

HANS KLEFFE

Menschen messen Jahr und Tag



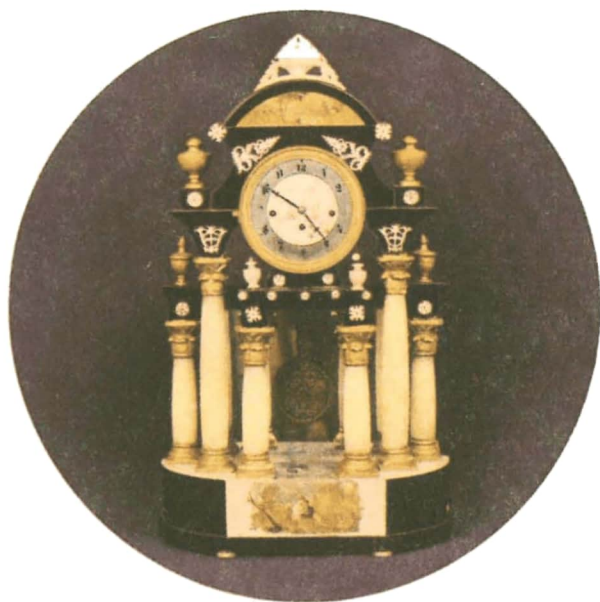




HANS KLEFFE

Menschen messen Jahr und Tag

Aus der Geschichte der Zeitmessung und
des Kalenders



Der Kinderbuchverlag Berlin

Einbandinnenseite (vorn und hinten):
Sternkarte aus „Uranographia“
von Johann E. Bode (Deutsche Staatsbibliothek)

Fotos: Ullrich Windoffer

Illustrationen: Karl-Heinz Naujocks

Die Grafik auf der Einbandrückseite und die Fotos geben Uhren
aus der Sammlung Landrock, Zittau, wieder

Inhalt

Das Geheimnis der peruanischen Wüste	7
Ein aufschlußreicher Sonnenaufgang	8
Bauwerke als Kalender . . .	9
Als man nach dem Mond lebte .	11
Alle vier Wochen ein neuer Mond	12
Wie die Jahreszeiten entstehen . . .	14
Kalenderdaten auf Wanderschaft	15
Der Sonnenkalender wird erfunden	16
Das längste Jahr der Weltgeschichte . . .	17
Wie Juli und August ihre Namen erhielten	17
Wie unser heutiger Kalender entstand	20
Was ist ein tropisches Jahr? . . .	20
Copernicus wollte lieber abwarten .	21
Zehn übersprungene Tage	22
Wie die Engländer drei Monate verloren	23
Wettstreit der Genauigkeit	24
Kommt wieder ein neuer Kalender? . . .	26
Derselbe Kalender fürs ganze Leben	26
Künftig 13 Monate?	27
Der Weltkalender	27
Wie man das Osterdatum errechnen kann	28
Als die Woche abgeschafft wurde . . .	31
Hartung, Hornung ... Julmond	32
Woher stammen unsere Monatsnamen?	32
Warum hat die Woche sieben Tage?	34
Wie lang ist ein Tag?	37
Ein schwieriges Problem	37
Was ist ein Sterntag?	39
Eine „phantasierte“ Sonne	40
Warum alle Sonnenuhren falsch gehen	40

Die Urgeschichte der Uhr . . .	43
Als der Tag 60 Stunden hatte	44
Langsame und schnelle Stunden .	45
Der Wasserwecker	47
Wie man die Zeit riechen konnte	49
Am Anfang gab es nur den Stundenzeiger	49
Wie es zu Minuten und Sekunden kam .	51
Amerika wurde mit der Sanduhr entdeckt	53
 Wie spät ist es in London, Moskau, New York und anderswo?	56
Was ist die Weltzeit?	58
Warum hat der Tag 24 Stunden?	60
 Wie es zur Atomsekunde kam .	61
Der Erdball ist unpünktlich	62
Wo es auf Millionstelsekunden ankommt .	63
Was ist eine Atomuhr?	64
Wie werden Millionstelsekunden angezeigt? .	65
Zu Silvester eine Sekunde extra .	68
 Vom Nürnberger Ei zur Quarz-Armbanduhr .	69
Warum gerade 32 768 Hertz? .	70
Leuchtdioden und Flüssigkristalle	71
Zahlenzauberei mit sieben Strichen .	73
Wie sieht die Uhr der Zukunft aus?	74
 Anhang	76
Zonenzeiten .	76

Das Geheimnis der peruanischen Wüste

Peru ist ein Land an der Westküste Südamerikas. Es liegt innerhalb der langgestreckten Gebirgskette der Anden zwischen Ekuador und Chile. Weite Teile sind wüstenartig. Dort brennt die Sonne auf unfruchtbare steinige Ebenen, die kaum jemals ein Mensch betritt. Nur Fluglinien überqueren die Region und bringen Reisende zu fernen Zielen.

Wenn die Piloten eine Wüstenregion in der Nähe der Stadt Cusco überflogen, fielen ihnen immer wieder weiße Streifen auf, die sich fächerförmig über den Boden hinziehen. Sie sind so gerade wie mit einem Lineal gezogen, etwa so breit wie Straßen und einige Kilometer lang. Die Bedeutung der Streifen konnten sich die Flieger nicht erklären. Zeitungen griffen das Rätsel auf und brachten phantasievolle Vermutungen über den Ursprung und Sinn der geheimnisvollen Gebilde in Umlauf. Sprach nicht alles dafür, daß hier einmal menschenähnliche Wesen von einem anderen Stern gelandet waren? Vielleicht dienten die Streifen als Lande- oder Startbahnen einstiger Weltraumschiffe. Lag hier nicht ein greifbarer Beweis dafür, daß lange vor unserer Zeit die Erde einmal von außerirdischen Wesen besucht worden war? Hatten sie möglicherweise den Erdenmenschen sogar die Anfänge der Kultur und Technik gebracht?

Jetzt begannen sich Wissenschaftler für das Problem zu interessieren. Sie rüsteten eine Expedition in das Gebiet aus. Ihre Nachforschungen ergaben, daß die Streifen nicht künstlich weiß gefärbt sind.

Man hatte hier lediglich die auf dem felsigen Boden herumliegenden Steine umsortiert. Alle dunklen waren aus den Streifen hinweggeräumt und zu beiden Seiten aufgestapelt worden. Nur die weißen blieben zurück. Aus einiger Entfernung betrachtet, erschienen die Streifen daher wie weiße Straßendecken.

Das Umsortieren der Steine auf vielen Kilometern Länge mußte bei dem heißen Klima eine ungeheuer schwere und zeitraubende Arbeit gewesen sein. Was konnte die Menschen längst vergangener Zeiten bewogen haben, derart viel Schweiß und Mühe unter sen-

gender Tropensonne dafür aufzuwenden? Zweifellos hatten die Streifen einem Zweck von ungewöhnlich großer Bedeutung gedient. Aber welchem?

Ein aufschlußreicher Sonnenaufgang

Die Lösung des Rätsels wurde gefunden, als im Sommer 1947 wieder einmal eine Forschungsreise in das Gebiet erfolgte. Eines Morgens bestieg einer der Wissenschaftler den Hügel, der sich dort befindet, wo die Streifen zusammenlaufen. Er wollte den Sonnenaufgang beobachten. Dabei fiel ihm auf, daß die Sonne genau an dem Punkt über den Horizont stieg, der in Richtung einer der weißen Streifen lag. Es war gerade der 22. Juni, der Tag der Sommersonnenwende. Der Forscher begriff in diesem Moment sofort den Sinn der Streifen. Sie hatten den Ureinwohnern des Landes als eine Art Kalender gedient! Auf dem Hügel mußten die Sternkundigen des alten Kulturvolkes gestanden und den Sonnenaufgang beobachtet haben. Erfolgte er genau über einem der Streifen, dann wußten sie, daß jetzt eine bestimmte neue Jahreszeit begonnen hatte.

In einem Lande, in dem kein Schnee fällt und die Blätter der Bäume nicht in dem bei uns gewohnten Wechsel grünen, gelb werden und abfallen, war es nicht so leicht, den Jahreslauf am Geschehen in der Natur abzulesen. Außerdem könnten auch wir, wären wir allein auf die Beobachtung der Pflanzen angewiesen, Beginn und Ende der vier Jahreszeiten nur recht ungefähr feststellen. Wir möchten den Jahreslauf aber ganz genau einteilen. Dafür dient der Kalender.

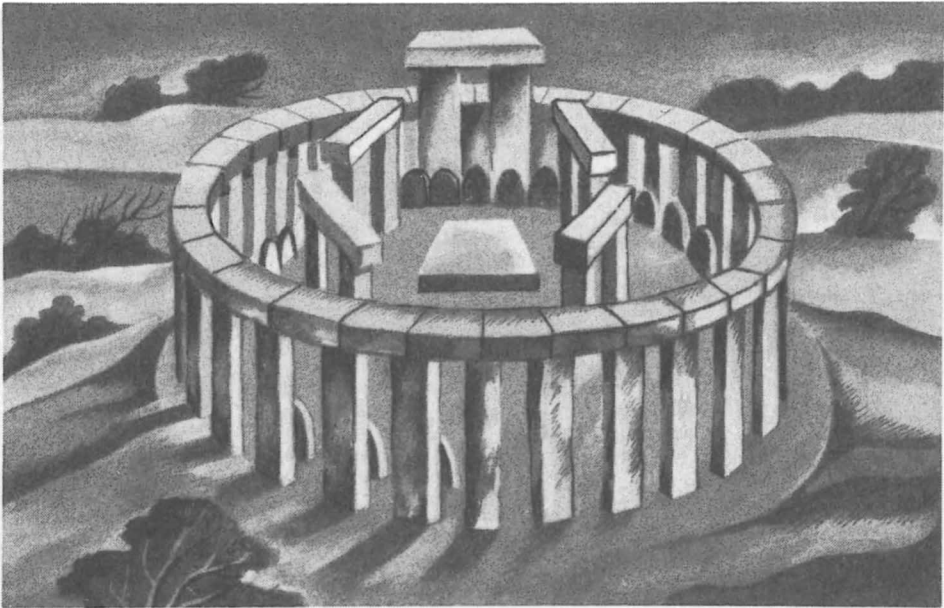
Offenbar hatten schon die alten Kulturvölker das Bedürfnis nach einer genaueren Jahreseinteilung. Auch sie wollten wissen, welcher Tag ist und wieviel Zeit noch vergehen muß, bis wieder ein neues Jahr beginnt.

Dazu dienten also die weißen Streifen. Die Sonne setzt nämlich für den Beginn der Jahreszeiten gewissermaßen Zeitmarken. Sie geht jeden Tag an einer etwas unterschiedlichen Stelle des Horizonts auf beziehungsweise unter. Vom Winter zum Sommer hin verschiebt sich der Sonnenaufgangspunkt immer weiter von Osten

nach Nordosten, bis schließlich die Sommersonnenwende eintritt. An diesem Tag findet der Sonnenaufgang am weitesten nach Nordosten hin statt. Das Wort „-wende“ deutet an, daß der Punkt des Sonnenaufgangs jetzt wieder rückläufig wird und sich in Richtung auf den Winter von Tag zu Tag etwas weiter nach Osten und Südosten verlagert, bis die Wintersonnenwende erreicht ist und das Spiel von neuem beginnt.

Bauwerke als Kalender

Mit Hilfe der angelegten weißen Streifen konnten die Ureinwohner Perus diese markanten Punkte der scheinbaren Sonnenbahn am Himmel und damit den Wechsel der Jahreszeiten genau ermitteln.



Stonehenge (Rekonstruktion), ein bronzezeitlicher Kalenderbau im Süden Englands

Auch der Frühlings- und der Herbstbeginn sind durch bestimmte Punkte des Sonnenaufgangs markiert. Man bezeichnet solche Anlagen, mit denen frühere Völker die Jahreszeiten auf diese oder ähnliche Weise ermittelten, heute als Kalenderbauten. Es gibt viele davon auf der Erde. Ihrer Art nach bilden die in der Wüste von

Cusco eine Ausnahme. Meist dienten Bauwerke oder in bestimmter Anordnung aufgestellte riesige Steine als Kalender. Die alten Ägypter legten zum Beispiel in einer der Pyramiden einen schmalen geraden Gang so an, daß zum Frühlings- und zum Herbstbeginn die Strahlen der aufgehenden Sonne ihn in voller Länge durchdrangen. Die Sonnenstrahlen beleuchteten dann eine Figur, die am Ende des Ganges stand.

Daß schon die alten Völker so großen Wert auf einen Kalender legten, braucht uns nicht zu verwundern. Denn er war und ist bis heute für die Planung der menschlichen Arbeit, insbesondere in



Priester des alten Ägypten beobachten den morgendlichen Aufgang des Sirius

der Landwirtschaft, unerläßlich. Um die Ernährung sicherzustellen, müssen bestimmte Arbeiten wie zum Beispiel Pflügen und Säen zu den richtigen Zeiten erfolgen. Nicht nur die Beobachtung der Sonne, sondern auch der Sterne lieferte den Menschen früherer Jahrtausende dafür Zeitmarken. So hatten die Sternkundigen der alten Ägypter bereits etwa 3 000 Jahre v. u. Z. bemerkt, daß das all-

jährliche Hochwasser des Nils ungefähr dann einsetzte, wenn nach einer zwei Monate dauernden Unsichtbarkeit des Sirius dieser besonders helle Stern zum ersten Mal wieder vor Sonnenaufgang im Osten am Himmel erschien. Für die Ägypter markierte dieser Sirius-Aufgang den Beginn ihres Jahres. Das war etwa am 20. Juli. Das noch heute gebräuchliche Wort Hundstage für die besonders heißen Wochen des Jahres stammt aus dieser alten Zeit. Denn der Sirius gehört zum Sternbild Großer Hund und wird deshalb auch Hundsstern genannt.

Der Jahresanfang des altägyptischen Kalenders war zugleich der Zeitpunkt, zu dem alle Vorbereitungen für das Pflügen und Säen abgeschlossen sein mußten und das Vieh wegen der bevorstehenden Überschwemmungen auf höher gelegene Flächen getrieben wurde. Die Ernte begann, wenn im Osten das Sternbild aufstieg, welches wir heute als Jungfrau bezeichnen. Auf sehr alten Sternkarten, in denen den Sternbildern noch figürliche Darstellungen unterlegt sind, hält daher die Jungfrau eine Garbe im Arm. Dem Sternbild Waage wurde sein Name deshalb gegeben, weil die Ägypter bei seinem Erscheinen damit begannen, das Korn zu wägen.

Als man nach dem Mond lebte

Es ist also nicht nur wichtig, zu wissen, wie lang ein Jahr ist. Vielmehr muß dieser Zeitraum noch in mehrere kleinere Abschnitte sinnvoll unterteilt werden. Dafür ist die Sonne nicht so sehr geeignet. Wird sie immer wieder vom selben Punkt aus beobachtet, dann geht sie zwar – wie beschrieben – von Tag zu Tag an geringfügig verschiedenen Stellen des Horizonts auf und unter. Aber solche Messungen erfordern ein hohes Maß an Genauigkeit und dementsprechend präzise gearbeitete Instrumente.

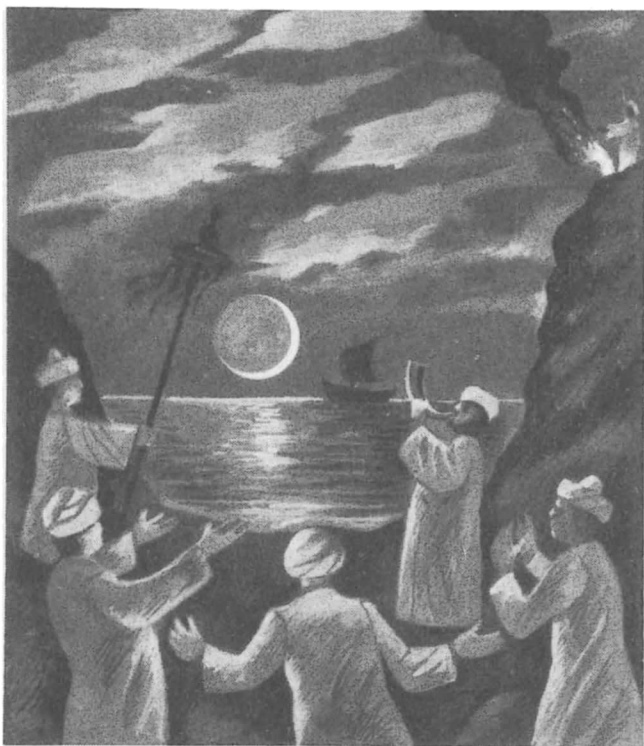
Darüber verfügten höchstens Sternkundige. Die Beobachtung der wechselnden Phasen des Mondes ist dagegen jedermann leicht möglich. So schien der Mond besonders gut dafür geeignet, das Jahr zu unterteilen. Das kommt schon in dem bis heute gebräuchlichen Wort Monat zum Ausdruck, das von Mond abgeleitet ist.

Dieser Himmelskörper war deshalb bei vielen alten Völkern der

erste „Kalendermacher“. Er wechselt in jeweils etwa $29\frac{1}{2}$ Tagen vom Neumond über den zunehmenden, den Vollmond und den abnehmenden Mond zurück zum Neumond. In einigen Ländern wurde in grauer Vergangenheit zunächst nicht erkannt, daß es stets derselbe Himmelskörper blieb. Die Menschen glaubten vielmehr, das Nachtgestirn würde immer wieder von neuem entstehen und vergehen. Sie durchschauten also nicht, daß die Phasen des Mondes dadurch zustande kommen, daß er zu verschiedenen Zeiten aus unterschiedlichen Richtungen von der Sonne beleuchtet wird.

Alle vier Wochen ein neuer Mond

Im alten jüdischen Volk waren bestimmte Personen amtlich damit beauftragt, den Mond genau zu beobachten. Bevor der neue Monat begann, mußten mindestens zwei solcher Beauftragten „die Geburt des neuen Mondes“ bezeugen. Dann gaben Herolde feierlich



Beobachtung
des neuen Mondes in
einem mohammeda-
nischen Land.
Der neue Monat wird
feierlich ausgerufen

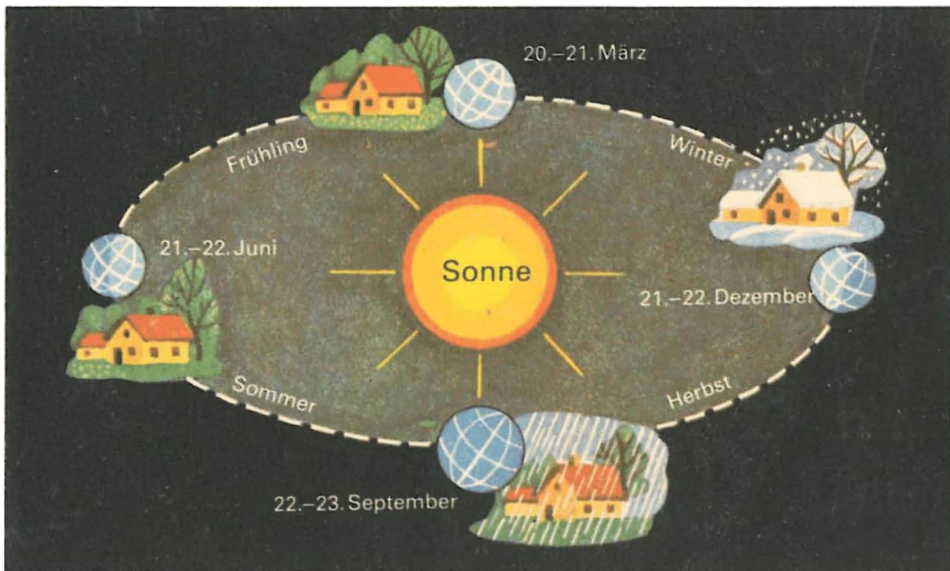
bekannt, daß der neue Mond erspäht wurde, und verkündeten durch das Anzünden von Feuern und durch Trompetensignale den Monatsbeginn. Ähnliche Bräuche gab es in arabischen Ländern. Mondkalender waren bei den Babyloniern, Griechen, Römern und Indern verbreitet. Nicht alle hatten den gleichen. Es gab so viele Kalender wie Völker, und im antiken Griechenland hatte sogar fast jeder der Kleinstaaten einen besonderen.

Als Monatsbeginn galt nicht genau der Neumond. Denn er ist nicht sichtbar, weil dabei die der Erde zugewandte Mondseite von der Sonne abgekehrt und daher völlig unbeleuchtet ist. Erst nach durchschnittlich 36 Stunden wird wieder eine ganz schmale Lichtsichel sichtbar. Dieses „Neulicht“ markierte den Anfang des Monats.

