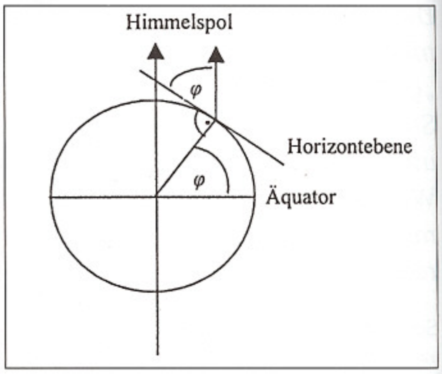
Eine Boden-Sonnenuhr für den Schulhof

von Albrecht Schultz

Eine Bodensonnenuhr in einem Schulprojekt zu verwirklichen, ist ein interessantes und lohnendes Unterfangen, werden doch verschiedene nützliche Kompetenzen bei den Teilnehmern entwickelt und gefördert. Für einen ganz konkreten Zweck erwirbt man sich Kenntnisse in der Bewegung von Gestirnen, in Zeitmessung, räumlicher Geometrie, Trigonometrie und in der Mathematik der Kegelschnitte; man übt sich im technischen Entwerfen, wendet Tabellenkalkulation an, und schließlich ist auch handwerkliches Geschick gefordert. Am Ende wird ein Ergebnis vorliegen, das nicht nur ästhetisch wirkt, sondern auch über lange Zeit für die Schulgemeinschaft eine nützliche Funktion erfüllt.



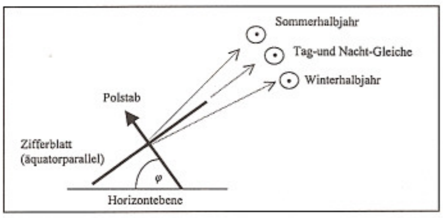
2 Horizontebene und Richtung des Polstabs

Einleitung

In diesem Beitrag wird das theoretische Material für die Konstruktion besonderer Sonnenuhren bereitgestellt; parallel dazu werden praktische Hinweise für die Ausführung gegeben. Zum Artikel gehören umfangreiche Berechnungstabellen, die von einer ergänzenden Internetseite heruntergeladen werden können [4]; wenn EXCEL zur Verfügung steht, können diese interaktiv den geographischen Koordinaten des Standortes angepasst werden. Damit wird es auch möglich, die Stundenskalen auf MEZ-Anzeige einzurichten. Das Thema „Bodensonnenuhren" wird in Zeitschriften für den naturwissenschaftlichen Unterricht immer wieder behandelt. Meistens wird aber auf die Darlegung der theoretischen Grundlagen verzichtet, und wenn fertige Maße und Winkel geliefert werden, so lassen sich diese nur in einem begrenzten geografischen Raum verwenden. Ein zusätzlicher Artikel erscheint also gerechtfertigt, wenn die Funktionsweise erklärt wird, Formeln hergeleitet werden und Tabellen für die Längen und Winkel über das Internet dem Standort angepasst werden können.

Der Artikel basiert auf dem Projekt einer Astronomie-AG in der Sekundarstufe II, d. h., die theoretischen Grundlagen wurden mit Schülern erarbeitet, und von Schülern wurden (unter Anleitung) die Berechnungen erstellt. Vor allem die praktische Umsetzung war für alle Beteiligten sehr anregend und kann zur Nachahmung nur empfohlen werden.

Im Wesentlichen geht es hier um zwei verschiedene Typen von Bodensonnenuhren, von denen die erste, die analemmatische, Gegenstand dieses Beitrages ist; der zweite Typ, eine Version der horizontalen Polstabsonnenuhr, wird in einem späteren Heft behandelt.

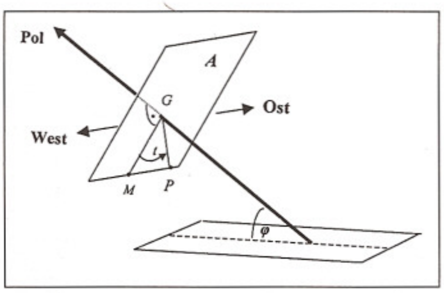


1 Das Prinzip der äquatorialen Sonnenuhr

Die äquatoriale Sonnenuhr

Um die Boden-Sonnenuhren verstehen zu können, muss man sich zuerst das Prinzip der einfachsten Sonnenuhr, der äquatorialen Sonnenuhr, klar machen. Der Schattenwerfer liegt in der Meridianebene. Die Meridianebene geht durch Zenit, Nordpunkt und Südpunkt des Horizontes. Sie ist die vertikale Nord-Süd-Ebene. Der Schattenwerfer ist zum Himmelspol gerichtet, deshalb heißt er „Polstab". Das Zifferblatt liegt parallel zum Äquator. Im Sommerhalbjahr scheint die Sonne auf die Oberseite des Zifferblattes, im Winterhalbjahr auf die Unterseite **(Bild 1)**. Der Neigungswinkel des Polstabs gegen die Horizontebene ist gleich der geographischen Breite φ **(Bild 2)**. Wegen der Erddrehung um eine Achse, die zum Himmelspol weist, scheint sich die Sonne im Lauf eines Tages gleichmäßig um den Polstab zu drehen. In **Bild 3** ist A die äquatorparallele Ebene (Ebene mit dem Zifferblatt), G ihr Schnittpunkt mit dem Polstab. Die Orientierungen in den Abbildungen treffen für Sonnenuhren auf der Nordhalbkugel der Erde zu.

