Astronomie und Kalender

Autor(en): **Montandon, R.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **51 (1993)**

Heft 256

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-898193

Nutzungsbedingungen

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

Haftungsausschluss

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

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

http://www.e-periodica.ch

Astronomie und Kalender[1]

R. Montandon

Ausgehend vom Tag als natürlicher Grundeinheit jedes Kalenders wird die immer bessere Anpassung an Mondmonat und Sonnenjahr geschildert. Diese Anpassung wird aber erkauft mit komplizierten Schaltregeln, die versteckte Fehlerquellen für alle Datums- und Ephemeridenrechnungen enthalten. So bildet die Tageszählung nach Scaliger die einfachste Methode für Kalenderrechnungen

Die durch die Erdrotation verursachte Abfolge von Helligkeit und Dunkelheit stellt für die Menschen die natürlichste Einteilung des Zeitablaufs dar. Dieser "wahre Sonnentag" kann zwar durch den "mittleren Sonnentag" zu einem für das Alltagsleben genügend regelmässig ablaufenden Grundstein der Zeitzählung angenähert werden. Probleme ergeben sich aber bei grösseren Einheiten. Diese sind notwendig, weil die reine Tageszählung zu umständlich grossen Zahlen führen würde.

Stellen Sie sich vor: am Telefon sagt Ihnen eine unbekannte Person, sie werde heute 8000 Tage alt. Wie lange brauchen Sie, um sich von der Vorstellung zu lösen, Sie sprächen mit einer Grossmutter? (Die Person ist knapp 22 Jahre alt).

Völlig unübersichtlich wäre ein Geschichtsbuch, in dem die Daten aller Ereignisse in einer Tageszählung angegeben wären.

Als grössere Zeiteinheiten bieten sich natürlicherweise der *(synodische)* Monat und das *(tropische)* Jahr an. Für uns, in den "gemässigten" geographischen Breiten, ist der Jahreslauf der Sonne mit dem Wechsel der Jahreszeiten viel wichtiger als die momentane Gestalt des Mondes (der ja oft genug durch Wolken verdeckt wird). Ganz anders in den äquatornahen Zivilisationen: abgesehen von Erscheinungen wie etwa die Nilüberflutungen in Ägypten merkt man meistens nicht viel von den Jahreszeiten (die Sonne steht immer um die 12 Stunden über dem Horizont, die Temperaturen schwanken nicht jahreszeitabhängig). So hat sich denn auch in vielen Kulturen zuerst ein Mondkalender herangebildet, der nur zum Teil später an den Sonnenlauf angeglichen wurde

*Ein **synodischer Monat** (andere Bezeichnung: Lunation) ist das Intervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Neumondstellungen. Im Mittel dauert eine Lunation 29.530589 Tage. Im Zeitraum 1900 – 2100 war die längste Lunation 29.8299 Tage, die kürzeste nur 29.2743 Tage lang.*

*Ein **tropisches Jahr** ist das Intervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Frühlingstagundnachtgleichen. Es dauert 365.242199 Tage. Anschaulich ist es das Intervall zwischen zwei Tagen, an denen ein Stab am Mittag den kürzestmöglichen Schatten wirft. [Abb. 1]*

Das Problem bei allen Kalenderentwürfen ist nun das "Ausfüllen" dieser Monats- und Jahresintervalle durch ganze Anzahlen von Tagen.

Mondkalender

Der Lichtwechsel des Mondes [Abb. 2] gibt eine Möglichkeit, mehrere Tage zu einer grösseren Einheit zusammenzufassen.

