sekunden vor dem Meridian von Greenwich passiert. Im Jahr 1997 beträgt ΔT 63 Sekunden ($\Delta T = TDT - UT$).

2. Fortsetzung Referat: Wahrer Mittag, Sonnenhöchststand, Tageshälften

Die beiden in der untenstehenden Tabelle mit (+) gekennzeichneten Durchgangszeiten sind jeweils um 0,13 Sekunden geändert, damit während 48 Stunden linear interpoliert werden kann. Die Abweichungen in den Ergebnissen, die sich durch diese Festsetzung ergeben, können bei der Genauigkeit, auf die die Ergebnisse gerundet sind, vernachlässigt werden.

	Durchgang durch den Ephemeridenmeridian TDT	Durchgang durch den Meridian von Greenwich UT	
9. April 1997	12 ^h 01 ^m 34,23 ^s	12 ^h 01 ^m 34,27 ^s	(+)
10. April 1997	12 ^h 01 ^m 18,10 ^s	12 ^h 01 ^m 18,27 ^s	
11. April 1997	12 ^h 01 ^m 02,23 ^s	12 ^h 01 ^m 02,27 ^s	(+)
	Deklination 0 ^h TDT	Deklination 0 ^h UT	
10. April 1997	7° 52' 52,1"	7° 52' 53,1"	
11. April 1997	8° 15' 00,7"	8° 15' 01,7"	
Uraniasternwarte:	Seehöhe 186 m	$\lambda = - 16^\circ 23' 07,5''$ $\varphi = 48^\circ 12' 43,3''$	

Durch lineare Interpolation ermitteln wir den Zeitpunkt des Meridiandurchgangs der Sonne und die zugehörige Sonnendeklination. Mit Gleichung (1) erhalten wir die Höhe der Sonne zu diesem Zeitpunkt.

Wahrer Mittag:	10 ^h 55 ^m 46,5 ^s UT
Sonnendeklination:	8° 02' 58,1"
Sonnenhöhe:	49° 50' 14,84"

3. Ein Beispiel für das Ermitteln des Sonnenhöchststandes

Mit Hilfe von Gleichung (1) beginnen wir, den Zeitpunkt des höchsten Sonnenstandes für den Beobachtungsort Uraniasternwarte Wien am 10. April 1997 zu ermitteln. Da die Länge der lichten Tage im Frühjahr zunimmt, suchen wir diesen Zeitpunkt im Bereich positiver Stundenwinkel; für den wahren Mittag ist $\tau = 0$. Die folgende Tabelle ist das Protokoll einer Suche mit Schrittweiten von 10 bis zu 0,01 Sekunden WOZ. Die Winkelsekunden der Höhe ändern sich nur in ihren Kommastellen (Spalte 1: Sekunden WOZ; Spalte 2: Kommastellen ["] Sonnenhöhe).

Spalte 1	Spalte 2	Spalte 1	Spalte 2	Spalte 1	Spalte 2
10	94145844	14	94940205	13,7	94942563
20	92783880	15	94859797	13,81	94942855
11	94511831	14,1	94937188	13,79	94942904
12	94766212	13,9	94942111	13,78	94942918
13	94909005	13,8	94942890	13,77	94942904

3. Fortsetzung Referat: Wahrer Mittag, Sonnenhöchststand, Tageshälften

Wir verwenden das Symbol $h(s)$ für eine Höhe der Sonne s Sekunden WÖZ nach dem wahren Mittag. Wegen $h(20) < h(10)$ wird mit $h(11)$ weitergesucht. Während $h(14) > h(13)$ ist, ist $h(15) < h(14)$. Der Vergleich $h(14,1) < h(14)$ zeigt, daß die größte Höhe zwischen $h(13)$ und $h(14)$ zu suchen ist. Daher wird die Suche mit $h(13,9)$ und $h(13,8)$ fortgesetzt. Die größte Höhe wird 13,8 (13,78) Sekunden WÖZ nach dem wahren Mittag mit $49^\circ 50' 14,95''$ erreicht, nur $0,1059''$ höher als zum wahren Mittag. Innerhalb der kurzen Zeitspanne von 14 Sekunden und bei der geringen Änderung der Höhe darf die Refraktion außer acht gelassen werden.

Am weitesten liegt der höchste Punkt der scheinbaren Tagesbahn der Sonne über der Höhe zum wahren Mittag an den Tagen der Tagundnachtgleichen, da sich an ihnen die Deklination der Sonne am schnellsten ändert.

4. Die Hälften des lichten Tages

Ebenfalls für den 10. April 1997 und den Beobachtungsort Urania Sternwarte Wien wird nun der Zeitraum zwischen Aufgang und Untergang der Sonne halbiert. Diese beiden Zeitpunkte sind so erklärt, daß zu ihnen der oberste Rand der Sonnenscheibe den mathematischen Horizont trifft. Zu berücksichtigen sind daher die Refraktion R , der scheinbare Halbmesser S der Sonnenscheibe und die Horizontalparallaxe p_H . Zur Berechnung von R folgen wir den Hinweisen im "Sternenboten", 38. Jahrgang, 467, 1995-6, oder im Referat "Refraktion und Extinktion" des Sternfreunde-Seminars 1992/93.

An jedem Tag wird der Tiefstwert der Temperatur bei Sonnenaufgang, der Höchstwert zwei Stunden nach dem wahren Mittag angenommen. Die Temperatur bei Sonnenuntergang schätzen wir mit dem Tagesmittel. Die Werte für S und p_H entnehmen wir dem Astronomical Almanac. Mit mittleren Werten für Temperatur und Druck der Luft im Monat April, mit S und p_H erhalten wir nach Gleichung (5) die wahren, negativen Höhen des Mittelpunkts der Sonnenscheibe zu den Zeitpunkten des Aufganges und des Unterganges der Sonne: $h = 0^\circ - (R + S) + p_H$.

	Sonnenaufgang	Sonnenuntergang
Mittlere Refraktion	34' 33"	34' 33"
Mittlere Temperatur und Korrektur	0° C + 2' 17"	11,75° C - 24"
Mittlerer Druck und Korrektur	747,1 mm Hg - 39"	746,7 mm Hg - 43"
Halbmesser S	15' 58"	15' 58"
Horizontalparallaxe p_H	- 9"	- 9"
Absolutbetrag von h	52' 00"	49' 15"

4. Fortsetzung Referat: Wahrer Mittag, Sonnenhöchststand, Tageshälften

Wir haben damit die wahren Höhen h_A für den Aufgang und h_U für den Untergang der Sonne ermittelt. Von der Genauigkeit dieser Werte und der mit ihnen errechneten Ergebnisse sind allerdings beträchtliche Abstriche zu machen. Wir haben für die Temperatur weit auseinander liegende Werte angenommen und wissen wenig über Temperatur und Luftdruck in den höheren Luftschichten.

Werden nun die wahren Höhen h_A und h_U nacheinander zusammen mit der Deklination δ für den wahren Mittag in die Gleichung (1) eingesetzt, ergeben sich erste Näherungswerte für die Stundenwinkel τ_A und τ_U zu den Höhen h_A und h_U . Aus diesen Näherungswerten ergeben sich durch lineare Interpolation verbesserte Werte für die Deklinationen δ_A und δ_U , mit denen wieder die Näherungswerte für die Stundenwinkel τ_A und τ_U verbessert werden. Dieses Verfahren kann bis zu einer sinnvoll vorgegebenen Genauigkeit wiederholt werden. Die Ergebnisse sind in einer kleinen Übersicht zusammengestellt.

	Sonnenaufgang	Sonnenuntergang	Mittelwert
WOZ	5 ^h 18 ^m 44 ^s a.m.	6 ^h 41 ^m 57 ^s p.m.	20,3 ^s
Deklination	7° 56' 47,9"	8° 09' 09"	
Azimet	77° 01' 53,1"	283° 13' 47,5"	180° 07' 50,3"

Die Mitte des lichten Tages wird 20,3 Sekunden WOZ nach dem wahren Mittag und 6,5 Sekunden WOZ nach dem Augenblick des Sonnenhöchststandes erreicht. Die Sonne hat in der Mitte des lichten Tages ein Azimet von 180° 07' 50,3".

5. Nordsüdrichtung durch Sonnenbeobachtung allein

Von alters her wurde die Nordsüdrichtung durch Beobachten von Schatten bestimmt, wie sie etwa ein von der Sonne beleuchteter Stab auf eine waagrechte Ebene wirft. Zu einer günstigen Versuchsanordnung, dieses Verfahren zu erproben, werden in einer waagrechten Ebene konzentrische Kreise gezeichnet. Über dem gemeinsamen Mittelpunkt wird eine Lochblende befestigt. Der Weg des kleinen Lichtflecks, den das Sonnenlicht durch die Lochblende auf die Ebene zeichnet, kann Punkt für Punkt markiert werden. Die Kurve schneidet jeden Kreis in zwei Punkten, deren Symmetrale durch den Mittelpunkt der Kreise geht.

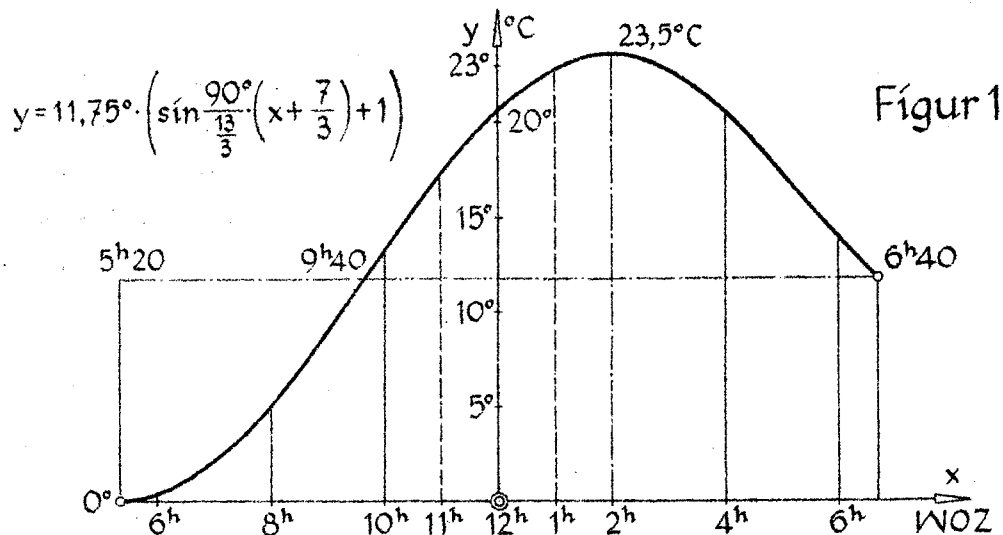
Wir fragen nach der Genauigkeit, mit der diese Symmetralen die Nordsüdrichtung anzeigen. Bereits das im letzten Abschnitt berechnete Mittel der Azimetwerte zum Aufgang und zum Untergang der Sonne läßt vermuten, daß das Verfahren gut geeignet ist.

Einem gezeichneten Kreis in der waagrechten Ebene entspricht ein Höhenkreis der Sphäre für eine scheinbare Höhe H der Sonne. Für die beiden scheinbaren

5. Fortsetzung Referat: Wahrer Mittag, Sonnenhöchststand, Tageshälften

Durchgänge der Sonne durch den Höhenkreis werden die wahren Höhen ermittelt, wieder für den 10. April 1997 und den Beobachtungsort Uraniasternwarte.

Wir wollen mögliche Korrekturen der mittleren Refraktion abschätzen und nehmen während des Beobachtungstages einen Temperaturverlauf nach einer Sinusfunktion an. Die niedrigste Temperatur wird im Regelfall bei Sonnenaufgang erwartet, die höchste um 2 Uhr nachmittags WOZ. Wir stellen den Verlauf in Figur 1 dar.



Zu einer scheinbaren Höhe $H = 48^\circ$ gehören ungefähr die Zeitpunkte 11 Uhr vormittags und 1 Uhr nachmittags WOZ mit mittleren Temperaturen von $17,2^\circ \text{C}$ und $22,7^\circ \text{C}$. Wir berechnen zuerst die wahren Höhen zu den beiden Zeitpunkten. In Gleichung (4) dürfen wir bei der geforderten Genauigkeit $\cos h$ durch $\cos H$ ersetzen. Die wahren Höhen ergeben sich nach Gleichung (5).

	11 Uhr vormittags WOZ	1 Uhr nachmittags WOZ
Mittlere Refraktion	53"	53"
Mittlere Temperatur und Korrektur	$17,2^\circ \text{C}$ - 1"	$22,7^\circ \text{C}$ - 2"
Mittlerer Druck und Korrektur	747,4 mm Hg - 1"	747,0 mm Hg - 1"
Refraktion	51"	50"
Sonnenparallaxe p	6"	6"
$h = 48^\circ - R + p$	$47^\circ 59' 15''$	$47^\circ 59' 16''$

Mit Überlegungen wie im letzten Abschnitt erhalten wir die folgenden Ergebnisse:

	Vormittag	Nachmittag	Mittelwert
WOZ	$11^{\text{h}} 01^{\text{m}} 57,2^{\text{s}}$	$12^{\text{h}} 58^{\text{m}} 30,5^{\text{s}}$	$12^{\text{h}} 00^{\text{m}} 13,8^{\text{s}}$
Azimet	$158^\circ 14' 23,7''$	$201^\circ 56' 11,6''$	$180^\circ 05' 17,6''$

Das Verfahren ist also hinlänglich genau, zumindest, wenn die Ebene mit den konzentrischen Kreisen genau waagrecht ist.

6. Fortsetzung Referat: Wahrer Mittag, Sonnenhöchststand, Tageshälften

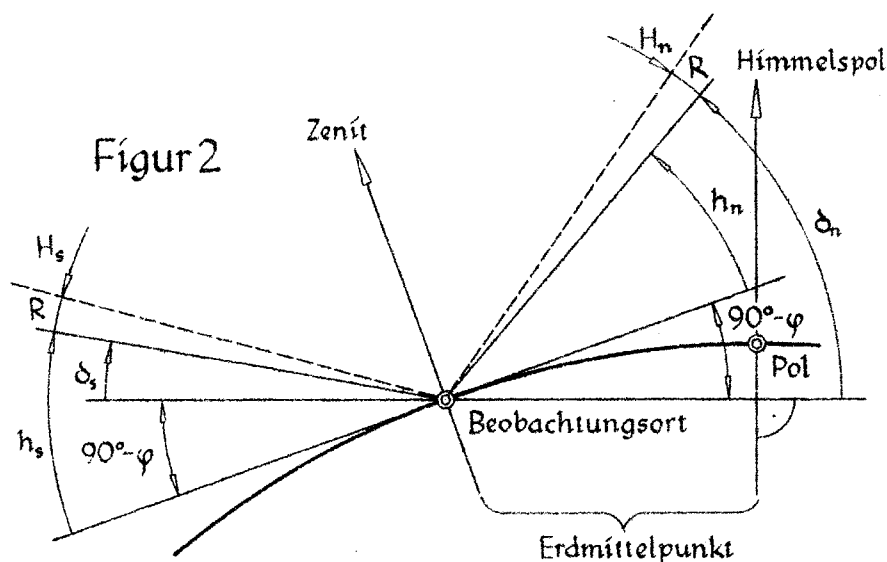
6. Merkwürdigkeiten in der Nähe eines Erdpols

Während des Sommerhalbjahres ergeben sich in der Nähe eines Erdpols, etwa des Nordpols, Merkwürdigkeiten der scheinbaren Sonnenbahn. So können vor der Sommersonnenwende die Höhen während des südlichen und des darauffolgenden nördlichen Meridiandurchgangs gleich sein, nach der Sommersonnenwende die Höhen des nördlichen und des darauffolgenden südlichen Meridiandurchgangs. Es kann sogar jeweils die Höhe des späteren der beiden Durchgänge größer sein als die des vorangegangenen.

Wir verwenden h_s und h_n für die wahren, H_s und H_n für die scheinbaren Höhen, δ_s und δ_n für die Deklinationen bei aufeinanderfolgenden Durchgängen der Sonne erst durch den südlichen, dann durch den nördlichen Teil des Meridians. Ist die Refraktion zu beiden Zeitpunkten gleich, ist mit $H_s = H_n$ auch $h_s = h_n$. Die folgende Rechnung ist durch Figur 2 illustriert, allerdings mit Winkeln, die nicht der Wirklichkeit entsprechen:

$$h_s = 90^\circ - \varphi + \delta_s, \quad h_n = \delta_n - (90^\circ - \varphi).$$

$$\text{Für } h_s = h_n \text{ ist } 2\varphi = 180^\circ - (\delta_n - \delta_s), \quad \varphi = 90^\circ - (\delta_n - \delta_s) / 2.$$



Am 10. April ist daher der Bereich, in dem die wahre Höhe der Sonne zum wahren Mittag kleiner sein kann als zwölf Stunden später, mit etwa $\varphi = 89^\circ 54' 28''$ begrenzt. Die größte Entfernung eines derartigen Beobachtungsortes vom Nordpol ergibt sich zur Zeit der Tagundnachtgleichen, weil sich dann die Deklination am schnellsten ändert. Mit etwa $\varphi = 89^\circ 54' 04''$ ist der Unterschied zum vorher ermittelten Wert klein. Die Erde bewegt sich so schnell um die Sonne, daß der Bereich für die Tagundnachtgleichen noch während einer halben Umdrehung der Erde um ihre Achse ganz ins Licht kommt. Gegen die Sommersonnenwende hin

7. Fortsetzung Referat: Wahrer Mittag, Sonnenhöchststand, Tageshälften

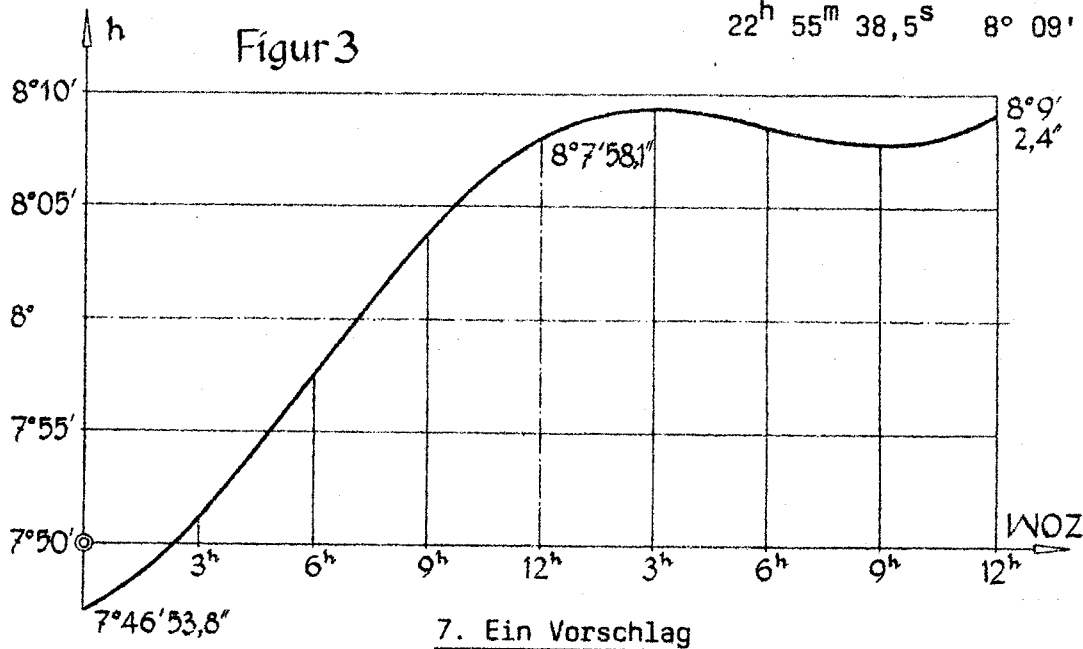
verengt sich der Bereich zum Pol hin. Auf den beiden Polen stimmen jederzeit Höhe und Deklination der Gestirne überein.

Wir wollen nun in Gedanken die Sonne von einem Ort in der Nähe des Nordpols aus auf ihrer scheinbaren Tagesbahn beobachten und wählen dazu für den 10. April 1997 einen Ort mit der geographischen Länge der Uraniasternwarte und mit der geographischen Breite $89^{\circ}55'$.

Wir beschränken uns darauf, die wahren Höhen der Sonne im Verlauf von 24 Stunden WÖZ zu berechnen. Sie nehmen nach dem wahren Mittag noch zu, dann aber etwas ab. Nachher wachsen die Höhen wieder, bis um Mitternacht die Höhe größer ist als am wahren Mittag!

Zur folgenden Wertetabelle ist in Figur 3 ein Diagramm dargestellt, in dem die wahren Höhen übertrieben groß eingetragen sind.

Datum	UT	Wahre Höhe h	UT	Wahre Höhe h
9. April	22 ^h 55 ^m 54,5 ^s	7° 46' 53,8"	10 ^h 55 ^m 46,5 ^s	8° 07' 58,1"
10. April	1 ^h 55 ^m 52,5 ^s	7° 51' 07,8"	13 ^h 55 ^m 44,5 ^s	8° 09' 16,3"
	4 ^h 55 ^m 50,5 ^s	7° 57' 26,0"	16 ^h 55 ^m 42,5 ^s	8° 08' 30,3"
	7 ^h 55 ^m 48,5 ^s	8° 03' 44,2"	19 ^h 55 ^m 40,5 ^s	8° 07' 44,2"
			22 ^h 55 ^m 38,5 ^s	8° 09' 02,4"



Als Definition für den wahren Mittag schlagen wir den Zeitpunkt vor, zu dem die Mitte der Sonnenscheibe beim scheinbaren Weg der Sonne über das Firmament jene Hälfte des Meridians zwischen den beiden Himmelspolen passiert, die den Zenit enthält. Für die beiden Pole der Erde kann der wahre Mittag nicht erklärt werden.

Referat: **Der Alexandrinische Sonnenring**

Der Sonnenring von Alexandria

In seinem "Handbuch der Astronomie", 3. Buch, 1. Kapitel, zitiert Ptolemäus einige Beobachtungen von Frühlings- und Herbsttagundnachtgleichen, die Hipparch in Alexandria ($\lambda = -29,9^\circ$, $\varphi = 31,2^\circ$) ausgeführt hatte. Zur Beobachtung diente ein Metallring, der an der Südseite einer Mauer so angebracht war, daß die Ringebene in der Ebene des Himmelsäquators lag. Stand die Sonne in nördlicher Deklination, so beleuchtete sie die innere Fläche der hinteren Ringhälfte von oben, im Falle südlicher Deklination von unten her. Nur wenn die Sonne genau im Himmelsäquator stand, warf die vordere Ringhälfte ihren Schatten genau auf die Innenseite der hinteren Hälfte. Dort erschien ein beiderseits von einem gleichbreiten Lichtstreifen umrahmter Kernschatten: Das war dann der Zeitpunkt der Tagundnachtgleiche, der sich so leicht bestimmen ließ.

Überlieferte Beobachtungs-Daten

Die auf diesem Weg von Hipparch in Alexandria gefundenen Zeitpunkte sind:

A. Daten möglichst genau beobachteter Herbstnachtgleichen. Die Beobachtungen wurden angestellt:

1. Im 17^{ten} Jahre der dritten Kallippischen Periode²⁰⁾ am 30. Mesore bei Sonnenuntergang (27. Sept. 162 v. Chr.).

2. Drei Jahre später im 20^{ten} Jahre am ersten Zusatztage (27. Sept. 159 v. Chr.) in der Morgenstunde²¹⁾, obgleich der Eintritt in der Mittagstunde hätte erfolgen sollen, so daß sich ein Fehlbetrag von einem Vierteltag herausstellte.

3. Ein Jahr darauf (also wieder am ersten Zusatztage) im 21^{ten} Jahre (27. Sept. 158 v. Chr.) in der sechsten Stunde (d. i. Mittags), was mit der vorhergehenden Beobachtung in Einklang stand.

4. Elf Jahre später im 32^{ten} Jahre zur Mitternachtstunde vom dritten auf den vierten Zusatztag (26/27. Sept. 147 v. Chr.), obgleich der Eintritt in der Morgenstunde (6^h früh am vierten) hätte erfolgen sollen, so daß sich wieder ein Fehlbetrag von einem Vierteltag ergab.

5. Ein Jahr darauf im 33^{ten} Jahre am vierten Zusatztag (27. Sept. 146 v. Chr.) in der Morgenstunde (6^h früh), was mit der vorhergehenden Beobachtung in Einklang stand.

6. Drei Jahre später im 36^{ten} Jahre am vierten Zusatztag (26. Sept. 143 v. Chr.) abends (6^h), obgleich der Eintritt zur Mitternachtstunde hätte erfolgen sollen, so daß der Fehlbetrag wieder nur den einen Vierteltag ausmachte.

B. Daten gleicherweise genau beobachteter Frühlingsnachtgleichen. Die Beobachtungen wurden angestellt:

1. Im 32^{ten} Jahre der dritten Kallippischen Periode²⁰⁾ am 27. Mechir (24. März 146 v. Chr.) in der Morgenstunde (6^h früh). Der Ring in Alexandria, versichert Hipparch, zeigte aber auch um die fünfte Stunde (d. i. 11^h vorm.) einen auf beiden Seiten gleichbreiten Lichtstreifen, so daß schließlich dieselbe Gleiche, verschieden beobachtet, um etwa fünf Stunden differierte.²¹⁾ Die folgenden Gleichen bis zum 37^{ten} Jahre hätten allerdings, wie er versichert, hinsichtlich des den Vierteltag betragenden Überschusses Übereinstimmung gezeigt.

1. Fortsetzung Referat: Der Alexandrinische Sonnenring

2. Elf Jahre später im 43^{ten} Jahre am 29. Mochir (23. März 135 v. Chr.) sei die Frühlingsnachtgleiche, sagt er, (unmittelbar) nach der Mitternacht auf den 30^{ten} eingetreten, was mit der Beobachtung im 32^{ten} Jahre in Einklang gewesen sei und auch wieder, so versichert er, mit den in den folgenden Jahren bis zum 50^{ten} Jahre angestellten Beobachtungen übereinstimme.

3. Im 50^{ten} Jahre trat nämlich die Gleiche am 1. Phamenoth (23. März 128 v. Chr.) bei Sonnenuntergang (6^h abends) etwa $1\frac{3}{4}$ Tag später ein als im 43^{ten} Jahre, ein Überschuß, der sich auf die sieben dazwischen liegenden Jahre entsprechend verteilt.

Nachrechnung nach modernen Grundlagen

Eine Nachprüfung durch Rückrechnung (mit UraniaStar 1.1) ergibt das zunächst erstaunliche Ergebnis, daß die Sonne zu jedem der genannten Termine in mehr oder weniger südlicher Deklination stand:

Termin:		Deklination der Sonne:
162 v. Chr. Sep. 27	bei Sonnenuntergang	-15,3'
159 v. Chr. Sep. 27	in der Morgenstunde	-9,8'
158 v. Chr. Sep. 27	in der 6. Stunde (mittags)	-10,0'
147 v. Chr. Sep. 26/27	zur Mitternachtsstunde	-6,0'
146 v. Chr. Sep. 27	in der Morgenstunde	-6,2'
143 v. Chr. Sep. 26	abends	-0,5'
146 v. Chr. Mär. 24	in der Morgenstunde	-9,2'
146 v. Chr. Mär. 24	um die 5. Stunde (11 ^h vormittags)	-4,3'
135 v. Chr. Mär. 23/24	knapp nach Mitternacht	-7,3'
128 v. Chr. Mär. 23	bei Sonnenuntergang	-5,6'

Sehen wir zunächst von den zwei in der Nähe des Mittags erfolgten Beobachtungen ab, so ist die Erscheinung aber leicht erklärbar. Zur Zeit des Hipparch und Ptolemäus war ja die Erscheinung der Refraktion noch gänzlich unbekannt, die jedes Gestirn in Horizontnähe angehoben erscheinen läßt. Die am Abend oder Morgen scheinbar im Himmelsäquator stehende Sonne stand in Wirklichkeit tiefer, für Alexandria also in südlicher Deklination. Auch die "Mitternachtsbeobachtungen", die jedenfalls auf Beobachtungen vom vorangehenden Abend und folgenden Morgen beruhen müssen, enthalten denselben Fehler.

Der Einfluß der Refraktion auf die Beobachtungen

Aus dem Mittelwert der Morgen-, Abend- und Mitternachtsbeobachtungen ergibt sich, daß die Sonnendeklination durch die Refraktion durchschnittlich um 7,5' verfälscht worden ist. Das bedeutet, daß die Refraktion in Höhe in Alexandria etwa 14' ausgemacht haben muß. Die Sonne stand mithin bei den "in der Morgenstunde" oder "bei Sonnenuntergang" ausgeführten Beobachtungen durchschnittlich in 3° bis 4° Höhe.

2. Fortsetzung Referat: Der Alexandrinische Sonnenring

In den Mittagsbeobachtungen hingegen spielt die Refraktion keine wesentliche Rolle. Dadurch entstand ein ganz besonders interessantes Phänomen: Am 24. März 146 v. Chr. wurde nämlich sowohl in der Morgenstunde, als auch fünf Stunden später wieder die signifikante Schattenerscheinung am Ring beobachtet. Die Erklärung dafür ist in der Wirkung der Refraktion zu finden. Als die Sonne, wenige Stunden vor dem Äquinoktium, aufging, stand sie noch in südlicher Deklination; wegen der Refraktion schien sie sich aber schon im Äquator zu befinden und der Ring zeigte das an. Als sie höher stieg, verringerte sich der Refraktionseinfluß und die noch immer südliche Deklination machte sich wieder bemerkbar: Die Schattenerscheinung am Ring verschwand wieder. Erst später, als das wirkliche Äquinoktium eintreten mußte, zeigte der Ring zum zweiten Mal die Schattenerscheinung.

Ptolemäus, ohne Kenntnis der Refraktion, erklärte sich diesen Umstand einfach als Altersschwäche des Sonnenringes; dennoch verwendete er gerade eine dieser beiden Beobachtungen, die durch die Doppeldeutigkeit besonders zweifelhaft erscheinen mußten, zur Bestimmung der Jahreslänge. Er entschied sich dabei, ohne Angabe von Gründen, für die Morgenbeobachtung und ignorierte die zweite Beobachtung im weiteren Verlaufe völlig. –

Die Genauigkeit des Sonnerings

Doch zurück zu den Beobachtungen von Hipparch. Man kann bei den Abweichungen gegen die Rückrechnung nach systematischen Fehlern suchen, die auf einen möglichen Justierfehler des Ringes hinweisen. Sollte der Ring nämlich in O-W-Richtung gegen den Äquator geneigt gewesen sein, so müßten alle Morgenbeobachtungen einen Fehler aufweisen, der in den Abendbeobachtungen genau umgekehrt enthalten sein müßte. Sollte der Ring in N-S-Richtung nicht gestimmt haben, so müßten die Mittagsbeobachtungen, die fast nicht mit Refraktion behaftet sind, diesen Fehler zeigen. Die so gefundenen, statistischen Ergebnisse sind allerdings mit einer Unsicherheit behaftet.

Zunächst ergibt sich aus der Rechnung folgendes: Der Ring war so gegen die Äquatorebene geneigt, daß sein Westpunkt die Deklination $0,6' \pm 5'$, der Ostpunkt die Deklination $-0,6' \pm 5'$ und sein Südpunkt die Deklination $-7' \pm 4'$ anzeigte. Es mag auffallen, daß der Ring also in O-W-Richtung recht gut justiert war, während er in N-S-Richtung immerhin einen Neigungsfehler von etwa $0,1^\circ$ hatte. Dazu später noch eine Randbemerkung.

Bestätigung der Verlangsamung der Erdrotation

Nun noch ein anders Phänomen: Die Rückrechnung der Wandelgestirmpositionen in sehr frühe Jahrhunderte wird dadurch etwas unsicher, daß der in diesem Zeitraum auftretende Betrag der Akzeleration (Verlangsamung der Erdrotation) nicht exakt bekannt ist. Er kann durch Vergleich der Rückrechnung mit sehr genauen, alten Beobachtungen ermittelt werden, zum Beispiel mit Sonnenfinsternis-Beobachtungen. Heute ist dieser Effekt immerhin so genau bekannt, daß Berechnungen von Sonnenpositionen für die Zeit um 150 v. Chr. jedenfalls bogenminutengenau möglich sind.

Es hat mich interessiert, die Hipparch'schen Sonnenbeobachtungen dahingehend zu untersuchen, ob sich mit ihnen die Akzeleration nachweisen läßt. Da die Beobachtungen nicht sehr genau sind, kann natürlich nur ein mit großer Unsicherheit behaftetes Ergebnis erwartet werden. Daß sich überhaupt ein sinnvolles Resultat gewinnen läßt, liegt nur daran, daß die Justierfehler des Ringes gar nicht in die Rechnung eingehen – sie gleichen sich völlig exakt aus – und der Einfluß der Refraktion gering bleibt.

Es zeigt sich, daß die Sonnenlängen laut moderner Rückrechnung nur um $1,6'$ größer ausfallen, als sich im Mittel aus den Beobachtungen ergibt, die Streuung der Beobachtungsdaten beträgt dabei $\pm 12'$. Die Äquinoktien traten daher laut Rückrechnung um $0,6^h \pm 5,0^h$ früher ein als zufolge der Beobachtungen. Insgesamt gesehen, eine recht eindrucksvolle Übereinstimmung von Beobachtung und Rückrechnung!

3. Fortsetzung Referat: Der Alexandrinische Sonnenring

Der heute allgemein angenommene Betrag der Akzeleration macht für 150 v. Chr. $+3,1^h$ aus, das heißt, eine fiktive, gleichförmige Erdrotation hatte damals noch einen "Vorsprung" von $3,1^h$ gegen die wirkliche, langsamer werdende Erdrotation. Die Auswertung der Hipparch-Beobachtungen liefert demgegenüber die oben angegebene geringe Abweichung, woraus für die Akzeleration ein Betrag von $+2,5^h \pm 5,0^h$ resultiert. Die Beobachtungen von Hipparch liefern also keine verwertbaren quantitativen Daten, lassen aber doch den bekannten Effekt der Verlangsamung der Erdrotation erkennbar werden: Ein hübsches Ergebnis, wenn man bedenkt, daß die Beobachtungen an einem so einfachen, geradezu primitiven Gerät angestellt worden sind.

