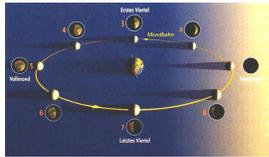


Der Mond

Der Mond ist ein **Felskörper** mit **3476 km Durchmesser**, das entspricht über einem **Viertel der Erde**, die aber die **81-fache Masse hat**. Durch die gegenseitige Gravitationsanziehung ist er an **die Erde** gebunden und **umkreist** sie in knapp einem **Monat** in **384.000 km Entfernung**. (Die gleiche Kraft wirkt jedoch ebenso auf die Erde, was sich z.B. in den Gezeiten äußert.)

Der Mond **erscheint** uns darum **am Himmel** in verschiedenen **Phasen**: Er reflektiert das **Licht der Sonne**, und wir sehen während eines Umlaufs – entsprechend der Stellung zur Erde – stets verschiedene



Teile beleuchtet. (Der fahle, rötliche Schimmer, den wir bei Neumond oder bei einer Mondfinsternis trotzdem wahrnehmen, stammt vom Licht, das von der Erde ausgeht.) Eine **Mondfinsternis** entsteht, wenn der Vollmond genau den Schatten der Erde durchquert. Wesentlich spektakulärer ist allerdings



eine **Sonnenfinsternis**, bei der der Mondschatten auf die Erde fällt, also dort die Sonne verdeckt wird, die, obwohl 400

mal so groß gleich groß erscheint, weil sie wesentlich weiter entfernt ist (150 Millionen km).

bildenden Erde mit einem Planetoiden von der Größe des Marses **entstanden** ist.

Zum Nachdenken:

In welchen Mondphasen sind Finsternisse möglich?

Bildquelle: Lick Observatory

Halo, einer kugelförmigen Umgebung der Milchstraße, gehören.

Entlang des Milchstraßenbands finden wir **Dunkelwolken**, die das **Licht** dahinterliegender Regionen **verschlucken**. (Ohne sie wäre das ganze Band wegen der dicht liegenden Sterne strukturlos hell!) Darum können wir hier auch nur bis in eine **begrenzte Entfernung schauen**, nicht einmal bis zum Zentrum der Milchstraße. (Man kann jedoch Messungen mit anderen Strahlungsarten machen.)

Dort im **Zentrum** befindet sich ein **Schwarzes Loch**, eine enorm **dichte Anballung** mit einer **Masse** von **mehreren Millionen Sonnen!** Seine **Gravitationskraft** ist so **groß**, dass nichts, auch kein Licht, das „Loch“ verlassen kann. Man kann es also **nicht direkt beobachten**, sondern nur die Auswirkungen seiner Anziehung messen.

Das **obere Bild** zeigt vergrößert den Bereich in Richtung des galaktischen Zentrums im Sternbild **Schütze**, rechts daneben das Sternbild **Skorpion** mit dem roten Riesenstern Antares und den Sternhaufen M4 und M6. Man bemerke die deutlich **höhere Dichte** der **leuchtenden Objekte**.

Zum Verweilen:

Finden Sie bekannte Sternbilder?

Bildquelle: ESO (European Southern Observatory)

befindet sich zwischen den Sternen) aus kleinsten Materieteilchen (bis zu 0,1 Mikrometer) bei äußerst geringer Dichte (etwa 500 Körner je Kubikkilometer!), die **von eingebetteten Sternen beleuchtet** wird.

Der unbeleuchtete **Pferdekopfnebel** davor **schirmt das Licht** des Emissionsnebels und der dahinterliegenden Sterne **ab** und wir erkennen die **dunklen Konturen**. Deshalb sind im Pferdekopf selbst auch wesentlich **weniger Sterne** zu sehen als in seiner Umgebung – nur die vor ihm stehenden.

Der Pferdekopf ist nur eine **Ausbuchtung** einer viel **größeren Dunkelwolke** in der Bildfortsetzung nach unten. Deren **Staubteilchen** bestehen im Kern aus Metallsilikaten, an den sich Gasmoleküle angelagert haben. So kondensieren Gasmoleküle wie bei Nebeltropfchen in der Erdatmosphäre zu festen Körnchen.

