

Tellurium

Wolberger



Inhalt

- Einleitung	2
- Berechnung und Bewegung der Planeten	3
- Bau des Telluriums	11
- Material	19
- Einstellung und Bedienung	20
- Tellurium Information	22
- Datenblätter	27



Einleitung

Ein Tellurium (lateinisch tellus ‚die Erde‘) ist eine Heliozentrische Planetenmaschine zur Demonstration der Bewegungen von Erde und Mond. Die Modelle dieser Himmelskörper drehen sich an einem Hebelarm um die Sonne. Mit einem Tellurium lassen sich die Entstehung der Jahreszeiten, Mondphasen und Finsternisse veranschaulichen. Manche Tellurien besitzen noch zusätzlich die inneren Planeten Venus und Merkur womit sie eigentlich schon Orrerries sind.

Nachgebautes kleines Tellurium für den Handbetrieb

Ein solches Tellurium ist ein speziell für den Unterricht entwickeltes Lehrmittel, das in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts und im frühen 20. Jahrhundert an Schulen verbreitet war.



Das Tellurium

Das im Dokument beschriebene Tellurium wurde für einen Uhrwerkantrieb konstruiert und kann mit einer Kupplung auf Handbetrieb umgestellt werden, um es einzustellen oder zur Demonstration der Planetenbewegung.

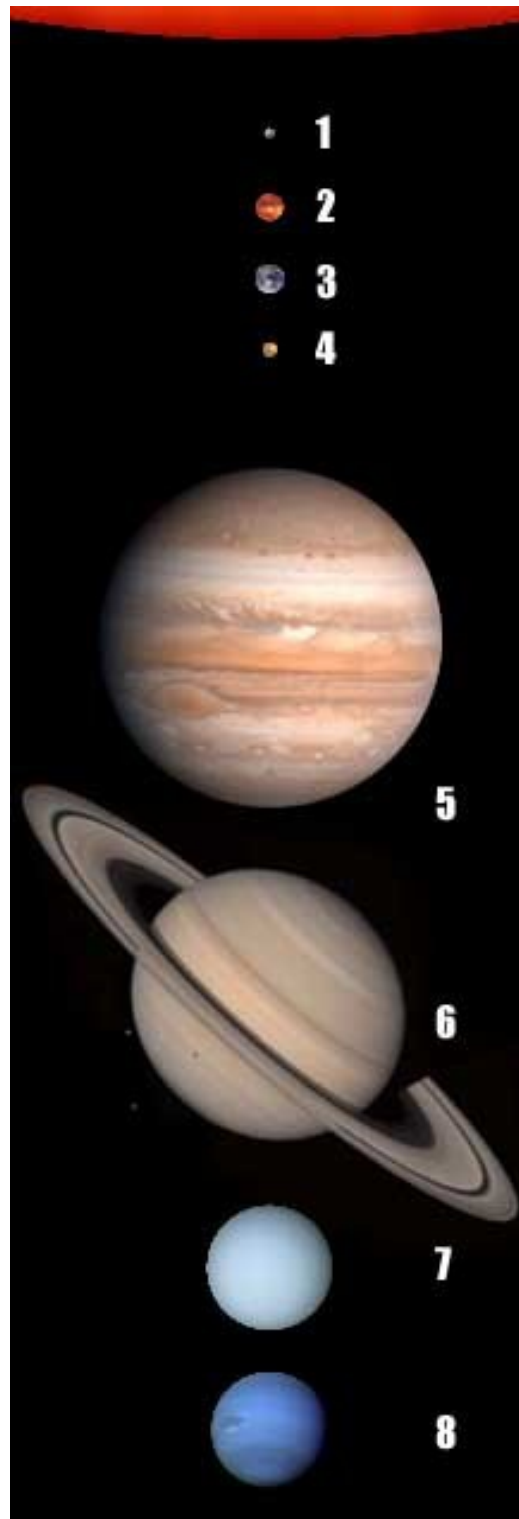
Es besteht aus drei Baugruppen dem Telluriumarm mit Sonne, Merkur, Venus, Erde und Mond. Der Telluriumplatte mit Skala und Sternenhimmel und dem Untersetzungswerk, dass unter der Telluriumplatte montiert ist.



Massstabgetreue Darstellung der Planetengrößen des Sonnensystems

Massstabgetreue Darstellung der Planetengrößen des Sonnensystems

- Sonne
- 1 Merkur
- 2 Venus
- 3 Erde
- 4 Mars
- 5 Jupiter
- 6 Saturn
- 7 Uranus
- 8 Neptun



