

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 die **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 δ 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**.

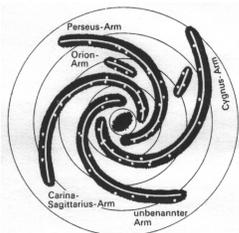
Jede **Galaxie** ist also eine **eigenständige Struktur**, in der sich durchschnittlich **mehrere 100 Milliarden Sterne** ansammeln. Die meisten haben **elliptische** oder **spiralförmige Gestalt**. **Spiralgalaxien** sind flache Scheiben (mit typischen Dimensionen wie unsere Milchstraße), deren

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.

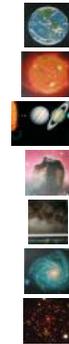
Der Scheibendurchmesser beträgt ca. **100 000 Lichtjahre (Lj)**. Unsere **Sonne** befindet sich etwa **26 000 Lj vom Zentrum entfernt** im sogenannten Orion-Arm.



Da **wir uns im Innern** der Milchstraßenscheibe befinden, scheint sie uns ringherum 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

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**

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** 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.



Mondrückseite 1959

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

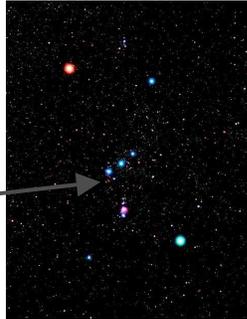
Am **20.6.1969** gewannen die Amerikaner mit der **ersten Mondlandung** durch **Neil Armstrong, Edwin Aldrin und Michael Collins** den langen Wettlauf mit der Sowjetunion.

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

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 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-

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.“)

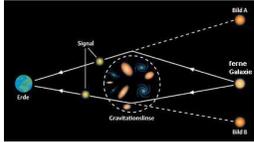
Während **Merkur** seinen Umlauf in 0,4-facher Erdenfernung (150 Mio. km = eine „astronomische Einheit“: 1 AE) in 88 Tagen absolviert, braucht **Pluto** mit durchschnittlich 40 AE Entfernung 248 Jahre.

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.

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)

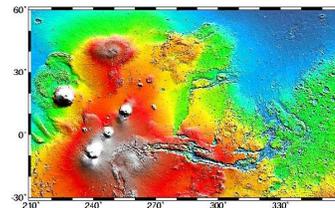
Echo einer stellaren Lichteruption

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 Polarisation 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**.

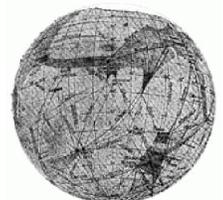
Der Mars besitzt eine **Atmosphäre**. Sie ist im Vergleich zur Erde sehr dünn und besteht fast nur aus **Kohlendioxid**. Sauerstoff kommt so gut wie überhaupt (noch?) nicht vor. Für eine Besiedlung müsste also noch viel geändert werden – oder es bliebe bei geschlossenen Stationen mit örtlich angepassten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



Das Bild vom Äquatorbereich zeigt weißblaue Wolken aus Wassereis über den **3 großen Vulkanen** nördlich der großen **Marstälern** (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)