# » VASCO DA GAMA «

## Äquatoriale Sonnenuhr mit Himmelsglobus

Die Sonne bestimmt den Rhythmus allen irdischen Lebens. Die Sonnenuhr VASCO DA GAMA lässt uns die täglichen und jahreszeitlichen Zyklen des Sonnenlaufs verstehen lernen.

Das Zifferblatt der äquatorialen Sonnenuhr liegt parallel zum Äquator. Der Schattenstab steht parallel zur Erdachse und weist zum Himmelspol (Polarstern). Sein Schatten zeigt die wahre Ortszeit von Hennigsdorf an. Eine integrierte Datumstabelle macht es möglich, daraus die exakte mitteleuropäische Zeit zu bestimmen.

Die Sonnenuhr ist zugleich ein geozentrischer Himmelsglobus. Die Kugel im Zentrum des Globus stellt die Erde dar, um die sich die Sonne genau so bewegt, wie wir sie am Himmel beobachten. Die tägliche Sonnenwanderung vom Aufgang der Sonne über den Tageshöchststand bis zum Untergang und das jährliche Auf und Ab der Sonne zwischen den Wendekreisen lassen sich auf dem Himmelsglobus nachvollziehen.

Diese Dokumentation erklärt die Funktionen der Sonnenuhr und die Himmelsmechanik von Erde und Sonne im Detail.