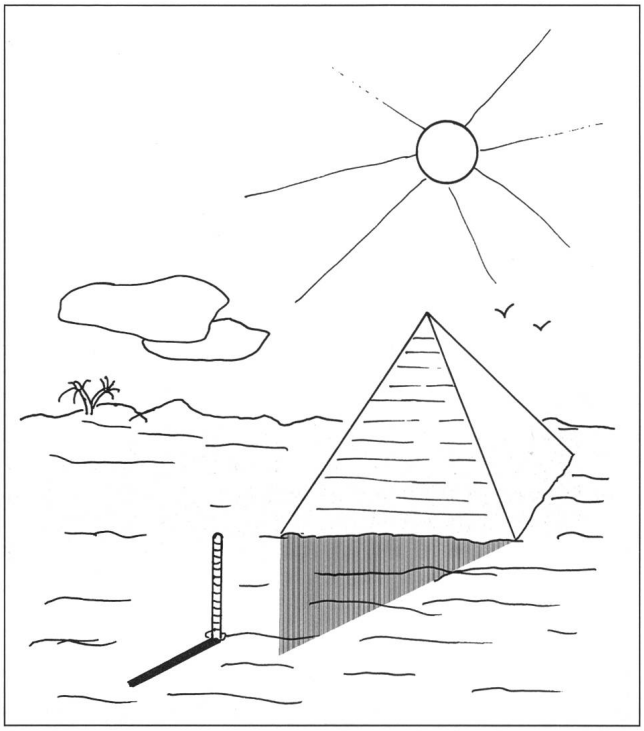


Abb. 1: Die Periode zwischen zwei Zeitpunkten, wo der Schatten des Stabes am kürzsten ist, gibt das Sonnenjahr wieder.

Von jeder Mondphase zur anderen dauert es ungefähr eine Woche, ein ganzer Zyklus (eine Lunation) im Mittel rund $29^1/_2$ Tage. Nun ist der Zeitpunkt des Neumondes nicht unmittelbar zu beobachten (ausser bei Sonnenfinsternissen). Gemeint war mit dem Ausdruck "Neumond" ursprünglich das erste Auftauchen des Mondes am Abendhimmel. Zur Vermeidung von Missverständnissen spricht man heute vom "Neulicht" [Abb. 3], wenn der Mond sich wieder zeigt. (Der Begriff "Leermond" für die Neumondphase scheint sich nicht durchsetzen zu können).

Die Mondphasen

*Bei **Neumond** geht der Mond vor der Sonne durch. Der Mond ist dann nicht sichtbar. Normalerweise verläuft die Mondbahn über oder unter der Sonne, nur etwa zweimal im Jahr geht der Mond so exakt vor der Sonne durch, dass es zu einer Sonnenfinsternis kommt*

*Im **Ersten Viertel** steht der Mond von der Erde aus gesehen in einem rechten Winkel zur Sonne. Der Mond ist zur Hälfte beleuchtet (der Zeitpunkt der exakten Halbierung ist allerdings etwa 17 Minuten vorher).*

*Bei **Vollmond** steht der Mond in der zur Sonne entgegengesetzten Richtung. Etwa zweimal jährlich geht er dabei durch den Erdschatten hindurch, es ereignet sich eine Mondfinsternis.*

*Das **Letzte Viertel** ist erreicht, wenn der Mond in symmetrischer Stellung zum Ersten Viertel steht.*

[1] Kurzvortrag an der GV 1993

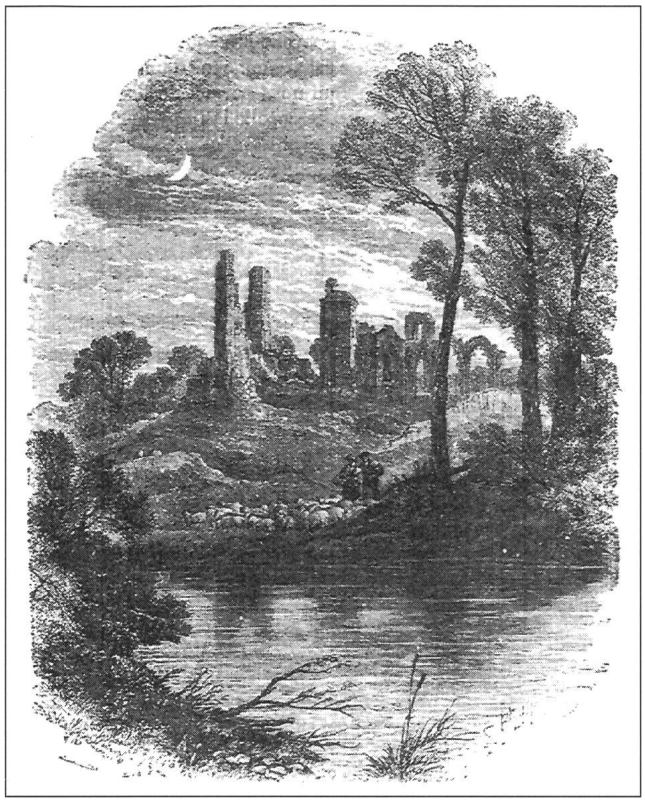


Abb.2 :Der Mond mit seinen veränderlichen und markanten Phasen hat zum Mondkalender geführt.
(Bild aus Astronomie Populaire von Camille Flammarion)

