

Breitengradabhängige Jahreszeitenanimation (BAJA)

- *Ein Begleitprogramm zur Sonnengang-Uhr^{*)}* -

Version 1.0, Juli 2014

Idee : Martin Zarth
(martin.zarth@stadtparkverein.de,
www.stadtparkverein.de/index.php/sonnengang-uhr)

Erstellung: Hartmut Warm
(hw@keplerstern.de , www.keplerstern.de)

im Auftrag: Stadtparkverein Hamburg e.V.
(info@stadtparkverein.de, www.stadtparkverein.de/)

P r o g r a m m b e s c h r e i b u n g

Martin Zarth

Stand 20.2.2015

^{*)} siehe: www.stadtparkverein.de/index.php/sonnengang-uhr

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung**
- 2 Programmstart**

- 3 Bildschirmaufbau**
 - 3.1 Bedienfeld**
 - 3.2 Ausgabefeld**
 - 3.3 Weltkugel**
 - 3.4 Menüleiste**

- 4 Computeranimierte, graphische Darstellungen**
 - 4.1 Tagesbogen**
 - 4.2 Horizontbogen (Himmelsscheibe von Nebra)**
 - 4.3 Horizontkreis**
 - 4.4 Zeitkreis**
 - 4.5 Zusammenfassung**

- 5 Programmiertechnische Angaben**
- 6 Autorenrechte, Nutzungsbedingungen und -beschränkungen**
- 7 Rückmeldungen, Ansprechpartner und Spenden**

1 Einleitung

Im Laufe eines (wolkenfreien) Tages kann man beobachten, wie die Sonne

- zu einer bestimmten Uhrzeit und in einer bestimmten Himmelsrichtung aufgeht,
- am Himmel schräge höher steigt,
- im Süden ihren höchsten Stand erreicht,
- danach wieder herabsteigt
- und schließlich zu einer bestimmten Uhrzeit und in einer bestimmten Himmelsrichtung wieder untergeht.

Die Sonnengang-Uhr (s. Abb. 1 und 2;

<http://www.stadtparkverein.de/index.php/sonnengang-uhr>) kann diese beobachtbare Bahn der Sonne oberhalb des Horizonts zusammen mit dem dazugehörigen nicht sichtbaren Nachtbereich anschaulich darstellen. Ein Zeiger, der immer in Richtung Sonne weist, zeichnet die Bahn der Sonne naturgetreu nach. Durch stufenlose Einstellungen von Uhrzeit, Datum, Breiten- und Längengrad kann man sich die Sonnenbahn für jeden Tag des Jahres und jeden Ort der Erde zeigen lassen. Der Sonnenzeiger wird von einer Art Uhrwerk bewegt (s. Abb. 3). An diesem kann man nachvollziehen, wie die recht komplizierten Sonnenbahnen zustande kommen und wie sie sich im Laufe des Jahres bzw. bei Ortswechsel verändern.

So macht die Sonnengang-Uhr den Lauf der Sonne und alle damit zusammenhängenden Phänomene auf einfache und eingängige Weise erlebbar, nachvollziehbar und verständlich. Bei den regelmäßigen Präsentationen des für den Hamburger Stadtpark entwickelten Modells (s. Abb. 2) stieß die Sonnengang-Uhr bei einem breitgefächerten Publikum durchgängig auf positive Resonanz. Immer wieder löste sie sogar befreiende Aha-Erlebnissen, ungläubiges Staunen, Begeisterung oder auch Ergriffensein aus.

Vertiefende Erläuterungen zeigten aber auch, dass die Sonnengang-Uhr bei der Veranschaulichung bestimmter Zusammenhänge an ihre Grenzen stößt. So kann der Breitengrad kontinuierlich verstellt werden, aber die dadurch verursachten Änderungen der Sonnenauf- und -untergangs-Uhrzeiten und -Horizontbereiche werden nicht kontinuierlich mit angezeigt. Man kann sich diese nur durch verschiedene Zeigereinstellungen nach und nach erschließen. Daher wurden computeranimierte Grafiken entwickelt, die gezielt für diese Zusammenhänge ausgelegt sind. Sie veranschaulichen das komplexe Geschehen mittels eines Jahreskreises, der sich kontinuierlich verkleinert oder vergrößert, so dass ein anschauliches, kontinuierliches Pulsieren entsteht. Die Grafiken sind in dem im Folgenden beschriebenen Programm „Breitengradabhängige Jahreszeitenanimation (BAJA)“ realisiert worden.



Abb. 1: Das Stegmodell der Sonnengang-Uhr am See des Hamburger Stadtparks



Abb. 2: Besucher bei einer Präsentation der Sonnengang-Uhr im Hamburger Stadtpark



Abb. 3: Das Uhrwerk mit dem Sonnenzeiger

2 Programmstart

Das Programm BAJA besteht aus den folgenden Dateien, die in der angegebenen Ordnerstruktur vorliegen müssen:

BAJA \ Sonnenganguhr.exe,
BAJA \ Data \ Er.txt,
BAJA \ Data \ Information.txt
BAJA \ Data \ Programmbeschreibung.txt

Die hier vorliegende Programmbeschreibung befindet sich in der Datei

BAJA \ Data \ Programmbeschreibung.pdf,

die mit dem Programmpaket (Bezug beim Stadtpark Verein,
martin.zarth@stadtparkverein.de) mit ausgeliefert wird .

Das Programm BAJA startet, wenn man die Datei „Sonnenganguhr.exe“ öffnet. Es erscheint der folgende Startbildschirm. Mit dem Schaltknopf „Weiter“ wird oben links das Bedienfeld eingeblendet (s. Abb. 5), mit dem man, wie unten beschrieben, weiter in das Programm einsteigen kann.



Abb. 4: Startbildschirm des Programms BAJA

3 Bildschirmaufbau

Die Fläche des Programmbildschirms wird immer von einer der 4 computeranimierten Graphiken ausgefüllt (s. Abb. 5). Die Grafik kann überlagert werden von dem Bedienfeld (oben links), dem Ausgabefeld (oben rechts) und der Weltkugel (unten links). Diese Elemente können bei Bedarf verschoben oder ausgeblendet werden. Oberhalb des Programmbildschirms befindet sich die Menüleiste.

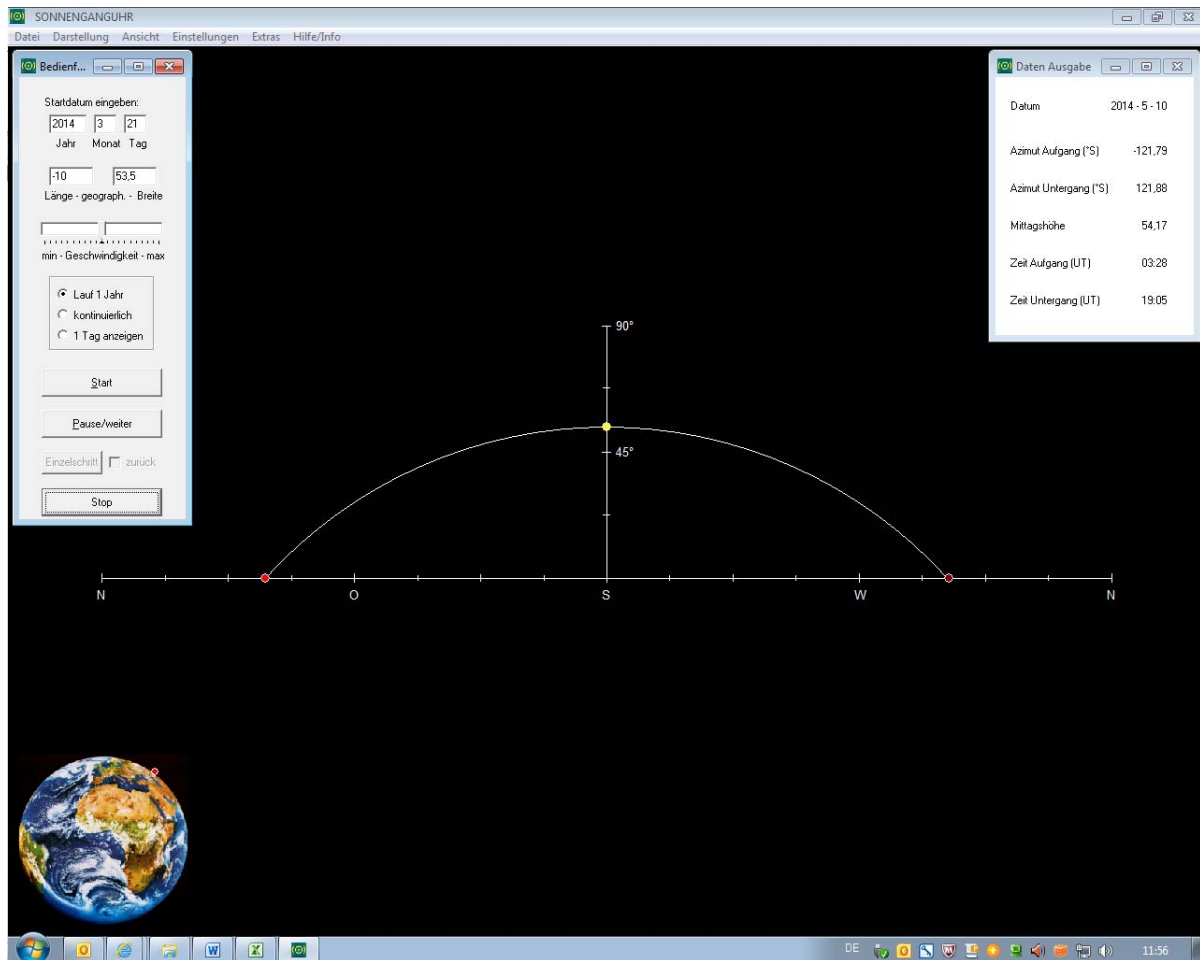


Abb. 5: Der Programmbildschirm von BAJA, hier mit der Grafik „Tagesbogen“

3.1 Bedienfeld

Mit dem Bedienfeld kann man die grafischen Darstellungen steuern.

Bedienfeld

Startdatum eingeben:

2014 3 21
Jahr Monat Tag

-10 53,5
Länge - geograph. - Breite

min - Geschwindigkeit - max

☒ Lauf 1 Jahr
☐ kontinuierlich
☐ 1 Tag anzeigen

Start

Pause/weiter

Einzelsschritt ☐ zurück

Stop

Soweit es von der jeweiligen Grafik zugelassen wird, können das Startdatum und die geografischen Koordinaten eingegeben werden.

Mit dem Schieberegler kann entweder die Laufgeschwindigkeit der animierten Grafik oder die geografische Breite verändert werden. Wenn der Fokus auf diesem Feld liegt, kann die Einstellung mit dem Cursor, dem Scrollrad auf der Maus oder mit den Pfeiltasten auf der Tastatur erfolgen.