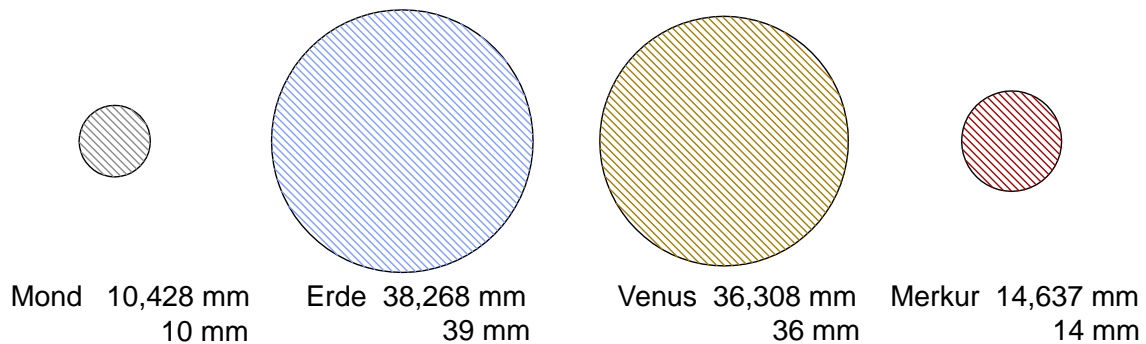
Planeten Durchmesser Real und Modell

Durchmesser Real

Mond 3'476 km
Erde 12'756 km
Venus 12'103 km
Merkur 4'879 km

Sonne 1'392'684 km

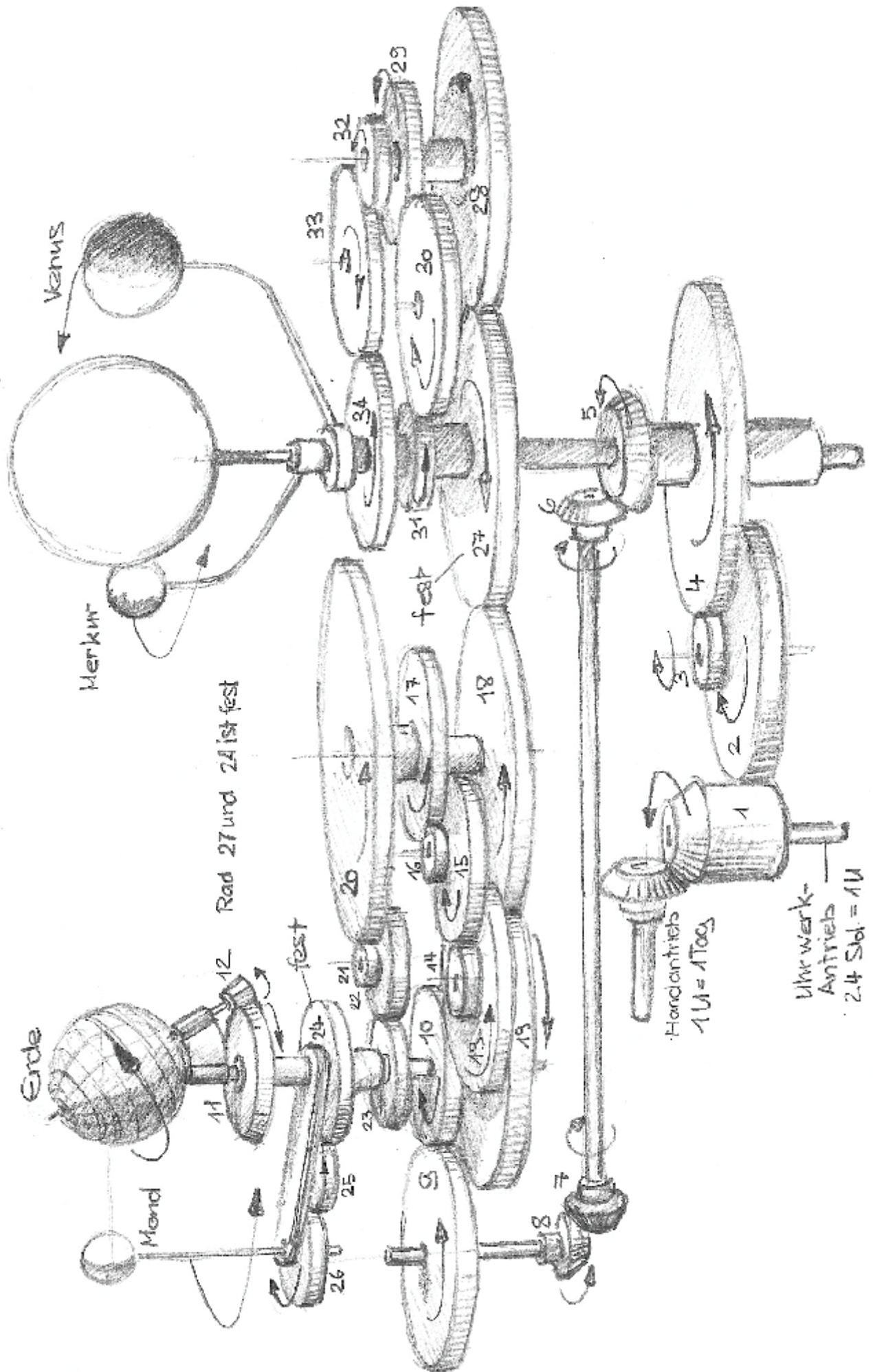
Durchmesser Modell



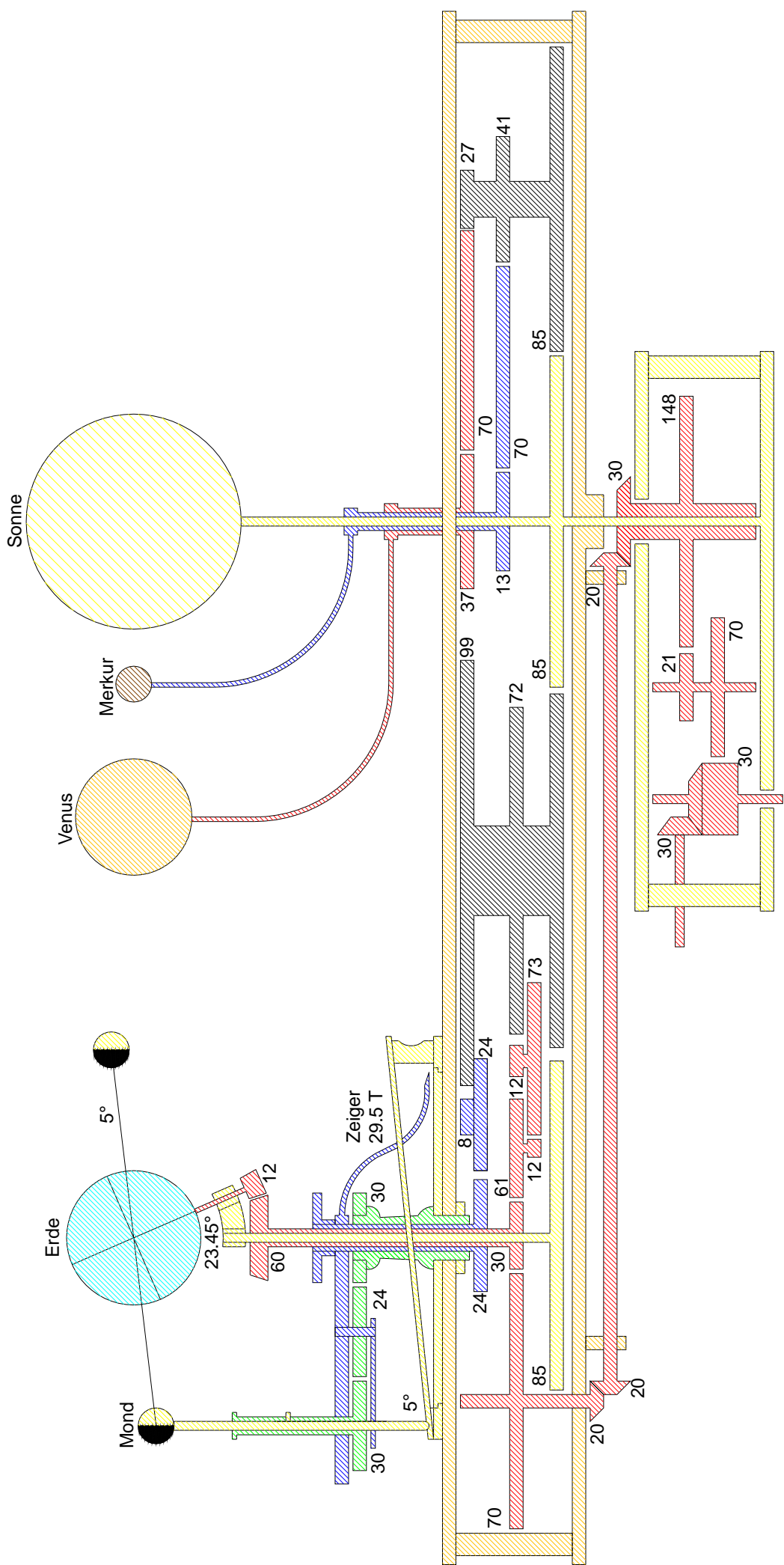
Sonne 4 m 17 cm 8 mm

Die Planeten Merkur, Venus, Erde und Mond sind im Tellurium-Modell untereinander im Massstab 1:1 dargestellt. Die Sonne ist nicht massstabgetreu, ihr Durchmesser wäre über 4 m auch die Entfernung zwischen den Planeten ist selbstverständlich nicht massstabgetreu. Die Entfernung zwischen Sonne und Erde wäre im Modell etwas über 450 m.

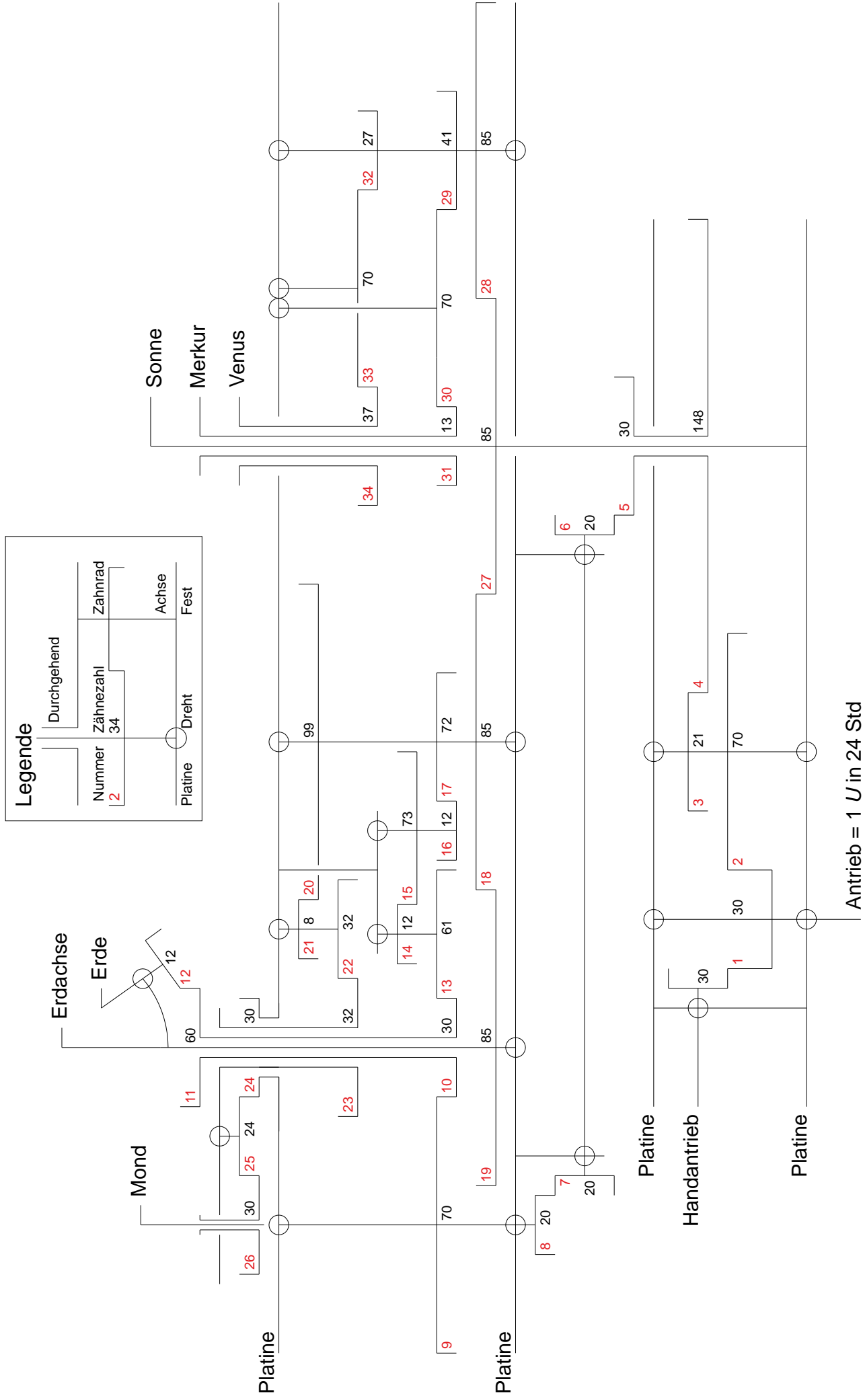
Drehrichtung der Räder und Planeten



Tellurium Schema 1



Tellurium Schema 2 für die Berechnung



Berechnung

$$\begin{array}{l} \text{Antrieb} \\ U_{1-10} \end{array} \quad 365 \cdot \frac{30}{70} \frac{21}{148} \frac{30-30}{20} \cdot 70 = 2225.58$$

$$\begin{array}{l} \text{Erdumdrehung} \\ U_{1-12} = U_{1-9} U_{10-12} \end{array} \quad \frac{2225.58}{30} \frac{60}{12} = 370.929$$

$$371 U_{-1} U_{\text{Erdachse}} - 5 U_{\text{Epizyklisch}} \quad 1:5 = 365$$

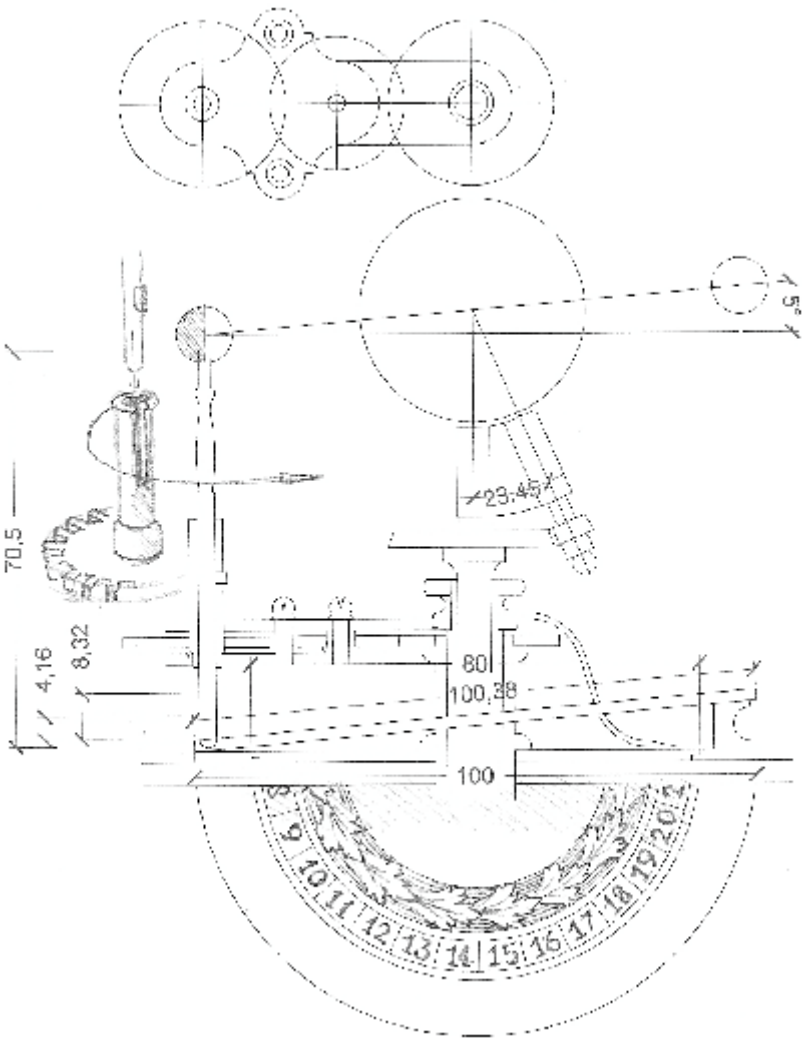
$$\begin{array}{l} \text{Arm} \\ U_{1-17} = U_{1-9} U_{13-17} \end{array} \quad \frac{2225.58}{61} \frac{12}{73} \frac{12}{72} = 0.99958$$

$$\begin{array}{l} \text{Mond} \\ U_{20-26} \end{array} \quad \frac{99}{8} = 12.375$$