Ein typischer Mondkalender ist der Mohammedanische Kalender. Die 12 Monate haben abwechslungsweise 30 und 29 Tage, was eine Jahreslänge von 354 Tagen ergibt. Die durchschnittliche Monatslänge von 29.5 Tagen ist etwas zu kurz, so dass Schalttage notwendig werden. In einer Periode von 30 Jahren wird 11mal der letzte Monat, Dsû'l-hedsche, um einen Tag verlängert. Allerdings sind das die "tabellarischen" Daten, die tatsächlichen Monatsersten können sich um einen Tag verschieben, je nach dem genauen Neumondzeitpunkt. Am 21. Juni 1993, bei Sonnenuntergang des vorhergehnden Tages beginnt (tabellarisch) das Jahr 1414 der Mohammedaner.

Die Schalttage führen zu einer mittleren Monatslänge von 29.530556 Tagen. Damit ist die Genauigkeit für einige Jahrhunderte gewährleistet.

Der Mohammedanische Kalender hat aber rund 11 Tage zu wenig, um mit der Sonne in Einklang zu stehen. Das führt dazu, dass der Jahresanfang des Mohammedanischen Kalenders (und mit ihm alle Monate) durch die Jahreszeiten wandern. Jahreszeitlich abhängige Ereignisse können also nicht fest in den Kalender aufgenommen werden.

Sonnenkalender

Die Schiefe der Erdachse gegenüber der Achse der Erdbahn ist die Ursache der Jahreszeiten. Ein Kalender, der die Jahreszeiten fest enthalten soll, muss sich also nach dieser Achsenlage ausrichten. Nun dreht auch die Erdachse sich im Laufe von rund 26'000 Jahren einmal. Aus diesem Grund muss für die Kalenderbestimmung das *tropische* Jahr berücksichtigt werden. Es unterscheidet sich um 20 Minuten von der (physikalisch korrekten) Umlaufzeit der Erde um die Sonne. Nun hat das tropische Jahr ebensowenig eine ganze Anzahl Tage wie ein synodischer Monat. Der Ausgleich wird, wie in den Mondkalendern, mit Schalttagen angestrebt.

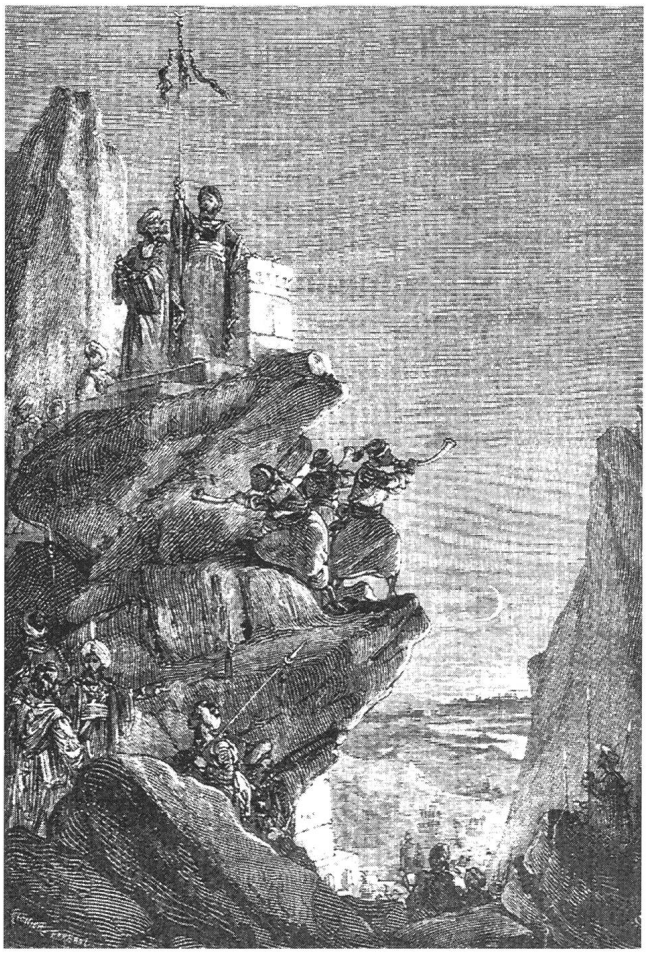
Typische Sonnenkalender sind der Julianische Kalender (mit einer Jahresdauer von 365.25 Tagen) und der daraus entstandene Gregorianische Kalender mit 365.2425 Tagen im Mittelwert pro Jahr.

