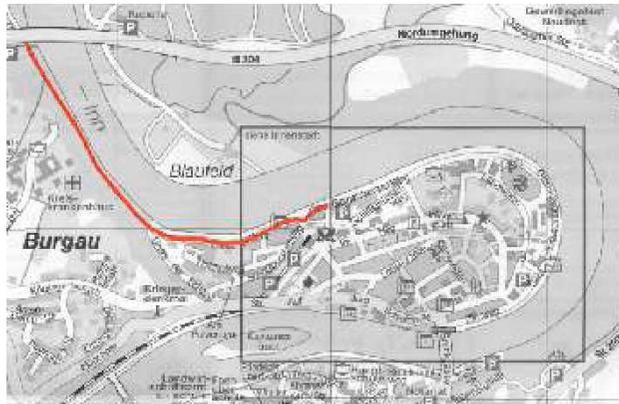


Die Ausstellung beginnt am linksseitigen Inndamm ca. 100 m westlich des Parkhauses an der Post / Überfuhrstraße (im Anschluss an den Skulpturenweg).

Die acht Schaukästen sind flussabwärts auf einer Weglänge von einem Kilometer bis zur B304 - Umgehungsbrücke verteilt.

Von dort sind weiterführende Rundwanderungen über die Innleite (rechtsseitiges Hochufer) oder über Innhöhe - Staustufe zurück in die Innenstadt möglich.



Begleittexte

zur



2007

Internet-Links

Viele der gezeigten Bilder wurden den online-Archiven des **Hubble Space Telescopes** der NASA / ESA entnommen:

<http://www.spacetelescope.org/>

<http://hubblestte.org/>

Für diese **Astronomie-Ausstellung** am Pano-ramaweg in Wasserburg am Inn wurde ebenfalls ein eigenes (kleines) Archiv angelegt:

<http://pulsar.sternwarte.uni-erlangen.de/>

[/hanke/AstroAusstellung/](#)

4211

Die Ausstellung wurde durch eine freiwillige Bürgerinitiative in Zusammenarbeit mit dem Fremdenverkehrsverein Wasserburg erstellt.

Astronomie- Ausstellung

am Panoramaweg
in Wasserburg am Inn

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



Unser Universum

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 **Erddurchmesser (12 756 km)** dünn und **enthält** nicht nur den lebensnotwendigen **Sauerstoff** (21%; 78% sind Stickstoff.), sondern **schützt** auch **vor** gefährlicherer UV- und Röntgenstrahlung, 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.

