

A. Fischer

Waldorfschule am Illerblick, Ulm

Manuskript zur Himmelskunde-Epoche

in der 6.-7.Klasse

Beruhend auf Epochenhefttexten im Unterricht 2006 und 2010

mit Ergänzungen aus der Astronomie

Neubearbeitung 2017

für die Kurse an den Lehrerseminaren Mannheim und Stuttgart

Hinweise:

In Arbeit befindet sich ein Anhang, 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.

Einige über die Unterrichtsmöglichkeiten hinausgehende Ergänzungen können dem Lehrer Antworten auf Schülerfragen erleichtern.

Zum Autor:

Adolf 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. Mitarbeit in der Lehrer-Fortbildung durch Vorträge, Seminarkurse und Unterrichtsmaterial.

Himmelskunde

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)

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)

Sterne

Viel Sterne gloriieren,
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.

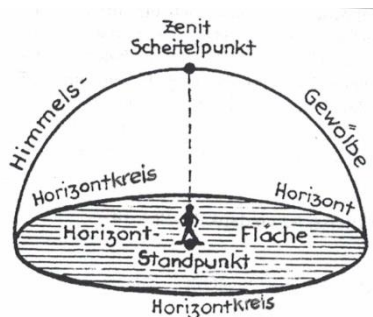
Die Winkelmessung und die ersten genauen Beobachtungen der Planetenbewegungen verdanken wir der babylonischen Kultur. Die Ägypter hatten mit einem genauen Kalender die Nilfluten vorhergesagt und damit auch ihre Staatsgeschichte zuverlässig aufgezeichnet. In der Alt-Chinesischen Kultur mussten Astronomen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

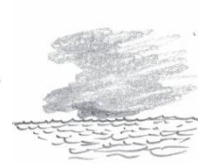
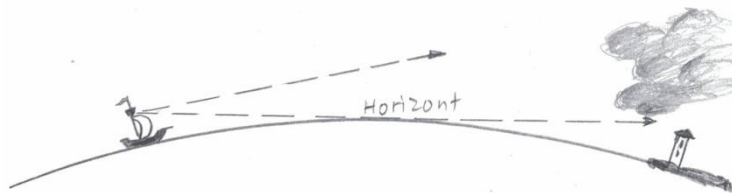
Den Horizontkreis haben sich die Menschen lange Zeit als Bild für die ganze Erde vorgestellt. Außen herum sei diese flache *Erdscheibe* vom Ozean umgeben. Auf diesen dürfe man nicht hinausfahren, weil man an dessen Rand hinab stürzen würde.

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!

*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 ringsum
nur Meer. Die

Wolke scheint auf dem Wasser
zu sitzen.



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



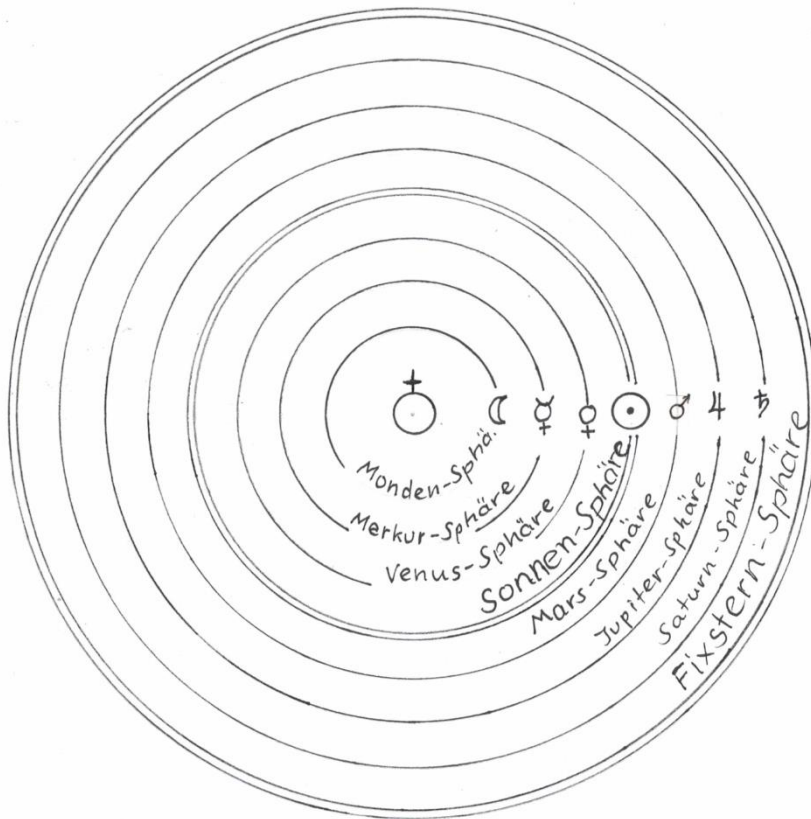
C) 10sm vor der Küste
sieht man vom Mast-
korb die Küstenlinie mit
dem ganzen Leucht-
turm, die Wolke am
Himmel darüber.

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 ringsherum umschließt. 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.



Die Sphärenabstände 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.

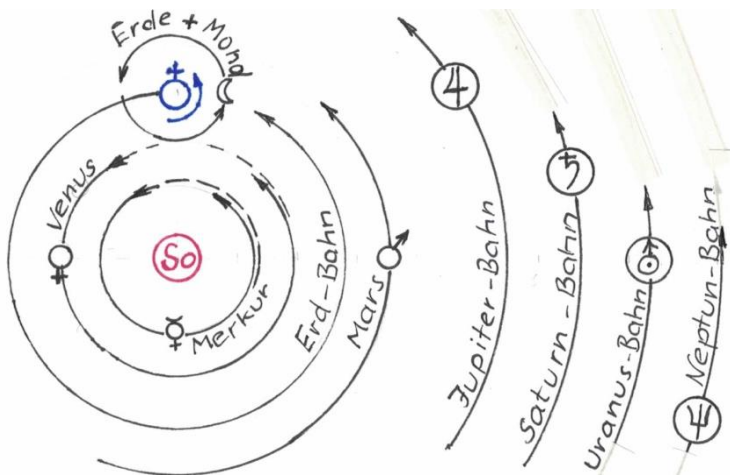
1.5 Sonne als Mittelpunkt

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.

Unser Sonnensystem (Abstände und Weglängen nicht maßstäblich):



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:

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* Sichtweise die alleinige Gültigkeit unterstellt. Für die Berechnung der Planetenbahnen ist sie tatsächlich außerordentlich praktisch und bewährt sich auch für die Weltraumfahrt.

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.

2. Orientierung am Himmel

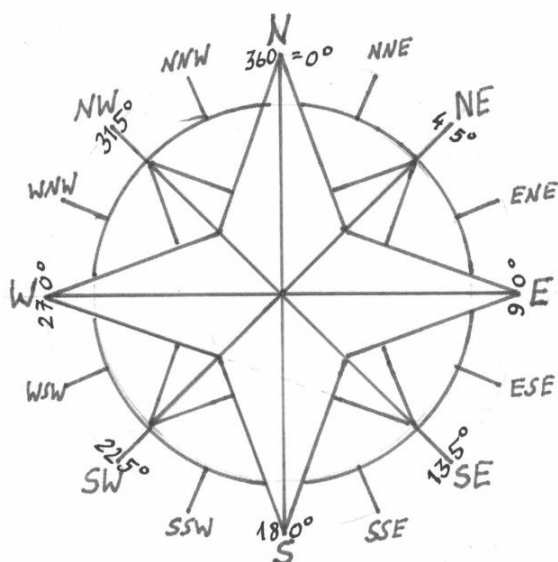
2.1 Unser Horizontkreis

Auf der Erde sehen wir rings um uns herum die Begrenzung zwischen Himmel und Erde. Das 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 ideeller Kreis als *mathematischer Horizont*. Auch wenn er von einzelnen Sichthindernissen verdeckt ist, so verläuft er eben hinter diesen. 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, insbesondere die vier *Himmelsrichtungen* und ihre Zwischenrichtungen. Diese können wir auch mit Winkeln bezeichnen: Eine volle Drehung teilen wir in 360 Winkelgrade ein; ein rechter Winkel hat als Viertel-

drehung dann 90° . Für genauere Messungen teilt man jedes Grad in 60 Winkel-Minuten ein, in der Astronomie sogar noch in Winkel-Sekunden.



Auf der *Windrose* können wir jeder Richtung eine Winkelzahl zuordnen. Wir gehen dazu von 0° im Norden aus und drehen uns im Uhrzeigersinn nach rechts. Bei 45° erreichen wir Nord-Ost (=NE), bei 90° Ost (E=East oder Est), bei 180° Süd und bei 270° West. Zwischen zwei Richtungen liegt der jeweilige Drehwinkel als Unterschied: Wenn wir uns von Ost (90°) nach Südost (135°) drehen, so sind dies 45° (=

$135^\circ - 90^\circ$).

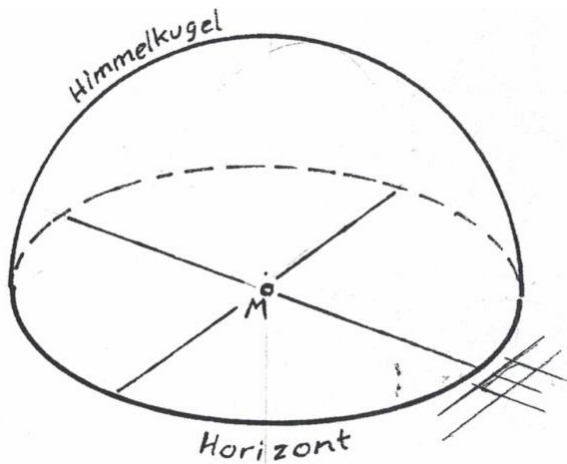
2.3 Winkelmaße am Himmel

Auch die Entfernungen am Himmel können wir nur als *Bögen* beschreiben. Am besten zeigen wir mit unserem Arm zum ersten Stern und schwenken ihn danach, bis er zum anderen Stern zeigt. Den Dreh-Winkel zwischen den beiden

Blickrichtungen nehmen wir als *Entfernungsangabe*.

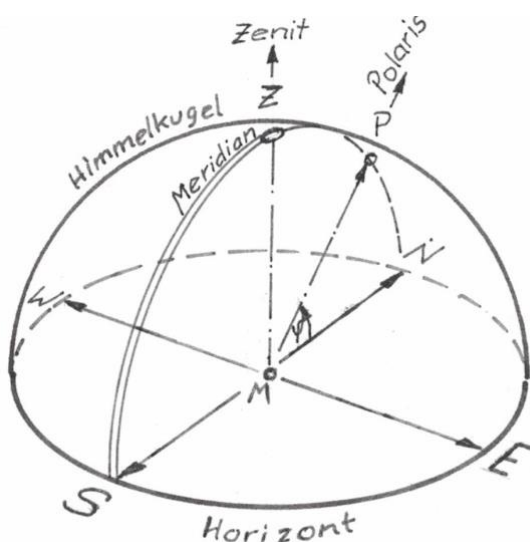
Einige Winkelabstände können wir am Himmel leicht schätzen. Wir strecken dazu den Arm aus und visieren über unsere Hand. Die Dicke des kleinen Fingers bedeckt 1° , der Daumen 2° ; die Faust zeigt uns 10° , die locker gespreizte Hand 15° ; mit der vollen Spanne erreichen wir knapp 18° . Beim Vergleich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



2.4 Die 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.



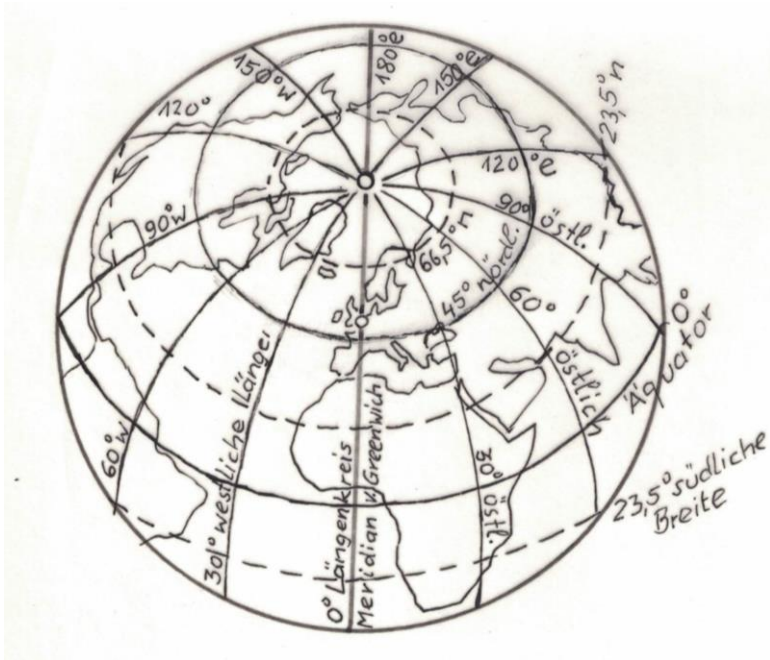
Über dem Horizont wölbt sich die sichtbare Halbkugel des Himmels mit dem *Zenit* Z als höchstem Punkt senkrecht über uns. Die andere Hälfte der Himmelskugel liegt unter dem Horizont mit dem *Nadir* als tiefstem Punkt, dem Zenit genau gegenüber.