Der Julianische Kalender

Im Jahr 45 v. Chr. erliess der römische Feldherr und Staatsmann Julius CAESAR ein Dekret, mit dem "sein" Kalender eingeführt wurde. Ein Gemeinjahr hat 365 Tage = 52 Wochen + 1 Tag, jedes vierte Jahr (ohne Ausnahmen) ist ein Schaltjahr mit 366 Tagen = 52 Wochen + 2 Tage. Man überlegt sich, dass nach 7 mal 4 Jahren Datum und Wochentag sich in genau gleicher Reihenfolge wiederholen müssen. Diesen Zyklus nennen die Kalenderfachleute den ***Sonnenzyklus****, das Wort kommt eigentlich vom Sonntag der wieder auf die gleichen Daten fällt, und hat nichts mit astrophysikalischen Zyklen zu tun*

Interessanterweise spielt der Mond noch an einer Stelle in unserem Kalender mit: bei den beweglichen Feiertagen Ostern, Pfingsten u.a., die vom ersten Frühlingsvollmond bestimmt werden.

Abb.3: Als die Mondsichel nach Neumond sichtbar war, wurde der Anfang eines neuen Monats feierlich angekündigt.
(Bild aus Astronomie Populaire von Camille Flammarion)

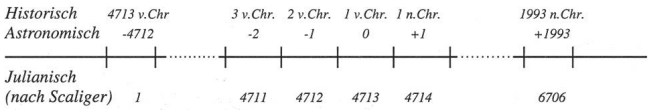


Die Verwirrung um das Jahr Null

Historiker und Chronologen beziehen üblicherweise die Jahreszählung auf die Christliche Ära, mit der entsprechenden Angabe v.Chr. beziehungsweise n.Chr.

Abgesehen davon, dass wir heute vermuten, die Geburt Christi sei etwa 7 Jahre früher anzusetzen als bei der Festlegung der Jahreszählung angenommen wurde, gibt es das Problem des Beginns der Jahreszählung. Gemeint war seinerzeit, dass das Jahr 1 n.Chr. dasjenige sei, in dessen Verlauf die Geburt Christi fiel. Dann war das Jahr vorher eben das Jahr 1 v.Chr. Also gibt es für die Historiker kein Jahr Null. Andererseits führt die Idee, Jahre v.Chr. einfach mit negativen Zahlen zu bezeichnen, zu Rechenfehlern, weil mathematisch zwischen +1 und -1 noch die Zahl 0 existiert. Wer also über die Zeitenwende hinweg rechnen will, tut gut daran, die Daten v.Chr. zuerst in astronomisch-mathematische Schreibweise umzuwandeln. So ist z.B. das Jahr 4713 v.Chr. (das ist für SCALIGER das erste Jahr seiner "Julianischen Periode", siehe unten) in astronomischer Schreibweise das Jahr – 4712 .

