



Eine Neuartige Sonnenuhr mit Doppelzeiger und Datumsanzeige

von
Werner Riegler

Jahrestagung der Arbeitsgruppe Sonnenuhren
24/25 September 2004, Oberperfuss

Eröffnung 30.9. 2003

Solarcity Linz Pichling, Pegasusweg

48° 15.45' N

14° 21.53' O

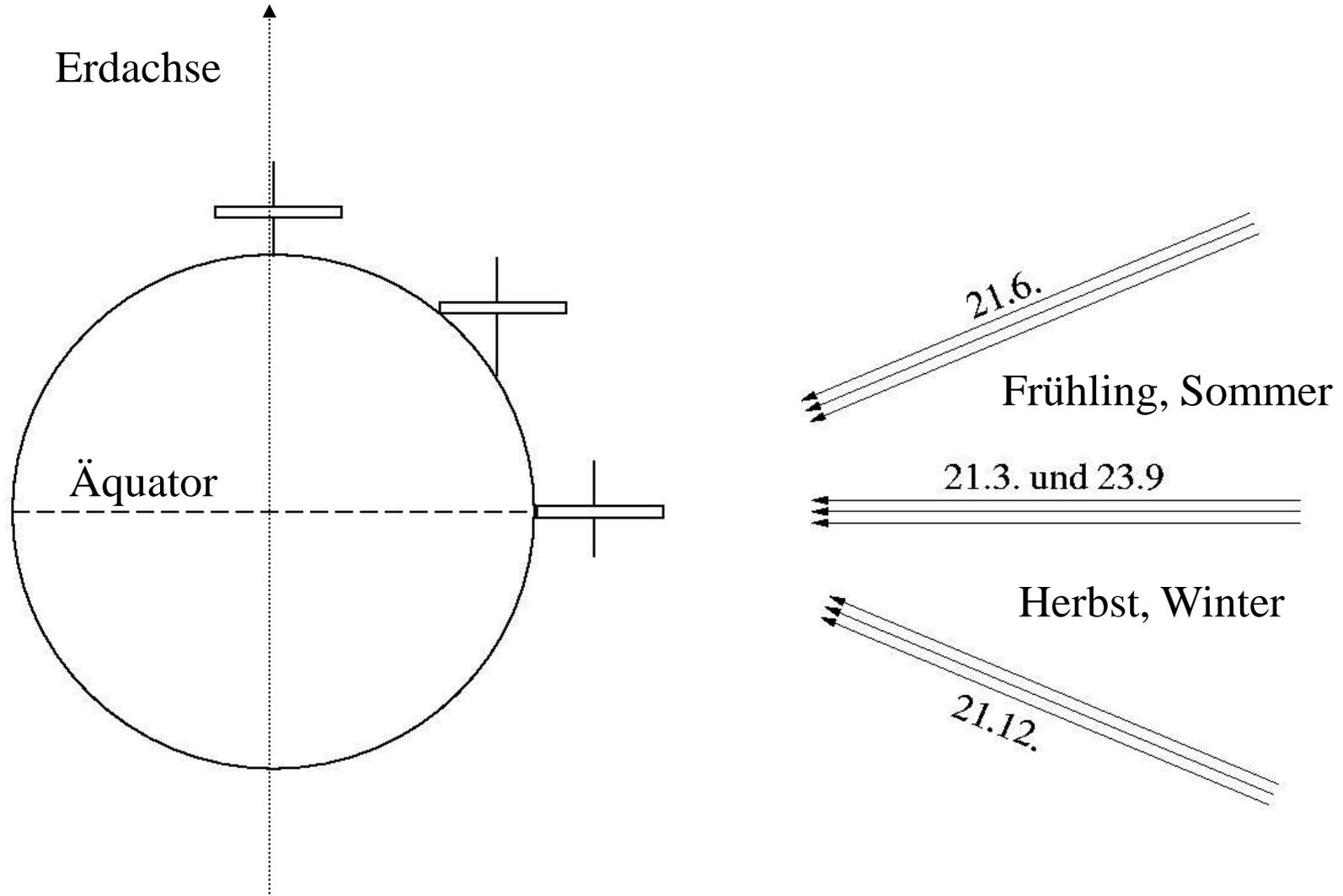


8/18/2008

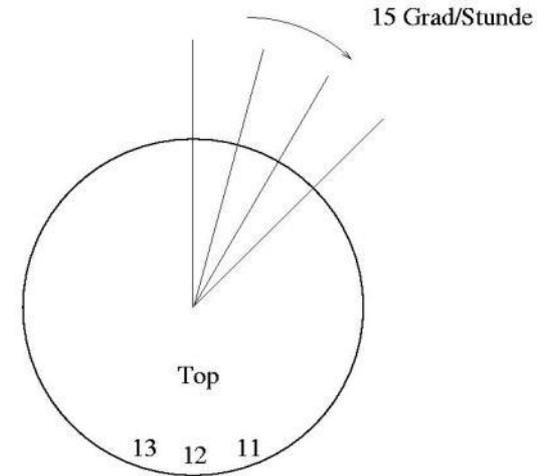
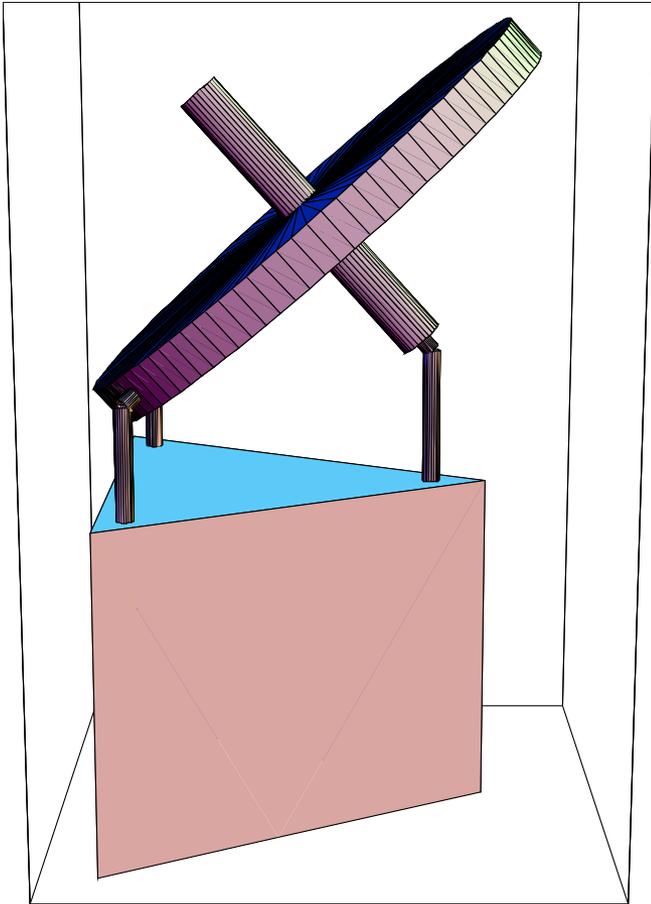
W. Riegler

2

Die Äquatoriale Scheibe



Die Äquatoriale Scheibe



Der Schatten der Uhr wandert gleichmässig mit 15 Grad/Stunde entlang der der Scheibe.

Im Frühling und Sommer wird die Uhr auf der Oberseite abgelesen, im Herbst und Winter wird sie auf der Unterseite abgelesen.

