

Horizontal-Sonnenuhr auf Solenhofner-Stein mit Weltkarte von J. M. F. Textor 1725.

Es besteht darüber hinaus noch die Möglichkeit, vertikale und auch polare Sonnenuhren auf Flächen zu errichten, deren Ebene nicht genau im rechten Winkel zur Nord-Süd-Achse der Himmelsrichtung stehen. Solch eine Abweichende Vertikaluhr zeigt östlicher geneigt mehr Vormittagsstunden und westlicher mehr Nachmittagsstunden.

Das Prinzip, das alle Sonnenuhren gemeinsam haben, läßt sich an dem sogenannten Sonnenuhrenhaus recht gut erkennen: sämtliche Schattenstäbe stehen parallel zueinander und parallel zur gedachten Erdachse. Würde man das Sonnenuhrenhaus am Nordpol oder Südpol aufstellen, so würden sämtliche Schattenstäbe senkrecht gen Himmel stehen und mit der Horizontebene einen rechten Winkel bilden. Bezugnehmend auf die Zifferblattflächen würden natürlich die vorgenannten Benennungen der einzelnen Sonnenuhren nicht mehr stimmen. Die Horizontaluhr würde zur Äquatorialuhr, die vertikalen Uhren zu polaren und ähnliches mehr.

Das Sonnenuhrenhaus am Äquator aufgestellt, ließ alle Schattenstäbe parallel zur Horizontebene stehen und würde auch hier so starke Veränderungen aufweisen, daß die vorgenannten Benennungen nicht mehr sinngemäß wären.

Auf allen Breitengraden zwischen den Polen und dem Äquator verhalten sich die Schattenstäbe in bezug auf ihre Zifferblattenebenen so, daß die in Abb. 1 angeführten Namen gelten können.

Die für jeden Schattenstab notwendige Parallele zur Erdachse ergibt sich, wenn man diesen um den Winkel der geographischen Breite des Standortes aus der Horizontalebene aufrichtet.

Der entstehende Winkel zwischen Schattenstab und Zifferblattenebene ist folglich auf allen Breitengraden verschieden, insbesondere bei der Horizontal- und Vertikaluhr. Der Winkel, der aus der geographischen Breite zwischen der Horizontebene und der Parallelen zur Erdachse entsteht, wird mit Polhöhe

Sonnenuhr in konkaver Halbkugel, Herstellungszeit 1561

bezeichnet. Der Winkel  $\varphi$  bildet sich zwischen einer Parallelen zur Äquatorebene und dem Zenit. Alle drei Winkelkomponenten, die geographische Breite, die Polhöhe und der Winkel  $\varphi$ , haben stets die gleiche Größe.

Als Beispiel soll das Sonnenuhrenhaus im Stadtkern von New York stehen, was einer geographischen Lage von  $40^{\circ}, 20'$  nördlicher Breite und  $74^{\circ}$  westlicher Länge entspricht. Hierbei ergeben sich die Winkel der Zifferblätter und der Schattenstäbe wie folgt:

1. Das Zifferblatt der Vertikalen Süduhr steht im rechten Winkel zur Horizontebene. Der Winkel, den der Schattenstab von der Zifferblattebene nach Süden gerichtet bildet, beträgt  $90^{\circ} - 40^{\circ} 20' = 49^{\circ} 40'$ .

2. Die Polare Süduhr verlangt, daß der Winkel der Zifferblattebene und des Schattenstabes der Polhöhe entsprechen. Beide müssen demnach um den Wert der geographischen Breite, gemäß dem Beispiel für New York  $40^{\circ} 20'$ , nach Süden aufgerichtet werden.

3. Die Horizontaluhr, wie der Name schon sagt, verlangt ein Zifferblatt in horizontaler Ebene. Der Schattenstab steht dann parallel zur Erdachse, wenn er um den Wert der geographischen Breite aus der Zifferblattebene erhoben wird. Der Winkel zwischen Schattenstab und Zenit beträgt für New York  $90^{\circ} - 40^{\circ} 20' = 49^{\circ} 40'$ .

