

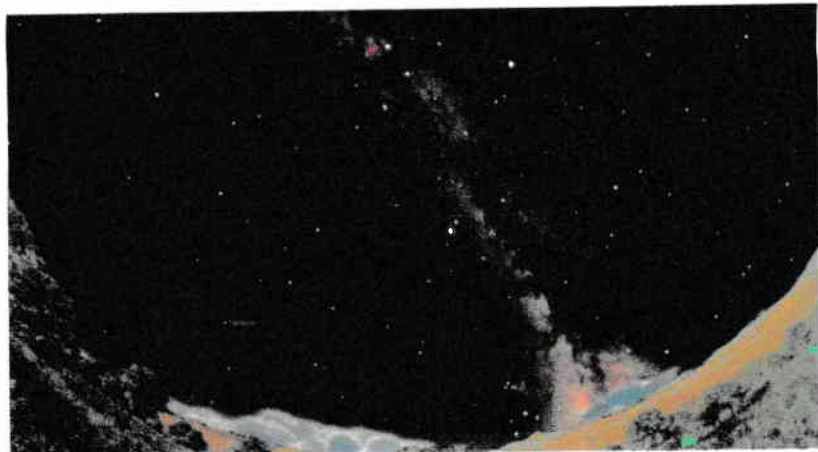
Während der Himmel über unseren Köpfen bei Tag in seiner gleichmäßig hellblauen Farbe eher langweilig daher kommt offenbart sich uns bei Nacht ein Meer von etwa 6000 kleinen Lichtpunkten, die mit bloßem Auge (bei perfekten Beobachtungsbedingungen) zu erkennen sind. Diese wunderbare Erscheinung hat die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

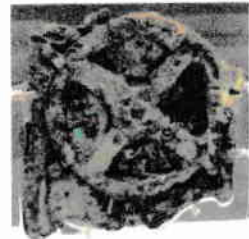
1.1 Einführung in die Astronomie

Faszination Sternhimmel



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

- älteste Wissenschaft überhaupt (Sumerer, Ägypter, Maya, ...)
- wichtig für Kalenderechnung (Ackerbau, Nilüberschwemmung, 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 Kalenderechnung und dem Lauf von Mond und Planeten. Vergleichbar komplexe Geräte finden sich in der Kulturgeschichte erst 1500 Jahre später wieder.

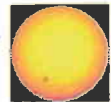
Mit bloßem Auge zeigen sich die Objekte am Nachthimmel alle als mehr oder weniger helle kleine Lichtpunkte. Erst die Nutzung von Teleskopen half uns, die unterschiedliche Natur dieser Objekte zu erfassen. Sie unterscheiden sich erheblich in ihrem Aufbau, aber auch in ihrer Bahnbewegung im Jahresverlauf.

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.

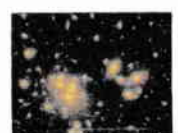
Die wichtigsten Objekte am Nachthimmel

- 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 kleiner als Planeten
- Exoplaneten: Planeten außerhalb des Sonnensystems
- Meteoriten Brocken aus Gestein, verglüht beim Eintritt in die Erdatmosphäre
- Kometen Brocken aus Eis, Staub und Gestein
- 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. Sonnen
- 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 Hercules 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.

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

Scheinbare Strukturen - Sternbilder



Abb. aus astrokramkiste.de



Abb. aus wikipedia.de

Hinterachse des großen Wagens mal 5 → Polarstern (liegt genau am Himmelspol)
alle Sterne rotieren um diesen Pol

- Sterne werden nach dem Sternbild und ihrer Helligkeit benannt, die besonders hellen haben zusätzlich eigene Namen, z.B. α_{Cygni} = Deneb; β_{Cygni} = Albireo
- Sterne eines Bildes haben oft ~~keinen~~ lokalen Zusammenhang, da wir die Stoffelung 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:

$$1 \text{ AE} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ m} \approx 150 \text{ Mio km}$$

(astronomische 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 Mrd Jahre

Selbst-Check:

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

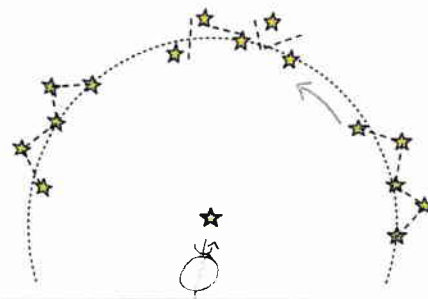
Aufgabe:

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. **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 ($\omega \rightarrow 0$)
 → Sterne bewegen sich scheinbar entgegengesetzt; Erde wird ruhend wahrgenommen

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



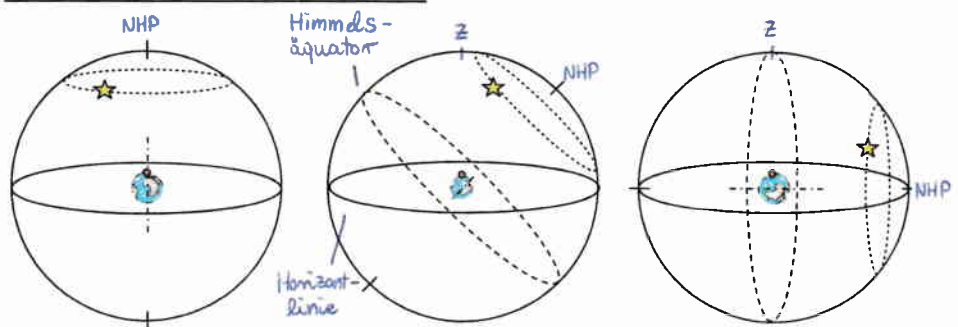
in beiden Fällen benötigt man
 • entweder eine rotierende Fixsternsphäre
 • oder eine rotierende Erde

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

• Erde scheinbar in Ruhe
 • Himmelskugel mit allen Sternen rotiert scheinbar

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 Himmelspol unsichtbar	südlicher Himmelspol 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 Südhälfte sichtbar	halbe Süd- und halbe Nordhälfte 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.

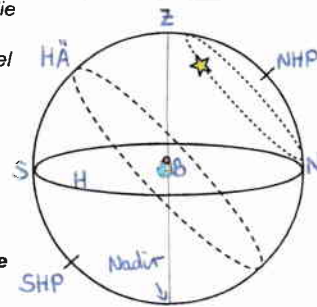
Notiere die Bedeutung der typischen Abkürzungen und markiere diese in der Zeichnung. Vereinfachend ist die Situation im unteren Bild als zweidimensionale Seitenansicht dargestellt.

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.

Koordinaten - Horizontsystem und Äquatorialsystem



NHP = nördlicher Himmelspol
 SHP = südlicher Himmelspol
 HÄ = Himmelsäquator
 Z = Zenit (senkrecht über dem Boden)
 H = Horizont
 N = Nordpunkt (auf dem Horizont im Norden)
 S = Südpunkt (" " " " Süden)
 B = Beobachter

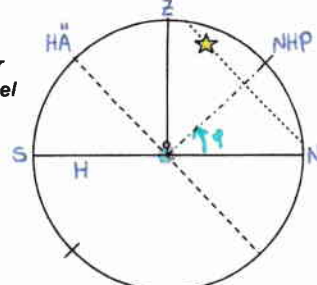
Grundeigenschaft der Zeichnung:

Der Winkel zwischen

Horizontlinie und Polachse

..... entspricht genau

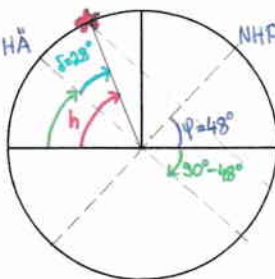
der geographischen Breite φ des Standorts



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)



$$h = (90^\circ - 48^\circ) + 28^\circ = 70^\circ$$

1.2 Rotation der Erde

3

Aufgabenstellung jeweils für Marktoberdorf (Breite = 48°).

a) Trage in die Zeichnung nebenstehende Begriffe ein und bestimme ihre Werte.

b) Bestimme die Deklination eines Sterns im Zenit Z bzw. im Südpunkt S.