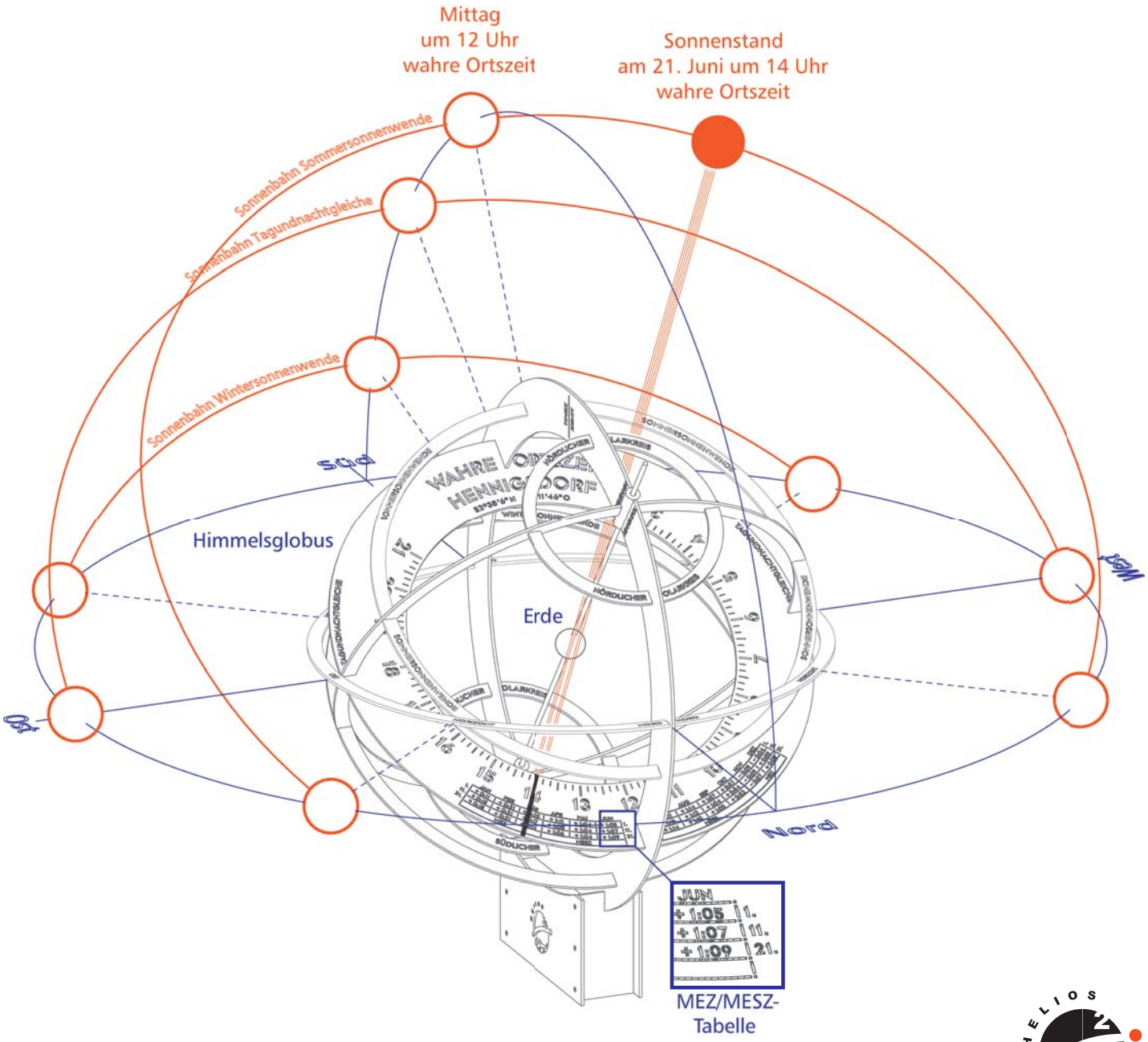


Bild 1: Die Sonnenuhr zu verschiedenen Jahreszeiten

## Wahre Ortszeit

Die Sonnenuhr gibt den täglichen Lauf der Sonne wieder. Von ihrem allmorgendlichen Aufgang stetig ansteigend, erreicht die Sonne im Süden den höchsten Punkt des Tages. Der Höchststand der Sonne ist der **wahre Mittag**. Die **wahre Ortszeit (WOZ)** in Hennigsdorf beträgt zu diesem Zeitpunkt **12 Uhr**. Der wahre Mittag ist tatsächlich die Mitte des Tages und es dauert nun genauso lang, bis die Sonne am Abend wieder untergeht.

Die wahre Ortszeit, also die durch den Sonnenstand vorgegebene natürliche Zeit, kann man von der Sonnenuhr ablesen. In Bild 1 fällt der Schatten des Schattenstabs auf 14 Uhr WOZ.

