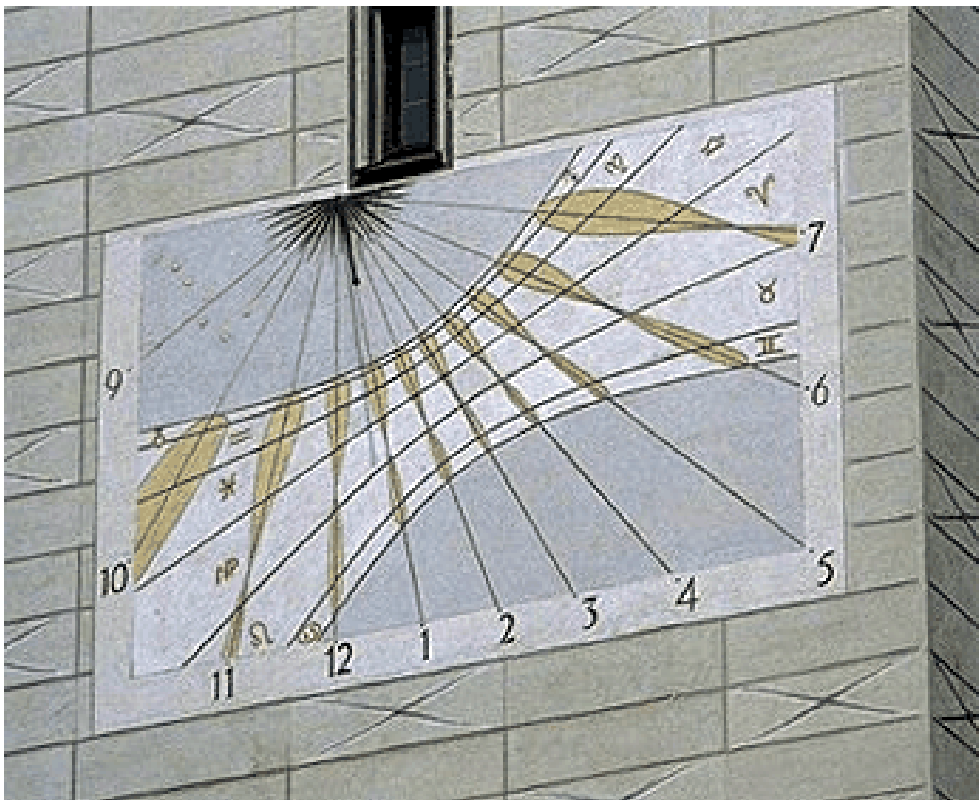


Hermann Dellwing

Wie funktioniert eine Sonnenuhr?

Eine allgemeinverständliche
Darstellung



Titelbild:

Sonnenuhr am alten Rathaus in München

Vorwort

„Mach es wie die Sonnenuhr, zähl die heitren Stunden nur“. Dieses Motto ist ein guter Grund dafür, sich mit Sonnenuhren zu beschäftigen: Sie bringen dem Leben die heiteren Stunden.

Die Sonne bringt dem Leben Licht, sie gibt ihm die Zeit, und ihre Kraft sorgt dafür, daß auch der Regen auf unsere Welt fallen kann, der neben dem Licht der Sonne durch sein Wasser das Leben gibt und erhält. Somit sind die getrübten Stunden auch ein Geschenk der Sonne; sie erscheinen uns nur getrübt; sie sind aber für unser Leben genau so wichtig wie die heiteren Stunden.

„Sine sole sileo“, ohne Sonne schweige ich, ist auch ein Spruch, der bisweilen auf Sonnenuhren zu finden ist. In den verdunkelten Stunden wartet die Sonnenuhr geduldig, bis die Sonne sie wieder erweckt und sie wieder die heiteren Stunden zählen läßt.

Somit trägt die Beschäftigung mit Sonnenuhren viel zur positiven Einstellung zum Leben bei; sie können uns Vorbild für den Genuß der heiteren und die Bewältigung der dunklen Stunden sein. Wer den Zeitverlauf wie die Sonnenuhr nimmt, wird nie seinen Optimismus verlieren.

Dem Leser wünsche ich daher viel Freude beim Studium der Grundlagen von Sonnenuhren und ein klein wenig Ehrfurcht davor, daß dieses einfache Instrument die Gesetze unseres Sonnensystems einer Antenne gleich auf die Erde holen und auf seinen kleinen Standort abbilden kann.

Vielleicht kann uns die Sonnenuhr auch diesbezüglich ein Vorbild sein.

Mit diesem Buch schenke ich meiner Frau die Zeit der Sonnenuhr. Die Freude in den heiteren Stunden, die die Sonnenuhr zählt und uns Menschen kund tut. Die Hoffnung in den wenig heiteren Stunden des Lebens, in denen die Sonnenuhr schweigt und geduldig wartet, bis sie wieder heitere Stunden zählen darf.

Inhalt

Einleitung	9
Die Ur-Sonnenuhr.....	13
Die Sonnenuhr im vereinfachten Weltraum	16
Die Sonnenuhr im wirklichen Weltraum	20
Die Zeitgleichung	22
Zurück zur Erde	29
Die Zeit der Sonnenuhr	33
Arten von Sonnenuhren	37
Lesen der Sonnenuhr	40
Bauanleitung.....	45
Astronomische Betrachtungen	47
Tabellen.....	55
Quellenverzeichnis.....	58

Einleitung

Vor einigen Jahren reifte in mir die Idee, eine genau gehende Sonnenuhr zu konstruieren. Sie sollte nicht nur meinen Garten zieren, sondern in einer größeren Version auch meinen Heimatort Hermeskeil bereichern.

Für mich als Mathematiker und Physiker sollte dies - so dachte ich - kein Problem darstellen. Gewappnet mit Sinus und Cosinus, der Zahl Pi und sonstigen mathematischen Folterwerkzeugen ging ich ans Werk.

Ich stellte jedoch sehr schnell fest, daß sich das Verständnis der Grundlagen von Sonnenuhren diesen Lösungsversuchen widersetzte. Ich diskutierte dieses Problem mit einem Kollegen; dieser machte sich die gleichen Knoten ins Gehirn beim Versuch zu ergründen, ob und gegebenenfalls wie nun zum Beispiel die unterschiedliche Sonnenhöhe während der Jahreszeiten Beachtung finden müsse.

Also dachten wir falsch; vielleicht zu kompliziert ?

Dann erinnerte ich mich an Saint Exupéry's „Der kleine Prinz“. Saint Exupéry skizzierte den Stern, die Heimat des kleinen Prinzen, so:



und bemerkte

„Aber keiner von den großen Leuten wird jemals verstehen,“

Haben mein Kollege und ich zu sehr wie die „großen Leute“, die Wissenschaftler, gedacht ? Sollte ich vielleicht - dem Vorbild Saint Exupéry's folgend - mir einfache Skizzen machen, die auch Kinder verstehen ?

Gesagt - getan und siehe da, es funktionierte. Ich kam ganz ohne Sinus, Cosinus und Pi aus. Einfache formellose geometrische Überlegungen reichten völlig aus, das Prinzip einer genau gehenden Sonnenuhr zu verstehen. Die prinzipiell wenig notwendigen, für das Verständnis aber unwichtige Arbeiten mit Cosinus und Sinus haben Astronomen schon hunderte von Jahren vor mir gemacht, ich brauchte deren Ergebnisse (im wesentlichen die sogenannte „Zeitgleichung“) nur zu übernehmen.

In diesem Buch will ich nun - meinem Erfolgsprinzip folgend - dem Leser mit Hilfe von einfachen aber wissenschaftlich einwandfreien Überlegungen das Prinzip von Sonnenuhren erklären. Es sind nur wenige Dinge, die man verstehen muß, und zu deren Verständnis ein einfaches Vorstellungsvermögen ausreicht. Der Leser muß an diesen Stellen, auf die ich besonders hinweisen werde, seine Vorstellungskraft bemühen und vielleicht ein paar Minuten nachdenkend verharren.

Auch soll nach der Lektüre des Buches der Leser nicht mehr mit offenem Munde staunend vor kunstvoll gestalteten Sonnenuhren stehen, sofort einsehend, daß er das nie verstehen wird, aber daß sich wohl ein kluger Mann etwas dabei gedacht haben muß: Er soll in die Lage versetzt werden, die Zeit auch von komplizierten Sonnenuhren ablesen zu können.

Heimwerkergerne unter den Lesern bekommen auch eine Bauanleitung für Sonnenuhren zur Verschönerung ihres Gartens.

Für die „großen Leute“ werde ich die wenigen astronomischen und geometrischen Formeln und die relevanten Tabellen in einem Kapitel „Astronomische Betrachtungen“ und im Anhang „Tabellen“ bereitstellen.

Es gibt sehr viele – auch moderne – Typen von Sonnenuhren, deren ausführliche Beschreibung dem einführenden Charakter dieses Buches widersprechen würde. Ich beschränke mich daher auf „gängige“ Typen, wie man sie überwiegend an Kirchen und mittelalterlichen Gebäuden aller Art – insbesondere in der Nähe von alten Markplätzen – findet, aber wie sie auch in der jüngeren Zeit immer wieder zur Gestaltung von Plätzen gebaut werden.

Eine besondere Rolle unter den einzelnen Typen von Sonnenuhren spielt die sogenannte *Äquatorial-Sonnenuhr* oder einfach *Äquatorialuhr*, weil dieser Typ unmittelbar das Funktionsprinzip von Sonnenuhren verkörpert. Er spielt somit in diesem Buch eine zentrale Rolle. Die anderen Sonnenuhrtypen werden gesondert betrachtet; sie fußen jedoch alle auf dem Prinzip der Äquatorialuhr. Nur die Geometrie des Ziffernblattes ist anders und bei dessen Berechnung kommt man allerdings ohne Sinus, Cosinus, Tangens und was die Trigonometrie sonst noch alles so bietet, nicht aus. Aber auch für die Konstruktion dieser Typen von Sonnenuhren wird dem Leser ein Ausweg aufgezeigt, wie er den Kampf mit diesen bösen Geistern aus der Schulzeit vermeiden kann.

Wenn ich im Verlauf des Buches von Sonnenuhren spreche, denke ich also insgeheim immer an eine Äquatorial-Sonnenuhr. Damit der Leser bei der Lektüre immer die „richtige“ Sonnenuhr vor seinem geistigen Auge hat, sind auf der folgenden Seite zwei Beispiele von Äquatorial-Sonnenuhren abgebildet:



Äquatorial-Sonnenuhr in London



Äquatorial-Sonnenuhr in Hermeskeil

Meine geplante Sonnenuhr für Hermeskeil wurde also als Äquatorial-Sonnenuhr gebaut und vor der Haupt- und Realschule aufgestellt. An dieser Stelle sei der Stadt Hermeskeil, der Leitung der Real- und Hauptschule, dem Heimat- und Verkehrsverein Hermeskeil und insbesondere den Konstrukteuren Jörg und Wolfgang Koch, Günter Haack, Otmar Schleier und Edgar Bohr für ihre ehrenamtliche Arbeit gedankt.

Das Internet macht natürlich nicht vor den altehrwürdigen Sonnenuhren halt. Die Adressen können sich im Laufe der Zeit ändern, so daß ich darauf verzichte, konkrete Adressen anzugeben. Eine Suche nach dem Stichwort „Sonnenuhr“ oder „sundials“ wird den Interessierten zu den richtigen Stellen führen. Hier findet man auch das sehr empfehlenswerte und frei verfügbare Programm „shadows“ als Konstruktionshilfe für Sonnenuhren und insbesondere schöne Bilder. In diesem Zusammenhang darf ich mich bei den Autoren folgender Internetseiten für die Erlaubnis, Bilder dieser Seiten nutzen zu dürfen, bedanken:

Sonnenuhr am Alten Münchener Rathaus:
www.infraroth.de/sonnenuhr.html

Sonnenuhr in London:
www.sundials.co.uk

(Bild: Piers Nicholson)

Ich bedanke mich weiter bei allen, die als Diskussionspartner mir Ideen zur Gestaltung des Buches lieferten. In diesem Sinne danke ich ganz besonders den Teilnehmern der Jahrestagungen des Arbeitskreises „Sonnenuhren“ der Deutschen Gesellschaft für Chronometrie.

Ein zur Zeit sehr empfehlenswertes Buch über Sonnenuhren mit einer gut gestalteten CD-ROM ist:

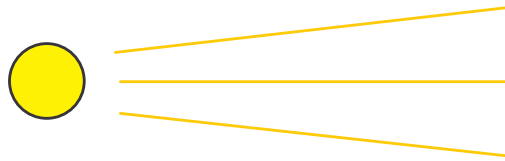
Arnold Zenkert
„Faszination Sonnenuhr“
Verlag Harri Deutsch, ISBN 3-8171-1579-2

Hinsichtlich „empfehlenswerte Sonnenuhren“ erlaube ich mir folgenden Hinweis:

Wer nach Görlitz oder in die Nähe kommt, sollte sich auf keinen Fall die Sonnenuhren an der alten Ratsapotheke entgehen lassen.

Die Ur-Sonnenuhr

Dem Beispiel Saint-Exupéry's folgend betrachten wir die Sonne:



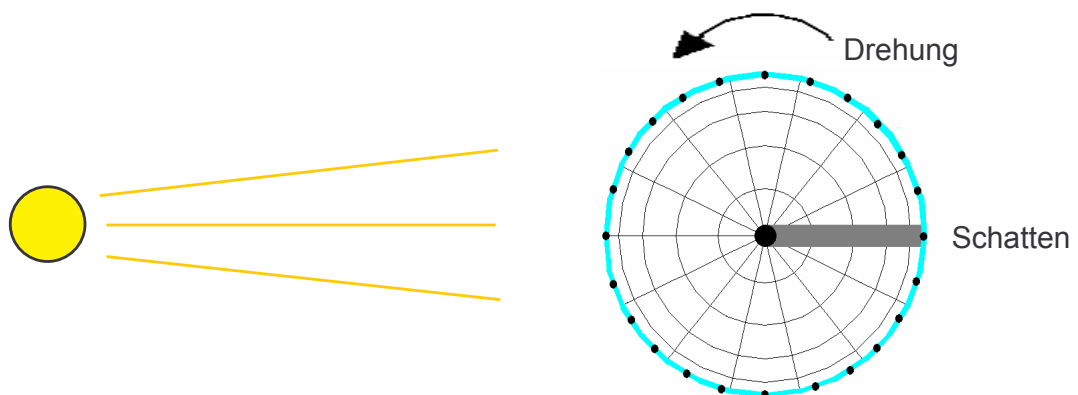
Sie steht – und dies ist eine richtige Annahme für unsere Zwecke – felsenfest und unbeweglich im Weltraum und strahlt ihr Licht aus.

Hinzu kommt nun unsere Erde:



Sie steht – dies ist zunächst eine richtige Annahme für unsere Zwecke – auch felsenfest und unbeweglich im Weltraum, ca. 150 000 000 km von der Sonne entfernt; aber sie dreht sich gleichmäßig um ihre Achse.

Wir wollen nun - analog zu den alten Griechen - einmal für eine gewisse Zeit der Lektüre des Buches annehmen, die Erde sei eine Kristallschale und die Drehachse ein Metallstab. Wenn wir dazu noch auf dem Äquator in 24 gleichen Abständen sogenannte Stundenmarken anbringen und von „oben“ die ganze Sache betrachten haben wir folgende Situation:



Die Drehachse wirft einen Schatten auf den markierten gleichmäßig sich drehenden Äquator. In gleichen Zeiträumen - nennen wir sie Stunden - kommt eine Marke an dem Schatten vorbei und „eine Stunde ist rum“.

Nun hat es auch der Letzte gemerkt: Damit haben wir - wenn wir an eine beliebige Marke noch „12 Uhr“ schreiben - eine Uhr; wir nennen sie **Ur-Sonnenuhr**,. Sie ist wie Adam und Eva Stammvater oder Stammutter aller Sonnenuhren.

Dabei ist interessant zu bemerken, daß der Zeiger der Uhr (Schatten der Drehachse) fest steht, weil die Sonne und die Drehachse fest stehen, und das Ziffernblatt (Äquator mit den Stundenmarken) sich dreht; entgegen unseren bürgerlichen Vorstellungen von einer Uhr.

So wie der Stammvater auf seine Nachkommen gewisse Eigenschaften vererbt, so vererbt die Ur-Sonnenuhr auf all ihre Nachbauten auf der Erde – bis auf ausgeklügelte Ausnahmen – die folgende Eigenschaft:

Der Schattenwerfer einer Sonnenuhr - Gnomon genannt – muß immer parallel zur Erdachse verlaufen.

(Dies zu verstehen, ist eine kleine Denksportaufgabe)

Man rufe sich nochmal die bisherigen Annahmen in Erinnerung: Sonne und Drehachse der Erde stehen fest und unbeweglich im Weltraum.

Wir nehmen nun an, daß der Winkel zwischen der Drehachse und der gedachten Verbindungslinie Erde-Sonne beliebig ist (natürlich darf die Drehachse nicht direkt auf die Sonne zeigen):

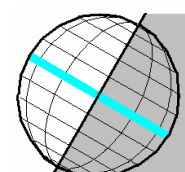


Vor diesem Hintergrund mache der Leser sich klar (Denksportaufgabe):

Der Winkel zwischen Drehachse und der Linie Sonne--Erde hat keinen Einfluß auf die Funktion der Ur-Sonnenuhr: Der Schatten der Achse, ist genauso unbeweglich und steht immer senkrecht auf der Äquatorebene.

Hinweis:

Der Schatten ist in Wirklichkeit eine Schattenwand:



Am Ende dieses grundlegenden Kapitels fasse ich die wichtigsten Ergebnisse kurz zusammen. Ein Leser sollte dies zumindest verstanden haben, um mit dem nächsten Kapitel fortfahren zu können:

Bei einer Sonnenuhr dreht sich nicht der Zeiger (Schatten der Drehachse bzw. des Gnomon) sondern das Ziffernblatt. Dies bedeutet für die Sonnenuhren allgemein: Das Medium mit der Skala (Wand, Platte am Boden, Skalenkreis) dreht sich um den parallel zur Drehachse der Erde angebrachten Schattenwerfer (Gnomon).

Der Winkel der Drehachse zur Verbindungslinie Sonne-Erde hat keinen Einfluß auf die Zeitmessung durch unsere Ur-Sonnenuhr

Es ist sehr wichtig für das Verständnis der folgenden Kapitel, daß der Leser diese einfachen geometrischen Überlegungen, für die unser Sonnensystem Pate stand, und die Übertragung auf die angenommene Ur-Sonnenuhr verstanden hat. Dies gilt ebenso für die Herleitung der elementaren Eigenschaften von Sonnenuhren.

Wenn es mit dem Verständnis noch nicht so klappen sollte, rate ich eine weitere Denksportunde einzulegen oder zur Diskussion mit dem internetsurfenden Sohn. Mal sehen, ob er sich noch die Geometrie im Raum vorstellen kann.

