

Der Subsolare Punkt auf einer Globus-Sonnenuhr

(DGC-Jahresschrift 2003)

Zusammenfassung

Die zusätzliche Darstellung des Subsolaren Punktes der Erde bei einer Sonnenuhr macht diese zu einer wertvollen Anschauungshilfe. Sie zeigt den Zusammenhang zwischen Tages- und Jahreszeit einerseits und der Besonnung der Erde andererseits.

Bisherige Lösungen begnügen sich mit ebener Darstellung und nehmen die relativ starke Verzerrung, die bei gnomonischer Projektion der Erde in die Ebene entsteht, in Kauf. Die neue HELIOS®-Sonnenuhr verwendet als Bild- eine Kugelfläche, wodurch die Erde wie auf einem Globus unverzerrt bleibt, und stellt somit die Verbindung zwischen Sonnenuhr und Subsolaren Punkt in einem bisher nicht erreichten Masse von Anschaulichkeit her.

Inhalt

1. Der subsolare Punkt
2. Die Anschaulichkeit von mit Weltkarten kombinierten Sonnenuhren
3. Der Nachteil ebener Sonnenuhren mit Weltkarten
4. Die HELIOS, eine besondere Globus-Sonnenuhr
5. Beschränkter Anzeigebereich bei der HELIOS-Sonnenuhr
6. Literatur (inkl. Bildnachweise)
7. Anmerkungen

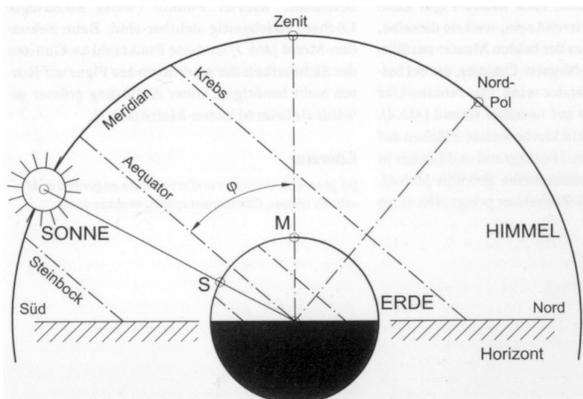


Abb.1 Himmel, Sonne und Erde
S,δ : Subsolarer Punkt M,φ : Standort einer Sonnenuhr

1. Der Subsolare Punkt

Der Subsolare Punkt befindet sich auf der Erde dort, wo die gerade Verbindungslinie zwischen Sonnen- und Erdmittelpunkt die Erdoberfläche durchstößt (Abb.1). In ihm steht die Sonne im Zenit. Seine Bewegung auf der Erde ist konform mit der der Sonne in der fix mit der Erde verbunden gedachten Himmels-Sphäre. Die Erdoberfläche und der Himmel sind zwei konzentrische Sphären. Für beide ist das Erd-fixe äquatoriale Koordinatensystem anwendbar. Die Sonne und der Subsolare Punkt haben in

ihm dieselben Koordinaten-Winkel. Eine optische Abbildung einer der beiden Sphären kann jeweils auch als das Bild der anderen angesehen werden.

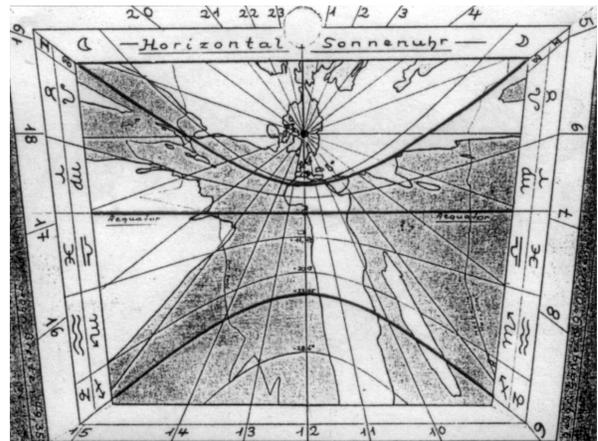


Abb.2 Zifferblatt einer Gnomonischen Sonnenuhr mit zusätzlicher Weltkarte [2]