Aber der Mond erwies sich als schlechter Kalendermacher. Das liegt erstens daran, daß der Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Neumondphasen zwischen 29,25 und 29,83 Tagen schwankt. Um das zu berücksichtigen, wurden die Monatslängen abwechselnd mit 29 und 30 Tagen bemessen. Diese Rechnung würde aber nur dann stimmen, wenn die längste Zeitspanne zwischen zwei Neumonden 29,75 Tage dauerte. Um die Differenz gegenüber 29,83 Tagen auszugleichen, mußte nach bestimmten Regeln hin und wieder ein zusätzlicher Tag, der sogenannte Schalttag, in einen Monat eingefügt werden.

Wie die Jahreszeiten entstehen

Der zweite, weit schwerwiegendere Nachteil aller Mondkalender besteht darin, daß der Wechsel der Jahreszeiten nicht von den Mondphasen, sondern von der Bewegung der Erde um die Sonne abhängt. Wenn unser Planet die Sonne einmal umrundet hat, ist ein Jahr mit Frühling, Sommer, Herbst und Winter vergangen. Bei ihrem Umlauf um die Sonne dreht sich die Erde außerdem täglich einmal um ihre Achse. Der Wechsel der Jahreszeiten ist dadurch bedingt, daß die Achse, um welche die Erde rotiert, nicht senkrecht auf der Ebene der Umlaufbahn um die Sonne steht, sondern etwas geneigt ist. Darum steht auch die Achse, um die sich der Erdglobus drehen läßt, stets schräg.



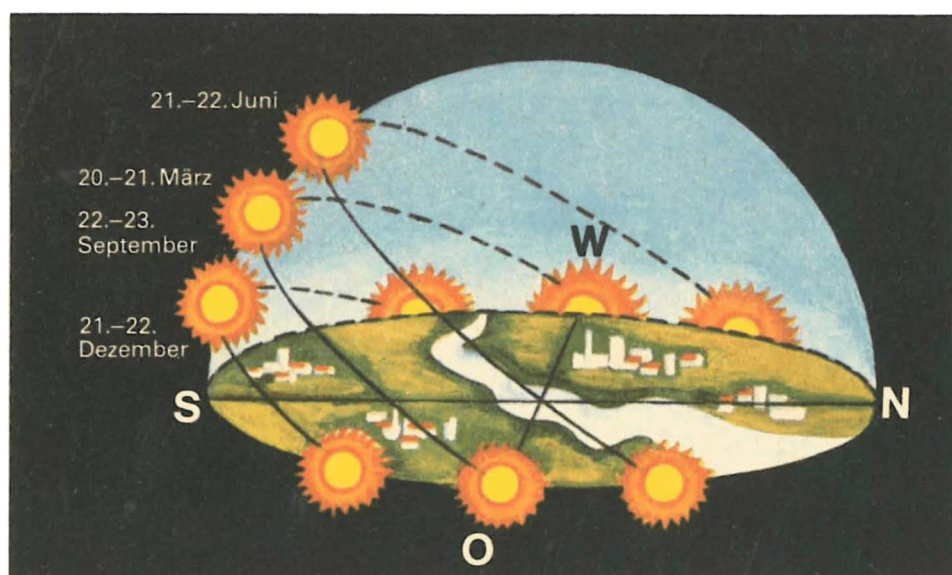
So entstehen die Jahreszeiten. Infolge der schrägstehenden Rotationsachse der Erde ist die Nordhalbkugel im Sommer zur Sonne hin- und im Winter von ihr weggeneigt

In den Sommermonaten ist die Nordhalbkugel der Erde zur Sonne hin geneigt. Sie erhält daher besonders viele Sonnenstrahlen. Die südliche Halbkugel ist zur gleichen Zeit von der Sonne hinweggeneigt. Dort herrscht dann Winter. In den Wintermona-

ten verhält es sich umgekehrt. Jetzt ist die Nordhälfte von der Sonne hinweg- und die Südhalbkugel zur Sonne hin geneigt.

Die Neigung der Erdachse bewirkt, daß die Sonne in der sommerlichen Jahreshälfte früher auf- und später untergeht. Sie scheint länger. Außerdem steigt sie um die Mittagszeit höher am Himmel als im Winter. Dadurch können ihre Strahlen die Erde stärker erwärmen. Im Winter geht die Sonne spät auf und früh unter und steigt am Mittag nicht so hoch. Es treffen weniger Sonnenstrahlen auf der Nordhalbkugel ein, und es wird dort nicht richtig warm. Am 20. oder 21. März und am 22. oder 23. September sind Tag und Nacht gleich lang. Man nennt dies die Frühljahrs- beziehungsweise Herbst-Tagundnachtgleiche.

Um diese Zeit herrscht daher eine Witterung, die wärmer als im Winter, aber kühler als im Sommer ist.



Die scheinbaren Tagesbahnen der Sonne zu den verschiedenen Jahreszeiten

Kalenderdaten auf Wanderschaft

Die Untauglichkeit des Mondkalenders beruht auch darauf, daß ein voller Umlauf der Erde um die Sonne mit dem Wechsel der Jahreszeiten rund $365\frac{1}{4}$ Tage dauert. 12 Mondmonate zu durch-

schnittlich $29\frac{1}{2}$ Tagen ergeben aber erst 354. Somit ist das Mondjahr gegenüber dem Sonnenjahr um $11\frac{1}{4}$ Tage zu kurz. Diese große Differenz müßte dazu führen, daß jedes Kalenderdatum durch sämtliche Jahreszeiten wandert und sich nach dem Datum nicht mehr feststellen läßt, welche Jahreszeit ist. Um dennoch eine ungefähre Übereinstimmung mit dem Jahresablauf in der Natur zu erhalten, ersannen die Gelehrten der alten Kulturvölker weitere komplizierte Regeln dafür, wann zum Ausgleich weitere Schalttage und sogar Schaltmonate einzufügen waren.

In der Praxis wurden die Regeln aber nicht immer genau befolgt. Könige und Sternkundige fügten häufig willkürlich Schalttage oder -monate ein. Dadurch geriet der Kalender völlig in Unordnung. So beklagte der römische Schriftsteller M. Tullius Cicero (106 – 43 v. u. Z.), daß der Kalender schließlich weder mit dem Mond noch mit der Sonne übereinstimmte. Zum Beispiel fiel das auf ein bestimmtes Datum festgelegte Erntefest nicht mehr in den Sommer und das Winzerfest der Weinlese nicht mehr in den Herbst. Der Mondkalender erwies sich also als sehr unpraktisch. Früher oder später gingen die einzelnen Völker deshalb zu einem Sonnenkalender über.

Der Sonnenkalender wird erfunden

Aber auch dieser hat eine lange Geschichte und stimmte nicht von Anfang an so genau mit dem Jahreslauf in der Natur überein wie unser heutiger. Im alten Ägypten gab es schon sehr früh einen Kalender, der sich nach der Sonne richtete. Bereits zur Zeit des Alten Reiches (etwa 2660 – 2134 v. u. Z.) rechneten die Ägypter nach einem Kalenderjahr von 365 Tagen. Doch hatten alle Monate einheitlich 30 Tage. 5 Tage wurden zusätzlich angefügt und als die „Überschüssigen des Jahres“ bezeichnet.

Da ein Sonnenjahr, das heißt ein Umlauf der Erde um die Sonne, aber etwa $365\frac{1}{4}$ Tage dauert, wanderten auch bei diesem Kalender im Verlaufe längerer Zeit alle Daten durch sämtliche Jahreszeiten. Bei immer genaueren Beobachtungen entdeckten die ägyptischen Gelehrten, daß das Sonnenjahr keine glatte Anzahl von Tagen umfaßt, sondern über 365 Tage hinaus ein Rest verbleibt. 238 v. u. Z.

erließ man deshalb eine Verordnung. Sie legte folgendes fest: Zum Ausgleich wird in jedem vierten Jahr ein 366. Tag, ein Schalttag, eingefügt. Doch war das mit 365 Tagen unveränderlich lange Jahr so fest eingebürgert, daß sich die herrschenden Kreise der Ägypter nicht nach der neuen Regelung richteten. Es dauerte noch etwa zwei Jahrhunderte, bis der fehlerhafte alte Kalender wirklich abgeschafft wurde.

Das längste Jahr der Weltgeschichte

Inzwischen hatten die Römer Ägypten erobert und zu einer Provinz ihres großen Reiches erklärt. Der Feldherr Julius Cäsar, der wie ein Kaiser herrschte, setzte im Jahre 46 v. u. Z. eine grundlegende Kalenderreform durch. Zur Beseitigung der bis dahin entstandenen großen Differenz verlängerte er dieses Jahr auf 445 Tage; es wurde so zum längsten der Weltgeschichte. Außerdem bestimmte auch er, daß vom Jahre 45 v. u. Z. an jedem vierten Jahr ein 366. Tag einzufügen sei. Der Schalttag war aber nicht der 29., sondern der 24. Februar. Diesen Tag gab es zweimal hintereinander. Cäsar legte auch die Monatslängen neu fest. Sechs Monate erhielten 31, fünf 30, der Februar in Gemeinjahren 29 und in Schaltjahren 30 Tage. Jahresbeginn war der 1. Januar.

Dieser Julianische Kalender, so benannt nach Cäsars Namen Julius, galt nicht nur in Ägypten, sondern im ganzen Römischen Reich. Später führten ihn auch andere europäische Länder ein; er blieb über anderthalb Jahrtausende in Gebrauch. Im zaristischen Rußland, in Rumänien, Bulgarien und Griechenland galt er bis in unser Jahrhundert.

Wie Juli und August ihre Namen erhielten

Cäsar ersann den Julianischen Kalender nicht selbst, sondern befahl nur seine Einführung. Für die wissenschaftliche Ausarbeitung der Kalenderreform hatte er den Gelehrten Sosigenes aus Alexandria, einem Kulturzentrum des alten Ägypten, nach Rom berufen. Bei der Verwirklichung des neuen Kalenders gab es zunächst einige



Julius Cäsar
führte 46 v. u. Z.
den Julianischen Kalender ein



Der Römerkaiser Augustus,
nach dem der
Monat August benannt ist

Pannen: Die dafür Beauftragten begriffen die Anweisungen des Sosigenes nicht richtig und legten einige Male schon nach zwei Gemeinjahen ein Schaltjahr ein. Den Fehler entdeckte man erst im Jahre 8 v. u. Z. Eine kleine Korrektur machte sich erforderlich. Deshalb verordnete der damals regierende Römerkaiser Augustus, das Schaltjahr dreimal ausfallen zu lassen. Aus Dankbarkeit für diese Berichtigung des Julianischen Kalenders und in Anerkennung der großen militärischen Erfolge des Augustus beschloß der römische Senat, den auf den Juli folgenden Monat nach ihm zu benennen. Außerdem wurde die Zahl der Tage von 30 auf 31 erhöht und zum Ausgleich der Februar um einen Tag gekürzt. Dieser hatte also von nun an in Gemeinjahen 28 und in Schaltjahen 29 Tage.

Der dem August vorangehende Monat war schon 44 v. u. Z. zu Ehren Julius Cäsars in Juli umbenannt worden. Durch die willkürliche Verlängerung des Augusts wird der sonstige Wechsel zwischen 30 und 31 Tage langen Monaten durchbrochen, und es folgen seitdem die beiden Monate Juli und August mit je 31 Tagen aufeinander.

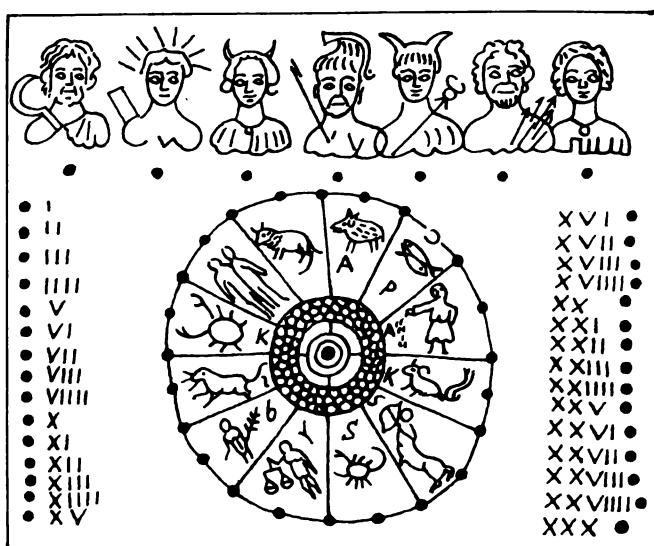
Wie unser heutiger Kalender entstand

Aber auch beim Julianischen Kalender stimmte die durchschnittliche Länge der Jahre noch nicht genau genug mit der Umlaufperiode der Erde um die Sonne überein. Ein Julianisches Kalenderjahr hat, da alle vier Jahre ein Schaltjahr eingelegt wird, eine mittlere Länge von $365\frac{1}{4}$ Tagen oder, anders ausgedrückt, von 365 Tagen und 6 Stunden. Ein Umlauf der Erde dauert aber nur 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten und 46 Sekunden, als Dezimalbruch geschrieben 365,242199 Tage. Meist wird diese Zahl auf 365,2422 gerundet, was für die Zwecke des Kalenders ausreicht. Die Umlaufperiode der Erde bleibt übrigens nicht für alle Zeiten gleich, sondern ändert sich je Jahrhundert um 0,54 Sekunden. So ist zu berechnen, daß sie im Jahre 0 u. Z. 365,242316 Tage, also etwa 10 Sekunden länger als heute dauerte. Bis zum Jahre 4000 verkürzt sie sich um etwa 11 Sekunden auf 365,242070 Tage.

Was ist ein tropisches Jahr?

Der Umlauf der Erde um die Sonne spiegelt sich in einer scheinbaren Bewegung der Sonne über den Himmelshintergrund wieder. In Wirklichkeit bewegt sich die Erde um die Sonne. Aber da wir uns auf der Erde befinden, können wir das nicht direkt bemerken. Als Umlaufperiode gilt die Zeitspanne, die vergeht, bis der Mittelpunkt der Sonne auf deren scheinbarer Bahn das nächste Mal wieder einen bestimmten Ort des Himmels, den sogenannten Frühlingspunkt, durchläuft. Dieser Zeitraum wird als tropisches Jahr bezeichnet. Das Wort tropisch hat in diesem Falle nichts mit den Tropen, den heißen Klimazonen der Erde, zu tun, sondern bedeutet: auf den Frühlingspunkt bezogen.

Das Julianische Kalenderjahr mit durchschnittlich $365\frac{1}{4}$ Tagen ist also gegenüber dem tropischen Jahr um 0,0078 Tage oder 11 Minuten und 14 Sekunden zu lang. Das ist zwar nur eine kleine Differenz, doch sie summiert sich schon nach ungefähr 128 Jahren zu einem vollen Tag. Im Verlaufe noch längerer Zeit entstehen wieder merkliche Abweichungen des Kalenderdatums vom natür-



Altrömischer Kalender

lichen Jahreslauf. So war bis zum Jahre 325 der nach der Sonne bestimmte Frühlingsanfang von ursprünglich dem 23. bereits auf den 21. März zurückgegangen. Denn ist das Kalenderjahr länger als das tropische, dann bewegen sich die Daten gegenüber dem wirklichen Jahreslauf zurück.

Mit fortschreitender Zeit mehrten sich die Stimmen der Kirchenfürsten und der Astronomen, daß wieder eine Kalenderreform fällig sei. So forderte im 14. Jahrhundert Papst Clemens der VI. eine Korrektur. Aber den Kalender zu ändern war und ist bis heute ein Vorhaben, das sich schwer durchsetzen läßt, weil die Menschen gern am Gewohnten festhalten. 1414 setzte der französische Kardinal Pierre d'Ailly die Kalenderfrage erneut auf die Tagesordnung einer Beratung einflußreicher Persönlichkeiten. Doch es geschah wieder nichts. Erst 1475 berief Papst Sixtus IV. den Bischof von Regensburg Regiomontanus, der zugleich der damals berühmteste Astronom war, nach Rom und beauftragte ihn mit der Ausarbeitung eines neuen Kalenders.

Copernicus wollte lieber abwarten

Diesmal scheiterte es daran, daß Regiomontanus im Alter von erst 40 Jahren kurze Zeit nach seinem Eintreffen in Rom starb. Es

wurde in der Folgezeit zwar weiter über das Kalenderproblem diskutiert. Auch der bedeutende polnische Astronom und Domherr Nicolaus Copernicus, dem wir die bahnbrechende Erkenntnis verdanken, daß sich die Erde um die Sonne bewegt und nicht – wie bis dahin behauptet – die Sonne um die Erde, wurde zur Mitarbeit aufgefordert. Doch er lehnte ab. Er hielt die Änderung für verfrüht und wollte lieber abwarten, bis man durch weiter verbesserte Beobachtungen und Messungen die Länge des tropischen Jahres noch genauer zu bestimmen vermochte. Andernfalls, so befürchtete er, müßte der Kalender bald wieder den neuen Erkenntnissen angepaßt werden.

So dauerte es nach Regiomontanus nochmals ein Jahrhundert, bis die Reform wieder in Angriff genommen wurde. Inzwischen hatten verschiedene Astronomen und Mathematiker Vorschläge für einen Kalender unterbreitet, so auch der italienische Mathematiker und Arzt Aloisius Lilius (1520–1576). Seinen Kalender wählte die 1582 von Papst Gregor XIII. einberufene Sonderkommission als den besten aus. Daraufhin wurde auf Grund einer päpstlichen Verordnung vom 24. Februar 1582 der neue Kalender eingeführt. Nach dem Namen des Papstes heißt er der Gregorianische Kalender. In der Sowjetunion ist dafür auch der Ausdruck neuer Stil gebräuchlich. Es wird dort zwischen Daten alten, das heißt nach dem Julianischen Kalender gerechneten, Stils und neuen, also dem Gregorianischen Kalender entsprechenden, Stils unterschieden.

Zehn übersprungene Tage

Die Kalenderreform erfolgte in der Weise, daß man zum Ausgleich der inzwischen gegenüber dem wirklichen Jahreslauf entstandenen Differenz zehn Tage übersprang. Auf den 4. Oktober 1582 folgte sogleich der 15. Somit war dies das kürzeste Jahr der Weltgeschichte. Außerdem wurde die Regel zum Einfügen von Schalttagen verändert. Abweichend von der früheren, nach der jedes vierte ein Schaltjahr war, fällt nach dem Gregorianischen Kalender der Schalttag in solchen Jahren aus, deren Zahl ohne Rest durch 100 teilbar ist. Hat ein Jahr jedoch eine durch 400 ohne Rest zu dividierende Zahl, so bleibt es ein Schaltjahr. Die Jahre 1500, 1700,

1800 und 1900 erhielten also keinen Schalttag. 1600 sowie auch das Jahr 2000 sind dagegen Schaltjahre. Ferner wurde der Beginn des Kalenderjahres einheitlich auf den 1. Januar festgelegt, was vordem nicht in allen Ländern der Fall war.

Aus den genannten Regeln folgt, daß in jeweils 400 Jahren der Schalttag dreimal ausfällt. Dieser Veränderung liegt die 1551 von dem deutschen Astronomen und Mathematiker Erasmus Reinhold berechnete Länge des tropischen Jahres von 365 Tagen 5 Stunden 49 Minuten und 16 Sekunden zugrunde. Es ist erstaunlich, wie genau die Umlaufperiode der Erde mit den damals im Vergleich zu heute recht einfachen Meßinstrumenten bereits bestimmt wurde. Denn in Wirklichkeit ist das tropische Jahr nur 30 Sekunden kürzer. Der Gregorianische Kalender hat deshalb ebenfalls wieder einen Fehler. Aber er ist so klein, daß er sich erst nach 2880 Jahren zu einem Tag summiert. Das auszugleichen wird für die künftigen Generationen kein Problem sein.

Nun gab es also einen guten Kalender. Aber er wurde trotzdem nicht sofort in allen Ländern eingeführt. Das hing mit der Spaltung der christlichen Kirchen in verschiedene Religionsgemeinschaften zusammen. Bereits seit dem 11. Jahrhundert bestand eine Trennung zwischen der römisch-katholischen Kirche, der Italien, Frankreich, Spanien, Portugal, die deutschen Staaten sowie Polen angehörten, und den sogenannten orthodoxen Kirchen der Balkanländer und Rußlands. Die Orthodoxen übernahmen den Kalender nicht. Außerdem spalteten sich im selben Jahrhundert, in dem der Gregorianische Kalender entstand, von der römisch-katholischen Kirche die Protestanten ab. Diese als Reformation bezeichnete religiöse Bewegung wurde durch Martin Luther (1483 bis 1546) begründet. Auch die protestantischen Länder, zu denen mehrere deutsche Staaten gehörten, lehnten es ab, sich einen neuen Kalender vom römischen Papst diktieren zu lassen.