Mit den drei Auswahlschaltern darunter lassen sich verschiedene Betriebsmodi der jeweiligen Grafik auswählen.

Mit dem Startknopf wird eine animierte Grafik gestartet, mit dem Pause/weiter-Knopf wird die Animierung angehalten bzw. fortgesetzt und mit dem Stop-Knopf wird die Animierung beendet bzw. die Grafik deaktiviert. Solange eine Grafik aktiv ist, sind einige Felder des Bedienfeldes und einige Funktionen der Menüleiste gesperrt. Um diese Felder wieder zu aktivieren, muss die Grafik mit dem Stop-Knopf deaktiviert werden.

Bei einigen Darstellungsarten wird der Einzelschrittknopf aktiv geschaltet. Mit ihm kann man dann die Animierung per Hand Schritt für Schritt weiterschalten. Hackt man die danebenliegende zurück-Schaltfläche an, kann man die Animierung manuell in die entgegengesetzte Richtung steuern.

3.2 Ausgabefeld

Das Ausgabefeld ist ein reines Anzeigefeld und kann jederzeit weggeschaltet werden. In ihm werden fortlaufend die astronomischen Daten angezeigt, auf deren Grundlage die jeweils aktuell angezeigte Grafik aufgebaut wurde.

Datum	2014 - 5 - 10
Azimut Aufgang (°S)	-121,79
Azimut Untergang (°S)	121,88
Mittagshöhe	54,17
Zeit Aufgang (UT)	03:28
Zeit Untergang (UT)	19:05

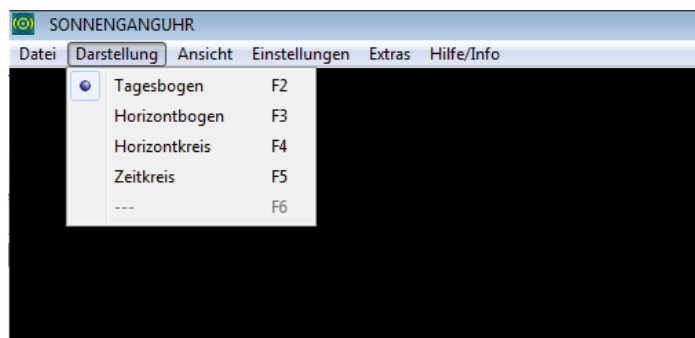


3.3 Weltkugel

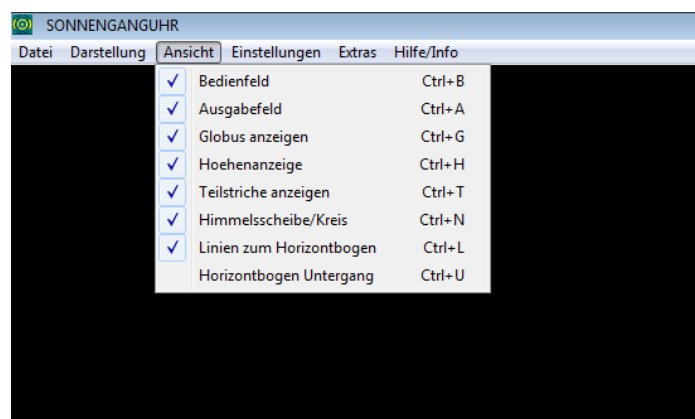
Der kleine rote Punkt auf der Weltkugel zeigt den Breitengrad an, auf dem die aktuell angezeigte Grafik basiert. Bei den animierten Grafiken läuft dieser Punkt kontinuierlich mit und zwar vom Nordpol über den Äquator bis zum Südpol und wieder zurück.

3.4 Menüleiste

Solange eine Grafik aktiv ist, sind einige Optionen der Menüleiste gesperrt. Um diese Optionen wieder zu aktivieren, muss die Grafik mit dem Stop-Knopf auf dem Bedienfeld deaktiviert werden.



Unter dem Menüpunkt **Darstellung** kann man eine der 4 verfügbaren Grafikarten auswählen, die weiter unten im Einzelnen beschrieben werden.

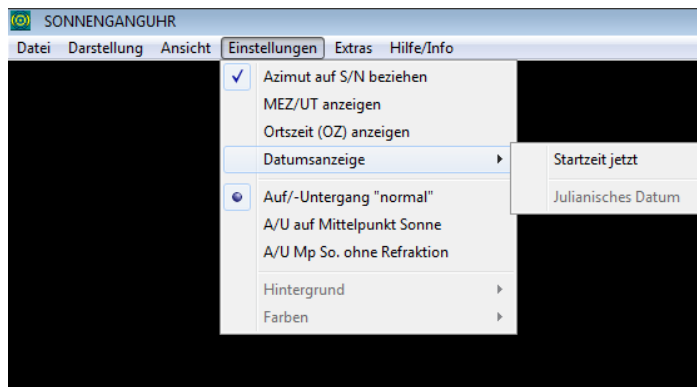


Unter dem Menüpunkt **Ansicht** können mit den ersten 3 Optionen die einzelnen Elemente des Programmbildschirms ein- und ausgeblendet werden.

Mit der Option „Höhenanzeige“ kann man in der Grafik „Tagesbogen“ die vertikale Höhenachse ein- und ausblenden. Wenn die Option „Teilstriche anzeigen“ aktiviert ist, wird im Jahresring für jeden Tag ein

Teilstrich angezeigt, während bei Deaktivierung nur jeder 5. Tag einen Teilstrich bekommt.

Mit den drei letzten Optionen kann man in der Grafik „Horizontbogen“ das Bild der Himmelsscheibe von Nebra, die radialen Hilfslinien und den linken Horizontbogen ein- und ausblenden.



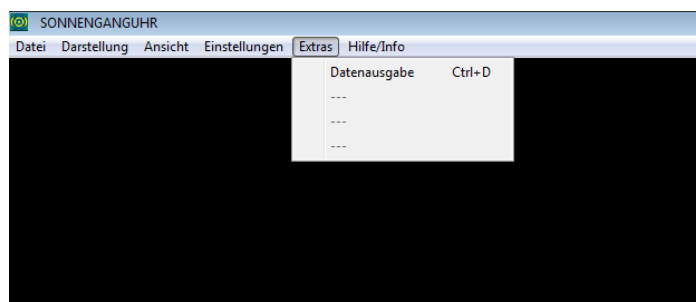
Unter dem Menüpunkt **Einstellungen** kann ausgewählt werden, ob der Azimut im Süden oder im Norden auf 0° gesetzt wird, ob die Mitteleuropäische, die Welt- (universal time) oder die Orts-Zeit angezeigt wird. Bei der Datumsanzeige kann die Startzeit der Animationen automatisch auf das aktuelle Datum eingestellt werden.

Sodann kann hier eingestellt werden, welches von 3 möglichen Berechnungsverfahren für den Sonnenauf- und -untergang in den Grafiken zugrunde gelegt wird.

Die Option „Auf-/Untergang normal“ zeigt den tatsächlich beobachtbaren Sonnenauf- und -untergang an. Als Auf- und Untergang gilt gemäß der allgemein üblichen Definition derjenige Zeitpunkt, an dem die oberste Kante der Sonnenscheibe die Horizontlinie erreicht, wenn also morgens die ersten und abends die letzten Sonnenstrahlen zu sehen sind. Bei diesen Berechnungsgrundlagen weisen die Grafiken in bestimmten Bereichen deutlich wahrnehmbare Asymmetrien auf, die die Komplexität der tatsächlichen Gegebenheiten richtig widerspiegeln.

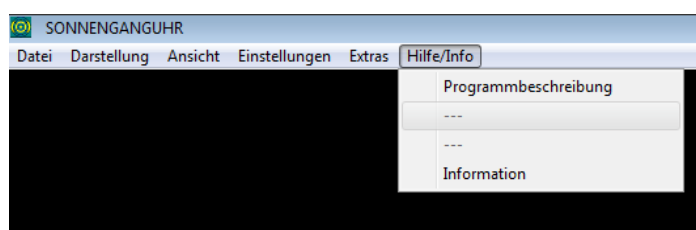
Bei der Option „A/U auf Mittelpunkt Sonne“ liegt dem Sonnenauf- bzw. -untergang derjenige Zeitpunkt zugrunde, bei dem der Mittelpunkt der Sonnenscheibe die Horizontlinie erreicht. Dadurch reduzieren sich die Asymmetrien in den Grafiken teilweise.

Bei der letzten Option „A/U Mp So. ohne Refraktion“ liegt dem Sonnenauf- bzw. -untergang ebenfalls derjenige Zeitpunkt zugrunde, bei dem der Mittelpunkt der Sonnenscheibe die Horizontlinie erreicht. Zusätzlich wird bei dieser Option die Refraktion, d. h. die Ablenkung der Sonnenstrahlen durch die Erdatmosphäre, nicht berücksichtigt. Diese Refraktion bewirkt, dass wir die Sonnenscheibe noch direkt über dem Horizont sehen können, wenn sie, geometrisch gesehen, schon ganz unter die Horizontlinie untergetaucht ist. Dieses dritte Berechnungsverfahren produziert sehr symmetrische Grafiken.



Unter dem Menüpunkt **Extras** kann man die Option Datenausgabe wählen. Sie bewirkt, dass die für die jeweilige Grafik berechneten Daten in einem zusätzlichen Fenster tabellarisch angezeigt werden. Nachdem man die Grafikerstellung mit dem Stop-Knopf beendet hat,

kann man die Daten aus der Tabelle herauskopieren und in andere Programme übertragen und dort anderweitig nutzen und weiterverarbeiten.



Unter **Hilfe/Info** kann man eine Textdatei mit Hinweisen auf die Programmbeschreibung incl. Pfadangaben und Informationen zum Programm BAJA aufrufen.

4. Computeranimierte graphische Darstellungen

4.1 Tagesbogen

Die Grafik „Tagesbogen“ (s. Abb. 6) vermittelt einen ersten, vereinfachten Eindruck von der Sonnenbahn und ihrer jahreszeitlichen und Breitengradabhängigen Veränderung. Die Sonnenbahn wird als Bogen über einer waagerechten Horizontlinie dargestellt. Das Programm berechnet die Himmelsrichtungen von Sonnenauf- und -untergang sowie den Mittagshöchststand. Aus diesen drei Punkten wird der über der Horizontlinie dargestellte Kreisbogen berechnet.

