Helios
ASTRONOMISCHE UHREN

TERRA
Handbuch

Helios
ASTRONOMISCHE UHREN

Ausgabe 1 | 1. September 2007

Inhalt

TERRA – Licht und Schatten . . . . . [05]

Aufstellen und Justieren . . . . . [07]

Bedienen und Ablesen . . . . . [12]

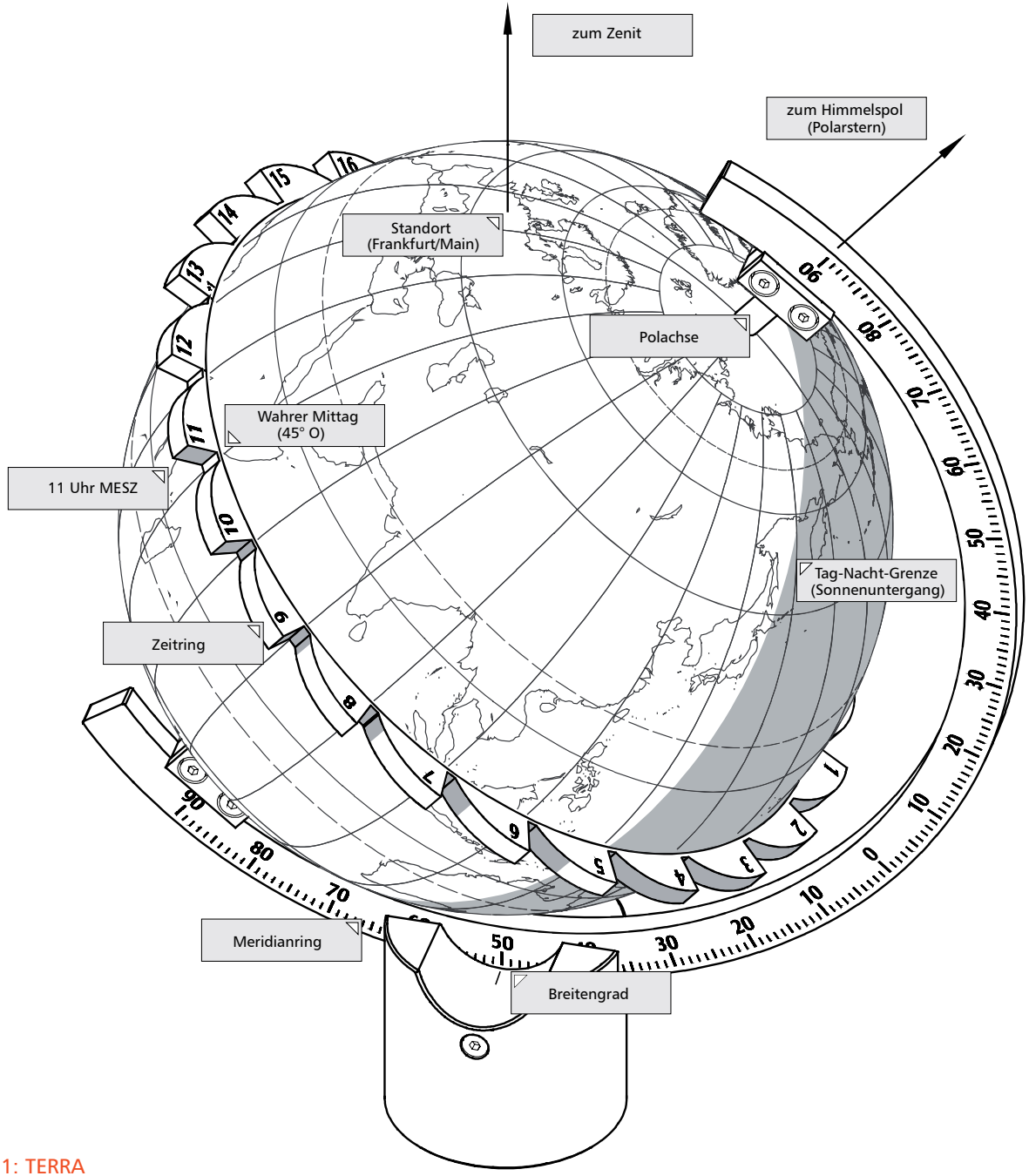
zum Zenit
zum Himmelspol
(Polarstern)
Standort
(Frankfurt/Main)
Polachse
Wahrer Mittag
(45° O)
11 Uhr MESZ
Tag-Nacht-Grenze
(Sonnenuntergang)
Zeitring
Meridianring
Breitengrad

Bild 1: TERRA

TERRA – Licht und Schatten

Unser tägliches Leben wird durch den Wechsel von Tag und Nacht bestimmt. Durch die Rotation der Erde wandert die Sonne unermüdlich von Osten nach Westen, ständig wechselt der Ort, an dem unser Tagesgestirn mittags seinen höchsten Stand erreicht. Die Sonnenuhr TERRA zeigt auf einzigartige Weise den Lauf der Sonne um unseren Globus.

Mit ihrem Zeitring gibt die TERRA die Zeit an. Die Stundenzähne werden von Osten nach Westen nacheinander in Schatten getaucht. Sobald die Sonne die Flanke eines Stundenzahns passiert hat, wirft dieser einen Schatten in Richtung Osten und die auf dem Zahn angegebene Zeit gehört dann zur Vergangenheit – alle hellen Stundenzähne zeigen die Stunden an, die noch bevorstehen.

In der Zeit zwischen zwei vollen Stunden wandert der Schatten in der Minutenlücke in Richtung Osten. Auf diese Weise kann auch die Zeit zwischen den vollen Stunden bestimmt werden.

In Bild 1 steht die Sonne gerade in Richtung der 11 Uhr Zahnflanke, so dass diese Streiflicht erhält. Dort kulminiert die Sonne, es ist gerade Mittag am Längengrad 45° O und die Uhrzeit ist 11 Uhr MESZ.

Die TERRA kann an jedem Ort der Erde verwendet werden. Auf einfache Weise wird sie für die geografischen Koordinaten des Aufstellungsorts eingerichtet. Der Zeitring ist auf dem Äquator drehbar. Auf diese Weise können Sie die mitteleuropäische Zeit und jede andere Zonenzeit der Welt einstellen. Aber auch die wahre Ortszeit, die die ursprüngliche Zeit der Sonnenuhren repräsentiert, kann auf der TERRA abgelesen werden.

Wahre Ortszeit – Zeit von der Sonne

Vielleicht haben Sie sich schon einmal gefragt, warum die Sonnenuhr, die Sie gerade an einem Kirchturm entdeckt haben, nicht mit der Zeit auf Ihrer Armbanduhr übereinstimmt. Die Antwort ist, die Sonnenuhr zeigt eine andere Zeit an, nämlich die wahre Ortszeit. Das ist die natürliche Zeit, die durch den Sonnenlauf bestimmt wird und für den Ort, an dem die Kirche steht, gültig ist. Wenn dort die Sonne ihren höchsten Stand erreicht und genau im Süden steht, zeigt die Sonnenuhr 12 Uhr an, es ist wahrer Mittag. Wenn wir nun über mehrere Tage hinweg dieses Ereignis verfolgen, werden wir feststellen, dass es zu ganz unterschiedlichen Zeiten eintritt. Die Zeit von Mittag zu Mittag ist offensichtlich nicht immer 24 Stunden lang, der Sonnentag ist mal kürzer und mal länger. Die Differenzen addieren sich auf und führen dazu, dass die Sonnenuhr während des Jahres gegenüber dem Mittelwert bis zu fast 17 Minuten vor und bis zu 15 Minuten nach geht. Zwei Gründe sind für dieses Phänomen verantwortlich.