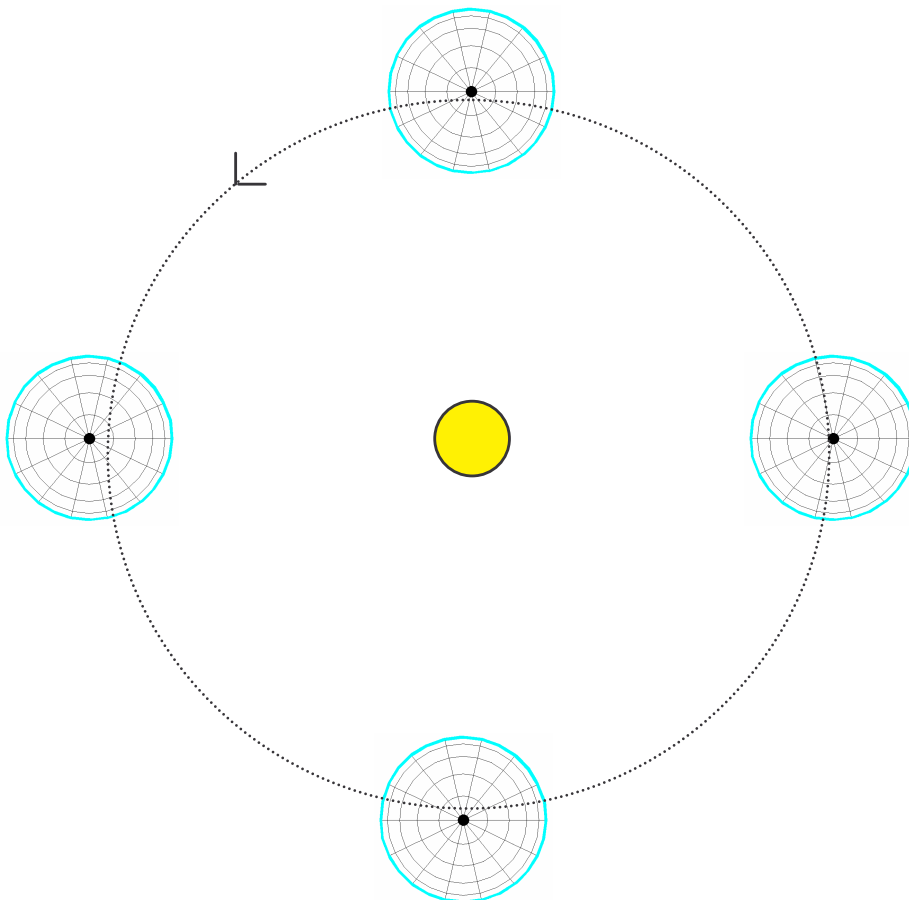
Das Prinzip der weiteren Vorgehensweise ist, daß wir uns allmählich von diesem abstrakten, die Wirklichkeit nur annähernd abbildenden – aber einfachen – Zustand ausgehend über Zwischenstufen immer mehr zu einer auf der Erde existierenden Sonnenuhr nähern. Diese Vorgehensweise erscheint vielleicht seltsam, aber sie erleichtert das Verständnis des sehr einfachen, aber nicht unmittelbar einsichtigen Funktionsprinzips von Sonnenuhren.

Also nicht verzagen und auf die folgenden Kapitel gespannt sein. Dabei auch nicht ein Zurückblättern scheuen.

Die Sonnenuhr im vereinfachten Weltraum

Wir haben nun im vorigen Kapitel die Ur-Sonnenuhr kennen gelernt. Wie jeder unschwer feststellen kann, ist diese Sonnenuhr – ebenso wie Adam und Eva - nur ein hypothetisches Gebilde, denn jedes Kind weiß, daß die Erde nicht fest steht, sondern um die Sonne kreist.

Wir tragen nun dieser Gegebenheit Rechnung und lassen die Kristall-Erde des vorigen Kapitels auf einer Kreisbahn um die Sonne kreisen. Die Drehachse der Erde soll senkrecht auf der Bahnebene stehen; wir betrachten das Ganze von „oben“ (also wir schauen auf den Nordpol):



Jeder Physiker und Astronom merkt sofort, daß hier gegen die Realität verstoßen wird: Die Drehachse der Erde steht nicht senkrecht auf der Bahnebene der Erde um die Sonne (Ekliptik genannt, auch die scheinbare Bahn der Sonne am Himmel wird so bezeichnet), sondern bildet mit ihr einen Winkel von ca. 23.5° . (Schiefe der Ekliptik). Diesem Umstand verdanken wir zum Beispiel unsere Jahreszeiten.

Auch ist die Umlaufbahn kein Kreis, wie wir seit Johannes Kepler wissen, sondern eine Ellipse.

Aber da wir noch im vereinfachten Weltraum sind – „Der kleine Prinz“ läßt grüßen – dürfen wir gegen diese Gesetze verstoßen, „wenn es der Wahrheitsfindung dient“, d.h. wenn es das Verständnis erleichtert.

Was passiert nun mit unserer Ur-Sonnenuhr und mit ihren schönen Markierungen am Äquator, die so wunderbar die Funktion einer Uhr übernehmen konnte ?

Der einzige Unterschied zur bisherigen Betrachtung ist, daß sich die Erde nun auf einer Kreisbahn um die Sonne bewegt. Welche Auswirkung dies auf ihre Funktion als Uhr hat, wollen wir uns anhand des folgenden Beispiels klar machen:

Nehmen wir an, irgendwo steht ein hübsches Mädchen, und ein Jüngling schaut sie direkt an; dem Jüngling zeichnen wir mal ne Nasenspitze:

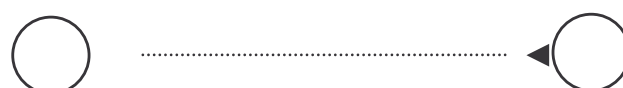


Aus welchen Gründen auch immer, dreht sich der Jüngling innerhalb einer festen Zeit, sagen wir eine Minute, einmal um sich herum und schaut ihr wieder ins Gesicht. So wie es die Ur-Sonnenuhr aus dem ersten Kapitel mit der Sonne macht (dies dauert allerdings einen Tag):

Drehung:



Nach der Drehung um 360° und einer Minute:

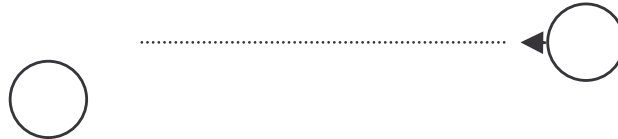


Nun nehmen wir an, der Jüngling dreht sich innerhalb einer Minute um sich selbst und geht dabei noch einen Schritt nach rechts.

Drehung und Gehen:



Nach der Drehung um 360° und einer Minute:



Was hat der Jüngling gemerkt? Dadurch, daß es sich bei seiner Drehung um die eigenen Achse (360° innerhalb einer Minute) einen Schritt nach rechts bewegt hat, schaut er seiner Holden nicht mehr ins Gesicht. Er muß sich hierfür noch ein klein wenig weiter drehen, und dazu noch ein bißchen Zeit – vielleicht ein paar Sekunden – opfern, damit er seiner Liebsten wieder ins Gesicht schauen kann:

Nach der Drehung um 360° sowie einer Minute und ein paar Sekunden:



Wenn wir das „direkt anschauen des Mädchens“ mit dem „Schattenwurf auf 12 Uhr“ bei unserer Ur-Sonnenuhr vergleichen, haben wir folgendes Ergebnis:

Durch die Bewegung der Erde auf einer Kreisbahn um die Sonne, verliert unsere Ur-Sonnenuhr nicht ihre Eigenschaft als genau gehende Uhr. Die Stunden werden durch die gleichförmige Bewegung auf der Kreisbahn lediglich etwas länger.

(Dies ist auch eine kleine Denksportaufgabe)

Man kann den Beitrag der Kreisbahn um die Sonne zur Stunden- bzw. Tageslänge mit der Mehrwertsteuer vergleichen, die dem Preis beim Kauf einer Ware zugeschlagen wird: Der Käufer merkt diesen Beitrag nicht. Genau so wenig merkt ein Mensch nicht den kleinen Zeitbeitrag der Wanderung der Erde auf einer Kreisbahn um die Sonne zur Stunde.

Die bürgerliche Zeit und die Zeit der Sonnenuhr

Spätestens jetzt sollten wir mal die uns bekannte Zeit, die *bürgerliche Zeit*, betrachten und die Ur-Sonnenuhr im vereinfachten Weltraum (also mit dem Betrag der Kreisbahn um die Sonne, der „Mehrwertsteuer“) mit dieser Zeit in einem ersten Schritt harmonisieren.

Eine historische Betrachtung wäre nun sinnvoll, aber sie würde den Rahmen des Buches sprengen. Nur das sollte klar sein: Der Sonnenlauf stand Pate bei unserer bürgerlichen Zeiteinteilung in Tag und Stunden.

Welches sind nun die wesentlichen Eigenschaften der bürgerlichen Zeit:

- *Ein Tag* sei die Zeit, die die Erde für eine Umdrehung (mit der „Mehrwertsteuer“) braucht: Die Zeit von Höchststand der Sonne am Himmel bis zum nächsten Höchststand am Himmel. Den Zeitpunkt des Höchststandes nenne man „12 Uhr“ oder „Mittag“. Wenn man nun den Tag noch in 24 gleich lange Zeitschritte – *Stunden* genannt – unterteilt, hat man die Grundstruktur der bürgerlichen Zeit.
- Die bürgerliche Zeit verläuft übers Jahr gesehen *gleichmäßig*, d.h. die Stunden sind immer gleich lang, ob Sommer oder Winter.
- Die bürgerliche Zeit wird nicht mehr durch den Sonnenlauf definiert, sondern mittels anderer Verfahren, z.B. durch die *Cäsium-Atomuhr* der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig, die erst in 30 000 Jahren um 1 Sekunde falsch geht (Was heißt in diesem Zusammenhang „falsch“ ? Denksportaufgabe!).
- *Die bürgerliche Zeit wird astronomischen Gegebenheiten angepaßt*; diese sind korrigierende Faktoren für unsere bürgerliche Zeit (vom Übergang vom Julianischen zum Gregorianischen Kalender im Mittelalter bis hin zur der bekannten Einfügung einer Schaltsekunde bei der Atomuhr in Braunschweig an bestimmten Jahreswechseln).

Für eine erste Harmonisierung mit unserer Ur-Sonnenuhr bedeutet dies:

Wir teilen den Äquator – wie wir es getan haben – in 24 Teile und numerieren die Teilungsmarken durch. Wenn der Schatten auf die Zahl 12 fällt „ist 12 Uhr“, was mit dem von uns auf der Erde beobachteten Ereignis „Die Sonne steht am höchsten“ korrespondiert. Die Zeit verläuft gleichmäßig (eine Forderung, die uns noch in Probleme stützen wird).

Dies gilt auch bei der Bewegung unserer Ur-Sonnenuhr auf einer Kreisbahn um die Sonne mit einem kleinen Anteil, der aus der Bewegung auf der Kreisbahn stammt, wie dies am Beispiel des verliebten Jünglings demonstriert wurde. Dieser Anteil ist einfach – vom Bürger unbemerkt – eingebaut wie die Mehrwertsteuer bei einer Briefmarke für 1.10 DM.

Die Sonnenuhr im wirklichen Weltraum

Die Schiefe der Ekliptik

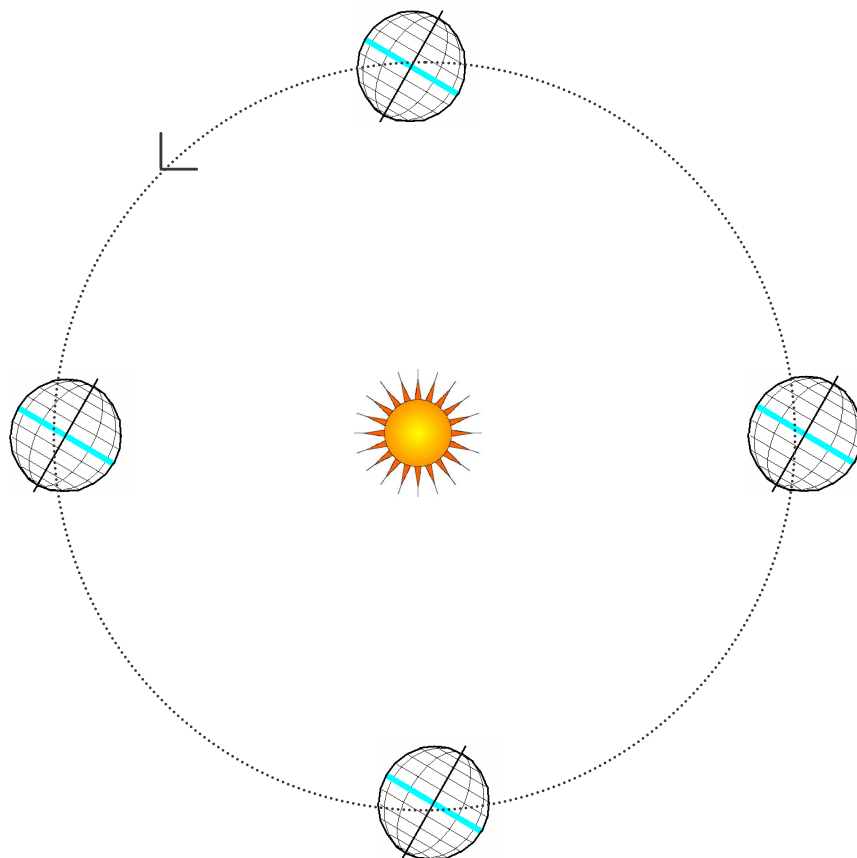
Wie bereits erwähnt, ist in Wirklichkeit die Erdachse gegenüber ihrer Bahnebene um die Sonne (der Ekliptik) um ca. 23° geneigt (Schiefe der Ekliptik). Der *Drehimpulserhaltungssatz* sorgt nun für die endgültige Stellung der Erde auf ihrer Bahn um die Sonne. Aber was ist das ?

Eine segensreiche Wirkung des Drehimpulserhaltungssatzes kennt jeder von uns: Diesem Naturgesetz ist es zu verdanken, daß wir beim Radfahren nicht bzw. so wenig mit dem Erdboden Bekanntschaft machen:

Jeder sich um eine Achse drehende Körper versucht, die Richtung der Drehachse konstant zu halten.

Diese Konsequenz aus dem Drehimpulserhaltungssatz sorgt dafür, daß die Räder des Fahrrades nicht umkippen wollen.

Sie sorgt aber auch dafür, daß die Erde die Richtung ihrer Drehachse auf ihrer Bahn um die Sonne beibehalten will:

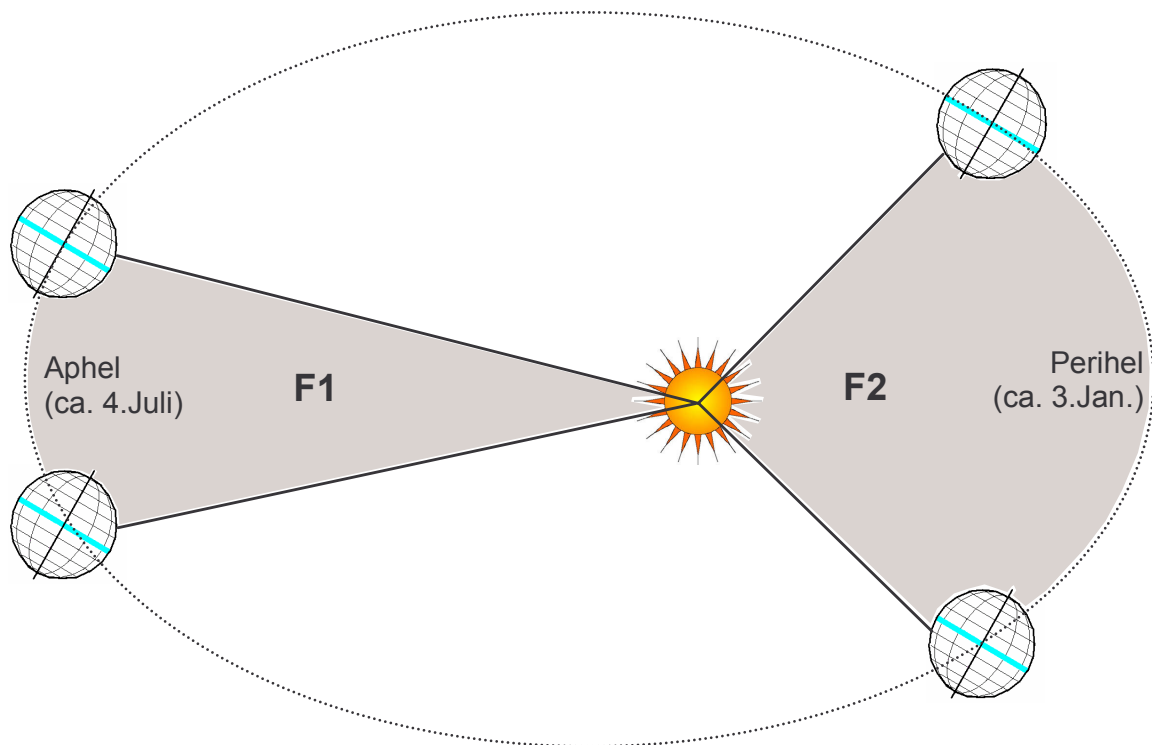


Man beachte, daß die Drehachse immer in die selbe Richtung zeigt.

2. Keplersches Gesetz

Bekanntlich bewegt sich die Erde nicht auf einer Kreis- sondern auf einer Ellipsenbahn um die Sonne, wobei die Sonne nicht in der Mitte der Ellipse sondern in einem Brennpunkt steht (*1. Keplersches Gesetz*). Für einen Umlauf benötigt die Erde ungefähr 365 Tage; der sonnennächste Punkt (Perihel) ist am 3. Januar, der sonnenfernste (Aphel) am 4. Juli.

Das *2. Keplersche Gesetz* besagt, daß nicht die Geschwindigkeit (Weg in einem bestimmten Zeitraum) der Erde auf ihrer Ellipsenbahn um die Sonne gleich bleibt, sondern die in gleichen Zeiträumen durch die gedachte Linie Erde-Sonne überstrichene Fläche:



(In Wirklichkeit ist die Ellipsenform und der Unterschied in den Flächen nicht so ausgeprägt)

Sei F_1 die in 50 Tagen überstrichene Fläche im Sommer und F_2 die in 50 Tagen überstrichene Fläche im Winter, so ist $F_1 = F_2$. Daraus folgt, daß die Bahngeschwindigkeit der Erde im Winter größer ist als im Sommer (Denksportaufgabe). Hinweis: Zählen Sie mal die Tage zwischen Herbst- und Frühlingsanfang, im Sommer- und im Winterhalbjahr.

