Projektarbeit Astronomie

Sonne und Mond im Tierkreis, Bau einer astronomischen Uhr

André Kucharzewski und Toni Schuhmann

Carl-Fuhlrott-Gymnasium

Datum: 16.06.2012

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis **2**

Abbildungsverzeichnis **4**

Tabellenverzeichnis **5**

1 Die Ekliptik **6**

1.1 Die Ekliptik Sternbilder (siderische Einteilung des Tierkreises) 7

1.2 Abstand vom Mond zur Ekliptik 7

2 Der Saroszyklus **9**

3 Frühlingspunkt und Tagundnachtgleiche **10**

4 Der Sternenhimmel **11**

5 Tierkreis **12**

5.1 Der Tierkreis 12

5.2 Der Meton Zyklus 12

5.3 Die Tierkreiszeichen 13

5.3.1 Der Widder 13

5.3.2 Der Stier 15

5.3.3 Die Zwillinge 16

5.4 Der Krebs 18

5.4.1 Der Löwe 19

5.4.2 Die Jungfrau 20

5.4.3 Die Waage 21

5.4.4 Der Skorpion 22

5.4.5 Der Schütze 23

5.4.6 Der Steinbock 24

5.4.7 Der Wassermann 25

5.4.8 Die Fische 26

5.5 Bedeutung von Tierkreiszeichen 27

5.6 Die Tierkreiszeichen (Tropische Einteilung der Ekliptik) 27

6 Astronomische Uhren (Historisch) **29**

7 Fotographie von Sternbildern auf der Sternwarte ... 30

8 Sonnenzeiger ... 32

8.1 Ablesen des Datums ... 32

8.2 Sonnenzeiger im Tierkreis ... 32

9 Mondzeiger ... 34

9.1 Die Mondkugel ... 34

10 Drachenzeiger ... 35

11 Finsternisse ... 36

11.1 Mondfinsternis ... 36

11.2 Sonnenfinsternis ... 36

12 Planung und Bau ... 38

12.1 Planung und Berrechnung ... 38

12.2 Das Getriebe ... 40

12.2.1 Bauplan für Sonnen- und Mondzeigergetriebe ... 40

12.2.2 Getriebe mit Drachenzeiger ... 43

12.3 Gehäuse ... 45

12.4 Das Zeigerblatt ... 45

13 Endergebnis ... 45

Quellenverzeichnis ... 45

Danksagung ... 45

Anhang ... 45

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ekliptik 6
Abbildung 2: Nördlich und südliche Ekliptik 7
Abbildung 3: Mond zur Ekliptik 8
Abbildung 4: Frühlingspunkt und Tagundnachtgleiche 10
Abbildung 5: Stand der Sonne im Tierkreis 12
Abbildung 6: Widder mit Jupiter und Ekliptik 14
Abbildung 7: Widder mit Jupiter und Ekliptik, eigene Aufnahme 14
Abbildung 8: Stier mit Aldebaran, Ekliptik und Mond 15
Abbildung 9: Stier mit Mond und Ekliptik; eigene Aufnahme 16
Abbildung 10: Zwillinge mit Pollux und der Ekliptik 17
Abbildung 11: Zwillinge Ekliptik, eigene Aufnahme 17
Abbildung 12: Der Krebs mit Ekliptik 18
Abbildung 13: Löwe mit Mars, Regulus und Ekliptik 19
Abbildung 14: Löwe mit Mars, Regulus und Ekliptik, eigene Aufnahme 19
Abbildung 15: Jungfrau mit Saturn und Ekliptik 20
Abbildung 16: Waage mit Ekliptik 21
Abbildung 17: Skorpion mit Antares und Ekliptik 22
Abbildung 18: Schütze und Ekliptik 23
Abbildung 19: Steinbock mit Ekliptik 24
Abbildung 20: Wassermann mit Ekliptik 25
Abbildung 21: Fische mit Uranus und Ekliptik 26
Abbildung 22: Tropische Einteilung der Ekliptik 27
Abbildung 23: Astronomische Uhr Rostock 29
Abbildung 24: Sternwarte Carl-Fuhlrott-Gymnasium 30
Abbildung 25: Bedienfeld EOS Utility 31
Abbildung 26: Tierkreis Zeigerblatt 33
Abbildung 27: Totale Mondfinsternis 36
Abbildung 28: Mondknoten 37
Abbildung 29: Verhältnis Mond-Sonne nach einem Umlauf 38
Abbildung 30: Bauplan in der Draufsicht 40
Abbildung 31: Bauplan in der Seitenansicht 1 41
Abbildung 32: Bauplan in der Seitenansicht 2 42
Abbildung 33: Bauplan in der Draufsicht 43
Abbildung 34: Bauplan in der Seitenansicht 1 44

Abbildung 35: Bauplan in der Seitenansicht 2 44
Abbildung 36: Zeigerblatt 45
Abbildung 37: Lichtbild in der Seitenansicht 1 45
Abbildung 38: Lichtbild in der Draufsicht 45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Datumstabelle 32
Tabelle 2: Legende Bauzeichnung 40

1 Die Ekliptik

Als Ekliptik wird die scheinbare Umlaufbahn der Sonne um die Erde bezeichnet. Scheinbar nur deshalb, da sich die Erde ja um die Sonne dreht, für uns auf der Erde ist dadurch eine Umlaufbahn innerhalb eines Jahres der Sonne am Himmel erkennbar. Wenn man immer zur selben Uhrzeit, dadurch spielt die Rotation der Erde keine Rolle, den Stand der Sonne am Himmel dokumentieren würde und diese Standpunkte am Ende eines Jahres zusammenfasst, ergibt sich eine Bahn am Himmel, über welche die Sonne jedes Jahr wiederholt wandert, diese Linie ist die Ekliptik. Diese Bahn liegt jedoch nicht genau auf dem Äquator, da die Rotationsachse der Erde nicht senkrecht zu ihrer Umlaufbahn um die Sonne steht, sondern um etwa 23,5 Grad geneigt ist. Dies kann man sich mit der Annahme, dass die Sonne um die Erde rotier, sehr gut vorstellen (Abbildung 1). Dies ist natürlich nur ein Modell, da sich die Erde um die Sonne dreht, als Ergebnis kommt jedoch bei beiden Modellen die gleiche Bahn der Sonne, welche wir von der Erde am Himmel sehen, heraus.

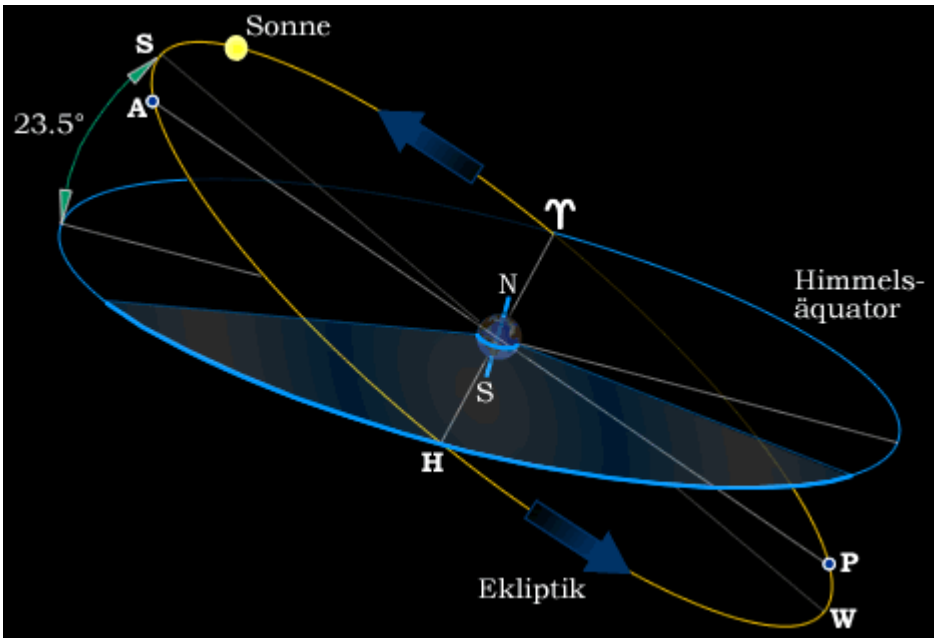


Abbildung 1: Ekliptik

Die Ekliptik dient in der Astronomie häufig dazu, Positionen von astronomischen Objekten anzugeben, also auch zum Erstellen von Koordinatensystemen. Sternenbilder werden häufig in der Länge an der Ekliptik angegeben, diese Angabe wird in Grad gemacht. Der Nullpunkt ist bei diesen Angaben eine Tagundnachtgleiche (Abbildung 2), nämlich das Frühlingsäquinoktium (um den 20. März), an welchem Zeitpunkt Tag und Nacht jeweils 12 Stunden haben, da der Einstrahlungswinkel der Sonne zu diesen Zeitpunkten 0 Grad beträgt und eine Seite der Erde gleichmäßig beleuchtet. Die andere Tagundnachtgleiche ist das Herbstäquinoktium (um den 23. September). Außerdem teilt die Ekliptik den Sternenhimmel in zwei Hemisphären, nördlich und südlich der Ekliptik.

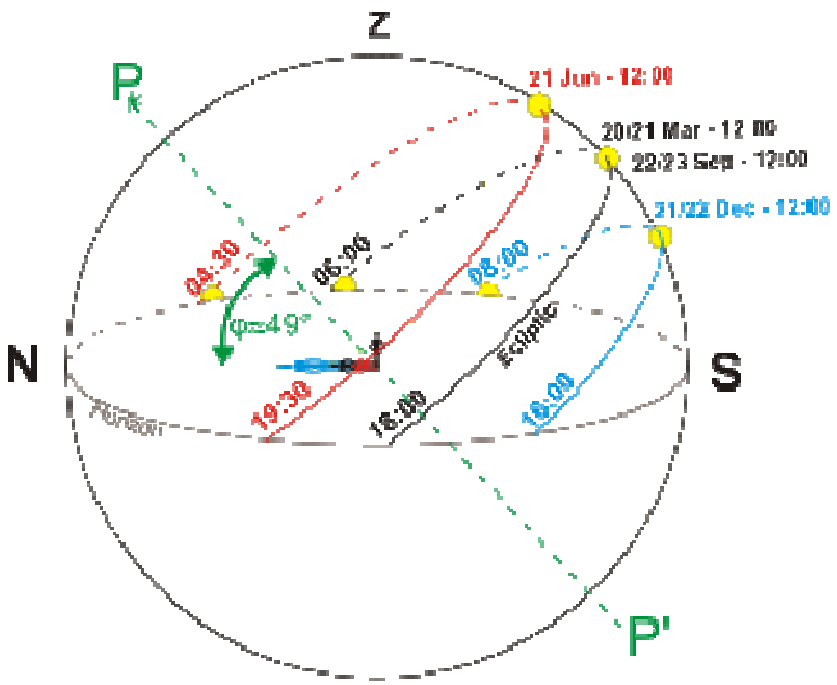


Abbildung 2: Nördlich und südliche Ekliptik

1.1 Die Ekliptik Sternbilder (siderische Einteilung des Tierkreises)

Anders als bei der tropischen Einteilung des Tierkreises orientiert sich die siderische Einteilung des Tierkreises an den sichtbaren Sternbildern am Himmel, weshalb die einzelnen Abschnitte des Tierkreises in der siderischen Einteilung auch „Ekliptik Sternbilder“ heißen. Es wird die Präzessionsbewegung der Erdachse berücksichtigt, weshalb sich der Frühlings-/ Herbstpunkt, sowie die Sonnenwenden zeitlich verschieben und sich deshalb auch der Zeitpunkt verschiebt, zu welchem die Sonne in einem bestimmten Sternbild entlang der Ekliptik steht. So ist der Eintritt der Sonne in den Widder heute um etwa einen Monat im Vergleich zur tropischen Einteilung des Tierkreises verschoben, da sich der Frühlingspunkt innerhalb von ca. 2500 Jahren um diesen Monat verschoben hat. Da er sich in Richtung Osten verschoben hat, steht die Sonne zum antiken Frühlingspunkt noch im Sternbild der Fische. Außerdem sind die mit den Tierkreiszeichen gleichnamigen Sternbilder in der siderischen Einteilung nicht alle gleich groß, was bei der tropischen Einteilung nicht berücksichtigt wird, da nicht von den sichtbaren Sternbildern ausgegangen wird. Zu den Ekliptik Sternbildern gehört, im Gegensatz zu den Tierkreiszeichen, noch ein 13. Sternbild, nämlich der Schlangenträger, welcher auch auf der Ekliptik liegt, in der Antike jedoch nicht in den Tierkreis aufgenommen wurde.

1.2 Abstand vom Mond zur Ekliptik

Als wir am 28.03.12 den Mond im Stier fotografierten, war der Mond sehr nahe an der Ekliptik, was ja für eine Finsternis der Fall sein muss. Mit dem Programm „Stellarium“ berechneten wir den Abstand des Mondes in Grad zur Ekliptik.

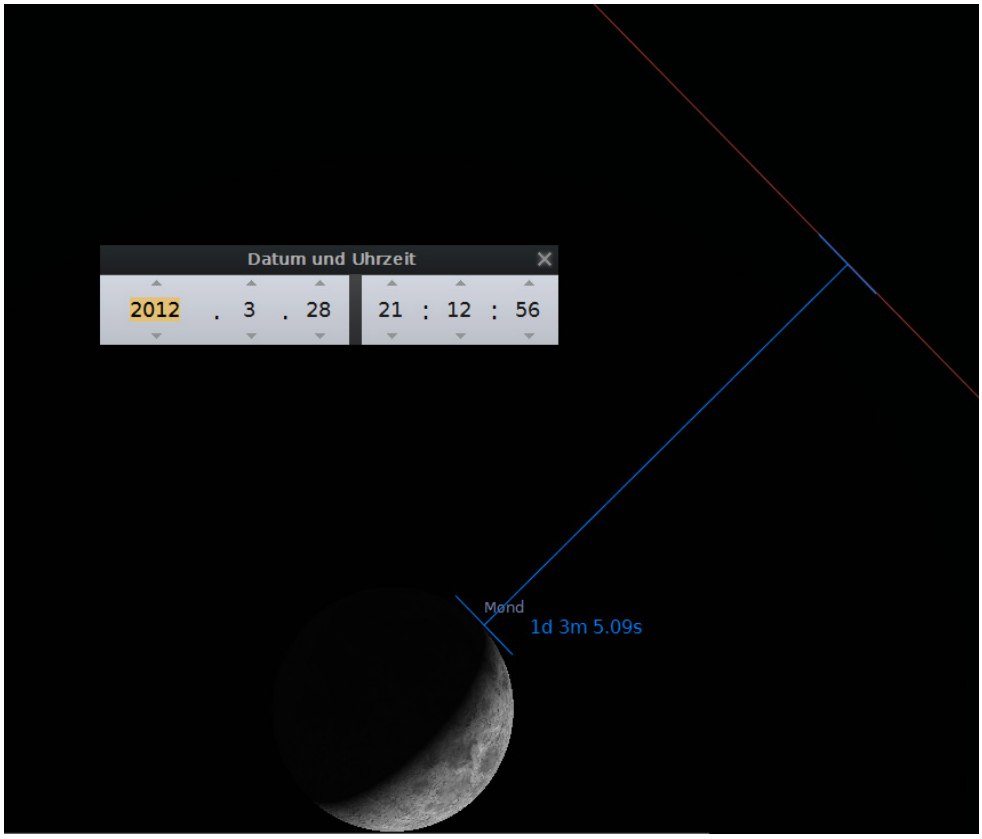


Abbildung 3: Mond zur Ekliptik

Dieser Abstand betrug etwa 15,8° (in Stellarium gemessen, aber im Stundenmaß angegeben). Damit auch nur eine partielle Finsternis zustande kommt, darf dieser Abstand nicht größer als 16,6° sein, zu diesem Datum war jedoch kein Neumond und da Sonne, Erde und Mond deswegen nicht in einer Reihe standen, konnte keine Finsternis entstehen.

