

A. Fischer

Waldorfschule am Illerblick, Ulm

Manuskript zur Himmelskunde-Epoche in der 6.-7.Klasse

Beruhend auf Epochenhefttexten im Unterricht 2006 und 2012

Neubearbeitung 2021 mit Ergänzungen aus der Astronomie

Hinweise:

Der vorliegende Text in durchlaufenden Sach-Themen umfasst alle Inhalte, die in 2 Epochen (in Kl.6+7) möglich sind. Für die 6.Klasse gibt es eine davon getrennte Kurz-Fassung als Einzeltext (auch als Schülerheft).

Der hier dargestellte Inhalt wurde für die Kurse an den Lehrerseminaren Mannheim und Stuttgart entwickelt. Er übertrifft die Unterrichtsmöglichkeiten deutlich, dennoch eignen sich ausgewählte Texte auch zur Weitergabe an Schüler. Darüber hinausgehende Ergänzungen aus der Astronomie können das Verständnis vertiefen sowie Antworten auf Schülerfragen erleichtern. Dies geschah ausführlich in Abschnitten über die Weltbilder mit der gegenseitigen Entsprechung von geo- und heliozentrischer Sichtweise (in den Abschnitten 1.4 -1.6, bei der Planeten-Besprechung in Kapitel 6, speziell in 6.5a-d für die Erdbewegung). Dies ist in dieser Breite im Unterricht nicht möglich, gehört aber zum Grundwissen für den Lehrer, damit er in beiden Sichtweisen sachkundig ist.

Zudem befindet sich ein Anhang in Arbeit, der per e-mail abgerufen werden kann über: „adoric.fischer@web.de“. Darin enthalten sind didaktische Hinweise, Fotos u. Zeichnungen von empfehlenswerten Materialien und Bauanleitungen für Schüler, Lehrer, Tafel und Wand, Tipps zur praktischen Himmelsbeobachtung mit einfachen Hilfsmitteln, Abbildungen aus Epochenheften, Sternbilder usw.

Zum Autor:

Adolf Richard Fischer, Jahrgang 1946, verheiratet, fünf Kinder. Nach Feinmechaniker-Lehre Studium der Mathematik und Physik in Tübingen; Gasthörer in Kunstgeschichte.

Oberstufenlehrer an der Waldorfschule Ulm; Mitbegründer der Waldorfschule am Illerblick in Ulm als Geschäftsführer und Klassenlehrer. Gründungslehrer und Geschäftsführer der Waldorfschule Geislingen (bis 2012). Mitarbeit in der Lehrer-Fortbildung durch Vorträge, Seminarkurse und Unterrichtsmaterial. Seit 1989 Gastdozent an Lehrerseminaren (Stuttgart und Mannheim) und in Kursen der IAO (v.a. im Baltikum) mit Schwerpunkt Astronomie, Klimakunde, Mittelstufen-Mathematik und -Geometrie. Artikel in Erziehungskunst und Lehrer-Rundbrief; Zusammenarbeit mit Prof. Ernst Schubert zur Mittelstufenmathematik in der Waldorfpädagogik.

Inhalt

| | |
|---|----|
| Hinweise: | 1 |
| Zum Autor: | 1 |
| Beim Anblick der Sterne | 5 |
| 1. Unser Weltbild | 6 |
| 1.1 Die Himmelskugel | 6 |
| 1.2 Die Erde als Scheibe | 6 |
| 1.3 Die Erde als Kugel | 6 |
| 1.4 Erdkugel als Mittelpunkt | 7 |
| 1.5 Sonne als Mittelpunkt | 8 |
| 1.6 Geozentrisch oder heliozentrisch? | 10 |
| 2. Orientierung am Himmel | 11 |
| 2.1 Unser Horizontkreis | 11 |
| 2.2 Himmelsrichtungen | 11 |
| 2.3 Winkelmaße am Himmel | 12 |
| 2.4 Die Himmelskugel | 13 |
| 2.5 Orientierung auf der Erde | 13 |
| 2.6 Die tägliche Drehung des Himmels | 14 |
| 2.7 Zirkumpolarsterne | 16 |
| 2.8 Die jährliche Veränderung des Himmels | 16 |
| 2.9 Der Himmelsäquator | 17 |
| 2.10 Die Wandelsterne | 18 |
| 3. Sterne und Sternbilder | 19 |
| 3.1 Die Fixsterne | 19 |
| 3.2 Das Licht der Sterne | 19 |
| 3.3 Die Sternbilder um den Polarstern | 20 |
| 3.4 Die Winterbilder | 22 |
| 3.5 Im Frühling | 24 |
| 3.7 Die Sommerbilder | 25 |
| 3.8 Im Herbst | 25 |
| 3.9 Auflistung der hellsten Sterne | 26 |
| 3.10 Die Milchstraße | 28 |
| 4. Die Sonne | 29 |
| 4.1 Lebensquell der Erde | 29 |

| | |
|---|----|
| 4.2 Der Tageslauf mit der Himmelsdrehung | 29 |
| 4.3 Der Jahresweg durch den Sternhimmel | 29 |
| 4.4 Äquator und Ekliptik | 30 |
| 4.5 Die Jahreszeiten | 31 |
| 4.6 Der Tierkreis | 33 |
| 4.7 Die Sternbilder des Tierkreises..... | 33 |
| 4.8 Die Tierkreiszeichen | 36 |
| 4.9 Tierkreis-Kalender | 36 |
| 4.10 Astrologie..... | 37 |
| 5. Der Mond | 39 |
| 5.1 Täglich anders! | 39 |
| 5.2 Der Weg des Mondes im Tierkreis..... | 39 |
| 5.3 Die Phasen des Mondes | 41 |
| 5.4 Kalender..... | 42 |
| 5.5 Sonnenfinsternis | 43 |
| 5.6 Mondfinsternis | 44 |
| 5.7 Trabant der Erde | 45 |
| 5.8 Der Mond als Partner der Erde | 45 |
| 6. Die Planeten | 47 |
| 6.1 Zeit und Rhythmus im Kosmos | 47 |
| 6.2 Planeten-Rhythmen..... | 47 |
| 6.3 Sichtbare Planeten | 48 |
| 6.4 Die „untersonnigen“ Planeten | 49 |
| 6.4 a) Merkur | 50 |
| 6.4 b) Venus..... | 51 |
| 6.5 Die Erde als Planet..... | 52 |
| 6.5 a) Die tägliche Rotation | 52 |
| 6.5 b) Die Jahresbahn | 53 |
| 6.5 c) Perspektiv-Wechsel geozentrisch-heliozentrisch | 53 |
| 6.5 d) Die Jahreszeiten..... | 56 |
| 6.6 Die „obersonnigen“ Planeten..... | 57 |
| 6.6 a) Konjunktion mit Sonne..... | 57 |
| 6.6 b) Opposition zur Sonne | 57 |
| 6.6 c) Konjunktion zweier Planeten | 57 |

| | |
|--|----|
| 6.6 d) Rückläufigkeit eines Planeten | 58 |
| 6.6 e) Mars | 59 |
| 6.6 f) Jupiter..... | 59 |
| 6.6 g) Saturn..... | 60 |
| 6.6 h) Uranus und Neptun..... | 61 |
| 6.7 Planetentabelle | 61 |
| 6.8 Planetoiden, Asteroiden | 62 |
| 6.9 Kometen..... | 62 |
| 6.10 Sternschnuppen, Meteore | 63 |
| Abbildungsverzeichnis: | 65 |

Himmelskunde

Sterne

Viel Sterne gloriiieren,
ich habe sie wohl gern.
Am liebsten aber hab ich
Den Morgen- und Abendstern.
(Matthias Claudius)

Beim Anblick der Sterne

Der Anblick des gestirnten Himmels setzt uns immer wieder in Erstaunen. Stille und Harmonie erfüllt unser Empfinden, wir freuen uns an der Schönheit der Gestirne und wir spüren die Sicherheit der ewigen Gesetze. Der Sternhimmel gilt mit Recht seit jeher als Abbild der göttlichen Welt.

Schon immer ordneten die Menschen die Sterne am Himmel zu Gruppen zusammen. In diesen Sternbildern sahen sie Bilder von Göttern und Helden aus ihren alten Sagen. Die griechischen und römischen Götternamen blieben bis heute gebräuchlich für Sonne (Helios oder Sol), Mond und die Planeten.

Die Stellung der Sterne bei entscheidenden Lebensstunden galt als göttlicher Hinweis auf das Schicksal der Menschen. Daraus entstand die *Astrologie* als eine der ersten Wissenschaften, für die Beobachtungsgabe und Rechenfertigkeit gebraucht wurden. Alle großen Kulturen versuchten, die Erscheinungen am Himmel zu verstehen und durch immer bessere Messungen die Gesetze der Bewegungen zu erkennen.

Die Winkelmessung und die ersten genauen Beobachtungen der Planetenbewegungen verdanken wir der babylonischen Kultur. Die Ägypter hatten mit einem genauen Kalender die Nilfluten vorhergesagt und damit auch ihre Staatsgeschichte zuverlässig aufgezeichnet. In der Alt-Chinesischen Kultur mussten Astronomen vor Sonnen- und Mondfinsternissen warnen.

Aus Griechenland stammen die noch heute gebräuchlichen Begriffe und Sternbilder; ihr astronomisches Weltbild prägte das Abendland bis zur Neuzeit. Auch die Araber übernahmen das griechische Wissen und bereicherten es durch eigene Beobachtungen; die vielen arabischen Namen von Einzelsternen erinnern daran. Aus dem gründlichen Studium der Himmelserscheinungen entwickelte sich die heutige *Astronomie*.

1. Unser Weltbild

1.1 Die Himmelskugel

Wenn wir um uns blicken und dabei drehen, sehen wir rings um uns den *Horizontkreis*. Der Mittelpunkt dieses Kreises entsteht durch uns selbst als Beobachter.

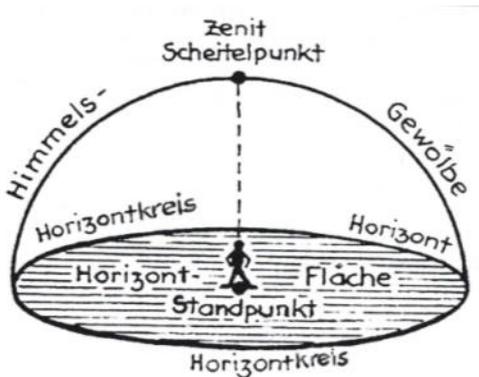


Abbildung 1: Horizont und Himmel

Über unserem Horizontkreis erhebt sich das Himmelsgewölbe in einer vollendeten Halbkugel. Der Scheitelpunkt senkrecht über uns heißt Zenit.

Auf dieser *Himmelskugel* spielen sich alle Bewegungen der Himmelskörper (also Sonne, Mond, Planeten, Sterne) ab, vor allem die sich täglich wiederholende Kreisbahn aller Gestirne. Aus dieser Wahrnehmung leiteten die Menschen in den verschiedenen Kulturepochen ihre unterschiedlichen Weltbilder ab.

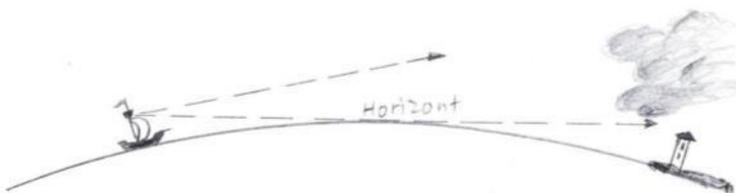
1.2 Die Erde als Scheibe

Den Horizontkreis haben sich die Menschen lange Zeit als Bild für die ganze Erde vorgestellt. Außen herum sei diese flache *Erdscheibe* vom Ozean umgeben. Auf diesen dürfe man nicht hinausfahren, weil man an dessen Rand hinab stürzen würde.

1.3 Die Erde als Kugel

In der griechischen Kultur wurde die Kugelgestalt der Erde bemerkt. Dazu trugen die Beobachtungen der Seefahrer bei: Sie stellten fest, dass auf dem Meer der Horizont zwar ein genauer Kreis ist, aber weit entfernte Dinge unter den Horizont zu tauchen scheinen. Bei der Rückfahrt in den heimischen Hafen sah man anfangs nur die Spitze des Leuchtturms und erst dann bei dichter Nähe auch die Hafeneinfahrt. Das Meer zeigt also eine echte Wölbung wie eine Bergkuppe!

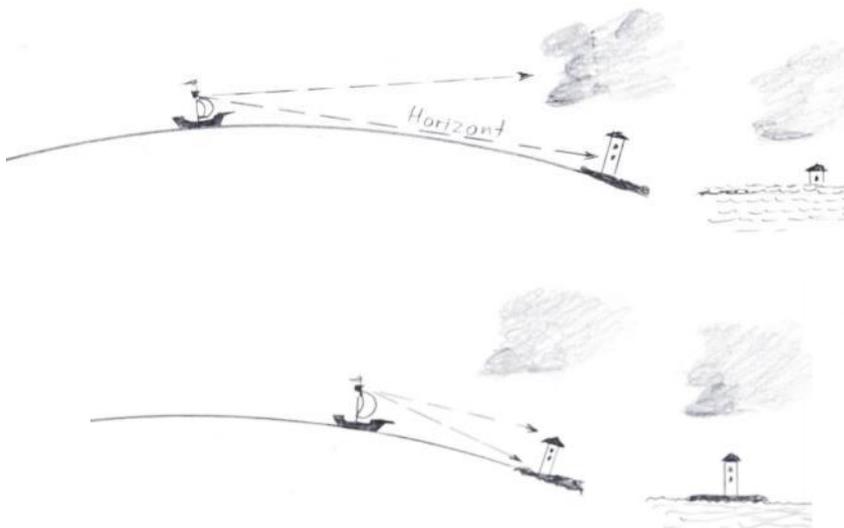
Abbildung 2: Schema der Erdkrümmung
Blick auf die Wasserwölbung als Sichthorizont:



Das sieht der Beobachter:

A) 30 Seemeilen (30sm = 55km)
vor der Küste
sieht man vom
Mastkorb rings-
um nur Meer.
Die Wolke
scheint auf dem

Wasser zu sitzen.



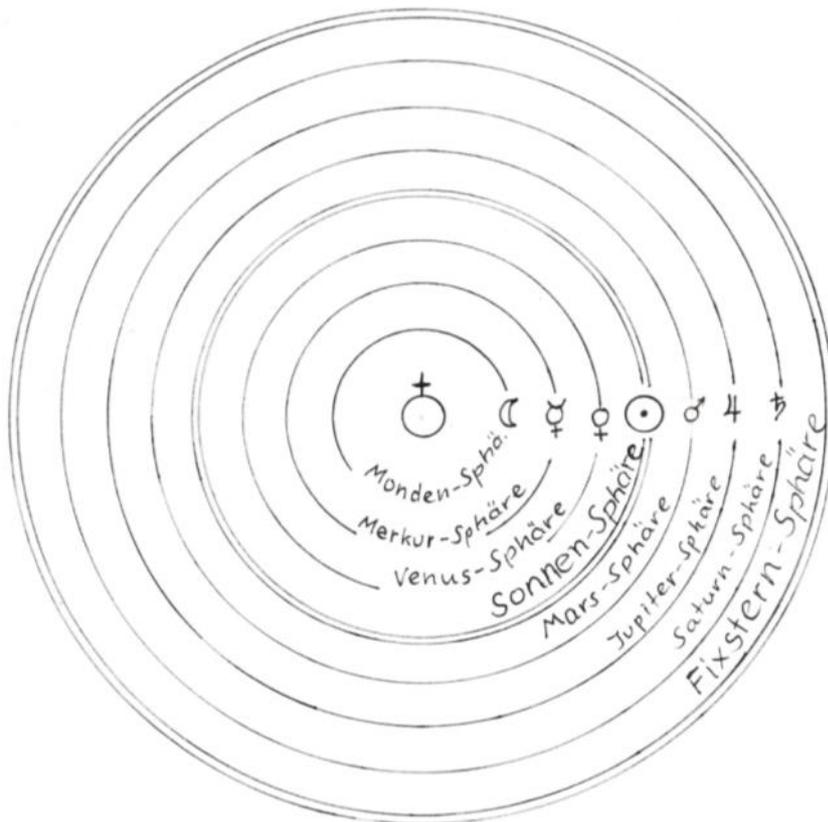
B) 20sm vor der Küste sieht man vom Mastkorb den halben Leuchtturm aus dem Meer steigen. Die Wolke schwebt nun darüber.

C) 10sm vor der Küste sieht man vom Mastkorb die Küstenlinie mit dem ganzen Leuchtturm, die Wolke am Himmel darüber.

Denkt man diese Idee weiter, liegt der Gedanke einer kugelförmigen Gestalt für unsere Erde nahe. Gestützt wurde diese Vorstellung durch die unterschiedliche Sonnenhöhe in nördlichen und südlichen Ländern. Es war auch ein Grieche, welcher aus dieser Beobachtung als erster die Größe der *Erdkugel* bestimmte.

1.4 Erdkugel als Mittelpunkt

Mit der Kugelform der Erde entstand das Bild des Himmels als einer Vollkugel, welche die Erde im Zentrum ringsherum umschließt. Diese Anschauung heißt daher geozentrisch (geo oder gäa: die Erde). Auf der *Himmelskugel* dachte man sich alle Sterne befestigt.



Weil es aber bei den Himmelskörpern auch etliche Wanderer (griech.: Planeten) gab, stellte man sich zwischen der Himmelskugel und der Erde weitere Kristallschalen (Sphären) vor. Mit diesen sollten die *Wandelsterne* ihre Stellung im Laufe von Wochen und Monaten gegen die Fixsterne verändern können. Dazu zählte man neben den uns geläufigen Planeten auch Mond und Sonne.

Abbildung 3: Planetensphären im geozentrischen Weltbild der Antike

Die Sphärenabstän-

de waren in klaren Zahlenverhältnissen geordnet, durch welche im *Kosmos* (griech. = Ordnung) die *Sphärenmusik* in vollkommener Harmonie erklang. Die irdische Musik galt als deren Abglanz, sofern sie mit den reinen mathematischen Gesetzen im Einklang war.

Die Himmelskugel mit all ihren Sternen und den Planetensphären drehte sich nun um die Erde. Die Reihenfolge der Sphären hieß von innen nach außen:

(Erde), Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter, Saturn, (Fixsterne).

Dieses Weltbild wurde von dem griechischen Mathematiker, Astronomen und Philosophen *Ptolemäus* so verfeinert, dass damit die Bewegungen aller Gestirne genau berechnet und vorhergesagt werden konnten. Es bewährte sich gut und galt durch 2 Jahrtausende als richtig.

Doch für den Menschenalltag blieb die Erde eine Scheibe mit dem Himmelsgewölbe darüber, welches unsere Welt von der Ewig-Göttlichen abtrennte. Nur die Astronomen und sonstigen Gelehrten suchten nach den bewegenden Urkräften hinter dieser Schale, wie es der Holzschnitt treffend als damaliges Weltbild darstellt:

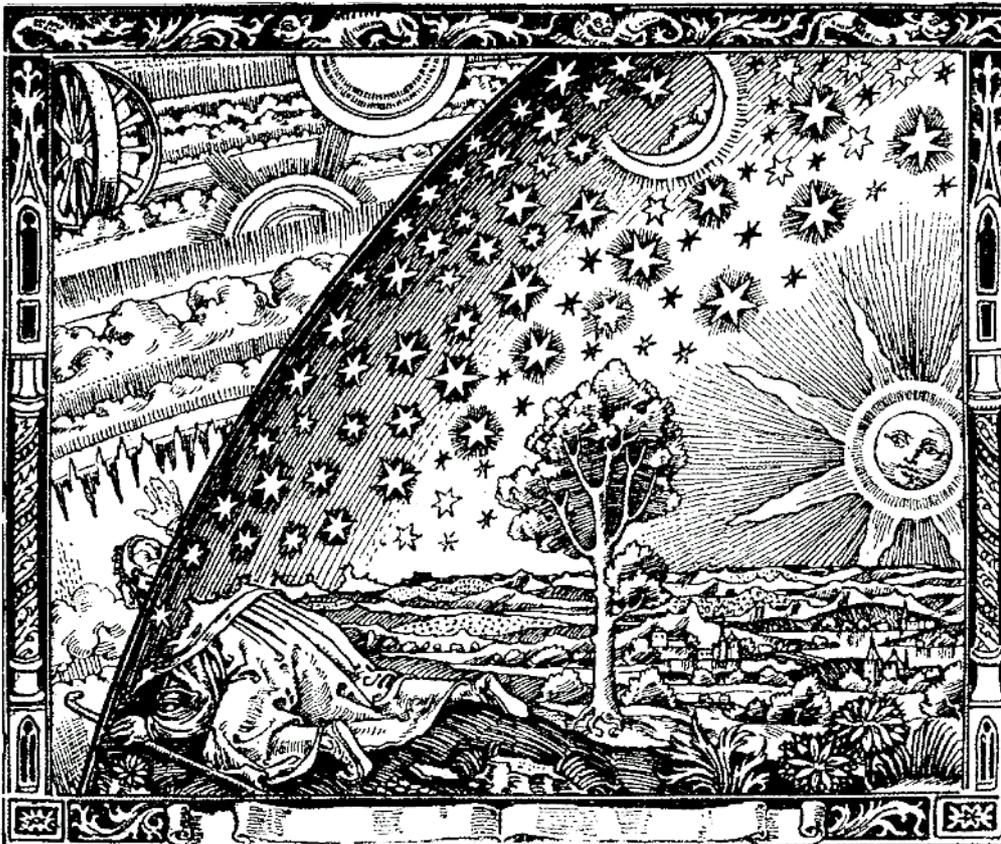


Abbildung 4: Antikes Weltbild

(Diese Abbildung galt bis vor 3 Jahrzehnten als mittelalterlich. Nachforschungen führten zu einem französischen Bildstecher des frühen 19.Jht. als Urheber, der damit das mittelalterliche Weltbild illustrierte)

1.5 Sonne als Mittelpunkt

Schon sehr früh entstand aber auch die Idee, dass die Sonne der Mittelpunkt

des Universums sein könnte. Die Erde würde sich täglich einmal um ihre eigene Achse drehen; derjenige Teil, welcher dabei sich der Sonne zuwende, hätte „Tag“ und auf dem rückwärtigen Teil wäre „Nacht“. Die Erde selbst würde die Sonne einmal im Jahr komplett umrunden, wodurch die Jahreszeiten entstünden.

Doch der Augenschein sprach so sehr dagegen, dass diese Idee nicht anerkannt wurde. Erst im 15. Jahrhundert wurde diese Vorstellung von *Nikolaus Kopernikus* auf die Planetenbewegungen theoretisch angewandt. Die Gedanken seines Buches „Über die Bewegungen der Himmelskörper“ gelten noch heute als eine der größten geistigen Revolutionen in der Geschichte der Menschheit, man spricht von der *kopernikanischen Wende*.

Den Beweis dazu erbrachten der italienische Physiker *Galileo Galilei* und der deutsche Astronom *Johannes Kepler* erst über 100 Jahre nach Kopernikus.

Blick „von oben“, also über dem Nordpol der Erde (Abstände und

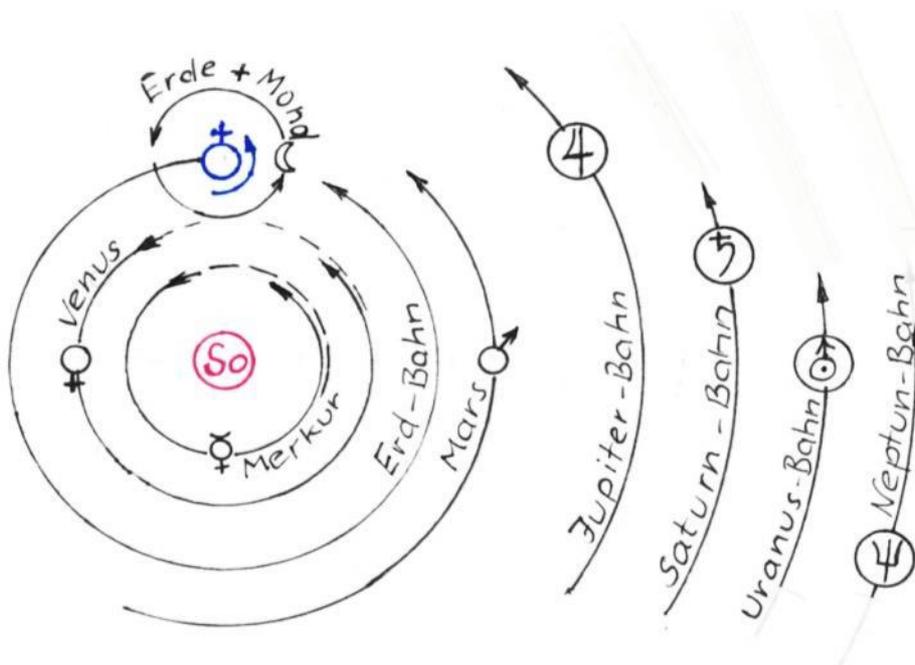


Abbildung 5: Unser Sonnensystem

einjährige Weglängen sind sinnvoll angedeutet, aber nicht maßstäblich:

Saturn, Uranus und Neptun müssten um ein Mehrfaches weiter weg)

In diesem heliozentrischen Weltbild ist die Sonne das Zentralgestirn im Mittelpunkt. Sie hält die Planeten als ihre Begleiter auf

deren (fast kreisförmigen) Umlaufbahn. Je kleiner der Abstand eines Planeten zur Sonne ist, desto schneller muss er sie umkreisen.

Die Folge der wichtigsten Planeten (von innen nach außen) heißt:

(Sonne) Merkur, Venus, Erde (mit Mond), Mars, Jupiter, Saturn

Später wurden mit dem Fernrohr nochmals 2 große Planeten (*Uranus und Neptun*) entdeckt, dazu auch Pluto und weitere unzählige Kleinplaneten.

1.6 Geozentrisch oder heliozentrisch?

Heute ist das *kopernikanische Weltbild* mit der Sonne im Zentrum uns allen so vertraut, dass man der *heliozentrischen* (Helios = griech. Sonne) Sichtweise die alleinige Gültigkeit unterstellt. Für die Berechnung der Planetenbahnen ist sie tatsächlich außerordentlich praktisch. Mit der Sonne im Mittelpunkt lassen sich die Keplerschen Gesetze und Newtons Gravitationsgesetz als Grundlage einer Himmelsmechanik anwenden. So ist dieses Weltbild auch für die Weltraumfahrt unumgänglich.

Doch für die Beobachtungen von der Erde aus müssen wir nach wie vor unsere Fernrohre dem sich (scheinbar) drehenden Himmel nachstellen. Daher sind alle gemessenen Winkel und Bewegungen auch heute noch *geozentrisch* und müssen dann umgerechnet werden.

Wenn wir die Standorte von Gestirnen räumlich zeichnen wollen, müssen wir sogar von der Kugelform der Erde absehen und den mathematischen Horizont als Kreisscheibe benutzen. Auf diesem zeichnen wir die Himmelshalbkugel.

So kommt es, dass wir noch heute mit allen drei Weltbildern arbeiten und uns je nach Aufgabe das dafür am besten geeignete heraus suchen dürfen.

Für die normale alltägliche Beobachtung empfinden wir die Erde mit ihrem waagrechten Horizontumkreis als fest. Über uns dreht sich die Himmelswölbung mit all ihren Gestirnen täglich einmal komplett um uns. Diese Wahrnehmung nennen wir *beobachterzentriert*. Unter diesem Blickwinkel beschreiben wir die Himmelserscheinungen: So wie wir sie tatsächlich sehen.

