

Sonnenuhr und Zeitgleichung

Autor(en): **Gugler, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **69 (1951)**

Heft 1

PDF erstellt am: **20.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-58790>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

Sonnenuhr und Zeitgleichung

DK 529.78

Von Prof. H. GUGLER, Zürich

Ingenieur A. Steinbrüchel hat in einem früheren Aufsatz¹⁾ über die Konstruktion von Sonnenuhren berichtet, der jedem, der sich für die Bewegungen der Gestirne am Himmel interessiert, das Verständnis der Sonnenuhren vermittelt und ihm ermöglicht, sich gegebenenfalls eine solche Uhr selber zu erstellen.

Zeiger der Sonnenuhr ist bekanntlich der Schatten eines der Erdaxe parallelen und daher auf den Himmelspol gerichteten Stabes. Da der Schatten den Bewegungen der Sonne am Himmel folgt, zeigen die Sonnenuhren die «wahre», dem Meridian ihres Standortes entsprechende Sonnenzeit, die, wie wir sehen werden, mit der «mittleren» Sonnenzeit, nach der unsere mechanischen Uhren gehen, nicht genau übereinstimmt. Der Unterschied rührt zum Teil davon her, dass unsere Uhren den Mittag dann anzeigen, wenn die Sonne durch den 15. Meridian östlich Greenwich geht; d. h. sie sind auf mitteleuropäische Zeit (MEZ) eingestellt. Für Zürich z. B. geht die MEZ gegen die mittlere Ortszeit 25,8 min vor. Da der Unterschied zwischen der MEZ und der mittleren Ortszeit über das ganze Jahr der gleiche ist, kann man Sonnenuhren auch auf MEZ korrigieren, was in neuerer Zeit manchmal geschieht; wie diese Korrektur durchzuführen ist, hat A. Steinbrüchel in seinem Aufsatz angegeben.

Auch eine so korrigierte Sonnenuhr stimmt noch nicht mit einer auf MEZ eingestellten gewöhnlichen Uhr überein, aus Gründen, auf die im folgenden eingegangen wird. Die entsprechenden Korrekturen ändern sich periodisch im Laufe des Jahres und werden in ihrer Gesamtheit als Zeitgleichung bezeichnet. So muss für einen bestimmten Kalendertag die Zeitgleichung (unter Berücksichtigung ihres Vorzeichens) zur wahren Sonnenzeit addiert werden, damit die mittlere Sonnenzeit erhalten wird. Sie ist also positiv, wenn die Sonnenuhr gegen die mittlere Sonnenzeit nachgeht und negativ, wenn die Sonnenuhr vorgeht.

Die Zeitgleichung kann entweder in Tabellenform angegeben werden, wie dies in astronomischen Jahrbüchern geschieht, oder anschaulicher in Form einer Kurve. Im Aufsatz Steinbrüchels ist die Zeitgleichungskurve dargestellt (Abb. 1), und es wird dazu bemerkt, dass sie in der theoretischen Astronomie abgeleitet werde. Bei ihrer Betrachtung fällt die etwas komplizierte Gestalt mit zwei verschiedenen grossen Maxima und Minima auf, ausserdem auch die ziemlich grossen Beträge der Korrekturen, die bis zu rd. einer Viertelstunde ansteigen.

Ich habe mich bemüht, die Kurve, die sich aus den Gesetzen der Planetenbewegung ergibt, in einer dem Ingenieur leicht verständlichen Weise und ohne Benützung astronomischer Jahrbücher abzuleiten. Dabei ging es mir hauptsächlich um das Grundsätzliche und weniger um eine möglichst grosse Genauigkeit.

Zunächst seien die astronomischen Tatsachen, auf denen unsere Zeiteinteilung beruht, in Kürze angeführt:

1. Der Erdmittelpunkt bewegt sich um die Sonne in einer festen Ebene, deren Schnittlinie mit der Himmelskugel Ekliptik genannt wird.