2 Der Saroszyklus

Der Saroszyklus gibt an, in welchem zeitlichen Abstand sich die gleichen Bedingungen für Finsternisse wiederholen. Die beiden Bedingungen für eine Finsternis (siehe Mond-/ Sonnenfinsternis) werden im Abstand von ca. 6 Mond-Monaten (synodischen Monaten) erfüllt. Die um 5° geneigte Mondbahn steht jedoch nicht ganz still, während die Erde weiter kreist, daher wird die gleiche Mondknotenstellung, in welcher eine Finsternis vorkommen kann, nach etwa 27,21222 Tagen erreicht, dies ist ein „drakonitischer Monat“. Aus der Länge dieses Monats ergibt sich, dass nach 6585,3211 Tagen (242 drakonitische Monate) wieder fast exakt gleiche Bedingungen für eine Finsternis eintreten. Zufällig sind 223 drakonitische Monate auch ziemlich genau 223 synodische Monate (jeweils etwa 29,53 Tage). Also treten nach 18 Jahren und 10 bis 11 Tagen, was von Schaltjahren abhängt, diese fast identischen Bedingungen wieder ein. Diese wiederkehrenden Bedingungen für Finsternisse werden als „Saros-Zyklus der Finsternisse“ bezeichnet

3 Frühlingspunkt und Tagundnachtgleiche

Der Frühlingpunkt ist in der Astronomie der Punkt, in welchem die Ekliptik den Himmelsäquator schneidet. Dieser Schnittpunkt markiert, aufgrund der Neigung der Erdachse, den Frühlingsanfang auf der Nordhalbkugel und den Herbstanfang auf der Südhalbkugel. Von diesen Schnittpunkten gibt es jedoch zwei, weshalb der zweite Schnittpunkt auf der Nordhalbkugel Herbstpunkt genannt wird, da an diesem Punkt der Herbst beginnt, auf der Südhalbkugel jedoch der Frühling.

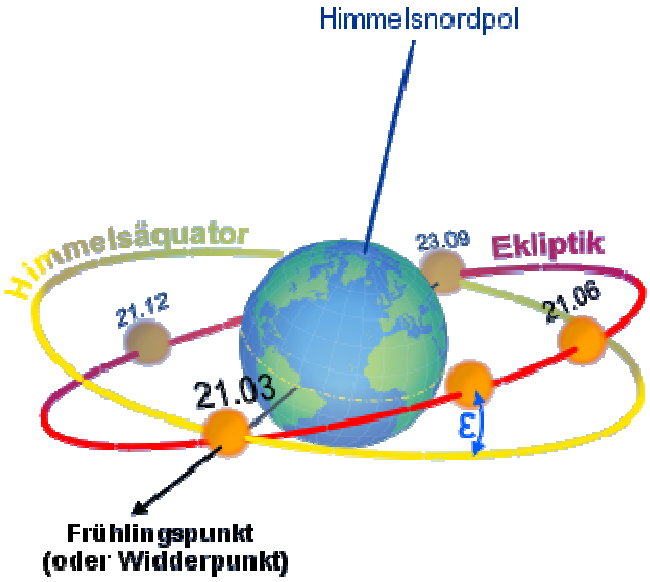


Abbildung 4: Frühlingspunkt und Tagundnachtgleiche

An diesen beiden Punkten, Frühlings- / Herbstpunkt, sind Tag und Nacht auf der Erde gleich lang, da die Sonne senkrecht auf dem Äquator steht. Deshalb werden diese Tage auch „Tagundnachtgleiche“ genannt.

4 Der Sternenhimmel

Der Sternenhimmel ist das, was wir von der Erde aus vom Universum sehen können. Tagsüber gibt es jedoch mit bloßem Auge sehr wenig zu sehen, da die Erde von der Sonne mit Licht bestrahlt wird, dieses Licht wird von der Gashülle um die Erde, der Atmosphäre, gebrochen. Dabei wird das im Licht der Sonne enthaltene blaue Licht von dem für uns sichtbaren Licht am stärksten gestreut. Dadurch ist der Himmel für uns tagsüber bläulich und wir sehen nur sehr helle Objekte (wie Planeten, Mond und Sonne, jedoch selten Sterne) außerhalb der Atmosphäre.

Wenn sich die Erde jedoch so dreht, dass unser Standort/ Beobachtungsort nicht mehr von der Sonne beleuchtet wird, bietet sich uns ein wunderbarer Ausblick in die Weiten des Universums und wir sehen eine Vielzahl von Leuchtkörpern am Himmel. Wir können Sterne, Planeten und viele andere Objekte beobachten. Wenn wir jetzt sagen, dass ein Planet, der Mond, die Sonne oder ein Sternenbild aufgeht, ist das natürlich immer relativ, da diese Objekte ja immer vorhanden sind, wir sie aber erst von unserem Standort aus sehen, wenn sich unsere Erde in die entsprechende Position dreht.

Der Himmel wird öfter in mehrere Hemisphären aufgeteilt. Einmal der für uns sichtbare Himmel und der Himmel unter dem Horizont, dann der Nordsternenhimmel und der Südsternenhimmel, die durch den Äquator voneinander getrennt werden und letztlich der Sternenhimmel im Norden und Süden der Ekliptik. Der Himmel dreht sich, so sieht es für uns aus, von Osten nach Westen, da die Erde sich von Westen nach Osten dreht, dadurch gehen Objekte wie die Sonne und Sternbilder im Osten auf.

5 Tierkreis

5.1 Der Tierkreis

Der Tierkreis, welcher korrekt Zodiak heißt, was aus dem griechischen stammt, bildet eine ca. 20 Grad breite Zone um die Ekliptik herum, in welcher wir von der Erde aus die Bahnen von Sonne, Mond und diversen Planeten sehen. Die Sternbilder, welche auf der Ekliptik liegen, werden alljährlich von der Sonne einmal durchlaufen, dies brachte die Menschen dazu, den Tierkreis und damit auch die Ekliptik in Abschnitte zu unterteilen. Die Erste davon war die antike Unterteilung des Tierkreises, „tropische Einteilung“ genannt, und später kam die modernere „siderische Einteilung“ dazu.

5.2 Der Meton Zyklus

Die Sonne läuft, entlang der Ekliptik, genau in 365,2422 Tagen einmal komplett durch den Tierkreis, da sich die Erde in dieser Zeit einmal um die Sonne dreht und sich daraus dieses Phänomen ergibt, welches von der Erde aus beobachtet wird

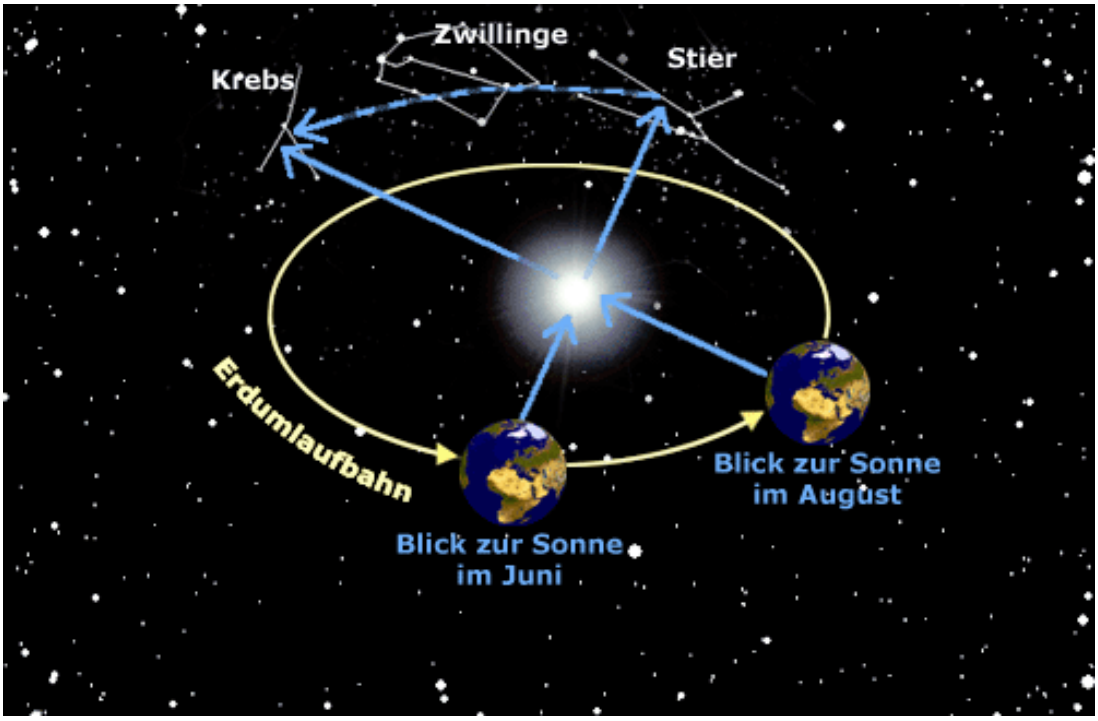


Abbildung 5: Stand der Sonne im Tierkreis

Der Mond dreht sich in genau 27,3217 Tagen einmal um die Erde, was man den Siderischen Monat nennt. In dieser Zeit wandert der Mond, so sehen wir es von der Erde aus, einmal durch den Tierkreis, da er sich durch die Umdrehung in unser Sichtfeld von der Erde zu den jeweiligen Tierkreiszeichen schiebt.

Wir können diesen Zyklus jedoch nicht immer komplett nachts beobachten, da wir auf einige Sternzeichen nur am Tag freie Sicht hätten, diese dann aber nicht ohne optische Hilfsmittel erkennen könnten. Für eine astronomische Uhr, welche den Stand der Sonne und

des Mondes im Tierkreis anzeigt, ist es jetzt wichtig, in welchem Verhältnis das Durchlaufen des Tierkreises von Sonne und Mond zueinander stehen. Dieses Verhältnis lässt sich auch als Zyklus beschreiben, welchen ein griechischer Astronom namens Meton im fünften Jahrhundert vor Christus entdeckte. Meton besagte, dass 254 dieser Siderischen Monate, also Umdrehungen des Mondes um die Erde, ablaufen müssen, damit die Mondphase wieder auf den gleichen Kalenderdaten liegt wie zum Beginn dieses Zyklus, also sich die Erde und der Monat wieder exakt in derselben Position wie zuvor befinden. In dieser Zeit vergehen 19 Jahre, was heißt, dass die Sonne sich 19 Mal um die Erde gedreht hat. Dieser Zyklus ist genau das, was für die Konstruktion einer astronomischen Uhr benötigt wird, da die Zeit, welche im Meton Zyklus abläuft, direkt in ein Verhältnis zwischen Sonne und Mond im Tierkreis übertragen werden kann. Da 19 Umrundungen der Sonne im Tierkreis auch genau 19 Jahre und 254 Umrundungen des Mondes im Tierkreis genau 254 Siderische Monate dauern, ist es logisch, diesen Zyklus auf eine astronomische Uhr anzuwenden.

5.3 Die Tierkreiszeichen

5.3.1 Der Widder

Der Widder (Aries) ist das erste Tierkreiszeichen (Sternbild) im Tierkreis, liegt von 0 bis 30 Grad an der Ekliptik (tropische Einteilung also heute Widder, dies ist jedoch heutzutage nicht mehr der Fall, da dieser sich, aufgrund der Präzessionsbewegung der Erdachse, mit der Bewegungsrichtung der Sonne auf der Ekliptik, also nach Westen, ins Sternbild „Fische“ verschiebt. Die „Nördliche Fliege“, früher selbst ein Sternbild, ist heute Teil des Widders. Der Widder ist eines der 48 Sternbilder, die von Ptolemäus (Griechischer Gelehrter, um 100 n. Chr.) in der antiken Astronomie dokumentiert wurden. Der Widder ist von 90° No, in der siderischen Einteilung von 28,8° bis 53,6°) und die Sonne durchquerte es ursprünglich vom 21. März bis zum 20. April (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung vom 19. April bis zum 14. Mai). Der hellste Stern des Widders ist der „Hamal“. Der Widder liegt südlich des Sternbildes „Dreieck“ (Triangulum). Vor ca. 2300 Jahren lag der Frühlingspunkt im rd bis 51° Süd auf der Erde sichtbar, also können wir es in Wuppertal (ca. 51° Nord) komplett erkennen.

Abbildung 6: Widder mit Jupiter und Ekliptik

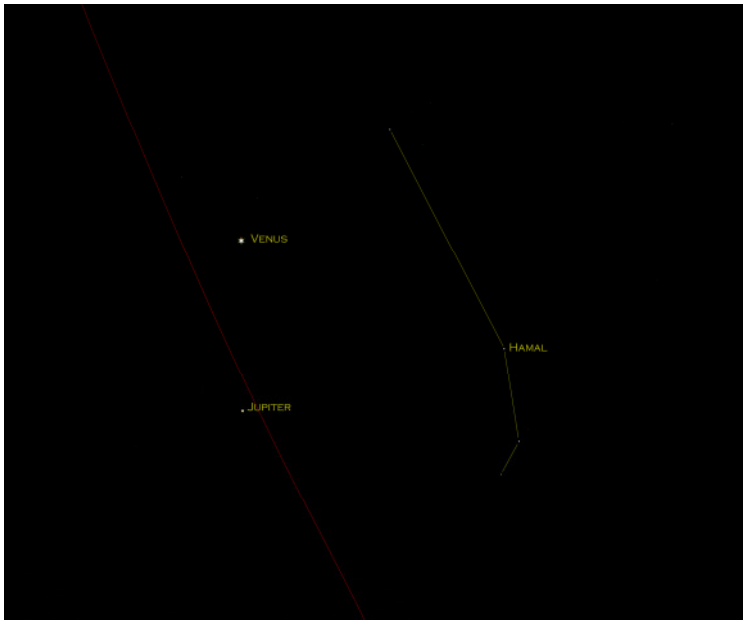
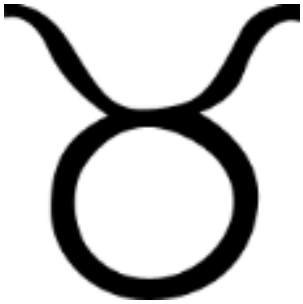


Abbildung 7: Widder mit Jupiter und Ekliptik, eigene Aufnahme

5.3.2 Der Stier



Der Stier (Taurus) ist das zweite Tierkreiszeichen (Sternbild) im Tierkreis und wird, entlang der Ekliptik, von 30 bis 60 Grad festgelegt (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung von 53,5° bis 90,2°). Es wurde ursprünglich von der Sonne vom 21. April bis zum 21. Mai durchlaufen (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung vom 14. Mai bis zum 21. Juni). Der hellste Stern des Stiers ist der „Aldebaran“. Der Stier steht nördlich des Orions am Himmel. Die V- förmigen Hyaden (Sternenhaufen), welche auch das „Regengestirn“ genannt werden, da ihr abendlicher Aufgang im Herbst eine regenreiche Jahreszeit ankündigte, bilden den Kopf des Stiers. Die Hyaden galten bei den antiken Griechen als eigenes Sternbild Nördlich der Hyaden steht der Sternenhaufen der Plejaden. Zusammen mit den Plejaden werden sie das „Goldene Tor der Ekliptik“ genannt. Der Stier ist eines der ältesten Sternbilder und wurde schon von antiken Hochkulturen, wie den Ägyptern, beobachtet. Bereits im dritten Jahrtausend vor Christus erwähnten die Sumerer das Sternbild. Zurzeit liegt der Punkt der Sommersonnenwende, an welchem die Sonne am höchsten steht, also den größten Neigungswinkel zum Äquator hat, im Stier. Der Stier ist eines der 48 Sternbilder, die von Ptolemäus (Griechischer Gelehrter, um 100 n. Chr.) in der antiken Astronomie beschrieben wurden. Der Stier ist von 89° Nord bis 59° Süd zu sehen, also, von Wuppertal aus, komplett erkennbar (ca. 51° Nord).