Die Justierung des Sonnenrings

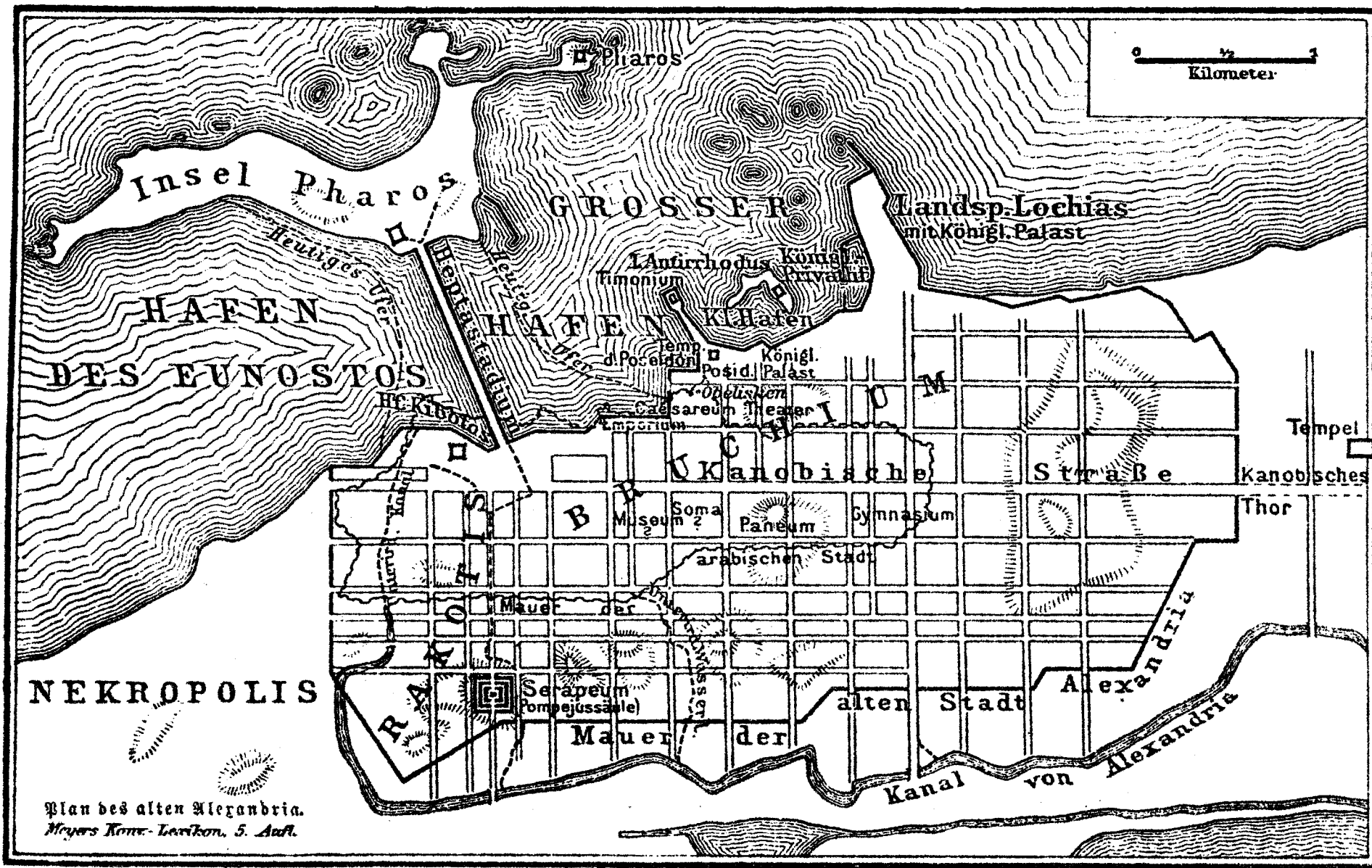
Ein solcher Sonnenring, der den Frühlings- und Herbstbeginn direkt anschaulich anzeigt, wäre gewiß auch heute eine nette Sache – zum Beispiel als Ergänzung zu einer Sonnenuhr. Man müßte nur einen genau gearbeiteten Kreisring richtig justiert und fest aufstellen. Diese Vorstellung brachte mich zu der Überlegung, wie ein solcher Ring justiert werden kann. Das Einrichten nach äquatornahen Sternen ist ja nur dann möglich, wenn man über die vom Ring ausgespannte Ebene visieren kann. Bei einem Ring an einer Mauer wird dies nicht möglich sein, denn stets wird die Mauer im Wege sein. Nun, mit der ungefähren Kenntnis der Himmelsrichtungen und jener der geographischen Breite kann der Ring jedenfalls einmal genähert richtig eingestellt werden. Zur genauen Justierung aber wird am besten die Sonne selbst dienen, wenn sie in der Nähe des Äquators steht. Der Ring ist dann richtig eingestellt, wenn die am Morgen, zu Mittag und am Abend beobachteten Schattenerscheinungen gerade um so viel differieren, wie dies der Deklinationsänderung der Sonne zwischen diesem Morgen und diesem Abend entspricht.

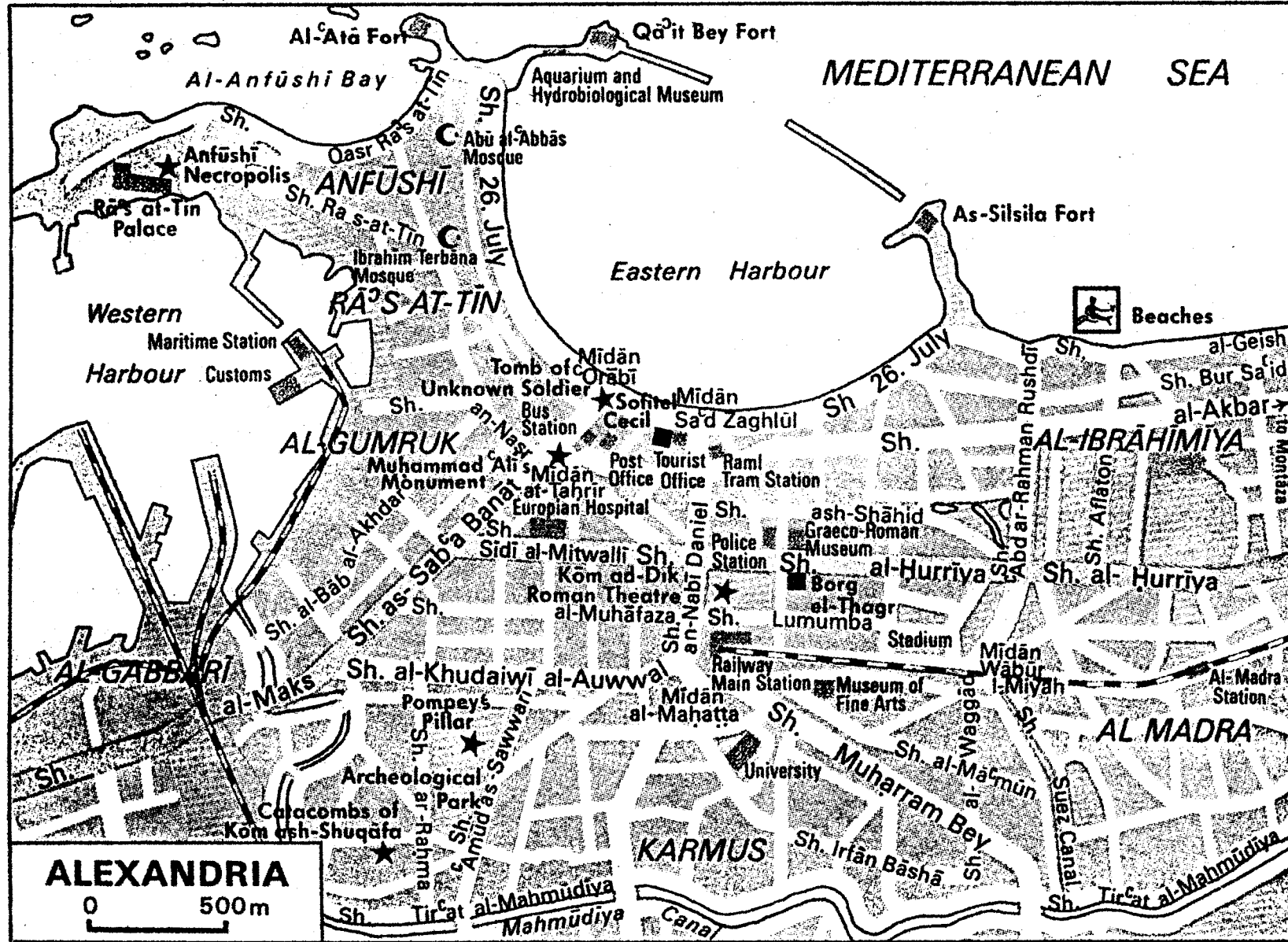
Da aber die Morgen- und Abenderscheinungen die Refraktion enthalten, die Mittagserscheinungen aber (fast) nicht, so wird man auf diesem Wege einen Ring erhalten, der in N-S-Richtung um diesen Betrag zu wenig geneigt ist. Diese Feststellung ist bemerkenswert; zeigt es sich doch, daß auch der Ring in Alexandria in N-S-Richtung um etwa $7'$ zu wenig geneigt war. Dieser Fehlbetrag entspricht gut dem anfangs festgestellten Durchschnittswert von $7'$ für den Einfluß der Refraktion in den Abend- und Morgenbeobachtungen. So erklärt sich der scheinbar etwas auffällige Fehler in der Ringjustierung ganz von selbst. Die Alten mußten diesen Fehler ja machen, weil sie von der Refraktion nichts wußten. Stellt man dies aber in Rechnung, so muß man feststellen, daß der Ring auf wenige Bogenminuten genau eingestellt war – eine Meisterleistung für die damalige Zeit!

Literatur:

K. Manitius (Übersetzer): Ptolemäus, Handbuch der Astronomie. 2 Bände, B.G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig 1963.

Dipl.-Ing. Norbert Pachner
Baumgartenstraße 23
A-1140 Wien





**Referat: Zur Wiederkehr spezieller totaler Sonnenfinsternisse
am gleichen Ort**

Bereits im Altertum war auf Grund empirischer Untersuchungen bekannt, daß sich Finsternisse unter sehr ähnlichen Bedingungen in Zeiträumen von 18 Jahren und 11 (10) 1/3 Tagen (6585,32 Tagen) wiederholen. Dieses Intervall wurde Jahrhunderte später als „Saros“ bezeichnet, wobei die Sarosperiode gleichzeitig ein ganzzahlig Vielfaches des synodischen Monats (29,5306 Tage * 223 = 6585,32 Tage), des anomalistischen (27,5546 Tage * 239 = 6585,54 Tage) und des drakonitischen Monats (27,2122 Tage * 242 = 6585,35 Tage) darstellt (mittlere Werte, bezogen auf die Gegenwart). Da jedoch der Saros kein ganztägiges Intervall ist, bewirkt der Zeitunterschied von 1/3 Tag durch die Rotation der Erde eine Verschiebung aufeinander folgender Finsternisse um jeweils 120° nach Westen. Erst nach Ablauf der dreifachen Sarosperiode (Exeligmos = 3 * 6585,32 Tage = 54 Jahre 34 Tage) ereignet sich wieder eine Finsternis, die im nahezu *gleichen Gebiet* der Erde sichtbar ist. Die kontinuierliche Verschiebung des Mondknotens während eines Saros (ca. 0,5° nach Osten) führt nämlich dazu, daß die aufeinander folgenden Finsternisse zusätzlich zu ihrer „Wanderung“ nach Westen jedesmal um ein kleines Stück in Breite versetzt sind. Nach Ablauf der dreifachen Sarosperiode ist dieser Betrag auf einige hundert Kilometer angewachsen, weshalb der Exeligmos nicht für die Vorhersage einer Wiederkehr am *gleichen Ort* herangezogen werden kann (wohl aber in der Antike eine bedeutende Rolle spielte).

Wie *Van den Bergh* [Lit. 19] gezeigt hat, lassen sich, auf dem „Canon der Finsternisse“ von *Oppolzer* [Lit. 14] aufbauend, weitere Perioden ableiten, welche ein ganzzahlig Vielfaches der Grundperioden Saros (223 synodische Monate) und Inex (358 synodische Monate) darstellen und sich grundsätzlich auch zu Vorhersagen für die Wiederkehr am gleichen Ort eignen (siehe Sternfreunde-Seminar 1979 [Lit. 17]). Es sei jedoch angemerkt, daß diese Perioden auf der mittleren Länge des synodischen Monats (29,530589 Tage für die Gegenwart [Lit. 5]) beruhen, wodurch es im speziellen Fall zu mehr oder minder starken Abweichungen kommen kann. Wie die routinemäßige Nachrechnung über eine beliebige Sarosperiode (zum Beispiel +1900 01 01 bis +1918 01 12) ergab, schwankt die Abweichung des wahren vom mittleren synodischen Monat in etwa zwischen $-15^h 04^{\text{min}}$ und $+12^h 52^{\text{min}}$ (Berechnung des wahren synodischen

1. Fortsetzung: Zur Wiederkehr spezieller totaler Sonnenfinsternisse...

Monats mit Hilfe von UraniaStar 1.1 [Lit. 16], die des mittleren Wertes nach der Formel $JD(2\ 415\ 020,75933) + k(\text{ganze Zahl}) * 29,53058886\ \text{DT}$, siehe *Meeus* [Lit. 8]).

Damit ist theoretisch die Vorhersage der Wiederkehr von Sonnenfinsternissen am gleichen Ort innerhalb bestimmter Grenzen möglich, für exakte Angaben wird jedoch stets die genaue Rechnung nötig sein.

1. Statistik

In der Literatur finden sich nur wenige Angaben über mögliche Zeiträume zwischen zwei aufeinander folgenden totalen Sonnenfinsternissen am gleichen Ort. Unter Zugrundelegung der durchschnittlichen Breite der Totalitätszonen, der Fläche der Erdkugel sowie der absoluten Häufigkeit totaler Finsternisse geben *Brewer* [Lit. 1] und *Littmann & Willcox* [Lit. 7] einen Durchschnittswert von 360 bzw. 410 Jahren an. In Wirklichkeit existiert jedoch eine Bandbreite, wie folgende Beispiele zeigen sollen [Lit. 1, 7]:

Ort (Region*)	Datum aufeinander folgender totaler Sonnenfinsternisse	Intervall
Jerusalem	-1130 09 30 / -335 07 04	795 Jahre
London	+1140 03 20 / +1715 05 03	575 Jahre
Pyramiden von Gizeh*	-2470 04 01 / -2158 06 29	312 Jahre
New York City*	+1806 06 16 / +1925 01 24	119 Jahre
Nordamerika*	+1979 02 26 / +2017 08 21	38 Jahre
Mexiko City*	+1970 03 07 / +1991 07 11	21 Jahre
Grab des Tutenchamun*	-956 05 31 / -947 05 22	9 Jahre
Südl. Papua-Neuguinea*	+1983 06 11 / +1984 11 22	1 ½ Jahre
Küste von Angola*	+2001 06 21 / +2002 12 04	1 ½ Jahre

Die angegebenen Daten wurden routinemäßig mit UraniaStar 1.1 überprüft.

2.Fortsetzung: Zur Wiederkehr spezieller totaler Sonnenfinsternisse...

2. Praktisches Beispiel: Die Häufigkeit totaler Sonnenfinsternisse in Wien

Um festzustellen, wann seit der erstmaligen urkundlichen Erwähnung Wiens („Wenia“) im Jahre 881 n.Chr. totale Sonnenfinsternisse stattgefunden haben bzw. wann eine solche wieder zu beobachten sein wird, wurden zunächst unter Zuhilfenahme des „Canon of Solar Eclipses“ von *Mucke / Meeus* [Lit. 11] sämtliche totale und ringförmig-totale Finsternisse, deren Zentrallinien im Nahbereich von Wien (einige hundert Kilometer Abstand) zu liegen kamen, notiert. Wegen der Kleinheit der Erdbildchen (\varnothing 30,0mm) und der damit verbundenen Unsicherheit in den Randbereichen (Anfang und Ende der als Geraden gezeichneten Zentrallinien) wurde zusätzlich im „Canon der Finsternisse“ von *Oppolzer* [Lit. 14] Nachschau gehalten und das ausgewählte Datenmaterial reduziert bzw. ergänzt (im „Canon der Finsternisse“ sind die Zentrallinien als Kreisbogenstücke dargestellt; die den Linien zugrunde liegenden Punkte „Zentralität im Aufgang, Mittag und Untergang“ beruhen auf der veralteten Mondtheorie von *Hansen*). Es sei jedoch betont, daß die graphische Darstellung der Finsternislinien sowohl bei *Mucke / Meeus* als auch *Oppolzer* in guter Näherung erfolgt, aber lediglich zur raschen Orientierung dient [Lit. 9, 12].

In der Folge sind alle jene totale bzw. ringförmig-totale Finsternisse seit 881 n.Chr. aufgelistet, bei deren Vorauswahl mit *UraniaStar 1.1* und anschließend genauer Berechnung nach *Mucke / Meeus* [Lit. 11] sich ein Verfinsterungsgrad von zumindest 95% ergab (ringförmige Finsternisse wurden generell nicht berücksichtigt). Datumsangaben vor dem 15. Oktober 1582 erfolgen im julianischen Kalender, unter Maximum ist der Zeitpunkt der maximalen Verfinsterung für Wien (UT; auf die Minute gerundet) angegeben. Größe bezeichnet den maximalen Verfinsterungsgrad in Einheiten des Sonnendurchmessers ($>1,000 = \text{total}$).

Datum	Typ	Maximum	Größe	Höhe
1133 08 02	total	11 53	1,017	56°
1241 10 06	total	11 54	0,996	32°
1330 07 16	total	16 17	1,003	22°

3.Fortsetzung: Zur Wiederkehr spezieller totaler Sonnenfinsternisse...

Datum	Typ	Maximum	Größe	Höhe
1339 07 07	ringf.-tot.	14 18	0,997	42°
1366 08 07	ringf.-tot.	04 11	0,973	3°
1415 06 07	total	06 06	0,999	29°
1433 06 17	total	15 37	1,009	30°
1485 03 16	total	15 53	1,020	13°
1540 04 07	total	04 33	0,975	4°
1544 01 24	ringf.-tot.	08 52	0,992	18°
1706 05 12	total	09 31	0,952	56°
1804 02 11	ringf.-tot.	12 14	0,967	26°
1842 07 08	total	05 45	1,008	24°
1999 08 11	total	10 47	0,990	57°
2081 09 03	total	07 46	0,968	33°
2135 10 07	total	07 31	0,953	22°
2151 06 14	total	18 23	0,974	4°
2227 05 16	total	07 42	0,988	42°
2379 03 19	total	10 48	0,973	41°
2381 07 22	total	10 49	0,957	62°
2433 04 20	total	11 11	0,952	53°

Wie die Ergebnisse zeigen, konnten in Wien im Mittelalter vier totale Finsternisse gesehen werden, weitere drei totale Finsternisse lieferten eine Größe von $>0,990$. In der Neuzeit war hingegen nur eine totale Finsternis zu beobachten (1842 07 08), welche Adalbert Stifter ausführlich beschrieb. Leider ist für Wien in naher Zukunft bis zum Ende des 25. Jhdts. keine einzige totale Sonnenfinsternis zu erwarten, wohl aber in anderen Teilen Österreichs. So wird die Finsternis 1999 08 11 in Salzburg, Linz und Graz total, in St. Pölten und Eisenstadt hingegen mit einer Größe von $>0,990$ zu beobachten sein. Auch 2081 09 03 ereignet sich eine Finsternis, welche mit Ausnahme von Linz, St. Pölten, Wien und Eisenstadt in allen übrigen Landeshauptstädten total gesehen werden kann.

4. Fortsetzung: Zur Wiederkehr spezieller totaler Sonnenfinsternisse...

Da UraniaStar 1.1 auf der Mondtheorie von *Brown / Eckert* in der verkürzten Form beruht, kommen gegenüber dem „Canon of Solar Eclipses“ von *Mucke / Meeus* [Lit. 11] (Mondtheorie von *Brown / Eckert / Vondrak*) geringe Abweichungen vor. Sie liegen in der Regel innerhalb einer Einheit der zuvor angegebenen und gerundeten Werte (auch für die Größe der Finsternis tritt eine Streuung von max. 1% auf, allerdings gibt UraniaStar 1.1 keine Dezimalstellen $>1,000 = 100\%$ an). Eine Beschreibung des „Canon of Solar Eclipses“ findet sich im Sternenboten [Lit. 12 und 13].

3. Spezieller Fall: Die totale Sonnenfinsternis 1995 10 24, beobachtet in der Tempelstadt Angkor / Kambodscha, und ihre Wiederkehr am gleichen Ort

Die totale Sonnenfinsternis vom 24. Oktober 1995 brachte die einmalige Gelegenheit mit sich, ein seltenes Himmelsschauspiel an einem historisch bedeutsamen Ort, im speziellen Fall in der Tempelstadt Angkor / Kambodscha, zu erleben. Nach erfolgreicher Beobachtung [Lit. 20] erschien es dem Autor interessant, im Sinne der angewandten astronomischen Phänomenologie [Lit. 10] nachzuforschen, ob in Angkor in geschichtlicher Zeit totale Finsternisse stattgefunden haben bzw. wann eine solche wieder zu beobachten sein wird. Bevor jedoch auf die phänomenologische Bearbeitung näher eingegangen wird, erfolgt eine Zusammenfassung der Finsternisdaten sowie ein kurzer Abriss der Geschichte von Angkor Wat.

3.1 Datengrundlage

Zur Vorbereitung der Beobachtung wurden der „Fifty Year Canon of Solar Eclipses: 1986 to 2035“ von *Espenak* [Lit. 2] sowie das „NASA Solar Eclipse Bulletin“ von *Espenak & Anderson* [Lit. 4] herangezogen. Letzteres enthält neben detaillierten Angaben über den Bahnverlauf (samt zugehörigen Kartenausschnitten) ausführliche Wetterprognosen zur Auswahl des Beobachtungsortes. Zusätzliche Hinweise fanden sich in *Sky & Telescope* [Lit. 3].

5.Fortsetzung: Zur Wiederkehr spezieller totaler Sonnenfinsternisse...

3.2 Finsternischarakteristik

Die Finsternis 1995 10 24 war die 22. von insgesamt 72 Finsternissen innerhalb des Saroszyklus Nr. 143, welcher 1617 03 07 mit einer sehr kleinen partiellen Finsternis in hohen nördlichen Breiten begann. Innerhalb der Reihe totaler Finsternisse, deren erste 1797 06 24 eintrat, steht sie an 12. bzw. letzter Stelle. Vorgängerin der beobachteten war die totale Finsternis 1977 10 12, Nachfolgerin wird die ringförmig-totale Finsternis 2013 11 03 sein. Sämtliche Finsternisse finden nahe dem aufsteigenden Knoten der Mondbahn statt.

3.3 Bahnverlauf und Sichtbarkeit

Die Finsternis, deren Totalitätszone sich über eine Länge von 13.600 km erstreckte, konnte von nahezu der gesamten östlichen Hemisphäre aus beobachtet werden. So begann der „Schattenpfad“ in Südwestasien, südlich von Teheran, und lief anschließend über den indischen Subkontinent und Hinterindien weiter in Richtung des Südchinesischen Meeres, wo mit $2^{\text{min}} 10^{\text{sec}}$ die maximale Dauer der totalen Verfinsterung erreicht wurde. Nach einer kurzen Überquerung der Nordspitze Borneos endete die Totalitätszone im westlichen Pazifik südlich der Marshall-Inseln. Das Gebiet der partiellen Sichtbarkeit umfaßte den Großteil des asiatischen Festlandes, den malaiischen Archipel sowie Australien.

3.4 Wettervorhersage und Wahl des Beobachtungsortes

Auf Grund langjähriger Wetterstatistiken waren für den Beginn der Totalitätszone deutlich günstigere Bedingungen zu erwarten als gegen Ende zu. So etwa betrug die Erfolgchance für einen Beobachter im Grenzgebiet von Pakistan und Indien nahezu 90%. Sie verringerte sich entlang der Zentrallinie in Richtung Osten deutlich und erreichte an der Küste Vietnams mit etwa 40% ihr Minimum. Für das Innere von Thailand und Kambodscha waren ähnliche Chancen wie für die Meeresbereiche Indonesiens sowie den westlichen Pazifik gegeben (maximal 50%). Aus diesen Gründen mußte ein Kompromiß zwischen der zu erwartenden Totalitätsdauer und den prognostizierten Wetteraussichten getroffen werden.

6. Fortsetzung: Zur Wiederkehr spezieller totaler Sonnenfinsternisse...

Da die hervorragenden Beobachtungsbedingungen im westlichen Indien durch eine sehr kurze Totalitätsdauer getrübt waren (max. 55^{sec} im Gebiet von Agra, das nahegelegene Taj Mahal befand sich knapp außerhalb der Totalitätszone [Lit. 4]), wurde vom Verfasser und seinen Begleitern (Angelika und Mag. Alexander Ertler) Angkor Wat in Kambodscha als Beobachtungsort gewählt. Die antike Tempelstadt der Khmer, nach langem Bürgerkrieg nun wieder der Öffentlichkeit zugänglich, erschien als prächtige Kulisse für das bevorstehende Himmelsschauspiel (berechnete Totalitätsdauer $1^{\text{min}} 48^{\text{sec}}$, Sonnenhöhe 62° [Lit. 4]).

3.5 Angkor Wat - Das Achte Weltwunder

Die Tempelanlage von Angkor Wat wurde im 12. Jhd. unserer Zeitrechnung unter der Herrschaft von Suryavarman II. als perfektes Abbild des hinduistischen Kosmos errichtet. Der etwa 1 km^2 große Tempelbezirk, der auch heute noch von einem 200 m breiten Wassergraben umgeben ist, gilt als unvergleichliches Meisterwerk der Khmer-Kunst. Während seiner Blütezeit dürfte der Tempel von knapp 20.000 Menschen, vor allem Bediensteten des Hofes und Priestern, bewohnt gewesen sein [Lit. 18]. Deren einfache Behausungen aus Holz sind uns allerdings nicht erhalten geblieben. Nach der letztmaligen Eroberung durch die Siamesen im Jahre 1431 wurde Angkor als Hauptstadt aufgegeben, der Tempelbezirk von Angkor Wat von buddhistischen Mönchen jedoch weiter gepflegt. So erklärt sich auch ihr Name: Die königliche Stadt („nokor“), die ein buddhistisches Kloster („wat“) geworden ist. Heute bekennen sich knapp 90% der Kambodschaner zum Buddhismus. Mitte des vorigen Jahrhunderts wurde die „Stadt im Dschungel“ von Henri Mouhot „wiederentdeckt“ und anschließend von französischen Archäologen restauriert (mittlerweile sind über 100 weitere Tempelanlagen bekannt). Von Mitte 1970 bis Ende 1991 blieben die Tempel wegen der Kriegswirren (Indochina-Krieg) gesperrt.

Der zur Beobachtung ausgewählte Platz befindet sich nahe des nördlichen der beiden Wasserbecken, welche die Prozessionsstraße in Richtung des zentralen Heiligtums flankieren (siehe Anhang Abb. 3 - Grundriß von Angkor Wat).

7.Fortsetzung: Zur Wiederkehr spezieller totaler Sonnenfinsternisse...

3.6 Der „Tag der schwarzen Sonne“

Der Morgen des 24. Oktober kam mit gutem Wetter und so konnte der gesamte Verlauf der Finsternis bei nahezu wolkenlosem Himmel beobachtet werden. Etwa 2000 Besucher hatten sich im Tempelbezirk von Angkor Wat eingefunden. Wenige Stunden später sollte der Dämon Rahu, im Hinduismus eine Personifizierung des aufsteigenden Mondknotens und imaginärer Planet, den Sonnengott Surya verschlungen haben. Wie schon 1994 zeigte die Sonnenkorona mit mächtigen Äquator- und zahlreiche Polarstrahlen eine für das Minimum typische Form. Trotz des relativ hellen Himmels, durch die kurze Totalitätsdauer bedingt, waren die Planeten Merkur ($-0,6^m$, 18° W), Venus ($-3,3^m$, 17° E) und Jupiter ($-1,4^m$, 44° E) einwandfrei zu sehen. Für das Aufsuchen von Fixsternen (etwa Arkturus, Spika und Antares) sowie des Planeten Mars ($+1,6^m$, 32° E) blieb leider keine Zeit. Einen schönen fotografischen Rahmen lieferte das Perlschnur-Phänomen (Baily's Beads) nahe dem 2. und 3. Kontakt.

In diesem Zusammenhang wird auf eine kleine Bilddokumentation des Autors, die im Vorraum des Wiener Planetariums ausgestellt ist, verwiesen. Ausführliche Bildberichte finden sich in Sky & Telescope [Lit. 15].



Rahu

8.Fortsetzung: Zur Wiederkehr spezieller totaler Sonnenfinsternisse...

3.7 Nachlese

Analog zu Kapitel 2 wurde zwecks Feststellung der Wiederkehr totaler Sonnenfinsternisse in Angkor im „Canon of Solar Eclipses“ [Lit. 11] sowie im „Canon der Finsternisse“ [Lit. 14] Nachschau gehalten und mit UraniaStar 1.1 präzisiert. Die in Frage kommenden Finsternisse erfuhren wieder eine genaue Berechnung nach *Mucke / Meeus* [Lit. 11]. Da die angegebenen Koordinaten für Angkor Wat zwischen dem „NASA Solar Eclipse Bulletin“ [Lit. 4] und dem „Times Index Gazetteer of the World“ [Lit. 6] um zwei Bogenminuten in Länge differieren, schien es zweckmäßig, deren Mittelwert (103° 51' E; 13° 26' N) heranzuziehen. Es wurden sämtliche totale bzw. ringförmig-totale Finsternisse, deren Zentrallinien für den Zeitraum +802 bis +2143 in der Nähe von Angkor zu liegen kamen, untersucht.

Nach historisch definierten Zeitabschnitten aufgelistet stellen sich die Ergebnisse wie folgt dar (Zeitangaben in UT; Unterschied zur Zonenzeit des Meridians 105° E = UT + 7^h):

802 bis 1431: Gründung des Reiches von Angkor durch König Jayavarman II. bis zur Eroberung der Hauptstadt durch die Siamesen. Hervorzuheben sind drei Finsternisse, welche eine rechnerische Größe von mehr als 0,980 erreichten (837 12 31 (t), 07 Uhr 03, 0,996, Höhe 45°; 977 12 13 (t), 09 Uhr 55, 0,986, Höhe 10°; 1068 02 06 (t), 04 Uhr 02, 0,992, Höhe 56°).

Während der Bauzeit von Angkor Wat (1113 bis 1150) ereignete sich keine totale Sonnenfinsternis, jedoch kam es 1148 04 20 (t) zu einer Verfinsterung des Tagesgestirnes mit der Größe 0,961 (05 Uhr 24, Höhe 84°).

1432 bis 1860: „Dornröschenschlaf“ Angkors bis zur Wiederentdeckung durch Henri Mouhot. Es fand keine totale Finsternis in Angkor statt, jedoch lieferte die Finsternis 1568 09 21 (t) eine Größe von 0,995 (03 Uhr 44, Höhe 66°).

9.Fortsetzung: Zur Wiederkehr spezieller totaler Sonnenfinsternisse...

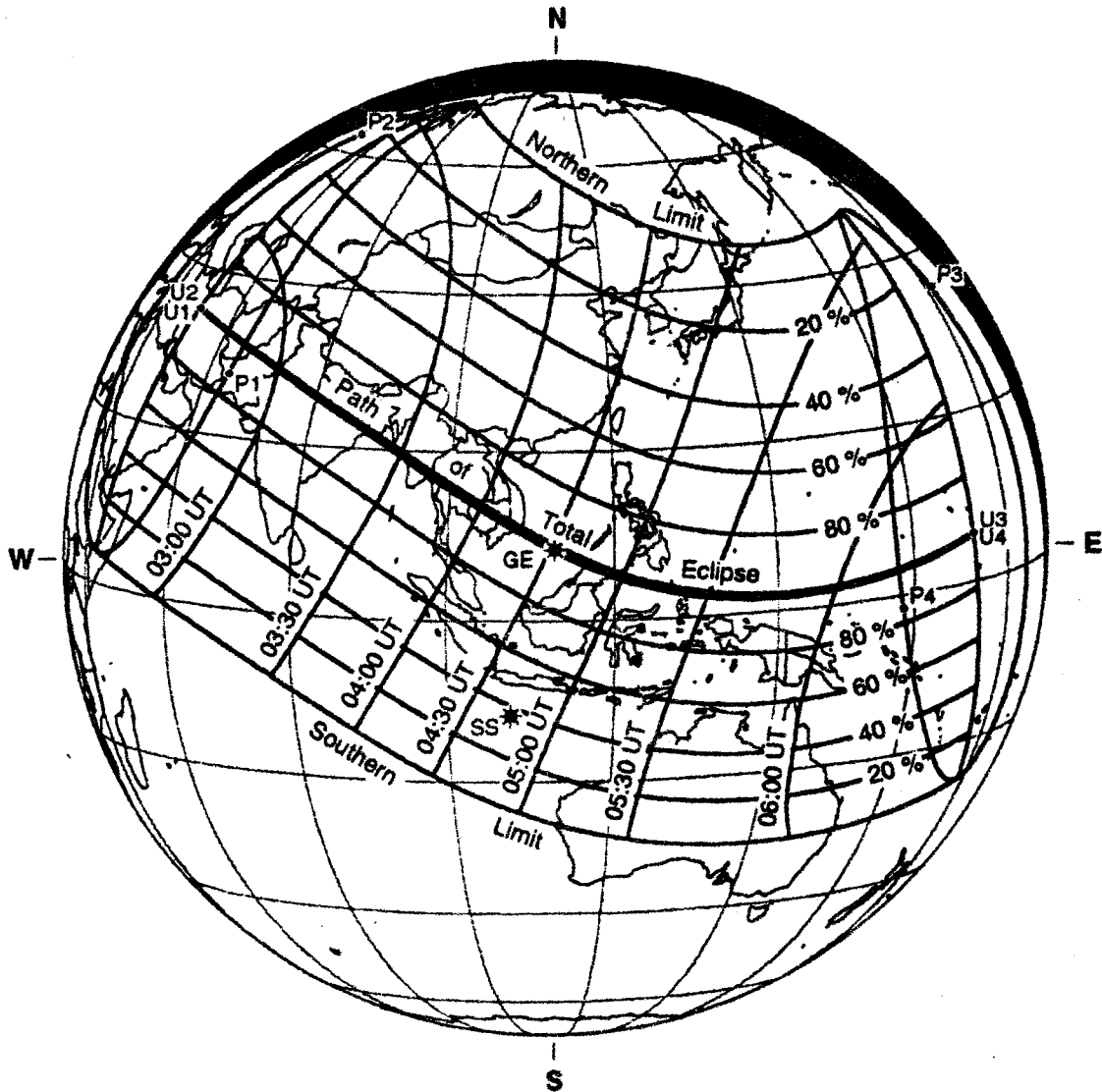
1861 bis 1970: Systematische Freilegung und Erforschung der Monumente durch französische Archäologen bis zum Ausbruch des kambodschanischen Bürgerkrieges. In diesen Zeitraum fällt die längste totale Sonnenfinsternis des 20.Jhdts., 1955 06 20, welche in Angkor eine Verfinsternung der Größe 1,003 bewirkte (03 Uhr 31, Höhe 65°).

1971 bis 1991: Während dieser Zeit blieben die Tempel wegen der Kriegswirren gesperrt. Es ereignete sich keine totale Finsternis.

1992 bis 2143: Neuerliche Öffnung der Tempelanlagen bis zur nächsten totalen Finsternis im 22.Jhd.. In diesen Zeitraum fällt die beobachtete Sonnenfinsternis 1995 10 24 (Größe 1,006). Die nächste, nahezu totale Finsternis ist für 2070 04 11 mit einer Größe von 0,995 zu erwarten (01 Uhr 14, Höhe 33°). Eine wirklich totale Finsternis wird Angkor erst 2143 11 07 beschieden sein. Diese Finsternis findet am frühen Morgen (00 Uhr 03) bei einer Sonnenhöhe von 14° statt (Größe 1,005).