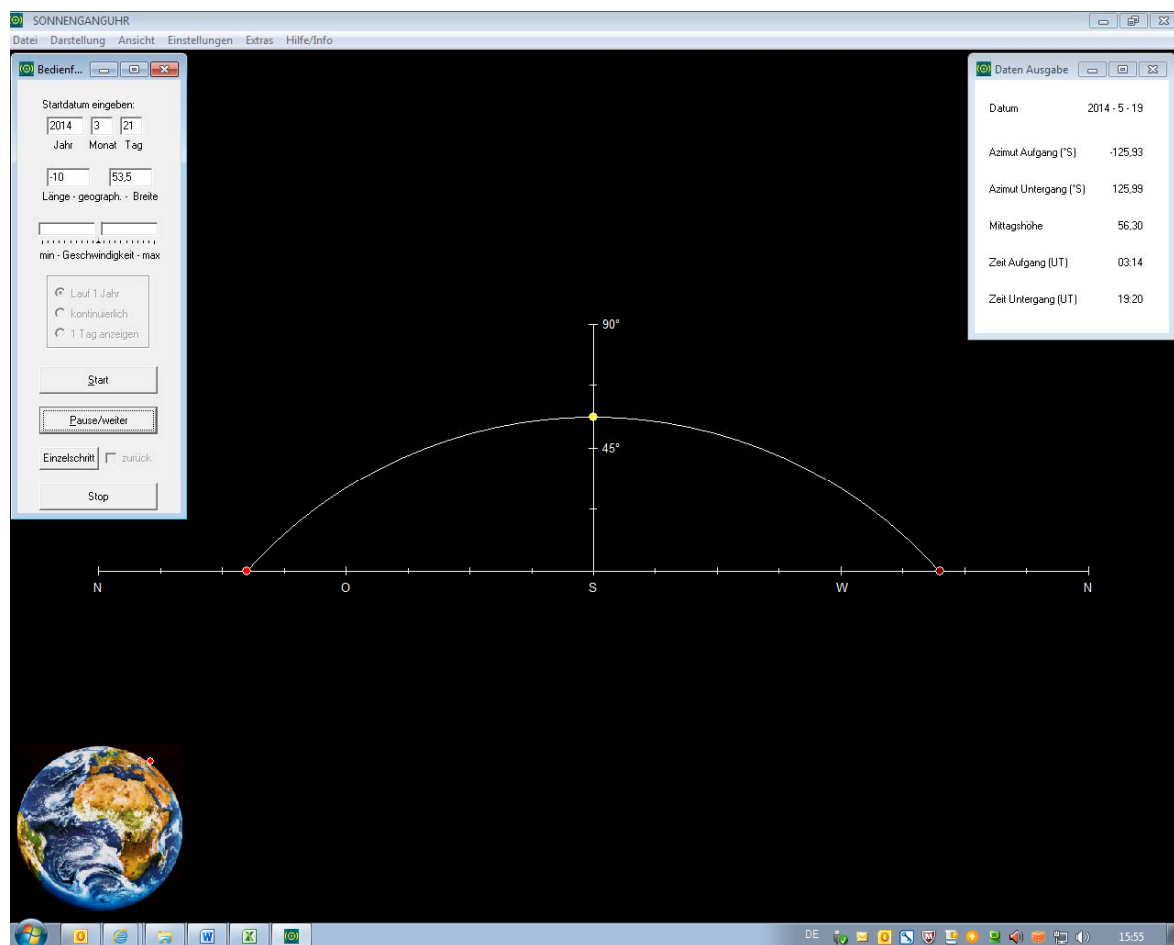


Abb. 6: Programmbildschirm der Grafik „Tagesbogen“

Man kann einen bestimmten Breitengrad eingeben. Nach dem Starten sieht man, wie sich die Sonnenbahn im Laufe des Jahres verändert. Mit dem Pause/weiter-Knopf kann man die Animation stoppen. Dann wird der Einzelschritt-Knopf aktiv, und man kann mit ihm die Bahn Tag für Tag weiterschalten.

Man erkennt, wie die Horizontbereiche, die die Sonnenauf- und -untergänge im Laufe eines Jahres überstreichen, nach Norden hin immer größer werden. Sie vergrößern sich bis zum Polarkreis bei 66° hin auf 180°. Weiter nördlich geht die Sonne dann im Sommer zeitweise nicht mehr unter und im Winter entsprechend zeitweise nicht mehr auf. Nach Süden hin schrumpfen diese Horizontbereiche bis auf 47° am Äquator

zusammen. An den Wendekreisen erreicht die Sonne zum ersten Mal mittags den Zenit. Zwischen den Wendekreisen erreicht die Sonne dann jeweils zwei Mal im Jahr den mittäglichen Sonnenhöchststand im Zenit.

4.2 Horizontbogen (Himmelsscheibe von Nebra)

Die Himmelsscheibe von Nebra zeigt rechts und links zwei goldene Bögen, die als die Horizontbereiche gedeutet werden können, die die Sonnenauf- und -untergänge im Laufe eines Jahres überstreichen. Die auf der Himmelsscheibe abgebildete Größe der Bögen gilt aber nur für einen bestimmten Breitengrad. Bei Standorten auf anderen Breitengraden müssten die Goldbögen größer oder kleiner sein. Die Grafik „Horizontbogen“ (s. Ab. 7) zeigt an, wie sich die Größe dieser Bögen in Abhängigkeit vom Breitengrad ändert. Man kann jeden beliebigen Breitengrad eingeben und sich mit Start die entsprechenden Bögen anzeigen lassen.

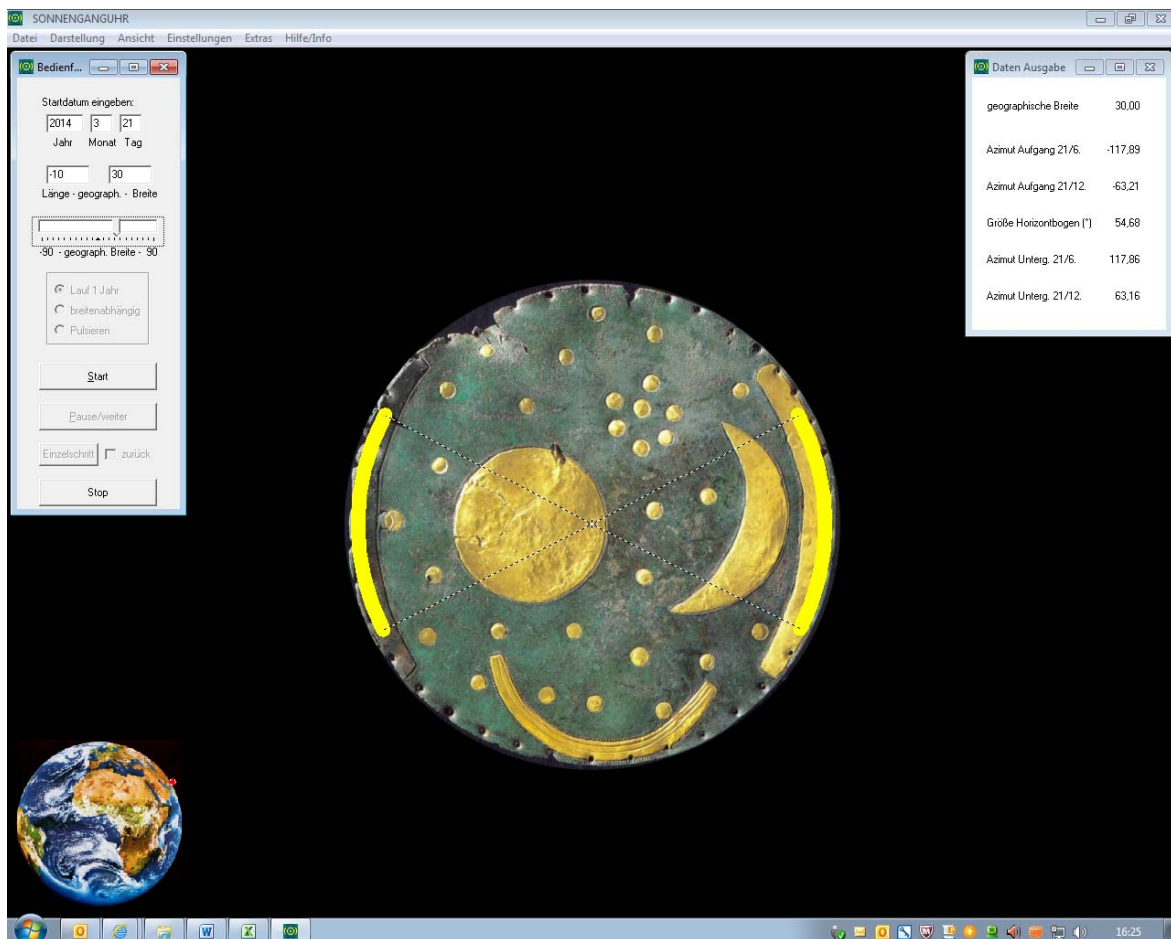


Abb. 7: Programmbildschirm der Grafik „Horizontbogen“ für den 30. Breitengrad

Mit dem Cursor im Schieberegler oder mit dem Scrollrad kann man den Breitengrad stufenweise herauf oder herunter stellen.

Man erkennt, wie sich die Goldbögen bis zum Äquator hin bis auf 47° verkleinern. Bis zu den Polarkreisen bei 66° hin vergrößern sie sich bis auf jeweils 180°. Oberhalb

der Polarkreise ändert sich dann nichts mehr an den Goldbögen. In diesen Bereichen stößt die Aussagekraft der Himmelsscheibe von Nebra ganz offensichtlich an ihre Grenzen.

Die Himmelsscheibe von Nebra ist offensichtlich für die Region von Nebra, also für 51.3° ausgelegt. Für Hamburg auf $53,5^\circ$ stimmt die Scheibe schon nicht mehr genau, hier müsste der Goldbogen ein deutlich erkennbares Stück größer sein.

Der Graphik wurde ein Foto der Himmelsscheibe von Nebra (Bronze mit Goldauflagen, frühe Bronzezeit ca. 1600 v. Chr.) von Juraj Lipták, Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, unterlegt.

4.3 Horizontkreis

Die Graphik „Horizontkreis“ (s. Abb. 8). zeigt einen blauen Horizontkreis mit den Himmelsrichtungen und einen Ring, der dem Jahresring der Sonnengang-Uhr (s. Abb. 9) ähnelt. Beide Ringe sind in etwa konzentrisch angeordnet.