Diese Uhr ist altbekannt und existiert in vielfacher Ausführung.



Ausführung von W. Riegler, Grein/Donau (1995)

Bringt man auf der Uhr eine Weltkarte in polarer Projektion an, so stellt der Zeigerschatten einen Mittagsweiser dar.

Die grosse Ästhetik der Uhr besteht in ihrer Einfachheit und Universalität:

Bringt man sie an einen anderen Breitengrad muss nur ihre Neigung geändert werden, bringt man sie an einen anderen Längengrad muss sie nur um die Achse verdreht werden.

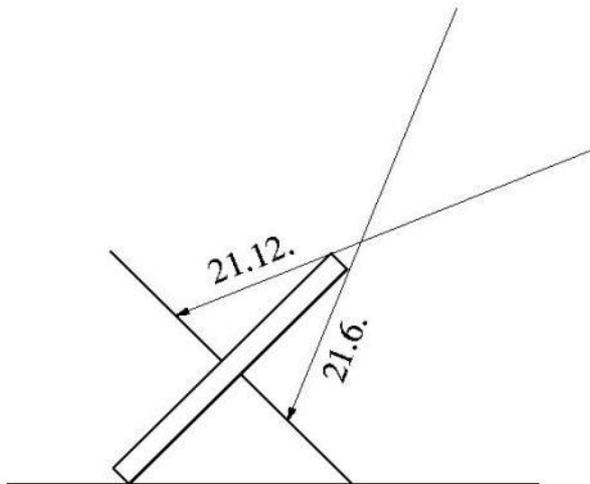
An allen Orten der Erde wird diese Uhr die Zeit von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang anzeigen.

Um die Universalität zu wahren müssen Weltkarte und Ziffernblatt 'entkoppelt sein (Zeitzone).

Die Äquatoriale Scheibe



Der Rand der äquatorialen Scheibe wirft nun einen Schatten auf den Zeiger – es kann also auf dem Zeiger der Uhr eine Datumskala angebracht werden !



Solarcity Linz/Pichling



Solarcity Linz/Pichling, derzeit im Bau.
ca. 1300 Wohnungen.

Gebäude in Niedrigenergiebauweise mit
intensiver Nutzung der Sonnenenergie.

Teil der GWG Linz wurde von den Architekten
Herzog und Stögmüller ausgeführt.

GWG Linz finanziert Projekte unter dem
Schlagwort ‘Kunst am Bau’, und die Idee
wurde geboren eine Sonnenuhr im Bereich der
GWG Wohnanlage zu errichten.

Mitte 2002 trat die GWG mit diesem Auftrag an
mich heran.

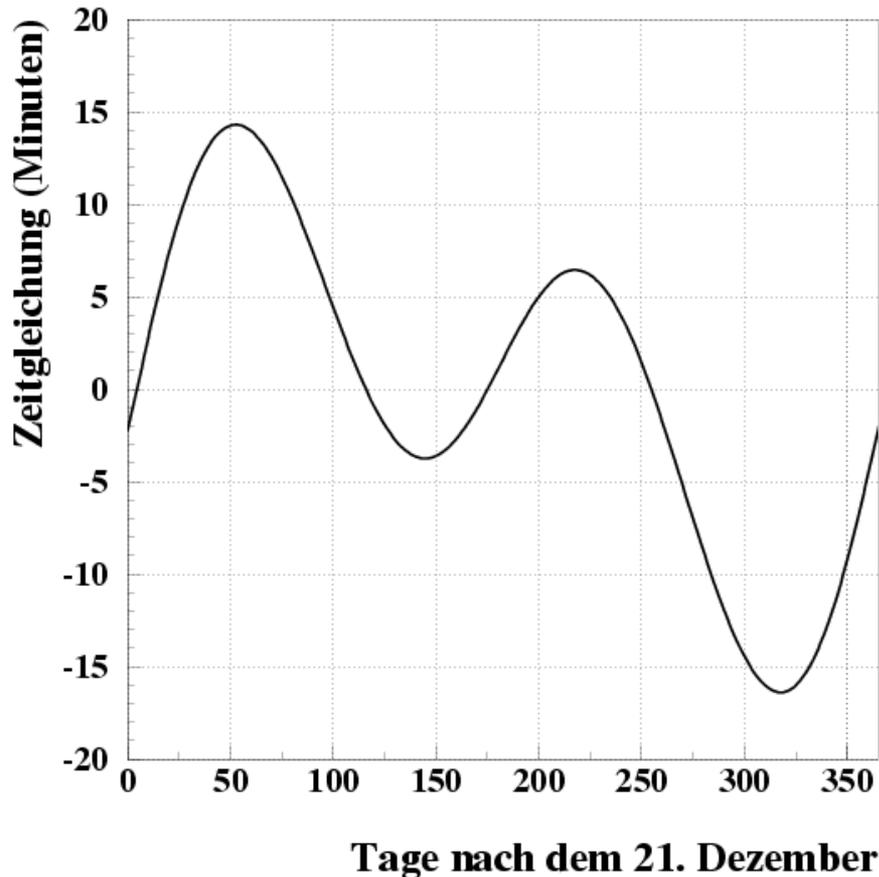


Johannes Kepler (1571-1630)
lebte von 1612-1626 in Linz.

Hier schrieb er eines seiner Hauptwerke,
die *Harmonices Mundi* (1619).

Es war naheliegend mir der Sonnenuhr
auf Kepler Bezug zu nehmen.

Die Zeitgleichung



Nun weicht die Sonnenuhrzeit der äquatorialen Uhr, bzw. jeder Uhr die eine Projektion dieser Äquatorialuhr darstellt, um bis zu 16 Minuten von der bürgerlichen Zeit ab.

Die Zeitgleichungskorrektur wird vielfach als Tabelle an einer Sonnenuhr angebracht.

Die Zeitgleichung

Ausführung von W. Riegler, Grein/Donau (1993).
Sonnenuhr mit Monatsanzeige und Zeitgleichungstabelle



Die Zeitgleichung

Der Grund für die Zeitgleichung liegt in der Erdachsenneigung und der ungleichmässigen Bewegung der Erde um die Sonne.

Anstatt eines ‘Zeitfehlers’ oder einer ‘Korrekturzeit’ kann man deshalb die Zeitgleichungskurve als exaktes Abbild der Beziehung zwischen Erde und Sonne betrachten.

Dies verleiht der Zeitgleichung einen viel positiveren und fundamentaleren Charakter.