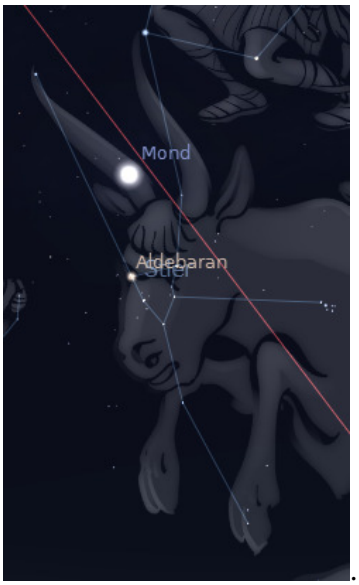


Abbildung 8: Stier mit Aldebaran, Ekliptik und Mond

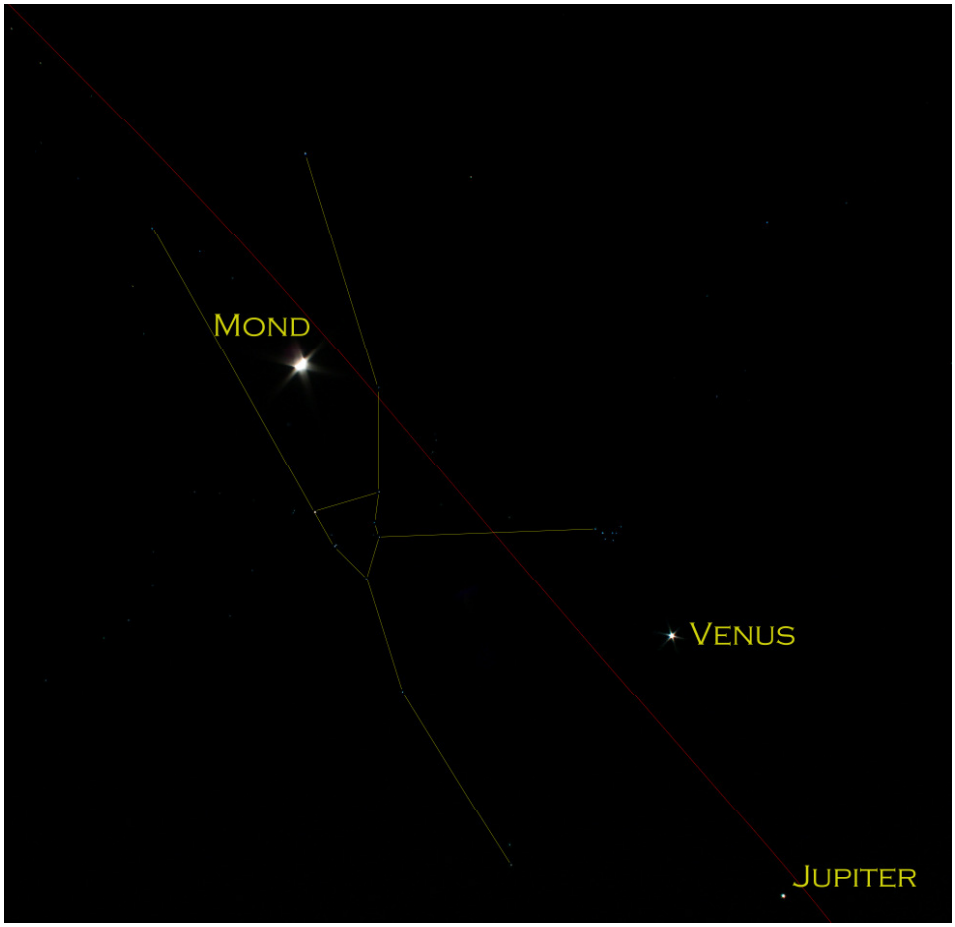
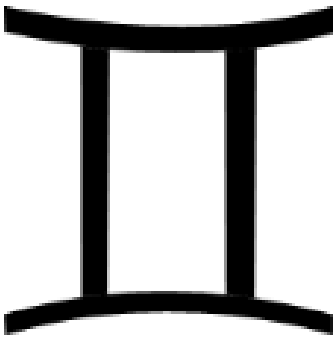


Abbildung 9: Stier mit Mond und Ekliptik; eigene Aufnahme

5.3.3 Die Zwillinge



Die Zwillinge (Gemini) sind das dritte Tierkreiszeichen (Sternbild) des Tierkreises und es liegt von 60 bis 90 Grad (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung von 90,2° bis 118,1°) an der Ekliptik. Von der Sonne wird es vom 22. Mai bis zum 21. Juni (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung vom 21. Juni bis zum 20. Juli) durchlaufen. Der hellste Stern der Zwillinge ist der „Pollux“. Dieser und der Stern Castor sind sehr auffällig und die beiden nördlichen Eckpunkte der Zwillinge. Durch den östlichen Teil der Zwillinge verläuft ein Teil der Milchstraße. Die Zwillinge sind eines der 48 Sternbilder, die Ptolemäus (Griechischer Gelehrter, um 100 n. Chr.) in der antiken Astronomie beschrieb. Der Zwergplanet Pluto wurde auch schon in den Zwillingen entdeckt. Die Zwillinge sind von 90° Nord bis 55° Süd auf der Erde vollständig sichtbar, also auch von Wuppertal aus (etwa 51° Nord).

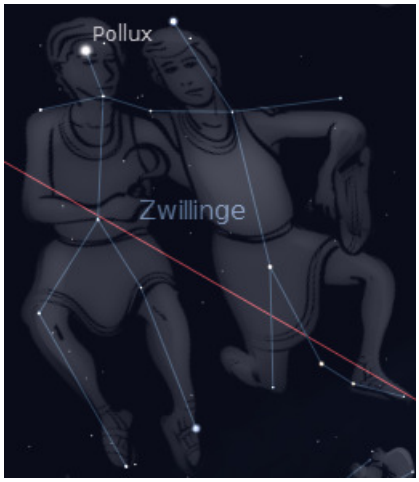


Abbildung 10: Zwillinge mit Pollux und der Ekliptik

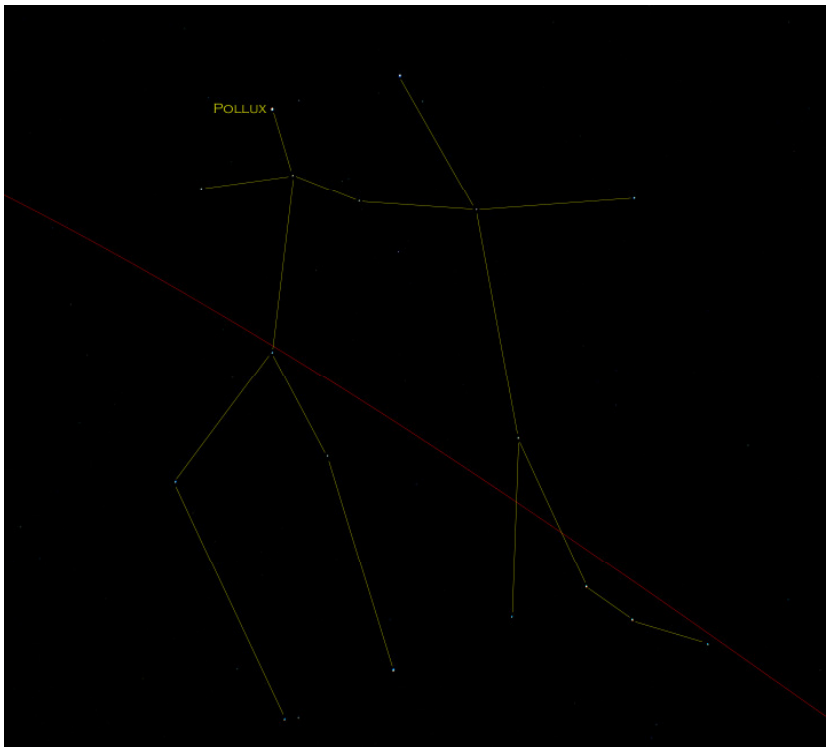


Abbildung 11: Zwillinge Ekliptik, eigene Aufnahme

5.4 Der Krebs

Der Krebs (Cancer) ist das vierte Tierkreiszeichen (Sternbild) im Tierkreis, das ursprünglich vom 22. Juni bis zum 22. Juli (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung etwa vom 20. Juli bis zum 11. August) durchlaufen wurde. Seine Länge entlang der Ekliptik ist von 90 bis 120 Grad (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung von 118,1° bis 138.2°). Der hellste Stern des Krebses ist der „Altarf“, alle Sterne des Krebses sind jedoch nicht sehr leuchtstark. Der Krebs war schon den alten Ägyptern, ca. 3000 vor Christus, bekannt, für welche er aber eine Schildkröte und im neuen Reich auch einen Skarabäus darstellte. Auch die Babylonier und die alten Griechen beobachteten dieses Sternbild schon. Ptolemäus (Griechischer Gelehrter, um 100 n. Chr.) nahm es in sein Werk der 48 Sternbilder der antiken Astronomie auf. In der Antike erreichte die Sonne im Krebs den höchsten Punkt ihrer Bahn über den Himmel, auch Sommersonnenwende genannt. In diesem Punkt erreicht die Sonne den Punkt ihrer Bahn, der den größten Neigungswinkel zum Äquator hat. Von da aus steigt die Sonne wieder ab. Durch die Präzessionsbewegung verschob sich dieser Punkt vor ca. 2000 Jahren in die Zwillinge und zurzeit ist er im Sternbild Stier. Der Krebs ist von 90° Nord bis 57° Süd, also auch von Wuppertal aus (ca. bei 51° Nord) komplett zu sehen.

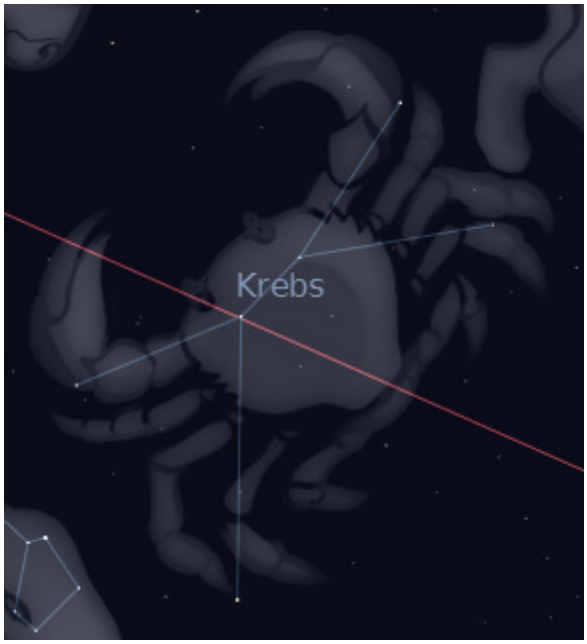


Abbildung 12: Der Krebs mit Ekliptik

5.4.1 Der Löwe

Der Löwe (Leo) ist das fünfte Tierkreiszeichen (Sternbild) im Tierkreis. Es liegt von 120° bis 150° (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung von 138,2° bis 173,9°) entlang der Ekliptik. Die Sonne durchquert es vom 23. Juli bis zum 23. August (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung vom 11. August bis zum 17. September). Der Löwe ist ein sehr deutliches Sternbild, da alle seiner Sterne sehr hell sind. Der hellste Stern des Löwen ist der „Regulus“. Antike Völker, wie die alten Ägypter, die Perser, die Babylonier und die alten Griechen, sahen in dem Sternbild schon einen Löwen. Er ist auch eines von 48 Sternbildern, die von Ptolemäus (Griechischer Gelehrter, um 100 n. Chr.) in der antiken Astronomie beschrieben wurden. Der Löwe ist von der Erde aus von 83° Nord bis 57° Süd komplett sichtbar, also ist er auch von Wuppertal aus (etwa bei 51° Nord) vollständig zu sehen.

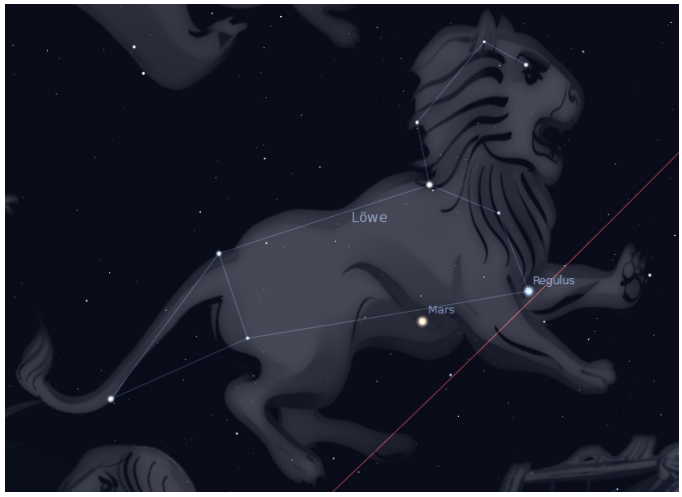


Abbildung 13: Löwe mit Mars, Regulus und Ekliptik

Abbildung 14: Löwe mit Mars, Regulus und Ekliptik, eigene Aufnahme

5.4.2 Die Jungfrau

Die Jungfrau (Virgo) ist das sechste Tierkreiszeichen (Sternbild) im Tierkreis und liegt in diesem, bzw. an der Ekliptik, von 150° bis 180° (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung 173,9° bis 218,0°). Das Sternbild Jungfrau wurde von der Sonne ursprünglich vom 24. August bis zum 23. September (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung vom 17. September bis zum 31. Oktober) durchquert. Die Jungfrau ist das zweitgrößte Sternbild am Himmel, nach der Wasserschlange und der hellste Stern im Sternbild der Jungfrau ist der „Spica“. Erstmals wurde das Sternbild in Mesopotamien (heute im Bereich des Nahen Ostens) erwähnt. Früher zeigte der Aufgang der Jungfrau, damals noch im August (ca. 2000 vor Christus), den Bauern den Beginn eines neuen Jahreszyklus der Feldarbeit an. Die Jungfrau gehört zu den 48 Sternbildern, die Ptolemäus (Griechischer Gelehrter, um 100 n. Chr.) in der Antike dokumentierte. Die Jungfrau kann von 83° Nord bis 57° Süd von der Erde aus vollständig beobachtet werden, also sie ist auch von Wuppertal aus (etwa bei 51° Nord) vollständig zu sehen.

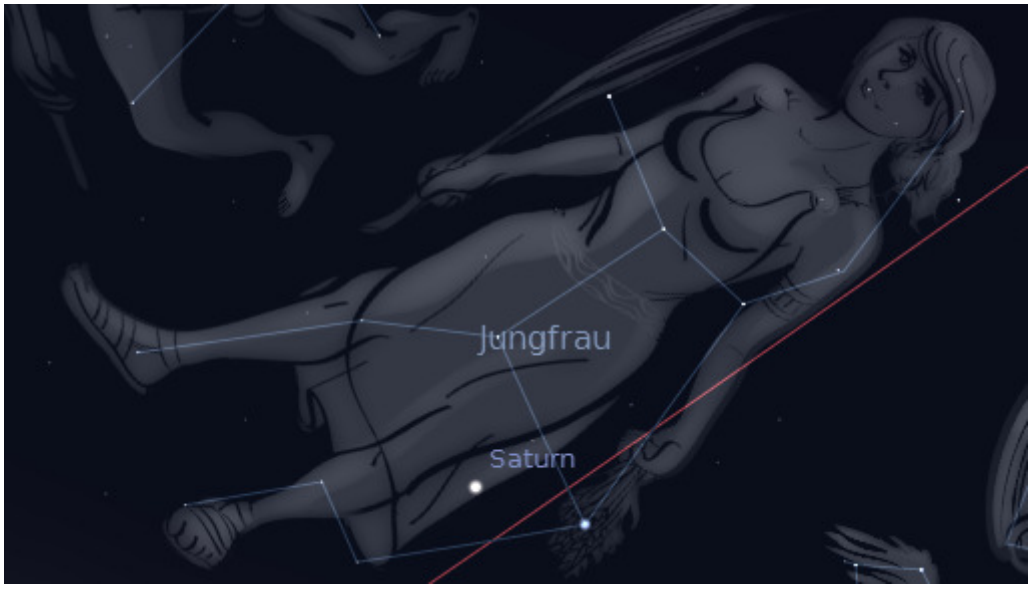


Abbildung 15: Jungfrau mit Saturn und Ekliptik

5.4.3 Die Waage

Die Waage (Libra) ist das siebte Tierkreiszeichen (Sternbild) im Tierkreis und liegt von 180° bis 210° (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung 218,0° bis 241,0°) entlang der Ekliptik. Ursprünglich wurde es von der Sonne vom 24. September bis zum 23. Oktober durchlaufen (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung vom 31. Oktober bis zum 23. November). Der hellste Stern der Waage ist der „Zuben-el-schemali“. Die Sumerer beschrieben dieses Sternbild schon als Waage, in welcher die Sonne vor etwa 4000 Jahren zur Zeit der Tagundnachtgleiche stand. Die Babylonier und die antiken Griechen sahen dieses Sternbild jedoch als eins mit dem Skorpion, wobei dieses die Scheren darstellte. Etwa im Jahre 100 führten die Römer den heutigen Namen ein. Die Waage ist eines der 48 Sternbilder, die Ptolemäus (Griechischer Gelehrter, um 100 n. Chr.) in der Antike aufzeichnete. Sie ist von der Erde aus von 60° Nord bis 90° Süd komplett sichtbar, also ist sie auch von Wuppertal aus (etwa bei 51° Nord) vollständig zu sehen.