2. Die Anschaulichkeit von mit Weltkarten kombinierten Sonnenuhren

Die Bildfläche (Zifferblatt) einer Sonnenuhr enthält als Skala das Koordinaten-Gitter des sichtbaren Himmels. Es ist mittels gnomonischer Projektion [1] konstruiert (s.Anm.1). Im Projektions-Zentrum befindet sich zumeist ein Schatten-werfender Punkt. Der Punkt-Schatten repräsentiert dann den momentanen Ort der Sonne, gemessen mit fixen Himmels-Koordinaten. Der Längenswinkel ist der Stundenwinkel der Sonne (Tageszeit), der Breitenwinkel ist ihr Deklinationswinkel (Jahreszeit). Wird nun der gesamten Bildflächen-Inhalt als Teil der Erdoberfläche interpretiert, so stellt der Punkt-Schatten den Subsolaren Punkt und das Gitter die geographischen Koordinaten Länge und Breite dar. Erfolgt der naheliegende Schritt, die Bildfläche zusätzlich als Weltkarte zu gestalten (Abb.2), dann werden dem Betrachter die

Zusammenhänge zwischen Tages- und Jahreszeit einerseits und der Besonnung der Erde andererseits anschaulich präsentiert.

3. Der Nachteil ebener Sonnenuhren mit Weltkarten

Einschlägige Sonnenuhren existieren in verschiedenen Varianten (s.Anm.2) seit langem und sind von mir in einer früheren Arbeit zusammenfassend beschrieben worden [1] (s.Anm.3). Gemeinsam ist allen eine ebene Bildfläche, in der die Erdoberfläche ziemlich störend verzerrt wird. In Abb.2 ist das deutlich zu sehen: Der den Subsolanen Punkt enthaltende Gürtel zwischen den Wendekreisen ist längst kein zum Äquator symmetrischer Streifen mehr. Dieser Nachteil ist in der kürzlich von C.Heller entwickelten Sonnenuhr HELIOS beseitigt [3] (Abb.3).

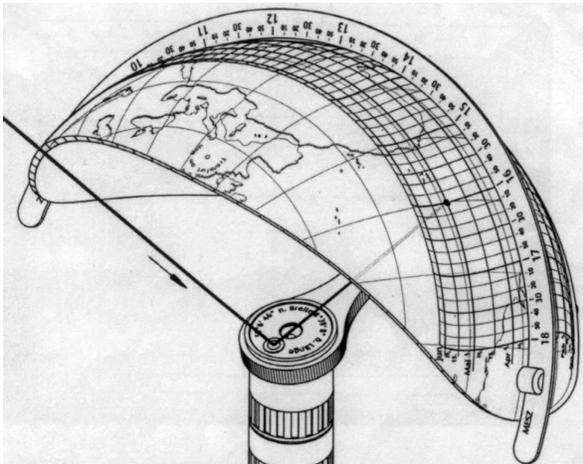


Abb.3 Sonnenuhr HELIOS mit kugelförmigem Zifferblatt [3]

4. Die HELIOS, eine besondere Globus-Sonnenuhr

Die HELIOS ähnelt einem Globus: Ihre Bildfläche ist Teil einer Kugel-Aussenfläche. Die Bilderzeugung erfolgt von innen heraus (Rückprojektion auf matt-transparentem Schirm), was den Unterschied zur antiken Skaphe ausmacht, deren Bild in der massiven hohlen Halbkugel verbleibt. Die Hohlform dieses Bildes verführt zur Annahme, dass es dem Blick zum Himmel uneingeschränkt entspricht. Das Bild ist aber zum Blick spiegelverkehrt. Es entspricht vielmehr dem von aussen vorgenommenen Blick auf die Himmels-Sphäre und kann deshalb zweckmässig als von aussen gewonnenes Bild der Erde angenommen werden. Nur ist ein hohler Globus ein noch weniger anschauliches Erd-Modell als eine verzerrte ebene Karte. Das Erd-Bild wäre wiederum gespiegelt, also falsch, wenn es lediglich bei einer transparent gemach-

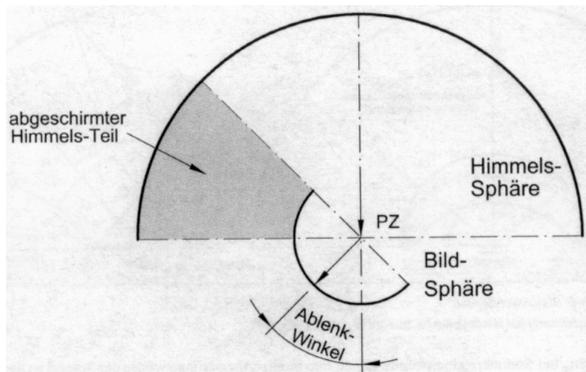
ten Skaphe von aussen her betrachtet würde. Die Korrektur ist mit einem Spiegel möglich. Spiegel-Sonnenuhren hat es wiederum auch schon oft und verschieden konstruiert gegeben [4], nicht aber im Zusammenhang mit einer kugelförmigen Bildfläche wie bei der HELIOS, in der der Spiegel neben der Bild-Umkehr weitere Funktionen hat.