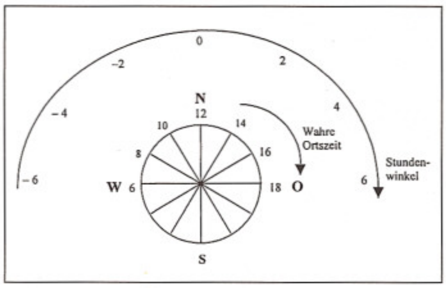
Der Schatten des Polstabs falle momentan auf die „Stundenlinie" GP. Man kann die äquatorparallele Ebene in Gedanken längs des Polstabes parallel verschieben, dann überstreicht die Stundenlinie eine „Stundenebene". Diese ist zur Äquatorebene senkrecht und dreht sich gleichförmig um den Polstab. Wenn die Sonne am höchsten steht (wahrer Mittag), fällt die Stundenebene mit der Meridianebene zusammen, und der Schatten des Polstabs fällt auf die Mittagslinie GM. Die wahre Ortszeit (WOZ) ist dann 12 Uhr. Der Drehwinkel zwischen Meridian-



3 Stundenwinkel und Stundenlinien auf dem Zifferblatt der äquatorialen Sonnenuhr

und Stundenebene heißt Stundenwinkel t, die Mittagslinie definiert seinen Nullpunkt. Der Stundenwinkel wird im Gradmaß oder im Zeitmaß gemessen, wobei eine Stunde 15° (= 360°/ 24) entspricht. Für die Vormittagsstunden ist t negativ. Die wahre Ortszeit ist also 12 Uhr + Stundenwinkel der Sonne im Zeitmaß **(Bild 4)**.

Die wahre Ortszeit stimmt in den seltensten Fällen mit der auf unseren Uhren abgelesenen Zeit überein. Zum Beispiel ist es während der „Winterzeit" (MEZ) in einer Stadt auf 8° östlicher Länge am wahren Mittag auf den Normaluhren bei Zeitgleichung 0 (s. Abschnitt „Die Zeitgleichung") ca. 12:28 Uhr. Der Grund dafür ist folgender: In Deutschland haben wir in den Wintermonaten die Mitteleuropäische Zeit (MEZ). Diese ist für den 15. Längengrad festgelegt. Wenn dort die Sonne ihren Höchststand erreicht hat, ist es überall in unserer Zeitzone 12 Uhr (bei Zeitgleichung 0). Weil Deutschland westlich des 15. Längengrades liegt – nur die sächsische Stadt Görlitz berührt ihn –, hat die Sonne um 12 Uhr MEZ überall im Inland noch nicht ihren Höchststand erreicht, die Zeitanzeige des Schattenstabes geht also gegenüber der Zonenzeit nach; die Differenz beträgt 4 Minuten pro Längengrad. Die Sonne braucht 28 Minuten für die 7-Grad-Reise vom 15. bis zum 8. Längengrad.



4 Wahre Ortszeit und Stundenwinkel

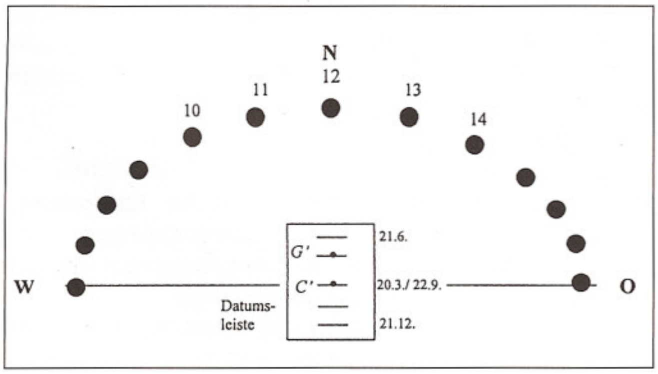
Wenn eine Sonnenuhr Zonenzeit anzeigen soll, muss ihr Zifferblatt entsprechend eingeteilt werden: Aus dem Stundenwinkel t der unkorrigierten Uhr wird der Stundenwinkel

$t' = t - (15° - \lambda)$

der MEZ (λ: geografische Länge, λ und t im Gradmaß). So entspricht z. B. 12 Uhr Zonenzeit nicht mehr dem Stundenwinkel $t = 0°$ sondern $t' = \lambda - 15°$. Bei der äquatorialen Version ist diese Umstellung wegen der gleichmäßigen Winkelteilung besonders einfach: Man muss nur das Zifferblatt dem Standort entsprechend ein wenig um den Polstab drehen.