Wie die Ergebnisse zeigen, kam es in der Zeit zwischen +802 und +1954 zu keiner einzigen totalen Sonnenfinsternis, hingegen ereign(et)en sich ihrer drei zwischen +1955 und +2143. Es ist bemerkenswert, daß für den erstgenannten Zeitraum das durchschnittliche Intervall zwischen zwei totalen Finsternissen am gleichen Ort deutlich überschritten wird. Wenngleich die Finsternis 1995 10 24 in relativ geringem zeitlichen Abstand von zwei weiteren totalen Finsternissen begleitet wird (also ein scheinbar „häufiges“ Ereignis darstellt), so lieferte sie dennoch die längste bisher eingetretene Totalitätsdauer seit dem Bestehen von Angkor Wat.

4. Anhang: Abbildungen



**Abb. 1: Sichtbarkeitsgebiet (orthographische Projektion) der totalen Sonnenfinsternis 1995 10 24
[aus Lit. 4]**

11. Fortsetzung: Zur Wiederkehr spezieller totaler Sonnenfinsternisse...

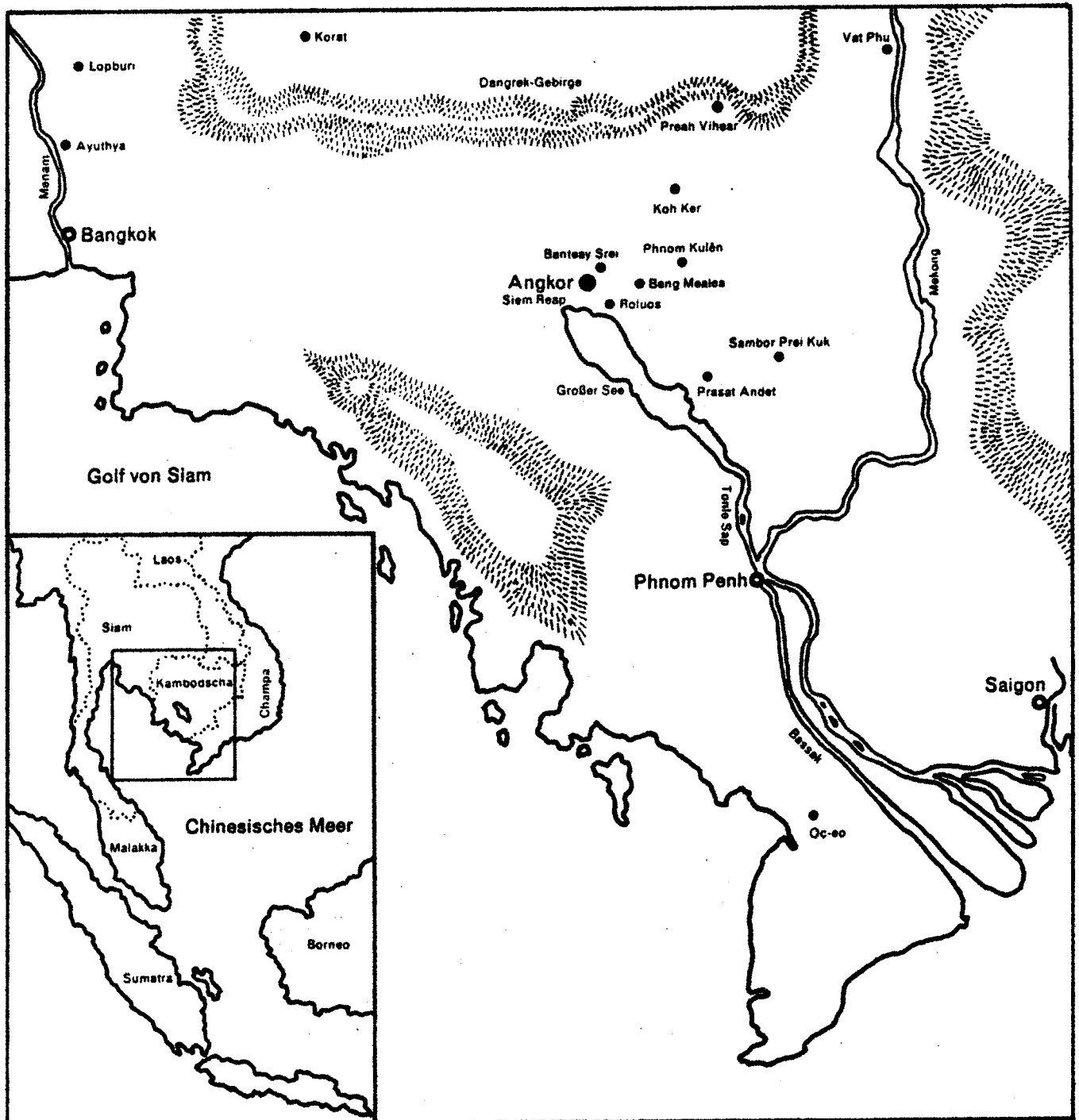


Abb. 2: Karte des Khmer-Reiches und seine Lage in Südostasien [aus Lit. 18]

12. Fortsetzung: Zur Wiederkehr spezieller totaler Sonnenfinsternisse...

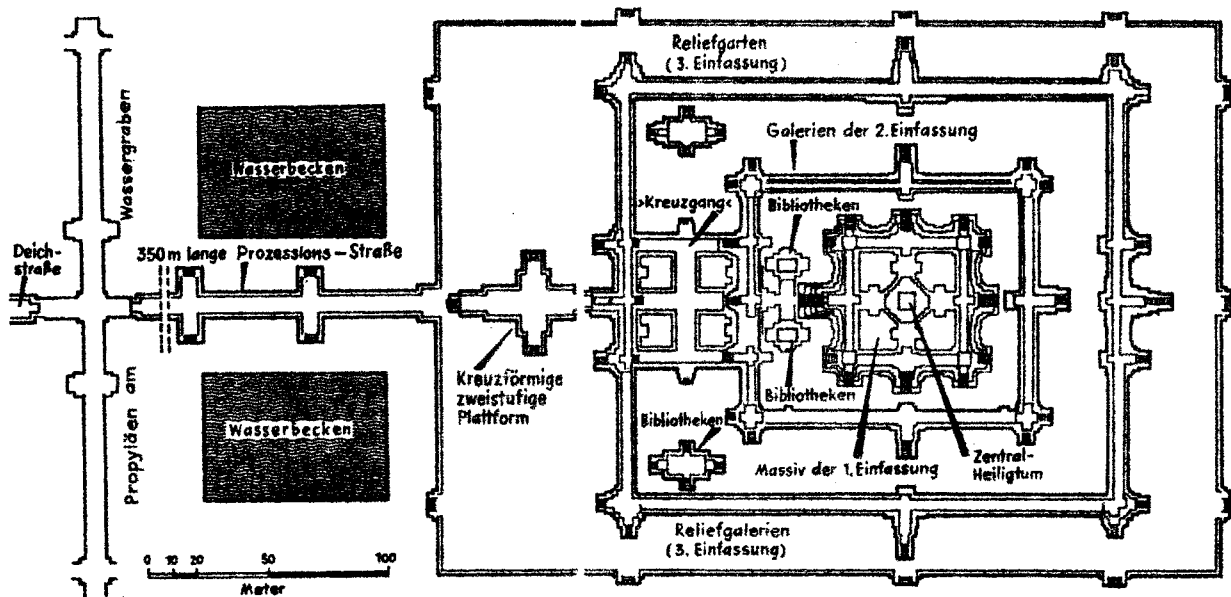


Abb. 3: Angkor Wat, Grundriß von Haupteingang und Tempel [aus H. Uhlig: Auf den Spuren Buddhas. Safari Verlag 1977]

5. Literatur

1. B. Brewer. Eclipse. Earth View, Seattle, WA, USA 1978.
2. F. Espenak. Fifty Year Canon of Solar Eclipses: 1986 - 2035.
NASA Reference Publication 1178 Revised.
Sky Publishing Corporation, Cambridge, MA, USA 1987.
3. F. Espenak. Darkness over Southern Asia: Preparing for the October 24th Total Solar Eclipse. Sky & Telescope, vol. 89, no. 3, Cambridge, MA, USA 1995.
4. F. Espenak & J. Anderson. Total Solar Eclipse of 1995 October 24th.
NASA Reference Publication 1344, Washington, D.C., USA 1994.
5. H. M. Nautical Almanac Office. Explanatory Supplement to the Astronomical Ephemeris.
Her Majesty's Stationery Office, London, England 1973.
6. Index Gazetteer of the World, The Times. The Times Publishing Company Ltd.,
Printing House Square, London, England 1965.
7. M. Littmann & K. Willcox. Totality: Eclipses of the Sun.
University of Hawaii Press, Honolulu, HI, USA 1991.

13. Fortsetzung: Zur Wiederkehr spezieller totaler Sonnenfinsternisse...

8. J. Meeus. **Astronomical Formulae for Calculators. 3rd Edition.**
Willmann-Bell Inc., Richmond, VA, USA 1985.
9. H. Mucke. **Theodor Ritter von Oppolzer und sein „Canon der Finsternisse“.**
Der Sternbote 1/1987, Astronomisches Büro, Wien.
10. H. Mucke. **Astronomische Phänomenologie: Von Art und Aufgaben eines
himmelskundlichen Sachgebietes in Öffentlichkeit und Forschung.**
Der Sternbote 10/1992, Astronomisches Büro, Wien.
11. H. Mucke & J. Meeus. **Canon of Solar Eclipses, -2003 to +2526.**
Astronomisches Büro, Wien 1983.
12. H. Mucke & J. Meeus. **Canon der Sonnenfinsternisse, -2003 bis +2526.**
Der Sternbote 7/1984, Astronomisches Büro, Wien.
13. H. Mucke & J. Meeus. **Anmerkungen zum neuen Sonnenfinsterniscanon.**
Der Sternbote 3/1985, Astronomisches Büro, Wien.
14. Th. v. Oppolzer. **Canon der Finsternisse. Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der
Wissenschaften, Math.-Naturwiss. Classe, Bd. 52, Wien 1887.**
Nachdruck bei Dover, NY, USA 1962 (übersetzt von Owen Gingerich).
15. M. B. Pepin. **When Rahu Devoured the Sun. Blazing Diamond Rings and
Fiery Beads: Experiencing the Total Eclipse from Lands of Mystery.**
Sky & Telescope, vol. 91, no.3, Cambridge, MA, USA 1996.
16. M. Pietschnig & W. Vollmann. **UraniaStar 1.1 (Himmelskundliches Softwarepaket).**
Wien 1995.
17. **Sternfreunde-Seminar „Astronomische Finsternisse“.** Astronomisches Büro für
Österreichischen Astronomischen Verein, Wien 1979.
18. H. Stierlin (Hrsg.). **Angkor (Reihe Architektur der Welt).**
Benedikt Taschen (ohne Orts- und Jahresangabe).
19. G. Van den Bergh. **Eclipses in the Second Millenium B.C. (-1600 to -1207) and how to
Compute them in a Few Minutes.**
T. Willink, Haarlem, Niederlande 1954.
20. Th. Weiland. **Totale Sonnenfinsternis 1995 10 24, Kambodscha.**
Der Sternbote 10/1996, Astronomisches Büro, Wien.

Referat: **Kleinste freisichtige Finsternisgrößen**

GRÖSSE EINER FINSTERNIS

Unter der Größe einer Sonnen- oder Mondfinsternis wird hier der durch den Mond oder den Erdschatten abgedeckte Teil des scheinbaren Sonnen- bzw. Monddurchmessers verstanden und in Einheiten des scheinbaren Sonnen- bzw. Monddurchmessers angegeben.

Die Größe einer Finsternis wächst von ihrem Beginn bis zu einem Größtwert und sinkt dann wieder; der Größtwert wird oft schlechthin zur Beschreibung einer Finsternis verwendet.

KLEINSTE FREISICHTIGE GRÖSSE

Es ist ohne weiteres klar, daß eine Finsternis erst dann gerade schon oder gerade noch mit dem freien - bei Sonnenfinsternissen blendgeschützten - Auge wahrgenommen werden kann, wenn sie schon eine gewisse Größe erreicht hat. Die Frage nach dieser kleinsten freisichtigen Größe soll nun gestellt und versucht werden, sie anhand eines gewissen Beobachtungsmaterials möglichst zu beantworten.

Dabei sind Auffassungsunterschiede bei Anfang und Ende zu erwarten, die es ratsam erscheinen lassen, eine getrennte Behandlung vorzunehmen: denn die Grenzwahrnehmung erfolgt am Anfang unerwartet, dagegen am Ende in etwa vorhersehbar.

Außerdem hat die Lufthülle der Erde zusätzlichen Einfluß: bei den Sonnenfinsternissen ist es die Luftunruhe, die den Sonnenrand wellig verändert, bei den Mondfinsternissen sind es jene Einflüsse, die den verfinsterten Mond mehr oder hell bzw. dunkel erscheinen lassen. Auch die Durchsicht der Luft spielt eine Rolle, denn das Auge ist - wie man beispielsweise beim Betrachten des Vollmondes durch eine moderne, verlaufend getönte Auto-Windschutzscheibe gut merken kann - trotz Helligkeitsanpassung in einem gewissen Helligkeitsbereich in der Kontrastwahrnehmung am leistungsfähigsten.

Selbstverständlich hängt die freisichtige Wahrnehmung der kleinsten Finsternisgröße auch vom Vorauswissen ab; eine Untersuchung über ohne Vorwissen auffallende Finsternisgrößen wäre eine verdienstvolle astronomisch-phänomenologische Arbeit! Hier spielt auch mit, wie hoch über dem Horizont die Finsternis beginnt.

1. Fortsetzung Referat: Kleinste freisichtige Finsternisgrößen

MONDFINSTERNISSE

Der Erdschatten ist kein genauer Kreiskegel, weil die Erde in Wirklichkeit keine Kugel ist; es genügt aber für den vorliegenden Zweck, sie als Kugel mit mittlerem Halbmesser anzusehen.

Die Beobachtung hat gezeigt, daß die Erdlufthülle den scheinbaren Halbmesser des Erdschattens um rund ein Fünfzigstel vergrößert. Einer alten Tradition folgend, vergrößert z.B. der *Astronomical Almanac* [1] und der *Fifty Years Canon of Lunar Eclipses* [2] die geometrischen Halbmesser sowohl des Kern- als auch des Halbschattens um 1/50 oder 2%.

Wie jedoch A. Danjon in *L'Astronomie*, Vol. 65, p. 51-53 (1951) richtig ausführt [3], ist der zur Berücksichtigung einer abdunkelnden atmosphärischen Schicht rund um die Erde einzig gangbare Weg die Vergrößerung des Erdhalbmessers, was durch entsprechende Vergrößerung der Mondparallaxe erreicht werden kann. Damit erfahren Kern- und Halbschattenhalbmesser die gleiche **absolute** und nicht die gleiche **relative** Vergrößerung, wie Letzteres die traditionelle Regel (1/50) bewirkt. Selbst falls sie für den Kernschatten stimmt, kann sie daher nicht auch für den Halbschatten stimmen - und, wie wir gleich sehen werden, treten die kleinsten freisichtigen Größen der Mondfinsternisse im Halbschatten auf! Um die **natürlichen** Verhältnisse darzustellen, muß also nach Danjon, wie z.B. in den *Connaissance des Temps* ab 1951 und im *Canon of Lunar Eclipses, -2002 to +2526* [4], verfahren werden.

Bezeichnen wir die Äquatorial-Horizontalparallaxe des Mondes mit Π und jene der Sonne mit π sowie den scheinbaren Halbmesser des Mondes mit SD und jenen der Sonne mit sd , so erhalten wir nach Danjon in Bogensekunden für den

$$\begin{aligned} \text{Halbschatten-Halbmesser} &= 1,01 \cdot \Pi + sd + \pi \quad \text{und} \\ \text{Kernschatten-Halbmesser} &= 1,01 \cdot \Pi - sd + \pi . \end{aligned}$$

Im Gegensatz dazu lauten die Ausdrücke bei Verwendung der traditionellen Schattenvergrößerung um 1/50 oder 2% in Bogensekunden für den

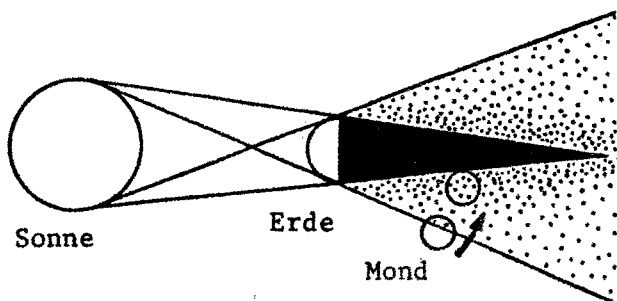
$$\begin{aligned} \text{Halbschatten-Halbmesser} &= 1,02 (0,99834 \cdot \Pi + sd + \pi) \text{ und} \\ \text{Kernschatten-Halbmesser} &= 1,02 (0,99834 \cdot \Pi - sd + \pi) . \end{aligned}$$

Näheres zur Berechnung siehe Seminarpapiere 1979, *Astronomische Finsternisse* [5]. Die Finsternisgrößen nach Danjon sind höchstens für den Kernschatten um 0,006 und für den Halbschatten um 0,026

2. Fortsetzung Referat: Kleinste freisichtige Finsternisgrößen

kleiner als jene, die mit der traditionellen Schattenvergrößerung von 1/50 berechnet worden sind.

Jeder, der schon eine Mondfinsternis beobachtet und ihren wirklichen Beginn mit dem vorausberechneten Zeitpunkt des Mondeintrittes in den Kernschatten verglichen hat, wird wohl die "Verfrühung" der Finsternis am Himmel bemerkt haben.



Der Grund liegt in der gegen den Kernschattenrand schließlich stark zunehmenden Dunkelheit des Halbschattens.

Ein Beobachter auf dem Mond würde verfolgen können, wie die Erde langsam die Sonnenscheibe verdeckt und schließlich nur mehr eine stark an

Mondfinsternis-Anfangsphasen

Fläche abnehmende Sonnensichel übrigbleibt - er befindet sich so lange im Halbschatten, bis die Erde die Sonne ganz bedeckt und ihn der Kernschattenrand erreicht hat. Von der Erde aus ist die Verdunkelung des Mondrandes durch den Halbschatten daher bereits mit freiem Auge wahrzunehmen, wenn der Mond noch im Halbschatten steht und die Finsternis eine gewisse Größe im Halbschatten besitzt: dann beginnt die Freisichtigkeit.

Nun soll anhand von Beobachtungen diese Finsternisgröße im Halbschatten ermittelt werden: nach dem Stand der Dinge kann dies nur nach Danjon erfolgen. Wenn nicht anders vermerkt, handelt es sich um freisichtige Beobachtungen; A Anfang, E Ende; Uhrzeiten UT.

PARTIELLE HALBSCHATTEN-MONDFINSTERNIS, 1980 03 01		Größe
Ing. Johann Quicala, Feststellung zweifelhaft.		
Wolfgang Vollmann, Feststellung unmöglich.		
Mit Refraktor 15/152cm in Projektion: Schatten vom Mondrand bis etwa Tycho sichtbar.		
Volkssternwarte Traiskirchen NÖ:	20 ^h 45 ^m	0,653

PARTIELLE HALBSCHATTEN-MONDFINSTERNIS, 1984 11 08

Rudolf Conrad, Wien, Verdunkelung durch gleichmäßigen Nebel sicher wahrgenommen:	16 56	0,696 A
Franz Brandfellner, St. Veit/Glan KT, Verdunkelung noch zu sehen (19h10 nicht mehr):	19 05	0,624 E
Florian und Anni Grassl, Marchfeld NÖ. Durch zwei verschieden stark getönte Gläser beobachtet. Erst ab 16h58 wegen Nebelschleier eindeutig und übereinstimmend gesehen:	16 58	0,708 A

3. Fortsetzung Referat: Kleinste freisichtige Finsternisgrößen

	UT	Größe
Keine merkliche Verdunkelung mehr zu sehen:	18 ^h 59 ^m	0,667 E
TOTALE MONDFINSTERNIS, 1986 10 17		
Andreas Zeipelt, Golling NÖ. Erste Schattenwahrnehmung:	17 10	0,756 A
PARTIELLE HALBSCHATTEN-MONDFINSTERNIS, 1987 10 07		
Prof. Hermann Mucke, Urania Sternwarte, Wien. Mond erstmals durch klare Wolkenlücken sichtbar geworden und bereits deutlich verfinstert, auch von Besuchern bestätigt:	3 10	0,784 A
Wolfgang Vollmann, Wien 3, leicht diesig. Halbschatten sehr, sehr zart als "Etwas" zu sehen - würde die Finsternis aber nicht "entdecken":	2 52	0,634 A
Der Schatten ist nun deutlich sichtbar:	2 58	0,688 A
TOTALE HALBSCHATTEN-MONDFINSTERNIS, 1988 03 03		
Wolfgang Vollmann, Urania Sternwarte, Wien. Relativ diesig, gegen 17 ^h 30 Sterne ca. +3 ^{mag} zu sehen. Letztmals Verdunkelung bemerkt:	17 26	0,766 E
TOTALE MONDFINSTERNIS, 1989 08 17		
Wolfgang Vollmann, Wien 3. Ziemlich klare, ungestörte Sicht. Schatten auffallend zu sehen ab:	1 06	0,716 A
Georg Zotti, San Nicholas del Puerto, Spanien. Wolkenlos. Schatten schwach zu sehen:	1 00	0,613 A
TOTALE MONDFINSTERNIS, 1990 02 09		
Heinrich Himmelbauer et al., St. Georgen 2, BL. Erste Spur einer Verdunkelung:	17 07	0,713 A
Deutlich sichtbar:	17 09	0,744 A
Dr. Lisa Höfler, Wien 5. Letztmals Verfinsternung gut gesehen:	21 16	0,700 E
Mit Mühe noch wahrgenommen:	21 19	0,653 E
Franz Svoboda, Wien 22. Letzte Wahrnehmung:	21 17	0,684 E
Wolfgang Vollmann, Wien 5. Eine helle Finsternis. Erstmals Schatten gesehen:	17 02	0,637 A
Letztmals Schatten gesehen:	21 19	0,653 E
PARTIELLE HALBSCHATTEN-MONDFINSTERNIS, 1991 01 30		
Franz Brandfellner, St. Veit/Glan KT. Sehr klar. Verdunkelung deutlich sichtbar:	5 00	0,635 A

4. Fortsetzung Referat: Kleinste freisichtige Finsternisgrößen

	UT	Größe
Prof. Hermann Mucke, Urania Sternwarte Wien. Wolkenlücken vor Hochnebelgrund. Erste Schattenspur, auch von Besuchern gesehen:	5h20m	0,771 A
Wolfgang Vollmann, Wien 5. Nebelschleier und dünne Wolken, sehr schwierig zu sehen:	5 25	0,797 A

PARTIELLE HALBSCHATTEN-MONDFINSTERNIS, 1995 10 08

Bernhard Dewath, Urania Sternwarte Wien. Mond schimmert schwach durch Wolken, die leichte Verdunkelung ist zu erahnen:	16 42	0,734 E
--	-------	---------

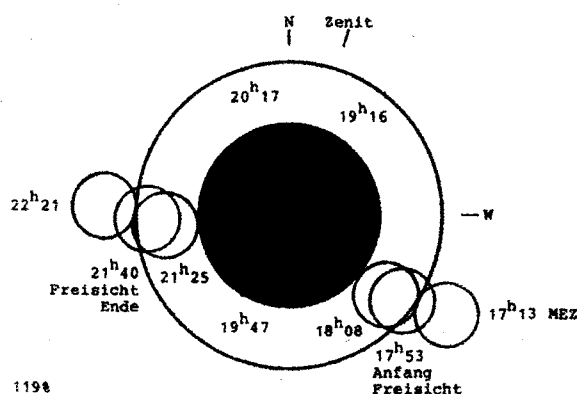
TOTALE MONDFINSTERNIS, 1996 09 27

Renate Weiland, Urania Sternwarte Wien. Schatten eindeutig, kurz danach Wolken:	0 52	0,638 A
Mag. Thomas Weiland, Gaweinstal NÖ. Erste Spur einer Verfinsterung zu sehen:	0 59	0,754 A

Die Beobachtungsdaten wurden jeweils in der Monatsschrift "Sternbote" [6] veröffentlicht und wurden von dort entnommen. Einige Beobachtungen, die auf eine Größe der Finsternis im Halbschatten von über 0,900 führen, wurden in obige Zusammenstellung nicht aufgenommen und jene von 1980 03 01 als Leerbeobachtung nicht in die Mittelbildung einbezogen. Es folgt im Mittel die kleinste Finsternisgröße im Halbschatten (Danjon) bei

- * Anfang Freisicht: 0,705
Größte Streuung: 0,092
- * Ende Freisicht: 0,685
Größte Streuung: 0,081

so daß die als Richtwert verwendete Grenzgröße von 0,700 im Österreichischen Himmelskalender [7] und im Canon of Lunar Eclipses, -2002 bis +2526 [4] bestätigt wird.



Totale Mondfinsternis, 1997 09 16

SONNENFINSTERNISSE

Im Gegensatz zu den Mondfinsternissen, die für alle ihre Beobachter auf der gerade dem Mond zugewandten Erdhälfte gleichzeitig gleichen Phasenablauf bieten, sind Sonnenfinsternisse streng lokale Ereignisse. Der Halbschatten des Mondes überstreicht höchstens eine knapp 2/3 Erddurchmesser breite Zone und falls der Mondkern-

5. Fortsetzung Referat: Kleinste freisichtige Finsternisgrößen

schatten die Erde trifft, kann die von ihm überstrichene Totalitätszone nur selten über 500 km breit werden. Zur Berechnung lokaler Daten nach dem Canon of Solar Eclipses, -2003 to +2526 [8] werden die geographische Länge, Breite und Seehöhe des Beobachtungsortes gebraucht, aus denen die parallaktischen Faktoren $\rho \cdot \sin \varphi'$ und $\rho \cdot \cos \varphi'$ abgeleitet werden können. In ihnen bedeuten ρ den Abstand von der Erdmitte und φ' die geozentrische Breite. Nun soll anhand von Beobachtungen die kleinste noch sichtbare Größe für Anfang A und Ende E ermittelt werden; Uhrzeiten UT. Zunächst Beobachtungen mit freiem, blendgeschütztem Auge:

Geographische		Seehöhe	Parall.Faktoren		Uhrzeit	Größe
Länge E	Breite N	Adr. (m)	$\rho \cdot \sin \varphi'$	$\rho \cdot \cos \varphi'$	UT	
RINGFÖRMIGE SONNENFINSTERNIS 1983 12 04						
Peter Reinhard, Lustenau VB.						
9°42'	47°26'	405	0,732939	0,677722	12 ^h 40	0,0136 A
PARTIELLE SONNENFINSTERNIS, 1996 10 12						
Lajos Bartha, Budapest, Ungarn.						
19 05 36	47 28 45	128	0,733447	0,677104	13 32 24	0,0189 A
Bernhard und Markus Dewath sowie Georg Zotti, Sophienalpe NÖ.						
16 13 56	48 14 49	480	0,742468	0,667216	13 27 10	0,0154 A
Albert Diemberger, Gänserndorf NÖ.						
16 43	48 21	167	0,743627	0,665841	13 27 18	0,0131 A
16 43	48 21	167	0,743627	0,665841	15 45 40	0,0126 E
Attila Miszer, Budapest, Ungarn.						
19 05 36	47 28 45	128	0,733447	0,677104	13 32 54	0,0244 A
Dr.Christian Pinter, Niederkreuzstetten NÖ.						
16 29 06	48 28 44	260	0,745129	0,664170	13 26 43	0,0126 A
René Tajoburg, Wien 23.						
16 18 59	48 09 11	300	0,741356	0,668417	15 46 00	0,0104 E
Ing.Karl Vlasich, Mattersburg BL.						
16 24 12	47 44 08	270	0,736477	0,673818	13 28 15	0,0130 A
16 24 12	47 44 08	270	0,736477	0,673818	15 46 30	0,0125 E
Wolfgang Vollmann, Payerbach NÖ.						
15 53	47 42	483	0,736085	0,674299	13 28 30	0,0215 A
Mag.Thomas Weiland, Gaweinstal NÖ.						
16 35	48 29	200	0,745174	0,664106	13 27 30	0,0201 A
16 35	48 29	200	0,745174	0,664106	15 45 30	0,0115 E
Prof.Mag.Wolfgang Wöss, Sandl OÖ.						
14 38 05	48 34 03	963	0,746235	0,663086	13 25 12	0,0218 A

Die Beobachtungsdaten wurden jeweils in der Monatsschrift "Sternenbote" [6] veröffentlicht und von dort entnommen. Die Beobachtungen

6. Fortsetzung Referat: Kleinste freisichtige Finsternisgrößen

Diemberger / Gänserndorf wurden nachgereicht. Es folgt im Mittel für die kleinste freisichtige Finsternisgröße bei

- * Freisicht Anfang: 0,017 mit größter Streuung 0,004
- * Freisicht Ende: 0,012 mit größter Streuung 0,001.

Nun zum Vergleich Beobachtungen mit optischen Hilfsmitteln:

Geographische		Seehöhe	Parall. Faktoren		Uhrzeit	Größe
Länge E	Breite N	Adr. (m)	$\rho \cdot \sin \varphi'$	$\rho \cdot \cos \varphi'$	UT	
RINGFÖRMIGE SONNENFINSTERNIS 1984 05 30						
Univ.-Prof. Dr. Hermann Haupt, Observatorium Graz-Lustbühel ST, Refraktor 8/160cm.						
15°29'42"	47°03'56"	480	0,728596	0,682438	17 ^h 22 ^m 36,6 ^s	0,0034 A
Prof. Hermann Mucke, Urania Sternwarte Wien, Refraktor 15/300cm in Projektion.						
16 23 07	48 12 43	194	0,742029	0,667640	17 22 24	0,0034 A

PARTIELLE SONNENFINSTERNIS 1996 10 12

Oberst Robert Vucsina, Urania Sternwarte Wien, Refraktor 15/300 in Projektion.

16 23 07	48 12 43	194	0,742029	0,667640	13 26 21	0,0037 A
----------	----------	-----	----------	----------	----------	----------

Auch hier sind die Beobachtungsdaten der Monatsschrift "Sternenbote" entnommen. Es folgt im Mittel für die kleinste mit optischen Hilfsmitteln wahrgenommene Finsternisgröße bei

- * Anfang: 0,0035 mit größter Streuung 0,0002.

LITERATUR

- [1] The Astronomical Almanac (und seine Vorgänger), Nautical Almanac Office, Royal Greenwich Observatory und U.S. Naval Observatory, London und Washington.
- [2] F. Espenak, Fifty Year Canon of Lunar Eclipses: 1986-2035. NASA Reference Publication 1216, Washington 1989.
- [3] A. Danjon, Les éclipses de Lune par la pénombre en 1951. L'Astronomie, Vol. 65, 51-53 (Feb. 1951).
- [4] J. Meeus und H. Mucke, Canon of Lunar Eclipses -2002 to +2526. Astronomisches Büro, 3. Auflage 1992.
- [5] Astronomische Finsternisse. Seminarpapiere 1979. Für den

7. Fortsetzung Referat: Kleinste freisichtige Finsternisgrößen

Österreichischen Astronomischen Verein, Astronomisches Büro,
Wien 1979.

- [6] Der Sternbote, Österreichische Astronomische Monatsschrift.
Mondfinsternis-Beobachtungen: Hefte 5/1980, 12/1984, 11/1986,
11/1987, 12/1987, 4/1988, 9/1989, 3/1990, 3/1991, 11/1995,
11/1996.
Sonnenfinsternis-Beobachtungen: Hefte 2/1984, 7/1984, 12/
1996.
1997 im 40. Jahrgang, Astronomisches Büro, Wien.
- [7] H. Mucke, Österreichischer Himmelskalender. 1997 im 41. Jahr-
gang. Astronomisches Büro, Wien.
- [8] H. Mucke und J. Meeus, Canon of Solar Eclipses -2003 to +2526.
Astronomisches Büro, 2. Auflage, Wien 1992.

DANK

Allen Beobachtern, die an diesem ständigen Programm des öster-
reichischen Astronomischen Vereins teilgenommen haben, sei viel-
mals für Ihre Bemühung gedankt.

