

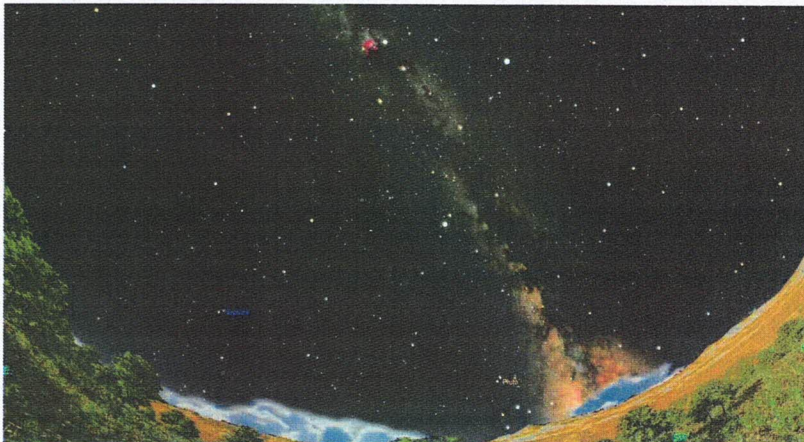
Während der Himmel über unseren Köpfen bei Tag in seiner gleichmäßig hellblauen Farbe eher langweilig daher kommt, offenbart sich uns bei Nacht ein Meer von etwa 6000 kleinen Lichtpunkten, die mit bloßem Auge (bei perfekten Beobachtungsbedingungen) zu erkennen sind. Diese wunderbare Erscheinung hat die Menschen schon immer dazu angeregt, sich damit zu befassen.

In welchen Kulturen beschäftigten sich Menschen nachweislich mit Astronomie? Welche Intentionen haben sie dabei verfolgt?

1. Orientierung am Sternhimmel

1.1 Einführung in die Astronomie

Faszination Sternhimmel



Nachthimmel am 15. September um 22:00 nach Süden, Simulation

- älteste Wissenschaft überhaupt (Sumerer, Ägypter, Maya, ...)
- wichtig für Kalendertechnung (Ackerbau, Nilüberschweemung, Feste)
- Himmel als Sitz des Göttlichen (Priesterastronomen)



Antikythera-Mechanismus, Nationalmuseum Athen, wikipedia

Das abgebildete Gerät wurde 1901 von Unterwasser-Archäologen aus einem Wrack einer Galeere vor der Küste der griechischen Insel Antikythera geborgen und auf die Zeit v.Chr. datiert. Es handelt sich um einen mechanischen Rechner zur Kalenderrechnung und dem Lauf von Mond und Planeten. Vergleichbar komplexe Geräte finden sich in der Kulturgeschichte erst 1500 Jahre später wieder.

1.1 Einführung

1

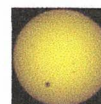
Mit bloßem Auge zeigen sich die Objekte am Nachthimmel alle als mehr oder weniger helle kleine Lichtpunkte. Erst die Nutzung von Teleskopen half uns, die unterschiedliche Natur dieser Objekte zu erfassen. Sie unterscheiden sich erheblich in ihrem Aufbau aber auch in ihrer Bahnbewegung im Jahresverlauf.

Erläutere die Unterschiede der angegebenen Himmelskörper und Strukturen.

Immer bessere Teleskope ermöglichen uns einen Blick in die Tiefen des Raumes und offenbaren größere Strukturen, in die sich Sterne und Planeten einfügen.