Da haben wir den Salat: Der gleichmäßige Zeitbeitrag der Erdbewegung auf einer Kreisbahn zur Tageslänge ist weg: Die „Mehrwertsteuer“ ist abhängig von den Jahreszeiten. Da kommt bei der finalen Harmonisierung mit der gleichmäßigen bürgerlichen Zeit noch Einiges auf uns zu.

Die Zeitgleichung

Es ist im vorigen Kapitel klar geworden, daß es nun mit der Gleichmäßigkeit der Zeitanzeige unserer Ur-Sonnenuhr vorbei ist. Hadern wir nicht mit dem Schicksal und suchen einen Ausweg aus dem Dilemma.

Was ist uns als Scherbenhaufen geblieben:

- Die Drehachse der Erde – sie dient weiterhin als Schattenwerfer – zeigt immer in die gleiche Richtung und ist um ca. 23° gegen die Bahnebene der Erde um die Sonne geneigt. Somit halten wir weiter an der Forderung aus dem 1. Kapitel fest, daß bei jeder Sonnenuhr der Schattenwerfer parallel zur Drehachse der Erde verlaufen muß.
- Die Umlaufzeit der Erde – die „wirkliche“ Erde übernimmt nun immer mehr die Rolle unserer Ur-Sonnenuhr - um die Sonne beträgt ca. 365 Tage. Die Geschwindigkeit ist aber *nicht gleichförmig*.
- Die Drehung der Erde um die eigene Achse in knapp 24 Stunden bleibt gleichförmig. Aber der mit der Bewegung der Erde auf ihrer Umlaufbahn um die Sonne bedingten Zeitzuschlag ist – wie wir eben sahen – alles andere als gleich groß.

Was ist nun mit der gleichmäßig unterteilten Skala auf dem Äquator, dem Ziffernblatt ? Bleib dies erhalten ?

Uneingeschränkt ja ! Warum ? Weil die Drehung der Erde um ihre Achse – das Prinzip der Sonnenuhr – gleichförmig und vom Lauf der Erde auf ihrer Bahn um die Sonne unbeeinflusst bleibt. Dabei können Präzessionsbewegungen – die Erdachse beschreibt dennoch einen Kegel wie der aus der Kindheit bekannte Kreisel – und sonstige Unregelmäßigkeiten wegen ihrer minimalen Beiträge unberücksichtigt bleiben (siehe dazu Kap. „Astronomische Betrachtungen“).

Wie machen wir nun weiter? Wir tun das, was man in derartigen Situationen immer macht: Man schaut sich die neue Lage mal an. Diese neue – aber reale – Lage ist gekennzeichnet durch:

- die Neigung der Drehachse der Erde gegenüber der Umlaufbahn und durch die Konstanz der Richtung der Drehachse (Schiefe der Ekliptik)
- die unterschiedlichen Geschwindigkeiten auf ihrer Bahn um die Sonne (2. Keplersches Gesetz)

In den folgenden Abschnitten wird die Lösung erarbeitet. Der Leser soll sich dabei nicht auf Zuckerschlecken einstellen, sondern mit harten Angriffen auf sein Vorstellungsvermögen rechnen.

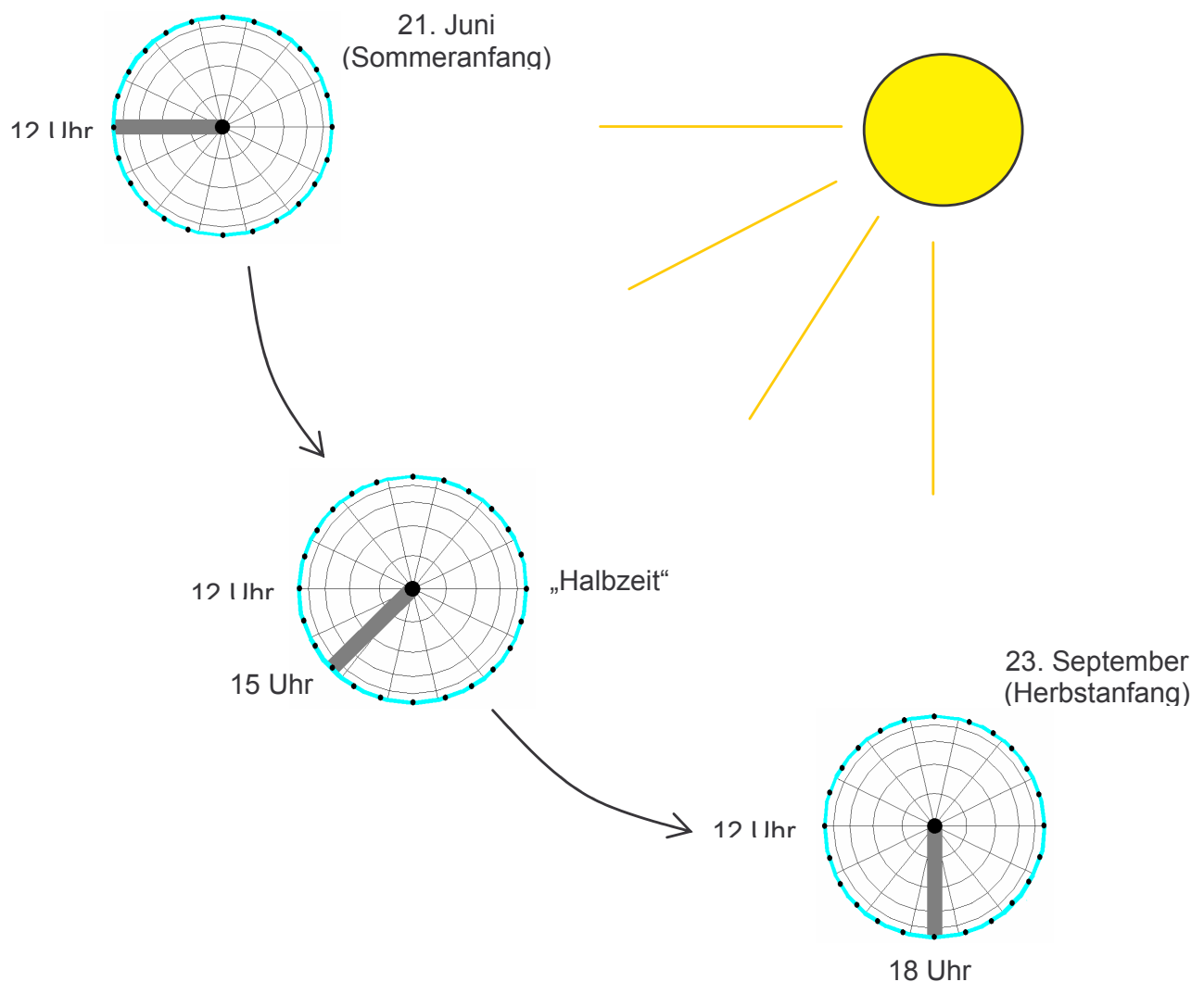
Beitrag durch die Schiefe der Ekliptik

Die Vorstellungskraft des Lesers wird in diesem kleinen Abschnitt am meisten gefordert. Ich verlange von ihm die Einsicht, daß die Beibehaltung der Richtung der Erddrehachse auf der Umlaufbahn eine Schwankung des Zeitpunktes des Sonnenhöchststandes nach sich zieht.

Somit ist der gesamte Abschnitt eine komplizierte Denksportaufgabe.

Aber der Leser wird nicht alleine gelassen; mit den Skizzen à la „Kleiner Prinz“ wird er es schon verstehen.

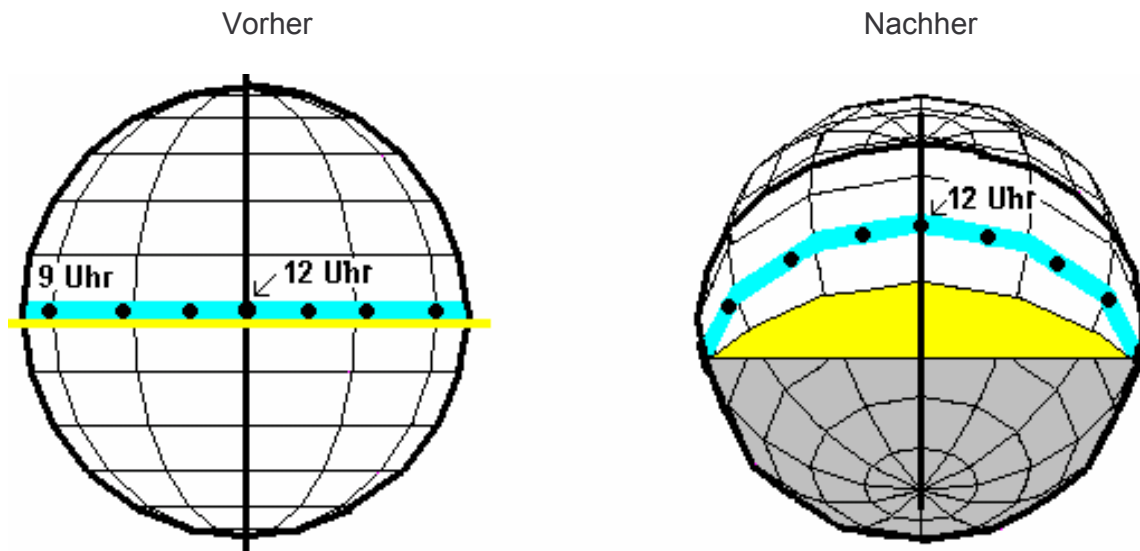
Hierzu betrachten wir zunächst den vereinfachten Weltraum auch mit einer Erde, deren Drehachse – zunächst - senkrecht auf der Bahnebene steht und zwar nur das Teilstück von Sommer bis Herbst. Wir schauen dabei von „oben“ auf die Erde, womit die Erde wieder die Form der Ur-Sonnenuhr hat. Die Erde drehe sich hier nicht um die eigene Achse.



Jetzt gehen wir in Richtung Realität: wir bleiben zwar bei der Kreisbahn aber neigen die Achse in jeder der 3 Positionen gemäß der Wirklichkeit. Wir betrachten die Erde in allen folgenden Fällen aus Richtung Sonne.

Sommeranfang

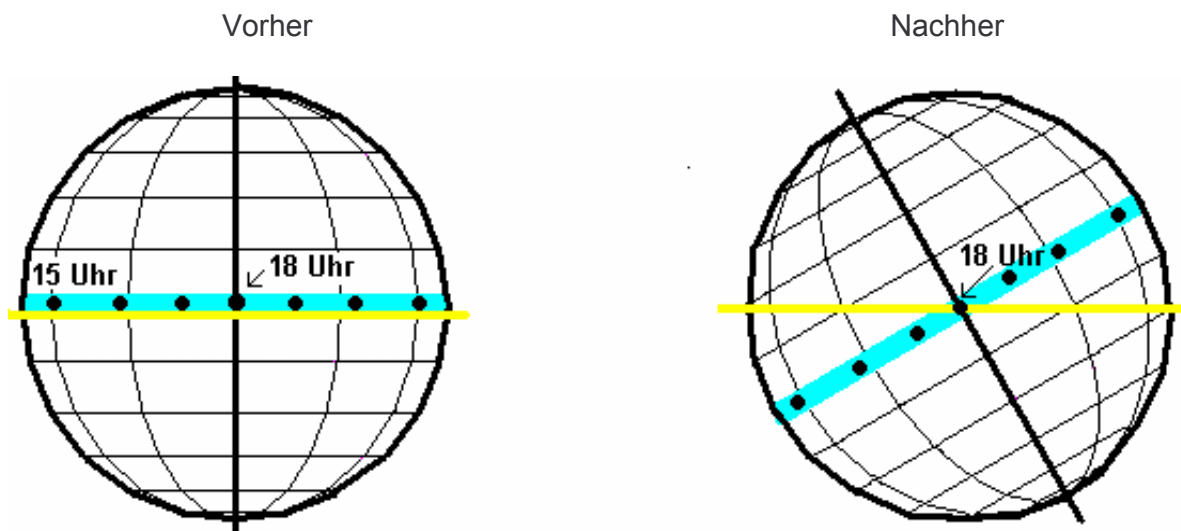
Die Lage bei Sommeranfang wird dadurch realisiert, daß wir die Drehachse „oben“ (d.h. am Nordpol) anpacken und um den Erdmittelpunkt drehend zu uns ziehen, d.h. in Richtung Sonne:



Wir sehen, der Schattenstab und damit der Schatten bleibt auf 12 Uhr.

Herbstanfang

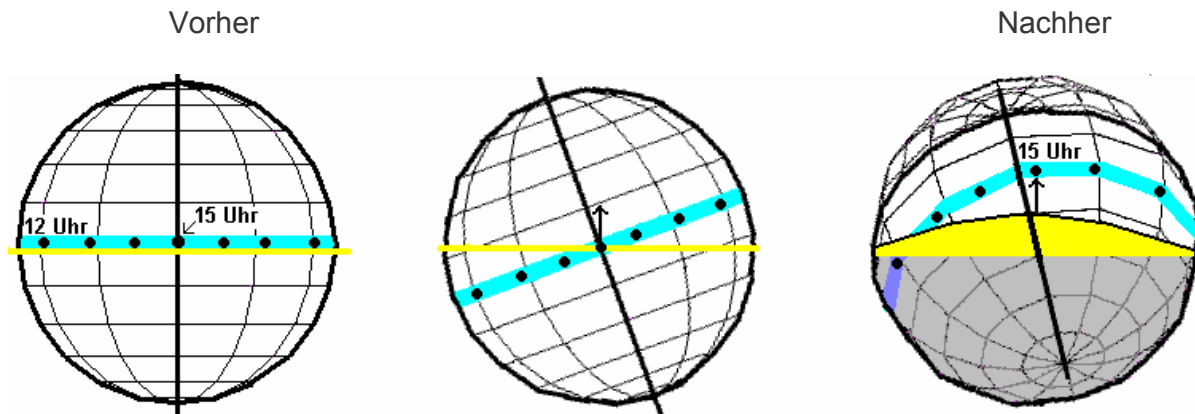
Der Herbstanfang wird dadurch realisiert, daß wir die Drehachse „oben“ (im Norden) anpacken und um den Erdmittelpunkt nach links drehen“:



Auch hier bleibt der Schattenstab und damit der Schatten auf 18 Uhr.

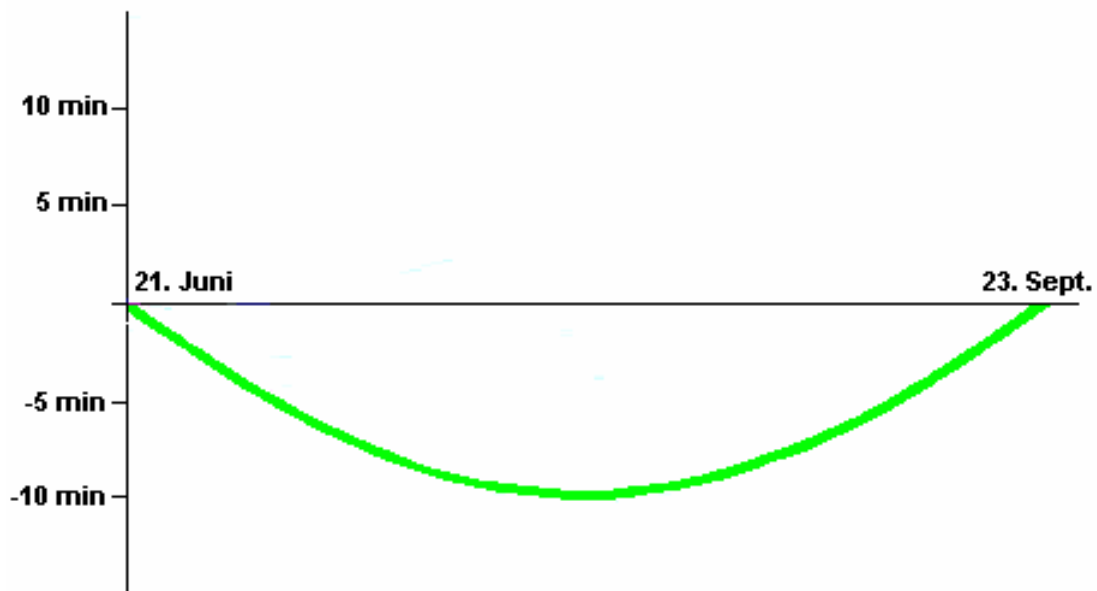
Halbzeit

Der Halbzeitstand wird dadurch realisiert, daß wir die Drehachse „oben“ (im Norden) anpacken und halb nach links drehen und halb zu uns, d.h. in Richtung Sonne ziehen:

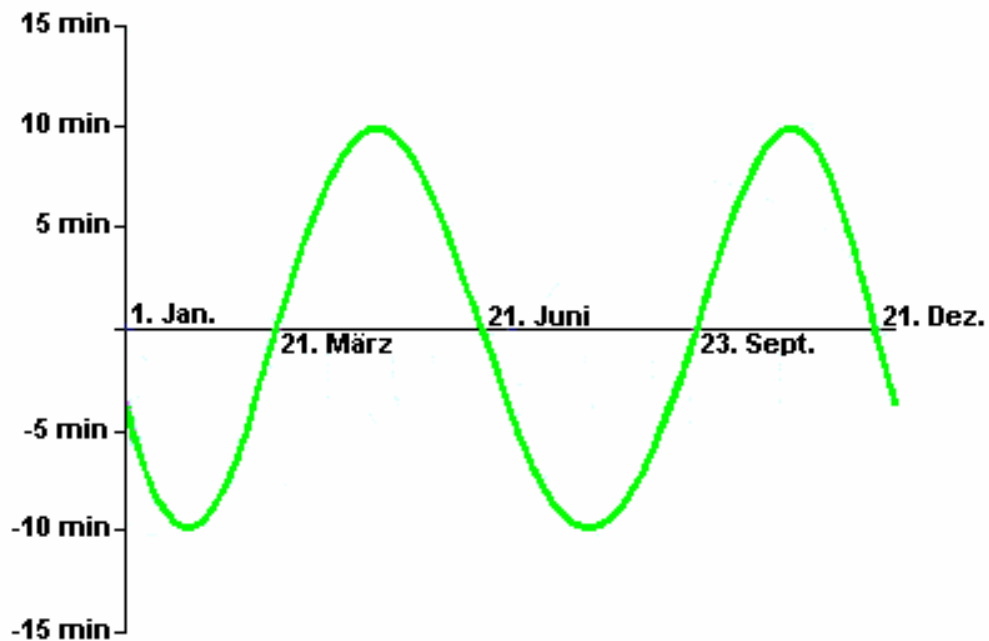


Wir sehen, bei dieser Prozedur bleibt der Schatten der Sonne nicht auf 15 Uhr sondern wandert gegen 14 Uhr. Die Sonnenuhr geht durch die Realisierung der Wirklichkeit nach.