2. Die Erdbahn ist eine Ellipse, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.

3. Die Rotationsaxe der Erde steht auf der Ebene der Erdbahn nicht senkrecht; vielmehr bildet sie mit der Normalen zur Bahnebene einen unveränderlichen Winkel von rd. $23,5^\circ$. Dieser Winkel ist konstant, obwohl die Erdaxe ihre Lage im Raum verändert; sie beschreibt nämlich den Mantel eines Kreiskegels um die Normale zur Bahnebene, welche Bewegung Präzession genannt wird.

4. Die Neigung der Äquatorebene gegen die Ekliptik ist gleich dem oben genannten Winkel von $23,5^\circ$ und wird als die Schiefe oder besser die Neigung der Ekliptik bezeichnet. Die Schnittgerade beider Ebenen ist die Linie der Tag- und Nachtgleichen (Äquinoktiallinie). Sie verbindet den Frühlingspunkt mit dem Herbstpunkt der Ekliptik. Wegen der Präzession liegt diese Linie nicht fest; vielmehr bewegt sich der Frühlingspunkt in der Ekliptik stetig weiter, und zwar entgegengesetzt der Bewegung der Sonne in der Ekliptik. Die Geschwindigkeit dieser Bewegung ist sehr gering und

beträgt etwa 50 Bogensekunden im Jahr. Die Präzession spielt für die Berechnung der Zeitgleichung keine Rolle, muss aber trotzdem erwähnt werden, weil die Definition des Kalenderjahres und des mittleren Sonnentages damit zusammenhängt.

5. Das bürgerliche oder Kalenderjahr ist das sogenannte tropische Jahr, d. h. die Zeit, welche die Sonne braucht, um vom Frühlingspunkt bis wieder zum Frühlingspunkt zu gelangen, und das daher dem Wechsel der Jahreszeiten angepasst ist. Es entspricht nicht, wie man zunächst denkt, der Zeit eines vollen Umlaufes der Sonne in der Ekliptik oder, was dasselbe bedeutet, eines vollen Umlaufes der Erde in ihrer Bahn. Da der Frühlingspunkt der Sonne entgegenläuft, gelangt die Sonne etwas früher zu ihm zurück, als es einem vollen Umlauf entspricht. Die einem vollen Umlauf entsprechende Zeit wird als siderisches Jahr bezeichnet und ist rund 20 min länger als das tropische.

6. Wegen der ungleichen Länge der wahren Sonnentage hat man den mittleren Sonnentag eingeführt durch Bildung des arithmetischen Mittels der Länge der einzelnen Sonnentage während eines tropischen Jahres. Das Ergebnis ist, dass das tropische Jahr 365,24 mittlere Sonnentage hat.

Die ungleiche Länge der einzelnen Sonnentage, die zur Einführung des mittleren Sonnentages und der Zeitgleichung geführt hat, ist auf zwei Ursachen zurückzuführen, nämlich auf die elliptische Gestalt der Erdbahn und die Neigung der Ekliptik gegen den Äquator. Zur Berechnung der Zeitgleichung gehen wir nun so vor, dass wir die Wirkung der beiden Ursachen getrennt ermitteln und die Ergebnisse summieren. Demnach sind folgende zwei Fälle zu behandeln:

Fall I: Statt der wirklichen Erde wird eine Hilfserde E_1 angenommen, die sich in ihrer Bahn mit der dem zweiten Keplerschen Gesetze entsprechenden variablen Geschwindigkeit bewegt, deren Rotationsaxe jedoch auf der Bahnebene senkrecht steht.

Fall II: Es wird eine Hilfserde E_2 angenommen, die sich in ihrer Bahn mit konstanter Geschwindigkeit bewegt, jedoch sei die Erdaxe gegen die Ebene der Erdbahn um einen konstanten Winkel geneigt.

