

# Begleittexte

zur



# 2004

*Unser Universum*

1. Übersicht **2004**



2. Der Mond



3. Die Sonne



4. Das Planetensystem



5. Der Mars



6. Der Orionnebel M42



7. Echo einer stellaren Lichteruption



8. Galaxienhaufen Abell 370

1. Übersicht **2003**



2. Der blaue Planet



3. Die Sonne



4. Das Planetensystem



5. Pferdekopfnebel (NGC 2024)



6. Die Milchstraße



7. Spiralgalaxie NGC 1232

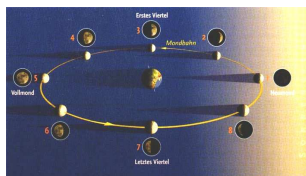


8. Galaxienhaufen Abell 370

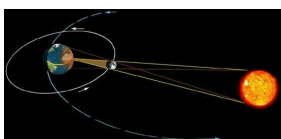
## Der Mond

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).

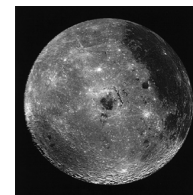
bildenden Erde mit einem Planetoiden von der Größe des Marses **entstanden** ist.

Zum Nachdenken:

*In welchen Mondphasen sind Finsternisse möglich?*

Bildquelle: Lick Observatory

Auffällig ist, dass der Mond uns **stets das gleiche "Gesicht"** zeigt. (Die **erdabgewandte Seite** wurde zum ersten Mal im Oktober **1959** von der sowjetischen Raumsonde **Luna 3** fotografiert.) Der Grund ist, dass sich durch Reibungsprozesse die **Rotationsdauer**



Mondrückseite 1959

**mit der Umlaufzeit synchronisiert** hat, so dass der Mond für eine Umdrehung genau so lange braucht, wie für einen Umlauf um die Erde, nämlich **27,3 Tage**. Das "Gesicht" ist geprägt von dunkleren Regionen, die Galileo Galilei fälschlicherweise **mare** (Meer) nannte. In Wirklichkeit handelt es sich um **Krater** von gewaltigen **Asteroideneinschlägen**, die sich **mit Lava gefüllt** hatten. Seit 4 Milliarden Jahren ist die Mondoberfläche allerdings fast **unverändert**. Die zahlreichen großen und kleinen **Krater** von Meteoriteneinschlägen sind seit dieser Zeit **erhalten** geblieben, weil es auf dem Mond **kaum Wasser** und **keine Atmosphäre mit Wettergeschehen** und damit auch **keine Erosion** gibt.

Die **Geologie des Mondes**

konnte erst durch die bei den **Mondlandungen** gemachten **Gesteinsproben** verstanden werden. Damit wurde auch die **Theorie der Entstehung des Planetensystems** gefestigt. Inzwischen ist ziemlich sicher, dass der **Mond aus einer Kollision** der sich

Am **20.6.1969** gewannen die Amerikaner mit der **ersten Mondlandung** durch **Neil Armstrong, Edwin Aldrin und Michael Collins** den langen Wettlauf mit der Sowjetunion.

Unser Universum

## Die Sonne

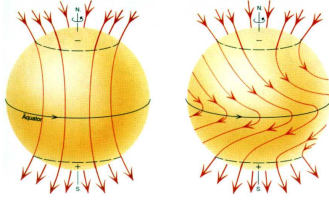
Die **Sonne** ist ca. **150 Mio. km** von der Erde entfernt. Ihr **Durchmesser** ist mit **1,39 Mio. km** **109 Mal so groß** wie der der **Erde**, damit hat die Sonne ein **1,3-millionenfaches Volumen**. Da ihre **Masse** aber „nur“ das **330-tausendfache** der Erdmasse beträgt, ist ihre mittlere **Dichte** **1,4 g/cm³** kleiner als die der Erde (**5,5 g/cm³**).

Für eine **Gaskugel** ohne festen Gesteinskern ist diese Dichte gewaltig; sie ist höher als die von Wasser! Die Sonne besteht vor allem aus **Wasserstoff** und **Helium** (dem Edelgas, das erst über das Sonnenlicht entdeckt worden ist und deshalb nach ihr benannt worden ist: gr. *helios* = Sonne). Die äußeren Schichten bestehen aus fast unveränderter **Urmaterie**: **73,5%** Wasserstoff und **24,8%** Helium.