In der Tat geht die Sonnenuhr bei Schiefe der Ekliptik gegenüber der Sonnenuhr im vereinfachten Weltraum auf ihrer Bahn von der Sommerstellung zur Herbststellung gegenüber einer ungeneigten Erde nach:



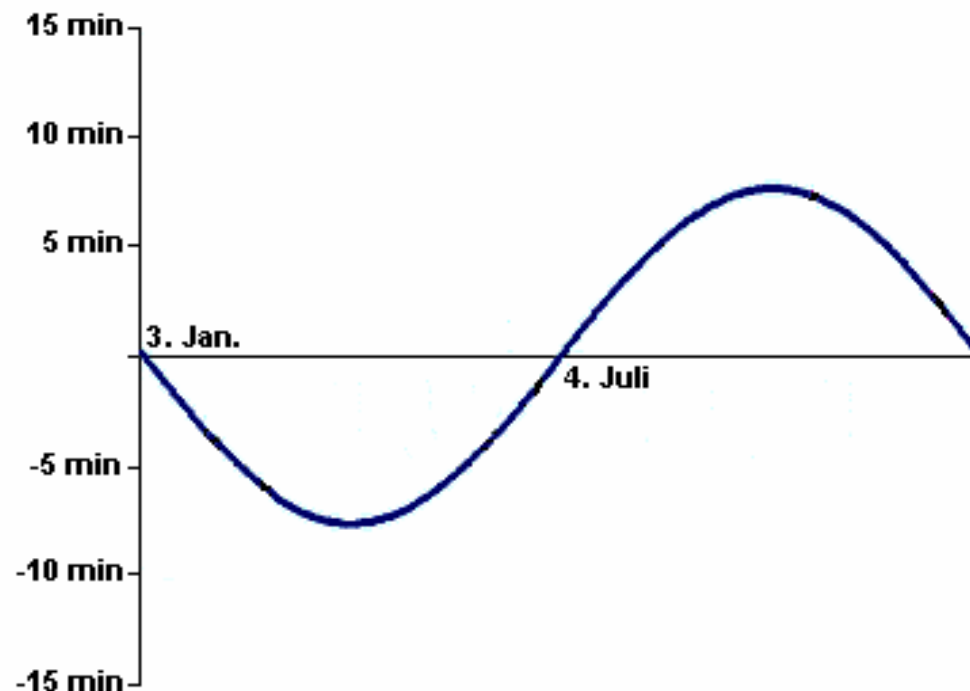
Wenn man diese Überlegungen auf den gesamten Jahresverlauf ausdehnt kommt man zu dem Ergebnis, daß die Sonnenuhr mal vor und mal nach geht, wie dies folgende Abbildung zeigt (hier wurde der Beginn der Zeitachse auf den 1. Januar verlegt).



Die „Wendepunkte“ sind die Wechsel der Jahreszeiten (Warum?)

Beitrag durch das 2. Keplersche Gesetz

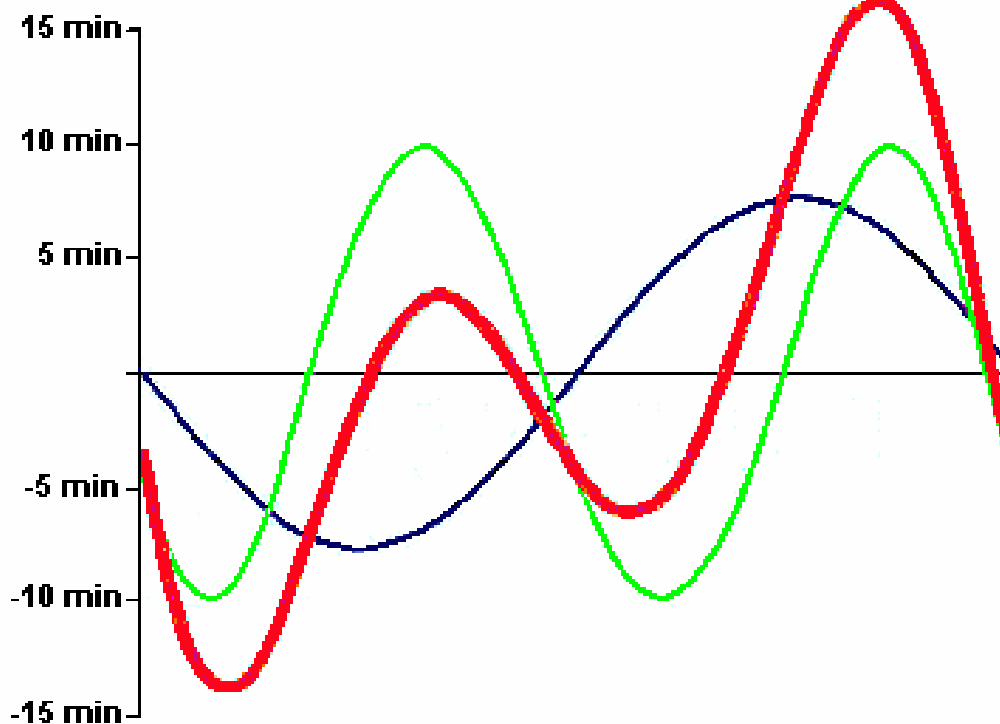
Gemäß 2. Keplerschem Gesetz schwankt die Bahngeschwindigkeit im Jahresverlauf, wodurch auch deren Beitrag zur Tageslänge – siehe Beispiel des verliebten Jünglings – im Verlaufe des Jahres schwankt:



Hierbei bilden der sonnennächste Punkt (Perihel, 3. Januar) und der sonnenfernste Punkt (Aphel, 4. Juli) die „Wendepunkte“.

Zeitgleichungskurve

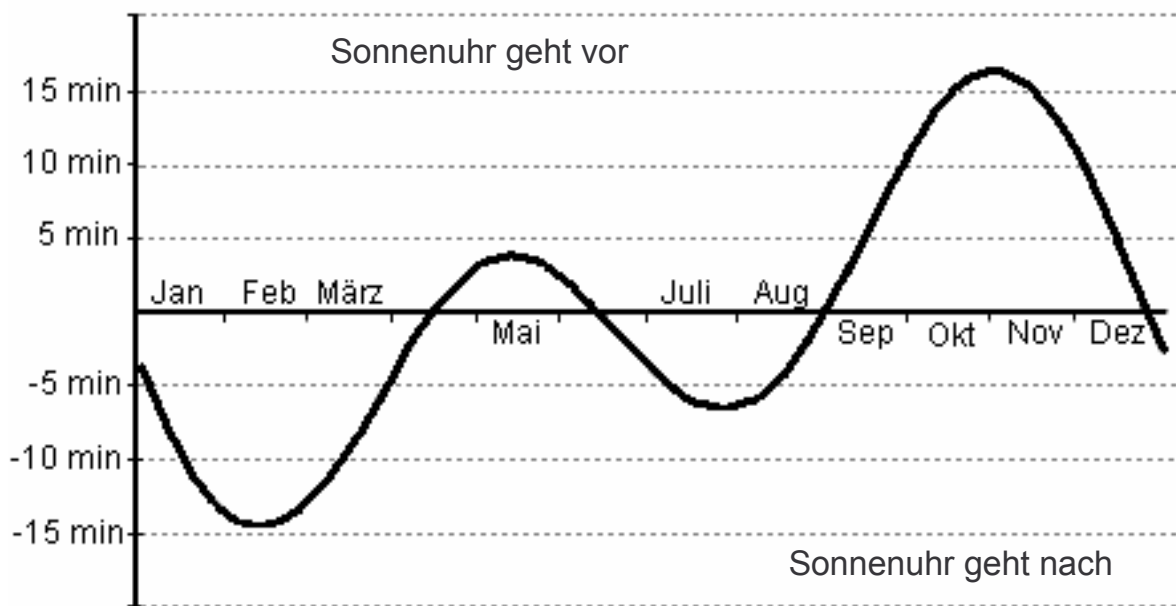
Die Beiträge der Schiefe der Ekliptik und der unterschiedlichen Bahngeschwindigkeit als Folge des 2. Keplerschen Gesetzes zur von der Erdumdrehung bestimmten Tageslänge addieren sich zu einer Kurve, der *Zeitgleichung* (rot)



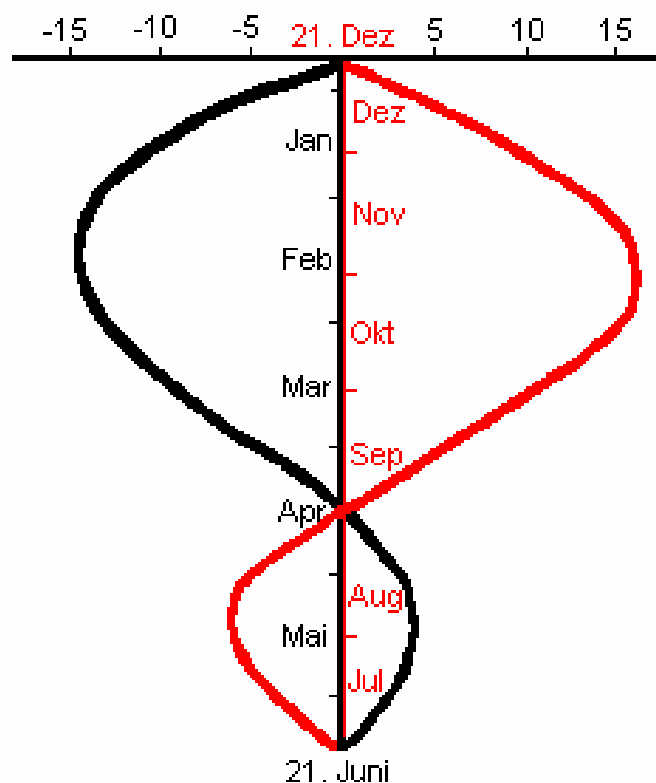
Diese Kurve wird auch mit „Zeitangleichung“ bezeichnet, ein Name der ihrer Bedeutung besser gerecht wird: Sie dient der Angleichung der unterschiedlich langen Sonnentage an die gleichlangen „bürgerlichen“ Tage gemäß unserer bürgerlichen Zeit.

Da eine Sonnenuhr naturgemäß nur die Sonnentage (Zeitraum zwischen zwei Höchstständen der Sonne anzeigt, muß die Zeitanzeige der Sonnenuhren korrigiert werden (später wird beschrieben, wie dies geschieht). Ohne Korrektur gemäß dieser Kurve „geht die Sonnenuhr nur an 4 Tagen im Jahr richtig“, wie man es oft von Sonnenuhrkennern hören kann. (Denksportaufgabe: an welchen Tagen? Richtig: an den Tagen, an denen die rote Zeitgleichungskurve die waagerechte 0-min-Achse schneidet).

Die folgenden Skizzen zeigen noch mal die Zeitgleichungskurven; im Anhang „Tabellen“ werden genauere Werte bereitgestellt:

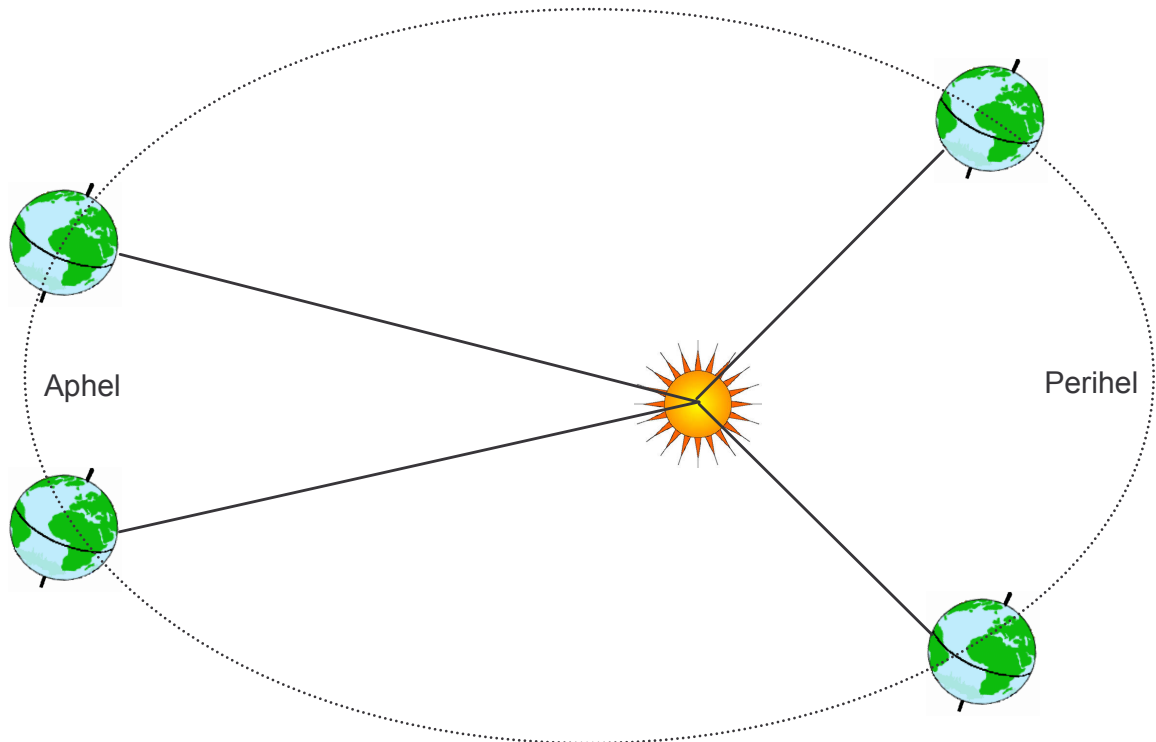


Oft wird bedingt durch die Gestaltung der jeweiligen Sonnenuhr die obige Kurve auch über einer Skala abgebildet, die dem „Auf und Ab“ der Sonnenhöhe zwischen Winter- und Sommeranfang Rechnung trägt. Diese Kurve nennt man Lemniskate“:



Zurück zur Erde

Es wird nun Zeit, auf den Boden der Tatsachen zu kommen, nämlich auf unsere gute alte Erde, die nicht als eine Kristallkugel um die Sonne läuft:

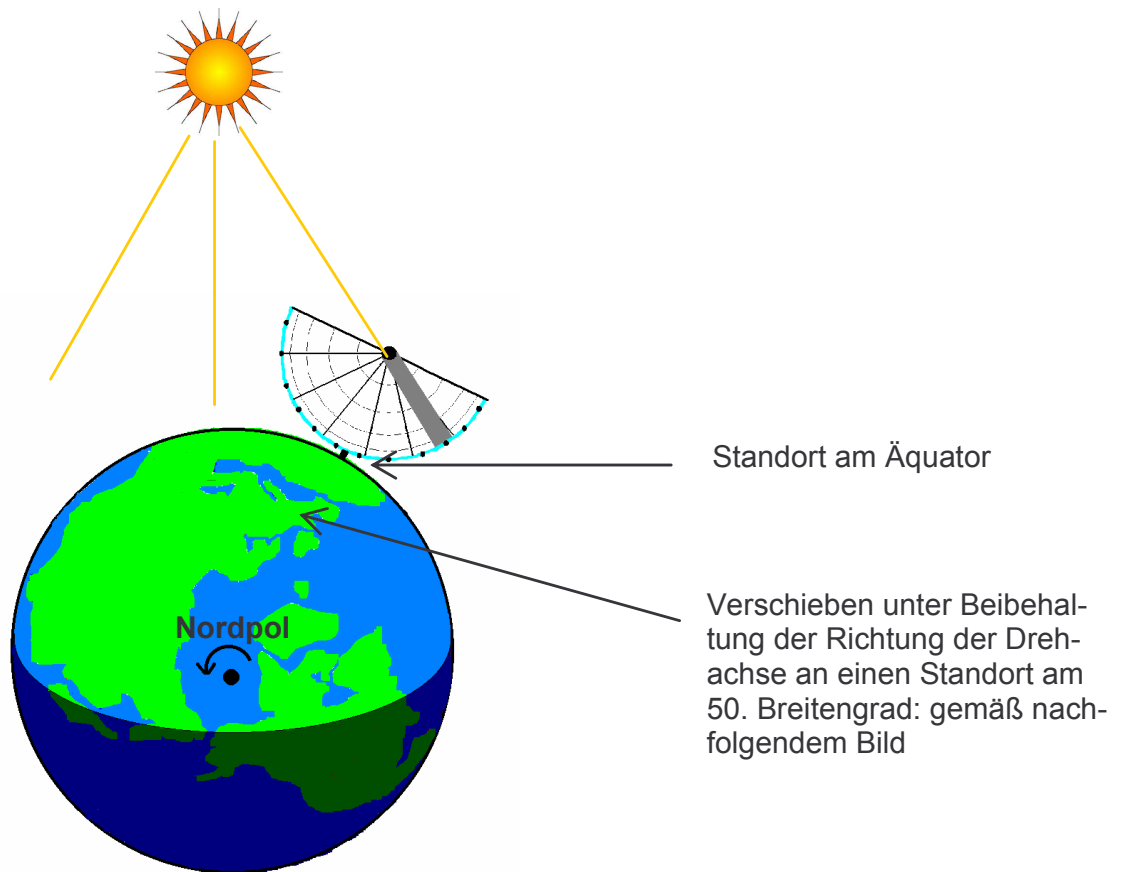


Bisher haben wir immer angenommen, daß der Äquator die Stundenkala trägt, und die Drehachse der Erde einen Schatten auf diese Skala wirft, wodurch die Erde durch ihre Drehung innerhalb von 24 Stunden um sich selbst zur Uhr wird.

Nun, dies war nur Theorie, denn die Erde ist nicht lichtdurchlässig, die Drehachse kein schattenwerfender Metallstab und der Äquator hat keine Stundenteilung. Wie helfen wir uns ?

Ganz einfach: Wir konstruieren schlicht und ergreifend ein derartiges Gebilde - **eine Sonnenuhr** - auf der Erdoberfläche und nutzen die Erddrehung wie bei der Ur-Sonnenuhr als Uhrwerk.

Die Skizze auf der folgenden Seite veranschaulicht diese Situation. Man beachte beim Betrachten der Skizze, daß mit der Erddrehung sich die Uhr auf der Erdoberfläche mit dreht und –analog zur Ur-Sonnenuhr - der Schatten an einem Tag einmal um die Skala wandert. Dies gilt auch beim Verschieben an einen anderen Ort, wenn der Schattenwerfer parallel zur Erdachse bleibt (Unterschied zwischen Skizze und Bild).



Denksportaufgabe:

Obige Skizze entspricht folgendem Bild bei Standort 50° N: „Verschiebe die Uhr vom Äquator ohne Richtungsänderung beim Schattenwerfer“.



Man mache sich weiter klar, daß damit eine Sonnenuhr entsteht, die genau unserer Ur-Sonnenuhr entspricht, aber nur etwas „eiert“, weil sie aus der Drehachse der Erde – aber parallel zu dieser – heraus auf die Erdoberfläche geholt wurde. Dies muß genauer betrachtet werden.

