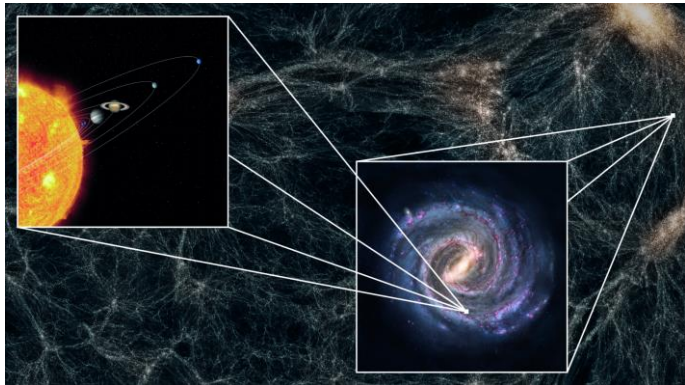


PLANETARIUM WIEN

Solaris

Ein Streifzug durch das Sonnensystem



Kurzbeschreibung

Das Sonnensystem ist unser Zuhause im Kosmos. Gemeinsam mit sieben weiteren Planeten umkreisen wir die Sonne, die sich ihrerseits um das Zentrum der Milchstraße bewegt. Die Milchstraße schließlich ist Teil eines riesigen Netzwerks aus unvorstellbar vielen Galaxien. Genau hier startet unser Streifzug, bei dem wir zahlreichen Phänomenen auf den Grund gehen: Wie bewegen sich die Planeten am Himmel? Wieso gibt es Jahreszeiten? Welche Rolle spielt die Gravitation im Universum und was passiert eigentlich im Inneren der Sonne? All dies und vieles mehr beleuchten wir in Solaris.

Zielgruppe

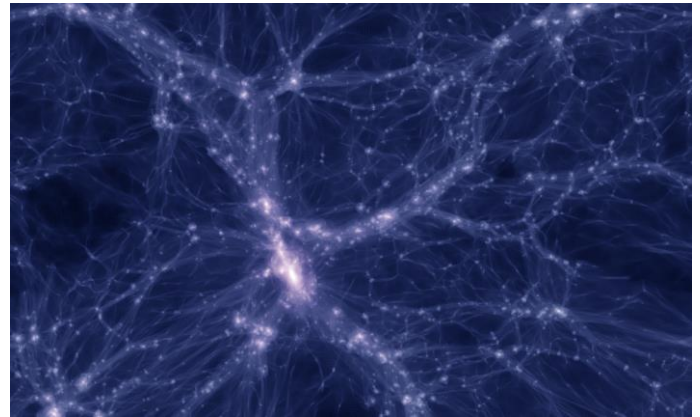
NMS/Gymnasium 2. - 5. Schulstufe

Inhalte

- Kosmisches Netz
- Was ist ein Lichtjahr?
- Galaxien
- Die Milchstraße
- Sterne
- Warum leuchten Sterne?
- Das Sonnensystem - unser kosmisches Zuhause
- Aufbau des Sonnensystems
- Die Sonne
- Die Planeten
- Eigenrotation
- Dimension
- Bewegung der Planeten
- Die Planeten am Himmel
- Erdrotation und der Nachthimmel
- Jahreszeiten
- Die Sonne am Himmel

Kosmisches Netz

Auf einer Skala von 500 Millionen Lichtjahren ist die sichtbare Materie nicht gleichmäßig im Raum verteilt. Sie sammelt sich in einer wabenartigen Struktur an, die als *Kosmisches Netz* bezeichnet wird. Die Lichtpunkte stellen Galaxien bzw. Ansammlungen von Galaxien dar. Wir sehen die Galaxien, weil sie aus Sternen bestehen. Sterne erzeugen im Inneren Energie und strahlen diese als Licht ab. Dieses Licht können wir beobachten.

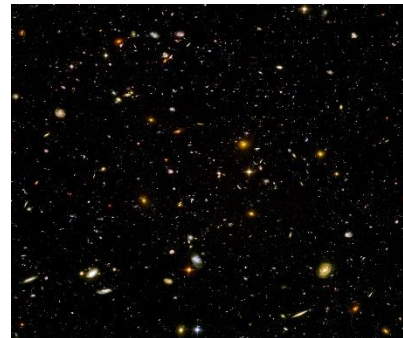


Kosmisches Netz (www.nasa.gov)

Was ist ein Lichtjahr?