Prof. Hermann Mucke, Hasenwartgasse 32, A-1238 Wien

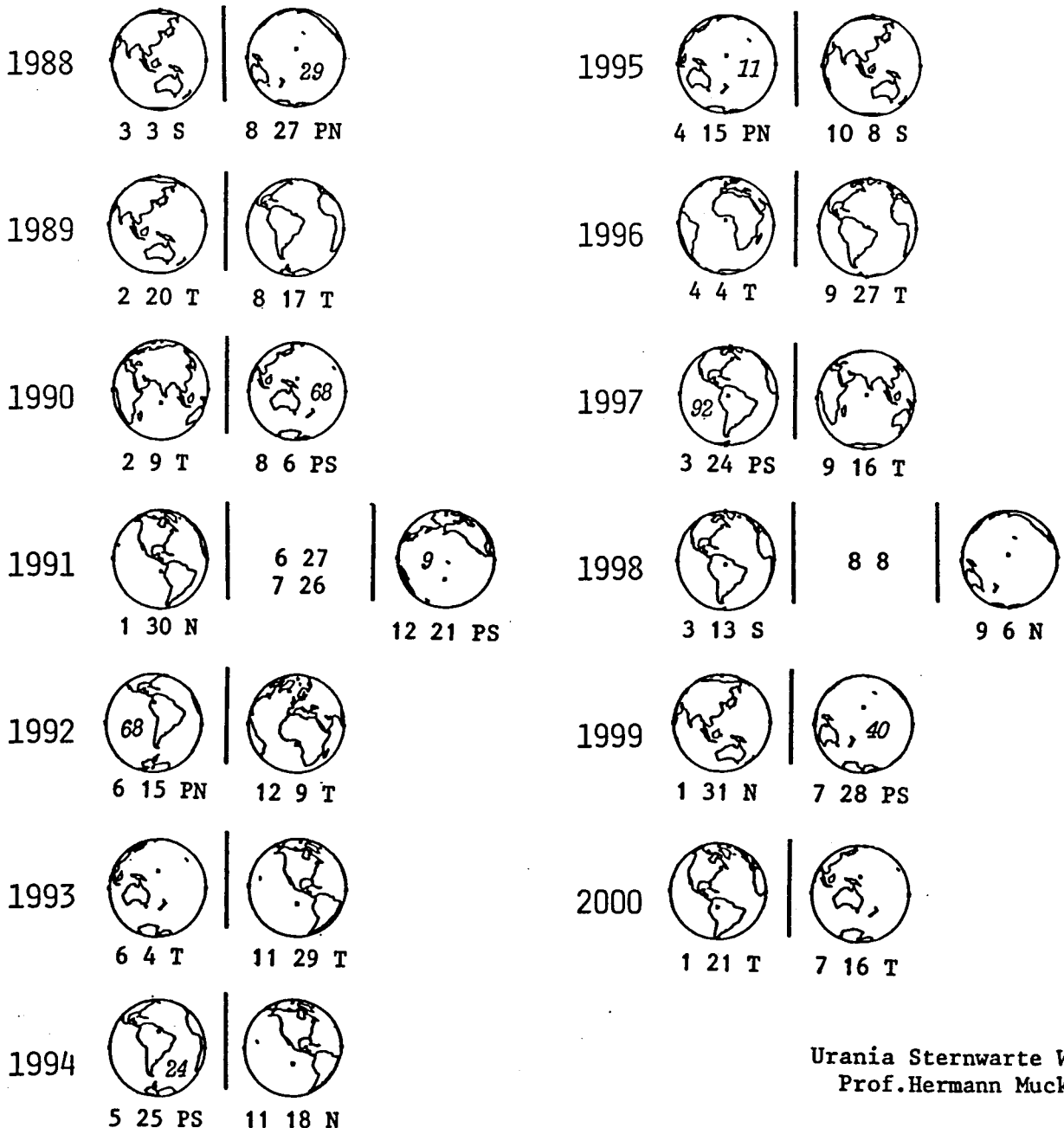
Mondfinsternisse 1988 bis 2000

T Total im Kernschatten
 PN Partiiell im Kernschatten,
 Nordteil Mond verfinstert
 Größe in % im Bildchen
 PS Partiiell im Kernschatten
 Südteil Mond verfinstert
 Größe in % im Bildchen

N Partiiell oder total im Halb-
 schatten, Größe 70% und mehr
 Nordteil Mond verfinstert
 S Partiiell oder total im Halb-
 schatten, Größe 70% und mehr
 Südteil Mond verfinstert

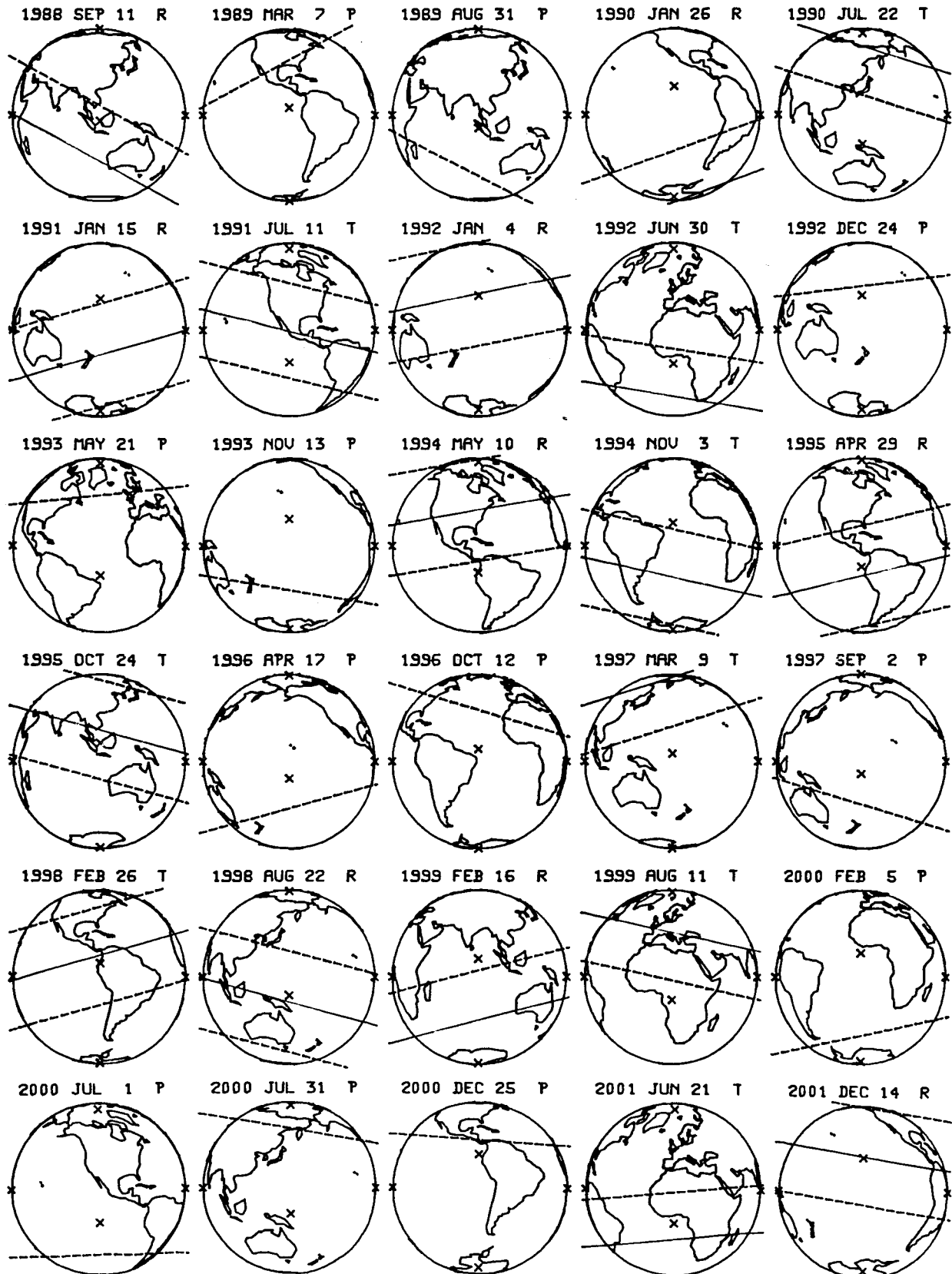
Datum: Halbschattenfinst. unter 70%

Das Erdbildchen zeigt das Sichtbarkeitsgebiet der Finsternis zum Zeitpunkt der größten Phase: Am linken Rand geht der Mond auf (Finsternismaximum Abend), in der Mitte steht der Mond im Süden (Finsternismaximum um Mitternacht) und an rechten Rand geht der Mond unter (Finsternismaximum am Morgen). Für Anfang der Finsternis ist der Erdglobus um höchstens 30° nach links, für das Ende um höchstens 30° nach rechts gedreht zu denken. Die Daten stammen aus dem "Canon of Lunar Eclipses".



Sonnenfinsternisse 1989 bis 2001

Erdbildchen: Gezeichnet für den Zeitpunkt der größten Finsternisphase (Mondschattenachse ist der Erdmitte am nächsten). Sichtbarkeitsbereich: Liegt zwischen den strichlierten Grenzlinien (Mond- und Sonnenscheibe in äußerer Berührung). Finsternisgröße steigt gegen die voll gezeichnete Zentrallinie (Mitten von Mond- und Sonnenscheibe decken sich) hin an. Diese sehr flachen Kurven können gut als Gerade wiedergegeben werden. T,R,P: Finsternis total, ringförmig, partiell. Aus Mucke-Meeus, "Canon of Solar Eclipses" (Wien 1983).



Referat: Die Nächte der fünf hellen Planeten 1997-2000 für Wien

Jeweils in einem bestimmten Zeitraum können Nacht für Nacht alle fünf hellen Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn mit freiem Auge gesehen werden. Zwar können meist nicht alle fünf zugleich, aber doch nach und nach alle fünf in jeder dieser "Nächte der fünf hellen Planeten" wahrgenommen werden.

Anfang und Ende eines solchen Zeitraumes werden durch den Beginn der Sichtbarkeitsperiode eines der fünf hellen Planeten und das Ende einer solchen bestimmt, die für diesen oder einen anderen der fünf eintritt. Maßgeblich ist dafür die erst- und letztmalige Wahrnehmung des betreffenden Planeten in der Dämmerung. Der Planet steht dabei in geringer Höhe über dem mathematischen Horizont, taucht aus der Dämmerung auf und verschwindet gleich darauf wieder in ihr.

Ein solcher "heliakischer" Auf- bzw. Untergang bezeichnet den Anfang bzw. das Ende einer Sichtbarkeitsperiode und darf keinesfalls mit einem täglichen Auf- bzw. Untergang verwechselt werden!

Die Beschreibung der Sichtbarkeitsperioden und ihre Berechnung ist im Referat "Sichtbarkeitsverhältnisse und Sonnenlauf" in den Seminarpapieren 1992/1993 "Moderne Astronomische Phänomenologie" [1] zu finden. Für ekliptiknahe Sterne und die fünf hellen Planeten ist das auf Sehungsbögen beruhende Verfahren auch für Gegenwartsverhältnisse beobachtungsgemäß bestätigt und wurde hier verwendet.

Im Referat "Zur Erfassung der Sichtbarkeitsperioden ekliptikferner Gestirne" in den Seminarpapieren 1994 "Astronomische Phänomenologie - Tatsachen, Probleme, Hilfsmittel" [2] konnte das Sehungsbogenreifenverfahren dank des Beobachtungsmaterials zunächst an Sirius verifiziert werden - wichtig für die außerordentliche geschichtliche Bedeutung, die dessen Sichtbarkeitsperioden haben.

Bei Verwendung dieser Grundlagen ergeben sich z.B. in den Jahren 1997, 1998, 1999 und 2000 für Wien und Umgebung 11 Zeiträume, die 2 bis 29 "Nächte der fünf hellen Planeten" (MEZ, vis^{mag}) umfassen:

- * Sie können eine bemerkenswerte Naturerfahrung bieten - viele oft gebildete Menschen haben nicht einmal einen Planeten tatsächlich mit freiem Auge gesehen;
- * Sie können zur Ermittlung weiterer solcher Zeiträume ermuntern;
- * Ihre Prüfung durch eigenen Augenschein wäre immer dankenswert!

1. Fortsetzung Referat: Nächte der fünf hellen Planeten ...

1997 SEPTEMBER 9/10 - 1997 SEPTEMBER 30 / OKTOBER 1 (22)

ANFANG

Merkur ab Sep.10 tief in der Morgendämmerung zwischen ONO und O im Löwen, $+1,1^{\text{mag}}$, Aufgang $4^{\text{h}}09$ MEZ.

GÜNSTIGST

Nacht Sep.16/17, Vollmond mit totaler Mondfinsternis und Merkur nahe morgendlichem Höchststand:

Sonnenuntergang Sep.16. $18^{\text{h}}05$ nahe W.

Bei Ende nautischer Abenddämmerung Sep.16. $19^{\text{h}}13$:

Mond niedrig nahe OSO im Wassermann, durch Kernschatten größtenteils verfinstert. Bei Aufgang $18^{\text{h}}01$ freisichtig seit $17^{\text{h}}53$ im Halb- und seit $18^{\text{h}}08$ im Kernschatten. Totalität $19^{\text{h}}16$ - $20^{\text{h}}17$, darin Vollmond $19^{\text{h}}51$, im Kernschatten bis $21^{\text{h}}25$ und freisichtig im Halbschatten bis $21^{\text{h}}40$.

Venus tief im WSW in der Jungfrau, $-3,6^{\text{mag}}$, Untergang $19^{\text{h}}20$.

Mars tief zwischen SW und WSW in der Waage, $+1,2^{\text{mag}}$, Untergang $20^{\text{h}}00$.

Jupiter zwischen SO und SSO im Steinbock, $-2,3^{\text{mag}}$, Untergang $17. 1^{\text{h}}52$.

Saturn tief nahe O in den Fischen, $+0,5^{\text{mag}}$, Aufgang $19^{\text{h}}00$.

Großer Bär niedrig nahe NW, Cassiopeia im NO, Bärenhüter im W, Sommerdreieck hoch um SO, Andromeda-Perseus-Pegasus von NO bis SO.

Bei Anfang nautischer Morgendämmerung Sep.17. $4^{\text{h}}25$:

Mond niedrig im WSW in den Fischen, kurz nach Vollmond.

Merkur tief zwischen ONO und O im Löwen, $-0,2^{\text{mag}}$, Aufgang $3^{\text{h}}56$.

Saturn hoch zwischen SW und WSW in den Fischen, $+0,5^{\text{mag}}$.

Großer Bär im NO, Cassiopeia hoch im NW, Wintersechseck hoch um SO, Perseus-Andromeda-Pegasus vom Himmelsscheitel bis W.

Sonnenaufgang Sep.17. $5^{\text{h}}34$ nahe O.

ENDE

Merkur bis Okt.1 tief in der Morgendämmerung im O in der Jungfrau, $-1,1^{\text{mag}}$, Aufgang $4^{\text{h}}56$.

2. Fortsetzung Referat: Nächte der fünf hellen Planeten ...

1997 DEZEMBER 23/24 - 1998 JANUAR 13/14 (22)

ANFANG

Merkur ab Dez. 24 tief in der Morgendämmerung zwischen OSO und SO im Schlangenträger, $+1,0^{\text{mag}}$, Aufgang $6^{\text{h}}24$ MEZ.

GÜNSTIGST

Nacht Jan. 1/2, Merkur morgendlicher Höchststand:

Sonnenuntergang Jan. 1. $16^{\text{h}}11$ zwischen SW und WSW.

Bei Ende nautischer Abenddämmerung Jan. 1. $17^{\text{h}}27$:

Mond niedrig im SW im Wassermann, 3 Tage nach Neumond, Untergang $19^{\text{h}}41$.

Venus niedrig zwischen SW und WSW im Steinbock, $-4,0^{\text{mag}}$, Untergang $18^{\text{h}}12$.

Mars niedrig nahe SW im Steinbock, $+1,4^{\text{mag}}$, Untergang $18^{\text{h}}42$.

Jupiter niedrig nahe SW im Steinbock, $-1,6^{\text{mag}}$, Untergang $19^{\text{h}}44$.

Saturn hoch zwischen SSO und S in den Fischen, $+0,9^{\text{mag}}$, Untergang 2. $0^{\text{h}}21$.

Großer Bär tief zwischen NNO und N, Cassiopeia nahe Himmelsscheitel, Sommerdreieck um W. Wintersechseck um O im Aufgang, Perseus-Andromeda-Pegasus hoch von O bis SW.

Bei Anfang nautischer Morgendämmerung Jan. 2. $6^{\text{h}}29$:

Merkur tief zwischen OSO und SO im Schlangenträger, $+0,1^{\text{mag}}$, Aufgang $5^{\text{h}}58$.

Großer Bär hoch im NW, Cassiopeia tief nahe N, Sommerdreieck um ONO im Aufgang, Bärenhüter hoch im SO, Jungfrau im S, Löwe hoch nahe SW.

Sonnenaufgang Jan. 2. $7^{\text{h}}45$ zwischen OSO und SO.

ENDE

Venus bis Jan. 13 tief in der Abenddämmerung im Schützen nahe WSW, $-3,2^{\text{mag}}$, Untergang $17^{\text{h}}10$.

1998 JANUAR 17/18 - JANUAR 19/20 (3)

ANFANG

Venus ab Jan. 18 tief in der Morgendämmerung nahe OSO im Schützen,

3. Fortsetzung Referat: Nächte der fünf hellen Planeten ...

-3,2^{mag}, Aufgang 6^h54 MEZ.

GÜNSTIGST

Nacht Jan.18/19, Merkur und Venus zugleich morgendlich möglichst günstig.

Sonnenuntergang Jan.18. 16^h32 zwischen SW und WSW.

Bei Ende nautischer Abenddämmerung Jan.18. 17^h45:

- | Mars niedrig zwischen SW und WSW im Steinbock, +1,4^{mag}, Untergang 18^h50.
- | Jupiter niedrig zwischen SW und WSW im Steinbock, -1,6^{mag}, Untergang 18^h58.
- | Saturn hoch zwischen S und SSW in den Fischen, +0,9^{mag}, Untergang 23^h18.
- | Großer Bär niedrig im NNO, Cassiopeia nahe Himmelsscheitel, Sommerdreieck um WNW. Wintersechseck um OSO im Aufgang, Perseus-Andromeda-Pegasus hoch von O bis WSW.

Bei Anfang nautischer Morgendämmerung Jan.19. 6^h24:

- | Mond hoch zwischen SSW und SW in der Jungfrau, 2 Tage vor dem Letzten Viertel. Aufgang 18. 22^h39.
- | Großer Bär hoch im NW, Cassiopeia tief nahe N. Sommerdreieck um ONO, Skorpion niedrig nahe SSO, Bärenhüter hoch im S, Löwe im WSW.

Kurz vor Sonnenaufgang Jan.19. 7^h15:

- | Merkur tief in der Morgendämmerung im SO im Schützen, -0,2^{mag}, Aufgang 6^h29.
- | Venus tief in der Morgendämmerung nahe OSO im Schützen, -3,3^{mag}, Aufgang 6^h48.

Sonnenaufgang Jan.19. 7^h37 zwischen OSO und SO.

ENDE

Merkur bis Jan.20 tief in der Morgendämmerung im SO im Schützen, -0,2^{mag}, Aufgang 6^h31.

1998 AUGUST 24/25 - 1998 SEPTEMBER 14/15 (22)

ANFANG

Merkur ab Aug.25 tief in der Morgendämmerung nahe ONO im Krebs,

4. Fortsetzung Referat: Nächte der fünf hellen Planeten ...

+1,1^{mag}, Aufgang 3^h44 MEZ.

GÜNSTIGST

Nacht Sep.1/2, Merkur morgendlicher Höchststand.

Sonnenuntergang Sep.1. 18^h37 zwischen W und WNW.

Bei Ende nautischer Abenddämmerung Sep.1. 19^h48:

Mond im S im Schützen, 3 Tage nach Erstem Viertel, Untergang
2. 0^h27.

Jupiter niedrig zwischen O und OSO im Wassermann, -2,4^{mag}, Auf-
gang 19^h07.

Großer Bär im NW, Cassiopeia im NO, Sommerdreieck hoch im SSO,
Bärenhüter hoch im W, Perseus-Andromeda-Pegasus von NO bis OSO.

Bei Anfang nautischer Morgendämmerung Sep.2. 4^h01 alle 5 Planeten:

Merkur tief nahe ONO im Löwen, -0,2^{mag}, Aufgang 3^h35.

Venus tief im ONO im Löwen, -3,4^{mag}, Aufgang 3^h47.

Mars niedrig zwischen ONO und O im Krebs, +1,9^{mag}, Aufgang
2^h16.

Jupiter zwischen SW und WSW im Wassermann, -2,4^{mag}, Untergang
6^h41.

Saturn hoch nahe SSW im Walfisch, +0,4^{mag}, Aufgang 1. 20^h30.

Großer Bär im NO, Cassiopeia hoch im NW, Sommerdreieck um NW
im Untergang. Wintersechseck um OSO, Perseus-Andromeda-Pegasus
vom Himmelsscheitel bis W.

Sonnenaufgang 2. 5^h13 zwischen ONO und O.

ENDE

Merkur bis Sep.15 tief in der Morgendämmerung zwischen ONO und O
im Löwen, -1,2^{mag}, Aufgang 4^h36.

1998 DEZEMBER 14/15 - 1999 JANUAR 4/5 (22)

ANFANG

Venus ab Dez.14 tief in der Abenddämmerung nahe SW im Schützen,
-3,4^{mag}, Untergang 16^h42 MEZ.

GÜNSTIGST

Nacht Dez.16/17, Merkur morgendlicher Höchststand.

5. Fortsetzung Referat: Nächte der fünf hellen Planeten ...

Sonnenuntergang Dez.16. $16^{\text{h}}01$ zwischen SW und WSW.

Kurz nach Sonnenuntergang Dez.16. $16^{\text{h}}20$:

Venus tief in der Abenddämmerung nahe SW im Schützen, $-3,4^{\text{mag}}$,
Untergang $16^{\text{h}}45$.

Bei Ende nautischer Abenddämmerung Dez.16. $17^{\text{h}}17$.

Jupiter hoch nahe S im Wassermann, $-2,0^{\text{mag}}$, Untergang $23^{\text{h}}19$.

Saturn hoch zwischen OSO und SO in den Fischen, $+0,5^{\text{mag}}$, Unter-
gang 17. $2^{\text{h}}36$.

Großer Bär tief im N, Cassiopeia nahe Himmelsscheitel, Sommer-
dreieck hoch um W. Wintersechseck um ONO im Aufgang, Perseus-
Andromeda-Pegasus hoch von ONO bis S.

Bei Anfang nautischer Morgendämmerung Dez.17. $6^{\text{h}}23$.

Mond tief zwischen OSO und SO im Skorpion, Altlicht, 2 Tage
vor Neumond, Aufgang $5^{\text{h}}47$.

Merkur tief zwischen OSO und SO im Skorpion, $-0,1^{\text{mag}}$, Aufgang
 $5^{\text{h}}45$.

Mars hoch zwischen SSO und S in der Jungfrau, $+1,4^{\text{mag}}$, Auf-
gang $1^{\text{h}}03$.

Großer Bär nahe Himmelsscheitel, Cassiopeia tief im N, Sommer-
dreieck um NO im Aufgang. Wintersechseck um WNW im Untergang,
Bärenhüter hoch im SO, Jungfrau nahe S, Löwe hoch nahe SW.

Sonnenaufgang Dez.17. $7^{\text{h}}40$ zwischen OSO und SO.

ENDE

Merkur bis Jan.5 tief in der Morgendämmerung zwischen OSO und SO
im Schützen, $-0,3^{\text{mag}}$, Aufgang $6^{\text{h}}37$.

1999 FEBRUAR 18/19 - 1999 MÄRZ 11/12 (22)

ANFANG

Merkur ab Feb.18 tief in der Abenddämmerung zwischen WSW und W im
Wassermann, $-1,1^{\text{mag}}$, Untergang $18^{\text{h}}19$ MEZ.

GÜNSTIGST

Nacht Mär.3/4, Merkur abendlicher Höchststand.

Sonnenuntergang Mär.3. $17^{\text{h}}41$ zwischen WSW und W.

6. Fortsetzung Referat: Nächte der fünf hellen Planeten ...

Bei Ende nautischer Abenddämmerung Mär.3. 18^h48:

! Merkur tief nahe W in den Fischen, $-0,1^{\text{mag}}$, Untergang 19^h22.
! Venus niedrig zwischen WSW und W in den Fischen, $-3,4^{\text{mag}}$,
Untergang 20^h18.

! Jupiter tief nahe W in den Fischen, $-1,6^{\text{mag}}$, Untergang 19^h34.
! Saturn hoch im WSW in den Fischen, $+0,7^{\text{mag}}$, Untergang 21^h52.
! Großer Bär hoch im NO, Cassiopeia hoch im NW, Wintersechseck
! hoch um SSO, Perseus-Andromeda-Pegasus vom Himmelsscheitel bis
! WNW, Löwe im O.

Bei Anfang nautischer Morgendämmerung Mär.4. 5^h24:

! Mond im WSW in der Jungfrau, 2 Tage nach Vollmond, Aufgang
! 3. 19^h01.
! Mars nahe SSW in der Waage, $-0,1^{\text{mag}}$, Aufgang 3. 22^h43.
! Großer Bär hoch im NW, Cassiopeia nahe NNO, Sommerdreieck hoch
! im O, Skorpion niedrig im S, Bärenhüter hoch im SW.

Sonnenaufgang Mär.4. 6^h31 zwischen O und OSO.

ENDE

Merkur bis Mär.11 tief in der Abenddämmerung nahe W in den Fischen,
 $+1,3^{\text{mag}}$, Untergang 19^h12.

1999 JUNI 8/9 - 1999 JUNI 24/25 (17)

ANFANG

Saturn ab Jun.9 tief in der Morgendämmerung nahe ONO im Widder,
 $+0,6^{\text{mag}}$, Aufgang 2^h22 MEZ.

GÜNSTIGST

Nacht Jun.18/19, Merkur abendlicher Höchststand.

Sonnenuntergang Jun.18. 19^h58 zwischen WNW und NW.

Kurz vor Ende nautischer Abenddämmerung Jun.18. 21^h15:

! Merkur tief in der Abenddämmerung zwischen WNW und NW in den
! Zwillingen, $+0,1^{\text{mag}}$, Untergang 21^h38.

Bei Ende nautischer Abenddämmerung Jun.18. 21^h38:

! Mond nahe W im Löwen, 2 Tage vor Erstem Viertel, Untergang
! 23^h31.

! Merkur zwischen WNW und NW im Untergang.

7. Fortsetzung Referat: Nächte der fünf hellen Planeten ...

Venus niedrig nahe WNW im Krebs, $-4,0^{\text{mag}}$, Untergang $22^{\text{h}}43$.
Mars zwischen SSW und SW in der Jungfrau, $-0,5^{\text{mag}}$, Untergang
19. $0^{\text{h}}57$.

Großer Bär hoch im NW, Cassiopeia niedrig im NNO. Sommerdreieck im
O, Skorpion niedrig nahe S, Bärenhüter hoch nahe SW, Löwe im W.

Bei Anfang nautischer Morgendämmerung Jun.19. $2^{\text{h}}13$:

Jupiter niedrig nahe O in den Fischen, $-1,8^{\text{mag}}$, Aufgang $1^{\text{h}}07$.

Saturn tief nahe ONO im Widder, $+0,6^{\text{mag}}$, Aufgang $1^{\text{h}}46$.

Großer Bär niedrig im NNW, Cassiopeia hoch im NO, Sommerdreieck
um S, Bärenhüter niedrig nahe WNW, Perseus-Andromeda-Pegasus von
NO bis SO.

Sonnenaufgang Jun.19. $3^{\text{h}}53$ zwischen NO und ONO.

ENDE

Merkur bis Jun.24 tief in der Abenddämmerung zwischen WNW und NW
im Krebs, $+0,5^{\text{mag}}$, Untergang $21^{\text{h}}34$.

1999 AUGUST 27/28 - 1999 AUGUST 28/29 (2)

ANFANG

Venus ab Aug.28 tief in der Morgendämmerung zwischen ONO und O in
der Wasserschlange, $-3,5^{\text{mag}}$, Aufgang $4^{\text{h}}28$ MEZ.

GÜNSTIGST

Nacht Aug.27/28, Merkur und Venus möglichst günstig.

Sonnenuntergang Aug.27. $18^{\text{h}}47$ zwischen W und WNW.

Bei Ende nautischer Abenddämmerung Aug.27. $20^{\text{h}}00$:

Mond tief im OSO im Wassermann, knapp 1 Tag nach Vollmond,
Aufgang $19^{\text{h}}17$.

Mars nahe SW in der Waage, $+0,5^{\text{mag}}$, Untergang $21^{\text{h}}28$.

Großer Bär im NW, Cassiopeia im NO, Sommerdreieck hoch um SO,
Skorpion niedrig zwischen SSW und SW, Bärenhüter hoch im W,
Perseus-Andromeda-Pegasus von NNO bis OSO.

Bei Anfang nautischer Morgendämmerung Aug.28. $3^{\text{h}}53$:

Mond nahe SW im Wassermann, 1 Tag nach Vollmond, Untergang
 $6^{\text{h}}26$.

Jupiter hoch nahe S im Widder, $-2,2^{\text{mag}}$, Aufgang 27. $20^{\text{h}}47$.

8. Fortsetzung Referat: Nächte der fünf hellen Planeten ...

Saturn nahe SSO im Widder, $+0,4^{\text{mag}}$, Aufgang $27. 21^{\text{h}}22$.

Großer Bär im NNO, Cassiopeia nahe Himmelsscheitel, Sommerdreieck tief um NW im Untergang. Wintersechseck um OSO, Perseus-Andromeda-Pegasus vom Himmelsscheitel bis nahe W.

Kurz vor Sonnenaufgang Aug. 28. $4^{\text{h}}40$:

Merkur tief in der Morgendämmerung nahe ONO im Löwen, $-1,2^{\text{mag}}$, Aufgang $4^{\text{h}}01$.

Venus tief in der Morgendämmerung zwischen ONO und O in der Wasserschlange, $-3,5^{\text{mag}}$, Aufgang $4^{\text{h}}28$.

Sonnenaufgang Aug. 28. $5^{\text{h}}06$ zwischen ONO und O.

ENDE

Merkur bis Aug. 29 tief in der Morgendämmerung nahe ONO im Löwen, $-1,3^{\text{mag}}$, Aufgang $4^{\text{h}}07$.

1999 NOVEMBER 21/22 - 1999 DEZEMBER 19/20 (29)

ANFANG

Merkur ab Nov. 22 tief in der Morgendämmerung nahe OSO in der Waage, $+1,1^{\text{mag}}$, Aufgang $5^{\text{h}}55$ MEZ.

GÜNSTIGST

Nacht Nov. 30/Dez. 1, Merkur morgendlicher Höchststand.

Sonnenuntergang Nov. 30. $16^{\text{h}}04$ nahe SO.

Bei Ende nautischer Dämmerung Nov. 30. $17^{\text{h}}18$:

Mars niedrig im SSW im Steinbock, $+1,1^{\text{mag}}$, Unter $20^{\text{h}}06$.

Jupiter im OSO in den Fischen, $-2,3^{\text{mag}}$, Untergang $1. 3^{\text{h}}36$.

Saturn zwischen O und OSO im Widder, $+0,1^{\text{mag}}$, Untergang $1. 5^{\text{h}}00$.

Großer Bär tief im N, Cassiopeia hoch im NO, Sommerdreieck hoch um WSW. Wintersechseck um ONO im Aufgang, Perseus-Andromeda-Pegasus hoch von NO bis S.

Bei Anfang nautischer Dämmerung Dez. 1 $6^{\text{h}}09$:

Mond hoch nahe SSO in der Jungfrau, 1 Tag nach Letztem Viertel, Aufgang $0^{\text{h}}15$.

Merkur niedrig zwischen OSO und SO in der Waage, $-0,2^{\text{mag}}$, Aufgang $5^{\text{h}}29$.

Venus im SO in der Jungfrau, $-3,8^{\text{mag}}$, Aufgang $3^{\text{h}}20$.

9. Fortsetzung Referat: Nächte der fünf hellen Planeten ...

Großer Bär nahe Himmelsscheitel, Cassiopeia niedrig nahe NNW.
Wintersechseck um W im Untergang, Bärenhüter hoch im O, Löwe
hoch im S.

Sonnenaufgang Dez.1. $7^{\text{h}}23$ zwischen OSO und SO.

ENDE

Merkur bis Dez.20 tief in der Morgendämmerung zwischen OSO und SO
im Schlangenträger, $-0,4^{\text{mag}}$, Aufgang $6^{\text{h}}32$.

2000 FEBRUAR 2/3 - 2000 FEBRUAR 23/24 (22)

ANFANG

Merkur ab Feb.2. tief in der Abenddämmerung im WSW im Steinbock,
 $-1,0^{\text{mag}}$, Untergang $17^{\text{h}}56$ MEZ.

GÜNSTIGST

Nacht Feb.15/16, Merkur abendlicher Höchststand.

Sonnenuntergang Feb.15. $17^{\text{h}}15$ nahe WSW.

Bei Ende nautischer Abenddämmerung Feb.15. $18^{\text{h}}24$:

Mond hoch zwischen OSO und SO im Orion, 3 Tage nach Erstem
Viertel, Untergang Feb.16. $4^{\text{h}}31$.

Merkur niedrig zwischen WSW und W im Wassermann, $-0,2^{\text{mag}}$, Unter-
gang $18^{\text{h}}56$.

Mars im WSW in den Fischen, $+1,4^{\text{mag}}$, Untergang $20^{\text{h}}32$.

Jupiter hoch nahe SW in den Fischen, $-1,8^{\text{mag}}$, Untergang $22^{\text{h}}59$.

Saturn hoch zwischen SSW und SW im Widder, $+0,5^{\text{mag}}$, Untergang
 $23^{\text{h}}56$.

Großer Bär im NO, Cassiopeia hoch im NW, Wintersechseck um SO,
Perseus-Andromeda-Pegasus vom Himmelsscheitel bis W.

Bei Anfang nautischer Abenddämmerung Feb.16. $5^{\text{h}}53$:

Venus tief zwischen OSO und SO im Schützen, $-3,4^{\text{mag}}$, Aufgang
 $5^{\text{h}}47$.

Großer Bär hoch im NW, Cassiopeia niedrig nahe NNO, Sommerdrei-
eck im O. Skorpion niedrig nahe S, Bärenhüter hoch im SW, Jung-
frau im SW, Löwe niedrig im W.

Sonnenaufgang Feb.16. $7^{\text{h}}01$ nahe OSO.

10. Fortsetzung Referat: Nächte der fünf hellen Planeten ...

ENDE

Merkur bis Feb. 23 tief in der Abenddämmerung zwischen WSW und W in den Fischen, $+1,3^{\text{mag}}$, Untergang $18^{\text{h}}42$.

2000 NOVEMBER 5/6 - 2000 DEZEMBER 2/3 (28)

ANFANG

Merkur ab Nov. 6 tief in der Morgendämmerung zwischen O und OSO in der Jungfrau, $+0,9^{\text{mag}}$, Aufgang $5^{\text{h}}29$ MEZ.

GÜNSTIGST

Nacht Nov. 13/14, Merkur morgendlicher Höchststand.

Sonnenuntergang Nov. 13. $16^{\text{h}}18$ nahe WSW.

Bei Ende nautischer Abenddämmerung Nov. 13. $17^{\text{h}}30$:

Venus tief nahe SW im Schützen, $-3,5^{\text{mag}}$, Untergang $18^{\text{h}}21$.

Jupiter tief zwischen NO und ONO im Stier, $-2,4^{\text{mag}}$, Aufgang $17^{\text{h}}04$.

Saturn tief nahe ONO im Stier, $-0,1^{\text{mag}}$, Aufgang $16^{\text{h}}41$.

Großer Bär niedrig nahe NNW, Cassiopeia hoch im NO, Sommerdreieck hoch im SW, Bärenhüter tief im WNW. Wintersechseck von NO bis ONO im Aufgang, Perseus-Andromeda-Pegasus von NO bis SSO.

Bei Anfang nautischer Morgendämmerung Nov. 14. $5^{\text{h}}48$:

Mond zwischen WSW und W im Stier, 2 Tage nach Vollmond, Aufgang Nov. 13. $17^{\text{h}}46$.

Merkur tief im OSO in der Jungfrau, $-0,3^{\text{mag}}$, Aufgang $5^{\text{h}}10$.

Mars zwischen OSO und SO in der Jungfrau, $+1,9^{\text{mag}}$, Aufgang $2^{\text{h}}47$.

Jupiter nahe W im Stier, $-2,4^{\text{mag}}$, Untergang $8^{\text{h}}29$.

Saturn zwischen W und WNW im Stier, $-0,1^{\text{mag}}$, Untergang $7^{\text{h}}31$.

Großer Bär hoch im NO, Cassiopeia im NNW. Wintersechseck um WSW, Bärenhüter nahe O, Löwe hoch nahe SSO.

Sonnenaufgang Nov. 14. $7^{\text{h}}00$ nahe OSO.

ENDE

Merkur bis Dez. 3 tief in der Morgendämmerung zwischen OSO und SO in der Waage, $-0,6^{\text{mag}}$, Aufgang $6^{\text{h}}21$.

SONNENAUF- UND SONNENUNTERGANG

Zu diesen Zeitpunkten berührt der Oberrand der Sonne den mathematischen Horizont des Beobachtungsortes. Ein Beobachter in 0m Seehöhe sieht den ersten / letzten Sonnenstrahl. Für Beobachtung in größeren Seehöhen erscheint der erste Sonnenstrahl bereits vor dem Aufgang und der letzte nach dem Untergang ("Kimmtiefe!"). Die Berechnung berücksichtigt die Strahlenbrechung im Horizont nach Bessel, Mittelwert $0^{\circ}34'54''$.

DÄMMERUNG

Wenn abends die Mitte der Sonnenscheibe 6° unter dem mathematischen Horizont steht, endet die bürgerliche Dämmerung. Mit 12° Sonnentiefe endet die nautische und mit 18° die astronomische Dämmerung, womit völlige Dunkelheit eintritt.

Morgens beginnen die drei Dämmerungsabschnitte in umgekehrter Reihenfolge mit 18° , 12° und 6° Sonnentiefe.

Bei Ende der nautischen Abenddämmerung sind der Horizont (auf See die freie Kimm) gerade noch und Sterne $+3^{\text{mag}}$ bis $+4^{\text{mag}}$ schon zu sehen - ebenso bei Anfang der nautischen Morgendämmerung. Weil im Verlauf der nautischen Dämmerung Kimmabstände von Gestirnen für Navigationszwecke gemessen werden können, wurde dieser Dämmerungsabschnitt so genannt.