Wie die Engländer drei Monate verloren

So galt der Gregorianische Kalender vorerst nur in den genannten römisch-katholischen Ländern sowie in solchen deutschen Staaten, die noch katholisch waren. Die protestantischen deutschen

Staaten wie zum Beispiel Preußen zögerten sehr lange, bis sie sich der Einsicht beugten, daß ein einheitlicher Kalender für alle Beteiligten sinnvoller und nützlicher ist. In Preußen wurde der Gregorianische Kalender 1700, in England erst 1752 und in Schweden 1753 eingeführt. Mehrere europäische Länder schlossen sich aber erst in unserem Jahrhundert an, so Albanien 1912, Bulgarien 1916, die Sowjetunion 1918, Rumänien und Jugoslawien 1919. Seit 1927 gilt er auch in der Türkei und seit 1928 in Ägypten.

In manchen Ländern kam es dabei zu heftigen Auseinandersetzungen. Je später die Einführung erfolgte, um so größer war die Differenz angewachsen und um so mehr Tage mußten übersprungen werden. In England bestand das Jahr 1751 dadurch nur noch aus 282 Tagen, weil dort außerdem als Jahresbeginn bis dahin der 25. März galt. Entsprechend dem Gregorianischen Kalender mußte er auf den 1. Januar verlegt werden, so daß das Jahr 1751 insgesamt um rund ein Vierteljahr zu kürzen war. Die aufgebrachten Bürger verfolgten deshalb Lord Chesterfield, auf dessen Betreiben der neue Kalender übernommen wurde, überall mit dem wütenden Ruf: „Gib uns unsere drei Monate zurück!“

In der Sowjetunion erfolgte die Einführung des Gregorianischen Kalenders Anfang 1918. Dabei waren 13 Tage zu überspringen, und auf den 31. Januar alten Stils folgte unmittelbar der 14. Februar neuen Stils. Nach dem Julianischen Kalender fand die Große Sozialistische Oktoberrevolution am 25. Oktober 1917 statt. Diesem Datum alten Stils entspricht der 7. November neuen Stils. Daher werden die Jahrestage der Oktoberrevolution im November begangen.

Wettstreit der Genauigkeit

In Rumänien, Jugoslawien und Griechenland beschlossen die orthodoxen Kirchen im Mai 1923 einen etwas veränderten, den Neujulianischen Kalender einzuführen. Er beruht auf Berechnungen des jugoslawischen Astronomen Milutin Milanković (1879 bis 1956) und stimmt mit dem tropischen Jahr noch besser überein als der Gregorianische. Nach seinen Schaltregeln sind nur solche vollen Jahrhundertjahre, deren Zahl bei der Division durch 900 einen

Rest von 200 oder 600 ergibt, Schaltjahre. Ansonsten bleibt es dabei, daß alle vier Jahre ein Schalttag eingefügt wird. Da die Änderung gegenüber dem Gregorianischen Kalender nur sehr gering ist, stimmen bis zum 28. Februar des Jahres 2800 die Daten beider Kalender überein. So bleibt den Fachleuten viel Zeit, darüber zu entscheiden, ob nach diesem Datum vielleicht die Schaltregeln des Gregorianischen durch die des Neujulianischen Kalenders ersetzt werden sollen. Dabei würde dann erst nach jeweils 43 500 Jahren eine Differenz von einem vollen Tag gegenüber dem tropischen Jahr entstehen.

Kommt wieder ein neuer Kalender?

Außer dem – bisher praktisch bedeutungslosen – Unterschied zwischen dem Gregorianischen und dem Neujulianischen Kalender stehen inzwischen neue Reformvorschläge zur Diskussion. Dabei werden allerdings die Schaltregeln unseres jetzigen Kalenders beibehalten. Die Verbesserungen betreffen nur die Gliederung des Jahres in Quartale (Vierteljahre), Monate und Wochen.

In dieser Hinsicht hat der heutige Kalender einige für die Wirtschaft und Planung nachteilige Eigenschaften. So schwankt die Länge der Monate zwischen 28 und 31 Tagen. Außerdem wechseln ihre Längen nicht regelmäßig. Durch diese Ungleichmäßigkeiten ändert sich auch die Länge der Quartale; sie beträgt 90 bis 92 Tage. Das erste Halbjahr ist stets kürzer als das zweite, in Gemeinjahre um 3, in Schaltjahren um 2 Tage. Die Anzahl der Arbeitstage der einzelnen Monate schwankt bei der 6-Tage-Arbeitswoche zwischen 23 und 27, bei der 5-Tage-Arbeitswoche von 19 bis 23 Tagen. All das erschwert und kompliziert den Wirtschafts- und Planungsablauf. Deshalb streben die neuen Kalendervorschläge an, die Halbjahre, Quartale und Monate gleich lang zu machen.

Derselbe Kalender fürs ganze Leben

Bemängelt wird am jetzigen Kalender auch, daß die Daten in den verschiedenen Jahren mal auf diesen, mal auf jenen Wochentag fallen. So haben wir zum Beispiel nacheinander an den verschiedensten Wochentagen Geburtstag. Es freut uns allerdings, wenn er gelegentlich auf den Sonntag fällt. Das wäre bei den vorgeschlagenen neuen Kalendern nicht mehr so. Wer an einem Sonntag geboren wurde, feiert zeitlebens sonntags Geburtstag. Entsprechendes gilt für alle anderen Wochentage. Der Kalender bliebe – bis auf den Schalttag – jedes Jahr gleich. Für das persönliche Leben empfinden viele Menschen seine bisherige Veränderlichkeit als angenehm.

Künftig 13 Monate?

Die neuen Vorschläge lassen sich in zwei Gruppen gliedern, nämlich in Kalender mit 13 und in solche mit 12 Monaten. Bei den ersteren hat jeder der 13 Monate 4 Wochen zu je 7 Tagen, insgesamt also 28 Tage. Der Hauptvorteil hierbei ist, daß alle Monate gleich lang sind. Nachteilig ist jedoch, daß wegen der ungeraden Anzahl der Monate das Jahr nicht mehr in gleiche Halbjahre und Quartale unterteilt werden kann.

13 Monate zu je 28 Tagen ergeben aber erst 364 Tage. Der 365. und in Schaltjahren auch der 366. Tag müssen also an irgendeiner Stelle des Jahres die regelmäßige Abfolge der Monate und Wochen unterbrechen. Der 365. Tag soll ohne Datumszählung und Wochentagsbezeichnung am Jahresende angefügt werden. Auf Sonnabend, den 28. des 13. Monats, würden also der 365. Tag und danach ein Sonntag als 1. Tag des 1. Monats des neuen Jahres folgen. Der Schalttag fiel – ebenfalls ohne Datum und Wochentag – zwischen den 28. Tag des 6. und den 1. Tag des 7. Monats. Alle Monate und Wochen beginnen mit einem Sonntag und enden mit einem Sonnabend. Dieser Kalender ist auf Seite 30 abgedruckt.

Der Weltkalender

Der 13-Monate-Kalender dürfte weniger Aussicht auf Verwirklichung haben als der sogenannte Weltkalender, bei dem die gewohnten 12 Monate beibehalten werden. Einen solchen Kalender schlug bereits in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts der französische Astronom Gustave Armelin vor. Danach hat das Jahr 4 gleich lange Quartale von je 3 Monaten mit zusammen 91 Tagen. Die ersten Monate jeden Vierteljahres – also Januar, April, Juli und Oktober – haben 31, alle übrigen 30 Tage. Auch die beiden Halbjahre sind mit je 182 Tagen gleich lang. Jedes Quartal beginnt mit einem Sonntag. Der 365. Tag wird – ebenfalls ohne Datum und Wochentag – an den 30. Dezember angefügt. In Schaltjahren liegt ein 366. Tag zwischen dem 30. Juni und dem 1. Juli; er bleibt gleichfalls ohne Datum und Wochentag. Dieser Weltkalender sieht so aus:

Weltkalender (12-Monate-Projekt)

	Januar April Juli Oktober	Februar Mai August November	März Juni September Dezember
Sonntag	1 8 15 22 29	– 5 12 19 26	– 3 10 17 24
Montag	2 9 16 23 30	– 6 13 20 27	– 4 11 18 25
Dienstag	3 10 17 24 31	– 7 14 21 28	– 5 12 19 26
Mittwoch	4 11 18 25 –	1 8 15 22 29	– 6 13 20 27
Donnerstag	5 12 19 26 –	2 9 16 23 30	– 7 14 21 28
Freitag	6 13 20 27 –	3 10 17 24 –	1 8 15 22 29
Sonnabend	7 14 21 28 –	4 11 18 25 –	2 9 16 23 30 F

F = Weltfeiertag zwischen 30. Dezember und 1. Januar
Schalttag zwischen 30. Juni und 1. Juli

Eine weitere einschneidende Neuerung dieses Kalenders besteht darin, daß die bisherige große Beweglichkeit des Oster- und des Pfingstdatums beseitigt wird. Ostern soll stets auf den 8. April, Pfingsten auf den 26. Mai fallen. Die Veränderlichkeit dieser Daten geht auf den Beschluß einer kirchlichen Beratung aus dem Jahre 325 zurück. Danach wird Ostern stets am ersten Sonntag nach dem ersten Frühlingsvollmond gefeiert. Als Frühlingsbeginn wurde der 21. März festgelegt. Da sich der Phasenwechsel des Mondes aber nicht nach den Kalenderdaten richtet, kann Ostern zwischen Ende März und Ende April liegen. So passiert es gelegentlich, daß auf grüne Weihnachten weiße Ostern folgen, es also zu Ostern noch schneit, während um Weihnachten kein Schnee fiel. Da Pfingsten stets 7 Wochen nach Ostern begangen wird, ist dieses Fest ebenfalls beweglich.

Wie man das Osterdatum errechnen kann

Der deutsche Mathematiker Carl Friedrich Gauß (1777–1855) er-sann eine Anleitung, nach der das Osterdatum für alle Jahre des 20. und 21. Jahrhunderts zu berechnen ist. Sie lautet:

1. Teile die Jahreszahl durch 19 und notiere den Rest!
2. Teile die Jahreszahl durch 4 und notiere den Rest!
3. Teile die Jahreszahl durch 7 und notiere den Rest!

4. Multipliziere den Rest der 1. Aufgabe mit 19, addiere dazu 24, teile die Summe durch 30 und notiere den Rest!
5. Addiere das 2fache des Rests der 2. Aufgabe, das 4fache des Rests der 3. Aufgabe und das 6fache des Rests der 4. Aufgabe; addiere dazu noch 5, teile die Summe durch 7 und notiere den Rest!
6. Addiere die Reste der 4. und 5. Aufgabe! Das Ergebnis besagt, auf den wievielten Tag nach dem 22. März in dem betreffenden Jahr Ostern fällt!

Abweichend hiervon sind jedoch einige Ausnahmen zu berücksichtigen. Ergibt die Rechnung den 26. April, so fällt Ostern auf den 19. April. Ergibt sie den 25. April, so ist Ostern am 18. April, falls der Rest der 1. Aufgabe größer als 10 ist und der Rest der 4. Aufgabe 28 beträgt.

Rechnen wir als Beispiel einmal das Osterdatum des Jahres 2000 aus!

1. Aufgabe $2000 : 19 = 105$ Rest 5
2. Aufgabe $2000 : 4 = 500$ Rest 0
3. Aufgabe $2000 : 7 = 285$ Rest 5
4. Aufgabe $5 \cdot 19 = 95$; $95 + 24 = 119$; $119 : 30 = 3$ Rest 29
5. Aufgabe

$2 \cdot 0 =$	0
$4 \cdot 5 =$	20
$6 \cdot 29 =$	174
+	<u>5</u>
	199

 $199 : 7 = 28$ Rest 3

6. Aufgabe: $29 + 3 = 32$

Folglich fällt Ostern im Jahre 2000 auf den 32. Tag nach dem 22. März, also auf den 23. April.

Über die Einführung des Weltkalenders wurde bereits in der UNO (United Nations Organization = Organisation der Vereinten Nationen) diskutiert, eine endgültige Entscheidung bisher aber immer wieder verschoben. Denn weil er in der ganzen Welt gelten soll, müssen alle Staaten zustimmen. Da das Jahr des Weltkalenders mit einem Sonntag beginnt, wäre seine Einführung in jedem Jahr, in dem auch nach dem Gregorianischen Kalender der Neujahrstag ein Sonntag ist, ohne Schwierigkeiten möglich.

Weltkalender (13-Monate-Projekt)

Dat.	Monate												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
1	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So
2	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo
3	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di
4	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi
5	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do
6	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr
7	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb
8	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So
9	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo
10	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di
11	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi
12	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do
13	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr
14	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb
15	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So
16	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo
17	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di
18	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi
19	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do
20	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr
21	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb
22	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So
23	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo
24	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di	Di
25	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi
26	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do
27	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr
28	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb
						ST							WT

ST = Schalttag, WT = Weltfeiertag

Als die Woche abgeschafft wurde

In Frankreich hatte man 1793 einen sogenannten Revolutionskalender eingeführt, der sich wesentlich von unserem und allen bis dahin gewohnten unterschied. Er hatte 12 Monate zu je 30 Tagen. Die Monate waren aber nicht mehr in Wochen, sondern in 3 Dekaden, in dreimal 10 Tage, unterteilt. Nach Dekaden wird auch heute noch für manche Zwecke gerechnet, ohne daß dadurch die Gliederung des Kalenderjahres in Wochen aufgehoben ist. Der Erholung diente im französischen Revolutionskalender jeweils der 10. Tag einer Dekade, so daß es im Monat lediglich drei arbeitsfreie Tage gab.

Da $2 \cdot 30$ Tage erst 360 Tage ergeben, wurden dem 12. Monat 5 und in den Schaltjahren 6 Feiertage angefügt, bevor wieder der erste Monat des neuen Jahres begann. Als Jahresbeginn galt der Tag der Herbst-Tagundnachtgleiche, nach unserem Kalender der 22. September.

Die Monate erhielten Namen nach den jeweils vorherrschenden Arbeitstätigkeiten oder der Witterung. So hießen sie Weinlese-, Nebel-, Frost-, Schnee-, Regen-, Wind-, Keim-, Blüten-, Wiesen-, Ernte-, Hitze- und Fruchtmonat. Das Jahr begann mit dem Weinlese- und endete mit dem Fruchtmonat. Auch die alten Namen der Wochentage wurden abgeschafft und durch die Ordnungszahlen von 1 bis 10 ersetzt.

Ein derart vom Gewohnten abweichender Kalender fand bei der Bevölkerung jedoch keinen Anklang. Die Regierung versuchte zwar alles, ihn durchzusetzen. Es wurde zum Beispiel streng verboten, weiterhin den 1. Januar des Gregorianischen Kalenders als Neujahrstag zu feiern. Es sollen sogar Briefe auf den Postämtern erbrochen worden sein, um festzustellen, wer vielleicht trotzdem Neujahrsglückwünsche verschickte. Aber auf die Dauer ließ sich der Kalender nicht erzwingen. Da sich ohnehin kaum jemand danach richtete, schaffte ihn Kaiser Napoleon I. am 1. Januar 1806 auch offiziell ab und setzte den Gregorianischen Kalender wieder in Kraft.

Hartung, Hornung... Julmond

Versuche zur Änderung der Monatsnamen gab es mehrfach. So wollte bereits Kaiser Karl der Große (742–814) deutsche Namen einführen. Der Januar sollte wegen seiner harten Witterung Hartung heißen, der Februar Hornung, vermutlich nach dem hornhart gefrorenen Boden, der März Lenzing, weil man den Frühling auch Lenz nennt. Für den April waren die Namen Wandel- oder Keimmonat vorgesehen, da sich die Natur in dieser Zeit verwandelt und wieder neues Leben keimt. Der Mai wurde zum Weidemonat, später, unter dem Einfluß der mittelalterlichen Dichtkunst, aber auch gern als Wonnemonat bezeichnet. Der Juni hieß Brachet. Dieser Ausdruck erhält durch die frühere Dreifelderwirtschaft seinen Sinn. Dabei wurde das Feld nicht in jedem Jahr bestellt. Man ließ es zwischendurch brachliegen, damit sich die Fruchtbarkeit des Bodens nicht erschöpfte. Erst die künstliche Düngung ermöglichte die alljährliche Nutzung derselben Bodenfläche. Im Brachet hat man damals das brachliegende Feld umbrochen. Zu anderen Zeiten hieß der Juni auch Rosenmond.

Der Juli wurde zum Heuert oder Heumonat, weil die Bauern nun die Wiesen mähten. Den August nannte man Ernting und den September Scheiding, da er den Abschied vom Sommer bringt. Für den Oktober gab es die Namen Weinmonat oder Gilbhardt, wegen der herbstlichen Verfärbung des Laubs. Der November hieß Wind- oder Nebelmonat und der Dezember Julmond, nach dem um die Wintersonnenwende gefeierten altgermanischen Julfest. Solche Bezeichnungen konnten sich aber nicht für längere Zeit allgemein durchsetzen.

Woher stammen unsere Monatsnamen?

Die Namen, welche sich entgegen allen Änderungsvorschlägen bis heute erhielten, stammen von den alten Römern. Ihr Kalender hatte ursprünglich nur 10 Monate und begann nicht mit dem Januar, sondern mit dem März. Dieser Monat war dem Gott Mars geweiht, der neben dem Jupiter am höchsten verehrt wurde. Mars galt nicht nur als Kriegsgott, sondern auch als Beschützer der Fel-

der und Saaten. Der Name des April leitet sich von dem lateinischen Wort *aperire* her, das soviel wie öffnen bedeutet. Im April öffnet sich ja der „Schoß der Natur“, die Erde beginnt wieder zu grünen. Ob der Mai zu Ehren der Frühlingsgöttin Maia (sprich: maja) oder nach Jupiter maius benannt ist, weiß man nicht genau.



Der doppelgesichtige Gott Janus gab dem Januar den Namen

Beide waren Gottheiten des Wachstums. Der Juni hat seinen Namen nach der höchsten römischen Göttin Juno, die als Stifterin der Ehe und als Geburtsgöttin galt. Daß Juli und August nach Julius Cäsar beziehungsweise Kaiser Augustus benannt sind, wurde schon erwähnt. Vordem hießen diese Monate Quintilis und Sextilis (= fünfter beziehungsweise sechster Monat). Die Namen September, Oktober, November und Dezember bedeuten siebenter, achter, neunter und zehnter Monat. Sie wurden nach Einführung

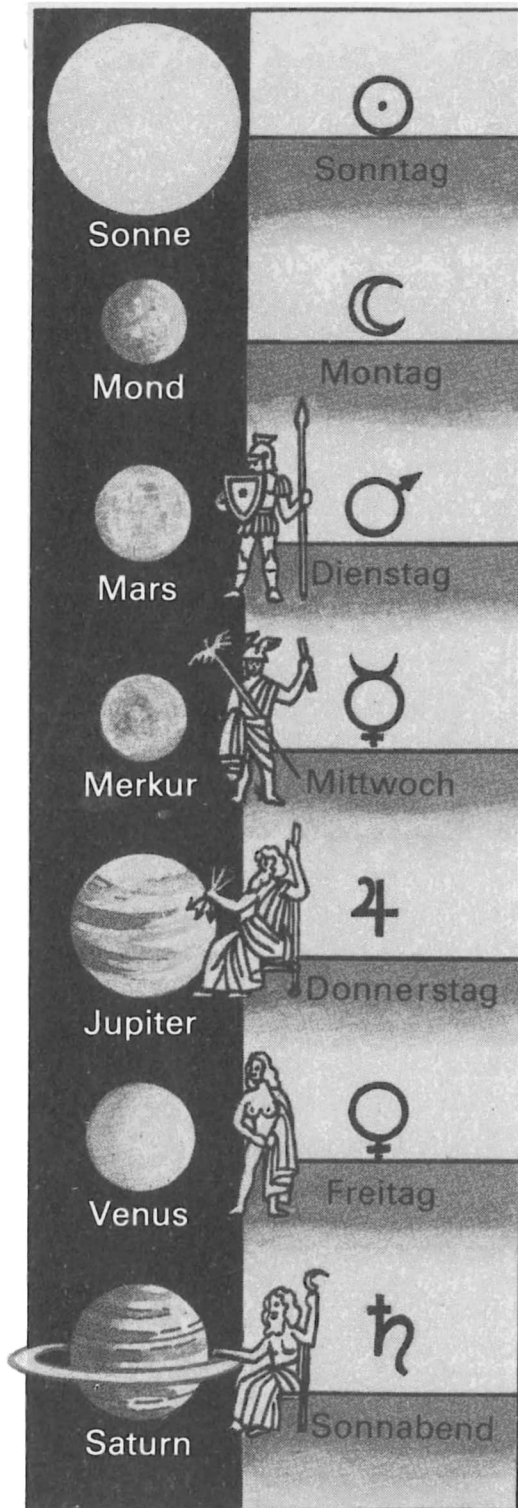
des 12-Monate-Kalenders beibehalten und sind seitdem eigentlich falsch.