Die analemmatische Boden-Sonnenuhr

Im Gegensatz zur äquatorialen Sonnenuhr liegt hier das Zifferblatt in der Horizontebene. Der Schattenwerfer steht senkrecht zu ihr; er ist aber nicht fest, sein Fußpunkt bewegt sich im Lauf eines Jahres auf der sog. Datumsleiste hin und zurück. Dabei handelt es sich um eine Anordnung von Markierungen, neben denen jeweils ein Datum steht, das eine bestimmte Sonnendeklination kennzeichnet **(Bild 5)**. Die Schatten für ganze Stunden bilden also übers Jahr gesehen kein homogenes Büschel, sondern gehen an verschiedenen Tagen des Jahres von verschiedenen Punkten der Datumsleiste aus. Deshalb gibt es keine Stunden-Linien, sondern Stunden-Punkte, die in diesem Fall auf einer Ellipse angeordnet sind. Die Montage eines Schattenstabes entfällt. Wer die Uhrzeit ablesen will, muss seinen eigenen Schatten zur Verfügung stellen: Man stellt sich auf die zutreffende Markierung (Zwischenwerte werden geschätzt) und sieht, auf welche Stundenbezeichnung der Körperschatten fällt. Die Körpergröße spielt keine Rolle, aber man wechselt alle paar Tage seinen Standpunkt.

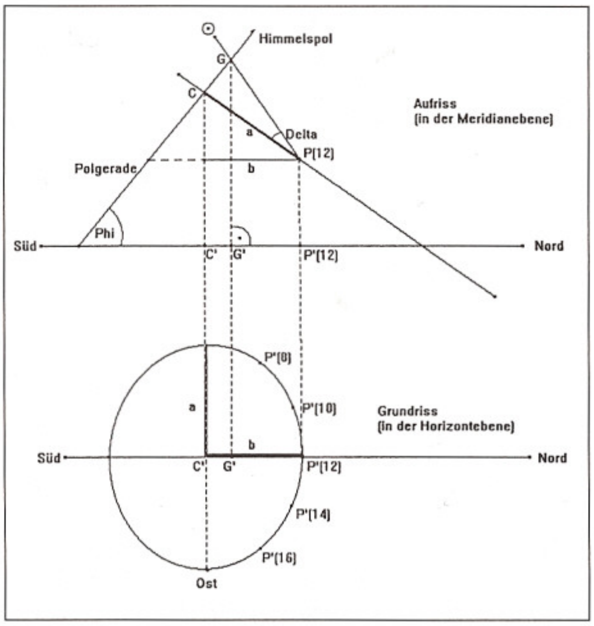


5 Stundenpunkte und Datumsleiste der analemmatischen Sonnenuhr

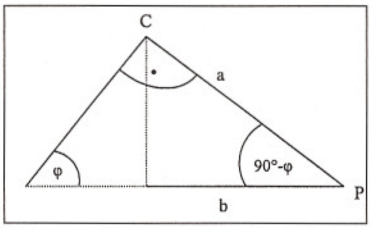
Das Konstruktionsprinzip

Die folgende gedankliche Konstruktion lehnt sich an [1] an. Wir gehen von der Polstab-Sonnenuhr mit äquatorparallelem Zifferblatt aus. Zur Anwendung kommt eine orthographische Projektion (senkrechte Parallelprojektion). Die Polgerade durchstoße die Zifferblattebene im Punkt C **(Bild 6a)**. In Gedanken wählen wir diesen zum Zentrum eines Kreises mit Radius a. Auf der Kreislinie liegen die Stundenmarken, diese haben gegenüber ihren Nachbarn jeweils gleichen Winkelabstand. Wir projizieren diese Stundenmarken durch vertikale Strahlen auf eine horizontale Ebene. Der Punkt C wird zu C' und die Kreislinie wird zur Ellipse mit der großen Halbachse a und der kleinen Halbachse b. Dabei haben ein Stundenpunkt P und seine Projektion P' jeweils gleichen Abstand von der Meridianebene durch C **(Bild 7)**.

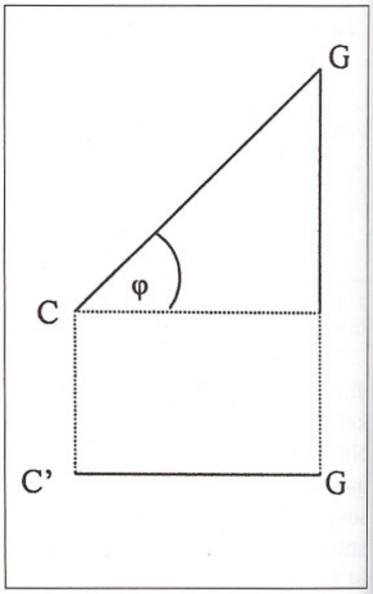
Nun wählen wir auf der Polgeraden einen verschiebbaren Punkt G als Gnomonmarke und zwar so, dass sein Schatten immer auf die Kreislinie fällt. Zum Beispiel muss der Punkt G höher geschoben werden, wenn die Sonnendeklination δ zunimmt. Der Kreispunkt, auf den der Schatten von G fällt, sei die Stundenmarke P. Wir stecken in Richtung des Projektionsstrahls von G einen Stab, der G selbst enthält. Ganz gleich, aus welcher Richtung der Stab von der Sonne beschienen wird, von der Seite betrachtet ist sein Schattenbereich ein rechtwinkliges Dreieck, dessen eine Kathete vom Fußpunkt G' des Stabes in Richtung G geht, und dessen Hypotenuse parallel zu der Schattenlinie GP ist. Dann muss die andere Kathete – das ist die Schattenlinie auf der Horizontebene – von G' in Richtung P', der Projektion von P, gehen. Würde man den Fußpunkt jetzt verschieben, so ergäbe sich bei $t \neq 0$ ein paralleles Schattendreieck, dessen Grundkathete nicht mehr auf die zutreffende Stundenmarke wiese. Die



6a Die analemmatische Sonnenuhr entsteht aus der äquatorialen Sonnenuhr durch orthographische Projektion



6b Detail aus Bild 6a



6c Detail aus Bild 6a

Uhr zeigt also auf der ebenen Ellipsen-Skala nur dann die richtige Zeit, wenn der Fußpunkt G' des vertikalen Stabes dem Datum entsprechend liegt. Die Bezeichnung „analemmatisch" geht auf das altgriechische Verb für „zurücknehmen", „wieder gut machen" zurück. Es ist klar, dass man dies auf den Schattenwerfer beziehen muss, dessen Position auf der Datumsleiste ständig dem Sonnenstand angepasst wird.