Zum Einen bewegt sich die Erde auf einer Ellipse um die Sonne und ist in Sonnennähe schneller als in Sonnenferne. Zum Anderen wandert die scheinbare Sonne auf der Ekliptik, die zum Himmelsäquator um 23,4° geneigt ist. In die Zeitmessung geht nur der Anteil der Sonnenwanderung in Richtung des Himmelsäquators ein. Auch dieser Anteil ändert sich ständig im Laufe des Jahres.

Die wahre Ortszeit (WOZ), auch Sonnenzeit genannt, ist also keine gleichmäßige Zeit und folglich 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. Sie geht von einer fiktiven, sich gleichförmig auf dem Himmelsäquator bewegenden Sonne aus und umfasst alle Orte auf dem gleichen Längengrad. Den Unterschied zwischen der wahren und der mittleren Ortszeit nennt man Zeitgleichung. Das Bild 2 auf Seite 6 zeigt, wie sich die Zeitgleichung im Laufe des Jahres verändert. Die TERRA besitzt eine Skala bei 0 Uhr, an der Sie die Zeitgleichung einstellen können, so dass Sie auch die örtlich gültige Zonenzeit, z.B. die mitteleuropäische Zeit, ablesen können.

Zeitzonen

Die Erfindung der Eisenbahn im Zuge der industriellen Revolution im 19. Jahrhundert ermöglichte Reisen über große Strecken. Die Notwendigkeit von überregionalen Zugfahrplänen führte im nächsten Schritt zur weiteren Vereinheitlichung der Zeit: die Einführung der in Zeitzonen gültigen Zonenzeit durch eine internationale Vereinbarung im Jahr 1884. Die Zeitzonen liegen jeweils eine Stunde auseinander, genau die Zeitdauer, die die Sonne für ihre scheinbare Wanderung über der Erde für 15 Längengrade benötigt. Auf der TERRA sind der Nullmeridian durch Greenwich bei London, auf den sich die Weltzeit (Universal Time Coordinated UTC) bezieht, und die Zeitzonenmeridiane östlich und westlich im Abstand von 15° als Repräsentanten der Zeitzonen zu sehen. Die in den meisten Ländern Europas gültige Zonenzeit ist die mitteleuropäische Zeit (MEZ). Sie ist als die mittlere Ortszeit am 15. Längengrad östlich von Greenwich definiert und geht gegenüber der Weltzeit um eine Stunde vor. Zum Ablesen der MEZ wird 12 Uhr auf den Zeitzonenmeridian und auf der Skala bei 0 Uhr die Zeitgleichung eingestellt. Die mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ) geht gegenüber der MEZ um eine Stunde vor, also wird 13 Uhr an 15° O eingerichtet.

Terminator – Grenze zwischen Tag und Nacht

Nachdem Sie die TERRA aufgestellt und justiert haben, hat die Weltkugel die gleiche Ausrichtung wie die Erde. Die Polachse zeigt dann zum Himmelspol, in dessen unmittelbarer Nähe der Polarstern am nächtlichen Himmel zu sehen ist. Die Sonne beleuchtet dann auch den Globus genauso wie die wirkliche Erde, so dass die Tag- und Nachtseite auf der TERRA erkennbar sind. Der Terminator, die Grenzlinie zwischen hell und dunkel, zeigt uns, wo gerade auf der Welt die Sonne auf- und untergeht. Auch den Polartag und die Polarnacht am Nord- und Südpol können Sie auf der TERRA verfolgen.

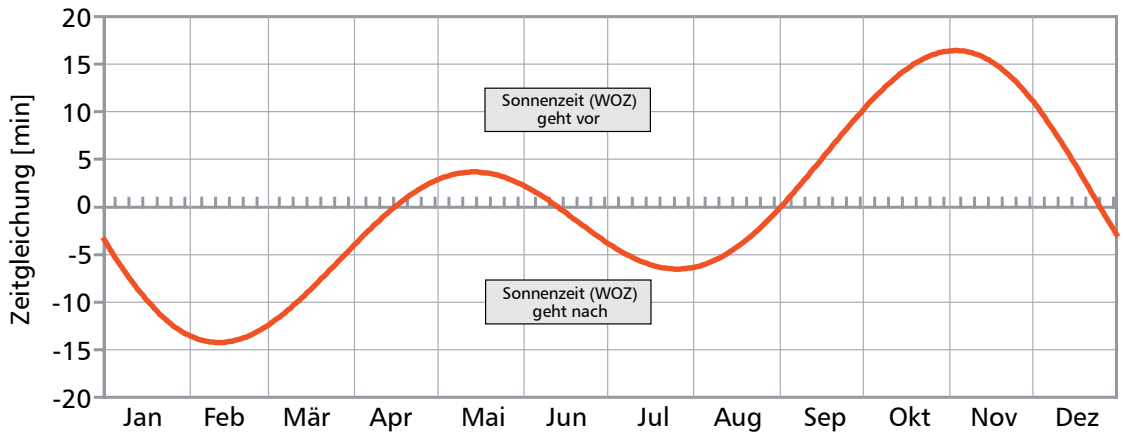

Bild 2: Zeitgleichung

Aufstellen und Justieren

Die TERRA ist ein präzises Instrument, das Ihnen die Zeit und die Mittagsposition der Sonne anzeigt, vorausgesetzt, sie wird nach der folgenden Beschreibung aufgestellt und justiert. Alles, was Sie zur Montage benötigen, wird mitgeliefert. Zum Setzen der Dübellöcher bitten wir Sie, eine Schlagbohrmaschine mit den entsprechenden Bohrern bereitzuhalten.

Wählen Sie bitte zur abschließenden Justierung einen Tag, an dem die Sonne scheint, da Sie diese zur genauen Einstellung der Uhrzeit brauchen.

Wenn Sie Fragen zur Aufstellung und Bedienung der Sonnenuhr haben, erreichen Sie uns unter folgender Adresse:

HELIOS (EK)
Begasweg 3
65195 Wiesbaden
Fon: +49 - (0)611 - 18 51 106
Fax: +49 - (0)611 - 59 83 29
Email: info@heliosuhren.de

Vorbereitung

Damit die TERRA die richtige Zeit anzeigt, ist es notwendig, sie für die geografischen Koordinaten des Aufstellungsorts auszurichten. Die geografische Breite und Länge müssen zunächst ermittelt werden. Dazu gibt es mehrere Möglichkeiten:

> Auf einer topografischen Karte oder einem Messtischblatt sind am Kartenrand die geografischen Koordinaten eingezeichnet, so dass Sie diese für den Aufstellungsort ablesen können.

> Falls Sie über ein Navigationssystem (GPS) in Ihrem Auto verfügen, lassen sich damit die Koordinaten sehr genau bestimmen.

> Per Email oder Fax können Sie an uns eine Anfrage mit dem Stichwort „Koordinaten“ richten. Wie werden dann die Koordinaten aus Ihren Adressdaten bestimmen und Ihnen diese mit Stadtplan per Email zur Verfügung stellen. Aus der geografischen Länge bestimmen wir Ihnen auch gleich die Ortszeitdifferenz zum Zeitzonenmeridian, die Sie zum Einstellen des Ortsmeridians benötigen. Falls Sie bei der Bestellung die Aufstelladresse angegeben haben, haben wir den Stadtplan mit den Einstelldaten beigelegt und die Ortszeitdifferenz ist an der TERRA bereits eingestellt, so dass Sie diesen Schritt (s.u.) überspringen können.

Wenn Sie die geografischen Koordinaten kennen, können Sie nun mit der Aufstellung und Justierung der Uhr beginnen.

Fußmontage

Suchen Sie einen Platz an der Sonne für Ihre TERRA. Ein Ort, an dem so lange wie möglich die Sonne scheint und keine Bäume oder Gebäude Schatten werfen. Der erste Schritt ist die stabile Befestigung der Bodenplatte am vorgesehenen Ort. Geeignet ist ein Mauervorsprung, ein Geländer oder ein Steinsockel.