Über dem Nord- und Südpunkt des Horizontkreises erhebt sich als Halbkreis die Mittagslinie (*Meridian*). Der Zenit teilt ihn in zwei Viertelkreise. 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 *Längenkreis* 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 Längenkreise nach Ost und West gezählt bis sie sich bei 180°

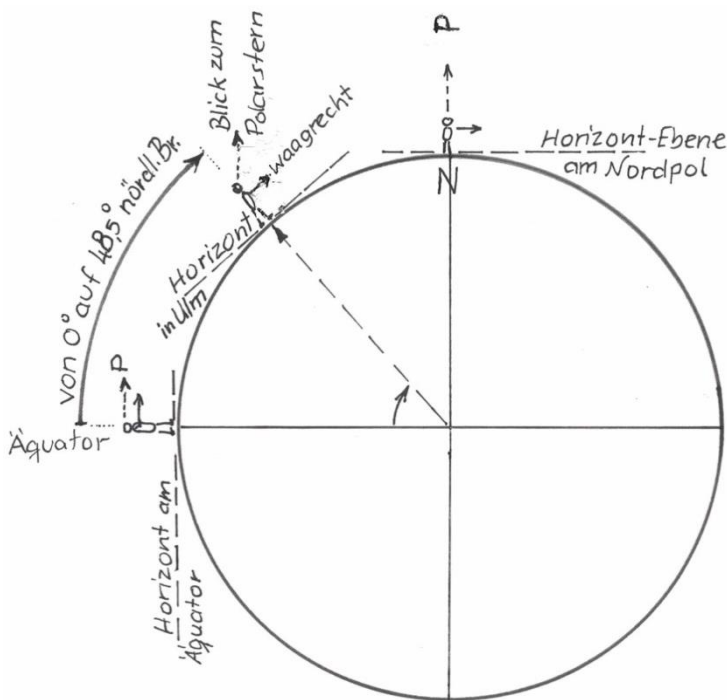


treffen. Alle Längengrade haben den vollen Erdumfang.

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. Die entsprechende Zählung gilt auch für die Südhalbkugel.

Außer dem Äquator (0°), dem Nordpol (90° n) und dem mittleren Breitenkreis (45° nördlich) auf der Hälfte sind noch 2 weitere knapp neben $\frac{1}{4}$ und $\frac{3}{4}$ eingetragen, nämlich auf $23,5^\circ$ und $66,5^\circ$ nördlicher Breite. Diese beiden sind vom Sommer-Sonnenstand abgeleitet: Auf $23,5^\circ$ n liegt der *nördliche Wendekreis*. Hier erreicht die Sonne am 21.6. mittags gerade noch einen senkrechten Stand und kehrt dann in den Folgetagen wieder darunter. Auf $66,5^\circ$ n liegt der *nördliche Polarkreis*. Hier geht am 21.6. die Sonne nicht unter. In Gebieten nördlich davon ist dann Polartag.

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.

Wenn wir den rechten Arm waagrecht – also zum Horizont hin – ausstrecken und mit dem linken Arm zum Polarstern deuten, zeigen unsere Arme den Winkel φ (griechisch „phi“) an, um den wir unseren Blick zum Himmelspol erhoben haben. Aus dieser *Winkelhöhe des Polarsterns* können wir also ableiten, auf welchem *Breitenkreis der Erde* wir stehen: Äquator $\varphi = 0^\circ$; Sizilien $37-38^\circ$; Rom 42° , Ulm $\varphi = 48,5^\circ$; Hamburg $53,5^\circ$; Nordkap 71° ; Nordpol $\varphi = 90^\circ$. Ohne Funk, Radar oder GPS war diese Winkelpeilung zum Polarstern die wichtigste Orientierungshilfe zum *Navigieren* auf hoher See ohne Landmarken.

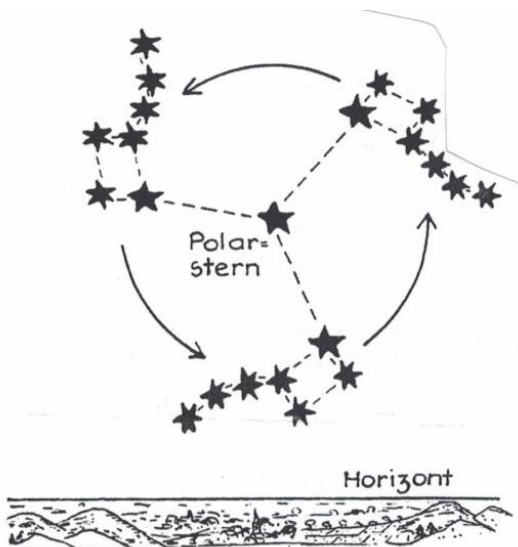
Wenn nicht anders genannt, beziehen sich nachfolgende Beschreibungen für die Beobachtung des Sternhimmels von Süddeutschland aus (etwa $47^\circ-50^\circ$ nördliche Breite).

2.6 Die tägliche Drehung des Himmels

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.

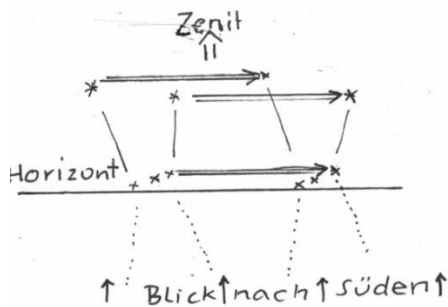
Je weiter ein Stern von diesem Himmelspol entfernt ist, desto größer ist sein Kreis, den er in einer Nacht (und dem folgenden Tag) als tägliche Bahn durchläuft; diesen größeren Bogen schafft er natürlich nur mit größerer Geschwindigkeit. Auch am Tage dreht sich der Sternhimmel über uns, nur sehen wir 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 –

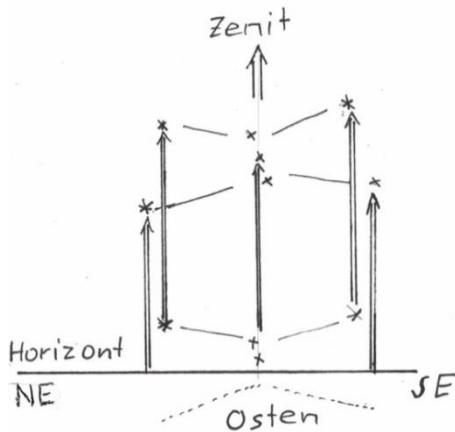


Stellung des Großen Bären am Nordhimmel von 8 zu 8 Std. (wenn das Sternbild auch am Tage sichtbar wäre!)

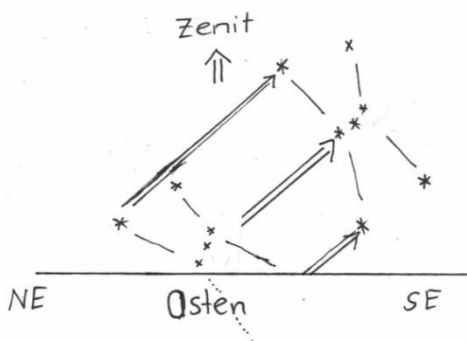
der große Wagen wird also am Himmel geschoben und nicht an seiner Deichsel gezogen. Dieses Bild ist für alle Standorte auf der Nordhalbkugel ähnlich, wenn auch mit verschieden hohen Blicken. Der Blick nach Süden verändert sich jedoch sehr stark. Am besten lässt sich dazu die Bahn des Orion verfolgen; weil er um den Himmelsäquator gruppiert ist, beschreibt er einen maximal großen Bogen als Halbkreis.



Würden wir nun selber auf dem *Nordpol* stehen, 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.



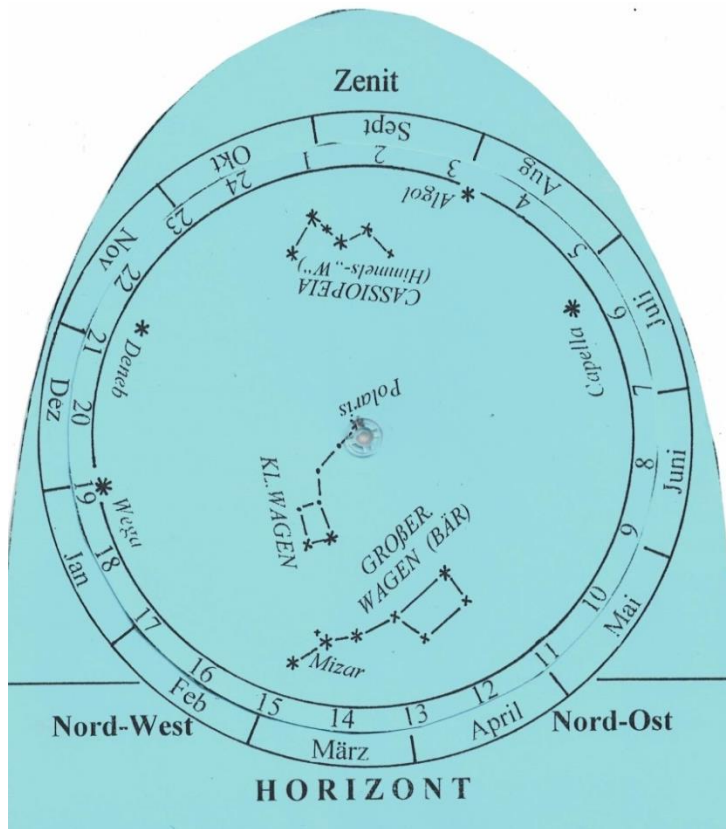
Am *Äquator* dagegen würde der Polarstern im Norden am Horizont stehen. Es würden *alle Sterne am Osthorizont senkrecht aufsteigen* und nach einem genauen Halbkreis am Westhorizont untergehen – der Orion sogar über den Zenit hinweg. Der große Wagen hätte nur einen 12-stündigen – und deutlich kleineren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

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.



Mit unserer gebastelten kleinen Nordsternuhr können wir diese Sternbewegung nachdrehen. Im nebenstehenden Bild 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° .