Der Januar ist nach dem Gott Janus benannt. Diesen stellte man sich doppelgesichtig vor; er konnte gleichzeitig nach vorn und hinten blicken. Solche Janusköpfe brachten die Römer über Torbögen, Haus- und Straßeneingängen an. Sie sollten den Ein- und Ausgang bewachen. Daher stand Janus auch am Ausgang des alten und am Eingang des neuen Jahres. Der Name Februar stammt aus der Zeit, als der 12-Monate-Kalender zwar schon galt, das neue Jahr aber noch mit dem März begann. Somit war der Februar der letzte Monat. In dieser Zeit begingen die Römer ein februa genanntes Fest, bei dem sie zur Sühne für die im abgelaufenen Jahr begangenen Verfehlungen den Göttern Opfer darbrachten.

Warum hat die Woche sieben Tage?

Die Einführung der 7-Tage-Woche als Untereinheit des Monats erfolgte schon bei den alten Babyloniern. Sie bewohnten eine Landschaft südlich der heutigen Stadt Bagdad im Irak. Die Wahl der Zahl 7 hatte wahrscheinlich mehrere Gründe. Erstens galt sie als besondere Zahl und spielte auch in der Astrologie (Sterndeutung) eine hervorragende Rolle. Das hängt damit zusammen, daß die alten Völker nur 7 Himmelskörper kannten, die sich vor dem Hintergrund der feststehenden Sterne bewegten: die Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn sowie der Mond und die Sonne. Ferner war die Unterteilung des Monats in 7-Tage-Wochen auch deshalb naheliegend, weil die Babylonier einen Mondkalender hatten und jede der 4 Mondphasen etwa 7 Tage dauert.

Zwischen der unwissenschaftlichen Astrologie, die von dem Irrglauben ausgeht, daß die Sterne das Schicksal der Menschen beeinflussen, und der Astronomie, der streng wissenschaftlichen Himmelskunde, gab es im Altertum noch keine scharfe Trennung. So wiesen die Babylonier den 7 beweglichen Himmelskörpern im Wechsel eine Art Schirmherrschaft über jede Stunde zu. Der Tag wurde bereits in 24 Stunden eingeteilt. Die „Wandelsterne“ wechselten sich in ihrer Schirmherrschaft stündlich ab. Der „Schichtwechsel“ begann mit der ersten Stunde des Sonnabends. Für sie



Die im Altertum bekannten sieben Himmelskörper, die sich vor dem Hintergrund der scheinbar feststehenden Sterne bewegen

war der Saturn zuständig, deshalb wurde dieser Tag als Samstag bezeichnet. Dann folgten der Reihe nach von Stunde zu Stunde Jupiter, Mars, die Sonne, Venus, Merkur und Mond. Danach begann dieselbe Abfolge von neuem, so daß in der ersten Stunde des nächsten Tages die Sonne an der Reihe war. Dieser Tag wurde zum Sonntag und so weiter.

Von den Babyloniern übernahmen auch andere Völker die Wocheneinteilung und die Namen der Tage. Am klarsten kam dies in der Sprache der alten Römer zum Ausdruck. Bei ihnen lauteten die Wochentagsnamen Dies Lunae (Montag), Dies Martis (Mars-tag), Dies Mercurii (Merkurtag), Dies Jovis (Jupitertag), Dies Veneris (Venustag), Dies Saturni (Samstag) und Dies Solis (Sonntag). Im Englischen heißen der Sonnabend und Sonntag noch heute Saturday (Samstag) und Sunday (Sonntag). Im Deutschen haben sich die Namen Sonntag und Montag erhalten. Das Wort Dienstag geht auf den Beinamen des altgermanischen Kriegsgottes Thingus zurück. Der Mittwoch wird etwa seit dem 10. Jahrhundert so genannt, weil er in der Mitte der Woche liegt. Der Donnerstag war dem germanischen Gott Donar geweiht, der Freitag der Göttin Freya. Der Name Sonnabend bezeichnete in germanischen Ländern den Abend vor dem Sonntag.

Daß auf je 6 Werktagen als 7. ein Feiertag folgt, war insbesondere beim altjüdischen Volk eine feste Regel, die streng befolgt wurde. Das Christentum übernahm sie, und der römische Kaiser Konstantin der Große erhob die 7-Tage-Woche mit je einem Feiertag 321 u. Z. offiziell zum Gesetz. Vordem galt im alten Rom nur jeder 9. Tag als Markttag; er hatte eine ähnliche Bedeutung wie ein Feiertag. Einzelne Stadtstaaten des alten Griechenland unterteilten den Monat in Dekaden, also in dreimal 10 Tage.

Wie lang ist ein Tag?

Die Länge des tropischen Jahres in Tagen ist heute bis auf die 6. Stelle hinter dem Komma bekannt. Aber wie lang ist denn ein Tag? Die Beantwortung dieser Frage erscheint sehr einfach, ist in Wirklichkeit jedoch sehr verzwickelt. Die natürliche „Uhr“, die sich dafür anbietet, die Sonne, „geht“ nämlich recht ungenau. Wir können zwar die Länge des Tages bestimmen, indem wir messen, wann sie heute mittag und morgen mittag ihren höchsten Punkt am Himmel erreicht, und die Zeitspanne zwischen diesen beiden Ereignissen der Länge eines Tages von 24 Stunden gleichsetzen. Die Astronomen nennen den Höchststand eines Gestirns die obere Kulmination.

Dabei würde sich aber herausstellen, daß diese nach den Sonnen-Kulminationen bestimmte Tageslänge nicht immer gleich bleibt, sondern sich im Verlaufe des Jahres ändert. Das hat nichts damit zu tun, daß im Sommer die Tage länger und die Nächte kürzer sind und im Winter umgekehrt. Wir sprechen ja hier stets vom 24-Stunden-Tag, der Tag *und* Nacht umfaßt.

Ein schwieriges Problem

Die Tatsache, daß die nach dem Sonnenlauf bestimmte Tageslänge veränderlich ist, bildet für die Zeitrechnung ein schwieriges Problem. Denn wir unterteilen ja den Tag in 24 Stunden, jede Stunde in 60 Minuten und jede Minute in 60 Sekunden. Würde die Zeiteinheit Tag nach den Zeitabständen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Sonnen-Kulminationen festgelegt, dann änderte sich mit der Länge des Tages auch die der Stunden, Minuten und Sekunden. Für eine praktisch brauchbare und vernünftige Zeitrechnung müssen aber alle Stunden, Minuten und Sekunden stets genau gleich lang sein. Sonst brauchten wir Uhren, die zu den verschiedenen Jahreszeiten unterschiedlich schnell gehen.

Außerdem wären Zeitmessungen, die an verschiedenen Tagen erfolgten, nicht mehr vergleichbar. Schon beim Sport gäbe es größte

Schwierigkeiten. Ob ein 100-Meter-Läufer wirklich schneller als ein anderer war, ließe sich aus der Zeitangabe nach Sekunden und Hundertstelsekunden nicht mehr ohne weiteres feststellen, sondern bedürfte komplizierter Berechnungen unter Berücksichtigung des Kalendertages. Ebenso wäre eine Zeit, die nicht ständig gleich schnell abläuft, für die zahlreichen in Wissenschaft und Technik notwendigen äußerst genauen Zeitmessungen untragbar.

Der Grund dafür, daß die nach den Sonnen-Kulminationen bestimmten Tageslängen Abweichungen aufweisen, ist folgender: Die Erde umläuft die Sonne nicht auf einer genau kreisförmigen, sondern auf einer etwas elliptischen Bahn. Eine Kreislinie hat an allen Punkten gleichen Abstand vom Zentrum (Kreismittelpunkt), die Ellipse dagegen nicht. Der Abstand der Erde von der Sonne ändert sich also im Laufe ihrer jährlichen Bahn. In der winterlichen Jahreshälfte verläuft sie etwas näher zur Sonne als in der sommerlichen. Am nächsten sind wir der Sonne Anfang Januar mit 147,1 Millionen Kilometern. Die größte Sonnenferne tritt Anfang Juli ein und beträgt 152,1 Millionen Kilometer.

Auf einer elliptischen Bahn wechselt aber die Geschwindigkeit, mit der die Erde die Sonne umläuft, nach bestimmten Gesetzen. Der deutsche Mathematiker und Astronom Johannes Kepler (1571–1630) hat das zum ersten Mal erkannt. Im sonnennäheren Teil der Bahn wandert die Erde etwas schneller als im sonnenfernen. Folglich legt die Erde auf ihrer Umlaufbahn von Tag zu Tag etwas unterschiedlich weite Strecken zurück.

Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde um ihre Achse bleibt dagegen – abgesehen von sehr geringfügigen Schwankungen, die wir vorerst außer Acht lassen können – immer gleich. Stellen wir uns einen genau senkrecht auf der Erdoberfläche stehenden Pfeil vor, der auf die Sonne gerichtet ist! Würde sich die Erde nicht um die Sonne bewegen, sondern im Weltall stillstehen, dann müßte unser Planet eine Umdrehung von genau 360 Bogengrad vollführen, bis der Pfeil das nächste Mal wieder in Richtung zur Sonne zeigt. (Der Kreis wird in 360 Bogengrade unterteilt.) Da sich die Erde aber nicht nur um ihre Achse dreht, sondern zugleich ein Stück auf ihrer Bahn um die Sonne weiterwandert, muß sie um etwas mehr als genau 360 Bogengrade rotieren, bis der Pfeil wieder in Richtung zur Sonne weist. Die Differenz beträgt ungefähr 1 Bogengrad.

Bleibe die Umlaufgeschwindigkeit der Erde stets gleich, dann wäre auch der Betrag, den sie über 360 Bogengrade hinaus rotieren muß, an allen Tagen gleich. Da aber die Umlaufgeschwindigkeit wechselt, ändert sich der 360 Bogengrade überschreitende Winkel und mit ihm die Zeit, die zwischen zwei aufeinanderfolgenden oberen Sonnen-Kulminationen vergeht.

Es kommt noch eine weitere Ursache hinzu, warum die Tageslängen – nach Kulminationen gemessen – voneinander abweichen. Sie besteht darin, daß die Umdrehungsachse der Erde nicht senkrecht, sondern – wie schon erwähnt – schräg auf der Ebene der Umlaufbahn um die Sonne steht.

Was ist ein Sterntag?

Es stimmt also nicht, daß – wie die meisten Menschen annehmen – ein Tag gleich der Zeit ist, in der sich die Erde gerade einmal um ihre Achse dreht. Allerdings gibt es auch ein Zeitmaß, das tatsächlich genau einer vollen Erdrotation um 360 Bogengrade entspricht. Dies ist der sogenannte Sterntag. Er dauert aber nicht 24 Stunden, sondern nur 23 Stunden 56 Minuten und 4 Sekunden unserer Uhrzeit. Seine Länge wird mit einem Spezialfernrohr bestimmt, das stets in dieselbe Richtung weist, vergleichbar dem Pfeil in unserem Gedankenexperiment. Das Fernrohr dreht sich also zusammen mit der Erde, und nach einer vollen Erdrotation erscheint daher derselbe Stern wieder im Mittelpunkt des Gesichtsfeldes.

Die Länge des Sterntages – auch siderische, das bedeutet auf die Sterne bezogene Rotationszeit genannt – bleibt, abgesehen von ganz winzigen Abweichungen, stets gleich. Das beruht darauf, daß die dabei anvisierten Sterne millionen- und milliardenmal weiter von der Erde entfernt sind als die Sonne. Dadurch ändert sich trotz der Umlaufbewegung der Erde der Winkel, unter dem wir von den verschiedenen Punkten der Bahn aus die Sterne erblicken, so gut wie überhaupt nicht.

Mit dem Sterntag hätten wir also ein stets gleichbleibendes Zeitmaß zur Verfügung. Aber es wäre sehr unpraktisch, es unserer Zeitrechnung zugrunde zu legen. Denn der Tageslauf mit der Abfolge von Morgen, Mittag, Abend und Nacht wird ja nicht durch

die Sterne, sondern durch die Sonne bestimmt. Würden wir uns nach dem Sterntag richten, dann summierte sich die Differenz von täglich 3 Minuten und 56 Sekunden schon bald so, daß der Zeitabstand unserer Uhren nicht mehr zu den wirklichen Tageszeiten paßte. Wenn es zum Beispiel 6 Uhr ist, könnte es statt Morgen ebenso gut Mittag, Abend oder Mitternacht sein. Der Uhrstand nach Sternzeit würde uns mehr irreführen als orientieren.

Eine „phantasierte“ Sonne

Jahrtausende hindurch bildete die Veränderlichkeit der nach den Sonnen-Kulminationen bestimmten Tageslängen kein Problem. Denn auf so genaue Zeit kam es noch nicht an. Erst mit der Entwicklung von Wissenschaft und Technik entstand die Forderung nach einer äußerst genau gleichförmig ablaufenden Zeit, in der also alle Tage, Stunden, Minuten und Sekunden stets gleich lang sind. Trotzdem sollte dabei die Uhrzeit mit dem durch die Sonne bedingten natürlichen Tagesablauf etwa übereinstimmen.

Zur Lösung dieses Problems wurde eine Sonne „konstruiert“, die es in Wirklichkeit nicht gibt, sondern die nur als „gedachter Punkt“ existiert. Er heißt in der Fachsprache die mittlere Sonne. Davon unterschieden wird die wahre Sonne. Sie ist jene, die wir am Himmel wirklich sehen. Die mittlere Sonne hingegen ist ein „Phantasieprodukt“, das nur in Gedanken vorhanden ist. Genauer gesagt: Sie ist ein Rechenergebnis. Man addierte nämlich die nach den Kulminationen der wahren Sonne ermittelten Längen aller Tage des Jahres und dividierte die Summe durch die Anzahl der Tage. Mit anderen Worten: Es wurde die *durchschnittliche* Länge der nach der wahren Sonne ermittelten Tageslängen des Jahres errechnet. Dieser Durchschnitt entspricht der Zeitspanne von 24 Stunden unserer Uhrzeit.

Warum alle Sonnenuhren falsch gehen

Die nach den Kulminationen der wahren Sonne gemessene Zeitspanne heißt wahrer Sonnentag, die nach der mittleren Sonne be-

stimmte Tageslänge mittlerer Sonnentag. Wahre Sonnentage sind also ungleich lang, der mittlere Sonnentag ist dagegen immer gleich lang, nämlich 24 Stunden unserer Uhrzeit. Die nach der wahren Sonne gemessene Zeit nennt man wahre Sonnenzeit, die nach der mittleren Sonne gemessene mittlere Sonnenzeit. Wahre Sonnenzeit zeigen die Sonnenuhren an, die mittlere Sonnenzeit unsere gebräuchlichen Uhren, vorausgesetzt, sie gehen richtig. Die Länge des tropischen Jahres ist nach mittleren Sonnentagen berechnet.

Nur an vier Tagen des Jahres stimmen wahre und mittlere Sonnenzeit überein: am 16. April, 14. Juni, 2. September und



Sonnenuhr

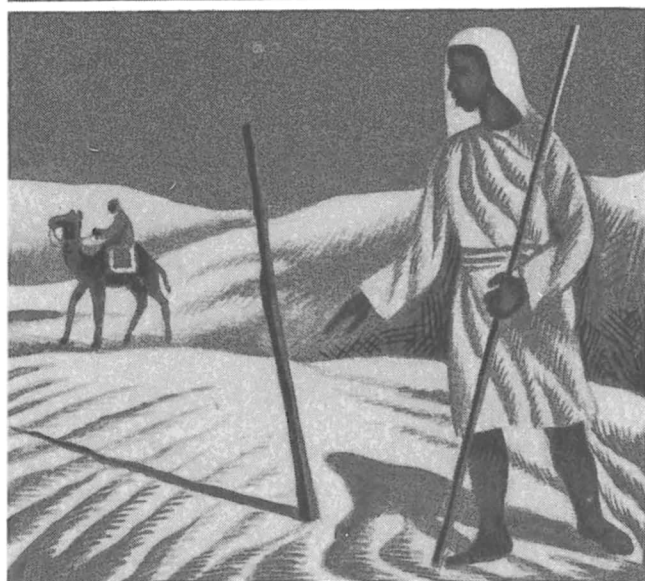
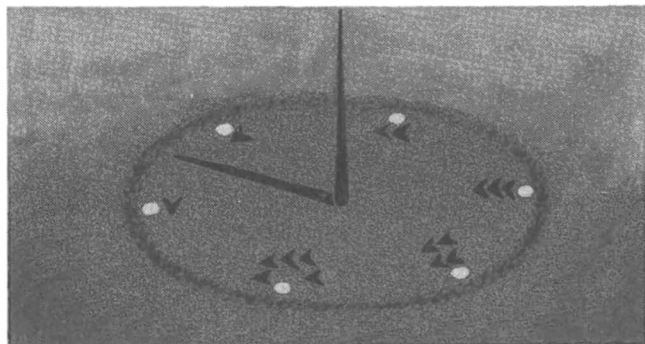
26. Dezember. (Die Daten können sich im Laufe der Jahre geringfügig verschieben.) An diesen Tagen stimmen Sonnenuhren also ausnahmsweise mit unseren „richtigen“ Uhren überein, an allen anderen Tagen gehen sie falsch. Die größten Differenzen zwischen wahrer und mittlerer Sonnenzeit treten am 12. Februar und am 4. November auf. Am 12. Februar geht eine nach mittlerer Sonnenzeit laufende Uhr gegenüber der wahren Sonnenzeit um 14,3 Minuten vor. Am 4. November geht sie um 16,4 Minuten nach. Auch diese Daten können sich etwas verschieben.

Die wahre Sonnenzeit interessiert für die allermeisten Zwecke heute überhaupt nicht mehr, aber völlig bedeutungslos ist sie nicht. Seeleute, die nach dem Stand der Sonne feststellen möchten, wo sich ihr Schiff befindet, sowie Astronomen müssen die wahre und die mittlere Sonnenzeit kennen. Freilich führen sie zu diesem Zweck keine Sonnenuhren mit. Es gibt Tabellen, aus denen für jeden Tag die Differenz zwischen der wahren und der mittleren Sonnenzeit abzulesen ist. Wer die mittlere Sonnenzeit kennt, über die uns jede richtiggehende Uhr informiert, kann also mit Hilfe der Tabelle auch die wahre Sonnenzeit ermitteln.

Die heute gebräuchliche Uhrzeit richtet sich also nicht mehr nach der täglich zu beobachtenden scheinbaren Bewegung der Sonne am Himmel, sondern nach einem Mittelwert der verschiedenen Sonnenbahnen sämtlicher Tage eines Jahres. Dabei läßt man den Tag allerdings nicht mit der oberen Kulmination der mittleren Sonne beginnen, sondern mit der unteren, also mit dem tiefsten Punkt der gedachten Sonne unter dem Horizont. Dann ist Mitternacht, 0.00 Uhr mittlerer Sonnenzeit. Würden wir die obere Kulmination als Zeitmarke benutzen, dann wechselte das Datum mitten am Tag, was sehr unpraktisch wäre.

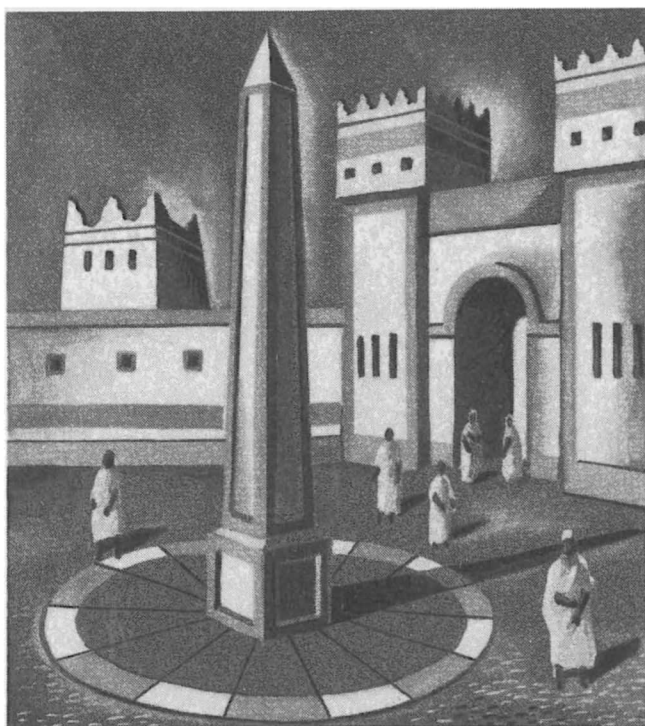
Die Urgeschichte der Uhr

Die Einteilung der Zeit in Jahre, Monate, Wochen und Tage reichte schon vor Jahrtausenden für den geregelten Arbeitsablauf allein nicht aus. Der Tag mußte in noch kleinere Zeitabschnitte



Sumerischer Schattenstab
und Gnomon

unterteilt werden. Die erste „Uhr“ war vielleicht ein in den Sand gesteckter Hirtenstab. Aufmerksamen Beobachtern dürfte dabei aufgefallen sein, daß sich Länge und Richtung seines Schattens im Verlaufe des Tages änderten. Irgendwann kam jemand auf die Idee, absichtlich einen Stab senkrecht aufzustellen, um aus seinem Schatten die Tageszeit abzulesen.