Die Sonnenuhr eiert

In der Tat hat das Plazieren der Ur-Sonnenuhr auf der Erdoberfläche und damit außerhalb der Drehachse der Erde den soeben entdeckten Schönheitsfehler: Die Sonnenuhr dreht sich nicht um Ihre eigene Achse, sondern das ganze Gebilde dreht sich mit der Erde um deren Achse.

Hierzu beachte der Leser folgende Ausführungen:

Der Abstand Erde – Sonne beträgt etwa 150 000 000 km, der Erdradius etwa 6 400 km. Das heißt, der Abstand Sonne – Erde ist ca. 23 000 mal größer als der Erdradius, was wiederum bedeutet, daß das Wackeln des Gnomons um max. 6 400 km nach jeder Richtung vom Erdmittelpunkt aus gesehen vernachlässigbar gegenüber dem Sonnenabstand ist.

Dies kann man mit dem sogenannten gesunden Menschenverstand einsehen. Aber der gesunde Menschenverstand hat in der Wissenschaft schon viel negatives angerichtet, so daß ich eine mathematische Überprüfung dieser Aussage anstellte mit dem Ergebnis, daß der Anzeige-fehler im Verlauf eines Tages tatsächlich zwischen $+1/2$ und $-1/2$ Sekunde schwankt, eine bei Sonnenuhren vernachlässigbare Zeit.

Anschauliches Beispiel: Sehen Sie mit bloßem Auge, daß der Reifen an Ihrem Auto eine Unwucht hat ?

Also bleibt damit die ganz an Anfang hergeleitete Grundeigenschaft von Sonnenuhren erhalten:

Der Schattenwerfer ist parallel zur Erdachse, die Skala der Sonnenuhr dreht sich mit der Erdumdrehung um diesen Schattenwerfer (Gnomon oder auch Schattenstab genannt).

genauer:

Der Schattenstab zeigt nach Norden und ist um den Winkel der geographischen Breite des Standortes gegen die Horizontale geneigt. Dies ist – wie wir noch sehen werden – gleichbedeutend damit, daß er auf den Polarstern zeigt.

Es gibt auch Sonnenuhrentypen, bei denen der Schattenstab senkrecht steht (analematische Sonnenuhren), aber auch diese Sonnenuhren funktionieren im Grundsatz nach dem oben beschriebenen Prinzip.

Auch für dieses Kapitel sollen die wichtigste Erkenntnis zusammengefaßt werden, damit der Leser prüfen kann, ob ein Zurückblättern sinnvoll ist:

Wir können annehmen, daß eine Sonnenuhr mit einem Schattenwerfer, der genau parallel zur Erdachse angebracht ist, sich mit der Drehung der Erde um ihre eigene Achse (Schattenwerfer) dreht, also nicht eiert. Der Fehler, der bei dieser Annahme gemacht wird, ist vernachlässigbar.

Dies bedeutet, daß ein geheimnisvoller Mechanismus im Verlauf eines Tages den Sonnenuhrkörper einmal gleichmäßig um den Schattenwerfer dreht. Dieser geheimnisvolle Mechanismus ist die von uns nicht wahrnehmbare Erddrehung mit dem eben beschrieben kleinen Fehler.

Diese Aussagen gelten auch für die Schweiz. Hier zielt eine schöne Sonnenuhr in der Nähe von Kloster Einsiedeln eine Verkehrsinsel.

Man stelle sich vor (man sieht es nicht), daß hier der Schattenwerfer statt 50° – wie beim vorigen Bild – nur um 47° gegenüber der Horizontalen geneigt ist (Kloster Einsiedeln liegt auf 47° Breitengrad Nord).



Wie wäre es, wenn Kloster Einsiedeln auf der Südhalbkugel läge ??

Die Zeit der Sonnenuhr

Da wir uns nun auf der Erde befinden, können wir nicht mehr abstrakte Uhren mit einer fiktiven 12-Uhr-Marke sich im Weltraum drehen lassen. Wir müssen endgültig eine Harmonie zwischen der „bürgerlichen Zeit“, und der Zeitanzeige auf Sonnenuhren herstellen. Jeder hat schon einmal vor einer Sonnenuhr das Gefühl gehabt, daß „da etwas nicht stimmt“.

Aber es stimmt alles; wir müssen nur lernen, Sonnenuhren zu lesen. Zu diesem Zweck werden zunächst die wichtigen Zeitbegriffe erläutert.

Wahre Ortszeit

Wer kennt ihn nicht, den „Hundertjährigen Kalender“ als universales, allen Wettermännern vorzuziehendes Wetterprognoseinstrument: „Der Hundertjährige Kalender hat Recht gehabt !“

Eine gewisser Respekt vor dem Leser verbietet abfällige Bemerkungen über seine Anhänger, aber denken Sie mal über folgende Frage nach:

Wo gilt eigentlich der „Hundertjährige Kalender“ ?

Gilt er in Bayern ? Ja natürlich ! Gilt er in Hamburg ? Natürlich, Hamburg ist ja Deutschland. Also gilt er auch in Trier. Aus diversen Schmuggelfahrten von Trier nach Luxemburg weiß ich, daß im Großherzogtum das gleiche Wetter ist, wie in Trier. Also gilt der „Hundertjährige“ auch in Luxemburg. Wenn er in Luxemburg gilt, gilt er auch in Belgien. Und weil so viele Deutsche in Mallorca sind, gilt er auch in Mallorca ???

Was ist passiert ?

Vor etwa 300 Jahren lebte in Oberfranken der Abt Mauritius Knaur im Kloster Langheim. In Klöstern wurde nicht nur gebetet sondern sie waren auch Wirtschaftsbetriebe – natürlich in der Landwirtschaft – und somit vom Wetter abhängig. Folglich war eine brennende Frage „Wie wird das Wetter“. Abt Knaur versuchte, aus Wetterbeobachtungen am *Ort des Klosters* (Satelliten hatte er nicht), richtigen und falschen Bauernregeln und astrologischen Weisheiten das Wetterjahr vorher zu sagen. Irgendwann merkte er was er merken mußte und gab sein Unterfangen auf.

Später haben Herausgeber von Kalendern aller Art die Aufzeichnungen des Abtes Knaur entdeckt und dazu genutzt, um ihre Kalenderwerke mit Wetterprognosen kaufwirksam zu schmücken (offenbar erfolgreich).

Unabhängig von der Beurteilung der Fähigkeiten des Abtes Knaur wird meteorologisch folgender Fehler gemacht: Die Wetterdaten des Abtes waren die *Ortsdaten* von Langheim; ihm fehlte damals die globale Sicht.

Heute wissen wir: Das „Ortswetter“ von Berlin ist nicht überall auf der Welt gültig, noch nicht einmal überall in unserer begrenzten Heimat.

Was denken Sie nun über den „Hundertjährigen“ ?

Die gleiche Problematik hat man in der Zeitmessung bei der Festlegung „12 Uhr mittags“ (siehe gleichnamiger Filmklassiker mit Garry Cooper):

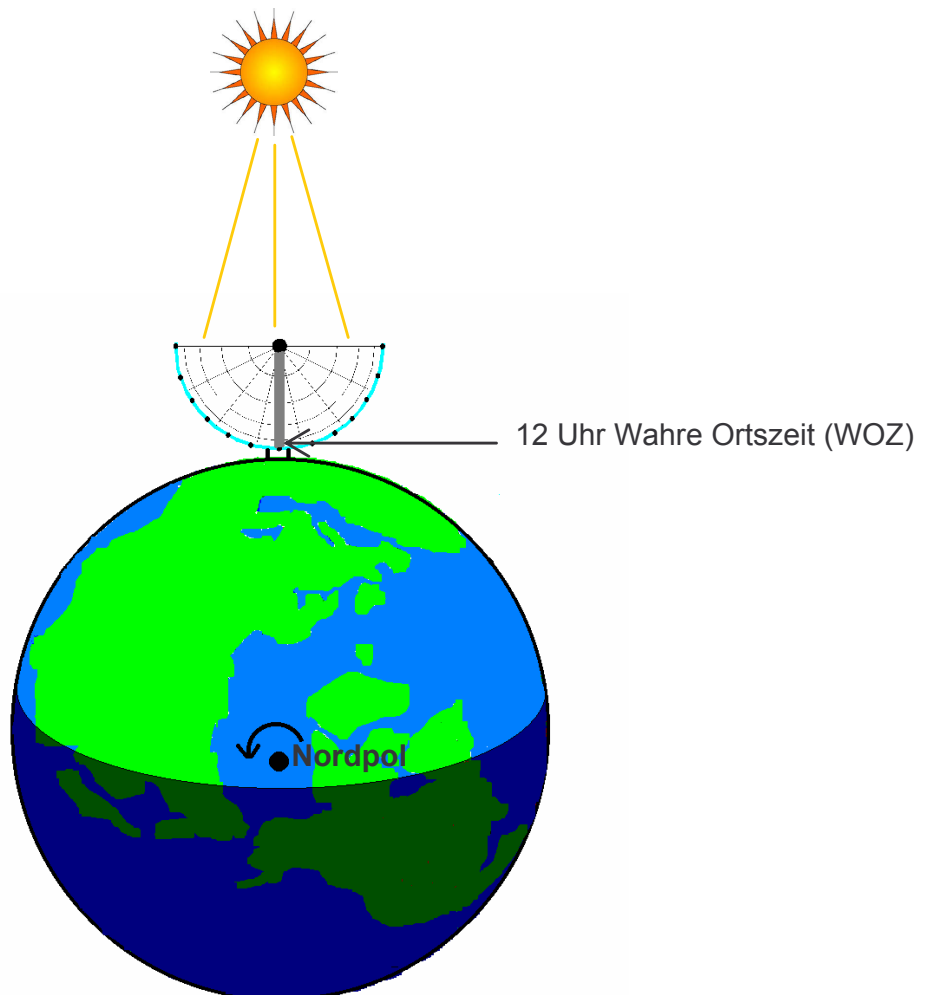
12 Uhr ist dann, wenn die Sonne am höchsten am Himmel steht.

Diese Aussage – heute für uns Weltbürger leicht einsehbar – kann wie die Wetterbeobachtungen des Abtes nur auf einen Ort bezogen werden, somit wird dadurch eine *Ortszeit* festgelegt: Die *Wahre Ortszeit (WOZ)*:

Wenn die Sonne am höchsten steht ist „12 Uhr Wahre Ortszeit“

Ohne viele Worte beweist die Skizze:

Eine Sonnenuhr zeigt (zunächst) die „Wahre Ortszeit (WOZ)“:



Denksportaufgabe

Orte auf gleichem Längengrad haben gleiche WOZ. Wenn in Hermeskeil (6,95° Ost) 12 Uhr WOZ ist, ist es in Trier (6,65°) knapp 11.59 Uhr WOZ

Mittlere Ortszeit

Wie der Name schon sagt, ist die *Mittlere Ortszeit (MOZ)* auch eine Ortszeit. Auch hier gilt, daß Orte gleicher geographischer Länge gleiche MOZ haben. Es gilt ebenfalls analog: Wenn in Hermeskeil (6,95° Ost) 12 Uhr MOZ ist, ist es in Trier (6,65°) knapp 11.59 Uhr MOZ

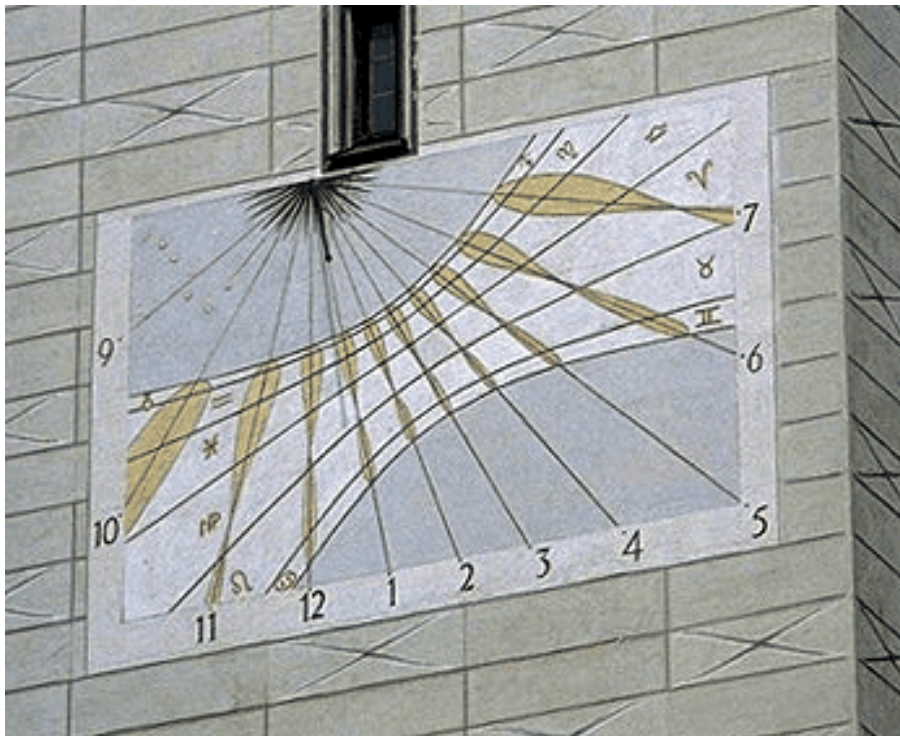
Allen sind noch die akrobatischen Überlegungen zur Zeitgleichung in Erinnerung, genau hier holt sie uns nun wieder ein: Irgendwann müssen wir die Harmonie zwischen der bürgerlichen Zeit, der Zeit unserer Armbanduhren, und der Sonnenuhrzeit herstellen.

Damit dies eine Chance hat, müssen wir die Schwankungen gemäß Zeitgleichung ausgleichen: Wir bilden eine mittlere Zeit

Die Mittlere Ortszeit (MOZ) ist die Wahre Ortszeit (WOZ), korrigiert um die Zeitgleichung:

$$MOZ = WOZ - ZGL$$

Aber ein Bild sagt mehr als tausend Worte, hier das Bild der Titelseite:



Die „Mittlere Ortszeit“ schwankt also im Verlauf des Jahres (die Monate sind oben durch die noch zu besprechenden „Datumslinien“ markiert) um die von Sonnenuhren angezeigte „Wahre Ortszeit“:

Man darf die Zeit nicht von der geraden Stundenlinie (WOZ) sondern muß sie je nach Datum von der „Acht“ (MOZ) um die Linie ablesen.

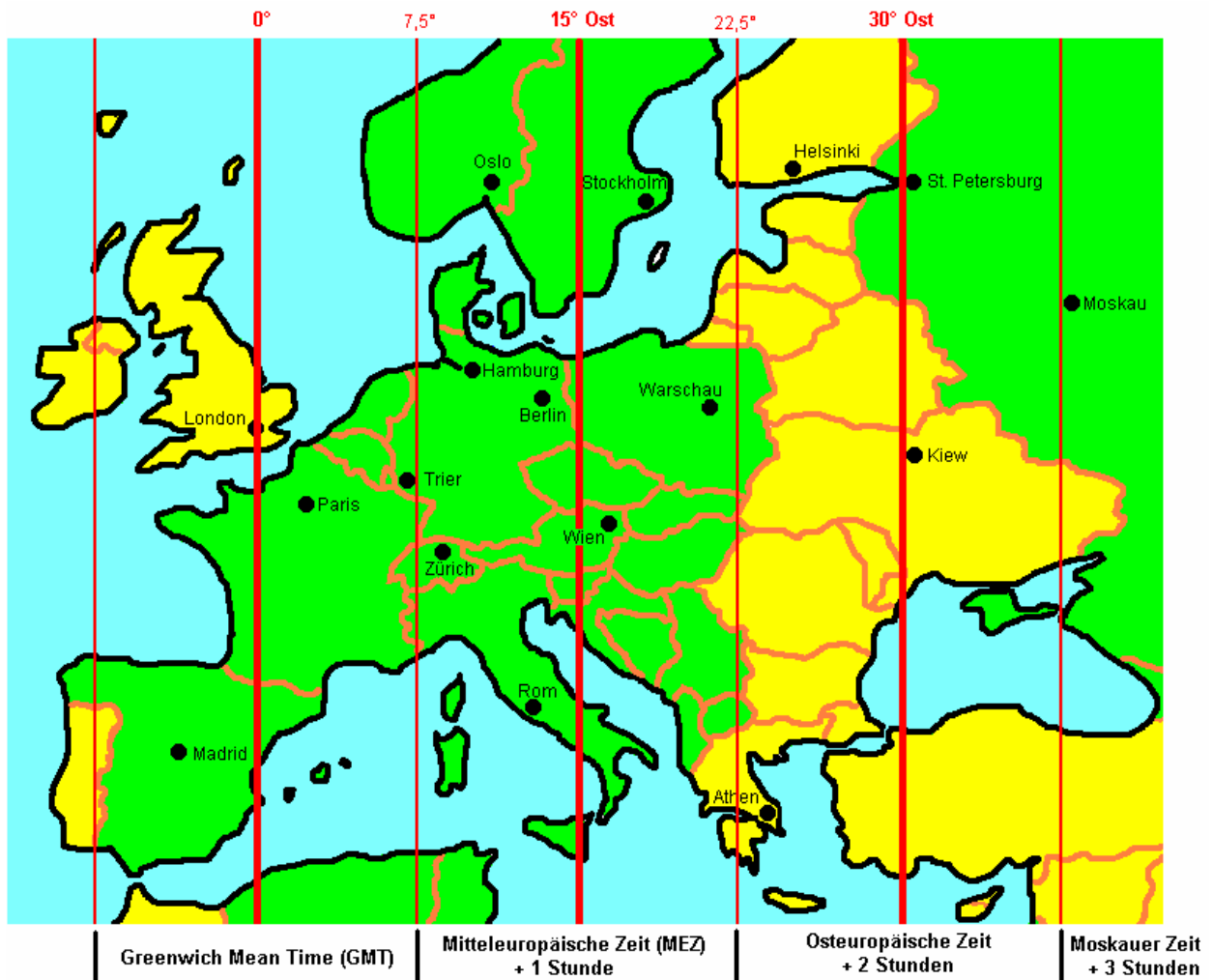
Zonenzeit

Jedem ist wohl aufgefallen, daß alle bisher besprochenen Zeiten für unser „modernes Leben“ ungeeignet sind: Es kann nicht angehen, daß ich, wenn ich von Hermeskeil nach Trier fahre, meine Uhr um ca. 1 Minute zurückstellen muß. Die Ortszeiten passen also nicht in unsere schnelle Welt.

So entstanden in der Zeit der zunehmenden Mobilität – am Ende des 19. Jahrhunderts – die Zeitzonen, die nicht näher erläutert werden müssen:

Innerhalb eines 15° breiten „Streifens“ wird die Zeit egalisiert und gleich der MOZ des Mittelmeridians (bei der MEZ ist dies 15° Ost) gesetzt:

MEZ = MOZ von 15° Ost (z.B. MOZ von Görlitz)



Natürlich – das sieht man an der Skizze – wurde dieses Schema nicht stur realisiert (sonst würde meine Heimat bei Trier nicht zur MEZ gehören), sondern politische, geografische, etc. Grenzen wurden beachtet.

