

1. Aus der Geschichte der Sonnenuhren

*„Aber die alten Sonnenuhren
richten die Erde zum Weltall aus,
für die Zeit in das himmlische Haus
durch die zwölf, die Tierkreisfiguren,
und der Sonne mittägliche Reife
legt um das Jahr die unendliche Schleife.“* (Walter Überwasser)

1.1. Schatten und Schattenstab

ANDREAS SCHÖNER begann sein 1561 in Nürnberg erschienenes Büchlein „Gnomonike mechanike“ mit einer Widmung an den „ehrwürdigen Herren Moritzen Weißhaupt/ Dechant zu S. Gangolff inn Bamberg/meinem gütigsten Herrn“ mit folgenden Worten:

„Es ist nie kein Volck so grob unnd viehisch gewest/welches nicht ein gewisse ordnung der zeyt gehabt. Denn Gott hat ordnung der zeyt unnd zalen/ in die vernünfftige Creaturn/eingepflantzet/weyl er selbst ordnung in alle creaturen liebet/hat auch die schöne/herrliche Liechter des himels/Sonn/Mon und Sternen/zu unterschied der zeyt erschaffen. Unnd zwar darff es nicht viel wort/der löblichen edlen kunst Astronomie/welche solche ordnung lehret...“

Für den Menschen wären Raum und Zeit leere Begriffe, hätten sie nicht durch das Messen Wesen und Gestalt bekommen. Den alten Kulturvölkern dienten die Gestirne zum Einteilen der Zeit: Die Sonne mit ihrem Wechsel von Tag und Nacht als Folge der Erdrotation. Der Jahreslauf der Sonne mit den wechselnden Bögen und Höhen als Widerspiegelung der Erdrevolution und der Achsenneigung unseres Planeten. Ferner der Mond, dessen Umlauf um die Erde das Zeitmaß für den Monat schuf und nicht zuletzt die Woche, die auf die astral-mythologische Verehrung der sieben Himmelskörper zurückgeht, die als „wandernde Gestirne“ vor dem Sternhim-

mel ihre Positionen verändern: Sonne, Mond, Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn.

Bis in unsere Zeit hat sich daran eigentlich nichts geändert, und die große Weltenuhr geht ihren genauen Gang seit Anbeginn. Dieser beständige Kreislauf des Kosmos war den Menschen Grundlage für die Zeitmessung, dies konnte man sehen, erleben und verstehen.

Der beständige Wechsel zwischen Tag und Nacht, die Veränderung des Sonnenstandes während des Tages und im Wechsel der Jahreszeiten waren gewiß die ersten Naturerscheinungen, welche die Menschen bewußt wahrgenommen und über die sie sich schon frühzeitig Gedanken gemacht hatten. Von einer Zeiteinteilung im heutigen Sinne konnte damals noch keine Rede sein, eine Grobeinteilung des Tages (Morgen, Mittag, Abend) genügte den damaligen Ansprüchen vollauf. Nach PLINIUS war selbst noch im alten Rom bis um die Mitte des 5. Jahrhunderts v. Chr. der Tag nur in die zwei Zeitspannen Morgen und Abend eingeteilt.

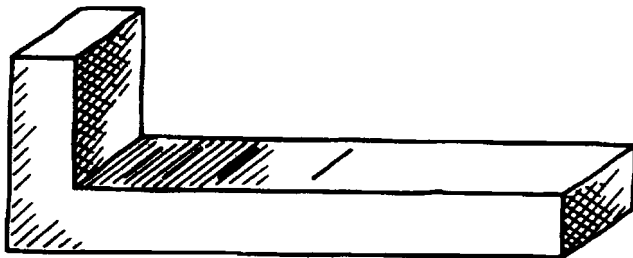
Für frühgeschichtliche Naturbeobachtungen sprechen auch einige Steinsetzungen, wie die bekannte Anlage von Stonehenge im südlichen England aus der Zeit zwischen 2200 bis 1400 v. Chr. Mittels einer aus großen Steinen gebildeten Visierlinie bestimmte man die Zeit der Sonnenwenden, d. h. den größten und den kleinsten Tagbogen der Sonne. Wenngleich es sich dabei keineswegs um einen exakten Kalender oder gar um eine Sonnenuhr handelt, so zeigt dies doch, daß bereits die Menschen der Vorzeit einfache astronomische Zusammenhänge und die Grundlagen der Zeit- und Kalenderberechnung erkannt hatten.