Der heliozentrische Blick auf die Erdbewegung (Tagesdrehung, Jahres-Bahn und –Zeiten, Ekliptik) ist im Kapitel „6: Planeten“ nochmals getrennt ausgeführt.

2. Orientierung am Himmel

2.1 Unser Horizontkreis

Auf der Erde sehen wir rings um uns herum die Trennlinie zwischen Himmel und Erde. Diese Begrenzung ist unser natürlicher Gesichtskreis als der hier sichtbare *reale Horizont*. Er hängt davon ab, wo wir stehen und wodurch unsere Sicht begrenzt wird, also Berge, Häuser, Bäume. Vom Mastkorb eines Schiffes wäre diese Horizontlinie dagegen ungestört und genau waagrecht. Dieses Bild übertragen wir auf unseren tatsächliche Standort auf der Erde: Durch unseren waagrechten Blick rings herum entsteht ein gedachter Kreis; dieser ist unser *mathematische Horizont*.

Der tatsächlich sichtbare Horizont hat immer störende Begrenzungen des Blickes und ist niemals genau waagrecht ringsum. Für die Sternbeobachtung ändert dies nichts, außer bei Auf- und Untergang von Gestirnen, Sonne und Mond. Aber es versteht sich von selbst, dass die Sonne später aufgeht, wenn der ideale Horizont durch eine Bergkette verdeckt ist. Auch wenn unser realer Horizont von einzelnen Sichthindernissen verdeckt ist, so können wir uns den mathematisch-ideale eben hinter diesem denken können. Er ist so groß, dass wir in der Mitte uns selbst, ja sogar die ganze Erde, als Punkt vorstellen dürfen.

2.2 Himmelsrichtungen

Der Horizont ist ohne jede messbare Entfernung; dafür gibt er uns aber alle Richtungen genau an. Bevor man sich am Himmel orientieren kann, sollte man also zuerst auf der Erde die genauen Himmelsrichtungen kennen. Wenn man öfters am selben Ort beobachtet, empfehlen sich markante Punkte am Horizont, die man einmisst und sich merkt. Am genauesten geht dies mit dem Polarstern (Nord), der Mittagssonne (Süd) oder dem Kompass.

Wenn du nach Nord (N) schaust und dich dann um $\frac{1}{4}$ -Kreis nach rechts (im Uhrzeigersinn) drehst, blickst du nach Osten, nach einer weiteren $\frac{1}{4}$ -Drehung liegt Norden hinter dir und du siehst vor dir Süd. Beim Blick nach Süd hast du also linker Hand Osten (=E), rechter Hand Westen (W). Das sind die vier *Hauptrichtungen*, wobei dem Norden stets der erste Rang gebührt, gefolgt von Süd. Genau mittig zwischen den 4 Hauptrichtungen liegen die vier Nebenrichtungen: Nordost (NE) und Nordwest (NW), sowie Südost (SE) und Südwest (SW). Wenn wir diesen Achtstern aufzeichnen, erhalten wir die *Windrose*.

Die vier *Himmelsrichtungen* und ihre Zwischenrichtungen können wir auch mit Winkeln bezeichnen: Eine volle Drehung teilen wir in 360 Winkelgrade (360°) ein; ein rechter Winkel hat als Vierteldrehung dann 90° . Wir beginnen bei Nord als 0° , drehen um einen rechten Winkel (im Uhrzeigersinn) und kommen zu Ost = 90° . Südost hätte dann $90^\circ + 45^\circ = 135^\circ$.

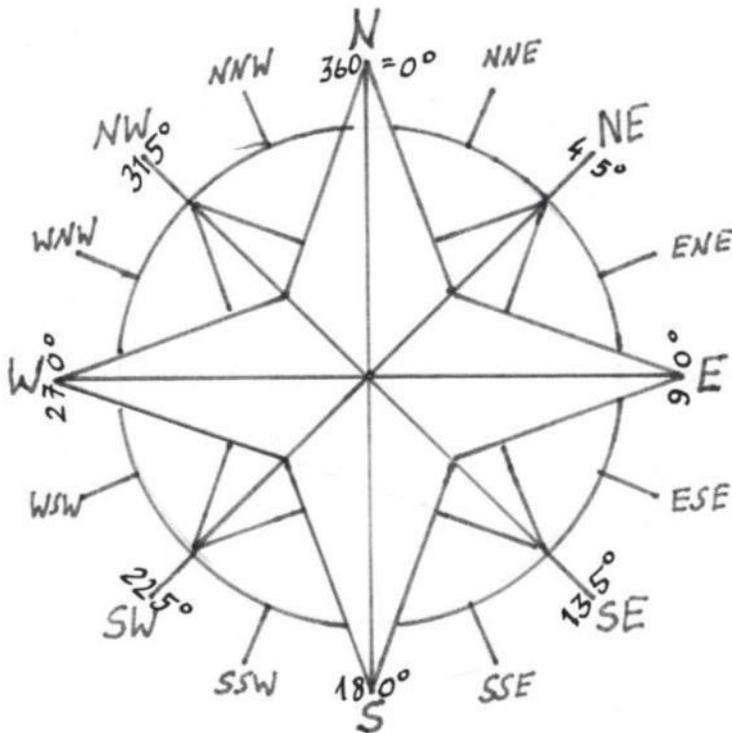


Abbildung 6: Windrose

enthält außer den Windrichtungen auch die Winkelskala in Grad, vielleicht sogar die Einteilung in „Striche“, wie sie der Seemann benutzt.

2.3 Winkelmaße am Himmel

Auch am Himmel kann man keine Entfernung oder Abstände mit Metern oder Kilometern messen, es sind immer nur Winkelangaben zwischen zwei Blickrichtungen möglich. Am besten zeigen wir mit Am besten zeigen wir mit beiden Armen zum ersten Stern und schwenken danach mit einem Arm, bis er zum anderen Stern zeigt. Den Dreh-Winkel entlang des Bogens zwischen den beiden Blickrichtungen nehmen wir als Abstandsangabe von einem Stern zu einem anderen. Für genauere Messungen teilt man jedes Grad in 60 Winkel-Minuten ($1^\circ = 60'$) ein, in der Astronomie sogar noch jede Minute in Winkel-Sekunden.

Einige Winkelabstände können wir am Himmel leicht schätzen. Wir strecken dazu den Arm aus und visieren über unsere Hand. Die Dicke des kleinen Fingers bedeckt 1° , der Daumen 2° ; die Faust zeigt uns 10° , die locker gespreizte Hand 15° ; mit der vollen Spanne erreichen wir knapp 18° . Beim Vergleich mit den Himmelserscheinungen stellen wir als optische Größen fest:

- Durchmesser von Sonne und Mond: $0,5^\circ$ (halbe Dicke des kleinen Fingers);*
- Weg von Sonne und Mond in einer Stunde: 15° (Hand).*
- Halbe Himmelshöhe (45°): 3x lockere Hand.*

Will man die Richtung genauer angeben; so halbiert man die Winkel nochmals und erhält die 16 Richtungen: Nord 0°

Nord-Nordost (NNE) $22,5^\circ$

Nordost 45°

Ost-Nordost (ENE) $67,5^\circ$

Ost 90° usw.

Zwischen zwei Richtungen liegt der jeweilige Drehwinkel als Unterschied: Wenn wir uns von Ost (90°) nach Südost (135°) drehen, so sind dies $45^\circ (= 135^\circ - 90^\circ)$.

Mit einem Kompass kann man auch alle anderen Richtungen leicht feststellen. Ein guter Marschkompass

2.4 Die Himmelskugel

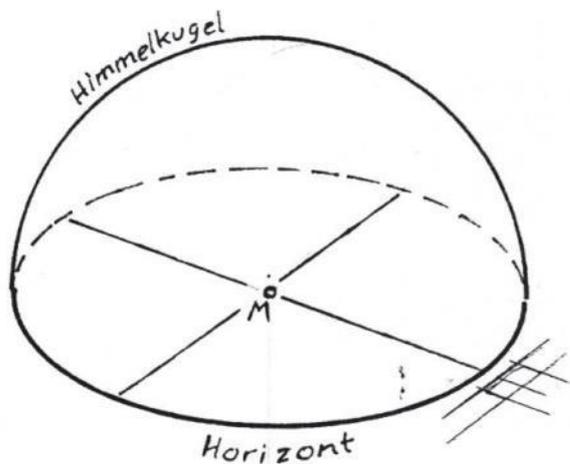


Abbildung 7: Horizont mit Himmelskugel: Wenn wir für die Zeichnung schräg auf den Horizontkreis schauen, wird dieser zu einer Ellipse; auch das Kreuz der beiden Richtungsachsen (N-S und E-W) passen wir ins Schrägbild an. Die Beschriftung kann auch noch in die schräge „Bodenplatte“ gelegt werden, wenn wir uns an ein schräg liegendes Kästchen (wie die beiden Hauptachsen) halten. Wegen der Ähnlichkeit mit Null wird für Ost statt „O“ gerne „E“ benutzt (wie franz.: Est, eng.: East, ital.: Este)

Über dem Horizontkreis wölbt sich die sichtbare Halbkugel des Himmels mit dem Zenit Z als höchstem Punkt senkrecht über uns. Die andere Hälfte der Himmelskugel liegt unter dem Horizont mit dem Nadir als tiefstem Punkt, dem Zenit genau gegenüber.

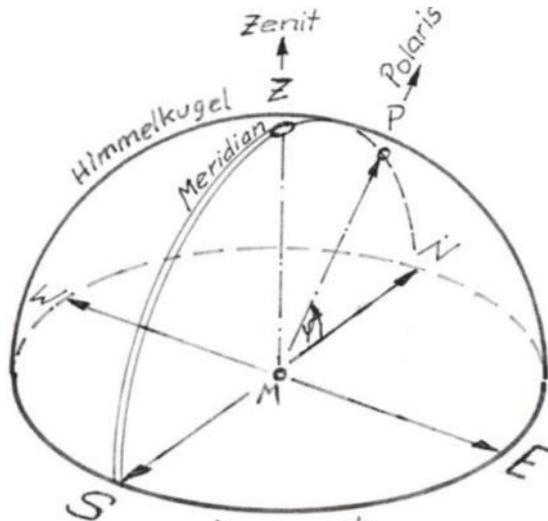


Abbildung 8: Himmelskugel mit Meridian

Jeder Mensch hat mit seinem Standort seinen eigenen Horizont und Zenit. Über dem Nord- und Südpunkt des Horizontkreises erhebt sich als Halbkreis die Mittagslinie (Meridian). Der Zenit teilt ihn in zwei Viertelkreise.

Jedes Gestirn, auch Sonne und Mond, erreichen bei ihrer täglichen Bahn immer dann den höchsten Punkt über dem Horizont, wenn sie den Meridian durchqueren, also für einen Moment genau im Süden stehen. Für die Astronomen ist dieser Zeitpunkt des „Meridiandurchganges“ eines

Sterns sehr wichtig, weil sie mit ihm Zeit und Ort genau messen können. Auf etwa halber Höhe zwischen dem nördlichen Horizont und dem Zenit finden wir bei Nacht den Polarstern (*Polaris*).

2.5 Orientierung auf der Erde

Auch auf der Erde selbst können wir Winkelmaße als Ortsangabe benutzen. Auf dem Globus sehen wir das Gitternetz von Längen- und Breitenkreisen. Sie wurden aus der Himmelsbeobachtung abgeleitet.

Jeder *Längenskreis* verläuft von Pol zu Pol und verbindet alle Orte, die zur gleichen Uhrzeit Mittag haben. Daher heißen sie auch Mittagslinien oder Meridiane. Der *Nullmeridian* geht durch die Sternwarte von London-Greenwich. Von hier aus werden die Längenskreise nach Ost und West gezählt bis sie sich bei 180° treffen. Alle Längenskreise haben den vollen Erdumfang.

Die *Breitenkreise* verbinden alle Erdorte, an denen die Sonne (am gleichen

Tag) dieselbe Mittagshöhe erreicht. Der Äquator ist der größte Breitenkreis und auch der Zählbeginn mit 0° . Parallel zu ihm verlaufen die immer kleiner werdenden Breitenkreise nach Norden bis zum Nordpol mit dann 90° als Nummerierung. Durch die Kugelwölbung der Erde verändert sich unser Blickwinkel zum Himmel, wenn wir unseren Standort über größere Entfernungen verändern. Daher sehen wir an jedem Ort der Erde einen anderen Horizont und einen anderen Teil des Himmels als Halbkugel über uns.

Wenn wir nach Norden fahren würden, könnten wir entdecken, dass der Polarstern immer höher am Himmel steht als bei uns. Würde man gar auf dem Eis des Nordpols stehen, so sähe man den Polarstern genau im Zenit über sich. Fahren wir nach Süden, sinkt der Polarstern immer tiefer und berührt den Horizont, wenn wir am Äquator stehen. Ohne Funk, Radar oder GPS war der Blick zum Polarstern die wichtigste Orientierungshilfe zum *Navigieren* auf hoher See ohne Landmarken.

2.6 Die tägliche Drehung des Himmels

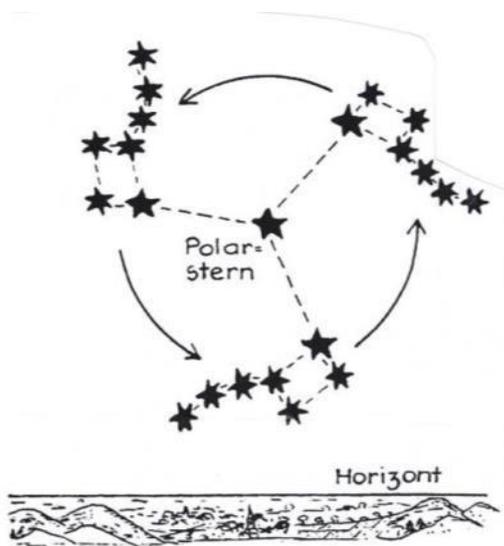


Abbildung 9: Wanderung des Großen Wagens um den Polarstern um jeweils $1/3$ Tag = 8 Std. (der blaue Himmel überblendet ihn bei Tageshelligkeit)

Wenn wir eine laue Sommernacht im Freien verbringen und immer wieder zum Nordhimmel aufschauen, so sehen wir, dass sich der Sternhimmel etwas gedreht hat. Wir erkennen: Alle Sterne kreisen um den Polarstern. Er ist also der Ruhepunkt aller Himmelsbewegungen.

Je weiter ein Stern von diesem Himmelspol entfernt ist, desto größer ist sein Kreis, den er in einer Nacht (und dem folgenden Tag) als tägliche Bahn durchläuft; diesen größeren Bogen schafft er natürlich nur mit größerer Geschwindigkeit. Auch am Tage dreht sich der Sternhimmel über uns, nur sehen wir es nicht, weil die Tageshelligkeit des Sonnenlichtes die Lufthülle der Erde in leuchtendem Blau erstrahlen lässt.

Die Verlängerung der Erdachse vom Südpol über den Nordpol hinaus zeigt zum *Polarstern* als *Himmelspol*. Unseren Arm richten wir in Nordrichtung auf gut die halbe Himmelshöhe (zum Polarstern); damit haben wir die Achse angedeutet. Die ganze Himmelskugel dreht sich in einem Tag um diese Achse. Beim Blick auf den Polarstern geschieht dies entgegen dem Uhrzeigersinn – der große Wagen wird also am Himmel geschoben und nicht an seiner Deichsel gezogen.

Dieses Bild ist für alle Standorte auf der Nordhalbkugel ähnlich, wenn auch mit verschieden hohen Blicken. Beim Blick nach Süden ist dies deutlich verändert. Wir verfolgen die Bahn des Orion: weil er um den Himmelsäquator gruppiert ist, beschreibt er einen maximal großen Bogen als Halbkreis.

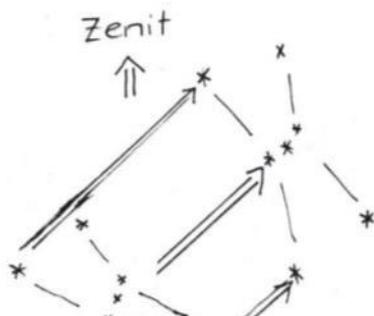
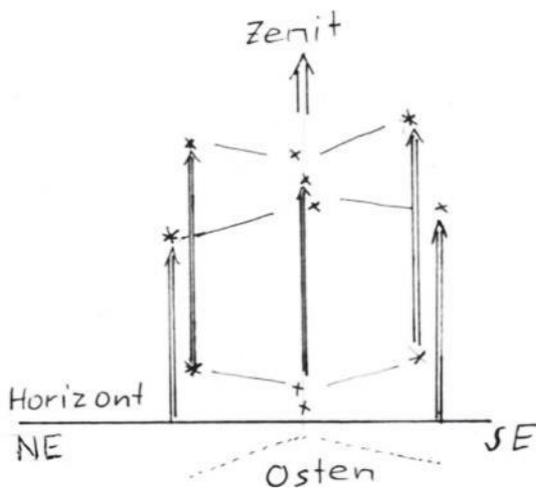
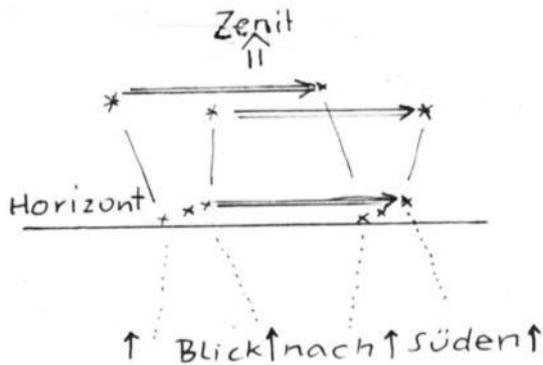


Abbildung 10: Sternbewegung am Beispiel des Orion:
oben: Standort auf dem Nordpol
mitte: Standort am Äquator
unten: Standort in Mitteleuropa

Beginnen wir nochmals mit dem Stand auf dem *Nordpol* stehen. Dort wäre die Himmels-Achse senkrecht auf unserem dortigen Horizontkreis und uns würden alle *Sterne in einer waagrechten Bahn* auf ihren jeweiligen Höhen umkreisen – keiner geht unter oder auf! Ihre Bahnen gleichen den Breitenkreisen auf dem Erdglobus, mit wachsenden Durchmessern zum Äquator hin.

Am Äquator dagegen würde der Polarstern im Norden am Horizont stehen. Es würden *alle Sterne am Osthorizont senkrecht aufsteigen* und nach einem genauen Halbkreis am Westhorizont untergehen – der Orion sogar über den Zenit hinweg. Der große Wagen hätte nur einen 12-stündigen – und deutlich kleineren – Halbkreis über dem nördlichen Horizont, die anderen 12 Stunden würde er unterhalb zurücklegen.

Bei uns in mittleren Breiten sehen wir im Osten die Sterne schräg nach rechts (in südlicher Richtung) zu ihrem höchsten Bahnpunkt im Süden aufsteigen. Danach senkt sich der Kreisbogen wieder schräg nach Westen wieder hinab, vergleichbar mit dem Sonnenlauf (der Orion auf der gleichen Bahn wie die Frühlings- oder Herbstsonne).

Eine Besonderheit ist dabei, dass die Lage des Gürtels sich mit dem Halbkreisbogen neigt. Beim Aufgang steht er fast senkrecht am Horizont, etwa 1 Std. nach der Kulmination liegt er waagrecht (parallel zum Horizont): Mit waagrechtem Gürtel zeigt der Orion 20° westlich von Süd – eine wertvolle nautische Hilfe (auf der Südhalbkugel weist er nach Nord).

2.7 Zirkumpolarsterne

Bei uns in Süddeutschland können alle Sterne, die weniger als 3 Handspannen vom Polarstern entfernt sind, ihren *Tageskreis* vollbringen, ohne unter den Horizont zu tauchen. Sie heißen *Zirkumpolarsterne* und gehen nie unter. Sie sind über das *ganze Jahr sichtbar*. Ihre Stellung ändert sich jedoch mit den Jahreszeiten. Beim großen Wagen (= großer Bär) ist dies am besten zu sehen: abends im Dezember tief unten am Nordhorizont, im Juli dagegen fast im Zenit. Ziemlich genau gegenüber – mit dem Polarstern dazwischen – steht das große „Himmels-W“, die Cassiopeia. Diese beiden Bilder sind ganzjährig gut zu erkennen. Wer sich damit auskennt, kann in diesen Sternen eine große Himmelsuhr oder einen Kalender sehen.

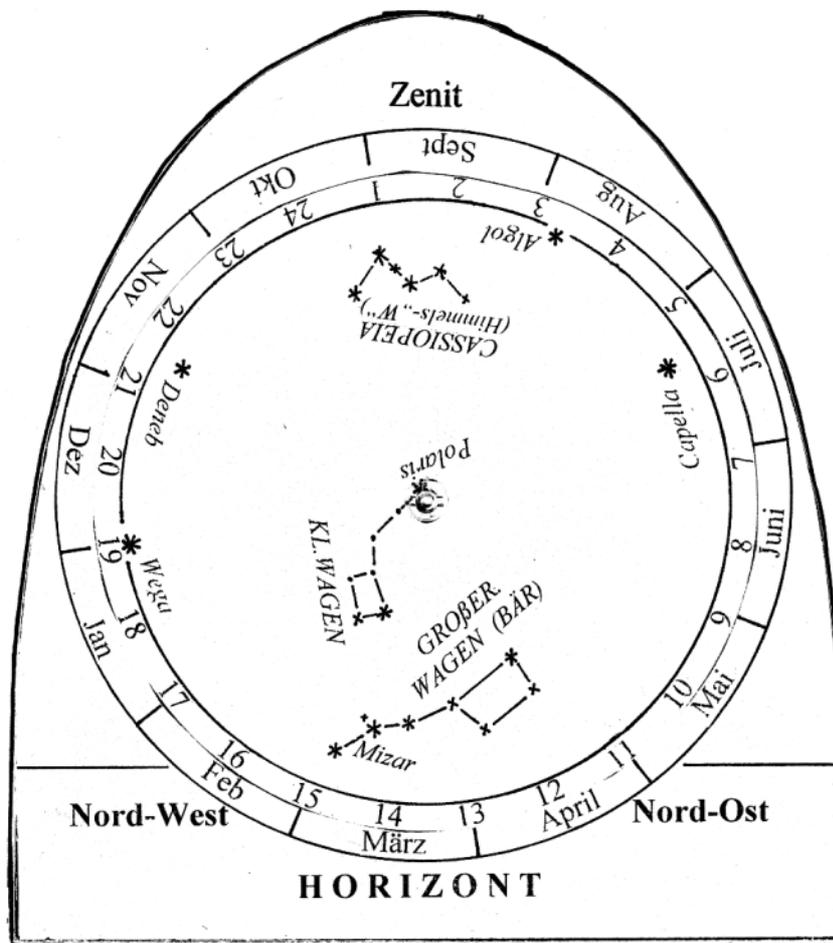


Abbildung 11: Kleine Sternuhr (abends, Mitte Dezember)

Mit unserer gebastelten kleinen Nordsternuhr können wir diese Sternbewegung nachdrehen. In der Abbildung ist die Stellung der Sterne über dem Nordhorizont bis hinauf zum Zenit für Mitte Dezember 20° (siehe Monats- und Uhrkreis links außen) wiedergegeben: Cassiopeia steht hoch oben, der große Wagen streift mit der Deichsel fast den Horizont. Anfang Juni ist es mit der einbrechenden Nacht 22° genau umgekehrt.

2.8 Die jährliche Veränderung des Himmels

In zwei aufeinander folgenden Nächten erscheint uns zur selben Uhr-Zeit wieder fast der gleiche Anblick des Sternhimmels – aber nur fast: Die Himmelskugel ist täglich um 1° in Drehrichtung voraus verschoben, monatlich also 30° .

Wollen wir einen bestimmten Stern an der genau gleichen Stelle wieder sehen, so müssen wir täglich 4 Minuten früher schauen. Das scheint nur ganz wenig zu

sein, aber innerhalb eines Monats werden daraus schon 2 Stunden ($= 4\text{min} \times 30 = 120\text{min}$), um die der betreffende Stern bereits früher auf- (und unter-) geht.

Im Laufe eines halben Jahres hat sich diese kleine Verschiebung gar zu einem Halbkreis ($30^\circ \times 6 = 180^\circ$) aufsummiert; als Zeitverschiebung sind es 12 Stunden ($2\text{h} \times 6 = 12\text{h}$). Für unseren Blick nach Süden hat sich dadurch der Sternhimmel völlig ausgetauscht: Wir sehen nun bei Nacht alle die Sterne am Himmel, die vor einem halben Jahr noch in der Tageshelle verblasst waren und umgekehrt. Erst nach einem vollen Jahr haben wir wieder denselben Anblick. Nur die Zirkumpolarsterne am nördlichen Himmel begegnen uns jede Nacht. Doch sind diese nach $\frac{1}{2}$ Jahr um 180° gedreht worden: Ende Oktober (22°) steht die Hinterachse des Großen Wagens knapp über dem Nordhorizont, Ende März dagegen fast im Zenit. In 2.7 wurde dieser Effekt anhand der Cassiopeia beschrieben.

2.9 Der Himmelsäquator

Wir stellen uns mit Blick nach Süden und denken an die Richtung zum Polarstern rückwärts hinter uns, schräg hinauf zur halben Himmelshöhe. Diese Richtung stellen wir uns als Drehachse vor. Nun können wir mit dem Arm einen großen Kreis zum Himmel hinauf zeigen, der von Osten sich schräg auf etwa halbe Höhe über Süd erhebt und sich wieder im Westen zum Horizont neigt. Dies ist der größte Kreis, den ein Stern am Himmel beschreiben kann. Es ist der *Himmelsäquator*. Die drei Gürtelsterne des Orion laufen auf dieser Bahn, aber auch die Sonne zur Frühlings- und Herbstzeit. Genau 12 Stunden braucht ein Stern für diesen Halbkreis vom Auf- zum Untergang, pro Stunde werden 15° überstrichen.

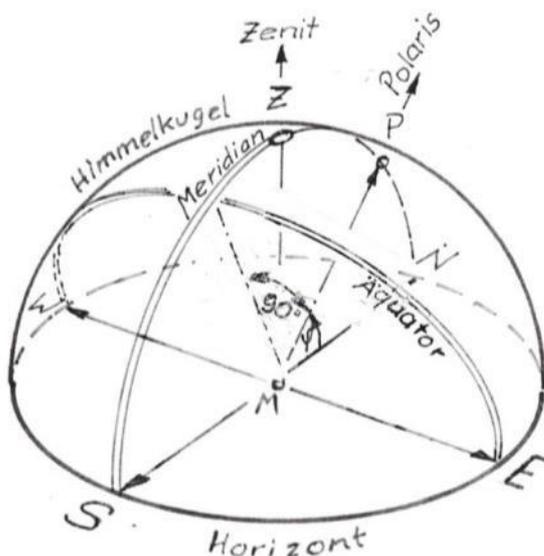


Abbildung 12: Meridian und Himmelsäquator in der Himmelskugel

Im Abschnitt 2.6 ist das Bewegungsbild der Orionsterne für verschiedene Orte der Erde skizziert: Auf dem Nordpol, mit dem Polarstern genau über uns, dreht sich der Himmelsäquator mit den drei Gürtelsternen waagrecht auf dem Horizontkreis. Würden wir in die Tropen bis zum Erdäquator fahren, so käme der Polarstern auf den Nordhorizont zu liegen und die Himmelsachse würde damit waagrecht nach Norden zeigen. Dann würde sich der Himmelsäquator senkrecht genau im Osten erheben, über den Zenit laufen und wieder senkrecht zum Westhorizont hinab tauchen.