Arten von Sonnenuhren

Es gibt viele Arten und Formen von Sonnenuhren; auch Exoten, die keinen erdachsenparallelen Schattenwerfer haben. Das in der Einleitung erwähnte Buch von Arnold Zenkert gibt hierüber umfangreich Aufschluß.

Um dem Ziel des Buches gerecht zu werden, sollen hier drei „Grundformen“ von Sonnenuhren vorgestellt werden; der Leser kann mit dieser Beschreibung die meisten Sonnenuhren klassifizieren

Äquatorialuhr



Kennzeichnend für diese Form der Sonnenuhr ist nicht der erdachsenparallele Schattenwerfer – die ist eine Eigenschaft aller „normalen“ Sonnenuhren – sondern das parallel zum Äquator angeordnete Ziffernblatt, das zudem noch eine Kreisform hat.

Diese Form kommt den astronomischen Gegebenheiten am nächsten, und dem aufmerksamen Leser ist nicht verborgen geblieben, daß unsere Ur-Sonnenuhr direkt Pate für diese Typen von Sonnenuhren ist. Eine unmittelbare Konsequenz dieser Tatsache ist, daß der Abstand der Ziffern auf dem Ziffernblatt gleich groß ist.

Vertikaluhr



Diese Form ist die bekannteste und wohl auch am weitesten verbreitet (oben ist ein besonders schönes Exemplar an einer Hauswand in der „Langen Gasse“ in Dinkelsbühl abgebildet). Der Grund hierfür ist wohl darin zu suchen, daß früher die Sonnenuhren die Rolle der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig spielten und die „offizielle“ Zeit für die Turmuhren an Kirchen lieferten. Daher sind an alten Kirchen sehr häufig Sonnenuhren zu finden.

Die Vertikaluhr hat natürlich auch einen erdachsenparallelen Schattenstab (der oft abgestützt ist, wie im Bild zu erkennen ist), allerdings ist das Ziffernblatt eine vertikale Fläche. Der Ziffernabstand ist alles andere als gleich lang, wie man sich mit etwas geometrischem Vorstellungsvermögen denken kann.

Zudem ist nicht jede Wand direkt nach Süden ausgerichtet, was dazu führt, daß der Schattenstab auch in der waagerechten i.a. mit der Wand keinen rechten Winkel bildet und der Ziffernabstand bei den Mittagstunden wiederum andere Abstände hat als bei den Morgenstunden. Man betrachte obiges Bild genau: Die Wand zeigt nicht genau nach Süden.

Horizontaluhr



Der Leser kann sich nun denken, was eine Horizontalsonnenuhr ist: das Gleiche wie eine Vertikalsonnenuhr aber das Ganze nur in der Horizontalen angeordnet.

Auch hier gelten die Aussagen zur Vertikaluhr analog: Die Stundenabstände der Skala sind nicht gleich groß; der Schattenstab zeigt nach Norden und ist um die Gradzahl der geographischen Breite zur Horizontalen geneigt. Anders als bei den Vertikaluhren, deren Anbringung von der Ausrichtung der Mauer abhängig ist, hat man bei den Horizontaluhren i.a. die Möglichkeit, sie mit Ziffernblatt nach Norden (bzw. Süden) auszurichten, was eine Symmetrie der Stundenskala mit sich bringt.

Der aufmerksame Betrachter des Bildes wird sofort bemerkt haben, daß diese Sonnenuhr keine echte Horizontaluhr ist: Das Ziffernblatt ist gegenüber der Waagerechten um einen bestimmten Winkel geneigt. Hier haben wir der vielen Variationsmöglichkeiten bei der Konstruktion von Sonnenuhren. Wichtig dabei ist immer wieder, daß der Schattenstab nach Norden zeigt und um den Winkel der geographischen Breite gegen die „wirkliche“ Horizontale (nicht gegen ein evtl. geneigtes Ziffernblatt) geneigt ist.

Lesen der Sonnenuhr

Stundeneinteilungen auf Sonnenuhren

Die Zeitmessung ist wohl so alt sind wie die Menschheit, und es ist kaum anzunehmen, daß die aus der alten Geschichte bekannten Völker die Zeit nach dem uns bekannten 24-Stunden-System gemessen haben.

Und da auch die Geschichte der Sonnenuhren ebenfalls bis in die Antike zurück reicht, ist es nicht auszuschließen, daß man beim Betrachten von Sonnenuhren mit „alten“ Stundenskalen konfrontiert wird. Diese alten Skalen prägen zwar nicht mehr das Gesicht der meisten Sonnenuhren, aber dennoch will ich ein Exkurs in verschiedene Tageseinteilungen in Stunden machen, was aber nur für das Verständnis von Bedeutung ist.

Temporalstunden

In der Antike wurde der helle Teil des Tages – also der Tag - in 12 gleich lange *Temporalstunden* unterteilt, die die Stundenskala antiker Sonnenuhren prägen. Natürlich variiert diese Stundenlänge im Jahresverlauf.

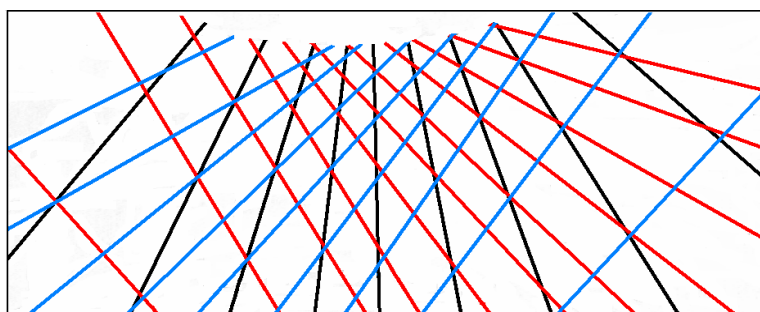
Babylonische Stunden

Bei der Einteilung des Tages in *Babylonische Stunden* wird der Tag zwar auch in 24 gleich lange Stunden geteilt, aber die Zählung beginnt nicht bei Mitternacht sondern bei *Sonnenaufgang* (= 0 Uhr)

Italische Stunden

Auch bei der Einteilung in *Italische Stunden* – auch *Böhmische* oder *Schlesische* Stunden genannt – wird der Tag in 24 gleich lange Stunden geteilt, aber die Zählung beginnt bei *Sonnenuntergang* (= 0 Uhr).

Wenn also der Leser vor einer Sonnenuhr mit folgenden Aussehen steht, hat dem Maler kein Huhn die Farbtöpfe umgeworfen um anschließend übers Ziffernblatt zu laufen, sondern es sind zu den uns bekannten Stunden die Italischen und Babylonischen Stunden dargestellt:



schwarz: „gewöhnliche“ Stunden

rot: Italische Stunden

blau: Babylonische Stunden

Datumslinien

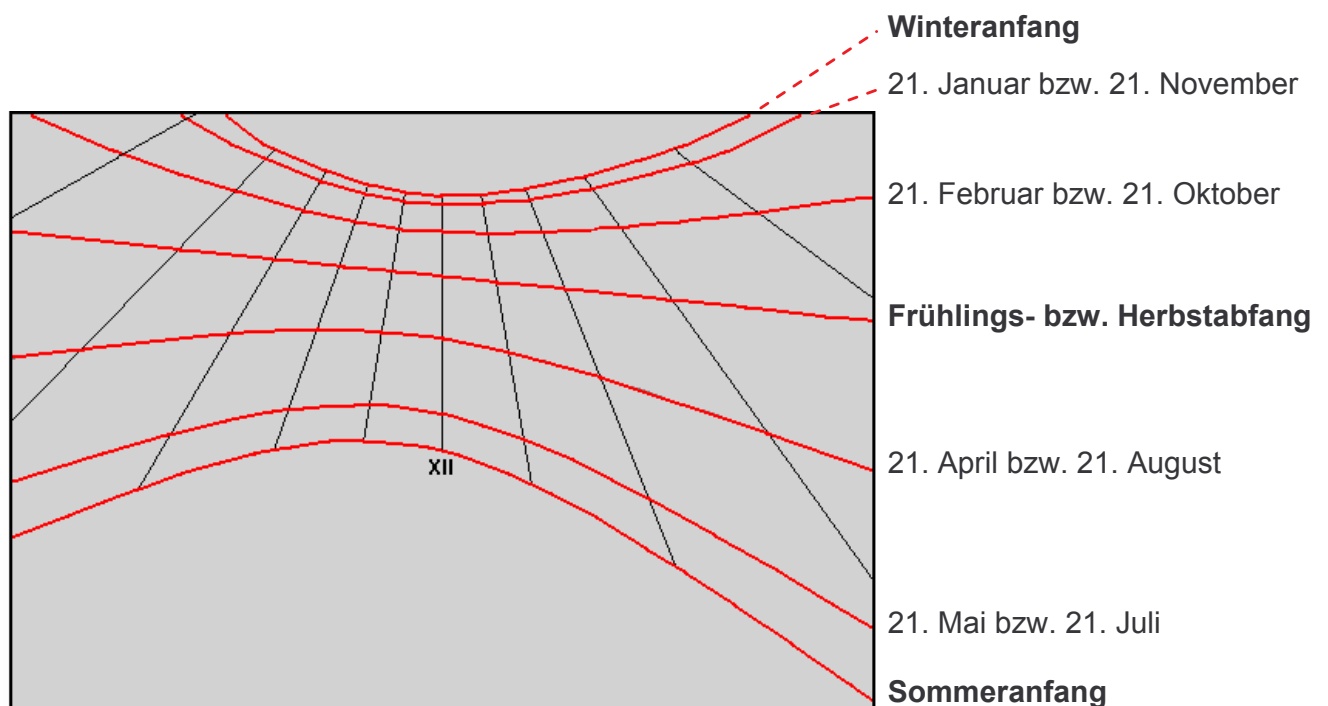
Nun wollen wir uns aber für den Rest des Buches wieder der uns bekannten 24-Stunden-Skala zuwenden, wie sie auf fast allen Sonnenuhren abgebildet ist. Diese Skala soll die Grundlage für das Ablesen der Zeit von Sonnenuhren sein.

Irgendwann hat sich der Leser mit Sicherheit die Frage gestellt, wie sich denn die unterschiedliche Sonnenhöhe auf dem Ziffernblatt nun auswirken würde. Nach dem bisher gesagten ist klar (Denksportaufgabe):

Die Sonnenhöhe wirkt sich nur indirekt über die Zeitgleichung aus.

Aber sie hinterläßt dennoch ihre Spuren durch die unterschiedliche Länge der Schatten im Sommer und Winter, die Körper – so auch der Schattenwerfer von Sonnenuhren – werfen:

Wenn man die Spur der Spitze des Schattenwerfers (oder einer kugelförmigen Verdickung des Schattenstabes) auf einer vertikalen Sonnenuhr markiert, entsteht folgendes Bild:

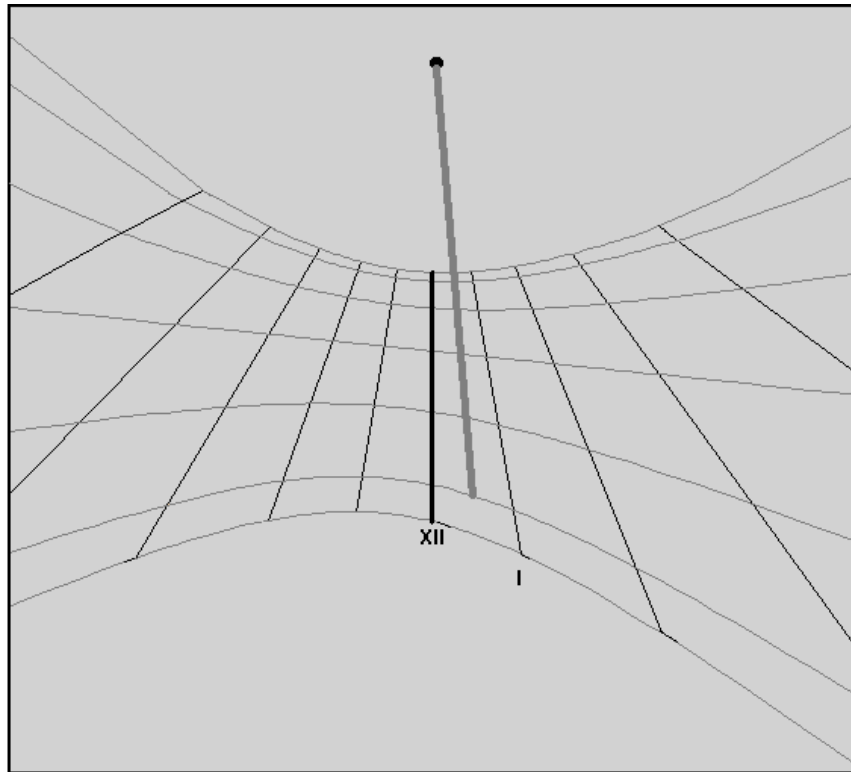


Diese *Datumslinien* repräsentierten ursprünglich die Tierkreiszeichen (oft sind sie auch durch diese markiert) und weniger das Datum in unserem strengen Sinne. Also sollte man beim Ablesen alter Sonnenuhren Großzügigkeit walten lassen.

Diese „Datumslinien“ sieht man häufig auf Sonnenuhren (siehe Titelbild). Sie können das Linien-Wirrwarr auf den ersten Blick vergrößern; Eingeweihten erleichtern sie aber die Orientierung auf dem Ziffernblatt.

Ablezen der Zeit von Sonnenuhren

Nun können wir die Uhrzeit von Sonnenuhren ablesen. Welche Uhrzeit zeigt folgende Sonnenuhr in *Dortmund* (es ist nur der Schatten skizziert):



Also los geht's: Wir haben

- 21. Mai oder 21. Juli, sagen wir *21. Mai* (das wissen wir auch ohne Datumslinie)
- 12.30 WOZ
- $12.30 - \text{ZGL} = 12.30 - 4 \text{ Min} = 12.26 \text{ MOZ}$ (weil ZGL am 21 Mai = 4 Min)

Das war bisher Ortszeit Wie kommen wir aber zur unserer Mitteleuropäischen Zeit ? Nun da ist noch etwas Geistesakrobatik notwendig.

Die Mitteleuropäische Zeit ist die Mittlere Ortszeit bei 15° Ost. Wären wir am 15. Längengrad – z.B. in Görlitz – so wären wir fertig:

12.26 MEZ und damit 13.26 MESZ Hurra ??

Aber wir sind in *Dortmund*, 7.5° Ost !

Nun, wenn in Dortmund 12.26 MOZ ist, dann war in Görlitz schon 30 Min vorher 12.26 MOZ (die Sonne braucht 30 Minuten von Görlitz bis Dortmund) und daher ist nun in Görlitz 12.56 MOZ.

Weil MEZ = MOZ bei 15° Ost (z.B. in Görlitz) gilt, wenn obige Sonnenuhr in Dortmund steht:

- 12.56 MEZ und damit 13.56 MESZ. *Endgültig Hurra !!*

Ja, nun haben wir im Schweinsgalopp mal die Zeit abgelesen. Ich glaube aber, der Leser hat nun eine Verschnaufpause verdient, um sich Einiges noch mal zu verdeutlichen.

- Zunächst kann der Leser sich noch mal die Ausführungen zur „Zeitgleichung“ und zu den einzelnen Zeiten (WOZ, MOZ, MEZ) ansehen.
- Man sollte sich nochmal die Korrektur des Längengrades und die Bedeutung der „Achten“ verdeutlichen: Auf der vorigen Seite erscheinen sie nicht, daher muß die ZGL „eingerechnet“ werden.

Folgende Frage muß noch geklärt werden:

Wie erkennt man, ob die Sonnenuhr auch die WOZ anzeigt, und nicht schon die Korrektur des Längengrades eingebaut hat ?

Ganz einfach (für den Fall der Vertikaluhr erklärt):

Wenn die „12“ senkrecht unter der Befestigung des Schattenwerfes ist, zeigt die Sonnenuhr die WOZ.

Wenn – bei jüngeren Sonnenuhren – z.B. in Dortmund 12.30 senkrecht unter (bei Äquatorialuhren „senkrecht hinter“) der Befestigung des Schattenstabes wäre, würde die Sonnenuhr schon die „längengrad-korrigierte Zeit“ anzeigen, und man bräuchte nur die ZGL einzurechnen.

Die Uhr auf der vorigen Seite zeigt – bitte kontrollieren – die WOZ an.

Faustformel

Kein Mensch will vor einer Sonnenuhr sich Knoten ins Gehirn machen bezüglich WOZ, MOZ, MEZ, sondern unkompliziert die Zeit ablesen:

- Zeit ablesen
- Prüfen ob die Uhr (bei alten Uhren immer) die WOZ anzeigt
- Wenn ja („12“ senkrecht unter Montagepunkt des Schattenwerfers):
 - im Osten Deutschlands nichts addieren
 - in der Mitte Deutschlands 15 Minuten
 - im Westen Deutschlands 30 Minuten addieren
- Im Sommer und im Winter (großzügig sein) die Zeitgleichung wegen des kleinen Beitages - Größenordnung 5 Min. - einfach vernachlässigen, es sei denn, die Korrekturen sind im Ziffernblatt eingebaut.

Diese Faustformel kann der Leser an der Szenerie auf der folgenden Seite prüfen. Das Bild wurde am 19. September (also fast *Herbstanfang*) in Rothenburg o. d. Tauber (*Mitte Deutschlands*) gemacht.



- Es ist 19. September (Herbstanfang); hier markierte ein „Knubbel“ am Schattenwerfer das Datum: Sein punktförmiger Schatten ist klar auf der Datumslinie „Herbst- bzw. Frühlingsanfang“ zu erkennen.
- Die Sonnenuhr zeigt WOZ; also ca. 13.10 WOZ.
- Wir nehmen noch Sommer an und vernachlässigen die Zeitgleichung.
- Wir sind in der Mitte Deutschlands und addieren 15 Minuten.
- Addiert man noch 1 Std (Sommerzeit), sind wir am Ziel: 14.25 Uhr, wie die untere „bürgerliche“ Uhr zeigt.

Bauanleitung

Was ist das Wichtigste bei einer Uhr? Richtig: das Uhrwerk. Wo bekommen wir das Uhrwerk her? Wir müssen es kaufen; bauen können wir es nicht. Mit dem *Uhrwerk* kaufen wir im allgemeinen *Zeiger* und *Zifferblatt* mit: Wir haben eine Uhr gekauft. Wie ist es nun bei einer Sonnenuhr?

Uhrwerk der Sonnenuhr

Wenn der Leser bisher aufmerksam war, wird er sofort merken, daß ihm die Natur das *Uhrwerk für seine Sonnenuhr* kostenlos liefert: die sich in 24 Stunden um ihre Achse drehende Erde.