Historische / Astronomische / Julianische Jahreszählung



Lunisolarkalender

Man nennt sie auch *gebundene Mondkalender.* Das sind Kalenderentwürfe, die sowohl den Mondphasen wie den Jahreszeiten gerecht werden sollen. Es braucht zunächst eine Anzahl Tage, die möglichst exakt Vielfaches des synodischen Monats *und* des tropischen Jahres ist. Sehr bekannt und verbreitet ist der Metonische Zyklus, nach dem Griechen METON (um 433 v.Chr.). Der Zyklus dauert 19 Sonnenjahre, was ziemlich genau 235 Lunationen entspricht: [Abb. 4]

19 Sonnenjahre = 19 · 365.2422 Tage = 6939.60 Tage
235 Lunationen = 235 · 29.53059 Tage = 6939.69 Tage

Der Ausgleich muss durch zweckmässig eingefügte Schaltmonate gefunden werden, da sich die 235 Monate nicht gleichmässig auf die 19 Jahre verteilen lassen. Innerhalb dieses Zyklus' wurden die Jahre von 1 bis 19 gezählt, die entsprechende Zahl bestimmte die Art des Jahres und wurde in Gold geprägt, was ihr die Bezeichnung "Goldene Zahl" einbrachte. 1993 hat die Goldene Zahl 18, pardon, man schreibt sie römisch: XVIII. Auch die Bezeichnung "Mondzyklus" trifft auf die Meton-Periode zu, fallen doch die Mondphasen in jedem Zyklus nahezu auf das gleiche Datum. Typische Lunisolarkalender sind der Jüdische und der Chinesische Kalender.

Der Jüdische Kalender

Die 12 Monate haben in einem "ordentlichen Gemeinjahr" abwechslungsweise 30 und 29 Tage. Im "abgekürzten Gemeinjahr" wird der dritte Monat, Kislev, um einen Tag gekürzt. Im "überzähligen Gemeinjahr" erhält der zweite Monat einen Tag mehr. Ebenso gibt es 3 Sorten von Schaltjahren. Nach dem 6. Monat Adarf (der in einem Schaltjahr 30 statt 29 Tage zählt) wird der Schaltmonat Veadar mit 29 Tagen eingeschoben. Der Jahresanfang fällt dadurch immer auf September/Anfang Oktober. Das Jahr 5754 der Juden beginnt (tabellarisch) bei Sonnenuntergang des vorhergehendes Tages am 16. September 1993.