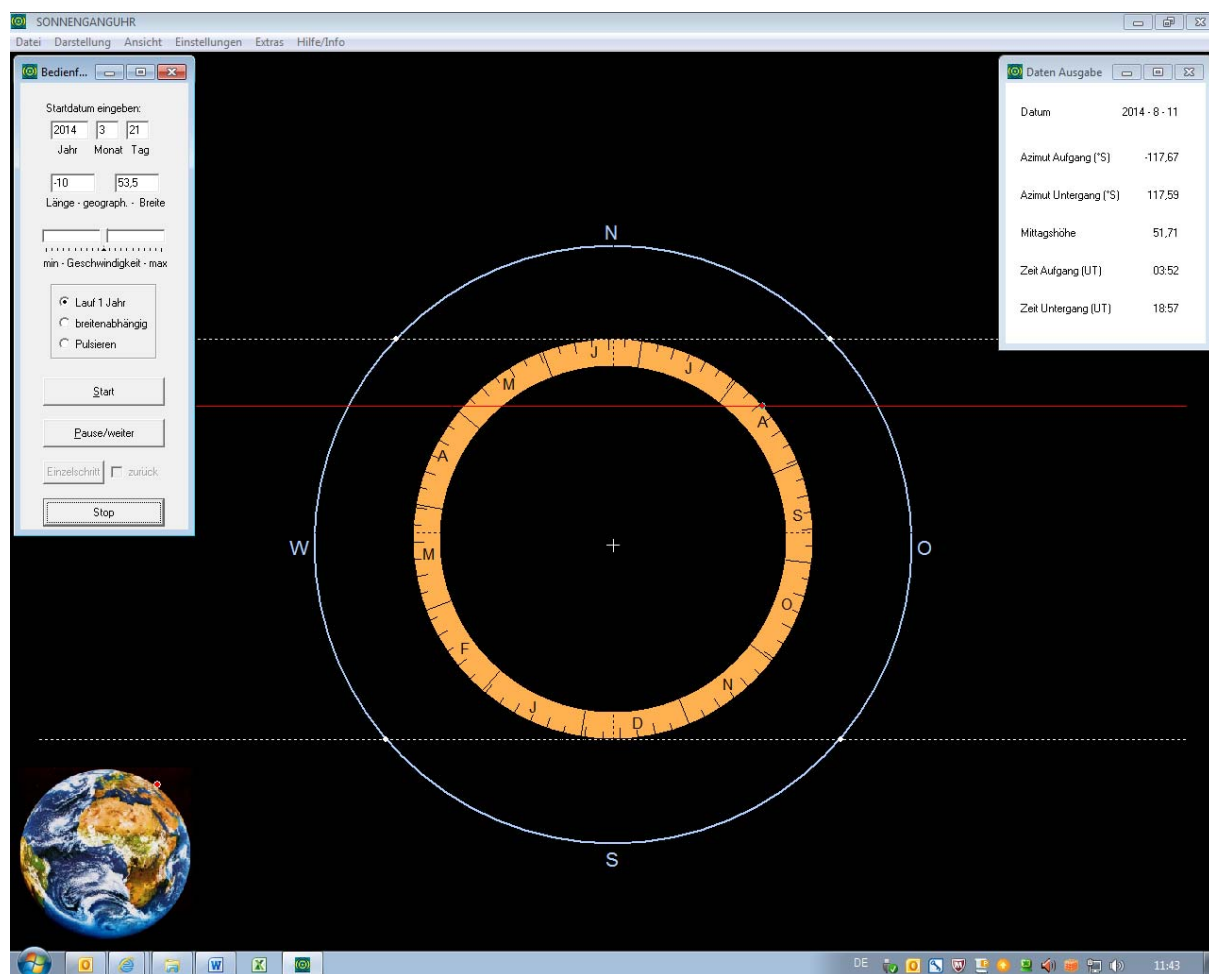


Abb. 8: Programmbildschirm der Grafik „Horizontkreis“



Abb. 9: Der Horizontkreis in der Sonnengang-Uhr, der seine Größe nicht verändert.

Während der Horizontring sich nicht verändert, wird die Größe des Jahresringes dem Breitengrad angepasst. Das Programm berechnet für den jeweils eingestellten Breitengrad die nördlichsten (am Sommeranfang, meist 21.6.) und südlichsten (am Winteranfang, 21./22.12.) Sonnenauf- und -untergangspunkte und zeichnet diese auf dem Horizontring ein. Durch diese 4 Punkte legt das Programm die beiden waagerechten, gestrichelten Linien, zwischen die dann der Jahresring eingepasst wird.

Wenn man nun die Option „Lauf 1 Jahr startet“, wandert ein roter Punkt auf dem Jahresring Tag für Tag weiter und zeigt mittels der waagerechten, roten Linie die Himmelsrichtung des Sonnenauf- und -untergangs auf dem Horizontring für den jeweiligen Tag an. Das Programm berechnet dabei den Sonnenaufgangspunkt und zeichnet durch ihn die waagerechte, rote Linie. Der gegenüberliegende Punkt zeigt dann den Sonnenuntergangspunkt (mit einer kleinen Ungenauigkeit) an.

Man sieht, wie die Sonnenauf- und -untergangspunkte im Laufe eines Jahres am Horizont hin und her wandern. Am Frühlings- und Herbstanfang wandern diese Punkte am schnellsten. Zum Sommer- und Winteranfang hin wandern sie immer langsamer bis sie jeweils für kurze Zeit ganz zum Stillstand kommen.

Mit Hilfe des Schiebereglers kann man die Animation schneller oder langsamer laufen lassen. Mit dem Pause/weiter-Knopf kann man sie jederzeit unterbrechen und dann auch mit dem Einzelschrittknopf manuell Tag für Tag weiterschalten.

Wenn man einen anderen Breitengrad einträgt, wird eine neue Grafik nach den gleichen Prinzipien aufgebaut. Während der Horizontring konstant bleibt, ändert sich der Durchmesser des Jahresringes und zeigt dadurch den veränderten Horizontbereich der Sonnenauf- und -untergänge auf diesem Breitengrad an.

Auch für den geänderten Breitengrad kann man den oben beschriebenen Jahreslauf starten und sich so das jahreszeitliche Geschehen für den geänderten Breitengrad im Einzelnen ansehen.

Wenn der Breitengrad kleiner wird, schrumpfen die Horizontbereiche der Sonnenauf- und -untergänge bis auf 47° am Äquator bei 0° (s. Abb. 10).

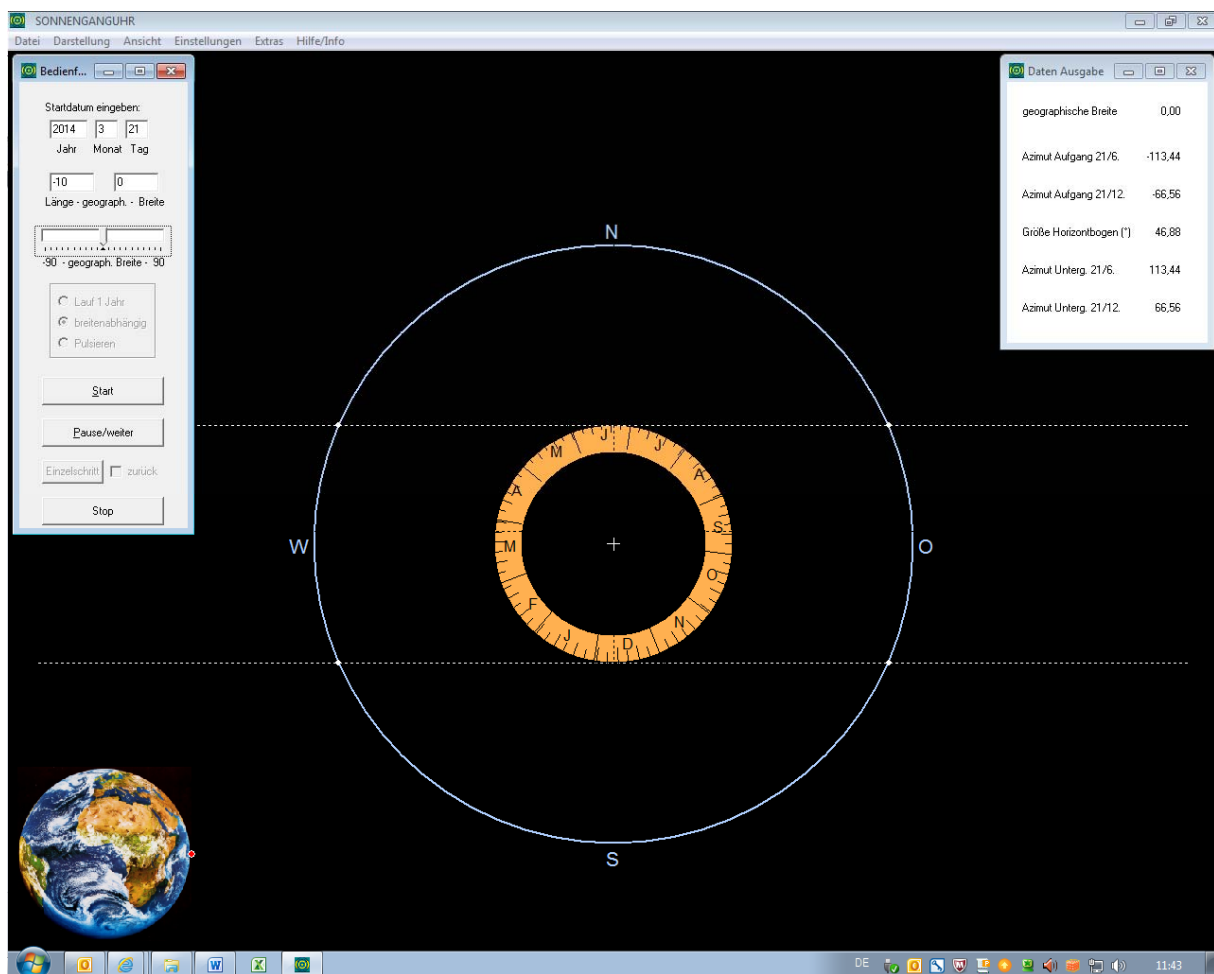


Abb. 10: Am Äquator wird der minimale Horizontbogen von 47° erreicht.

Wenn der Breitengrad größer wird, weiten sich die Horizontbereiche der Sonnenauf- und -untergänge. An den Polarkreisen bei 66° überstreichen dann die Sonnenaufgänge die eine Hälfte des Horizonts von Norden über Osten bis Süden und die Sonnenuntergänge die zweite Hälfte von Norden über Westen bis Süden (s. Abb. 11 und 12).