Die Keplerschen Gesetze

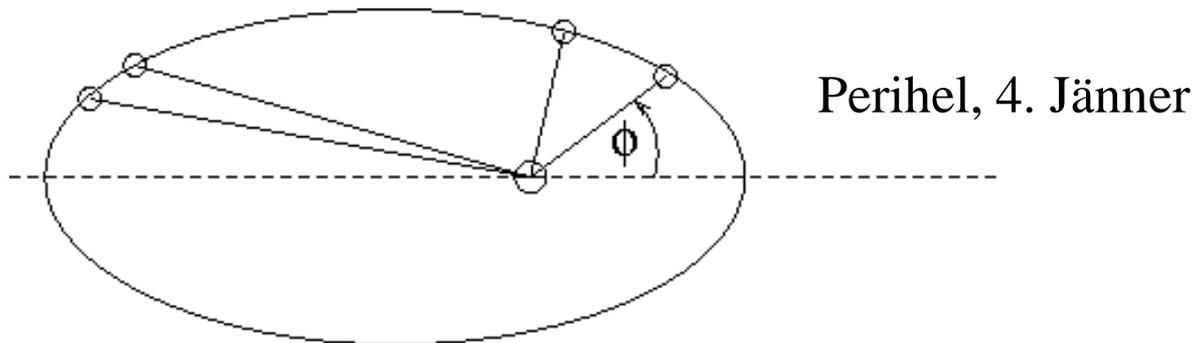
Erstes und zweites Keplersches Gesetz:

- 1) Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen in deren Brennpunkt die Sonne steht.

$$r(\phi) = \frac{p}{1 + e \cos \phi} \quad p = \frac{b^2}{a} \quad e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$$

- 2) Der Fahrstrahl der Planeten überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen.

$$r^2(\phi) \frac{d\phi(t)}{dt} = l$$



Zeitgleichung und Sonnendeklination

Kepler 1+2:

$$t(\phi) = \frac{T}{2\pi} \sqrt{1-e^2} \left[\frac{2}{\sqrt{1-e^2}} \arctan \left(\sqrt{\frac{1-e}{1+e}} \tan \frac{\phi}{2} \right) - \frac{e \sin \phi}{1+e \cos \phi} \right] + T \text{Floor} \left(\frac{\phi + \pi}{2\pi} \right)$$

→ $\phi(t)$

Umkehrfunktion existiert nicht analytisch, muss numerisch evaluiert werden (ϕ in Rad, Perihel bei $t=0$)

Deklination:

$$\delta(t) = \arcsin [\sin \epsilon \sin (\phi(t + t_0) - \phi(t_0))] \quad (\text{Rad})$$

Zeitgleichung:

$$\eta(\phi) = (-1)^{\text{Floor}(\frac{\phi}{\pi})} \arccos \left[\frac{\cos \phi}{\sqrt{1 - \sin^2 \epsilon \sin^2 \phi}} \right] + 2\pi \text{Floor} \left(\frac{\phi + \pi}{2\pi} \right)$$

$$\tau(t) = \eta[\phi(t + t_0) - \phi(t_0)] - \frac{2\pi}{T}t + 0.0326 \quad (\text{Rad}) \quad \tau \times 4 \times 360 / (2\pi) = \text{Zeitgleichung in Minuten}$$

e ... Exzentrizität der Erdbahn: 0.0167

ϵ ... Neigung der Erdachse gegen die Ekliptik: 23.44

t_0 ... Zeit zwischen Perihel und Frühlingspunkt: 77.25 Tage

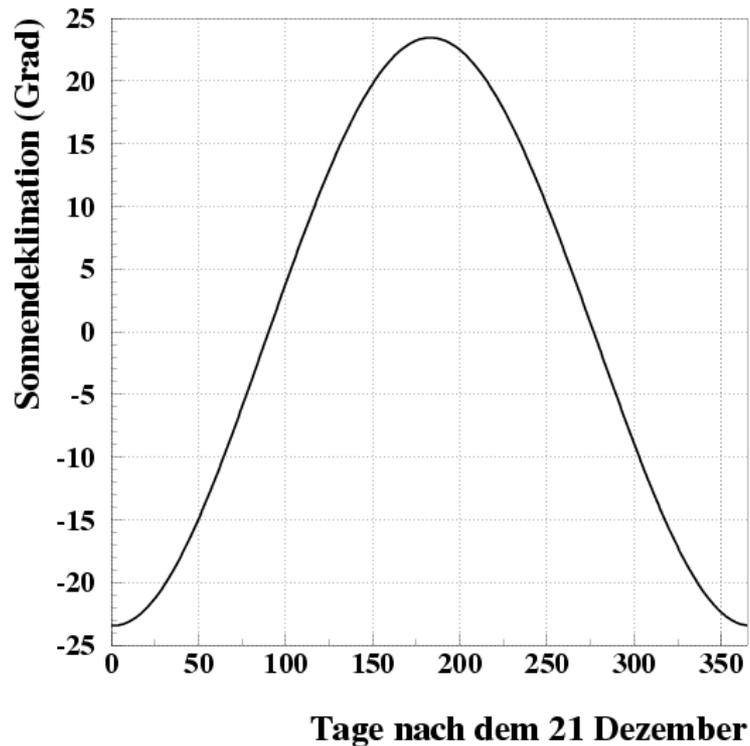
T ... ein Jahr = 365.24 Tage

t ... Zeit in Tagen ab Frühlingsbeginn

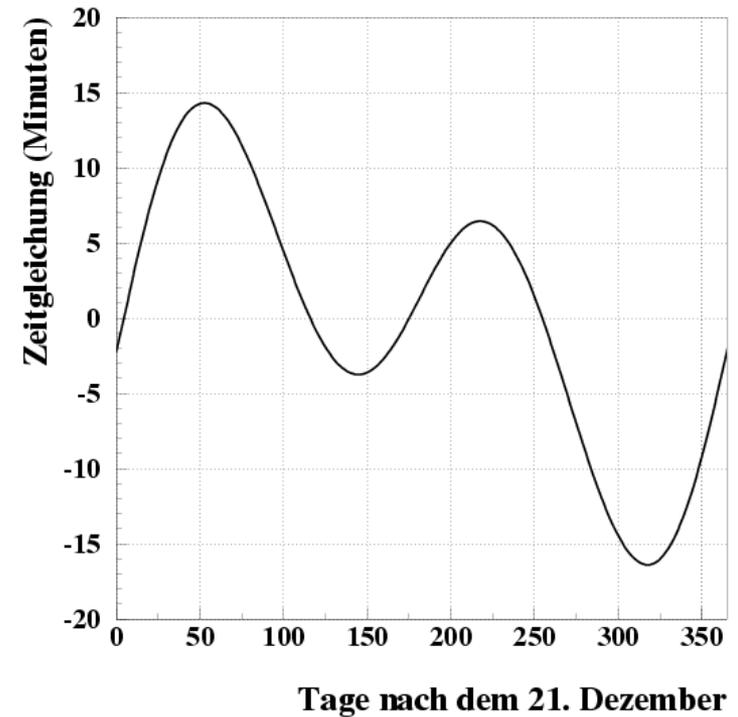
Floor(x) = nächste kleinere ganze Zahl von x