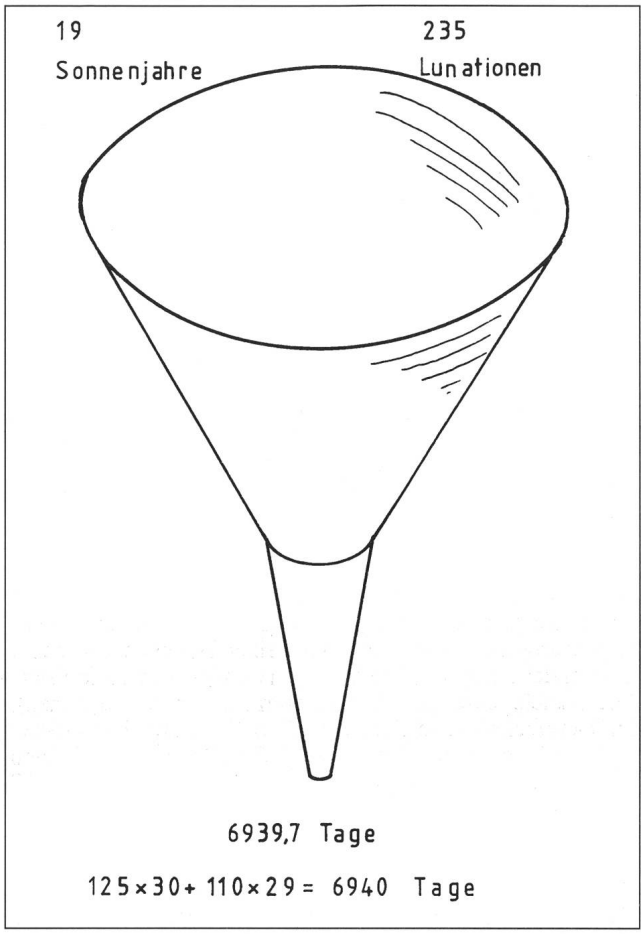


Abb.4: Lunisolar Kalender

Die Zyklen

- Der Sonnenzyklus oder Sonnenzirkel (SZ) ist die 28 – Jahre – Periode des Julianischen Kalenders.
- Der Mondzyklus oder Mondzirkel (MZ) ist die 19 – Jahre – Periode des METON. Die Stellung eines Jahres innerhalb des Zyklus' wird üblicherweise durch die Goldene Zahl (GZ) angegeben.
- Die Indiktion hat eine Periode von 15 Jahren. Es ist keine astronomische Zahl, sondern eine von den Römern verwendete Steuerperiode. Die Stellung eines Jahres innerhalb des Indiktionszyklus' wird durch die Römerzinszahl (RZ) angegeben. Diese 15 – Jahre – Periode wurde von SCALIGER aufgegriffen, weil die Primfaktoren 3 und 5 in den anderen Perioden nicht vorkommen.

Zur Berechnung der entsprechenden Zahlen braucht man die Divisionsreste bei der Division durch 28, 19 und 15. Die Mathematiker schreiben dies mit dem Operator "Modulo" oder abgekürzt MOD. (Viele Taschenrechner haben diese Funktion eingebaut). Es gilt für das Jahr mit der astronomischen Zahl A oder der Julianischen Jahreszahl JJ:

- SZ = (A + 9) MOD 28 = JJ MOD 28
- GZ = (A + 1) MOD 19 = JJ MOD 19
- RZ = (A + 3) MOD 15 = JJ MOD 15

Das Julianische Datum

Jeder Kalender, der die Mondphasen und/oder die Jahreszeiten einbeziehen will, erkauft dies durch Schalttage oder Schaltmonate. Die Datumsrechnungen innerhalb eines solchen Kalenders, noch mehr aber Rechnungen, die Daten verschiedener Kalender miteinander verknüpfen sollen, werden unübersichtlich und sind voller Fehlerquellen. Zur eindeutigen Festlegung eines Zeitpunkts und zur Vereinfachung von Zeitintervalls- und Datumsrechnungen hat der gelehrte Franzose JOSEPH JUSTUS SCALIGER (1540 – 1609) ein Tageszählsystem aufgebaut.

Es heisst, SCALIGER habe seine Tageszählung "Julianisches Datum" zu *Ehren seines Vaters* so benannt, der ausgerechnet *JULIUS CÄZAR* SCALIGER hiess (oder sich so nannte: in Wirklichkeit war sein Familienname BORDONE). Eine andere Version führt diese Bezeichnung auf den Umstand zurück, dass SCALIGERS Jahre wie die im Julianischen Kalender 3651/4 Tage dauern. Den Ursprung seiner Tageszählung (die Chronologen bezeichnen einen solchen festen Zeitpunkt als *Epoche,* im Gegensatz zur üblichen Bedeutung dieses Wortes) setzte Scaliger auf den Mittag des 1. Januar 4713 v.Chr. Das ist ein Datum, das sich *rein mathematisch* aus den Perioden von SZ, MZ und Indiktion ergibt. (Der *Mittag* wurde gewählt, weil durch diese Festsetzung das Datum im Laufe einer Beobachtungsnacht nicht ändert. Die Chronologen verwenden das Julianische Datum auch, lassen den Tag aber um Mitternacht beginnen). Zurückgerechnet von dem aktuellen Wert der drei Zyklen ergab sich, dass alle im Jahr 4713 v.Chr. neu begonnen hatten. Das nächste Mal wird dies wieder für das Jahr 3268 gelten, denn eine ganze Julianische Periode dauert 28 · 19 · 15 = 7980 Jahre. Braucht man die reine Tageszählung von Scaliger, so ergeben sich keine Probleme. Man bezieht sich auf Weltzeit (IJT), weil ja diese Zeit mit Schaltsekunden dem effektiven Tag – Nacht Rhythmus angepasst wird. Als Beispiel: am Ostersonntag 1993, um 14 Uhr MESZ, begann der Tag JD = 2'449'089 (astronomisch).

Scaligers Datierungssystem

Julianisches Datum (astronomisch) = JD = Nummer des Tages, gezählt vom Mittag des 1. Januar 4713 v. Chr. an.

Modifiziertes Julianisches Datum = MJD = JD – 2'400'000.5 = Nummer des Tages, gezählt von 0^h UT des 17. Novembers 1858 an.