Maße und Ausrichtung der Trägerellipse

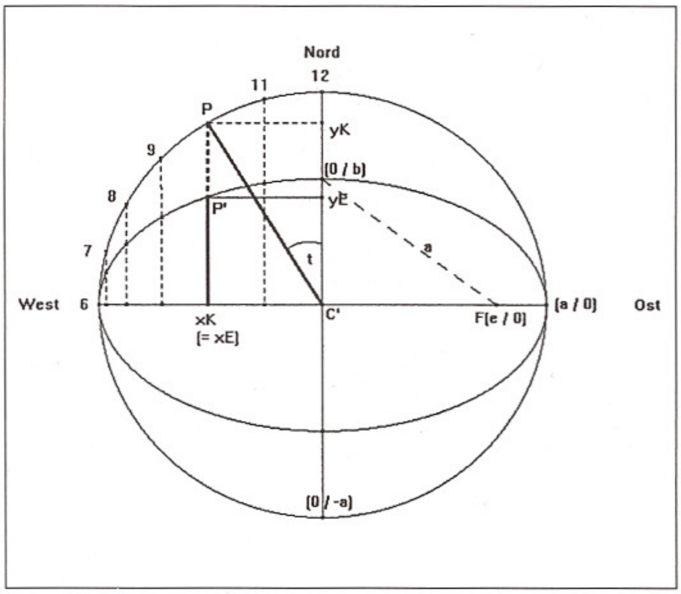
Auf dem absolut ebenen Boden werden zunächst die Achsen der Ellipse festgelegt. Die kleine Halbachse weist nach Norden (Bild 6a). Die exakte Nord-Süd-Richtung kann mittels eines GPS-Gerätes ermittelt werden. Für die große Halbachse wählen wir a = 320 cm. Für die Berechnung der kleinen Halbachse b gilt nach **Bild 6b**:
$\cos(90° - \varphi) = b / a$, also $b = a \cdot \sin \varphi$;
auf der geographischen Breite $\varphi = 50°$ ergibt sich dann $b \approx 245$ cm. Im Verhältnis der beiden Halbachsen spiegelt sich die geografische Breite des Standortes wider: Mit zunehmender Breite wird die Ellipse immer kreisähnlicher.

Festlegung der Datumsleiste

Bei einer gegebenen geografischen Breite richtet sich die Einteilung der Datumsstrecke nach der Sonnendeklination δ. Der Abstand des Ellipsenmittelpunktes C' zum aktuellen Fußpunkt G' des Schattengebers (siehe Bild 5) wird mit folgender Formel berechnet:
$C'G' = a \cdot \tan \delta \cdot \cos \varphi$.
Begründung: In Bild 6c lässt sich ablesen:
$C'G' = CG \cdot \cos \varphi$;
nach Abb. 6a ist $CG = a \cdot \tan \delta$.
Die in Tabelle 1 [4] in Halbmonats-Schritten berechneten Abstände $d = C'G'$ werden vom Ellipsenmittelpunkt aus längs der kleinen Halbachse abgetragen und mit dem entsprechenden Datum beschriftet. In der Nähe der Sonnenwenden kann auf einige Angaben verzichtet werden. Die Gesamtlänge der Datumsleiste beträgt für φ = 50° ungefähr 180 cm. (Wenn eine andere Breite als $\varphi = 50°$ zugrunde liegen soll, muss der Wert in der fett umrandeten Zelle überschrieben sein.) Der Ellipsenmittelpunkt entspricht dem 20. März bzw. 22. September (jeweils δ = 0°); im Sommerhalbjahr nehmen die Abstände bis zum 21. Juni in Nordrichtung zu (positive Werte), bevor sie wieder bis zum Abstand 0 abnehmen; im Winterhalbjahr gibt es entsprechende negative Werte, deren Beträge zunächst in Südrichtung zunehmen und dann wieder der Nullmarke zustreben. Wir sehen: Im gleichen Takt wie die Sonnendeklination im Jahreslauf zu- und abnimmt, bewegt sich der Schattengeber längs der Datumsleiste auf und ab, er imitiert die Pendelbewegung der Sonne von Wendekreis zu Wendekreis.
Für eine Ellipse mit den Halbachsen a und b und den Brennpunkten
$F_{1,2}$ (± e / 0) gilt
$e^2 = a^2 - b^2$ (Bild 7); in unserem Fall ergibt sich $e^2 = a^2 \cdot (1 - \sin^2 \varphi)$,
$e = a \cdot \cos \varphi$, also
$C'G' = e \cdot \tan \delta$. Ein Ellipsenbrennpunkt und die Punkte C', G' auf der Datumsleiste bilden folglich ein rechtwinkliges Dreieck, der spitze Winkel am Brennpunkt ist gleich der Sonnendeklination δ. An unserer Sonnenuhr lässt sich also zusätzlich für jedes Datum ein Näherungswert der Sonnendeklination entnehmen.