Zeitgleichung und Sonnendeklination

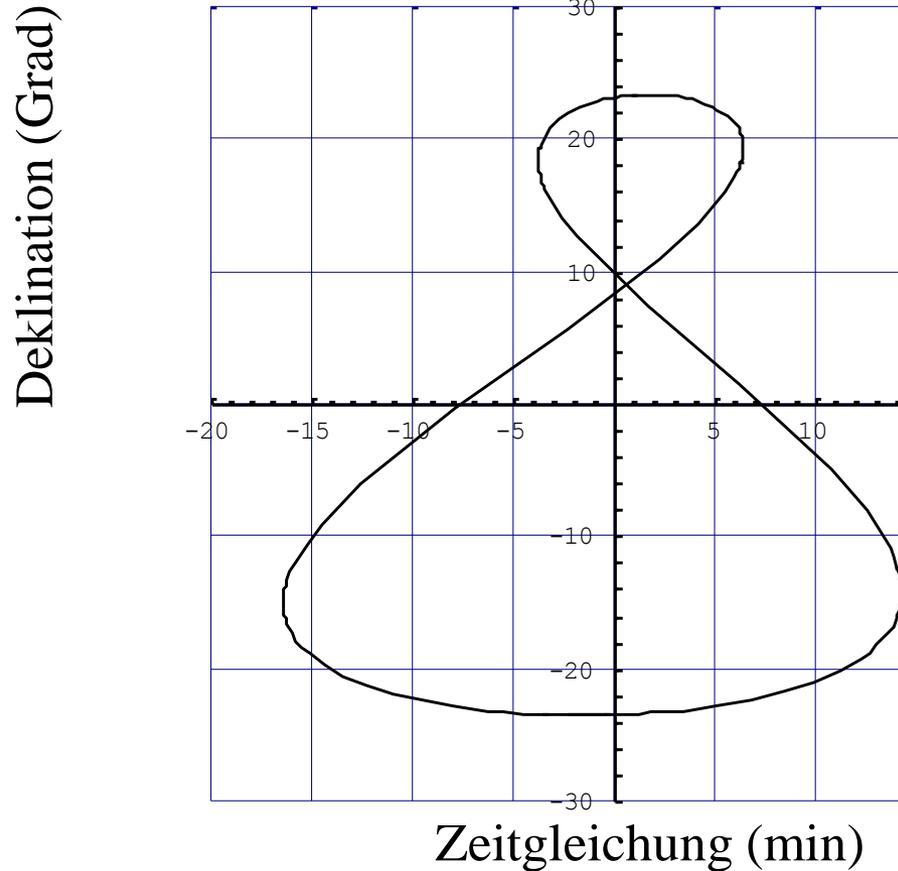
Deklination



Zeitgleichung



Zeitgleichung und Sonnendeklination



Die Zeitgleichung ist also eine eindeutige Funktion

- des 1. und 2. Keplerschen Gesetzes (Exzentrizität der Erdbahn)
- der Erdachsenneigung
- des Perihelabstandes vom Frühlingspunkt.

und symbolisiert somit in eindeutiger Weise die Beziehung von Erde und Sonne.

Wie kann die Zeitgleichung nun 'verkörpert' werden anstatt einfach als Korrekturtabelle angegeben zu werden ?

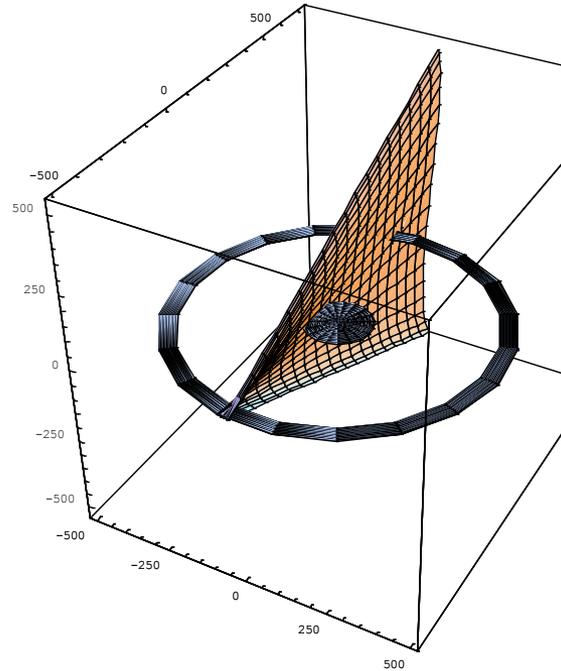
Korrigierender Zeiger



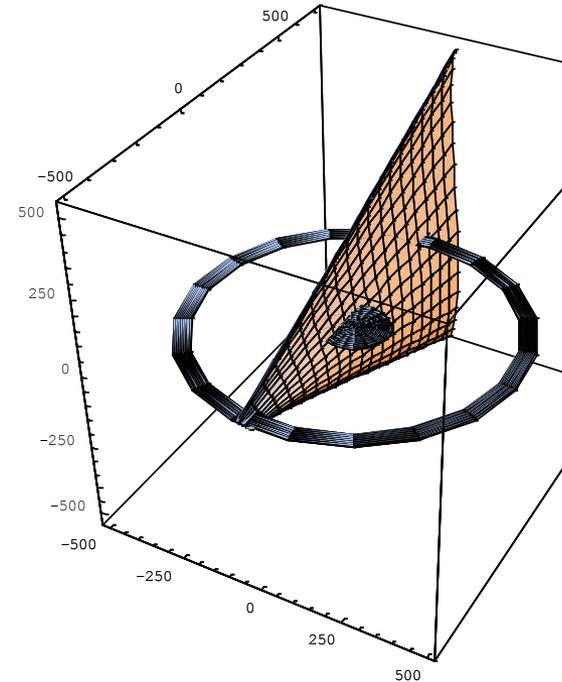
Jeden Tag wirft ein anderer Teil des Zeigers den Schatten auf den Rand der Uhr. Der Zeiger kann nun so geformt werden dass die Zeitgleichung korrigiert wird. Idee von General Oliver (1866).

Korrigierender Zeiger

Winter, Frühling



Sommer, Herbst

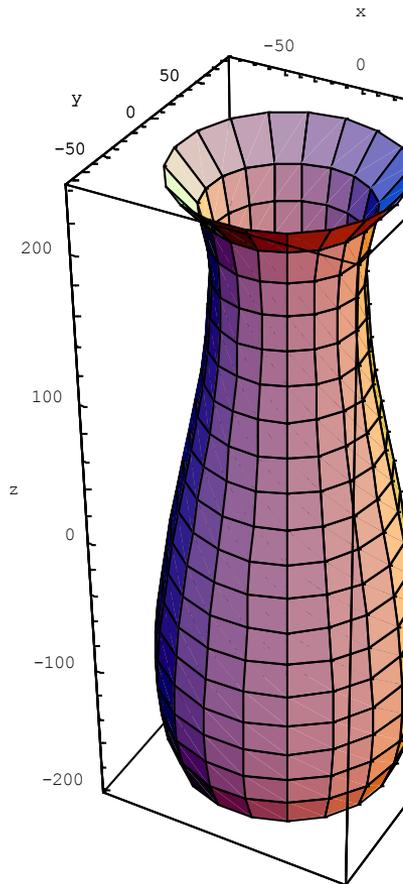


Um 12:00 + Zeitgleichung steht die Sonne mit gegebener Deklination genau im Süden. Dies definiert für jeden Tag einen Strahl der vom Rand der Scheibe and der Skalaposition 12:00+Zeitgleichung mit gegebener Deklination nach Süden weist.

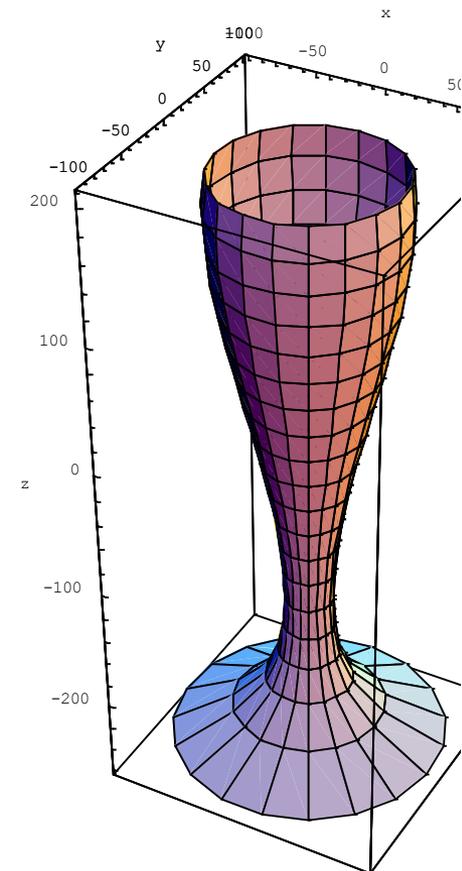
Der Korrekturzeiger ist nun der tangetiale Rotationskörper and diese Zeitgleichungsfläche.