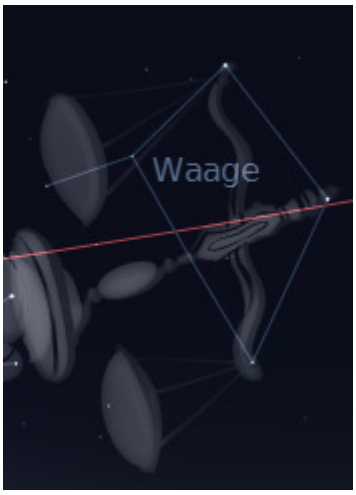


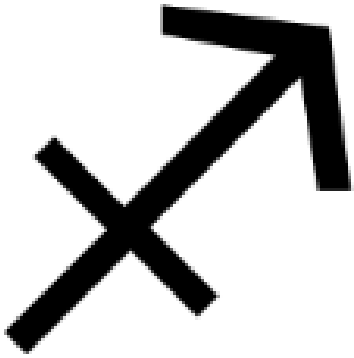
Abbildung 16: Waage mit Ekliptik

5.4.4 Der Skorpion

Der Skorpion (Scorpio) ist das achte Tierkreiszeichen (Sternbild) im Tierkreis und lag ursprünglich von 210° bis 240° entlang der Ekliptik (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung von 241° bis 247,7°). Es wurde von der Sonne vom 24. Oktober bis zum 22. November (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung vom 23. November bis zum 30. November) durchquert. Der Skorpion ist eines der auffälligsten Sternbilder am südlichen Himmel und sein hellster Stern ist der „Antares“. Der Skorpion liegt in unmittelbarer Nähe zum Zentrum der Milchstraße, weshalb das Sternbild viele Sternhaufen und Nebel enthält. Dieses Sternbild war ebenfalls bereits den Sumerern bekannt (ca. 3000 vor Christus) und auch die Maya beobachteten den Skorpion schon. Die Deutung als Skorpion geht auf die alten Griechen zurück. Zu heute hat sich der Skorpion etwas verändert, da ein Stern, seine südliche Schere, jetzt zur Waage gehört, vom Sternbild Winkelmaß aber zwei Sterne hinzubekam. Der Skorpion gehörte ebenfalls zu den 48 Sternbildern, die Ptolemäus (Griechischer Gelehrter, um 100 n. Chr.) in der Antike beschrieb. Vollständig ist er jedoch nur von 44° Nord bis 90° Süd von der Erde aus sichtbar, weshalb wir ihn aus Wuppertal (etwa bei 51° Nord) nicht komplett beobachten können.

Abbildung 17: Skorpion mit Antares und Ekliptik

5.4.5 Der Schütze



Der Schütze (Sagittarius) ist das neunte Tierkreiszeichen (Sternbild) im Tierkreis und liegt von 240° bis 270° (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung von 266,3° bis 299,7°) auf der Ekliptik. Es wurde ursprünglich vom 23. November bis zum 21. Dezember (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung vom 18. Dezember bis zum 20. Januar) von der Sonne durchquert. Der Schütze ist das südlichste aller Tierkreiszeichen und liegt im sternenreichsten Bereich der Milchstraße, weshalb im Schützen viele offene Sternhaufen, Kugelsternhaufen und Gasnebel zu finden sind. Der hellste Stern des Schützen ist der „Kaus Australis“. Sie Sumerer übernahmen die Bedeutung des Schützen vermutlich von einem Volk von Reiternomaden, was der Ursprung des Schützen ist. Die alten Griechen sahen in ihm einen Zentauren. Im Schützen wurde ein schwarzes Loch entdeckt, das im Zentrum der Milchstraße liegt. Der Schütze war eines von 48 Sternbildern, die Ptolemäus (Griechischer Gelehrter, um 100 n. Chr.) in der antiken Astronomie dokumentierte. Dieses Sternbild ist von 55° Nord bis 90°, auf der Erde, sichtbar, also ist es auch von Wuppertal aus (etwa bei 51° Nord) gerade noch zu sehen.

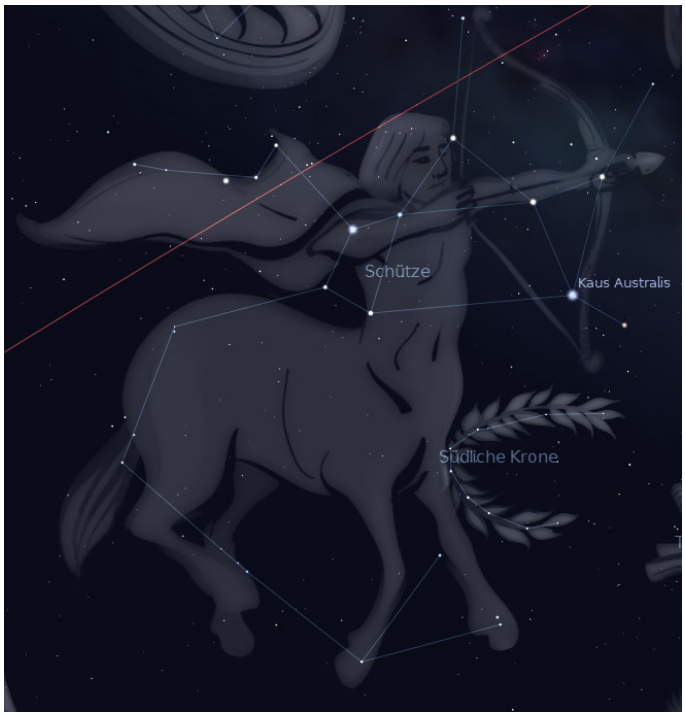


Abbildung 18: Schütze und Ekliptik

5.4.6 Der Steinbock

Der Steinbock (Capricornus) ist das zehnte Tierkreiszeichen (Sternbild) im Tierkreis und liegt von 270° bis 300° (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung von 299,7° bis 327,6°) entlang auf der Ekliptik. Ursprünglich durchquerte die Sonne den Steinbock vom 22. Dezember bis zum 20. Januar (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung vom 20. Januar bis zum 16. Februar). Der hellste Stern des Steinbocks ist der „Deneb Algedi“. In der Antike erreicht die Sonne im Steinbock ihren tiefsten Punkt, hatte also die Winter-/ Herbstsonnenwende. Der Wendepunkt der Sonne auf der Südhalbkugel wird deshalb auch noch „Wendekreis des Steinbocks“ genannt. Heute wendet sie Sonne zur Wintersonnenwende im Sternbild des Schützen aufgrund der Präzessionsbewegung der Erdachse. Vor ca. 150 Jahren wurde der Planet Neptun im Schützen, in der Nähe des Sterns „Deneb Algedi“ entdeckt. Der Steinbock ist eines der 48 Sternbilder, die Ptolemäus (Griechischer Gelehrter, um 100 n. Chr.) in der antiken Astronomie dokumentierte. Es ist von 62° Nord bis 90° Süd von der Erde aus vollständig zu erkennen, also ist es auch von Wuppertal aus (etwa bei 51° Nord) komplett zu sehen.

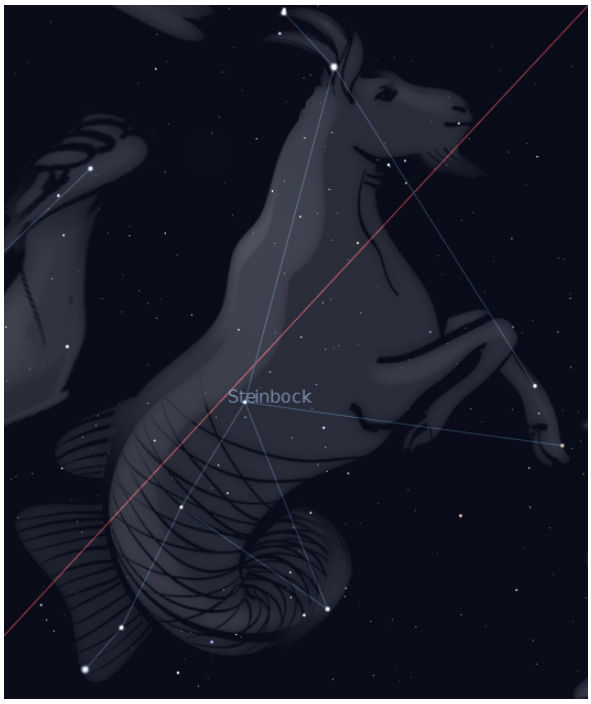


Abbildung 19: Steinbock mit Ekliptik

5.4.7 Der Wassermann

Der Wassermann (Aquarius) ist das elfte Tierkreiszeichen (Sternbild) im Tierkreis und liegt von 300° bis 330° (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung von 237,6° bis 351,6°) entlang der Ekliptik. Die Sonne durchlief den Wassermann ursprünglich vom 21. Januar bis zum 19. Februar (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung vom 16. Februar bis zum 12. März). Der Wassermann ist ein weniger auffälliges Sternbild und sein hellster Stern ist der „Sadalsuud“. Der Wassermann ist trotz seiner Unauffälligkeit eines der am längsten bekannten Konstellationen. Früher markierte der Zeitpunkt, als die Sonne in den Wassermann wanderte, den Zeitpunkt der Regenzeit für die Menschen. Viele Sternbilder in seiner Umgebung, wie die Fische, haben ebenfalls eine Verbindung zum Wasser, deshalb wird vermutet, dass der Name aus diesem Zusammenhang stammt. Im Moment ist der Frühlingspunkt dabei, die Fische zu verlassen und in den Wassermann zu wandern, was aus der Präzessionsbewegung der Erdachse resultiert. Ptolemäus (Griechischer Gelehrter, um 100 n. Chr.) nahm den Wassermann in sein Werk mit 48 Sternbildern der antiken Astronomie auf. Von 65° Nord bis 87° Süd ist der Wassermann auf der Erde zu sehen, weshalb wir ihn von Wuppertal (etwa bei 51° Nord) aus vollständig beobachten können.

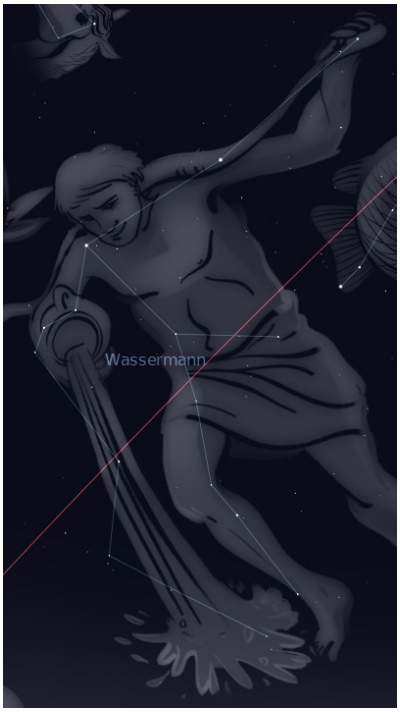


Abbildung 20: Wassermann mit Ekliptik

5.4.8 Die Fische

Die Fische (Pisces) sind das zwölfte und letzte Tierkreiszeichen (Sternbild) im Tierkreis. Sie liegen von 330° bis 360° (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung 351,6° bis 28,8°) entlang der Ekliptik. Die Sonne lief ursprünglich vom 20. Februar bis zum 20. März durch dieses Sternenbild (tropische Einteilung also heute, in der siderischen Einteilung vom 12. März bis zum 19. April). Der Frühlingspunkt liegt momentan im Sternbild der Fische, also kreuzt die Ekliptik in diesem Sternenbild den Himmelsäquator. Der hellste Stern der Fische ist der „Piscium“. Die Fische wurden wie 47 andere Sternbilder von Ptolemäus (Griechischer Gelehrter, um 100 n. Chr.) in der antiken Astronomie beschrieben. Dieses Sternbild ist von 84° Nord bis 56° Süd auf der Erde vollständig sichtbar, also ist es auch von Wuppertal aus (etwa bei 51° Nord) komplett zu sehen.

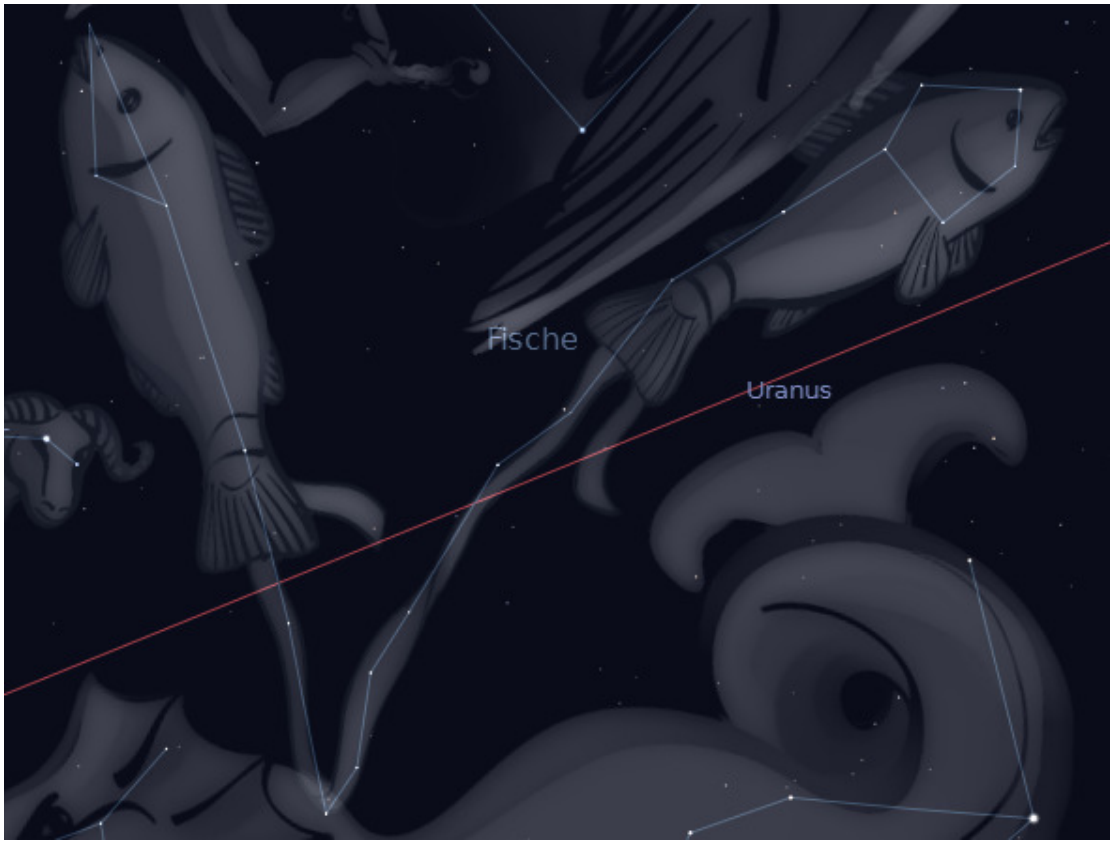


Abbildung 21: Fische mit Uranus und Ekliptik

5.5 Bedeutung von Tierkreiszeichen

Den einzelnen Tierkreisen werden verschiedene Eigenschaften zugeordnet wie gut, neutral und böse. Diese werden auf die Menschen übertragen. Wer welches Tierkreiszeichen zugeordnet bekommt, hängt davon ab, wo der Stand der Sonne im Tierkreis ist am Tag der Geburt. Heutzutage werden diese auch in Horoskopen benutzt. Obwohl das Tierkreiszeichen nicht täglich wechselt, werden in den Zeitungen immer Kalenderdaten verwendet.