Festlegung der Stundenpunkte auf der Trägerellipse

In Bild 7 ist der ursprünglich in einer äquatorparallelen Ebene gelegene Kreis mit Mittelpunkt C und Radius a von Bild 6a in eine zur Horizontebene parallele Lage gedreht; Drehachse ist die Ost-West-Linie durch C. Zusätzlich gibt es ein Koordinatensystem, in dem auch die vor der Drehung durch Projektion entstandene Ellipse liegt. Zu einem Stundenwinkel t auf dem äquatorparallelen Zifferblatt gehört ein Kreispunkt $P(x_K / y_K)$ und ein Ellipsenpunkt $P'(x_E / y_E)$. Man sieht sofort:
$x_E = x_K$; $x_E = a \cdot \sin t$.
Die y-Koordinate ergibt sich aus der Ellipsendefinition $y_E = \frac{b}{a} \cdot y_K$.
Einsetzen von $y_K = a \cdot \cos t$ und $b = a \cdot \sin \varphi$ führt zu
$y_E = a \cdot \sin \varphi \cdot \cos t$.
Übrigens ist
$x = a \cdot \sin t$,
$y = b \cdot \cos t$, mit $0 \leq t \leq 2\pi$
die Parameterform der Ellipsengleichung, wenn a und b die Halbachsen sind und die Winkelzählung wie hier an der y-Achse beginnt.
Jetzt können die Stundenmarken $P'(x_E / y_E)$ gesetzt werden. Tabelle 2a [4] enthält



7 Zu den Stundenmarken der analemmatischen Sonnenuhr

8 Die „lebende" Sonnenuhr

die nötigen Daten ($\varphi = 50°$) für die wahre Ortszeit; wenn die Sonnenuhr auf MEZ eingerichtet werden soll, muss Tabelle 2b benutzt werden. Durch Überschreiben der geografischen Breite (bei MEZ auch der Länge) in den fett umrandeten Zellen werden die Rechenergebnisse dem Standort entsprechend neu angepasst. Die Stundenmarken sollten von 4 Uhr bis 20 Uhr gesetzt werden, denn eine derartige Uhr funktioniert vom Sonnenaufgang bis zum Untergang, sofern das Gelände ganz schattenfrei ist.

Ein Blick auf Bild 7 verrät, dass die Berechnung der Stundenpunkte P' durch eine einfache geometrische Konstruktion ersetzt werden kann: Man zeichnet in das auf dem Boden vorgefertigte Achsenkreuz zunächst die Kreislinie mit der regelmäßigen Stundenteilung und dann mittels „Gärtnerkonstruktion" die Ellipse; dazu müssen die Brennpunkte F_1 ($-e$ / 0) und F_2 (e / 0) mit $e = \sqrt{(a^2 - b^2)}$ markiert sein. Die Stundenpunkte P' ergeben sich dann jeweils als Schnitte der von den Kreispunkten P ausgehenden Nord-Süd-Linien mit der Ellipse. Bei einer Konstruktion in diesen Dimensionen dürften sich aber störende Ungenauigkeiten kaum vermeiden lassen.

Die Zeitgleichung

Die Sonnenzeit „atmet". Die Zeitspanne zwischen zwei unteren Meridiandurchgängen der Sonne (von Mitternacht zu Mitternacht) heißt wahrer Sonnentag. Das auf dieser Definition beruhende Zeitmaß ist die wahre Sonnenzeit (sie wird von einfachen Sonnenuhren angezeigt). Leider läuft sie übers Jahr gesehen unregelmäßig ab. Das liegt zum einen daran, dass die Verbindungslinie Sonne-Erde in gleichen Zeitabschnitten nicht gleiche Winkel, sondern gleiche Flächen überfährt (2. Kepler'sches Gesetz), zum anderen spielt die Neigung der Äquatorebene gegen die Ekliptikebene eine Rolle. Wer sich damit eingehender beschäftigen will, findet in der Fachliteratur oder im Internet mühelos ausführliche Informationen.

Da es technisch nicht möglich ist, den Gang aller Uhren den Schwankungen des Sonnenlaufs anzupassen, hat man eine fiktive Sonne eingeführt. In der gleichen Zeit, in der sich die wahre Sonne, geozentrisch gesehen, mit ungleichförmiger Geschwindigkeit einmal durch die Ekliptik bewegt – in einem Jahr also –, vollendet die gedachte mittlere Sonne einen Umlauf mit konstantem Geschwindigkeitsbetrag im Äquator. Der Mittelwert aller wahren Sonnentage eines Jahres wird mittlerer Sonnentag genannt. Er dauert von einem unteren Meridiandurchgang der mittleren Sonne bis zum nächsten und wird in 24 Stunden eingeteilt; die mittlere Sonnenzeit wird in dieser Zeiteinheit gemessen. Die Differenz Wahre Zeit minus mittlere Zeit heißt Zeitgleichung (im Sinne von „Zeitausgleichung"). Sie gibt an, um wieviel jede normale Sonnenuhr an einem bestimmten Tag gegenüber der mittleren Ortszeit vor- oder nachgeht. In [4] ist die Zeitgleichungskurve über ein volles Jahr dargestellt (vorletzte Spalte von Tab. 1).