Korrigierender Zeiger

Winter, Frühling



Sommer, Herbst



zwei Zeiger

Korrigierender Zeiger

Bekannte Ausführungen:



Martin Bernhardt

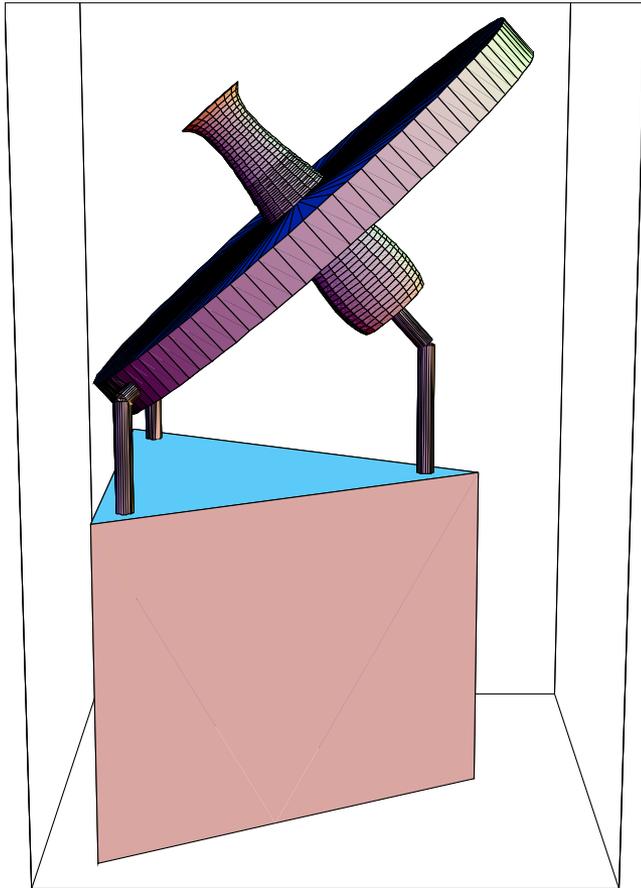


Connoisseur Sundials

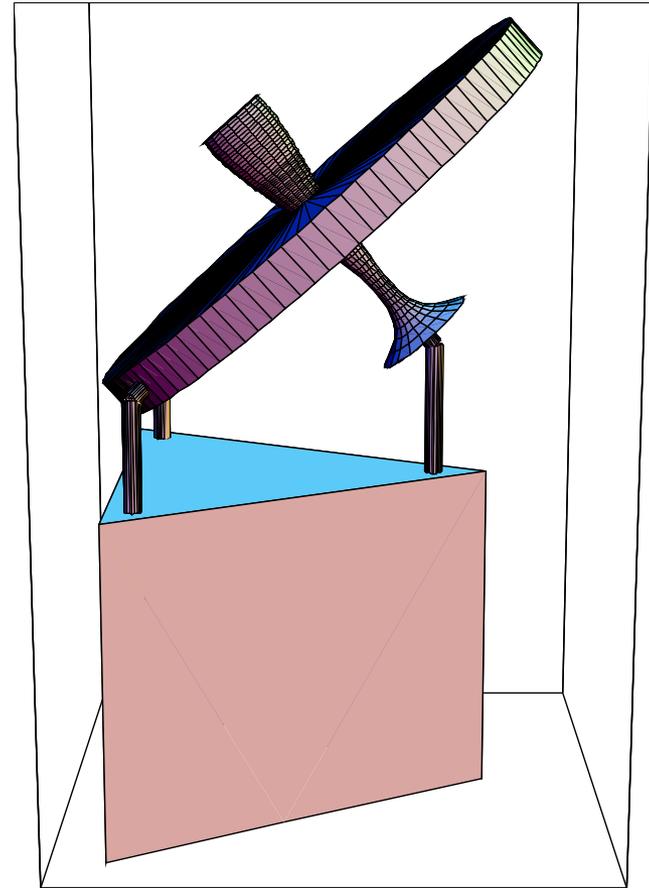
Da der Zeiger zweimal pro Jahr gewechselt werden muss sind die Ausführungen dieser Uhr meist sehr einfach gehalten.