Helios bietet Ihnen auch passende Ständer aus Edelstahl oder Granit als Zubehör an, die Sie auf dem Balkon oder mit einer ebenfalls lieferbaren Erdschraube im Erdboden befestigen können. Wir beraten Sie gerne.

Für jeden Untergrund steht Ihnen die geeignete Befestigungstechnik zur Verfügung (Bild 3):

Betonboden oder Naturstein mit festem Gefüge

Der Schwerlastdübel ist für die Montage auf Beton und Naturstein mit festem Gefüge geeignet. Platzieren Sie die Bodenplatte zunächst am vorgesehenen Ort. Suchen Sie durch Drehen und Verschieben eine Position, in der die Platte kippelfrei aufliegt. Markieren Sie in der zentralen Bohrung den Bohrpunkt. Mit einem 10 mm Betonbohrer

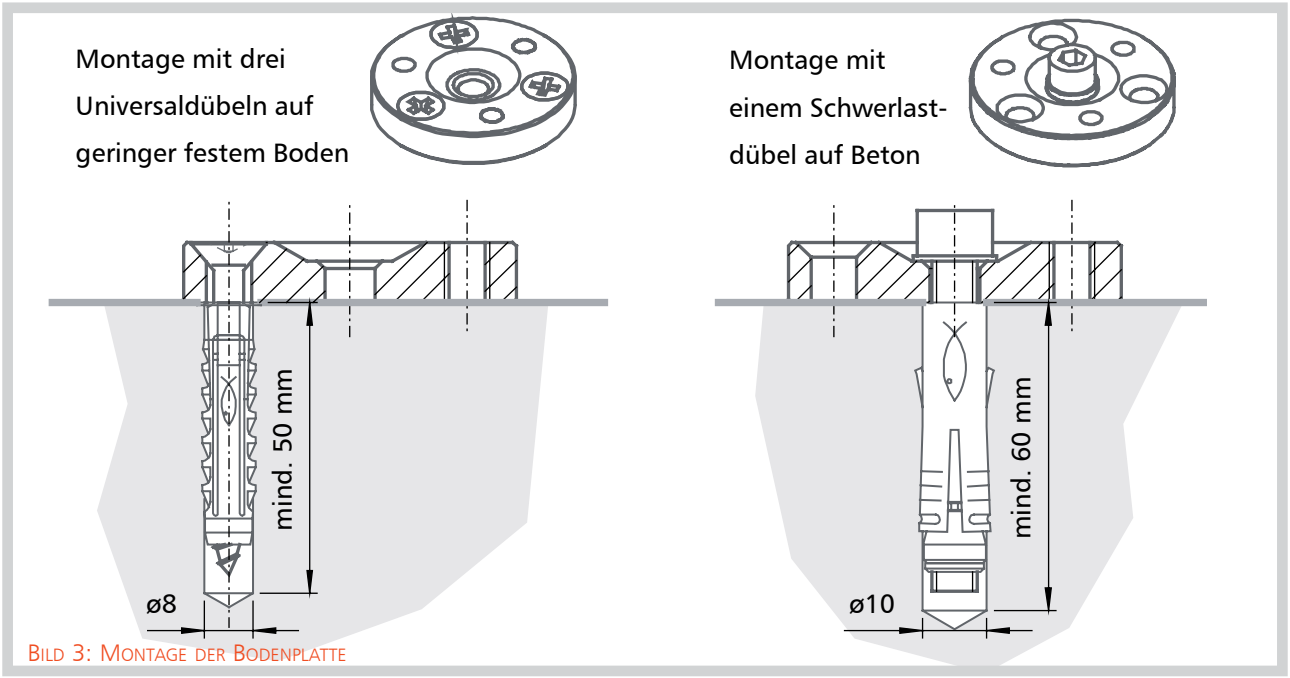

Bild 3: Montage der Bodenplatte

setzen Sie eine mindestens 60 mm tiefe Bohrung. Treiben Sie den Dübel in die Bohrung und befestigen Sie die Bodenplatte mit der Unterlegscheibe und der Maschinenschraube. Ziehen Sie die Schraube fest an.

Geringer fester Untergrund

Drei Universaldübel sind für geringer festen Untergrund (z. B. Ziegelstein) vorgesehen. Plazieren Sie die Bodenplatte zunächst am vorgesehenen Ort und suchen durch Drehen und Verschieben eine Position, in der die Platte kippelfrei aufliegt. Markieren Sie die Bohrpunkte in den äußeren drei Bohrungen. Mit einem 8 mm Betonbohrer wird dann jeweils eine mindestens 50 mm tiefe Bohrung gesetzt. Treiben Sie die Dübel in die Bohrungen und befestigen Sie die Bodenplatte mit den drei Kreuzschlitz-Schrauben.

Setzen Sie den Nivellierteller auf die Bodenplatte und drehen Sie die drei Maschinenschrauben mit den Kugelscheiben lose ein. Richten Sie den Nivellierteller so aus, dass sich die Luftblase der Libelle innerhalb des schwarzen Rings befindet. Drücken Sie nun den Nivellierteller mit einer Hand fest in ihre Aufnahme, während Sie mit der anderen Hand die Schrauben festziehen und darauf achten, dass die Luftblase innerhalb des schwarzen Rings bleibt. Wie in Bild 4 dargestellt, bewegt sich beim Anzie-

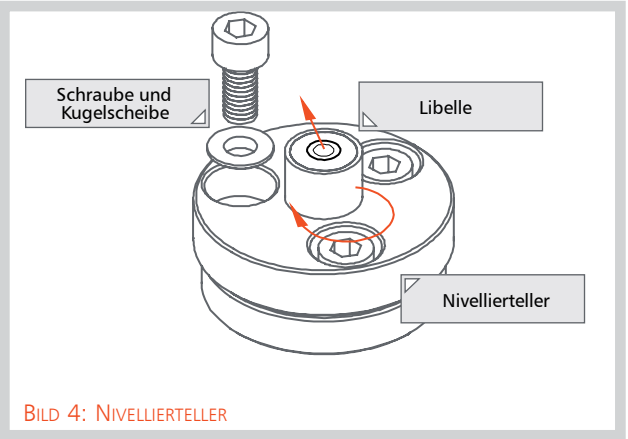

Bild 4: Nivellierteller

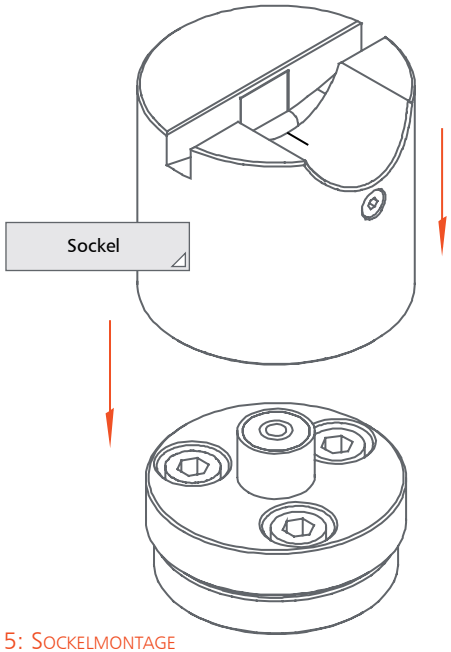

Bild 5: Sockelmontage

hen einer Schraube die Luftblase von dieser weg. Durch zyklisches Anziehen der Schrauben bleibt die Blase in der Mitte. Nun wird der Sockel auf den Nivellierteller aufgesetzt (s. Bild 5).

Einrichtung der Sonnenuhr für den Aufstellungsort

Die Einrichtung erfolgt in drei Schritten. Als Beispiel wählen wir Frankfurt am Main als Standort der Sonnenuhr. Die geografischen Koordinaten von Frankfurt lauten: 50°06′ (50,1°) nördliche Breite, 8°42′ (8,7°) östliche Länge.