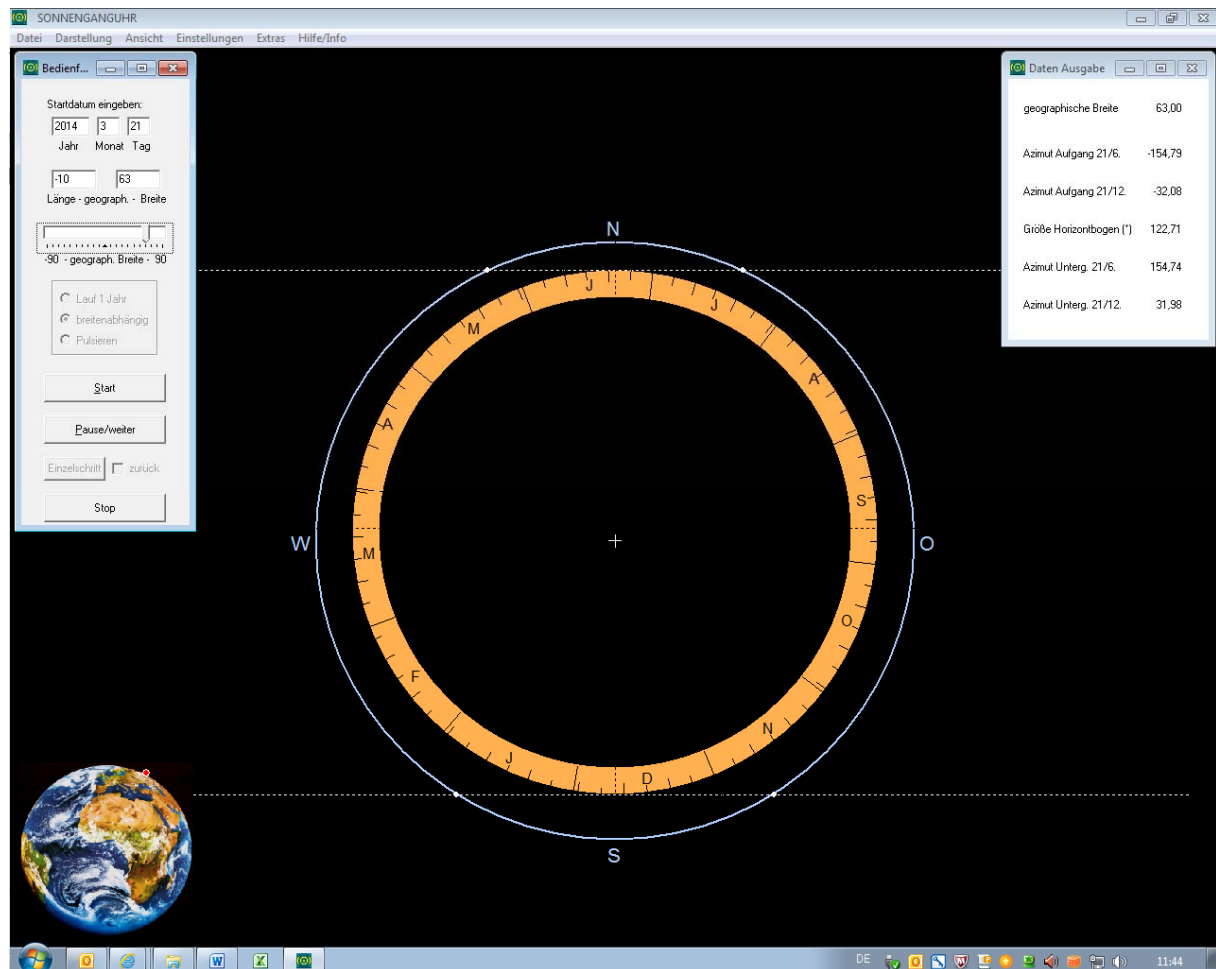


Abb. 11: Bei 63° überstreichen die Horizontbögen schon einen Großteil des Horizonts

Wenn der Breitengrad über 67° hinausgeht, wird der Jahresring auch weiterhin kontinuierlich größer. Da sein Durchmesser nun aber größer als der des Horizontrings (s. Abb. 12) ist, ändern sich seine Berechnung und seine Lesart.

Die gestrichelten Linien wandern jetzt nicht mehr mit dem obersten und untersten Punkt des Jahresrings mit, sondern bleiben ortsfest im Nord- und Südpunkt des Horizontrings stehen. In dem Zeitraum, der auf dem Jahresring oberhalb der oberen gestrichelten Linie liegt, geht die Sonne nicht mehr unter (Mitternachtssonne), während sie in dem Zeitraum unterhalb der unteren gestrichelten Linie nicht mehr aufgeht (Polarnacht). Nur noch in dem linken und rechten Bereich des Jahres, der jeweils zwischen den beiden gestrichelten Linien liegt, gibt es noch den täglichen Sonnenauf- und -untergang.

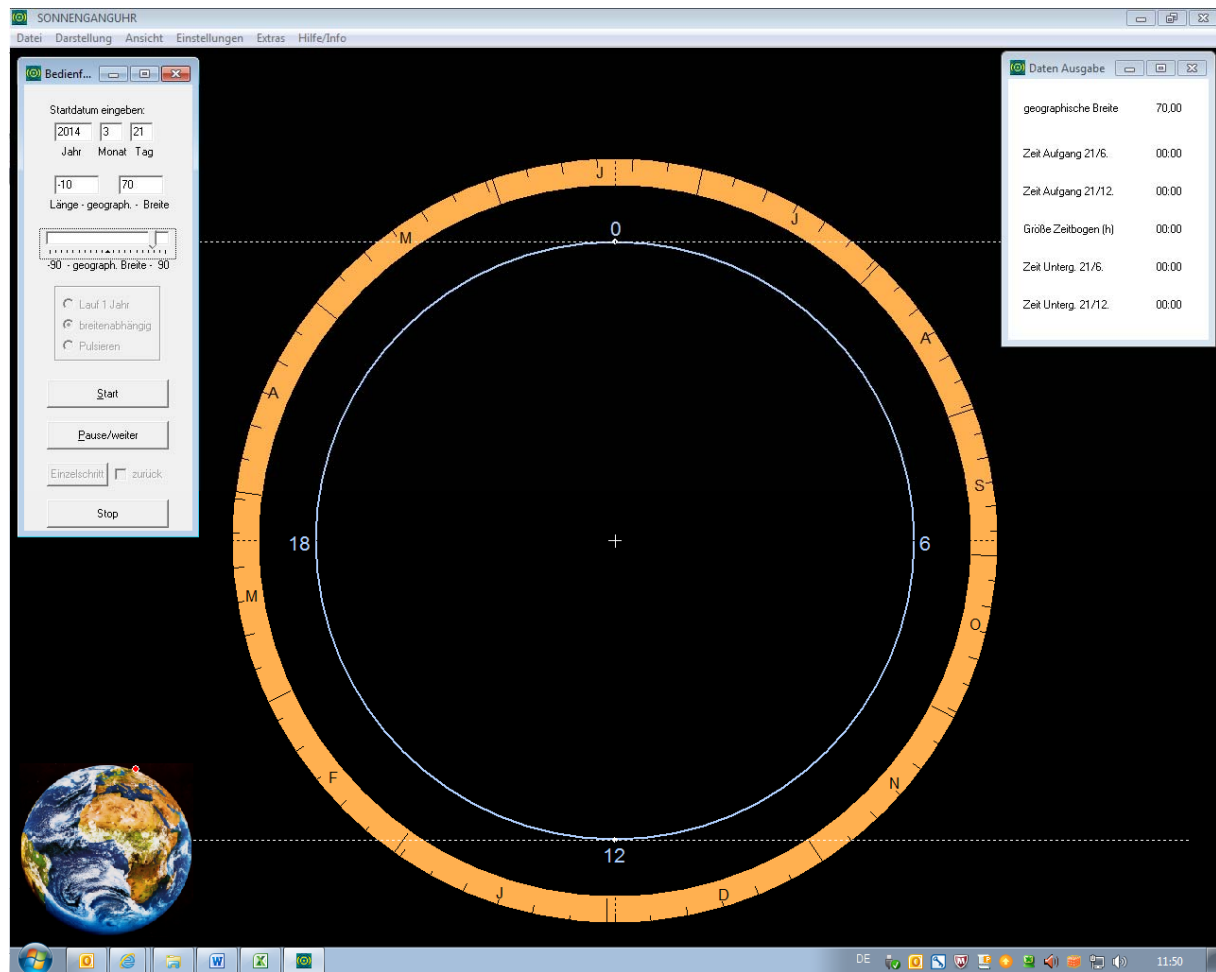


Abb. 12: Bei 70° ist der Jahresring bereits deutlich größer als der Horizontring. Mitternachtssonne und Polarnacht dauern bereits mehr als 70 Tage lang.

Beim Breitengrad von 77° ist der Jahreskreis so groß geworden, dass er nur noch zum Teil auf dem Bildschirm sichtbar ist (s. Abb. 13).

Da er für größere Breitengrade ganz aus dem Bildschirm herauswandern würde, wird die grafische Darstellung für diesen Bereich modifiziert. Der rechte Punkt des Jahresrings bleibt fix, so dass der rechte Bereich des Jahresrings immer sichtbar bleibt. Das Größerwerden des Jahresrings kann man nun nur noch daran erkennen, dass sich der Kreisbogen immer mehr streckt (s. Abb. 14).

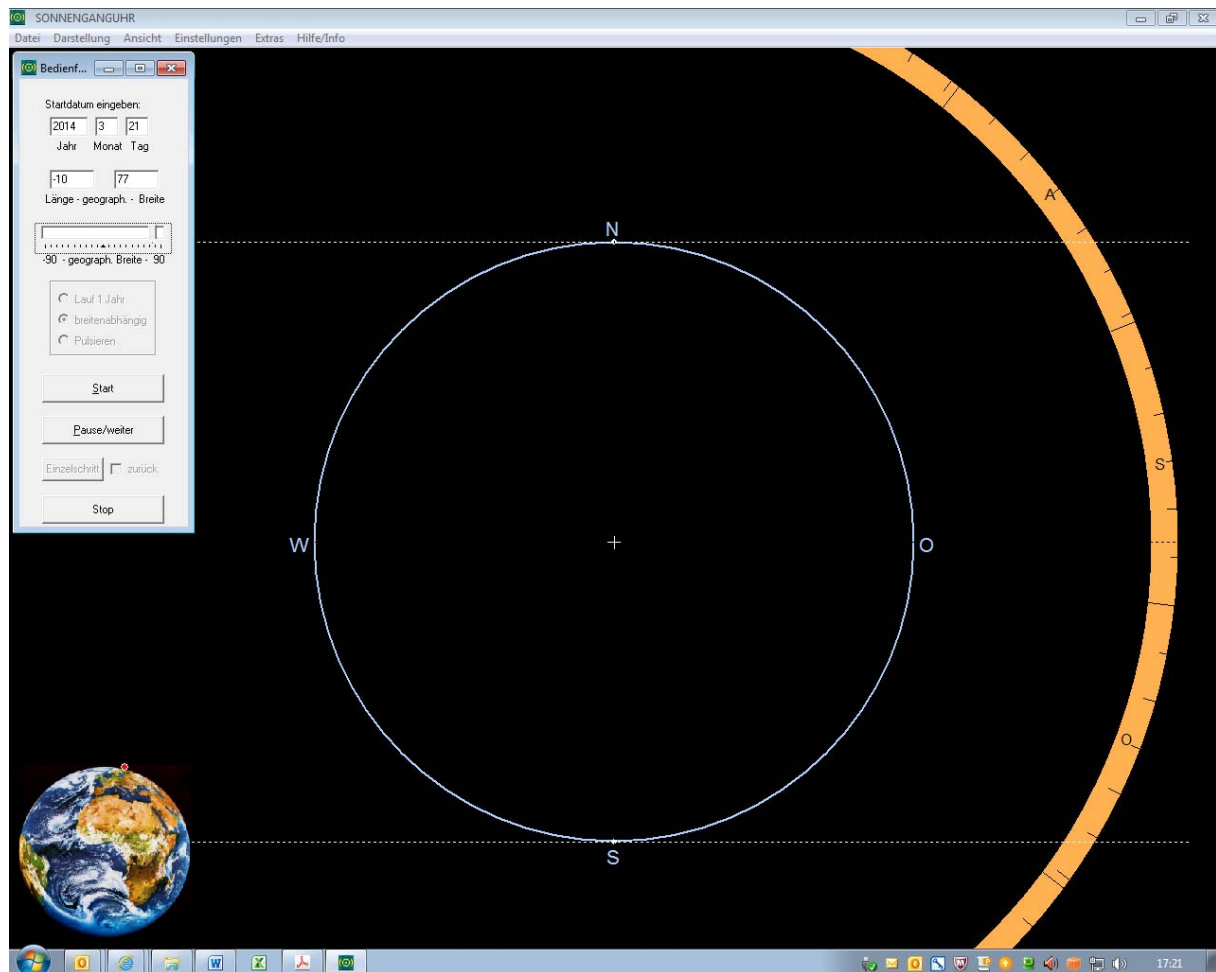


Abb. 13: Bei 77° ist nur noch der rechte Teil des Jahresrings sichtbar. Sonnenauf- und -untergänge gibt es nur noch an gut 60 Tagen jeweils im Herbst und im Frühling.