Die kultische Verehrung der Sonne sowie Jenseitsvorstellungen veranlaßten die Menschen im Megalithikum, den täglichen Sonnenlauf und die Veränderungen im Jahresverlauf zu beobachten und dies bei ihren Bauten und Gräbern zu berücksichtigen.

Eine alte Art der Zeitbestimmung, die sogar bis in die Neuzeit praktiziert wurde, war die direkte Beobachtung der Sonne. Von einem bestimmten Standort aus wurde die Sonnenrichtung über markanten Landschaftspunkten in Beziehung zur Tageszeit gesetzt. Darauf verweisen heute noch in den Gebirgsgegenden Bezeichnungen, wie z. B. Elferkogel oder Mittagsberg (Mittagsloch).

Den Menschen wurde bald bewußt, daß bei Sonnenschein die Gegenstände Schatten warfen, der seine Richtung und Länge im Laufe des Tages veränderte. Sie erkannten, daß zwischen dem Stand der Sonne und der Beschaffenheit des Schattens Zusammenhänge bestehen. Vorerst genügte ihnen die Feststellung, daß der Schatten eines senkrechten Stabes in den Morgen- und Abendstunden länger war als während der Mittagszeit.

Dennoch haben wir es hier mit den Anfängen der Gnomonik, der Wissenschaft von den Sonnenuhren, zu tun. Die Bezeichnung für den Schattenstab, den Gnomon, geht auf das griechische Wort „gnomon“ zurück. Übersetzt bedeutet das Kenner, Beurteiler, also Erkenner der Zeit. Der Gnomon, als der erste „Uhrzeiger“, gehört somit zu den ältesten und einfachsten astronomischen Beobachtungsinstrumenten.



1.1. Ägyptische Ellensonnenuhr

1.2. Frühzeit der Sonnenuhren

Die Sonnenuhr ist keineswegs das Ergebnis eines genialen Erfinders, auch ist ihre Entstehung nicht auf einen bestimmten Kulturkreis beschränkt. Die Gnomonik führt uns in die Wissenschafts- und Kulturgeschichte mehrerer Völker.

Zeugnisse über die Herstellung einfacher Sonnenuhren sind uns aus der Mitte des 3. Jahrtausends v. Chr. in China bekannt geworden, als in einigen Städten auf der Grundlage von Sonnenuhren Wächter die Zeit ausriefen. So waren um 1100 v. Chr. Schattenstäbe allgemein verbreitet, die auch astronomischen Messungen dienten. Von besonderer Bedeutung war damals und auch später zur Zeit der Griechen der mathematische Zusammenhang zwischen Schattenlänge und Mittagsschatten. Aus dem kürzesten und längsten Mittagsschatten bestimmten sie die Schiefe der Ekliptik zu $23^{\circ} 54'$ (genauer Wert: $50'$) und die Dauer des Jahres zu $365 \frac{1}{4}$ Tagen. Die Sonnenuhr hatte im alten China jedoch vorrangig astrologische Funktionen, die Zeitbestimmung war von zweitrangiger Bedeutung. Es war für die Menschen wichtig zu wissen, ob es sich um eine „gute“ oder „schlechte“ Stunde handle.

Der Zusammenhang zwischen Schattenlänge und Tageszeit war auch bereits den alten Ägyptern bekannt. Sie benutzten in der ersten Hälfte des 15. Jahrhunderts v. Chr. einfache tragbare Sonnenuhren, bei denen ein senkrecht Brett als Schattenwerfer diente.

Auf einer etwa 30 cm langen, vierkantigen Leiste mit Markierungen befand sich am Ende eine senkrechte Leiste, die den Schatten erzeugte. Die Tageszeit konnte auf der horizontalen, ost-westlich liegenden Leiste abgelesen werden. Um die Mittagszeit, wenn der Schattenwurf verschwand, musste die Vorrichtung um 180° gedreht werden. Das Zeitmaß konnte wegen der wechselnden Sonnenhöhe im Jahr nicht gleichbleibend sein, so dass die jeweilige Zeitangabe mit Hilfe von Tabellen ermittelt wurde. Das Bild 1.1. zeigt die vereinfachte Darstellung einer ägyptischen Ellensonnenuhr.