Ausrichtung Polachse

Die Weltkugel ist im Meridianring aufgehängt und wird nun in den Sockel eingesetzt. Die Skala dient zur Einstellung der geografischen Breite. Für Orte auf der Südhalbkugel verwendet man die Skala vom Äquator zum Nordpol, für die nördliche Breite die Skala vom Äquator zum Südpol. Im Beispiel wird die Skala auf 50°06′ = 50,1° nördliche Breite eingestellt (s. Bild 1). Die Polachse hat jetzt den gleichen Winkel zur Horizontebene wie die Erdachse. Ziehen Sie nun die Fixierschraube am Sockel (s. Bild 7) an.

Einstellung Ortsmeridian

Der Ortsmeridian ist ein gedachter Großkreis, der vom Nordpol durch den Aufstellungsort (im Beispiel Frankfurt) zum Südpol und wieder zurück verläuft. Der Meridian, der durch Greenwich bei London verläuft, ist der Nullmeridian. Der Winkel des Ortsmeridians zum Nullmeridian entspricht der geografischen Länge.

Die Weltkugel wird in diesem Schritt so gedreht, dass der Ortsmeridian mit dem Meridianring in einer Richtung liegt. So lange Ihr Standort nicht weiter als 15° östlich oder westlich von Greenwich liegt, können Sie den Nullmeridian direkt als Nullpunkt verwenden. Sie stellen 12 Uhr auf den Nullmeridian. Wenn Sie den Nullmeridian über den Nordpol zur gegenüberliegenden Seite des Globus verfolgen, steht dort 0 Uhr (0 min Zeitgleichung).

Als Einstellhilfe wird auf den Zeitring bei 0 Uhr die mitgelieferte Längengradschablone aufgesetzt (siehe Bild 6). Jetzt lösen Sie die vier Fixierschrauben an den Polachsen (s. Bild 6 oben) jeweils um eine viertel Umdrehung und drehen den Globus bis auf der angelegten Längengradschablone die Längengraddifferenz (im Beispiel 8,7° O) mit dem Markierungsstrich am Meridianring übereinstimmt. Dann wird der Globus durch Anziehen der vier Schrauben an den Polachsen fixiert.

Falls Sie mehr als 15° östlich oder westlich von Greenwich sind, rechnen Sie zunächst die Differenz zu dem Längengrad (Zeitzonenmeridian) aus, der Ihnen in Richtung Greenwich am nächsten liegt. Beispiel: Miami in Florida (USA) liegt 80° westlich von Greenwich, der nächste Zeitzonenmeridian in Richtung Greenwich ist 75° W, Miami liegt 5° westlich davon. Sie stellen also zunächst 12 Uhr auf 75° W und dann 5° W der Längengradschablone auf den Markierungsstrich des Meridianrings. Die Zeitzonenmeridiane der nördlichen Hemisphäre finden Sie in Bild 11.

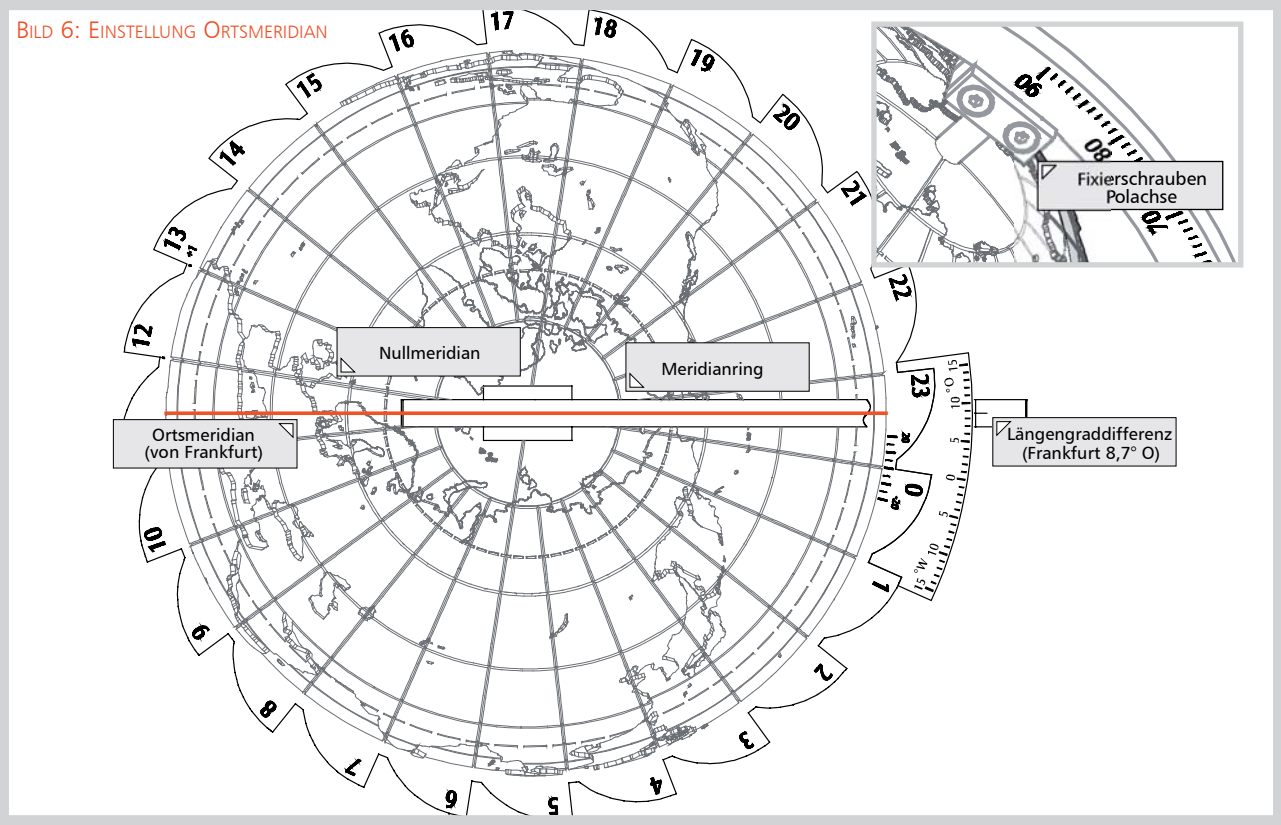

Bild 6: Einstellung Ortsmeridian

Ausrichtung der TERRA in Nord-Süd-Richtung

Die abschließende Justierung dient zur Ausrichtung der Sonnenuhr in Nord-Süd-Richtung. Dazu wird die TERRA nach einer genau gehenden Uhr gestellt. Das heißt, die Sonnenuhr wird gedreht, bis Sie die Zeit auf Ihrer Armbanduhr anzeigt. Sie ist dann automatisch zur Nord-Süd-Richtung ausgerichtet.