Die wichtigsten Objekte am Nachthimmel

- Sterne leuchten aufgrund von hoher Temperatur (Kernfusion), unsere Sonne ist ein Stern
- Planeten sind kühl, reflektieren nur Licht, laufen um die Sonne
- Monde umkreisen Planeten
- Klein- oder Exoplaneten sind kleiner als Planeten

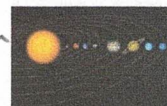


- Meteoriten Brocken aus Gestein, verglüht beim Eintritt in die Erdatmosphäre
- Kometen "dreckiger Schneeball"
- Nebel aus Gas und Staub, großflächig, Brutzone für Sterne und Planeten



Strukturen im Kosmos (moderne Sicht)

- Sonnensystem Stern mit umlaufenden Planeten
- Galaxie Ansammlung von Sonnensystemen, besteht typisch aus 100 Mrd. Sternen
- Galaxienhaufen lokale Häufung von Galaxien



alle Bilder aus: wikipedia.de

Um sich die Orientierung am Sternhimmel zu erleichtern, haben die Menschen schon früh begonnen, sich bestimmte Gruppen von Sternen als zusammengehöriges "Sternbild" zu merken.

Markiere das Teilsternbild "Großer Wagen" im "Großen Bär" und stelle die Orientierungsregel für das Auffinden des Polarsterns dar.

Versuche die drei wichtigen Sommersternbilder Schwan (Cygnus), Leier (Lyra) und Herkules im Sternhimmel auf der ersten Seite zu finden.

Die Sternbilder haben auch heute noch für die praktischen Astronomen bei der Orientierung, aber auch bei der Bezeichnung von einzelnen Sternen große Bedeutung.

Tolle Seite hierzu:
astrokramkiste.de

Wir werden im Verlauf des Kurses auch zahlreiche quantitative Aufgaben bearbeiten. Die Einführung von neuen Einheiten und relativen Angaben erleichtert hierbei dem Umgang mit den Daten ganz erheblich.

Scheinbare Strukturen - Sternbilder

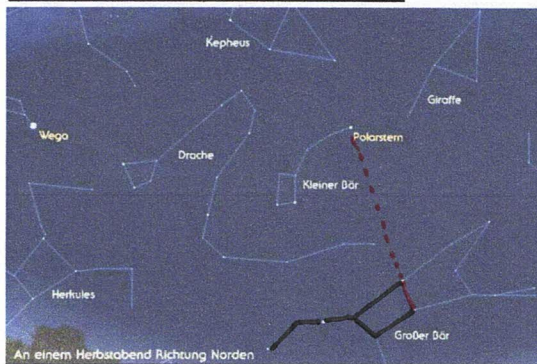


Abb. aus astrokramkiste.de

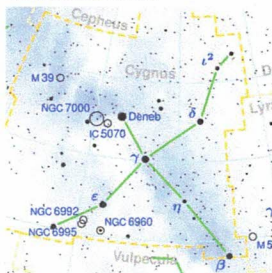


Abb. aus wikipedia.de



Hindefachse des großen Wagens
mal 5 \rightarrow Polarstern
(liegt genau am Himmelspol)
alle Sterne rotieren um
diesen Pol

- Sterne werden nach dem Sternbild und ihrer Helligkeit benannt, die besonders hellen haben zusätzl. eigene Namen
z.B. α_{Cygni} = Deneb, β_{Cygni} = Albireo
- Sterne eines Bildes haben oft keinen lokalen Zusammenhang, da wir die Staffelung in die Tiefe des Raumes nicht wahrnehmen können (vorne & hinten)

Astronomische Größenordnungen

- alle Daten (Länge, Masse, ...) sind im Vergleich zu irdischen Maßstäben

sehr groß

- Einheiten für Länge:

$$1 \text{ AE} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ m} \approx 150 \text{ Mio km (astronom. Einheit, Abstand Erde-Sonne)}$$

$$1 \text{ Lj} = 9,46 \cdot 10^{15} \text{ m (Lichtjahr, Weg des Lichts in einem Jahr)}$$

- Beispiele für Massen:

$$m_{\text{Erde}} = 6,2 \cdot 10^{24} \text{ kg}, \quad m_{\text{Jupiter}} = 138 \cdot m_{\text{E}}$$

$$m_{\text{Sonne}} = 2,0 \cdot 10^{30} \text{ kg}, \quad m_{\text{Deneb}} = 20 \cdot m_{\text{Sonne}}$$