Am Pol wird er theoretisch zu einer Geraden, d. h., der Jahresring wird unendlich groß.

Zwischen den gestrichelten Linien kann man auf dem rechten Kreisbogen des Jahresrings unverändert denjenigen Zeitraum des Jahres ablesen, in dem es noch Sonnenauf- und -untergänge gibt. Dieser Zeitraum schrumpft zum Pol hin immer mehr zusammen. Am Pol selbst gibt es nur noch einen einzigen Sonnenaufgang und einen einzigen Sonnenuntergang innerhalb eines Jahres. Hier hat sich der das Jahr unterteilende Tagesrhythmus, der auf der Erdrotation beruht, ganz aufgelöst, so dass ein Tag einem Jahr entspricht. Die Zeit, in der sich die Sonnenscheibe über den Horizont hoch- bzw. herunterschiebt, wird nicht mehr durch die Erdrotation, sondern nur noch durch die Schiefe der Ekliptik (bzw. bei der Sonnengang-Uhr durch die Änderung des Jahreswinkels) bestimmt. Vom ersten Strahl der Sonne bis zur Sichtbarkeit der vollen Sonnenscheibe über dem Horizont dauert es hier etwa 22 Stunden. In dieser Zeit überstreicht die Sonne gleichzeitig fast den ganzen Horizontkreis.

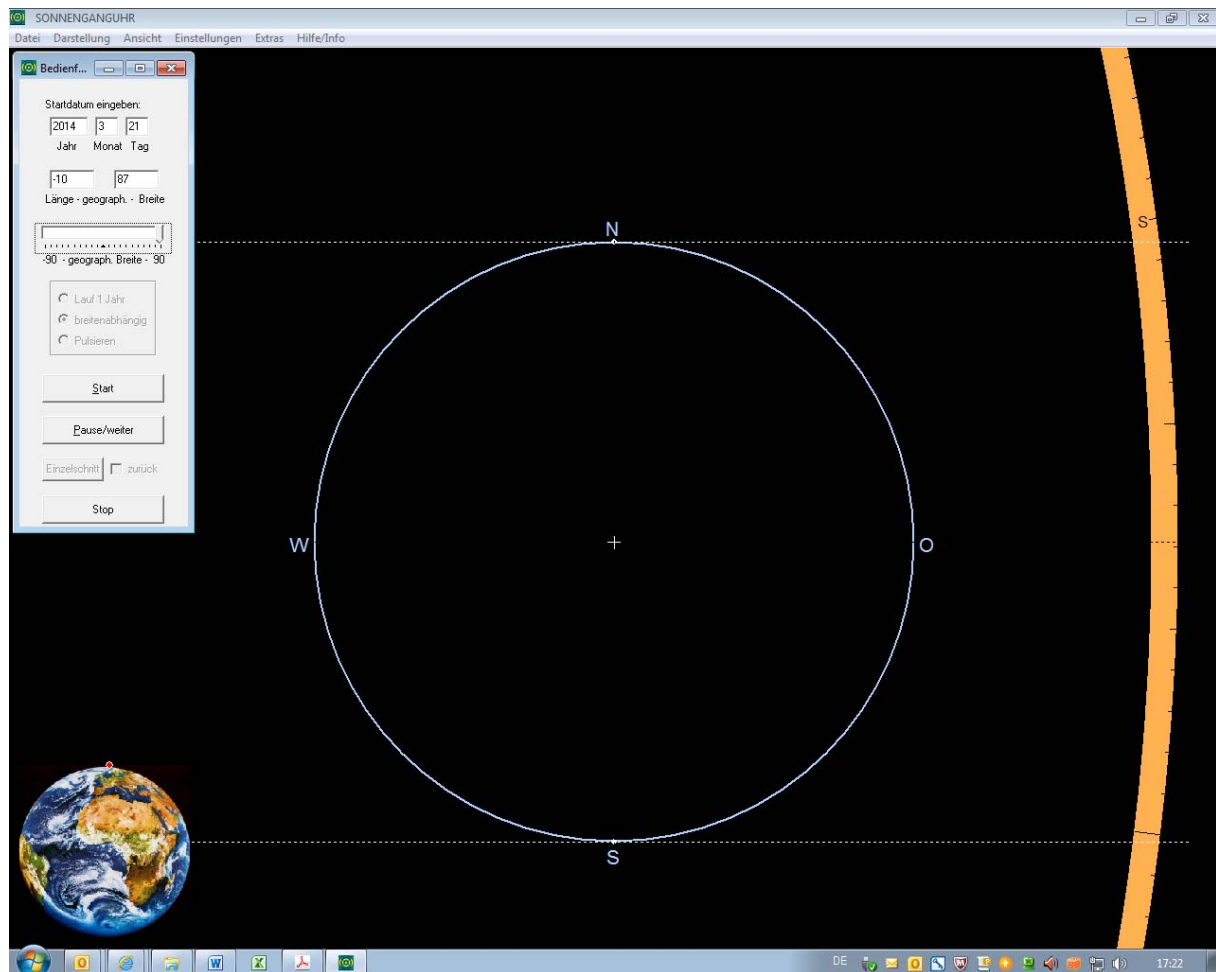


Abb.14: Beim Breitengrad von 87° ist der Jahresringbogen schon sehr gestreckt und es gibt nur noch vom 16. bis 30. September tägliche Sonnenauf- und -untergänge, sowie gleich viele um den Frühlingsanfang herum.

Schaltet man auf den Pulsieren-Modus um, so wird der Breitengrad kontinuierlich verändert und dementsprechend vergrößert oder verkleinert sich auch der Jahresring kontinuierlich. Man erkennt, wie sich der Jahresring in einem großen Bereich ober- wie unterhalb des Äquators nur wenig verändert. In unseren Breiten sind die Veränderungen bereits recht stark ausgeprägt und zu den Polen hin beschleunigen sie sich dann geradezu dramatisch.

Beim Durchgang durch den Äquator wechselt die Beschriftung des Jahresrings, oben und unten wird quasi vertauscht (s. Abb. 15). Dies hängt damit zusammen, dass auf der Südhalbkugel Sommer herrscht, wenn bei uns Winter ist, und umgekehrt.

Aus Gründen der Performanz wird beim Pulsieren-Modus der Jahresring nicht für jeden Breitengrad vollständig neu berechnet, sondern jeweils nur für 0° , 45° , 53° und 66° . In den Bereichen dazwischen wird dann nur noch grafisch vergrößert oder verkleinert.

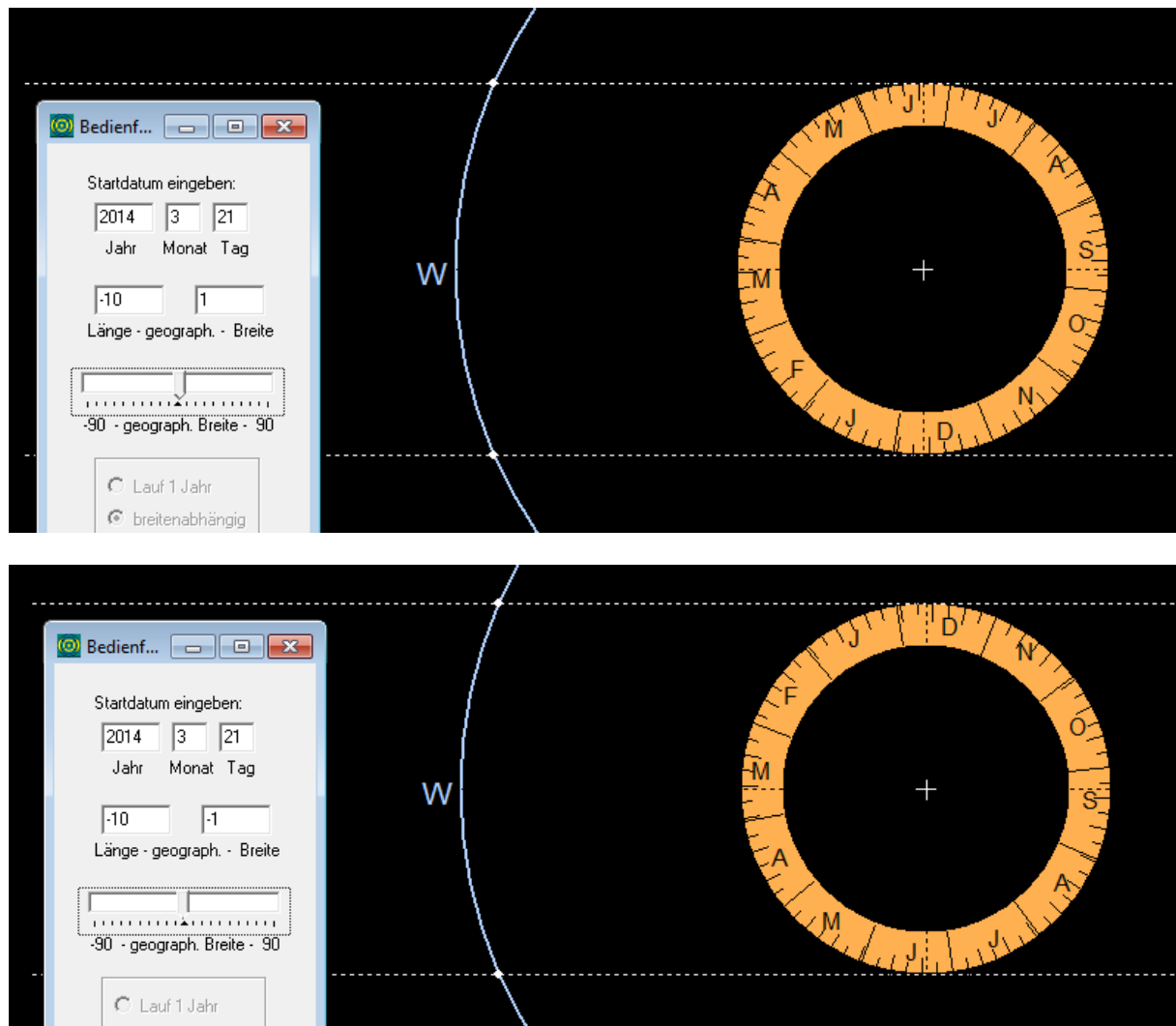


Abb. 15: Die Beschriftung des Jahresringes wechselt beim Durchgang durch den Äquator, da Sommer und Winter auf der Nord- und Südhalbkugel gegeneinander vertauscht sind.