Diese Kennzeichnung der beiden Fälle entspricht der heliozentrischen Betrachtungsweise (Sonne steht still, Erde bewegt sich). Man kann aber, da für unsere Zwecke nur die Relativbewegungen eine Rolle spielen, auch die geozentrische Betrachtungsweise gebrauchen (Erde steht still, Sonne bewegt sich). Tut man dies, so ist der Fall I wie folgt zu kennzeichnen: Statt der wahren Sonne wird eine Hilfssonne S_1 angenommen, die sich das ganze Jahr im Äquator und in diesem mit variabler Geschwindigkeit bewegt. Beim Fall II wird eine zweite Hilfssonne S_2 angenommen, die sich am Himmel in der Ekliptik mit konstanter Geschwindigkeit bewegt. Für den Fall I erscheint mir die heliozentrische Betrachtungsweise anschaulicher zu sein, während für den Fall II die Berechnung auf Grund der geozentrischen Betrachtungsweise bequemer ist.

In Bild 1 ist die Bahnellipse der Erde mit übertriebener Exzentrizität gezeichnet. Punkt P ist die Stellung der Erde in Sonnennähe (Perihel) und A die Stellung in Sonnenferne (Aphel). a , die grosse Halbaxe der Ellipse, ist die mittlere Entfernung Erde-Sonne; r_1 und r_2 bedeuten die Extremwerte der Radien-Vektoren.

Die Dauer eines wahren Sonnentages der Hilfserde E_1 ist zunächst gleich der Dauer einer vollen Axendrehung der Erde, die mit dem Sterntag identisch ist. Während des Sterntages hat der Erdmittelpunkt in seiner Bewegung um die Sonne einen gewissen Winkel τ zurückgelegt. Um den gleichen Winkel muss sich die Erde um ihre Axe weiterdrehen, bis sie wieder die gleiche Stellung zur Sonne einnimmt. Die Dauer einer vollen Axendrehung der Erde ist konstant, solange keine bremsenden, d. h. Rotationsenergie verzehrenden Wirkungen vorhanden sind. Solche gibt es zweifellos, nämlich die Flutwellen der Weltmeere und die Windströmungen. Nun sind ihre Einflüsse im Vergleich zur Rotationsenergie der Erdkugel so gering, dass eine Verlängerung des irdischen Tages in der (geologisch gesprochen) sehr kurzen Zeitspanne, in der genaue Messungen möglich sind, nicht hat nachgewiesen werden können. Dies erscheint deshalb erwähnenswert, weil unsere Zeiteinheit, die Sekunde, als der 86400. Teil des mittleren Sonnentages definiert ist.

¹⁾ SBZ, Bd. 107, S. 291* vom 27. Juni 1936.

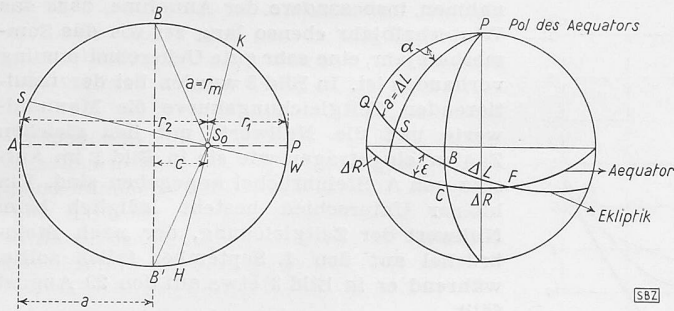


Bild 1

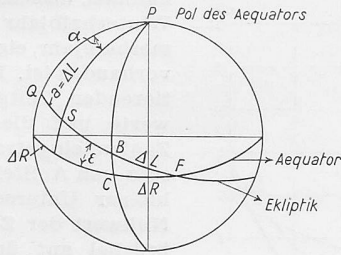


Bild 2

Demgegenüber ist der Winkel τ veränderlich gemäss dem zweiten Keplerschen Gesetze, das besagt, dass die Radienvektoren der Planeten in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume zurücklegen. Bezeichnen wir die Winkelgeschwindigkeit des Erdmittelpunktes in seiner Bewegung um die Sonne entsprechend den Radien-Vektoren r_1 , r_m , r_2 mit ω_1 , ω_m , ω_2 , so gilt:

$$r_1 \omega_1 \frac{r_1}{2} = r_m \omega_m \frac{r_m}{2}$$

woraus sich ergibt:

$$\frac{\omega_1}{\omega_m} = \left(\frac{r_m}{r_1} \right)^2$$

Für die Erde sind folgende Zahlenwerte einzusetzen:

$$a = r_m = 150 \cdot 10^6 \text{ km}$$

Die Exzentrizität ist

$$c = a/59 = 2,54 \cdot 10^6 \text{ km}$$

folglich:

$$r_1 = (150 - 2,54) \cdot 10^6 = 147,46 \cdot 10^6 \text{ km}$$

$$r_2 = (150 + 2,54) \cdot 10^6 = 152,54 \cdot 10^6 \text{ km}$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_m} = \left(\frac{150}{147,46} \right)^2 = 1,034$$

Die Winkelgeschwindigkeit im Perihel ist also 1,034 mal so gross als im Mittel, folglich auch der Winkel τ . Da die Erde in 365 Tagen 360° zurücklegt, ist τ mittel = $0,99^\circ$. τ im Perihel = $1,034 \cdot 0,99 = 1,024^\circ$. Also ist τ im Perihel $1,024 - 0,990 = 0,034^\circ$ grösser als im Mittel.

Da ein Winkelgrad vier Zeitminuten entspricht, so entsprechen $0,034^\circ$ einer Zeit von 0,136 Minuten oder 7,96 Sekunden.

Am Tage, an dem die supponierte Erde E_1 durch das Perihel geht, braucht sie also ziemlich genau acht Sekunden länger als im Mittel, um wieder in die gleiche Lage zur Sonne zu kommen. Mit andern Worten: an diesem Tage ist auf der Erde E_1 der wahre Sonntag 8 s länger als der mittlere, und es besteht zwischen der Sonnenuhr und einer auf mittlere Sonnenzeit gehenden Uhr eine Gangdifferenz von 8 s täglich im Sinne des Nachgehens der Sonnenuhr.

Eine entsprechende Rechnung für den Tag des Aphels ergibt, dass dann eine Gangdifferenz von ebenfalls 8 s besteht zwischen der Sonnenuhr und einer auf mittlere Sonnenzeit eingeregulierten Uhr (wir wollen sie der Kürze halber Normaluhr nennen) im Sinne eines Vorgehens der Sonnenuhr. Keine Gangdifferenz besteht nur bei den Punkten B und B' (Bild 1), wo die Erde sich in der mittleren Entfernung von der Sonne befindet.

Die Bestimmung der Zeitgleichung, soweit diese von der elliptischen Gestalt der Erdbahn abhängt, läuft nun darauf hinaus, die Unterschiede in den Zeitangaben festzustellen zwischen der einen konstanten Gang besitzenden Normaluhr und einer auf der Erde E_1 aufgestellten Sonnenuhr mit periodisch variablem Gang. Zu diesem Behufe denken wir uns zu irgendeiner Stunde des Periheltages die Zeiger beider Uhren gleichgestellt, so dass voraussetzungsgemäss an diesem Tage die Zeitgleichung gleich null ist. Bewegt sich nun die Erde vom Punkte P nach dem Punkt B (Bild 1), so geht während dieser Zeit die Sonnenuhr ständig nach, anfangs 8 s täglich, dann mit immer kleiner werdenden Beträgen, bis schliesslich bei B das Nachgehen aufhört und in ein Vorgehen übergeht. Bis dahin haben sich also die täglichen Nachgänge bis zu einem gewissen Höchstwerte aufsummiert. Wandert die Erde weiter von B nach A, so geht jetzt die Sonnenuhr mit an-

fangs kleinen und immer grösser werdenden Tagesbeträgen vor, so dass bis zum Punkte A die aufsummierten Nachgänge abgebaut werden und in A die Zeitgleichung wieder den Wert Null annimmt. Auf dem Wege der Erde von A über B' nach P spielen sich die gleichen Vorgänge mit umgekehrten Vorzeichen ab: bis B' Aufsummieren der Vorgänge bis zum Maximalwert, dann Abbau dieses Wertes bis auf Null, weil bei B' die Sonnenuhr wieder nachzugehen beginnt.