Das *Lichtjahr* ist die wichtigste Entfernungseinheit in der Astronomie: Es handelt sich um die Distanz, die das Licht in einem Jahr zurücklegt. Licht breitet sich mit 300.000 km/s zwar sehr schnell, aber nicht unendlich schnell aus. Mit dem Zusammenhang $Distanz = Geschwindigkeit \times Zeit$ ergibt sich ein Lichtjahr als die unvorstellbare Entfernung von 9,5 Billionen Kilometern. Das entspricht etwa 600.000 mal dem Abstand zwischen Erde und Sonne.

Galaxien

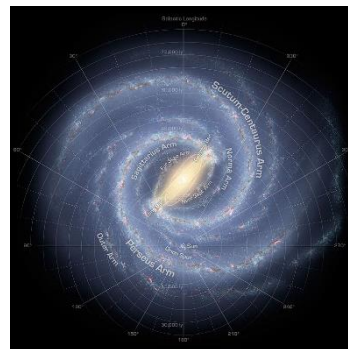


Galaxien aufgenommen mit dem Hubble Welt- raumteleskop (www.spacetelescope.org)

Galaxien sind riesige Ansammlungen von Sternen und kommen in unterschiedlichen Formen vor (spiralförmig, elliptisch, irregulär, etc.). Die Form einer Galaxie sagt etwas über ihr Alter aus. Spiralgalaxien sind eher jung. Sie enthalten noch viel interstellares Gas, aus denen neue Sterne entstehen.

In den alten elliptische Galaxien ist die Sternentstehungsrate deutlich geringer, der Großteil des interstellaren Gases ist bereits aufgebraucht. Insgesamt schätzen wir, dass es im Universum etwa eine Billion Galaxien gibt.

Die Milchstraße



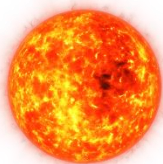
Die Milchstraße - eine Spiralgalaxie - ist unsere Heimatgalaxie im Universum. Ihr Durchmesser beträgt ca. 100.000 Lichtjahre. Dabei ist sie lediglich 4.000 (Rand) bis 16.000 (Zentrum) Lichtjahre dick. Die Anzahl der Sterne wird auf 100 - 300 Milliarden geschätzt. Die Milchstraße enthält jedoch nicht nur

Sterne. Zwischen den Sternen gibt es große Mengen an Gas und Staub, die sog. *Interstellare Materie*. Im Zentrum vermuten wir ein Schwarzes Loch. Von dort aus gehen mehrere Arme spiralförmig nach außen. Wir befinden uns mit unserer Erde etwa 26.000 Lichtjahre vom Zentrum entfernt zwischen zwei Spiralarmen.

Die Milchstraße wird von der *Gravitation* - also der *Schwerkraft* - zusammengehalten. Die Gravitation ist die Kraft, mit der sich Materie gegenseitig anzieht. Die selbe Kraft, die bei uns auf der Erde reife Äpfel zu Boden fallen lässt, hält auch die ganze Materie in einer Galaxie.

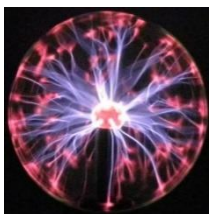
Sterne

Alle Sterne, die wir am Nachthimmel sehen können, sind Sterne unserer Milchstraße. Sterne sind riesige Kugeln und bestehen hauptsächlich aus Wasserstoff. Wasserstoff ist das häufigste chemische Element im Universum und einer der Hauptbestandteile von Wasser. Betrachten wir einen beliebigen Stern näher, so sieht er der Sonne sehr ähnlich. Und tatsächlich: Sterne sind nichts anderes als Sonnen oder - anders ausgedrückt - unsere Sonne ist ein Stern.



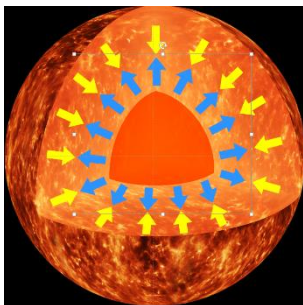
Warum leuchten Sterne?