Die Gravitationskraft der immensen Sonnenmasse erzeugt im **Zentrum** einen gewaltigen **Druck** (220 Milliarden bar) und eine riesige **Temperatur** (15 Millionen Grad); die **Dichte** beträgt hier **134 g/cm³**! Unter diesen Bedingungen kann die **Kernfusion** einsetzen, dabei **verschmelzen** die **Atomkerne** des Wasserstoffs zu Helium und es wird eine enorme **Energie** frei. Da die Sonne erst ungefähr die Hälfte ihres Vorrats an Wasserstoff verbraucht hat, kann sie uns **noch weitere 5 Milliarden Jahre** unverändert als Energiequelle dienen.

Der **Energietransport** weg vom Zentrum erfolgt zuerst durch  **$\gamma$ -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)

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.

Der erst 1930 entdeckte **Pluto** ist ein wahrer **Außenseiter**: Er ist mit 2 300 km Durchmesser der **kleinste Planet**, seine **Bahn** ist am **stärksten elliptisch** und gegen die der anderen Planeten **um 17° geneigt** und sein einziger Mond **Charon** ist halb so groß wie Pluto selbst!

Die meisten **Bilder** und **Daten**, die wir von den Planeten und deren Monden haben, stammen von den **Sonden Pioneer 10 + 11**, und v.a. **Voyager 1 + 2**, die in den 70er Jahren zu Jupiter und Saturn geschickt worden waren, wobei Voyager 2 noch Uranus und Neptun erforscht hat. Der Planet Pluto wurde bislang noch von keiner Raumsonde untersucht.

zum Nachdenken:

*Wie viele Planeten gibt es um die 200 Mrd. Sterne allein in unserer Galaxis, und auf wie vielen könnte Leben möglich sein?*

Bildquelle: Zeitschrift Sterne und Weltraum (suW)

Unser Universum

## Das Planetensystem

Die **Sonne** besitzt **99,87%** der **Masse** des ganzen **Planetensystems**. Aufgrund ihrer **Anziehungskraft** wird sie von den **9 Planeten**, sowie vielen **Asteroiden** (Kleinplaneten) und **Kometen** umrundet.

Ordnet man die **Planeten** nach der Entfernung von der Sonne (und damit auch nach Umlaufzeit), ergibt sich die Reihenfolge **Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun, Pluto**. (Merksspruch: „Mein Vater erklärt mir jeden Sonntag unsere neun Planeten.“) Während **Merkur** seinen Umlauf in 0,4-facher Erdenfernung (150 Mio. km = eine „astronomische Einheit“: 1 AE) in 88 Tagen absolviert, braucht **Pluto** mit durchschnittlich 40 AE Entfernung 248 Jahre.

## Der Mars

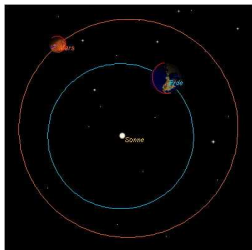
Unser **Nachbarplanet** findet zur Zeit das besondere Interesse von **Forschung, Raumfahrt** und Medien.

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.

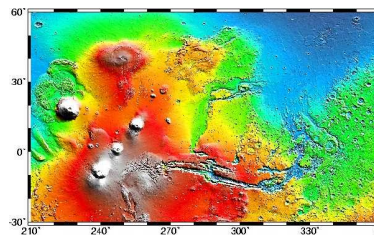
Zum **Umlauf um die Sonne** braucht er knapp **1,9 Jahre**, so dass er alle 2 Jahre von der innen laufenden Erde überholt wird. Dann kommen wir ihm immer sehr nahe. Dann erscheint er groß und lichtstark am Mitternachtshimmel, wie zuletzt im August 2003.

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**.



Der Mars besitzt eine **Atmosphäre**. Sie ist im Vergleich zur Erde sehr dünn und besteht fast nur aus **Kohlendioxid**. Sauerstoff kommt so gut wie überhaupt (noch?) nicht vor. Für eine Besiedlung müsste also noch viel geändert werden – oder es bliebe bei geschlossenen Stationen mit örtlich angepassten Luftverhältnissen.