Auch gab es Stufen- oder Treppensonnenuhren, die ebenfalls zu den Streiflicht-Sonnenuhren zu zählen sind. Bei höher steigender Sonne wanderte der Schatten von Stufe zu Stufe hinunter, bis er zur Mittagszeit unten angekommen war. Bei sinkender Sonne steigt der Schatten wieder aufwärts. Im Alten Testament (II Könige, XX, 8-11) finden wir einen Hinweis auf eine ähnliche Sonnenuhr, wenn Jesaja sagte: „Du

hast die Wahl: Soll der Schatten auf der Treppe zehn Stufen vorrücken oder zehn Stufen zurückgehen?“ Diese „Sonnenuhr des Achaz“ Mitte des 8. Jahrhunderts v. Chr. wird oft zitiert, doch ist deren Beschaffenheit nicht eindeutig geklärt (Bild 1.2.).

Auf öffentlichen Plätzen gab es schon um 1800 v. Chr. große Sonnensäulen (Obeliske), deren Schattenwurf der Zeitbestimmung diente. Verglichen mit den heutigen Sonnenuhren war die Ablesung der Zeit infolge der wechselnden Sonnenhöhe jedoch komplizierter. Bei Einbeziehung des Datums konnten recht genaue Ergebnisse erreicht werden.

Aus der Zeit des Königs Menephtah (1323 bis 1302 v. Chr.) wurde 1902 in Palästina eine Sonnenuhr mit einer senkrechten Anzeigefläche gefunden. Es handelt sich um eine halbkreisförmige Elfenbeinplatte, deren Rückseite ein Götterschiff mit einer Anbetungsszene vor dem Mondgott Thot zeigt.

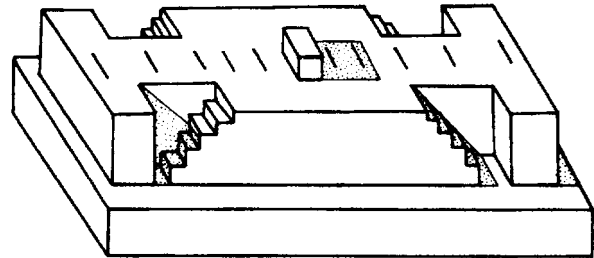
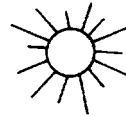
Erwähnt werden muß auch, daß es bereits sogenannte Wasseruhren gab, deren Bau eine hohe technische Perfektion erreichte. Der ägyptische König Amenophis III. (1415 bis 1380 v. Chr.) besaß eine derartige Uhr, welche die Form eines abgestumpften Kegels hatte.

1.3. Sonnenuhren in der Antike

Aus der Antike kennen wir Beispiele dafür, daß auch der Schatten des eigenen Körpers die Funktion eines Gnomons übernehmen und damit als Zeitanzeiger dienen kann. Die Schattenlänge wurde dabei mit den Füßen ermittelt. Da die Fußlänge zur Körperlänge im Verhältnis von etwa 1:7 steht, ist die Methode zur Bestimmung der Schattenlänge und damit der Zeit auch von verschiedenen großen Menschen durchführbar. War z. B. jemand größer, so wurde sein Schatten auch mit einem größeren Fuß gemessen.

Die antike Literatur berichtet in mehreren, oft erheiternden Beispielen über diese etwas seltsame Art der Zeitbestimmung:

In einem Brief schreibt ein gewisser Theodoros an Theophilus: „Du mußt also die Stunden bezeichnen, indem du deinen eigenen Schatten mit deinen Füßen abmißt, den einen vor den andern setzend bis zu dem Orte, wohin bei aufrechter



1.2. Treppen- oder Stufensonnenuhr

Stellung durch den Schatten der oberste Punkt deines Kopfes traf.“

In den Ekklesiazusen, die um 392 v. Chr. von Aristophanes verfaßt wurden, sagt Praxagora zu ihrem Manne: „Du kümmerst dich nur darum, gesalbt zum Essen zu gehen, wenn das *stoicheion* 10 Fuß lang ist.“ Im Griechischen bedeutet *steicho* in Reih und Glied oder in einer langen Reihe einhergehen, einerschreiten.