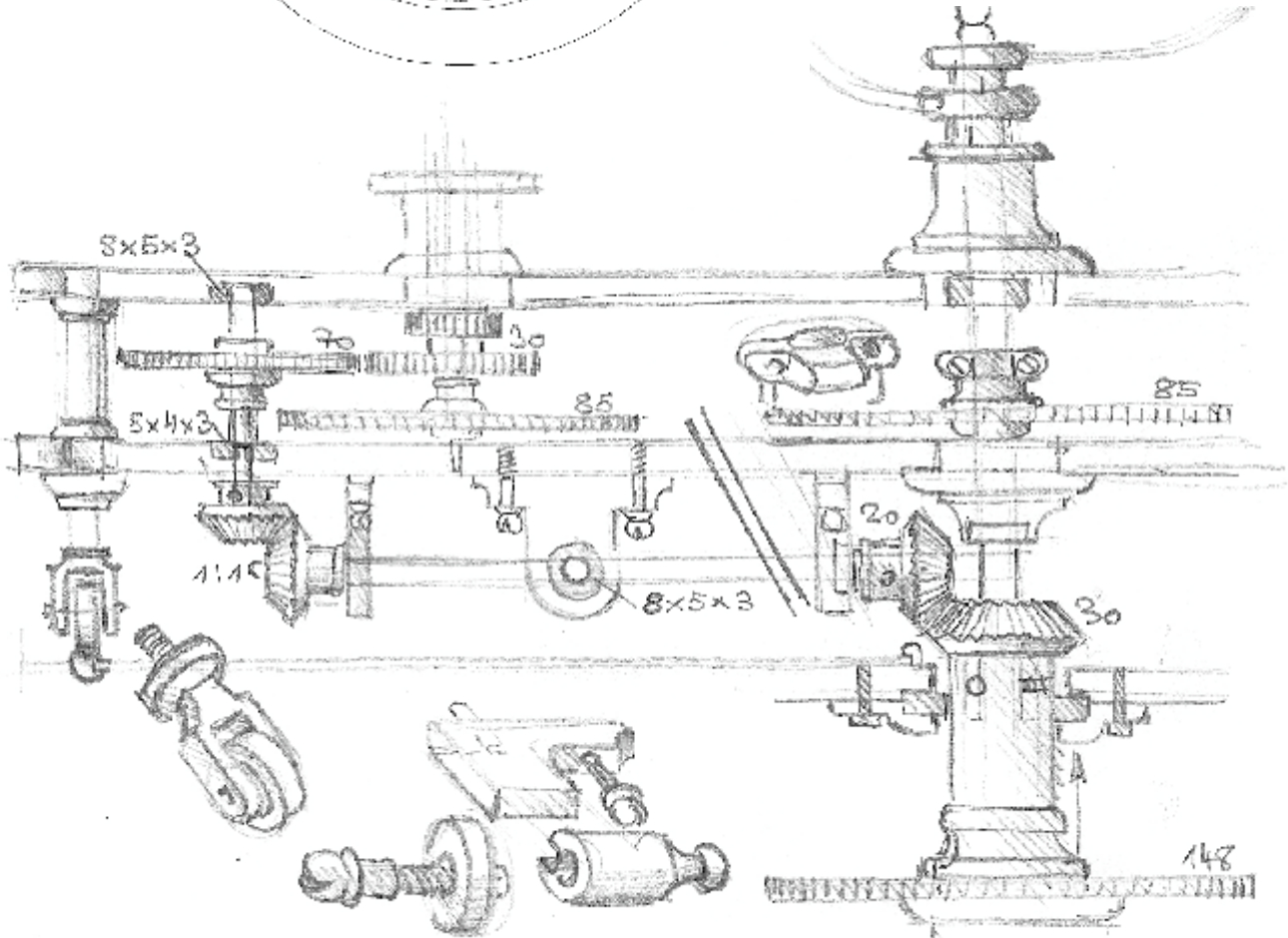
$$\begin{array}{l} \text{Merkur} \\ U_{29-31} \end{array} \quad \frac{41}{13} = 3.1538$$

$$\begin{array}{l} \text{Venus} \\ U_{32-34} \end{array} \quad \frac{23}{37} = 0.6216$$

CAD Pläne und Handzeichnungen



Viele Zeichnungen und Pläne wurden erstellt um zu sehen wie die Einzelteile gefertigt und zusammengebaut werden.



Drehen und Fräsen der Zahnräder



36 Zahnräder wurden gefräst und ausgesägt zusammengepresst und poliert dabei entstand einiges an Abfall.

Kegelräder		
Stück	Zähnezahl	Modul
1	12	0.50
1	60	0.50
3	20	0.75
3	30	0.75

Zahnräder		
Stück	Zähnezahl	Modul
1	8	0.95
2	12	0.95
1	13	0.95
1	21	0.60
1	24	0.95
1	27	0.95
4	30	0.95
2	32	0.95
1	37	0.95
1	41	0.95
1	61	0.95
4	70	0.95
1	72	0.95
1	73	0.95
4	85	0.95
1	99	0.95
1	148	0.60



Alle Messingteile wurden mit der Laubsäge von Hand ausgesägt.

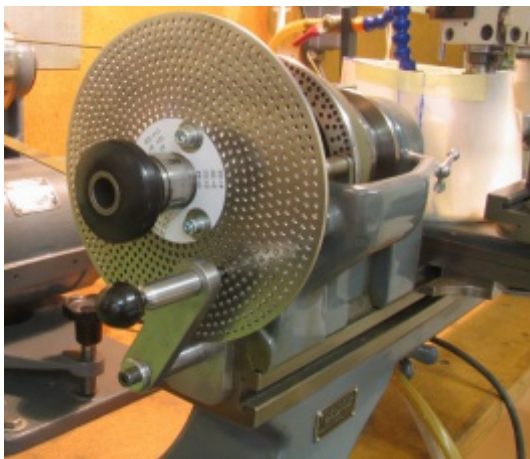
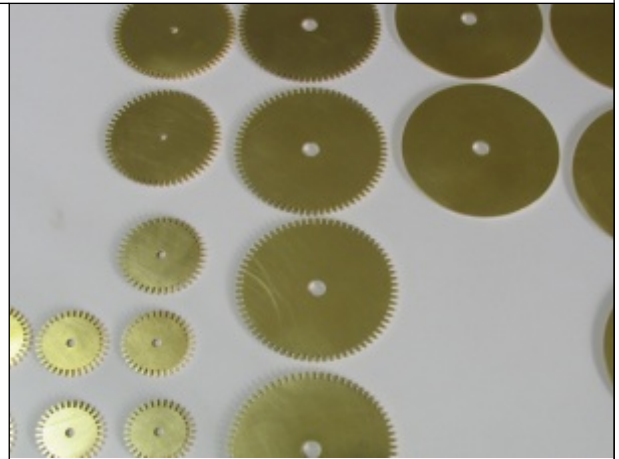


Drehen und Fräsen der Zahnräder

2 mm dicke Messingrohlinge zum Teil gefräst, noch keine Speichen ausgesägt.

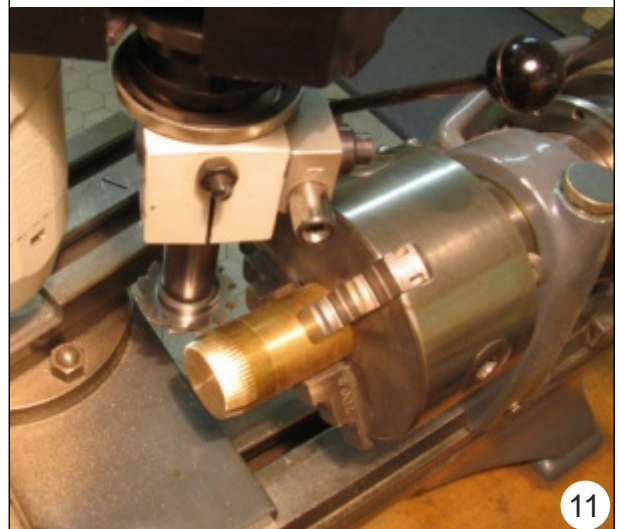
Total wurden 36 Zahnräder in Modul 0,95 0,75 0,60 und 0,50 hergestellt mit folgenden Zähnezahlen
8 12 13 20 21 24 27 30 32 37
41 60 61 70 72 73 85 99 und 148

Die vier 85 Zähne Zahnräder konnten auf der Fräsmaschine mit Teilapparat 1:40 Packetweise gefräst werden.



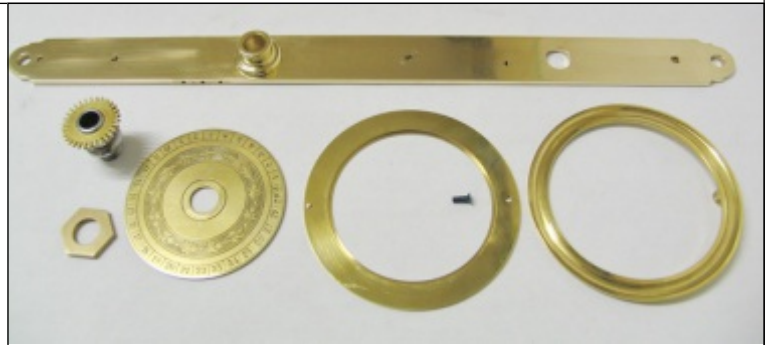
Zahnräder mit der Teilung 73 und 61 wurden auf der Drehbank mit einer Lochplatte direkt geteilt.

Kegelräder wurden mit dem Kreuzschlitten auf der Drehbank gefräst.