Gehen Sie wie folgt vor: Sie stellen die Markierung bei 12 Uhr auf den Zeitzonenmeridian. Wenn gerade die Sommerzeit gültig ist, drehen Sie 13 Uhr (Markierung +1h) auf den Zeitzonenmeridian. Der Zeitzonenmeridian ist im Beispiel Frankfurt/Main der 15. Längengrad Ost, der durch Görlitz in Sachsen geht. Auf diesen Längengrad bezieht sich die mitteleuropäische Zeit (MEZ). Wenn Sie den Zeitzonenmeridian über den Nordpol zur gegenüberliegenden Seite des Globus verfolgen, finden Sie dort die Zeitgleichungsskala bei 0 Uhr. Entnehmen Sie den Zeitgleichungswert aus Tabelle 1 im Anhang. Dort

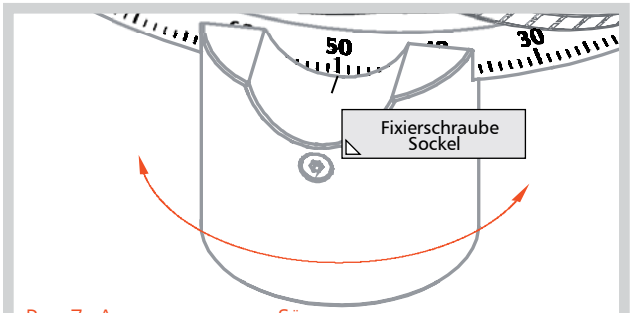

Bild 7: Ausrichtung nach Süden

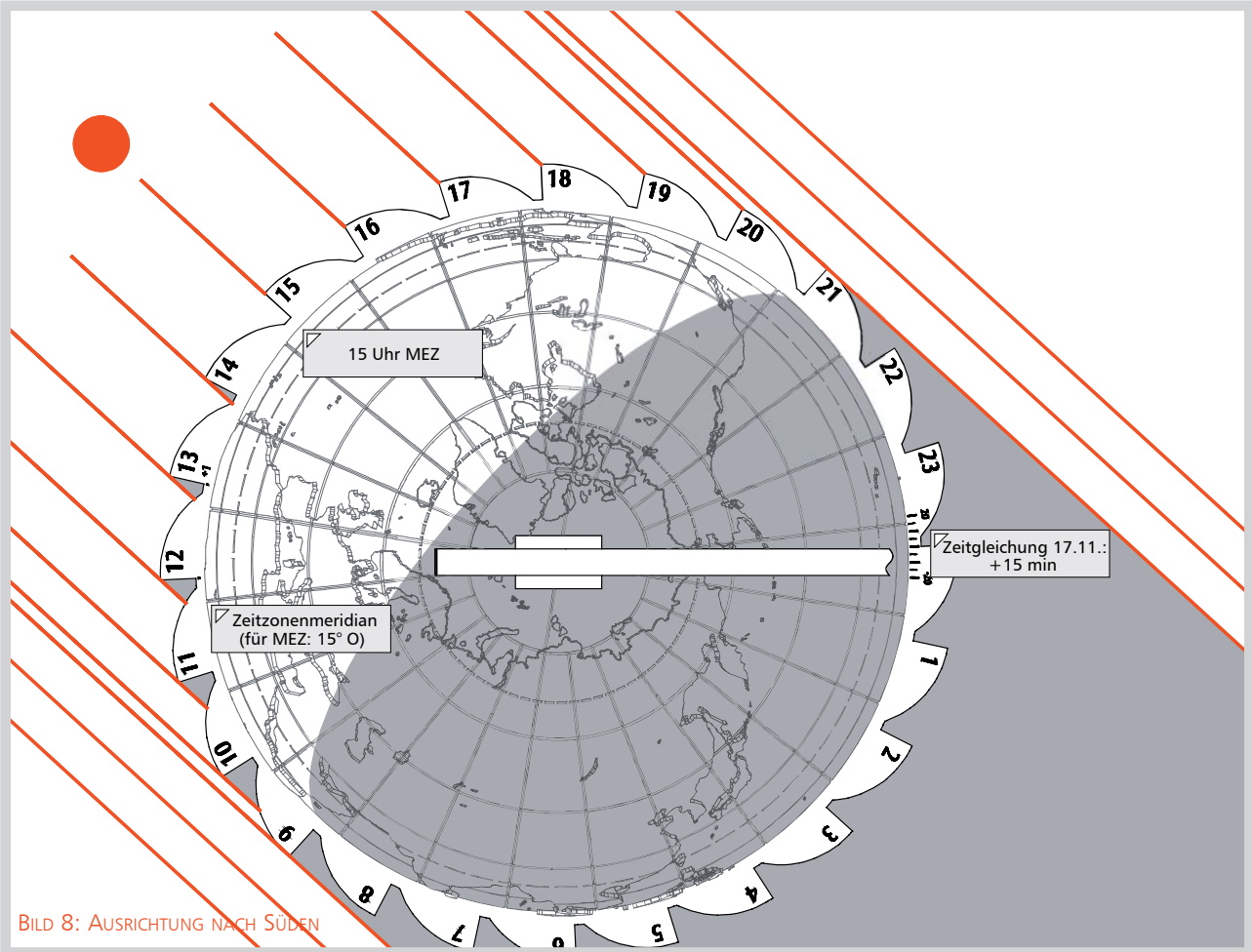

Bild 8: Ausrichtung nach Süden

sind die durchschnittlichen Werte für die Zeitgleichung aufgeführt. Nehmen wir als Beispiel an, es ist der 17. November, dann beträgt die Zeitgleichung 15 Minuten. Sie stellen diesen Wert an der Zeitgleichungsskala ein.

Jetzt lösen Sie die Fixierschraube am Sockel leicht und warten die nächste volle Stunde ab, also beispielsweise 15 Uhr. Sobald dieser Zeitpunkt erreicht ist, drehen Sie den Sockel (nicht den Zeitring!), bis die 15 Uhr Zahnflanke im Streiflicht steht (siehe Bild 7 und 8), d. h. dass der Zahn gerade noch keinen Schatten wirft.

Abschließend ziehen Sie die Schraube fest an, um die Justierung gegen Verstellung zu sichern. Die Justierung der Sonnenuhr ist nun abgeschlossen. Sie ist jetzt nach Süden ausgerichtet und die Weltkugel hat nun die gleiche Raumlage wie die wirkliche Erde, sie wird also auch genauso beleuchtet, so dass bei praller Sonne die Tag- und Nachtseite erkennbar sind. Die Polachse zeigt zum Himmelspol, in dessen Nähe sich der Polarstern befindet und der Standort, im Beispiel Frankfurt/Main, befindet sich am höchsten Punkt auf dem Globus und weist zum Zenit.

Bedienen und Ablesen

Die TERRA bietet Ihnen eine Vielzahl an Informationen, die mit dem täglichen Lauf der Sonne zusammenhängen und an der Sonnenuhr ablesbar sind.

Ablesen der Zeit

Mit ihrem Zeitring gibt die TERRA die Zeit an. Die Stundenzähne werden von Osten nach Westen nacheinander in Schatten getaucht. Sobald die Sonne die Flanke eines Stundenzahns passiert hat, wirft dieser einen Schatten in Richtung Osten und die auf dem Zahn angegebene Zeit gehört dann zur Vergangenheit – alle hellen Stundenzähne zeigen die Stunden an, die noch bevorstehen.

Zum Ablesen der Zeit suchen Sie den letzten Zahn in Richtung Westen, der noch einen Schatten wirft. In Bild 9 ist das der 14 Uhr Zahn. Während einer Stunde, zwischen 14 und 15 Uhr wandert der Schatten in der sogenannten Minutenlücke in Richtung Osten. Die Minutenlücke ist das kurze Stück zwischen der Zahnflanke und dem Beginn des Zahnrückens. In Bild 9 ist die Minutenlücke halbvoll, es ist 14:30 Uhr. Sobald die Minutenlücke voll ist, ist es "14:60" Uhr, also 15:00 (Bild 10). Im gleichen Moment fallen die Sonnenstrahlen parallel zur nächsten Zahnflanke ein, man spricht von Streiflicht. Ein wenig später wirft dann der 15 Uhr Zahn einen Schatten in der eigenen Minutenlücke und zeigt dann die Minuten dort an.