Ein Vergleich der von der Sonnenuhr abgelesenen wahren Ortszeit (WOZ) mit der Zeit auf der Armbanduhr zeigt, dass diese nicht übereinstimmen. Und nicht nur das! Wenn man den Uhrenvergleich mehrere Tage hintereinander ausführt, wird man feststellen, dass sich die Differenz fortwährend verändert.

Die wahre Ortszeit ist also eine ungleichmäßige Zeit. Dies ist bedingt durch die elliptische Umlaufbahn der Erde um die Sonne und die Neigung der Erdachse zur Erdbahnebene. Dies führt dazu, dass die wahren Tage im Laufe des Jahres mal kürzer und mal länger als 24h (Durchschnitt) sind.

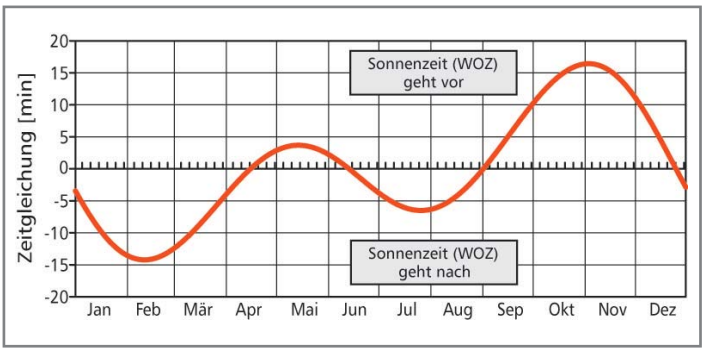


Bild 2: Zeitgleichung

Die wahre Ortszeit ist ungeeignet für die Zeitmessung mit mechanischen Uhren. Daher hat man bereits im 18. Jahrhundert für größere Städte eine gemittelte Zeit, die mittlere Ortszeit (MOZ), eingeführt.