Julianisches Jahr = JJ = Nummer des Jahres im Julianischen Kalender, gezählt von 4713 v.Chr. an.

Julianische Periode = 7980 Jahre zu 365 ¼ Tagen.

Schwieriger wird es, wenn man Jahre in diesem System zählen will. Sie werden als "Julianische Jahre" (JJ) bezeichnet, haben aber direkt mit dem von JULIUS CAESAR eingeführten Julianischen Kalender nichts zu tun. Scaliger lebte zwar noch im Julianischen Kalender, als er 1581 seinen Vorschlag veröffentlichte (der Gregorianische Kalender trat mit dem 15. Oktober 1582 in Kraft). Nun ist der Sonnenzyklus von 28 Jahren nur im Julianischen Kalender ohne Ausnahmen gültig (im Gregorianischen Kalender gibt es Verschiebungen in den Jahrhundertjahren, die nicht durch 400 teilbar sind), weshalb die Julianischen Jahre sich auch nur auf den Julianischen Kalender beziehen können: Gregorianisch angegeben endet z.B. die erste Julianische Periode am 22. Januar 3268.

Trotz der anfangs erwähnten Unhandlichkeit grosser Zahlen, die mit einer Tageszählung nicht vermieden werden können, hat sich das Julianische Datum sowohl in der Chronologie als auch in der Astronomie als äusserst nützlich erwiesen. Kalenderumrechnungen, Ephemeridenrechnungen, Datumsangaben bei Taschenrechnern und Computern werden durchgehend auf der Basis des Julianischen Tages ermittelt.

Wir sind wieder beim Anfang angelangt, bei der Tageszählung. Der Kreis hat sich geschlossen.

Der Autor dankt Herrn Hans Roth, Schönenwerd, für die redaktionelle Mitarbeit.

RENY O. MONTANDON
Brummelstrasse 4, 5033 Buchs/AG

Bibliographie

Heinz Zemanek, *Kalender und Chronologie*. Bekanntes und Unbekanntes aus der Kalenderwissenschaft. R. Oldenbourg-Verlag, 5. Auflage 1990; ISBN 3 486 20927 2.

Heinz Bachmann, *Kalenderarithmetik*, Juris-Verlag, Zürich 1984, ISBN 3 26005 035 3

Paul Couderc, *Le Calendrier*, Collection que sais-je? (203). Presses Universitaires de France, 5. Auflage 1981, ISBN 2 13 036266 4

Semjon I. Seleschnikow, *Wieviele Monde hat ein Jahr?*, Aulis Verlag, Deubner & Co., Köln, 2. Auflage, ISBN 3 7516 060 2

Explanatory Supplement to the Astronomical Ephemeris and the American Ephemeris and Nautical Almanac, 4. Auflage, 1977, ISBN 01 1 880578 9

Camille Flammarion, *Astronomie Populaire*, Paris 1879

F.K. Ginzel, *Handbuch der Mathematischen und Technischen Chronologie*. Das Zeitrechnungswesen der Völker (3 Bde.), J.C. Hinrichs'sche Buchhandlung Leipzig 1906 (Nachdruck 1958).

R. Montandon, *Ein ewiger Kalender*, ORION 248, Februar 1992, S. 18.

Comètes et astéroïdes: observation et détermination des orbites

R. BEHREND

Exception faite de Neptune dont la position a été prédite avant d'être observée, la détermination des orbites des planètes, astéroïdes et des comètes peut être schématisé par la figure 1. Regardons le cas des astéroïdes récents.

La première phase est la découverte sur une photo d'une traînée ou bien, en auscultant plusieurs clichés, d'une «étoile baladeuse». En comparant les coordonnées (α, δ) avec celles des éphémérides des planétoïdes et comètes, on peut vérifier s'il s'agit bien d'un astre inconnu. Si c'est le cas et que l'on dispose de 3 observations au moins, une orbite préliminaire peut être calculée. En effet, une orbite est caractérisée par 6 paramètres. Se sont habituellement T = instant du périhélie,

[1] Texte de la conférence donnée à l'occasion de l'assemblée générale 1993 de la SAS à Granges (SO).