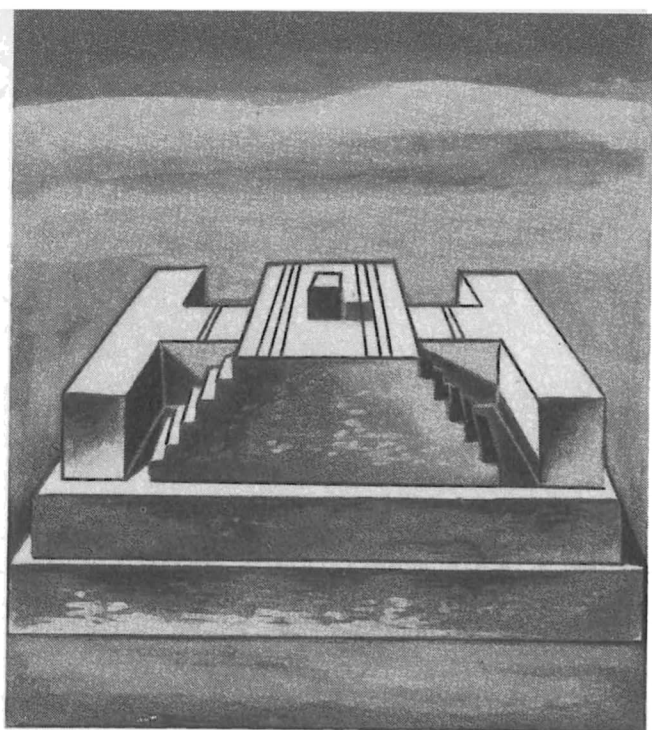


Obelisk

Als der Tag 60 Stunden hatte

Dabei gliederten die Sumerer, die ältesten nachweisbaren Bewohner des Landes zwischen den vorderasiatischen Flüssen Euphrat und Tigris, schon vor 7000 Jahren die Fläche um den Schattenstab in 6 gleiche Teile und jeden davon nochmals in 10 Teile. So hatte der Tag der Sumerer 60 Stunden.

Die alten Ägypter rechneten dagegen bereits nach dem 24-Stunden-Tag. Ihnen dienten unter anderem kunstvolle Säulen, Obelisken genannt, als Sonnenuhren. Es gab auch tragbare Treppensonnenuhren (siehe Abbildung). Wurden sie in Ost-West-Richtung aufgestellt, dann fiel bei Sonnenaufgang der Schatten ihres Mittelklotzes auf die Vorderkante der obersten Stufe, wanderte bis zum Mittag zur tiefsten und stieg vom Mittag zum Sonnenuntergang an der entgegengesetzten Treppe wieder aufwärts. Von den Ägyptern übernahmen die Griechen die Sonnenuhren und verbesserten sie. Bei ihnen hieß der Schattenstab Gnomon, das bedeutet: etwas, das zu einer Erkenntnis verhilft. Im alten Rom gab es Sonnenuhren ab



Tragbare
Treppensonnenuhr

etwa 300 v. u. Z. Doch besaß nicht wie heute jeder eine Uhr. Deshalb mußte ein dafür beauftragter Beamter die Stunden ausrufen.

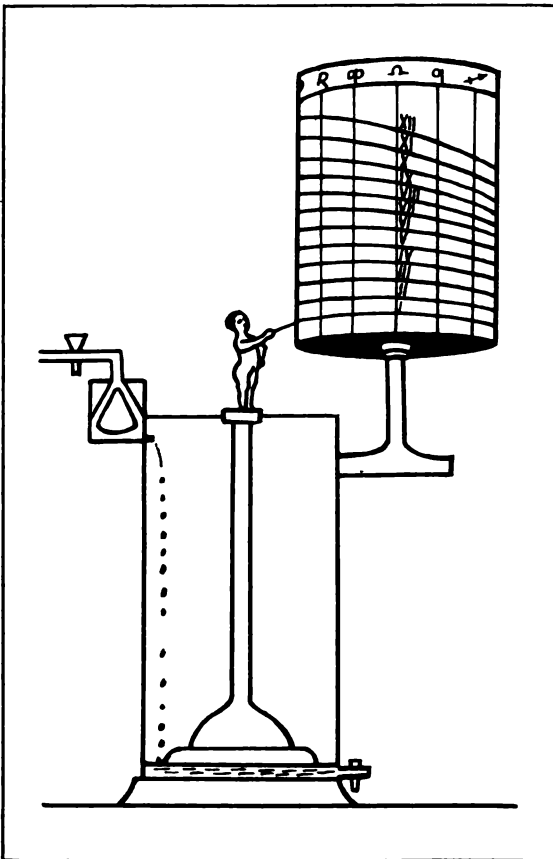
„Mach es wie die Sonnenuhr, zähl die heitren Stunden nur“, heißt ein Sprichwort. Es kennzeichnet zugleich den Nachteil dieses Zeitmessers. Er „geht“ nur, wenn die Sonne scheint. Deshalb wurden schon im Altertum andere Arten von Uhren erfunden. Weit verbreitet waren Wasseruhren: Aus einem Becken lief Wasser in ein darunter befindliches Gefäß, in dem daher mit fortschreitender Zeit der Wasserspiegel anstieg. Ein darauf schwimmender „Zeiger“ gab an einer Skale die Zeit an.

Langsame und schnelle Stunden

Das Bedürfnis nach einer so streng genauen Zeit, wie sie heute gefordert wird, bestand im Altertum noch nicht. Es war auch noch nicht möglich, äußerst präzise gehende Uhren zu bauen. Auch kam es nicht darauf an, ob die Zeit stets gleich schnell ablief.

Begriffe wie wahre und mittlere Sonnenzeit waren unbekannt. Die alten Völker unterteilten ganz einfach die Zeit zwischen Sonnenaufgang und -untergang in 12 Stunden und die zwischen Sonnenuntergang und -aufgang ebenfalls. Da sich mit den Jahreszeiten die Länge der Tage und Nächte änderte, schwankte auch die Länge der Stunden. Solche Stunden, die den 12. Teil der jeweiligen Tagesbeziehungsweise Nachtzeit bedeuteten, nennt man Temporalstunden.

Sie bereiteten den Erbauern von Wasseruhren einiges Kopfzerbrechen. Im Sommer mußte die Abflußöffnung des Vorratsbalkens verkleinert werden, damit die Flüssigkeit langsamer auslief. Im Winter war sie zu vergrößern. Diese Regulierung blieb ungenau. Ktesibios, der von 296 bis 228 in Alexandria, einem berühmten Kulturzentrum des alten Ägypten lebte, konstruierte deshalb eine verbesserte Wasseruhr (siehe Abbildung). Je weiter die Zeit



Die Wasseruhr des Ktesibios

voranschritt, um so höher stieg in einem Gefäß der Wasserspiegel und mit ihm ein Schwimmer. Auf diesem befand sich ein Männchen. Es zeigte auf die Kurvenlinie einer drehbaren Trommel. Die Linien dienten als Markierung für die Stunden. Ktesibios hatte sie so berechnet, daß sie die wechselnden Längen der Temporalstunden berücksichtigten.

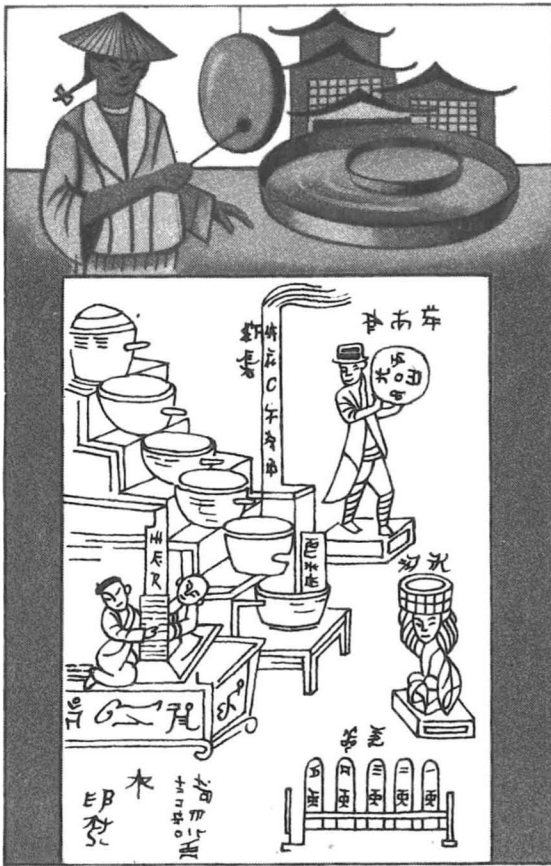
Die Wasseruhr des Ktesibios stellte eine Spitzenleistung antiker Zeitmeßtechnik dar. Die meisten anderen Wasseruhren waren einfacher und funktionierten dementsprechend ungenau. Wasseruhren gab es hauptsächlich in den Häusern der Reichen. Ein Sklave hielt sie in Gang, füllte Wasser nach und regulierte die Auslauföffnung.

In Assyrien, einem fruchtbaren Land am Mittellauf des Tigris, wurden schon 631 v. u. Z. öffentliche Wasseruhren aufgestellt. Dort konnte man sich die Zeit „holen“.

Der Wasserwecker

Platon (427–347 v. u. Z.), ein griechischer Philosoph, besaß einen Wasserwecker. In dem Einlaufgefäß schwamm eine Schale mit nach oben gewölbtem Boden, auf dem eine Metallkugel lag. Nach einer gewissen Zeit war die Schale durch den steigenden Wasserspiegel so weit angehoben, daß sie umkippte. Dabei rollte die Kugel in einen Auffangbehälter. Das ergab einen lauten metallischen Klang, der als Wecksignal diente.

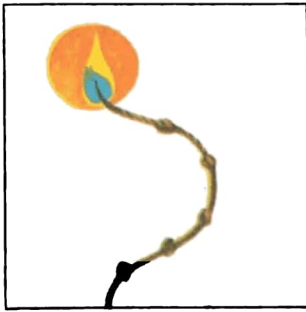
Sehr gebräuchlich waren Wasseruhren auch als Kurzzeitmesser. Die verbreitetste Art war die Klepsydra. Dieses griechische Wort bedeutet Wasserdiebin. Der Name weist darauf hin, daß das Wasser ganz langsam, „verstohlen“ abfloß. Waren zwei Gefäße übereinander angeordnet, so lief es aus dem oberen in das untere. Drehte man die Klepsydra danach um, so begann das Spiel von neuem. Sie funktionierte also wie die noch heute in manchen Haushalten beim Eierkochen benutzte Sanduhr. Die Klepsydra „ging“ aber nicht nur 5 Minuten wie die „Eieruhr“, sondern länger. Im alten Rom nannte man sie „Zügel der Beredsamkeit“, weil man sie dort verwendete, um bei öffentlichen Versammlungen die Zeit, in der ein Redner sprechen durfte, zu begrenzen.



Oben: Einlaufuhr mit
zwei Schalen;
unten: Auslaufuhr mit
übereinander angeordneten
Schalen
(beide aus dem alten China)

In dem alten chinesischen Reich waren Uhren verbreitet, bei denen auf einem Wasserbehälter eine Schale schwamm, die in der Mitte ein kleines Loch hatte. Durch dieses drang Wasser in die Schale. War sie genügend gefüllt, so sank sie auf den Boden des größeren Gefäßes. Ein Diener, dem es oblag, die Uhr ständig zu beobachten, mußte in diesem Moment den Gong schlagen, die kleine Schale wieder leeren und erneut auf den Wasserspiegel setzen.

In die nördlicheren Teile Europas kamen Wasseruhren zum ersten Mal vermutlich um das Jahr 800. Damals erhielt Kaiser Karl der Große eine sehr kunstvolle Wasseruhr als Geschenk des Kalifen von Bagdad Harun ar-Raschid.



Lunten-, Kerzen- und Öluhr

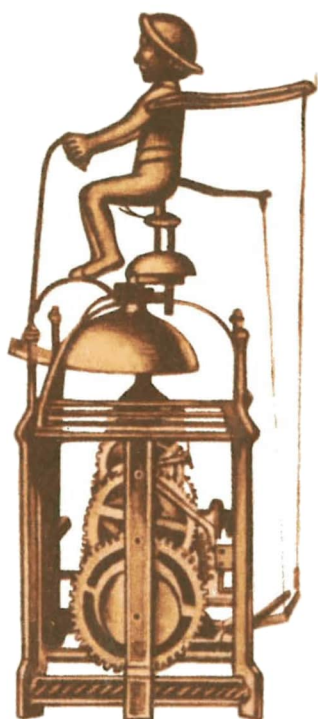
Wie man die Zeit riechen konnte

Die Chinesen benutzten als Uhren auch lange dünne Stäbchen. Sie waren aus pulverisiertem Holz gepreßt und brannten langsam ab, ähnlich wie Räucherkerzen. In den Stäbchen befanden sich Nägel. Sobald die Glut einen Nagel erreichte, fiel er heraus. Die Anzahl der freigegebenen Nägel zeigte an, wie viele Stunden vergangen waren. Mit einer anderen Uhr konnte man die Zeit sogar riechen. Denn die verschiedenen Teile des Stäbchens waren mit unterschiedlichen Duftstoffen getränkt, die beim Abbrennen nacheinander verdunsteten. Auch ölgetränkte Schnüre, in die Knoten geschlungen waren, dienten als Zeitmesser. Sie wurden von Soldaten auf Wache benutzt. Waren 10 Knoten verbrannt, erfolgte die Ablösung.

In Europa verwendeten Mönche brennende Wachskerzen als Uhren. Sie waren in bestimmten Abständen mit Ringen, Nägeln oder sogar kleinen Glocken versehen, die beim Abbrennen der Kerze auf einen Teller fielen und einen metallischen Klang erzeugten. Als Kombination von Nachtlicht und Uhr dienten Öllampen. An ihrem Ölbehälter befanden sich Stundenmarken, so daß aus dem verbliebenen Rest noch unverbrannten Öls die Zeit abzulesen war. Solche Uhren „gingen“ etwa 14 Stunden.

Am Anfang gab es nur den Stundenzeiger

Ein neuer Abschnitt der Zeitmeßtechnik begann um das Jahr 1000 mit den Räderuhren. Inzwischen hatten Anzahl und Größe der



Alte Räderuhr mit
Glocke; sie hatte noch kein Zifferblatt

Handwerksbetriebe erheblich zugenommen. Die Städte wuchsen, und der Handel entfaltete sich. Dadurch entstand auch das Bedürfnis nach genauerer Zeitmessung. Räderuhren entsprachen diesem Verlangen besser als andere. Wahrscheinlich wurden sie etwa zur gleichen Zeit unabhängig voneinander an mehreren Orten erfunden. Zu ihrem Namen kamen sie, weil ihr Werk viele Zahnräder enthält. Damals baute man sie aus Schmiedeeisen. Da sie Durchmesser bis zu 1 Meter hatten, paßten diese Uhren nur in die Türme von Kirchen und Rathäusern. Das Werk wurde durch große Massestücke, beispielsweise große Feldsteine, angetrieben. Sie hingen an einem Seil und sanken in 24 Stunden etwa 10 Meter tiefer. Es war eine schwere Arbeit, die Turmuhr aufzuziehen.

Das oblag dem Türmer. Er wohnte in der Turmstube und hatte das Stundenrad zu beobachten. Sobald es um einen Zahn weitergeschaltet war, mußte er eine Glocke anschlagen und die Stunde ausrufen. Denn die Räderuhren hatten damals weder Zeiger noch Zifferblatt, auch kein Gehäuse. Aus dieser Zeit rührt die Redensart, daß man „weiß, was die Glocke geschlagen hat“. Erst im 14. Jahrhundert kamen Zifferblatt und Zeiger auf, jedoch vorerst nur der



Kombinierte Sand- und
Räderuhr mit
Stundenzeiger

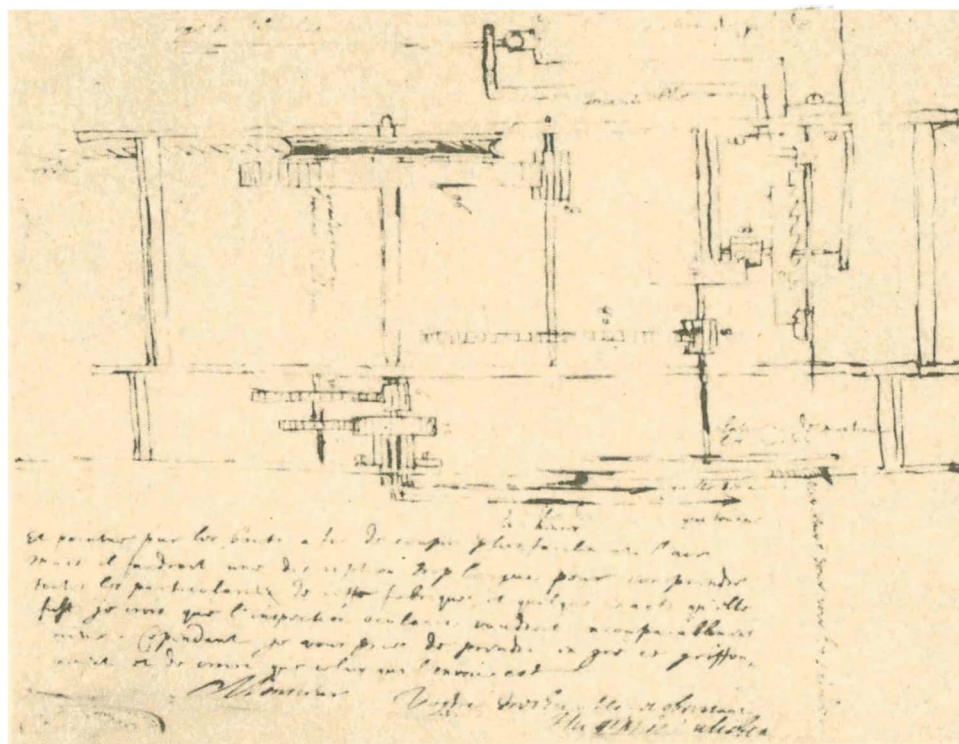
Stundenzeiger. Auf die Minute kam es immer noch nicht an. Später erhielten die Uhren ein Schlagwerk, bei dem zu jeder vollen Stunde automatisch eine Glocke ertönte.

Die Räderuhren ermöglichten zwar, den Tag in 24 gleich lange Stunden einzuteilen. Doch hielt man noch lange an den Temporalstunden fest, so daß der Gang der Uhren je nach Jahres- und Tageszeit schneller oder langsamer eingestellt werden mußte. Das war bei der damaligen Konstruktion der Räderuhren leicht möglich. Daneben gab es eine Zählweise, bei der im Sommer der Tag in 16 und die Nacht in 8 Stunden gegliedert wurde, im Winter umgekehrt. Erst seit dem 15. Jahrhundert setzte sich die Einteilung in zweimal 12 Stunden gleicher Länge durch.

Wie es zu Minuten und Sekunden kam

Im 16. Jahrhundert erhielten die großen Uhren auch einen Minutenzeiger und ein Zifferblatt mit entsprechend feiner Teilung. Zu dem Bedürfnis nach genauerer Zeit trug besonders der

Postkutschen-Verkehr bei. Die Abfahrtszeiten sollten pünktlicher eingehalten werden. Die Räderuhren gingen aber noch täglich mehrere Minuten vor oder nach. Die Sekunde wurde erst später von den Astronomen eingeführt, um die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kulminationen der Sterne exakter zu bestimmen. Dafür waren auch Uhren nötig, die wesentlich genauer als die Räderuhren gingen.