Wasserstoff ist eigentlich ein Gas. In einem Stern ist es jedoch so heiß und so dicht, dass sich der Wasserstoff in einem etwas seltsamen Zustand befindet, den wir *Plasma* nennen. Plasmen gibt es auch bei uns auf der Erde, zum Beispiel in einer Plasmakugel. Eine Plasmakugel ist eine gasgefüllte Glaskugel. In der Mitte sitzt eine Metallkugel, die unter einer hohen elektrischen Spannung steht. Dadurch bildet sich aus dem Gas ein Plasma. Ein wesentlicher Unterschied zum Gas ist, dass ein Plasma elektrischen Strom leitet.

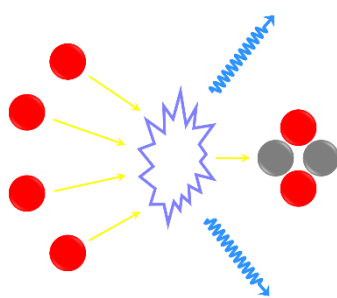


Ein Plasma ist also nichts "Außerirdisches". In Sternen geht's jedoch viel extremer zu. Das liegt an der Gravitation! Die selbe Kraft, die die Materie in einer Galaxie bindet, hält auch Sterne zusammen: Sie führt dazu, dass sich der Stern zusammenzieht und im Inneren sehr heiß wird. Ab einer gewissen Temperatur von ca. 15 Millionen °C passiert nun etwas Sonderbares: Die einzelnen Wasserstoffteilchen verschmelzen zu Helium. Helium ist das zweithäufigste chemische Element im Universum.

Die Verschmelzung von Wasserstoff zu Helium wird als *Kernfusion* bezeichnet. Entscheidend ist, dass dabei enorm viel Energie frei wird. Sie wird an die Oberfläche des Sterns transportiert und in Form von Licht abgestrahlt.



Gravitation (gelb) und Druck durch die Kernfusion (blau) halten sich die Waage.



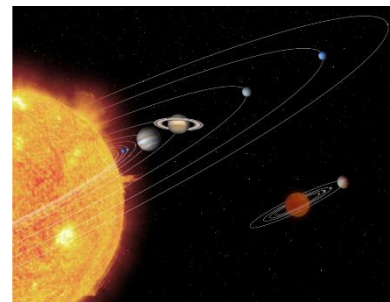
Kernfusion: 4 Wasserstoffteilchen verschmelzen zu einem Heliumteilchen. Dabei wird Energie frei.

Die Kernfusion ist somit der Grund dafür, dass Sterne leuchten. Sie sorgt aber auch dafür, dass ein Stern seine Form stabil beibehält. Würde nur die Gravitation wirken, müsste er immer

kleiner und kleiner werden. Durch die freigesetzte Energie entsteht jedoch ein nach außen gerichteter Druck, der der Gravitation entgegengerichtet ist. Gravitation und der Druck durch die Kernfusion halten sich also die Waage. Der Stern ist stabil, und das für sehr lange Zeit.

Das Sonnensystem - unser kosmisches Zuhause

Der für uns Menschen wichtigste Stern ist die Sonne. Um die Sonne kreisen 8 Planeten, einer davon ist die Erde. Die Sonne und die Planeten werden als *Sonnensystem* bezeichnet. Das Sonnensystem stellt unsere unmittelbare kosmische Heimat dar: Die Erde ist einer von 8 Planeten, die um die Sonne kreisen. Die Sonne ist einer von Milliarden Sternen in der Milchstraße. Die Milchstraße ist eine von Milliarden Galaxien, die in einem gigantischen Netzwerk - dem kosmischen Netz - im Universum angeordnet sind.



Aufbau des Sonnensystems

Der Durchmesser des Sonnensystems beträgt bis zur Neptunbahn nur mehr 10 Lichtstunden.