Es muss noch bemerkt werden, dass die Punkte B und B' wohl geometrisch in der Mitte zwischen A und P liegen, nicht aber zeitlich. Wegen der im Winterhalbjahre kleineren Werte der Radien-Vektoren bewegt sich die Erde im Winter durchschnittlich rascher als im Sommer, so dass das Winterhalbjahr rd. 8 Tage kürzer ist als das Sommerhalbjahr. Streng genommen müsste sich daher derjenige Teil der Sinuslinie I (Bild 3), der dem Sommerhalbjahr entspricht, über eine beidseitig um 4 Tage längere Abszissenstrecke ausdehnen. Für unsere Zwecke können wir ohne nennenswerten Fehler davon absehen, weil zu diesen Zeitpunkten die Gangunterschiede der miteinander verglichenen Uhren verschwindend klein sind.

Jetzt verbleibt uns die Aufgabe, die Beträge zu berechnen, auf die sich die Nachgänge und Vorgänge der Sonnenuhr aufsummiert haben, d. h. die Maximalwerte der Zeitgleichung zu bestimmen. Da es sich um einen periodischen Vorgang handelt, wird die Zeitgleichung durch eine Sinuslinie darstellbar sein, die infolge der oben gemachten vereinfachenden Annahme eine Periode von 365 Tagen aufweist. Die Gleichung der Sinuslinie lautet: $y = k \sin x$. Wählt man als Einheit auf den Koordinatenachsen den Tag, so entsprechen

einem Abszissenwert 2π	365 Tage
einem Abszissenwert $\pi/2$	$365/4 = 91,25$ Tage
einem Ordinatenwert 1 ($= \sin \pi/2$)	$365/2\pi = 58,1$ Tage

Die Konstante k gibt die Steigung der Sinuslinie im Ursprung an, denn $dy/dx = k \cos x$ ergibt für $x = 0$ den Wert k . Diese Steigung haben wir berechnet zu 8 s pro 86400 s. Die Konstante hat also den Wert $k = 8/86400$ oder $1/10800$. Wird als Einheit in der Ordinatenaxe ebenfalls der Tag gewählt, so ergibt sich als Scheitelwert der Sinuslinie für $k = 1$ der Betrag von 58,1 Tagen und für $k = 1/10800$ der Wert von $58,1 : 10800$ Tagen. In Bild 3 wurde als Einheit in der Ordinate nicht der Tag, sondern die Minute gewählt, so dass der oben genannte Wert noch mit $24 \cdot 60 = 1440$ multipliziert werden muss. Somit ergibt sich der Scheitelwert zu $58,1 \cdot 1440/10800 = 7,8$ Minuten.

Entsprechend diesen Berechnungen wurde in Bild 3 die gestrichelte Sinuslinie als Zeitgleichung für den Fall I eingezeichnet; sie zeigt also denjenigen Teil der Zeitgleichung, der durch die elliptische Gestalt der Erdbahn bedingt ist. Zu erwähnen bleibt nur noch, dass im Jahre 1950 der Tag des Perihels auf den 3. Januar fiel.

Wir wenden uns nun dem Fall II zu, d. h. der Ermittlung desjenigen Teils der Zeitgleichung, der seine Ursache in der Neigung der Ekliptik hat. Wie erwähnt, werden wir hier die geozentrische Betrachtungsweise anwenden, wie sie in Bild 2 dargestellt ist. In der Astronomie werden zur Kennzeichnung der Lage eines Gestirnes auf der Himmelskugel zweierlei Koordinatensysteme gebraucht, nämlich das System Äquator und Pol des Äquators, oder das System Ekliptik und Pol der Ekliptik. Das erstgenannte entspricht dem für die Erdkugel angewendeten System; es besteht lediglich ein Unterschied in der Bezeichnungsweise, indem anstelle der geographischen Breite der Ausdruck Deklination und anstelle der geographischen Länge der Ausdruck Rektaszension verwendet wird. Beim zweiten, dem Ekliptikalsystem, spricht man wie bei den geographischen Koordinaten von Länge und Breite. Steht in Bild 2 die Sonne im Frühlingspunkte F, so erfahre sie eine tägliche Zunahme in der Länge im Betrage von ΔL . Das bei C rechtwinklige, sphärische Dreieck FCB bedeckt einen so kleinen Teil der Kugelfläche, dass es wie ein ebenes behandelt werden kann. Folglich ist