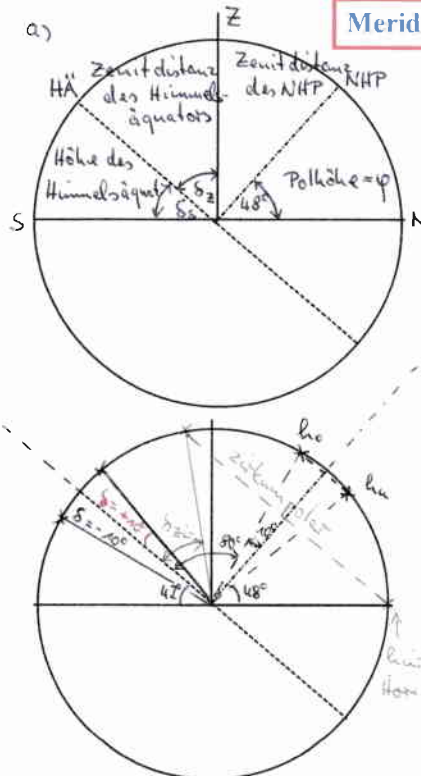
c) Bestimme die Höhe eines Sterns mit Deklination $+10^\circ$ bzw. -10° im Meridian.

d) Bestimme die möglichen Deklinationen für Zirkumpolarsterne (= Sterne, die nie untergehen).

e) Bestimme die Höhe eines Sterns mit 80° Deklination in oberer und unterer Kulmination.

Weitere Begriffe und Zusammenhänge

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



für Marktoberdorf (Breite = 48°)

Zenitdistanz des HÄ: $90^\circ - (90^\circ - \varphi) = \varphi = 48^\circ$

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

Polhöhe: $h_p = \varphi = 48^\circ$ (= geographische Breite)

b) $\delta(\text{Zenit}) = 90^\circ - 42^\circ = 48^\circ$

$\delta(\text{Südpunkt}) = -42^\circ$ (unterhalb des HÄ)

c) $h = 42^\circ + 10^\circ = 52^\circ$
 $h = 42^\circ - 10^\circ = 32^\circ$ } $h = (90^\circ - \varphi) + \delta$

d) $\delta_{zu} \geq 180^\circ - 2 \cdot 48^\circ - 42^\circ = 90^\circ - 48^\circ = 42^\circ$

$\delta_{zu} \geq 42^\circ$ ($\delta_{zu} \geq 90^\circ - \varphi$)

e) $h_o(\delta = 80^\circ) = 48^\circ + 10^\circ = 58^\circ$ (größte Höhe)

$h_u(\delta = 80^\circ) = 48^\circ - 10^\circ = 38^\circ$ (kleinste Höhe)

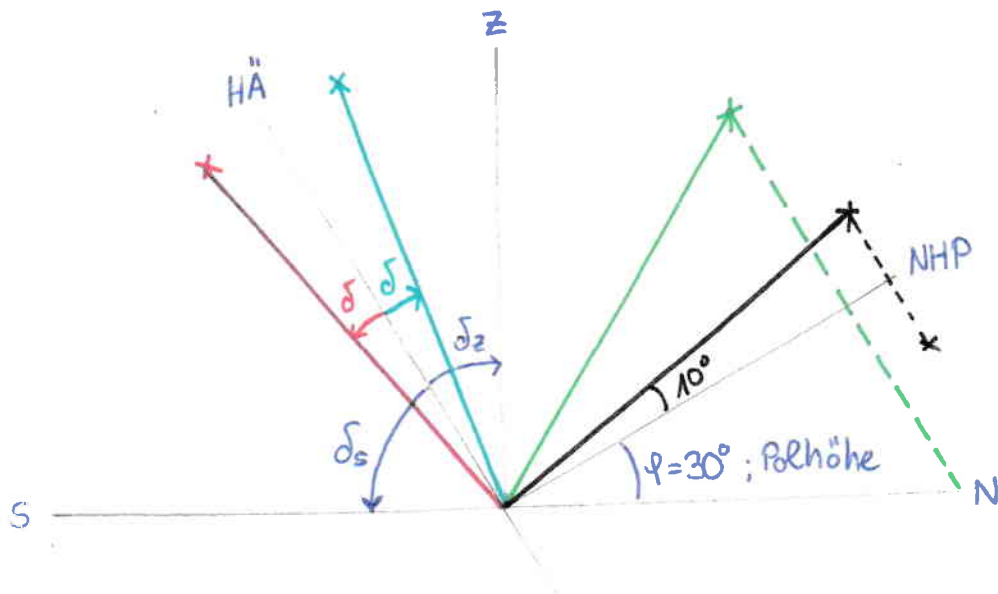
Selbst-Check:

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

Aufgabe:

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 lösbar. Du findest den Test auf Leifiphysik unter Astronomie - Sternbeobachtung - Aufgabenübersicht.

Kairo $\varphi = 30^\circ$



Zenitdistanz des HÄ : 30°
 Zenitdistanz des NHP : 60°
 Polhöhe : 30°

$\delta(\text{Zenit})$: 30°

$\delta(\text{Südpunkt})$: -60°

$h = 60^\circ + 10^\circ = 70^\circ$

$h = 60^\circ - 10^\circ = 50^\circ$

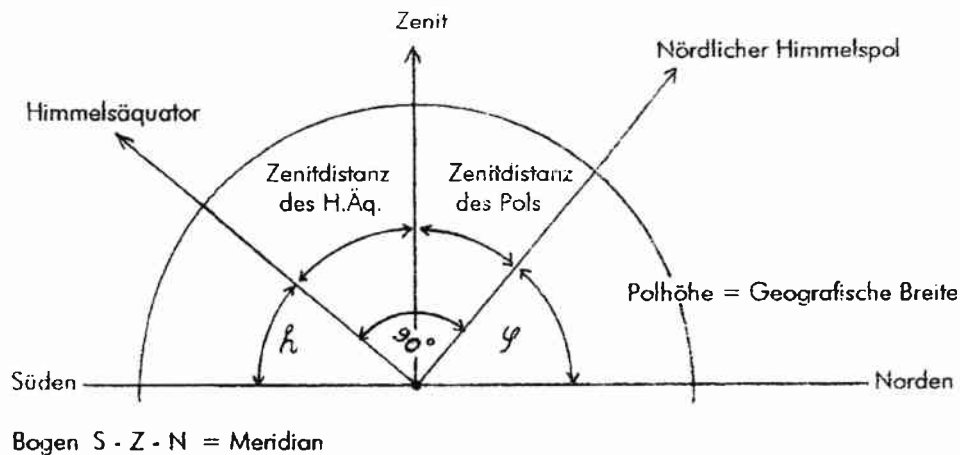
$\delta(\text{zirkumpolar}) \geq 90^\circ - 30^\circ \geq 60^\circ$

$h_o(\delta = 80^\circ) = 30^\circ + 10^\circ = 40^\circ$

$h_u(\delta = 80^\circ) = 30^\circ - 10^\circ = 20^\circ$

GK Astronomie 6

Übungsblatt



	MOD	Athen	Kairo	Assuan	Singap.	Nordkap	Nordpol	Kapstadt
Geografische Breite = Polhöhe	+ 48°	+ 38°	+ 30°	+ 24°	+ 2°	+ 71°	+ 90°	- 34°
Zenitdistanz des Pols	42°	52°	60°	66°	88°	19°	0°	56°
Zenitdistanz d. H.Äq.	48°	38°	30°	24°	2°	71°	90°	34°
Höhe des H.Äq. im Meridian	42°	52°	60°	66°	88°	19°	0°	56°
Deklination eines Sterns im Zenit	48°	38°	30°	24°	2°	71°	90°	-34°
Deklination eines Sterns am Südpunkt	-42°	-52°	-60°	-66°	-88°	-19°	0°	-56°
Höhe eines Sterns mit Deklin. = +10°	52°	62°	70°	76°	82°	29°	10°	46°
Höhe eines Sterns mit Deklin. = -10° im Meridian	32°	42°	50°	56°	78°	9°	-10°	66°
Deklination der Zirkumpolarsterne	≥ 42°	≥ 52°	≥ 60°	≥ 66°	≥ 88°	≥ 19°	≥ 0°	≤ -56°
Höhe eines Sterns mit Deklination = +80° in ob. Kulmination	58°	48°	40°	34°	12°	81°	80°	-24°
in unt. Kulmination	38°	28°	20°	14°	-8°	61°	80°	-44°