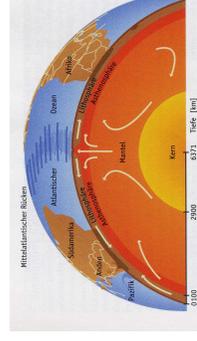
Der darauf schwimmende

Mantel ist in Bewegung

(Diese **tektonische Akti-**

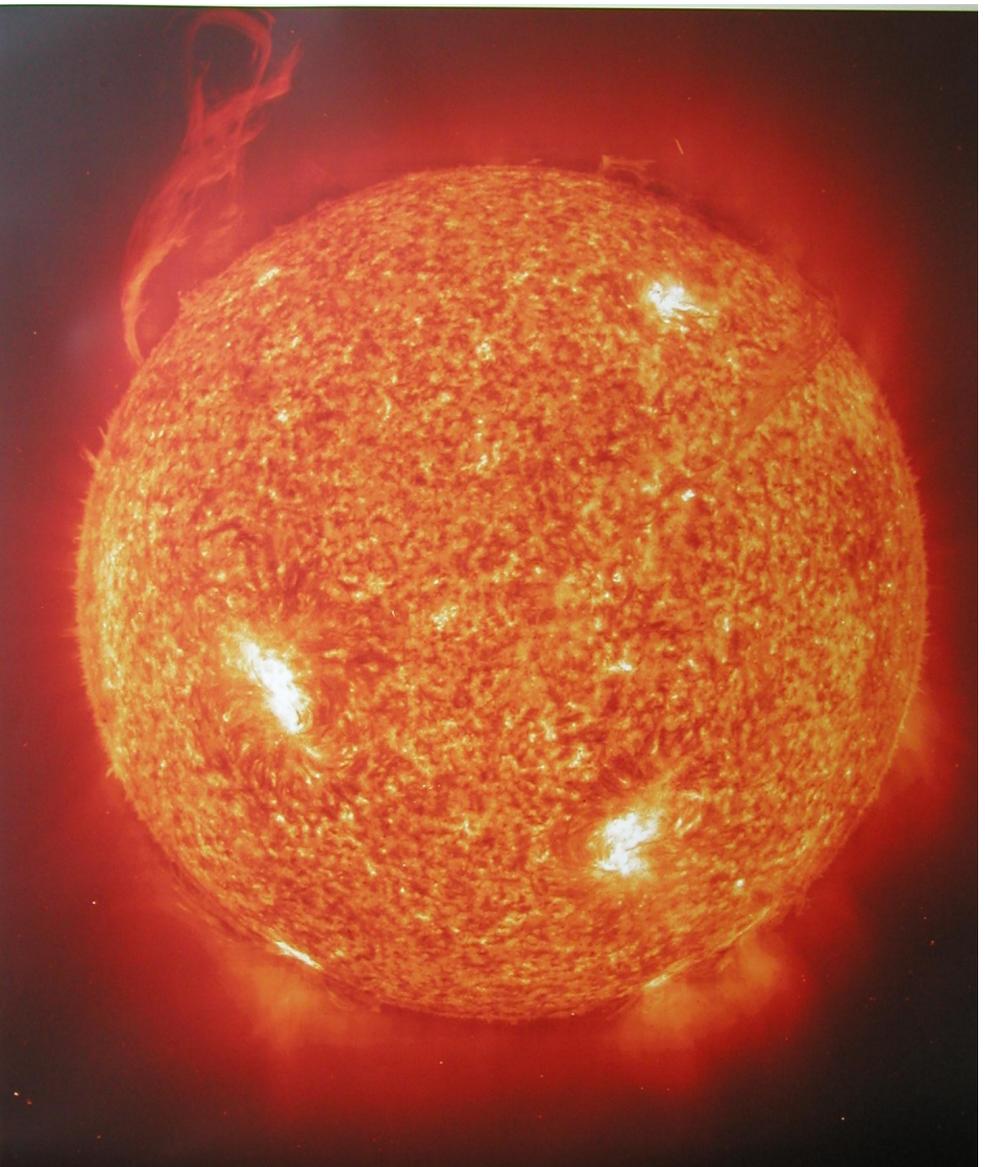
vität äußert sich in

Plattenverschiebungen, Erdbeben und Vulkanismus.). Die äußere feste **Kruste** bietet die Grundlage unseres **Lebensraums**.



Auffuh an die Menschheit:

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

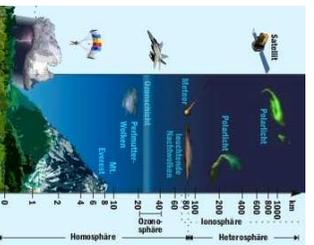


Unser Universum

Unser Heimatplanet Erde

Die **Erde** gehört als **3. Planet** des Sonnensystems nach Merkur und Venus, vor Mars, zu den **inneren Planeten**. Diese sind alle **erdähnlich**: sie besitzen einen (teils flüssigen) **Eisen-Kern** und darüber einen **Gesteinsmantel**, der außen von einer (bei der Erde: 40 km) **dünnen, festen Kruste** abgeschlossen wird. Von den **Gesteinsplaneten** ist die **Erde** ist mit **12 756 km Durchmesser** der **größte**.

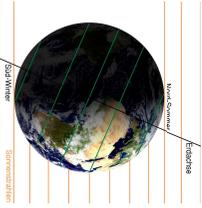
Während die **äußeren Riesenplaneten** fast **gänzlich aus Gas** bestehen, besitzt die Erde eine nur **wenige Kilometer dünne Atmosphäre**, die wegen ihrer **Zusammensetzung** aus hauptsächlich **Stickstoff (78%)** und **Sauerstoff (21%) einzigartig** ist: Der **Mars** kann wegen seiner **geringen Massenanziehung** nur eine **noch dünnere Atmosphäre** fest halten, der **Merkur** ist zudem auch noch **zu nahe an der heißen Sonne**, was das **Ertweichen** der Gasmoleküle weiter begünstigt, und die **dichte Atmosphäre** der **Venus** besteht zu **96,5% aus CO₂**, was sie auf **500 °C aufheizt**.



Die Erdatmosphäre **schützt vor** gefährlicherer UV- und Röntgen-**Strahlung**; schwächt **Meteoriteneinschläge** und **bewahrt** unseren Planeten **vor** zu starker **Auskühlung**.

In ihren unteren Schichten spielt sich auch das **Wetter** ab, das zusammen mit dem **großen Wasservorkommen** (71% der Erdoberfläche werden von Ozeanen bedeckt) das **Aussehen** der Erde prägt, sowie **Leben ermöglicht**.