Zum Nachdenken:

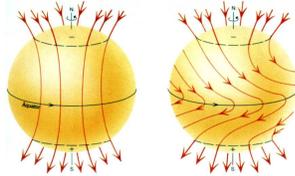
Ab wann könnten wir Erdbeobachter es bemerken, wenn jetzt plötzlich der Pferdekopfstaub Licht (eines Beleuchtungsterns) abstrahlen würde?

Bildquelle: ESO (European Southern Observatory)

Aufnahme: VLT (Very Large Telescope)

Der **Energietransport** weg vom Zentrum erfolgt zuerst durch **γ -Strahlung**, in der äußeren Schicht (ab ca. 30 % vom Rand) herrscht dann **Konvektion** vor, d.h. heiße Materie strömt nach oben. Die **Granulation** der **brodelnden Oberfläche** kann man auf dem Foto (Aufnahme mit speziellem Lichtfilter) gut erkennen. Die Oberfläche ist noch ca. **5 700 °C** heiß und **strahlt hauptsächlich sichtbares Licht ab**, deshalb wird sie **Photosphäre** genannt.

Die Sonne hat auch ein starkes **Magnetfeld**, das sich mit der ionisierten Sonnenmaterie (Plasma) mitbewegt. Da die Sonne **differentiell rotiert**, d.h. in 25 Tagen am Äquator und in über 30 Tagen bei den Polen, wickelt sich das Magnetfeld auf und erzeugt in einem **11-jährigen Aktivitätszyklus** komplizierte Strukturen. Diese sind u.a. für **Sonnenflecken** verantwortlich. Das Magnetfeld stört dabei den konvektiven Materietransport, so dass die Oberfläche „nur“ noch 4 000 °C heiß ist und vergleichsweise dunkel erscheint. Auch **Materieauswürfe** sind eine Folge des verwickelten Magnetfelds. Links unten im Bild kann man eine solche **Protuberanz** erkennen.



zum Nachdenken:

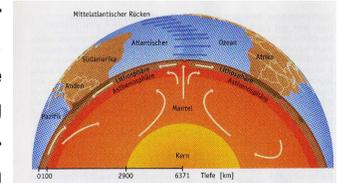
Welche Energiequellen, die wir auf der Erde nutzen, stammen letztendlich von der Sonne?

Bildquelle: ESA (European Space Agency)

dene Energie in der **Nahrungskette** an andere Lebewesen weiter. (Auch **Kohle**, **Erdöl** und **Erdgas** sind deshalb seit Jahrmillionen gespeicherte Sonnenenergie!) Nicht von der Sonne stammen lediglich die **Kernenergie**, die von der Anziehungskraft des Mondes erzeugte **Gezeitenenergie** und die **Erdwärme**, die zum Großteil noch von der **Entstehung vor 4,5 Milliarden Jahren** stammt und vom natürlichen Kernzerfall aufrecht erhalten wird.

Die **hohe Temperatur** beeinflusst den **Aufbau des**

Erdinneren: Der **Eisen-Nickel-Kern** ist flüssig. Der darauf schwimmende **Mantel** ist in Bewegung (Diese **tektonische Aktivität** äußert sich in Plattenverschiebungen, Erdbeben und Vulkanismus.). Die äußere feste **Kruste** bietet die Grundlage unseres **Lebensraums**.



Aufruf an die Menschheit:

Dieser Lebensraum ist einzigartig und für uns der einzige, den es unbedingt zu erhalten gilt!

Die **Entstehung des Planetensystems mit der Sonne** erfolgte vor ca. **4,6 Mrd. Jahren** aus einer **Gas- und Staubwolke**. Unter sehr **speziellen Bedingungen** blieb um die sich bildende Sonne eine **rotierende Staubscheibe** erhalten, aus deren **Verdichtungen** die **Planeten** entstanden.

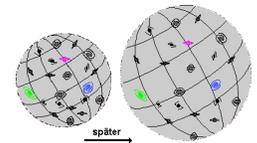
Die **inneren Planeten** Merkur, Venus, Erde und Mars sind im wesentlichen **Gesteinsbrocken**, die in **Größe** und **Aufbau der Erde ähnlich** sind. Sie konnten **kaum Monde** an sich binden: Außer der Erde mit dem relativ großen Erdmond hat nur noch der Mars zwei winzige Satelliten.