5.6 Die Tierkreiszeichen (Tropische Einteilung der Ekliptik)

Als astrologische Tierkreiszeichen werden die zwölf Abschnitte bezeichnet, welche die Ekliptik/ den Tierkreis in zwölf Teile von jeweils 30° einteilen und jedem dieser Abschnitte wird ein Sternzeichen zugeordnet, durch welches die Sonne entlang der Ekliptik läuft.

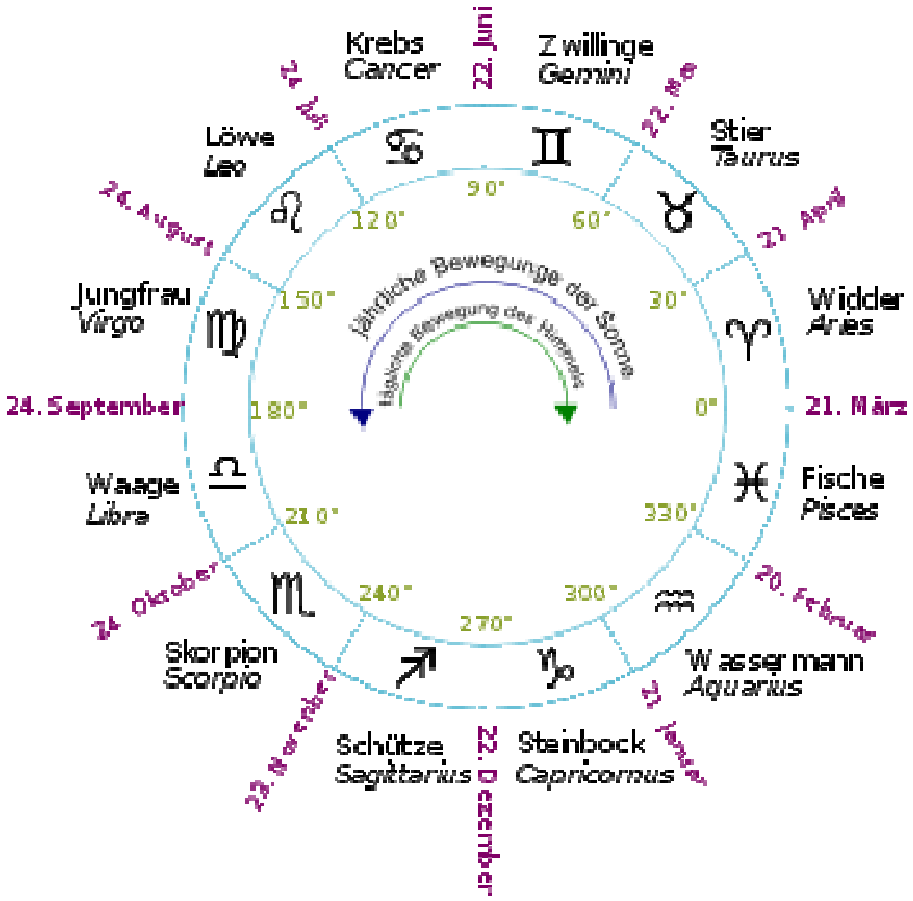


Abbildung 22: Tropische Einteilung der Ekliptik

Hierbei wird vom antiken Frühlingspunkt (der Schnittpunkt von Ekliptik und Himmelsäquator), bzw. Tagundnachtgleiche (Tag und Nacht sind gleichlang) ausgegangen. Dies gilt für die Einteilung des Tierkreises in der westlichen Astrologie und wird auch die „tropische“ (aus dem griechischen, so viel wie „Wenden“) Einteilung des Tierkreises genannt, da der Tierkreis von der vorgegebenen Lage, des Frühlingspunktes, des Herbstpunktes sowie die Lage der beiden Sonnenwenden, ausgeht. Vor etwa 2500 Jahren,

als das Konzept des Tierkreises aufgestellt wurde, lag der Frühlingspunkt noch um den 21. März herum, also stand die Sonne etwa ab dem 21. März im Widder und die Position der Sonne in den Tierkreisbildern entsprach noch den Sternbildern. Aufgrund der Präzessionsbewegung der Erdachse, welche in der tropischen Tierkreiseinteilung nicht berücksichtigt wird, verschob sich jedoch der Frühlingspunkt auf etwa den 19. April heutzutage, also läuft die Sonne heute in Wirklichkeit erst ab etwa dem 19. April durch das Sternbild Widder und zum 21. März noch durch das Sternbild der Fische. Die Tierkreiszeichen und die Sternbilder stimmen heute nicht mehr überein, deshalb gibt es noch die siderische Tierkreiseinteilung, bei welcher die Einteilung des Tierkreises auf den sichtbaren Sternbildern beruht und die Präzessionsbewegung der Erdachse berücksichtigt wird. Da wir eine Uhr bauen möchten, welche den Stand der Sonne und des Mondes in den Tierkreiszeichen anzeigt, ist für uns jedoch die tropische Einteilung des Tierkreises von Belang.

6 Astronomische Uhren (Historisch)

Astronomische Uhren sind meistens mechanisch, geben oft die Uhrzeit an, doch sind sie hauptsächlich dafür da, astronomische Sachverhalte anzuzeigen und vorauszusagen. Sie zeigen z.B. Zeitpunkte von Finsternissen, Mondphasen und den Stand von Sonne und Mond an. Die ersten bekannten astronomischen Uhren stammen aus dem Mittelalter, ca. 14. Jahrhundert. Damals war es für die allgemeine Bürgerschaft jedoch wichtiger, die Uhrzeit, Tagesanbruch und Tagesende sowie einen Kalender abzulesen. Oft dienten sie aber auch zu astrologischen Zwecken, hierbei meistens der Tierkreis, um angeblich günstige Zeitpunkte für bestimmte Taten vorauszusagen. Astronomische Uhren waren ein Statussymbol und standen unter anderem für wissenschaftliche Erkenntnisse. Früher waren diese Uhren jedoch oft nur an Rathäusern und Kirchen angebracht oder wurden in diesen Gebäuden aufgestellt. Jede dieser Uhren war einzigartig, da die verschiedenen Erbauer ihre unterschiedlichen Kenntnisse, Kreativität und oft auch ihre eigene Philosophie einfließen ließen. Sie wurden häufig auch unter religiösen Aspekten erbaut und für die Religion genutzt. Die alten astronomischen Uhren spiegeln heute noch, wenn sie nicht zerstört wurden, die Geschichte ihrer Stadt und ihrer gesamten Umgebung durch ihre Ausschmückung wider. Ein Professor und Doktor, der sich mit alten astronomischen Uhren beschäftigt, Manfred Schukowski, dokumentiert derzeit 84 öffentliche astronomische Großuhren in Deutschland und 84 Werke in 18 anderen Ländern, darunter auch jene, die zerstört wurden.

Abbildung 23: Astronomische Uhr Rostock

Mittelalterliche astronomische Uhr in einer Kirche von Rostock, mit Tierkreiszeichen, der Uhrzeit, Sonnen- und Mondzeiger, sowie mit Bildern der monatstypischen Arbeiten im Mittelalter.

7 Fotographie von Sternbildern auf der Sternwarte

Zu Beginn unserer Facharbeit haben wir, von der Sternwarte des Carl-Fuhlrott-Gymnasium aus, einige Sternbilder, auch mit Mond, fotografiert, um uns in das Thema einzuarbeiten. Am 21.03 waren sehr gute Bedingungen zum Fotografieren der Sternbilder, da der Himmel klar war und nachts die Sternbilder: Löwe, Stier, Krebs, Zwillinge und der Widder zu sehen waren. Also bauten wir nachmittags auf und kamen dann wieder, als es dunkel war, um zu fotografieren.

Für den Aufbau verwendeten wir ein Pentax-Teleskop, welches wir auf das Teleskop-Stativ von Station 4 montierten. Auf dieses Teleskop setzten wir dann die Kamera (Canon EOS 450D) auf. Das Stativ wird über ein Netzteil mit elektrischem Strom versorgt, was zur automatischen Nachführung durch einen Motor und zum Verstellen des Stativs über das Steuergerät nötig ist. Nach dem Montieren der Kamera auf die Halterung des Pentax- Teleskopes (welches für das Fotografieren der Sternbilder nur als Halterung der Kamera dient), schlossen wir sie, ebenfalls mit einem Netzteil, an eine Steckdose an und verbanden sie außerdem durch ein USB Kabel mit einem Laptop. Auf die Kamera setzten wir ein standardmäßiges Objektiv mit einer Brennweite von 18mm bis 55mm und stellten dieses auf 18mm ein, da wir so den größtmöglichen Winkel am Himmel fotografieren konnten.

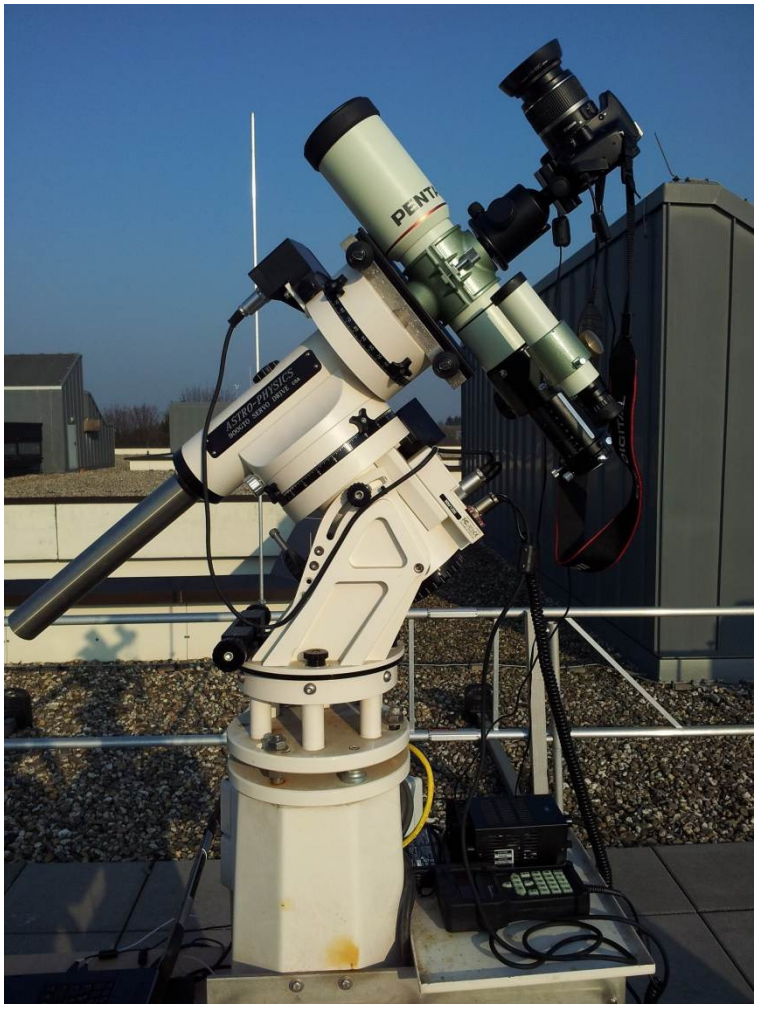


Abbildung 24: Sternwarte Carl-Fuhlrott-Gymnasium

Als es dunkel war, konnten wir mit dem Fotografieren beginnen. Um die Kamera korrekt nach den Sternbildern auszurichten, starteten wir auf einem zweiten Laptop die Software „Stellarium“, bei der wir das entsprechende Datum und den Standort einstellten und es uns damit die genaue Position der Sternbilder am Himmel in dieser Nacht zeigen konnte.

Wir richteten die Kamera dann, über die manuelle Steuerung des Stativs, nach den Sternbildern aus. Die Kamera bedienten wir über den Laptop durch das Programm „EOS Utility“. Das Bedienfeld sah so aus:

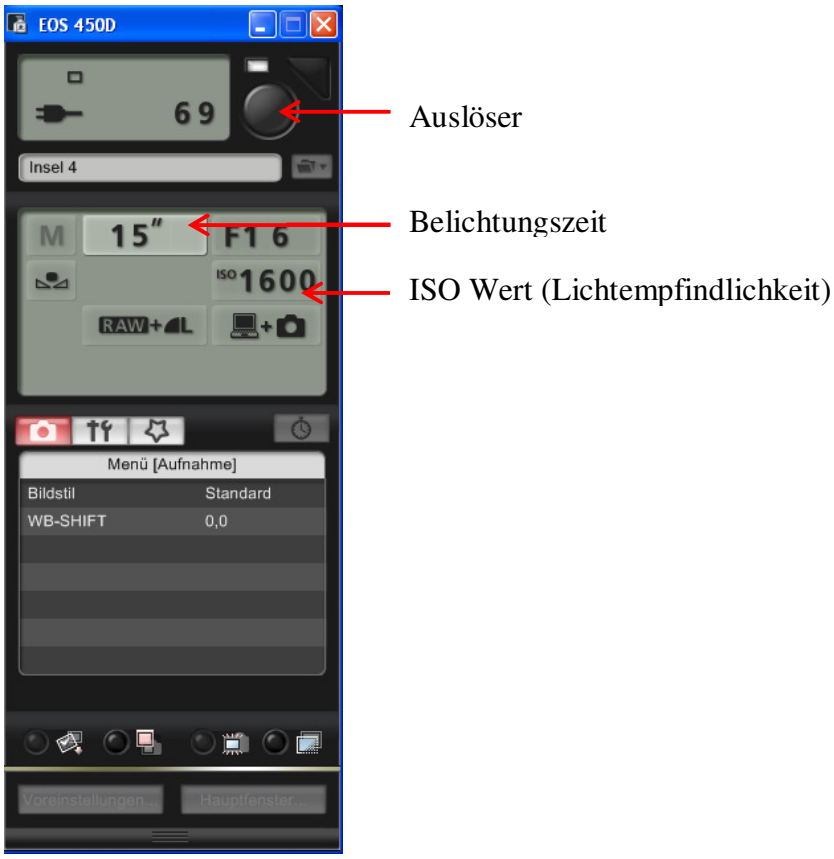


Abbildung 25: Bedienfeld EOS Utility

Wir stellten dann die optimalen Werte für das jeweilige Sternbild ein, welche wir durch Testfotos herausfanden. Die Sterne sollten nicht überbelichtet und nicht unterbelichtet sein.

Wir haben an diesem Abend die Sternbilder Widder, Stier, Zwillinge und Löwe fotografiert.

8 Sonnenzeiger

Ein Sonnenzeiger hat an dem einen Ende des Zeigers eine Sonne, am anderen Ende befindet sich ein Symbol zum Ausbalancieren, z.B. ein Stern.

8.1 Ablesen des Datums

Der Sonnenzeiger benötigt für einen Umlauf 365,2422 Tage. Also circa ein Jahr. In der Zeit werden 12,368 Zyklen durchlaufen mit jeweils 29,5306 Tagen. Deswegen bestimmt der Sonnenzeiger auf dem Datumsring das Datum. Dieser hat circa alle 0,9863° einen Strich, der einen Tag widerspiegelt. Den Stand des Sonnenzeigers in diesem Ring ist aufgrund der hohen Strichzahl mit dem bloßen Auge kaum zu abzulesen.