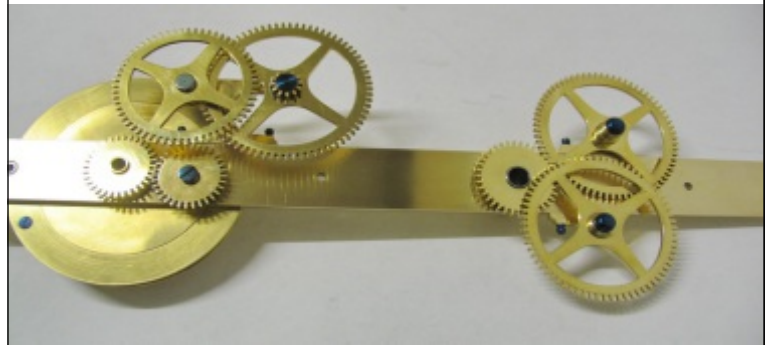


Der Planetenarm

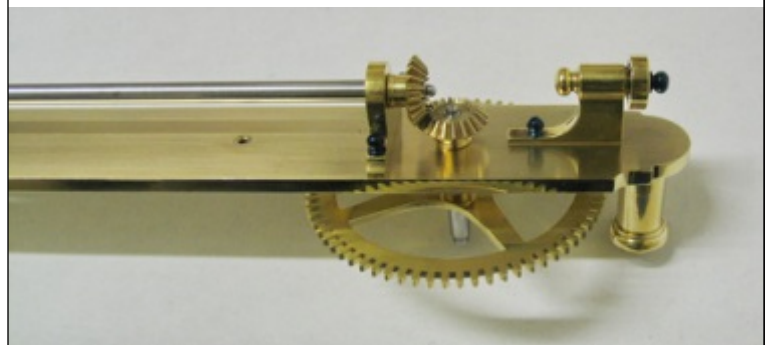
Platinenplatten für den Planetenarm aus 4mm Flachmessing, Räder und Messingreihe für die Mondumlaufbahn.



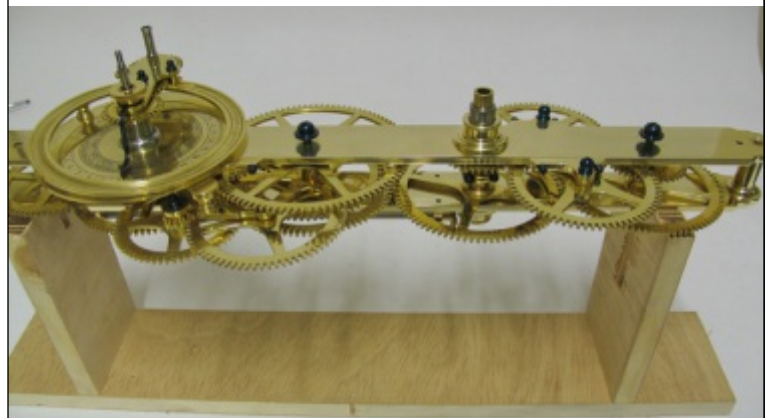
Kegelräder und Laufrolle montiert auf der Platine.
Unten zusammengebautes Getriebe für Erde, Mond Venus und Merkur.



Fein gravierte Mondskala in 29.5 Tage eingeteilt und Blattwerkverzierung mit Handstichel graviert.
Graviert wurde auch der Stundenring und die Grundplatte für die Handkurbel.

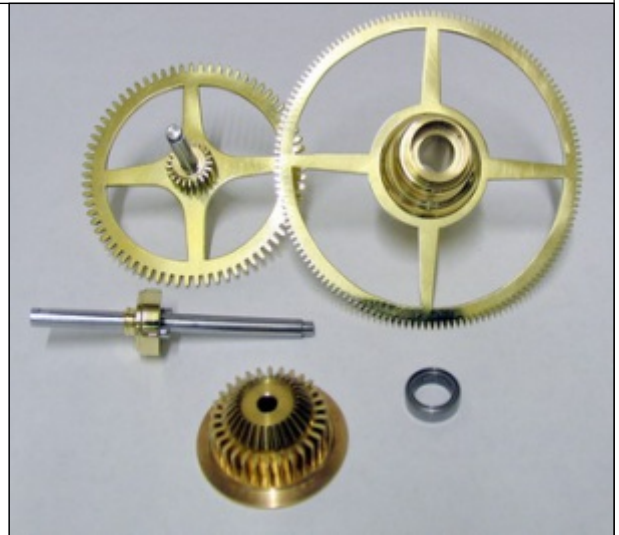


Zeiger aus einem 1.6 mm Eisenblech ausgesägt, die Kanten und Form wurden mit Feilen bearbeitet, danach poliert und gebläut.

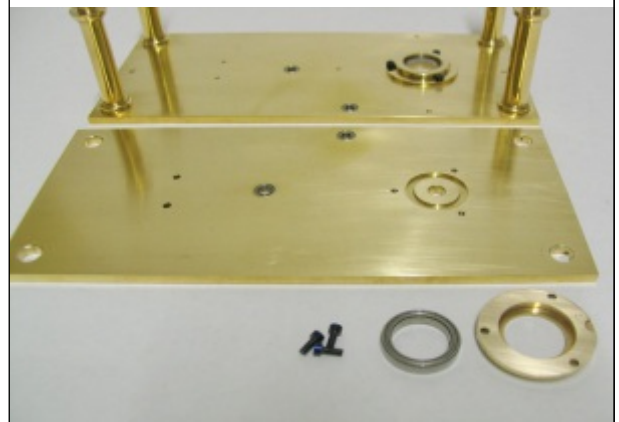


Untersetzungsgetriebe

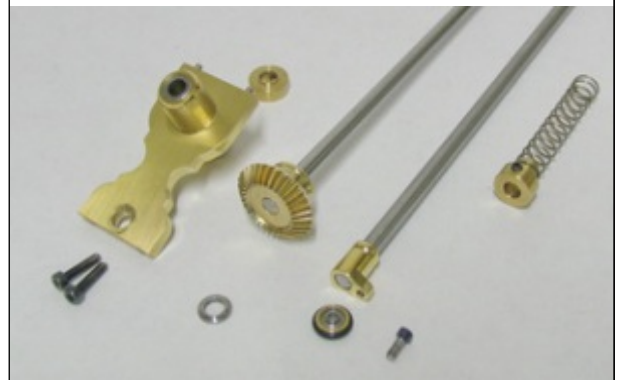
Zahnräder mit Lager für die Sonnenachse
Untersetzungsrاد und Kupplungsrad



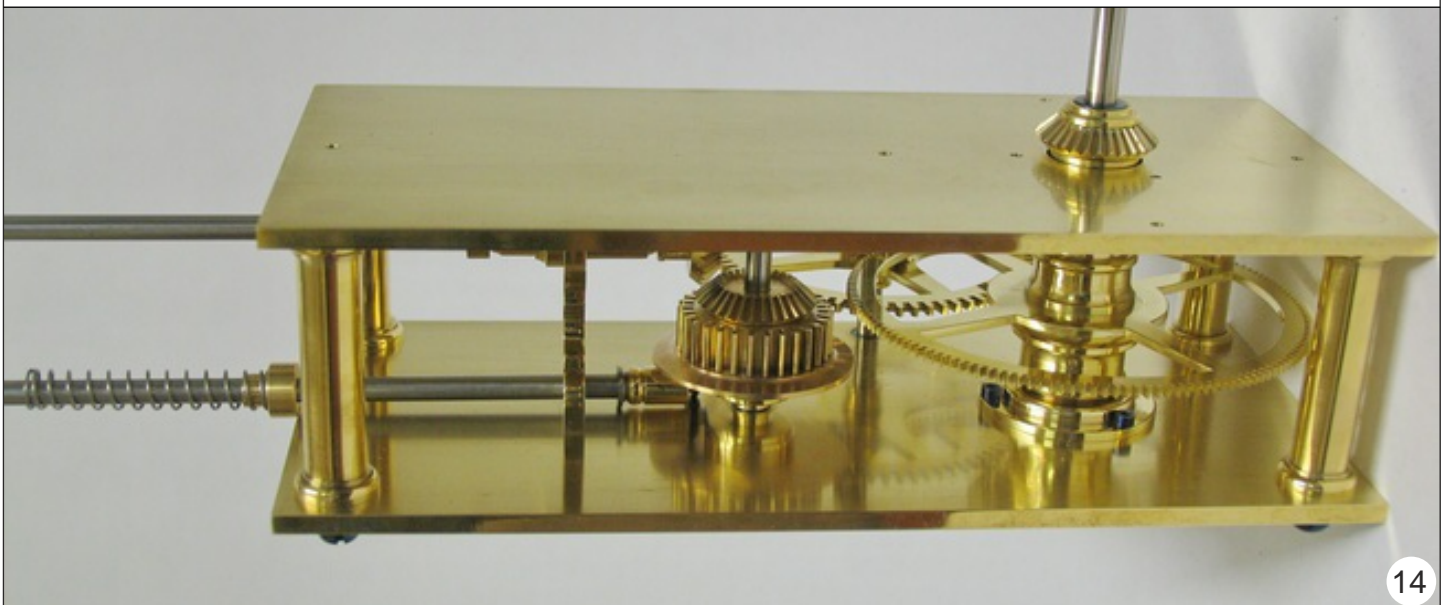
Platinen mit Dünnlager und Lagerhalterung



Teile für Kupplung und Handantrieb



Zusammengebautes Getriebe



Messingreif für die Telluriumplatte

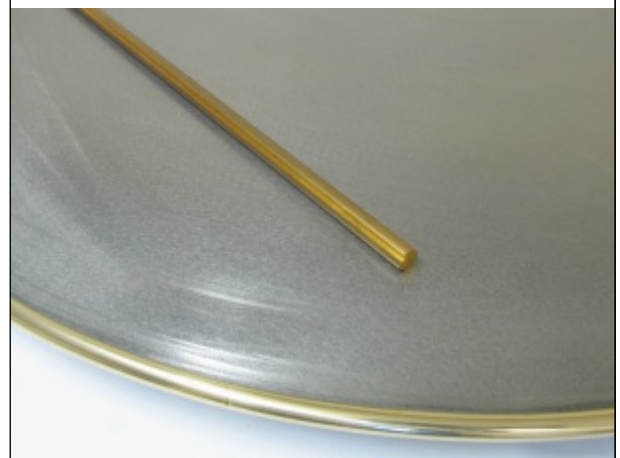
Holzleisten mit Schrauben
zum Klemmen der 180 cm
langen Messingstange



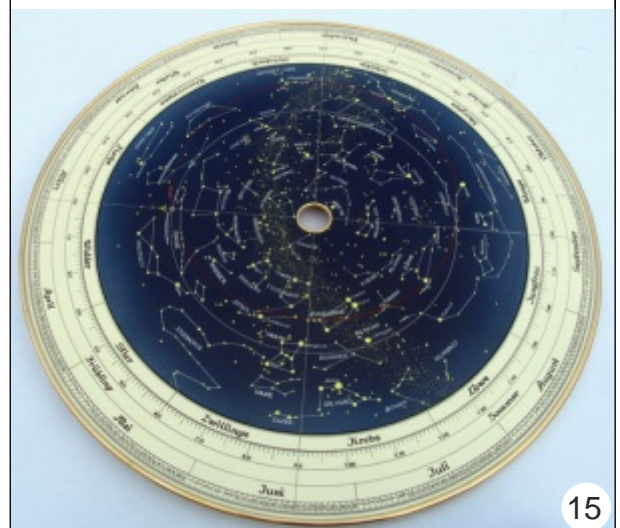
Fräsen der Nut 1.5mm tief
die Holzleiste wurde von Hand durch
den Druckapparat geschoben.