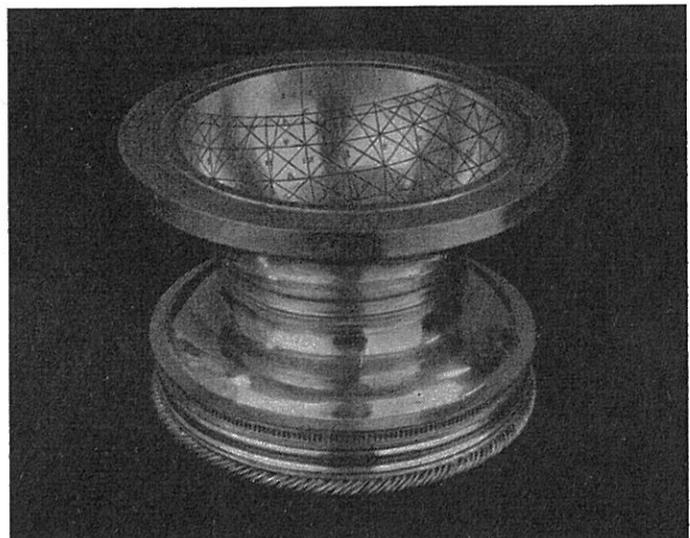
4. Die Äquatorialuhr nimmt eine Sonderstellung ein, da der Winkel zwischen dem Schattenstab und der Zifferblattebene stets  $90^{\circ}$  entspricht. Beide werden gemeinsam um den Wert der Polhöhe aus der Horizontebene aufgerichtet.

5. Die Vertikale Norduhr erhebt den Schattenstab um den Wert der Polhöhe aus der Horizontebene und steht somit im umgekehrten Verhältnis zur Vertikalen Süduhr.

6. Die Polare Ostuhr wie auch die Polare Westuhr auf der Gegenseite sind Vertikaluhren mit parallel zur vertikalen Wand stehenden Schattenstäben. Die Stäbe stehen jedoch diagonal vor dem Beschauer. Bei der Ostuhr ist das rechte Stabende um den Winkel der Polhöhe aus der waagerechten Lage erhoben, und bei der Westuhr, spielverkehrt, das linke Stabende.

### Die Harmonie der Stundenlinien

Zwischen den Stundenlinien aller Sonnenuhrsysteme — mit nach polwärts gerichtetem Schattenstab — besteht ein einheitlich geometrischer Zusammenhang. Stets ist der Ausgangspunkt ein Kreis, der in 24 Sektoren von je 15 Grad geteilt wird. Jedes der in Frage kommenden Bogenstücke ist gleich der Weg, den der Schatten eines im Mittelpunkt rechtwinklig aufgestellten



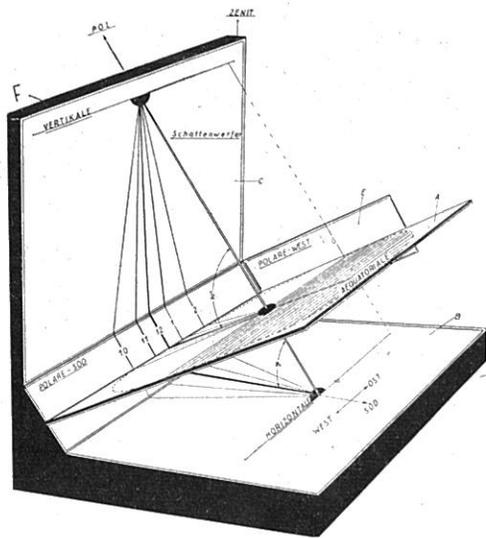


Abb. 2

Schattenwerfers in einer Stunde — wahrer Sonnenzeit — wandert, vorausgesetzt, daß die Ebene des Teilkreises parallel zur Äquatorebene steht.

Nach Abb. 2 befindet sich eine solche Ebene A mit einem Kreis um 45 Grad aus der Horizontalebene B erhoben. Durch den Mittelpunkt führt eine parallel zur Erdachse gezogene Linie, die im Bereich der Sonnenuhren den Schattenwerfer bildet. Kreisteilung und Schattenwerfer ergeben auf der dem Äquator parallelen Ebene A die sogenannte Äquatorial-Uhr. Ihre aus dem Mittelpunkt herausgezogene Mittagslinie — 12 Uhr — zeigt deutlich den Zusammenhang aller übrigen Mittagslinien und ihrer Harmonie untereinander.