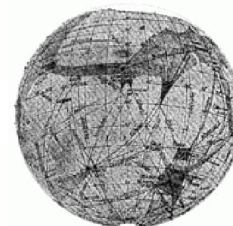


Das Bild vom Äquatorbereich zeigt weißblaue Wolken aus Wassereis über den **3 großen Vulkanen** nördlich der großen **Marstäler** (Valles Marineris; nach der Sonde Mariner 1973

benannt), einem Cañonsystem in Ost-West-Richtung ca. 4000 km lang und bis 3000 m tief. Der höchste Vulkan Olympus Mons ist fast **27 km** hoch!

Den Namen „**roter Planet**“ hat er von Eisenoxiden im Sand seiner Staubwüsten.

Seit den Beobachtungen von Schiaparelli (1877) beschäftigen uns die **Marskanäle**: Haben **Marsbewohner** Wasserleitungen von den Polen zu den trockenen Regionen gebaut? – Nein! Es war die **Qualität der damaligen Fernrohre**, die solche Phantastereien zuließ.

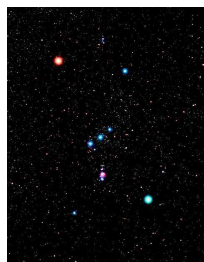


Zum Nachdenken:

*Beurteile die Realisierbarkeit einer Marsbesiedlung! (Energiebedarf bei der Anreise – Reisedauer – Anpassung der Atmosphäre – für wie viele Menschen?)*

Bildquelle: NASA, JPL (Jet Propulsion Laboratory)

## 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 cm<sup>3</sup>) 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 Staubmassen 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)

## Echo einer stellaren Lichteruption

Im Januar 2002 sandte der bis dahin unauffällige Stern "V838 Monocerotis" im Sternbild Einhorn plötzlich einen so enormen **Lichtblitz** aus, dass er für kurze Zeit der **leuchtstärkste Stern der Milchstraße**, aber wegen der großen Entfernung von der Erde aus nicht mit bloßem Auge sichtbar, war.

An **Staubschichten**, die den Stern umhüllen, entsteht der in den Bildern gezeigte Effekt des **Lichtechos**: Dort **gestreutes Licht** erreicht die Erde über den indirekten Weg erst, nachdem die Lichteruption schon lange wieder abgeklungen ist. Man kann dadurch die **Lichtausbreitung** erkennen: Die **Zeitverzögerung** ist umso größer, je weiter die Staubschichten vom Zentralstern entfernt sind. So ergibt sich für die Astronomen sozusagen eine **Tomographie der umgebenden Staubwolke**, weil man im Laufe der Zeit immer weiter außen gelegene Schichten erkennen kann. Über die **Ausbreitungsdauer** kann der **Durchmesser des Lichtechos** berechnet werden; daraus ergibt sich ein **Abstand** von **V838 Mon zur Erde** von mindestens 7.000 Lichtjahren. Eine andere Möglichkeit (über die Polarisierung des Streulichts) liefert sogar einen Mindestabstand von **20.000 Lichtjahren**.

Beim **Ausbruch** von V838 Monocerotis handelt es sich um einen **bisher unbekanntem Typ**, für den es bisher keine physikalisch vollständig befriedigende Erklärung gibt. Es ist jedenfalls **keine Nova** oder **Supernova**.

Eine sog. **Nova** entsteht an einem **weißen Zwerg**, das ist eine enorm komprimierte Sternleinche (über 100 t/cm<sup>3</sup>!). 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/cm<sup>3</sup>!) 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.

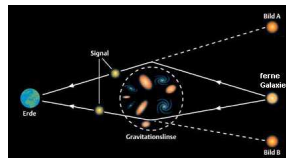
## Galaxienhaufen Abell 370

Materie ordnet sich in immer größer werdenden **Strukturen**: So bilden Galaxien **Galaxienhaufen**, diese wieder **Galaxiensuperhaufen**, ...?

Dieser Galaxienhaufen **Abell 370** ist ca. **5 Milliarden Lichtjahre entfernt** und befindet sich im Sternbild Walfisch. Die Bildmitte enthält eine **große Zahl** von **Galaxien** - die meisten vom elliptischen Typ, also ohne Spiralstruktur. Die beiden überbelichteten Objekte nahe dem rechten und linken Rand sind **Vordergrundsterne** in unserer Milchstraße.