Die Differenz von wahrer und mittlerer Ortszeit nennt man Zeitgleichung. Bild 2 zeigt, wie sich die Zeitgleichung im Laufe des Jahres verändert.

## Zeitzonen

Die Erfindungen der Eisenbahn und der Telegrafie im Zuge der industriellen Revolution im 19. Jahrhundert ermöglichten Fernreisen und weltweite Kommunikation. Vor allem die Notwendigkeit von überregionalen Zugfahrplänen führte zur weiteren Vereinheitlichung der Zeit: die Einführung der Zeitzonen durch eine internationale Vereinbarung aus dem Jahr 1884. Die mittlere Ortszeit am Nullmeridian in Greenwich entspricht der Weltzeit (Universal Time Coordinated UTC), von der sich alle anderen Zeitzonen in östlicher und westlicher Richtung ableiten. Die Zeitzonen liegen jeweils eine Stunde auseinander, genau die Zeitdauer, die die Sonne für ihre scheinbare Wanderung um die Erde für 15 Längengrade benötigt.

## Mitteleuropäische Zeit

Die für Deutschland gültige Zonenzeit ist die **mitteleuropäische Zeit (MEZ)**, die sich auf den Meridian 15° östlich von Greenwich bezieht. Die **Sommerzeit (MESZ)** ist eine Zeitverschiebung um eine Stunde, die von Ende März bis Ende Oktober gültig ist.

Sie können die MEZ bzw. MESZ mit Hilfe der im Zeitring der Sonnenuhr integrierten MEZ/MESZ-Tabelle bestimmen. Der Wert aus der Tabelle wird zu der von der Sonnenuhr abgelesenen wahren Ortszeit addiert. Im Beispiel (Bild 1 und 3) zur Sommersonnenwende am 21. Juni liest man 14:00 Uhr WOZ von der Sonnenuhr ab und addiert 1:09 h. Es ist also 15:09 Uhr MESZ.

Der Tabellenwert setzt sich aus drei Anteilen zusammen:

1. **Ortszeitdifferenz:** Die Ortszeitdifferenz von Hennigsdorf beträgt 7min. Das ist die Zeit, die die Sonne vom MEZ-Meridian (15° O) bis zum Meridian von Hennigsdorf (13°11‘46“ O) benötigt.
2. **Zeitgleichung:** Die von der Sonnenuhr angezeigte wahre Ortszeit geht während des Jahres gegenüber der mittleren Ortszeit mal vor und mal nach (Bild 2). Beispiel: Am 21. Juni ist die Zeitgleichung –2min.
3. **Sommerzeitdifferenz:** Von Ende März bis Ende Oktober ist die Sommerzeit (MESZ) gültig. In den Tabellenwerten vom 1. April bis zum 21. Oktober ist die Sommerzeitdifferenz (1h) berücksichtigt.