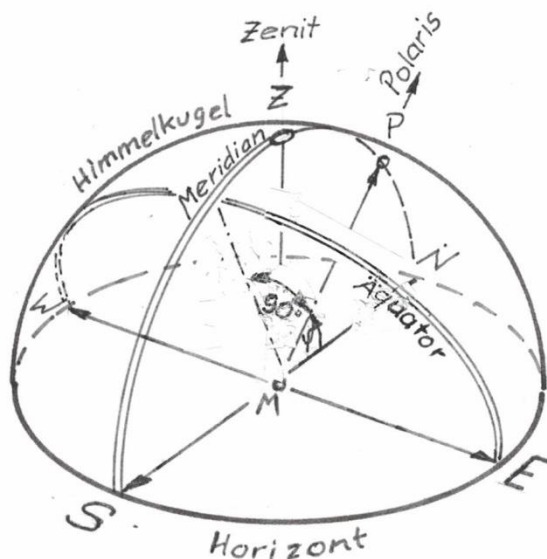
Wollen wir einen bestimmten Stern an der genau gleichen Stelle wieder sehen, so müssen wir täglich 4 Minuten früher schauen. Das scheint nur ganz wenig zu sein, aber innerhalb eines Monats werden daraus schon 2 Stunden ($= 4\text{min} \times 30 = 120\text{min}$), um die der betreffende Stern bereits 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 Tageshülle verblasst waren und umgekehrt. Erst nach einem vollen Jahr haben wir wieder denselben Anblick.

Nur die Zirkumpolarsterne am nördlichen Himmel begegnen uns jede Nacht.

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 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*. Bei uns in Ulm erreicht der Himmelsäquator als Höhe über dem Südhorizont $41,5^\circ$. Die Winkelmaße von Äquatorhöhe und die Polhöhe φ (in Ulm $48,5^\circ$) der Himmelskugel ergänzen sich immer auf 90° .

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, in jeder Stunde werden 15° überstrichen.

Im Abschnitt 2.6 ist das Bewegungsbild der Orionsterne für verschiedene Erdorte 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 Horizont zu liegen und die Himmelsachse würde dann 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 wieder erkennbaren Sternbilder bleiben immer gleich – bis auf ganz wenige Ausnahmen. Diese weichen teilweise erheblich davon ab, wir kennen sie bereits als *Wandler*. Sie verändern ihre Stellung zu den anderen Sternen im Laufe der Zeit. 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.

Allen Wandlern ist gemeinsam, dass sie nicht beliebige Orte am Fixstern-

himmel 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

Sterne

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

(Joseph von Eichendorff)

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, jedoch sehr viel heller. Deswegen kann man mit Fernrohren auch noch ganz schwache Sterne sichtbar machen.

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 Pleiaden) 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 durch unsere Blickwinkel als Nachbarn. Die Sterne innerhalb eines Sternbildes sind also in der Regel nicht verwandt zueinander (bei den Pleiaden sehen wir aber echte Verwandte), dennoch helfen uns gedachte Verbindungslinien zum Erinnern der Bilder. 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. Ein Stern 5.Größe (5^m) ist schon mehr als doppelt so hell, aber immer noch mäßig gut zu erkennen. 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.

Beim genauen Nachmessen hat man erst später entdeckt, dass die hellsten Sterne diese Skala sogar noch deutlich übertreffen. Man musste ihnen daher nachträglich die Klasse 0 (Wega in der Leier, Capella im Fuhrmann) oder gar jenseits der Null (Sirius: $-1,5^m$) zuordnen. Manche Sterne verändern ihre Helligkeit, beim „Teufelsstern“ Algol (im Perseus) fiel dies schon den Arabern auf.

Weil das Licht der Fixsterne so stark flimmert, ist bei ihnen 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: Beteigeuze (0^m , im Orion)

gelblich: Capella (0^m , im Fuhrmann)

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

silber-blau-violett: Sirius (-1^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 *Mizar* (2^m) mit *Alkor* (4^m), dem lichtschwachen Reiterlein 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 bei den Griechen als *große und kleine Bärin* (= Ursa major und minor). Der große Wagen muss dazu aber mit weiteren Sternen ergänzt werden für die Füße und den Kopf, aus der Deichsel wird der Bärenschwanz; doch einen Bären würden wir darin trotzdem nicht erkennen.

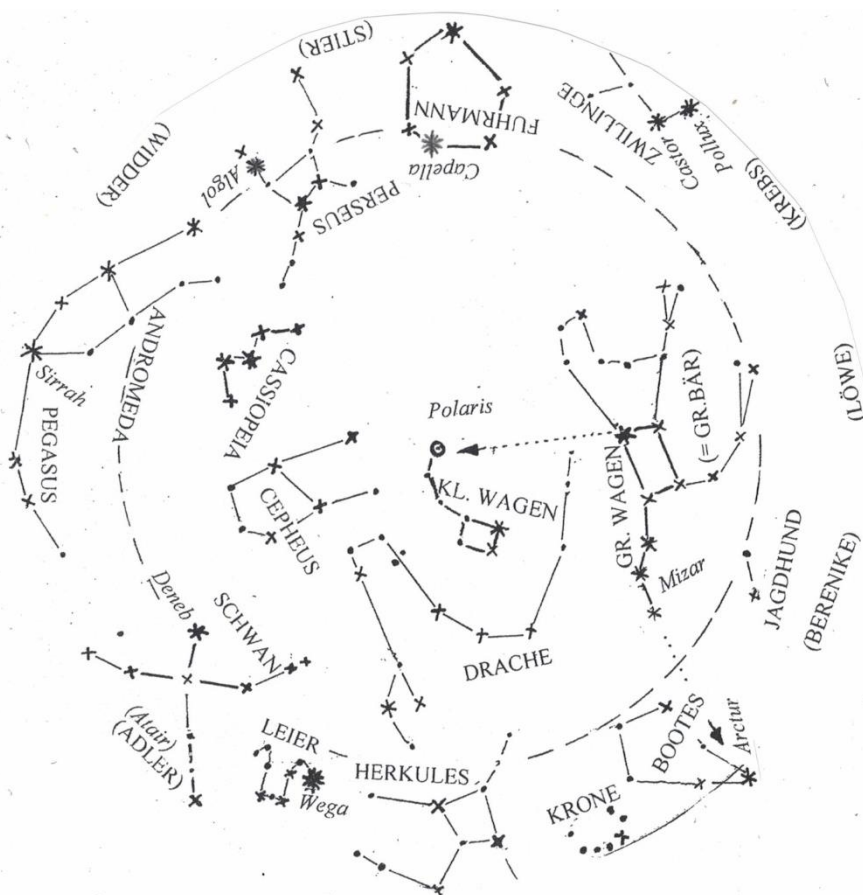
Die nachfolgende Sternkarte entspricht dem Blick nach Norden, etwa für Weihnachten um Mitternacht. Der gestrichelte Kreis darin ist die Grenze für die Zirkumpolarsterne, d.h. der Nordhorizont berührt diesen Kreis von unten. Von dort über Polaris als halbe Himmelshöhe erreicht der Blick wieder den Kreis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

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. Er ist der einzige Fixstern, dessen Licht kaum flimmert und fast so ruhig wirkt, 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. Zwischen ihm und den Hintertatzen des Bären sind die zugehörigen Jagdhunde als Sternpaar.

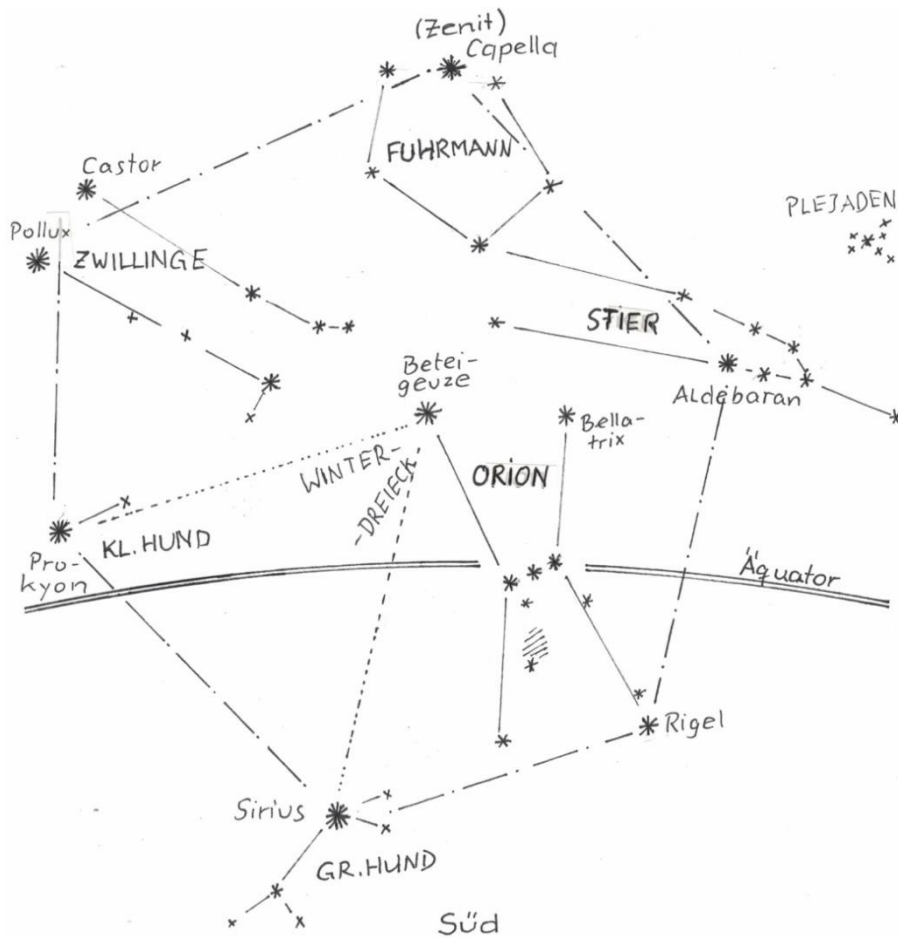
Das große Himmels-„W“ erkennen wir leicht am Himmel gegenüber vom großen Wagen, mit dem Polarstern dazwischen. Dieses Sternbild ist der *Cassiopeia* gewidmet, der sagenhaften Gattin des Cepheus und Mutter von Andromeda. Weniger bekannt und auch nicht so auffallend sind die benachbarten Sternbilder: Herkules, Cepheus, Perseus und Andromeda (1/2 Sternbild neben dem Stern Algol des Perseus).

Cepheus war ein mächtiger König am Roten Meer und hatte Cassiopeia zur Gemahlin. Das Orakel verlangte von ihm, seine Tochter Andromeda einem Meerungeheuer auszuliefern. Doch der Held Perseus rettete sie. Bekannter sind uns die Sagen von Herakles, der wegen seiner heldenhaften Taten am Himmel unsterblich gemacht wurde; doch sein lichtschwaches Sternbild zwischen Leier und Bootes ist schwer zu finden.



3.4 Die Winterbilder

Zur Winterszeit bietet uns der Himmel seinen prächtigsten Anblick. Schon früh am Abend wird es dunkel und morgens verblässen 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.