Das Bedeutendste dieses Bildes ist der **Lichtbogen** unten. Die **beiden hellsten Galaxien** über dem Bogen sind die **massereichsten** des Haufens und verursachen den Großteil des „**Gravitationslinseneffekts**“. Das **Licht** des Bogens kommt nämlich von sehr weit dahinter liegenden Galaxien, deren Licht durch **Anziehungskraft** abgelenkt und in unsere Richtung (wie durch eine Linse) gebündelt wird.

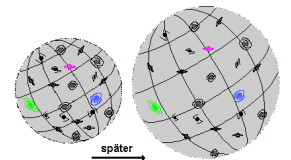
Aus der exakten Gestalt des Gravitationsbogens kann man die Masse des Haufens ermitteln.



### 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 blaue Planet

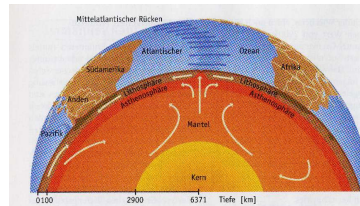
Das typische Aussehen unserer Erde ist vom **Wasser** geprägt: **Meere** bedecken 71% der Oberfläche und **Wolken** sind maßgeblich am **Wettergeschehen** beteiligt, das sich in der durchschnittlich 12 km dicken, untersten Schicht der Atmosphäre (der sog. Troposphäre) abspielt.

Die **Atmosphäre** ist im Vergleich zum **Erdurchmesser** (12 756 km) dünn und **enthält** nicht nur den lebensnotwendigen **Sauerstoff** (21%; 78% sind Stickstoff.), sondern **schützt** auch **vor** gefährlicher UV- und Röntgen-**Strahlung**, sowie **Meteoriteneinschlag** und **bewahrt** durch den natürlichen Treibhauseffekt den Planeten **vor** zu starker **Auskühlung** durch Abstrahlung ins Weltall.

Die **Sonnenenergie** prägt die **Erdoberfläche** über die **Erwärmung** und über **Winde** und **Wasserströmungen**, die von Temperaturunterschieden verursacht werden. Das günstige **Klima** ermöglicht das **Leben**: Pflanzen betreiben mit Sonnenlicht **Photosynthese** und geben die gebun-

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!*

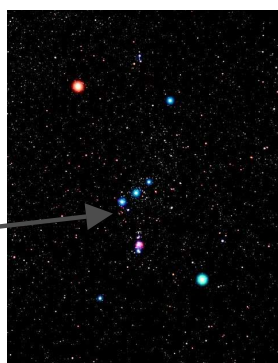
## Pferdekopfnebel

(NGC 2024)

Die zufällige Form gibt dieser **Dunkelwolke** aus **interstellarem Staub** ihren Namen. Sie gehört zu den immensen Gasmassen im **Sternbild Orion** und ist etwa **1 000 Lichtjahre** von uns **entfernt**. Ihr **Durchmesser** beträgt ca. **3 Lichtjahre**.

Sternbild Orion

Position des  
Pferdekopfnebels



Im Hintergrund befindet sich ein **diffuser Emissionsnebel**. Das ist eine **interstellare Staubwolke** (d.h. sie

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 Nebeltröpfchen in der Erdatmosphäre zu festen Körnchen.

Zum Nachdenken:

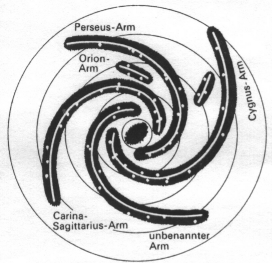
*Ab wann könnten wir Erdbeobachter es bemerken, wenn jetzt plötzlich der Pferdekopfstaub Licht (eines Beleuchtungsterns) abstrahlen würde?*

## Die Milchstraße

Die **Milchstraße** ist eine der unzähligen Galaxien im Weltall. Gute **100 Milliarden Sterne** wie unsere Sonne, teils mit Planeten, und **interstellare Materie** (Gaswolken, Kometen) gehören zu ihr.