Wir schreiben die Korrekturen aus der Zeitgleichung (letzte Spalte von Tab. 1) neben die Monatsnamen in der Datumsleiste der analemmatischen Uhr. So bedeutet zum Beispiel „+ 6 min": Addiere zur abgelesenen Zeit 6 Minuten. Die Sommerzeit kann mit einer zweiten Ziffernreihe berücksichtigt werden.

Bevor man an die praktische Umsetzung im Schulhof geht, empfiehlt es sich, ein Pappmodell im Maßstab 1:10 anzufertigen und daran die Funktion zu überprüfen. Für den Rest sind der Fantasie keine Grenzen gesetzt: Als Stundenmarken können farbige Pflastersteine, Holzpflöcke oder Blumentöpfe gesetzt werden; die Marken und Beschriftungen können auch ganz einfach mit Dispersionsfarbe auf den Asphalt gemalt sein **(Bild 9)**. Wer über einen größeren Etat verfügt, kann Steinmetzarbeiten in Auftrag geben und Messingtafeln mit eingravierter Schrift in den Boden einlassen.

Literatur:

[1] Schilt, H.: Ebene Sonnenuhren, 3. Auflage. Copyright beim Verfasser, Biel (CH) 1987

[2] Zenkert, A.: Die analemmatische Bodensonnenuhr. In: MNU 54/3 (2001), S 151 ff.

[3] Zenkert, A.: Faszination Sonnenuhr. Verlag Harri Deutsch, Thun und Frankfurt a. M. 1995

[4] http://www.uni-landau.de/physik/sonnenuhren

Dr. Albrecht Schultz
Im Alten Kloster 16
76857 Eußerthal

Eine Bodensonnenuhr für den Schulhof

Zweiter Teil

von Albrecht Schultz

Im ersten Teil dieses Beitrages [1] haben wir die äquatoriale Sonnenuhr und die analemmatische Boden-Sonnenuhr kennengelernt. Der zweite Teil beschreibt die horizontale Polstab-Sonnenuhr und eine Uhr, die gänzlich ohne Polstab auskommt.

Die horizontale Polstab-Sonnenuhr

Wie bei der analemmatischen Sonnenuhr gehen wir von der äquatorialen Sonnenuhr aus (Bilder 1 und 3 in [1]). Deren Schattenstab wird beibehalten; er weist zum Himmelspol, ist also Polstab, aber das Zifferblatt liegt in der Horizontebene. Die neuen Stundenlinien ergeben sich durch Parallelprojektion des ursprünglichen Zifferblattes längs des Polstabes. Für die Berechnung nehmen wir uns **Bild 1** vor (Die Orientierungen in dieser Abbildung treffen für Sonnenuhren auf der Nordhalbkugel zu.)
Der Polstab durchsticht die horizontale Ebene H im Punkt O, die Zifferblattebene A der äquatorialen Sonnenuhr im Punkt G. A enthält die Mittagslinie GM und die Stundenlinie GP; dabei sind M und P Punkte der Schnittgeraden von A und H. Die zum Stundenwinkel t gehörende Stundenebene schneidet H in der Geraden OP (Projektion von GP). Das ist die neue Stundenlinie; sie schließt einen Winkel α mit der Nord-Süd-Richtung ein. Wir wollen eine Formel aufstellen, welche den Zusammenhang zwischen diesem Winkel α in der Horizontebene und dem Stundenwinkel t in der äquatorparallelen Ebene beschreibt.
Das Dreieck OPM ist in M rechtwinklig, man liest ab:

$$\tan \alpha = \frac{\overline{MP}}{\overline{OM}}. \qquad (1)$$

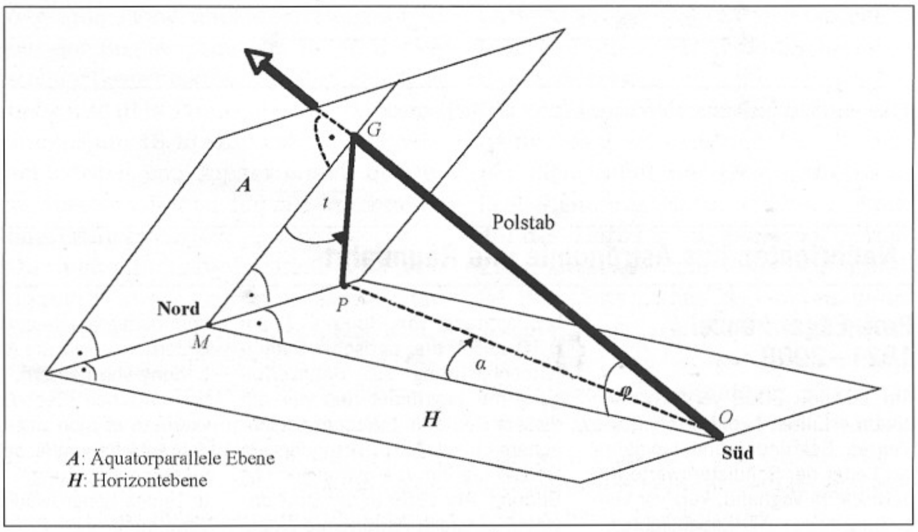
Das Dreieck OGM ist Ausschnitt der Meridianebene und in G rechtwinklig, deshalb gilt