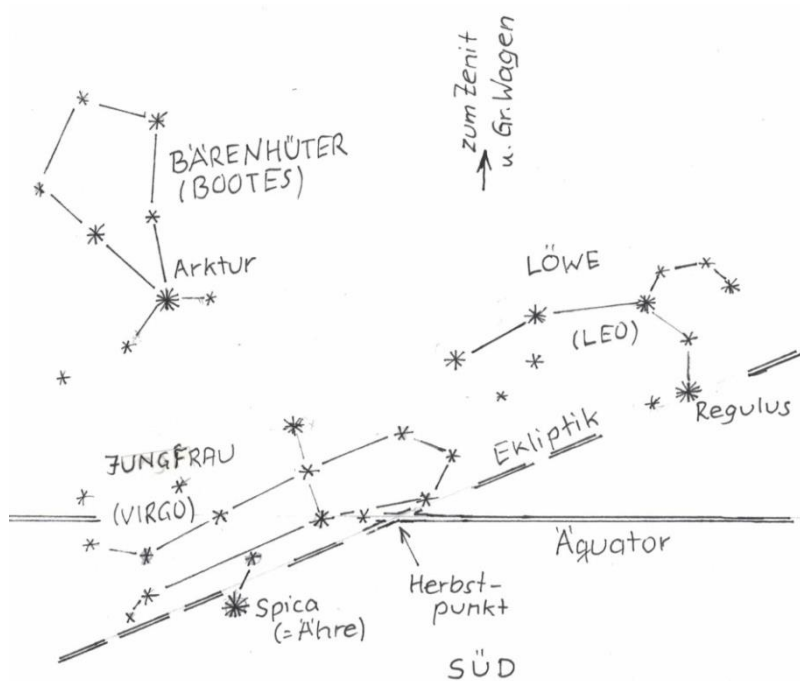
Unter ihm im Süden finden wir die zwei hellsten Bilder des Tierkreises: links die Zwillinge *Castor* und *Pollux* und rechts den *Stier* mit dem *Aldebaran* als Hauptstern; die Hörner des Stiers zeigen als deutliches „V“ nach links oben zum Fuhrmann. Rechts über dem Stier stehen die *Plejaden*, das Siebengestirn. Von ihnen sind 5 Sterne als winziges Wägelchen gut zu sehen.

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; für seine Heldentaten wurde er gemeinsam mit seinen Hunden 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. Der leicht schräge *Gürtel* wird von drei recht hellen Sternen gebildet, hier sind wir genau auf dem Äquator, in knapp der halben Himmelshöhe über dem Südhorizont. Unter dem Gürtel hängt das Schwert; in ihm befindet sich der berühmte *Orionnebel*, der als milchiger Fleck mit bloßem Auge sichtbar ist.

Links unter ihm folgt ihm der *Große Hund* mit dem blau-violett funkelnden *Sirius*. Dies ist der hellste Fixstern am ganzen Himmel. An frostigen Januarnächten überstrahlt er alle anderen Sterne. Links oberhalb davon befindet sich der unscheinbare *Kleine Hund*; meist sehen wir nur dessen sehr hellen Hauptstern *Prokyon*.

Sirius, *Prokyon* und *Beteigeuze* bilden ein großes gleichseitiges Dreieck, das wir als Gegenstück zum Sommerdreieck bezeichnen können. Verbinden wir aber die hellsten Sterne des Winterhimmels um *Beteigeuze* 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 *Beteigeuze* als Mittelpunkt hat.

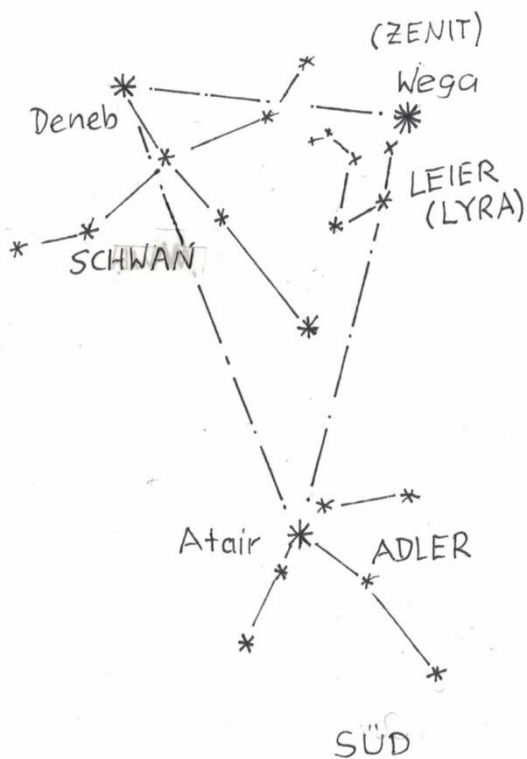
Gegen Frühling steigen abends im Osten nochmals zwei große Tierkreisbilder empor: Der *Löwe* mit dem Hauptstern *Regulus* an der Vorderpranke (rechts unten) und *Denebola* links am Ende. Das Gesamtbild



gleichet jedoch eher einem fröhlich springenden Pferd als einem Löwen. Schwerer erkennbar ist die nachfolgende *Jungfrau*, nur ihr Hauptstern *Spica* fällt gut auf. In einem leichten Rechtsbogen finden wir von der Spica nach oben über Arktur im Bootes wieder zur Wagendeichsel zurück. Regulus und Spica zeigen uns die Ekliptik, unterhalb von Denebola schneidet sie den Äquator.

3.5 Die Sommerbilder

Während der Sommermonate beherrschen *Leier*, *Schwan* und *Adler* die ganze Nacht. Ihre drei Hauptsterne *Wega*, *Deneb* und *Atair* bilden das große *Sommerdreieck*. 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; die seitlichen Flügelspitzen sind etwas blass, dadurch merkt man sich leichter die beiden Flügelnicke: 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 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*. Bei einem

über dem Horizont ist das lichtschwächere Nachbarbild *Schütze*. Bei einem

Sommerurlaub in Südeuropa könnten wir sie aber in voller Pracht sehen.

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. Es sind dies unterhalb von *Pegasus* und *Andromeda* noch die blassen Tierkreisbilder *Wassermann*, *Fische* und *Widder*. Erst gegen Morgen steigen Capella und Aldebaran im Osten herauf.

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)

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*. Bei allen südlichen Kulturen fällt auf, dass die Namen für die Sonne männlich sind und für unerbittliche Strenge standen. Tatsächlich ist im Süden die Mittagssonne grell und heiß bis hin zur Lebensfeindlichkeit: Spanien und Türkei haben Landstriche mit wüstenähnlichem Klima!

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. Auch die geheimnisvollen Polarlichter werden durch Botschaften der Sonne hervorgerufen.

4.2 Der Tageslauf

„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. Der täglichen Erddrehung (= *Rotation*) um die eigene Achse entspricht die für uns sichtbare Sonnenbahn vom Osten (morgens) hinauf nach Süden. Dort durchquert sie den Meridian als genauen Mittagsort (12⁰⁰ wahre Ortszeit oder ca 12.²⁰ Uhrzeit). Danach senkt sich ihr Lauf wieder hinab nach Westen (abends) und schließt ihre nächtliche (nicht sichtbare) Bahn unter dem Nordhorizont an. Die Erdachse entspricht dabei der Himmelsachse (der Polarstern steht über dem irdischen Nordpol); wenn wir den Erdäquator hinaus projizieren ergibt er den Himmelsäquator.

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.

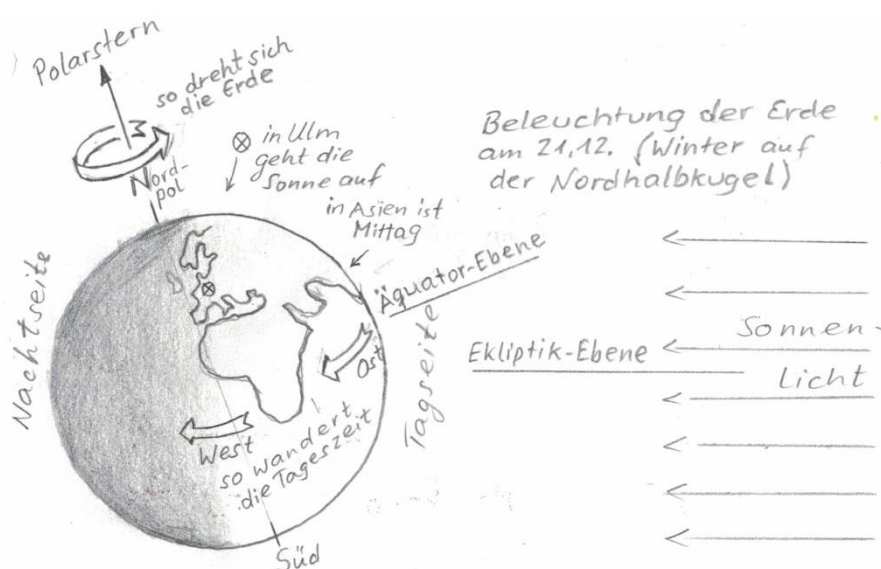
4.3 Der Jahresweg durch die Ekliptik

Die Erdbewegung um die Sonne bestimmt in unserer Zeitrechnung das *Jahr*. Dabei dauert eine volle Umrundung (= Umwälzung oder *Revolution*) 365,24 Tage. Normalerweise zählen wir das Jahr zu 365 Tagen. Der verbleibende Rest von knapp $\frac{1}{4}$ Tag erfordert alle 4 Jahre einen zusätzlichen Schalttag. Das ist dann nur $\frac{1}{100}$ Tag zu viel. Daher verzichten wir alle volle hundert Jahre auf den Schalttag: $365,24 = 365 + 0,25 - 0,01 = 365 + \frac{1}{4} - \frac{1}{100}$. Dennoch bleibt nun noch eine winzige Abweichung; deswegen fügen wir jedes 4. Jahrhundert den Schalttag ein (2000 war also ein Schaltjahr, 1900 und 2100 sind keines) und unser Kalender ist optimal an das tatsächliche Sonnenjahr angepasst.

Der Umlauf der Erde um die Sonne während eines Jahres bewirkt, dass die Blickrichtung zu ihr sich laufend verändert. Für uns verschiebt sich daher der Sonnenort im Vergleich zum Fixsternhimmel. Leider können wir das nicht direkt beobachten, weil die sonnige Tageshelle die Sterne überblendet. Doch indirekt erkennen wir die Veränderung der Sonnenorte gegenüber des Fixsternhimmels, wenn wir an folgenden Tagen jeweils zur selben Zeit die Sterne im Süden beobachten – am besten um Mitternacht, wenn wir die Sonne genau gegenüber im Norden unter dem Horizont wissen! Bei Sternen in Äquaturnähe nehmen wir eine tägliche Verschiebung um knapp 1° wahr.

Im Vergleich zu den Fixsternen bleibt die Sonne also täglich um 1° zurück; dies entspricht den 4min, um die wir im Gegenzug die Sterne jeden Tag früher an derselben Stellung erblicken. Im Laufe eines ganzen Jahres verspätet sich die Sonne um einen vollen Tag oder einen kompletten Durchgang von 360° gegenüber dem Sternhimmel. Die Spur dieses Jahresweges der Sonne heißt Ekliptik.

4.4 Äquator und Ekliptik



Die Erdachse, um welche sich die tägliche Drehung (=Rotation) abspielt, legt die Lage des Himmels-Äquators fest. Die Kreisbahn (=Revolution) der Erde um die Sonne ergibt die Ebene der Ekliptik. Die Erdachse steht zwar genau senkrecht zum

Äquator, aber nicht zur Ekliptik. Diese ist um $23,5^\circ$ dagegen geneigt. Um diesen Winkel verläuft also die *Ekliptik schief gegen den Himmelsäquator* mit der größten Abweichung nach oben im Sommer bzw. nach unten im Winter. Nur zweimal im Jahr ergibt sich eine Übereinstimmung: am Schnittpunkt der beiden Himmelskreise.