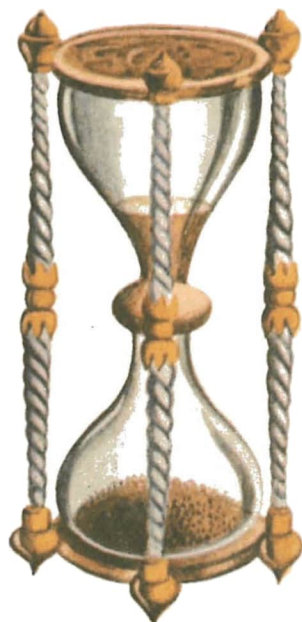
Skizze eines Uhrenmechanismus von Christian Huygens

Die Geschichte der Präzisions-Zeitmeßtechnik begann damit, daß dem Italiener Galileo Galilei 1583 bei einem Besuch der Kathedrale von Pisa auffiel, daß die Kronleuchter sehr gleichmäßig hin und her schwangen. Das regte ihn zu Experimenten an, bei denen er die Gesetze der Pendelbewegung entdeckte. Pendel gleicher Länge schwingen in gleicher Zeit hin und her. Die Dauer der Schwingungsperiode ist um so größer, je länger das Pendel. Jetzt lag der Gedanke nahe, Pendel zur Zeitmessung zu verwenden.

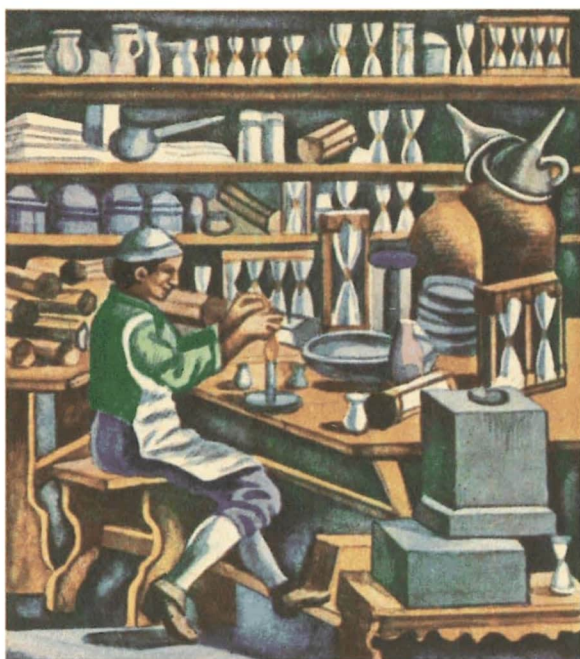
Galileis Sohn verwirklichte die Idee. Unabhängig von ihm schuf auch der Niederländer Christian Huygens 1657 eine Pendeluhr. Später wurden viele Verbesserungen ersonnen. Seit dem 18. Jahrhundert konnte die Ganggenauigkeit so gesteigert werden, daß die besten Pendeluhrn nur noch Abweichungen von etwa $1/1000$ Sekunde je Tag aufwiesen. Derart genaue Zeitmesser standen allerdings nur in den Sternwarten. Für den Hausgebrauch dienten einfache Uhren mit täglichen Gangfehlern von einigen Minuten.

Amerika wurde mit der Sanduhr entdeckt

Außer den Astronomen benötigten die Seefahrer genaue Zeit, um ihre Positionen festzustellen. Schon ein Fehler von 2 Minuten führt zu einer erheblichen Abweichung der Ortsbestimmung. Pendeluhrn sind auf See wegen der durch die Wellen verursachten Schiffsbewegungen jedoch ungeeignet. Lange Zeit gab es in der Seefahrt keinen besseren Zeitmesser als die im 13. oder 14. Jahrhundert in Europa erfundene Sanduhr. Sie besteht aus zwei mit ihren Spitzen aneinandergesetzten hohlen Kreiskegeln. Aus dem oberen rann feiner Sand in den unteren. Man durfte nicht den



Sanduhr



Werkstatt eines
Sanduhrenmachers um 1690

Moment verpassen, in dem der obere gerade vollständig geleert war. Dann mußte die Uhr umgedreht werden. Dabei wurde die Stunde ausgerufen. Sanduhren, die eine Stunde liefen, hießen daher auch Stundengläser. Die Zeitbestimmung wurde in der Seemannssprache deshalb als Glasen bezeichnet.

Noch bei den großen Entdeckungsreisen des 15. und 16. Jahrhunderts haben die Seefahrer sie benutzt. Christoph Kolumbus, der 1492 Amerika erreichte, hatte eine Halbstunden-Sanduhr an Bord.

Selbst wenn das Stundenglas stets rechtzeitig umgedreht wurde, schlichen sich mit zunehmender Zeit immer größere Fehler ein. Als 1700 auf einer Nordlandfahrt wegen ständiger Bewölkung neun Tage lang keine Positionsbestimmung nach der Sonne und den Sternen möglich war, summierte sich der Fehler auf 11 Stunden.

Das Bedürfnis, über seetüchtige Präzisionsuhren zu verfügen, wurde folglich immer dringlicher. Deshalb schrieb die englische Admiralität einen hohen Geldpreis für die Erfindung eines Schiffschronometers (Chronometer = Zeitmesser) aus, das eine genaue Ortsbestimmung ermöglichte. Den Preis gewann der englische

Uhrmacher John Harrison. Auf einer Seereise von England nach Westindien und zurück im Jahre 1761 ging seine Uhr in 161 Tagen um nur wenige Sekunden falsch. Moderne Marinechronometer haben Abweichungen von etwa 1/100 Sekunde je Tag.

Der Zeitpunkt, zu dem ein astronomisches Ereignis wie zum Beispiel die Kulmination eines Sterns an einem bestimmten Ort der Erde – etwa in London – eintritt, ist mit großer Genauigkeit vorherzuberechnen. Wird an Bord des Schiffes eine Uhr mitgenommen, welche die Londoner Zeit genau anzeigt, so ist aus dem Zeitpunkt, zu dem die Kulmination am Ort des Schiffes stattfindet, dessen Abstand von London in Längengraden zu errechnen.

Analog den 360 Bogengraden des Kreises ist die Erdkugel mit einem Netz von 360 Längengraden, auch Meridiane genannt, überzogen. Das sind gedachte Linien, die von Pol zu Pol verlaufen. Wir sehen sie auf den Landkarten im Atlas. Dazu kommen noch Breitengrade, welche die Erde von Norden nach Süden unterteilen, je 90 nördlich und südlich des Äquators. Man kann jeden beliebigen Ort auf der Erde durch Angabe seines Längen- und Breitengrades eindeutig bestimmen. Der Längengrad des Ortes, an dem sich ein Schiff befindet, ist – wie oben angedeutet – mit Hilfe genauer Zeit und der Beobachtung von Himmelskörpern zu ermitteln. Auch der Breitengrad ist aus der Position von Himmelskörpern in Verbindung mit genauer Zeit festzustellen.

Diese Methode der Navigation durch „Uhrentransport“ wurde bereits 1510 von dem Spanier Santa Cruz vorgeschlagen, konnte aber zunächst nicht angewendet werden, weil es keine genau gehenden Uhren gab. Schon ein Fehler der Uhrzeit von nur 1 Minute ergäbe in unseren geographischen Breiten einen Fehler der Ortsbestimmung um etwa 15 Kilometer in westöstlicher Richtung, am Äquator sogar von 27,6 Kilometern. Heute führen Schiffe Chronometer allerdings nur noch als Reserve für den Fall mit, daß infolge eines Defekts die Geräte für Funk-Navigation ausfallen.

Wie spät ist es in London, Moskau, New York und anderswo?

Wenn die Berliner in der Silvesternacht Punkt 24 Uhr auf das neue Jahr anstoßen, ist es in Moskau bereits 2 Uhr. Die Londoner müssen noch 1 Stunde warten, bis für sie das neue Jahr beginnt, und die New-Yorker sogar 6 Stunden. Der Uhrzeit-Stand ist also nicht überall derselbe. Da sich die Erde dreht, gelangen die verschiedenen Erdteile und Länder nacheinander in den Tag- oder Nachtbereich. Wenn die Uhrzeit mit dem Tagesablauf von Morgen, Mittag, Abend und Nacht ungefähr übereinstimmen soll, müssen daher Orte, die in westöstlicher Richtung weit voneinander entfernt sind, verschiedene Uhrzeiten haben.



Tischpendeluhr
aus dem Jahre 1760 mit
Schlagwerk für volle
und halbe Stunden

Wir lasen bereits, daß die Erde mit einem Netz von 360 Längengraden überzogen ist. Es läßt sich leicht errechnen, um wieviel sich der Zeitstand von einem Meridian zum nächsten verschiebt. Ein Tag hat $24 \cdot 60$ Minuten = 1440 Minuten. Dividieren wir 1440 Minuten durch 360, so erhalten wir eine Zeitdifferenz von 4 Minuten zwischen Orten, die auf benachbarten Längengraden liegen. Zwischen jeweils 15 Meridianen besteht eine Ortszeit-Differenz von 1 Stunde.

Bis vor gar nicht so langer Zeit hatte tatsächlich jeder Ort, der auf einem anderen Längengrad liegt, auch eine andere Uhrzeit. Wenn man zum Beispiel mit der Eisenbahn von Berlin nach Görlitz fuhr, mußte man dort seine Uhr um rund 6 Minuten vorstellen. Denn die Görlitzer Zeit war der Berliner um 6,3 Minuten voraus. Im Zeitalter der Postkutsche störte das noch nicht. Denn auf die Minute genau konnte die Fahrzeit auf größeren Strecken sowieso nicht eingehalten werden. Außerdem besaßen die wenigsten Menschen eine so genau gehende Uhr.

Mit der zunehmenden Verbreitung der Eisenbahn wurde das Ortszeiten-Wirrwarr aber unerträglich. Beim Aufstellen der Fahrpläne mußten nicht nur die Fahrzeiten, sondern auch die Ortszeit-Unterschiede berücksichtigt werden. Dennoch blieben die Ortszeiten noch lange gebräuchlich. Erst 1884 beschloß eine internationale Konferenz, für größere Gebiete einheitliche Zeiten einzuführen. Die Erde wurde in westöstlicher Richtung in Zeitzonen eingeteilt. An allen Orten innerhalb derselben Zone sollte nun die gleiche Zeit gelten. Auf der ganzen Erde dieselbe Uhrzeit einzuführen, wäre unzweckmäßig, denn in den meisten Gebieten würde dann der Uhrzeit-Stand nicht mehr mit der Tageszeit übereinstimmen. Um 6 Uhr könnte es nicht nur Morgen, sondern ebenso gut Mittag, Abend oder Nacht sein.

In den Staaten, die um den 0. Längengrad liegen, gilt die Westeuropäische Zeit (WEZ), in denen um den 15. östlichen Längengrad die Mitteleuropäische Zeit (MEZ) und in denen um den 30. östlichen Längengrad die Osteuropäische Zeit (OEZ). Daran schließen sich viele weitere Zeitzonen rund um die Erde an. Sie sind auf Seite 76 zusammengestellt. Die Grenzen zwischen den Zeitzonen verlaufen aber höchstens ausnahmsweise entlang den Längengraden. Sie richten sich meist nach den Grenzen von Staaten oder anderen größeren Verwaltungsgebieten.

Die Ortszeiten sind also heute durch die Zonenzeiten abgelöst. Für einige wenige Zwecke ist die Ortszeit aber noch von Interesse. In der Umgangssprache wird allerdings zwischen Ortszeit und Zonenzeit nicht mehr sauber unterschieden. Wenn es beispielsweise in einer Zeitungsmeldung heißt, ein Ereignis habe um 6 Uhr New-Yorker Ortszeit stattgefunden, so ist damit in Wirklichkeit die dortige Zonenzeit gemeint.

Kommen wir bei dieser Gelegenheit noch einmal auf die Sonnenuhr zurück! Nur an allen Orten, die genau auf dem 0., 15., 30. und so weiter Längengrad liegen, stimmen Zonenzeit und Ortszeit überein. Das schränkt die Richtigkeit ihrer Zeitangabe noch mehr ein, als es bereits früher geschildert wurde. Denn die Sonnenuhr zeigt die wahre Ortszeit an. Zwar stimmen an vier Tagen des Jahres mittlere und wahre Sonnenzeit überein. Doch besteht auch an diesen vier Tagen eine Übereinstimmung mit der Zonenzeit nur bei Sonnenuhren, die genau auf dem für die betreffende Zeitzone ausschlaggebenden Längengrad aufgestellt sind!

Was ist die Weltzeit?

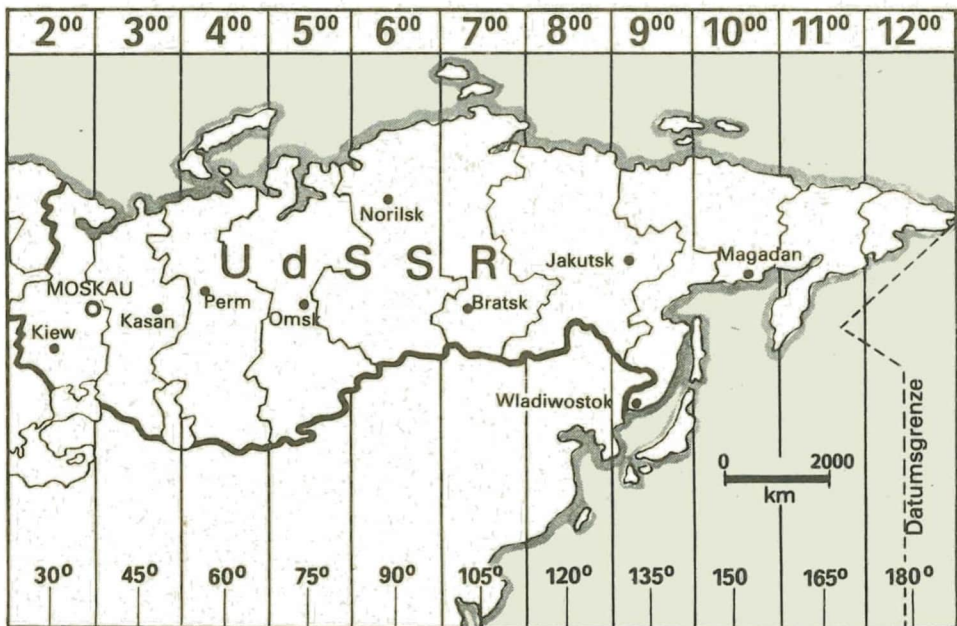
Die Längengrade werden vom Nullmeridian aus gezählt. Er verläuft durch Greenwich (sprich: grienitsch), einem Vorort Londons. Dort befand sich früher eine berühmte Sternwarte, die für die Navigation auf See (die Ortsbestimmung und das Festlegen des einzuschlagenden Kurses) besondere Bedeutung hatte. Ihre einstige Vorrangstellung kommt noch heute darin zum Ausdruck, daß die Greenwich-Zeit als Weltzeit gilt. Für bestimmte Zwecke, zum Beispiel in der Astronomie und bei der Navigation, ist es nämlich doch vorteilhaft, weltweit nach einer einheitlichen Uhrzeit zu rechnen. Dafür wird die sogenannte Weltzeit benutzt, auch Greenwich Mean Time (GMT) genannt. Das bedeutet: mittlere Sonnenzeit von Greenwich. Die Funkamateure rechnen ebenfalls nach GMT, wenn sie mit ihren Partnern Sendezeiten verabreden.

Nach Zonenzeiten wurde übrigens – obwohl 1884 offiziell beschlossen – erst mit jahrelangen Verspätungen in den einzelnen Ländern wirklich verfahren. Inzwischen ist man zum Teil schon wieder von ihnen abgewichen. So müßte zum Beispiel in Moskau die OEZ gelten, die um nur 1 Stunde von der MEZ abweicht. In Wirklichkeit ist es dort aber 2 Stunden später als in Berlin. Für die Sowjetunion wurde nämlich 1930 die sogenannte Dekretzeit eingeführt. Dabei ist die Uhr um 1 Stunde gegenüber der OEZ vorgestellt worden. Großbritannien hatte – um sich an die Länder des europäischen Kontinents anzupassen – einige Jahre die MEZ eingeführt, obwohl dort die WEZ gelten müßte. Inzwischen ist es

aber wieder zur WEZ zurückgekehrt. Auch Frankreich hat sich der MEZ angeglichen und ist dabei geblieben.

In vielen Ländern gilt heute während der sommerlichen Jahreshälfte eine ebenfalls von der normalen Zonenzeit abweichende Sommerzeit. Dabei wird an einem vereinbarten Tag Ende März während der Nacht die Uhr um 1 Stunde vorgestellt. Ende September erfolgt die Rückkehr zur eigentlichen Zonenzeit, wobei eine Nachtstunde doppelt gezählt wird. Die Sommerzeit dient der Einsparung elektrischer Energie für die Beleuchtung, denn das Tageslicht wird besser ausgenutzt.

Obwohl der Tag seit Jahrtausenden in 24 Stunden eingeteilt wird, ist es erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit üblich, die Stunden nach 12 Uhr mit den Zahlen 13 bis 24 zu bezeichnen. Früher hieß es beispielsweise: 6 Uhr morgens, 11 Uhr vormittags, 12 Uhr mittags, 3 Uhr nachmittags, 6 Uhr abends, 12 Uhr nachts und so weiter. Bei der Deutschen Reichsbahn wird erst seit dem 15. Mai 1927 die Zeitangabe nach der 24-Stunden-Zählung vorgeschrieben. (Der Buchstabe h ist die Abkürzung für das lateinische Wort hora = Stunde.)



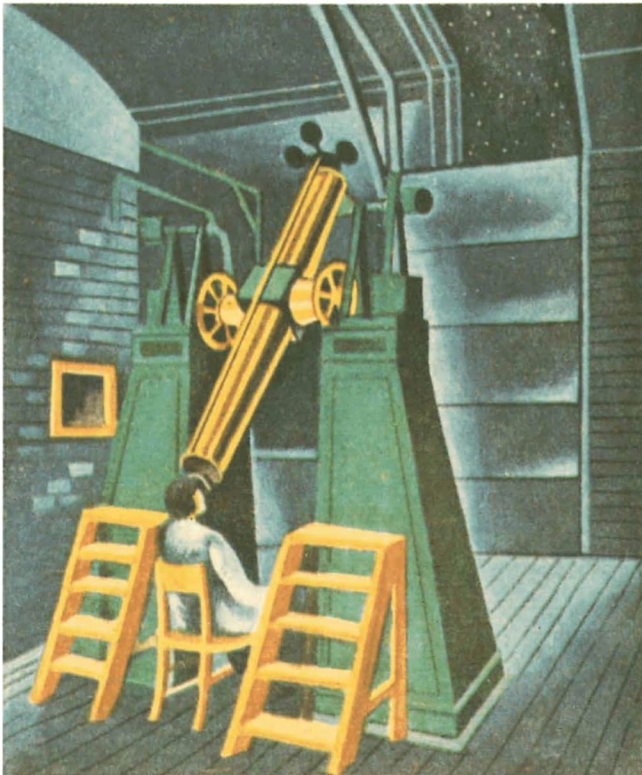
Zeitzone der Sowjetunion

Warum hat der Tag 24 Stunden?

Da wir sonst nach dem Dezimalsystem rechnen, ist es merkwürdig, daß der Tag nicht in 10 oder 20 Stunden unterteilt wird. Die 24-Stunden-Gliederung geht auf die Babylonier und andere alte Völker zurück, die das Sexagesimalsystem benutzten. Darin war 60 die Grundzahl, und 12 sowie 15 als Bruchteile von 60 hatten ebenfalls besondere Bedeutung. Das Dezimalsystem wurde von den alten Indern erfunden und gelangte später über Vorderasien nach Europa. Vorschläge, eine dezimale Zeiteinteilung einzuführen, wurden öfter unterbreitet. So sollte zusammen mit dem schon erwähnten französischen Revolutionskalender auch der 24-Stunden-Tag als Überbleibsel vergangener Epochen abgeschafft und durch die Gliederung des Tages in 10 Stunden zu je 100 Minuten ersetzt werden. 1 Stunde der dezimalen Zeit entsprach 2 Stunden und 24 Minuten der 24-Stunden-Zeit, 1 dezimale Minute 1 Minute und 26,4 Sekunden. Aber diese Neuerung konnte sich ebensowenig durchsetzen wie der Revolutionskalender.

Wie es zur Atomsekunde kam

Mit dem Fortschritt von Wissenschaft und Technik stiegen die Anforderungen an die Zeitmeß-Genauigkeit weiter. Es kam auch immer mehr darauf an, daß die Zeit stets genau gleich schnell abläuft oder, anders ausgedrückt, daß jede Sekunde absolut gleich lang ist wie alle anderen. Denn nur dann sind Messungen, die zu verschiedenen Zeiten erfolgten, miteinander vergleichbar. Um das zu gewährleisten, mußte eine genaue Festlegung darüber getroffen werden, welcher Zeitraum als Sekunde zu betrachten ist. Lange Zeit galt der 86 400. Teil des mittleren Sonnentages als Sekunde. Damit hing die Sekundenlänge von der Umdrehungszeit der Erde ab. Sie war – wie es in der Fachsprache heißt – an die Rotation der Erde angeschlossen. Die Umdrehungszeit ist – wie wir bereits wissen – mit Hilfe der Sterne und eines speziellen Fernrohrs sowie entsprechend genauer Uhren sehr präzise zu messen.