$$\overline{OM} = \frac{\overline{GM}}{\sin \varphi}. \qquad (2)$$

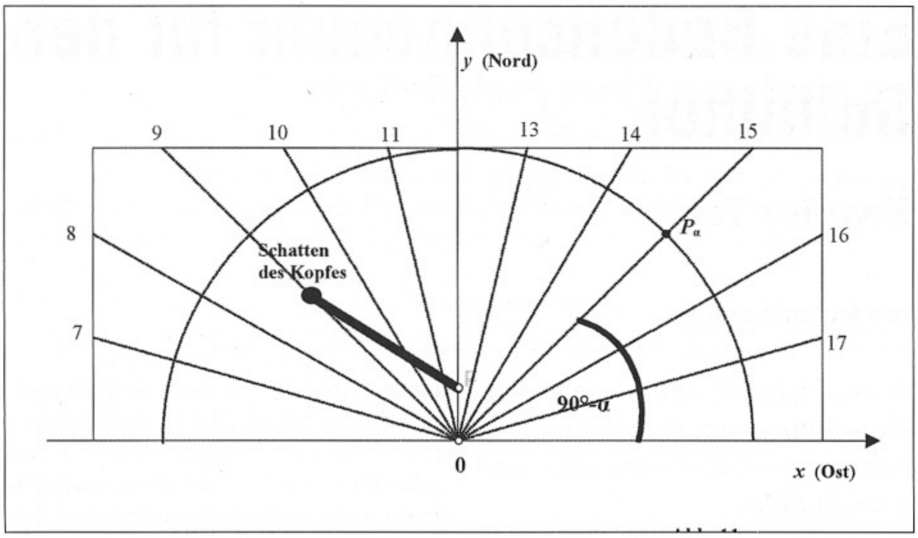
Auch das Dreieck GMP in der Äquatorebene ist rechtwinklig, und es folgt
$$\overline{MP} = \overline{GM} \cdot \tan t. \qquad (3)$$
Einsetzen von (2) und (3) in (1) ergibt $\tan \alpha = \sin \varphi \cdot \tan t$.
Für die praktische Umsetzung zeichnen wir ein Koordinatensystem auf den Boden (y-Achse nach Norden gerichtet) und berechnen Punkte P_α $(3 \cdot \cos(90° - \alpha) / 3 \cdot \sin(90° - \alpha))$ auf einem Halbkreis (Radius 3 m), durch welche die Stundenlinien gehen (**Bild 2**). Ausgangspunkt dieser Linien ist O, der Fußpunkt des Polstabes. Die exakte Nord-Süd-Richtung kann wieder mittels eines GPS-Gerätes ermittelt werden.
Auf der Internetseite [5] sind für $\varphi = 50°$ und $\lambda = 8°$ die Uhrzeiten und die zugehörigen Winkel α sowie die Punktkoordinaten zum Zeichnen der Stundenlinien angegeben: Tabelle 3a für die wahre Ortszeit des Schulortes, Tabelle 3b für die wahre Ortszeit des 15. Längengrades, aus der durch Korrektur um die Zeitgleichung die Mitteleuropäische Zeit entsteht. Durch Überschreiben der geografischen Breite und Länge in den fett umrandeten Zellen werden die Rechenergebnisse dem Standort entsprechend neu angepasst.

Der überflüssige Polstab

Im Sonnenuhren-Garten von Herrn *V. Philippi* in Siersburg (Saar) ist eine schöne Idee für die Konstruktion einer Bodensonnenuhr verwirklicht; sie ist in [2] beschrieben und soll auch hier näher behandelt werden. Die Uhr kommt ohne den schrägen Schattenstab aus, der ja in einem Schulhof hinderlich oder gar gefährlich sein kann.
Wir übernehmen das Zifferblatt der horizontalen Polstab-Sonnenuhr. Den Polstab denken wir uns nur, lediglich der Bodenpunkt wird angedeutet (Punkt O in den **Bildern 2 und 3**). Entlang der Nord-Südlinie (12 Uhr WOZ) befindet sich eine Skala für die Körpergröße l (Anfangspunkt O). Nehmen wir an, der Polstab wäre vorhanden. Die Skala für die Körpergröße wird so eingerichtet,



1 Horizontale Polstabsonnenuhr. Stundenwinkel in der Äquator- und in der Horizontebene.



2 Horizontale Polstabsonnenuhr. F ist der Fersenpunkt einer Person, deren Kopf einen Schatten auf die 9-Uhr-Stundenlinie wirft.