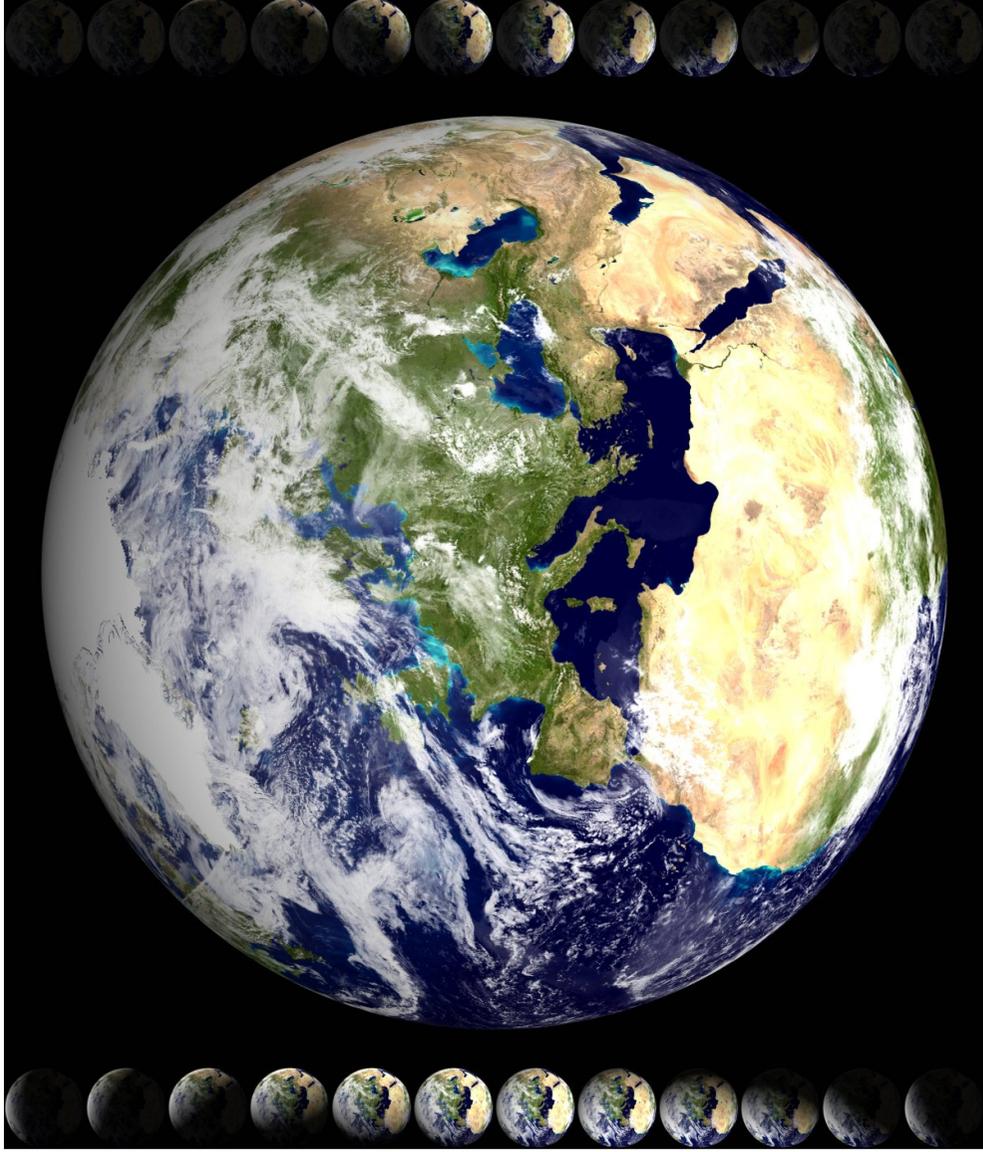
Die **Sonne** sendet uns **Licht und Energie**. Die **Rotation** der Erde in 24 Stunden erzeugt den Wechsel von **Tag und Nacht**. Die **Schrägstellung** der **Erdachse** zur Sonnenrichtung und der **jährliche Umlauf** um die Sonne erzeugen die **Jahreszeiten** der **gemäßigten Breiten**. Im Extremfall geht die Sonne **jenseits der Polar- kreise** im Sommer nie unter (bleibt allerdings immer flach), während sie im Winter erst gar nicht aufgeht. Während des **Sommers** auf der **Nordhalbkugel** herrscht auf der **Südhalbkugel Winter** – siehe kleines Bild vom Einstrahlungswinkel der Sonnenstrahlen. Am **Äquator** hingegen steht die **Sonne** immer nahezu **senkrecht** über der Erde, wodurch das **tropische Klima** entsteht. **Im Bild** ist der **Regenwaldgürtel** Zentralafrikas gerade noch zu erkennen. Nördlich davon sieht man die von **Passatwinden** geprägte **subtropische Zone**, mit trockenen **Steppen** und **Wüsten**: Von der markanten **Sahara**, über **Ägypten** (mit dem fruchtbareren Nili-Tal) und **Arabien**, bis nach **Asien** hinein. Die beiden **Streifen** am Rand zeigen den **Schattenverlauf** am **21.6.** und **21.12.**.



Aufruf an uns alle:

Der Lebensraum Erde ist einzigartig und unser einziger. Wir müssen ihn uns unbedingt erhalten!

Bildquelle: NASA (MODIS/Terra satellite) + NASA/EPSCo3



Unser Universum

Die Sonne

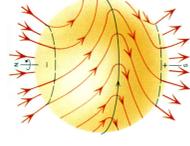
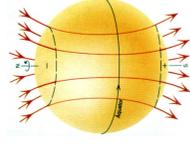
Die **Sonne** ist ca. **150 Mio. km** von der Erde entfernt. Ihr **Durchmesser** ist mit **1,39 Mio. km** **109 Mal so groß** wie der der **Erde**, damit hat die Sonne ein **1,3-millionenfaches Volumen**. Da ihre **Masse** aber „nur“ das **330-tausendfache** der Erdmasse beträgt, ist ihre mittlere **Dichte**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

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 $\frac{g}{cm^3}$** ! 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 **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. **5700 °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 **differenziell rotiert**, d.h. in 25 Tagen am Äquator