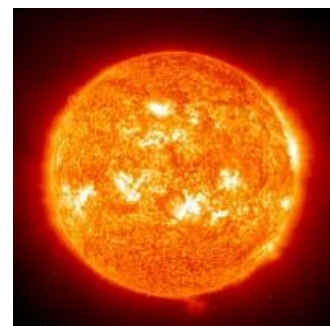
Im Zentrum des Sonnensystems befindet sich die Sonne. Die inneren vier Planeten *Merkur, Venus, Erde und Mars* bilden das *Innere Sonnensystem*. Die Erde ist also der dritte Planet von innen. Die inneren Planeten bestehen aus Gestein und werden als *Gesteinsplaneten* oder *erdähnliche Planeten* bezeichnet. Sie haben eine feste Oberfläche.

Im Gegensatz dazu sind die Planeten des *Äußeren Sonnensystems* - *Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun* - *Gasplaneten*. Sie bestehen hauptsächlich aus Wasserstoffgas und haben keine feste Oberfläche.

Zwischen den Gesteinsplaneten und den Gasplaneten befindet sich der *Asteroidengürtel*. Er trennt das innere vom äußeren Sonnensystem. Asteroiden sind Gesteinsbrocken bis zu etwa 1.000km Größe. Im Asteroidengürtel kreisen über 650.000 solcher Brocken um die Sonne. Wir vermuten, dass sich hier ein weiterer Planet hätte bilden sollen, was jedoch durch die enormen Gravitationskräfte des benachbarten Jupiter verhindert wurde.

Die Sonne

Die Sonne ist ein relativ durchschnittlicher Stern. Auf der Oberfläche hat es eine Temperatur von 5.500 °C, im Zentrum 15 Millionen °C. Durch die enorme Hitze blubbert und brodelt es so richtig, das kann man sich vorstellen wie eine kochende Tomatensuppe. Das Muster aus den kleinen hellen und dunklen Flecken, das durch das Blubbern entsteht, wird als *Granulation* bezeichnet.



Der Rand der Sonne ist ziemlich ausgefranst und es gibt regelmäßig Ausbrüche, die als *Flares* und *Protuberanzen* bezeichnet werden. Das ist vergleichbar damit, dass eine stark kochende Tomatensuppe aus dem Topf spritzt. Die Sonne ist also sehr dynamisch und aktiv, auch wenn uns das auf der Erde kaum auffällt.

Die Planeten

Planeten leuchten - im Gegensatz zu Sternen - nicht selbst. Wir sehen sie, weil sie von der Sonne angestrahlt werden und das Licht zu uns reflektieren.



Mercur ist der kleinste Planet im Sonnensystem und noch dazu steht er der Sonne am nächsten. Unter Tags klettern die Temperaturen dort auf über 400 Grad Celsius. Auf Grund der fehlenden Atmosphäre ist es in der Nacht bei minus 173 Grad jedoch kaum gemütlicher. Wegen seiner Nähe zur Sonne ist er mit freiem Auge schwer zu beobachten.

Venus dagegen stellt - wenn sie gerade zu sehen ist - eines der hellsten Objekte am Nachthimmel dar. Obwohl eigentlich ein Planet, ist sie den meisten als Morgen- oder Abendstern geläufig. Das liegt an ihrer Nähe zur Sonne. Sie ist entweder in der Zeit vor Sonnenaufgang oder nach Sonnenuntergang zu sehen. Auf Venus ist es tagsüber mit fast 500 Grad Celsius sogar noch heißer als auf Merkur. In der Nacht kühlt es dafür kaum ab. Schuld daran ist eine dichte Atmosphäre aus dem Treibhausgas *Kohlendioxid*.



Die *Erde* ist der "Blaue Planet". Das rührt davon, dass etwa 2 Drittel der Erdoberfläche mit Wasser bedeckt sind. Auch unser Heimatplanet ist von einer Atmosphäre umgeben, die hauptsächlich Stickstoff und Sauerstoff enthält. Soweit wir derzeit wissen, ist die Erde der einzige Planet, auf dem es Leben gibt.



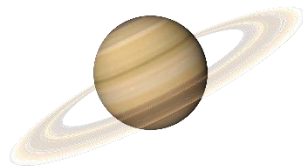
Mars ist der "Rote Planet" und unser äußerer Nachbar. Er ist am Himmel wegen seiner rötlichen Färbung leicht zu finden. Die kommt daher, dass auf seiner Oberfläche viel Eisenoxid (=Rost) herumliegt. Mars ist der einzige Planet, der bewohnt ist, und zwar von Robotern.