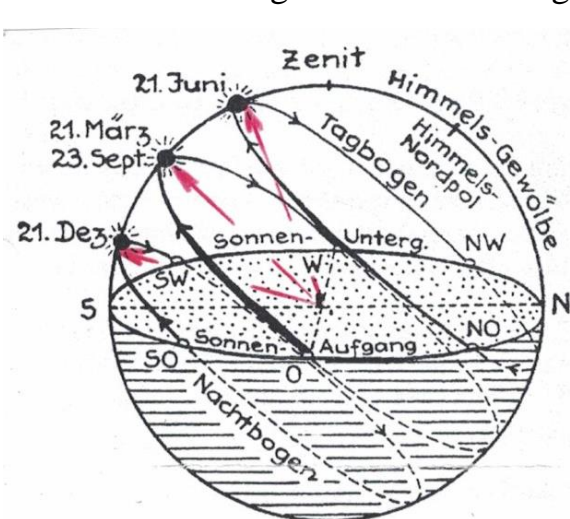
Diese beiden Ausgleich-Stellen heißen *Frühlings- und Herbst-Punkt* (Sonnenorte am Himmel jeweils am 21.März und 23.Sept.). Weil die Sonne dabei genau mit dem Äquator ihre Tagesbahn vollbringt, geht sie auch genau im Osten auf und im Westen unter. Tag und Nacht sind dann gleich lang, wir sprechen von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

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

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 oder tiefer, aber immer parallel zum Äquator: Sommer- und Winterhalbjahr. Nur an zwei Tagen verläuft die Tagesbahn genau mit dem Himmelsäquator. Wir kennen sie 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* steht die Sonne in den Zwillingen $23,5^\circ$ über dem Äquator. Sie geht daher morgens schon um 5^{00} im Nordosten auf, steigt *bis 65° im Süden* (etwa 13^{20} Sommerzeit) und geht erst um 21^{40} im Nordwesten unter. Die steil einfallende Strahlung während der langen Tage erwärmt kraftvoll Land und Meer.

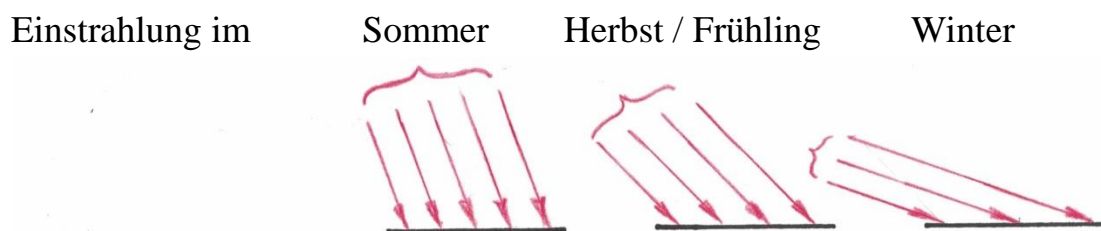


Die ohnehin schon kurze Nacht wird noch durch eine ausgedehnte Morgen- und Abend-Dämmerung verringert. Weiter nördlich, etwa in Stockholm oder Petersburg, wird es gar nicht mehr dunkel, weil die Abenddämmerung fließend in die Morgendämmerung übergeht. Am Nordkap geht die Sonne überhaupt nicht mehr unter, sondern bleibt um Mitternacht „Nacht“ im Norden als *Mitternachtssonne* knapp über dem Horizont.

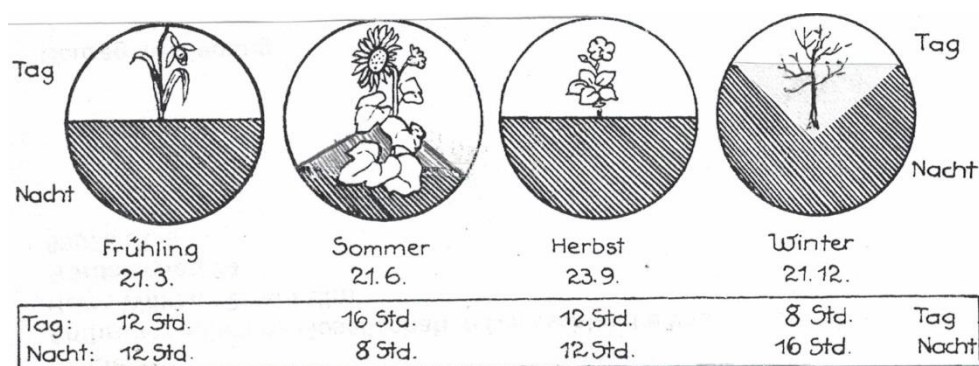
Im *Tiefwinter* dagegen steigt sie erst um 8 Uhr im Südosten auf. Sie erreicht *nur 18° Höhe im Süden* und geht schon um 16 Uhr im Südwesten unter. Die Tage sind kurz und weniger hell, jedenfalls, wenn kein Schnee liegt. Die flach einstrahlende Sonne kann die Erde auch kaum erwärmen. Im Norden herrscht nun

Polarnacht mit kurzer Dämmerung zur „Mittags“-Zeit.

Nicht nur Zeitdauer der Sonneneinstrahlung ändert sich im Laufe des Jahres, viel mehr noch die Stärke: Durch die steilere Sonne im Sommer trifft mittags dreimal so viel Strahlung auf die Erde wie im Winter:



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



- 21.3. Frühlings-Tag- u. Nachtgleiche = Frühlingsanfang (Ostern)
- 21.6. Sommerhöchststand = Sommeranfang (Johanni)
- 23.9. Herbst-Tag- u. Nachtgleiche = Herbstanfang (Michaeli)
- 22.12. Wintertiefststand = Winteranfang (Weihnacht)

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. 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 die Sterne aufleuchten. Dies ist nur möglich bei einer totalen Sonnenfinsternis.

4.7 Die Sternbilder des Tierkreises

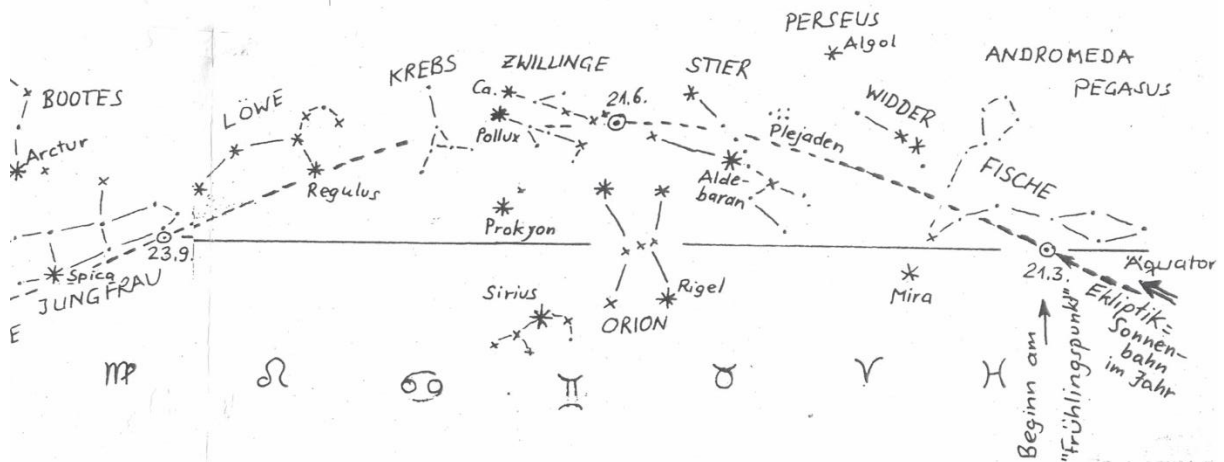
Zum Frühlingsanfang steht die Sonne in den Fischen genau auf dem Himmelsäquator und macht mit diesem ihren Tageslauf, jedoch ein klein wenig langsamer. Daher ist sie am Tag darauf um 1° im Sternbild Fische nach links gerutscht, hat aber gleichzeitig etwas an Höhe über den Äquator gewonnen. Nach 90 Tagen 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 Diesen Sonnen-Jahres-Weges haben wir bereits als *Ekliptik* kennengelernt.

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 hat nur noch 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.

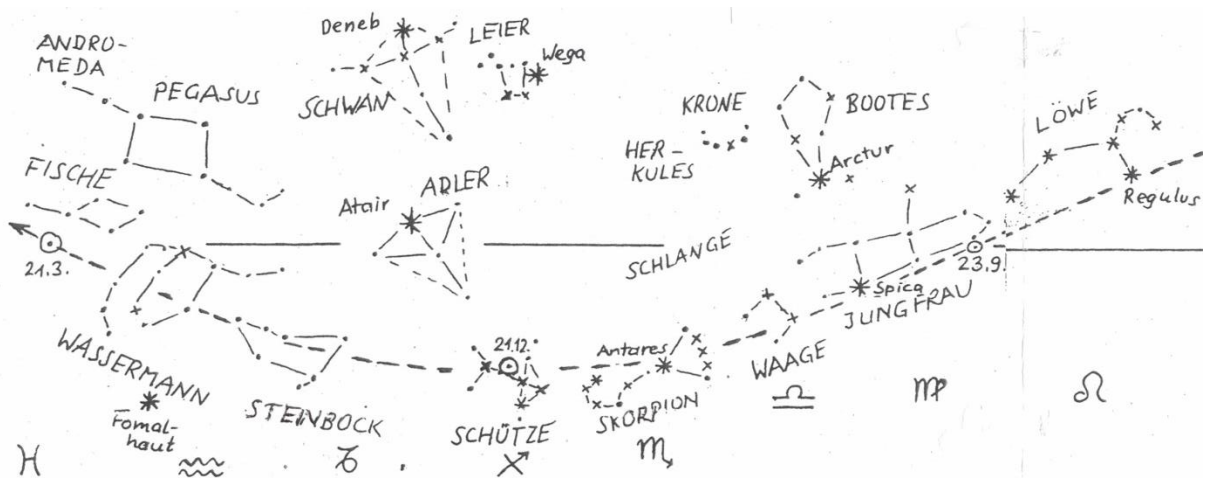
Einige *helle Sterne im Tierkreis zeigen die Ekliptik* auf, damit können wir sie besser finden. Der aufsteigende Tierkreis geht von den Fischen am unteren Rand des mäßig erkennbaren Widders zum Stier knapp *oberhalb des Aldebaran* vorbei.

Der Krebs würde zentral durchquert, doch er ist viel zu schwach. In den Zwillingen erreicht die Ekliptik nicht ganz den unteren Hauptstern *Pollux*.



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.

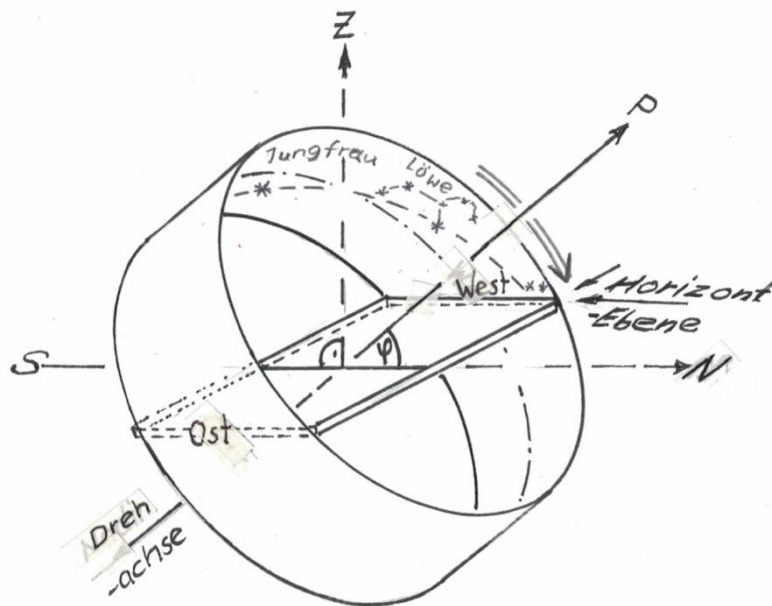
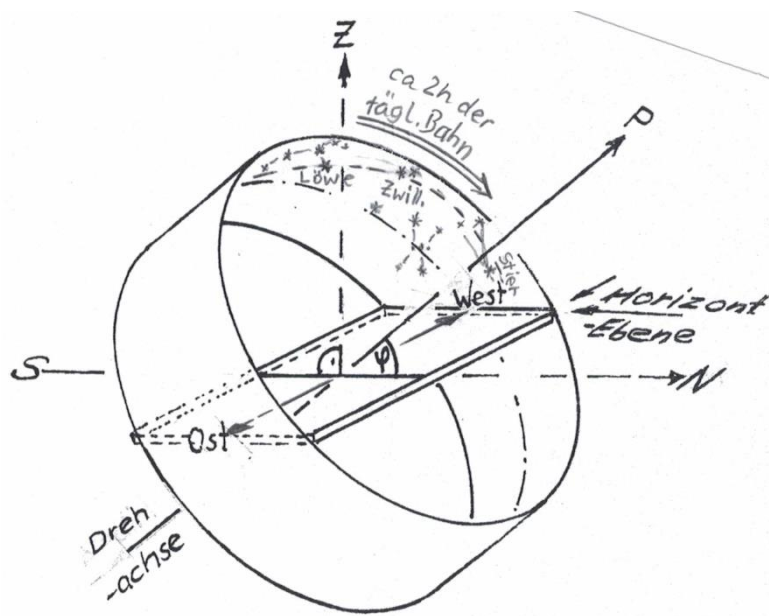
Einen guten Stützpunkt stellt der *Regulus* im Löwen dar, der fast genau getroffen wird, danach kreuzt ihr Weg den Äquator (Herbstpunkt!) und kommt in der Jungfrau knapp an der *Spica* vorbei.