Spezialfernrohr der Sternwarte Pulkowo bei Leningrad zur Beobachtung des Meridian-Durchgangs von Sternen. Mit ihm kann die Rotationszeit der Erde sehr genau gemessen werden

Der Erdball ist unpünktlich

Im vorigen Jahrhundert, als es bereits sehr gute Pendeluhrn gab, kamen Zweifel daran auf, ob sich die Erde wirklich mit gleichbleibender Geschwindigkeit dreht. Die seit den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts gebauten Quarzuhrn lieferten dann den eindeutigen Beweis, daß unser Planet „unpünktlich“ ist und seine Rotationszeit geringfügig schwankt. Dabei treten verschiedene Arten von Unregelmäßigkeiten auf. Erstens erfolgt eine dauernde, sehr allmähliche Verlangsamung. So wird für die vergangenen zwei Jahrtausende mit einer Zunahme der Umdrehungszeit um 0,0023 Sekunden je Jahrhundert gerechnet. In den jüngsten 250 Jahren betrug sie nur noch 0,0016 Sekunden je Jahrhundert.

Vor vielen Millionen Jahren waren die Tage also kürzer. Es fanden sich sogar beweiskräftige Anzeichen dafür, daß beispielsweise vor 370 Millionen Jahren der Erdentag nur etwa 22 Stunden heutiger Zeitrechnung dauerte. Die stetige Verlangsamung der Rotationsgeschwindigkeit wird hauptsächlich durch die Bewegung der Meere bei Ebbe und Flut bewirkt. Dabei entsteht eine bremsende Reibung sowohl innerhalb der Wassermassen selbst als auch zwischen Wasser und Meeresboden sowie zwischen Wasser und Land.

Außerdem gibt es unregelmäßige Veränderungen der Umdrehungszeit. 0,004 Sekunden betrugen sie zum Beispiel in den Jahren 1933/34. Ursache hierfür sind wahrscheinlich Verlagerungen von zähflüssigen Materiemassen im Inneren der Erde. Ferner treten regelmäßige Schwankungen um etwa 0,001 Sekunden auf. Sie sind durch die mit den Jahreszeiten wechselnden Wettervorgänge bedingt. Die Rotationsbewegung der Erde wird beeinflusst, wenn beispielsweise große Mengen Wasser in Form von Wolken aus der Erdbodennähe in Höhen von tausend und mehr Metern aufsteigen oder gigantische Luft- und Wolkenmassen in westliche oder östliche Richtung geweht werden. Dazu kommen noch kleinere Unregelmäßigkeiten, weil sich die Lage der Erdachse geringfügig ändert.

Wo es auf Millionstelsekunden ankommt

Schwankt die Umdrehungszeit der Erde und somit die Länge des mittleren Sonnentages, so ändert sich folglich auch die Länge der Sekunde. Denn jeder Tag hat ja eine gleichbleibende Anzahl von 86400 Sekunden. Die Schwankungen der Sekundenlänge sind zwar so klein, daß sie für die Alltagspraxis keine Bedeutung haben und auch für die Technik vergangener Zeiten keinerlei Rolle spielten. Heute kommt es für manche Zwecke aber auf Millionstelsekunden an.

Betrachten wir als besonders einfaches Beispiel dafür den Ultraschall(UKW)-Rundfunk! Die Sender strahlen elektromagnetische Wellen mit Frequenzen (Schwingungszahlen) zwischen etwa 80 und 100 MHz (= Megahertz = Millionen Hertz) aus. 1 Hertz bedeutet: 1 Schwingung je Sekunde, 100 MHz sind also 100000000 Schwingungen je Sekunde. Um diese Frequenz kontrollieren zu können, muß die Länge der Sekunde bis auf Millionstel genau festgelegt und meßbar sein. In der Radartechnik, mit deren Hilfe Schiffe, Flugzeuge, Raketen und andere Objekte schon auf große Entfernungen zu bemerken sind, werden sogar Frequenzen von Milliarden Hertz (= Gigahertz = GHz) verwendet.

Nicht nur für die Kontrolle der Radarfrequenzen selbst ist höchste Genauigkeit erforderlich, sondern auch für die Entfernungsbestimmung der georteten Objekte. Denn ihr Abstand wird aus der Zeit errechnet, welche die ausgesandte Funkwelle für den Weg von der Radarstation zum Objekt und von diesem zurück zur Radarantenne benötigt. Da sich Radiowellen wie das Licht mit einer Geschwindigkeit von etwa 300000 Kilometern in der Sekunde ausbreiten, sind die Laufzeiten sehr kurz. Schon ein Meßfehler von 1 Millionstelsekunde ergibt einen Entfernungsfehler von 150 Metern. Die Astronomen messen heute auch die Entfernung unserer Nachbarplaneten Venus und Mars sowie die des Mondes durch Radar, weil das zu genaueren Ergebnissen führt als bei anderen Verfahren.

Unerläßlich ist höchste Zeitmeß-Genauigkeit schließlich auch für die Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit selbst. Da in die Angabe dieser und anderer sehr hoher Geschwindigkeiten stets die

Zeiteinheit Sekunde eingeht, kann die Lichtgeschwindigkeit nur so exakt angegeben werden, wie die Länge der Sekunde definiert, das heißt festgelegt ist. Von der genauesten Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit hängt auch ab, ob Raumsonden beispielsweise den Mars oder die Venus erreichen.

Es gibt noch viele weitere wissenschaftliche und technische Probleme, deren Lösung höchste Zeitmeß-Genauigkeit erfordert.

Die alte Festlegung der Sekunde als 86400. Teil der Erdrotationszeit genügte dafür nicht mehr. Deshalb wurde 1956 die Sekunde neu definiert und an den Umlauf der Erde um die Sonne, also an das tropische Jahr angeschlossen. Diese Zeiteinheit heißt Ephemeridensekunde und die danach gemessene Zeit Ephemeridenzeit. Ephemeriden sind vorherberechnete Orte von Himmelskörpern. Da sich – wie schon erwähnt – auch die Länge des tropischen Jahres geringfügig ändert, mußte ein bestimmtes Jahr zugrunde gelegt werden. Die Ephemeridensekunde ist der 31 556 925,9747. Teil des tropischen Jahres 1900.

Was ist eine Atomuhr?

Abgesehen davon, daß die Länge des tropischen Jahres 1900 nicht eigentlich gemessen, sondern nach physikalischen Gesetzen berechnet wurde, war die Sekunde damit auf einen Naturvorgang bezogen, der nur einmal in der Vergangenheit stattfand und sich nicht in genau gleicher Weise wiederholt. Daher konnte die Sekundenlänge der Uhren danach nicht direkt kontrolliert werden. Viel günstiger wäre es, sie nach einem sich ständig, also auch heute und in der Zukunft noch wiederholenden Naturvorgang festzulegen, der immer mit gleicher Geschwindigkeit abläuft. Dadurch ist jederzeit zu kontrollieren, ob die am genauesten gehenden Uhren der Welt die richtige Sekundenlänge einhalten.

Einen solchen Naturvorgang gibt es bei den Himmelsobjekten nicht. Keine Bewegung eines Planeten, eines Mondes oder der Sonne erfolgt völlig unveränderlich. Aber im Bereich der kleinsten Teilchen der Materie fand sich eine geeignete Erscheinung. Die Atome des Zäsium 133 genannten Stoffes senden unter bestimmten Bedingungen ständig genau 9 192 631 770,0 elektromagnetische

Schwingungen je Sekunde aus. Die Zeitspanne, in welcher diese Anzahl von Schwingungen ausgestrahlt wird, definierte daher 1967 die XIII. Generalkonferenz für Maß und Gewicht neu als Sekunde. Die Zeitmessung, der diese Atomsekunde zugrunde liegt, heißt Internationale Atom-Zeit. In sogenannten Atomuhren wird Zäsium 133 zur Aussendung der erwähnten Schwingungen gebracht und danach die Ganggenauigkeit der Uhr kontrolliert. Atomuhren sind sehr komplizierte und teure Geräte. Es gibt nur wenige davon auf der Erde. Man braucht auch nicht viele, da ein Institut, das eine solche Uhr besitzt, viele andere Einrichtungen mit der genauesten Zeit „versorgen“ kann.

Absolut unveränderlich ist jedoch auch die Schwingungsfrequenz der Zäsiumatome nicht, da sie durch magnetische Kraftfelder und andere physikalische Erscheinungen beeinflusst wird. Doch sind die Abweichungen so gering, daß Atomuhren erst nach etwa 370 000 Jahren um höchstens 1 Sekunde vor- oder nachgehen. Mit dieser Genauigkeit müssen die Fachleute einstweilen zufrieden sein. Vielleicht finden sie in Zukunft einen Naturvorgang, der noch unveränderlicher abläuft.

Wie werden Millionstelsekunden angezeigt?

Für sehr genaue Zeitmessungen wird die Sekunde in noch kleinere Einheiten unterteilt. Sie sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt.

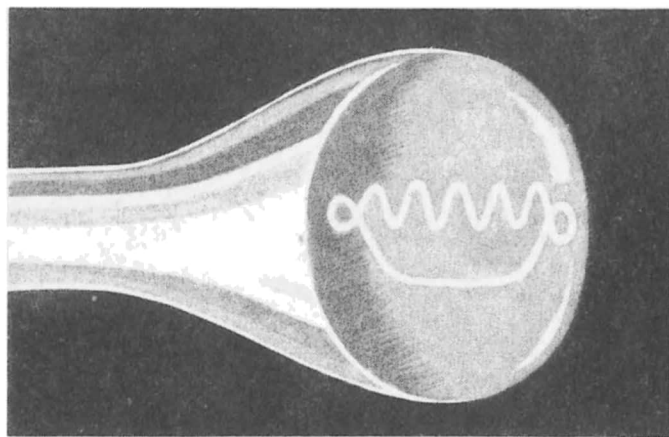
Einheit	Kurz- zeichen	Dauer
1 Millisekunde	ms	$1/1\,000\text{ s} = 0,001\text{ s}$
1 Mikrosekunde	μs	$1/1\,000\,000\text{ s} = 0,000\,001\text{ s}$
1 Nanosekunde	ns	$1/1\,000\,000\,000\text{ s} = 0,000\,000\,001\text{ s}$
1 Pikosekunde	ps	$1/1\,000\,000\,000\,000\text{ s} = 0,000\,000\,000\,001\text{ s}$

(μ – sprich: my – ist ein griechischer Buchstabe)

Derart winzige Zeitspannen lassen sich nicht durch Zeiger und Zifferblatt darstellen. Denn Zeiger können sich dafür nicht rasch genug drehen. Außerdem wäre das Auge nicht imstande, sehr

schnell aufeinanderfolgende Zeigerstellungen abzulesen. Äußerst beweglich ist dagegen ein „Lichtzeiger“. Er wird durch einen Elektronenstrahl erzeugt. Dieser besteht aus einer Salve vieler unvorstellbar winziger elektrisch geladener Teilchen, Elektronen genannt. Der Strahl kann durch magnetische und elektrische Kraftfelder blitzschnell abgelenkt, also waagrecht und senkrecht bewegt werden. Das erfolgt in einer luftleer gepumpten Oszillographenröhre. Sie ähnelt der Bildröhre des Fernsehempfängers. Der Strahl geht von dem hinteren Ende der Röhre aus, wird gebündelt, entsprechend abgelenkt und trifft dann auf die an der Vorderseite befindliche Leuchtstoffschicht, die wir beim Fernsehgerät den Bildschirm nennen. Bei seinem Auftreffen erzeugt der Strahl einen Lichtpunkt. Wenn er waagrecht oder senkrecht oder in beiden Richtungen zugleich abgelenkt wird, entsteht in der Leuchtstoffschicht eine Lichtspur.

Mit einer solchen Vorrichtung lassen sich sehr kleine Zeitspannen anzeigen. Betrachten wir dazu die Abbildung! Der Elektronenstrahl wurde durch elektrische Spannungen, die in der Sekunde 10 000 000mal ihr Vorzeichen – plus und minus – wechselten, also durch eine Wechselspannung mit einer Frequenz von 10 Megahertz, senkrecht abgelenkt und dabei gleichzeitig waagrecht bewegt. Dadurch entstanden die „Schlangenlinien“ der Leuchtspur. In der Fachsprache heißen sie Sinuskurven. Ihre Abstände voneinander signalisieren Zeitabstände von je 0,1 Mikrosekunden (= Millionstelsekunden), da innerhalb von 1 Mikrosekunde jeweils 10 Schwingungen erfolgen.



Leuchtspur
auf dem Bildschirm
eines Oszillographen.
Sie dient zur Anzeige
sehr kurzer Zeiten

Die Kurvenzüge auf dem Bildschirm beginnen im selben Moment wie der Vorgang, dessen Zeitdauer zu messen ist. In dem Augenblick, in dem er endete, wird der Strahl blitzschnell nach oben und wieder zurück zum Ausgangspunkt gelenkt. So entsteht eine obere nahezu gerade verlaufende Lichtspur, die sich über den Sinuskurven befindet. Das menschliche Auge sieht nicht, wie die Leuchtspur nacheinander entsteht, weil das viel zu schnell geschieht, als daß wir es im einzelnen verfolgen könnten. Wir sehen vielmehr die gesamte Leuchtfigur gleichzeitig. Die Spur leuchtet kurze Zeit nach und kann auch auf einem Foto festgehalten werden. Aus der Lichtspur ist abzulesen, wie lange der Vorgang dauerte: 4 Sinuskurven lang, also $4 \cdot 0,1$ Mikrosekunden = 0,4 Millionstelsekunden.

Es gibt noch andere Verfahren für die Anzeige sehr kurzer Zeiten. Da sie recht kompliziert sind, kann man sie nicht in Kürze beschreiben.

Bei solchen Messungen geht es übrigens höchstens ausnahmsweise darum, festzustellen, wie spät es in einem bestimmten Moment ist, also ob es zum Beispiel gerade 15 Uhr 31 Minuten 56,375689139 Sekunden oder schon 15 Uhr 31 Minuten 56,375689140 Sekunden ist. Meist soll nur die Zeitdauer eines bestimmten Vorgangs oder der zeitliche Abstand zwischen zwei Ereignissen – zum Beispiel dem Aussenden einer Radarwelle und der Rückkehr ihres Echos – festgestellt werden.

Im Bereich der kleinsten Teilchen der Materie sind Vorgänge bekannt, die nur 0,000000000000000000000001 Sekunden dauern. So kurze Zeiten können allerdings auch heute noch nicht im eigentlichen Sinne gemessen, sondern nur auf Grund bestimmter Eigenschaften der Teilchen nach physikalischen Gesetzen berechnet werden.

Zu Silvester eine Sekunde extra

Obwohl die Zeit heute durch Atomuhren bestimmt wird, sind astronomische Beobachtungen zur Zeitbestimmung nicht überflüssig geworden. Wir brauchen sie zum Beispiel, um die Schwankungen der Erdrotationszeit und die Veränderungen der Umdre-

hungsachse festzustellen sowie andere wissenschaftlich interessante Erkenntnisse zu gewinnen. Eine mit der Erdrotation verbundene Zeit wird ferner für genaue Ortsbestimmungen von Punkten der Erdoberfläche, für die präzise Messung des Abstands zwischen den Erdteilen, für die Raumfahrt, die Satellitenbeobachtung und eine Reihe weiterer Zwecke benötigt. Deshalb gibt es heute zwei Zeitskalen nebeneinander: die Atomzeit und eine aus der Erdumdrehung abgeleitete Zeit. Da die Rotationszeit zum Unterschied von der Atomzeit jedoch nicht genau gleichförmig, nicht gleich schnell abläuft, summiert sich zwischen den beiden Zeitskalen eine Differenz des Zeitabstandes, die allmählich immer größer wird.

Sobald sie 0,7 Sekunden erreicht, wird zum Ausgleich eine Schaltsekunde eingefügt oder ausgelassen, je nachdem, ob die Atomzeit der rotationsgebundenen Zeit vorausläuft oder nachhinkt. Dies geschieht zum Jahreswechsel oder/und in der Jahresmitte. Dann erhält beispielsweise die letzte Minute des alten Jahres abweichend von den normalerweise 60 Sekunden eine 61. Schaltsekunde. Oder es wird eine Sekunde übersprungen. Dabei entsteht der gleiche Effekt, als würden die Atomuhren eine Sekunde lang angehalten oder bei der Zeit-zählung eine Sekunde überspringen.

Als dies 1972 zum ersten Mal geschah, berichteten die Zeitungen darüber. Heute ist es so zur Routine geworden, daß die Presse keine Notiz mehr davon nimmt. Wer eine Quarz-Wanduhr oder -Weckeruhr stets auf sekundengenauer Zeit hält, kann beim Abhören des Rundfunk-Zeitzeichens am 1. Januar oder 1. Juli aber feststellen, ob wieder einmal eine Schaltsekunde eingefügt oder ausgelassen wurde.

Vom Nürnberger Ei zur Quarz-Armbanduhr

Kehren wir nach diesem Ausflug in die höchste Präzision der Zeitmessung zu den Gebrauchsuhrn für den Alltag zurück! Als Erfinder der Taschenuhr gilt der Nürnberger Feinmechaniker Peter Henlein. Er baute ab 1510 Uhren, die nur so groß wie ein kleiner Ball und zunächst ei-, später dosenförmig waren. Deshalb wurden sie Nürnberger Eier genannt. Sie hatten ein Schlagwerk und liefen 40 Stunden. Zum Antrieb diente eine Spiralfeder. Sie ließ sich mit einem Schlüssel spannen, „aufziehen“.

Anfang des 17. Jahrhunderts kamen Telleruhren und später noch viele andere Arten von Tisch- und Wanduhren auf. Sie funktionierten nach dem gleichen Grundprinzip. Auch in die verschiedensten Gebrauchsgegenstände wurden Uhren eingebaut, so zum Beispiel in Kutschen und sogar in Reitsättel. Fast immer waren sie reich verziert. Noch stellte die Uhr einen Luxusgegenstand dar, den sich nur besonders wohlhabende Leute leisten konnten. Sie diente daher nicht allein zur Orientierung über die Zeit, sondern ebenso als sichtbares Zeichen des Reichtums.

Viel Fleiß und Geschick mußten Handwerker jahrhundertlang darauf verwenden, Kunstuhren zu bauen. Sie zeigten nicht nur die Zeit und das Datum an, sondern waren mit Figuren ausgestattet, die sich zu bestimmten Zeiten bewegten. Einzelne solcher Kunstwerke an Rathäusern und Kirchen funktionieren noch heute und bilden Anziehungspunkte für Touristen.

Zum alltäglichen Gebrauchsgegenstand wurde die Uhr erst allmählich, seit im vorigen Jahrhundert die industrielle Massenerstellung begann. Sie ermöglichte niedrigere Preise. Für die meisten Menschen war eine Taschenuhr aber auch vor hundert Jahren noch ein kostbares Stück. Höchstens der Vater als Familienoberhaupt besaß es. Er trug die Uhr nicht täglich, sondern nur an Sonn- und Feiertagen. Armbanduhren kamen kurz vor dem ersten Weltkrieg auf, waren für einfache Leute damals aber noch zu teuer. Frauen und Mädchen ärmerer Bevölkerungsschichten trugen meist überhaupt keine Uhr. Daheim hing ein großer sogenannter Regulator an der Wand. Er ging häufig 5 bis 10 Minuten vor oder nach.

Besser verdienende Leute leisteten sich eine große Standuhr mit wohlklingendem Schlagwerk. Sie wurde durch das Gewicht von Massestücken angetrieben.

Auf Bahnhöfen, Straßen und Plätzen wären Uhren, die aufgezogen werden müssen, sehr unpraktisch. Als Elektroenergie zur Verfügung stand, hat man deshalb dort elektrisch betriebene und von einer Zentrale aus gesteuerte Normaluhren aufgestellt. Sie gingen genauer, und die Menschen regulierten danach ihre eigenen Uhren.

Heute gewinnen Quarzuhren zunehmende Verbreitung. Sie unterscheiden sich von anderen dadurch, daß ihre Gangregelung durch elektrische Schwingungen erfolgt, die ein kleiner Quarzkristall erzeugt, der an elektrische Spannung angeschlossen ist.

Jede Uhr – gleich welcher Art – hat einen Gangregler. Von ihm hängt die Ganggeschwindigkeit und damit die Genauigkeit der Zeitmessung ab. Bei den Pendeluhren ist das Pendel der Regler, bei Kleinuhren die Unruh. Dies ist ein dauernd hin und her schwingendes Rädchen, das ebenfalls eine Art Pendel darstellt. Die Unruh einer Armanduhr bewegt sich täglich über 50 000mal hin und her, im Jahr also etwa 20 000 000mal. In der Quarzuhr ist der Quarzkristall der Gangregler. Für Armanduhren werden Quarze benutzt, die in jeder Sekunde 32 768 elektrische Schwingungen, also 32 768 schwache positive elektrische Spannungstöße erzeugen und ebenso viele negative.