2.10 Die Wandelsterne

Schon in alter Zeit erkannten die Menschen, dass der Anblick des gestirnten Himmels sich bis auf wenige Ausnahmen nicht ändert, wenn man von der täglichen Drehung und jährlichen Verschiebung absieht. Die gegenseitige Stellung dieser *Fixsterne* und damit die von ihnen geformten Sternbilder bleiben immer gleich. Nur einige wenige Himmelskörper scheinen sich nicht daran zu halten und verändern ihre Stellung zu den anderen Sternen im Laufe der Zeit. Wir kennen sie bereits als *Wandler*. Heute wissen wir, dass alle Wandelsterne unserem Sonnensystem angehören (im Gegensatz zu den Fixsternen).

Unser *Mond* verändert seinen Ort am Himmel am schnellsten, man sieht es bereits von Tag zu Tag. Eine Handbreit kommt er jeden Tag zu spät und nimmt auch noch täglich ab oder zu. Daher haben ihn die Menschen als Kalender benutzt und die *Wochen und Monate* mit ihm gezählt.

Das für uns wichtigste Gestirn ist die *Sonne*. Sie bestimmt unseren *Tages- und Jahresrhythmus*. Auch sie verändert sich jeden Tag ein wenig gegenüber dem Himmelsgewölbe.

Als Wandel-Sterne bei Nacht sehen wir noch die *echten Planeten*: Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn. Sie verändern ihre Stellung am Himmel verschieden schnell; dabei ist Merkur der flinkste und Saturn der bedächtigste. Alle unsere Planeten haben kein Eigenlicht. Sie empfangen ihr Licht von der Sonne, in dem sie verschieden stark aufstrahlen: die Venus am hellsten, Merkur am schwächsten. Weil sie ganz ruhig und gleichmäßig leuchten, können wir sie gut von den Fixsternen unterscheiden,

Auch ist allen Wandlern gemeinsam, dass sie nicht beliebige Orte am Fixsternhimmel erreichen können. Ihr Weg kann nur innerhalb 12 bestimmter Sternbilder verlaufen: Es sind dies die *Sternbilder des Tierkreises*, welche auch von der Sonne besucht werden.

Zu den größten Leistungen der babylonischen Kultur gehört, dass ihre Astronomen durch genaue Beobachtungen herausfanden, in welchen Zeiträumen oder *Perioden* sich die Bewegungen der Planeten wiederholen. Sie kannten den Rhythmus so gut, dass sie die Planeten-Stellungen voraus sagen konnten.

Durch die verschiedenen Periodendauern der Planeten-Umläufe werden die kosmischen Bewegungen in vielfältige Rhythmen gegliedert. Dabei ist vor allem der jeweilige Zusammenklang mit dem Sonnenlauf für das irdische Leben von großer Bedeutung. Die *Siebenzahl der Wandelsterne* und die *Zwölfzahl der Tierkreis-Bilder* galten als besondere Zahlen, welche unserem Lebensrhythmus die kosmische Ordnung aufprägen. Die 7 Wochentage und die 12 Monate sind für uns ein Abglanz dieser alten Sternenweisheit.

3. Sterne und Sternbilder

Unterm Sternenhimmel

Wie die hohen Sterne kreisen
ewig voller Harmonie,
sollen unsre Lebens Weisen
unverwirret sein wie sie.
In dem Großen, in dem Kleinen,
will der Welten Gott erscheinen.

(Lied von Werner Gneist)

3.1 Die Fixsterne

Die Sterne, die mit der Himmelskugel gemeinsam und unveränderlich ihre Bahn ziehen, heißen *Fixsterne*. Sie alle sind *selbstleuchtend*, also sonnenähnlich. Nur wegen ihrer riesigen Entfernung erscheinen sie als winzige funkelnde Punkte. Selbst im besten Teleskop werden sie nicht vergrößert; aber sie werden viel heller, weil die große Lichtöffnung des Objektivs sehr viel mehr Licht sammelt und für das Auge konzentriert. Deswegen kann man mit Fernrohren auch noch ganz schwache Sterne sichtbar machen. Doch schon ein normales Fernglas zeigt eine fast verwirrende Vielfalt an Sternen.

Viele Fixsterne entpuppen sich im Fernrohr als *Doppelsterne* (z.B. Sirius links unterhalb des Orion) oder *Mehrfachsterne* (z.B. Mizar am Großen Wagen). Dazu gibt es *Sternhaufen* (z.B. die Plejaden) oder *Sternnebel* (z.B. der Orion- und Andromedanebel). Wenn zwei Sterne am Himmel benachbart sind, kann man aber daraus nicht folgern, dass sie mit einander zu tun haben. Meistens haben sie völlig verschiedene Entfernungen von uns und erscheinen nur für unseren Blickwinkel als Nachbarn. Die Sterne innerhalb eines Sternbildes sind also in der Regel nicht verwandt zueinander (bei den Plejaden sehen wir aber echte Verwandte). Mit gedachten Verbindungslinien fügen wir uns die Figuren zusammen. Am Himmel erkennen wir Sterne und ihre Zuordnung zu Bildern am besten mit einer Sternkarte in einer klaren, mondlosen Nacht ohne störendes Fremdlicht.

3.2 Das Licht der Sterne

Die *Helligkeit* der Sterne wurde durch Augenschein in mehrere *Größenklassen* eingeteilt und mit Magnitudo (magno = groß) bezeichnet: 6.Größe (oder 6^m) bedeutet, dass der Stern in absolut klaren und dunklen Nächten mit guten Augen gerade noch gesehen werden kann. In Stadtnähe würden wir erst die 4.Größe als schwachen Stern wahrnehmen. Richtig auffällig sind aber Sterne der 1.Größe (Atair im Adler, Pollux in den Zwillingen). Ihr Licht ist hundertmal so hell wie das eines Sterns 6.Größe. Bei späteren genaueren Messungen stellte man fest, dass einige Sterne mit ihrer Lichtmenge die 1.Größe übertreffen. So musste man der deutlich helleren Wega in der Leier die Größe 0 zuordnen, dem überragenden Sirius sogar $-1,5^m$.

Das Funkeln des Sternenlichtes ist in Horizontnähe viel unruhiger als in der Höhe, dies ist eine Wirkung der irdischen Lufthülle. Um den Zenit ist die Luft klarer und ruhiger. Aber selbst dort ist das Funkeln noch vom absolut gleichmäßigen Leuchten der Planeten (welche diese Höhe gar nicht erreichen können) unterscheidbar. Nur wenn Wega im Sommer oder Capella im Winter den Zenit erreichen, erscheinen sie mit fast ruhigem Licht; ansonsten schafft das nur noch Arcturus (s.u.). Wegen des flimmernden Lichtes ist bei den Fixsternen kaum eine Färbung zu unterscheiden. Bei einigen der hellsten erkennt man aber eine *Farbtönung* recht gut, wobei die bläulichen Sterne stärker funkeln als die rötlichen:

Rötlich-orange: Aldebaran (1^m, im Stier)

gelblich: Capella (0^m, im Fuhrmann)

silber-bläulich: Deneb (1^m, im Schwan), Wega (0^m, in der Leier)

silber-blau-violett: Sirius (-1,5^m, im großen Hund)

3.3 Die Sternbilder um den Polarstern

Das ganze Jahr über können wir die Sterne über dem Nordhorizont wiedererkennen. Den *Großen Wagen* finden fast alle Menschen. Am Knick der Deichsel leuchtet der helle *Mizar* mit dem lichtschwachen Reiterlein *Alkor* als Begleiter – wer diesen sehen konnte, galt bei den Indianern als Adlerauge.

Am großen Wagen verlängern wir die Hinterachse fünfmal und finden so immer den *Polarstern* (*Polaris*) und damit die Nordrichtung bei Nacht. Der Polarstern selbst ist das Deichselende des kleinen Himmelswagens mit lichtschwächeren Sternen. Diese beiden Sternbilder galten schon in der Antike als *große und kleine Bärin* (lat. = Ursa major und minor).

Callisto war eine Gefährtin der Jagdgöttin Artemis, wurde aber von dieser wegen ihrer Liebschaft zu Zeus in eine Bärin verwandelt. *Arcturus* (Arktur), der Bärenhüter (im Sternbild Bootes) treibt sie täglich im Kreis herum. Wenn wir die Deichsel des großen Wagens in leichtem Bogen verlängern auf das Dreifache, so treffen wir den auffälligen Arktur hell gelblich-orange leuchtend. Sein Licht flimmert kaum und wirkt fast so ruhig, wie das eines Planeten – doch Verwechslungsgefahr besteht kaum, weil er weit über dem Tierkreis steht und damit das ganze Jahr sichtbar ist, wenn auch nicht immer die ganze Nacht.

Das große Himmels-„W“ erkennen wir leicht am Himmel gegenüber vom großen Wagen, mit dem Polarstern dazwischen. Dieses Sternbild ist der *Cassiopeia* gewidmet, der sagenhaften Gattin des Cepheus und Mutter von Andromeda. Weniger bekannt und auch nicht so auffallend sind die benachbarten Sternbilder: Herkules, Cepheus, Perseus und Andromeda.

Die abgebildete Sternkarte entspricht dem Blick nach Norden, etwa für Weihnachten um Mitternacht oder Mitte Februar um 20 Uhr. Der gestrichelte Kreis darin ist die Grenze für die Zirkumpolarsterne, d.h. der Nordhorizont berührt diesen Kreis von unten. Von dort über Polaris als halbe Himmelshöhe erreicht der Blick wieder den Kreis mit Capella im Zenit.

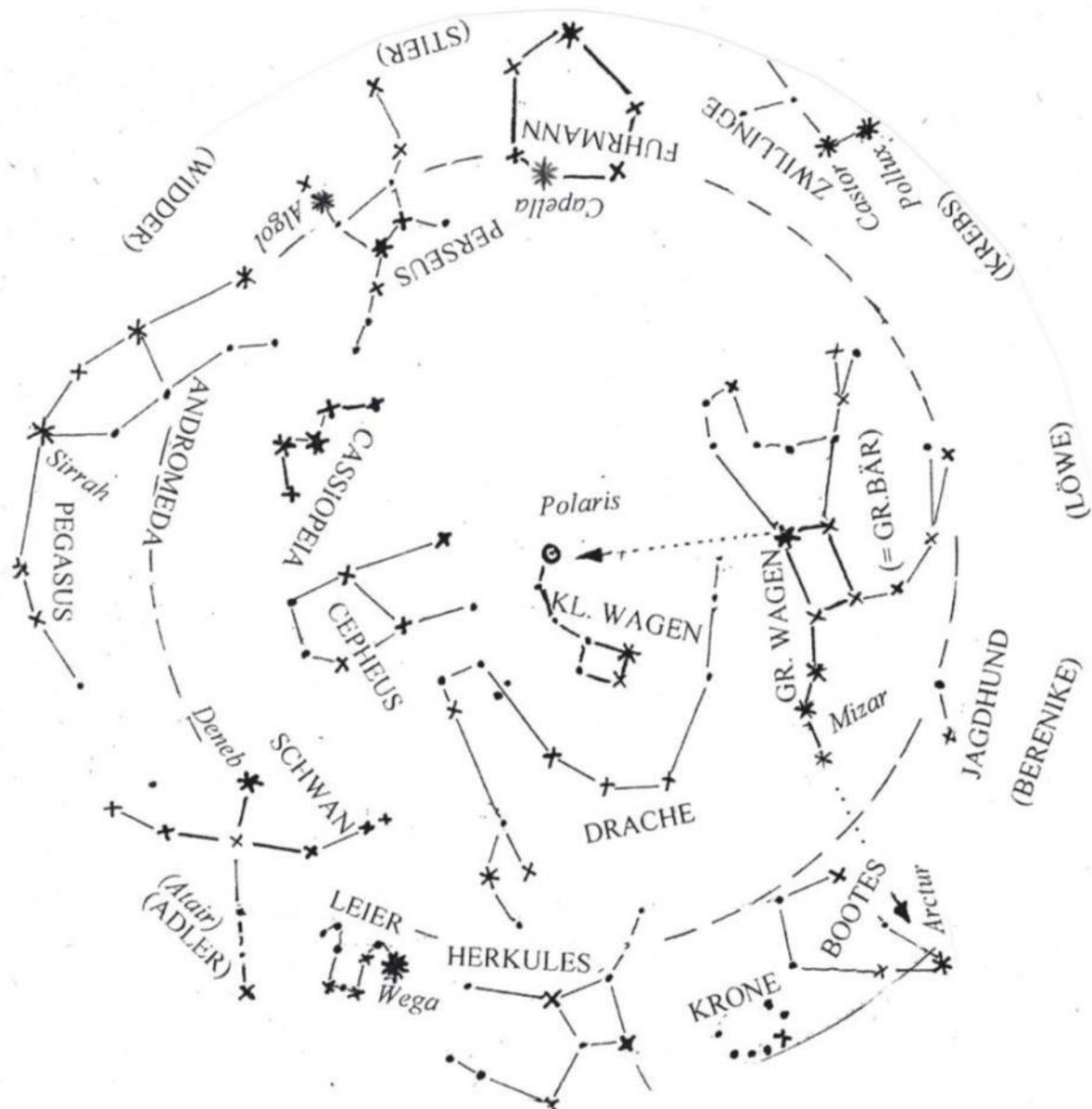


Abbildung 13: Die nördlichen Sternbilder um Polaris

Innerhalb des gestrichelten Kreises (in Süddtld. ca 48-50° Abstand von Polaris;) sind die Sterne zirkumpolar und gehen bei uns nie unter; in Norddtld. reicht dieser Bereich weiter weg von Polaris (in Kiel ca 54°).

Wagendeichsel und Cassiopeia stehen sich gegenüber, ebenso – mit größerem Abstand – die sehr hellen Sterne Wega und Capella. Die beiden Verbindungslinien kreuzen sich rechtwinklig mit Polaris in der Mitte.

3.4 Die Winterbilder

Zur Winterszeit bietet uns der Himmel seinen prächtigsten Anblick. Schon früh am Abend wird es dunkel und morgens verblassen die Sterne erst spät. Mächtige Sternbilder beherrschen mit sehr hellen Sternen die ganze Nacht. Hoch *oben im Zenit* thront einer der hellsten Sterne: *Capella im Fuhrmann*, welcher dem Bild des Perseus folgt.

Unter ihm im Süden finden wir die zwei hellsten Bilder des Tierkreises: links die *Zwillinge Castor und Pollux* (Castor als Himmels-Sohn auf Zehenspitzen, Pollux als Erdensohn darunter mit festem Auftritt) und rechts den *Stier mit dem Aldebaran* („rotes Auge des Stiers“) als Hauptstern; die Hörner des Stiers zeigen als deutliches „V“ nach links oben zum Fuhrmann. Als Stier verkleidet entführte Zeus die schöne Prinzessin Europa aus dem Morgenland auf die Insel Kreta.

Rechts über dem Stier stehen die *Pleijaden*, das Siebengestirn. Von ihnen sind 5 Sterne als winziges Wägelchen mit bloßem Auge gut zu sehen, 2 weitere sehr schwach. Im Fernglas wird daraus aber ein offener Sternhaufen.

Unter dem Stier zieht der prächtige *Orion* am Himmelsäquator seine Bahn. Er gilt mit Recht als unser schönstes Sternbild. Orion war in den griechischen Erzählungen der große Jäger; gemeinsam mit seinen Hunden wurde er als ewiges Bild an den Himmel gesetzt. Seine linke Schulter ist der rötliche *Beteigeuze*, die rechte heißt *Bellatrix* (= die Kriegerin); *Rigel* bildet den rechten Fuß.

Orion misst in seiner Diagonalen Beteigeuze-Rigel immerhin 20°. Damit ist zwar nicht das größte Sternbild, wirkt aber in seiner aufrechten Form imposant. Der leicht schräge *Gürtel* wird von drei recht hellen Sternen gebildet, hier sind wir auf genau auf dem Äquator. Der Gürtel erreicht (bei uns) über dem Südhorizont knapp die halbe Himmelshöhe und schwenkt in die Waagrechte ein: Er ist dann ein Südzeiger. Diese drei Sterne gehören auch physikalisch zusammen und bilden mit vielen weiteren kleineren Sternen (davon 10 mit bloßem Auge sichtbar) einen großen offenen Sternhaufen. Unter dem Gürtel hängt das Schwert; in ihm befindet sich der berühmte Orionnebel M42 (als Schraffur gezeichnet), der als milchiger Fleck bereits mit bloßem Auge bei mondloser Nacht sichtbar ist.

Links unter Orion folgt ihm der *Große Hund* mit dem blau-violetten Sirius, welcher mit seinem Gefunkel alle anderen Fixsterne weit überbietet.

Den Ägyptern galt Orion als Bild des Gottes Osiris, während Sirius für dessen Bruder Seth stand. Seth war der Gott der Finsternis und Gegner des Sonnengottes, ja er war sogar der Mörder seines Bruders Osiris. Große Bedeutung hatte der Stern Sirius für den Jahreslauf: Wenn er zum ersten Mal wieder in der Morgendämmerung vor der Sonne aufging (heliakischer Aufgang), kündigte er den Zeitpunkt der Nilflut an, nach deren Abklingen das Arbeitsjahr auf den neu befruchteten Äckern begann. Dies war deswegen von Bedeutung, weil der normale ägyptische Kalender mit seinen 365 Tagen damals keine Schalttage hatte; daher verschob sich die Kalenderzählung gegen die Jahreszeiten – in hundert Jahren immerhin fast um einen vollen Monat! Das Erscheinen des Sirius blieb dagegen zuverlässig.

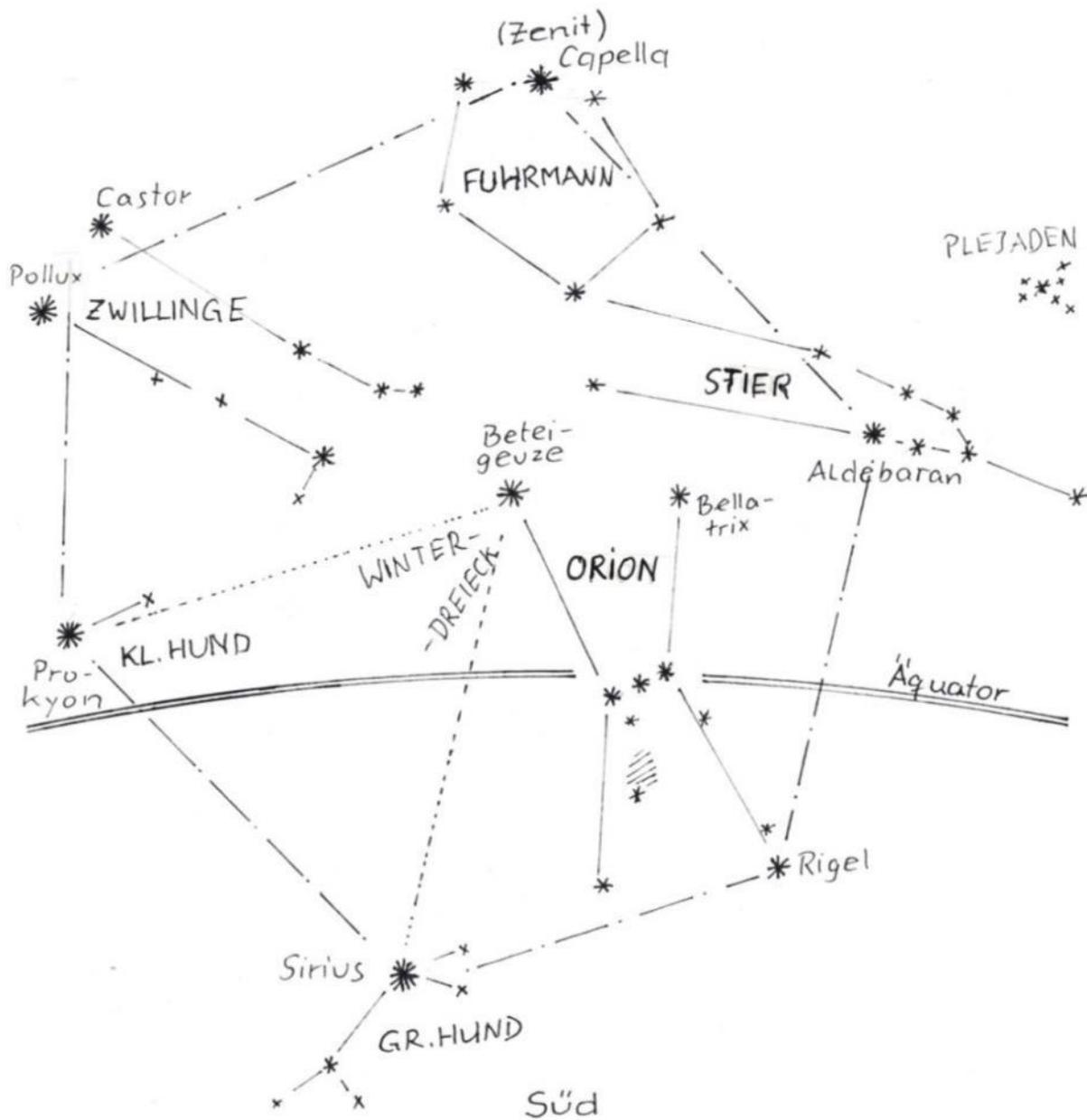


Abbildung 14: Das Winter-Sechseck

Mit Prokyon (im *Kleinen Hund*, oberhalb des Sirius) und Betelgeuze bildet Sirius ein großes gleichseitiges Dreieck, das wir als Gegenstück zum Sommerdreieck mit *Winterdreieck* bezeichnen können.

Verbinden wir aber die hellsten Sterne des Winterhimmels um Betelgeuze herum von oben über rechts: *Capella*, *Aldebaran*, *Rigel*, *Sirius*, *Prokyon* wieder hinauf zu den *Zwillingen*, so entsteht das riesige *Winter-Sechseck*, welches die sechs schönsten Sternbilder umschließt und den rötlichen Betelgeuze als Mittelpunkt hat.

3.5 Im Frühling

Gegen Frühling steigen abends im Osten nochmals zwei große Tierkreisbilder empor: Der Löwe mit dem Hauptstern Regulus an der Vorderpranke (rechts unten) und Denebola links am Ende. Das Gesamtbild gleicht jedoch eher einem fröhlich springenden Pferd als einem Löwen.

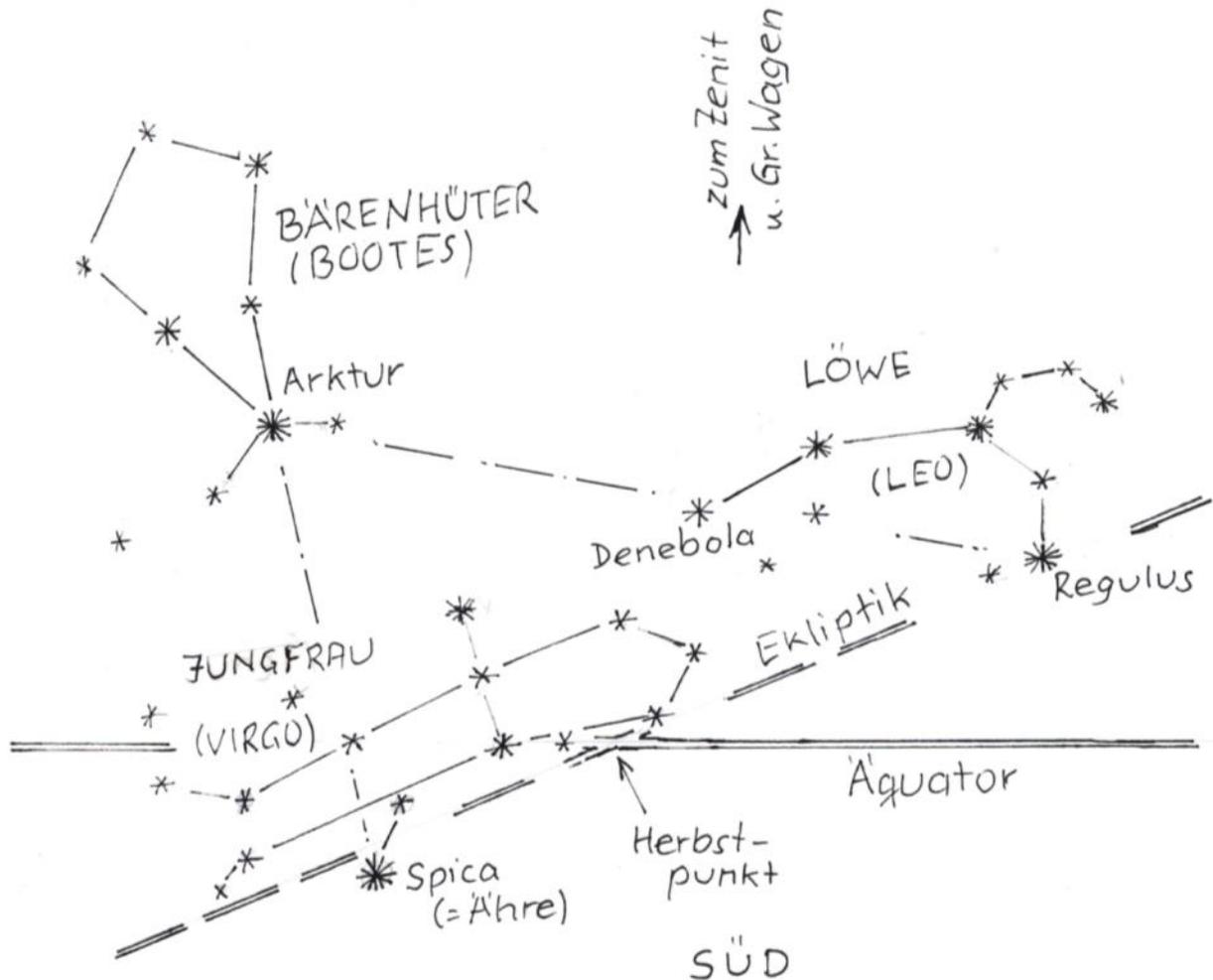


Abbildung 15: Frühlingsbilder Löwe und Jungfrau und dem „Frühlingsdreieck“ aus Arktur, Regulus und Spica

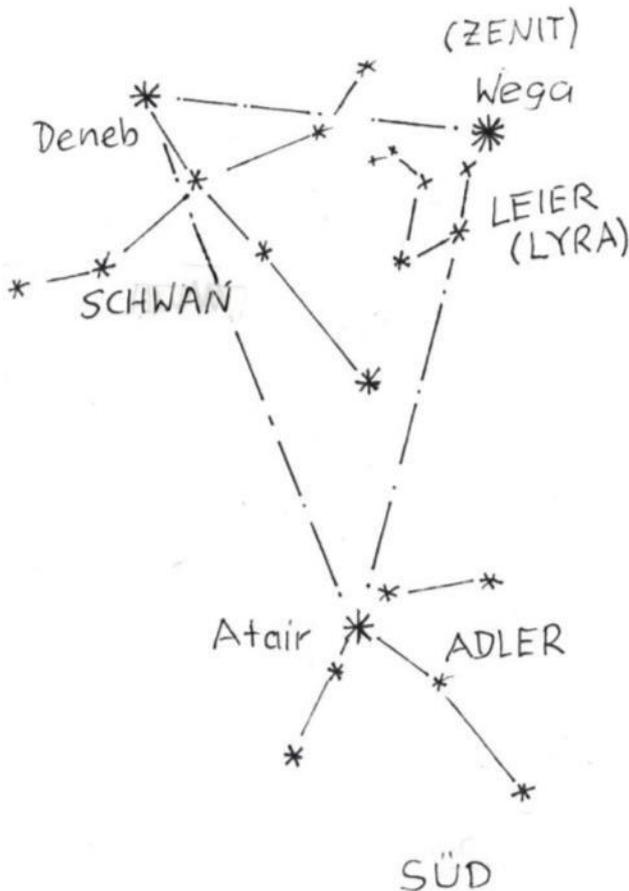
Schwerer erkennbar ist die nachfolgende Jungfrau, nur ihr Hauptstern Spica fällt gut auf. Sie markiert für uns die Lage der Ekliptik (s. Kapitel „Sonne“) und in ihrer Nähe ihre Kreuzung mit dem Himmelsäquator als Herbstpunkt der Sonne. In einem leichten Rechtsbogen finden wir von der Spica nach oben über Arktur im Bootes wieder zur Wagendeichsel zurück.