Ganz anders sind da die **äußeren Planeten** Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun, die **viel größer** sind: Der **größte Planet Jupiter** hat den 11-fachen Durchmesser und die 318-fache Masse der Erde. Sie bestehen v.a. aus den **Gasen** Wasserstoff und Helium, die sich im Zentrum wegen des hohen Drucks verflüssigen. Aufgrund der starken **Gravitationskraft** findet sich jeweils eine ganze **Schar von Monden**, sowie die v.a. von Saturn bekannten **Ringe** aus feinem Staub, Eis und Gesteinsbrocken.

Entfernungsbestimmung:

Zerlegt man das Licht der Abell-Galaxien in seine **Spektralfarben**, stellt man **Rotverschiebung** fest, d.h. das Licht kommt mit **längerer Wellenlänge** an, als es abgestrahlt wurde. Die Ursache ist die **Fluchtbewegung** der Galaxien.

Wegen der **Expansion des ganzen Weltalls** fliehen alle fernen Galaxien vor uns! Je **größer die Entfernung**, desto **größer** ist auch die **Fluchtgeschwindigkeit**.



Damit erhalten wir nun die **Entfernung von Abell 370**: Aus der gemessenen dreifachen Lichtwellenlänge folgert man eine Fluchtgeschwindigkeit von etwa 120 Mio. km/s (37% der Lichtgeschwindigkeit!). Das führt zu der Entfernung von ca. 5 Mrd. Lj.

Das Licht im Gravitationsbogen kommt ebenso feststellbar aus etwa doppelter Entfernung. Damit blicken wir hier 10 Mrd. Lichtjahre weit **in den Raum** oder 10 Mrd. Jahre **in der Zeit** zurück - und damit in die Frühzeit des Universums (Alter: ca. 14,5 Mrd. Jahre)!

offene Frage:

Setzt sich die Expansion beliebig fort oder stürzt das Universum wieder einmal zusammen?

Bildquelle: ESO, Aufnahme mit dem VLT (8,2m-Spiegelteleskop, Chile)

Der Mars

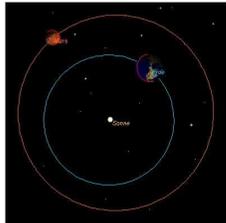
Unser **Nachbarplanet** findet zur Zeit das besondere Interesse von **Forschung, Raumfahrt** und Medien.

Wegen seiner Zusammensetzung und Lage gilt er als der **erdähnlichste Körper** im Sonnensystem. Von der Sonne ist er im Mittel **230 Millionen km** entfernt, also **1½ mal** so weit wie die Erde. Stofflicher Aufbau und Sonneneinstrahlung kommen den **Erdverhältnissen** am nächsten. Der Mars hat einen **Durchmesser von 6794 km**, der damit etwa **halb so groß wie der unserer Erde** (und doppelt so groß wie der des Mondes) ist.

Zum **Umlauf um die Sonne** braucht er knapp **1,9 Jahre**, so dass er alle 2 Jahre von der innen laufenden Erde überholt wird. Dann kommen wir ihm immer sehr nahe. Dann erscheint er groß und lichtstark am Mitternachtshimmel, wie zuletzt im August 2003.

Auch mit den **24½ Stunden**

Rotationsdauer gleicht er unserer Erde.



Deshalb beschäftigt uns die Frage, ob **Leben auf dem Mars** möglich ist oder gar schon existiert hat. Entscheidende Voraussetzung dafür ist **Wasser**. Im Gegensatz zum Mond gibt es Verwitterungsspuren und vermutete ehemalige Wasserläufe. Eine größere **Wassermenge** unter der Oberfläche konnte aber erst von den jüngsten **Marssonden** sicher **nachgewiesen** werden. **Leben** auf unserem Nachbarplaneten hingegen konnte bisher nicht gefunden werden, **auch nicht in einfachster Form**.

Eine sog. **Nova** entsteht an einem **weißen Zwerg**, das ist eine enorm komprimierte Sternleinche (über 100 t/cm³). Wie rechts oben im Bild **fängt er Materie** von seinem Begleitstern **ein**. Diese wird derart **verdichtet**, dass explosionsartig Kernfusion einsetzt, so dass die äußere **Hülle** des Sterns **weggesprengt** wird und enorm **hell aufleuchtet**.