Die Sichtbarkeitsperioden von Planeten und Sternen beginnen bzw. enden in der Dämmerung, weshalb das Ende der nautischen Abend- und der Anfang der nautischen Morgendämmerung hier gegeben wurde.

LITERATUR

[1] Moderne Astronomische Phänomenologie, Seminarpapiere 1992/1993. Wien 1993.

[2] Astronomische Phänomenologie - Tatsachen, Probleme, Hilfsmittel. Wien 1994.

Beide: Autoren-Kollektiv, Österreichischer Astronomischer Verein. Erhältlich vom Astronomischen Büro, Hasenwartg.32, A-1238 Wien.

Alle Daten dieses Referates wurden mit URANIASTAR 1.1 berechnet. Ansichtsmöglichkeit: Planetarium und Urania Sternwarte Wien.

Referat: **Astronomisch-phänomenologische Voraussetzungen zur Begünstigung von Kleinplaneten-Entdeckungen**

Schon seit vielen Jahren führen wir, Erwin Obermair, Herbert Raab und ich, astrometrische Arbeiten (Positionsbestimmungen von Kleinplaneten und Kometen) auf unserer Privatsternwarte Meyer / Obermair durch.

Wir hofften, *so nebenbei* den einen oder anderen Planetoiden zu entdecken - diese Hoffnung erfüllte sich freilich nicht.

Zur erfolgreichen Kleinplaneten-Entdeckung ist vielmehr eine *systematische* Arbeit notwendig. Nachfolgend möchte ich die wichtigsten Voraussetzungen dafür erläutern.

Wo muß ich am Himmel suchen?

Die größte Wahrscheinlichkeit zur Asteroiden-Entdeckung ist gegeben, wenn in bzw. nahe der Ekliptik gesucht wird.

Zudem ist zu berücksichtigen, daß die Kleinen Planeten im Oppositionspunkt die größte Helligkeit haben. Diese Tatsache ist deshalb von Bedeutung, weil statistisch gesehen nur mehr relativ lichtschwache Kleinplaneten zu entdecken sind ($+18^m$ und schwächer).

Der Planetoiden-Jäger ist gut beraten, die Suche etwas östlich des genauen Oppositionspunktes zu beginnen, um für mindestens ein Monat die Möglichkeit der Verfolgung zu haben. Denn nur bei einem Bahnbogen > 1 Monat hat man eine reelle Chance, das entdeckte Objekt in der nächsten Opposition wieder zu finden. Das Ziel ist ja, daß der entdeckte Asteroid nach mindestens 4 beobachteten Oppositionen eine endgültige Nummer erhält, verbunden mit dem Recht der Namensgebung!

Wann muß ich die Suche aufnehmen?

Theoretisch ist diese Frage unerheblich.

Praktisch gesehen, gibt es aber eine Reihe von Restriktionen:

- Jahreszeit:

In den Sommernächten steht die Ekliptik tief am Himmel, zudem sind die Sommernächte sehr kurz. Diese Jahreszeit ist daher denkbar ungeeignet zur Planetoidenjagd.

- Oppositionspunkt / Milchstraße:

Es ist leicht einzusehen, daß die Suche nach den Kleinen Planeten schwierig ist, wenn der Oppositionspunkt in oder nahe der Milchstraße liegt. Eine Vielzahl von Hintergrundsternen auf der Aufnahme erschweren die Objektaufindung erheblich. Ein Blick auf eine drehbare Sternkarte verrät, wann man dieser Problematik ausweichen kann.

Was ist sonst noch zu beachten?

- Schönwetterperiode:

Systematische Kleinplaneten-Jagd nur dann beginnen, wenn eine mehrtägige Schönwetterperiode vorausgesagt wird

- Mondlicht:

Selbstverständlich stört das Mondlicht bei der Suche nach den lichtschwachen Planetoiden; daher eine mondlose Periode abwarten

- Instrumente:

Mit der Ausrüstung (Fernrohr + Ausnahmegesetz) muß eine tiefe Grenzgröße möglich sein (günstig: schwächer als $+19^m$)

1. Fortsetzung Referat: Astronomisch-phänomenologische Voraussetzungen zur Begünstigung von Kleinplaneten-Entdeckungen

- Ausdauer:

Die Kleinplaneten-Entdeckung ist wirklich eine Herausforderung an die Geräte und vor allem an den Beobachter. Mehrere Nächte hindurch hart und vor allem exakt zu arbeiten erfordert Ausdauer, Härte und Geduld.

Ergebnisse der Privatsternwarte Meyer / Obermair in Davidschlag:

Daß mit Amateurgeräten erfolgreich Planetoiden entdeckt werden können, sollen folgende Daten zeigen.

4 Entdeckungs-Serien ergaben:

Summe aller Kleinplaneten - Entdeckungen:	46
Planetoiden wieder verloren, d.h. nur in einer Nacht beobachtet:	9
unmittelbare Voridentifikation (berechnet I.A.U.C.):	6
weiter zurückreichende Identifikation (berechnet I.A.U.C.):	2
spätere Rückidentifikation (berechnet I.A.U.C.):	1
<hr/>	
Summe der „neuen“ Kleinplaneten	28

Mittlere Entdeckungshelligkeit: +18,2^m.

Jedem Interessierten wünsche ich für diese spannende Arbeit viel Erfolg.

Ing. Erich Meyer, F.Marklstr. 1/62, 4040 Linz

Referat: Babylonische Beobachtungen

Zu den Aufgaben einer angewandten astronomischen Phänomenologie gehört einerseits die Rekonstruktion von Himmelsanblicken für eine gegebene Zeit, andererseits umgekehrt die Feststellung des Datums für einen (durch einen Beobachtungsbericht gegebenen) Himmelsanblick. Mit modernen Hilfsmitteln ist die erste dieser Aufgaben relativ leicht zu lösen. Freilich gibt es auch Himmelserscheinungen, die sich nicht so ohne weiters programmieren und damit darstellen lassen, oder wenigstens nicht mit der Genauigkeit, die Astronomen heute anstreben.

Komet Halley

Ich möchte Ihnen für beide Aufgaben ein Beispiel aus der babylonischen Astronomie vorführen. Das erste betrifft ein wohlbekanntes, wenn auch selten zu sehendes Objekt, nämlich den Kometen P/Halley. Zur Zeit seiner letzten Erdnähe im Frühjahr 1986 sind ganze Berge von Büchern über ihn erschienen; ich brauche Ihnen also die Geschichte seiner Entdeckung und Erforschung nicht darzustellen. Durch Halleys Berechnungen war es klar geworden, daß derselbe Komet schon oft gesichtet worden war, und zwar seit der Antike. Meines Wissens ist das der einzige Fall geblieben, daß sich mittelalterliche und antike Beobachtungen eines Kometen mit neuzeitlichen zusammenfassen ließen.

1985, als man sich überall auf der Welt auf die kommende Sichtbarkeit des Kometen Halley vorbereitete, wurden auch Versuche gemacht, die Kenntnis seiner Bahn zu verbessern. Da Kometen stark von Planeten gestört werden, ist die Rückrechnung über eine gewisse Zeit hinaus mit großen Unsicherheiten behaftet. Im Falle des Halleyschen Kometen hat besonders die Erdnähe bei der Erscheinung vom Jahr 837 starke Veränderungen der Bahn zur Folge gehabt, sodaß die Bahn vor dieser Zeit nur ungefähr bekannt war, umso mehr als die älteren Beobachtungen nur wenige Details enthielten. Seit der Mitte des 19. Jahrhunderts sind Beobachtungen von Kometen aus China bekannt geworden; die älteste, die auf den Kometen Halley bezogen werden kann, betrifft das Jahr 240 v.Chr.

Astronomische Tagebücher aus Babylon

1984 hatte ich gerade die Aufgabe übernommen, die sogenannten

1. Fortsetzung Referat: Babylonische Beobachtungen

astronomischen Tagebücher aus Babylon zu veröffentlichen. Diese Tontafeln enthalten zusammengefaßte Beobachtungen (und manchmal auch schematische Berechnungen) für jeweils ein halbes Jahr. Sie verteilen sich über die Zeit von 652 v. Chr. bis 61 v. Chr.; die meisten kommen aus dem 4. bis 2. Jahrhundert v. Chr. Die Beobachtungen werden in zeitlicher Reihenfolge, in Abschnitten für jeweils einen Monat, angeführt. Beim Mond werden vor allem Zeitintervalle zwischen Auf- und Untergang von Sonne und Mond (um Vollmond und Neumond) angeführt, aber auch Konjunktionen mit hellen Sternen. Besondere Beachtung finden natürlich Finsternisse. Sowohl in Babylon sichtbare als auch unsichtbare (nur berechnete) Finsternisse werden beschrieben.

Bei den Planeten werden Sichtbarwerden, Stillstände und Verschwinden mit Datum und manchmal auch mit Tierkreiszeichen angeführt. Außerdem wird wie beim Mond das Vorbeigehen von Planeten an bestimmten Sternen, die nahe der Ekliptik stehen, erwähnt; die Entfernung von dem jeweiligen Fixstern zur Zeit des Vorbeigehens wird angegeben. Leider ist die Genauigkeit dieser Messungen relativ gering.

Abgesehen von diesen regelmäßig wiederkehrenden Phänomenen werden auch ungewöhnliche Vorfälle am Himmel, wie Meteore oder Kometen, in den Tagebüchern erwähnt. Die früheste Erwähnung eines Kometen findet sich in einem Tagebuch aus dem Jahre 234 v. Chr.

Tontafeln vermodern zwar nicht in der Erde wie andere Beschreibstoffe, aber sie zerbrechen leicht. Die eben beschriebenen Tagebücher sind deshalb fast alle in Bruchstücken auf uns gekommen, wobei sich aus diesen Bruchstücken fast nie vollständige Tafeln zusammensetzen lassen. Ein vollständiges Tagebuch enthält am Anfang und am Ende auch das Datum im babylonischen Kalender. Dieses Datum könnte für den Zeitraum, aus dem die Tagebücher stammen, ohne Schwierigkeit in unseren Kalender umgerechnet werden [4]. Leider sind gerade die Anfänge und Enden der Tafeln oft abgebrochen, sodaß das Datum nicht mehr erhalten ist. Hier muß nun versucht werden, die Texte mit Hilfe ihres Inhalts zu datieren. Das ist im allgemeinen möglich, wenn hinreichend viele astronomische Daten erhalten sind, weil sich ja die gleiche Situation am Himmel nicht so bald wiederholt. Etwas später bringe ich ein Beispiel für eine solche Datierung.

2. Fortsetzung Referat: Babylonische Beobachtungen

P/Halley in Babylon

1984 fragte mich ein englischer Astronom, der von meiner Arbeit an den Tagebüchern wußte, ob etwa der Halley'sche Komet darin erwähnt werde. Ich hatte damals noch keinen Überblick über das Material, versprach aber, danach zu suchen, wenn er mir die wahrscheinlichen Jahre für die Erdnähe des Kometen nennen könnte. Das geschah, und es fanden sich zwei Passagen über einen Kometen in Tagebüchern für das Jahr 148 der Seleukidenära, das ist 164/3 v. Chr., und eine in einem Text für das Jahr 225, das ist 87/6 v. Chr.

164 v. Chr.

Leider sind die Texte wie üblich schlecht erhalten, und daher sind die Sätze über den Kometen unvollständig. Es ist zwar sicher, daß es sich um einen Kometen handelt, und auch die Identifikation mit P/Halley unterliegt keinem Zweifel. Trotzdem wäre noch mehr aus dem Text herauszuholen gewesen, wenn wir ihn vollständig hätten. Was wir haben, lautet: "Der Komet, der früher im Osten gesehen worden war im Weg des Gottes Anu im Gebiet von Taurus und den Plejaden, [...] nach Westen [...] und ging weiter und weiter im Weg des Gottes Ea". Wir wissen aus dem übrigen Text, daß vom 8. Monat des betreffenden Jahres die Rede ist, der vom 20. Oktober bis 18. November 164 v. Chr. ging. Der "Weg" des Gottes Anu bezeichnet den Bereich von ca. 17° zu beiden Seiten des Äquators; der "Weg" des Gottes Ea liegt südlich davon. Leider ist nicht klar, auf welche Zeit sich das Wort "früher" bezieht; das kann durchaus vor dem 8. Monat gewesen sein. Hingegen gehört der Rest des Satzes in den vorliegenden 8. Monat; in dieser Zeit bewegte sich der Komet also nach Westen und Süden, wo er seinen Weg kontinuierlich fortsetzte, wie die Worte "ging weiter und weiter" ausdrücken. Berechnung zeigt, daß ein Datum des Periheldurchgangs zwischen 7. und 16. November 164 v. Chr. den Kometen zwischen Plejaden und Hyaden hindurch gehen läßt.

Die zweite Erwähnung des Kometen findet sich auf einer anderen Tontafel ebenfalls in einer Zusammenfassung über den 8. Monat desselben Jahres. Dort heißt es: "im Weg des Gottes Ea, im Gebiet des Schützen, eine Elle vor Jupiter, wobei der Komet 3 Ellen nach Norden stand". Auch diese Stelle ist beschädigt. Immerhin darf man annehmen, daß dies entweder die größte Nähe des Kometen zu Jupiter war, oder seine Stellung bei seiner letzten Sichtbarkeit vor dem

3. Fortsetzung Referat: Babylonische Beobachtungen

Periheldurchgang. Auch diese Stelle liefert Grenzen für das Datum des Periheldurchgangs, und zwar zwischen 9. und 26. November. Wäre der Monatstag erhalten, könnte die Angabe zu Jupiter für eine genauere Bestimmung des Perihels verwendet werden.

87 v. Chr.

Die Beobachtung aus dem Jahr 87 v. Chr. ist ebenfalls fragmentarisch: "Nacht des 13., in der ersten Nachtwache, der Komet, [...] der im 4. Monat Tag für Tag 1 Elle [...], sein Schweif zwischen Norden und Westen 4 Ellen [...]". Diese Stelle enthält zwar ein Datum, aber sonst nicht viel. Es handelt sich um den 5. Monat, der von 11. August bis 10. September 87 v. Chr. dauerte. Der 13. entspricht daher dem 23. August. Wir haben zunächst einen Rückblick auf den 4. Monat, in dem der Komet sich vermutlich (das Verbum des Satzes fehlt ja) Tag für Tag etwa 1 Elle bewegte. 1 "Elle" am Himmel entspricht etwa 2° oder etwas mehr. Das würde ungefähr zu den modernen Berechnungen passen, die den Durchgang durch das Perihel auf den 6. August legen. Auch eine Schweifrichtung Nordwesten müßte noch in den 4. Monat gelegt werden. Was dann aber am 13. V. geschah, kann nur noch im abgebrochenen Teil der Tafel gestanden sein. Sehr wahrscheinlich handelte es sich dabei um die letzte Sichtung des Kometen.

Wie Sie sehen, sind das zwar keine aufregend genauen Angaben, aber sie reichen doch aus, eine Sichtbarkeit des Kometen Halley bei zwei Gelegenheiten im Altertum nachzuweisen. [1]



WA 41018. Babylonian observations of the comet in 87 BC

Babylonian tablet

WA 41018. SE 225, months [I], II, [III], IV, V, [VI] = 87 BC

Reverse (beginning lost)
(Month IV)

- 1' [...] x [...]
- 2' [...] 'in' 27 GU₄-UD' A KUR in [...]
[...] Around the 27th Mercury reached Leo. Around [...]
- 3' [...] -qa-an ina a-ḥu-ul-la-a
[...] ... on the other bank
- 4' [...] G]IŠ.GU-ZA-šú ú-šib
[...] sat himself on his throne.

4. Fortsetzung Referat: Babylonische Beobachtungen

- 5' [NE. . . .] x ZI-IR. GE₆ 3, sin ár dele-bat 2 KÚŠ
[Abu (month V), . . .] . . . Night of the 3rd, the moon was 2 cubits
behind Venus.
- 6' [. . . GE 4, SAG GE₆, sin ina IGI RÍN šá SI] 1 KÚŠ, sin 1½ KÚŠ ana ULÛ
SIG. in 4, GU₄-UD ina NIM ina A ŠÚ
[. . . Night of the 4th, beginning of the night, the moon was] 1 cubit [in
front of Beta Librae], the moon being 1½ cubits low to the south. Around
the 4th, Mercury's last appearance in the east in Leo.
- 7' [. . . GE₆ 8, . . .] ZI-IR; ina ZALÁG, AN e MÛL ár šá ALLA šá ULÛ 6 SI
[. . . Night of the 8th] . . . : last part of the night, Mars was 6 fingers
above Delta Cancrī
- 8' [. . . GE₆] '13', 8 ME muš. USAN, °šal-lam-mu-ú
[. . . Night of] the 13th, moonrise to sunset 8° measured. First part of the
night, the comet
- 9' [. . .] šá ITU.ŠU u₄-mu al-la u₄-mu 1 KÚŠ
[. . .] which (in) month IV day beyond day 1 cubit
- 10' [. . .] x bi-rit SI u MAR mi-ši-ḫ-šú 4 KÚŠ
[. . .] . . . between north and west its tail 4 cubits
- 11' [. . . GI]N' 13, 2,30 ŠÚ, muš. AN-KU₁₀ sin šá DIB. in '1 DANNA ME'
N[IM-A]
[. . . wind bl]ew. The 13th, moonset to sunrise 2,30°, measured. Eclipse
of the moon which was omitted; at 1 *bēru* (= 30°) after sunrise.
- 12' [. . . GE₆ 17?, U]SAN, dele-bat SIG RÍN šá ULÛ 1 KÚŠ; ina ZALÁG, x [. . .]
[. . . Night of the 17th, fl]rst part of the night, Venus was 1 cubit below
Alpha Librae; last part of the night, . . . [. . .]
- 13' [. . .] x x GE₆ 19, ina ZALÁG, sin ina [IGI is DA . . .]
[. . .] . . . Night of the 19th, last part of the night, the moon was in [front
of Alpha Tauri . . .]
- 14' [. . .] x [. . .]

Ein Datierungsproblem

Wenn wir berechnen wollen, wo ein Komet zu einer gegebenen Zeit zu sehen war, handelt es sich um ein Anblickproblem. Das umgekehrte Problem stellt sich, wenn ein Anblick relativ ausführlich beschrieben ist, aber die Zeit gefunden werden soll. Diese Aufgabe ergibt sich bei den nur teilweise erhaltenen Tontafeln oft. Dazu das folgende Beispiel.

In einem fragmentarischen Tagebuch ist weder das Jahr noch ein Monatsname erhalten. Neben zahlreichen astronomischen Beobachtungen gibt es aber darin auch einen Absatz über historische Ereignisse. Dort kommt eine Art General vor, und wir wissen, daß sein Titel nur in seleukidischer Zeit, also nach 300 v.Chr., verwendet wird. Wir können also voraussetzen, daß der Text später

5. Fortsetzung Referat: Babylonische Beobachtungen

als 300 v. Chr. ist. Aus der allgemeinen zeitlichen Verteilung der Tagebücher wissen wir, daß ein Datum nach Christus sehr unwahrscheinlich ist. Somit bleiben 300 Jahre, innerhalb derer das Datum liegen muß.

Um das Datum einzugrenzen, wird man ein im Text erwähntes Phänomen wählen, das möglichst selten ist, damit nicht zuviele Möglichkeiten bleiben. So heißt es in einem der Abschnitte auf der Rückseite: "in diesem Monat war Jupiter in Scorpius". Die Grenzen der Tierkreiszeichen sind um ca. -5° zu den unseren verschoben; d.h., daß Scorpius der ekliptikalischen Länge 205° - 235° entspricht. Diese Angabe trifft auf Jupiter nur etwa alle 12 Jahre zu. Auf der Vorderseite der Tafel, also früher, aber noch im selben Halbjahr, findet sich die seltene Beobachtung: "In der Nacht des 22., in der Morgenwache, kam Mars dem Jupiter nahe, sie wurden zu 1 Stern". Da sich Jupiter in ein paar Monaten nicht viel weiterbewegt, muß also auch Mars im Skorpion gewesen sein; überdies fand eine sehr enge Konjunktion statt. Wie genau der Ausdruck "sie wurden zu 1 Stern" zu nehmen ist, hängt wohl auch von der Sehschärfe des Beobachters ab.

Um die möglichen Jahre für eine solche Konstellation zu finden, kann man Ephemeriden der Planeten benutzen, wie sie gedruckt vorliegen [3]. Es gibt aber auch Programme, die so etwas auf dem Computer erledigen. Dann finden sich folgende mögliche Daten (zunächst ohne auf die Stelle am Himmel Rücksicht zu nehmen, an der die Konjunktion stattfindet):

-291 Jan 12	-101 Jan 23
-265 Aug 25	-81 Jan 14
-256 Dec 03	-48 Sep 14
-238 Sep 10	-35 Dec 26
-184 Mar 25	-28 Aug 03
-155 Jul 13	-1 Aug 26

Ziehen wir auch die Bedingung heran, daß die Konjunktion im Skorpion stattfand, so bleibt von allen Daten nur -81 Jan 14 übrig. Damit können wir uns auf das Jahr 229 der Seleukidenära, und zwar seine zweite Hälfte, als Datum unseres Textes festlegen. Zur Überprüfung können wir jetzt auch andere Angaben des Textes mit dem gefundenen Datum vergleichen. Wir wissen, daß die Konjunktion an einem 22. Monatstag stattfand; um das zu nützen, müssen wir die babylonischen Daten zu den ausgerechneten julia-

6. Fortsetzung Referat: Babylonische Beobachtungen

nischen finden. Das ist mit Hilfe der Tabellen von Parker und Dubberstein [4] möglich. -81 Jan 14 entspricht dem 22. X. 229 der Seleukidenära; die Tageszahl stimmt also mit dem Text überein. Dann benützen wir eine weitere Beobachtung: "Am 17. (desselben X. Monats) erreichte Venus Aquarius"; sie müßte also am 8. Jan. -81 eine Länge von etwa 295° gehabt haben. Ein Blick in die Tabelle oder in UraniaStar zeigt, daß Venus bei etwa 296° stand. Auch das ist eine Bestätigung. Ferner enthält der Text eine Beobachtung, daß am 23. X. der Mond 1 Elle hinter Antares stand; und tatsächlich finden wir für -81 Jan 15 am Morgen eine Länge von 224° . Der Mond hatte Antares, dessen Länge ca. 221° ist, gerade überholt und stand somit "hinter" ihm. Diese Bestätigung des Datums kann auch noch durch weitere Angaben gefestigt werden.

Der gesamte Text findet sich, mit Photo der Tafel und einer englischen Übersetzung, in [2], Band III auf S. 478-481 unter dem Jahr 229 der Seleukidenära.

Literatur:

[1] F. R. Stephenson und C. B. F. Walker, Halley's Comet in History. London 1985.

[2] A. J. Sachs und H. Hunger, Astronomical Diaries and Related Texts from Babylonia, Band I - III. Wien 1988-1996.

[3] B. Tuckerman: Planetary, Lunar, and Solar Positions 601 B.C. to A.D. 1 at Five-Day and Ten-Day Intervals. Philadelphia 1962.

[4] R. A. Parker und W. H. Dubberstein: Babylonian Chronology 626 B.C. - A.D. 75. Providence 1956.

Univ.-Prof. Dr. Hermann Hunger
Mondweg 5/1/1, A-1140 Wien

Astronomische Beobachtungen aus Babylonien

In der Zeit vom 7. Jahrhundert bis zum 1. Jahrhundert vor Christus wurde in Babylonien regelmäßig der Himmel beobachtet und die Phänomene der Planeten und des Mondes, ihre Bewegung unter den Fixsternen, Sonnen- und Mondfinsternisse und diverse andere Himmelserscheinungen festgehalten. Aber auch das Wetter, der Wasserstand des Euphrat, die Preise wichtiger Handelsgüter und sonstige bemerkenswerte Ereignisse wurden beschrieben. Alle diese Beobachtungen wurden auf Tontafeln zusammengefaßt und archiviert. Die babylonischen Gelehrten benützten sie zur Berechnung der Phänomene der Planeten und des Mondes. Vor mehr als 100 Jahren wurden die Reste der Tafeln von Bewohnern der Dörfer im Gebiet von Babylon gefunden und gelangten durch den Handel schließlich in das British Museum in London.

Diese Texte sind offensichtlich für die Geschichte der Astronomie, aber auch für die Erforschung des Klimas im Altertum und die Geschichte der Wirtschaft von Interesse. In Einzelfällen können sie sogar für die Überprüfung moderner astronomischer Theorien herangezogen werden.

Diejenigen Beobachtungs-Tafeln, die datiert werden können, liegen nunmehr in Umschrift, Übersetzung und mit Abbildungen vor. Die Bücher sind beim Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Postgasse 9, 1010 Wien, erhältlich:

A. J. Sachs und H. Hunger, *Astronomical Diaries and Related Texts from Babylonia*:

Band I: Diaries from 652 B.C. to 262 B.C. 377 S., 69 Tf.

Band II: Diaries from 162 B.C. to 165 B.C. 499 S., 96 Tf.

Band III: Diaries from 164 B.C. to 61 B.C. 517 S., 132 Tf.

Beilage: Zur Problematik der Planetenperioden

Im "Kalender für Sternfreunde 1971" hat Dr. Paul Ahnert † in einem Beitrag über "Babylonische Astronomie" auch die Planetenperioden behandelt. Der diesbezügliche Teil des Artikels kann mit dankenswertem Einverständnis des Verlages J.A. Barth wiedergegeben werden:

Offenbar kam es den Babyloniern einzig und allein darauf an, die scheinbaren Bewegungen der sieben »Planeten«, zu denen auch Sonne und Mond gezählt wurden, an der Himmelskugel zu beobachten und zu berechnen. Sie brachten es darin zu erstaunlichen Erfolgen. Sie kannten die mittleren Längen des ihrer Zeitrechnung zugrunde liegenden synodischen und des aus Vorübergängen an hellen Fixsternen verhältnismäßig leicht zu bestimmenden siderischen Monats auf Sekundenbruchteile genau. Auch von dem drakonischen Monat, dessen Kenntnis für ihre Finsternisberechnungen notwendig war, und dem anomalistischen Monat waren ihnen die mittleren Längen mit fast der gleichen Genauigkeit bekannt. Bei dem damaligen Stand der Beobachtungskunst: — Winkelmessungen mit einfachsten Instrumenten, Zeitbestimmung tags am Gnomon, nachts mittels Gestirnauf- und -untergängen, vielleicht noch ergänzt durch Wasseruhren — konnte diese spätestens um die Wende des 3. und 2. Jh. v. u. Z. erreichte Genauigkeit nicht in wenigen Jahren oder Jahrzehnten erlangt werden. Andererseits können wir nach den vorhandenen schriftlichen Zeugnissen kaum für mehr als ein halbes Jahrtausend eine genügend genaue Beobachtungstätigkeit und -aufzeichnung annehmen, und damit verdienen Beobachtungs- und Rechenkunst der alten Babylonier unsere höchste Achtung.

Während aber der Mond eine wirkliche und die Sonne eine scheinbare *stets gleichgerichtete* Bewegung am Hintergrund des Fixsternhimmels zeigen, boten die übrigen Planeten mit ihren zeitweiligen Stillständen und Rückläufigkeiten weit größere Schwierigkeiten für eine genaue Berechnung. Wie die Babylonier auch damit fertig wurden, möchte ich etwas ausführlicher zeigen.

Während beim Mond die Bahnneigung gegen die Ekliptik für die Berechnung der Finsternisse berücksichtigt werden mußte, verzichteten die Babylonier bei den Planeten auf die Bestimmung der ekliptikalen Breite und berechneten nur die Längen in der Ekliptik. Dabei gingen sie von fünf Kardinalpunkten oder Hauptphasen des Planetenlaufs aus: Vom sogenannten heliakischen Aufgang, d. h., von dem ersten Sichtbarwerden am Morgenhimmel, dem Stillstand vor der Opposition, der Opposition selbst, dem Stillstand nach der Opposition und dem heliakischen Untergang, d. h. der letzten Sichtbarkeit am Abendhimmel vor der (nicht beobachtbaren) Konjunktion mit der Sonne. Bei Venus und Merkur, die nicht in Opposition zur Sonne kommen können, blieben nur die vier anderen Hauptphasen.

Die Eintritte der Hauptphasen wiederholen sich periodisch, die Oppositionen der oberen und die unteren Konjunktionen der unteren Planeten beispielsweise dann, wenn die heliozentrischen Längen von Erde und Planet gleich sind. Diese sogenannten synodischen Perioden hängen vom Verhältnis der Umlaufzeiten der Planeten zum siderischen Jahr bzw. von der Differenz der mittleren täglichen Bewegung des Planeten und der Erde ab. Die zweite Beziehung ist für die Berechnung die bequemere, und wir werden sie später bei der Anwendung des Verfahrens benutzen. Auch im geozentrischen System des PROLEMAUS konnten die synodischen Perioden der Planeten aus den Bewegungen der Sonne und der Epizykelmittelpunkte auf dem Deferenten *berechnet* werden.

Die Babylonier, für die die Begriffe der geozentrischen oder gar der heliozentrischen Bahn nicht existierten, wußten von diesen Beziehungen nichts. Sie konnten die synodischen Perioden nicht berechnen, sondern mußten sie empirisch ableiten. Dazu standen ihnen im 3. Jh. v. u. Z. die Aufzeichnungen über die beobachteten Hauptphasen zur Verfügung, die etwa ein halbes Jahrtausend zurückreichten.

Bei der Bearbeitung dieses Beobachtungsmaterials mußten sie bemerken, daß die Zeiten zwischen zwei aufeinanderfolgenden gleichartigen Hauptphasen in den meisten Fällen mehr oder weniger stark von den *mittleren* synodischen Perioden abwichen, die sie aus der Gesamtheit der Beobachtungen errechnet hatten.

Die den Babyloniern unbekannt Ursache liegt in der Exzentrizität der Planetenbahnen. In Perihelnähe durchläuft der Planet zwischen zwei aufeinanderfolgenden Oppositionen einen größeren Bahnbogen als in Aphelnähe. Infolgedessen braucht die Erde bei einem oberen Planeten längere Zeit, um ihn nach einer Opposition wieder einzuholen, wenn er sich im perihelnen Teil seiner Bahn befindet bzw. eine kürzere Zeit, wenn er sich in Aphelnähe bewegt.

Bei Mars z. B. können die wirklichen Differenzen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Oppositionen um -16^d bzw. $+19^d$ von der mittleren synodischen Periode von 780^d abweichen. Da außerdem immer kurze Folgen von zu großen abwechselnd mit kurzen Folgen mit zu kleinen Zeitdifferenzen auftreten, können durch Summierung der einseitigen Abweichungen Unterschiede bis zu 50^d zwischen einer berechneten und der beobachteten Opposition entstehen.

Solche Abweichungen von den berechneten Phasen mußten den Babyloniern der letzten Jahrhunderte v. u. Z. bei ihrer immerhin beachtlich entwickelten Beobachtungskunst untragbar erscheinen.

Wie aber sollten sie diese Schwierigkeit ohne Kenntnis der wahren Bahnverhältnisse überwinden? Tatsächlich ist das mit rein arithmetischen Methoden ohne irgendeine Vorstellung von der Struktur und der Dynamik des Planetensystems möglich. Erforderlich sind nur hinreichend lange Beobachtungsreihen, die nicht nur die mittlere synodische Periode, sondern auch die viel längeren Perioden ihrer Schwankungen erkennen lassen.

2. Fortsetzung Beilage: Zur Problematik der Planetenperioden

Bei der Ermittlung dieser längeren Perioden, innerhalb deren die Abweichungen der mit der mittleren synodischen Umlaufszeit berechneten Hauptphasen von den wirklich beobachteten in einer bestimmten Folge auftreten, einer Folge, die sich nach Ablauf der langen Periode praktisch genau wiederholt, verließen sie sich nicht nur auf die Beobachtungen. Sie fanden eine in ihrer Einfachheit geniale Methode, sie aus verhältnismäßig kurzen Perioden rein rechnerisch abzuleiten. Wie sie verfahren, zeigte O. NEUGEBAUER am Beispiel des Jupiter.

Tabelle 2

11 syn. Per. =	12 Jahre + 5 ^d = a	(+4 ^d 65)
65 syn. Per. =	71 Jahre — 6 ^d = b	(—5.74)
76 syn. Per. =	83 Jahre — 1 ^d = a + b	(—1.09)
87 syn. Per. =	95 Jahre + 4 ^d = 2a + b = c	(+3.56)
152 syn. Per. =	166 Jahre — 2 ^d = b + c	(—2.18)
239 syn. Per. =	261 Jahre + 2 ^d = b + 2c	(+1.38)
391 syn. Per. =	427 Jahre + 0 ^d = 2b + 3c	(—0.80)

Sie kombinierten also kürzere Perioden, bei denen eine ganze Zahl synodischer Umläufe genähert gleich einer ganzen Zahl siderischer Jahre war, so lange, bis sie eine Periode fanden, bei der die Differenz zwischen beiden für sie praktisch gleich Null wurde. — Die eingeklammerten Werte der letzten Spalte sind die Überschüsse bzw. Defizite gegenüber den vollen siderischen Jahren nach moderner Rechnung; sie weichen nur geringfügig von den auf ganze Tage abgerundeten babylonischen Werten ab. Nach babylonischer Rechnung mußten sich alle Hauptphasen Jupiters, die heliakischen Auf- und Untergänge, die Stillstände und Oppositionen nach einer Periode von 427 Jahren an den gleichen Jahrestagen und an den gleichen Stellen des Fixsternhimmels wiederholen. Die babylonischen Astronomen begnügten sich aber nicht mit der Bestimmung der Hauptphasen, sondern sie berechneten regelrechte Ephemeriden der Bewegung des Planeten in der Ekliptik von Tag zu Tag. Dabei interpolierten sie zwischen den Hauptphasen nicht etwa linear, sondern sie benutzten in einer fast modern anmutenden Weise auch die 2. und 3. Differenzen mit dem Erfolg, daß die berechneten Längen fast genau den wirklichen entsprachen und Fehler über 1° nur selten auftraten.

Das Aufsuchen brauchbarer Perioden, nach deren Ablauf die Folge der Erscheinungen, zu denen man für die unteren Planeten noch ihre größten östlichen oder westlichen Elongationen und bei den oberen Planeten ihre Quadraturen (Längendifferenz gegen die Sonne 90°, Auf- bzw. Untergang gegen Mitternacht) zählen kann, ist so interessant, daß ich noch etwas näher darauf eingehen will.

Wie wir sahen, suchten die Babylonier ihre für langfristige Vorausberechnungen geeigneten Perioden — ich werde sie im folgenden Ephemeridenperioden nennen — nach der folgenden Regel: Wenn eine Hauptphase — z. B. die Opposition eines oberen Planeten — nach Ablauf einer längeren

3. Fortsetzung Beilage: Zur Problematik der Planetenperioden

Folge von synodischen Umläufen wieder auf den gleichen Tag fällt, genauer ausgedrückt bei der gleichen Sonnenlänge eintritt, so wiederholt sich die gleiche Folge von Oppositionen mit den gleichen zeitlichen Abständen, bis wieder eine Opposition auf die gleiche Sonnenlänge fällt usw.

Die Richtigkeit dieser von den Babyloniern aus der Erfahrung abgeleiteten Regel läßt sich leicht einsehen. Auch in einer elliptischen mit wechselnder Geschwindigkeit durchlaufenen Bahn braucht ein Planet, um, von einem beliebigen Bahnpunkt ausgehend, wieder zu diesem zurückzukehren, genau eine mittlere siderische Umlaufperiode bzw. nach mehreren Umläufen ein Vielfaches dieser Periode. Dabei ist es gleichgültig, in welcher Entfernung vom Perihel sich der betrachtete Bahnpunkt befindet (Abb. 38).