Zonenzeit

Für die Einstellung der Nord-Süd-Richtung haben Sie bereits die Zonenzeit, im Beispiel von Frankfurt die mitteleuropäische Zeit, eingestellt. Sie können nun die Zeit den ganzen Tag genau ablesen. Nach einigen Tagen werden Sie jedoch feststellen, dass die Uhrzeit abweicht. Um das zu vermeiden, stellen Sie regelmäßig den für das Datum gültigen Wert für die Zeitgleichung aus Tabelle 1 an der Skala bei 0 Uhr ein. Die TERRA zeigt uns anschaulich, wie die Zeitgleichung zu interpretieren ist. Schauen Sie sich dazu das Bild 8 an. Am 17. November ist der Wert der Zeitgleichung +15min. Das bedeutet, dass die wahre Ortszeit gegenüber der mittleren Ortszeit um 15 min vorgeht. Also erreicht die Sonne an diesem Tag den Längengrad 15°O und alle anderen Zeitzonenmeridiane 15 Minuten früher als die volle Stunde. Am Längengrad 15°O entspricht die MOZ der mitteleuropäischen Zeit (MEZ), es ist 12 Uhr wahre Ortszeit (WOZ) um 11:45 Uhr MEZ. Wenn die Zeitgleichung negative Werte einnimmt, geht die WOZ nach. Zum Beispiel ist am 11. März erst

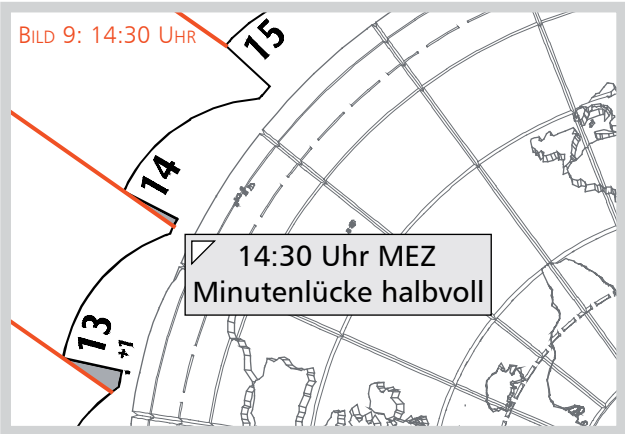

Bild 9: 14:30 Uhr

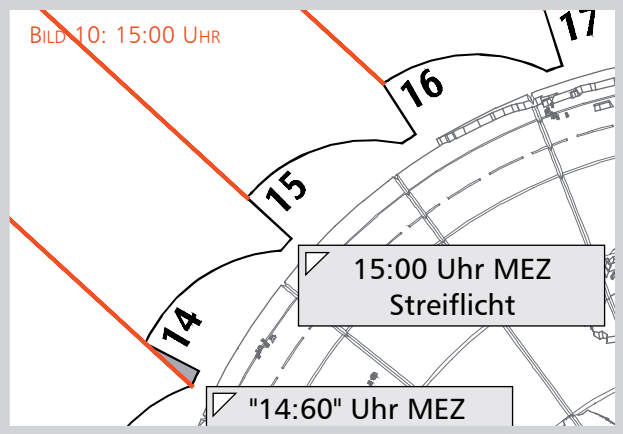

Bild 10: 15:00 Uhr

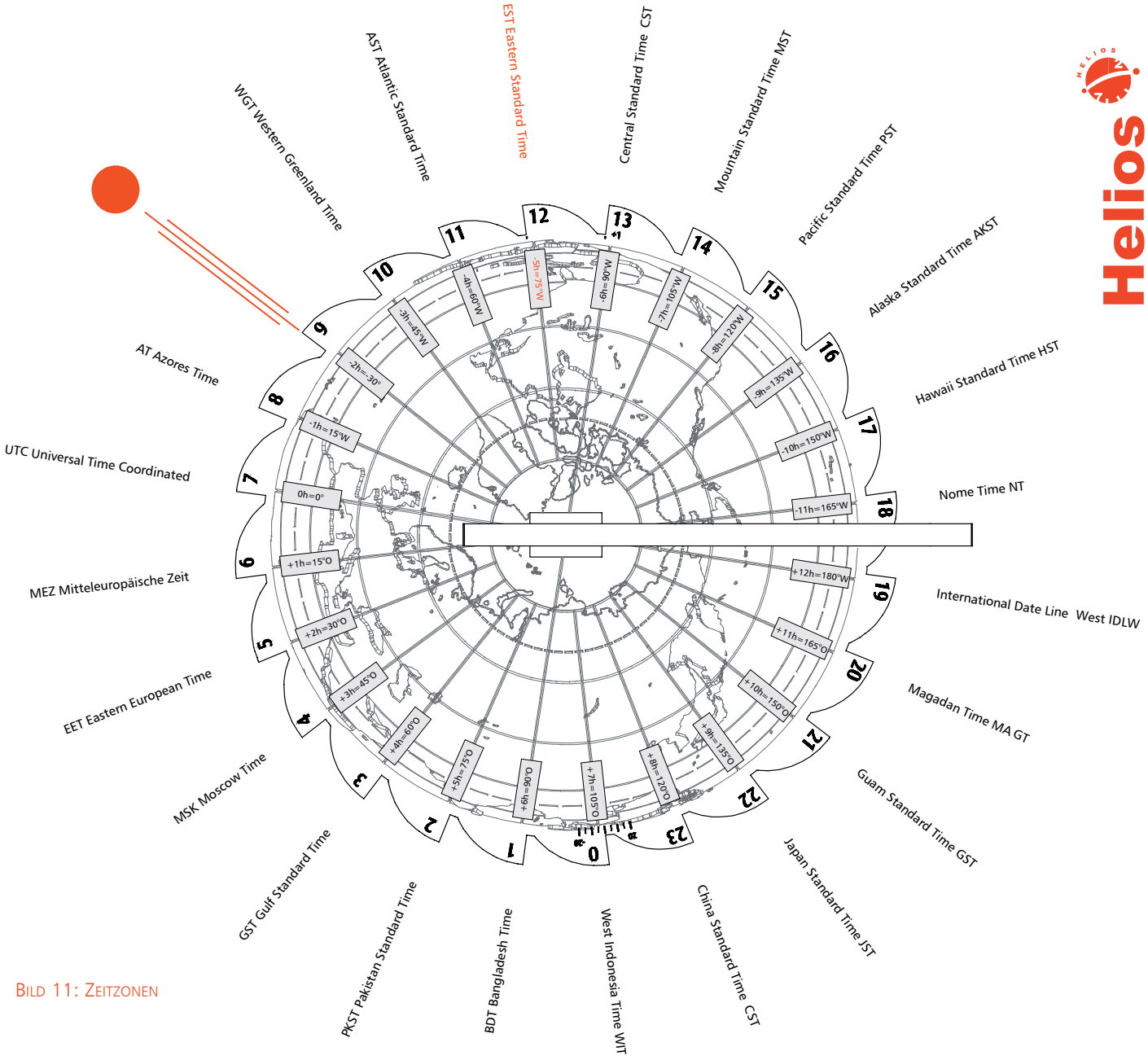

Bild 11: Zeitzonen

um 12:10 Uhr MEZ wahrer Mittag am Längengrad 15° O. An vier Tagen im Jahr stimmen WOZ und MOZ überein, Am 15. April, 13. Juni, 1. September und 25. Dezember ist die Zeitgleichung jeweils gleich Null. Die Zeitgleichung im Jahresverlauf wird im Bild 2 auf Seite 6 dargestellt.

Sommerzeit

Die Sommerzeit, die in vielen Ländern der Welt in den Sommermonaten eingeführt wird, stellt man auf der TERRA ein, indem der Zeitring in östlicher Richtung um eine Stunde verschoben wird. Nicht mehr 12 Uhr, sondern 13 Uhr (+ 1h) orientiert sich nun am Zeitzonenmeridian. Die Zeitgleichung wird wieder bei 0 Uhr eingestellt.