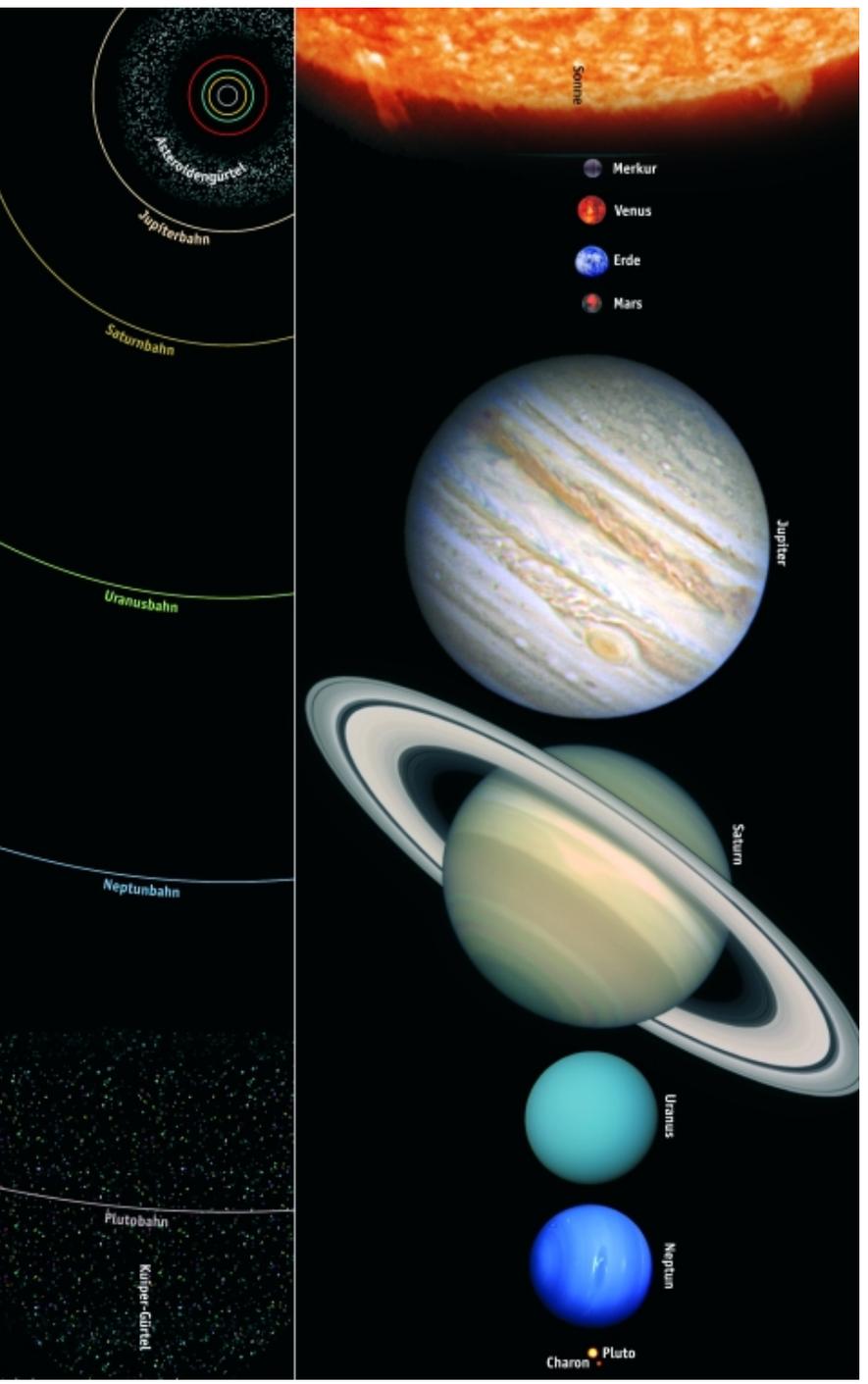


und in über 30 Tagen bei den Polen, wickelt sich das **Magnetfeld** auf und erzeugt in einem **11-jährigen Aktivitätszyklus** komplizierte Strukturen. Diese sind u.a. für **Sonnenflecken** verantwortlich. Das **Magnetfeld** stört dabei den konvektiven Materietransport, so dass die Oberfläche „nur“ noch **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)



messer von 975 km hat, also 7,6 % des Erddurchmessers) entdeckt, die wegen zu **geringer Eigengravitation** oft **nicht einmal kugelförmig** sind. Ceres, Juno, Vesta und Astraea wurden **bis ca. 1850 auch als Planeten bezeichnet**, was dann wegen der **vielen Asteroiden-Neuentdeckungen** aber wieder abgeändert wurde.

So wurde auch 2006 der Planetenstatus des 1930 entdeckten **Pluto**, dessen **Größe** (nur 2 300 km Durchmesser) ursprünglich **überschätzt** wurde, wieder aberkannt, da er schon lange als **Außenseiter** gegolten hat (Seine Bahn ist am stärksten **elliptisch** und gegen die der anderen Planeten **um 17° geneigt**; einziger Mond **Charon** ist halb so groß wie Pluto.) und in der Zwischenzeit mehrere **transneptunische Objekte im Kuiper-gürtel entdeckt** worden sind (seit 2002: Quaoar, Orcus, Sedna, Eris).

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)

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. Die meisten **Bilder** und **Daten** von den Planeten und ihren Monden stammen von den **Sonden Pionier 10 + 11** und v.a. **Voyager 1 + 2** aus den 1970er Jahren und seit 1990 natürlich auch vom **Hubble-Teleskop**.

Im **Asteroidengürtel** **zwischen der Mars- und der Jupiterbahn** wurden seit 1801 mehrere **kleinere** Objekte (deren größtes, Ceres, einen Durch-

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**. (Merkspruch: „Mein Vater erläuert 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.

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.