Tritt nach einer gewissen Zahl von ganzen *synodischen* Umläufen eine Opposition wieder zum gleichen Kalenderdatum und damit bei derselben Sonnenlänge und wegen der Oppositionsbedingung auch am ursprünglichen Bahnort des Planeten ein, so ist zugleich mit einer ganzen Anzahl synodischer auch eine ganze Anzahl siderischer Perioden abgelaufen (s. letzte Spalte von Tabelle 4). Damit ist der Einfluß der Bahnexzentrizität ausgeschaltet.

Ich möchte noch erwähnen, daß für die Babylonier die Überbrückung großer Zeitspannen eine ganz besondere Sorgfalt erforderte, weil ja bei ihrem Mond-Sonne-Kalender mit Einschaltung ganzer Monate die Monatsdaten auf sehr verschiedene Sonnenlängen fallen konnten.

Da die Babylonier die Präzession noch nicht kannten — bei den Griechen entdeckte sie HIPPARCH um 150 v. u. Z.; sie wurde von PTOLEMAUS bestätigt, aber beide und auch noch viel später die Araber fanden nur ungenaue Werte —, haben sie die Sonnen- und Planetenoppositionen wahrscheinlich auf die Fixsterne bezogen.

Wir werden deshalb auch für die Darstellung der babylonischen Methode und die Prüfung ihrer Ergebnisse zunächst das siderische Jahr benutzen und für die Bestimmung der genauen mittleren synodischen Periode von den wahren mittleren täglichen Bewegungen der Planeten einschließlich der Erde ausgehen.

Nennen wir die mittlere tägliche Bewegung des Planeten in seiner Bahn n_{sid} und die Differenz dieser Bewegung gegen die mittlere tägliche Bewegung der Erde n_{syn} (für die unteren Planeten φ und $\psi = n_{sid} - n_{sid} \delta$, für die oberen Planeten ϵ , ζ und $\nu = n_{sid} \delta - n_{sid}$), so werden die siderischen Umläufe $P_{sid} = \frac{360^\circ}{n_{sid}}$ und die synodischen $P_{syn} = \frac{360^\circ}{n_{syn}}$. Das sind die mittleren Perioden in *Tagen*;

in siderischen *Jahren* erhalten wir sie durch Division durch $365^d 25636$ (Länge des siderischen Jahres). Wir bestimmen die synodischen Perioden, die die Babylonier aus jahrhundertelangen Beobachtungen ermitteln mußten, für die folgenden Rechnungen aus den modernen Werten von n_{sid} .

4. Fortsetzung Beilage: Zur Problematik der Planetenperioden

Tabelle 3

	n_{sid}	n_{syn}	P_{syn} (Tage)	P_{syn} (sid. Jahre)
Merkur ♀	4°092399	3°106730	115 ^d 8775	0 ^a 3172497
Venus ♀	1.602131	0.616522	583.9208	1.398660
Erde ♂	0.9853609	—	—	—
Mars ♂	0.524033	0.461576	779.9366	2.135313
Jupiter ♃	0.0830912	0.902318	398.8840	1.092066
Saturn ♄	0.0334597	0.952149	378.0921	1.035142

Es kommt nun darauf an, die kleinsten Faktoren zu finden, die, mit P_{syn} multipliziert, möglichst genau eine ganze Anzahl von siderischen Jahren ergeben. Sie sollen nicht zu groß sein, weil man sonst sehr umfangreiche über viele Jahrhunderte reichende Aufzeichnungen der vergangenen Erscheinungen brauchen würde. Andererseits müssen die Abweichungen der Eph.-Per. von ganzen siderischen Jahren klein werden, damit der Einfluß der Bahnexzentrizitäten klein bleibt. Die Zahl der P_{syn} sei x , die Zahl der siderischen Jahre sei y , dann sind für x und y die Werte zu finden, die die Gleichung $x \cdot P_{syn} = y$ siderische Jahre erfüllen, wobei y möglichst nahe eine ganze Zahl sein soll.

Die Babylonier kannten allerdings weder die genaue Länge des siderischen Jahres noch überhaupt die Unterscheidung zwischen tropischem und siderischem Jahr.

Immerhin scheinen sie in der Seleukidenzeit infolge der engeren Berührung mit der griechischen Kultur den 19jährigen Schaltzyklus kennengelernt und anstelle der früheren Bedarfsschaltung eingeführt zu haben. Diesen Zyklus hatte beinahe anderthalb Jahrhunderte früher der Athener METON vorgeschlagen. Dieser METON-Zyklus umfaßt 125 volle (30tägige) und 110 leere (29-tägige) Monate, die sich auf sieben Jahre mit 13 und 12 Jahre mit 12 Monaten verteilen. Wahrscheinlich kannten die babylonischen Astronomen auch die Verbesserung des METONschen Kalenders durch KALIPPUS, der vier solche Zyklen zusammenfaßte und um einen Tag verminderte, woraus eine Jahreslänge von 365.250 Tagen resultierte. Das aber ist auch die Länge des Jahres, das im gleichen 3. Jh. v. u. Z. in Ägypten von dem König PTOLEMAUS III. (ebenfalls einer der Nachfolger ALEXANDERS) eingeführt und später von JULIUS CASAR zur Grundlage des römischen Kalenders gemacht wurde (Julianisches Jahr). Wahrscheinlich gehen wir nicht fehl mit der Annahme, daß mindestens die Astronomen im Babylon der letzten Jahrhunderte v. u. Z. mit diesem Jahr rechneten.

Sehen wir nun zu, mit welchen Werten von x und y die Gleichung $x \cdot P_{syn} = y$ ganze siderische bzw. y ganze julianische Jahre für die einzelnen Planeten nahezu erfüllt wird.

Tabelle 4

Merkur

$$145 P_{\text{syn}} = 46.0012 \text{ sid. Jahre} = 46 \text{ jul. Jahre} + 1^{\text{d}}2 (+0^{\text{d}}2), (191 P_{\text{sid}}) \text{ u. ff.}$$

$$*1513 P_{\text{syn}} = 479.9988 \text{ sid. Jahre} = 480 \text{ jul. Jahre} + 2^{\text{d}}7 = 1993 P_{\text{sid}}$$

Venus

$$5 P_{\text{syn}} = 7.9933 \text{ sid. Jahre} = 8 \text{ jul. Jahre} - 2^{\text{d}}4 = 13 P_{\text{sid}}$$

$$152 P_{\text{syn}} = 242.9963 \text{ sid. Jahre} = 243 \text{ jul. Jahre} + 1^{\text{d}}0 (0^{\text{d}}0) = 395 P_{\text{sid}}$$

$$299 P_{\text{syn}} = 477.9993 \text{ sid. Jahre} = 478 \text{ jul. Jahre} + 3^{\text{d}}3 (+2^{\text{d}}3) = 777 P_{\text{sid}}$$

$$*720 P_{\text{syn}} = 1151.0352 \text{ sid. Jahre} = 1151 \text{ jul. Jahre} + 21^{\text{d}} (+20^{\text{d}}) \text{ —}$$

Mars

$$15 P_{\text{syn}} = 32.0297 \text{ sid. Jahre} = 32 \text{ jul. Jahre} + 11^{\text{d}}0 = 17 P_{\text{sid}}$$

$$22 P_{\text{syn}} = 46.9769 \text{ sid. Jahre} = 47 \text{ jul. Jahre} - 7^{\text{d}}4 (-8^{\text{d}}4) = 25 P_{\text{sid}}$$

$$37 P_{\text{syn}} = 79.0066 \text{ sid. Jahre} = 79 \text{ jul. Jahre} + 3^{\text{d}}7 (+2^{\text{d}}7) = 42 P_{\text{sid}}$$

$$*133 P_{\text{syn}} = 283.9966 \text{ sid. Jahre} = 284 \text{ jul. Jahre} + 0^{\text{d}}6 = 151 P_{\text{sid}}$$

Jupiter

$$11 P_{\text{syn}} = 12.0127 \text{ sid. Jahre} = 12 \text{ jul. Jahre} + 4^{\text{d}}7 = 1 P_{\text{sid}}$$

$$76 P_{\text{syn}} = 82.9970 \text{ sid. Jahre} = 83 \text{ jul. Jahre} + 0^{\text{d}}2 (-0^{\text{d}}8) = 7 P_{\text{sid}}$$

$$315 P_{\text{syn}} = 344.0008 \text{ sid. Jahre} = 344 \text{ jul. Jahre} + 2^{\text{d}}5 = 29 P_{\text{sid}}$$

$$*391 P_{\text{syn}} = 426.9978 \text{ sid. Jahre} = 427 \text{ jul. Jahre} + 2^{\text{d}}6 (+1^{\text{d}}6) = 36 P_{\text{sid}}$$

Saturn

$$28 P_{\text{syn}} = 28.9840 \text{ sid. Jahre} = 29 \text{ jul. Jahre} - 5^{\text{d}}4 (-6^{\text{d}}4) = 1 P_{\text{sid}}$$

$$57 P_{\text{syn}} = 59.0031 \text{ sid. Jahre} = 59 \text{ jul. Jahre} + 2^{\text{d}}2 (+1^{\text{d}}2) = 2 P_{\text{sid}}$$

$$*236 P_{\text{syn}} = 264.9964 \text{ sid. Jahre} = 265 \text{ jul. Jahre} + 0^{\text{d}}6 (-0^{\text{d}}4) = 9 P_{\text{sid}}$$

$$313 P_{\text{syn}} = 323.9994 \text{ sid. Jahre} = 324 \text{ jul. Jahre} + 1^{\text{d}}8 = 11 P_{\text{sid}}$$

Die Perioden mit * sind die babylonischen Lösungen. Die hier nicht gegebene Zahl der Tage erhält man, wenn man die siderischen Jahre mit 365.25636 multipliziert. Wenn die Zahl der julianischen Jahre nicht durch 4 ohne Rest teilbar ist, können in dem Zeitraum n oder $n + 1$ Schalttage vorkommen (z. B. in 83 julianischen Jahren 20 oder 21 Schalttage). Die Überschüsse oder Fehlbeträge gegenüber ganzen julianischen Jahren gelten ohne Klammern für n , in Klammern für $n + 1$ Schalttage. Man kann für Prognosen über einige Jahrhunderte vor und zurück unbedenklich mit julianischen (statt gregorianischen) Jahren rechnen, wenn man nur berücksichtigt, daß in den Jahren 1700, 1800, 1900 und wieder 2100, 2200 und 2300 der (julianische) Schalttag ausfällt. Weiter als rund ± 5 Jahrhunderte zu rechnen empfiehlt sich sowieso nicht, da dann die Näherungsmethoden merkliche Fehler bringen können.

Da das siderische Jahr 9.16 Minuten länger als das julianische ist, sind 157 siderische Jahre = 157 julianische Jahre + 1 Tag. Andererseits ist 0.0027 eines siderischen Jahres = 1 Tag, demnach sind 156.9973 siderische Jahre = 157 julianische Jahre ohne Überschuß. Da sich die Sonne in ihrer scheinbaren Bahn in 1 Tag um nahezu 1° bewegt und der Oppositionsort eines Planeten nach Definition der Sonne genau gegenüberliegt (Längendifferenz 180°), so würde nach Ablauf einer Ephemeridenperiode von 156.9973 siderischen Jahren ($157 - 0.0027$) die Oppositionen der 2. Periode bei einer um 1° kleineren siderischen Länge, aber am gleichen julianischen Datum eintreten¹. Diese siderische Längenzählung bezieht sich auf die Ekliptik und den Frühlingspunkt des Ausgangsdatums, die gegebene Betrachtungsweise für die Babylonier, die ja die Präzession nicht kannten. Zur Bestimmung des Kalenderdatums müssen die Überschüsse bzw. Fehlbeträge gegenüber den ganzen julianischen Jahren natürlich auf ganze Tage abgerundet werden, wie es auch die Babylonier taten (s. Tabelle 2).

Die Tabelle zeigt aber auch, daß die Babylonier mit ihrem Verfahren zwar gute Ephemeridenperioden gefunden haben, aber außer bei Mars und Saturn nicht die besten. Ihre Venusperiode geht merkwürdigerweise ganz fehl, obgleich gerade bei Venus gute Lösungen mit viel kürzeren Perioden möglich gewesen wären. Möglicherweise haben sie sich bei ihren Rechnungen auf noch recht ungenaue oder fehlerhaft datierte Beobachtungen aus dem 2. Jahrtausend v. u. Z.

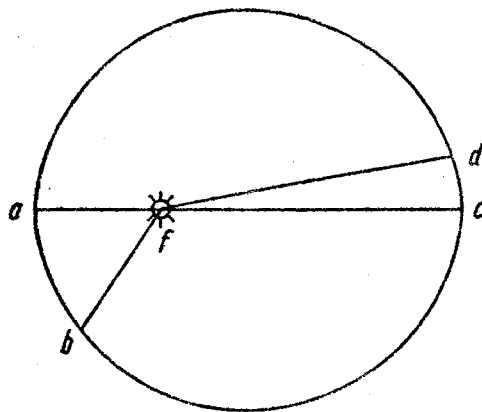


Abb. 38. Die verschieden großen Bogen ab und cd werden in gleichen Zeiten durchlaufen ($\Delta abf = \Delta cdf$, 2. KEPLERSCHES Gesetz). Dagegen sind die Umlaufzeiten von a bis wieder a, b bis b, c bis c und d bis d alle gleich der mittleren siderischen Umlaufszeit.

gestützt. Für die übrigen Planeten liegen ihre Ephemeridenperioden zwischen 280 und 480 Jahren, und die Verschiebungen in der siderischen Oppositionslänge betragen nach Ablauf einer solchen Periode nur $1^\circ 3'$ bei Mars und Saturn und $0^\circ 8'$ bei Jupiter.

¹ Zwischen 1900 bis 2100 laufen beide Kalender (jul. und greg.) im gleichen Rhythmus ab, da auch 2000 ein Schaltjahr ist.

7. Fortsetzung Beilage: Zur Problematik der Planetenperioden

Allerdings hätten sie bei Merkur eine größere Genauigkeit schon bei einer mehr als 10mal kürzeren Periode haben können. Bei Jupiter hätten sie mit 83 Jahren für die Rechnung mit julianischen Jahren eine wesentlich höhere Genauigkeit erzielt.

Aber die Ephemeridenperioden der vor über 2000 Jahren rechnenden babylonischen Astronomen sind durchaus brauchbar und für ihre Beobachtungsmöglichkeiten hinreichend genau. Ziehen wir den Hut vor ihnen! Sie hatten weder Rechenmaschinen noch Logarithmentafeln, von Computern ganz zu schweigen, ja, sie kannten nicht einmal das Dezimalsystem mit seinen Stellenwerten, sondern sie mußten mit einem komplizierten, nicht ganz konsequent durchgeführten Sexagesimalsystem rechnen, das noch in unseren Zifferblättern und Kreisteilungen fortlebt. Es war zwar hervorragend für das Kopfrechnen geeignet (60 hat 10 verschiedene Teiler, 100 nur 7), aber die reine Rechenarbeit muß doch immens gewesen sein.

Dr. Paul Ahnert (1897-1989) hat in bester Sonneberger Tradition auch viele ähnliche Beiträge in den Jahrgängen des von ihm begründeten Kalenders veröffentlicht, der zum 50. Mal erscheint:

Ahnerts Kalender für Sternfreunde 1998

Kleines astronomisches Jahrbuch
50. Jahrgang

Begründet von Paul Ahnert. Herausgegeben von Dr. Gernot Burkhardt, Dr. Lutz D. Schmadel (Astronomisches Rechen-Institut, Heidelberg) und Dr. Thorsten Neckel (Max-Planck-Institut für Astronomie, Heidelberg), in Zusammenarbeit mit den Fachgruppen der »Vereinigung der Sternfreunde« (VdS).

Ca. 340 Seiten mit etwa 170 Abbildungen (farbig und s/w) und Tabellen. Gebunden. 24.80 DM, 181 öS, 23 sFr. ISBN 3-335-00513-9. Erscheint im August 1997.

Der beliebte Himmelskalender wird 50! Aus diesem Anlaß haben wir ihn gründlich erneuert. In Zukunft erscheint er durchgehend farbig aus dem Bildarchiv von *Sterne und Weltraum* illustriert.

Der Kalender enthält wie gewohnt umfangreiches Datenmaterial zu

den Objekten unseres Sonnensystems. Für jeden Monat gibt es eine aktuelle Liste von interessanten Deep-Sky-Objekten, die mit den heutigen Mitteln der Amateurastronomen beobachtbar sind. Bilder aus dem SuW-Archiv zeigen, wie Amateure diese Objekte mit Erfolg photographisch verarbeitet haben.

Für den Beobachter wichtige Ereignisse werden in Wort und Bild beschrieben: • Abend-Zodiaklicht im März • Leonidensturm im November • Sonnenfinsternisse 1998 – wo sind sie am besten zu beobachten? • Sehenswerte Konstellationen.

Ereignisse des Vorjahres, die nicht vorhersehbar waren, werden in rückblickenden Aufsätzen beschrieben. Im Kalender 1998 wird ein abschließender Bericht über Hale-Bopp enthalten sein.

Hüthig Fachverlage

Im Weiher 10, D-69121 Heidelberg,
Tel.: 06221/489555, Fax: 06221/489410

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Ferrari d'Occhieppo, Konradin: Zur Hypothese einer 854 jährigen Planetenperiode in der babylonischen Astronomie. *Astronomische Mitteilungen Wien, Suppl. B. Öst. Akad. Wiss.*, Wien 1976.

Ferrari d'Occhieppo, Konradin: Wann wurde die 1151 jährige Venusperiode entdeckt? *Astronomische Mitteilungen Wien Nr. 20, Sitz.-Berichte, Öst. Akad. Wiss., Math.-Naturw. Klasse, Abt. II, 186. Band, 8.-10. Heft*, Springer Verlag, Wien 1978.

Neugebauer, Otto: *Astronomical Cuneiform Texts I-III*, Institute for Advanced Study, Princeton. Lund Humphries, London 1955.

Neugebauer, Otto: *A History of Ancient Mathematical Astronomy, I-III*, Springer Verlag, Berlin 1975.

Referat: **Zur Praxis der Planetenperioden**

Es soll eine vorläufige Vorstellung von der Genauigkeit gegeben werden, mit der Planetenörter vor dem Sternenhintergrund durch Perioden übertragen werden können - siehe Beilage "Zur Problematik der Planetenperioden".

Wirklich kann es sich hier nur um eine recht grobe Orientierung handeln, denn für jeden der Planeten Merkur bis Saturn wird nur eine Konjunktion oder nahe Konjunktion mit einem Stern in ekliptikalischen Koordinaten untersucht. Die ekliptikalischen Längen und Breiten λ, β des Planeten und des Sterns sind auf die Epoche des Datums bezogen; die zugehörigen Azimute und Höhen A, H gelten für Wien, Urania Sternwarte ($16,3854^\circ\text{E} / 48,2020^\circ\text{N}$). m bezeichnet die visuelle Helligkeit, Δ den Großbogenabstand Planet-Stern, Hs die Sonnenhöhe und die geklammerte Zahl die Periodenlänge (\sim Jahre). Die Perioden werden in ihren auf ganze mittlere Sonnentage gerundeten Werten verwendet, so daß die Uhrzeit UT erhalten bleibt. Es sind möglichst ganzzahlige Vielfache der mittleren - hier heißt das störungsfreien - synodischen und siderischen Umlaufzeit des Planeten. Umfassen diese Perioden außerdem noch möglichst eine ganze Zahl von Jahren, so bleibt auch der Erdort und ferner das Kalenderdatum leidlich erhalten, siehe Beilage "Zur Problematik der Planetenperioden".- Berechnung und Karten: URANIASTAR 1.1.

MERKUR KONJUNKTION β GEM,	1980 08 04	$2^{\text{h}}33$ UT =	JD 2 444 455,606		
Merkur	$\lambda\beta$ $112,8^\circ-1,1^\circ$	AH $64,1^\circ+4,7^\circ$	m $-0,0^{\text{mag}}$	Δ $7,7^\circ$	
β Gem	$112,9 +6,7$	$58,0 +9,6$	$+1,1$	Hs $-9,3$	
(46) 16802 ^d	2026 08 05	$2^{\text{h}}33$ UT =	JD 2 461 257,606		
Merkur	$\lambda\beta$ $113,6^\circ-1,1^\circ$	AH $64,1^\circ+4,5^\circ$	m $+0,0^{\text{mag}}$	Δ $7,7^\circ$	
β Gem	$113,6 +6,7$	$58,1 +9,5$	$+1,1$	Hs $-9,5$	
(217) 79260 ^d	2197 08 06	$2^{\text{h}}33$ UT =	JD 2 523 715,606		
Merkur	$\lambda\beta$ $115,2^\circ-1,1^\circ$	AH $64,2^\circ+4,2^\circ$	m $+0,0^{\text{mag}}$	Δ $7,9^\circ$	
β Gem	$115,9 +6,7$	$57,7 +8,5$	$+1,1$	Hs $-9,9$	
(480) 175323 ^d	2460 08 10	$2^{\text{h}}33$ UT =	JD 2 619 778,606		
Merkur	$\lambda\beta$ $119,6^\circ-1,0^\circ$	AH $64,4^\circ+3,5^\circ$	m $-0,1^{\text{mag}}$	Δ $7,7^\circ$	
β Gem	$119,6 +6,7$	$58,3 +8,1$	$+1,1$	Hs $-11,0$	

1. Fortsetzung Referat: Zur Praxis der Planetenperioden

VENUS ~KONJUNKTION α TAU, 1988 04 13 19^h45 UT = JD 2 447 265,323
 Venus $\lambda\beta$ 69,5°+3,9° AH 286,3°+20,4° m -4,1^{mag} Δ 9,3°
 α Tau 69,6 -5,5 278,3 +14,9 +0,8 Hs -18,9°

(8) 2920^d 1996 04 11 19^h45 UT = JD 2 450 185,323
 Venus $\lambda\beta$ 67,6°+3,9° AH 286,1°+20,1° m -4,1^{mag} Δ 9,6°
 α Tau 69,7 -5,5 276,9 +16,2 +0,8 Hs -19,4

(243) 88756^d 2231 04 16 19^h45 UT = JD 2 536 021,323
 Venus $\lambda\beta$ 71,6°+3,9° AH 286,3°+20,7° m -4,1^{mag} Δ 9,4°
 α Tau 73,0 -5,5 277,6 +16,1 +0,8 Hs -18,3

MARS ~KONJUNKTION α LEO, 1996 10 30 1^h19 UT = JD 2 450 386,555
 Mars $\lambda\beta$ 149,9°+1,6° AH 90,4°+18,0° m +1,5^{mag} Δ 1,1°
 α Leo 149,8 +0,5 91,5 +17,5 +1,4 Hs -42,2

(79) 28858^d 2075 11 03 1^h19 UT = JD 2 479 244,555
 Mars $\lambda\beta$ 153,3°+1,6° AH 91,5°+17,4° m +1,5^{mag} Δ 2,6°
 α Leo 150,9 +0,5 93,7 +19,0 +1,4 Hs -43,2

(284) 103732^d 2280 11 02 1^h19 UT = JD 2 554 118,555
 Mars $\lambda\beta$ 153,2°+1,6° AH 91,1°+17,0° +1,5^{mag} Δ 1,3°
 α Leo 153,7 +0,5 91,9 +16,0 +1,4 Hs -43,0

JUPITER KONJUNKTION α SCO, 1995 06 07 22^h00 UT = JD 2 449 876,417
 Jupiter $\lambda\beta$ 249,7°+0,8° AH 174,1°+20,5° m -2,1^{mag} Δ 5,4°
 α Sco 249,7 -4,6 175,3 +15,3 +0,9/+1,8 Hs -18,1

(83) 30315^d 2078 06 06 22^h00 UT = JD 2 480 191,417
 Jupiter $\lambda\beta$ 249,6°+0,8° AH 174,1°+20,6° m -2,1^{mag} Δ 5,5°
 α Sco 250,9°-4,6° 174,0°+15,0° +0,9/+1,8 Hs -18,0

(344) 125648^d 2339 06 12 22^h00 UT = JD 2 575 524,417
 Jupiter $\lambda\beta$ 254,5°+0,7° AH 173,8°+19,9° m -2,1^{mag} Δ 5,4°
 α Sco 254,5°-4,6° 174,8°+14,6° 0,9/+1,8 Hs -17,6

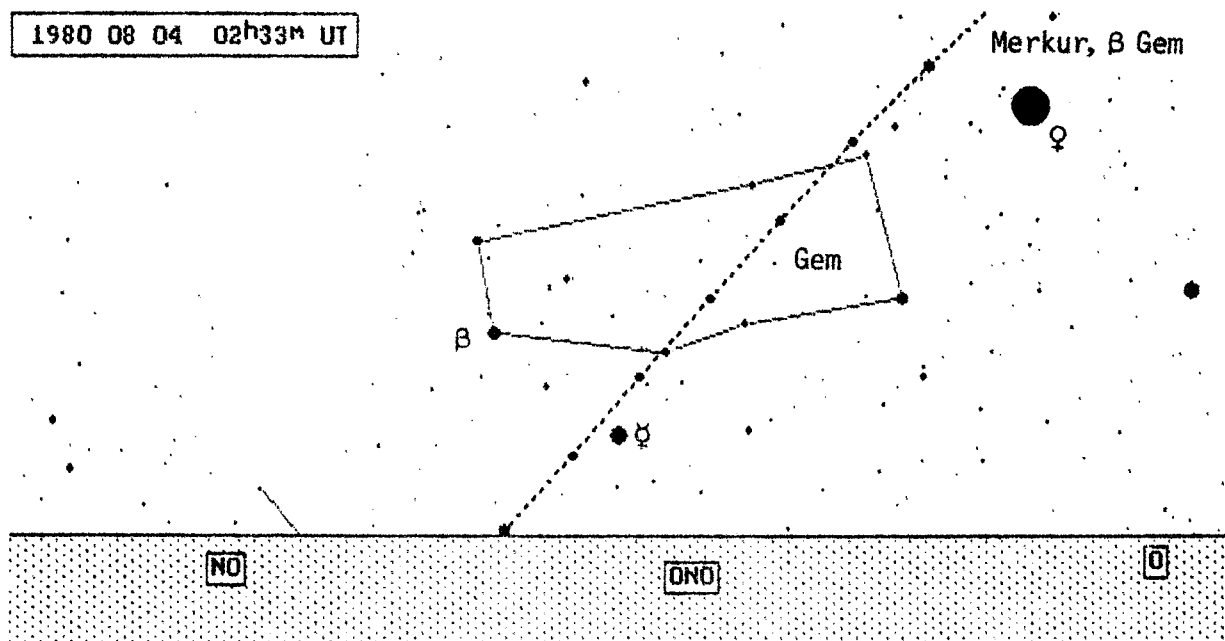
(427) 155964^d 2422 06 12 22^h00 UT = JD 2 605 840,417
 Jupiter $\lambda\beta$ 254,4°+0,8° AH 174,7°+19,9° m -2,1^{mag} Δ 5,5°
 α Sco 255,7°-4,6° 174,4°+14,4° +0,9/+1,8 Hs -17,6

SATURN KONJUNKTION β CAP, 1991 12 13 17^h00 UT = JD 2 448 604,208
 Saturn $\lambda\beta$ 303,9°-0,6° AH 224,2°+10,2° m +0,9^{mag} Δ 5,1°
 β Cap 303,9 +4,6 227,9 +13,9 +3,1 Hs -18,9

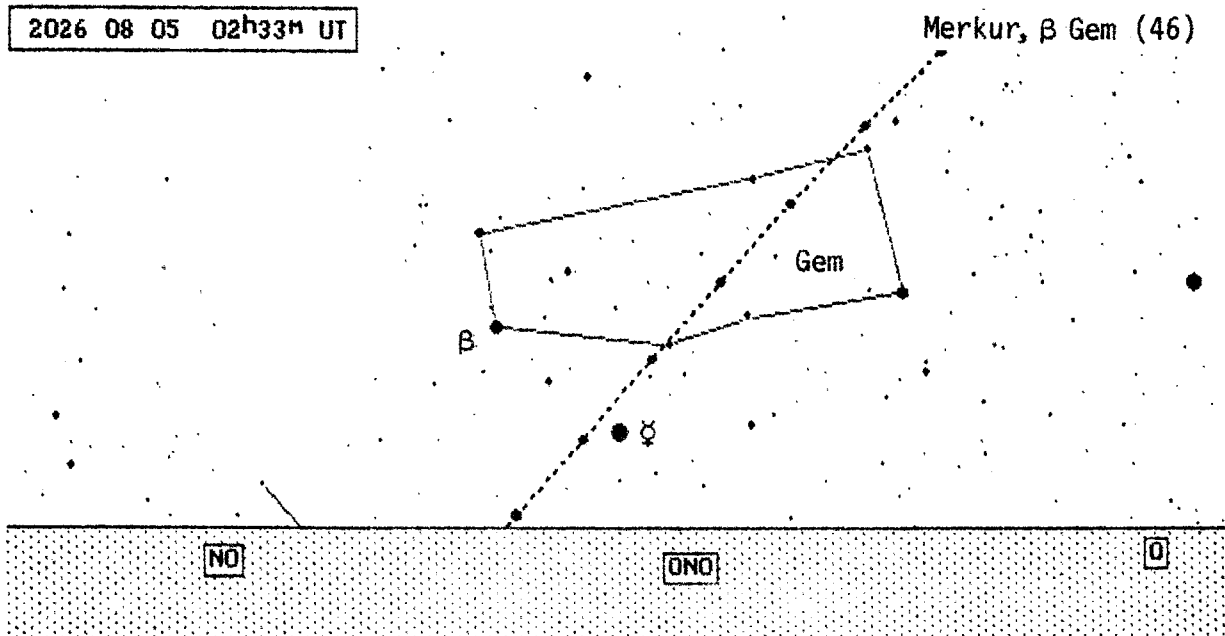
2. Fortsetzung Referat: Zur Praxis der Planetenperioden

(59) 21551 ^d	2050 12 14	17 ^h 00 UT = JD 2 470 155,208				
Saturn	$\lambda\beta$ 306,0°-0,6°	AH 224,2°+11,1°	m +0,9 ^{mag}	Δ 5,4°		
β Cap	304,8 +4,6	228,6 +13,7	+3,1	Hs -18,8		
(265) 96792 ^d	2256 12 15	17 ^h 00 UT = JD 2 545 396,208				
Saturn	$\lambda\beta$ 307,1°-0,6°	AH 223,4°+11,5°	m +0,9 ^{mag}	Δ 5,2°		
β Cap	307,6 +4,6	227,5 +15,1	+3,1	Hs -18,8		
(324) 118343 ^d	2315 12 18	17 ^h 00 UT = JD 2 566 947,208				
Saturn	$\lambda\beta$ 308,9°-0,7°	AH 224,2°+11,6°	m +0,9 ^{mag}	Δ 5,2°		
β Cap	308,5 +4,6	228,3 +14,9	+3,1	Hs -18,8		