Als Größenmaßstab dient uns der Abstand der beiden Löwenfüße Regulus und Denebola mit fast 25° . Regulus und Spica zeigen uns die Ekliptik, unterhalb von Denebola schneidet sie den Äquator. Das ist der Herbstpunkt, am 23.9. gemeinsam mit der Sonne am Mittag im Süden steht. Jetzt im Frühling befindet er sich am 21.3. um Mitternacht genau im Süden.

3.7 Die Sommerbilder

Während der Sommermonate beherrschen *Leier, Schwan und Adler* die ganze Nacht, noch bis in den Spätherbst sind sie am Abendhimmel zu sehen. Ihre drei Hauptsterne *Wega, Deneb und Atair* bilden das große *Sommerdreieck*. Alleine die obere Dreieckseite Deneb-Wega misst bereits 25° !

Zur Johanniszeit ist um Mitternacht die *Wega im Zenit*; wenn im Juli die Dämmerung im Nordwesten verklingt, ist sie auch der erste sichtbare Stern über uns.



Schwan und Adler fliegen sich entgegen: Das Bild des Schwans hat den langen Hals nach unten. Dessen seitliche Flügelspitzen sind etwas blass, dadurch merkt man sich leichter die beiden Flügelknicke. Sie geben mit Schwanzfeder und Schnabel ein Drachenviereck mit seinen Diagonalen.

Die Tierkreisbilder stehen nun sehr tief und sind kaum erkennbar. Am besten ist noch der große, rötliche *Antares im Skorpion* rechts unterhalb der Schwanzfeder des Adlers zu finden. Er ist zwar ausreichend hell, kommt aber nur eine Handspanne über den Südhorizont herauf. Ebenfalls nur knapp über dem Horizont ist das lichtschwächere Nachbarbild *Schütze*.

Abbildung 16: Sommerdreieck

3.8 Im Herbst

Im Herbst steht das Sommerdreieck abends schon hoch im Süden und neigt sich im Laufe der Nacht nach Westen. Ihm folgen nur lichtschwache und wenig bekannte Sternbilder nach. Geübte Beobachter erkennen im Süden unter der hellen Cassiopeia das sehr regelmäßige und recht große *Herbstviereck* mit 18° Breite. Sein Inneres ist fast sternleer, dadurch fallen die 4 Begrenzungs-Sterne gut auf. Mit einigen lichtschwachen Sternen rechtsaußerhalb soll es das Dichter-Ross *Pegasus* darstellen.

Der helle Stern *Sirrah* (auch *Alpheraz* genannt) an seinem linken oberen Ende gehört schon zur anschließenden *Andromeda*. Sie war die Tochter von *Cepheus* und *Cassiopeia*. Sie sollte zur Besänftigung des Seeungeheuers *Ketos* (als Sternbild

Walfisch verewigt), indem sie an einen Küstenfelsen gefesselt und diesem überlassen wurde. Doch der Held und ihr späterer Gatte *Perseus* (sein Sternbild schließt sich links von *Andromeda* an) rettete sie. Vom Sternbild selbst erkennt man von *Sirrah* ausgehend kaum mehr als eine Linie mit zwei weiteren gut sichtbaren Sternen. Wenn die Nacht aber sehr klar ist, kann man über dem ersten Drittel mit bloßem Auge einen länglichen milchigen Fleck entdecken. Er ist zwar sehr lichtschwach, aber doch größer als der Vollmond: der *Andromeda-Nebel* M31. Er ist unsere nächst liegende Galaxie.

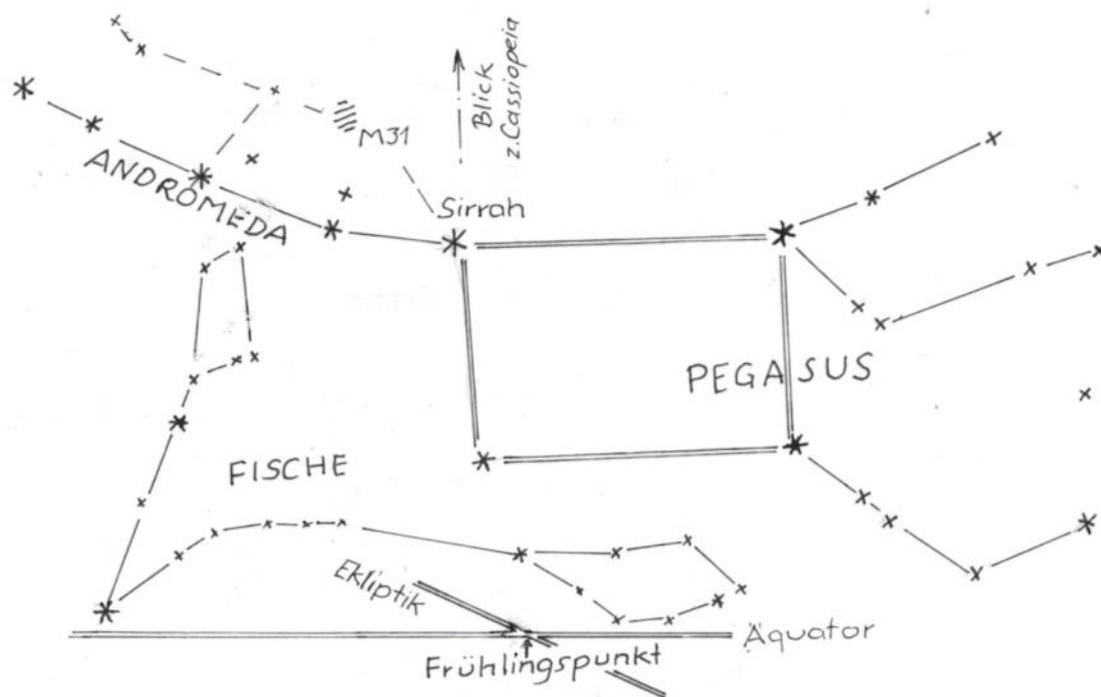


Abbildung 17: Herbstviereck im Pegasus

Darunter befindet sich das sehr blasse Tierkreisbild der *Fische*. Astronomisch wichtig ist für uns der (durch keinen Nachbarstern markierte) Frühlingspunkt im Schnitt von Äquator und Tierkreis. Er ist im 23.9. um Mitternacht genau im Süden auf fast halber Himmelshöhe und gleichzeitig der Ort, an dem sich am 21.3. die Sonne befindet und um Mittag am Süden steht.

Unterhalb der *Fische* befindet sich der *Walfisch* mit etwas helleren Sternen, unter ihnen der besondere Stern *Mira* (die „Wunderbare“), welcher im Laufe eines Jahres aufleuchtet und wieder ganz verschwinden kann.

Links der *Fische* folgt der Tierkreisnachbar *Widder* mit nur einem hellen Stern, rechts ging der *Wassermann* voraus, in dem nur 3 Sterne die Größe 3^m erreichen, dabei ist er mit 50° Breite eines der größten Sternbilder.

3.9 Auflistung der hellsten Sterne

Die hellsten bei uns sichtbaren Fixsterne nach Sternbildern

Stern / Kürzel / Größe Sternbild (lat. Name) Namenbedeutung / Besonderheiten

a) Zirkumpolar

| | | | | |
|----------------|------|-----|---|---|
| <i>Polaris</i> | αUMi | 2,1 | Kleiner Wagen (Kl.Bär) = Ursa Minor | <i>Polarstern</i> , gb |
| <i>Dubhe</i> | αUMa | 1,9 | Großer Wagen (Gr.Bär) = Ursa Maior; <i>arab: Bär</i> | orange |
| <i>Mizar</i> | ζUMa | 2,4 | Deichselknick, über ihm „Alcor“ | das Reiterlein |
| <i>Wega</i> | αLyr | 0 | Leier = Lyra; <i>arab: herabstoßender Adler</i> ; | bläulich hellster Stern des Nordhimmels; Johanni um 24° im Zenit |

b) Tierkreis

| | | | | |
|------------------|------|---------|---|--|
| <i>Aldebaran</i> | αTau | 1,1 | Stier = Taurus <i>arab: (rotes) Auge des Stiers</i> | roter Riese |
| <i>Elnath</i> | βTau | 1,8 | <i>arab: Horn des Stiers</i> , | verbindet Stier→Fuhrmann, ws |
| <i>Castor</i> | αGem | 1,5 | Zwillinge = Gemini | Doppelstern, bl |
| <i>Pollux</i> | βGem | 1,1 | | roter Riese, orange |
| <i>Denebola</i> | βLeo | 2,2 | Löwe = Leo <i>arab: Löwenschweif</i> | ws |
| <i>Regulus</i> | αLeo | 1,3 | <i>lat: kleiner König; [arab. Name: Herz des Löwen]</i> , | bl |
| <i>Spica</i> | αVir | 1,2 | Jungfrau = Virgo <i>lat: Kornähre liegt auf der Ekliptik</i> , | bl |
| <i>Antares</i> | αSco | 1,2-1,8 | Skorpion = Scorpius <i>griech: Gegen-Mars</i> | orange halbregelmäßig veränderlich (5a) roter Riese |

c) auf und über dem Äquator

| | | | | |
|------------------------|------|-------------|--|--|
| <i>Arctur(-us)</i> | αBoo | 0 | Rinderhirte / Bootes <i>griech: Bären-Hüter/-Jäger</i> | or |
| <i>Capella</i> | αAur | 0,2 | Fuhrmann = Auriga, <i>lat: Zicklein, Weihn. 24° im Zenit</i> | gb |
| <i>Atair</i> | αAqu | 0,8 | Adler = Aquila <i>arab: fliegender Adler</i> | ws |
| <i>Deneb</i> | αCyg | 1,2 | Schwan = Cygnus <i>arab: Schwanz(-Feder)</i> | ws |
| <i>Schedir</i> | γCyg | 1,5 | <i>arab: Brust</i> | gb |
| <i>Algenib</i> | αPer | 1,9 | Perseus <i>arab: rechte Seite</i> | gb |
| <i>Algol</i> | βPer | 2 bis 3,5 | <i>arab: Kopf der Gol</i> (weibl. Dämon); „ <i>Teufelsstern</i> “ „ <i>Haupt der Medusa</i> “; berühmtester veränderlicher Stern (3 Tage) | ws |
| <i>Sirrah</i> | αAnd | 2,1 | Andromeda <i>arab: Schulter d. Pferdes</i> (Pegasus) | ws |
| <i>Andromeda-Nebel</i> | M31 | 4,9 | Spiralnebel; als länglicher Fleck in klarer, dunkler Nacht mit bloßem Auge sichtbar | |
| <i>Bellatrix</i> | γOri | 1,9 | Orion „Himmelsjäger“ <i>lat: Kriegerin</i> (rechts oben) | bl |
| <i>Rigel</i> | βOri | 0,3 | <i>arab: Fuß</i> (rechts unten) | bläulich hell funkelnd |
| <i>Beteigeuze</i> | αOri | 0,4 bis 1,3 | <i>arab: Schulter</i> (links oben) | roter Riese 400x Sonnendurchmesser; veränderlich (5a 8mon), letztes Maximum: Jan 2021 |

3 Gürtelsterne δεζOri 1,7-2,5 genau auf Hi-Äquator; bläulich; direkt darunter:

Orion-Nebel M42 2,9 sehr großer Nebel (3°), bei lichtstarker, aber kleiner Ver-

d) unter dem Äquator

| | | | | |
|------------------|------|--------|---|--|
| <i>Sirius</i> | αCma | -1,5 | Großer Hund Canis Major, hellster Fixstern, | blau-viol |
| <i>Prokyon</i> | αCmi | 0,4 | Kleiner Hund Canis Minor, <i>griech: vor dem Hund</i> | gelb |
| <i>Fomalhaut</i> | αPsa | 1,3 | südl. Fisch = Piscus austrinus <i>arab: Maul des Fisches</i> | ws |
| <i>Mira</i> | οCet | 2,0-10 | Walfisch = Cetus <i>lat: die Wunderbare</i> , | stark veränderlich (332Tage): kann so hell werden wie Algol und für das bloße Auge wieder völlig verschwinden |

3.10 Die Milchstraße

Bei klarem mondlosem Himmel und ohne Fremdlicht zeigt die Milchstraße in herbstlichen Abenden und Nächten ihre wahre Größe und Pracht. Sie steigt dann über dem Nordost-Horizont in den Zwillingen steil auf durch den Fuhrmann in den Zenit. Dort durchquert sie die Cassiopeia und senkt sich durch das Sommerdreieck nach Westen hinab. In ähnlicher Abendstunde hat sich zum Winter hin der Sternhimmel um ein Viertel weiter gedreht und mit ihm die Lage der Milchstraße: Nun steigt sie im Süden senkrecht hoch und durchquert die beiden Hunde mit Sirius und Prokyon hinauf zu Zwillingen und Fuhrmann in den Zenit; von dort taucht sie durch die Cassiopeia zum Nordhorizont hinab.

Schon mit einem einfachen Fernglas kann man in dem matt leuchtenden Band viele Einzelsterne entdecken. Große Teleskope lassen eine Fülle von Sternen, Nebeln, Hell- und Dunkelwolken erkennen, ohne alle einzeln auflösen zu können. Astronomisch gesehen bildet die Milchstraße unsere Heimatgalaxie, unser Sonnensystem ist ihr eingebettet.

4. Die Sonne

Die Sonne tönt nach alter Weise
in Brudersphären Wettgesang
und ihre vorgeschrieb'ne Reise
vollendet sie mit Donnergang
(aus „Faust“ von Goethe)

Die Sonne bewegt alles,
lässt alle Sterne tanzen.
Wirst du nicht mitbewegt,
bist du kein Teil vom Ganzen.
(A.Silesius)

4.1 Lebensquell der Erde

Helios hieß der Sonnenlenker aus der griechischen Sage; die blendende Klarheit des Sonnenlichtes galt als Abbild *Apollo*s, als Sinnbild des Denkens. Bei den Römern hieß der Sonnengott *Sol*. In beiden Ländern gilt die Sonne als unerbittlich hart und daher männlich, im Gegensatz zum milden Mondlicht.

Seit Kopernikus sehen wir die Sonne als *Mittelpunkt unseres Planetensystems*. Sie hält die Erde auf ihrer jährlichen Bahn um sie herum. *Licht, Wärme und Leben* verdanken wir ihr. Außer ihrer hellen Strahlung, mit der sie uns klare, warme Tage schenken kann, lässt ihr Licht auch unsere Lufthülle als *blauen Himmel* aufleuchten und färbt Morgen- und Abenddämmerung in wundervollen Rottönen.

4.2 Der Tageslauf mit der Himmelsdrehung

„Im Osten geht die Sonne auf, im Süden nimmt sie ihren Lauf. Im Westen wird sie untergeh'n, im Norden ist sie nie zu seh'n“ – so haben wir in der 4.Klasse gelernt. Die für uns sichtbare Sonnenbahn steigt morgens vom Osten hinauf nach Süden. Dort durchquert sie den Meridian als genauen Mittagsort. Danach senkt sich ihr Lauf wieder hinab nach Westen (abends) und schließt ihre nächtliche (nicht sichtbare) Bahn unter dem Nordhorizont an.

Größe und Höhe der täglichen Sonnenbahn – und damit das Verhältnis von Tag und Nacht – ändern sich bei uns je nach Jahreszeit.

Einen vollen Sonnenlauf von einem Mittag zum anderen nennen wir einen (Sonnen-)Tag. Diesen teilen wir in 2×12 Stunden ein und leiten unsere Zeitmessung davon ab.

4.3 Der Jahresweg durch den Sternhimmel

Den langsam voranschreitenden Wechsel des Sternhimmels im Laufe eines Jahres lernten wir als tägliche Verfrühung der Sterne um 4 min kennen. Das sehen wir, wenn wir an folgenden Tagen jeweils zur selben Zeit die Sterne im Süden be-

obachten.

Am besten geht es bei äquaturnahen Sternen um Mitternacht beim Meridiandurchgang, wenn wir die Sonne genau gegenüber im Norden unter dem Horizont wissen! Der Vergleich zeigt: Die Sterne sind täglich um 1° weiter gerückt im Vergleich zur mitternächtlichen Sonne.

Im Umkehrschluss können wir den gleichen Meridiandurchgang eines bestimmten Sterns als Zeitmarke benutzen und einen vollen Umlauf des Sternhimmels abwarten: Unsere Uhr zeigt dann noch keine volle 24 Stunden, sondern erst nach weiteren 4 min. Gegen die Sternenuhr hat unsere Uhrzeit – die an den Sonnenlauf gekoppelt ist – täglich Verspätung. Also hat auch die Sonne ihren Umlauf von Mitternacht zu Mitternacht (Sonne genau im Norden) noch nicht ganz vollendet, sondern ist 4 min oder 1° der Bahn zurück geblieben gegenüber den Fixsternen.

In 1 Monat werden es aber schon $4\text{min} \times 30 = 120\text{min}$ oder 2 volle Stunden. Gegenüber dem Fixsternhimmel blieb sie dabei um 30° zurück, das ist etwa die Himmelsstrecke eines mittelgroßen Tierkreisbildes. Im Laufe eines ganzen Jahres verspätet sich die Sonne damit um einen vollen Tag, oder einen kompletten Durchgang von 360° gegenüber dem Sternhimmel. Sie ist wieder am selben Platz wie vor einem Jahr, wie wenn nichts gewesen wäre! Doch die Sonne wanderte in diesem Jahr durch den gesamten Sternhimmel. Die Spur dieses Jahresweges der Sonne heißt *Ekliptik*. Zunächst haben wir aber keine Möglichkeit diese Bewegung wahrzunehmen, jedenfalls nicht direkt.

Das Wiedererreichen des Ausgangspunktes gibt für unseren Kalender das Jahr. Genau genommen ist es etwas länger als 365 Tage, daher brauchen wir eingefügte Schaltjahre mit 366 Tagen zum Ausgleich.

4.4 Äquator und Ekliptik

Würde der Jahresweg der Sonne nur durch die tägliche Verspätung entstehen, so könnte er komplett entlang des Himmelsäquators verlaufen. Doch wir wissen, dass die Sonnenorte am Himmel im Jahreslauf auch verschiedene Höhen – bis zu $23,5^\circ$ über und unter dem Äquator – haben. Auf der Himmelskugel muss daher der Kreis dieser Wegspur entsprechend geneigt sein gegen den Äquator: Um den Winkel von $23,5^\circ$ verläuft also die *Ekliptik schief gegen den Himmelsäquator*. Die größte Abweichung erreicht sie nach oben im Sommer bzw. nach unten im Winter. Nur zweimal im Jahr ergibt sich eine Übereinstimmung: am Schnittpunkt der beiden Himmels-Kreise.

Diese beiden Ausgleich-Stellen heißen *Frühlings- und Herbst-Punkt* (Sonnenorte am Himmel jeweils am 21.März und 23.Sept.). Weil die Sonne dabei genau mit dem Äquator ihre Tagesbahn vollbringt, geht sie mit diesem auch genau im Osten auf und im Westen unter. Tag und Nacht sind dann gleich lang, wir sprechen von der *Tag- und Nachtgleiche*.

Dazwischen liegen auf der Nordhalbkugel der Höchststand (Sommersonnwend 21.Juni) mit $23,5^\circ$ über - und der Tiefststand (Wintersonnwend 22.Dez.) mit $23,5^\circ$

unter dem Himmelsäquator. Für die Südhalbkugel vertauschen sich die beiden Daten.

4.5 Die Jahreszeiten

Wegen der Neigung der Ekliptik sehen wir die Sonne je ein halbes Jahr über bzw. unter dem Himmelsäquator, entsprechend sind die ihre Tagesbahnen höher

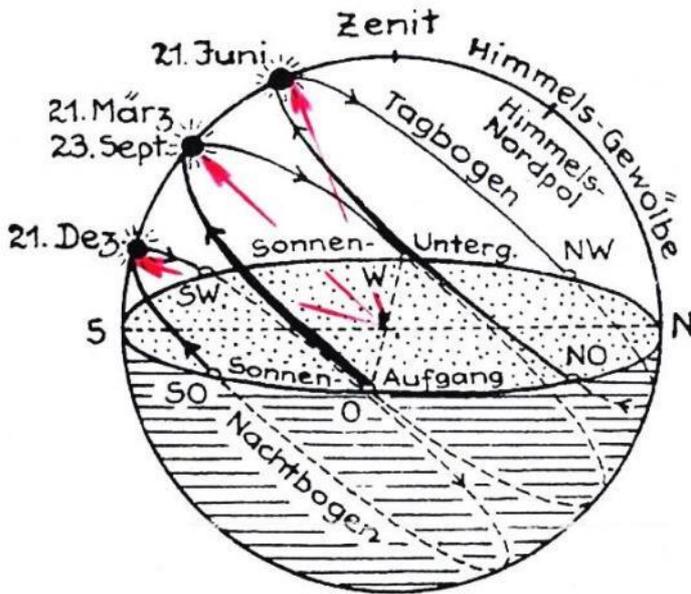


Abbildung 18: Himmelskuppel mit den Sonnenbögen in den Jahreszeiten: rot: Blickrichtung zu Mittags-Sonne

oder tiefer, aber immer parallel zum Äquator: Sommer- und Winterhalbjahr. Nur an zwei Tagen verläuft die Tagesbahn genau mit dem Himmelsäquator. Dies ist in nebenstehender Abbildung die mittlere der drei Tagesbögen. Die zugehörigen Tage im Jahr kennen wir als Frühlings- (21.3.) und Herbstpunkt (23.9.) mit der dabei stattfindenden Tag- und Nachtgleiche. Am Sternhimmel sind dies die Schnittpunkte von Ekliptik und Äquator. Deren Termine legen den *astronomischen Frühlings- und Herbstanfang* fest.

Im *Hochsommer* (oberer Tagbogen) steht die Sonne in den Zwillingen $23,5^\circ$ über dem Äquator. Mit unserer Sommerzeit geht sie daher morgens schon kurz nach 5 Uhr im Nordosten auf, steigt *bis 65° im Süden* (etwa 13^{20}) und geht sehr spät im Nordwesten gegen ($\frac{1}{2}10$) unter. Die steil einfallende Strahlung während der langen Tage erwärmt kraftvoll Land und Meer. Die ohnehin schon kurze Nacht wird noch durch eine ausgedehnte Morgen- und Abend-Dämmerung verringert. Weiter nördlich, etwa in Stockholm oder Petersburg, wird es gar nicht mehr richtig dunkel, weil die Abenddämmerung fließend in die Morgendämmerung übergeht: Es ist die Zeit der „weißen Nächte“. Am Nordkap geht die Sonne überhaupt nicht mehr unter, sondern bleibt um Mitternacht im Norden als *Mitternachtssonne* knapp über dem Horizont.

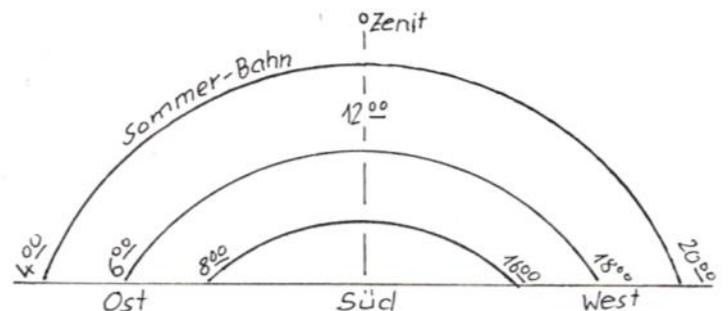


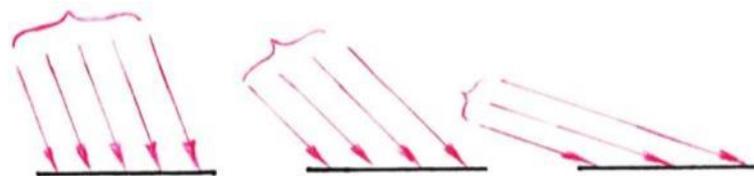
Abbildung 19: Sonnenhöhe über dem Horizont in den Jahreszeiten

Im *Tiefwinter* dagegen steigt sie erst um 8 Uhr im Südosten auf (in der Abb. unterer Tagbogen). Sie erreicht *nur 18° Höhe im Süden* und geht schon um 16 Uhr im Südwesten unter. Die Tage sind kurz und – wenn kein Schnee liegt – auch we-

niger hell. Die flach einstrahlende Sonne kann die Erde kaum erwärmen. Im Norden herrscht nun *Polarnacht* mit Dämmerlicht zur „Mittags“-Zeit.

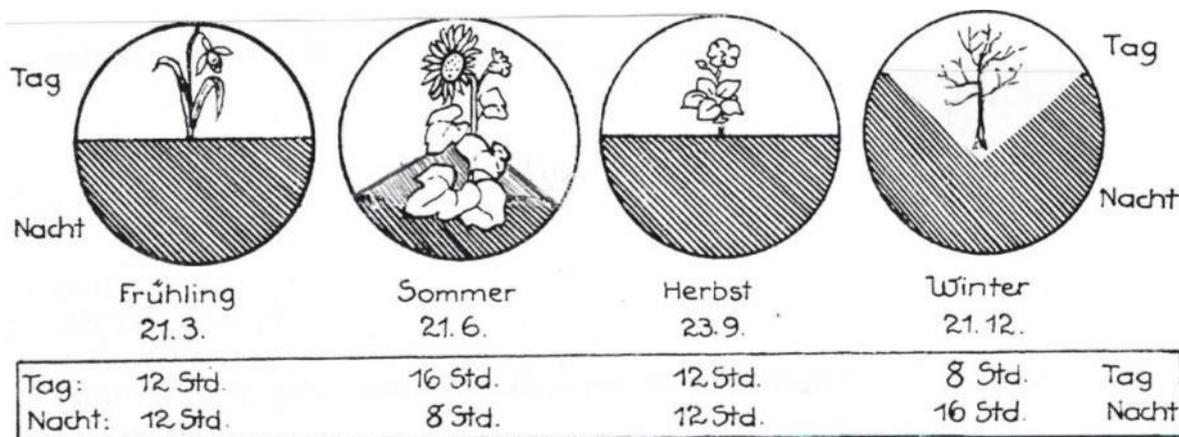
Nicht nur Zeitdauer der Sonneneinstrahlung ändert sich im Laufe des Jahres, viel mehr noch die Stärke. Der Sommertag ist doppelt so lang wie der Wintertag, durch die steilere Sonne im Sommer trifft dazu mittags dreimal so viel Strahlung auf die Erde wie im Winter:

Abbildung 20: Jahreszeitliche Sonnen-Intensität



Einstrahlung im Sommer Herbst / Frühling Winter

Die unterschiedliche Tageslänge und Intensität der Sonne bestimmen gemeinsam unser Klima so stark, dass wir die Jahreszeiten nach dem astronomischen Sonnenstand ihr einteilen:



2
1.3. Frühlings-Tag- u. Nachtgleiche

Abbildung 21: Tageslängen in den Jahreszeiten

= Frühlingsanfang (Ostern)

21.6. Sommerhöchststand

= Sommeranfang (Johanni)

23.9. Herbst-Tag- u. Nachtgleiche

= Herbstanfang (Michaeli)

22.12. Wintertiefststand

= Winteranfang (Weihnacht)

Weil der astronomische Sommeranfang schon wieder den abnehmenden Sonnenstand ankündigt, rechnen wir gerne den ganzen Juni mit seinem hohen Licht als Sommermonat (und entsprechend den ganzen März zum Frühling). Die Meteorologen machen das genauso.