$$\Delta R = \Delta L \cos \epsilon$$

Kurz vor dem Sommersolstitium bei Q stehe die Sonne in S und erfahre eine tägliche Zunahme in der Länge im Betrage von ΔL . Im bei Q rechtwinkligen sphärischen Dreieck PQS ist die Seite PQ = $b = 90 - \epsilon$, die Seite QS = $a = \Delta L$ und der Winkel $\alpha = \Delta R$. Nach den Formeln für rechtwinklige Kugeldreiecke ist

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} a}{\sin b} \quad \text{oder} \quad \operatorname{tg} \Delta R = \frac{\operatorname{tg} \Delta L}{\sin (90 - \epsilon)} = \frac{\operatorname{tg} \Delta L}{\cos \epsilon}$$

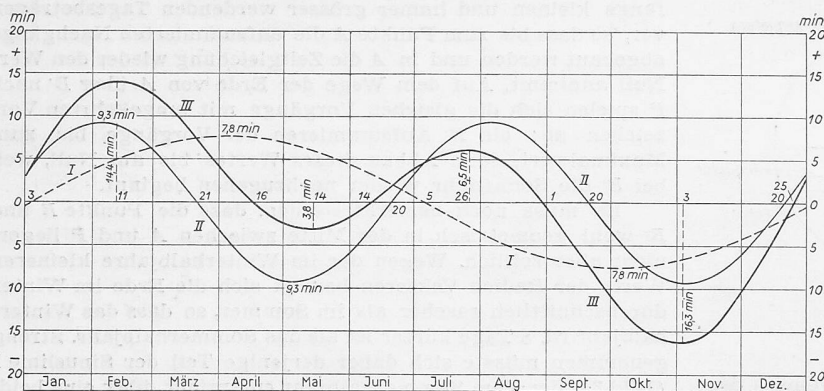


Bild 3

Da man bei kleinen Winkeln statt der Tangens auch den Bogen setzen kann, bekommt man

$$\Delta R = \frac{\Delta L}{\cos \varepsilon}$$

Aus diesen Berechnungen geht hervor, dass zur Zeit der Aequinoctien ΔR kleiner ist als ΔL und zur Zeit der Solstitien grösser. Voraussetzungsgemäss ist für den Fall II der tägliche Betrag von ΔL über das ganze Jahr gleich gross, während ΔR in seinem Betrage periodisch wechselt. Der tägliche Zuwachs der Hilfssonne S_1 in der Ekliptik beträgt $360^\circ/365^\circ = 0,99^\circ$. Da $\varepsilon = 23,5^\circ$ ist, ist $\cos \varepsilon = 0,92$ und $1/\cos \varepsilon = 1,085$. Somit ergeben sich folgende Werte für ΔR : zur Zeit der Aequinoctien ist $\Delta R_{\min} = 0,92 \cdot 0,99^\circ = 0,91^\circ$ zur Zeit der Aequinoctien ist $\Delta R_{\text{mittel}} = 0,99^\circ$ zur Zeit der Solstitien ist $\Delta R_{\max} = 1,085 \cdot 0,99^\circ = 1,07^\circ$