Auch alle übrigen Stundenlinien, sei es auf der Horizontaluhr (Ebene B), auf der vertikalen Nord- und Süduhr (Ebene C und F), oder auf der polaren Ost-, Süd- und Westuhr (Ebene D und E), finden ihren Ursprung in dem Mittelpunkt des

Schattenwerfers der Äquatorialuhr. Nicht jede der verlängerten Stundenlinien, aus dem Mittelpunkt, kann an den als Zifferblattfläche gedachten Ebenen eine Auffallfläche finden. Folglich sind auch nicht alle Sonnenuhrenarten dazu geeignet, von morgens bis abends die Zeit anzugeben. Es läßt sich leicht ersehen, daß die polaren Uhren besonders schlecht „bedient“ sind, und daß schließlich die äquatoriale und die horizontale Uhr bei der Verteilung der Stundenlinien am günstigsten abschneiden.

Die Abb. 3 zeigt nochmals den Zusammenhang aller Stundenlinien aus dem Vollkreis heraus, als äquatoriale Uhr, zu den Einteilungen für eine vertikale, polare und horizontale Uhr. Die Rangordnung der Stundenzahlen bezieht sich dabei ausschließlich auf Sonnenuhren für die nördliche Hälfte der Erdkugel. Für Uhren auf der südlichen Halbkugel müßte die Eintragung der Stundenzahlen gerade umgekehrt erfolgen.

### Die Stundenlinien für mittlere Sonnenzeit

Die Zifferblatteinteilungen, wie sie nach Abb. 2 und 3 gezogen wurden, beziehen ich jedoch ausnahmslos nur auf die sogenannte „wahre Sonnenzeit“. Die Mittagsstunde wie auch die übrigen Stunden untereinander stimmen deshalb nur in sehr seltenen Fällen mit der „mittleren Sonnenzeit“ überein und noch weniger mit der gebräuchlichen Normalzeit des öffentlichen Lebens. Es könnte somit leicht passieren, daß eine Sonnenuhr, die nur die Stundenlinien nach der wahren Zeit trägt, in Verdacht kommt, sie ginge falsch; wahr hingegen ist, daß sie eine „andere Zeit“ anzeigt als die mechanischen Uhren, mit der sie der Beschauer gern in Einklang bringen möchte.

Die Differenzen zwischen der wahren und der mittleren Zeit, wie sie im Verlaufe eines Jahres in Erscheinung treten, können den sogenannten „Tabellen der Zeitgleichung“ (in Uhrmacherkalendern oder astronomischen Jahrbüchern) entnommen werden. Man kann aber ebensogut die Werte der Zeitgleichung in Form einer Kurve zusätzlich in das Zifferblattsystem aufnehmen. Eine solche Kurve um die Mittagslinie der wahren Sonnenzeit läßt sich verschiedentlich anlegen. Sehr gebräuchlich ist die Art einer Schleife, wie Abb. 4 zeigt. Ist die Kurve einmal