Der Spiegel befindet sich im Projektions-Zentrum. Er ist also auch das im technisch-optischen Sinne Bild-erzeugende Element, wofür er klein ist, um wie ein Loch-Gnomon zu wirken. Der in der Bildfläche erzeugte Licht-Punkt ist ein anschaulicherer Subsolarer Punkt als der übliche Schatten-Punkt. Mit einem Durchmesser von 6 mm stellt der Spiegel im Vergleich zur Lochkamera eine relativ grosse Blende dar. Das Bild der Sonne ist deshalb relativ hell. Es ist aber trotzdem genügend scharf, weil beim Spiegel nicht auf modernen, dennoch einfachen technischen Standard verzichtet wird. Es handelt sich um einen Hohlspiegel, dessen Brennweite seiner abbildenden optischen Funktion angepasst ist. Schliesslich sei noch die Bild-Ablenkung als nützlicher Nebeneffekt der Spiegelung erwähnt. Die transparent gemachte Skaphe wird aufgerichtet. Ihr Aussen-Bild muss nicht von unten, sondern kann von oben her betrachtet werden.

Die HELIOS verkörpert einen wichtigen und wertvollen Schritt in der Sonnenuhren-Entwicklung. Sie stellt den Zusammenhang zum Subsolanen Punkt erstmals mit dem erforderlichen Mass an Anschaulichkeit dar. Leider beschränkt die angewendete Spiegelung den Anzeigebereich.

5. Beschränkter Anzeigebereich bei der HELIOS-Sonnenuhr

Der im Projektions-Zentrum angeordnete Spiegel lenkt die Sonnenstrahlen um, weshalb der erfassbare Sphären-Winkel prinzipiell kleiner als 180° ist. Raum- und Bild-Sphäre überschneiden sich teilweise (Abb.4). Einige Strahlen können den Bild-Schirm nicht passieren, denn dieser hat matt-transparent zusein, um das rück-projizierte Bild sichtbar zu machen. Die Spiegel-Normale befindet sich in der Meridian-Ebene, also wird die Morgen- und die Abendsonne eine Zeit lang abgeschirmt. (s.Anm.4). Bei Wintersonnenwende ist die Abschirmung noch nicht, bei Sommersonnenwende ist sie maximal wirksam.



Umlenkung im Projektions-Zentrum

Die optimierte Neigung beträgt 40° zwischen Aequator-Ebene und Spiegel-Normale. In Abb.5 sind die Verhältnisse für minimal breiten, d.h.

entlang der Wendekreise besäumten Schirm und horizontalen Spiegel (Sonderfall $\varphi = \kappa = 40^\circ$) dargestellt. Der bei Sommersonnenwende nicht abgeschirmte Teil des Himmels entspricht knapp 8 Stunden (s.Anm.5). Dieser Wert ist unabhängig von der geographischen Breite. Für den Standort Frankfurt/Main ($\varphi \approx 50^\circ$) bedeutet es, dass die Sonnenuhr vom längsten Tag des Jahres (mehr als 16 Stunden) nur knapp die Hälfte anzeigt.

Die durch Abschattung bewirkte Beschränkung ist andererseits gross genug, dass Streiflicht-Probleme nicht auftreten. Bei tiefer Morgen- und Abendsonne würde der Spiegel so flach getroffen, dass das reflektierte Licht für die Anzeige zu schwach wäre.