Die Differenz zwischen den Extremwerten und dem Mittelwert beträgt also $0,08^\circ$. Für den Gang einer Sonnenuhr entsprechend der Hilfssonne S_2 ist nun nicht die Zunahme in Länge, sondern die Zunahme in Rektaszension massgebend, weil sich im Laufe eines Tages die Sonne in einer Ebene senkrecht zur Erdaxe, also in einer Ebene parallel zum Äquator bewegt. Da ein Winkelgrad 4 Zeitminuten oder 240 Zeitsekunden entspricht, so macht ein Winkelunterschied von $0,08^\circ$ den Betrag von $240 \cdot 0,08 = 19,2$ s aus. Daraus geht folgendes hervor: Zur Zeit der Aequinoctien geht die Sonnenuhr der Normaluhr vor, weil zu dieser Zeit die Sonne sich im Äquator rascher bewegt als in der Ekliptik; zur Zeit der Solstitien geht die Sonnenuhr im Vergleich zur Normaluhr nach, weil sie sich zu dieser Zeit im Äquator langsamer bewegt als in der Ekliptik. Der maximale tägliche Gangunterschied beider Uhren beträgt wie berechnet 19,2 s.

Zur Berechnung der Zeitgleichung verfahren wir jetzt ganz entsprechend, wie wir es beim Fall I getan haben und denken uns an dem Tage, da die Sonne durch den Frühlingspunkt geht, also am 21. März, die Zeiger der Sonnenuhr und der Normaluhr gleichgestellt. Da die Sonnenuhr an diesem Tage 19,2 Sekunden vorgeht, summieren sich die Beträge des Vorgehens wiederum auf bis zu dem Tage, wo das Vorgehen der Sonnenuhr in ein Nachgehen übergeht, was in der Mitte zwischen den Aequinoctien und den Solstitien der Fall ist. Von diesem Tage an bis zum Solstitium wird der aufsummierte Betrag wieder abgebaut, so dass zur Zeit der Solstitien die Zeitgleichung wiederum zu Null wird.

Man erkennt daraus, dass im Falle II die Zeitgleichung eine Sinuslinie sein wird mit einer Periode von einem halben Jahr = 182,5 Tagen. In diesem Falle entsprechen

dem Abszissenwert 2π	182,5 Tage
dem Abszissenwert $\pi/2$	45,5 Tage
dem Ordinatenwert $1 (= \sin \pi/2)$	$182,5/2\pi = 29$ Tage

Die Konstante k bekommt den Wert $19,2 \text{ s}/86400 \text{ s} = 1/4500$. Folglich betragen die Scheitelwerte der Sinuslinie $29/4500$ Tage oder $29 \cdot 1440/4500 \text{ min} = 9,3 \text{ min}$.

Entsprechend diesen Zahlenwerten wurde in Bild 3 die Zeitgleichung, soweit sie durch die Neigung der Ekliptik bedingt ist, eingezeichnet (schwach ausgezogen). Die resultierende Zeitgleichung ergibt sich nun aus der Überlagerung der beiden Sinuslinien und ist in Bild 3 stark ausgezogen. Vergleicht man diese resultierende Zeitgleichungskurve mit der im Aufsatz von A. Steinbrüchel mitgeteilten Kurve, so erkennt man, dass trotz den gemachten vereinfachenden An-

nahmen, insbesondere der Annahme, dass das Winterhalbjahr ebenso lang sei wie das Sommerhalbjahr, eine sehr gute Übereinstimmung vorhanden ist. In Bild 3 wurden bei der resultierenden Zeitgleichungskurve die Maximalwerte und die Nullwerte mit den gleichen Zahlen eingetragen wie sie in Bild 1 im Aufsatz von A. Steinbrüchel angegeben sind. Ein kleiner Unterschied besteht lediglich beim Nullwert der Zeitgleichung, der nach Steinbrüchel auf den 1. September fallen sollte, während er in Bild 3 etwa auf den 29. August fällt.