Zeit der Welt

Sie können auch jede andere Zonenzeit auf der TERRA einstellen (Bild 11). Falls es Sie am 7. Juli beispielweise interessiert, wie viel Uhr es gerade in New York ist, stellen Sie 12 Uhr auf 75° westliche Länge und dann die Zeitgleichung bei 0 Uhr ein, für den 7. Juli sind das -5 min. Jetzt lesen Sie die in New York gültige Eastern Standard Time direkt ab, im Beispiel 9:30 Uhr EST. Die EST geht gegenüber der Weltzeit (Universal Time Coordinated UTC) um 5 Stunden nach, also wäre es in London gerade 14:30 Uhr UTC, in Frankfurt entsprechend 15:30 Uhr MEZ.

In den Sommermonaten ist in New York die Eastern Daylight Saving Time (EDT) gültig. Um diese abzulesen, wird 13 Uhr auf 75° westliche Länge eingestellt.

Wahre Ortszeit

Natürlich können Sie auf der TERRA auch die wahre Ortszeit des Standorts einstellen. Diese auch als Sonnenzeit bekannte WOZ wird unmittelbar durch den Sonnenlauf bestimmt. Es ist 12 Uhr wahre Ortszeit, wenn die Sonne den Ortsmeridian passiert und damit ihren höchsten Stand erreicht. Sie drehen also den Zeitring, bis 0 Uhr genau mit der Markierung auf dem Meridianring übereinstimmt und 12 Uhr am Ortsmeridian steht. In den Bildern 12 bis 14 zeigt die TERRA jeweils um 10 Uhr WOZ in Frankfurt zu unterschiedlichen Jahreszeiten an.

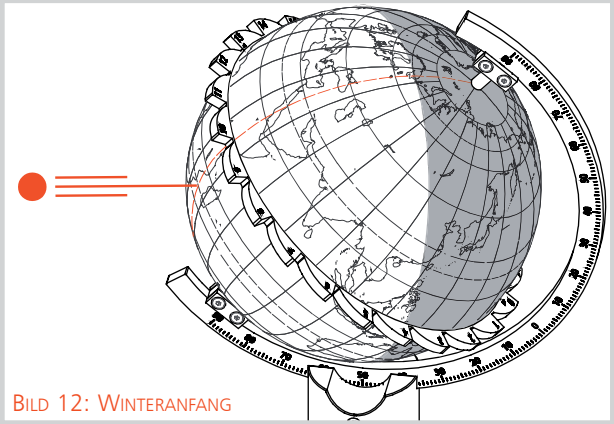

Bild 12: Winteranfang

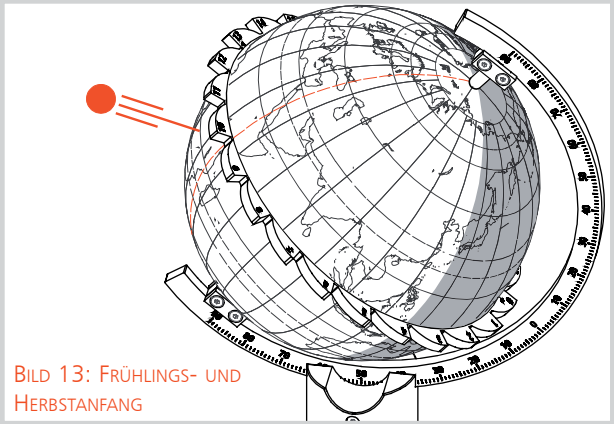

Bild 13: Frühlings- und Herbstanfang

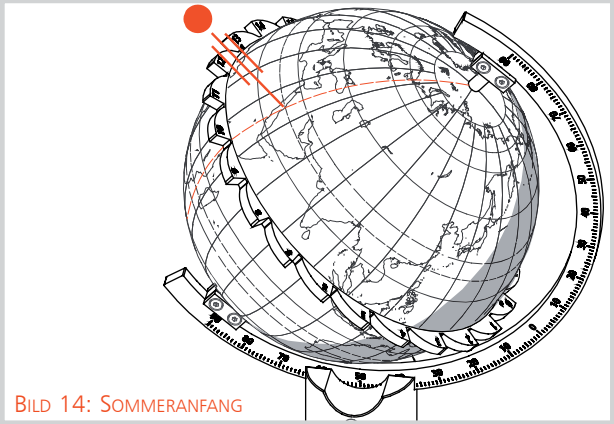

Bild 14: Sommeranfang

Anders als die mittlere Ortszeit oder die Zonenzeit ist die WOZ unabhängig vom Datum. Die Zeitgleichung bleibt unberücksichtigt.

Wahrer Mittag

Ganz gleich, wo Sie die TERRA aufstellen und welche Zeit Sie ablesen, findet das Ereignis des wahren Mittags zur gleichen Zeit am gleichen Ort statt. Die Sonne passiert gerade genau den Längengrad, an dem das Lichtsegment aufleuchtet. In den Bildern 12 bis 14 ist der Längengrad, an dem gerade wahrer Mittag ist, eingezeichnet. An allen Orten, die sich auf diesem Längengrad befinden, kulminiert die Sonne, das heißt, sie erreicht ihren Höchststand. Auf der Nordhalbkugel steht sie dann genau im Süden, auf der Südhalbkugel im Norden. In der tropischen Zone zwischen den Wendekreisen nimmt sie je nach Jahreszeit beide Richtungen ein und steht an einem Tag im Jahr zum Mittagszeitpunkt im Zenit.

Tag und Nacht – Winter, Frühling, Sommer und Herbst

Unsere Erde rotiert täglich um ihre Achse und wandert in einem Jahr einmal um die Sonne. Die TERRA steht fest montiert am vorgesehenen Standort. Sie macht jede Bewegung unseres Planet mit und wird auch stets genauso beleuchtet, so dass die Tag- und Nachtseite erkennbar sind. Der Terminator, die Grenze zwischen Tag und Nacht, wandert täglich von Osten nach Westen. An der östliche Grenze geht die Sonne gerade unter, an der westlichen Grenze gerade auf.

Die jahreszeitliche Veränderung der Beleuchtung der Erde ist anschaulich nachvollziehbar. Die Erdachse ist zur Senkrechten auf der Erdbahnebene um 23,4° geneigt. Während des Umlaufs der Erde um die Sonne zeigt die Erdachse immer zum Polarstern, die Richtung zur Sonne wechselt ständig (Bild 15). Dadurch ändert sich der Winkel der Sonne zur Äquatorebene in Abhängigkeit von der