Äquatoriale Scheibe mit korrigierendem Zeiger

Winter, Frühling

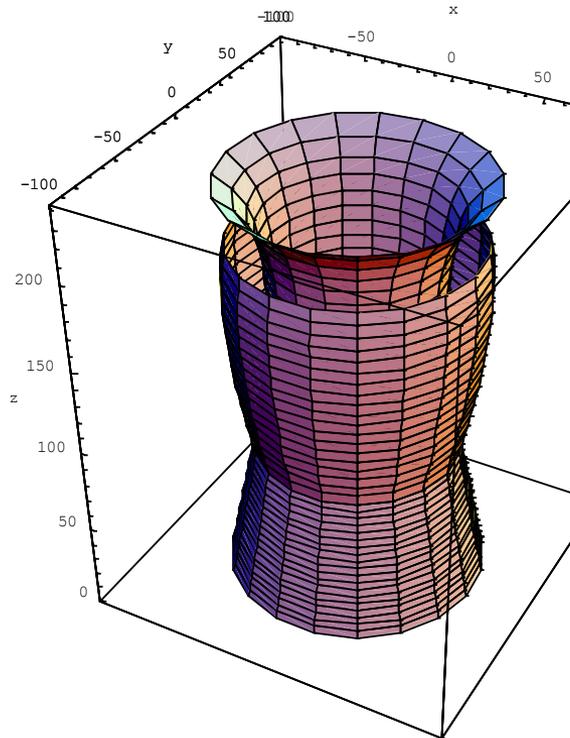


Sommer, Herbst

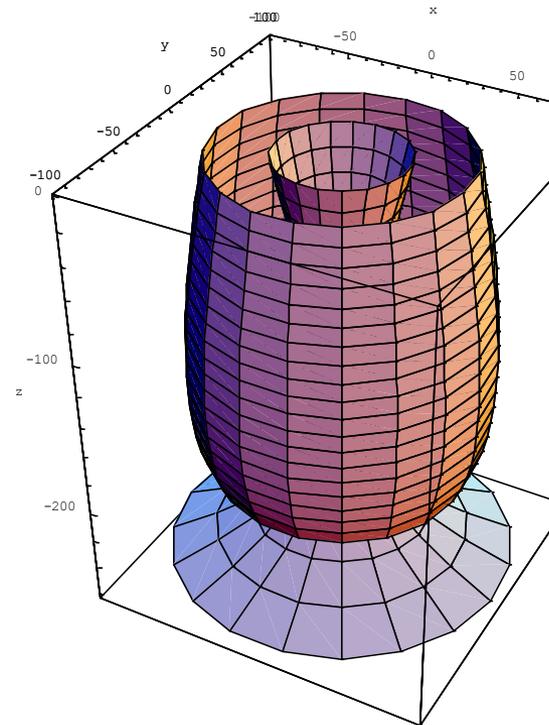


Korrigierender Zeiger

Frühling, Sommer



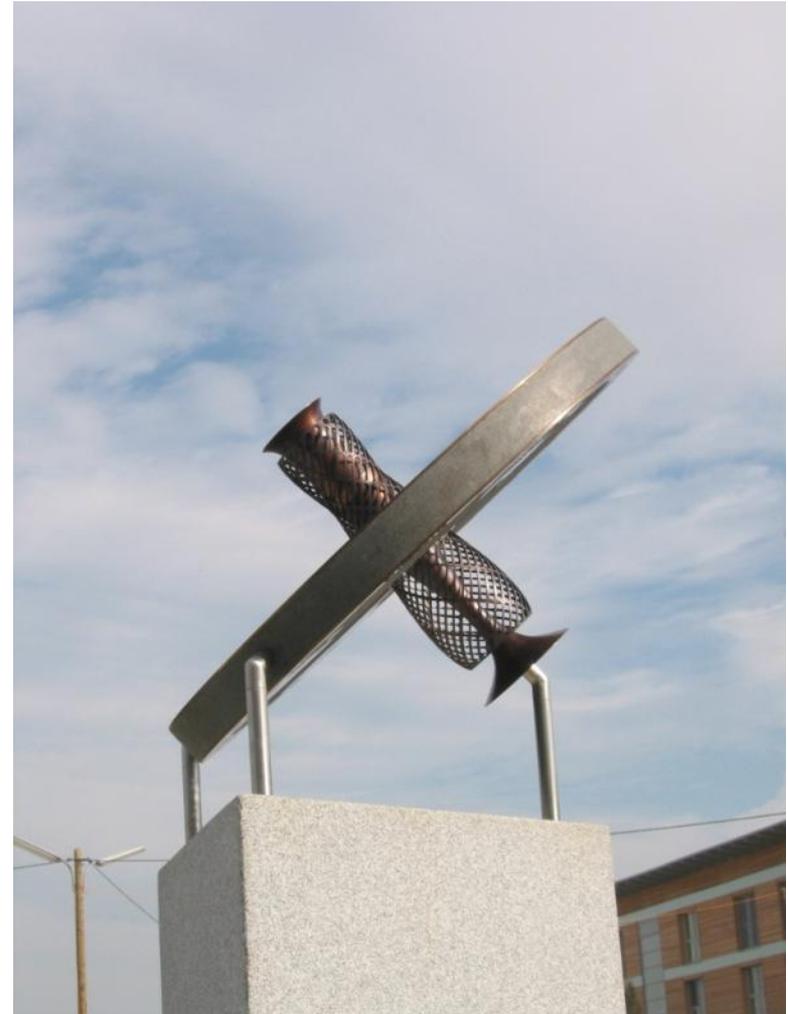
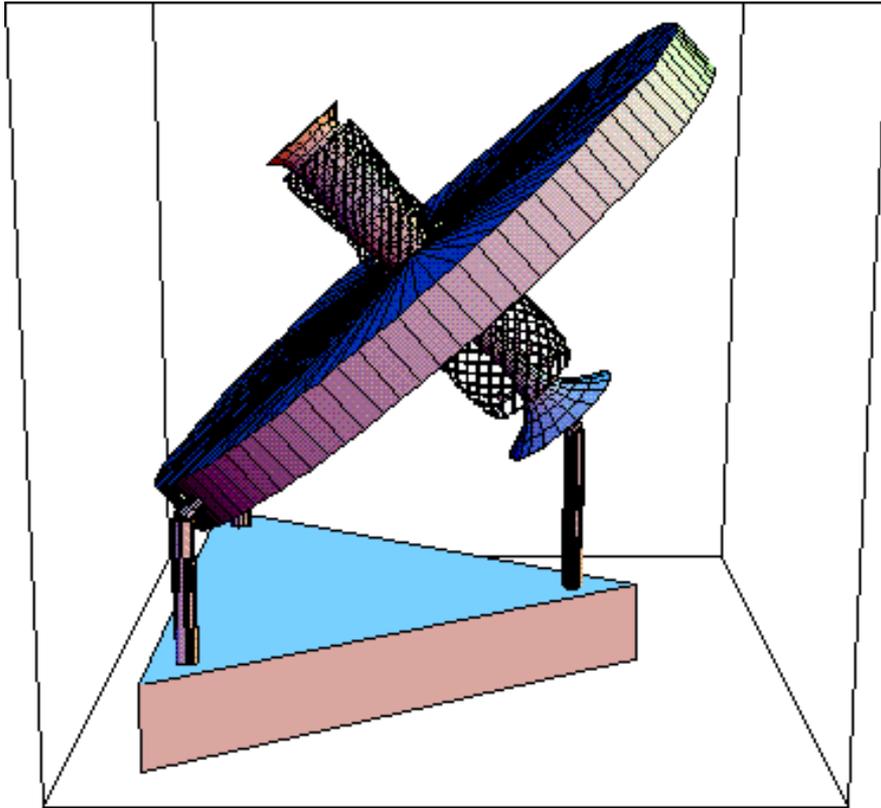
Herbst, Winter



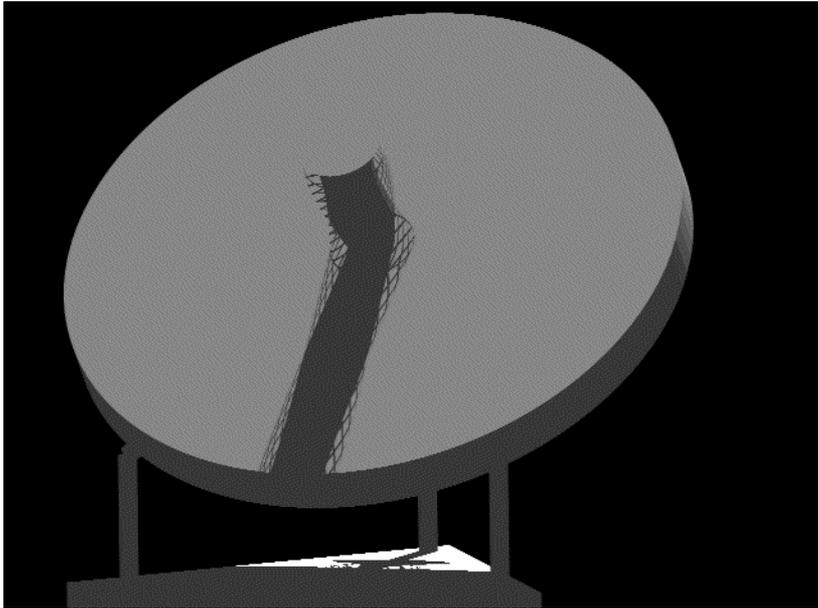
Will man vermeiden die Zeiger zu wechseln und deshalb beide Zeiger gleichzeitig anbringen, muss der jeweils 'äussere' Teil des Zeigers 'semitransparent' sein.

Korrigierender Doppelzeiger

Ein 'Gitter' schien die beste Lösung für den Semitransparenten Teil des Zeigers.