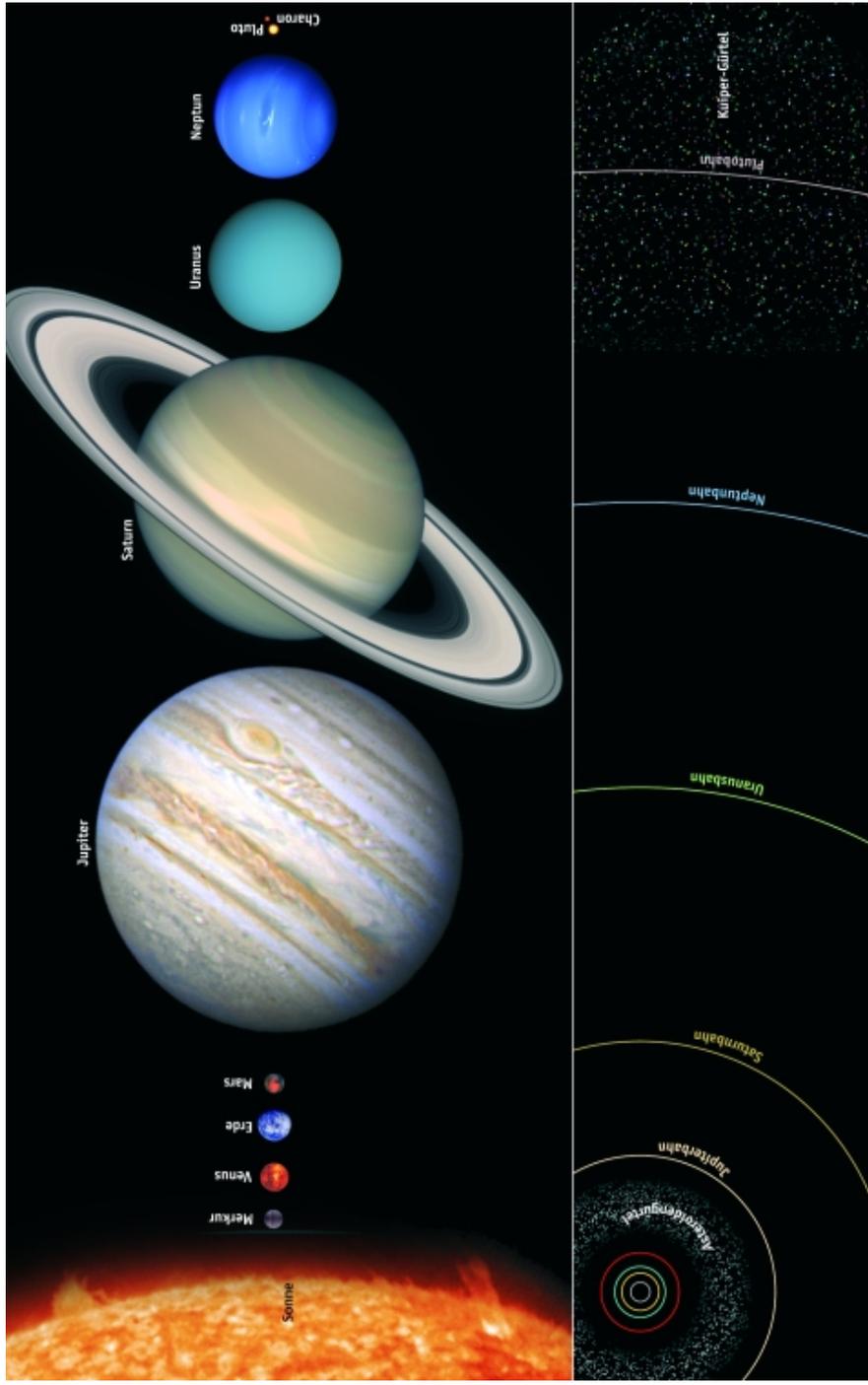
Ganz anders sind da die **äußeren Planeten** Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun, die viel größer sind: Der größte Planet Jupiter hat den 11-fachen Durchmesser und die 318-fache Masse der Erde. Sie bestehen v.a. aus den Gasen Wasserstoff und Helium, die sich im Zentrum wegen des hohen Drucks verflüssigen. 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.

Unser Universum

Das Planetensystem

Die Sonne besitzt 99,87 % der Masse des ganzen Planetensystems. Aufgrund ihrer Anziehungskraft wird sie von den 8 Planeten (Merkur "Mein Vater erklärt mir jeden Sonntag unseren Nachthimmel." für Reihenfolge Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun), sowie vielen Asteroiden, Kometen und einigen Zwergplaneten umrundet. Während Merkur seinen Umlauf in 0,4-facher Erdentfernung (150 Mio. km = eine „astronomische Einheit“: 1 AE) in 88 Tagen absolviert, braucht Neptun mit durchschnittlich 30 AE Entfernung 165 Jahre.

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.



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 Neptune 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

Saturn – Der Herr der Ringe

Saturn umkreist die Sonne als 6. Planet im **Abstand** von **9,6 Erdbahnradien** in **29,5 Jahren**. Er ist nach Jupiter (und vor Uranus und Neptun) der **zweitgrößte Gasriese** unseres Planetensystems. Mit **120 000 km Durchmesser** ist er fast 10 mal so groß wie die Erde. So ist er trotz der Entfernung als eines der hellsten Objekte am Himmel **mit bloßem Auge** gut **erkennbar**.

Die **Atmosphäre** des Saturns besteht überwiegend aus **Wasserstoff** und **Helium**. In **tieferen Schichten** verflüssigen sich diese Gase zwar durch den **hohen Druck**, aber es gibt **keine feste Planetenoberfläche**, wie man sie von den erdähnlichen (inneren) Planeten kennt. Das **gelblich-braune Aussehen** stammt von einer **Wolkendecke** aus überwiegend **gefrorenen Ammoniakkristallen**. Man erkennt unterschiedlich gefärbte **Wolkenbänder** parallel zum Äquator. Das sind **Strömungszonen** mit **unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten**, die von der **schnellen Rotation** (in nur **10 Stunden!**) **angetrieben** werden. Dazwischen sieht man **riesige Wirbelstürme** als größere Flecken.

Sein **Ring-System** macht Saturn im **Fernrohr** wohl zum aufregendsten Planeten. Es besteht aus **Eis-** und **Gesteinspartikeln** von Staubkorngröße bis ~10 m, die den Planeten so **dicht umkreisen**, dass sie wie eine (bis auf wenige Lücken) geschlossene **Scheibe** mit fast einer **Mio. km Durchmesser** bei nur **wenigen 100 m Dicke** erscheinen. Man vermutet, dass sie **aus einem**

größeren **Mond entstanden** sind, der **von den Gezeitenkräften** nahe des Saturns **zerrissen** worden ist.

Natürlich werden nicht all die **Millionen Trümmer**, die den Saturn umkreisen, als **Monde** klassifiziert. **Titan**, der größte der **56** benannten **Monde**, ist mit **5 150 km Durchmesser** fast halb so groß wie die Erde. Einige Monde bewegen sich in der **gleichen Bahn**, nur um 60° gegeneinander versetzt. Eine Besonderheit bilden auch **Janus** und **Epimetheus** auf fast der gleichen **Umlaufbahn**, die sie alle vier Jahre, wenn sie sich ganz nahe kommen und sich anziehen, **aus tauschen**.