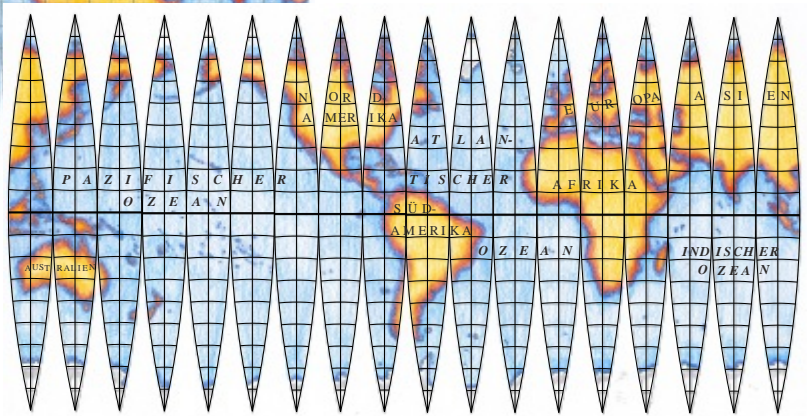
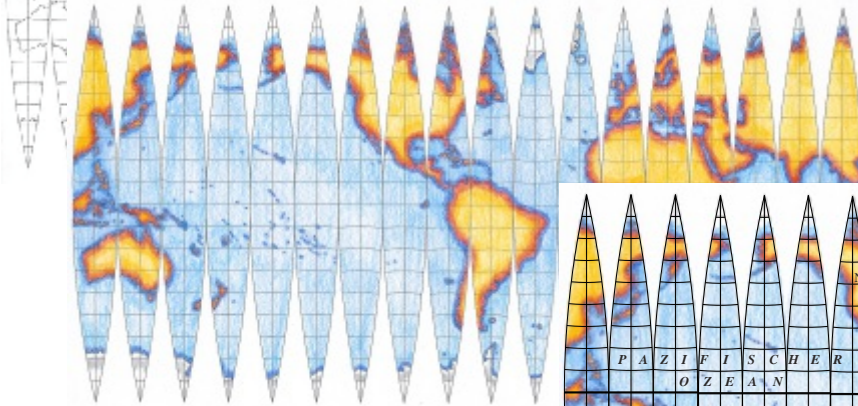
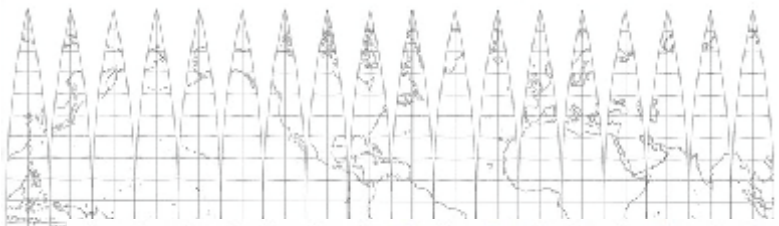
Danach wurde die Messingstange
erhitzt und um die Eisenplatte gebogen,
abgesägt und verlötet mit Silberlot.



Grundierte, bemalte und lackierte
Telluriumplatte



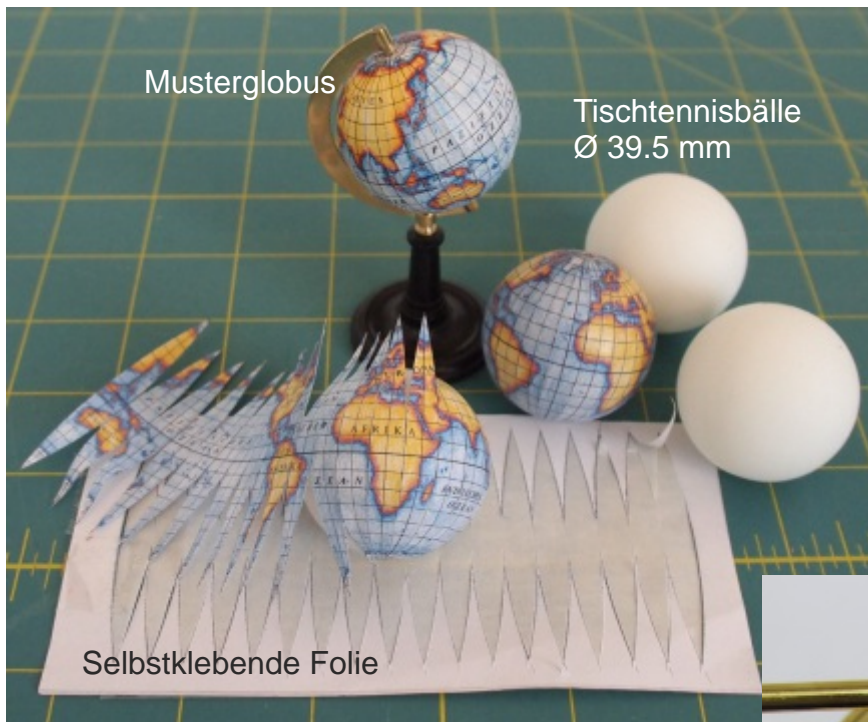
Karte für den Erdglobus



Die Koordinaten und Kontinente wurden gezeichnet und ausgemalt mit Farbstiften in Grösse A4

Beschriftet und skaliert auf die rechte Grösse am PC. Danach wurde Die Karte ausgedruckt, ausgeschnitten und auf einen Tischtennis-Ball aufgeklebt.

12.5 x 6.25 mm



Musterglobus

Tischtennisbälle
Ø 39.5 mm

Selbstklebende Folie



Eingebauter Erdglobus mit 24 Stundenring und Tag-Nacht Meridian.

Sonne Venus Merkur und Mond

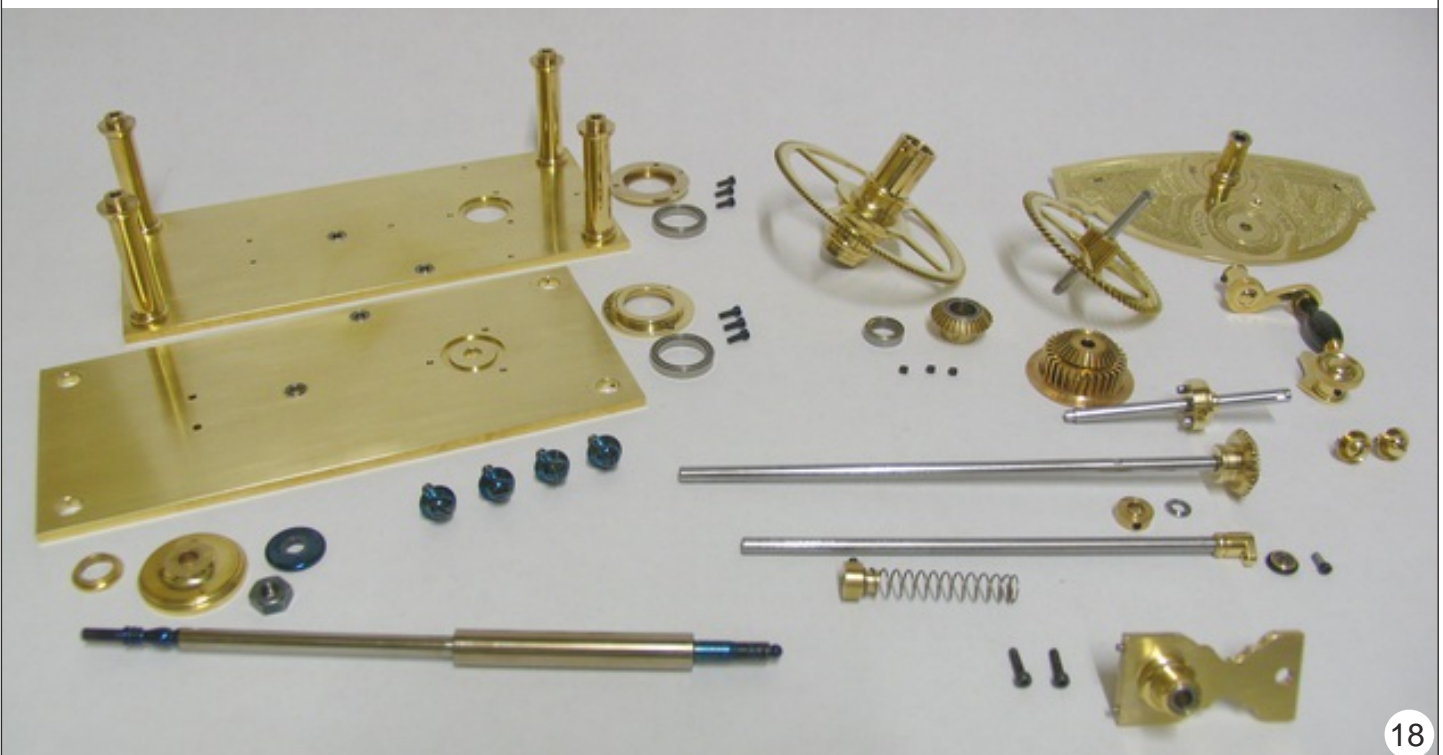


Sonne, Venus und Merkur sind gedrechselte Holzkugeln, Die Sonne ist viermal mit Kreide grundiert und zweimal mit rotem Poliment gestrichen, danach vergoldet und poliert. Venus und Merkur wurden mit 12 Std Mixtion und Schlagmetall überzogen. Venus mit Kupfer und Merkur mit Aluminium. Der Mond wurde aus je einem Ebenholz und Knochenstück zusammengeleimt und gedrechselt.

Übersicht der Einzelteile



Das Tellurium lässt sich in 143 Einzelteile zerlegen und besteht insgesamt aus 247 einzelnen Metallteilen die zusammengepresst oder verlötet wurden.