Der Grieche Philoxenes mußte sich aus dem Munde seines Arztes wenig erfreuliche Worte gefallen lassen: „Wenn du noch irgend eine Anordnung zu treffen hast, dann geh' ohne Aufschub daran, denn du wirst binnen sieben Fuß sterben.“

Ein verliebter Jüngling hat damals seine Angebetete möglicherweise mit folgenden Worten zum Stelldichein geladen: „Wenn dein Schatten 16 Fuß lang ist, dann, geliebte Berenike, erwarte ich dich hinter dem großen Stein am Olivenhain.“ Ebenso bestand im alten Griechenland die Sitte, jemand zum Essen auf eine bestimmte Fußlänge einzuladen. Von einer Stundenangabe konnte dabei gewiß nicht die Rede sein, es handelte sich mehr um einen bestimmten Zeitpunkt. Außerdem mußte man auch wissen, ob sich die Angabe der Schattenlänge auf die Vormittags- oder Nachmittagsstunden bezog.

Dieses an sich einfache Verfahren wurde auch außerhalb des antiken Kulturkreises praktiziert, worauf MARCO POLO im 13. Jahrhundert in einem Bericht über die Bewohner der Provinz Maabar in Vorderindien verwies.

Aus dieser Praxis entwickelten sich die ersten Tabellen, die nur für eine bestimmte geographische Breite (Polhöhe) gültig waren. PALLADIUS verfaßte im 4. Jahrhundert n. Chr. ein Werk über die Landwirtschaft und gab darin für jeden Monat die Schattenlänge des menschlichen Körpers zu den einzelnen Tagesstunden an.

Abschließend sei erwähnt, daß diese Methode auch noch im ganzen Mittelalter bekannt war. Auch ANDREAS SCHÖNER veröffentlichte für jede Woche solche Stundentafeln, wobei die Größe des menschlichen Körpers mit 7 Fuß gleichgesetzt wurde. Kleineren Leuten wurde empfohlen, durch Anheben der Arme auf diese Höhe zu kommen. Infolge der inzwischen schon erreichten Genauigkeit der Sonnenuhren hatten diese Tafeln aber keine große praktische Bedeutung mehr.

Mögen wir heute über diese Praktiken zur Zeitbestimmung auch ein wenig lächeln und uns über die unzureichenden Genauigkeiten wundern, so sollten wir aber nicht vergessen, daß das Leben in der Antike und auch noch im Mittelalter in ganz anderen Zeitvorstellungen verlief als heute.

Ende des 4. Jahrhunderts v. Chr. bestimmte PYTHEAS das Verhältnis der Gnomonlänge zur Schattenlänge für Massilia (Marseille) zur Tagundnachtgleiche sowie zu den Sonnenwenden. Daraus berechnete er ebenfalls die Schiefe der Ekliptik sowie die geographische Breite dieses Ortes.

Kaiser AUGUSTUS ließ einen Obelisken als Großgnomon, der aus dem 6. Jahrhundert v. Chr. stammte und in Heliopolis unweit des heutigen Kairo stand, nach Rom bringen und im nördlichen Teil des Marsfeldes aufstellen. Die Tageszeit konnte mit Hilfe von Stundenmarkierungen abgelesen werden, die zu ebener Erde angebracht waren. Auf der Meridianlinie befanden sich außerdem Markierungen, die den Wechsel der Sonne in ein anderes Tierkreiszeichen anzeigten. PLINIUS beschreibt diesen gigantischen Schattenwerfer, den Vorläufer unserer Normaluhr, wie folgt:

„Dem Obelisken, der auf dem Campus Martius steht, gab der vergöttlichte Augustus eine wunderbare Verwendung. Um die Schatten der Sonne und folglich die Länge der Tage und Nächte erfassen zu können, schuf er einen mit Steinplatten belegten Platz entsprechend der Größe des Obelisken. Am Tage der Vollendung der Wintersonnenwende zur sechsten Stunde (d. h. zum wahren Mittag; d. Verf.) sollte der Schatten der Größe des Obelisken gleich werden, und dann allmählich, wie es die eingetragenen Bronzelinien an-

zeigten, von Tag zu Tag abnehmen und schließlich wieder zunehmen: eine bemerkenswerte Erfindung, die dem Genie des Mathematikers FACUNDUS NOVIUS zu danken war.“

In einem späteren Abschnitt werden wir noch die Problematik eines senkrechten Schattenwerfers untersuchen.