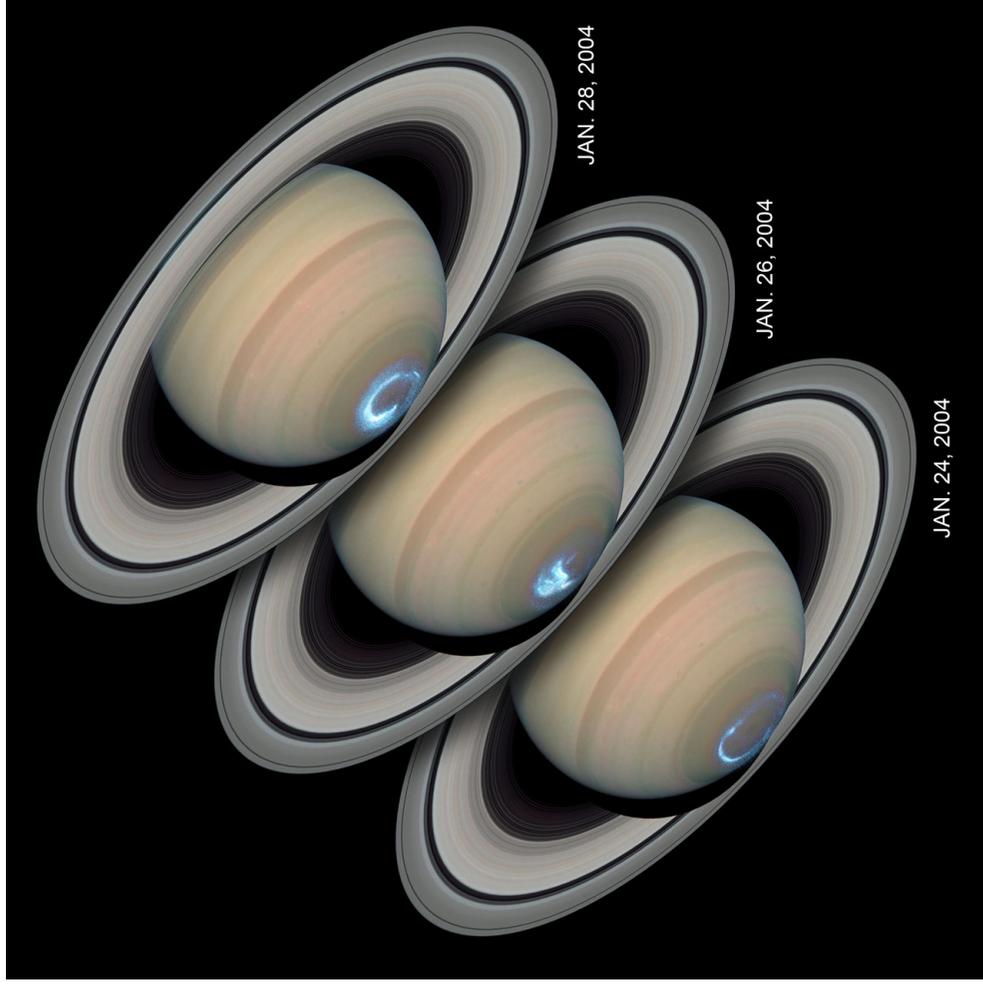
Die **Lücken im Ringsystem**, deren augenfälligste die **Cassinische** (Zwei-)Teilung ist, werden von der **Anziehungskraft der Monde** sowie **der Ringe** selbst verursacht. Kleinere Monde, so genannte **Schäferhunde** -**de** kreisen in den **Lücken** und an den **Rändern**, ziehen die Materie abwechselnd beim Vorbeiziehen an und **stabilisieren** so auch das **Ringsystem** insgesamt.



Die **Bildmontage** zeigt **Polarlichter** auf dem Saturn im Verlauf **mehrerer Tage**. Dabei werden **geladene Teilchen**, die von der Sonne stammen, (**Sonnenwind**) entlang des **Saturn-Magnetfelds abgelenkt** und so **zu den Polen** geleitet. Dort geben sie ihre **Energie** an die **Atmosphäre** ab und regen sie zum **leuchten** an.

Zum Nachdenken:
Inwiefern zeigen die irdischen Polarlichter, dass wir vor dem lebensbedrohendem Sonnenwind geschützt werden?

Bildquelle: NASA, ESA (Hubble + Cassini-Sonde)

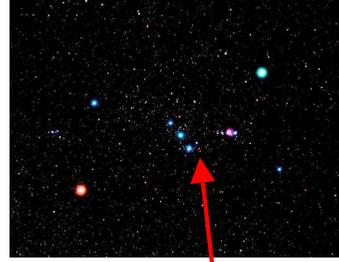


Unser Universum

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

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 Silikaten, an den sich Gasmoleküle angelagert haben. So kondensieren Gasmoleküle wie bei Nebeltröpfchen in der Erdatmosphäre zu festen Körnern.

Zum Nachdenken:

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

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

Bildquelle: ESO (European Southern Observatory)
Aufnahme: VLT (Very Large Telescope)



Unser Universum

Der Crab-Nebel

Den **Crab-Nebel M1** findet man im **Wintersternbild Sier** (Taurus). Bei guten Sichtverhältnissen ist er **schon im einfachen Amateurröhrr erkennbar**. Die Darstellung zeigt die detaillierteste bisher gemachte Aufnahme von M1 des Hubble-Teleskops. Das aus 24 Feldern zusammengefügte Bild bedeckt gerade **5% der Vollmondfäche**.