Zeiger der Sonnenuhr

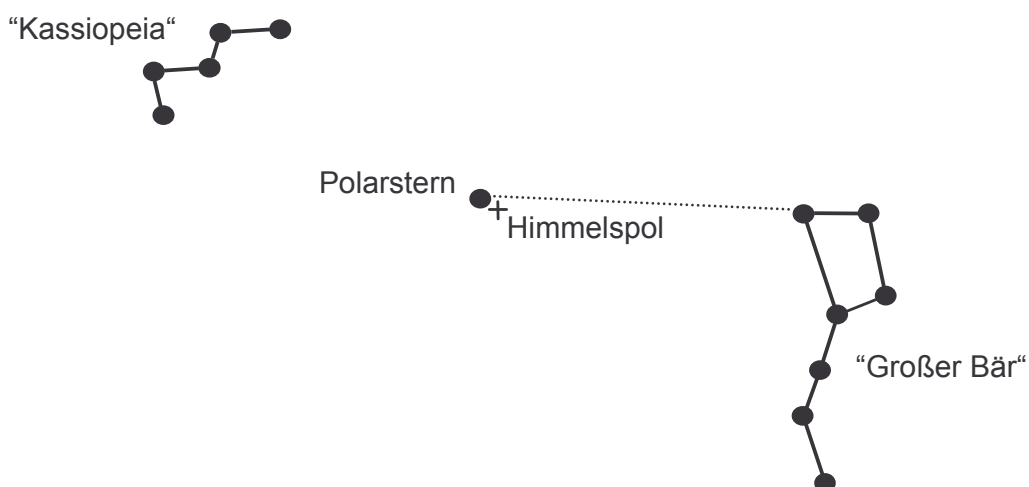
Der Zeiger bei einer Sonnenuhr ist der Schatten des Schattenwerfers. Das A & O beim Bau einer Sonnenuhr ist die Ausrichtung des Schattenwerfers (Gnomon), der bekanntlich parallel zur Erdachse verlaufen muß:

Den Schattenwerfer nach Norden ausrichten und um den Winkel der geografischen Breite des Ortes neigen.

In einer klaren Nacht sollte man den Sternenhimmel nutzen: Die Erdachse zeigt gemäß seiner Definition genau auf den „Himmelspol“:

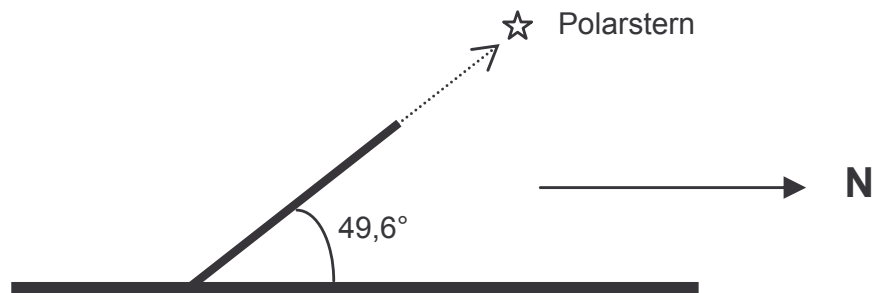
Über den Schattenwerfer den Himmelspol (Polarstern) anvisieren.

Der Himmelspol befindet sich in unmittelbarer Nähe des Polarsterns, der sehr leicht zu finden ist: Suche die auffälligen Sternbilder „Kassiopeia“ (wegen der Form auch „Himmels-W“ genannt) und den „Großen Bären“ („Großer Wagen“); verlängere die Hinterachse vom „Großen Wagen“:



Vorsicht: Während der Nacht ändern die Sternbilder Position und Winkel.

Dies bedeutet für meinen Heimatort Hermeskeil (geogr. Breite 49.6°):



Wo es möglich ist, sollte die Ausrichtung mit Hilfe des Polarsterns vorgenommen werden., denn dann erspart man sich den Winkelmesser und insbesondere einen von der Umwelt ggf. abgelenkten Kompaß. Im Falle einer vertikalen Sonnenuhr steht leider zwischen Auge und Polarstern im allgemeinen eine Wand.

Ziffernblatt einer Sonnenuhr (MEZ)

Am Rande sei noch mal darauf hingewiesen, daß bei einer Sonnenuhr der Zeiger still steht und das Ziffernblatt sich dreht. Der Zeiger steht aber nur dann still, wenn er parallel zur Erdachse verläuft.

Wenn wir nun das Schwierigste geschafft haben, den Schattenwerfer genau auszurichten, ist der nächste Schritt im Prinzip sehr einfach: die Konstruktion des Ziffernblattes. Ich sage bewußt „im Prinzip“, denn wenn beim Bau einer Sonnenuhr Schattenwerfer und Ziffernblatt eine Einheit bilden, muß man schon etwas aufpassen.

Wie konstruiere ich nun dieses Ziffernblatt für die Mitteleuropäische Zeit?

Ich verrate Ihnen nun einen Trick, den ich sonst nur meinen besten Freunden erzähle: Nehmen Sie Ihre Armbanduhr zur Hilfe:

Wenn Sie den Schattenwerfer gemäß obiger Anleitung – ggf. mit der gesamten Uhr - aufgestellt haben, markieren Sie nach der Formel

Stunden-Markierung x setzen zur abgelesen Uhrzeit x – „ZGL“

Die „Zeitgleichung“ (ZGL) ist dem Anhang „Tabellen“ zu entnehmen.

Also am 1. März muß ich um 13.12 Uhr die Marke „13“ auftragen.

Wenn Sie eine genau gehende Sonnenuhr haben wollen, müssen Sie noch die „Zeitgleichung“ in das Ziffernblatt „einbauen“. Hierauf will ich nicht näher eingehen, da es viele Möglichkeiten hierfür gibt. Betrachten Sie die Bilder oder nutzen sie Programme aus dem Internet („shadows“).

Astronomische Betrachtungen

In diesem Kapitel werden - wie am Anfang angedeutet - für die „großen Leute“ einige Grundlagen aus der Astronomie und der Physik genauer beschrieben. Im Buch wurde eine genaue Beschreibung dieser Sachverhalte vermieden um den Leser nicht zu überlasten. Zudem war eine detaillierte Beschreibung für das Verständnis nicht notwendig.

Alle, die sich zu den „großen Leuten“ zählen, sind eingeladen, den Ausführungen dieses Kapitels zu folgen, um das Wissen rund um die Sonnenuhren zu vervollständigen.

Genauigkeit astronomischer Daten

In diesem Buch wird bei vielen Daten „ca.“ vorangestellt. Dies deutet nicht auf Nachlässigkeit des Autors oder Unfähigkeit der Astronomen hin, sondern hat folgende Gründe:

- Eine präzisere Angabe hätte nur verwirrt und von der eigentlichen Zielsetzung abgelenkt (z.B. ist die Umlaufzeit der Erde nicht „ca. 365 Tage“ sondern 365.24 Tage, wobei man auch davor wiederum „ca.“ schreiben könnte, wie wir noch sehen werden).
- Astronomische Daten unterliegen jährlichen – oft sehr kleinen – Schwankungen, da die Zeiten (wie z.B. die Umlaufzeit der Erde) nicht ganzzahlig in Tagen oder Stunden anzugeben sind. Der erdnächste Punkt (Perihel) und der erdfernste Punkt (Aphel) sind nicht immer am 3. Januar bzw. am 4. Juli; sie können an anderen Tagen sein, wie auch der Frühlingsanfang am 20. oder 21. März sein kann. Auch die im Anhang „Tabellen“ noch bereitgestellten Angaben zur „Zeitgleichung“ variieren - allerdings minimal - von Jahr zu Jahr.

Astronomische Daten sind also genau bekannt, aber sie sind nicht immer ganzzahlig in Tagen und Stunden anzugeben und sind daher insbesondere jährlichen Schwankungen ausgesetzt.

Die Bezeichnung „*mittlere ...*“ (z.B. „Mittlere Ortszeit“) ist so zu erklären.

Die Lieferung genauer astronomischer Daten entspricht nicht der Zielsetzung dieses Buches. Hierzu sei das jährlich erscheinende Buch „KOSMOS Himmelsjahr“ empfohlen, in dem z.B. der Zeitpunkt des Frühlingsanfangs im jeweiligen Jahr bis auf die Minute genau angegeben wird (gemäß „KOSMOS Himmelsjahr 2000“ war dieses Ereignis im Jahr 2000 am 20. März um 8.35 MEZ).

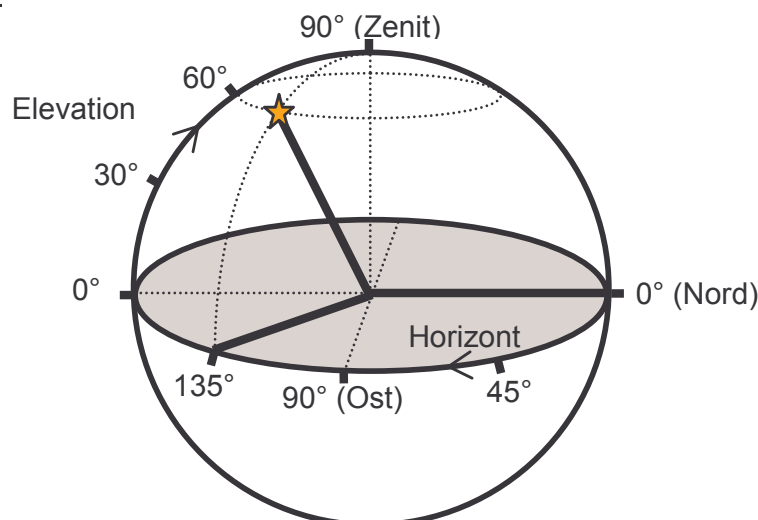
Orientierung am Himmel

Der Himmel erscheint uns aufgrund unseres Vorstellungsvermögens als Kugel, an der die Sterne, Planeten, Sonne und Mond angeheftet sind bzw. auf der sie Ihre Bahnen ziehen. Genauso wie man sich auf der Erde orientieren will und dazu ein Koordinatensystem der *Längen- und Breitengrade* mit den Polen und dem Äquator geschaffen hat, wurden auch der „Himmelskugel“ solche Koordinatensysteme übergestülpt.

Dadurch, daß sich die Erde um die eigene Achse dreht, dreht sich die Himmelskugel für einen Beobachter auf der Erde scheinbar um eine Achse (beobachten Sie mal die Stellung bekannter Sternbilder- z.B. der „Große Wagen“ im Verlaufe einer Nacht) mit entsprechenden „Polen“. Der Himmelsnordpol liegt – dies wissen wir bereits – in der Nähe des Polarsterns. Den Himmelssüdpol sieht man in Deutschland nicht, da man bekanntlich nicht durch die Erde hindurch schauen kann.

Die Koordinatensysteme sind natürlich nicht in den Himmel gezeichnet, man muß sie sich vorstellen.

Azimut/Elevation



Dieses Koordinatensystem ist vom Beobachter abhängig; er „steht im Mittelpunkt“. Astronomische Angaben sind damit abhängig vom Ort.

Der *Azimut* ist identisch mit der Kompaß-Richtung: Nord = 0°, Ost = 90°, Süd = 180°, usw.; er kann mit Hilfe des Kompasses bestimmt werden.

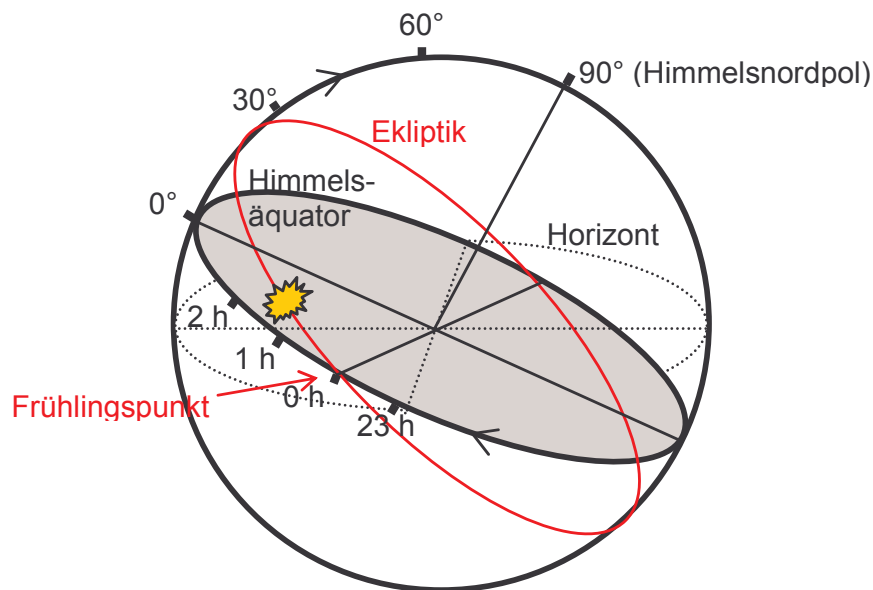
Der *Elevation* ist die Höhe am Himmel in °: Horizont = 0°, Zenit (Punkt über dem Beobachter) = 90°; sie ist mit einem Sextanten zu bestimmen.

Die Koordinaten des in der Skizze eingezeichneten Sterns sind;

$$\text{Azimut} = 135^\circ, \text{ Elevation} = 60^\circ$$

Das Azimut/Elevationssystem ist - wie aus den Begriffen ersichtlich - das Orientierungssystem (zumindest in früheren Zeiten) der Seefahrer.

Rektaszension/Deklination



Dieses Koordinatensystem ist vom Beobachter unabhängig; Grundlage für die Eckwerte sind nur objektive astronomischen Gegebenheiten.

Die *Himmelspole* sind – vom Standort des Beobachters unabhängige - fiktive Punkte am Sternhimmel. Auf diese Punkte zeigt die Erdachse.

Der *Frühlingspunkt* ist der Punkt am Himmel, in dem die Sonne am Frühlingsanfang steht. Es ist der Schnittpunkt zwischen *Himmelsäquator* und *Ekliptik*.

Die *Ekliptik* ist die scheinbare Bahn der Sonne am Himmel, die sie im Verlauf eines Jahres durchwandert (wenn die Erde still stände und die Sonne um die Erde wandern würde). Oft hört man im Zusammenhang mit Horoskopen und Geburtstagen z.B. den Satz „Ich bin Jungfrau“. In diesem Zusammenhang kann dies nur bedeuten: „Ich bin im Sternbild ‘Jungfrau’ geboren“. Dies bedeutet wiederum „Am Tage meiner Geburt stand die Sonne auf im Sternbild ‘Jungfrau’“. Bei der Wanderung der Sonne entlang der Ekliptik passiert sie irgendwann das Sternbild Jungfrau (*Wanderung der Sonne durch den Tierkreis*).

Genauere Angaben zur Begrifflichkeit sind im „Kosmos Himmelsjahr“.

Damit lässt sich nun das Rektaszension-Deklination-System beschreiben:

Rektaszension: Beginnend am Frühlingspunkt (0h) wird der Himmelsäquator in 24 Stunden (nicht in °!) unterteilt.

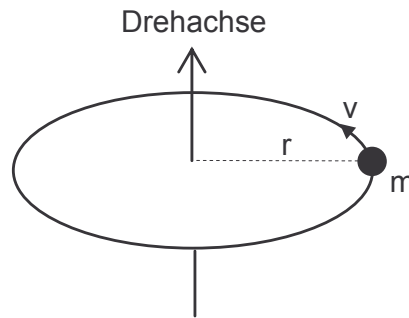
Deklination: Beginnend am Himmelsäquator wird die Höhe von 0° - 90° (Himmelsnordpol) dargestellt.

Dieses System korrespondiert mit dem Grad-Netz der Erde.

Der Drehimpulserhaltungssatz

Zum Verständnis der Bewegungen im Planetensystem und damit der Ereignisse am Himmel ist der *Drehimpulserhaltungssatz* von zentraler Bedeutung. Dieses Naturgesetz läßt sich beliebig kompliziert formulieren, aber für unsere Zwecke reicht folgende Darstellung.

Um eine Drehachse bewege sich ein Körper der Masse m auf einer Kreisbahn mit Radius r und der Geschwindigkeit v :



Dann gilt, falls keine Kräfte wirken:

1. *Die Richtung der Drehachse ändert sich nicht.*
2. *Der Drehimpuls D bleibt konstant:*

$$D = m \cdot r \cdot v = \text{konstant}$$

Je größer der Drehimpuls, desto größer die Kräfte, um Drehimpuls und Drehachsenrichtung zu ändern: „Der Körper versucht Drehimpuls und Achsenrichtung konstant zu halten“.

Berühmteste Auswirkungen dieses Satzes:

- Ein fahrendes Fahrrad kippt nicht - zumindest nicht leicht - um: Die Drehachsen der Räder versuchen die Richtung beizubehalten. Deswegen sind die Räder auch so groß, damit der Drehimpuls groß ist und die überall wirkenden Kräfte das Rad nicht so leicht kippen können.
- Eine Prima Ballerina dreht sich schneller, wenn sie die Arme anzieht: Ihre Masse bleibt gleich; aber das Anziehen der Arme verkleinert den Radius. Damit D (obige Formel) konstant bleibt, muß sich v erhöhen.

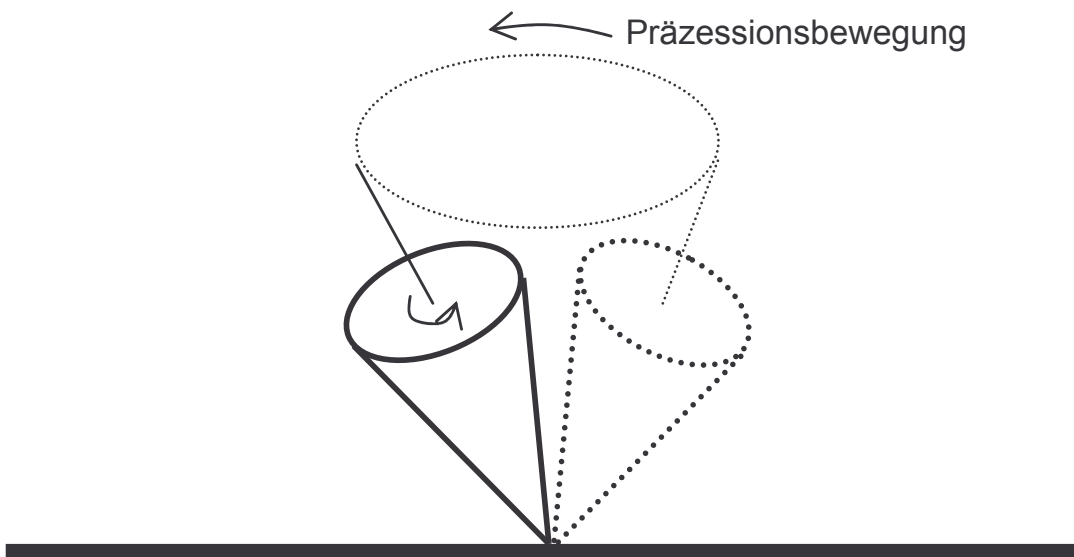
In der Astronomie:

- Der Konstanz der Richtung der Drehachse der Erde verdanken wir unsere Jahreszeiten und – leider – auch einen Teil der „Zeitgleichung“.
- Das 2. Keplersche Gesetz folgt aus dem Drehimpulserhaltungssatz: Da die Erde im Winter näher an der Sonne ist, dreht sie sich schneller, woraus – auch leider – der zweite Teil der „Zeitgleichung“ resultiert.