4.4 Zeitkreis

Die Grafik „Zeitkreis“ (s. Abb. 16) stellt den Zusammenhang zwischen dem Breitengrad und den Sonnenauf- und -untergangszeiten nach genau den gleichen Verfahren und mit den gleichen grafischen Elementen dar, wie dies bei der Grafik „Horizontkreis“ realisiert und oben beschrieben wurde.

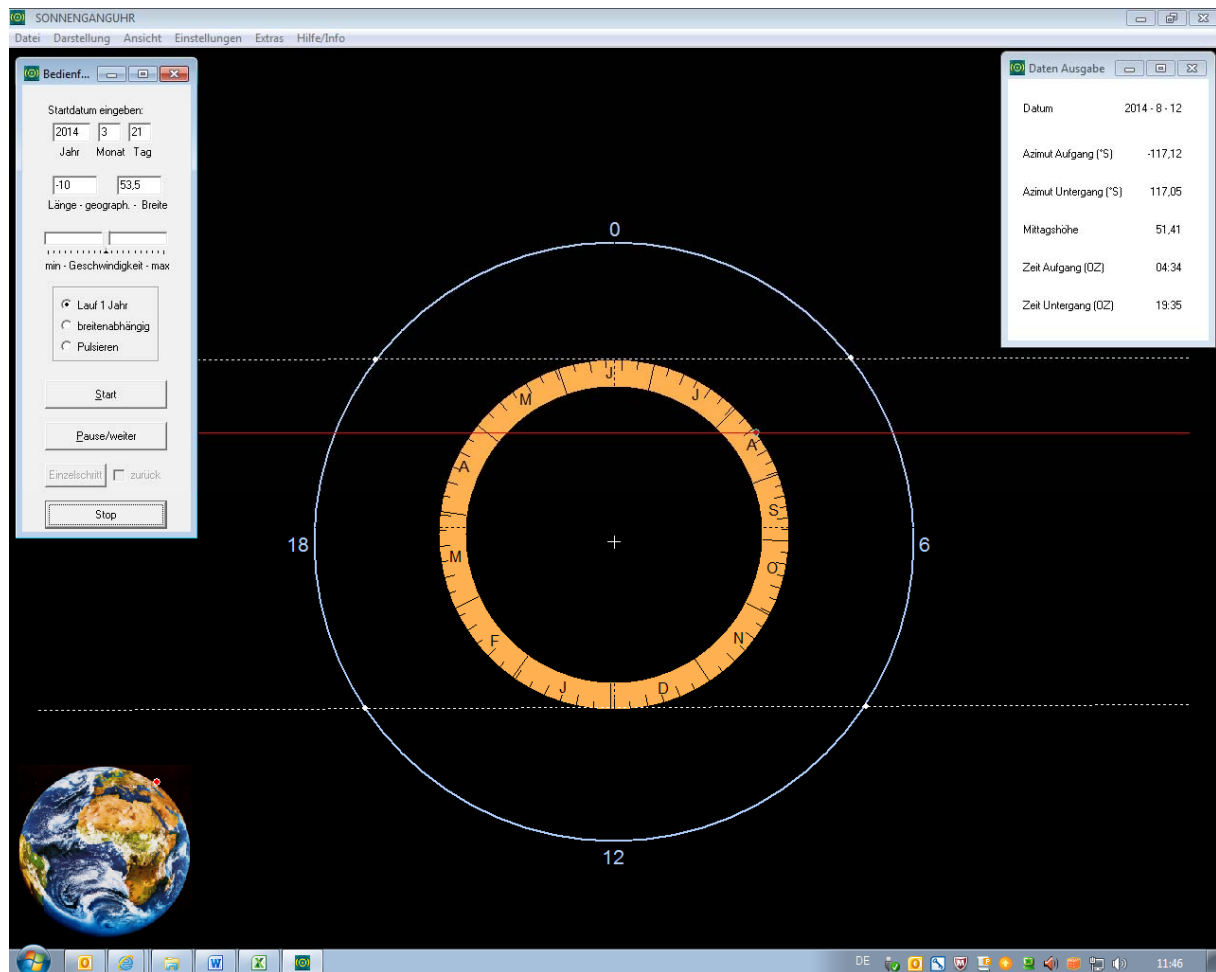


Abb. 16: Programmbildschirm der Grafik „Zeitkreis“

An die Stelle des Horizontkreises, der die Himmelsrichtung der Sonnenauf- und -untergänge anzeigt, tritt hier aber ein Uhrzeitkreis, auf dem die Uhrzeiten der Sonnenauf- und -untergänge dargestellt werden. Der Uhrzeitkreis ist, wie auch die Tagesscheibe der Sonnenganguhr (s. Abb. 3), nicht in 12, sondern in 24 Stunden eingeteilt.

Vieles stellt sich bei der Grafik „Zeitkreis“ naturgemäß ähnlich dar wie bei der Grafik „Horizontkreis“. Es gibt aber zwei wesentliche Abweichungen. Zum einen verkleinert sich bei der Grafik „Zeitkreis“ der Jahresring zum Äquator hin bis zu einem Punkt und zum anderen ist der Jahresring deutlich ungleichförmiger eingeteilt.

Am Äquator wandern die Sonnenauf- und Untergangspunkte im Laufe eines Jahres am Horizont immer noch um beachtliche 47° hin und her. Demgegenüber verlieren die Uhrzeiten des Sonnenauf- und -untergangs ihre jahreszeitlichen Schwankungen am Äquator fast vollständig. Hier geht die Sonne das ganze Jahr über fast zur gleichen Uhrzeit auf bzw. unter. Damit schwanken hier die Tag- und Nachtlängen auch nicht mehr im Laufe des Jahres. Es herrscht immer Tag- und Nachtgleiche. In der Logik der Grafik bedeutete dies, dass der Jahresring kontinuierlich kleiner wird (s. Abb. 17) und schließlich bis auf einen Punkt zusammenschrumpft (s. Abb. 18).

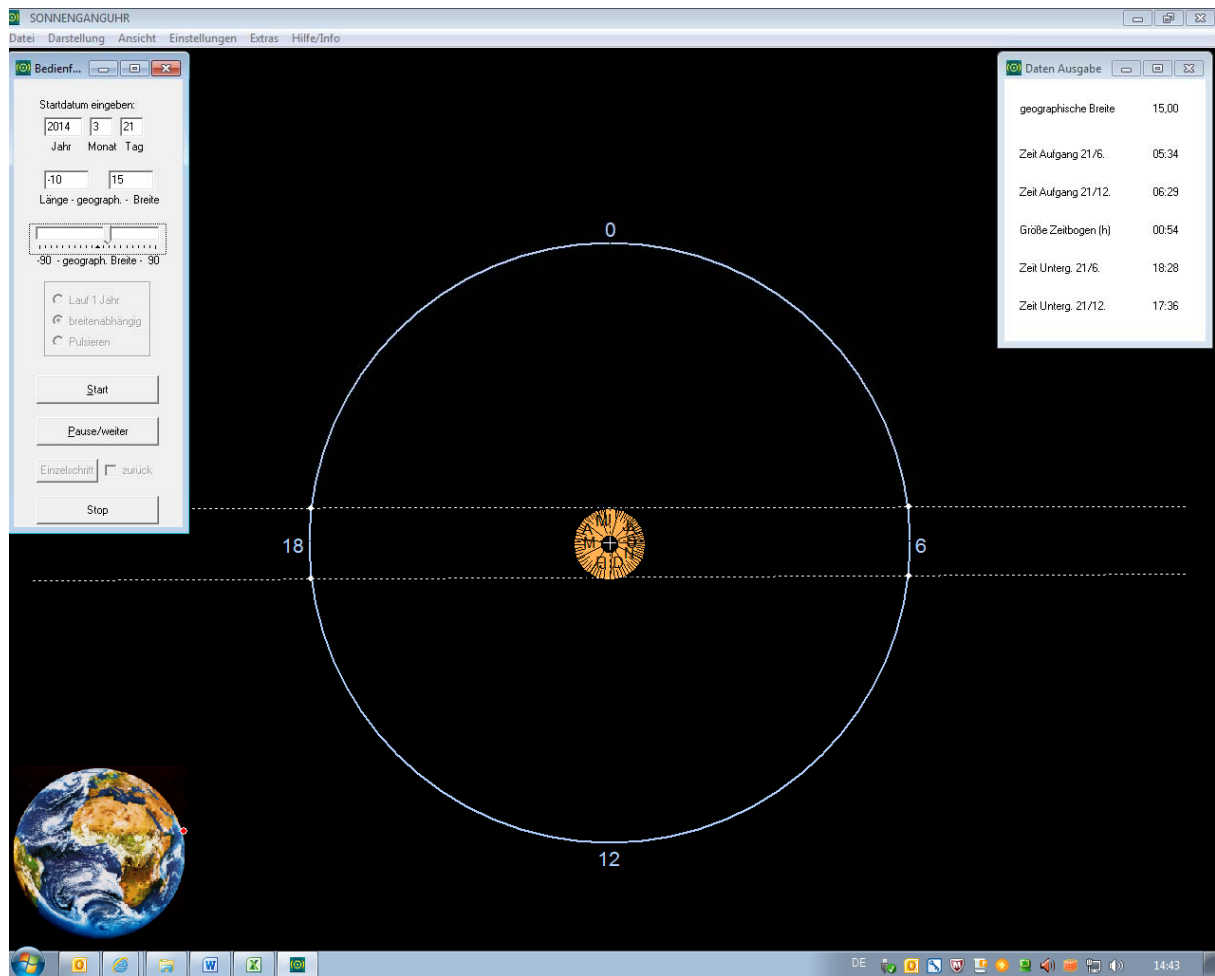


Abb. 17: In der Grafik „Zeitkreis“ ist der Jahreszeitenring bei dem Breitengrad von 15° nur noch sehr klein.