Material

Messing

Rund Messing Legierung HGZ, HH, Cz39P
3,4,5,6,8,10,12,15,18,20,25,30 mm Ø
1 Rund Messing Ø 6 mm Länge 1800 mm

Flach Messing Legierung H, CZ39P
30 x 4 mm
200 x 200 x 4 mm

Glanzbleche Messing Legierung HH, Cz37
1.0 1.2 1.5 2.0 mm Dicke

Firma: www.metall-laden.ch

Stahl

Rundstahl Ø 3, 5, 6, 8, 10, 12 und 20 mm
Stahlblech 1, 1,5 mm

Lager

Eingebaut wurden 21 Miniaturlager
Firma: mot & Co. AG
Grabenstrasse 9
7324 Vilters

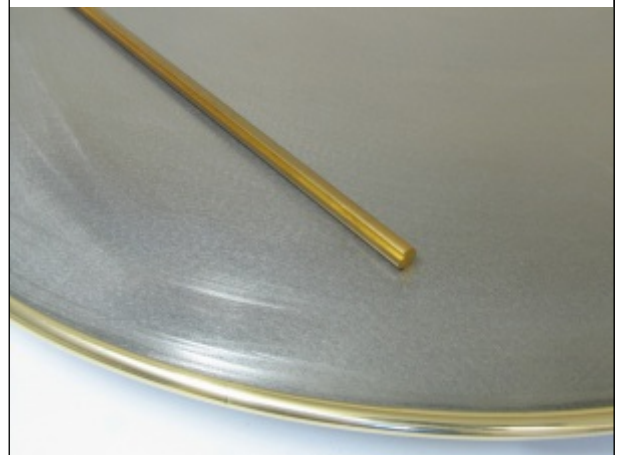
2 Stück	MR 126	6 x 12 x 4.0 mm
2 Stück	6700 ZZ	17 x 23 x 4.0 mm
2 Stück	6703 ZZ	10 x 15 x 4.0 mm

2 Stück	MR 126 ZZ	6 x 12 x 4.0 mm
7 Stück	MR 85 ZZ	5 x 8 x 2.5 mm
4 Stück	MR 84 ZZ	4 x 8 x 3.0 mm
1 Stück	MR 93 ZZ	3 x 9 x 4.0 mm
1 Stück	MR 63 ZZ	3 x 6 x 2.5 mm

Stahlblech

1 Teller Ø 500 mm Dicke 1.5 mm DC01
lasergeschnitten

Firma: Keller Laser AG
Industriestrasse 8
7203 Trimmis

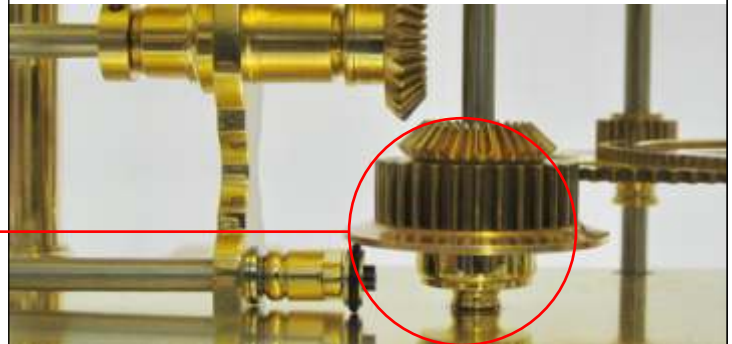
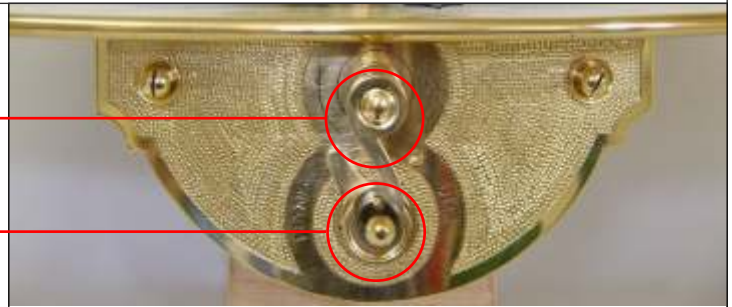


Bedienung

Handkurbel 1U = 1 Tag
Drehen wie Pfeil (Gegenuhrzeiger)

Hebel für Umstellung von Handbedienung
und Uhrwerkantrieb (Kupplung).

Nach Handbetrieb umstellen auf Uhr-
werkantrieb und drehen bis die Kupplung
einrastet.



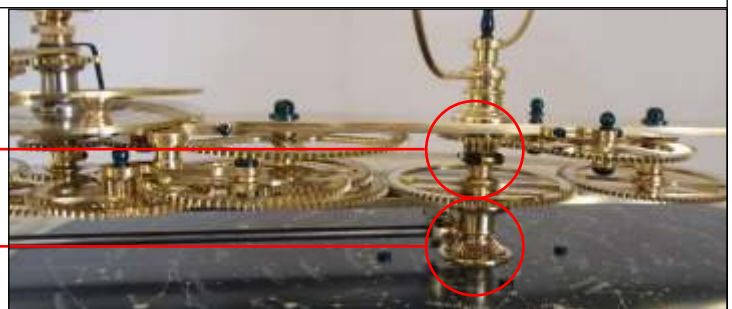
Planeten Einstellung

Planetenarm und Erdachse einstellen:
Schrauben am Zahnrad der Sonnenachse
lösen und den Arm nach oben schieben
bis die Kegelräder nicht mehr ineinander
greifen.

Ist der Armzeiger auf den Frühlingspunkt
20. 21. März eingestellt dann muss die
Erdachse unter dem Meridian in Richtung
18 Uhr stehen.

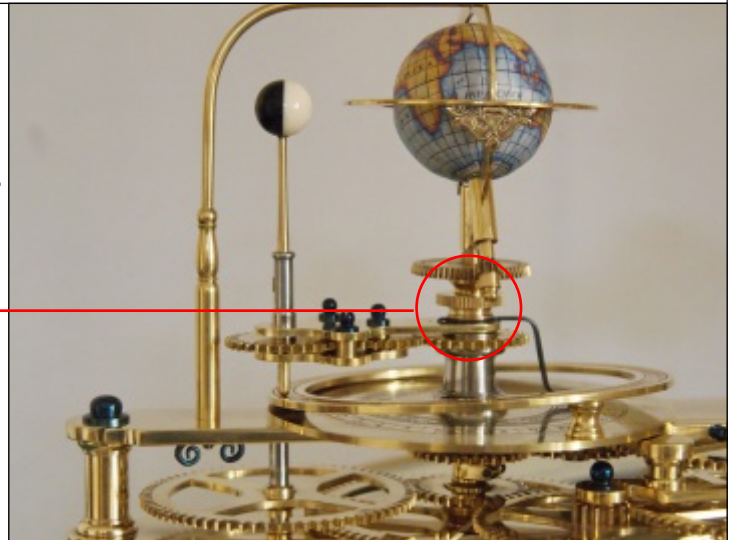
Dieses Zahnrad drehen bis die Erde diese
Position erreicht hat.

Planetenarm wieder nach unten schieben
und die Schrauben am Zahnrad anziehen.

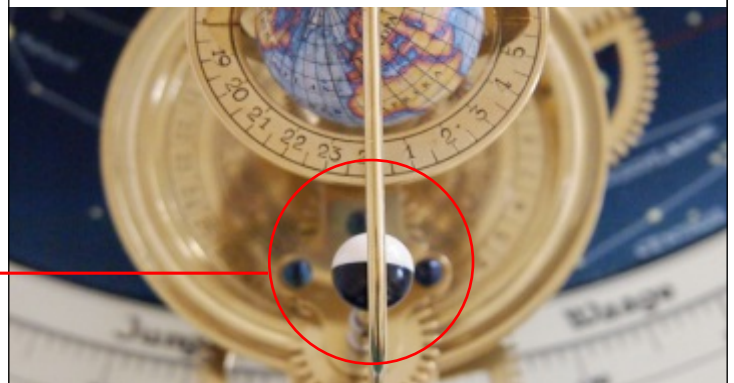


Planeten Einstellung

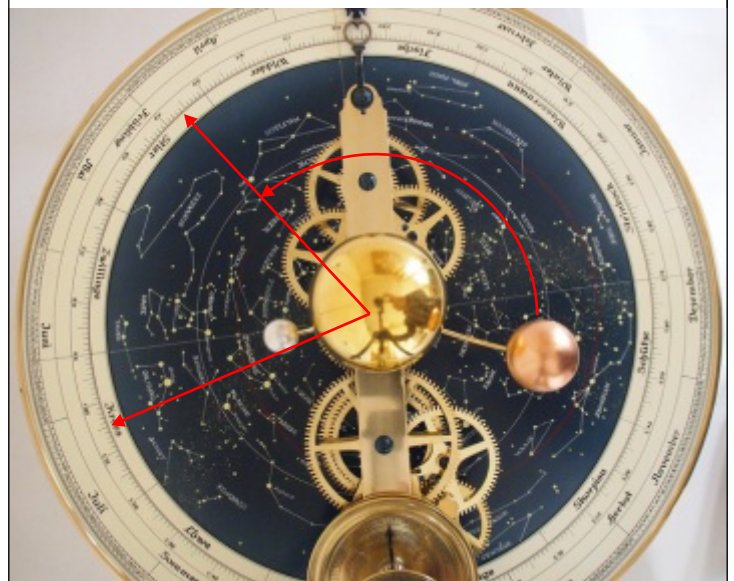
Mondeinstellung nach Kalender oder Internet, Vollmond ist z. B. am 15 April 2014. Planetenarm drehen mit Handkurbel bis zum 15. April Schraube lösen und nach oben schieben bis Zahnräder nicht mehr ineinander greifen, Mondarm auf Vollmond einstellen und Schraube anziehen.



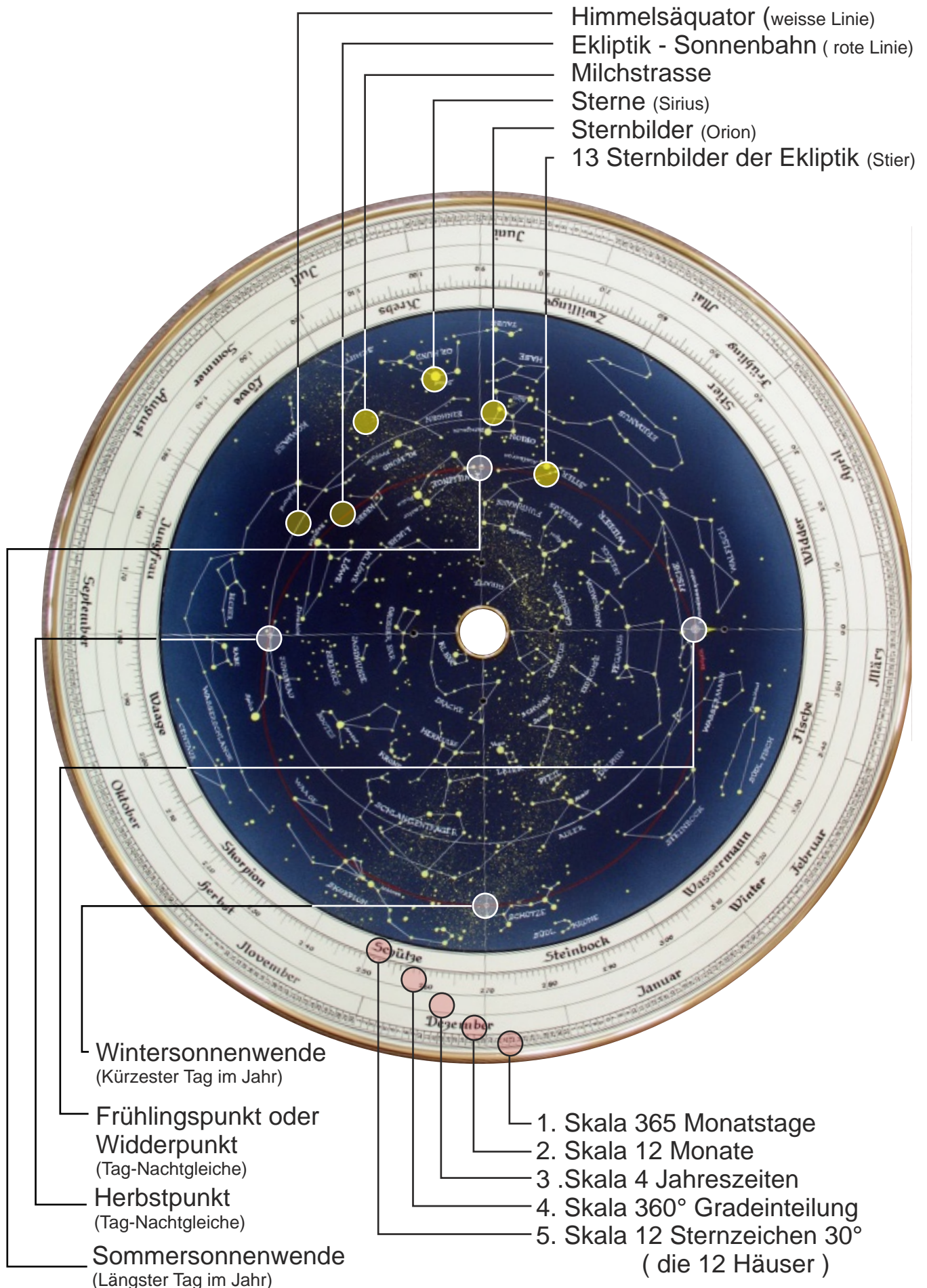
Darauf achten, dass die weisse Seite des Mondes zur Sonne zeigt.