4.6 Der Tierkreis

Weil wir den gesamten Himmel in Sternbilder geordnet haben, können wir auch nachschauen, durch welche Sternbilder der Sonnen-Jahres-Weg führt. Wir kommen durch insgesamt 12 Sternbilder, die häufig Tiernamen tragen. Daher heißt die Folge dieser Sternbilder *Tierkreis* oder *Zodiak*. Mit ihnen kann man den Himmelsort angeben, an dem die Sonne wirklich steht, aber leider nicht darin sehen. Weil diese Sternbilder verschieden groß sind, dauert es auch unterschiedlich lang, bis die Sonne zum nächsten Bild gelangt. Wichtig sind dabei für uns zwei weniger großartige Bilder. Es sind dies die *Fische*, an deren rechten unteren Rand sich der *Frühlingspunkt* befindet, und die *Jungfrau*, die an ihrem rechten Rand den *Herbstpunkt* trägt.

Doch wie können wir am Himmel die jeweiligen Sternbilder der richtigen Jahreszeit zuordnen? Wir wissen, dass 12 Stunden der täglichen Bahn genau einem Halbkreis entsprechen. Für den halben Tierkreis braucht die Sonne ein halbes Jahr. Wenn die Sonne also z.B. im Frühlingspunkt steht und mit ihm die Tagesbahn beschreibt, macht dies der Herbstpunkt am Himmel genau gegenüber mit. Jeden Ort, den die Fische mit dem Frühlingspunkt im Lauf des Tages überstrichen haben, erreicht die Jungfrau mit dem Herbstpunkt genau 12 Stunden später (oder auch vorher). Wenn also die Sonne am 21.3 abends untergeht und mit ihr die Fische gemeinsam in der Abenddämmerung folgen, steigt genau gegenüber im Osten das Sternbild auf, in dem der Herbstpunkt liegt: Die Jungfrau. Die ganze Nacht über beschreibt dann die Jungfrau die gleiche Bahn, wie die Sonne ein halbes Jahr zuvor oder danach.

Das gilt natürlich für jede andere Jahreszeit auch mit den dann jeweils zuständigen Tierkreis-Sternbildern. Am Abend gehen also immer diejenigen Sternbilder im Osten auf, welche um ein halbes Jahr versetzt sind zum aktuell gültigen Sonnenstand im Tierkreis (die Sonne steht ihnen dann gegenüber und geht im Westen unter). Das Sternbild, in dem die Sonne tatsächlich steht, könnte nur dann gleichzeitig mit der Sonne am Himmel gesehen werden, wenn die Helligkeit der Sonne so stark gedämpft wird, dass einzelne helle Sterne erkennbar sind. Dies ist knapp möglich bei einer totalen Sonnenfinsternis.

4.7 Die Sternbilder des Tierkreises

Zum Frühlingsanfang steht die Sonne in den Fischen genau auf dem Himmelsäquator und macht mit diesem ihren Tageslauf, jedoch ein klein wenig langsamer. Daher ist sie am Tag darauf um 1° im Sternbild Fische nach links gerutscht, hat aber gleichzeitig etwas an Höhe über den Äquator gewonnen. Nach 90 Tagen hat sie mit diesen Schritten ihre größte Höhe erreicht; dabei ist sie aber auch schon um einen Viertel Himmelskreis gegen die Fische zurück und bereits bei den Zwillingen.

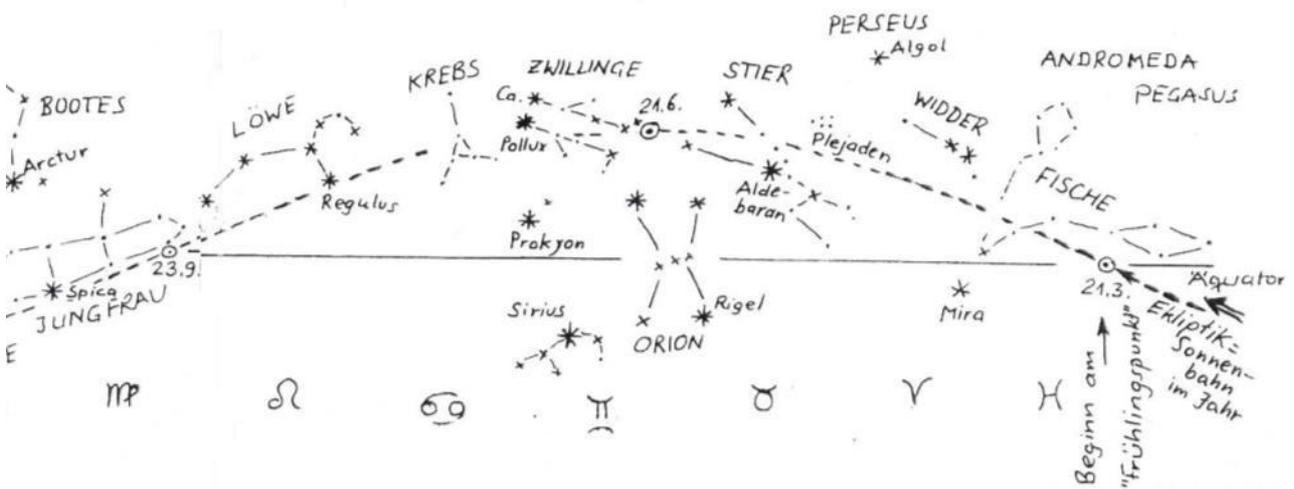
Genau nach einem Jahr hat die Sonne einen kompletten Durchgang von 360° gegenüber dem Sternhimmel vollendet. Die Spur dieses Sonnen-Jahres-Weges haben wir bereits als *Ekliptik* kennengelernt. Auf der Himmelskugel ist dies ein gro-

ber Kreis, um $23,5^\circ$ gegen den Äquator geneigt.

Auf dem ebenen Papier können wir alle Sternbilder auf einem *Band längs des Äquators* maßstäblich aufzeichnen, z.B. 1cm (=10mm) je 10° am Himmel. Dann erhalten wir eine Karte, wie wir die Sterne auch am Himmel schrittweise sehen könnten. Für die Sonnenorte so müssen wir vom Frühlingspunkt nach links wandern und dabei zunächst vom Äquator aufsteigen bis zum Sonnwendpunkt ($90^\circ = 9\text{cm}$ nach links und $23,5^\circ = 2,4\text{cm}$ nach oben. Dabei ist die Bahn in die Waagrechte eingebogen und wendet sich nun nach unten. Im fertig gezeichneten Bild entsteht die Ekliptik als Wellenlinie um den Äquator. Sie ist begleitet von den Sternbildern des Tierkreises (s. unten Abb. 22-23).

Viele der Tierkreis-Sternbilder entlang der Ekliptik sind am Himmel nur mit Mühe zu erkennen, weil sie keine hellen Sterne haben. Gut bemerkbar sind jedoch die *Frühsommerbilder Stier und Zwillinge* (beste Sichtbarkeit im Herbst und Winter), sowie die *Spätsommerbilder Löwe und Jungfrau* (beste Sichtbarkeit im Winter und Frühling). Ansonsten haben nur die *Wintersternbilder Skorpion und Schütze* etliche recht helle Sterne, die auch noch als auffallende Figur geordnet sind. Beide stehen sommers aber noch tiefer am Himmel, als die Wintersonne selbst, deren Ort sie anzeigen. Nur in klaren Sommernächten ohne Mond, wenn der Südhorizont ganz frei von Fremdlicht ist, können wir sie sehen – in Süd-Dtld. Recht gut, in Südfrankreich, Italien oder Griechenland viel besser.

Abbildung 22: Tierkreis (obere Hälfte)



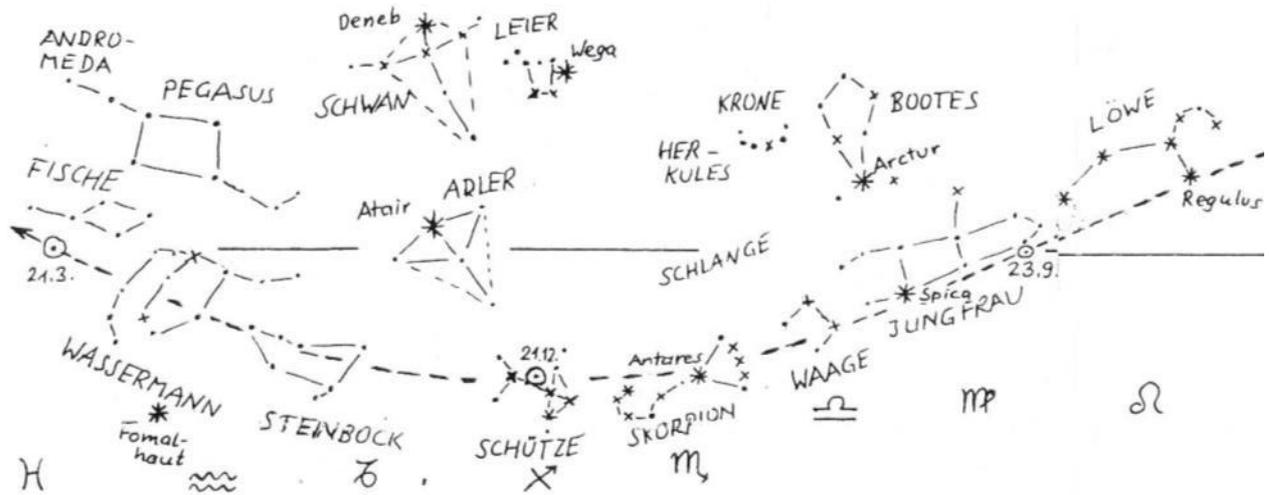
Der Sonnenweg im ersten Halbjahr (180° entlang des Äquators) durch den Tierkreis: Tagesbahn des Himmels mit allen Gestirnen nach rechts; Sonnenort täglich um 1° nach links verschoben, zunächst ansteigend und nach 90° wieder absteigend.

Einige helle Sterne im Tierkreis zeigen die Ekliptik auf, damit können wir sie besser finden. Der aufsteigende Tierkreis geht von den Fischen am unteren Rand des mäßig erkennbaren Widders zum Stier knapp *oberhalb des Aldebaran* vorbei.

Der Krebs würde zentral durchquert, doch er ist kaum zu sehen. In den Zwillingen erreicht die Ekliptik nicht ganz den unteren Hauptstern *Pollux*. Einen guten

Stützpunkt stellt der *Regulus* im Löwen dar, der fast genau getroffen wird, danach kreuzt ihr Weg den Äquator (Herbstpunkt!) und kommt in der Jungfrau knapp an der *Spica* vorbei.

Abbildung 23: Tierkreis (untere Hälfte)



Der Sonnenweg (Ekliptik) im zweiten Halbjahr (von 180° bis 360° entlang des Äquators) durch den Tierkreis: Tagesbahn des Himmels mit allen Gestirnen nach rechts; Sonnenort täglich um 1° nach links verschoben, zunächst absteigend und nach 270° wieder aufsteigend.

Die lichtschwache Waage wird in deren Mitte getroffen, während der Sonnenweg den großen *Antares* im Skorpion deutlich unter sich lässt, auch der Schütze wird – trotz tiefstem Punkt der Ekliptik – praktisch nur von oben gestreift. Beim neuerlichen Anstieg durchläuft sie die kaum sichtbaren Bilder Steinbock und Wassermann hinauf zu den Fischen.

Um aus den beiden Hälften der Tierkreisbilder eine brauchbare Sternkarte zu machen, müssten wir sie stark vergrößern und an Herbst- und Frühlingspunkt zu einem Ring zusammenkleben (mit den Bildern nach innen). Dann könnten wir ihn um unseren Kopf drehen lassen (vor unseren Augen in Schräglage ca 45° nach oben).

Mit dem Papiermodell des „großen Sternhimmels“ lässt sich diese Situation ebenfalls gut nachspielen, auch wenn dabei der Blick von Norden verdeckt ist. Doch ist die Kuppel (zum besseren Einblick) samt Äquator und Ekliptik nach unten geweitet, damit ist der Tierkreis mit seinen Sternbildern vor allem südlich des Äquators etwas verzerrt.

4.8 Die Tierkreiszeichen

Der jährliche Gang der Sonne entlang der Ekliptik wurde von den Griechen in 12 gleiche Abschnitte von jeweils 30° eingeteilt. Damit braucht die Sonne für jeden von ihnen gleich lang, nämlich genau einen Monat. Das ist natürlich sehr viel praktischer als auf die unterschiedlichen Längen der wirklichen Sternbilder zu achten. So braucht die Sonne z.B. nur 2½ Wochen für das Sternbild Waage, verbringt aber 5 Wochen im Löwen und gar 6 Wochen in der Jungfrau!

Damals deckte sich diese Einteilung dennoch recht gut mit den Sternbildern, welche die Sonne im Laufe des Jahres durchwanderte. Mit dem Frühlingspunkt – der heute (fälschlicherweise) immer noch „Widderpunkt“ genannt wird – begann die Ekliptik im Sternbild des Widders und jeden Monat folgte das nächste.

Doch der Frühlingspunkt hat sich inzwischen so stark verschoben, dass heutzutage die Sonne am 21.3. bereits mitten in den Fischen steht. Trotzdem wird die damalige Einteilung des Jahres in 12 gleiche Abschnitte innerhalb des Jahres beibehalten und ebenso noch die *Namensbezeichnung des damaligen Tierkreises*. Die *Tierkreis-Zeichen* als zeitliche Einteilung des Jahres und die *Tierkreis-Sternbilder* (Sterne am Himmel) sind daher zwei völlig verschiedene Dinge. In der Astrologie benennt das Tierkreiszeichen also keine Sterne am Himmel sondern einen zeitlichen Ort im (Sonnen-)Jahr. Wir können die Tierkreiszeichen als Monate des Sonnenjahres ansehen.

4.9 Tierkreis-Kalender

Das Sonnenjahr ist eingeteilt in die 12 Tierkreis-Zeichen, Diese beginnen am:

Die Sonne betritt wirklich auf ihrer Himmelsbahn das Tierkreis-Sternbild am:

| | | Folge im Zodiak: | | |
|--------|---|---------------------|------------|--------|
| 21.3. | ♈ | | Widder | 19.4. |
| 21.4. | ♉ | | Stier | 13.5. |
| 21.5. | ♊ | | Zwillinge | 20.6. |
| 22.6. | ♋ | | Krebs | 19.7. |
| 23.7. | ♌ | | Löwe | 10.8. |
| 24.8. | ♍ | | Jungfrau | 15.9. |
| 24.9. | ♎ | | Waage | 1.11. |
| 24.10. | ♏ | | Skorpion | 19.11. |
| 23.11. | ♐ | | Schütze | 19.12. |
| 22.12. | ♑ | | Steinbock | 18.1. |
| 21.1. | ♒ | | Wassermann | 14.2. |
| 20.2. | ♓ | | Fische | 11.3. |

4.10 Astrologie

Noch bis ins Mittelalter war die Himmelsbeobachtung Grundlage für die Astrologie (= Lehre von den Sternen). Besonders die Stellung von Sonne und Planeten innerhalb des Tierkreises wurde für Aussagen über das irdische Leben benutzt. Erst mit Kopernikus, Galilei und Kepler löste die äußere Naturwissenschaft sich davon und die Bezeichnung Astronomie (= Benennung, Unterscheidung und Kenntnis der Sterne) wurde dafür üblich.

Die heutige Astrologie benutzt die Tierkreiszeichen, also die Stellung der Planeten innerhalb des Sonnenganges durch das Jahr. Tatsächlich besteht ein Bezug der eigenen Biografie zum Geburtszeitpunkt. Auch fühlt sich jeder Mensch mit der Jahreszeit seines Geburtstages in besonderer Weise innig verbunden. Künstler und vor allem Dichter haben dies intensiver empfunden.

Voraussagen über irdische Verhältnisse oder Entscheidungshilfen im menschlichen Lebensalltag und Charaktertypisierungen sind jedoch aus naturwissenschaftlicher Sicht nicht möglich. Völlig daneben ist die beliebte Populär-Astrologie auf Zuckerverpackungen oder in den Wochenhoroskopen von Zeitungen und Illustrierten; dort sind weitgehend nur regelmäßig wechselnde Gemeinplätze abgedruckt.

Schicksal

Daimon – die innere Stimme:

Wie an dem Tag, der dich der Welt verliehen,
die Sonne stand zum Gruße der Planeten,
bist alsobald und fort und fort gediehen
nach dem Gesetz nach dem du angetreten.
So musst du sein, dir kannst du nicht entfliehen,
so sagten schon Sibyllen, so Propheten;
und keine Zeit und keine Macht zerstückelt
geprägte Form die lebend sich entwickelt.

Tyche – das Zufällige:

Die strenge Grenze doch umgeht gefällig
ein Wandelndes, das mit und um uns wandelt;
nicht einsam bleibst du, bildest dich gesellig,
und handelst wohl so, wie ein anderer handelt

Ananke – die Notwendigkeit:

Da ist's denn wieder, wie die Sterne wollten:
Bedingung und Gesetz, und aller Wille
ist nur ein Wollen, weil wir eben sollten,
und vor dem Willen schweigt die Willkür stille.

(aus den „Urworten“ von Johann Wolfgang v. Goethe)

Julikinder

Wir Kinder im Juli geboren,
wir lieben die Linden, den Duft des Jasmin.
Wir wandern an blühenden Gärten hin
und sind träumend dem Lichte verschworen.

Unser Bruder ist der leuchtende Mohn,
der brennt in flackernden roten Schauern
im Ährenfeld und auf den hellen Mauern,
dann treibt der Wind seine Blätter davon.

Wie eine Sommernacht will unser Leben
traumbeladen seinen Reigen vollenden,
in Erntefesten dem warmen Lichte ergeben,
ährenbekrönt, den roten Mohn in den Händen.

(nach H.Hesse zur Rezitation in der Klasse bearbeitet von A.Fischer;
Original siehe Anhang)

5. Der Mond

Mondnacht

Mondbeglänzte Zaubernacht,
die den Sinn gefangen hält,
wunderbare Märchenwelt
steige auf in alter Pracht!

(Joseph von Eichendorff)

5.1 Täglich anders!

Selene und *Luna* heißen die dem Mond geweihten griechischen und römischen Göttinnen: Das milde Mondlicht wurde als weiblich empfunden, auch seine weiteren Eigenschaften passen gut dazu.

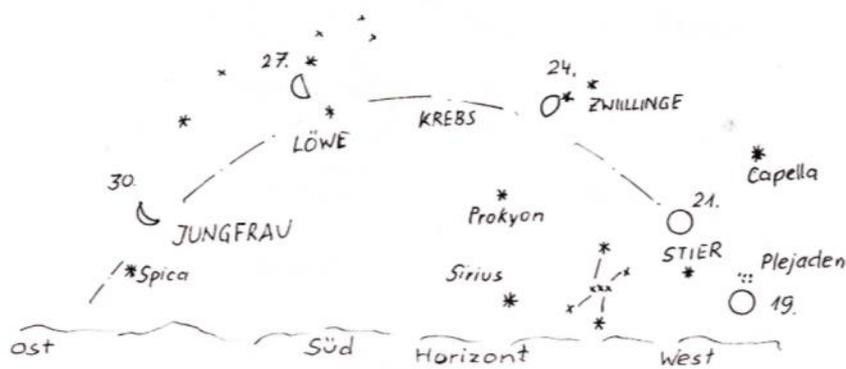
Beobachtet man den Mond über mehrere Tage hintereinander, fällt deutlich auf, dass er - verglichen mit allen anderen Himmelskörpern - sich völlig *unregelmäßig* verhält. Mindestens scheint es so, wenn man seine Bahn nicht genauer und vor allem viel länger verfolgt. Zunächst bemerkt man nur, dass er *täglich Verspätung* hat, nämlich fast eine Stunde gegenüber dem Vortag, und das sogar schwankend. Seine *Form verändert* er dabei auch noch, indem er in täglichen Abschnitten (Phasen) sich vom Vollmond über Neumond wieder bis zum Vollmond verwandelt.

Tatsächlich ist er der schnellste unserer Wandler am Himmel und seine tägliche Veränderung gegenüber den Fixsternen ist leicht zu sehen. Ja sogar 1 Stunde reicht dazu aus: Wenn in direkter Nähe ein heller Vergleichssterne steht (am besten mit dem Fernglas zu beobachten), bleibt der Mond in 1 Stunde um seinen kompletten Durchmesser gegen diesen Stern zurück.

So sehen wir ihn *jeden Tag um etwa 13° weiter nach Osten* verschoben, also entgegen der eigentlichen Drehung des Himmels. Daher geht er jeden Tag bei seiner höchsten Stellung durchschnittlich etwa 50 Minuten später im Süden durch den Meridian. Doch die Verspätung bei Auf- und Untergang kann zwischen ¼ und 1¼ Stunde betragen! Das empfinden wir als sehr unzuverlässig. Wenn eine Uhr nicht genau läuft, sagen wir daher sogar: Sie geht nach dem Mond!

5.2 Der Weg des Mondes im Tierkreis

Der Vollmond steht am Himmel immer genau gegenüber der Sonne. Nur so kann er vom Sonnenlicht für unseren Anblick voll beschienen sein. Er ist damit eine halbe Tagesbahn (12 Stunden) gegen die Sonne versetzt. Weil er aber ständig zurückbleibt, ist dies nur ein momentaner Zustand. Seine Veränderung am Morgenhimmel ist am besten im Spätherbst oder beginnenden Winter (Nov.-Dez.) wahrnehmbar, wenn wir einige Tage nacheinander immer zur gleichen Zeit (z.B. 7°-73°) – und hoffentlich klarem Himmel – seinen Ort in den Sternbildern notieren.



November 2021 jeweils morgens vor Sonnenaufgang:
 19.11. Vollmond,
 27.11. Halbmond,
 30.11. abnehmende Sichel,
 4./5.12. Neumond
 (nach Kalender Bisterbosch)

Abbildung 24: Mondlauf morgens vor Sonnenaufgang Nov.2021

Wenn wir dabei zur Vollmond-Zeit beginnen, erwarten wir den Sonnenaufgang im Südosten, während der Mond gegenüber im Nordwesten sich gemeinsam mit dem Stier gegen den Horizont neigt. Im folgt das Sternbild der Zwillinge direkt nach. Nach 4 Tagen steht er dann um 7° deutlich über dem Westhorizont zwischen Orion und Capella. Nach weiteren 4 Tagen besucht er hoch im Südwesten den Löwen und ist schon zum Halbmond abgemagert. Mit etwas Glück beim Wetter zeigt uns der Mond in den weiteren Tagen seinen Weg entlang des Tierkreises, bis er nach 2 Wochen als schmale Sichel im Südosten direkt vor der Sonne aufgeht und dann in der Morgenhelligkeit verblasst.

Er hat dabei den halben Jahresweg der Sonne zurückgelegt und folgte derselben Spur wie diese. Und für den ganzen Himmelsweg braucht er nur 4 Wochen (ca. 27,3 Tage) statt ein ganzes Jahr wie die Sonne.

Der Weg des Mondes kann uns daher helfen, den Tierkreis zu finden. Alle 2-3 Tage ist er um ein Sternbild des Tierkreises weiter zurück und steht nach 4 Wochen wieder vor demselben Sternbild wie am Beginn. Diese an den Sternen gemessene Umlaufzeit heißt *siderisch*.

Weil die Sonne zwischenzeitlich selbst ein Sternbild weiter gewandert ist, braucht der Mond für dieses weitere Sternbild nochmals 2 Tage, bis er ihr wieder genau gegenüber steht. Erst dann kann er sich wieder voll bescheinen zu lassen. So dauert es also insgesamt *29,5 Tage von einem Vollmond zum nächsten* bis zum erneuten *Zusammenstimmen mit der Sonne* (= *synodische Umlaufzeit*): Die Zeitspanne eines Monats.

Mit der unterschiedlichen Höhe der Ekliptik hat er außerdem natürlich auch täglich verschieden große Bahnen am Himmel. Es ist, als würde er mit seiner wechselnden Höhe *in 4 Wochen alle 4 Jahreszeiten* durchmachen.

Weil nun der Vollmond immer der Sonne gegenüber steht, befindet er sich also im entgegengesetzten Tierkreisbild des Jahresweges der Sonne. Wir können daher um den Vollmond herum genau die Sternbilder des Tierkreises beobachten, in denen sich die Sonne ein halbes Jahr vorher oder nachher befindet. Leider sieht man dabei nur Sterne der 1.Größe, weil das starke Vollmondlicht die Himmelsnachbarschaft aufhellt.

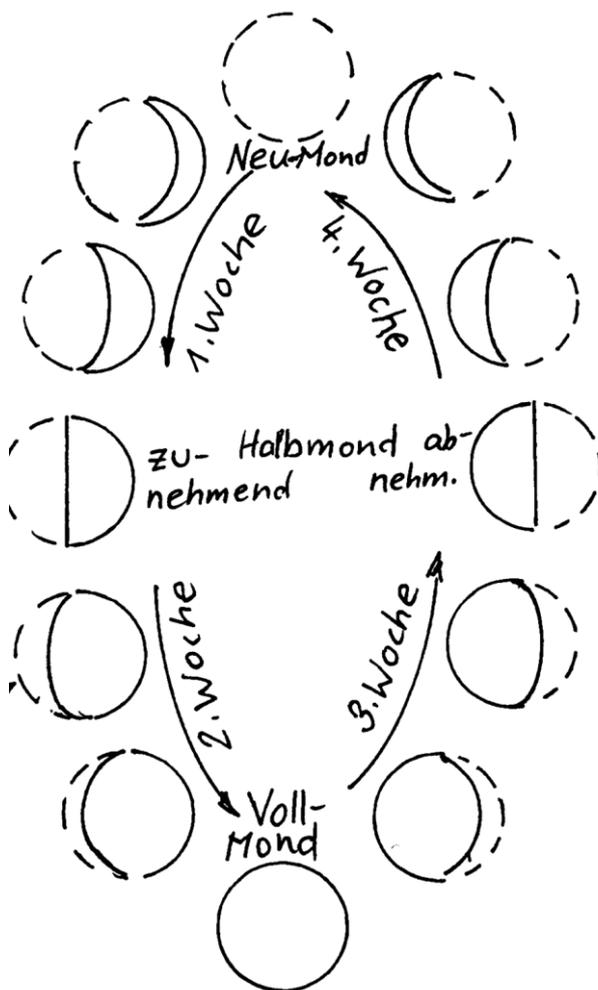
Damit steht der *Sommer-Vollmond* im Sternbild Schütze um Mitternacht so *tief* am Südhimmel *wie die Wintersonne* am Mittag. Er geht wie die Wintersonne erst spät (8 Uhr abends) im Südosten auf, beschreibt in seiner 8-stündigen Bahn einen flachen Bogen und geht früh (4 Uhr morgens) im Südwesten wieder unter. Dasselbe macht die Wintersonne zwischen 8 Uhr morgens und 4 Uhr nachmittags.