Eine astronomische Uhr kann keine Schaltjahre anzeigen. Jedoch wird diese Ungenauigkeit von 0,0663% angezeigt, diese kann aber aufgrund der schwierigen Ablesegenauigkeit vernachlässigt werden. Bei einem Schaltjahr jedoch kann sie bis zu einem Tag gehen.

Anschließend muss man noch das genaue Datum herausfinden, weil man ja nur ablesen kann, dass es z.B. der 123. Strich/Tag im Jahr ist.

Monat	Tage	Bzw.	Striche
Januar	1	bis	31
Februar	32	bis	59
März	60	bis	90
April	91	bis	120
Mai	121	bis	151
Juni	152	bis	181
Juli	182	bis	212
August	213	bis	243
September	244	bis	273
Oktober	274	bis	304
November	305	bis	334
Dezember	335	bis	365

kein Schaltjahr

Tabelle 1: Datumstabelle

8.2 Sonnenzeiger im Tierkreis

Der Sonnenzeiger zeigt durch seine aktuelle Position im Tierkreis das aktuelle Tierkreiszeichen an. Da es sich um 12 Tierkreiszeichen handelt, ist es möglich, den Monat daran festzustellen und dadurch auch die Jahreszeiten und ebenso die Länge der Tage.

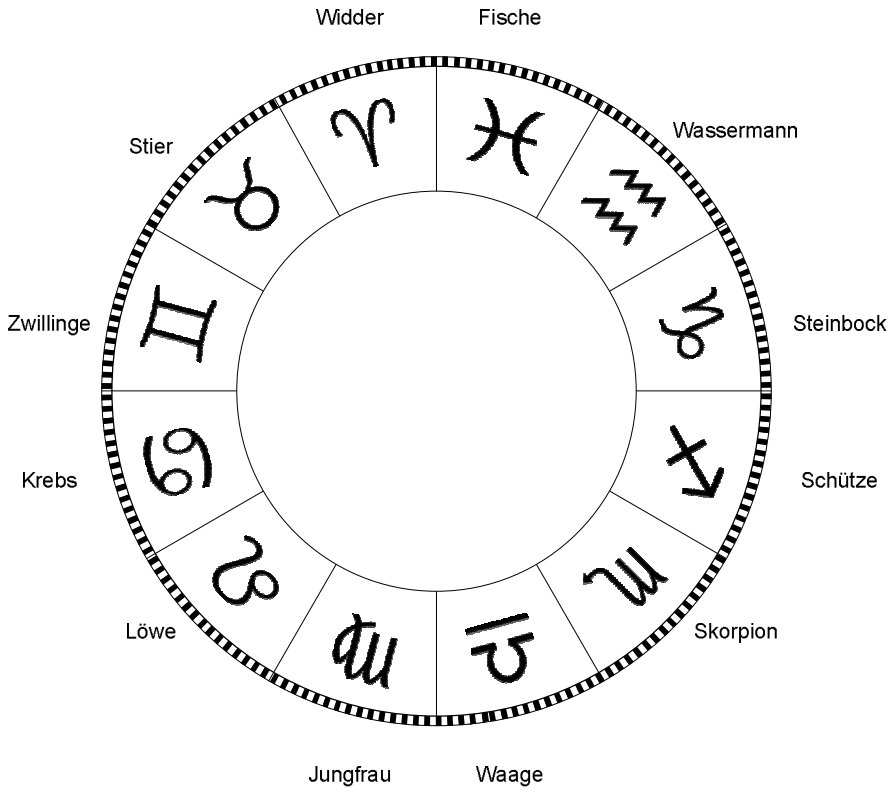


Abbildung 26: Tierkreis Zeigerblatt

Steht der Zeiger bei 12 Uhr, also zeigt genau nach oben, dann steht die Sonne am Frühlingspunkt oder auch Widderpunkt. Dies ist am 21. März. Der Frühlingspunkt ist ein Schnittpunkt von der Ekliptik und dem Himmelsäquator. Der Sonnenzeiger befindet sich demnach zu Beginn des Tierkreiszeichens Widder.

Der Sonnenzeiger bewegt sich gegen den Uhrzeigersinn, also durch den Widder ins Tierkreiszeichen Stier und von dort durch die Zwillinge. Zu Beginn des Tierkreiszeichens Krebs ist es der 22. Juni mit längster Sonnenscheindauer, es wird also Sommer. Der Zeiger neigt sich über die Tierkreiszeichen Krebs, Löwe und Jungfrau.

Zu Beginn des Tierkreiszeichens Waage, am 23. September, befindet sich der Sonnenzeiger am Herbstpunkt. Von hier aus bewegt sich der Zeiger noch durch die Zeichen Waage, Skorpion und Schütze.

Zwischen Schütze und Steinbock, am 21. Dezember ist dann der Übergang in den Winter mit dem kürzesten Tag. Im Zeitraum vom Winter bis zum Frühling durchläuft der Zeiger noch die Tierkreiszeichen Steinbock, Wassermann und die Fische. Ab hier beginnt es wieder mit dem Widder.

Wenn der Zeiger in das Zeichen Widder eintritt oder in das Zeichen Waage, ist Tag- und Nachtgleiche.

9 Mondzeiger

Der Mondzeiger kann eine Mondkugel sein und zum Ausgleich kann auch hier am anderen Ende ein Stern genutzt werden.

Der Mondzeiger braucht für einen Umlauf 27,3217 Tage, ein Siderischer Monat. In der Zeit ist er auch einmal durch alle Tierkreiszeichen gelaufen.

Ebenso wie die Sonne hat auch der Mond auch ein Auf-und Absteigen, was bei der Sonne durch längere bzw. kürzere Tage verkörpert wird. Der Mondzeiger verläuft genau wie der Sonnenzeiger auch gegen den Uhrzeigersinn.

Beim Tierkreiszeichen Krebs beginnt der Mond zu sinken und wenn es im gegenüberliegenden Tierkreiszeichen Steinbock ankommt beginnt er wieder zu steigen. Also sinkt der Mond in den Zeichen: Krebs, Löwe, Jungfrau, Waage, Skorpion und Schütze. Er steigt im Steinbock, Wassermann, Fische, Widder, Stier und bei den Zwillingen.

9.1 Die Mondkugel

Die Mondkugel besteht aus zwei Hälften, meist ist eine gold und eine schwarz. Durch die Bewegung der Kugel kann man den Mondstand feststellen.

Ist die Kugel schwarz, haben wir Neumond, ist die Kugel gold, haben wir Vollmond. Ist rechts schwarz und links gold, haben wir einen zunehmenden Mond und demnach ist bei linker Seite schwarz und rechter Seite gold abnehmender Mond.

10 Drachenzeiger

Der Drachenzeiger ist meistens, wie der Name schon sagt, in Form eines Drachens. An der einen Seite ist ein Drachenkopf, am Ende ein Schwanz. Er verläuft jedoch nicht wie Sonnen- und Mondzeiger gegen den Uhrzeigersinn, sondern verläuft im Uhrzeigersinn. Er zeigt uns die sogenannten Mondknoten an. Die Bahn des Mondes und die der Sonne schneiden sich nämlich in zwei Punkten. Derjenige Punkt oder Knoten, durch den der Mond über die Erdbahn hinaufsteigt, heißt „aufsteigender“ Knoten, der andere, der unter die Erdbahn geht, ist der „absteigende“ Knoten. Diese Knoten ändern ihren Stand gegenüber dem Tierkreis rückwärts. Der Kopf des Zeigers deutet an, in welchem Tierkreis sich der aufsteigende Mondknoten befindet, der Schwanz des Zeigers weist auf die Lage des absteigenden Knotens hin.

Desweiteren kann er Sonnen- und Mondfinsternisse anzeigen. Sobald Sonnen- und Mondzeiger auf dem Drachenzeiger liegen und in dieselbe Richtung zeigen, handelt es sich um eine Sonnenfinsternis, andersrum handelt es sich um eine Mondfinsternis, d.h.wenn Sonnen- und Mondzeiger in entgegengesetzte Richtungen zeigen.

11 Finsternisse

11.1 Mondfinsternis

Für eine Mondfinsternis müssen die Sonne, die Erde und der Mond in einer Linie stehen. Dieser Fall tritt nur bei Vollmond ein, also muss für eine Mondfinsternis Vollmond sein. Außerdem muss der Mond sich wieder in der Nähe von einem Mondknoten befinden, wo die Mondbahn die Ekliptik schneidet. Hierbei darf der Mond nicht weiter als 0°40‘ in der Breite und 4°30‘ in der Länge von der Ekliptik entfernt sein.

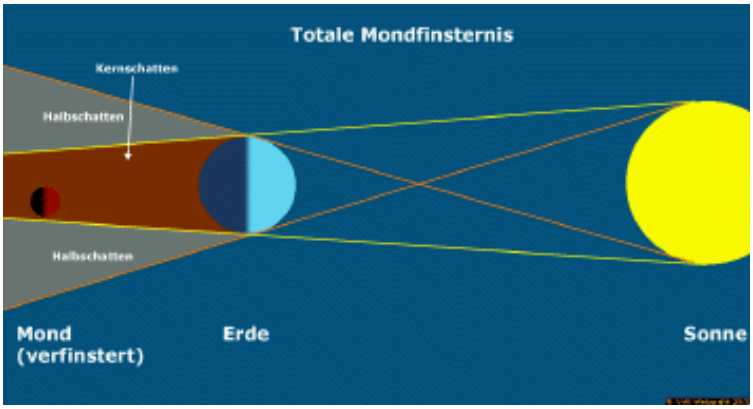


Abbildung 27: Totale Mondfinsternis

Dabei kann es zu totalen oder partiellen Mondfinsternissen kommen. Hier eine räumliche Darstellung einer Mondfinsternis. Dabei gibt es einmal den Kernschatten der Erde (Umbra) und den Halbschatten der Erde (Penumbra). Je nachdem, wo der Mond die Ekliptik schneidet, kommt es zu einer totalen oder partiellen Mondfinsternis.

11.2 Sonnenfinsternis

Eine Sonnenfinsternis entsteht dann, wenn der Mond in der Neumondphase ist, da er sich so genau zwischen Sonne und Erde befindet. Dieser Zustand tritt alle 29,530589 Tage ein, was ein „synodischer Monat“ genannt wird, jedoch läuft der Mond in diesem Zustand meistens oberhalb oder unterhalb der Sonne durch. Deshalb muss der Mond dazu auch noch, bei seinem Umlauf um die Erde, vor die Sonne treten, also in der Nähe einer der beiden Mondbahnknoten, wo die Mondbahn die Ekliptik schneidet, stehen. Dabei darf die Entfernung von diesem Knoten 16° nicht überschreiten, da der Mond sonst nicht vor die Sonne tritt. Diese beiden Punkte sind normalerweise zweimal im Jahr erfüllt.

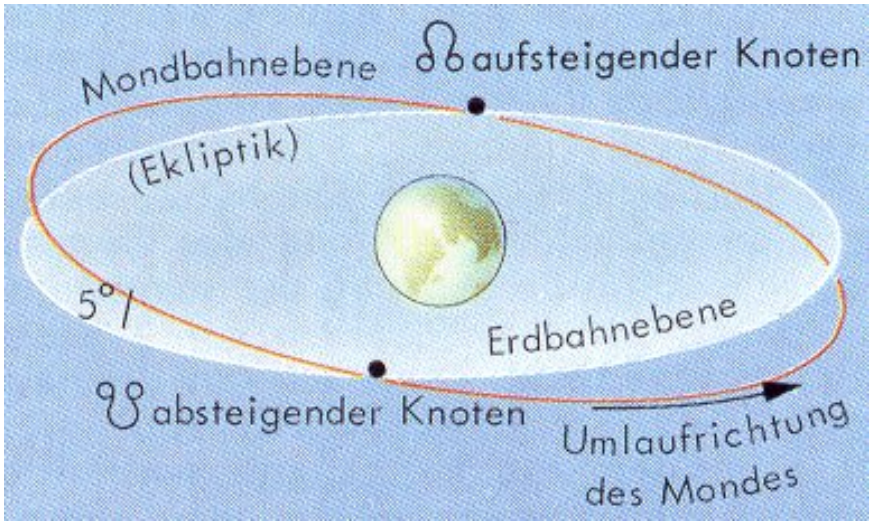


Abbildung 28: Mondknoten

Beschreibung der beiden Mondknoten für eine mögliche Sonnenfinsternis.

Wäre die Mondbahn nicht um 5° zur Ekliptik geneigt, würde eine Sonnenfinsternis jeden synodischen Monat (etwa 29.5 Tage), immer zu Neumond, wieder eintreten.

Das Verhältnis von der Größe des Mondes und der Entfernung zur Erde zu der Größe der Sonne und ihrer Entfernung zur Erde ist zufälligerweise genau das richtige, damit der Mond die Sonne für einige Teile der Erde komplett verdecken kann. Deshalb kann es auch zu einer totalen Sonnenfinsternis kommen.

Die verschiedenen Schatten wandern dann an einem Tag einmal über die Erde und von diesen Punkten aus, wo die Schatten hinfallen, kann man entweder eine totale oder eine partielle Sonnenfinsternis sehen.

12 Planung und Bau

12.1 Planung und Berrechnung

Zu Beginn haben wir uns klar gemacht, wie das Verhältnis vom Sonnenzeiger und Mondzeiger ist.

Der Sonnenzeiger braucht 365,2422 Tage für einen Umlauf. Der Mondzeiger benötigt nur 27,3217 Tage für einen Umlauf.

Wenn zu Beginn beide Zeiger übereinander liegen und der Mond einen Umlauf gemacht hat, ist die Sonne nur einen sehr kleinen Teil weitergelaufen.

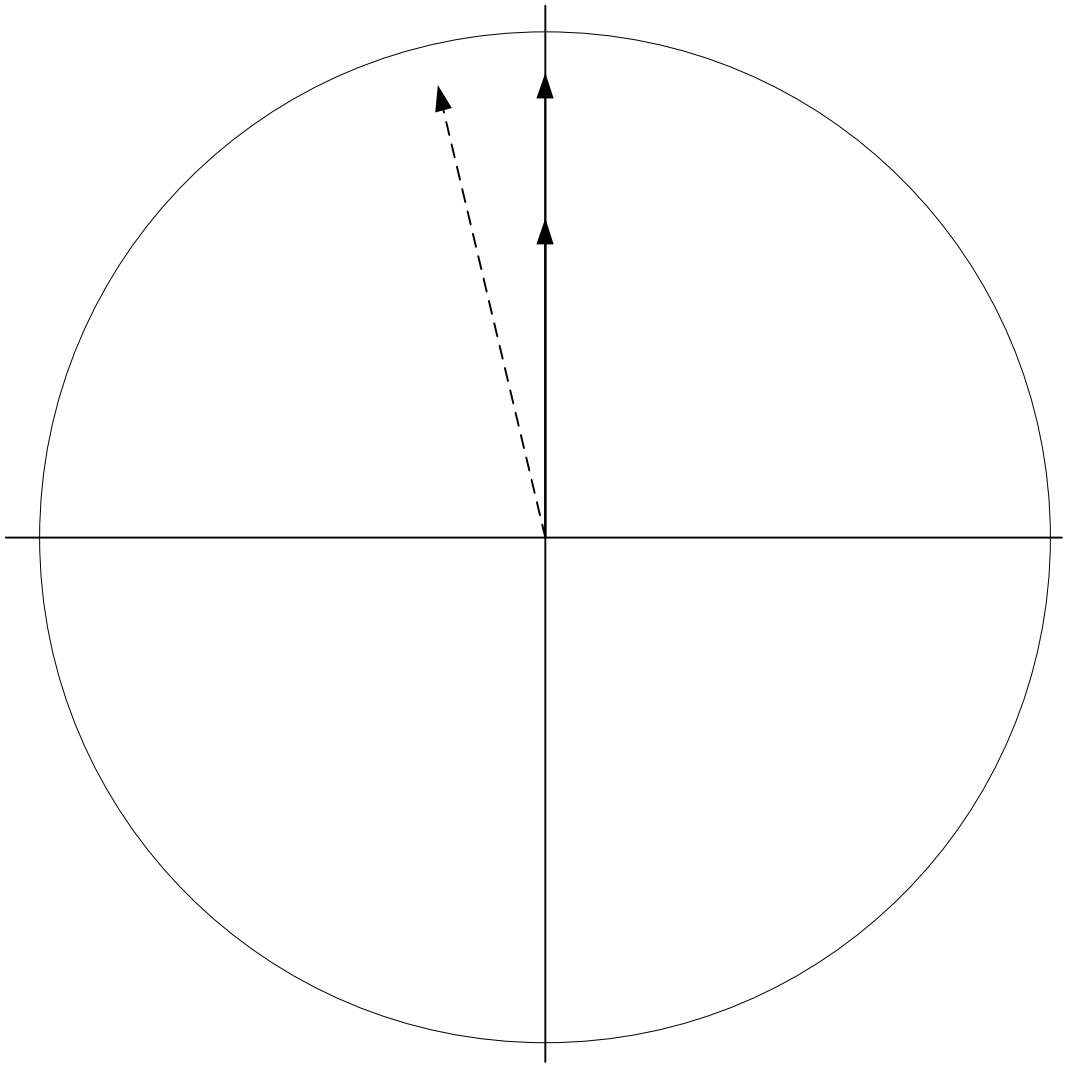


Abbildung 29: Verhältnis Mond-Sonne nach einem Umlauf

Es haben die beiden Zeiger untereinander ein Verhältnis von 13,36820915, welches sich aus folgender Rechnung ergibt:

$$\frac{365{,}2422}{27{,}3217} = 13{,}36820915$$

Für unser geplantes Getriebe hieß das: Wir brauchen einen Antrieb, der den Mondzeiger bewegt und anschließend eine Übersetzung, die das richtige Verhältnis hat und den Sonnenzeiger antreibt.