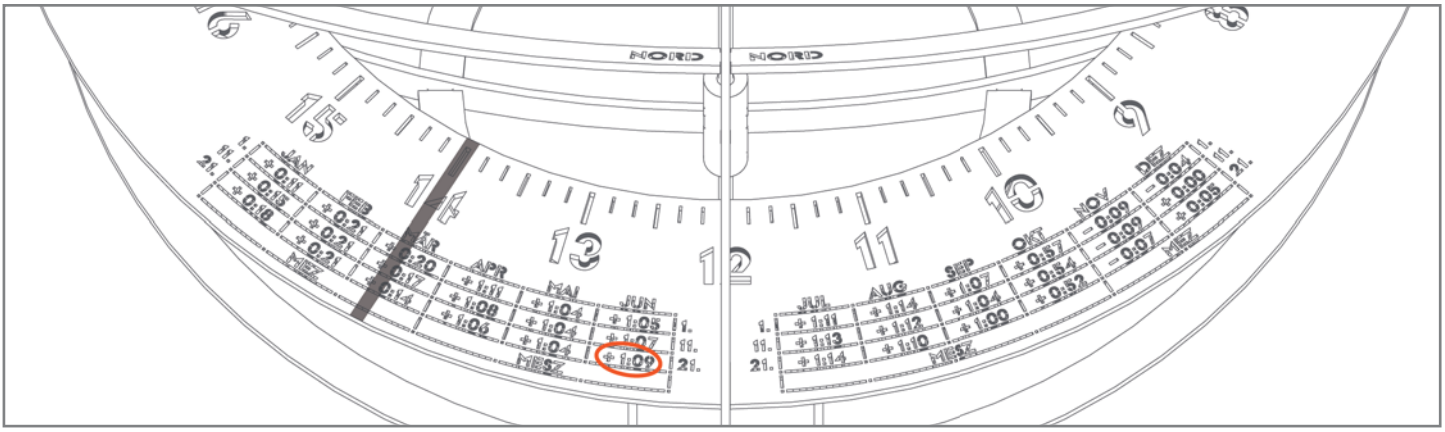


Bild 3: MEZ/MESZ-Tabelle

Die Formel lautet:

Mitteleuropäische Zeit (MEZ/MESZ) =
Wahre Ortszeit (WOZ) + Ortszeitdifferenz – Zeitgleichung + Sommerzeitdifferenz

Das Beispiel am 21. Juni um 14:00 Uhr WOZ:

15:09 Uhr MESZ =
14:00 Uhr WOZ + 0:07h – (–0:02h) + 1:00:00h

## Himmelsglobus

Das Modell des Himmelsglobus geht auf die Antike zurück. Bereits der berühmte Mathematiker Pythagoras (etwa 560 - 480 v. Chr.) und seine Schüler dachten sich die Erde als Kugel, die im Zentrum einer Himmelskugel schwebt.

Im kosmischen Modell des Aristoteles (384 - 322 v. Chr.) saßen Sterne, Planeten, Mond und Sonne auf ineinander verschachtelten, transparenten Kugeln. Diese Kristallkugeln bewegten sich auf perfekten Kreisbahnen um die Erde.

Das erdzentrierte Universum prägte mehr als 2000 Jahre das westliche Denken. Das heliozentrische Modell einer sich um die Sonne bewegenden Erde von Nikolaus Kopernikus (1473-1543) setzte sich nur ganz allmählich durch. „Und sie dreht sich doch!“ soll der italienische Physiker, Mathematiker, Philosoph und Astronom Galileo Galilei (1564-1642) gemurmelt haben, als er in hohem Alter - die Heilige Inquisition vor Augen - gezwungen wurde, dem kopernikanischen Weltbild abzuschwören.

Galilei ist inzwischen von der Kirche rehabilitiert worden und heute wissen wir zweifelsfrei, dass die Sonne im Zentrum unseres Planetensystems steht und dieses nur ein winziger Teil des unendlichen Universums ist.

Bis heute hat der geozentrische Himmelsglobus seine Berechtigung aber nicht verloren, wenn es darum geht, den Sonnenlauf am Himmel so zu zeigen, wie wir diesen aus Sicht der Erde wahrnehmen.

## Jahreszeiten

Unsere Erde rotiert täglich um ihre Achse und wandert in einem Jahr einmal um die Sonne. Die Erdachse ist zur Senkrechten auf der Erdbahnebene um 23,44° geneigt. Durch den Umlauf der Erde um die Sonne ändert sich ständig die Richtung zur Sonne, die Erdachse zeigt dabei stets zum Himmelspol in der Nähe des Polarsterns. Das ist der Grund, warum die Sonne - von der Erde aus gesehen - auf ihrem jährlichen Umlauf zwischen den Wendekreisen hin und her wandert und die Jahreszeiten entstehen (Bild 4 und 5).

Zur **Wintersonnenwende** am 21. Dezember steht die Sonne am südlichen Wendekreis, dem Wendekreis des Steinbocks. Von der Nordhälfte der Erde gesehen, zieht sie ihre niedrigste Tagesbahn über dem Horizont. Der gesamte **nördliche Polarkreis** ist an diesem Tag im Dunkeln. Am Südpol herrscht dagegen Polartag. Von diesem Tag an steigt die Sonne wieder auf und zieht jeden Tag eine höhere Bahn, man spricht von der aufsteigenden Sonne.