Eine **Supernova** entsteht bei einem **Kollaps** eines Riesensterns aufgrund der eigenen Schwerkraft, bei dem schließlich unter erheblicher **Energiefreisetzung** ein **Neutronenstern** (mit der unvorstellbaren Dichte von 100 Millionen t/cm³!) entsteht.

Zum Nachrechnen:

Die Cheops-Pyramide hat eine Masse von etwa 5 Millionen Tonnen. Welches Volumen hätte sie als Weißer Zwerg, welche als Neutronenstern?

Bildquelle: NASA/ESA: HST (Hubble Space Telescope)

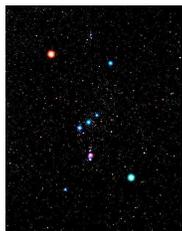
Die Bilderserie wurde vom **Hubble Weltraumteleskop**

gemacht. Jedes Bild hat eine Ausdehnung von nur 1/40 Winkelgrad und wurde teilweise fast 1,5 Stunden belichtet!

Das HST umkreist seit 1990 die Erde auf einer **Umlaufbahn in 600 km Höhe**. Mit seinem **2,4m-Spiegel** liefert es Aufnahmen von höchster Qualität, ohne Störungen durch die Erdatmosphäre.



Der Orionnebel M42



Den **Nebel M42** finden wir im bekannten **Wintersternbild Orion**. Bei guten Sichtverhältnissen ist er auch **mit bloßem Auge erkennbar**.

Die **Aufnahme** zeigt ein prächtiges Farbpanorama vom Zentrum des **Orionnebels**. Das aus 15 Feldern zusammengefügte Bild bedeckt ungefähr **5% der Vollmondfläche**.

Fast das ganze Sternbild Orion befindet sich in einer riesigen **Wolke aus interstellarem Gas und Staub** in etwa **1500 Lichtjahren Entfernung**. Auch der bekannte **Pferdekopfnebel** ist Teil



davon. Nach irdischem Maßstab würde die Wolke wegen ihrer geringen Dichte (100-1000 Atome pro cm³) als extremes **Ultrahochvakuum** gelten.

Die **Entstehung von neuen Sternen** lässt sich hier fast direkt beobachten: Durch die **Gravitation** ziehen sich aus Gas und Staub immer dichter werdende **Massen** zusammen, bis im Inneren **Druck und Temperatur** so **hoch** werden, dass die **Kernfusion** einsetzt und damit eine unerschöpflich scheinende Energiequelle erschlossen ist: Ein neues Sternenleben hat begonnen.

Die jungen, hellen Sterne **beleuchten die Gasmassen** ihrer Umgebung. Im Lauf der nächsten Jahrzehntmillionen werden die Gravitationskräfte die Gas- und Staubbmassen abziehen, so dass das Gebiet **durchsichtig** wird. Jungsterne dieser Art lassen auch die **Spiralarme** von Galaxien so prächtig leuchten.

Spektraluntersuchungen identifizieren einen Großteil dieser Sterne als **blaue Riesen**. Solche Sterne sind wahre Energieverschwender. Obwohl sie ein Vielfaches der Masse unserer Sonne besitzen, können sie wegen ihrer **hohen Temperaturen** (an der Oberfläche bis zu 100 000 °C) und dem damit verbundenen **hohen Energiebedarf** nur einige 10 Millionen Jahre alt werden – weiße Sterne wie die Sonne (5770 °C) mit werden ca. 10 Milliarden Jahre alt, kühlere rote noch deutlich älter.

Im Zentralbereich dieser **Sternenwiege** befindet sich das sog. **Trapez**: Vier besonders helle, heiße Neugeborene, die „gerade“ sichtbar geworden sind. Kürzlich hat das HST dort auch einen Schwarm von ca. 50 „**braunen Zwergen**“ entdeckt.



Braune Zwerge sind **kleinere Körper** wie unser mächtiger Planet Jupiter. Wegen der zu geringen Massen wird die nötige **Zündtemperatur von 2550 °C** nicht erreicht. Ohne die **Kernfusion** strahlen sie nur schwach und sind zum Auskühlen verurteilt.

Zum Nachdenken:

Wie wären die Aussichten auf Entwicklung von Leben im Sonnensystem, wenn unsere Sonne ein heißer blauer Riese wäre?

Bildquelle: NASA; Hubble-Space-Telescope (HST)