Als Antrieb haben wir uns eine Schnecke überlegt mit einer recht hohen Übersetzung von 1:25 umgesetzt, jedoch durch eine zwei gängige Schnecke mit einem Verhältnis von 2:50.

Jetzt ging es darum, das Verhältnis von 13,368209 am besten umzusetzen. Dabei ist uns schnell klar geworden, dass wir mindestens drei Ebenen brauchen. Also 13,368209= a*b*c. Nach einiger Tüftelei und ein paar Rechnungen haben wir eine sehr gute Übersetzung hinbekommen. Unsere Rechnungen waren ein wenig eingeschränkt, da wir versucht haben, uns an den Zahnrädern zu orientieren, welche die Firma Mädler GmbH anbietet.

1. Übersetzung/Ebene
   1:2,4
   möglich durch die Zahnradkombination: 48/20

2. Übersetzung/Ebene
   1:2,5
   möglich durch die Zahnradkombination: 50/20

3. Übersetzung/Ebene
   1:2,22727272
   möglich durch die Zahnradkombination: 49/22

$i_{tatsächlich}$ ergibt sich aus der Multiplikation der Übersetzungen 1-3

$i_{tatsächlich}$ = 2,4*2,5*2,22727272

Daraus folgt, dass wir für die Übersetzung i folgendes erreicht haben:

$i_{theoretisch}$ =13,36820915

$i_{tatsächlich}$ =13,36363632

Abweichung:

$$p = \frac{P}{G}$$

$$\frac{13{,}36363632}{13{,}36820915} = 99{,}97\%$$

100% -99,97% = 0,03%

Es liegt eine Abweichung von 0,03% vor.

12.2 Das Getriebe

Legende für alle Baupläne:

	Zahnrad
	6mm Welle
	5mm Welle
	4mm Welle
	Platine
	Stellring
← →	Zahnraddrehrichtung
⊘	Befestigung der Zahnräder durch Madenschrauben

Tabelle 2: Legende Bauzeichnung

12.2.1 Bauplan für Sonnen- und Mondzeigergetriebe

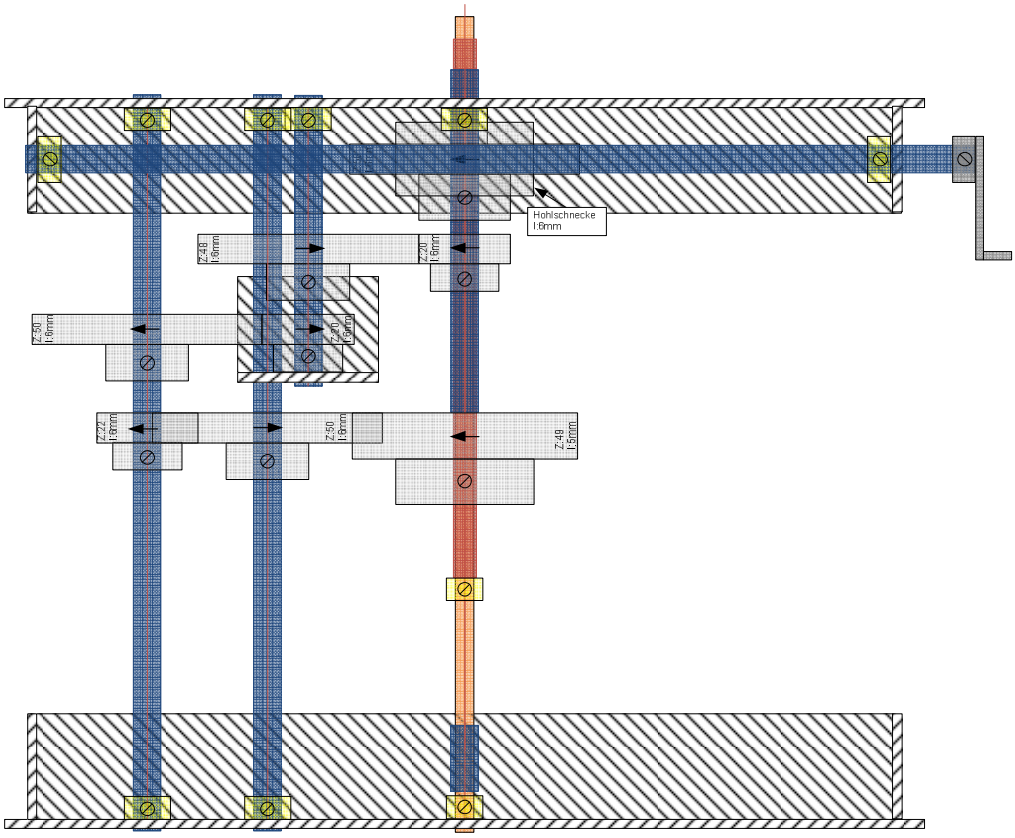


Abbildung 30: Bauplan in der Draufsicht

12.2.1.1 Beschreibung des Bauplans Draufsicht

Wir haben vier Ebenen auf vier Achsen/Wellen sowie eine Querwelle zum Antreiben durch die Kurbel. Die Hauptachse besteht aus drei Wellenröhrchen, welche ineinander gesteckt sind. Die Äußerste ist für den Mondzeiger bestimmt, dieser wird durch eine Hohlschnecke, welche ein Schneckenrad bewegt, angetrieben. Ebenfalls am äußersten Rohr befestigt, sodass sie die Bewegung der Kurbel ebenso erfasst, ist die zweite Ebene, die jetzt für das Verhältnis zum Sonnenzeiger arbeitet.

Dies geschieht durch die Verbindung des 20er Zahnrades zum 48er Zahnrad. Auf der Welle des 48er Zahnrades befindet sich ein weiteres 20er Zahnrad. Jenes treibt ein 50er Zahnrad an. Auf derselben Welle liegt ein 22er Zahnrad, welches nicht direkt die Verbindung zum letzten Zahnrad herstellen kann, da sonst eine falsche Zeigerdrehrichtung entstehen würde. Um die Drehrichtung zu ändern haben wir ein Zwischenzahnrad eingebaut, welches auch auf einer eigenen Welle liegt, es hat 50 Zähne. Das Zwischenrad kann nun das 49er Zahnrad in die richtige Richtung bewegen. Dieses 49er Zahnrad liegt jetzt jedoch nicht mehr auf der äußeren 6mm Welle sondern schon auf der 5mm Welle für den Sonnenzeiger.

Die dritte Welle haben wir schon für den in Zukunft folgenden Drachenzeiger geplant.

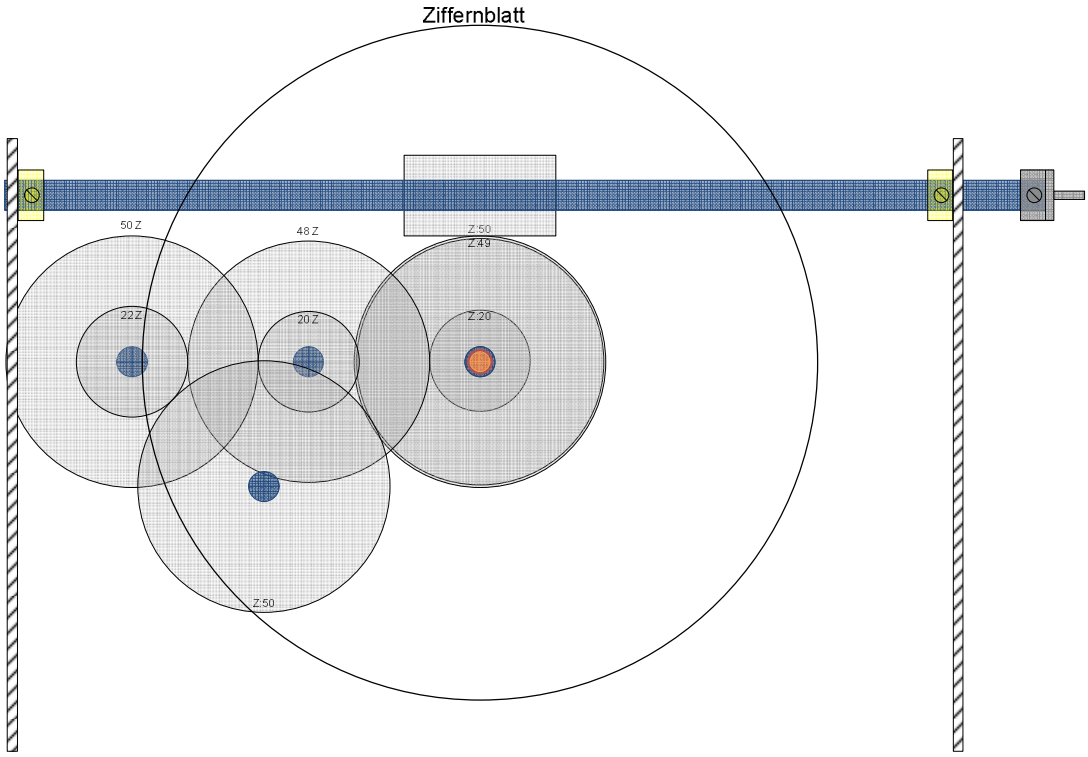


Abbildung 31: Bauplan in der Seitenansicht 1

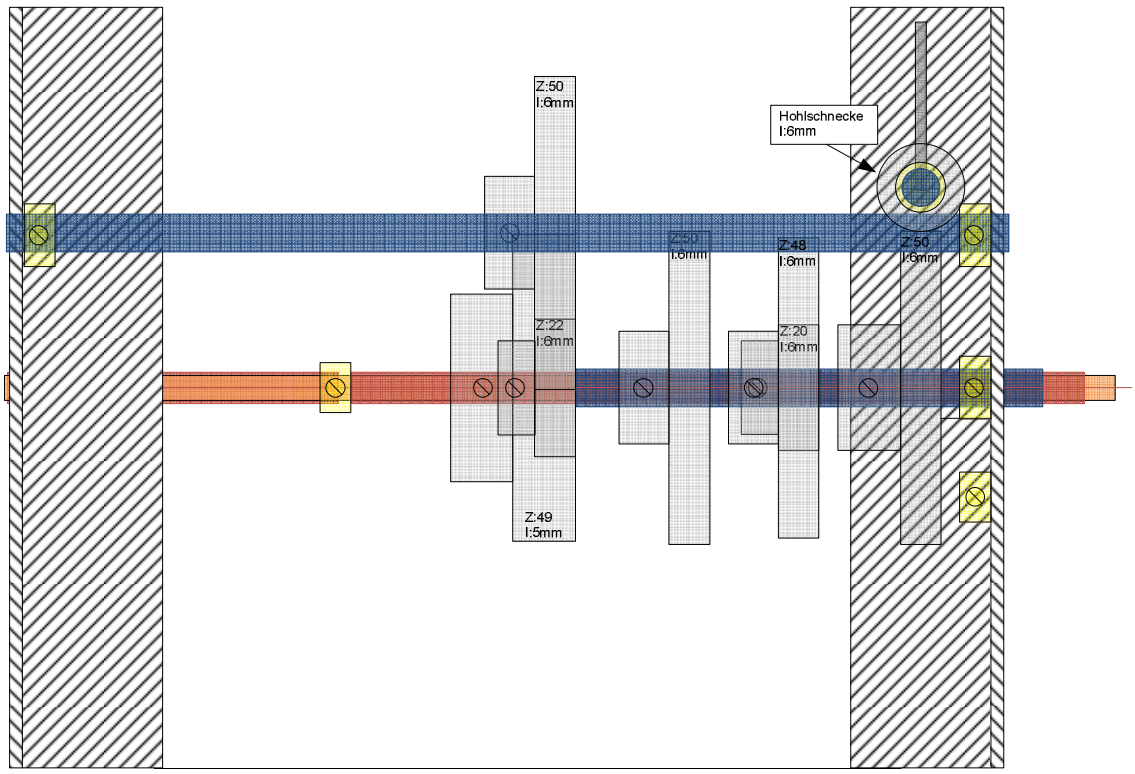


Abbildung 32: Bauplan in der Seitenansicht 2

Für die Maße des Gehäuses haben wir daran gedacht, dass für den Drachenzeiger eine weitere Übersetzung dazukommt, die wir in unserem Kasten berücksichtigen müssen.

Der Drachenzeiger braucht für einen Umlauf 6798,38 Tage.

$$\frac{6798{,}38}{365{,}2422} = 18{,}6133$$

Das Verhältnis ist somit 18,6133.

Es gilt wieder 18,6133 = d*e*f. Die Übersetzungen sind daher:

1. Übersetzung/Ebene
   1: 2,545454545
   möglich durch die Zahnradkombination: 56/22

2. Übersetzung/Ebene
   1:2,6
   möglich durch die Zahnradkombination: 26/10

3. Übersetzung/Ebene
   1:2,8125
   möglich durch die Zahnradkombination: 45/16

$i_{tatsächlich}$ ergibt sich aus der Multiplikation der Übersetzungen 1-3

$i_{tatsächlich}$ = 2,545454545*2,6*2,8125

Daraus folgt, dass wir für die Übersetzung i folgendes erreicht haben:

$i_{theoretisch}$ = 18,6133

$i_{tatsächlich} = 18{,}6136$

Abweichung

$$p = \frac{P}{G}$$

$$\frac{18{,}6136}{18{,}6133} = 100{,}002\%$$

100,002% - 100% = 0,002%

Es liegt somit eine Abweichung von 0,002% vor.