Von den Indern wird berichtet, daß sie die Mittagslinie aus gleichen Schattenlängen bestimmten, indem sie um den Fußpunkt des Gnomons konzentrische Kreise zogen. Diese sogenannten indischen Kreise wurden bereits von VITRUVIUS beschrieben und stellen eine einfache Methode zur Bestimmung der Nord-Süd-Linie dar, wie sie noch heute vielfach gehandhabt wird.

Eine gnomonische Großanlage ist in der indischen Stadt Jaypur bei Delhi erhalten geblieben. 16 große Instrumente zeugen hier von der jahrtausendelangen Entwicklung der indischen Zeitmeßkunst und Astronomie. Die prachtvollen Bauwerke sind allerdings zeitlich nicht dem Altertum zuzuordnen, sie wurden in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts unter dem naturwissenschaftlich interessierten Maharadscha von Jaipur Sawei Jai Singh II. erbaut.

Mit der fortschreitenden Entwicklung der Technik wuchsen auch die Anforderungen an die Genauigkeit der Zeitanzeige. Für die Messung kleinerer Zeitspannen beispielsweise war die Anzeige eines Gnomons nicht geeignet. Wollte man die Redezeit oder die Dauer einer Audienz bemessen, so bedurfte es anderer Zeitmesser, die auch beweglich sein mußten. Diese Forderungen erfüllten Wasseruhren, deren Bau in der Antike eine hohe technische Perfektion erreichte.

Der weitgereiste griechische Forscher HERODOT bezeichnet den chaldäischen Mathematiker und Astronomen BEROSSOS (7. Jh. v. Chr.) als Erfinder der Sonnenuhr. Von dessen zahlreichen astronomischen Werken sind leider nur noch Teile erhalten geblieben. BEROSSOS errichtete auf der griechischen Insel Kos eine Schule, von der aus die Griechen die Sonnenuhr kennenlernten. Der Einfluß der geographischen Breite auf die Konstruktion einer Hohlkugelsonnenuhr dürfte Berosos schon bekannt gewesen sein. Es ist auch anzunehmen, daß seine Vorstellung von der Gestalt der Erde bereits der Wahrheit nahe kam.

Zum Verständnis der Sonnenuhren des Altertums muß vorausgeschickt werden, daß sie sich in ihrer Mehrzahl von den Sonnenuhren der Neuzeit grundsätzlich unterscheiden. Dieser Unterschied hängt mit dem Grundproblem der Gnomonik zusammen. Im Gegensatz zur gleichförmigen scheinbaren Be-

wegung der Sonne bewegt sich der Schattenendpunkt auf ebenen Auffangflächen ungleichförmig. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Fläche vertikal oder horizontal ist. Aus diesem Grunde wählte man in der Antike meist sphärische Auffangflächen, auf denen sich der Schattenendpunkt gleichförmig bewegt. So ist auch die Bevorzugung der sogenannten Skaphe (im Griechischen wurde jeder ausgehöhlte Körper so bezeichnet) verständlich, die ebenfalls auf Berossos zurückgeht.

Die Hohlkugel bildete den Grundkörper für eine Reihe von Sonnenuhrenarten in Griechenland und im Römischen Reich. Die Spitze des Gnomons befand sich im Kugelmittelpunkt und markierte mit ihrem Schatten den jeweiligen Tagbogen der Sonne auf der Innenfläche der Hohlkugel. Die Tagbögen der Sonne wurden in Auswahl konstruiert und bildeten gemeinsam mit den Stundenlinien ein Liniensystem, bei dem sowohl die Zeit als auch das Datum ablesbar waren. Wir können die Skaphe als ein verkleinertes Negativbild der Himmelshalbkugel bezeichnen.

Unter Kaiser Augustus befaßte sich der Baumeister und Kriegingenieur VITRUVIUS unter anderem auch mit Fragen der Zeitmeßkunst. In seinem Werk „De architectura“ („Über die Architektur“) beschrieb er nicht weniger als 13 Arten von Sonnenuhren. Damit dokumentierte er den hohen Stand der Gnomonik jener Zeit. Das von ihm beschriebene Hemicyclium in Velletri ist eine Hohlkugelsonnenuhr, die sich in einem abgeschrägten würfelförmigen Block befindet (Bild 1.3.). Sie besaß den Vorteil, daß die Zeit auch aus einer größeren Entfernung abgelesen werden konnte. Das halbkugelförmige Heliotropium hatte im Gegensatz dazu den Nachteil, daß man aus geringer Entfernung hineinschauen mußte. Von den Griechen wird berichtet, daß ARISTARCH von Samos um 250 v. Chr. derartige Sonnenuhren anfertigte.