Die Planeten Venus und Merkur sind aufgesteckt und können so leicht in die richtige Stellung gedreht werden.



Telluriumplatte mit Skala und Sternkarte

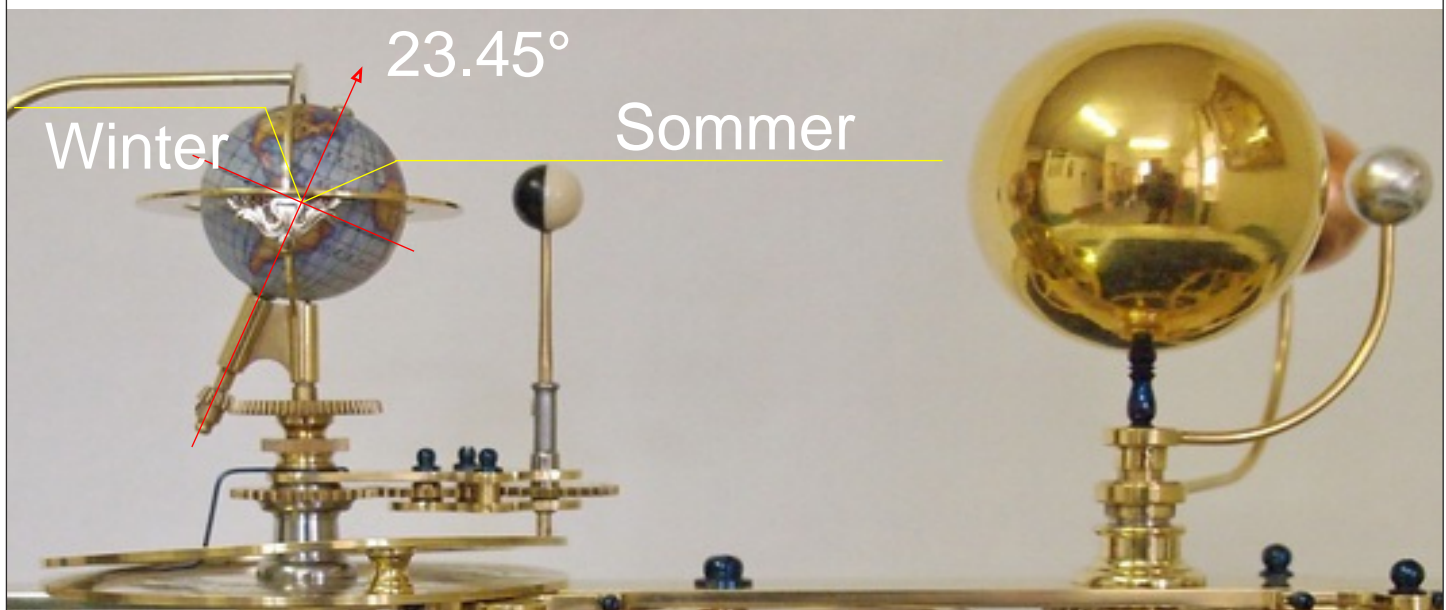


Die Sonne und Erde

Die Ekliptik kreuzt den Himmelsäquator an zwei sich gegenüberliegenden Stellen. Steht die Sonne in einem dieser Schnittpunkte, also auch zugleich auf dem Himmelsäquator, dann sind Tag und Nacht gleich lang. Es ist dann die Zeit der Nachtgleiche (Äquinoktium). Die Schnittpunkte der Ekliptik mit dem Himmelsäquator heißen Nachtgleichpunkte oder Äquinoktial Punkte. Die beiden sich gegenüberliegenden Punkte auf der Ekliptik, die am weitesten vom Himmelsäquator entfernt sind, (der eine nördlich und der andere südlich desselben) heißen Sonnwendpunkte oder Solstitalpunkte. In ihnen ist die Sonne am weitesten vom Himmelsäquator entfernt und sie nähert sich ab diesem Zeitpunkt wieder demselben. Es ist die Zeit der Sonnenwende (Solstitium).

Wenn die Sonne in nördlicher Richtung den Himmelsäquator überschreitet, dann beginnt der Frühling. Die Sonne tritt in das Haus des Widder (21. März). Der entsprechende Nachtgleichpunkt heisst Frühlingspunkt oder Widderpunkt. Die Tage werden von nun an auf der nördlichen Erdhälfte länger als die Nächte. Steht die Sonne am weitesten nördlich des Himmelsäquators, dann haben wir den längsten Tag des Jahres. Es beginnt der Sommer und die Sonne tritt in das Haus des Krebses (21. Juni). Von nun an werden die Tage wieder kürzer. Überschreitet die Sonne in südlicher Richtung den Himmelsäquator, dann tritt sie in das Haus der Waage, es beginnt der Herbst. Der entsprechende Nachtgleichpunkt heisst Herbstpunkt oder Waagepunkt (23. September).

Der Winkel der Sonnenhöhe



Die Tage werden kürzer als die Nächte. Steht die Sonne am weitesten südlich des Himmelsäquators, dann haben wir den kürzesten Tag des Jahres. Die Sonne tritt in das Haus des Steinbocks und der Winter beginnt. Es ist die Zeit der Wintersonnenwende (21. Dezember).

Das Jahr hat zwölf Monate und der Tierkreis hat zwölf Zeichen. Im Kalender gibt man jedem Monat das Zeichen des Hauses, in das die Sonne im betreffenden Monat eintritt. Also: Januar - Wassermann, Februar - Fische, März - Widder, April - Stier, Mai - Zwillinge, Juni - Krebs, Juli - Löwe, August - Jungfrau, September - Waage, Oktober - Skorpion, November - Schütze, Dezember - Steinbock.

Die Erde

Die Erde umkreist die Sonne in einem Jahr

1 Sonnenjahr = 365.2422 Tage

1 Sternjahr = 366.2422 Tage

Der Meridian teilt die Erdkugel in eine Tag und Nacht Hälfte.
Die Schweiz befindet sich in der Nachtdämmerung und in New York ist 9 Uhr 35, dies kann am 24 Std. Ring abgelesen werden.

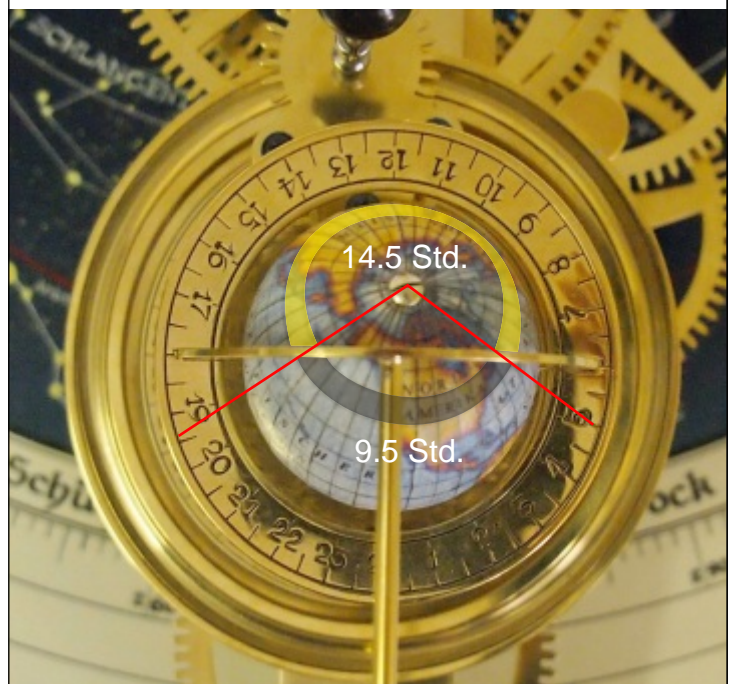
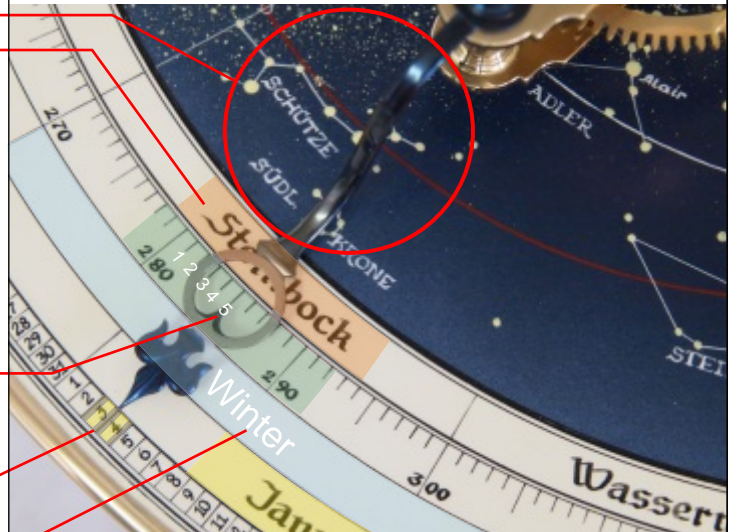
Von der Erde aus betrachtet steht die Sonne im Sternbild Schütze befindet sich aber im Sternzeichen Steinbock, dies weil sich der gesamte Sternenhimmel in 25'800 Jahren einmal dreht diese Erscheinung nennt man **Präzession**. Die Sternzeichen wurden vor 2000 Jahren in 12 Teile à 30° eingeteilt, in dieser Zeit hat sich der Sternhimmel um ein Sternzeichen gedreht.