Warum gerade 32 768 Hertz?

Dividieren wir diese Zahl 15mal nacheinander durch 2, so erhalten wir genau 1, also gerade eine elektrische Schwingung je Sekunde. In der Quarzuhr erfolgt diese Teilung automatisch durch eine elektronische Schaltung. In jeder Teilerstufe wird die Anzahl der Schwingungen auf die Hälfte reduziert. Daß die elektronischen Bauelemente vieler solcher Teilerstufen in so winzigen Abmaßen herzustellen sind, ermöglichte erst die moderne Mikroelektronik. Darunter versteht man die Verkleinerung der elektronischen Bauelemente auf mikroskopische Winzigkeit. Eine integrierte Schaltung erfüllt bei einer Größe von wenigen Quadratmillimetern die Funktion von mehreren tausend Bauelementen.

Ein Quarzkristall, der von vornherein nur 1 Schwingung je Sekunde erzeugt, läßt sich nicht herstellen. Außerdem ist es günstig, Quarze mit sehr hoher Frequenz als Gangregler zu verwenden. Denn mit der Schwingungszahl nimmt die Genauigkeit zu. Je öfter nämlich die Frequenz halbiert werden muß, desto kleiner wird auch der Fehler, der von einer eventuellen Abweichung der angestrebten Frequenz übrigbleibt. Denn die Abweichung wird ja jedesmal mit halbiert. Höhere Ausgangsfrequenzen erfordern allerdings auch mehr Teilerstufen und bedingen dadurch einen höheren Stromverbrauch. Da Armbanduhren nur eine knopfgroße Batterie enthalten, verwendet man in ihnen Quarze mit nur 32768 Hz. Quarz-Wecker sowie Quarz-Wanduhren und -Tischuhren, die mit größeren Batterien betrieben werden, enthalten dagegen häufig einen Quarz, der sogar 4194304 Schwingungen je Sekunde erzeugt und deshalb eine noch etwas höhere Ganggenauigkeit ermöglicht. Dividieren wir diese Zahl 22mal nacheinander durch 2, so erhalten wir wieder genau 1.

Leuchtdioden und Flüssigkristalle

Der Schwingquarz ist allen Quarzuhren gemeinsam. Nach der Art der Zeitanzeige sind aber zwei Uhrenarten zu unterscheiden. Die einen haben wie gewohnt Zifferblatt und Zeiger; sie heißen in der Fachsprache Analog-Uhren. Die anderen, die Digital-Uhren, zeigen Stunde, Minute und häufig auch die Sekunde direkt in Zahlen an. Quarzuhren mit Analog-Anzeige entsprechen in vielen Teilen noch den herkömmlichen mechanischen Uhren. Die am Ende der Teilerstufen übrigbleibenden elektrischen Spannungsschübe werden verstärkt und treiben einen kleinen Elektromotor an. Er bewegt den Sekundenzeiger in jeder Sekunde um einen Teilstrich der Zifferblatt-Skala weiter. Über Zahnradchen werden entsprechend langsamer auch der Minuten- und der Stundenzeiger angetrieben.

Quarz-Digitaluhren enthalten dagegen keine bewegten Teile mehr, welche einem mechanischen Verschleiß unterliegen. Die am Ende der Teilerstufen anfallenden elektrischen Schwingungen werden einer weiteren komplizierten, aber gleichfalls winzigen elektronischen Schaltung zugeführt. Sie steuert eine Anzeigevor-

richtung. Diese besteht aus vier oder bei Uhren mit gleichzeitiger Stunden-, Minuten- und Sekundenanzeige aus sechs Ziffern-Anzeige-Bauelementen. Man bezeichnet sie zusammenfassend als Display.

Man unterscheidet zwei Arten von Displays, nämlich solche mit selbstleuchtenden und mit nicht selbstleuchtenden Ziffern. Die ersteren enthalten Leuchtdioden genannte Bauelemente. Sie senden bei angelegter elektrischer Spannung Licht aus. Solche Displays waren für Armbanduhren nur anfangs gebräuchlich. Da sie relativ viel Strom verbrauchten, durfte die Zeitanzeige immer nur für einen Moment eingeschaltet werden. Sonst hätte sich die Batterie zu schnell erschöpft.

Heute werden für Armbanduhren Displays mit nicht selbstleuchtenden Ziffern verwendet. Dabei dienen Flüssigkristalle genannte Bauelemente zur Anzeige. Sie verbrauchen äußerst wenig Strom. Deshalb kann die Zeitanzeige dauernd eingeschaltet sein. Flüssigkristalle werden bei anliegender elektrischer Spannung für



Digital-Quarzarmbanduhr

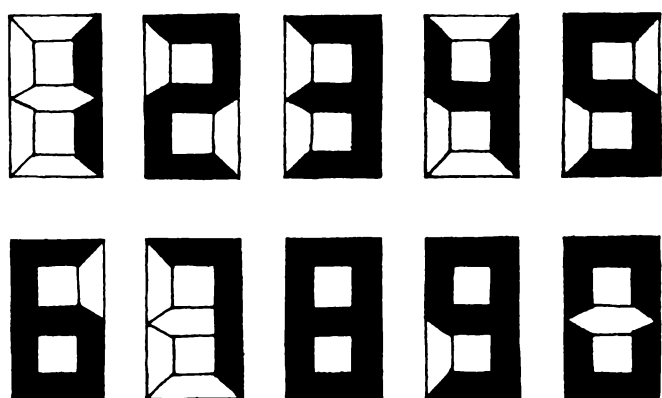
Licht undurchlässig. Da sie im Display vor einer hellen, sehr gut Licht reflektierenden Fläche angeordnet sind, erscheinen sie schwarz. Denn das Licht kann weder durch den Flüssigkristall zur Spiegelfläche noch von dieser zurück ins Auge des Betrachters gelangen. Das Flüssigkristall-Display ist deshalb nur abzulesen, wenn es von einer Lichtquelle beleuchtet wird. Damit auch im Dunkeln die Zeit festgestellt werden kann, enthält die Uhr ein winziges Lämpchen, das dann für einen Moment einzuschalten ist.

Zahlenzauberei mit sieben Strichen

Jede einzelne Ziffer, also jedes der vier oder sechs Ziffern-Anzeige-Baelemente setzt sich nochmals aus sieben Teilen (Segmenten) zusammen. Mit sieben Strichen lassen sich nämlich sämtliche Ziffern von 0 bis 9 darstellen, wenn auch etwas ungewohnt eckig. Je nachdem, welche Segmente eingeschaltet sind und welche nicht, entstehen die verschiedenen Ziffern. Nur bei der 8 sind alle in Funktion. Die erwähnte weitere elektronische Schaltung, die sich den Teilerstufen anschließt, sorgt dafür, daß stets diejenigen Segmente an elektrische Spannung angeschlossen sind, welche die richtige Zeitanzeige in Zahlen ergeben.

Quarzuhren gehen wesentlich genauer als herkömmliche mechanische Uhren. Außerdem braucht man sie nicht aufzuziehen, da sie elektrisch in Gang gehalten werden. (Aber nicht jede elektrische Uhr ist zwangsläufig eine Quarzuhr!) So weichen Quarz-Armbanduhren im allgemeinen höchstens um 1 Sekunde in 24 Stunden ab, häufig sogar noch weniger. Allerdings ändert sich mit der Alterung des Quarzes die Frequenz geringfügig. Daher kann die Genauigkeit nachlassen. Um größere Abweichungen zu vermeiden, werden die Quarze vor dem Einbau künstlich vorgealtert. Doch verhindert dies das weitere Altern nicht völlig. Durch Verstellen eines Baelements ist aber eine Nachregulierung möglich. Dafür wird ein kompliziertes Gerät benötigt, das eine sehr genaue Frequenzmessung gewährleistet.

Die Quarzuhren, mit denen in den 30er Jahren unserem Erdball die Unpünktlichkeit vorgerechnet werden konnte, waren noch schrankgroße Geräte. Uhren sehr hoher Genauigkeit sind es heute



Bei Digitaluhren werden
sämtliche Ziffern
von 0 bis 9 mit sieben
Strichen dargestellt

noch. Denn auch mit der Temperatur ändert sich die Schwingungsfrequenz des Quarzes. Bei Uhren, deren Gangabweichung nur Bruchteile einer Tausendstelsekunde betragen darf, muß daher die Temperatur des Quarzes auf Hundertstel eines Celsiusgrades gleichgehalten werden. Das erfordert sehr komplizierte Vorrichtungen, die auch größeren Raum beanspruchen. Diese Temperaturregelung ist bei Quarz-Armbanduhren und -Wohnraumuhren weder möglich noch nötig.

Wie sieht die Uhr der Zukunft aus?

Vielleicht wird es irgendwann in unseren Wohnungen und Betrieben Uhren geben, die sogar auf Tausendstelsekunden genau gehen. Sie wären Rundfunkempfänger, die dauernd eingeschaltet und beständig auf denselben Sender eingestellt sind. Dieser strahlt laufend Zeitsignale aus, welche die Anzeige sämtlicher Uhren steuern. Da der Sender seine Zeit von einer Atomuhr erhält, bekämen wir dann stets die genaueste Zeit ins Haus, die es überhaupt gibt. Selbst wenn wir einmal verreisten oder der Strom vorübergehend ausfiele, so daß die Funkuhr zeitweise ausgeschaltet wäre, würde sie sich, sobald wieder Strom fließt, bei Erreichen der nächsten vollen Stunde von selbst auf die richtige Anzeige von Stunde, Minute und Sekunde einstellen. Denn der Sender strahlt im Stundenabstand außerdem Signale aus, welche die Uhren erforderlichenfalls wieder auf den richtigen Zeitstand bringen. Die Abwei-

chung unserer Uhren von der absolut genauen Atomzeit würde dann nur noch jene winzigen Bruchteile von Sekunden betragen, welche die Ausbreitung der Radiowellen vom Sender zum Empfänger benötigt.

Anhang

Zonenzeiten (mit Differenzen gegenüber der Westeuropäischen Zeit)

– 11 h	Aläuten, Samoa
– 10 h	Westl. Alaska, Hawaii
– 9 h	Östl. Alaska
– 8 h Pacific Standard Time	Westl. Kanada und Weststaaten der USA
– 7 h Mountain Standard Time	Teile Kanadas, Gebirgsstaaten der USA, westl. Mexiko
– 6 h Central Standard Time	Teile Kanadas, Zentralstaaten der USA, östl. Mexiko
– 5 h Eastern Standard Time	Teile Kanadas, östl. USA, Peru, Chile, Kuba
– 4 h Atlantic Standard Time	Teile Kanadas, Zentralbrasilien, Paraguay
– 3 h	Östl. Brasilien, Grönland, Argentinien, Uruguay
– 2 h	Azoren
– 1 h	Island, Madeira
0 h Westeuropäische Zeit (Weltzeit)	Großbritannien, Irland, Spanien, Portugal, Algerien, Marokko
+ 1 h Mitteleuropäische Zeit	Skandinavien, Belgien, DDR, BRD, Polen, ČSSR, Niederlande, Ungarn, Österreich, Schweiz, Frankreich, Jugoslawien, Italien, Tunesien, Kamerun
+ 2 h Osteuropäische Zeit	Westl. UdSSR, Rumänien, Bulgarien, Finnland, Griechenland, Türkei, Israel, Jordanien, Ägypten, Südafrika

+ 3 h UdSSR	UdSSR (siehe Karte)
+ 4 h	UdSSR (siehe Karte), Iran
+ 5 h	UdSSR (siehe Karte)
+ 5 h 30 min	Indien, Sri Lanka
+ 6 h	UdSSR (siehe Karte), China, Thailand
+ 7 h	UdSSR (siehe Karte), Mittelchina, Vietnam, Laos
+ 8 h	UdSSR (siehe Karte), Korea, Philippinen
+ 9 h	UdSSR (siehe Karte), Japan, Korea
+ 10 h	UdSSR (siehe Karte), östl. Australien
+ 11 h	UdSSR (siehe Karte),
+ 12 h	Neuseeland

In der UdSSR sind alle Uhren um zusätzlich eine Stunde vorgestellt.



1. Auflage 1985

© DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN – DDR 1985

Lizenz-Nr. 304-270/120/85-(20)

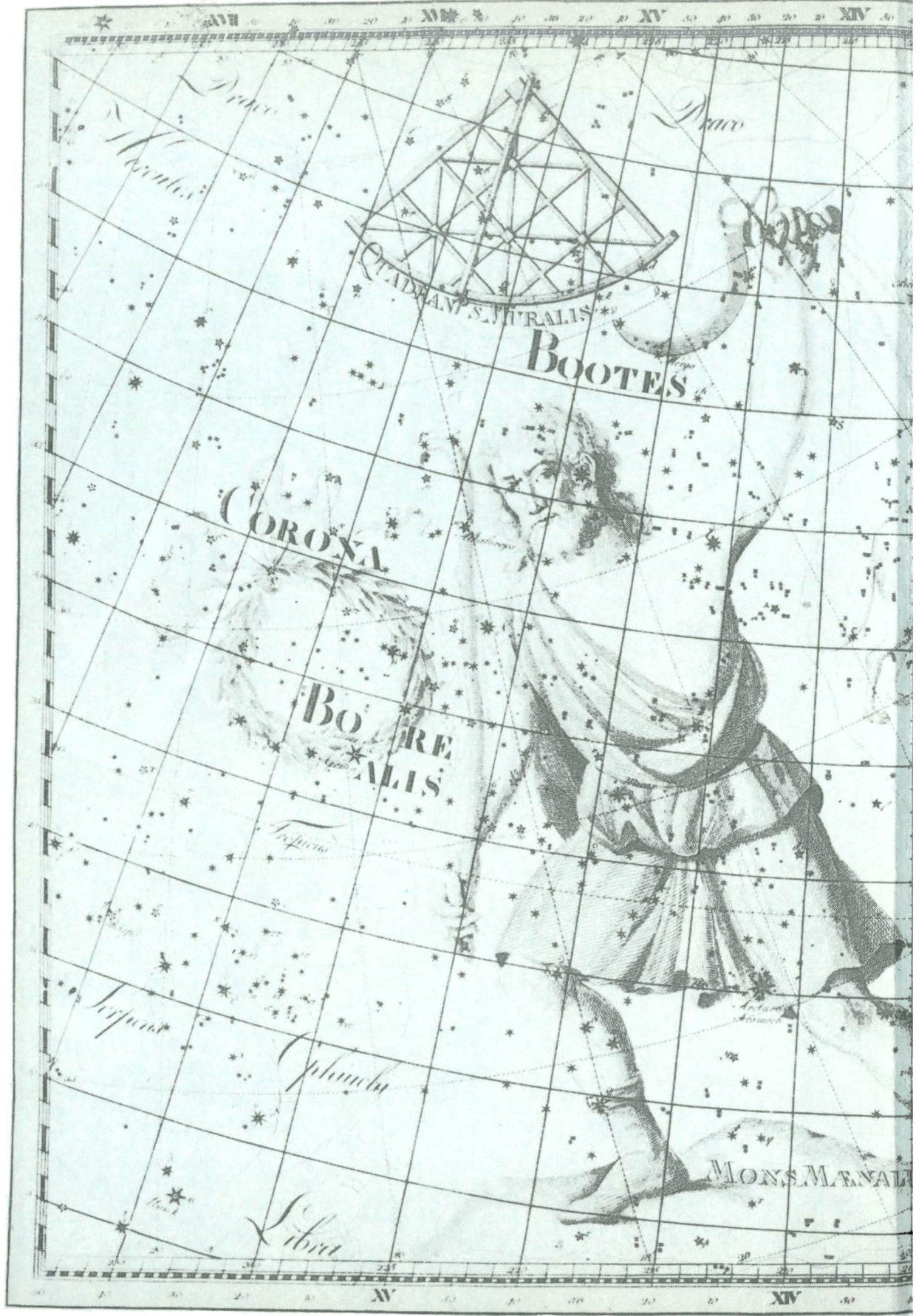
Gesamtherstellung: Druckhaus Freiheit Halle

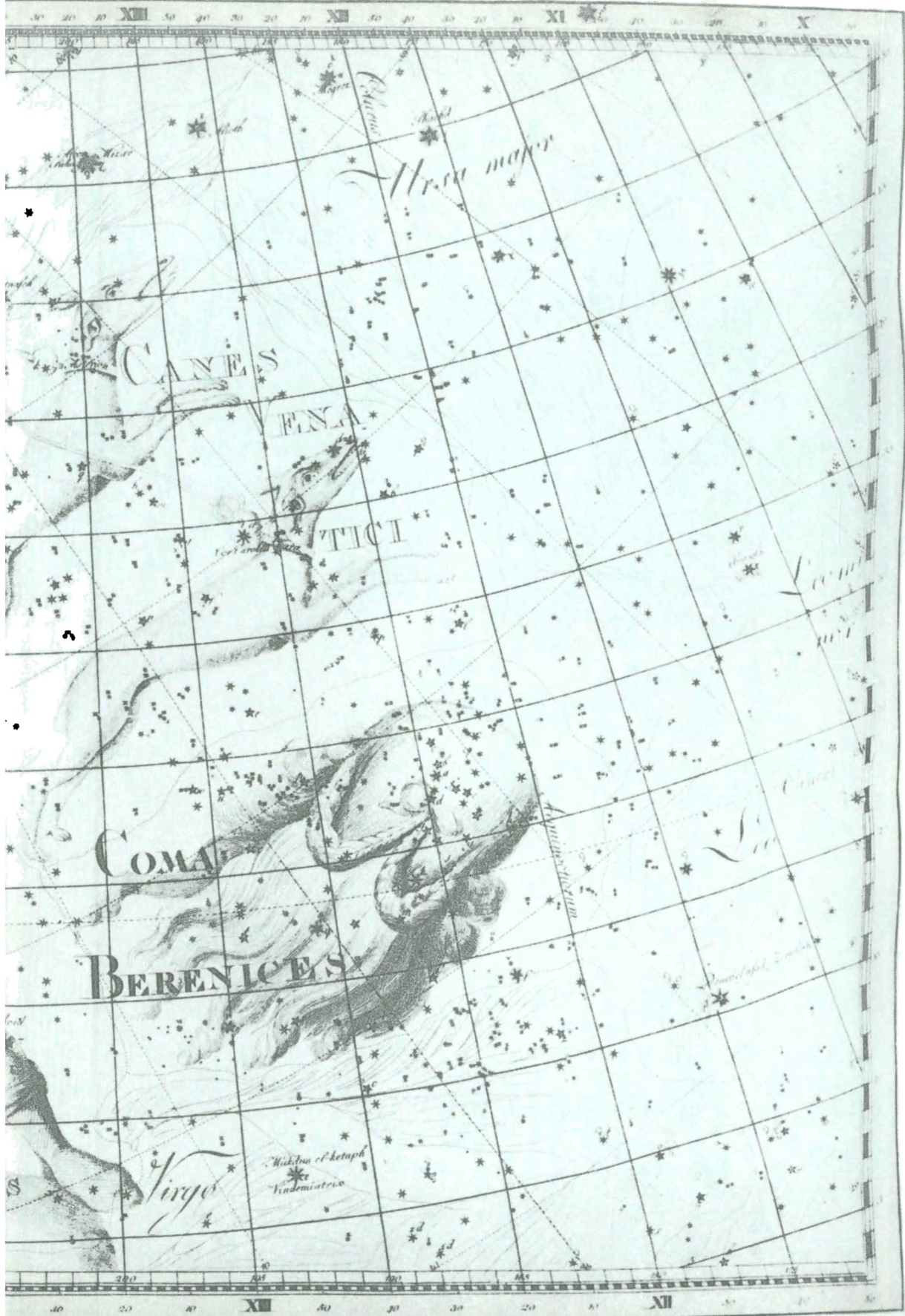
LSV 7841

Für Leser von 10 Jahren an

Bestell-Nr. 6321213

00820 .







Fast alle Menschen meinen, daß sich die Erde in genau 24 Stunden einmal dreht und die Sonne täglich punkt 12 Uhr ihren höchsten Stand am Himmel erreicht. Doch beides trifft nicht zu. Wie es wirklich ist und wie genaue Zeit „gemacht“ wird, davon handelt dieses Buch. Es erzählt von seltsamen Uhren und Kalendern alter Völker, schildert, warum es in der modernen Technik auf Millionstelsekunden ankommt, erläutert, was eine Atomsekunde ist, und verrät, wie Quarzuhren und Digitalanzeigen funktionieren.