zum SHP

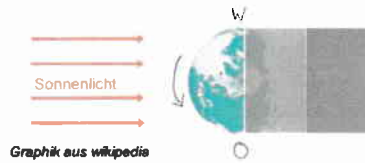
Deklination = Winkelabstand zum Himmelsäquator

Die Deklination ist an der gedachten Himmelskugel die Koordinate, die der geografischen Breite auf der Erdkugel entspricht. Also: Deklination des Himmelsäquators = 0 Grad, Deklination des nördl. Himmelspoles = +90 Grad, des südlichen = -90 Grad.

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

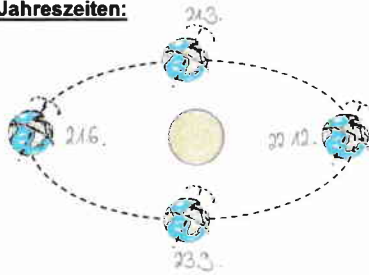
Tag und Nacht:



Graphik aus wikipedia

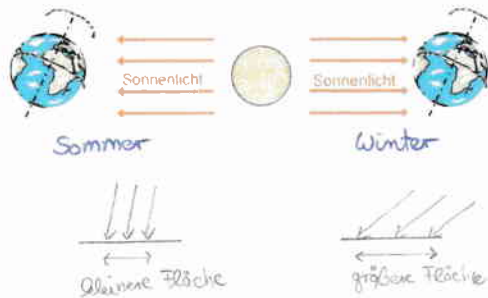
Die Erde rotiert einmal pro Tag um ihre Achse. Dabei bewegt sich die Erdoberfläche von West nach Ost.
→ Sonne und Sterne bewegen sich scheinbar von Ost nach West
→ Wechsel Tag / Nacht

Jahreszeiten:



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

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



1.3 Erde und Sonne

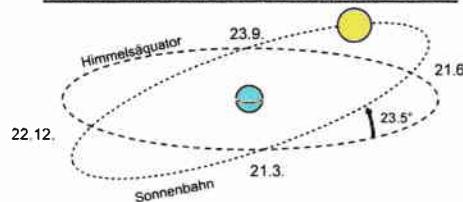
Das mehr an Sonneneinstrahlung ergibt sich aus dem steileren Einfall der Sonnenstrahlen und der längeren Tagesdauer

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.**

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 Sonnenbahn im Jahresverlauf:



Scheinbare Bahn der Sonne im Tagesverlauf:

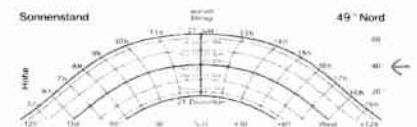
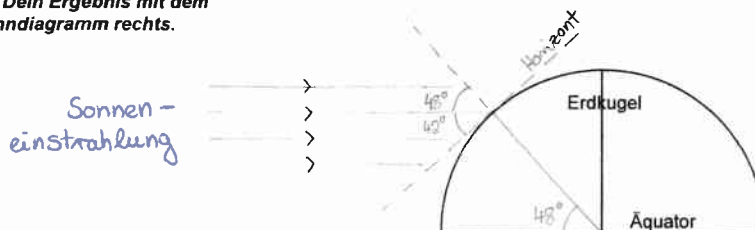
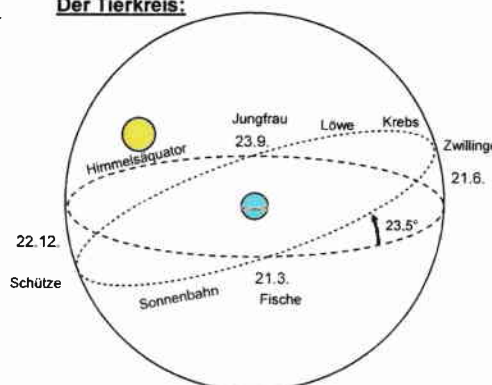