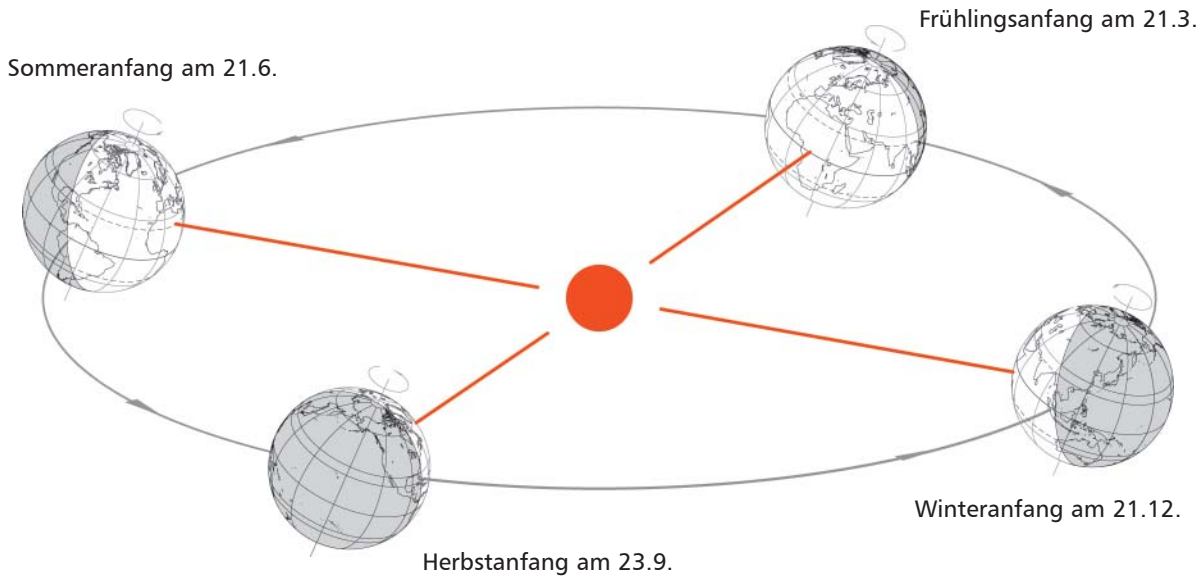

Bild 15: Die Vier Jahreszeiten

Jahreszeit. Diesen Winkel nennt man Deklination. Zur Wintersonnenwende am 21. Dezember (Bild 12) steht die Sonne am südlichen Wendekreis (Dekl. = -23,4°). 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, bis sie zum Frühlingsanfang am 21. März (Bild 13) genau über dem Äquator steht, die Deklination=0°. Tag und Nacht sind gleich lang, der Terminator geht genau durch den Nord- und Südpol. Ab heute geht am Nordpol die Sonne ein halbes Jahr nicht mehr unter, am Südpol ist im gleichen Zeitraum Nacht. Am 21. Juni zur Sommersonnenwende (Bild 14) ist der gesamte nördliche Polarkreis ganztags beleuchtet, die Sonne erreicht den nördlichen Wendekreis (Deklination=+23,4°), auf der Nordhälfte der Erde zieht sie ihre höchste Tagesbahn. Ab jetzt steigt sie wieder ab und wird am 23. September (Bild 13) den Äquator in südlicher Richtung überqueren, es ist wieder Tagundnachtgleiche und der Herbst beginnt auf der Nordhälfte der Erde. Am 21. Dezember beginnt der Winter und der jahreszeitliche Kreislauf von vorne.

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1.	- 3:28	-13:33	-12:24	- 3:57	+ 2:53	+ 2:14	- 3:47	- 6:20	- 0:05	+10:15	+16:24	+11:04
2.	- 3:56	-13:41	-12:12	- 3:39	+ 2:60	+ 2:05	- 3:59	- 6:16	+ 0:15	+10:35	+16:25	+10:41
3.	- 4:24	-13:48	-11:60	- 3:22	+ 3:07	+ 1:55	- 4:10	- 6:12	+ 0:34	+10:54	+16:26	+10:18
4.	- 4:51	-13:54	-11:47	- 3:04	+ 3:12	+ 1:45	- 4:21	- 6:06	+ 0:54	+11:12	+16:26	+ 9:54
5.	- 5:18	-13:59	-11:34	- 2:47	+ 3:18	+ 1:35	- 4:31	- 6:01	+ 1:14	+11:30	+16:24	+ 9:30
6.	- 5:45	-14:04	-11:20	- 2:30	+ 3:23	+ 1:24	- 4:42	- 5:54	+ 1:34	+11:48	+16:23	+ 9:05
7.	- 6:11	-14:07	-11:06	- 2:13	+ 3:27	+ 1:13	- 4:52	- 5:47	+ 1:54	+12:06	+16:20	+ 8:39
8.	- 6:37	-14:10	-10:51	- 1:56	+ 3:31	+ 1:02	- 5:01	- 5:40	+ 2:15	+12:23	+16:16	+ 8:13
9.	- 7:02	-14:12	-10:36	- 1:39	+ 3:34	+ 0:50	- 5:10	- 5:32	+ 2:35	+12:40	+16:12	+ 7:47
10.	- 7:26	-14:13	-10:21	- 1:23	+ 3:36	+ 0:38	- 5:19	- 5:23	+ 2:56	+12:56	+16:06	+ 7:20
11.	- 7:50	-14:14	-10:05	- 1:07	+ 3:38	+ 0:26	- 5:27	- 5:14	+ 3:17	+13:12	+15:60	+ 6:52
12.	- 8:14	-14:14	- 9:50	- 0:51	+ 3:40	+ 0:14	- 5:35	- 5:04	+ 3:38	+13:27	+15:53	+ 6:25
13.	- 8:37	-14:13	- 9:33	- 0:36	+ 3:41	+ 0:01	- 5:42	- 4:54	+ 3:59	+13:42	+15:45	+ 5:57
14.	- 8:59	-14:11	- 9:17	- 0:21	+ 3:41	- 0:11	- 5:49	- 4:43	+ 4:21	+13:56	+15:36	+ 5:28
15.	- 9:20	-14:08	- 9:00	- 0:06	+ 3:41	- 0:24	- 5:56	- 4:31	+ 4:42	+14:09	+15:27	+ 4:59
16.	- 9:41	-14:05	- 8:43	+ 0:08	+ 3:40	- 0:37	- 6:02	- 4:19	+ 5:03	+14:23	+15:16	+ 4:30
17.	-10:02	-14:01	- 8:26	+ 0:22	+ 3:38	- 0:50	- 6:07	- 4:07	+ 5:25	+14:35	+15:05	+ 4:01
18.	-10:21	-13:57	- 8:09	+ 0:36	+ 3:36	- 1:03	- 6:12	- 3:54	+ 5:46	+14:47	+14:53	+ 3:32
19.	-10:40	-13:51	- 7:51	+ 0:49	+ 3:34	- 1:16	- 6:16	- 3:40	+ 6:08	+14:59	+14:40	+ 3:02
20.	-10:58	-13:45	- 7:34	+ 1:02	+ 3:31	- 1:29	- 6:20	- 3:26	+ 6:29	+15:09	+14:26	+ 2:32
21.	-11:15	-13:39	- 7:16	+ 1:15	+ 3:27	- 1:42	- 6:23	- 3:12	+ 6:50	+15:19	+14:12	+ 2:03
22.	-11:32	-13:31	- 6:58	+ 1:27	+ 3:23	- 1:55	- 6:26	- 2:57	+ 7:11	+15:29	+13:56	+ 1:33
23.	-11:47	-13:24	- 6:40	+ 1:38	+ 3:18	- 2:08	- 6:28	- 2:41	+ 7:33	+15:38	+13:40	+ 1:03
24.	-12:02	-13:15	- 6:22	+ 1:49	+ 3:13	- 2:21	- 6:30	- 2:26	+ 7:54	+15:46	+13:23	+ 0:33
25.	-12:17	-13:06	- 6:04	+ 1:60	+ 3:07	- 2:34	- 6:31	- 2:09	+ 8:14	+15:53	+13:06	+ 0:03
26.	-12:30	-12:56	- 5:46	+ 2:10	+ 3:01	- 2:47	- 6:31	- 1:53	+ 8:35	+15:60	+12:47	- 0:26
27.	-12:43	-12:46	- 5:28	+ 2:19	+ 2:54	- 2:59	- 6:31	- 1:36	+ 8:56	+16:06	+12:28	- 0:56
28.	-12:54	-12:35	- 5:09	+ 2:29	+ 2:47	- 3:11	- 6:30	- 1:18	+ 9:16	+16:11	+12:08	- 1:25
29.	-13:05		- 4:51	+ 2:37	+ 2:39	- 3:24	- 6:28	- 1:00	+ 9:36	+16:15	+11:47	- 1:55
30.	-13:16		- 4:33	+ 2:45	+ 2:31	- 3:36	- 6:26	- 0:42	+ 9:56	+16:19	+11:26	- 2:24
31.	-13:25		- 4:15		+ 2:23		- 6:23	- 0:23		+16:22		- 2:53

Tabelle 1: Zeitgleichung in min:sec