Am 4. Juli **1054** bemerkten chinesische Astronomen an dieser Stelle plötzlich einen **äußerst hellen „Gaststern“**, der einige Zeit sogar bei Tag gesehen werden konnte. Ein **zuvor unscheinbarer Stern** flammte als **Supernova** auf. Felsmaterialien in Nordamerika deuten darauf hin, dass dieses Naturchauspiel auch dort registriert wurde.

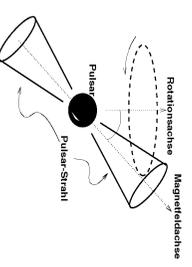
An seinem „**Lebensende**“ kann ein Stern **keine Energie mehr erzeugen und zieht sich zusammen**. Bei mehr als 1,4 Sonnenmassen lösen die **gewaltigen Gravitationskräfte** sogar die Atome auf: die Elektronenhüllen werden in einer **Supernova-Explosion**, die den kollabierenden Stern für wenige Tage so **hell wie eine ganze Galaxie** macht, in die Atomkerne gedrückt, so dass eine **äußerst dichte Packung von Neutronen** entsteht – ein **Neutronenstern** mit nur **wenigen Kilometern Durchmesser**. Seine Dichte ist so groß, dass ein **Kubikzentimeter** davon eine Masse von **100 Millionen Tonnen** hätte!

Treffen beim Kollaps die äußeren Gasmassen auf den entstandenen harten Kern, entsteht eine **Schockwelle**, die sie wieder **nach außen schleudert**. Wir sehen heute noch,

dass sich der Crab-Nebel mit ca. **1 500 km/s** ausbreitet. Inzwischen ist der **Durchmesser auf 11 Lichtjahre** angewachsen, was in der großen **Entfernung von 6 500 Lichtjahren** nur 6,8 Winkelminuten ($\approx 1/4$ Vollmondurchmesser) sind.

Die **Kollision mit interstellarem Gas** aus der Umgebung **heizt den Überrest** auf mehrere **Millionen Grad** auf, so dass dieser Strahlung vom **sichtbaren Licht** bis in den **Röntgenbereich** hinein abgibt. Die Art der Explosion sorgt für die **Filamentstruktur** des Nebels: Wie in roten Wollfäden leuchtet erhitzter Wasserstoff.

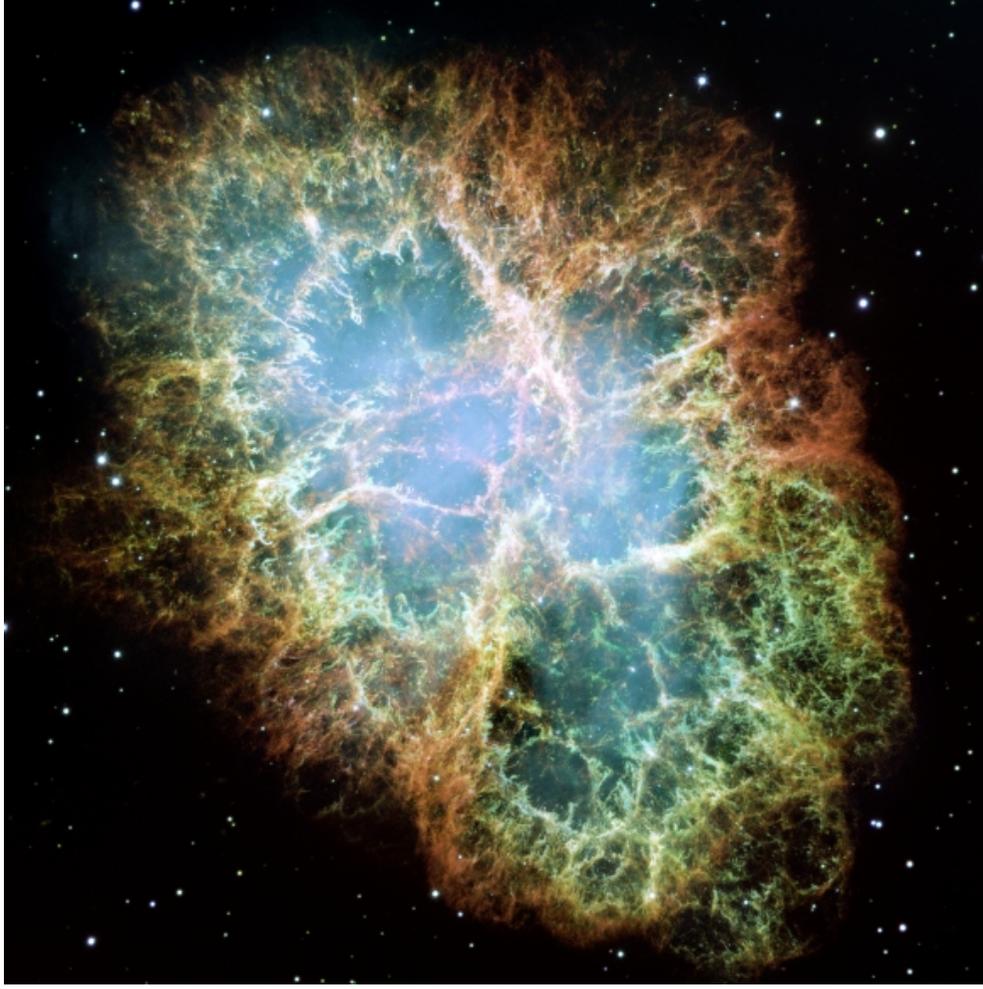
Wie eine Eisstänzerin nach dem Anlegen ihrer Arme ihre **Rotationsfrequenz steigert** (Drehimpulserhaltung), kommt auch ein zusammengestürzter Neutronenstern zu einer ungläublichen **Rotation** (bis 1 000 Umdrehungen / Sekunde; 30 im Falle des Crab-Nebels) und erzeugt ein **gewaltiges Magnetfeld** (ca. billionfaches des Erdmagnetfelds). In dem werden **geladene Teilchen herumgewirbelt** und erzeugen sogenannte **Synchrotronstrahlung**. Diese **Radiostrahlung** erreicht uns aber nur, wenn das **rotierende Magnetfeld auf uns zeigt**. So empfangen wir vom Neutronenstern **gepulste Strahlung** mit bis zu 1 000 Blitzen je Sekunde. Darum werden diese kosmischen **Leuchttürme** auch **Pulsare** („pulsating radio stars“) genannt.