Diagramm aus wikipedia.de

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:



1.3 Erde und Sonne

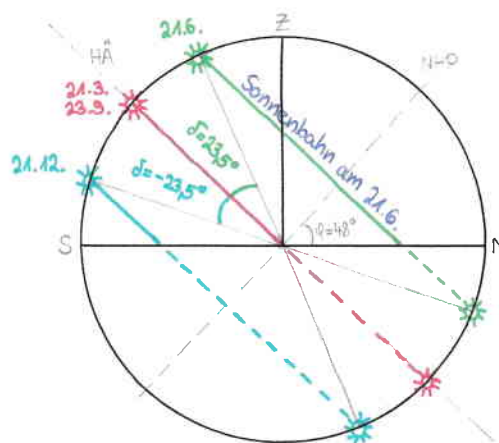
Die Sonne steht am 21.6. im Zwilling, d.h. wenn wir den Zwilling am Himmel suchen, finden wir dort auch die Sonne, es ist Tag (da sieht man keine Sterne). Im Winter ist die Sonne im Schützen, Zwilling liegt dann auf der Nachtseite.

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.

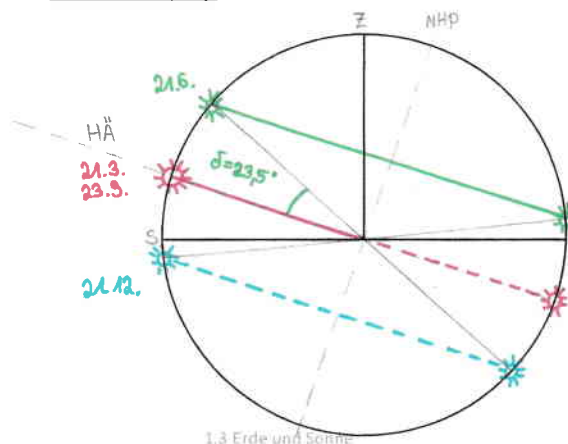
Analyse der täglichen Sonnenbahn

Marktoberdorf (48°):



Im Frühjahr/Herbst sind die Teile der Sonnenbahn über und unter dem Horizont jeweils gleich \rightarrow Tag und Nacht sind also gleich lang (Äquinoktium).
Im Sommer ist die sichtbare Bahn (also auch der Tag) länger als die nicht sichtbare Bahn (Nacht).
Im Sommer geht die Sonne im Nordosten auf und im Nordwesten unter (Winter SO und SW).

Hammerfest (71°):



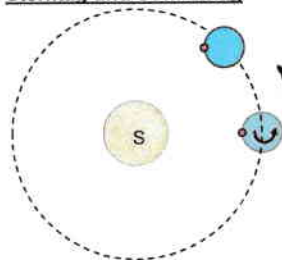
Im Sommer verläuft die Sonne den ganzen Tag über dem Horizont, geht also nicht unter (Polartag, Mitternachtssonne).

Im Winter geht die Sonne gar nicht auf (Polarnacht).

Am Frühlings- und Herbstanfang sind Tag und Nacht weltweit gleich lang (je 12h).

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 (360°) der Erde sieht man die weit entfernten Sterne wieder in derselben Richtung, die Sonne steht aber nicht mehr in der ursprünglichen Richtung, da die Erde weitergewandert ist. Es ist also noch etwas Erdrotation nötig, ($\frac{1}{365}$ eines Vollkreises), bis die Sonne wieder in derselben Richtung steht, also ein Tag (24h) vergangen ist.



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

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

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

und 1 Tag 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 Leifiphysik unter Astronomie – Astronomie Einführung – Aufgabenübersicht.