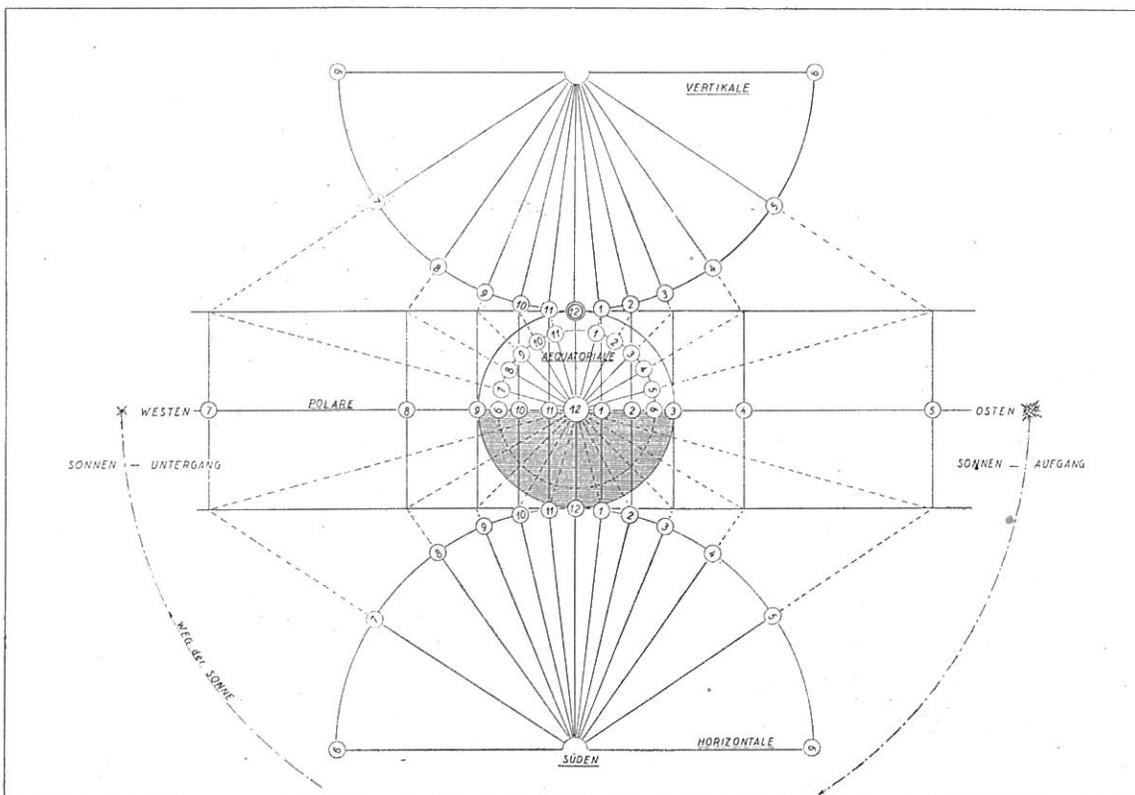
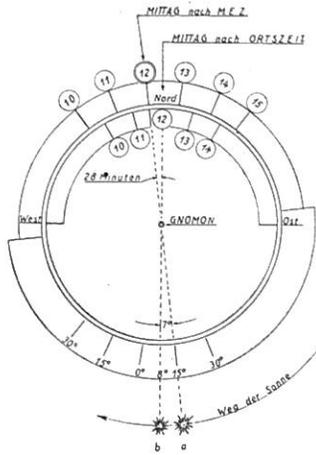


Abb. 3



KURVE DER ZEITGLEICHUNG MIT SONNENKALENDER

Abb. 4



a - KULMINATION der SONNE am NORMALZEITMERIDIAN  
b - KULMINATION der SONNE am ORTSZEITMERIDIAN

Abb. 5

entworfen, so kann sie unverändert auch für die übrigen Stundenlinien gezogen werden, ja sogar für die Halb- und Viertelstunden, soweit es die Größe eines Zifferblattes erlaubt, ohne das Gesamtbild zu stark zu verwirren. Am geeignetsten für eine derartige Korrektur der Stundenlinien sind die Zifferblätter der polaren und äquatorialen Sonnenuhren, da ihre Stundenlinien parallel zueinander verlaufen können und nicht nach einem Mittelpunkt gedrängt werden, wie es bei den horizontalen und vertikalen Zifferblättern der Fall ist.

Die Zeitgleichungskurve nach Abb. 4 ist so aufgestellt, daß die Unterschiede zwischen der wahren und mittleren Zeit für den Wert an jedem ersten Tag des Monats, jeden fünften Tag und den Tagen der Wendepunkte angegeben sind. Wollte man wirklich die Differenz der Zeitgleichung für jeden Tag gesondert ablesen können, so wäre es unerlässlich, für jeden einzelnen Tag im Jahr eine besondere Querlinie zu ziehen und auf dieser den vor- bzw. zurückverlegten Stundenwert zu markieren.

Die Verwendung einer solchen schleifenartigen Kurve setzt jedoch einen besonderen Schattenwerfer voraus. Während bei einfachen Sonnenuhren ein Stab oder ein dünnes Blech als Schattenwerfer dienen können, ist zur Anordnung in Abb. 4 ein sogenannter Lochnomon notwendig.