12.2.2 Getriebe mit Drachenzeiger

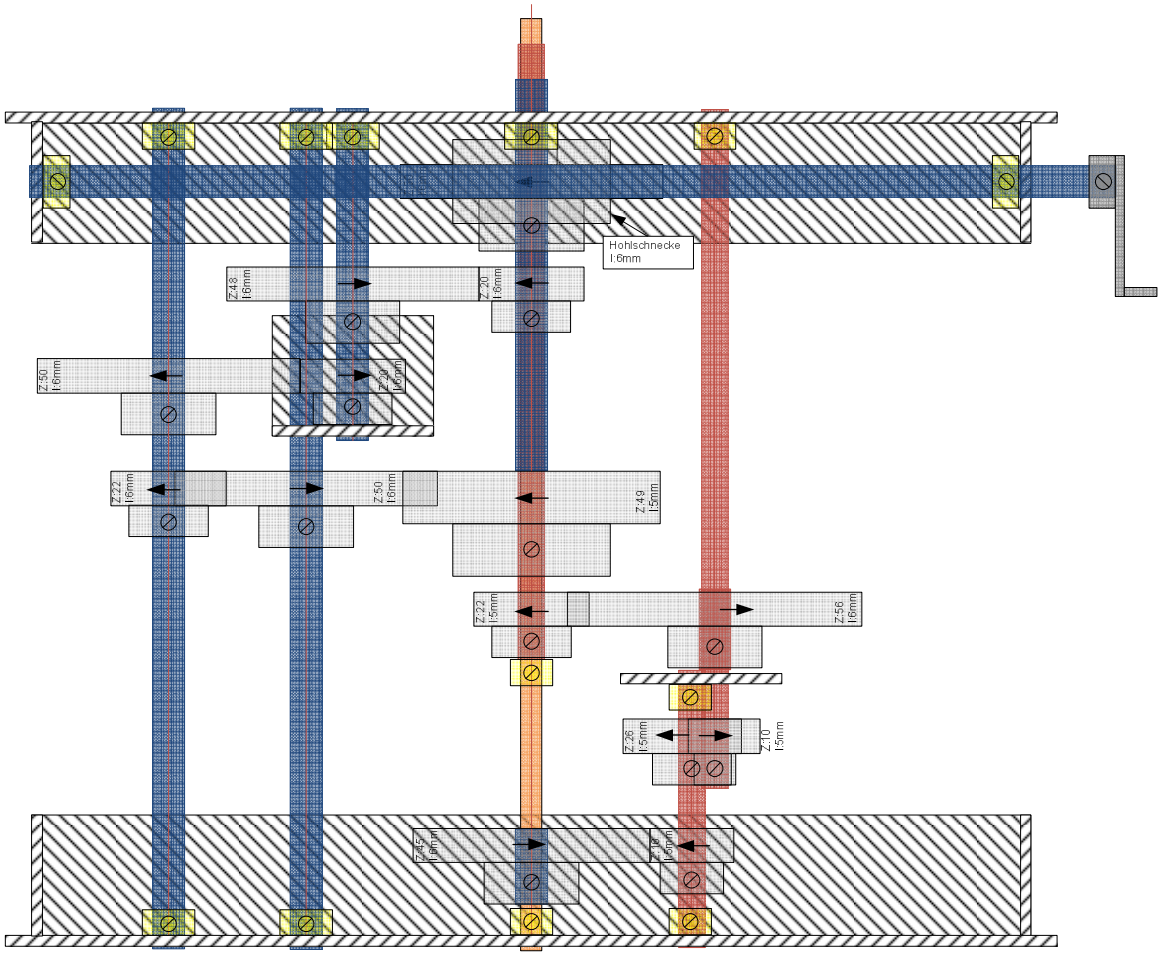


Abbildung 33: Bauplan in der Draufsicht

12.2.2.1 Beschreibung der Erweiterung in Bauplan 2

Für den Drachenzeiger greifen wir die Bewegung von der 5mm Mittelwelle ab, auf der das 49er Zahnrad liegt. Daher treibt das 22er Zahnrad das 56er Zahnrad an. Das auf derselben

Welle liegende 10er Zahnrad bewegt ein 26er Zahnrad, darunter liegt ein 16er Zahnrad, dass das letzte 45er Zahnrad bewegt. Die letzte Ebene erzeugt wieder die Verbindung zur Hauptachse und liegt auf der 4mm Welle, der Drachenzeiger dreht sich jedoch entgegengesetzt zu dem Mond- und Sonnenzeiger und hat daher eine andere Drehrichtung.

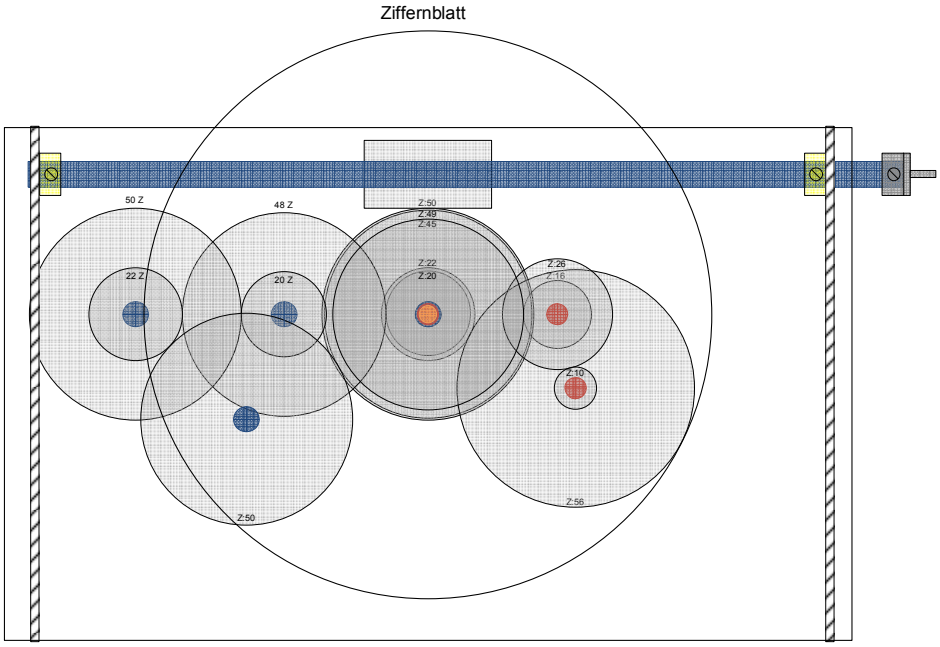


Abbildung 34: Bauplan in der Seitenansicht 1

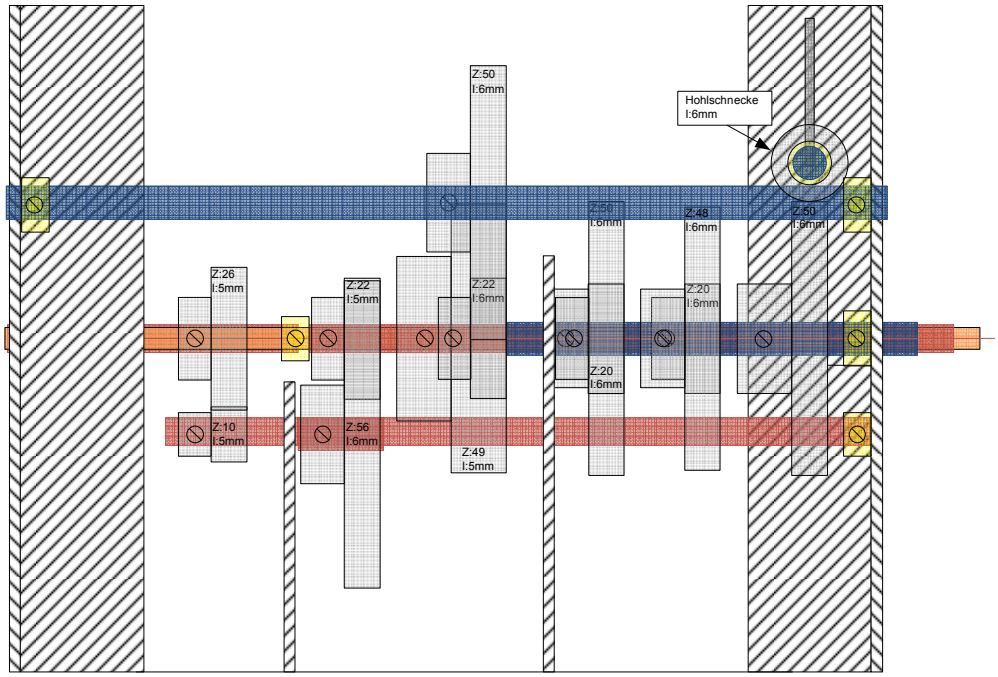


Abbildung 35: Bauplan in der Seitenansicht 2

12.3 Gehäuse

Für das Gehäuse nehmen wir Plexiglas der Stärke 5mm. Das Gehäuse soll bei uns auf jeden Fall auch das Ziffernblatt schützen.

Daher ist die benötigte Größe 263mm x 240mm x 165mm.

Für den Zusammenhalt der Platten werden kleine Holzwürfel in die Ecken geschraubt. Diese halten dann alle Wände zusammen.

12.4 Das Zeigerblatt

Die Tierkreiszeichen sollen in eine Platine eingeätzt werden. Dadurch haben wir ein optisch sehr schönes, aber auch stabiles Zeigerblatt. Auf diesem Zeigerblatt befinden sich die 12 astrologischen Tierkreiszeichen, die immer in Bereichen von 30° angeordnet sind. Das ergibt sich durch die Rechnung:

$$\frac{360°}{12} = 30°$$

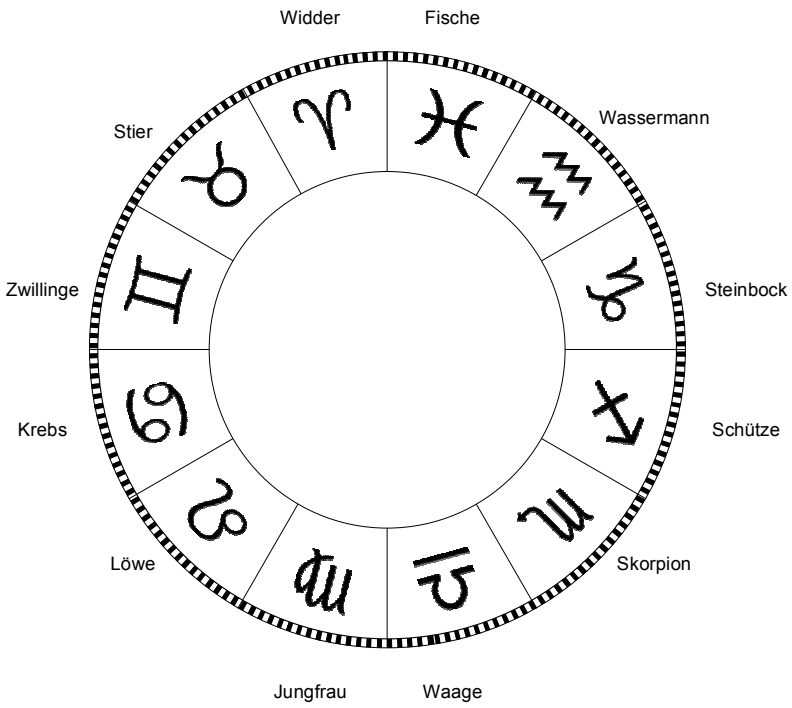


Abbildung 36: Zeigerblatt

13 Endergebnis

Abbildung 37: Lichtbild in der Seitenansicht 1

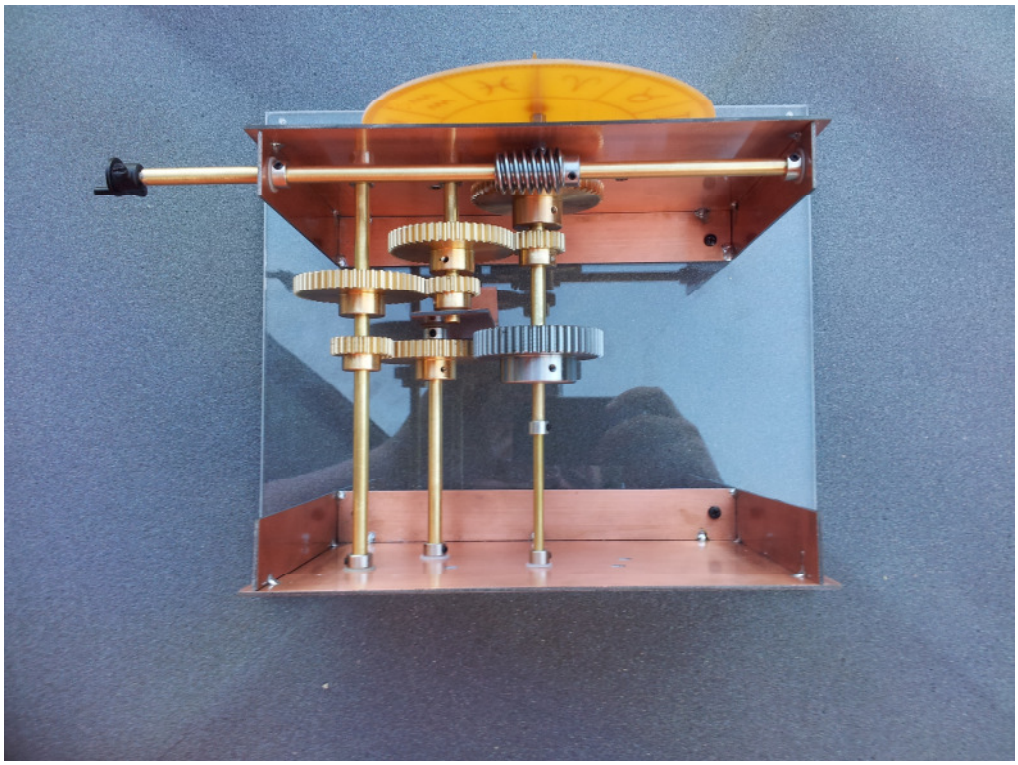


Abbildung 38: Lichtbild in der Draufsicht

Quellenverzeichnis

http://www.ub.uni-siegen.de/expo/schmidt/astuhr.pdf

http://www.sternwarte-recklinghausen.de/files/astrouhr.pdf

http://www.br-online.de/wissen-bildung/spacenight/sterngucker/sternbilder/sonnenreise-gr.html

http://www.trenduhren24.com/geschichte/die-astronomische-uhr-konstruktion/

http://www.greier-greiner.at/hc/imgs/img_basics/ekliptik_2.gif

http://www.opd-politik.de/wp-content/uploads/2010/08/stier.jpg

http://www.khalisi.com/vhskurse/finsternisse/entstehung.html

http://www.wissenschaft.de/wissportal_static/sofi99/themen/sofi_8.html

http://www.wikipedia.org

http://www.uhrenhanse.de/sammlerecke/turmuhren/zytglogge/kaeser2.htm

http://astrouhr.telebus.de/einstellung/einstellung.html

http://astrouhr.telebus.de/die_uhr/die_uhr.html#Tierkreis

http://www.google.de/imgres?um=1&hl=de&sa=N&authuser=0&biw=1280&bih=923&tbm=isch&tbnid=2CXkk7Wo_rh2pM:&imgrefurl=http://astrouhr.telebus.de/technik/technik.html&docid=gu0btlvrLFHv4M&imgurl=http://astrouhr.telebus.de/technik/ZeigerschemaAstroUhrUlm.gif&w=800&h=600&ei=YEDcT4u_E8rxsgaCxYjQDQ&zoom=1&iact=hc&vpx=503&vpy=147&dur=551&hovh=194&hovw=259&tx=138&ty=94&sig=108716270265325367576&page=1&tbnh=130&tbnw=182&start=0&ndsp=30&ved=1t:429,r:2,s:0,i:77

Maschinenbaulexikon (siehe auch auf DVD im Anhang)

Danksagung

Wir möchten uns für die Unterstützung bei folgenden Herren bedanken:

- Herrn Koch für die Unterstützung an der Sternwarte
- Herrn Steinrücken bei der Hilfe zur Entwicklung des Getriebes
- Herrn Winkhaus für die Projektkursleitung und materielle Unterstützung bei der praktischen.Ausführung

Anhang

Im Anhang ist eine DVD mit allen Bildern, Zeichnungen und der Dokumentation eingebunden.

Inhalt

- Bilder
  - Stellarium
  - Sternwarte
  - Tierkreiszeichen
  - Tierkreiszeichen Vektoren
  - Uhr
- Dokument Facharbeit
- Getriebebaupläne
- Maschinenbau
- Material
- Video