- Alter des Universums:

$$13,7 \text{ Mrd Jahre}$$

- Alter des Universums:

Selbst-Check:

- historische Einordnung
- Objekte am Himmel
- größere Strukturen
- astronomische Größenordnungen

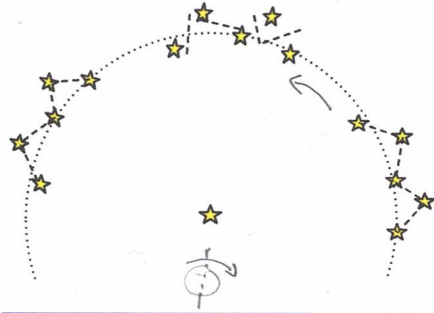
Aufgabe:

Nutze einen unbewölkten Abend in dieser Woche und suche die Sternbilder großer Wagen (+ Polarstern), Schwan, Leier und Hercules auf. Tipp: die drei hellsten Sterne in südlicher Richtung sind Deneb (Hinterteil des Schwans), Lyra (Spitze der Leier) und Altair (gehört schon zum Adler unterhalb des Schwans). Hercules findest Du abends westlich von der Leier. Nützliche Hinweise gibt's bei „astrokramkiste.de“

Das Sternbild Cassiopeia findet sich am nördlichen Sternhimmel. Bei längerer Beobachtung läuft Cassiopeia auf einer Kreisbahn um den stets ruhenden Polarstern (Animation). **Erläutere diese Beobachtung. Gib auch die Richtung der scheinbaren Sternbewegung an.**

1.2 Rotation der Erde

Bewegung des Sternhimmels während der Nacht



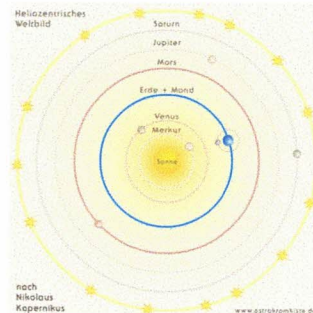
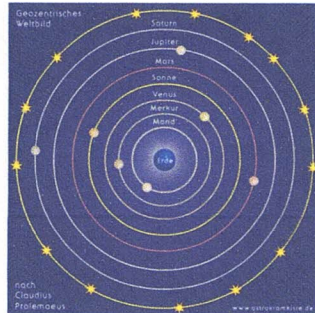
Erde dreht sich um ihre Achse in Nordrichtung betrachtet im Uhrzeigersinn (W → O) → Sterne bewegen sich scheinbar entgegengesetzt, Erde wird ruhend wahrgenommen

in beiden Fällen benötigt man

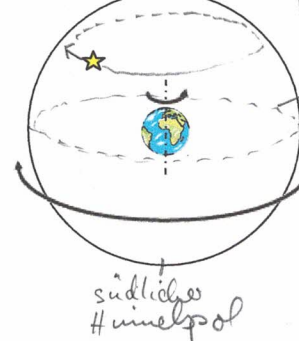
- entweder eine rotierende Fixsternsphäre
- oder eine rotierende Erde

Im Mittelalter glaubte man, die Erde würde im Zentrum des Kosmos ruhen (**geozentrisches Weltbild**) und die Sterne wären auf einer Kugelschale festgepappt, die um unsere Erde rotiert. Durch Kopernikus wurde dieses Modell durch das **heliocentrische Weltbild** abgelöst, in dem die Erde die Sonne umkreist.