Vergleicht man auf dem Jahresring die Länge der einzelnen Monate, so erkennt man deutlich, wie ungleichförmig der Jahresring unterteilt ist. Dies hängt sicherlich auch mit der Zeitgleichung zusammen. Ansonsten sind wir diesem Phänomen, das bei dieser grafischen Darstellung erstmals zu Tage getreten ist, noch nicht weiter nachgegangen.

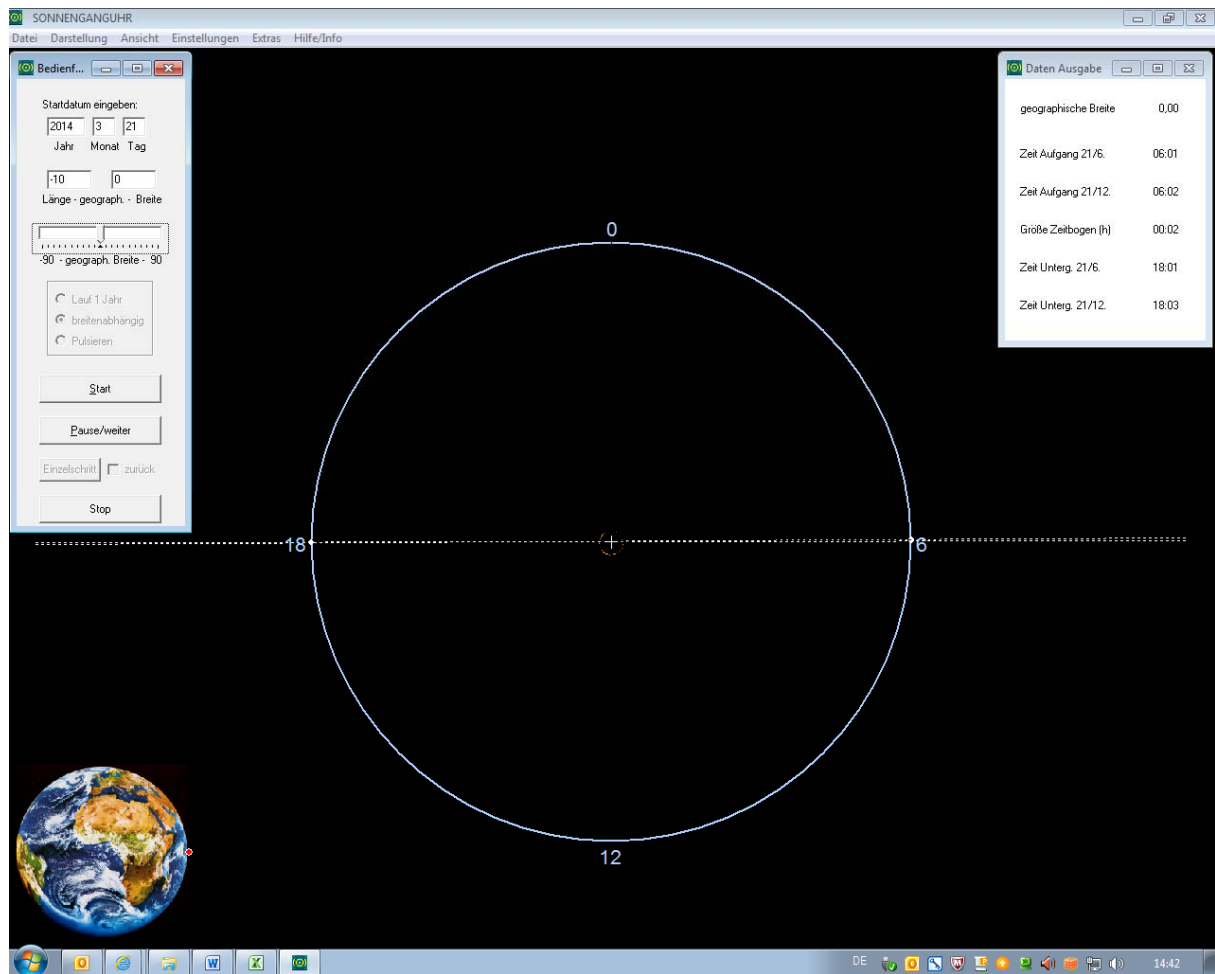


Abb. 18: In der Grafik „Zeitkreis“ schrumpft der Jahreszeitenring am Äquator zu einem Punkt zusammen.

4.5 Zusammenfassung

Durch die beiden Grafiken „Horizont-“ und „Zeitkreis“ ergibt sich zusammenfassend folgendes Bild:

Am Äquator herrscht ein starker, jahreszeitlich konstanter, symmetrischer Tag- und Nacht-Rhythmus, während der Jahres-Rhythmus hier nur marginal erlebbar ist. Demgegenüber sind an den beiden Polen nur noch letzte Reste vom Tag- und Nacht-Rhythmus vorhanden, während der Jahresrhythmus maximal ausgeprägt ist.

Auf dem Weg vom Äquator zu den Polen wird der zunächst starke Tag- und Nacht-Rhythmus immer stärker jahreszeitlich überprägt bis er sich ab den Polarkreisen dann immer mehr aufzulösen beginnt. Demgegenüber wird der zunächst marginale Jahresrhythmus auf diesem Weg immer stärker.

In unseren gemäßigten Breiten sind beide Rhythmen ähnlich stark ausgeprägt. Sie liefern uns am meisten rhythmischen Impulse und Abwechslung. Wir haben das ganz Jahr über einen stabilen Tag- und Nacht-Rhythmus, der jahreszeitlich stark überprägt ist, und die Sonneneinstrahlung schwankt jahreszeitlich sehr stark.

Die Grafiken stellen diese recht komplexe Dynamik in einem leicht überschaubaren, kontinuierlich ablaufenden Pulsieren dar. Beim Betrachten bekommt man einen ersten Gesamteindruck und ein erstes, intuitives Verständnis von dem Geschehen. Von dort aus kann man dann an den verschiedenen Stellen der Dynamik immer weiter in die Details einsteigen und auf spielerische Art und Weise zu einem immer differenzierteren Verstehen gelangen. Da das Programm die Daten inklusive aller astronomischen Feinheiten präzise berechnet und darstellt, hält es selbst für versierte Fachleuten interessante Aspekte und neue Erkenntnisse bereit.

5 Programmiertechnische Angaben

Die astronomischen Daten werden in diesem Programm ermittelt nach den in

Jean Meeus, Astronomische Algorithmen

angegebenen Verfahren.

Den Berechnungen im Programm BAJA liegen eine Reihe von astronomischen Unterprogrammen zugrunde, wie Berechnung der Planetenpositionen nach der VSOP-Planetentheorie, Berechnung der Schiefe der Ekliptik und der Nutation, Umrechnung ekliptikaler in äquatoriale Koordinaten und weitere astronomische Hilfsroutinen.

BAJA ist für eine Bildschirmauflösung von 1280 x 1024 ausgelegt. Beim Start sollte sie auf diejenige des Rechners angepasst werden.

6 Autorenrechte, Nutzungsbedingungen und -beschränkungen

Das Programm BAJA ist urheberrechtlich geschützt. Jede über den rein privaten Gebrauch hinausgehende Verwendung bedarf einer schriftlichen Genehmigung durch den Stadtpark Verein Hamburg e.V. Es dürfen keine elektronischen Kopien für den öffentlichen Zugriff erstellt werden. In einer Publikation dürfen das Programm, Teile davon oder damit generierte Daten nur mit schriftlicher Genehmigung vom Stadtpark Verein Hamburg e.V. und von Hartmut Warm verwendet werden.

Das Programm BAJA wurde mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Der Eigentümer übernimmt jedoch keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der bereitgestellten Inhalte und Daten. Mit der Nutzung des Programms kommt keinerlei Vertragsverhältnis zwischen dem Eigentümer und dem Nutzer zustande.

Die im Programm BAJA und in dieser Programmbeschreibung genannten Personen widersprechen hiermit ausdrücklich jeder kommerziellen Verwendung und Weitergabe ihrer Daten.

Copyright für das Photo „Himmelsscheibe von Nebra, Bronze mit Goldauflagen, frühe Bronzezeit ca. 1600 v. Chr.; Foto Juraj Lipták“, das als Hintergrundbild für die Grafik "Horizontbogen" verwendet wurde, liegt beim Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, Juraj Lipták (LDA Sachsen-Anhalt, J. Lipták).

7 Rückmeldungen, Ansprechpartner und Spenden

Die vielen Besucher der regelmäßig durchgeführten Präsentationen haben die Entwicklung des Sonnengang-Uhr-Modells für den Hamburger Stadtpark durch ihre vielfältigen und motivierenden Rückmeldungen entscheidend mitgeprägt. Dementsprechend sind wir auch sehr an Ihren Rückmeldung zur Sonnengang-Uhr und zum Programm BAJA interessiert, um das Projekt und das Programm weiter entwickeln zu können.

Wenn Sie Fragen, Anregungen oder Ideen haben, wenden Sie sich jederzeit gerne an:

Dr. Martin Zarth

Bergstedter Markt 8, 22395 Hamburg

Tel.: 040 / 428 40 - 3540 (tags)

040 / 6045534 (abends)

E-Mail: Martin.Zarth@stadtparkverein.de

[http:// www.stadtparkverein.de/index.php/sonnengang-uhr](http://www.stadtparkverein.de/index.php/sonnengang-uhr)

Das Projekt Sonnengang-Uhr ist seit 2001 von einer Arbeitsgruppe des Stadtparkvereins Hamburg e.V. entwickelt worden. Alle Arbeiten erfolgten ehrenamtlich. In geringem Umfang angefallene Sachkosten sind vom Stadtpark Verein Hamburg e.V. aus Spenden finanziert worden. Das Programm BAJA konnte allerdings nicht mehr nur mittels ehrenamtlicher Tätigkeiten erstellt werden. Der Stadtpark Verein Hamburg e.V. hat hierfür einen erheblichen Betrag aus Spendengeldern bereitgestellt. Damit kann der Stadtpark Verein das Programm BAJA zur Nutzung für private Zwecke kostenlos zur Verfügung stellen. Wenn Sie sich an den Entwicklungskosten beteiligen und die Weiterentwicklung des Projekts Sonnengang-Uhr unterstützen möchten, bitten wir Sie herzlich um eine Spende auf das Spendenkonto des Stadtpark Vereins Hamburg e.V.:

Hamburger Sparkasse

IBAN: DE15 2005 0550 1234 1215 47

BIC: HASPDEHHXXX

Verwendungszweck: Sonnengang-Uhr

Der Stadtpark Verein Hamburg e.V. ist als gemeinnützig anerkannt. Beiträge oder Spenden an den Verein sind daher steuerlich absetzbar. Eine Spendenbescheinigung kann auf Wunsch ausgestellt werden.