1980 08 04 02h33m UT

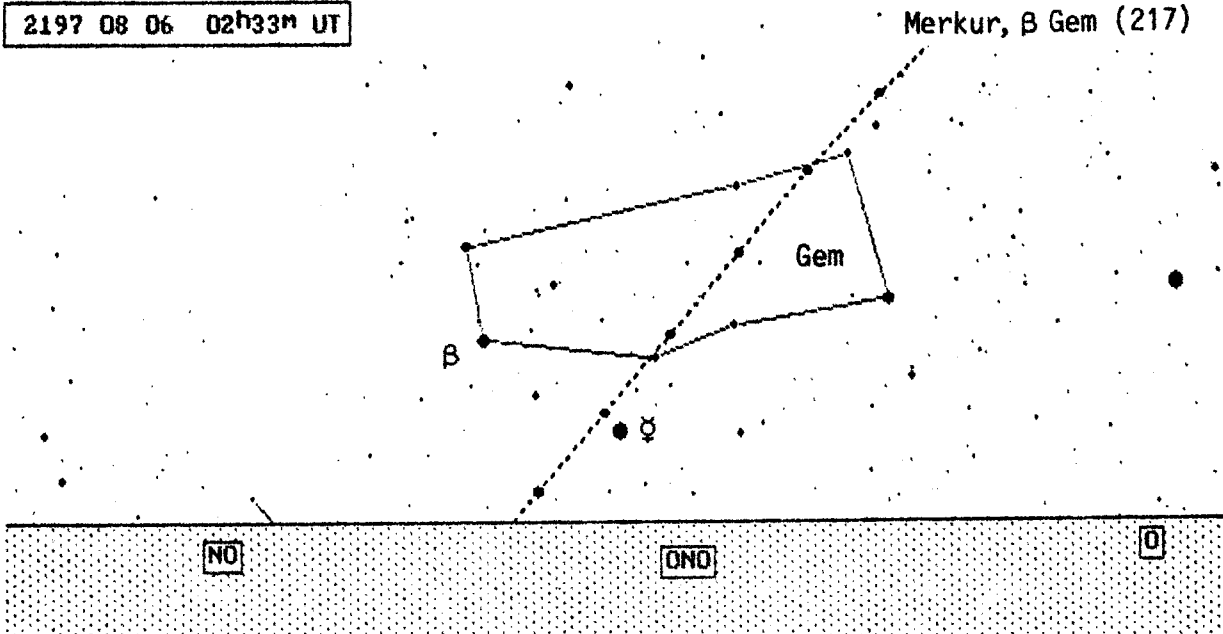


2026 08 05 02h33m UT

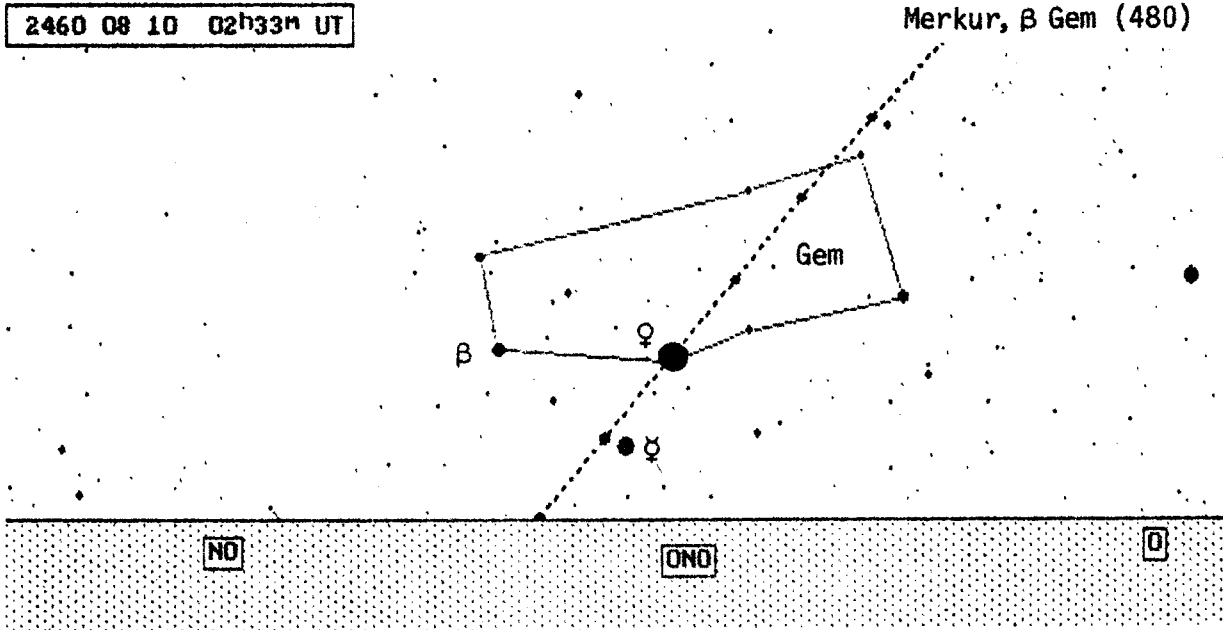


3. Fortsetzung Referat: Zur Praxis der Planetenperioden

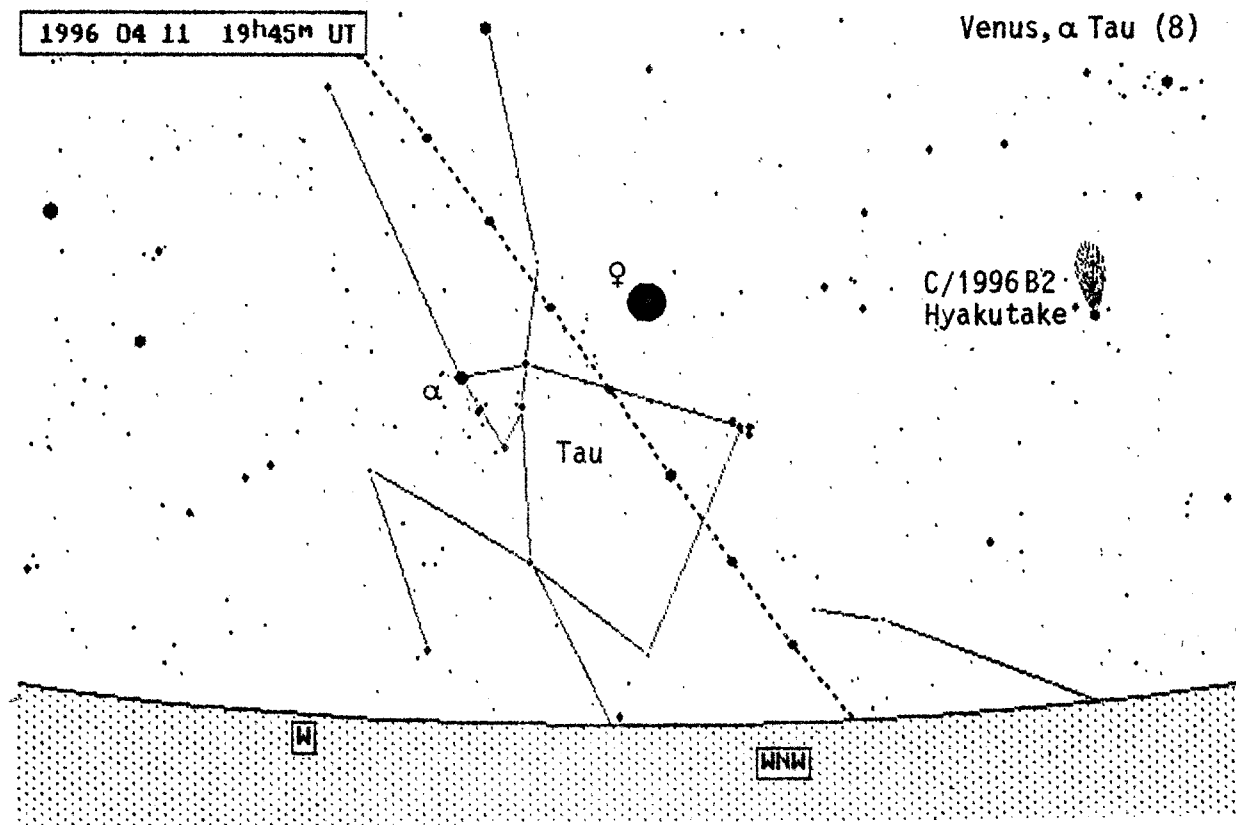
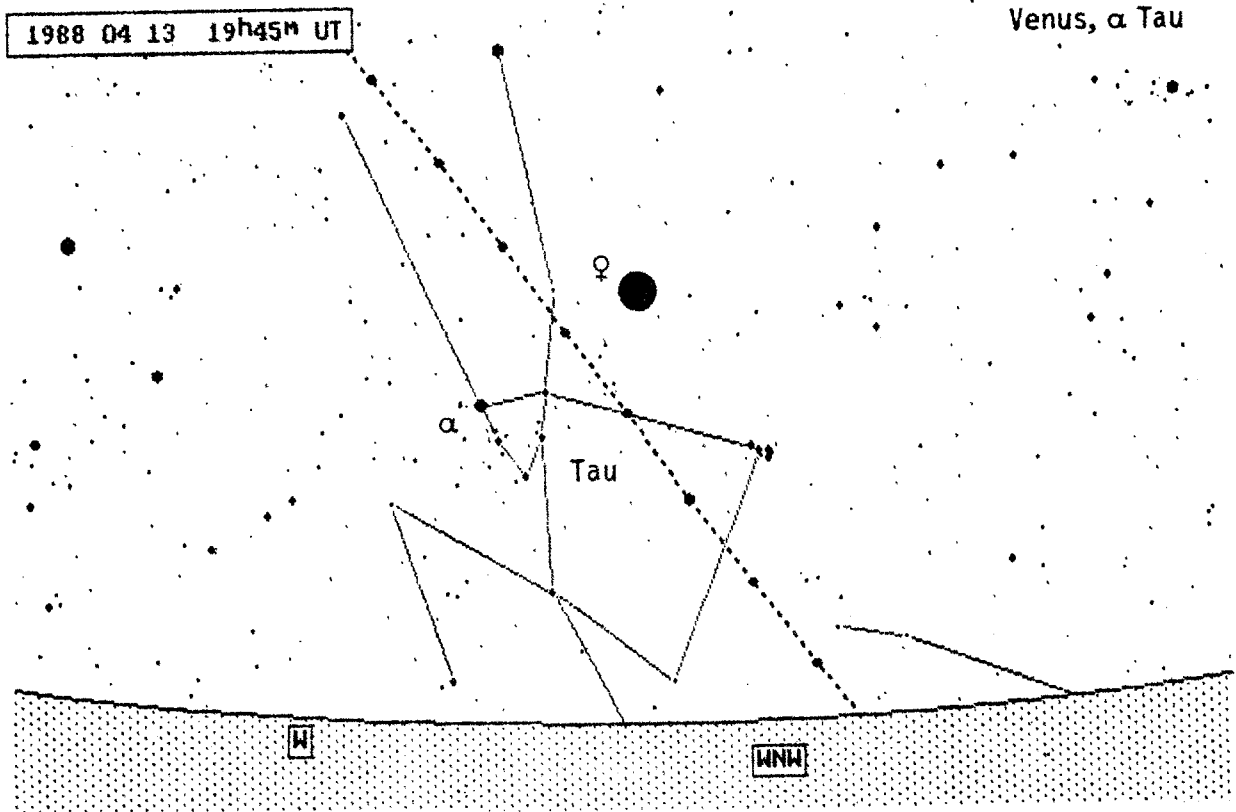
2197 08 06 02h33m UT



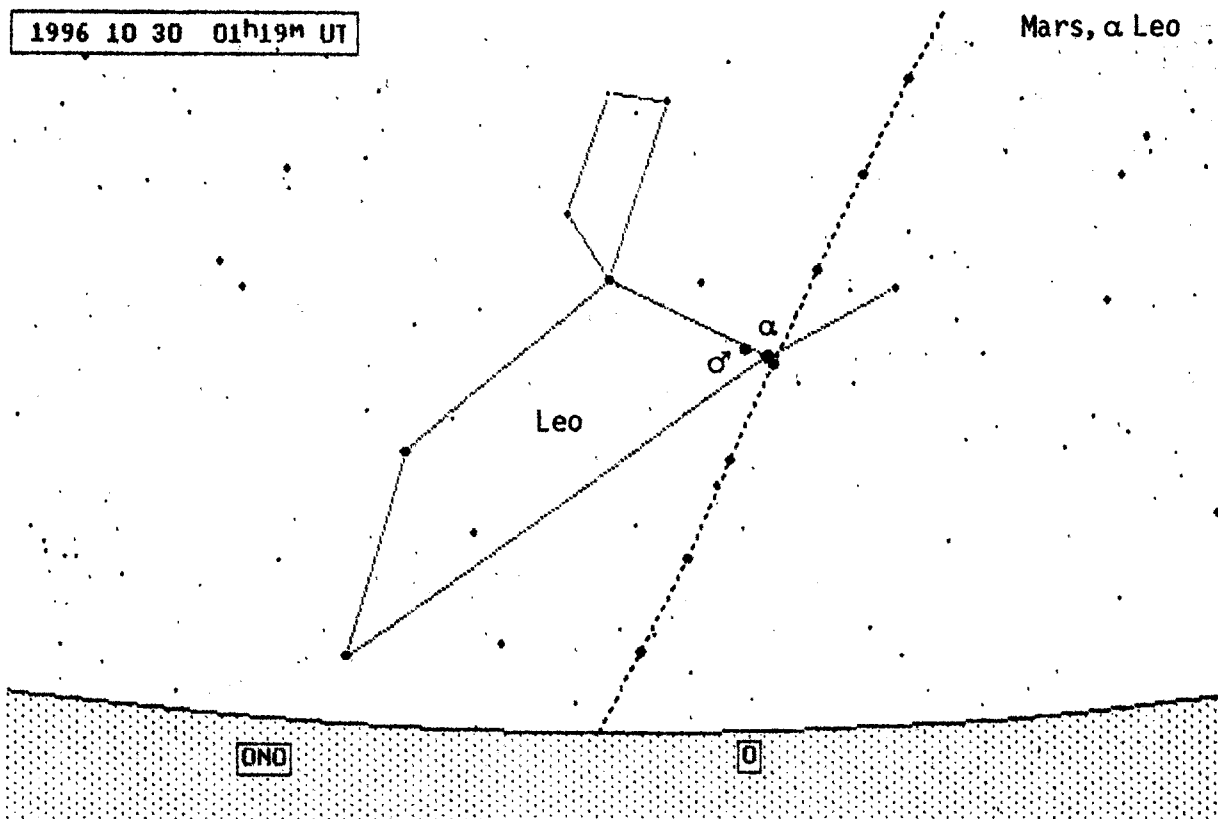
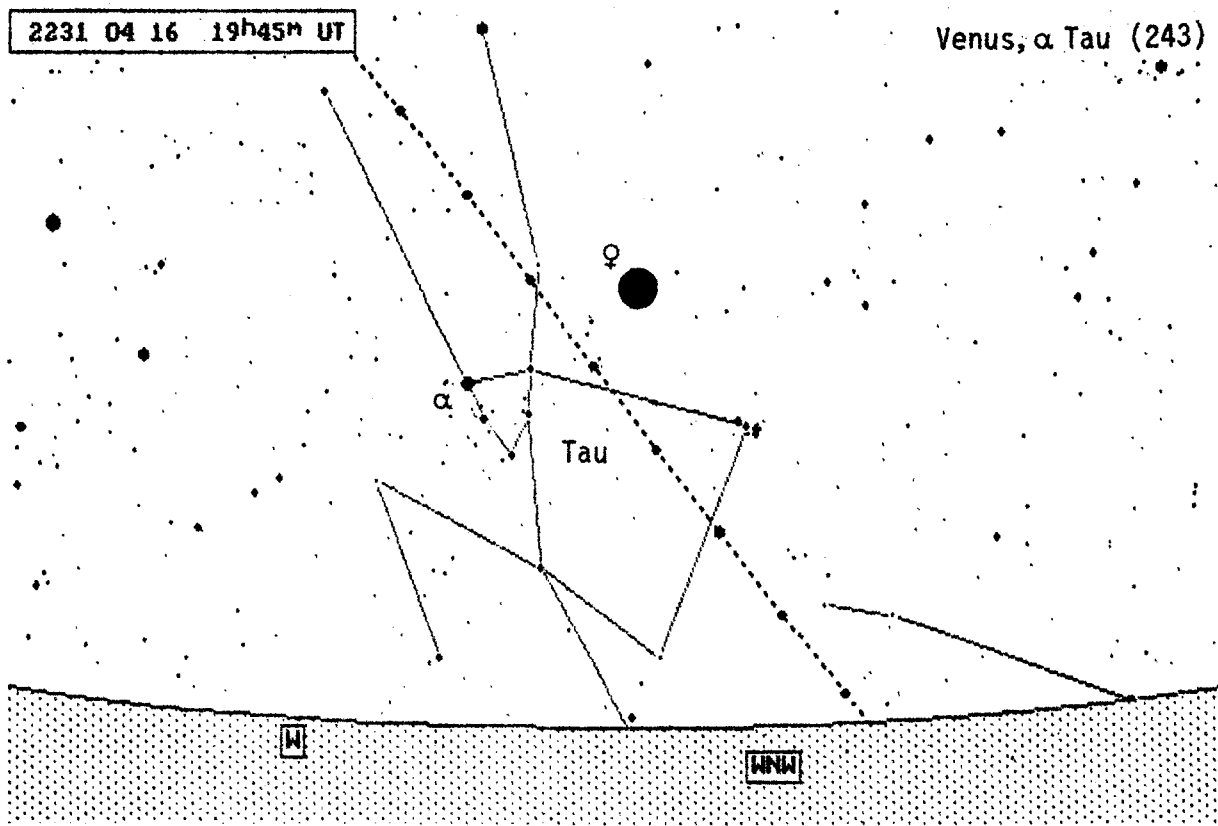
2460 08 10 02h33m UT



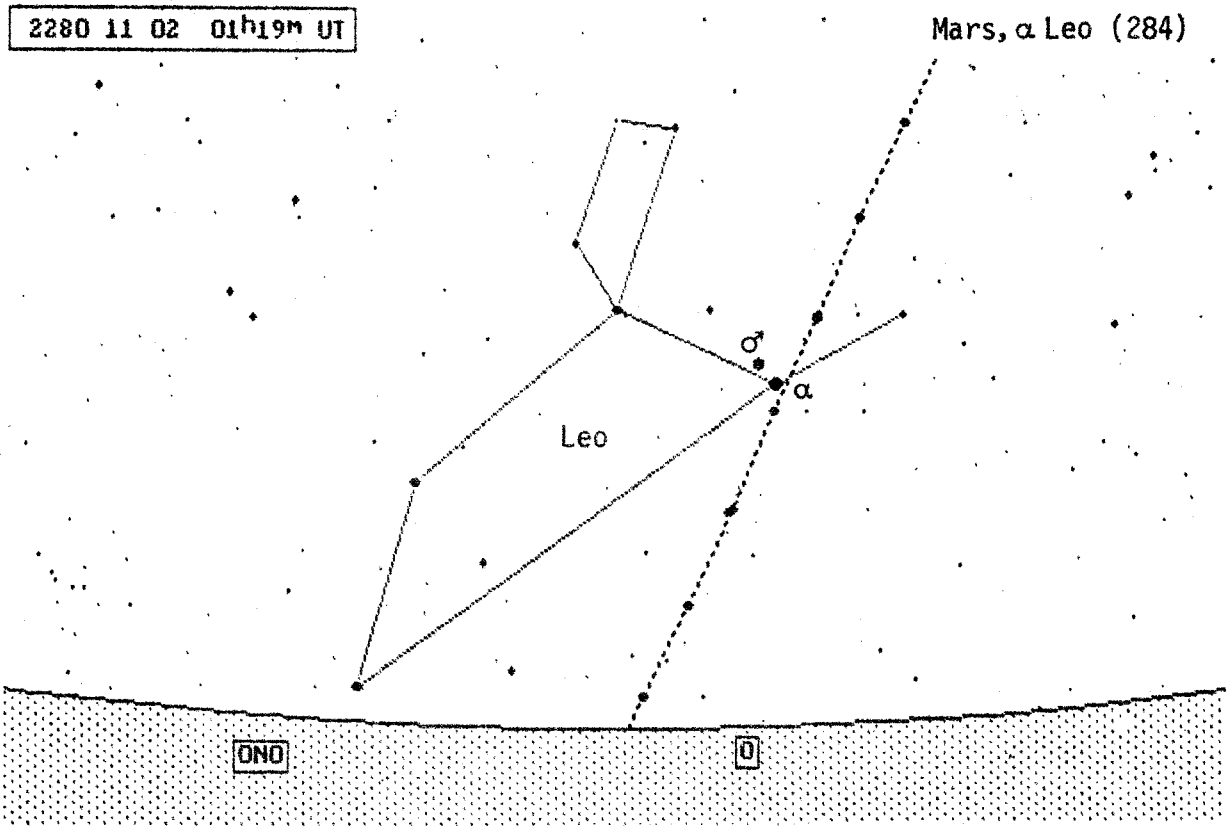
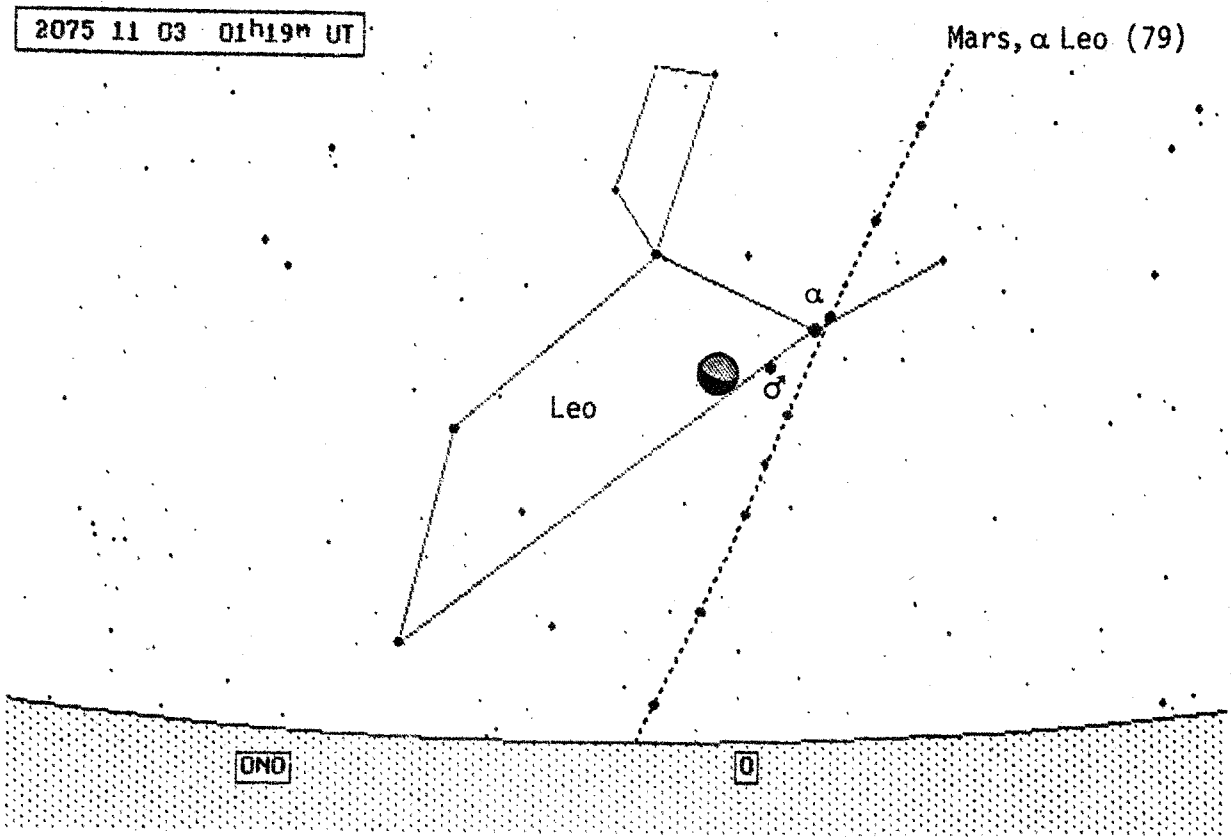
4. Fortsetzung Referat: Zur Praxis der Planetenperioden



5. Fortsetzung Referat: Zur Praxis der Planetenperioden



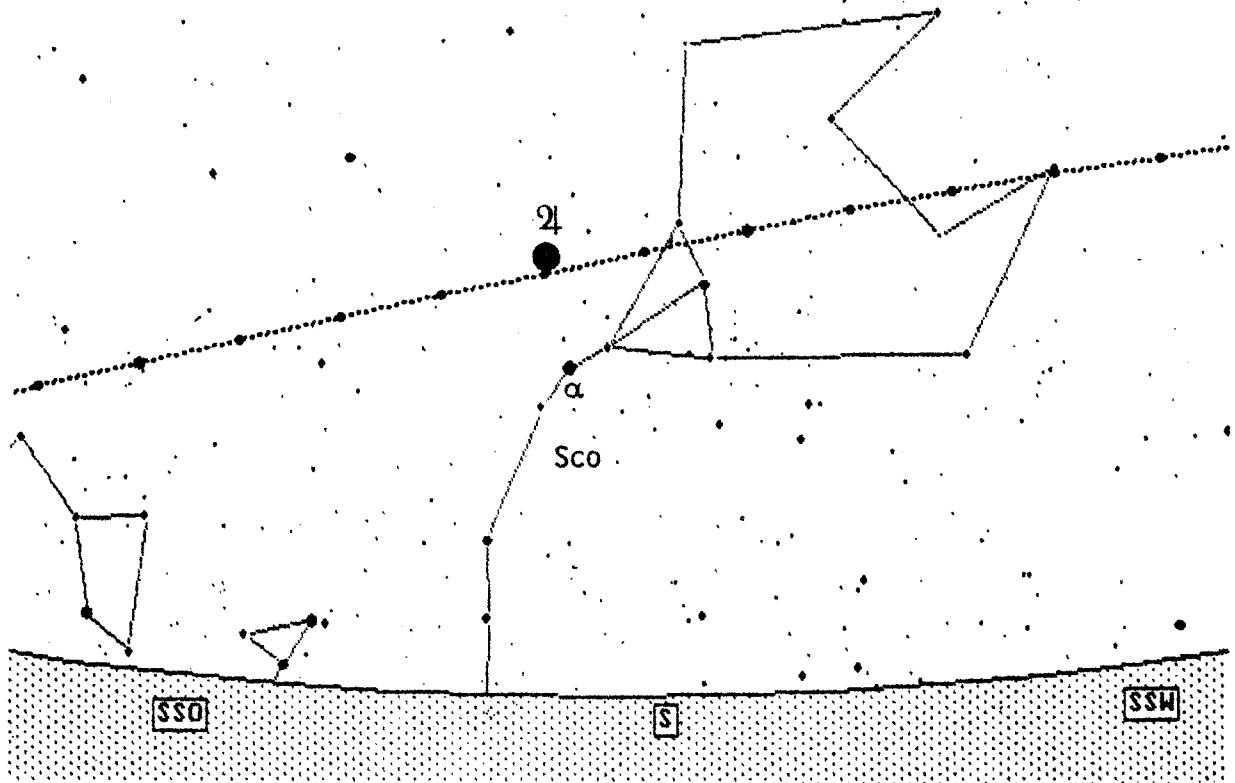
6.Fortsetzung Referat: Zur Praxis der Planetenperioden



7. Fortsetzung Referat: Zur Praxis der Planetenperioden

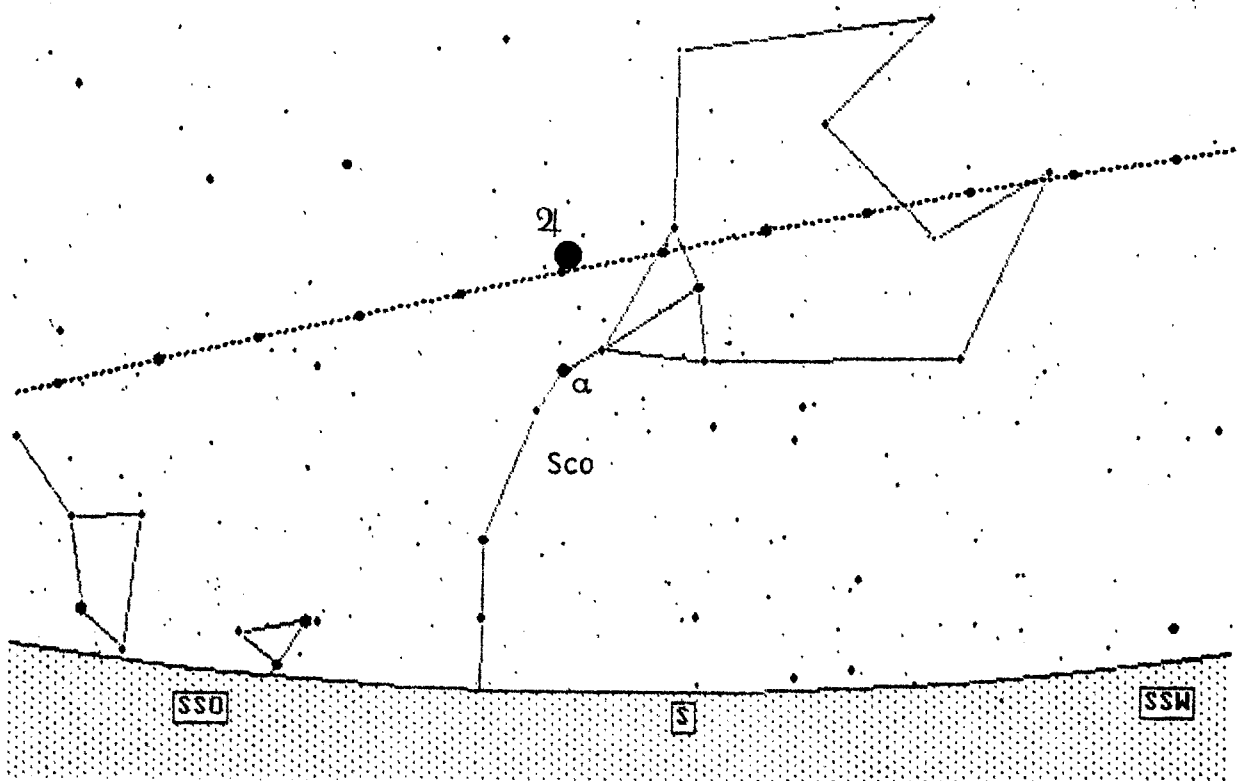
1995 06 07 22h00m UT

Jupiter, α Sco



2078 06 06 22h00m UT

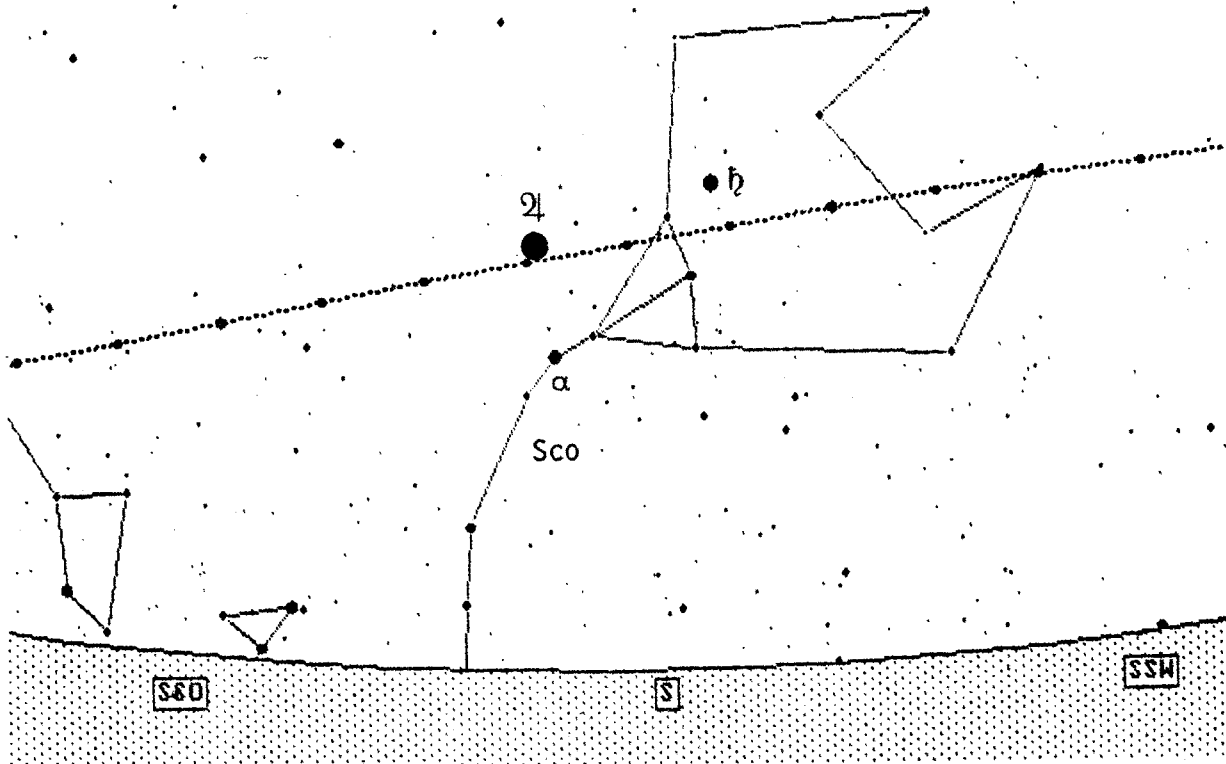
Jupiter, α Sco (83)



8. Fortsetzung Referat: Zur Praxis der Planetenperioden

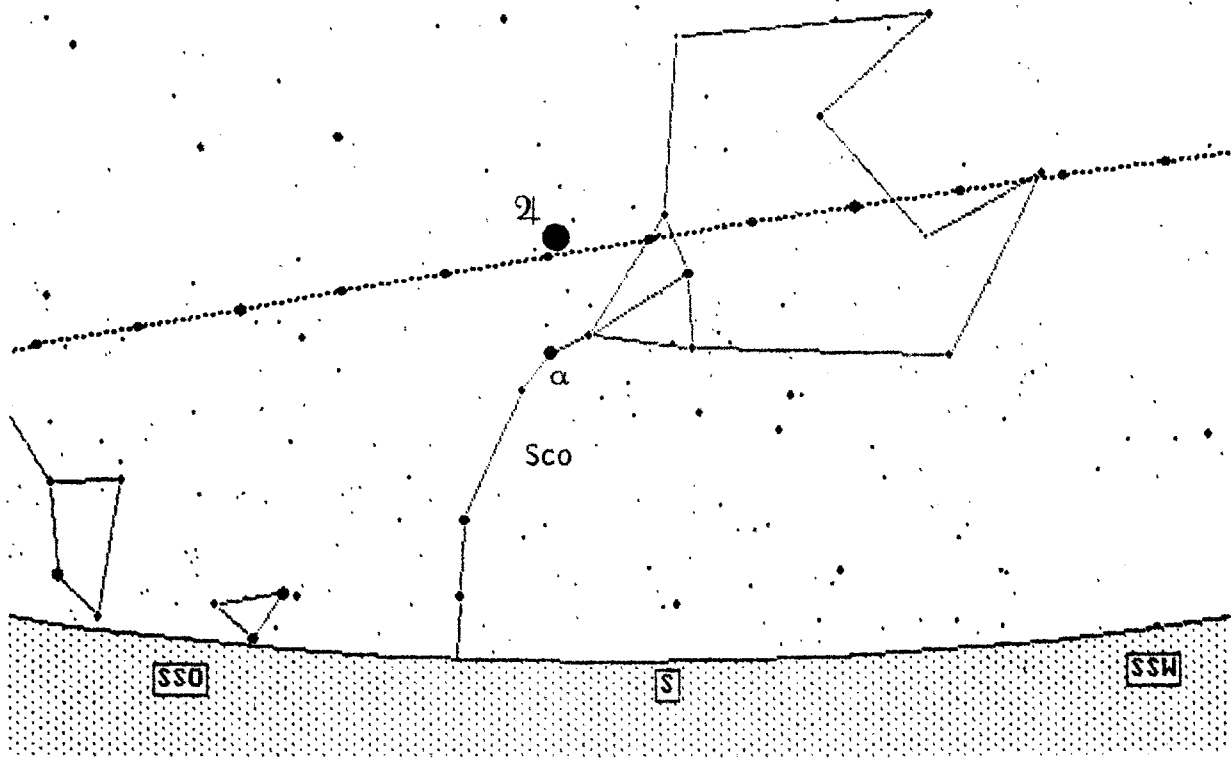
2339 06 12 22h00m UT

Jupiter, α Sco (344)

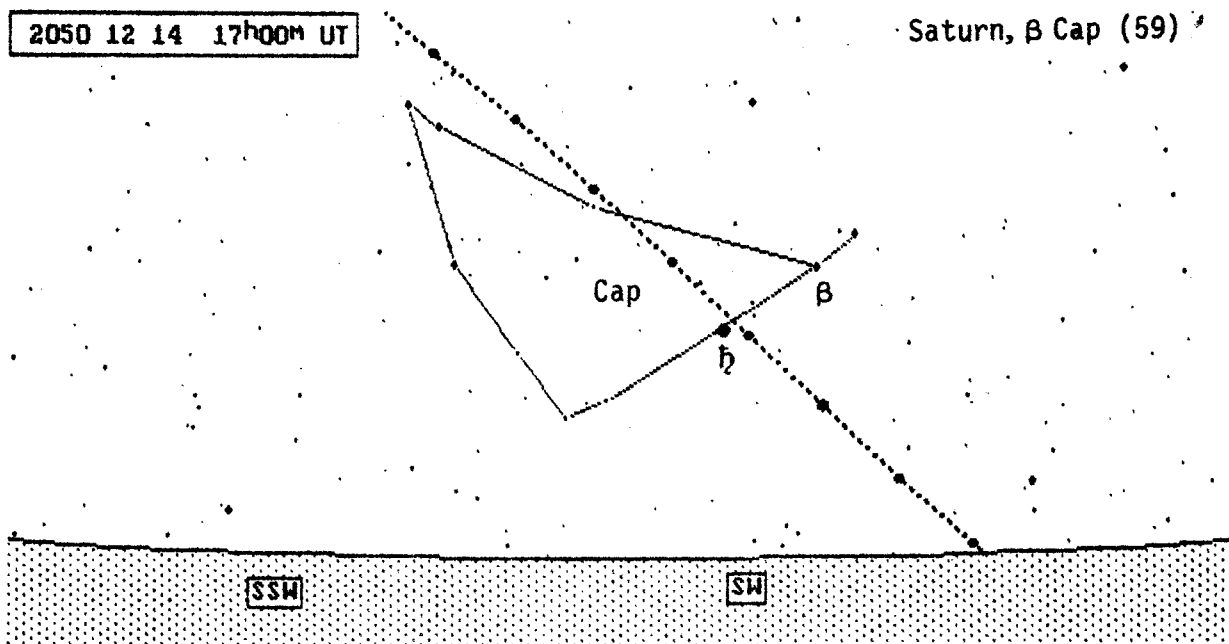
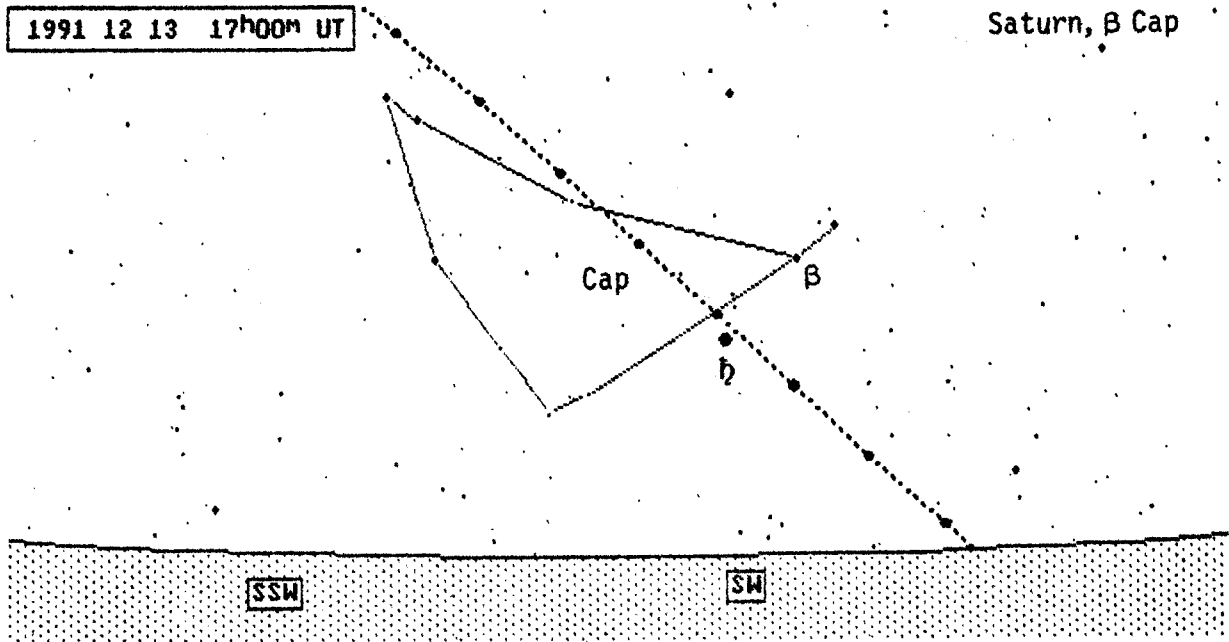