Vergleiche die beiden Weltbilder hinsichtlich der Erklärung der Beobachtung.



nördlicher Himmelspol



Himmelskugel

Himmelsäquator teilt Kugel in Nord- und Südhalbkugel

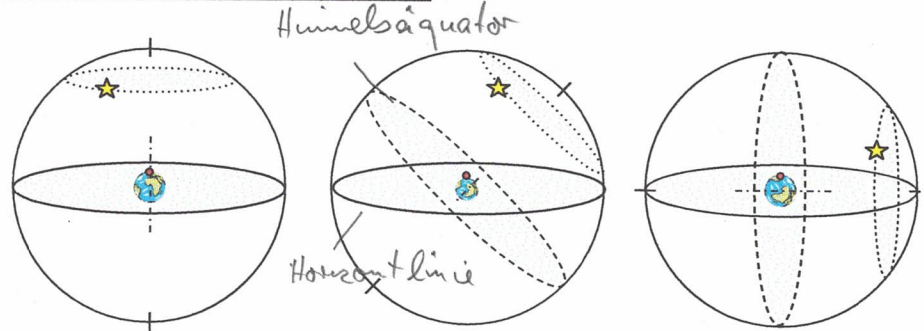
• Erde scheinbar in Ruhe

• Himmelskugel mit allen Sternen rotiert scheinbar

In der praktischen Astronomie verwenden wir auch heute das Modell der Himmelskugel mit Sternen, die um unsere Erde rotiert.

Je nachdem, wo wir auf der Erde den Nachthimmel beobachten, stellt sich die scheinbare Bewegung der Himmelskugel unterschiedlich dar (der rote Punkt zeigt die Beobachterposition, die durchgezogene Linie den Horizont, der sich bei der Beobachtung in ebenem Gelände ergibt). Ähnlich wie bei den Polen projizieren wir auch den Erdäquator auf die Himmelskugel → **Himmelsäquator** (gestrichelte Linie).

Verschiedene Positionen des Beobachters



Vollziehe die Aussagen für den Beobachter am Nordpol an Hand der ersten Zeichnung nach. Ergänze dann die Tabelle sinngemäß für die beiden anderen Positionen.

Beobachter am Nordpol	Beobachter in mittleren Breiten	Beobachter am Äquator
nördlicher Himmelspol am Zenit	nördlicher Himmelspol schräg	nördlicher Himmelspol am Horizont
südlicher Himmelspol unsichtbar	südlicher HP unsichtbar	südlicher HP am Horizont
Himmelsäquator am Horizont	Himmelsäquator schräg	Himmelsäquator senkrecht
Sterne gehen nie auf oder unter	manche sind immer sichtbar (zirkumpolar), manche gehen unter	alle Sterne gehen senkrecht auf und unter
stets nur die Nordhälfte des Himmels sichtbar	auch ein Teil der Südhalbkugel sichtbar	halbe Süd- und halbe Nordhälfte des Himmels sichtbar

des Himmels sichtbar

Da unsere Erde keine Scheibe sondern eine Kugel ist, sehen wir die Sterne je nach Standorten in unterschiedlichen Richtungen am Himmel stehen. Viele Sterne sehen wir gar nicht, die z.B. ein Beobachter in Südafrika sehen kann, und umgekehrt.

Notiere die Bedeutung der typischen Abkürzungen und markiere diese in der Zeichnung. Vereinfachend ist die Situation im unteren Bild als zweidimensionale Seitenansicht dargestellt.

Wie wirkt sich eine Änderung der Beobachterposition auf die Winkel in der Zeichnung aus

Basisaufgabe:

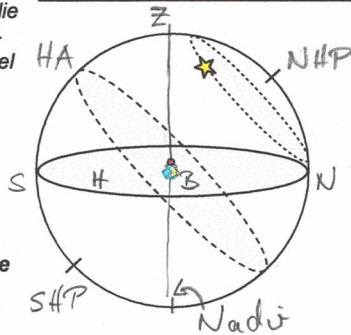
Die Deklination von Albireo im Schwan beträgt 28° . Bestimme die größte Höhe (obere Kulmination), die Albireo am Standort Marktoberdorf (geograph. Breite 48°) erreicht.