Man könnte gegen die von mir gezeigte Berechnung der Zeitgleichungskurve III folgendes einwenden:

Die wahre Sonne wurde in zwei Hilfssonnen S_1 und S_2 zerlegt und angenommen, dass S_1 am Tage des Perihels (3. Januar), S_2 am Tage des Wintersolstitiums (22. Dezember) ihren Kreislauf um die Himmelskugel beginnen, während streng genommen beide Hilfssonnen genau zum gleichen Zeitpunkt ihren Umlauf antreten sollten. Zwischen dem 22. Dezember und 3. Januar bleibt S_1 täglich rd. 8 s und S_2 19 s gegen die mittlere Sonne zurück, folglich schreitet S_2 täglich 11 s langsamer vorwärts, als S_1 , welcher Betrag sich in 12 Tagen auf 132 s aufsummiert. Wenn also S_1 und S_2 gleichzeitig durch das Wintersolstitium gehen, so gehen sie praktisch auch gleichzeitig durch das Perihel. Der kleine Unterschied von 132 s kann schon deshalb keine Rolle spielen, weil wir die Zeitgleichung lediglich für einen bestimmten Kalendertag, nicht aber für eine bestimmte Stunde dieses Tages zu berechnen haben.

Die Zeitgleichung erklärt auch auf einfache Weise eine Erscheinung, die wahrscheinlich schon mancher Leser beobachtet hat. Wenn im Januar die Tage länger zu werden beginnen, so entfällt die Verlängerung zum grössten Teil auf den Nachmittag und nur zu einem kleinen Teil auf den Vormittag. Die Zeitpunkte des Sonnenauf- und -unterganges liegen natürlich symmetrisch zum wahren Mittag. Anfangs Januar bleibt aber der wahre Mittag gegen den mittleren zurück, oder der mittlere Mittag eilt dem wahren Mittag voraus, so dass der mittlere Mittag die Zeit zwischen Sonnenaufgang und Sonnenuntergang in zwei ungleiche Teile zerlegt.

So kann z. B. einem Kalender, in dem die Zeiten der Sonnenauf- und -untergänge für unsere Breiten täglich vermerkt sind, entnommen werden, dass in der Zeit vom 7. bis 14. Januar die Tageslänge um 11 Minuten zunimmt, von denen nur 3 Minuten auf den Vormittag und 8 Minuten auf den Nachmittag entfallen.

MITTEILUNGEN

Von der Wasserversorgung der Stadt Basel wird im Monatsbulletin des Schweizerischen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern vom Dezember 1949 berichtet. Der geschichtliche Rückblick dieser Publikation geht auf das Jahr 1865 zurück, als das heutige Druckwassersystem mit der Zuleitung von Quellwasser von Grellingen und Angenstein mit einem Behälter von 4000 m³ Inhalt auf dem Bruderholz erstellt wurde. 1905 ist die Vorratshaltung auf 14000 m³ erhöht und eine Doppelfilteranlage errichtet worden. Da der Quellerguss zwischen 2500 und 12000 m³/Tag schwankt (Minimum 1947 nur 1500 m³/Tag) und bald nicht mehr genügt, ging man schon 1880 an die Ausnützung des Grundwasserstromes längs der Wiese. Heute bestehen dort 28 Entnahmestellen mit einer normalen Ergiebigkeit von 110000 m³/Tag. Der Wasserverbrauch der Stadt betrug zu Beginn des Jahrhunderts etwa 25000 m³/Tag und stieg bis 1925 auf das Doppelte. Eine erhebliche Zunahme des grössten Tagesverbrauches war wegen der Hochkonjunktur der Industrie vom Jahre 1945 mit 87000 m³ auf das Jahr 1946 mit 103000 m³ zu verzeichnen. In der Trockenperiode 1947 ging die Grundwassergiebigkeit auf 60 bis 70000 m³/Jahr zurück, so dass empfindliche Einschränkungen verhängt werden mussten. In letzter Zeit ist die Wasserabgabe an die gewerblichen Betriebe (ohne Grossindustrie, die meistens über eigene, umfangreiche Wasserversorgungen verfügt) fast gleich gross wie der Wasserbedarf der Haushaltungen. Die spezifischen Verbrauchsziffern liegen in ähnlicher Grössenordnung wie in