Sie ist eine **Spiralgalaxie** (vgl. nächster Schaukasten), hat also die Form einer **flachen Scheibe**, in der sich **Spiralarme** besonders abheben.

Der Scheibendurchmesser beträgt ca. **100 000 Lichtjahre (Lj)**. Unsere **Sonne** befindet sich etwa **26 000 Lj vom Zentrum entfernt** im sogenannten Orion-Arm.



Da **wir** uns **im Innern** der Milchstraßenscheibe **befinden**, scheint sie uns ringsherum wie ein **breites Band** zu umgeben. Das kann man im unteren **Panoramabild** (360°-Rundum-Blick) erkennen.

In Blickrichtung **aus der galaktischen Ebene heraus** sehen wir hingegen eine deutlich **kleinere Sterndichte**. Dafür finden sich dort **viele Kugelsternhaufen** (Anballungen von mehreren zehntausend Sternen), die zum

## Spiralgalaxie NGC 1232

Seit der Himmel mit Teleskopen vermessen und kartografiert wird, kennt man **verschwommene Lichtflecken**, die man als **Nebel** bezeichnet hat. Der Philosoph Immanuel Kant stellte bereits 1755 die These auf, dass sie **Sternsysteme** sein könnten, die er "Weltinseln" nannte. Im 19. Jahrhundert entdeckte man mit verbesserten Fernrohren, dass viele der Nebel eine **Spiralstruktur** besitzen.

Erst **1923** gelang es dem Astronomen Edwin **Hubble** mit einem 2,5 m Teleskop, **einzelne Sterne** im Andromedanebel (vgl. Bild unten) – und später auch in anderen Galaxien – **aufzulösen**. Besonders wichtig waren dabei sog. **Delta-Cephei-Sterne**: Wie beim Stern  $\delta$  im Sternbild Cepheus kann auf ihre **absolute Leuchtkraft** geschlossen werden. Aus dem Vergleich mit der gemessenen **scheinbaren Helligkeit** kann man die **Entfernung berechnen**. So ergibt sich für den **Andromeda-Nebel** ein Abstand von **2,2 Millionen Lichtjahren**, er gehört damit nicht mehr zu unserem Milchstraßen-System (dessen Durchmesser ca. 100 000 Lichtjahre beträgt) und ist also gar **kein Nebel**, sondern eine **Galaxie**.

Jede **Galaxie** ist also eine **eigenständige Struktur**, in der sich durchschnittlich **mehrere 100 Milliarden Sterne** ansammeln. Die meisten haben **elliptische** oder **spiralförmige Gestalt**. **Spiralgalaxien** sind flache Scheiben (mit typischen Dimensionen wie unsere Milchstraße), deren

**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:

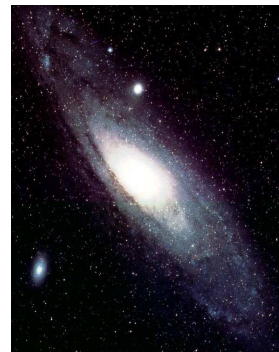
*Finden Sie bekannte Sternbilder?*

Bildquelle: ESO (European Southern Observatory)

**Kernbereich** aus älteren, **rötlichen** Sternen besteht und deren **Spiralarmen** interstellare Gaswolken und daraus neu entstehende Sterne enthalten, die eher **blau** strahlen.

**Unser Foto** zeigt die Galaxie mit der Nummer **1232** im "**New General Catalogue**", die sich im südlichen Sternbild **Eridanus** in knapp **100 Millionen Lichtjahren Entfernung** befindet. Sie ist ein wunderschönes Beispiel, auf das man ziemlich **senkrecht** schaut, deshalb ist die Spiralstruktur so deutlich.

Im Gegensatz dazu sehen wir die **Andromeda-Galaxie** eher von der Seite, darum erscheint sie **verzerrt**.



Zum Vergegenwärtigen:

*Im Fernrohr sehen Gas- und Staubnebel (wie z.B. der im vorletzten Schaukasten gezeigte Pferdekopfnebel) zunächst genauso aus wie Galaxien. Wie unterscheiden sie sich bzgl. Entfernung, Größe und Zusammensetzung?*

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