Eine Anzahl antiker Sonnenuhren wurde im 18. Jahrhundert ausgegraben. Sie sind durchweg aus widerstandsfähigem Stein (Marmor, Travertin u. dgl.) gefertigt und zeugen ebenfalls vom hohen Stand der Sonnenuhrenfertigung in der damaligen Zeit. Beliebt waren im Altertum auch kegelförmige Sonnenuhren, deren Uhrfläche ein hohler Kegelmantel darstellte. Nach VITRUVIUS handelt es sich um eine Erfindung des DIONYSIODOROS.

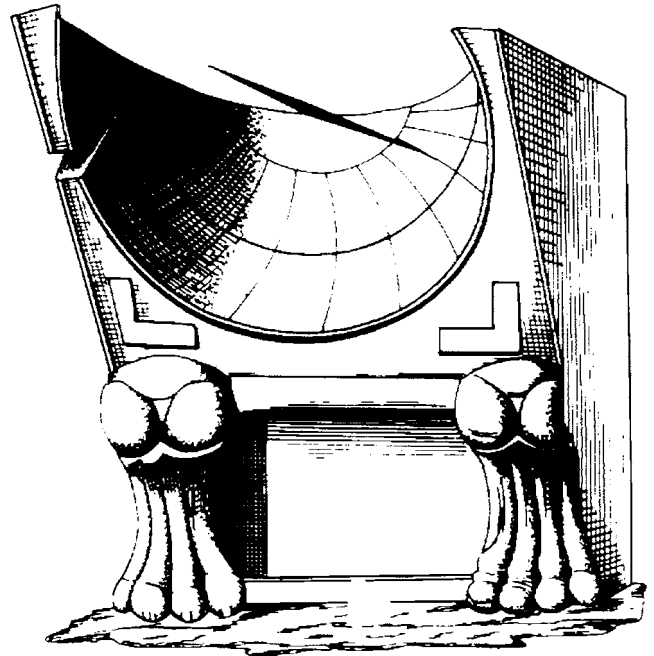
Der Anwendungsbereich der Skaphe erstreckt sich nicht nur auf die Zeitbestimmung, mit ihnen wurden auch Sonnenhöhen gemessen sowie Polhöhen und Polhöhenunterschiede bestimmt. Beispielsweise ermittelte ERATOSTHENES (276 bis 195 v. Chr.) die Polhöhendifferenz zwischen Alexandria und

Syene mit einer für die damalige Zeit hervorragenden Genauigkeit, um damit die Größe der Erde zu bestimmen.

Hierzu muß bemerkt werden, daß die kugelförmige Gestalt der Erde bereits vor rund 2000 Jahren bekannt war. Man wußte auch, daß sich bei einem Ortswechsel die Gestirns Höhen veränderten und bei einer Reise nach Süden im nördlichen Himmelsbereich zunehmend Sterne verschwanden, während im südlichen Bereich immer mehr Sterne emporstiegen.

Von großer praktischer Bedeutung waren auch schon in der damaligen Zeit Sonnenuhren mit ebenen Flächen. Der Astronom und Mathematiker EUDOXUS war möglicherweise der erste, der im 4. Jahrhundert v. Chr. eine solche Sonnenuhr mit eingezeichneten Tierkreislinien herstellte. CLAUDIUS PTOLEMÄUS (um 90 bis 160 n. Chr.) beschrieb diese Art der Zeitmessung auf eine etwas umständliche Weise:

Bei bekannter geographischer Breite, Deklination und Tagesstunde konnte durch Zeichnung oder durch Berechnung



1.3. In Velletri ausgegrabenes Hemicyclium mit einem horizontalen Gnomon. Die Schattenlänge kennzeichnet den Jahreslauf der Sonne, der hier nur in die beiden Wendekreise sowie in den Himmelsäquator unterteilt wird. Bei hochstehender Sonne im Sommer zieht das Schattenende den unteren, bei tiefstehender im Winter den oberen Bogen.