Der Sonnenweg (Eklptik) 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 Eklptik – 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).



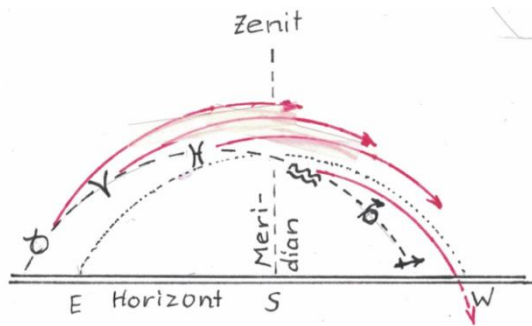
Die Achse dieses Reifs wird zum Pol ausgerichtet und wir drehen den Reif beim Blick nach Norden entgegen der Uhr; wenn wir uns umwenden und nach Süden schauen, erscheint uns diese Drehung nach rechts mit der Uhr. Die Stellung in der 1. Abbildung entspricht einem Frühlingsabend nach Sonnenuntergang – im dem Orion am südwestlichen Himmel; in den nächsten 2h geht der Orion unter und der Löwe neigt sich zum Westhorizont.

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 verzerrt.

Die Lage der Ekliptik innerhalb des Tierkreises ist aber nicht alleine wegen der Sonnenbahn für uns wichtig. Auch alle anderen Wandler, also der Mond und die echten Planeten (Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn) können nur Standorte auf oder knapp neben der Ekliptik einnehmen. Die jeweils sichtbaren Planeten weisen uns am Himmel also auch immer auf die Lage des Tierkreises hin.

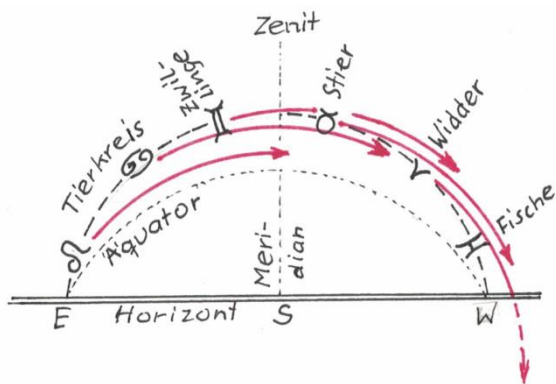
Wegen der starken Abweichung der Ekliptik gegen den Äquator (von $-23,5^\circ$ bis $+23,5^\circ$) wechselt der Anblick des Tierkreises als Himmelsbogen ständig seine Lage und Höhe; er pendelt zwischen östlicher und westlicher Lage und auch in Höhe und Tiefe des Bogens. Bei gleicher Uhrzeit (z.B. Mitternacht) braucht ein kompletter Formdurchgang ein ganzes Jahr, aber auch jeden Tag vollbringt er mit der Himmelsdrehung einmal ganz.

Die 4 Hauptstellungen sind nacheinander aufgezeichnet, jeweils mit dem Blick nach Süden mit dem Horizont von (Nord-)Ost nach (Nord-)West. Drei davon können in einer einzigen Winternacht gesehen werden:



(A) *Weihnachtsabend (=Michaelinacht bzw. Ostermittag):*

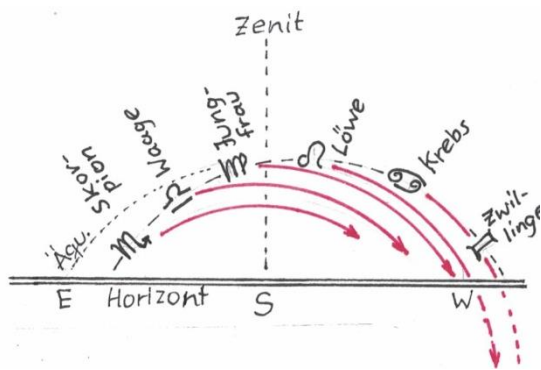
Die Sonne ist bereits im SW untergegangen (unter dem Bild Schütze). Der Tierkreis „steht“ nach links verschoben neben dem Äquator (von Nordost bis Nordwest). Die Sternbilder darin folgen in den nächsten Stunden nicht dem Tierkreisbogen, sondern in Bögen „parallel“ zum Äquator.



Dadurch kommt der Stier in 6h von links außen hoch über den Äquator in den Süden. Der Tierkreis hat nun seine höchste Stellung:

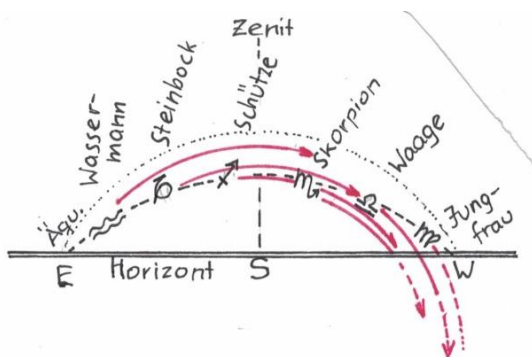
(B) *Weihnachten um Mitternacht (= Michaelimorgen bzw. Johanni mittags):*

Auf diesen höheren Bögen neigen sich die Bilder in den nächsten Stunden zum Horizont.



Der Tierkreis steht dann nach rechts verschoben neben dem Äquator:

(C) *Weihnachten morgens (=Osternacht):*
Die Sonne ist im Südosten unter dem Horizont und bereitet ihren Aufgang vor.



(D) *Johannizeit um Mitternacht (=Weihnachten mittags):*

Nun ist der tiefstehende Tierkreis am besten zu sehen - zwischen Südost und Südwest mit nur 20° Höhe im Süden.

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 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.

4.9 Tierkreis-Kalender

<i>Das Sonnenjahr ist eingeteilt in die 12 Tierkreis-Zeichen, Diese beginnen am:</i>	<i>Folge im Zodiak:</i>	<i>Die Sonne betritt wirklich auf ihrer Himmelsbahn das Tierkreis-Sternbild am:</i>
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.

5. Der Mond

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 auch noch schwankend. Seine *Form verändert* er dabei auch noch, in dem 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 etwa 50 Minuten später im Süden durch den Meridian. Doch die Verspätung bei Auf- und Untergang kann zwischen ¼ und 1¼ Stunde schwanken!

5.2 *Die Bahn des Mondes*

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 Himmel ist am besten im Tiefwinter wahrnehmbar, wenn wir einige Tage nacheinander morgens immer zur gleichen Zeit (z.B. 7°) – und hoffentlich klarem Himmel – seinen Ort in den Sternbildern notieren.

Wenn der Vollmond sich nun morgens im Nordwesten gegen den Horizont neigt, folgt ihm das Sternbild der Zwillinge. Nach zwei Tagen steht er dann um 7° mit den Zwillingen deutlich über dem Westhorizont. Nach weiteren 3 Tagen, nun fast schon zum Halbmond abgemagert, besucht er hoch im Südwesten den Löwen. Mit etwas Glück beim Wetter zeigt uns der Mond in den weiteren Tagen seinen Weg entlang des Tierkreises, er folgt also derselben Spur wie der Jahresweg der Sonne! Doch braucht er dazu nicht wie diese ein ganzes Jahr, er schafft den ganzen Himmelsweg bereits in einem Monat.

Weil nun der Vollmond immer der Sonne gegenüber steht, befindet er sich

also im entgegen gesetzten Tierkreisbild des Jahresweges der Sonne. Wir können also um den Vollmond herum genau die Sternbilder des Tierkreises beobachten, in denen sich die Sonne ein halbes Jahr vorher oder nachher befindet.

Damit steht der *Sommer-Vollmond* also um Mitternacht nur so hoch am Himmel *wie die Wintersonne*; das Sternbild Schütze wird dabei vom hellen Mondlicht überstrahlt. In der Weihnachtszeit steht der Vollmond hoch am Himmel zwischen Stier und Zwillingen, wie die Sonne zur Johannizeit.

Die Bahn 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*: 27¼ Tage dauert dieser *siderische Monat*. Weil die Sonne zwischenzeitlich selbst ein Sternbild weiter gewandert ist, braucht der Mond für dieses weitere Sternbild nochmals 2 Tage, um sich voll bescheinen zu lassen, insgesamt also 29 ½ Tage oder 1 *synodischer Monat* von einem Vollmond zum nächsten.

Mit der unterschiedlichen Höhe der Ekliptik hat er außerdem natürlich auch verschieden große Bahnen am Himmel. Es ist, als würde er mit seiner wechselnden Höhe *in 4 Wochen alle 4 Jahreszeiten* durchmachen. Doch auch hier liebt der Mond die Abweichung von der Regel: Er folgt innerhalb des Tierkreises nicht genau dem Sonnenweg, er verlässt die Ekliptik jeden Monat um bis zu 5° nach oben und unten. Besonders auffällig wird dies in Jahren, in denen der Wintervollmond (vor den Sternbildern Stier – Zwillinge) diese 5° nach oben abweicht und damit 70° Höhe erreichen kann; dafür steht er dann im Sommer entsprechend tiefer mit nur noch 13° über dem Horizont im Süden mit verspätetem Aufgang und verfrühtem Untergang in der ohnehin sehr kurzen Nacht! Dieses ungewöhnliche Schauspiel wiederholt sich alle 19 Jahre.

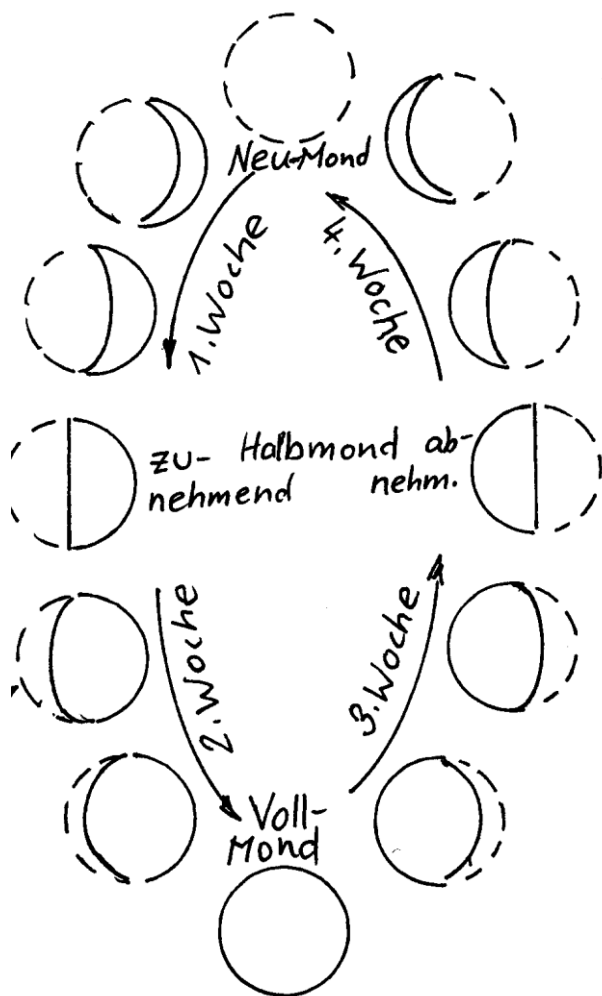
5.3 Die Phasen des Mondes

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 sehr hoch, im Sommer tief.