Der Schatten eines dünnen Zeigers wird täglich von der westlichen Hälfte zur östlichen Hälfte über die ganze Breite des Zifferblattes wandern und keinerlei Bezug nehmen auf die der

Jahreszeit entsprechende Schiefe der Sonnenbahn. Erhält aber der Schattenwerfer in der Mitte ein Loch, so entsteht auch in seinem Schattenbild eine Unterbrechung — ein Lichtpunkt. Dieser Punkt wandert ebenfalls täglich von West nach Ost über das Zifferblatt, doch niemals in der gleichen Ebene als am Tage zuvor. Im Winter, wenn der scheinbare Weg der Sonne am tiefsten ist, wird der Lichtpunkt auf der obersten Linie des Zifferblattes entlang wandern, und im Sommer, wenn die Sonne die höchste Bahn einnimmt, auf der untersten Linie der Zifferblatteinteilung, vorausgesetzt, daß es sich um ein Zifferblatt einer polaren oder äquatorialen Uhr handelt.

Dieses Auf- und Abwärtswandern des Lichtpunktes in einem Schattenbild wird so zu einem Kalendarium an der Sonnenuhr. Abb. 4 zeigt hierzu, wie und auf welche Art eine solche Zeitgleichungstabelle interessant illustriert werden kann, und gemäß der Einteilung des Tierkreises läßt sich aus der Kurve leicht die Frühlings-, Sommer-, Herbst- und Winterbahn der Sonne erkennen.

### Die Stundenlinien für Normalzeit

Steht eine Sonnenuhr, wie wohl in den häufigsten Fällen, nicht genau auf einem als Normalzeit geltenden Längengrad (in Deutschland dem 15. Längengrad östlich von Greenwich), so ist eine Verschiebung auf der Zifferblatteinteilung um eine zur Erdachse parallel stehenden Achse unerlässlich, wenn die Normalzeit direkt zur Ablesung gelangen soll. Eine solche Korrektur ist keineswegs allzu kompliziert. Befindet sich beispielsweise eine Sonnenuhr auf dem Längengrad 8 östlich von Greenwich, so beträgt die geographische Differenz zwischen dem mittleren Mittag am Ort der Uhr und dem mittleren Mittag des maßgeblichen Normalzeitmeridians (= 15° Ost) genau 7 Grad. Denn 7 Grad liegt ein Ort auf dem 8. Längengrad von dem 15. entfernt. Ein Längengrad entspricht ferner in bezug auf den Gesamtumfang der Erde einem Zeitmaß von 4 Minuten, was zu einer Differenz des Beispiels von insgesamt  $7 \text{ mal } 4 = 28$  Zeitminuten führt (siehe Abb. 5). Mit anderen Worten gesagt, tritt der Mittag des 15. Längengrades Ost um 28 Minuten früher ein als der mittlere Mittag am 8. Längengrad, dem Standort der Uhr. Nach einer solch erfolgten Verschiebung auf Normalzeit steht die 12-Uhr-Linie nicht mehr in der Flucht der Mittagslinie. Der Schattenstab muß hingegen seine nach Süden gerichtete Stellung beibehalten. Sehr aufschlußreich für die beiden Begriffe Ortszeit und Normalzeit ist es, wenn das Zifferblatt mit beiden Einteilungen versehen wird.

Fotos: Mathematisch-Physikalischer Salon Dresden.

## Kurzberichte vom Pariser Kongreß

### Der repetitive Rasteroszillograph

G. R. R. Bray (Royal Arsenal Woolwich)

Zur Gewinnung von ballistischen Daten über neuartige Geschosse ist die genaue Kenntnis der Verzögerung durch den Luftwiderstand erforderlich. In England ist eine neue Schießanlage errichtet worden, auf der das Geschöß über etwa 700 m seines Fluges beobachtet werden soll, wobei zwischen 8 und 20 Meßstellen verwendet werden.

Die Abstände zwischen den Meßstellen sollen mit großer Ge-

naugigkeit bekannt sein, und die Ankunftszeiten des Geschosses an diesen Punkten müssen ebenfalls sehr genau bestimmbar sein. Das Problem für die Zeitmessung war daher, aufeinanderfolgende Intervalle von  $1/100$ s mit einer Genauigkeit von einer Mikrosekunde zu messen und darüber hinaus Oszillogramme der beim Durchgang durch die Meßstellen erzeugten Signale zu gewinnen.