Aufgabenstellung jeweils für Marktoberdorf (Breite = 48°).

- Trage in die Zeichnung nebenstehenden Begriffe ein und bestimme ihre Werte.
- Bestimme die Deklination eines Sterns im Zenit Z bzw. im Südpunkt S.
- Bestimme die Höhe eines Sterns mit Deklination $+10^\circ$ bzw. -10° im Meridian.
- Bestimme die möglichen Deklinationen für Zirkumpolarsterne (= Sterne, die nie untergehen).
- Bestimme die Höhe eines Sterns mit 80° Deklination in oberer und unterer Kulmination.

Winkel zwischen HÄ und S ist immer: $90^\circ - \varphi$

Koordinaten - Horizontsystem und Äquatorialsystem



NHP = nördlicher Himmelpol
 SHP = südlicher Himmelpol
 HÄ = Himmelsäquator
 Z = Zenit (senkrecht über Beobachter)
 H = Horizont
 N = Nordpunkt
 S = Südpunkt
 B = Beobachter

Grundeigenschaft der Zeichnung:

Der Winkel zwischen

Horizontlinie und Polachse

entspricht genau

der geographischen Breite φ des Standortes

zwei Koordinatensysteme:

Deklination = Winkel zwischen Stern und Himmelsäquator (für jeden Standort und jede Zeit gleich)

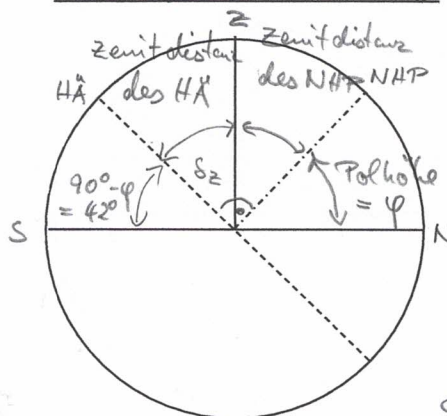
Höhe = Winkel zwischen Stern und Horizont (variiert mit Standort und Zeit)

$$h = 180^\circ - (48^\circ + 90^\circ) + 28^\circ$$

$$= 90^\circ - 48^\circ + 28^\circ = 42^\circ + 28^\circ = 70^\circ$$

$$\text{oder } h = 90^\circ - (48^\circ - 28^\circ) = 90^\circ - 20^\circ = 70^\circ$$

Weitere Begriffe und Zusammenhänge



Meridian = Kreisbogen durch die Punkte S - Z - NHP - N

für Marktoberdorf (Breite = 48°)

$$\text{Zenitdistanz des HÄ: } 90^\circ - 42^\circ = 48^\circ = \varphi$$

$$\text{Zenitdistanz des NHP: } 90^\circ - \varphi = 90^\circ - 48^\circ = 42^\circ$$

$$\text{Polhöhe: } h_p = \varphi = 48^\circ$$

$$b) \delta_z = 48^\circ, \delta_s = 42^\circ$$

$$c) h(\delta = +10^\circ) = 42^\circ + 10^\circ = 52^\circ$$

$$h(\delta = -10^\circ) = 42^\circ - 10^\circ = 32^\circ$$

$$e) h_{\text{oben}} = 48^\circ + 10^\circ = 58^\circ$$

$$h_{\text{unten}} = 48^\circ - 10^\circ = 38^\circ$$

d) zirkumpolar

$$\delta = 180^\circ - 2 \cdot 48^\circ - 42^\circ$$

$$= 90^\circ - 48^\circ = 42^\circ \text{ oder kleiner}$$

Selbst-Check:

- scheinbare Bewegung der Sterne in der Nacht
- Abhängigkeit vom Beobachterstandort
- Standardzeichnung
- Deklination und Höhe

Aufgaben:

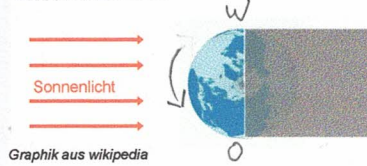
Mit dem Zusatzblatt kannst Du die hier eingeführten Berechnungen weiter üben.