Zum Frühlingsanfang (Widderpunkt) am 20./21. März überquert die Sonne den Äquator. Tag und Nacht sind gleich lang, man spricht von der **Tagundnachtgleiche**. Ab jetzt geht am Nordpol die Sonne ein halbes Jahr nicht mehr unter, am Südpol ist im gleichen Zeitraum Nacht. Am 20./21. Juni zur **Sommersonnenwende** ist sogar der gesamte **nördliche Polarkreis** ganztags beleuchtet, die Sonne erreicht den nördlichen Wendekreis (Wendekreis des Krebses), auf der Nordhälfte der Erde zieht sie ihre höchste Tagesbahn.

Ab jetzt steigt die Sonne wieder ab und wird am 22./23. September den Äquator in südlicher Richtung überqueren. Es ist wieder Tagundnachtgleiche, die Sonne tritt in das Tierkreiszeichen Waage ein und der Herbst beginnt auf der Nordhälfte der Erde. Am 21./22. Dezember fängt der Winter und der jahreszeitliche Kreislauf von vorne an.

Mit dem Himmelsglobus lässt sich die tägliche und jährliche Sonnenbahn am Himmel über dem eigenen

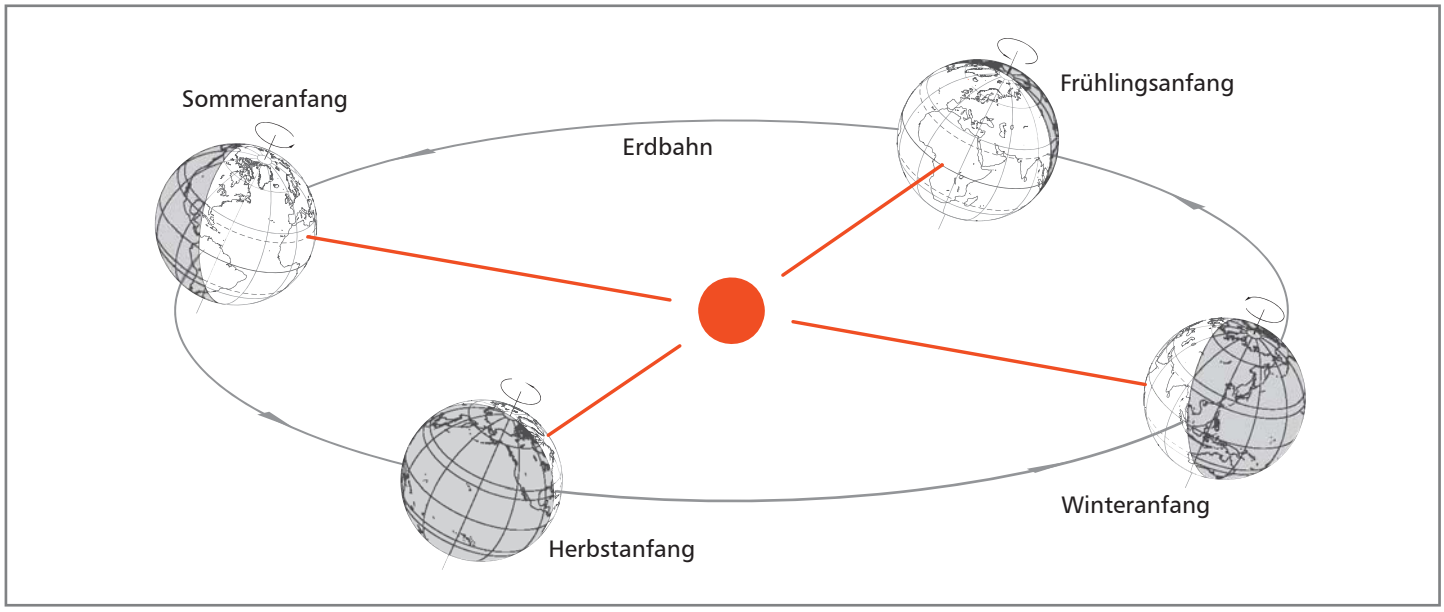


Bild 4: Jahreszeiten

Standort nachvollziehen. Aus dem Zentrum des Himmelsglobus (Erdkugel) nach außen schauend, projiziert man die Kreise der Sonnenwenden gedanklich an den Himmel. Zwischen diesen Kreisen wandert die Sonne in einer spiralförmigen Bahn auf und ab. Die Spirale vollzieht 365 Umdrehungen um den erdachsparallen Schattenstab, eine Umdrehung für jeden Tag im Jahr. Die Umdrehungen sind die Folge der täglichen Erdrotation und die Auf- und Abbewegungen der Sonne (Bild 5) entstehen durch die jährliche Wanderung der Erde um die Sonne.

Dem Sonnenstand entsprechend ist der Schattenwurf auf den Zeitring, der parallel zum Himmelsäquator liegt, im Frühling und im Sommer auf der Nordseite (Oberseite) und im Herbst und Winter auf der Südseite (Unterseite) zu finden. An der Innenkante des Zeitrings ist der Schatten ganzjährig zu sehen.

In Bild 1 ist die Sonnenbahn am 21. Juni dargestellt. An diesem Tag nähert sie sich die Sonne dem Kreis der Sommersonnenwende in Richtung Norden und berührt ihn zum Zeitpunkt der Sommersonnenwende, um dann sofort wieder Kurs in entgegen gesetzter Richtung nach Süden zu nehmen. Dieses Wendemanöver der Sonnenbahn am Sonnenwendkreis findet nur sehr langsam statt. Für den Beobachter erscheint es, als wandere die Sonne für mehrere Tage vor und nach dem 21. Juni auf dem Sonnenwendkreis. Daher nennt man die Sonnenwende auch Solstitium (lat. Sonnenstillstand).

Mit einem einfachen Hilfsmittel kann man die Sonnenwanderung am 21. Juni am Himmelsglobus verfolgen. Man hält einen weißen Karton hinter die Kugel (Erde) und sieht, dass der Schatten des Sonnenwendkreises den ganzen Tag vom Sonnenaufgang bis zum Sonnenuntergang stets durch die Mitte des kreisrunden Schatten der Kugel geht (Bild 6). Erst nach einigen Tagen  wandert der Schatten allmählich aus der Mitte nach oben.