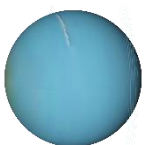
Jupiter ist der größte Planet im Sonnensystem. Auffällig sind die streifenförmigen Wolken und ein Wirbelsturm, der als "Großer Roter Fleck" bezeichnet wird. Windgeschwindigkeiten bis zu 600 Kilometer pro Stunde sind keine Seltenheit.



Saturn ist der "Herr der Ringe". Wird er doch von einem markanten Ringsystem umgeben, das bereits mit kleinen Teleskopen problemlos beobachtet werden kann. Die Ringe - immerhin über 100.000 an der Zahl - bestehen aus Eis- und Gesteinspartikeln und werden von den über 60 Monden des Saturns in Form gehalten. Genauer betrachtet sind alle 4 Gasplaneten von Ringen umgeben, gut zu sehen sind sie allerdings nur bei Saturn. Sowohl Saturn als auch Jupiter sind als helle Objekte immer wieder gut am Nachthimmel zu beobachten.



Uranus und Neptun, die beiden äußersten Planeten, sind dagegen mit freiem Auge nicht zu sehen. Zu weit sind sie bereits von der Sonne entfernt und entsprechend frostig gestalten sich die Temperaturen auf ihren Oberflächen. Nicht zufällig werden sie deswegen als Eisriesen bezeichnet.



Die meisten Planeten haben übrigens Monde! Ein *Mond* ist ein Himmelskörper, der um einen Planeten kreist. Auch Monde leuchten nicht von selbst, sie werden von der Sonne angestrahlt und reflektieren das Licht zu uns. Nur Merkur und Venus haben keine Monde. Die Erde hat einen und Mars zwei. Die Gasplaneten haben viele Monde, Jupiter und Saturn beispielsweise jeweils über 60.

Eigenrotation

Die Planeten rotieren nicht nur um die Sonne, sondern auch um sich selbst, das wird als *Eigenrotation* bezeichnet. Auffällig ist, dass die Inneren Planeten wesentlich langsamer rotieren als die äußeren. Venus rotiert sogar so langsam, dass es praktisch nicht zu sehen ist. Am schnellsten rotiert Jupiter, er benötigt für eine Umdrehung nur 10h. Spannend ist die Eigenrotation von Uranus. Seine Rotationsachse liegt fast in der Bahnebene, man könnte auch - etwas ungenau - sagen, er "rollt" seine Umlaufbahn entlang.

Dimension

Die Gesteinsplaneten sind viel kleiner als die Gasplaneten. Jupiter z.B. ist etwa 11 mal größer als die Erde, während Merkur, der kleinste Planet im Sonnensystem, kaum ein Drittel der Größe der Erde aufweist. Im Vergleich zur Sonne stehen jedoch alle Planeten klein da, misst sie doch den 110-fachen Durchmesser der Erde.

Bewegung der Planeten

Je weiter außen ein Planet sich befindet, desto langsamer umkreist er die Sonne. Merkur bewegt sich mit etwa 170.000 km/h, er benötigt für einen Umlauf um die Sonne 88 Tage. Neptun dagegen kreist mit "nur" 20.000km/h und benötigt etwa 165 Jahre. In der Zeit, in der Neptun einmal die Sonne umrundet, umrundet Merkur die Sonne ca. 650 mal! Das liegt an der Kraft, die die Planeten auf ihrer Bahn hält. Es handelt sich um die selbe Kraft, die Galaxien und Sterne zusammenhält: die Gravitation!

Die Stärke der Gravitation hängt von der Masse der beteiligten Körper ab. Je mehr Masse ein Körper hat, desto anziehender wirkt er. Die Masse der Sonne ist enorm viel größer als die der Planeten. Sie werden daher viel stärker von der Sonne angezogen als umgekehrt. Praktisch gesehen kann man sagen, dass die Sonne die Planeten anzieht.

Die Gravitationskraft hängt aber auch vom Abstand ab. Verdoppeln wir den Abstand zweier Körper, so schrumpft die Gravitationskraft auf ein Viertel. Würden wir den Abstand halbieren, wäre die Kraft viermal so groß. In der Mathematik sagt man dazu, dass die Kraft *quadratisch* mit dem Abstand abnimmt.