In der *Weihnachtszeit* steht der *Winter-Vollmond* so *hoch* am Himmel *wie die Sommer-Sonne zur Johannizeit* zwischen Stier und Zwillingen. Er beschreibt während der 16 Stunden langen Nacht dieselbe Bahn wie die Sommersonne.

5.3 Die Phasen des Mondes

Das bleiche Licht des Mondes wirkt fahl und farblos, es leuchtet nicht. Der Mond hat kein Eigenlicht; seine Helligkeit verdankt er dem Sonnenlicht, das er nur matt reflektiert. Wenn der Mond der Sonne im Tierkreis gegenüber steht, zeigt er uns seine ganze beleuchtete Fläche: Es ist *Vollmond*. Um Mitternacht steht er im Süden, im Winter hoch, im Sommer tief.

Zwei Wochen davor und danach steht der Mond *bei der Sonne*. Als *Neumond* wandert er unsichtbar dicht bei der Sonne am Taghimmel. Nun ist seine Rückseite im Sonnenlicht und zu uns zeigt er seinen *Eigenschatten* als unbeleuchtete Seite. Von diesem Zeitpunkt an zählt der Astronom das *Alter* des Mondes bis zum nächsten Neumond.



Doch nach 2 Tagen ist er schon so verspätet, dass er bereits links der Sonne nachhinkt. Nun kann er uns in der Abenddämmerung noch kurz als schmale *zunehmende Sichel* erfreuen, bevor er der Sonne unter den Horizont folgen muss.

Nach der *1. Woche* ist er als *zunehmender Halbmond* $\frac{1}{4}$ Tag (6 Stunden) *nach der Sonne* unterwegs; wir sehen ihn bereits nachmittags am süd-östlichen Taghimmel und während der ersten Nachthälfte zwischen Süden und Westen.

Nach der *2. Woche* ist er als *Vollmond* $\frac{1}{2}$ Tag (12 Stunden) *nach der Sonne* unterwegs; wir sehen ihn bereits nachmittags am süd-östlichen Taghimmel und während der ersten Nachthälfte zwischen Süden und Westen.

Am Ende der *4. Woche* hat er mit $\frac{4}{4}$ Tagen eine komplette Runde gegen die Sonne versäumt und beginnt seinen Zyklus als Neumond von vorn.

Abbildung 25: Mondphasen-Zyklus

Wer noch die altdeutsche Sütterlinschrift kennt, sieht in den Kleinbuchstaben a und z die Wölbungsform von ab- und zunehmendem Mond und freut sich auch an

dem humorvollen Gedicht Morgensterns über diesen Zufall.

Als Gott den lieben Mond erschuf,
gab er ihm folgenden Beruf:



Beim Zu- sowohl wie beim Abnehmen
sich deutschen Lesern zu bequemen,
ein A formierend und ein Z,
dass keiner groß zu denken hätt.
Befolgend dies, ward der Trabant
ein völlig deutscher Gegenstand.
(Chr. Morgenstern)

Für die Beobachtung des Mondes ist die Zeit um den Halbmond besonders interessant: Schon mit bloßem Auge sieht man, dass die Schattengrenze leicht unregelmäßig aussieht. Und bereits mit einem einfachen Fernglas lassen sich die Schatten von Bergen, Tälern, Ringwällen und tiefen Kratern erkennen.

5.4 Kalender

Mit den Mondphasen konnten die Menschen Wochen und Monate zählen: Von einem Vollmond zum nächsten sind es knapp 30 Tage, wovon sich der Name 1 Mond oder Monat ableitet. So hieß in den alten Bauernkalendern beispielsweise der November „Nebelmond“ und der März „Lenzmond“.

Dieser Monatsumlauf wird von den 4 auffälligsten Phasen des Mondes in 4 Wochen zu je 7 Tagen gegliedert. Gemeinsam mit den Sonnwenden für die Jahreszeiten ergab sich damit ein brauchbarer Kalender.

Weil aber 12 Monde kürzer sind als das Sonnenjahr, erreicht der 12te Vollmond nicht mehr seinen Ausgangsort im Tierkreis und auch nicht dasselbe Datum im Folgejahr. Es gibt also keine gleichbleibende Wiederholung.

Diese Besonderheit bemerken wir am beweglichen Osterfest. Das Osterdatum ist an Sonne und Mond gemeinsam gekoppelt: Wenn am 21. März die Sonne den Frühlingspunkt durchschritten hat, wartet man auf den nächsten *Frühlings-Vollmond*. Am darauf folgenden Sonntag wird dann *Ostern* gefeiert. So liegt der Ostersonntag jährlich verschieden, sicher liegt er aber zwischen dem 22. März und 26. April. Erst nach 19 Jahren kann Ostern wieder auf dasselbe Datum fallen.

Es gibt etliche Kulturen, in denen sogar das Jahr in Monaten gemäß den Mondphasen gezählt wird. Dann verschiebt sich aber der Jahresanfang jedesmal um 11 Tage gegenüber dem Sonnenstand des Vorjahres. Die äußeren Jahreszeiten und die Monatsnamen im Kalenderdatum sind dann nicht mehr gekoppelt. So rückt z.B. der islamische Fastenmonat Ramadan jedes Jahr gegen unseren Kalender um 11 Tage weiter vor.

5.5 Sonnenfinsternis

Bei Neumond sehen wir *Sonne und Mond in derselben Blickrichtung*. Der Mond steht also zwischen Erde und Sonne. Weil der Mond meist von der Ekliptik abweicht, wird er für unseren irdischen Blick über oder unter der Sonne vorbei wandern. Nur zweimal im Monat trifft der Mond auf seiner Himmelswanderung die Ekliptik genau. Diese besondere Stellung – der Schnittpunkt von Mondweg mit der Ekliptik – heißt Drachenpunkt oder *Mondknoten*. Nur ganz selten, nämlich dann, wenn *Mondknoten-Durchgang* und genau *gleichzeitig Neumond-Phase* gemeinsam stattfinden, zieht der Neumond direkt vor der Sonne vorbei.

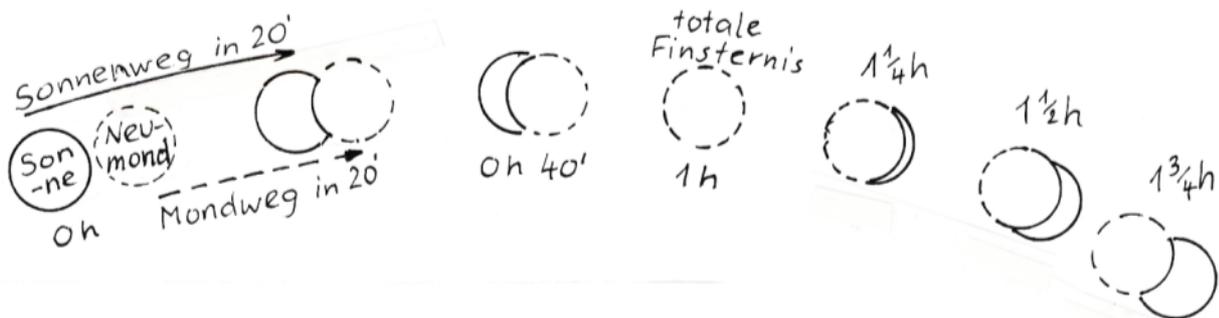


Abbildung 26: Beobachtung einer Sonnenfinsternis

Von uns aus gesehen schiebt sich dabei die dunkle Mondscheibe vor die (optisch) gleich große, leuchtende Sonnenscheibe und verfinstert sie. Wir geraten dadurch in den Schlagschatten des Mondes. Wenn dies genau mittig erfolgt, wird die Sonne vollständig (= *total*) verdunkelt, ansonsten nur teilweise (= *partiell*).

Den Verlauf kann man mit einer Schutzbrille die Sonnenscheibe betrachten: Ein Kreisbogen wird wie heraus gebissen und eine sichelähnliche Form bleibt übrig, also völlig anders als die Form der Mondphasen. Bei der partiellen Verfinsternung wird diese dann rasch wieder größer, bei der totalen wird sogar diese noch kurze Zeit ganz ausgelöscht.

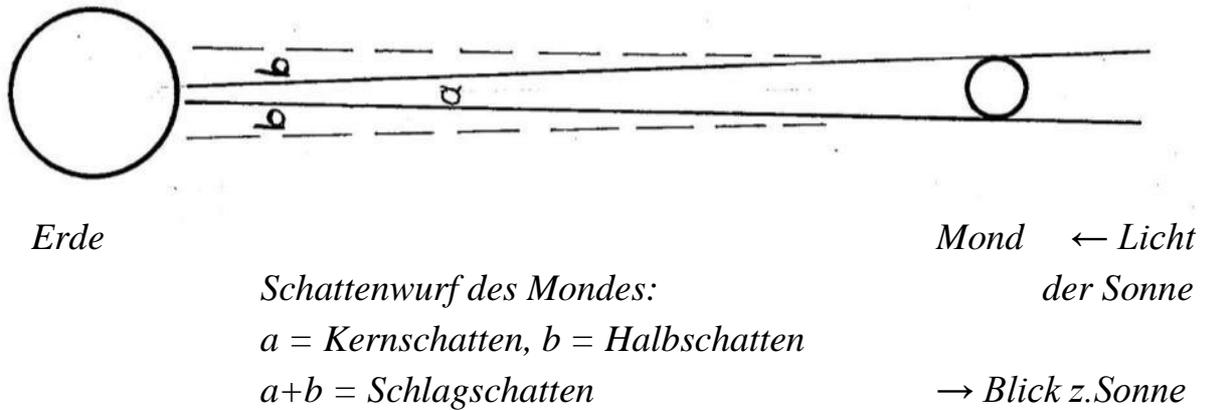
Bei einer totalen Sonnenfinsternis können in der eintretenden Dämmerung sich sogar einige helle Sterne zeigen; es ist der einzige Zeitpunkt, an dem man beobachten könnte, in welchem Sternbild die Sonne tatsächlich steht. Mitten am Tag kann alles für mehrere Minuten gespenstisch dunkel werden, ein frischer Lufthauch kühlt merklich ab. Die Vögel verstummen, alle Tiere sind verunsichert. Für die Menschen von heute ist es ein interessantes Schauspiel. Alle Fernrohre sind auf die Sonne gerichtet, weil man jetzt ihre Korona sehen kann; dieser Strahlenkranz ist sonst stets durch die extreme Sonnenhelligkeit überblendet.

Doch früher fürchtete man sich sehr vor einem solchen Ereignis: Welche böse Mächte verschlucken die Sonne? Hatten Priester oder Astronomen nicht korrekt davor gewarnt, mussten sie mit der Todesstrafe rechnen!

Durch unser heliozentrisches Weltbild können wir den Vorgang „von außen“ anschauen: Der Mond kommt auf seiner Bahn um die Erde genau zwischen Sonne

und Erde und wirft seinen Schlagschatten auf sie. Wegen der riesigen Größe der Sonne scheint aber ein Teil der Sonnenfläche am Mond vorbei; dadurch ist das Sonnenlicht nur unterschiedlich stark reduziert und beleuchtet die Erde immer noch teilweise. Diese Stellen der Erde liegen dann im Halbschatten, der kaum dunkler ist; hier sieht man die Sonnenscheibe „angeknabbert“: Deswegen ist dort die Ver-

Abbildung 27: Entstehung der Sonnenfinsternis



finsternis nur teilweise (=partiell). Erst wenn man sich in dem kleinen Gebiet des Kernschattens befindet, tritt eine totale Sonnenfinsternis und dämmeriges Dunkel ein.

Obwohl die Zeichnung in den Entfernungen recht gestreckt ist, sind die Verhältnisse nicht maßstabsgerecht: Beim oben abgebildeten Mondabstand zur Erde dürfte der Mond nur etwa $\frac{1}{2}$ mm im Durchmesser haben, die Erde etwa 2 mm; die Sonne müsste 50m weiter rechts stehen und hätte 50cm Durchmesser! Dadurch entsteht erst der richtige Winkelspalt des extrem schmalen Kernschattens von nur $\frac{1}{2}^\circ$ (statt 5° wie in der Zeichnung).

5.6 Mondfinsternis

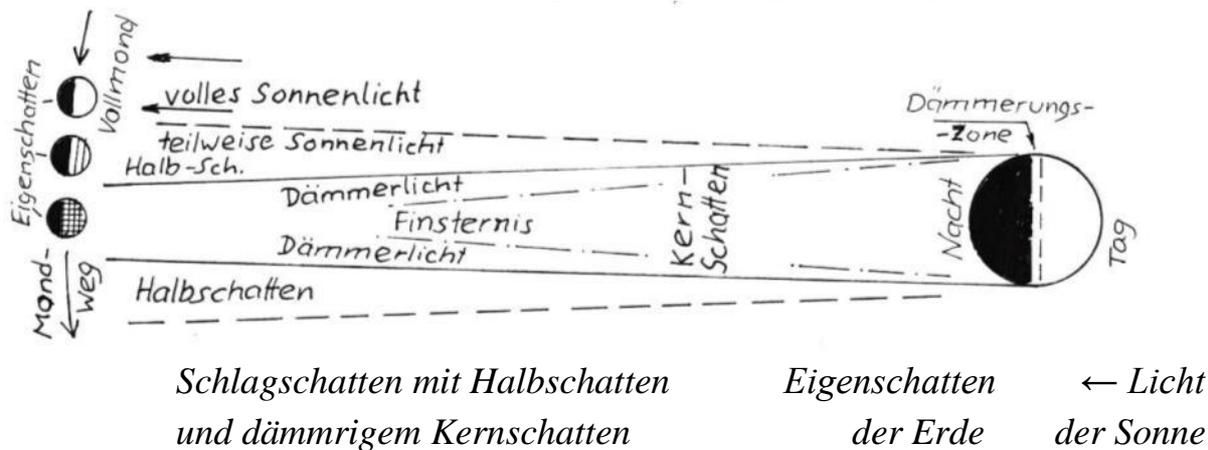
Bei *Vollmond und gleichzeitigem Knoten-Durchgang* geschieht das Umgekehrte. Sonne und Mond stehen sich gegenüber, die Erde ist dazwischen. Der Vollmond tritt in den *Schlagschatten der Erde* und wird abgedunkelt.

Wegen der viel größeren Erde ist auch deren Schlagschatten so groß, dass sein Durchmesser den des Mondes um ein mehrfaches übertrifft. Es dauert also mehrere Stunden, bis der Mond den Erdschatten ganz durchquert hat.

Die Lichtfülle im Halbschatten nimmt so langsam ab, dass wir es kaum bemerken, bis der Mond in den Kernschatten eintritt. Dann sieht man, wie der Schatten sich mit einer flachen Krümmung (er hat einen großen Durchmesser) sich über den Mond schiebt.

Doch selbst wenn er in den Bereich des *Kernschattens* kommt und der Mond kein direktes Sonnenlicht mehr empfängt, verbleibt seine verfinsterte Fläche in ei-

Abbildung 28: Entstehung der Mondfinsternis



nem geheimnisvollen Schimmer von Purpur-Braun: Vom Mond aus gesehen geht die Sonne hinter der Erde unter und verschwindet im Abendrot, das in ein Morgenrot am anderen Erdrand übergeht, ehe auch die Sonne dort wieder auftaucht. Dieses *Dämmerlicht* erzeugt auf dem Mond einen schwachen, rötlich getönten Widerschein.

5.7 Trabant der Erde

Der Mond ist zwar für uns eine Himmelserscheinung, aber er ist noch nicht so recht kosmisch weit entfernt und gehört auch nicht der Sternenwelt an. Heliozentrisch betrachtet ist der Mond ein *ständiger Begleiter der Erde* auf ihrem Weg um die Sonne. Er ist als Partner und *treuer Trabant* eng mit der Erde verbunden mit nur etwa 380.000 km Abstand. Das ist nicht einmal das 10fache des Erdumfangs (40.000km).

Der Mond ist am Himmel gleich groß wie die Sonne ($\frac{1}{2}^\circ$). Obwohl er mit seinen 3.500 km Durchmesser ($\frac{1}{4}$ der Erde) ein Winzling gegenüber der Sonne ist, erscheint diese wegen ihrer großen Entfernung (150Mio km) entsprechend verkleinert. Diese Gleichheit der *optischen Größe* ermöglicht erst die Erscheinung einer Sonnenfinsternis.

Merkwürdigerweise schaut der Mond uns *stets mit demselben Gesicht* an und verbirgt seine Rückseite. Die Rotation des Mondes um seine Achse stimmt genau mit seiner Umlaufzeit um die Erde überein: Es ist eine *gekoppelte Rotation*.

Während eines Monats hat er sich aber alle Seiten von der Sonne bescheinen lassen; daher dauert auf dem Mond ein „Monden-Tag“ von einem Sonnenaufgang zum nächsten einen ganzen Monat.

5.8 Der Mond als Partner der Erde

Größe und Entfernung des Mondes sind erdverwandt und für uns Menschen erfahrbar. Wir gehen von der Erde aus, deren Umfang 40.000 km beträgt. Wenn ein

Mensch mit gleichbleibendem Wandertempo (4 – 5 km/h) Tag und Nacht unterwegs wäre, würde er in genau 1 Jahr die Erde ganz umrunden können: $4,5\text{km/h} \times 24\text{h} \times 365\text{d} = 39.420\text{km}$.

Damit verglichen ist uns der Mond recht nahe: Schon das 10fache übertrifft die mittlere Entfernung zu ihm. Das wäre die Strecke, die in 10 Jahren ununterbrochener Pilgerschaft bewältigt werden könnte. Es entspricht auch etwa der Strecke, welche früher ein Bauer während seiner Lebensarbeitszeit zu Fuß gegangen ist: $50\text{a} \times 300\text{d} \times 25\text{km} = 375.000\text{km}$.

Für ein gemütliches Leben wäre uns die tägliche Verspätung des Mondes als Tagesrhythmus (mit dann knapp 25 Stunden) viel lieber, doch die Sonne weckt uns jeden Tag aufs Neue zum hellen Tagesbewusstsein. Auch das Leben von Pflanzen und Tieren ist auf geheimnisvolle Weise mit den Rhythmen des Mondes verbunden.

Für uns auffälliger ist Wirkung des Mondes am Meer: *Die Gezeiten mit Ebbe und Flut* sind an den Rhythmus des Mondes gekoppelt, allerdings genau doppelt so schnell. Aber nicht an jedem Küstenort steigt das Wasser zur gleichen Zeit trotz vergleichbarer Mondstellung. Doch überall dauert es $12 \frac{1}{2}$ Stunden (= halber Mondenumlauf) von einem Flutzeitpunkt zum nächsten. Es stimmt also nicht, dass der Mond mit seiner Anziehungskraft das Wasser hochheben würde, wenn er genau darüber steht. Vielmehr regt er *regelmäßig pendelnde Meeresströmungen* an, die wir am Ufer als *Tiden* im Wegströmen und Zurückfluten wahrnehmen.

6. Die Planeten

6.1 Zeit und Rhythmus im Kosmos

Das ewig gleichbleibende Kreisen des Fixsternhimmels ergibt einen völlig gleichförmigen Zeitablauf ohne jede Gliederung. Erst die Wandelsterne prägen durch ihre verschiedenen Bewegungen und Umlaufzeiten unserem Zeitfluss einen *Rhythmus* auf. So wird unsere Zeit lebendig gegliedert und unser Erleben geformt. Rhythmische Abläufe unterscheiden sich durch ihren Variationsreichtum vom gleichförmigen Takt. Und so kommt es niemals zu einer genauen Wiederholung irgendeiner gewesenen Konstellation, sondern allenfalls zu einer ähnlichen. *Jeder Moment im Kosmos ist neu* und einmalig und dennoch in seiner Erwartbarkeit vertraut.

Auch alles Leben auf Erden spielt sich in vielfältigen Rhythmen ab, die uns nur ganz selten bewusst werden. Viele davon sind an die Rhythmen der Wandelsterne gebunden. Am auffälligsten sind für uns:

| Zeitspanne | Rhythmus | Verursachendes Gestirn |
|--------------------------|---|--|
| der Wechsel Tag-Nacht | Wachen – Schlafen | Tageslauf der Sonne |
| die Woche | Arbeitsrhythmus | 4 Mondphasen |
| die Namen der Wochentage | entsprechen den 7 Planetenzeichen | |
| der Monat | Lebenskräfte der Gesundung und Fruchtbarkeit | Mond- Umlauf |
| das Vierteljahr | Wechsel der Jahreszeiten Lebenskräfte der Erde | Schiefe der Ekliptik zum Himmelsäquator |
| das Jahr | Großrhythmus des Lebens | 1 voller Ekliptik- Durchgang der Sonne |

6.2 Planeten-Rhythmen

Dass neben Sonne und Mond auch die nun genannten echten Planeten mit ihren Bahnformen und –rhythmen Einfluss auf unser irdisches Leben haben könnten, erscheint uns unwahrscheinlich oder allenfalls kaum wahrnehmbar. Eine innere Verwandtschaft von Pflanzengruppen zu den einzelnen Planeten wurde aber schon immer gespürt. Bei einzelnen Bäumen ist uns diese Zuordnung vertraut, z.B. von Esche zur Sonne und von Birke zur Venus.

Dem *Planetenglanz* kommen von allen irdischen Stoffen nur die *reinen Metalle* am nächsten; die Verwandtschaft von Gold zur Sonne und des Silbers zum Mond kennen wir alle. Die *Siebenzahl der Wandler* und ihre Wichtigkeit für unseren Lebensrhythmus spiegeln sich noch heute in der Folge der Wochentage.

Die sieben geozentrischen Wandler und ihre Zuordnungen

| Gestirn | Umlaufs-Rhythmus Bis zum gleichen Erscheinen / Tierkreisbild | Wochentag | Baum | Metall |
|---------|--|------------|---------|-------------|
| Mond | 1 Monat 27,3d | Montag | Kirsche | Silber |
| Merkur | 3,8 mon 88 d | Mittwoch | Ulme | Quecksilber |
| Venus | 1a 7mon 225 d | Freitag | Birke | Kupfer |
| Sonne | 1 Jahr (1a) | Sonntag | Esche | Gold |
| Mars | 2a 2mon 1,6a | Dienstag | Eiche | Eisen |
| Jupiter | 1a 1mon 11,85a | Donnerstag | Ahorn | Zinn |
| Saturn | 1a ½mon 29,45a | Samstag | Buche | Blei |

6.3 Sichtbare Planeten

Mit dem Namen Planeten oder Wanderer wurden früher alle Himmelskörper bezeichnet, welche ihre Stellung zu den Sternbildern mit der Zeit veränderten. In diesem Sinne gehörten also Sonne und Mond zu den „Wandlern“, die Erde jedoch nicht. In unserem heutigen Weltbild ist aber die Sonne das ruhende Zentralgestirn und die Erde (mit dem Mond als ihrem Trabanten) ist ein Begleiter der Sonne. Das Wort *Planet* wurde übertragen auf alle Himmelskörper, welche die Sonne umkreisen. So nennen wir heute also auch die Erde einen Planeten der Sonne, nicht aber den Mond.

Von den so verbleibenden „echten“ Planeten sind *fünf am Himmel mit bloßem Auge sichtbar: Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn*. Alle bewegen sich – wie Sonne und Mond – innerhalb des Tierkreises.

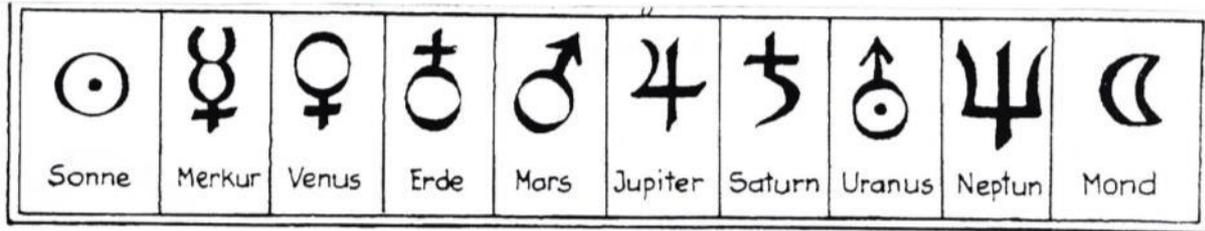
Die Planeten sind durch ihr *ruhiges, gleichmäßiges Leuchten* gut von den funkelnden, flimmernden Fixsternen zu unterscheiden. Sie haben *kein Eigenlicht*, sondern *reflektieren das Licht der Sonne* (ähnlich unserem Mond), die sie anstrahlt. Dennoch können sie heller leuchten als die Fixsterne; besonders Jupiter und Venus überstrahlen alle anderen Sterne. Im Gegensatz zu den Fixsternen lassen sich Planeten im Fernrohr vergrößern, weil sie genügend nahe zur Erde sind. Das Fernrohr ermöglichte auch die Entdeckung der weiteren Planeten unseres Sonnensystems. Ihre Namen hat man sich mittels eines Spruches mit den Anfangsbuchstaben für die richtige Reihenfolge gemerkt:

„Mein Vater erklärt mir an jedem Sonntag unsere neun Planeten“
Merkur Venus Erde Mars Asteroiden Jupiter Saturn Uranus Neptun Pluto

Mit der Entdeckung weiter entfernterer Kleinplaneten wurde der sehr kleine Pluto von den Astronomen zum Zwergplaneten herabgestuft; sie alle sind wohl Fremdlinge am Rande unseres Sonnensystems. Auch der Asteroiden-Gürtel (s. 6.8) zwischen Mars und Jupiter zählt nicht wirklich zu den Planeten. Doch dem Saturn gönnen wir seinen Wochentag persönlich:

„Mein Vater erklärt mir jeden Samstag unseren Nachthimmel“
Merkur Venus Erde Mars Jupiter Saturn Uranus Neptun

Abbildung 29: Die Zeichen der Wandler



Eingetragen sind neben den sichtbaren Planeten (Merkur bis Saturn) auch die nur mit Fernrohr erkennbaren, sowie Sonne und Mond.

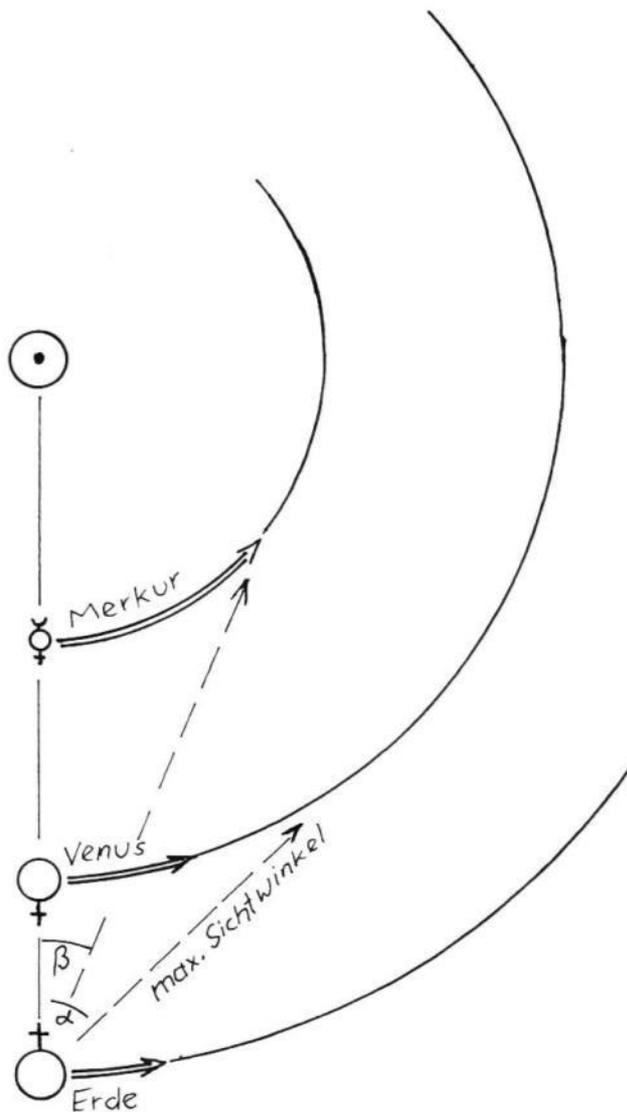
6.4 Die „untersonnigen“ Planeten

Die beiden Planeten Merkur und Venus sind der Sonne am nächsten; ihr Sonnenabstand liegt *unter* dem der Erde. Ihre Umläufe liegen *innerhalb der Erdbahn*, wie es die Abb. in Kap. 1.5 zeigt. Dort sieht man auch, dass die beiden Planeten einen Teil ihrer Bahn zwischen Erde und Sonne – für uns also vor der Sonne – vollbringen. Deswegen können sie niemals um Mitternacht hoch am Himmel leuchten: Dazu müssten sie ja wie der Vollmond (von der Erde aus gesehen) der Sonne gegenüberstehen, also von der Sonne weiter entfernt sein als die Erde.