Zwei Wochen davor und danach steht der Mond bei der Sonne. Nun ist seine Rückseite im Sonnenlicht und zu uns zeigt er seine Schattenseite. Als *Neumond* wandert er unsichtbar mit der Sonne am Taghimmel. 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* ¼ 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.



Im Alter von 2 Wochen folgt der Mond $\frac{2}{4}$ Tage (=12 Stunden) nach der Sonne. Als *Vollmond* geht er abends auf und morgens unter.

Nach der 3. Woche steht der Mond noch hoch am Himmel, obwohl es schon tagt. Die Sonne bescheint nur noch seine linke Seite als *Halbkreis*, die andere Hälfte liegt im Eigenschatten: Es ist *abnehmender Halbmond*. Im Vergleich zu unserer Blickrichtung haben wir zwischen ihm und der Sonne einen rechten Winkel.

Er hat bereits einen $\frac{3}{4}$ Tag *Ver-spätung* und wird bald von der Sonne überrundet. Es sieht aus, wie wenn er $\frac{1}{4}$ Tag (= 6 Stunden) *vor der Sonne* über den Himmel (während der zweiten Nachthälfte und am Morgen) ginge. Wenn er im Süden steht, geht die Sonne auf. Wir können ihn also vormittags noch verblässend am südwestlichen Tageshimmel sehen.

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.



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 *Morgens-terns* über diesen Zufall.

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

Weil aber 12 Monde um 9 Tage 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 aber zwischen dem 22.März und 26.April. Erst nach 19 Jahren kann Ostern wieder auf dasselbe Datum fallen.

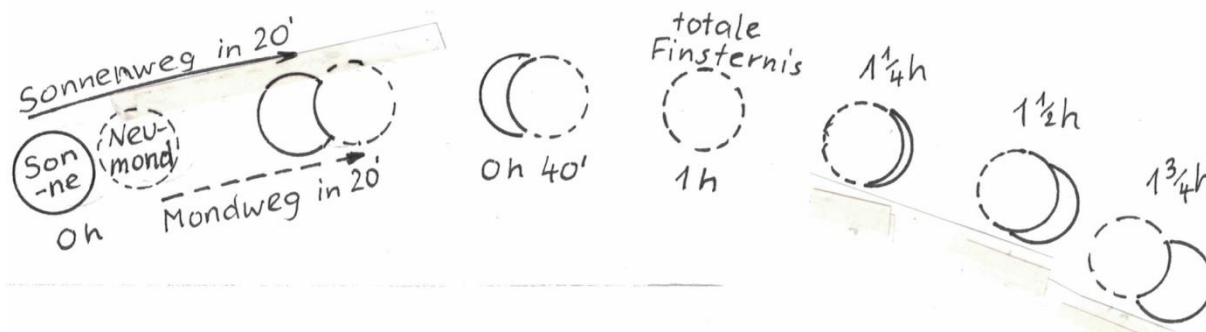
5.5 Sonnenfinsternis

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 seinem Weg die Ekliptik genau. Diese besondere Stellung – der Schnittpunkt von Mondweg mit der Ekliptik – heißt *Drachenknoten* oder *Mondknoten*.

Nur ganz selten, nämlich dann, wenn *Mondknoten-Durchgang und genau gleichzeitig Neumond-Phase* gemeinsam stattfinden, kommen dabei die drei Himmelskörper auch genau auf eine Linie. Dann kann der *Kernschatten des Mondes* die Erde treffen.

Von uns aus gesehen schiebt sich nun die dunkle Mondscheibe vor die (optisch) gleich große, leuchtende Sonnenscheibe und verfinstert sie. Wenn dies genau mittig erfolgt, gibt es eine totale *Sonnenfinsternis*, ansonsten bleibt sie partiell. Sonnenfinsternisse sind stets nur von einem eng begrenzten Gebiet der Erde aus beobachtbar, weil der Kernschatten des Mondes sehr klein ist.

Je weiter ein Beobachter von diesen Orten entfernt ist, desto mehr Sonnenlicht strahlt seitlich am Mond vorbei und es wird nicht mehr dunkel: Die Finsternis tritt dort nur partiell ein. Man bemerkt sie nur, wenn man mit einer Schutzbrille die Sonnenscheibe betrachtet. Ein Kreisbogen wird wie heraus gebissen



und eine sichelähnliche Form blieb übrig, die dann rasch wieder größer wird.

Bei einer totalen Sonnenfinsternis können einige helle Sterne sichtbar werden; es ist der einzige Zeitpunkt, an dem man beobachten könnte, in welchem Sternbild die Sonne tatsächlich steht. Mitten am Tag kann alles gespenstisch dunkel werden, Menschen und Tiere sind verunsichert. Aber alle Fernrohre sind auf die Sonne gerichtet. Die Astronomen können wenige Minuten lang die Umgebung der *Sonne und ihre Korona* (=Strahlenkranz) beobachten: Ein grandioses Schauspiel!

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 *Kernschatten der Erde* und empfängt kein Sonnenlicht mehr, er wird finster. Die abgedunkelte Fläche verbleibt aber in einem geheimnisvollen Purpur-Braun: Vom Mond aus gesehen geht die Sonne hinter der Erde unter und verschwindet im Abendrot, um kurz darauf nach einem Morgenrot wieder aufzutauchen. Dieses Dämmerlicht erzeugt auf dem Mond einen schwachen, rötlich getönten Widerschein.

Weil der Kernschatten der Erde viel größer ist als der des Mondes, muss die gemeinsame Richtung von Sonne und Mond nicht so genau erreicht werden wie bei einer Sonnenfinsternis. *Mondverfinsterungen sind daher viel häufiger* als solche der Sonne; sie dauern viel länger (bis 2 Stunden) und wiederholen sich knapp halbjährlich. Auch gibt es zwei Wochen vor und nach einer Sonnenfinsternis stets eine Mondfinsternis.

5.7 Trabant der Erde

Der Mond ist zwar für uns eine Himmelserscheinung, aber er ist noch nicht so recht kosmisch 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 an die Erde und deren Sonnenbeziehung gebunden.

Die Mondbahn um die Erde ist nur knapp kreisförmig, der Abstand zur Erde schwankt merklich um den Mittelwert von etwa 380.000 km. Diese Nähe erleichterte den Astronomen die Vermessung von Größe und Abstand enorm. Er ist immerhin so nahe, dass der Blickwinkel zu ihm sich messbar unterscheidet, wenn 2 Beobachter von unterschiedlichen Erdorten gleichzeitig den Mond anpeilen.

Der *Mond erscheint 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: Die Sonne ist entsprechend weiter entfernt. Diese Gleichheit der beiden optischen Größen ermöglicht die Erscheinung einer Sonnenfinsternis.

Merkwürdigerweise schaut der Mond uns *stets mit demselben Gesicht* an und verbirgt seine Rückseite. 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. Dies entspricht etwa der Strecke, welche früher ein Bauer während seiner Lebensarbeitszeit zu Fuß gegangen ist: $50a \times 300d \times 25km = 375.000km$.

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. Es stimmt auch nicht, dass der Mond mit seiner Anziehungskraft das Wasser anheben würde, wenn er genau darüber steht. Vielmehr regt er *regelmäßig pendelnde Meeresströmungen* an. Deren Auswirkung am Ufer hängt dann von der Küstenform und den Tiefen des Meeresbeckens ab. So gibt es zwischen Schottland und Norwegen ein Gebiet der Nordsee, das kaum mitschwingt. An der Kanalküste vor der Normandie kann dagegen der Tidenhub (Höhenunterschied zwischen Ebbe und Flut) dagegen über 10m erreichen! Kennt man aber an einem Hafen einen einzigen Flutzeitpunkt, so folgen die nächsten alle $12 \frac{1}{2}$ Stunden (= $\frac{1}{2}$ Mondenumlauf) als dann regelmäßige Wiederholung.

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 könnte, 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	Wochentag	Baum	Metall	
	Bis zum gleichen Erscheinen / Tierkreisbild				
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 dazu, die Erde jedoch nicht. In unserem heutigen Weltbild ist 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 verbleibenden Planeten sind *fünf am Himmel mit bloßem Auge sichtbar: Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn*. Alle bewegen sich 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 jeden Samstag unsere neun Planeten“
Merkur Venus Erde Mars Jupiter Saturn Uranus Neptun Pluto

Allerdings wurde der sehr kleine Pluto von den Astronomen herabgestuft zum Zwergplaneten, auch wurden zwischenzeitlich noch einige weit entfernte und dunkle Kleinplaneten dazu entdeckt; sie alle sind wohl Fremdlinge am Rande unseres Sonnensystems. Daher können wir den Spruch auch etwas abkürzen zu:

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

Die Zeichen der Wandler

									
Sonne	Merkur	Venus	Erde	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptun	Mond

Eingetragen sind neben den sichtbaren Planeten auch die nur mit Fernrohr erkennbaren, sowie Sonne und Mond.

6.4 Die „untersonnigen“ Planeten

Die Bahn der beiden sonnennächsten Planeten Merkur und Venus liegt innerhalb der Erdbahn. Diese Planeten können daher niemals (von der Erde aus gesehen) der Sonne gegenüberstehen, also auch nicht bei Nacht hoch am Himmel stehen.

Sie begleiten die Sonne meist so nah, dass sie mit ihr am Taghimmel wandern und allenfalls als Morgen- (am besten im Herbst) oder Abendstern (am besten im Frühling) sichtbar werden, sofern sie gerade einen genügend weiten seitlichen Abstand zur Sonne haben. Dann können sie noch über dem Horizont stehen, wenn die Sonne ausreichend tief darunter ist und dadurch genügend dunkle Dämmerung oder fast Nacht erreicht wird.

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.

Wenn er über dem Horizont steht, ist die Dämmerung meist noch so hell, dass er darin kaum auffällt; die Sicht wird wegen der Nähe zum Horizont dazu durch die Lufttrübung behindert. Nur wenige Menschen kennen Merkur aus eigener Anschauung.

6.4 b) Venus

Wenn die Venus am Himmel steht (als *Morgen- und 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: *Aphrodite* = *Venus*; zugehöriger Wochentag: *Vendredi*. Für die Germanen hatte diese Rolle *Freya* inne (Freia-Tag = Freitag). 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 immerhin so groß (ca. 45°) werden, dass sie auch einige Nachtstunden über dem Horizont bleiben kann. Mit bis zu -5m Helligkeit (wie 25-mal Sirius!) *überstrahlt sie sämt-*

liche 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 Sichel-form und durch ihre blendende Helligkeit.

6.5 Die „obersonnigen“ Planeten

Die sonnenfernen Planeten Mars, Jupiter, Saturn umrunden die Sonne in größerem Abstand als die Erde. Von der Erde aus gesehen können sie deswegen auch eine Stellung gegenüber der Sonne erreichen; sie stehen dann *in Opposition* zur Sonne und sind 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 das Licht der Sonne reflektieren, gewinnen sie dazu große Leuchtkraft.

In der Zeit ihrer Opposition verbleiben sie besonders lange *im gleichen Sternbild* und ziehen darin *eine Schleife*, indem sie eine Zeitlang entgegen ihrer sonstigen Bewegungsrichtung innerhalb des Tierkreises, also rückläufig wandern, bis sie wieder auf ihren rechten Weg zurückfinden. Besonders eindrucksvoll ist es, wenn sich in dieser Zeit zwei der großen Planeten begegnen.