Was bedeutet das für unser Sonnensystem? Die Sonne im Zentrum ist viel, viel schwerer als alle Planeten zusammen. Etwa 99% der gesamten Masse des Sonnensystems stecken in ihr. Damit zieht die Sonne alle Planeten an.

Neptun - der äußerste Planet - ist fast 80 mal so weit von der Sonne entfernt wie Merkur, der innerste Planet. Für ein- und dieselbe Masse ist die Anziehungskraft der Sonne auf der Neptunbahn damit 6.400 mal schwächer als auf der Merkurbahn.

Nun stellt sich eine interessante Frage: Warum sind die Planeten nicht schon längst in die Sonne gestürzt, wenn sie alle von ihr angezogen werden? Das liegt an der Rotation! Auf einen rotierenden Körper wirkt die radial nach außen gerichtete Fliehkraft. Die Fliehkraft ist umso größer, je schneller der Körper rotiert und je weiter er vom Drehpunkt weg ist.

Damit ein Planet auf seiner Bahn bleibt, müssen Fliehkraft und Gravitation sich genau die Waage halten. Und damit ist klar: Je weiter außen sich ein Planet befindet, desto kleiner muss die Fliehkraft sein, damit er nicht aus der Bahn fliegt. Deswegen muss er viel langsamer rotieren! *Johannes Kepler* (1571 - 1630) hat schon Anfang des 17. Jahrhunderts die Bewegung der Planeten mit den *Keplerschen Gesetzen* beschrieben.

Die Planeten am Himmel

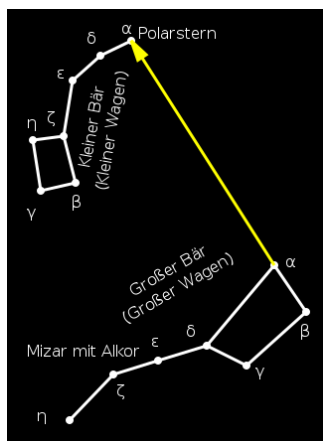
Von der Seite betrachtet bewegen sich alle Planeten in etwa in einer Ebene um die Sonne. Wir befinden uns mit unserer Erde in dieser Ebene und betrachten von da aus die anderen Planeten. Am Himmel sind die Planeten daher entlang einer gedachten Linie zu finden, die als *Tierkreis* bezeichnet wird. Im Laufe der Zeit bewegen sich die Planeten im Vergleich zu den Sternen entlang des Tierkreises. Das rührt daher, dass die Planeten viel näher bei uns stehen als die Sterne. Ihre Bewegung um die Sonne nehmen wir dadurch als Bewegung gegenüber den Sternen wahr. Die Sterne werden deswegen auch als Fixsterne bezeichnet. Sie ändern ihre Position zueinander nicht.

Die Sonne befindet sich auch in der Ebene des Sonnensystems. Wir beobachten die Sonne von der Erde aus, während wir in einem Jahr um die Sonne kreisen. Sie muss sich aus unserer Sicht also auch gegenüber den Fixsternen bewegen. Die Bahn, die sie am Himmel beschreibt, wird als *Ekliptik* bezeichnet, sie verläuft auch im Tierkreis. Die Bewegung der Sonne gegenüber den Fixsternen ist allerdings nicht beobachtbar, da wir unter Tags keine Sterne sehen. Das liegt an der Erdatmosphäre. Das Sonnenlicht wird an den Luftmolekülen gestreut und überstrahlt das deutlich schwächere Licht der Sterne.

Erdrotation und der Nachthimmel

Die Erde rotiert in 24 h einmal um sich selbst. Die Rotationsachse geht durch den Nord- und durch den Südpol. Vom Nordpol aus betrachtet dreht sich die Erde gegen den Uhrzeigersinn. Der Äquator teilt die Erde in 2 Hälften: in die Nordhalbkugel und in die Südhalbkugel. Wie jeder andere Planet auch, wird die Erde von der Sonne beleuchtet. Dadurch ergibt sich eine Tag- und eine Nachtseite. Auf den meisten Orten der Erde wechseln sich Tag und Nacht innerhalb von 24 Stunden einmal ab (ausgenommen sind die Regionen nördlich bzw. südlich der Polarkreise, wo die Sonne länger als 24 Stunden nicht untergeht (Polartag) bzw. nicht aufgeht (Polarnacht)).