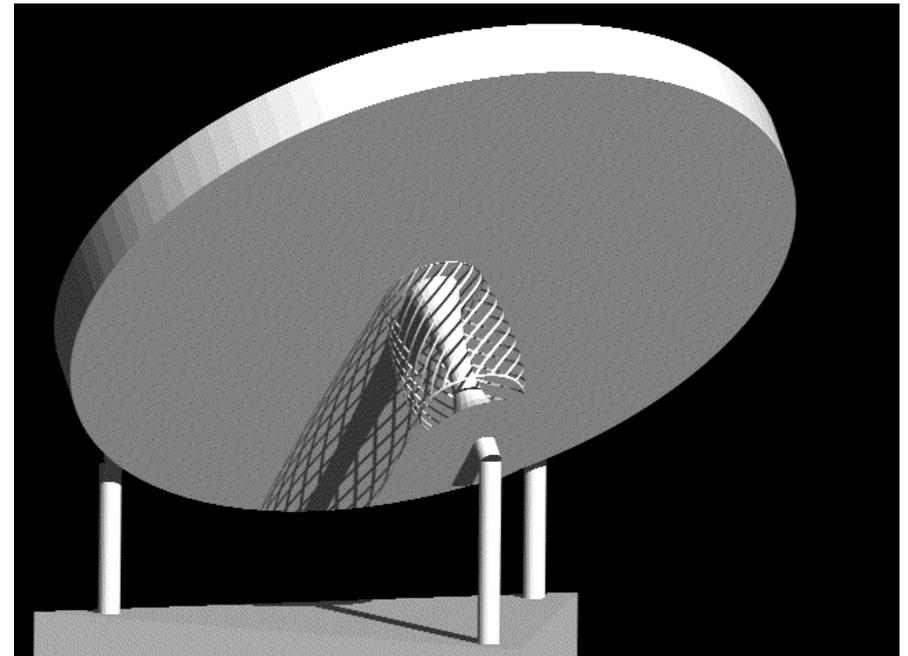


Korrigierender Doppelzeiger



Frühling, Sommer

Anstatt die Zeiger zu wechseln erzeugt der Zeiger einen Doppelschatten.



Herbst, Winter

Korrigierender Doppelzeiger

Eine Skizze an der Skala gibt an, welcher Schattenrand zum gegebenen Datum gültig ist



Korrigierender Doppelzeiger

Oktober 2003

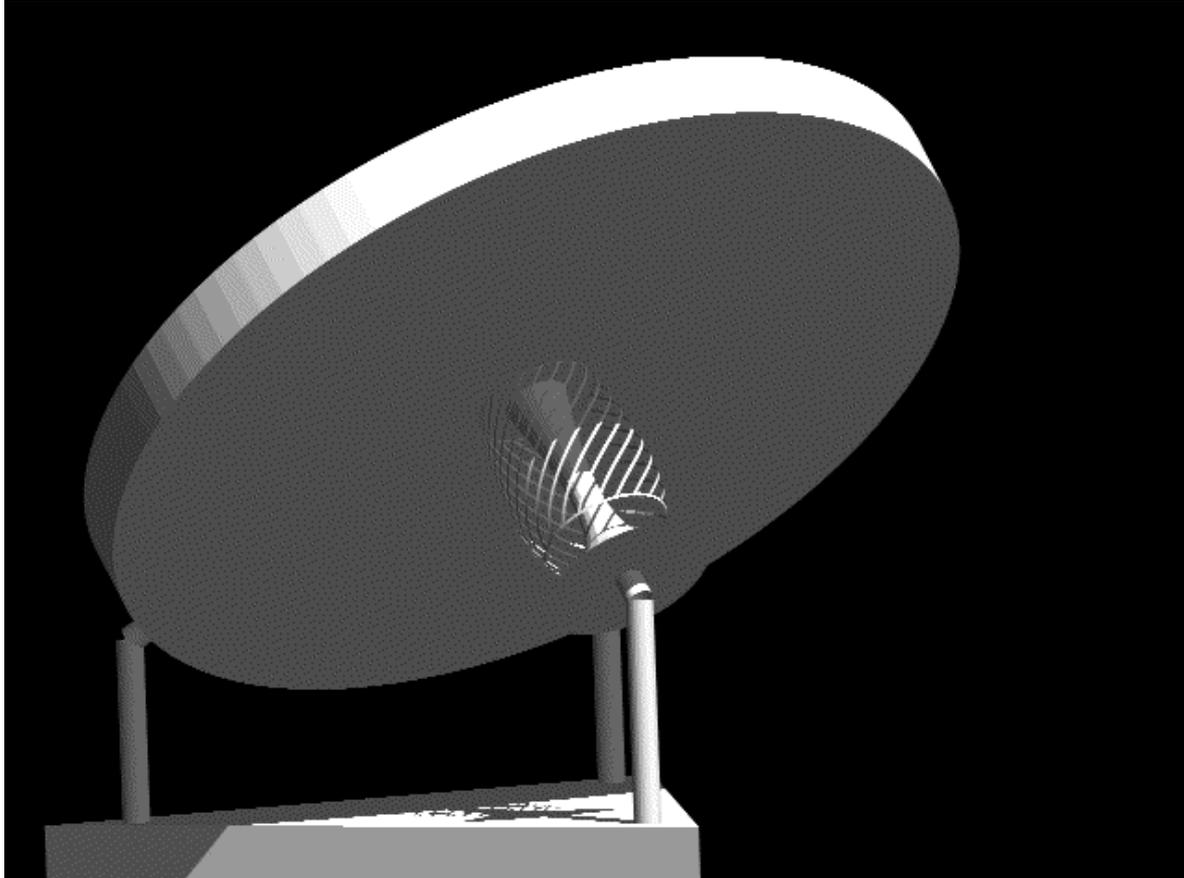


8/18/2008

W. Riegler

25

Datumsanzeige



Der Rand der Scheibe wirft einen Schatten auf den Zeiger. Dies kann zur Datumsanzeige genutzt werden.

Im Frühling und Sommer wird die Zeit auf der Oberseite der Uhr und das Datum auf dem unteren Zeiger abgelesen.

Im Herbst und Winter wird die Zeit auf der Unterseite der Uhr und das Datum auf dem oberen Zeiger abgelesen.

Datumsanzeige

Oktober 2003



8/18/2008

W. Riegler

27

Datumsanzeige



Für die Datumskala wurden waagrechte (äquatoriale) Linien an den Zeigern angebracht. Man sucht zuerst jene Linie welche den Schattenrand berührt. Dann folgt man dieser Linie nach links oder rechts bis zur Diagonalen.

Entlang der ‘Diagonalen’ wurde für jeden Tag des Jahres ein Loch gebohrt, der erste des Monats ist durch ein grösseres Loch markiert. Damit kann man die Tage vom 1. des Monats bis zur gefundenen Linie abzählen.

Die Monate sind durch Ziffern entlang der Löcher angegeben.