Ein Teil der Fragen im Leifitest „Quiz zur scheinbaren Bewegung von Gestirnen“ ist jetzt für Dich lösbar. Du findest ihn unter Astronomie – Sternbeobachtung – Aufgabenübersicht.

Um die Entstehung von Tages- und Jahreszeiten zu verstehen, betrachten wir die Erde vom Weltall aus. Zwei voneinander unabhängige Bewegungen (Eigenrotation der Erde und Kreisbahn um die Sonne) machen das schon relativ kompliziert, zumal die Drehachse der Erde auch noch geneigt ist. **Erkläre, wie der Wechsel von Tag und Nacht sowie die Jahreszeiten zustande kommen.** (die Sonne ist real wesentlich größer als die Erde)

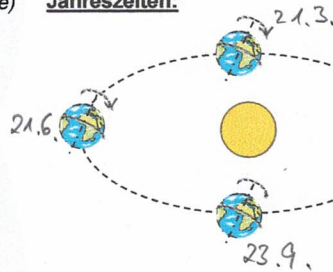
1.3 Erde und Sonne

Tag und Nacht:

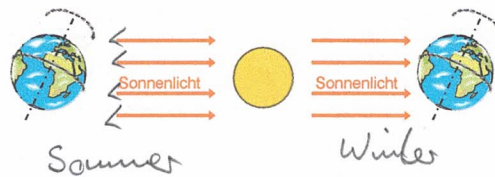


Graphik aus wikipedia

Jahreszeiten:

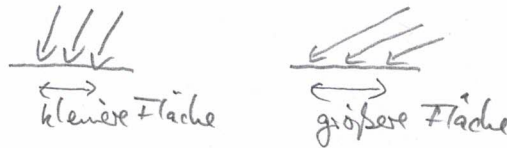


Erklärung und Animation zur Entstehung der Jahreszeiten gibt es auf Leifphysik unter Astronomie – Astronomie Einführung – Jahreszeiten – Grundwissen.



Da die Erdachse gekippt ist gegenüber der Ebene der jährlichen Erdbahn um die Sonne, erhält im Sommer die Nordhalbkugel im Winter die Südhalbkugel mehr Sonneneinstrahlung → Jahreszeiten

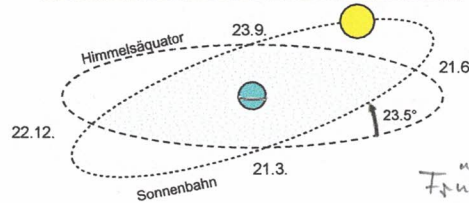
Das mehr an Solareinstrahlung ergibt sich aus dem steileren Einfall der Sonnenstrahlen und der längeren Tagesdauer



flacher Einfall → Strahlung verteilt sich auf größere Fläche → weniger intensiv

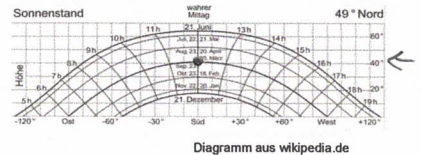
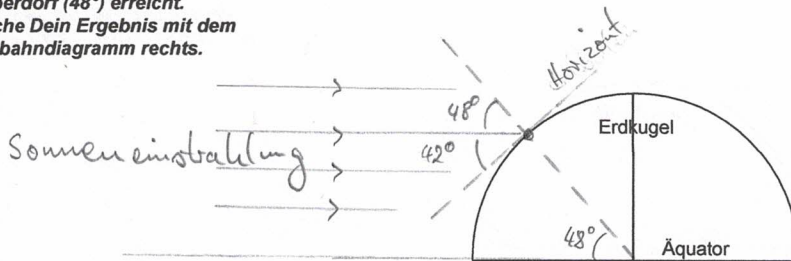
Nun drehen wir wieder die Sichtweise um und betrachten die Sonne als Element auf der Himmelskugel von einer feststehenden Erde aus. **Vergleiche die Zeichnung mit der Darstellung des Erdumlaufes auf der vorherigen Folie und stelle den Zusammenhang her.**