Mit Hilfe der Sternkonstellation *Großer Wagen* können wir uns am Himmel orientieren. Dazu wird die Strecke der beiden



hinteren Kastensterne etwa 5 Mal nach oben verlängert, bis ein zwar nicht sehr heller, aber in seiner Umgebung doch markanter Stern erreicht wird: der *Polarstern*! Er steht fast genau über dem Nordpol der Erde. Geht man vom Polarstern auf dem kürzesten Weg zum Horizont, so findet man die Himmelsrichtung *Norden*. Genau gegenüber ist *Süden*, und wenn man nach Süden blickt, ist rechts *Westen* und links *Osten*.

Durch den Nordpol verläuft die Drehachse der Erde. Da der Polarstern über dem Nordpol steht, würde die verlängerte Erdachse dort die Himmelskugel durchstoßen, dieser Punkt wird als *Himmelsnordpol* bezeichnet. Da sich die Erde in 24 Stunden

einmal um den Nordpol herumdreht und wir von der Erde aus den Himmel betrachten, muss sich der gesamte Himmel in 24 Stunden einmal um den Polarstern drehen, und zwar von Osten nach Westen.

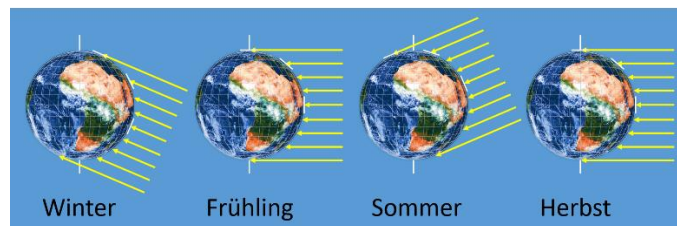
Sterne, die nahe genug beim Polarstern stehen, sind die ganze Nacht über zu sehen (zirkumpolar), alle anderen gehen in östlicher Richtung auf und in westlicher unter.

Die Sonne ist in unseren Breiten nicht zirkumpolar, sie geht damit einmal in 24 Stunden auf und einmal unter. Der höchste Punkt, den die Sonne im Laufe eines Tages über dem Horizont einnimmt, wird als *Kulmination* bezeichnet, das ist zu Mittag der Fall.

Jahreszeiten

Die Erde dreht sich nicht nur um die eigene Achse, sie dreht sich auch um die Sonne. Dafür braucht sie ein Jahr. Die Bahn der Erde um die Sonne ist fast ein Kreis mit einem Durchmesser von etwa 300 Millionen Kilometern. Die Erde ist von der Sonne also etwa 150 Millionen Kilometer entfernt. Licht benötigt für diese Distanz etwa 8 Minuten.

Die Erdachse ist gegenüber der Bahnebene um die Sonne um $23,5^\circ$ geneigt und behält ihre Richtung im Raum während der Bewegung um die Sonne bei. Das führt dazu, dass die Sonnenstrahlung je nach Jahreszeit unterschiedlich auf die Erdoberfläche auftrifft. Im Sommer fallen die Sonnenstrahlen steiler ein als im Winter, entsprechend wird mehr Energie von der Erdoberfläche aufgenommen.



Die Sonne am Himmel

Im Laufe eines Jahres ändert die Sonne ihre größte Höhe über dem Horizont. Zu Sommerbeginn steht sie etwa 66° hoch (Sommer Sonnenwende), zu Frühlings- bzw. Herbstbeginn etwa 42° (Tag- und Nachtgleiche) und am Anfang des Winters nur mehr ca. 18° (Winter Sonnenwende). Das wirkt sich entscheidend auf die Tageslänge aus: Im Winter sind die Tage kürzer und die Nächte länger, im Sommer ist es genau umgekehrt.

Quellen: Wikipedia www.wikipedia.org, Europäische Südsternwarte www.eso.org, NASA www.nasa.gov, JPL www.jpl.nasa.gov
Fragen nehmen wir gerne unter planetarium@vhs.at entgegen.