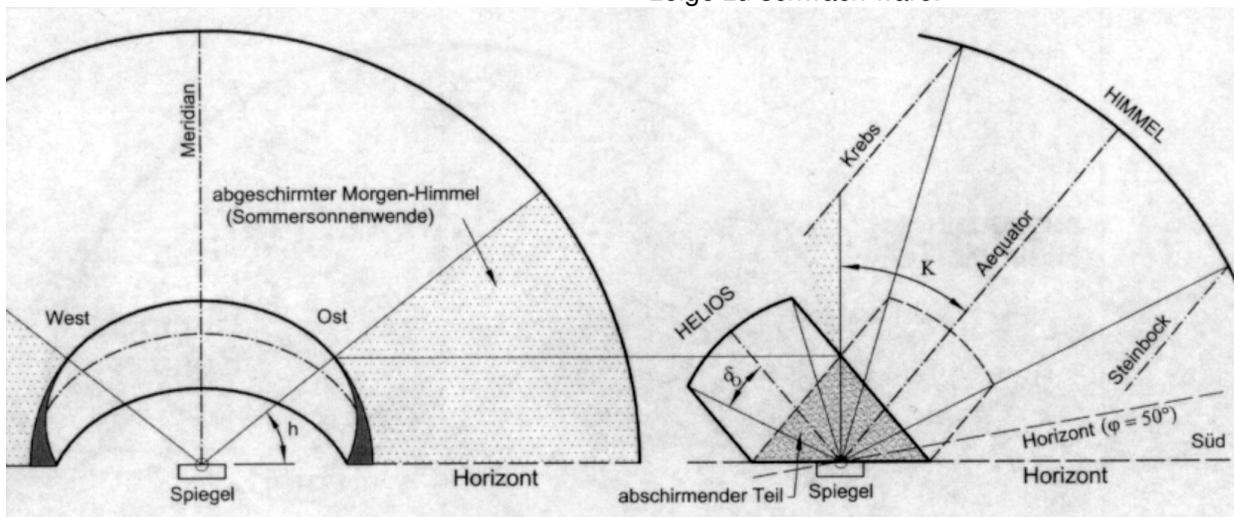


Abb.5 HELIOS-Sonnenuhr: Abschirmung bei Mindest-Breite Spiegel horizontal, $\varphi = 40^\circ$

6. Literatur (inkl. Bildnachweise)

- [1] S.Wetzel: „Sonnenuhren mit zusätzlicher Weltkarte auf dem Zifferblatt“, Schriften der „Freunde Alter Uhren“, 1998
- [2] H.Sigmund: „Die Weltkarte als astrolabische Sonnenuhr“, Schriften der „Freunde Alter Uhren“, 1990
- [3] C.Heller: www.heliosuhren.de
- [4] R.R.J.Rohr: "Reflexsonnenuhren", Schriften der "Freunde alter Uhren, 1990
- [5] H.Schilt: "Koordinaten-Transformationen", ORION-Sondernummer, 1980

7. Anmerkungen

Anmerkung 1

Eine Sonnenuhr mit Punkt-Schatten oder Licht-Punkt ist ein gnomonischer Projektions-Apparat [1]. Die Verallgemeinerung dieser Tatsache führte im Verlauf der Geschichte zum abstrakten Begriff Gnomonische Projektion.

Anmerkung 2

Darunter befinden sich auch Azimutale Sonnenuhren, bei denen das gleichzeitige Erkennen von Tages- und Jahreszeit bzw. Längen- und Breitengrad prinzipiell nicht möglich ist.

Anmerkung 3

In der gewünschten Sonnenuhren-Kombination steht das Bild der Erde im Vordergrund. Seine Richtigkeit ist unabdingbar. Die „falsche“ Darstellung des Himmels kann hingenommen werden.

Anmerkung 4

Prinzipiell könnte entweder die Morgen- oder

die Abendsonne den Spiegel erreichen, wenn der Schirm am gegenüberliegenden Anzeige-Ende gekürzt würde. Die ungekürzt ausgeführte symmetrische Lösung ist aber besonders aus ästhetischen Gründen naheliegend.

Anmerkung 5

$$\sin h = \sin \bar{\delta}_0 / \sin \kappa ,$$

$$\sin t = \cos h * \sin a / \cos \bar{\delta}_0 \text{ (Gl.2.45 in [5] .}$$

Lösung mit $\bar{\delta}_0=23.45^\circ$ und $\kappa=40^\circ$:

$$h=38,25^\circ, (a=90^\circ), t=58.87^\circ, 2t/15^\circ/h = \mathbf{7.85 h} .$$

Januar 2008
Siegfried Wetzel, ch3400 Burgdorf
s.wet@gmx.net