Scheinbare Sonnenbahn im Jahresverlauf:



Ermittle ausgehend von der Erde in äquatorialer Lage die Höhe, die die Sonne am 23.9. mittags in Marktoberdorf (48°) erreicht. Vergleiche Dein Ergebnis mit dem Sonnenbahndiagramm rechts.

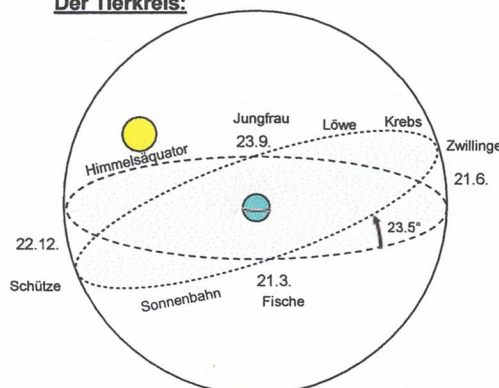
Scheinbare Bahn der Sonne im Tagesverlauf:



Sonne erreicht im Herbst 42° im Meridian (mittags). Am Sommeranfang 23° mehr, am Winteranfang 23° weniger.

Unsere Himmelskugel enthält nicht nur die scheinbare Sonnenbahn, sondern auch eine Fülle von Sternbildern. Die Sternbilder, die die Sonne auf ihrem jährlichen (scheinbaren) Umlauf um die Erde gerade kreuzt, weisen dem Zeitabschnitt eines von zwölf nach Tieren benannten Sternzeichen zu (Astrologie). **Begründe, dass der Sommer ein ungeeigneter Zeitraum ist, um am Nachthimmel das Sternbild Zwilling zu suchen.**

Der Tierkreis:



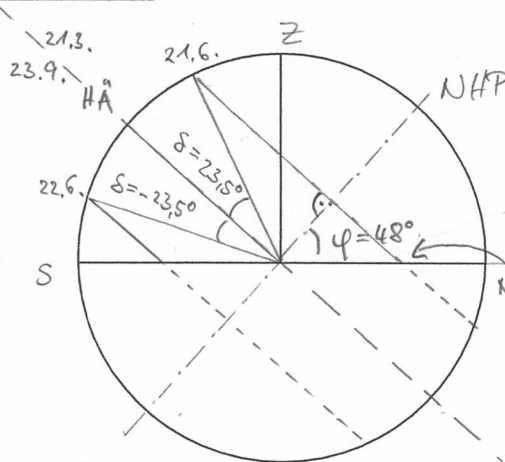
Die Sonne steht am 21.6. im Zwilling, d.h. wenn wir den Zwilling am Himmel suchen, finden wir dort auch unsere Sonne, es ist Tag (da sieht man keine Sterne). Im Winter ist die Sonne im Schützen, Zwilling liegt dann auf der Nachtseite.

Die Kreisdarstellungen für die Positionen von Sternen an der Himmelskugel (letztes Kapitel) eignen sich auch perfekt für die Analyse der Sonnenbahn.

- Trage in die Zeichnung zunächst das äquatoriale Koordinatensystem für den Standort Marktoberdorf ein.
- Zeichne die Bahnkurven für die Sonnenbahnen am Sommer-/Herbst-/Winteranfang ein (Tipp: die Sonne hat verschiedene Deklinationswerte, die Du auf der Vorderseite findest).
- Diskutiere die Zeichnung im Hinblick auf Sonnenauf- und -untergang sowie die Tageslänge.
- Wiederhole die Schritte a) bis c) für Hammerfest in Norwegen (Breite 71°) in einer neuen Zeichnung.