6.5 a) Mars

Mars hat eine deutlich *rote Färbung*, welche als Bild von Kraft und Entschlossenheit gilt. Es sind Sand- und Felsfarben von eisenhaltigem Gestein. Dies macht verständlich, dass dieser Planet den Namen des römischen Kriegsgottes *Mars* (*griech.: Ares*) erhielt. Der Dienstag gehört zu ihm: „Mardi (franz.) / Martedì (ital.)“ trägt seinen Namen; „Tuesday“ (engl.) und „Zistig / Zaistig“ (allemannisch) nennt uns den germanischen Kriegsgott *Zius*, dieser galt als Beschützer des Thing. Die Eiche ist ihm geweiht.

Wenn Mars in seiner Oppositionsstellung rückläufig wird, vollbringt er mit kraftvollem Schwung die mächtigste Schleife von allen Planeten. Dabei kommt er der Erde erstaunlich nahe und erscheint 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!

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 Begleiter des Krieges.

6.5 b) 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 *Göttervaters Jupiter* (Jovi / Zeus); bei den Germanen war dies *Thor bzw. Donar*. Sein Wochentag, der Donnerstag (engl: Thursday, ital: Giovedì, franz: Jeudi), 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 kommen, 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.

Jupiter ist der größte aller Planeten. Mit einem guten Fernglas – und einer ruhigen Auflage – kann man seine 4 großen Monde sehen, die nach ihrem Entdecker Galilei als Gruppe mit dem Namen *Galileische Monde* benannt wurden. 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 vor oder hinter dem Jupiter versteckt. Ihre Namen sind: Io, Europa, Ganymed und Kallisto.

6.5 c) 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 mattes Licht nur auf, wenn er in Opposition seine größte Helligkeit erreicht.

In einem guten 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. Zur Zeit (2017-19) zeigt er sich am breitesten; 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. Mit einem sehr guten Fernrohr lässt sich aber der größte Saturnmond erkennen; er heißt Titan (= Riese) und hat fast den halben Erddurchmesser.

6.5 d) 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 den ersten als kleines milchig-grünliches Fleckchen und benannte ihn nach dem griechischen Himmelsvater Uranus, der das erste Göttergeschlecht mit Kronos begründete.

Nachdem die Bahn des Uranus einigermaßen genau vermessen war, bemerkten die Astronomen ungewöhnliche Abweichungen in der Folgezeit. Sie vermutete-

ten einen weiteren großen Planeten, der Uranus in seiner Bahn irritieren würde. Nach umständlichen Berechnungen suchte man gezielt nach dem Störfried und entdeckte ihn schließlich 1846: Die Astronomie feierte einen ihrer größten Höhepunkte! Seinen Namen bekam er nach dem römischen Meeresherrn Neptun.

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: 165 Jahre braucht der Neptun für eine Sonnen-Umrandung. Auch erscheint die Sonne dort draußen nur so klein wie bei uns die Venus in der Zeit ihres größten Glanzes und die Beleuchtung ist nur noch minimal. So erklärt sich die geringe Helligkeit der beiden als Sterne am Nachthimmel, obwohl sie eigentlich noch Riesen sind mit mehrfachem Erddurchmesser.

6.6 Planetoiden, Asteroiden

Erst mit der systematischen Suche mittels Langzeitfotografien fand man vor 80 Jahren die schwache Lichtspur des Planeten *Pluto*. Nach den neuesten Entdeckungen weiterer *Zwergplaneten* am Rande unseres Sonnensystems wurde Pluto diesen zugeordnet und zählt seitdem nicht mehr zum Kreis der richtigen Planeten. Auch schon zuvor galt er bereits als Fremdling aufgrund seines völlig anderen Umlaufverhaltens.

Bereits um 1800 gelang es, deutlich lichtstärkere Teleskope zu bauen. Mit diesen machte man die ersten überraschenden Entdeckungen im Sonnensystem. Neben Uranus waren es zunächst 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, die eher Bruchstücken gleichen, von denen nur einer noch 20km Größe erreicht. Ihre Gesamtheit bildet den *Asteroidengürtel*, der die große Lücke zwischen Mars und Jupiter füllt.

6.7 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 nötigen 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 als *Schweif* hell erleuchtet.

6.7 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 = 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 von über 40 km/sec 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), *Draconiden* 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 Durchmesser ist wohl

ein Überrest eines solchen Einschlagkraters.

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 6.7.2002 bei Neuschwanstein (Füssen) wurde die Bahn durch etliche Filmaufnahmen belegt, was die spätere Suche erleichterte. Man schätzt, dass ein 300kg schwerer Brocken in 85km Höhe das erste Aufleuchten verursachte und durch die Hitze in 20km Höhe gesprengt wurde. Nach einem Vierteljahr wurde das erste Bruchstück mit 1,7kg gefunden, ein Jahr darauf zwei weitere mit 1,6 und 2,8kg.

Ein häufiger 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 gar staubförmig, dass sie gar nicht oder nur kaum sichtbar werden.

Anhang

Lieder

Text: Matthias Claudius

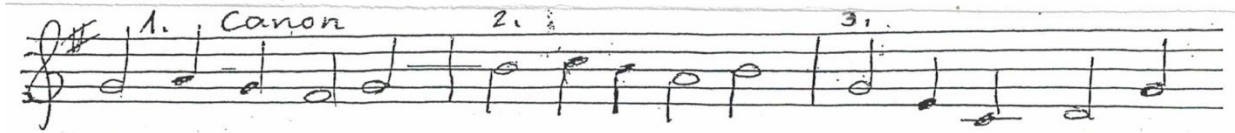
Viel Sterne glo-ri- ie - ren. Ich ha-be sie wohl gern. Am
lieb-sten a-ber hab' ich den Morgen- und Abend- stern

Werner v. Geist

Wie die ho-hen Sterne kreisen, ewig vol-ler
AL- le Schöpfung schwingt im Reigen, Freude heißt ihr
Har-monie, sollen uns-res Le-bens-weisen
ho-hes Lied. Nur der Mensch will sich nicht neigen
un- verwirret sein wie sie. In dem Gro-ßen
jagt nach anderm Glück sich müd. Freunde sucht de.
in ødem klei-nen will der weiten Gott er-scheinen
Sinn der D'inge dass auch Freu-de euch durchdringe

Italienischer Kanon: La notte scende („schende“),
il cuore prende („kuore“)
e pace stende („paatsche s-tende“)

(Ü: A.Fischer) Nacht sinkt hernieder,
Herz nimmt sich wieder
Ruhe und Frieden (wörtlich: „und Frieden umhüllt“)



La not- te scen- de, il cuo- re pren- de, e pa- ce sten- de
Nacht sinkt her- nie- der, Herz nimmt sich wieder, Ru- he und Frie- den

Gedichte

Nacht ist schon herein gesunken,
schließt sich heilig Stern an Stern,
große Lichter, kleine Funken
glitzern nah und fern;
glitzern hier im See sich spiegelnd,
glänzen droben klarer Nacht,
tiefsten Ruhens Glück besiegelnd
herrscht des Mondes volle Pracht.
(Goethe)

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

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)

Bei uns sichtbare 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>
<i>Dubhe</i>	αUMa	1,9	Großer Wagen (Gr.Bär) = Ursa Maior ; <i>arab: Bär</i>
<i>Mizar</i>	ζUMa	2,4	Deichselknick, über ihm „Alcor“ das Reiterlein
<i>Capella</i>	αAur	0,2	Fuhrmann = Auriga <i>lat: Zicklein</i> , Dez.24°° im Zenit
<i>Wega</i>	αLyr	0	Leier = Lyra; <i>arab: zustoßender Adler</i> ; Juli 24°° i. Zenit

b) Tierkreis

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

c) auf und über dem Äquator

<i>Arctur(-us)</i>	αBoo	0	Bootes (Rinderhirte) <i>griech: Bären-Hüter</i> gelblich-ruhig
<i>Atair</i>	αAqu	0,8	Adler = Aquila; <i>arab: fliegender Adler</i>
<i>Deneb</i>	αCyg	1,2	Schwan = Cygnus <i>arab: Schwanz(-Feder)</i>
<i>Schedir</i>	γCyg	1,5	<i>arab: Brust</i>
<i>Algenib</i>	αPer	1,9	Perseus <i>arab: rechte Seite</i>
<i>Algol</i>	βPer	2-3,5	<i>arab: Kopf der Gol</i> (weibl.Dämon); „Teufelsstern“ „Haupt der Medusa“; berühmtester veränderlicher Stern (3 Tage)
<i>Sirrah</i>	αAnd	2,1	Andromeda <i>arab: Schulter d.Pferdes</i> (Pegasus)
<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)
<i>Rigel</i>	βOri	0,3	<i>arab: Fuß</i> (rechts unten) hell funkelnd (bläulich)
<i>Beteigeuze</i>	αOri	0,4-1,3	<i>arab: Schulter</i> (links oben) Roter Riese, veränderl.
3 Gürtelsterne	δ, ε, ζ Ori	1,7-2,5	(5a 8mon) Minimum: April 2018
<i>Orion-Nebel</i>	M42	2,9	sehr großer Nebel (3°), im Fernglas gut erkennbar

d) unter dem Äquator

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

Die Sternkürzel sind nach ihrem Sternbild benannt in der Reihenfolge ihrer (früher vermuteten) Größe: αβγδεζη (alpha, beta, gamma, delta, epsilon, zeta, eta,...)

Einige Bücher zur Himmels-Kunde / -Beobachtung

Walter Kraul: Erscheinungen am Sternenhimmel

Die Bewegung der Gestirne beobachten und verstehen 136 S. € 19,90

(alles für den Klassenlehrer – samt Tafelbilder – und interessierte Schüler)

Liesbeth Bisterbosch: Sternen- und Planetenkalender

Jeweils neu für das lfd. Kalenderjahr mit Monatsbildern ca € 20,-

Auswahl von brauchbaren Titeln, z.T. vergriffen:

Herve Burillier: Sternführer für Einsteiger *Die 60 wichtigsten Sternbilder*

Joachim Ekrutt: Sterne und Planeten *Sternbilder und Planeten schnell erkennen*

Perrey: Sternbilder u. ihre Legenden *Die klassischen Mythen der Sternbilder*

Cornelius: Was Sternbilder erzählen *Die Mythologie der Sterne*

W. Schadewaldt: Sternsagen *Die griech. Götter- u. Heldensagen der Sternbilder, verlässlich erzählt vom Tübinger Altphilologen Schadewaldt*

Basteln, Experimentieren und Beobachten

Die folgend angebotenen Bausätze sind in der Regel aus Karton. Tipp: Sammelbestellung in der Klasse spart Kosten, ab 10 Stück 10% Nachlass. Zu beziehen bei A.Fischer, Tannenäcker 30; 89079 Ulm; e-mail: adoric.fischer@web.de

Die Himmelsuhr *Drehbare Sternkarte für Sonne; Mond u. Sterne, mit ausführl. Anleitungsheft zur Eigenbeobachtung* 6,- €

Zirkumpolarsterne *Drehbare Sternkarte für den nördlichen Himmel* 1,50 €

Kleine Sternenuhr *um Polarstern, zum Zusammenstecken ins Epochenheft* 0,60 €

Sonnenbahnen in den Jahreszeiten *Kartonmodell zum Klappen* 1,20 €

Von AstroMedia: Versand: adoric.fischer@web.de oder info@astromedia.de

(Bestellnummer jeweils direkt nach dem Titel)

Der kleine Sternhimmel 101.KST: *kleine Kuppelsternkarte (20cm)* 2,20 €

Der Pendelquadrant 102.QUA: *Einfacher Winkelmesser für Sternhöhe* 1,- €

Der große Sternhimmel 201.GST: *Halbkugel mit 52cm Durchmesser als Heimplanetarium mit Leuchtfarbe [+Schwarzlichtlampe 405.SWL]* 12,90 € [+9,95€]