Ein anderer Teil ihrer Bahn verläuft „hinter“ der Sonne. Dort wären sie für uns zwar weiter weg, kleiner, dennoch voll beschienen und entsprechend hell; doch das nutzt nichts, weil der Blickwinkel zu ihnen zu eng an der Sonne bleibt. Befinden sie sich für unseren Blick auf dem Bahnteil vor der Sonne, haben sie auch wieder meist wenig Abstand zu ihr; sie zeigen uns dazu ihre Eigenschattenseite und dunkeln entsprechend ab.

Kurz: Sie begleiten die Sonne so nah, dass sie immer mit ihr am Taghimmel wandern. Allenfalls können sie begrenzte Zeit als Morgen- oder Abendstern sichtbar werden, sofern sie gerade einen genügend weiten seitlichen Abstand zur Sonne haben. Dann können sie noch über dem Horizont sein, wenn die Sonne schon ausreichend tief darunter ist und dadurch dunkle Dämmerung oder fast Nacht erreicht wird.

Abbildung 30: Bahnen der inneren Planeten



Bahnen der inneren Planeten mit maßstäblichen Radien maßstäblich:

Bahnstartpunkt bei frei gewählter Konjunktion von Merkur mit Venus; die Länge der Doppel-Linie entspricht dem jeweiligen Weg innert 10 Tagen – Merkur ist der schnellste.

Gestrichelt: maximale seitliche Winkelabweichung mit bester Sichtbarkeit (bei Venus $\alpha = 46^\circ$, bei Merkur $\beta = 23^\circ$). In dieser Stellung sind sie seitlich halb beleuchtet und also recht hell.

6.4 a) Merkur

Der schnellste und beweglichste der Planeten wurde nach dem Götterboten *Hermes* (griech.) oder *Merkur* (lat.) benannt. Sein Wochentag ist der *Mittwoch* oder *Mercredi* (frz.) bzw. *Mercoledì* (ital.). In nur 3 Monaten wechselt er von Morgen- zu Abendstern. Diese Beweglichkeit und Kontaktfreudigkeit wird heute noch im menschlichen Zusammenleben als „merkurial“ bezeichnet; so galt Merkur auch als Schutzgott des Handels (das entsprechende französische und englische Wort erinnert daran).

Der Planet Merkur hat die sonnennächste Bahn. Dadurch kann er sich von der Erde aus gesehen nur so wenig von der Sonne entfernen, dass er überhaupt nur in der Morgen- oder Abenddämmerung beobachtet werden könnte. Etwa eine Woche lang bleibt dieser Abstand ausreichend groß, dann verschwindet er wieder für unser Auge.

Wenn er flach über dem Horizont sichtbar wird, ist die Dämmerung meist noch so hell, dass er darin kaum auffällt; die Sicht wird zusätzlich durch die dort stärkere Luftrübung behindert. Falls die zunehmende Mondsichel am Abendhimmel steht, zeigt ihr Rücken in die Richtung des Merkurs bei dessen Abendsichtbarkeit. Bei Morgensichtbarkeit hilft kurz vor Sonnenaufgang der Rücken der abnehmenden Mondsichel als Hinweis. Nur wenige Menschen kennen Merkur aus eigener Anschauung.

6.4 b) Venus

Wenn die Venus am Himmel steht (als *Morgen- oder Abendstern*), überstrahlt sie alle anderen Sterne. In den Zeiten ihrer größten Helligkeit erreicht sie einen unvergleichlichen *Glanz*, der uns mit seiner makellosen Schönheit tief berührt. Kein Wunder, dass die Menschen in ihr die Göttin der Schönheit, Liebe und Familie verehrten als *Aphrodite* (*griech.*) oder *Venus* (*röm.*); ihr zugehöriger Wochentag heißt *Vendredi* (*frz.*) oder *Venerdi* (*ital.*). Für die Germanen hatte diese Rolle *Freya* inne (*Freia-Tag* = Freitag; engl: Friday). Die mädchenhafte Birke ist ihr Bild.

Wenige Tage vor oder nach dem Neumond kann die Venus in der noch hellen Dämmerung der schmalen Mondsichel begegnen und so ein wunderbares Bild auf den hellen Himmel zaubern. Ihr seitlicher Abstand zur Sonne kann mit 47° immerhin so groß werden, dass sie auch einige Nachtstunden noch leuchten kann, bevor sie der Sonne unter den Horizont folgen muss. Mit bis zu $-5m$ Helligkeit ist sie 25-mal heller als Sirius und überstrahlt sie sämtliche Gestirne außer dem Mond. Wir können im Verlauf weniger Wochen sogar wahrnehmen, wie sie ihren Himmelsort gegenüber den Fixsternen laufend ändert.

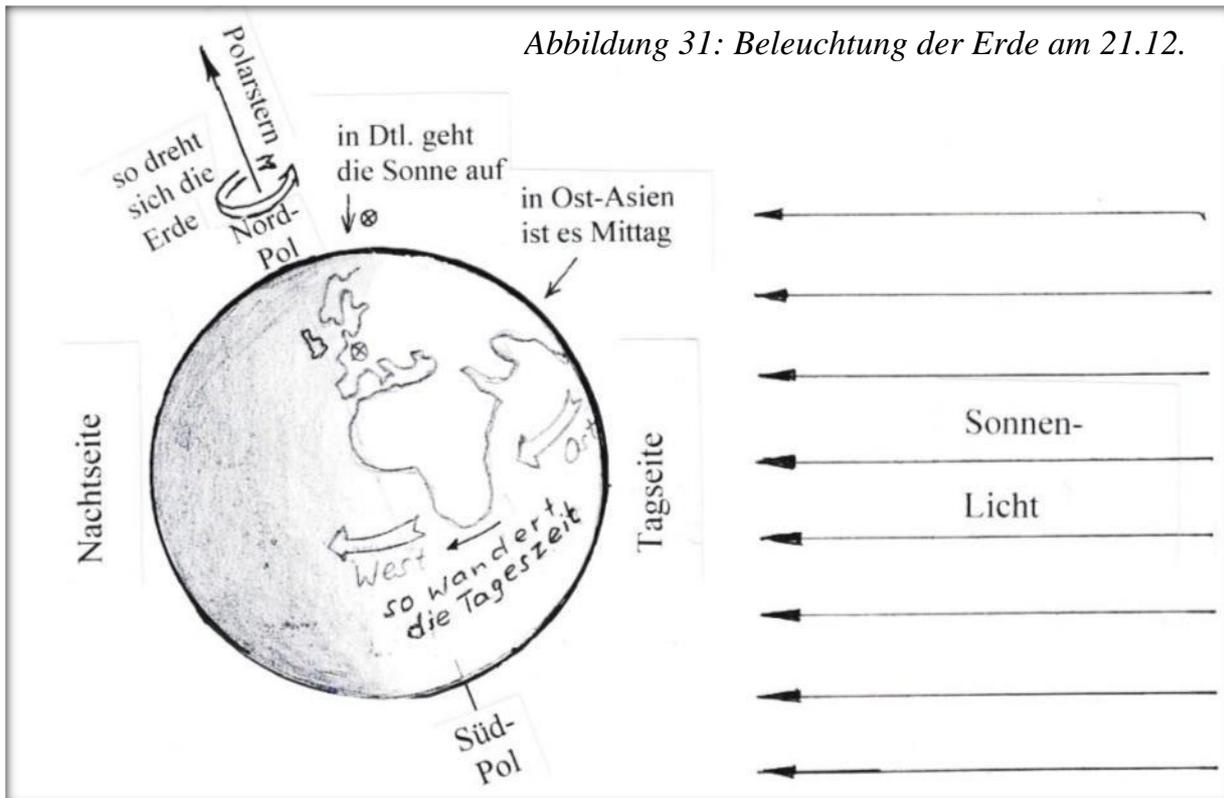
Über ein halbes Jahr hält Venus ihre jeweilige Rolle als Abend- oder Morgenstern durch; $1\frac{3}{5}$ Jahre braucht sie, um wieder in eine ähnliche Stellung zu kommen. Im Feldstecher überrascht die Venus durch ihre gut erkennbare Sichelform und durch ihre blendende Helligkeit.

6.5 Die Erde als Planet

6.5 a) Die tägliche Rotation

Wenn wir die Erde „von außen“ betrachten könnten (wie etwa die Astronauten auf dem Weg zum Mond), würden wir ihre Eigendrehung objektiv sehen. Die Drehachse zeigt über den Nordpol hinaus zum Himmelsnordpol beim Polarstern. Diese *Rotation* dauert 24 Stunden; sie verursacht den Wechsel von Tag und Nacht, je nachdem, ob der betreffende Ort der Sonne zugewandt oder abgewandt ist.

Beim Blick „von oben“ hinunter auf den Erdnordpol erkennen wir die Links-



Es ist Winteranfang auf der Nordhalbkugel, die Polkappe liegt gantztägig im Eigenschatten der Erde; dort herrscht Polarnacht.

drehung um die eigene Achse. Dadurch wandert für uns auf der Erde das Sonnenlicht und damit die Tageszeit entgegengesetzt: In Europa wird es Morgen, wenn in Japan (dem „Land der aufgehenden Sonne“) schon Mittag wird.

Die Erde selbst hat einen Durchmesser von 12.700km. Damit ist sie von den „inneren“ Planeten der größte. Sie ist an den Polen etwas abgeplattet, dafür am Äquator gebauht, weicht aber nur minimal (0,3%) von der Kugelform ab. Die Eigenrotation bewirkt am Äquator eine erhebliche Geschwindigkeit, es sind dort immerhin 1670 km/h; weil aber Land, Wasser und Luft alle gleichermaßen mitbewegt werden, spüren wir es nicht.

Ihr Inneres besteht aus schwereren Materialien (Gestein, Eisen) als die übrigen Planeten und ist mit einem großem Wärmeverrat ausgestattet. Das Leben auf ihr

wird durch eine empfindliche Wasser- und Luftschicht ermöglicht, die im Vergleich zum Erddurchmesser dünn wie eine Apfelhaut erscheint

6.5 b) Die Jahresbahn

Ebenfalls nur von außerhalb der Erde beobachtbar wäre ihre Umlaufbahn um die Sonne. Die Bahn ist fast kreisförmig mit 149 Mio km \pm 2,5 Mio km Abstand. Sonnen-Nähe (Perihel) ist am 2. Januar und -Ferne am 3. Juli (Aphel). Diese geringe Entfernungsveränderung macht sich klimatisch kaum bemerkbar, schon gar nicht wird es Winter wegen der Sonnenferne. Erstaunlich für irdische Verhältnisse ist jedoch die Bahngeschwindigkeit von 30 km/sec oder immerhin 100.000 km/h!

Der Astronom Kopernikus nannte diese Bahn-Bewegung *Revolution* (= Umwälzung). Sie dauert genau ein Jahr für den gesamten Umlauf (= 360°), jeden Tag wandert die Erde also etwa 1° weiter.

Der dadurch vollbrachte Kreis mit der Sonne im Mittelpunkt verläuft in einer Ebene, deren Ränder auf die Sternbilder des Tierkreises blicken. Von der Sonne aus gesehen durchwandert die Erde im Lauf des Jahres vor dem Tierkreishintergrund einen Vollkreis; diesen kennen wir als Ekliptik – nun aber aus *heliocentrischer Sichtweise*.

6.5 c) Perspektiv-Wechsel geozentrisch-heliocentrisch

Wenn wir aber von der Erde aus zur Sonne schauen und gleichzeitig die Sterne sehen könnten, so würden wir das jeweilige Sternbild sehen, vor dessen Hintergrund die Sonne im Moment sich befindet. Am Tag darauf sind wir mit der Erde aber bereits 1° weiter gewandert sein und unser Blick zur Sonne wendet sich um dieses 1°. Und entsprechend erscheint uns also die Sonne um diesen Winkel gegen den Fixsternhimmel verschoben. Für unseren *geozentrischen Blick* entsteht auf diese Weise die (scheinbare) Jahresbahn der Sonne, die *Ekliptik*.

Diesen Effekt kennen wir aus dem Alltag: Wenn wir in der freien Landschaft in einem großen Kreis um einen Baum herumgehen und unseren Blick auf diesen schrittweise mit einem Foto festhalten, erscheint er vor dem Bergpanorama im Hintergrund schrittweise verschoben – um genau soviel, wie wir unseren Blickwinkel zu ihm verändert haben.

Nun machen wir in gleichbleibenden Abständen 12 Einzelbilder während einer vollen Umkreisung. Dann legen wir die Bilder nebeneinander und sehen die gesamte Reihe an: Vor dem uns selbstverständlich feststehenden Hintergrund ist der fotografierte Baum (= Mittelpunkt unseres Weges) immer um 1/12 der gesamten Bildreihe weitergewandert. Diesem Kreisteil von 1/12 entspricht die monatliche (scheinbare) Verschiebung der Sonne vor dem Fixsternhimmel und die Bewegungsspur ist die uns vertraute Ekliptik innerhalb der Tierkreis-Sternbilder.

Damit hat die *Ekliptik* zwei zusammengehörende und sich gegenseitig bedingende Bedeutungen: Zunächst ist es die *physikalisch-astronomische Jahres-Erdbahn* um die Sonne. Für uns auf der Erde aber erscheint sie als *real sichtbarer Weg der Sonne* durch die Tierkreis-Bilder am Himmel.

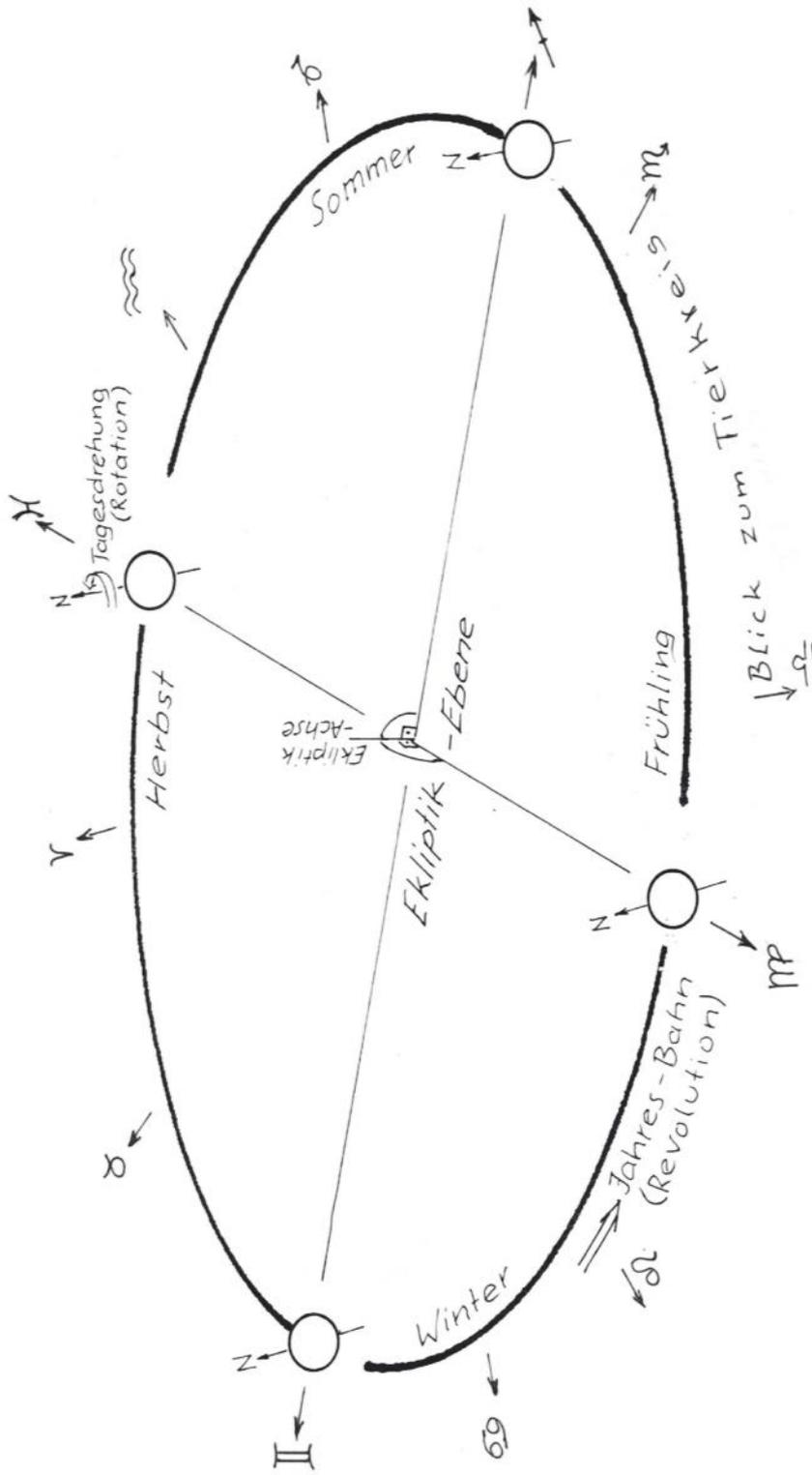
Die für uns sichtbare *tägliche Drehung* des gesamten Sternhimmels (ein-

schließlich Sonne und Mond) um den Polarstern lässt sich ebenfalls leicht nachspielen: Auf dem drehbaren Klavierstuhl filmen wir die Klassenzimmerwand, während wir eine möglichst gleichmäßige Linksdrehung auf dem Stuhl vollführen. Schauen wir nachher von einem fest stehenden Stuhl aus diesen Film an, so wandert auf dem Bildschirm für unseren Blick die Wand scheinbar in entgegengesetzter Richtung.

Alleine mit ausschließlich rein optischen Mitteln ist es von der Erde aus nicht unterscheidbar, ob sich der Sternhimmel um uns herum dreht oder nicht – uns fehlt dazu ein verlässlich feststehender Bezugspunkt. Wir kennen dies bei der Abfahrt des Zuges, wenn sich auf dem Nebengleis direkt vor unserem Fenster ebenfalls ein Zug befindet. Wenn dieser nun für unseren Blick abfährt, kann es sein, dass am Ende des Zuges der ganze Bahnhof mitzufahren scheint. Erst dann merken wir, dass wir uns selbst bewegen und der Gegenzug stehenblieb – das beruht aber auf unserem Wissen, dass der Bahnhof sich nicht bewegen wird. Unsere eigene Bewegung ist also zunächst nicht unterscheidbar von der Fremdbewegung. Anders ist es, wenn wir statt im ICE in einer rumpelnden Museumsbahn sitzen: Aus der Kraftwahrnehmung beim Ruckeln folgern wir unmittelbar auf die Bewegung unseres Waggons.

Genau dies ist aber bei der Erddrehung nicht der Fall, wir spüren sie überhaupt nicht. Geozentrisch gesehen ist die tägliche Himmelsdrehung nicht zu widerlegen, weil keine Kraftwirkung spürbar ist. Dass dies dennoch durch einen Versuch nachweisbar ist, bewies der französische Physiker Foucault. Würde man seinen Pendelversuch auf dem Nordpol durchführen, könnte man sehen, wie dessen Schwingungsebene sich in 24 Stunden um 360° dreht. Aber erst mit dem Wissen, dass ein Pendel gleichbleibend in gleicher Richtung schwingt (ähnlich wie die Kreiselachse stabil ist), könnten wir daraus folgern, dass die Erde sich unter dem Pendel gedreht hat. Allerdings spricht der Augenschein kräftig dagegen, denn mit der festen Erde unter den Füßen sehen wir eigentlich nur die Drehung der Schwingungsrichtung – und diese erfolgt gemeinsam mit dem Sternenhimmel! (Das Foucault-Pendel braucht ein großes Gewicht an einer sehr langen und frei drehbaren Aufhängung wie einem dünnen Draht, damit es langsam schwingt und „träge“ seine Richtung beibehält; beispielsweise braucht es mit 25m Länge immerhin 5 sec um einmal hin- und her zu schwingen. Der Versuch klappt allerdings nur am (Nord- oder Süd-)Pol. Je weiter man vom Pol entfernt ist, desto geringer ist der Effekt, am Äquator reagiert das Pendel überhaupt nicht mehr.)

Abbildung 32: Abbildung der Erdbahn als Ekliptik



Im Mittelpunkt steht die Sonne, die Erde wandert im Laufe des Jahres um sie herum (von „oben“ gesehen links herum, entgegen dem Uhrzeigersinn): **Revolution der Erde (Zeitraum: Jahr)**. Während dieses Umlaufs dreht sich Erde ebenfalls links herum um ihre eigene Achse: **Rotation der Erde (Zeitraum: Tag)**. Innerhalb des Ekliptik-Kreises ist im Mittelpunkt (Sonne) eine Senkrechte auf der Ekliptik-Ebene als deren Achse eingezeichnet.

Verglichen mit dieser Richtung ist die Erd-Achse um $23,5^\circ$ geneigt. Gleichzeitig ist die Ebene des Erdäquators gegen die Ekliptik um denselben Winkel geneigt. Durch die tägliche Rotation sehen wir von der Erde aus den Himmel als Vollkugel um uns herum kreisen. Dabei ist der Himmelsäquator die Projektion des Erdäquators an den Himmel, ebenso der Himmelsnordpol als Projektion unseres Nordpols. Weil die Erde sich wie ein riesiger Kreisel verhält, bewahrt sie während ihrer Wanderung diese Achsenneigung stabil bei. Von außen betrachtet würden wir ab jetzt sagen: Der Äquator ist $23,5^\circ$ gegen die Ekliptik geneigt, anstatt wie bisher von der Schiefe der Ekliptik zu reden

| Symbole der Sternbilder | Anfangs-Datum |
|-------------------------|---------------|
| ♈ Widder | 19.4. |
| ♉ Stier | 13.5. |
| ♊ Zwillinge | 20.6. |
| ♋ Krebs | 19.7. |
| ♌ Löwe | 10.8. |
| ♍ Jungfrau | 15.9. |
| ♎ Waage | 1.11. |
| ♏ Skorpion | 19.11. |
| ♐ Schütze | 19.12. |
| ♑ Steinbock | 18.1. |
| ♒ Wassermann | 14.2. |
| ♓ Fische | 11.3. |

Die symbolisch eingetragenen Sternbilder befinden sich nicht direkt entlang der Erdbahn, sondern müssen weit entfernt gedacht werden. Gemeint ist die Blickrichtung zu ihnen, aber immer vom Zentrum (also der Sonne) aus. Von der Erde aus sind die Blickrichtungen um Mittag oder um Mitternacht benutzbar.

Bereits in der Abbildung zu 6.5a) war zu erkennen, wie der Winter auf der Nordhalbkugel (und damit die Nordpolarnacht) durch die Neigung der Erdachse verursacht wird. In der Abbildung zu 6.5c) ist die zugehörige Stelle auf der heliozentrischen Bahn erkennbar. Von der Sonne aus gesehen steht die Erde (links) vor dem Sommersternbild Zwillinge und neigt ihre Nordkalotte zu diesen hin (und von der Sonne weg – dadurch sehen wir die Zwillinge im Winter um Mitternacht in voller Pracht). Von der Erde aus gesehen steht die Sonne vor dem

Sternbild Schütze (auf der Tagseite und dadurch nicht sichtbar).

Damit hat die *Ekliptik* zwei zusammengehörende und sich gegenseitig bedingende Bedeutungen: Zunächst ist es die *physikalisch-astronomische Jahres-Erdbahn* um die Sonne. Für uns auf der Erde aber erscheint sie als *real sichtbarer Wegspur der Sonne* durch die Tierkreis-Bilder am Himmel.

6.5 d) Die Jahreszeiten

Der Winter auf der Nordhalbkugel (s. Abbildung zu 6.5a) und die zugehörige Situation der Erde in der Ekliptik wurde soeben in 6.5c) beschrieben als Folge der geneigten Erdachse. Ähnliches gilt für die übrigen Jahreszeiten der Nordhalbkugel (gemeint sind die astronomischen Kalenderdaten).

Um ein halbes Jahr versetzt ist zunächst der Sommer. Die Erde ist um einen Halbkreis weiter gewandert. Die Achsenrichtung blieb dabei gleich, doch der Beleuchtungsbezug ist nun umgekehrt: Die (Nord-)Polkappe neigt sich der Sonne zu; es ist Polartag und Europa, Asien und Nordamerika haben Sommer. Um Mitternacht sehen wir am Südhimmel das Sternbild Schütze, in Sonnenrichtung steht das Sternbild Zwillinge.

Zum Frühlings- und Herbstbeginn scheint die Sonne „seitlich“ auf die Achsenneigung der Erde und streift Süd- und Nordpol; der Erdäquator wird mittags genau senkrecht getroffen. Blickt man von dort mittags zur Sonne auf, befindet sich diese genau auf dem Himmelsäquator und von Natur aus sowieso innerhalb der Ekliptik. Frühlings- und Herbstanfang sind an die gemeinsamen Punkte von Ekliptik und Himmelsäquator gekoppelt.

Jeder Ort der Erde (außer den Polen) ist genau eine halbe Erddrehung der Son-

nen zu- wie weggewandt. Wir haben weltweit Tag- und Nacht-Gleiche. Als Sternbilder sehen wir im Frühling die Jungfrau, die Sonne steht gegenüber in den Fischen; im Herbst ist es umgekehrt.

Die klimatische Auswirkung der veränderten Sonneneinstrahlung wurde in 4.5 beschrieben.

6.6 Die „obersonnigen“ Planeten

6.6 a) Konjunktion mit Sonne

Die sonnenfernen – für uns „äußeren“ – Planeten Mars, Jupiter, Saturn umrunden die Sonne in größerem Abstand als die Erde. Von der Erde aus gesehen können sie deswegen beliebige Blickwinkel gegen die Sonne erreichen. Direkt neben oder hinter ihr befinden sie sich für uns in Konjunktion zur Sonne. In dieser Winkelnähe zu ihr ziehen sie mit dieser gemeinsam ihre Bahn am Taghimmel und gehen mit der Sonne auf- und unter, sind also bei Nacht nicht beobachtbar. In dieser Zeit haben sie auch ihren größtmöglichen Abstand zur Erde.