Von der Erde aus betrachtet steht die Sonne 285° entfernt vom Frühlingspunkt.

Es ist der 3. Januar Mitternacht.

Im Nördlichen Teil der Erde ist Winter

Da Die Erdachse 23.45° geneigt zur Ekliptik steht sind die Tage und Nächte nicht immer gleich lang.



Der Mond

Neumond

Der Mond dreht sich um die Erde und zeigt sich immer von derselben Seite, die Rückseite des Mondes ist von der Erde aus nicht zusehen.

Im Modell ist er in schwarz und weiss dargestellt und zeigt mit seiner weissen Seite immer zur Sonne, so kann man erkennen, wann Neumond, zunehmender Mond, Vollmond oder abnehmender Mond ist.

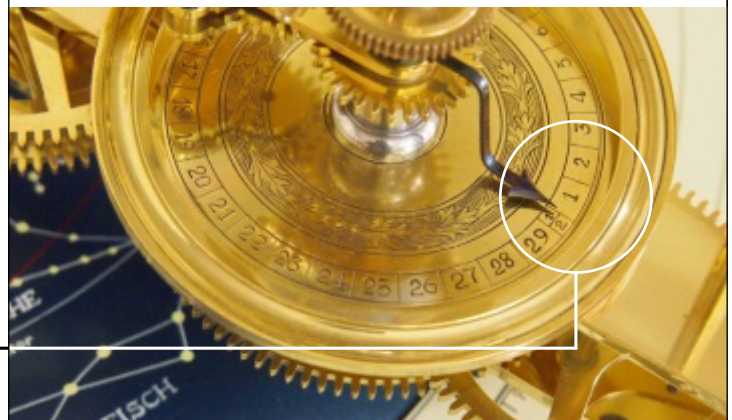
Vollmond

Ein siderischer Monat des Mondes
Dauert 27.321582 Tage.
Siderisch = auf die Sterne bezogen.

Die Zeit von Neumond bis Neumond
ist ein synodischer Monat er dauert
29.530588 Tage.
Synodisch = eine Erdumrundung

Neumond

Die Mondbahn ist um 5° zur Ekliptik geneigt und kreuzt sie auch in zwei gegenüberliegenden Punkten, den sogenannten Mondknoten.
Ein Mondknoten wird als aufsteigend bezeichnet \nearrow durch ihn geht der Mond auf die nördliche Seite der Ekliptik.
Der andere Mondknoten wird als absteigend bezeichnet \searrow durch ihn geht der Mond auf die südliche Seite der Ekliptik. Die sich gegenüberliegenden Mondknoten wandern stets auf der Ekliptik von Ost nach West. Die ganze Umlaufzeit dauert 18,6 Jahre.



Die Venus

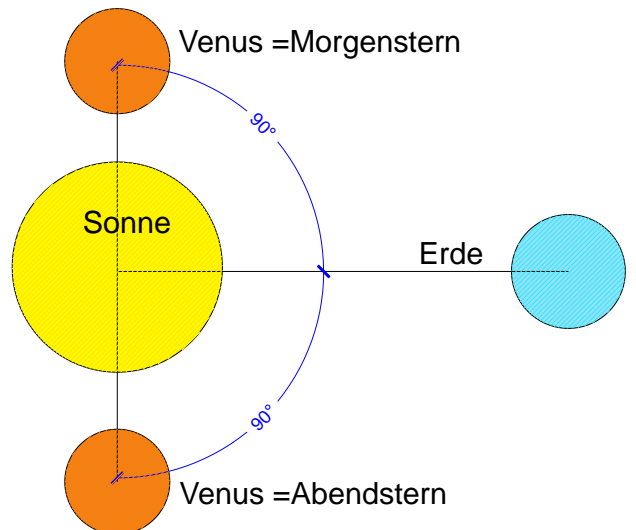
Die Konstellation ist die gegenseitige Stellung von zwei Himmelskörpern am Himmel von der Erde aus betrachtet. Bemerkenswert sind die folgenden drei Konstellationen:

Die Konjunktion
(Zeichen \circ) ist das Zusammenstehen.

Die Opposition
(Zeichen \ominus) ist das Gegenüberstehen.

Die Quadratur
(Zeichen \blacksquare) ist die Stellung im Abstand von einem rechten Winkel (90°).

Steht die Venus rechts in Quadratur mit der Erde, so sehen wir sie als Morgenstern, steht sie links sehen wir sie als Abendstern.



Der Merkur

Siderisch und Synodisch

Mit Merkur kann der Unterschied zwischen der siderischen Umlaufzeit (87.969 Tage) und der synodischen Umlaufzeit (115.88 Tage) gut gezeigt werden.

Die siderische Umlaufzeit ist die Zeit die Merkur benötigt um die Sonne einmal zu umrunden.

Siderische Umlaufzeit

Merkur macht eine Umdrehung um die Sonne

Die Erde dreht sich vom 20. Juni bis 15. September 88 Tage weit.

Bild1



Bild 2



Bild 1 + 2

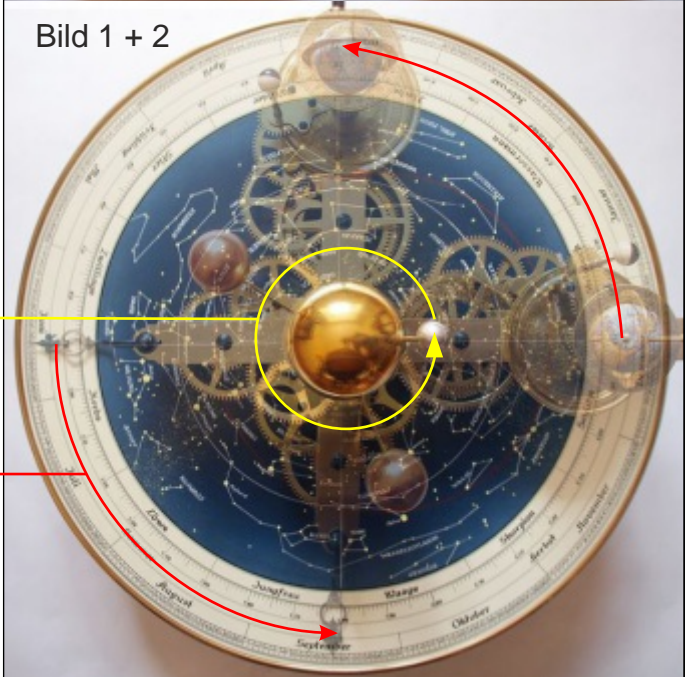


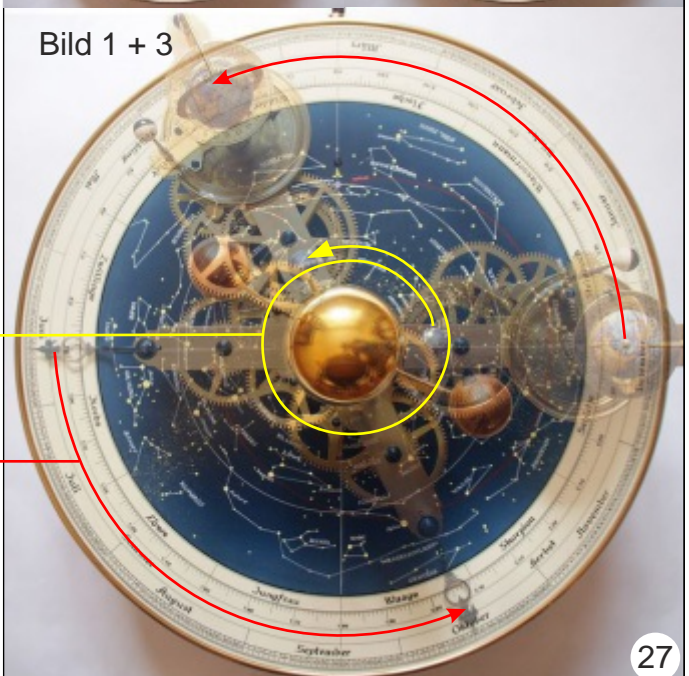
Bild1



Bild 3



Bild 1 + 3



Synodische Umlaufzeit

Merkur steht zwischen Sonne und Erde und dreht sich um die Sonne bis er wieder zwischen Sonne und Erde steht.

Die Erde dreht sich vom 20. Juni bis 20. Oktober 115 Tage weit.

Allgemeine Daten

Ort	BUCHS SG
Geogr. Breite	47° 10' 00" Nord
Geogr. Länge	9° 28' 00" Ost
Zeitzone	UT + 1 h
Korrektur der Geogr. Länge	22 min 08 s (22,1333 min)
Zonenzeit - Sonnenzeit	20 min 16 s (0,33764 h)

Jahresbezogene Daten	
Jahr	2014
Datum der Frühlings Tag- & Nachtgleiche	20 März @ 16 h 58 min 01 s (UT)
Datum der Sommersonnenwende	21 Juni @ 10 h 52 min 43 s (UT)
Datum der Herbst Tag- & Nachtgleiche	23 September @ 2 h 30 min 34 s (UT)
Datum der Wintersonnenwende	21 Dezember @ 23 h 04 min 15 s (UT)
Länge des Winters	88 d 23 h 45 min 41 s (88,990058 d)
Länge des Frühlings	92 d 16 h 54 min 42 s (92,704653 d)
Länge des Sommers	93 d 15 h 37 min 51 s (93,651285 d)
Länge des Herbstes	89 d 21 h 33 min 41 s (89,898391 d)
Länge des längsten Tages	15 h 55 min 12 s (15,920023 h)
Länge des kürzesten Tages	8 h 29 min 01 s (8,483601 h)
Datum des Durchgangs im Perihelion	4 Januar @ 6 h 04 min (UT)
Sonnenabstand im Perihelion	0,983299152 A.U. (147099459 km)
Datum des Durchgangs im Aphelion	3 Juli @ 23 h 11 min (UT)
Sonnenabstand im Aphelion	1,016699906 A.U. (152096140 km)
Winkel der Ekliptik	23° 26' 15" (23,437405°)
Exzentrizität der Erdbahn	0,016702534
Datum von Ostern	20 April

Kurve der Azimuthöhen Koordinaten der Sonne im Lauf des Jahres für Buchs