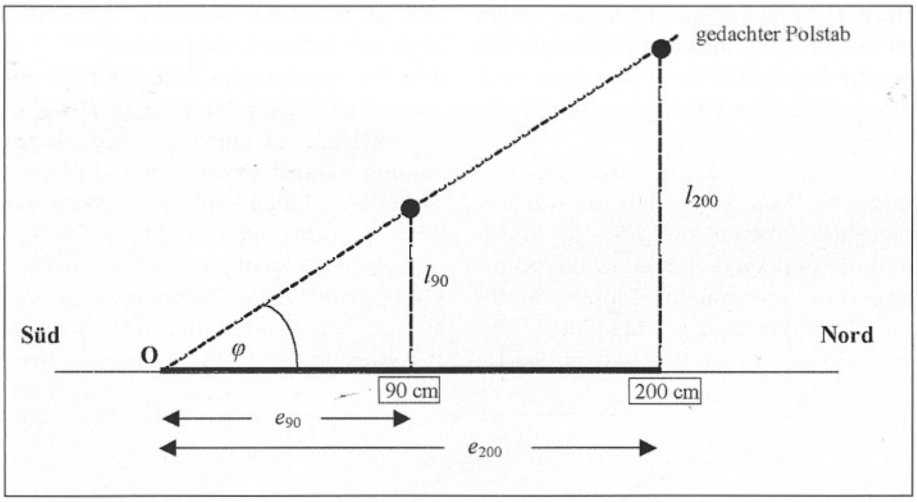
dass die jeweilige Länge des Körpers genau unter den Polstab passt; dann fällt der Schatten des Kopfes mit dem Schatten des Polstabes zusammen auf die betreffende Stundenlinie. Daran sieht man, dass der Schattenstab überflüssig ist, wenn die Skala für die Körpergröße *l* vorhanden ist. Die Versuchsperson muss sich so aufstellen, dass die Ferse die betreffende Marke bedeckt. Die Entfernung *e* des Standpunktes vom Schnittpunkt *O* der Stundenlinien wird nach der einfachen Formel

$$e = \frac{l}{\tan \varphi}$$

berechnet. Tabelle 4 (auf der Internetseite [5]) enthält die Daten für die Anfertigung der Skala (φ = 50°). Durch Überschreiben der geografischen Breite in der fett umrandeten Zelle können die Rechenergebnisse wieder dem Standort angepasst werden. Zur Feststellung der Körpergröße kann eine Messlatte neben der Sonnenuhr aufgestellt werden.

Bei tief stehender Sonne kommt es vor, dass der Schatten des Kopfes erst in großer Entfernung vom Fußpunkt auf eine Stundenlinie fällt; man kann aber die Stundenlinien (z. B. Messingschienen, die im Asphalt eingelassen sind) nicht beliebig lang machen. Da hilft nur eines: Lange Kerle müssen in die Hocke gehen und sich so neu abmessen lassen. Die Zeitgleichung (siehe [1]) kann schwerlich direkt implementiert werden; aber man kann neben der Uhr eine Tafel mit der ersten und letzten Spalte aus Tabelle 1 [5] aufstellen. Die Sommerzeit kann mit einer zweiten Ziffernreihe berücksichtigt werden.

Vor der Umsetzung im Schulhof empfiehlt es sich, wie bei der analemmatischen Uhr ein Pappmodell im Maßstab 1:10 anzufertigen und damit die Funktion zu überprüfen.



3 Der überflüssige Polstab. Markierungen für die Körpergrößen.

Literatur:

[1] Schultz, A.: Eine Bodensonnenuhr für den Schulhof. In: ASTRONOMIE + RAUMFAHRT im Unterricht, Heft 3–4/2008

[2] Zenkert, A.: Eine Polstabsonnenuhr ohne Polstab. In: MNU 47/3 (1994), 167–168

[3] Zenkert, A.: Horizontal-Sonnenuhr ohne Schattenstab. In: ASTRONOMIE + RAUMFAHRT im Unterricht, Heft 4/2004

[4] Zenkert, A.: Die „lebende" Polstab-Sonnenuhr ohne Polstab. In: ASTRONOMIE + RAUMFAHRT im Unterricht, Heft 3/2006

[5] http://www.uni-landau.de/physik/sonnenuhren

Dr. Albrecht Schultz
Im Alten Kloster 16
76857 Eußerthal

Nachrichten aus Astronomie und Raumfahrt

Prof. Edgar Penzel 1921–2008

Am 16. Juli 2008 verstarb nach einem erfüllten Leben Prof. *Edgar Penzel,* Begründer und langjähriger Leiter der Schulsternwarte Rodewisch im Vogtland, kurz vor Vollendung seines 87. Lebensjahres. *Edgar Penzel* hat durch die Erstbeobachtung von Sputnik 1 am 8.10.1957 die optische Satellitenbeobachtung zur Bahnverfolgung mit begründet und war auf diesem Gebiet mit großem persönlichem Einsatz tätig. Besonders am Herzen lag ihm die astronomische Bildung. Als 1959 in der DDR das Unterrichtsfach Astronomie eingeführt wurde, übernahm er mit großem pädagogischem Geschick den Unterricht sowie die Aus- und Fortbildung von Lehrern. In seiner astronomischen Beobachtertätigkeit widmete er sich mit Leidenschaft der Astrofotografie sowie der Kometenbeobachtung. Höhepunkte seines Lebenswerkes waren die Verleihung der Professur 1961, die Einweihung der neuen Sternwarte auf der Rützengrüner Höhe 1967, die Einweihung des Planetariums 1985 sowie die Verleihung der Ehrenbürgerschaft der Stadt Rodewisch im Jahr 2004. Seine Mitarbeiter, Schüler und Kollegen werden ihn als engagierten Lehrer, Volksbildner und Astronomen in bleibender Erinnerung behalten.

Jochen Engelmann