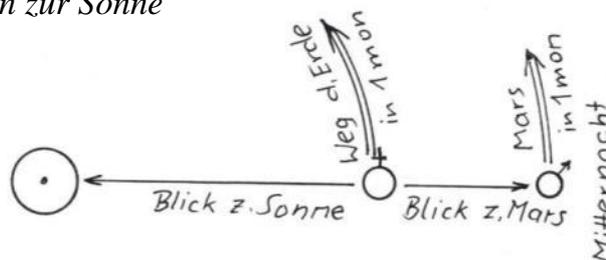


Abbildung 33: Mars in Konjunktion mit Sonne

6.6 b) Opposition zur Sonne

Für unseren Anblick interessanter ist es, wenn sie auf derselben Sonnenseite stehen wie die Erde. Dann sehen wir sie gegenüber der Sonne, also *in Opposition* zu ihr und sind – wie der Vollmond – also *die ganze Nacht sichtbar*. Sie erreichen dabei ihren geringsten Abstand zur Erde und erscheinen größer. Weil sie dann auch noch wie der Vollmond ganzflächig beleuchtet sind, gewinnen sie dazu große Leuchtkraft.

Abbildung 34: Mars in Opposition zur Sonne

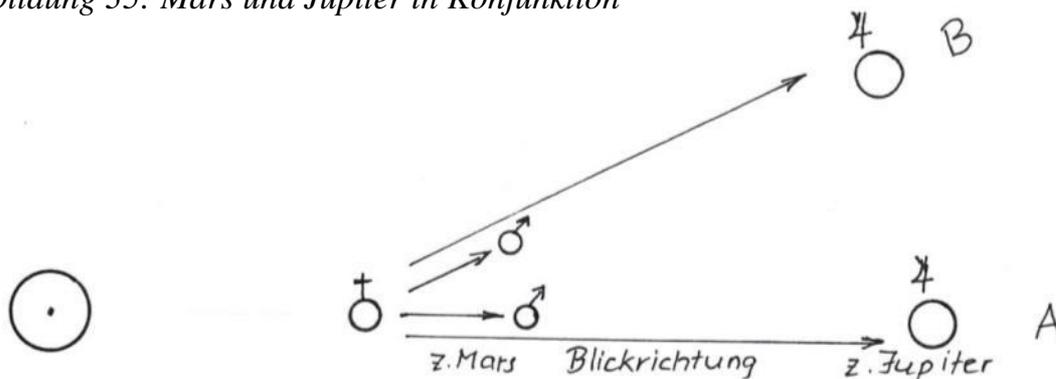


6.6 c) Konjunktion zweier Planeten

Unabhängig von einer Oppositions-Stellung zur Sonne können zwei Planeten durch ihre unterschiedlichen Bahngeschwindigkeiten sich gegenseitig überholen mit nur kleinem Winkelabstand in der Bahnhöhe. In dieser Zeit erschienen sie für uns in derselben Blickrichtung: Dann stehen diese *zwei Planeten in Konjunktion zueinander*. Weil die Planetenbahnen geringfügig von der Ekliptik abweichen, ha-

ben sie dabei kleine Höhenabweichungen und verfehlen sich knapp, meist um 1° - 3° . Eine enge Begegnung ist dann besonders eindrucksvoll, wie im Dezember 2020 von Jupiter und Saturn mit nur $0,1^\circ$ Abstand wie ein Doppelgestirn.

Abbildung 35: Mars und Jupiter in Konjunktion



Mars- und Jupiter: Entfernung zu Erde und Sonne maßstäblich

A: bei gleichzeitiger Opposition zur Sonne stehen sie um Mitternacht genau im Süden; sie kulminieren mit größtmöglicher Helligkeit

B: Bei dieser Konjunktion kommen sie erst gegen Morgen in den Süden

6.6 d) Rückläufigkeit eines Planeten

Wie Sonne und Mond hinken auch die äußeren Planeten für unseren Bick täglich gegen den Fixsternhimmel etwas nach, allerdings viel geringer. Diese für sie normale Bewegungsrichtung heißt *rechtläufig*.

In der Zeit ihrer Opposition verbleiben sie aber besonders lange *im gleichen Sternbild*. Sie machen dabei sogar eine Zeitlang – entgegen ihrer üblichen Bewegungsrichtung – innerhalb des Tierkreises einen Schritt rückwärts. Dann sind sie in der Sprache der Astronomen *rückläufig* für unseren Anblick, bis sie wieder auf ihren rechten Weg zurückfinden. Auf diese Weise sieht ihr Weg dann für uns wie eine *Schleifenbildung* oder *Zick-Zack-Bahn* aus.

Der Grund liegt im Perspektivwechsel unseres Blickes von der Erde aus. Dieser wird durch den schnelleren Erdumlauf verursacht: *Die Erde überholt* den langsameren äußeren Planeten und wir schauen auf ihn „zurück“ in Richtung auf das rechts von ihm liegende Sternbild. Wenn wir in Abb. 34 die dort waagrecht gezeichnete Blickrichtung nach Süden (Mitternacht) nach rechts verlängert denken, würde sie im Fixsternhimmel auf ein Tierkreisbild treffen [z.B. „Fische“ mit Blickrichtung 0°]. Nun bewegen sie beide Planeten, die Erde schneller (längerer Doppelpfeil), Mars langsamer (kürzerer Doppelpfeil in gleicher Zeit). Verbinden wir beide Pfeil-Enden, so blicken wir auf das (in der Umlaufrichtung) zurück liegende Sternbild (in der Zeichnung leicht schräg nach unten) [im Beispiel dann fast „Wassermann“ mit Blickrichtung etwa -5°] – und das obwohl Mars (aber „zu langsam“) in das voraus liegende Sternbild weiterwanderte [im Beispiel dann schon „Widder“

in Blickrichtung Sonne-Mars-Fixsterne mit +15°].

6.6 e) Mars

Mars hat eine deutlich *rote Färbung*, intensiver als es bei den Fixsternen jedem roten Riesen möglich ist. Dies galt in den alten Kulturen als Bild von Kraft und Entschlossenheit. So erhielt dieser Planet den Namen des römischen Kriegsgottes *Mars* (*griech.: Ares*). Der Dienstag gehört zu ihm: „Mardi (franz.) / Martedì (ital.)“ trägt seinen Namen; „Tuesday“ (engl.) und „Zistig / Zaistig“ (allemanisch) nennt uns den germanischen Kriegsgott *Zius*, dieser galt als Beschützer des Thing. Die Eiche ist ihm geweiht.

Heute weiß man, dass die auffällige Färbung von stark eisenhaltigem Gestein stammt. Wir können nur staunen, wie treffend damals, als die Planeten noch nicht als physische Körper galten, das kriegerische Metall *Eisen* dem Mars zugeordnet werden konnte!

Sein mittlerer Abstand zur Sonne schwankt wegen der elliptischen Bahn zwischen 210 und 245 Mio km (etwa 1½-mal weiter als die Erde). Im heliozentrischen Weltbild zählt er damit noch zu den *inneren Planeten*. Diesen ist allen gemein, dass sie ihre Bahn relativ sonnennah ziehen und aus fester Materie bestehen. Wenn sich Mars auf der gleichen Seite der Sonne befindet (s.o. Abbildung A: Opposition zur Sonne), kann er sich der Erde auf nur noch 60 Mio km nähern; hinter der Sonne kann sein Erdbstand dagegen fast 400 Mio km erreichen. Dies erklärt auch seine starken Helligkeitsschwankungen.

Wenn Mars in seiner Oppositionsstellung rückläufig wird, vollbringt er mit kraftvollem Schwung die mächtigste Schleife von allen Planeten. Durch die dabei nahe Begegnung mit der Erde erscheint er dann außerordentlich groß und hell. Er ist auch der ausdauerndste Planet mit der am längsten währenden Sichtbarkeitsdauer: Fast 2 Jahre vergehen vom ersten Auftauchen in der Morgendämmerung bis zum Verklingen in der Abenddämmerung! Seine nächste Oppositions-Stellung erreicht er im Sommer 2022.

Selbst für nur wenige Details seiner gleichförmigen Oberfläche braucht man ein recht großes und starkes Fernrohr, ebenso für die zwei sehr kleinen Monde. Diese heißen Phobos („Furcht“, Sohn des griechischen Kriegsgottes Ares) und Deimos („Schrecken“) als Begleiterscheinungen des Krieges.

6.6 f) Jupiter

Wenn Jupiter in Opposition steht, beherrscht er wie ein König die ganze Nacht als strahlendes Gestirn und zieht majestätisch seine Bahn am Himmel. Dann ist er mit Abstand der hellste Stern und kann nur morgens oder abends von der Venus übertroffen werden. Er galt als Bild des Blitze schleudernden *Götterkönigs Jupiter* (röm: Jovi) bzw. *Zeus* (griech.); beide sind in den Göttersagen jedoch die „Jungen“ (ital: giovì = jung), welche sich ihrer Väter bemächtigt hatten und sich selbst zum Herrscher machten.

Dieser griechisch-römischen Figur entspricht bei den Germanen die Gestalt des *Thor* bzw. *Donar*. Sein Wochentag ist der Donnerstag (engl: Thursday, ital:

Giovedì, franz: Jeudi), er gilt als Königstag oder kleiner Sonntag in der Arbeitswoche.

Der Planet *Jupiter ist sehr beständig*. Er braucht ein ganzes Jahr, um ein Sternbild weiter zu wandern, also *12 Jahre* für den ganzen Tierkreis. Er kann daher fast ein halbes Jahr die ganze Nacht erstrahlen und jeweils knapp ein Vierteljahr noch morgens oder abends gesehen werden. Das beruht natürlich auf seinem recht großen Sonnenabstand mit 780 Mio km, 5-mal weiter wie die Erde. Wegen dieser großen Lücke zwischen Mars und Jupiter beginnt mit ihm die Reihe der *äußeren Planeten*. Diese sind sämtlich um ein Vielfaches größer als die Erde. Allesamt sind sie Gasriesen ohne feste Materie.

Jupiter ist der größte aller Planeten. Sein Volumen übertrifft die Summe aller übrigen Planeten! Mit einem guten Fernglas – und einer ruhigen Auflage – kann man seine 4 großen Monde sehen. Sie haben $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Erddurchmesser und wurden nach ihrem Entdecker Galilei als Gruppe mit dem Namen *Galileische Monde* benannt. Sie sind als winzige Pünktchen wie auf einer Perlenkette neben der kleinen Scheibe des Planeten aufgereiht. Sie bewegen sich recht schnell; an aufeinanderfolgenden Tagen ergeben sie stets ein neues Bild, manchmal ist auch einer hinter dem Jupiter versteckt oder direkt vor ihm. Ihre Namen stammen von griechischen Göttern: Io, Europa, Ganymed und Kallisto.

Die helle Leuchtkraft verdankt Jupiter zum einen seiner Größe, zum anderen seiner gut reflektierenden Gasoberfläche. Die vollflächige Beleuchtung während seiner Opposition wird dazu noch unterstützt durch den dabei verringerten Abstand von nur 4 AE (s. Tabelle 6.7: Sonnen-Abstand Jupiter minus Abstand Erde), wodurch er optisch etwas größer erscheint. Im Teleskop eines Observatoriums kann man die achat-ähnliche farbige Bänderung des Planeten sehen und sogar den „großen roten Fleck“ erkennen: Ein riesiger Wirbelsturm, der dauerhaft anhält.

6.6 g) Saturn

Von allen sichtbaren Planeten ist Saturn der bedächtigste. *Saturnus* (lateinisch) oder *Kronos* (griechisch) hieß der alte Göttervater vor Jupiter bzw. Zeus

Saturn ist so langsam, dass er über zwei Jahre lang in jedem Sternbild des Tierkreises bleibt; *er braucht 30 Jahre* für einen vollen Durchgang. Für das ungeübte Auge fällt sein matt-warmes Licht nur auf, wenn er in Opposition seine größte Helligkeit erreicht.

In einem guten Hobby-Fernrohr überrascht Saturn jedoch durch zwei „Henkel“, deren Form sich im Laufe der Jahre verändert. Es ist sein berühmter *Ring*, der durch seine schräge Stellung verschieden gut zu sehen ist. In den Jahren 2017-19 zeigte er sich am breitesten wie eine schräg liegende Hutkrempe; 2025 wird er fast unsichtbar, weil von der Erde aus der Blick auf seine Schmalkante trifft.

Von den *zahlreichen Monden* des Saturn sind von der Erde aus nur wenige beobachtbar. Nur mit einem sehr guten Fernrohr lässt sich der größte Saturnmond erkennen; er heißt Titan (= Riese) und hat fast den halben Erddurchmesser.

6.6 h) Uranus und Neptun

Die beiden äußeren Groß-Planeten können mit normalen Fernrohren nicht mehr gesehen werden und schon gar nicht mit bloßem Auge. Erst nachdem die Astronomen genügend lichtstarke Teleskope erhielten, wurden diese weit entfernten Planeten gefunden. W.Herschel entdeckte 1781 ein kleines milchig-grünliches Fleckchen, das seinen Ort geringfügig änderte: ein Planet! Er benannte ihn nach dem griechischen Himmelsvater Uranus, der das allererste Göttergeschlecht vor Kronos begründete.

Nachdem die Bahn des Uranus einigermaßen genau vermessen war, bemerkten die Astronomen ungewöhnliche Abweichungen in der Folgezeit. Sie vermuteten einen weiteren großen Planeten, der Uranus in seiner Bahn irritieren würde. Nach umständlichen Berechnungen suchte man gezielt nach dem Störenfried und entdeckte ihn schließlich 1846: Die Astronomie feierte einen ihrer größten Höhepunkte! Der neu gefundene Planet wurde nach dem römischen Meeresherrn Neptun benannt.

Mit ihrer Größe, den zahlreichen Monden und Ringen gleichen die beiden dem Saturn wie Brüder. Doch der große Abstand zur Sonne hat eine ungewöhnlich langsame Bewegung zur Folge: Statt 30 Jahre wie Saturn braucht der Neptun für eine Sonnen-Umrandung 165 Jahre! Auch erscheint die Sonne von dort draußen nur so klein wie bei uns die Venus in der Zeit ihres größten Glanzes. Die Beleuchtung ist daher nur noch minimal. So erklärt sich die geringe Helligkeit der beiden als Gestirne am Nachthimmel, obwohl sie eigentlich noch Riesen sind mit mehrfachem Erddurchmesser.

6.7 Planetentabelle

| Planet | Umlaufs-Zeiten | | Abstand | | Größe |
|---------|----------------|-----------|---------|--------|-----------|
| | synodisch | siderisch | AE | Mio km | in 1000km |
| Merkur | 3,8 mon | 0,24a | 0,39 | 58 | 4,8 |
| Venus | 1a 7mon | 0,6a | 0,72 | 108 | 12,4 |
| Erde | | 1a | 1 | 150 | 12,8 |
| Mars | 2a 2mon | 1,6a | 1,5 | 228 | 6,8 |
| Jupiter | 1a 1mon | 11,6a | 5,2 | 778 | 143 |
| Saturn | 1a ½mon | 29,5a | 9,5 | 1427 | 121 |
| Uranus | 1a 4d | 84a | 19,2 | 2870 | 48 |
| Neptun | 1a 2d | 165a | 30,1 | 4500 | 45 |

Maße: a = Jahre, mon = Monate; d = Tage

AE = „Astronomische Einheit“ = Abstand Erde-Sonne; 1AE = 149,6 Mio km

z.B: Mars ist 228.000.000km oder 1,5AE also 1½-mal so weit von der Sonne entfernt wie die Erde, in Opposition zur Sonne ist er also nur ½ AE von der Erde entfernt.

Die synodische (synodisch = zusammentreffend) Umlaufszeit ist die Zeitspanne von einer Sonnenopposition zur nächsten, d.h. wenn wir den Planeten wiederum

um Mitternacht genau im Süden sehen. Die siderische (siderisch = die Sterne betreffend) Umlaufszeit misst die Zeit, in welcher der Planet die Sonne einmal voll umkreist hat; für unseren Anblick steht er dann wieder vor demselben Sternbild. Beim Jupiter beträgt die synodische Umlaufszeit beispielsweise 11mon, also 1 Monat länger als das Erdenjahr; deswegen verschiebt sich sein Himmelsort jedes Jahr um 1/12 oder 1 volles Tierkreis-Sternbild und damit auch seine Opposition um diesen Monat.

6.8 Planetoiden, Asteroiden

Erst mit der systematischen Suche mittels Langzeitfotografien fand man vor 90 Jahren die schwache Lichtspur des Planeten *Pluto*. Seit 1980 weiß man, dass er gemeinsam mit seinem fast gleich großen Begleiter Charon einen Doppelplaneten bildet. Aufgrund der geringen Größe beider und ihrer völlig aus der Reihe tanzenden Bahn, galten sie schon immer als Außenseiter oder Findelkinder. Nach den neuesten Entdeckungen weiterer *Zwergplaneten* am Rande unseres Sonnensystems wurde Pluto und Charon diesen zugeordnet. Er zählt seitdem nicht mehr zum Kreis der richtigen Planeten.

Mit den deutlich lichtstärkeren Teleskope machte man (außer Uranus) schon um 1800 weitere überraschende Entdeckungen im Sonnensystem: 4 Winzlinge, die zwischen Mars und Jupiter die Sonne umkreisen. Mit 200 bis 740km Durchmesser hat man sie als *Asteroiden* (= Sternchen) oder *Planetoiden* eingestuft mit den Namen *Ceres*, *Pallas*, *Juno* und *Vesta*. Inzwischen kennt man mehrere 10.000 solcher Kleinstplaneten. Sie gleichen eher Bruchstücken, von denen nur ein weiterer noch 20km Größe erreicht. Ihre Gesamtheit bildet den *Asteroidengürtel*, der die große Lücke zwischen Mars und Jupiter füllt.

6.9 Kometen

Neben der Regelmäßigkeit und Zuverlässigkeit der Planeten setzte jede Kometen-Erscheinung die Menschen stets in Staunen oder Erschrecken. Rätselhaft blieb ihr plötzliches Erscheinen und Verschwinden am Himmel und erst recht ihr wechselndes Aussehen mit verschleierndem Schweif bei kurzzeitig aufflammender Helligkeit in Sonnennähe. Der Name *Komet* bedeutet *Haar- oder Schweifstern*.

Mit Beginn der Neuzeit fiel dem Astronomen *Halley* auf, dass der von ihm beobachtete Komet mit früheren Berichten übereinstimmte und alle 76 Jahre wiederkehrte. Dies war der Anfang einer gezielten Kometenforschung.

Von einigen hundert regelmäßig wiederkehrenden Kometen kennt man heute Bahn und Umlaufzeit genau und kann daher ihr Wiederkommen voraus berechnen. Die Bahnform ist meist eine *langgestreckte Ellipse*, die weit über die Uranusbahn hinausreichen kann. Dort hat sich dann ihr Schwung so verlangsamt, dass sie wieder in Sonnenrichtung zurückfallen und dabei schneller werden. Allerdings kann man sie erst dann im Fernrohr sehen, wenn sie auf ihrem Weg innerhalb der Jupiterbahn angekommen sind und wenigstens etwas von Sonnenlicht erhellt sind. Mit großer Geschwindigkeit rasen sie um die Sonne und gewinnen so wieder den nöti-

gen Schwung für ihren nächsten Umlauf. Viele Kometen stammen von außerhalb des direkten Sonneneinflusses. Sie haben dann keine geschlossene Ellipsenbahn und erschienen auch nur ein einziges Mal.

Heute weiß man, dass die meisten Kometen aus Gestein oder Brocken bestehen, die oft mit Staub und unterkühlten Gasen zusammen gefroren sind, wenn sie aus der eisigen Kälte des Weltraums kommen. Bei größerer Nähe zur Sonne können durch Erwärmung aus diesem Kern oder Kometenkopf dann Staub und Gase austreten; diese umgeben als *Koma* (= Haar) den Kern wie eine Wolke. Auf der sonnenabgewandten Seite wird ein dünner Materie-Schleier von der Sonnenstrahlung weggeweht und von ihr als *Schweif* hell erleuchtet.

6.10 Sternschnuppen, Meteore

Wer von uns kennt nicht das überraschende Glück, eine Sternschnuppe zu sehen? Diese stets einmalige *Leucht-Erscheinung* nennt der Astronom *Meteor*. Fälschlicherweise ging man früher von einer reinen Luft- bzw. Wettererscheinung aus, was den Namen erklärt (Meteorologie ist ja die Wetterkunde!).

Verursacher sind in der Regel winzige *Partikel* oder nur Staub in der Größenordnung von Milligramm bis Gramm *aus dem Weltraum*. Sie werden erst sichtbar, wenn sie die Erdatmosphäre erreichen. Ihre enorme Geschwindigkeit (bis zu 70 km/sec, das sind über 250.000km/h wenn sie entgegen der Erdbahn auftreffen) lässt sie aufglühen und regt auch noch die getroffene (sehr dünne) Luft zum Nachleuchten an. So sehen wir sie als Sternschnuppen. Dies ist während der ganzen Nacht möglich mit der größten Häufigkeit gegen Morgen.

Zu regelmäßigen Zeiten des Jahres tauchen sich wiederholende Meteorströme auf, weil die Erde deren Bahn kreuzt. Ihre leuchtende Spur scheint immer aus einem bestimmten Sternbild zu stammen. Nach diesem erhalten sie ihren Namen.

Weil im Herbst den Menschen die dann häufigeren Sternschnuppen auffielen, war der Bezug zur Michaelizeit gegeben mit der Deutung als Funken aus Michaels Schwert. Die bekanntesten Herbstschwärme sind: *Perseiden* (im August flammen sie aus dem Sternbild Perseus auf), *Pisciden* (im September aus den Fischen), *Dracoiden* und *Orioniden* (im Oktober aus dem Drachen und Orion), *Leoniden* (im November aus Sternbild Löwe). Dabei waren im November 2002 die Leoniden so reichhaltig, dass pro Stunde mehrere tausend Sternschnuppen sichtbar wurden; eine solche Heftigkeit wird sich erst wieder gegen das Jahrhundert-Ende wiederholen.

Nur wenige Meteore sind so groß, dass sie mit einem heftigen Donnerschlag die ganze Atmosphäre durchqueren können und die Erde wirklich erreichen. Dabei sind so hell wie *Feuerkugeln* und heißen dann *Boliden*. Die auftreffenden Bruchstücke nennen wir *Meteoriten*. Große Meteoriten haben dann eine verheerende Gewalt! Das Nördlinger Ries mit seinen ca. 30 km Durchmessern ist ein Überrest eines solchen Einschlagkraters. Dass auch in der Gegenwart solch heftige Einschläge möglich sind, belegt die riesige Zerstörung eines Waldkreises von 40 km Durchmesser in Sibirien am 30.6.1908 (das scheint lange her zu sein, ist aber für die Erdgeschichte nur ein Wimpernschlag!).

Die meisten Meteoriten, die bis zur Erde vordringen, haben unter 5 kg Masse. Ihre Oberfläche wurde beim Eintritt in die Atmosphäre abgeschmolzen und der Meteorit gleichzeitig ausgebremst. Danach hat er „nur noch“ die Geschwindigkeit eines vergleichbaren Eisen- oder Steinbrockens, der in großer Höhe aus einem Flugzeug geworfen würde.

Der größte bei uns wirklich beobachtete Meteoritenfall ereignete sich 1916 in Hessen: Nach langer Suche wurde ein 63 kg schweres Eisenstück als verbliebener Kern aufgefunden.

Beim jüngsten Einschlag am 6.4.2002 (Samstag 22.²⁰) bei Neuschwanstein (Füssen im Allgäu) wurde die Bahn durch etliche Filmaufnahmen aus verschiedenen Richtungen belegt, was die spätere Suche erleichterte. Man schätzt, dass ein 300kg schwerer Brocken in 85km Höhe über Innsbruck das erste Aufleuchten verursachte. Es folgte eine 90km extrem helle Leuchtspur in Richtung Nord-West, die in Tirol, Oberbayern, Allgäu und Oberschwaben gut zu sehen war. Ich fuhr zufällig um diese Zeit von der Albhöhe Richtung Ulm genau mit Blick geradewegs nach Südost und wunderte mich über dieses etliche Sekunden anhaltende helle Leuchten von oben nach unten (statt umgekehrt wie bei einer Leuchtkugel): Ein Meteorit!

Durch die Hitze wurde dieser Stein-Meteorit in 20km Höhe zersprengt. Nach einem Vierteljahr wurde das erste Bruchstück mit 1,7kg gefunden, ein Jahr darauf zwei weitere mit 1,6 und 2,8kg.

Der häufigste Bestandteil des Materials, welches die Erde erreichen kann, ist das Meteor-Eisen. Es hat eine von irdischem Eisen abweichende Kristallstruktur. Obwohl Sternschnuppen uns als eher selten vorkommen, schätzen die Astronomen, dass die Erde bzw. ihre Lufthülle täglich mehrere tausend Tonnen davon als Botschaft aus dem Kosmos erhält. Dies sind Millionen von Sternschnuppen! – die meisten allerdings so winzig oder staubförmig, dass sie kaum auffallen oder gar nicht sichtbar werden.

Abbildungsverzeichnis:

| | |
|--|---|
| Abbildung 1: Horizont und Himmel..... | 6 |
| Abbildung 2: Schema der Erdkrümmung..... | 6 |
| Abbildung 3: Planetensphären im..... | 7 |
| Abbildung 4: Antikes Weltbild..... | 8 |
| Abbildung 5: Unser Sonnensystem | 9 |
| Abbildung 6: Windrose..... | 12 |
| Abbildung 7: Horizont mit Himmelskugel:..... | 13 |
| Abbildung 8: Himmelskugel mit Meridian | 13 |
| Abbildung 9: Wanderung des Großen Wagens um den Polarstern..... | 14 |
| Abbildung 10: Sternbewegung am Beispiel des Orion: | 15 |
| Abbildung 11: Kleine Sternuhr (abends, Mitte Dezember)..... | 16 |
| Abbildung 12: Meridian und Himmelsäquator in der Himmelskugel..... | 17 |
| Abbildung 13: Die nördlichen Sternbilder um Polaris | 21 |
| Abbildung 14: Das Winter-Sechseck | 23 |
| Abbildung 15: Frühlingbilder Löwe und Jungfrau | Fehler! Textmarke nicht definiert. |
| Abbildung 16: Sommerdreieck..... | 25 |
| Abbildung 17: Herbstviereck..... | 26 |
| Abbildung 18: Himmelskuppel..... | 31 |
| Abbildung 19: Sonnenhöhe über dem Horizont..... | 31 |
| Abbildung 20: Jahreszeitliche Sonnen-Intensität | 32 |
| Abbildung 21: Tageslängen in den Jahreszeiten | 32 |
| Abbildung 22: Tierkreis (obere Hälfte) | 34 |
| Abbildung 23: Tierkreis (untere Hälfte)..... | 35 |
| Abbildung 24: Mondlauf morgens vor Sonnenaufgang . | Fehler! Textmarke nicht definiert. |
| Abbildung 25: Mondphasen-Zyklus | 41 |
| Abbildung 26: Beobachtung einer Sonnenfinsternis..... | 43 |
| Abbildung 27: Entstehung der Sonnenfinsternis | 44 |
| Abbildung 28: Entstehung der Mondfinsternis..... | 45 |
| Abbildung 29: Die Zeichen der Wandler | 49 |
| Abbildung 30: Bahnen der inneren Planeten..... | 50 |
| Abbildung 31: Beleuchtung der Erde am 21.12. | 52 |
| Abbildung 32: Abbildung der Erdbahn als Ekliptik..... | 55 |
| Abbildung 33: Mars in Konjunktion mit Sonne | 57 |
| Abbildung 34: Mars in Opposition zur Sonne..... | 57 |
| Abbildung 35: Mars und Jupiter in Konjunktion | 58 |