Präzessionsbewegung der Erde

Früher hatten wir als Kinder ein schönes Spielzeug, einen Kreisel, in meinem Heimatort besser als „Dilldop“ bekannt (diese Spielphase wird heute auf dem Weg über den „Gameboy“ zum „Playboy“ übergegangen). Dieser Kreisel führte neben der Drehung um seine Achse eine Bewegung aus, die die „großen Leute“ *Präzessionsbewegung* nennen:

Der Kreisel dreht sich nicht nur um seine eigene Achse sondern die Spitze der Achse führt ebenfalls eine Kreisbewegung durch (die Achse selbst beschreibt dabei einen Kegel):



Dieses Phänomen gehört zum Komplex der Drehimpulserhaltung:

Wirken auf einen Kreisel Kräfte (im obigen Falle versucht die Erdanziehung den Dilldop zu kippen), „weicht er durch Präzessionsbewegungen aus“.

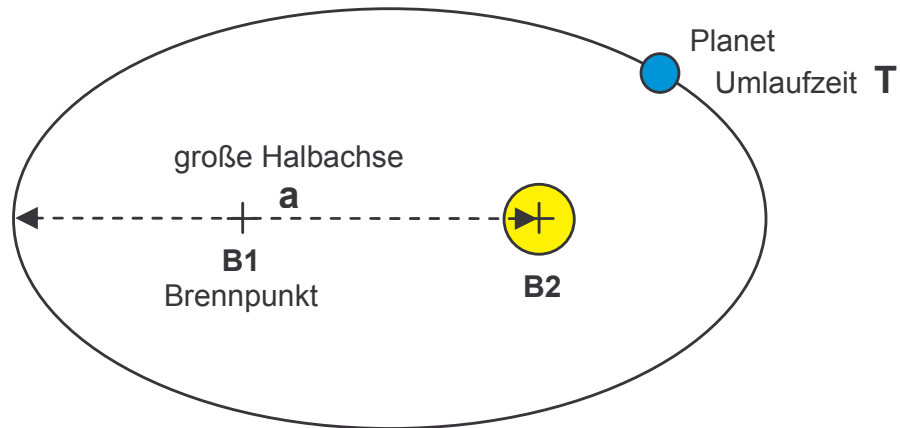
Anziehungskräfte von Sonne und Mond in Verbindung mit der Ungleichförmigkeit der Erde (Abplattung an den Polen) und ungleicher Massenverteilung wollen nun den „schiefen Kreisel“ Erde aufrichten, genau so wie die Erdanziehung unseren Dilldop umkippen will. Sie zwingen damit die Erdachse - analog zu unserem Dilldop - zu einem Tanz um einem Kegel. Die Erdachse zeigt also nicht immer in die gleiche Richtung, wie wir es bisher gemäß dem Drehimpulserhaltungssatz immer annahmen. Allerdings braucht die Erdachse für einen Umlauf um ihren Kegel etwa 25 000 Jahre (d.h. in 12 000 Jahren müssen die Leser meines Buches beim Sonnenuhrbau nicht den „Polarstern“ anpeilen, sondern einen Stern in der Nähe der Sternbilder „Leier“ oder „Herkules“).

Man merkt sofort: Die Präzessionsbewegung der Erde - ebenso andere „Taubelbewegungen“ - spielen bei unseren Betrachtungen keine Rolle.

Keplersche Gesetze

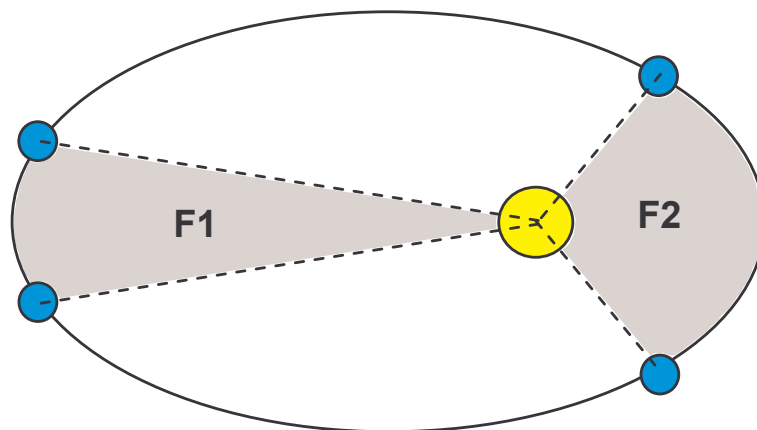
1. Keplersches Gesetz

Die Planetenbahnen sind Ellipsen, bei denen in einem Brennpunkt (B2) die Sonne steht



2. Keplersches Gesetz

Der "Fahrstrahl" von der Sonne zum Planeten überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen.



3. Keplersches Gesetz

Das Verhältnis der Quadrate der Umlaufzeiten T zu den 3. Potenzen der großen Halbachsen a ist bei allen Planeten konstant

$$T^2 : a^3 = \text{konstant}$$

Kalender

Es war schon immer ein Bedürfnis der Menschheit, den Verlauf des Jahres zu beschreiben, d.h. eine Methode zu entwickeln, wie man periodisch wiederkehrende Erscheinungen wie Tag und Nacht, die Jahreszeiten, Mondphasen, die Hochwasser des Nils, etc. in irgend einer Art und Weise festhalten und bezeichnen kann. Ein Kalender muß her.

Die Betrachtung zu Sonnenuhren läßt es vernünftig erscheinen, auch auf diese Kalender einzugehen, da jährliche Schwankungen sonnenuhrrelevanter Daten (z.B. "Zeitgleichung") dadurch besser verstanden werden.

Es gibt viele Kalender (wie man sich leicht denken kann, haben die alten Ägypter auch über die Dauer und Struktur eines Jahres nachgedacht), aber hier seinen folgende, für unseren christlich geprägten Kulturkreis bedeutungsvolle Kalender genauer betrachtet:

der "Julianische Kalender" und der "Gregorianische Kalender"

Diese Kalender beschreiben ein "Sonnenjahr": Den zeitlichen Verlauf eines Umlaufes der Erde um die Sonne (u.a. wurden im islamischen Teil der Erde "Mondjahre" benutzt). Auch hier gibt es astronomische Feinheiten hinsichtlich der Festlegung von „Start und Ziel“ (Durchgang der Sonne an einem Himmelspunkt), von dem die Jahreslänge abhängt:

- *Tropisches Jahr* (Durchgang mittl. Frühlingspunkt): 365,242... Tage
- *Siderisches Jahr* (Durchgang beliebiger Fixstern): 365,256... Tage
- *Anomalistisches Jahr* (Durchgang Perihel): 365,259... Tage

Dies wird hier nicht näher untersucht; unser „jahreszeitorientiertes“ Jahr entspricht - wie man leicht erkennt - dem tropischen Jahr und es gilt:

Das Jahr dauert 365,242... Tage.

Der Julianische Kalender

Daß das Sonnenjahr 365 Tage dauert, ist schon sehr lange bekannt. Es ist auch schon sehr lange bekannt, daß es ein klein wenig mehr ist.

Die alten Ägypter korrigierten dies so:

Das Jahr dauerte 365 Tage. Man addierte die im Verlauf der Regentschaft eines Pharaos angesammelte Differenz zu 365,... und drückte sie dem Nachfolger aufs Auge: Wenn der alte Pharao am „5. Juli“ starb hieß der 1. Tag der Regentschaft des Nachfolgers nicht „6. Juli“, sondern in Abhängigkeit von der sich im Verlauf der Regierungszeit seines Vorgängers angesammelten Differenz „4. Juli“ oder „2. Juli“, etc. (wobei sie mit Sicherheit nicht unser Bezeichnung des Datums benutzten).

Julius Cäsar, dessen Beziehungen zu den Ägyptern sich nicht im Flirt mit Kleopatra erschöpften, übernahm deren Kenntnisse über den Kalender und schuf für sein römisches Reich den "Julianischen Kalender":

Das Jahr hat 365 Tage; alle 4 Jahre wird ein Schalttag eingeführt.

Damit hat das „Julianische Jahr“ 365,25 Tage und kommt schon der Zahl 365, 242... verdächtig nahe.

Dieser Kalender wurde von der Kirche übernommen und für das Abendland verbindlich eingeführt. Hierbei muß man bedenken, daß es im Mittelalter keine Physikalisch technische Bundesanstalt in Braunschweig gab, sondern daß deren Rolle damals der Kirche zufiel.

Der Gregorianische Kalender

Es blieb nicht aus, daß im Verlauf der Jahrhunderte die Differenz von 365.25 Tagen des julianischen Jahres zur wahren Jahresdauer von 365.242.. Tagen auffiel. Bei der Datierung des Osterfestes, das auf dem Konzil von Nicäa im Jahre 325 bekanntlich auf den ersten Sonntag nach dem ersten Vollmond im Frühling festgelegt wurde, merkten die Astronomen, daß etwas nicht stimmt: Beim Herstellen des Bezuges zum jüdischen Passahfest, das sich nicht am Frühlingsbeginn orientiert, fiel auf, daß der Frühlingsbeginn sich immer mehr vom 21. März entfernte.

Gemäß ihrer Rolle nahm sich die Kirche dieser Problematik an. Papst Gregor XIII reformierte 1582 den Kalender mit folgenden Regeln:

- Mit der Einführung des „gregorianischen Kalenders“ folgt auf den 4.Oktober der 15.Oktober in der neuen Zeitrechnung (deshalb wurde die russische Oktoberrevolution immer im November gefeiert). Damit wird der Frühlingsbeginn wieder auf den 21.März gebracht.
- Nach einer neuen Schaltjahrregelung sind die Jahre, die durch 100 aber nicht durch 400 teilbar sind, keine Schaltjahre, obwohl die Jahreszahl durch 4 teilbar ist und nach der julianischen Regelung Schaltjahre sein müßten.

Dieses Erlebnis hatten wir im Jahr 2000:

- Es hätte ein Schaltjahr sein müssen, da 2000 durch 4 teilbar ist.
- Es durfte kein Schaltjahr sein, weil 2000 durch 100 teilbar ist.
- Es mußte wieder ein Schaltjahr sein, weil 2000 durch 400 teilbar ist.

Also war das Jahr 2000 ein Schaltjahr.

Damit entspricht das „gregorianische Jahr“ mit seinen 365.2425 Tagen fast dem Tropischen Jahr (in ca. 3000 Jahren beträgt der Fehler 1 Tag).

Tabellen

Zeitgleichungstabelle

Die Umrechnungsformel von WOZ zu MOZ heißt:

$$MOZ = WOZ - ZGL$$

Monat	Datum	ZGL
Januar	1.	-4
	5.	-5
	10.	-7
	15.	-9
	20.	-11
	25.	-12
Februar	1.	-13
	5.	-14
	10.	-14
	15.	-14
	20.	-14
	25.	-13
März	1.	-12
	5.	-11
	10.	-10
	15.	-9
	20.	-8
	25.	-6
April	1.	-4
	5.	-3
	10.	-1
	15.	0
	20.	1
	25.	2
Mai	1.	3
	5.	3
	10.	4
	15.	4
	20.	4
	25.	3
Juni	1.	2
	5.	2
	10.	1
	15.	0
	20.	-1
	25.	-2

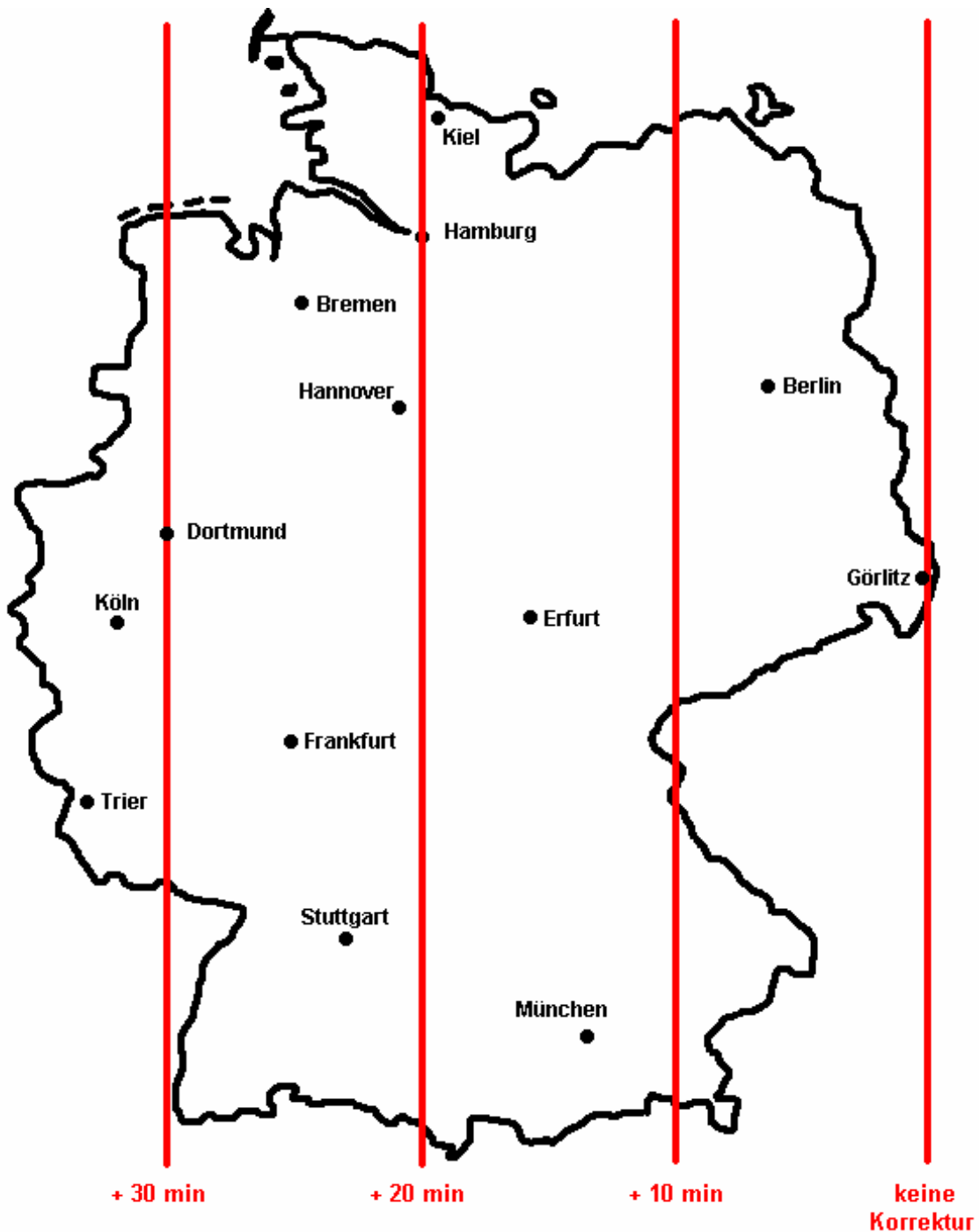
Monat	Datum	ZGL
Juli	1.	-3
	5.	-4
	10.	-5
	15.	-6
	20.	-6
	25.	-6
August	1.	-6
	5.	-6
	10.	-5
	15.	-4
	20.	-3
	25.	-2
September	1.	0
	5.	1
	10.	3
	15.	5
	20.	7
	25.	8
Oktober	1.	10
	5.	12
	10.	13
	15.	14
	20.	15
	25.	16
November	1.	16
	5.	16
	10.	16
	15.	15
	20.	14
	25.	13
Dezember	1.	11
	5.	9
	10.	7
	15.	5
	20.	2
	25.	0

Korrektur des Längengrades

Durch das Einführen der Zeitzonen, ergibt sich – wie bereits erwähnt – eine Differenz zwischen Ortszeit (MOZ) und Zonenzeit (MEZ):

$$\text{MEZ} = \text{MOZ} + \text{Längengradkorrektur}$$

Aus der unteren Skizze kann man entnehmen, wieviel Minuten man zu einer die Ortszeit anzeigende Sonnenuhr (die mit der „12“ unter dem Schattenwerfer) addieren muß, um die MEZ zu erhalten.



Korrekturtabelle speziell für den eigenen Standort

Man kann die „Zeitgleichung“ und die „Korrektur des Längengrades“ zu einer Korrektur für seinen Standort zusammenfassen nach der Formel:

Längengradkorrektur – ZGL

Monat	Datum	Korrektur
Januar	1.	
	5.	
	10.	
	15.	
	20.	
	25.	
Februar	1.	
	5.	
	10.	
	15.	
	20.	
	25.	
März	1.	
	5.	
	10.	
	15.	
	20.	
	25.	
April	1.	
	5.	
	10.	
	15.	
	20.	
	25.	
Mai	1.	
	5.	
	10.	
	15.	
	20.	
	25.	
Juni	1.	
	5.	
	10.	
	15.	
	20.	
	25.	

Monat	Datum	ZGL
Juli	1.	
	5.	
	10.	
	15.	
	20.	
	25.	
August	1.	
	5.	
	10.	
	15.	
	20.	
	25.	
September	1.	
	5.	
	10.	
	15.	
	20.	
	25.	
Oktober	1.	
	5.	
	10.	
	15.	
	20.	
	25.	
November	1.	
	5.	
	10.	
	15.	
	20.	
	25.	
Dezember	1.	
	5.	
	10.	
	15.	
	20.	
	25.	

Diese Korrektur muß zur WOZ addiert werden und man erhält die MEZ

Quellenverzeichnis

Arnold Zenkert

„Faszination Sonnenuhr“

Verlag Harri Deutsch, ISBN 3-8171-1579-2

Lutz Panier

„Historische Sonnenuhren in Görlitz, Teil I“

Görlitzer Magazin, 12. Jahrgang, ISBN 3-932693-38-8

Siegfried Schöpfer

„*Wie wird das Wetter*“

Franckh'sche Verlagshandlung, ISBN 3-4400-4841-1

Hans-Ulrich Keller, Erich Karkoschka

„*Kosmos Himmelsjahr 1992 – 2001*“

Franckh-Kosmos Verlags-GmbH, ISBN 3-4400-7725-X

Dirk Husfeld, C. Kronberg

„*Astronomisches Kalenderwesen*““

Internet: www.heiligenlexikon.de/Kalender/Kalenderwesen.htm

Bilder

Sonnenuhr am Alten Münchener Rathaus:

www.infraroth.de/sonnenuhr.html

Sonnenuhr in London:

www.sundials.co.uk

(Bild: Piers Nicholson)