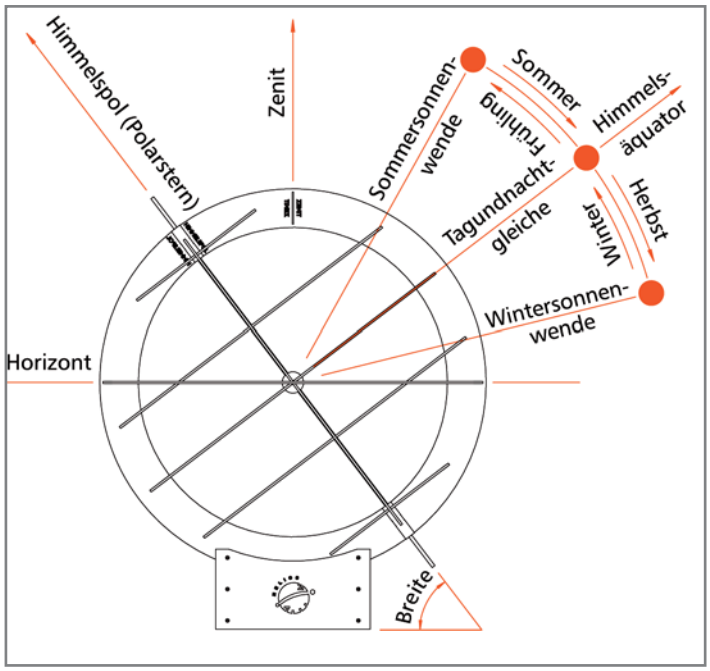


Bild 5: Das Auf und Ab der Sonne zwischen den Wendekreisen

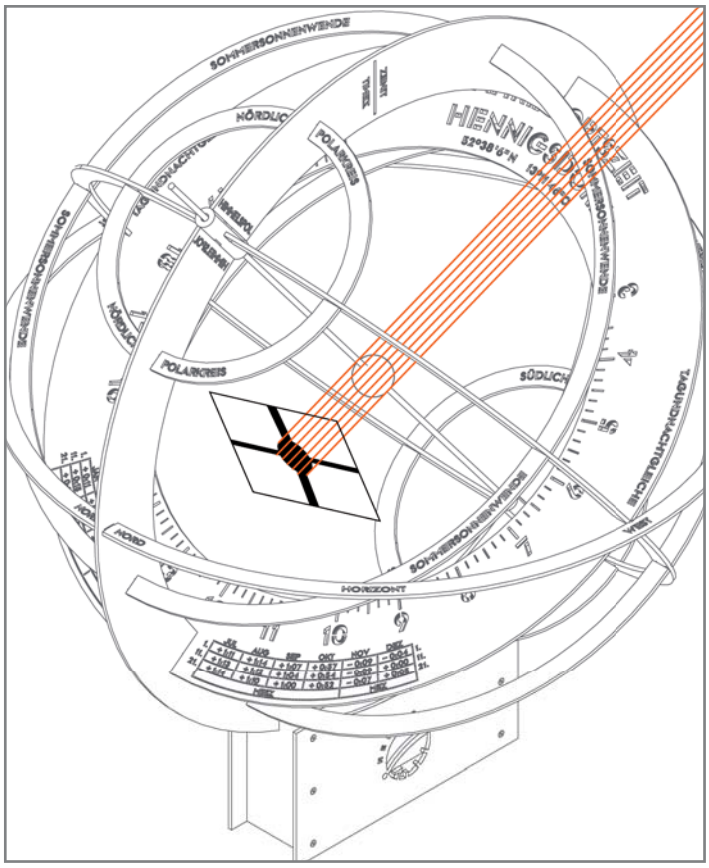


Bild 6: Projektion der Sonnenbahn zur Sommersonnenwende

Auf diese Weise erfährt man auch, wo und wann die Sonne auf- und wieder untergeht. Der Schnittpunkt des Sommersonnenwendkreises mit dem Horizontkreis im Nordosten ist der Sonnenaufgangspunkt (Sonnenhöhe=0°) am 21. Juni. Im Nordwesten findet man den Sonnenuntergangspunkt (Sonnenhöhe=0°). Die Sonnenaufgangszeit (wahre Ortszeit) kann man jeweils gegenüber auf dem Zeitring ablesen, nämlich dort, wo der Schatten der Sonne bei Sonnenauf- bzw. Sonnenuntergang fällt. Die Differenz der Sonnenuntergangszeit zur Sonnenaufgangszeit ist die Tageslänge, die zur Sommersonnenwende die längste im Jahr ist. Zur Sonnenwende zum Winteranfang geschieht das Gleiche, nur dass sich die Sonne von Norden nach Süden auf absteigendem Kurs dem Wendekreis nähert, um dann nach der Wende wieder nach Norden Fahrt aufzunehmen.

Zur Wintersonnenwende geht die Sonne im Südosten auf und im Südwesten unter, der Tagesbogen ist der kürzeste im Jahr. Der Nachtbogen unter dem Horizont entspricht dem Tagesbogen zur Sommersonnenwende.

Zu den Tagundnachtgleichen überquert die Sonne den Himmelsäquator entweder aufsteigend von Süden nach Norden zum Frühlingsanfang oder absteigend von Norden nach Süden zum Herbstanfang. Dies sind auch die beiden einzigen Tage, an denen die Sonne im Osten aufgeht und im Westen untergeht. Die Tageslänge entspricht hier der Länge der Nacht. Auf der ganzen Welt sind zu den Äquinoktien (von lat. aequus „gleich“ und nox „Nacht“)  Tag und Nacht 12 Stunden lang.