Analyse der täglichen Sonnenbahn

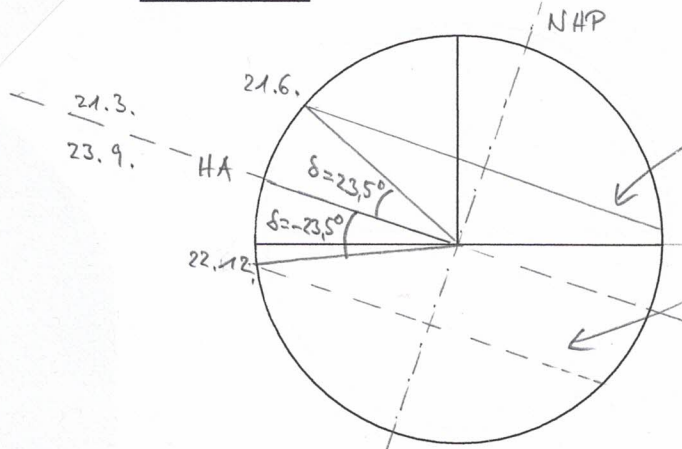
Marktoberdorf (48°):



Im Frühjahr (Herbst) sind die Teile der Sonnenbahn über und unter dem Horizont jeweils gleich. Tag und Nacht sind also gleich lang (Äquinoktium).

Im Sommer ist die sichtbare Bahn (also auch der Tag) länger (Sonnenaufgang NW, in Winter kürzer (Sonnenaufgang SW)).

Hammerfest (71°):

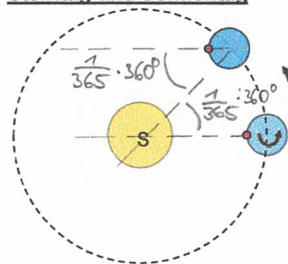


Im Sommer verläuft die Sonne den ganzen Tag über dem Horizont, geht also nicht unter (Polartag), im Winter ist sie gar nicht zu sehen (Polarnacht).

Am Frühlings- und Herbstanfang dauert der Tag überall auf der Welt 12 h.

Für Astronomen ist die Frage, wie lang ein Tag dauert, nicht so leicht zu beantworten. Wir definieren die Tageslänge über einen kompletten Umlauf der Sonne über die Himmelskugel. Diesbezüglich gibt es aber Unterschiede zwischen der Sonne und den Sternen, die wir in der Nacht sehen. **Vergleiche die Zeitdauern bis zur Wiederholung der gleichen Sonnenposition und der gleichen Sternposition.**

Sterntag und Sonnentag



Nach einer Rotation der Erde stehen die weit entfernten Sterne wieder in derselben Richtung, die Sonne steht aber nicht mehr an derselben Stelle, da die Erde weitergewandert ist. Es ist also noch etwas Erdrotation ($\frac{1}{365}$ eines Vollkreises) zusätzlich nötig.

Ein Sonnentag ist um $\frac{1}{365}$ länger als ein Sterntag.

Entsprechend ist ein Sterntag $\frac{1}{365}$ kürzer als ein Sonnentag. Das macht

einen Unterschied von 4 min pro Tag, 28 min pro Woche, 2 h pro Monat

und 24 h pro Jahr. Weil wir Sterne aber nur bei Nacht sehen können,

ändert sich die Gestalt des Nachthimmels im Jahresverlauf von Nacht zu Nacht.

Selbst-Check:

- Tag/Nacht, Jahreszeiten
- Sonnenbahn, Ekliptik
- Polartag/-nacht
- Sterntag/Sonnentag

Übungsmöglichkeiten:

Zu diesem Kapitel passt die Pisa-Aufgabe: „Tageslänge (Pisa 2003)“. Du findest sie auf Leifphysik unter Astronomie – Astronomie Einführung – Aufgabenübersicht.