2422 06 12 22h00m UT

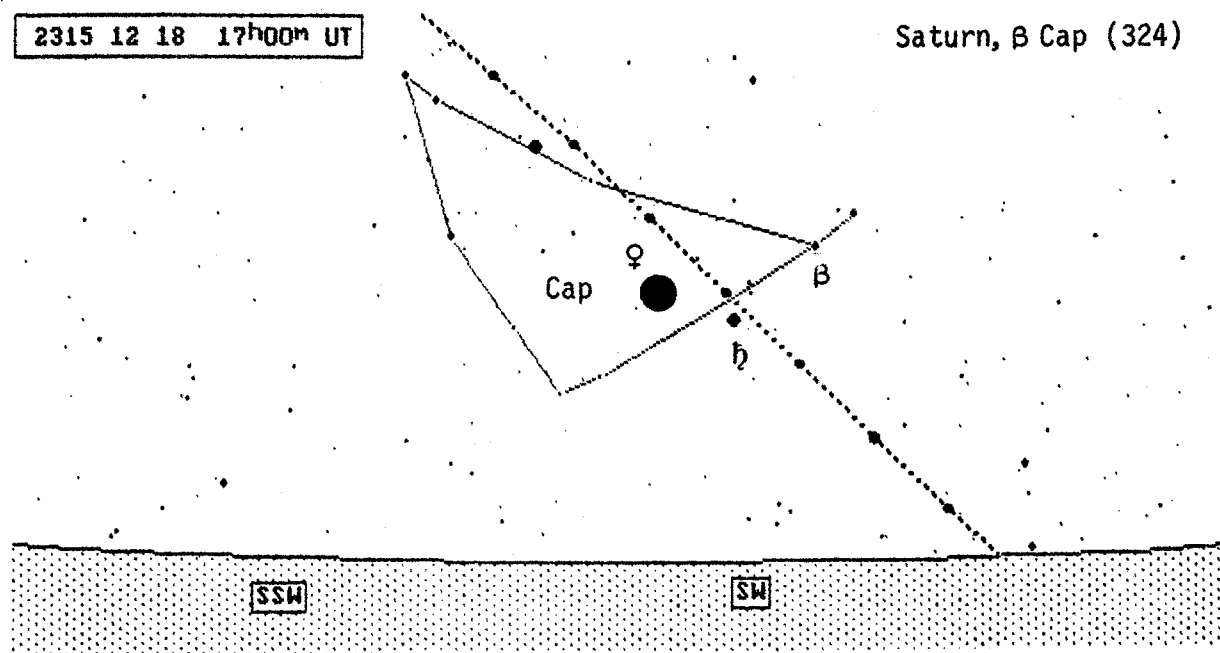
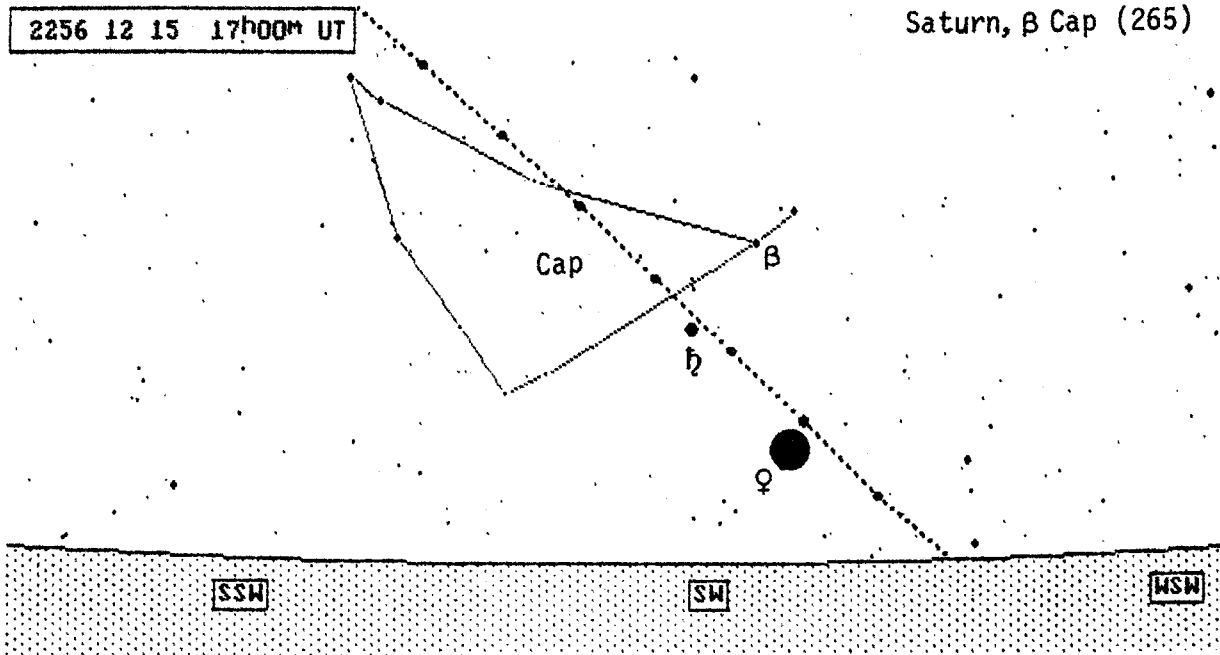
Jupiter, α Sco (427)



9. Fortsetzung Referat: Zur Praxis der Planetenperioden



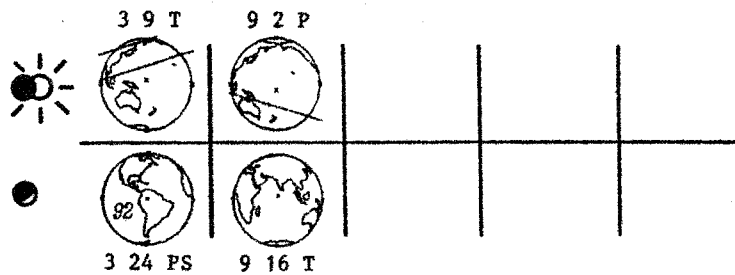
10. Fortsetzung Referat: Zur Praxis der Planetenperioden



11. Fortsetzung Referat: Zur Praxis der Planetenperioden

Weitere Periodenpraxis mit den 101 Jahre umfassenden Planetendaten der ASTRONOMISCHEN KURZKALENDER 1900-2000: Längen der Zielphasen in Zukunft/Vergangenheit um Präzession vermehren/vermindern ($72^a/^\circ$). Hier als Beispiel der Kurzkalender 1997 mit kleiner Erläuterung:

		1997					
Grg 365	+ 3 30	Jan 1 13 365		AT 0 ^h 01 6710		1418 Moh 5 8 354	
☉	2450	MON	☾	☿	♃	♅	♁
280	449	1	2.02	9.04	15.20	23.15	31.20
311	480	2		7.15	14.09	22.10	
339	508	3	2.10	9.01-	16.00	24.05+	31.20
10	539	4		7.11	14.17	22.21	30.03
40	569	5		6.21	14.11	22.09	29.08
70	600	6		5.07	13.05	20.19	27.13
98	630	7		4.19	12.22	20.03	26.18
128	661	8		3.08	11.13	18.11	25.02
158	692	9		1.24+	10.02	16.19-	23.14
187	722	10		1.17	9.12	16.04	23.05
218	753	11			7.22	14.14	21.24
248	783	12			7.06	14.03	21.22
							Ω ₀ 173°



♀	c	1 2,+3	4 25,+1	8 31,-4	12 17,+2
	D	1 12,20W+3	5 8,19W-2	9 10,15W-1	12 27,19W+3
	W	1 24,25W+1	5 22,25W-3	9 16,18W+1	
	C	3 11	6 25	10 13	
	E	4 6,19E+3	8 4,27E-1	11 28,22E-2	
	R	4 15,15E+3	8 17,22E-4	12 7,18E-1	
♀	C	4 2	E 11 6,47E-4	R 12 26,29E+1	
♂	R	2 6,186+3	4 1 19	5 3 30	
	O	3 17,177+4	4 6 10,322-1	5 8 1,20-3	
	D	4 27,167+2	0 8 9,317-1	0 10 10,17-3	
			D 10 8,312-1	D 12 16,14-3	

1. Zeile: Tage im Jahr, Ostersonntag, Ephemeridenzeit-Weltzeit, Jul. Jahrzahl.
 2. Zeile: Jüdisches Jahr, Datum O. Tischri, Julianisches Jahr, O. Januar, Islamisches Jahr, O. Moharram; danach Zahl der Tage im jeweiligen Jahr, für das ganze Kalender mit Festtagen sich leicht aus der Erläuterung ergibt.

Sonne-Mondblock: ☉. Ekliptikale Sonnenlänge O. der Monate 0^hUT; Julianisches Datum Mittag; Neumond, Erstes Viertel, Vollmond, Letztes Viertel: Tag, UT.
 Ω. Ekliptikale Länge aufsteigender Mondknoten, 1. Juli. Vorzeichen: Finsternis; + im auf-, - im absteigenden Knoten. Mondposition folgt leicht mit ☉.

Finsternisbildchen: Geben Sichtbarkeitsgebiet für Termin der größten Phase.

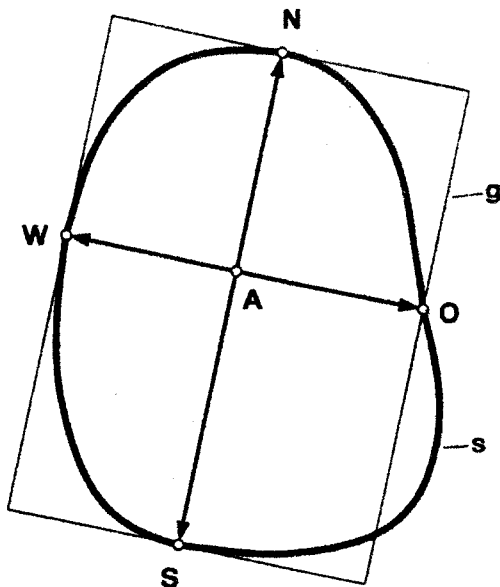
Planetensblock: C obere, c untere Konjunktion mit Sonne, O Opposition zur Sonne; E, W größte östliche, westliche Elongation von der Sonne; R, D Rück-, Rechtläufigkeit beginnt. Angabeform: Monat Tag, Länge Breite; bei Merkur und Venus statt Länge Elongationsbogen E, W.- Aus Erläuterung folgt Sichtbarkeit.

Astronomisches Büro, Hasenwartg. 32, 1238 Wien. öS 275.- + Versand;

Prof. Hermann Mücke.

Gastvortrag: **Himmelskundliche Einflüsse auf die mittelalterliche Stadtplanung**

Bei der Anlage mittelalterlicher Städte wurde zum Gedenken an ein bestimmtes Ereignis in besonderen Fällen eine "Zeitmarke" festgehalten. Dies geschah stets durch Beobachtung des Sonnenaufganges an dem maßgeblichen Tag und Berücksichtigung seines Azimuts bei der Stadtplanung. Bekannt für die Festlegung von städtebaulichen Orientierungen sind Festtage von Heiligen und kirchliche Feiertage, die über die Achse der Kirche mit der Stadtplanung verknüpft sind.



A: Absteckpunkt der Stadt

N, O, S, W: Hauptpunkte

Strecken AN, AO, AS, AW:
Achsenabschnitte

Strecken NS, OW: Hauptachsen

g: Grundrechteck der Stadt

s: Stadteinfassung

Abb.1: Allgemeine Regeln der Stadtplanung

Die Anlage und Erweiterung mittelalterlicher Städte erfolgte nach einheitlichen Regeln, die schon in der Antike angewendet wurden (Abb.1). Charakteristisch war dabei ein rechtwinkeliges Achsenkreuz, das als Grundgerüst für die Planung und Absteckung diente. Seine Orientierung richtete sich häufig nach dem Gelände, in Sonderfällen bestand auch eine Beziehung zur Richtung von bestimmten Sonnenaufgängen.

Ich kenne zwei Städte, bei denen Sonnenaufgänge in verschiedener Weise in die Stadtplanung Eingang gefunden haben. Einerseits handelt es sich dabei um die mittelalterliche Stadterweiterung von

1. Fortsetzung Gastvortrag: Himmelskundliche Einflüsse ...

Wien, andererseits um die relativ komplizierte Neuanlage von Wiener Neustadt am Ende des 12. Jahrhunderts.

WIEN

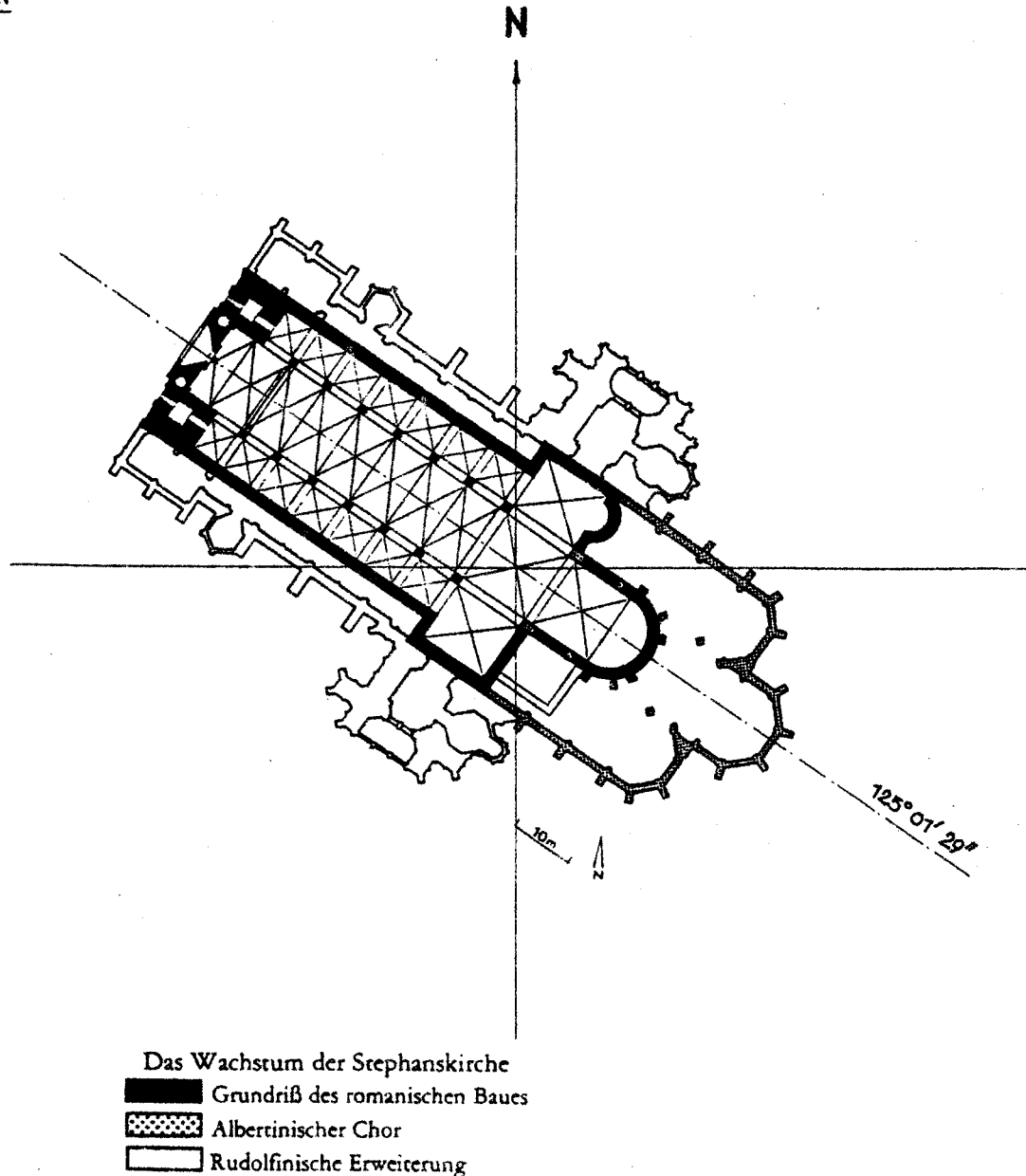


Abb.2: Orientierung von St. Stephan. Azimut des Sonnenaufgangs am 26. Dezember 1137: $124^{\circ}41'35''$. Achse des Domes: $125^{\circ}01'29''$.

M. Firneis hat nachgewiesen, daß der Dom zu St. Stephan nach dem Sonnenaufgang des Stephanitages orientiert ist (Abb.2). Dadurch ist der Festtag des Kirchenpatrons am 26. Dezember im Bauwerk umgesetzt. Leider kann aus dieser Erkenntnis nicht auf das Jahr der

2. Fortsetzung Gastvortrag: Himmelskundliche Einflüsse ...

Festlegung geschlossen werden. Nach den Urkunden kommt 1137 als frühester Termin in Frage; 1147 fand bereits die erste Teilweihe statt.

Meine Untersuchungen beziehen sich auf die Planung und Absteckung der mittelalterlichen Stadterweiterung außerhalb des ehemaligen Römerlagers Vindobona. Dieser Bereich wurde durch eine Stadtmauer eingefast, deren Verlauf heute noch ausreichend bekannt ist. Die eingeschlossene Fläche entsprach etwa dem 1. Bezirk innerhalb der Ringstraße.

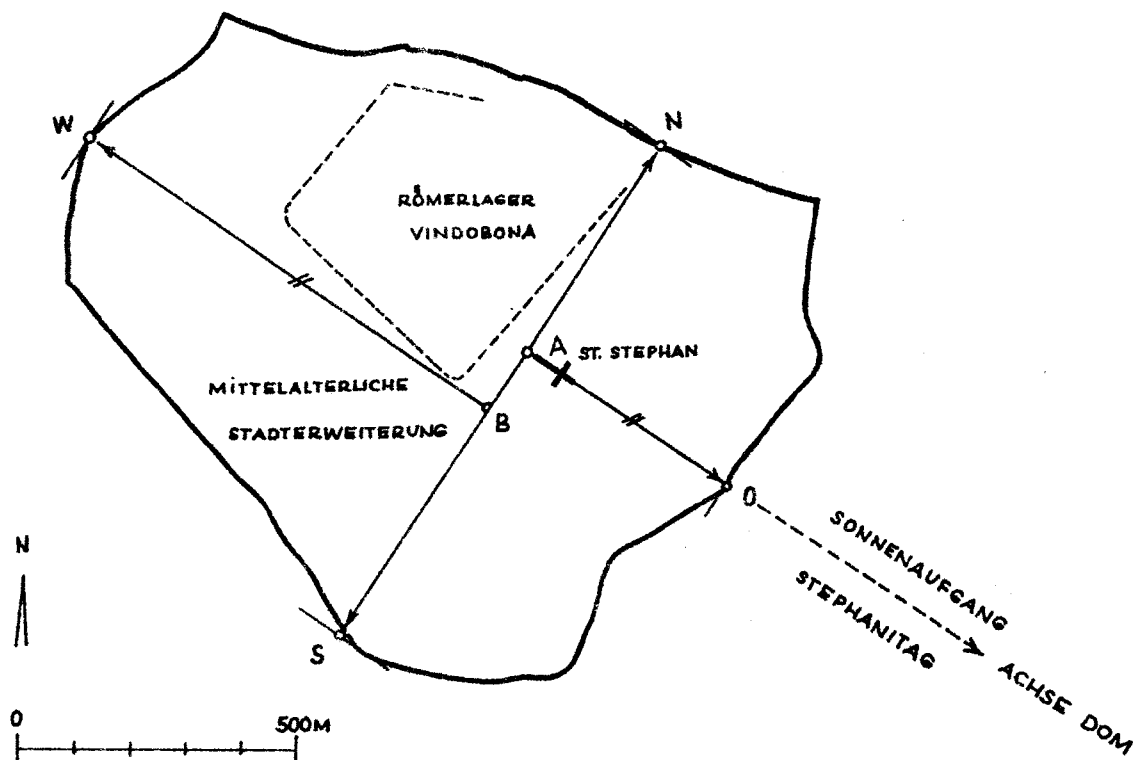


Abb.3: Planung und Absteckung der mittelalterlichen Stadterweiterung von Wien. Ursprung und Orientierung sind bestimmt durch St. Stephan.

Das Ergebnis der Forschung besteht nun darin, daß nicht nur St. Stephan nach dem Sonnenaufgang des Kirchenpatrons orientiert ist, sondern auch das Achsenkreuz der Stadt (Abb.3). Als Besonderheit ist festzuhalten, daß der westliche Achsenabschnitt nach Süden versetzt werden mußte, um eine freie Sicht außerhalb des Römerlagers im Verlauf des "Grabens" zu haben. Als "Versetzungspunkt" kommt die ursprüngliche Lage des "Stock im Eisen" in Betracht.

3. Fortsetzung Gastvortrag: Himmelskundliche Einflüsse ...

WIENER NEUSTADT

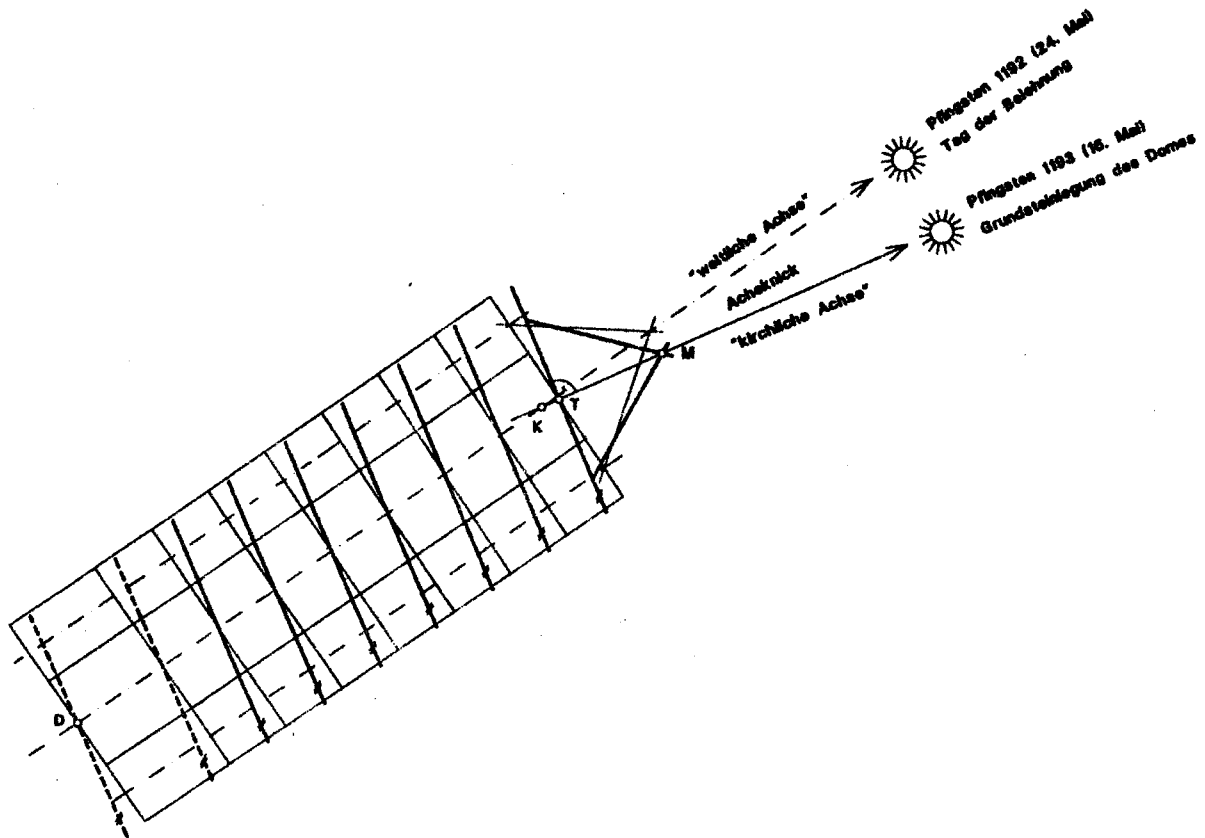


Abb.4: Der Dom zu Wiener Neustadt. Er ist von zwei Orientierungen durchdrungen, die zu Sonnenaufgängen in Beziehung stehen.

Das Besondere am Wiener Neustädter Dom sind seine Orientierungen, die durch die Sonnenaufgänge an die Pfingsttage der Jahre 1192 und 1193 gebunden sind. So konnte das Gründungsjahr der Stadt mit 1192 angegeben werden. Die 800-Jahrfeier war eindeutig um zwei Jahre zu spät. Das war jedoch kein Widerspruch zur Geschichtsforschung, da die Stadtgründung nach den Urkunden nicht genauer als zwischen dem Januar 1192 und dem Dezember 1194 angegeben werden konnte.

Der Pfingstsonntag 1192 (24. Mai) war deshalb von Bedeutung, weil an diesem Tag Herzog Leopold V. von Österreich in Worms von Kaiser Heinrich VI. mit der Steiermark belehnt wurde. An diesem Tag wurde der Georgenberger Vertrag von 1186 eingelöst, den Herzog Otakar IV. von Steier mit dem Herzog von Österreich geschlossen hatte.

Ob die Achse allerdings schon am 24. Mai 1192 festgelegt wurde, ist

4. Fortsetzung Gastvortrag: Himmelskundliche Einflüsse ...

unwahrscheinlich, weil Herzog Otakar IV. von Steier erst 16 Tage tot war und deshalb die Belehnung überraschend kam. Ich halte es daher für wahrscheinlich, daß die Bestimmung der Orientierung erst am 6. Juli 1192, bei gleichem Sonnenaufgang, nachvollzogen wurde.

Die Orientierung aus 1192 bezieht sich auf die Längsachse des Domes, die geometrisch mit der Anlage der Stadt in Verbindung steht. Die verlängerte Achse des Domes schneidet nämlich die nördliche und westliche Abstecklinie der Stadteinfassung genau in der Mitte (Abb. 5).

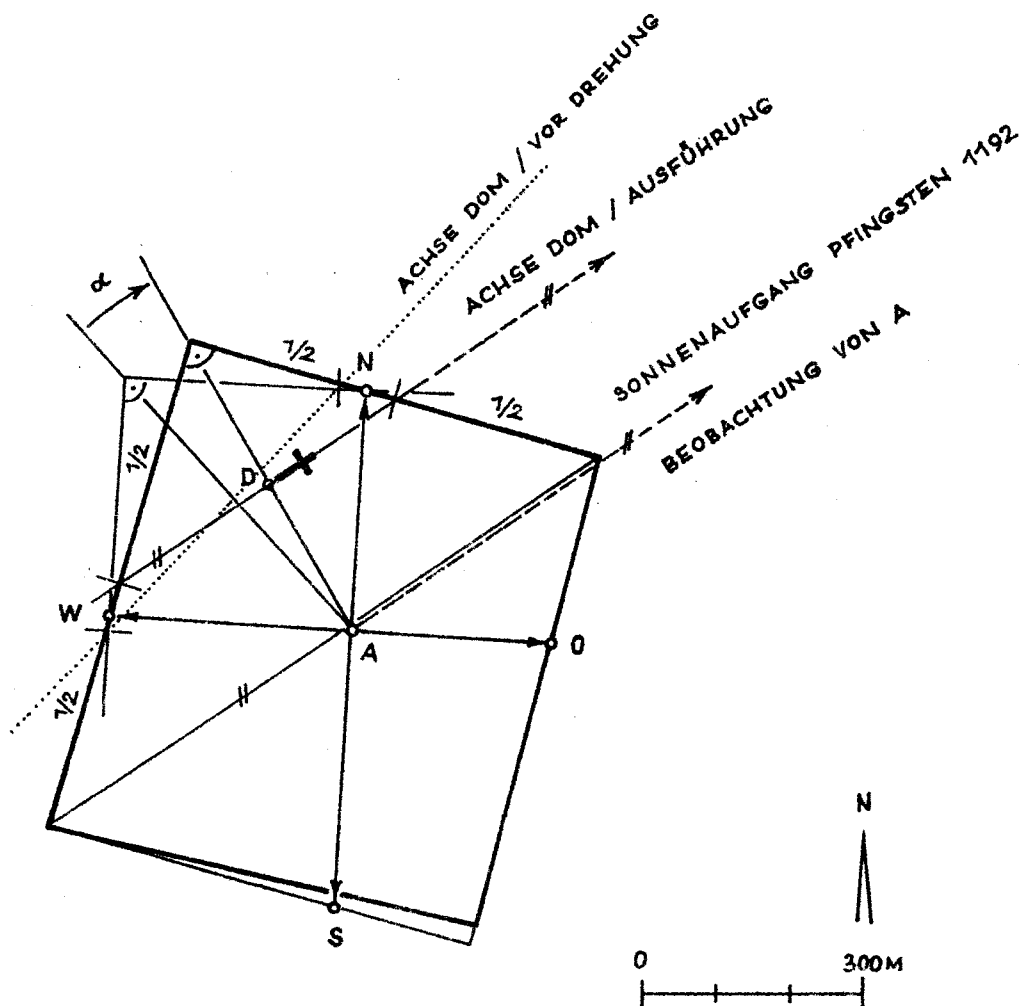


Abb. 5: Planung und Absteckung der Neuanlage des mittelalterlichen Wiener Neustadt. Die Orientierung der Domachse (Pfingstsonntag 1192) entspricht der Richtung der Diagonale der Stadt.

5. Fortsetzung Gastvortrag: Himmelskundliche Einflüsse ...

Die zweite Orientierung zu Pfingsten 1193 (16. Mai) betrifft nur das Bauwerk. Sie bewirkt, daß der Grundriß des Domes nicht als Rechteck, sondern als Parallelogramm ausgebildet ist. Die Winkeldifferenz beider Orientierungen ist als sogenannter "Achsknick" bekannt. Der Achsknick beträgt $2^{\circ}24,5'$ (2,68 Gon).

Der Umstand, daß die Längsachse des Domes die Nord- und Westseite der Stadt genau in der Mitte schneidet und gleichzeitig der Orientierung zu Pfingsten 1192 entspricht, ist als ausgezeichnete Leistung der mittelalterlichen Stadtplaner zu würdigen.

Diese Lösung war nur möglich, weil die Festlegung der Orientierung im Ursprung des Achsenkreuzes (Absteckpunkt der Stadt) erfolgte. Somit konnte der geplante Stadtgrundriß im Absteckpunkt als Drehpol soweit verdreht werden, bis die geplante Achse des Domes in die gewünschte Richtung zeigte. Diese Aufgabe konnte vollständig in der Natur vollzogen werden; eine Berechnung war hierzu nicht erforderlich.

Zum Unterschied von Wien, wo sich die "Himmelsrichtung" auf die Richtung der Hauptachsen bezieht, trifft dies in Wiener Neustadt auf die Diagonale der Stadt zu.

Literatur:

Maria G. Firneis, Untersuchung zur astronomischen Orientierung des Domes zu St. Stephan/Wien. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, Band 193, Heft 8-10, Wien 1984.

Erwin Reidinger, Lage und Orientierung des Wiener Neustädter Domes. Seminararbeiten 1994, Astronomische Phänomenologie, Tatsachen, Probleme, Hilfsmittel. Astronomisches Büro für Österreichischen Astronomischen Verein, Wien 1994.

Erwin Reidinger, Planung oder Zufall - Wiener Neustadt 1192. Verlag Merbod, Wiener Neustadt 1995.

Erwin Reidinger, Ausstellungskatalog, "850 Jahre St. Stephan, Symbol und Mitte in Wien", S. 69 f., Eigenverlag der Museen der Stadt Wien, Wien 1997.

Hofrat Dipl. Ing. Dr. Erwin Reidinger
Römerweg 95
A-2722 Winzendorf



Frühjahrssemester 1997

Kurs 196a

24. ÖSTERREICHISCHES STERNFREUNDE-SEMINAR 1997

Gemeinsam mit dem Österreichischen Astronomischen Verein

Prof. Hermann MUCKE

(Wissenschaftlicher Leiter des Planetariums)

Angewandte Astronomische Phänomenologie

In den Sternfreunde-Seminaren 1992/93 und 1994 wurde gezeigt, wie die Lehre von den Himmelserscheinungen auf der Grundlage der Beziehungen zwischen Himmelsanblick, Beobachtungstermin und Beobachtungsort methodisch und arbeitstechnisch neu strukturiert werden konnte.

Diese Veranstaltungsreihen "Moderne Astronomische Phänomenologie" und "Astronomische Phänomenologie, Tatsachen, Probleme und Hilfsmittel" sind in den zugehörigen Seminarpapieren dokumentiert (die Papiere sind noch zu haben). Nun sollen Anwendungen in Forschung und Lehre vorgeführt werden; vielfach sind sie auch für alle diejenigen, die nur an der Natur in der "oberen Hälfte" unserer Umwelt interessiert sind, beeindruckend.

Dieses Seminar setzt einschlägige himmelskundliche Grundkenntnisse voraus und ist wieder durch Seminarpapiere dokumentiert. Sie sind jeweils vor Beginn der Abende unentgeltlich bei Vorweis der Kurskarte und persönlicher Teilnahme erhältlich.

5 Abende: 13. März, 10., 24. April, 15. Mai, 12. Juni

Jeweils Donnerstag, 19.00-21.00 Uhr

Kursort: Planetarium der Stadt Wien, 1020, Oswald-Thomas-Platz (beim Riesenrad)

Gefördert durch die Arbeiterkammer

Gebühr: S 100,-

Einschreibungen an der Urania-Kurskassa, Montag-Freitag, 14.30-20.00 Uhr