Ausführung

1:10 Modell



Modelle der semitransparenten Zeiger



Ausführung

1:1 Modell



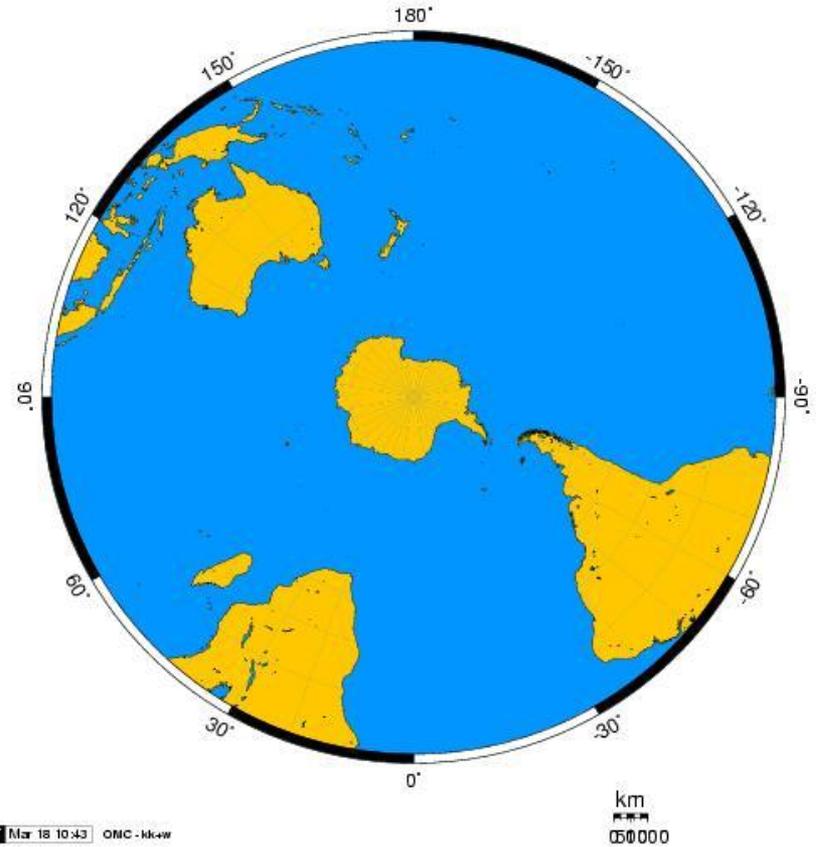
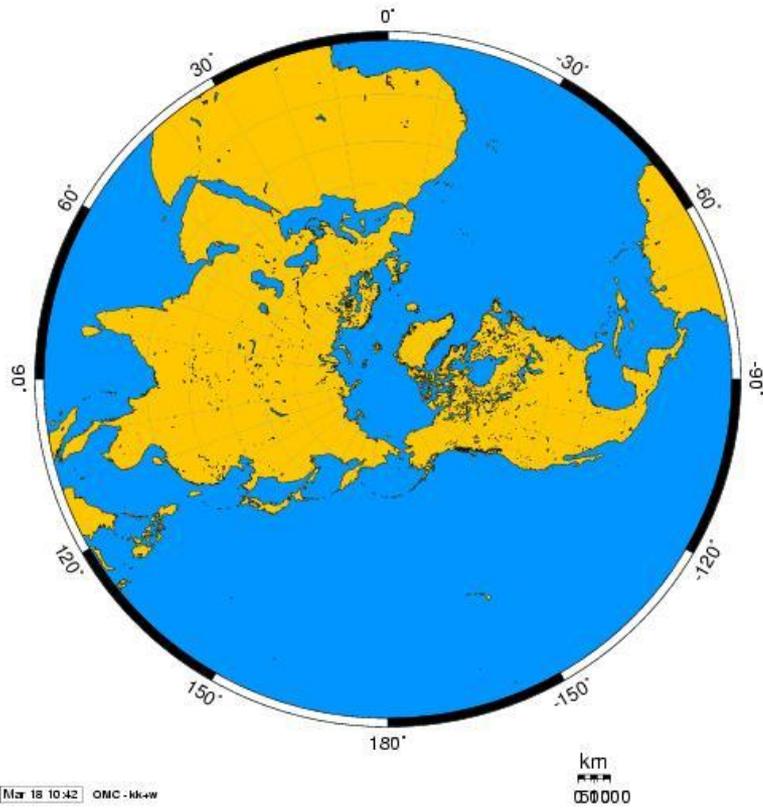
8/18/2008

W. Riegler

30

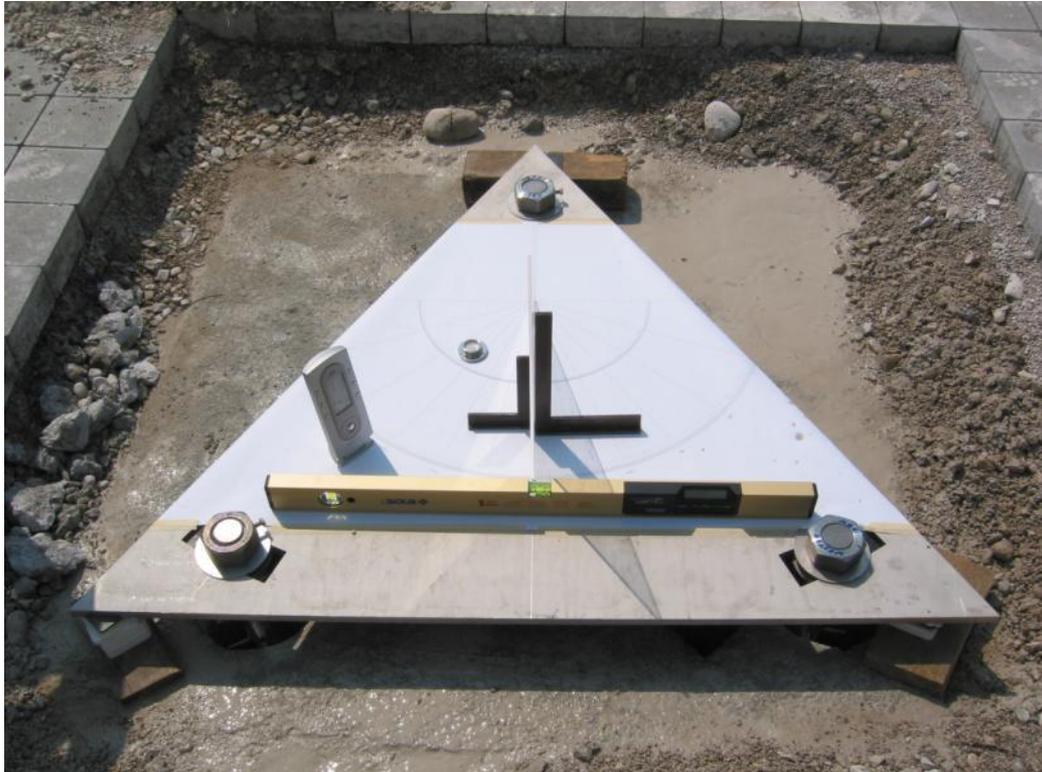
Ausführung

Polar stereographische Projektion der Erde



Ausführung

Basisplatte zur genauen Justierung, Sockel



Ausführung



Zeiger, Drehteile aus Messing



Ausführung



Justierung von Skala und Scheibe



8/18/2008

W. Riegler

34

Ausführung

Aufstellung am 19.9.2003



Zusammenfassung



... diese neuartige Uhr löst das grundsätzliche Problem der Sonnenuhr, nämlich die minutengenaue Uhrzeit und das taggenaue Datum über das ganze Jahr ohne Interventionen anzuzeigen

... zusätzlich ist die Uhr universal, d.h. sie kann an jedem Ort der Erde aufgestellt werden, wo sie die Zeit minutengenau von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang anzeigt ...

... die Forderung der ganzjährigen genauen Zeitangabe, der Datumsangabe sowie der Universalität bestimmen mathematisch eindeutig die gesamte Form der Sonnenuhr ...

Werner Riegler, CERN PH, CH-1211 Geneve 23, werner.riegler@cern.ch, <http://riegler.home.cern.ch/riegler/sundials.htm>