Zum Nachdenken:

Welche Masse hätte unser Körper (Volumen ca. 100 dm^3), wenn er aus Neutronenstertermasse wäre?

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



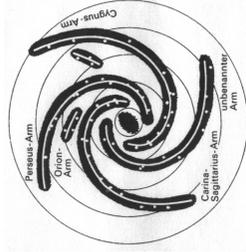
Unser Universum

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 **Spiralarms** 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

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)



Unser Universum

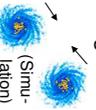
Eine Galaxienverschmelzung

Sterne (wie unsere Sonne) **entstehen in Galaxien**. Das sind **Ansammlungen** von ca. **100 Milliarden Sternen** mit rund **100 000 Lichtjahren Durchmesser**; so wie unsere Milchstraße, in der unser Sonnensystem enthalten ist. In den Armen von **Spiralgalaxien** wird interstellares Gas zu neuen Sternen komprimiert. Die **vielen blauen Sterne** zeugen von der **Sternentstehung**: Blaue Sterne können im Vergleich nur (kosmisch) **jung** sein, da sie besondere Energieverschwender sind: so **heiß** und **hell**, dass sie schon **nach einigen Millionen Jahren ausgebrannt** sind.



Elliptische Galaxien enthalten **nur noch masseärmeren, rote Sterne**, die mit ihrem Brennstoff **Milliarden Jahre** auskommen.

Im Gegensatz zu **Sternen**, die im Vergleich zu ihren Abständen so klein sind, dass **Zusammenstöße** äußerst **unwahrscheinlich** sind, kommt es schon leichter zu einer **Kollision von Galaxien**. Die **Gravitation** **verwirbelt** die beiden dabei so, dass eine unstrukturiert erscheinende, sogenannte **irreguläre Galaxie** entsteht (siehe Bild).

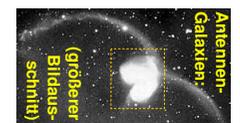
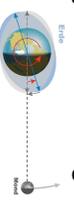


Oft, das zeigen auch Computer-Berechnungen, bilden sich dabei **Gezeiten-Arme**: die **Gezeiten-**



kraft (unterschiedliche **Gravitationskraft** an der zu- und

abgewandten Seite) zieht die Gasmassen auseinander. Bei den **Gezeiten** auf der Erde bewirkt ja die **Anziehung des Mondes** auch **zwei Flutberge** von **Wassermassen**: einer auf der Seite zum Mond hin, der andere gegenüber.



Die **Antennen-Galaxien** (die **ausgeprägten Gezeiten-Arme** waren namensgebend), die sich (erst!) seit wenigen **100 Millionen Jahren** beeinflussen, befinden sich in ca. **62 Mio. Lichtjahren Entfernung** im Sternbild **Rabe (Corvus)**. Sie sind damit das **jüngste und nächstgelegene** Beispiel einer **Galaxienverschmelzung**.

Die **ursprünglichen Zentren** sind noch als **orange leuchtende Flecken** erkennbar. Die **Gravitations-Wechselwirkung** verursacht die **Entstehung von Milliarden neuer Sterne**, was wieder an den **blauen Gebieten** zu erkennen ist. Das **rote Leuchten** (eigens mit einem speziellen H_α-Fotofilter sichtbar gemacht) markiert von diesen Jungsternen **aufgeheizte Wasserstoffwolken**. Die **dunklen Filamente** (fadentartige Strukturen) werden von **Staubmassen** verursacht, die das Licht der Galaxien abschirmen.

Für die fernere Zukunft:

Auch **unsere Milchstraße** und die ca. 2,5 Mio. Lichtjahre entfernte **Nachbargalaxie Andromeda** **bewegen** sich mit **266 km/s** **aufeinander zu** und werden vermutlich **in einigen Milliarden Jahren kollidieren**. **Ob die beiden Spiralgalaxien dann wohl ebenso spektakulär verschmelzen?**

Bildquelle: NASA, ESA; Hubble-Space-Telescope



Unser Universum

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.

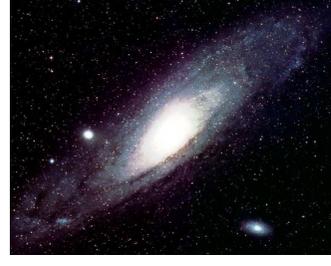
Erst **1923** gelang es dem Astronomen **Edwin Hubble** mit einem 2,5 m Teleskop, **einzelne Sterne** im Andromedanebel (vgl. Bild unten) – und später auch in anderen Galaxien – **aufzulösen**. Besonders wichtig waren dabei sog. **Delta-Cephei-Sterne**: Wie beim Stern δ im Sternbild Cepheus kann auf 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

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)

Astronomie- Ausstellung

am Panoramaweg
in Wasserburg am Inn

1. Übersicht **2007**

2. Der tiefste Blick (seit 2005)

3. Eine Galaxienverschmelzung

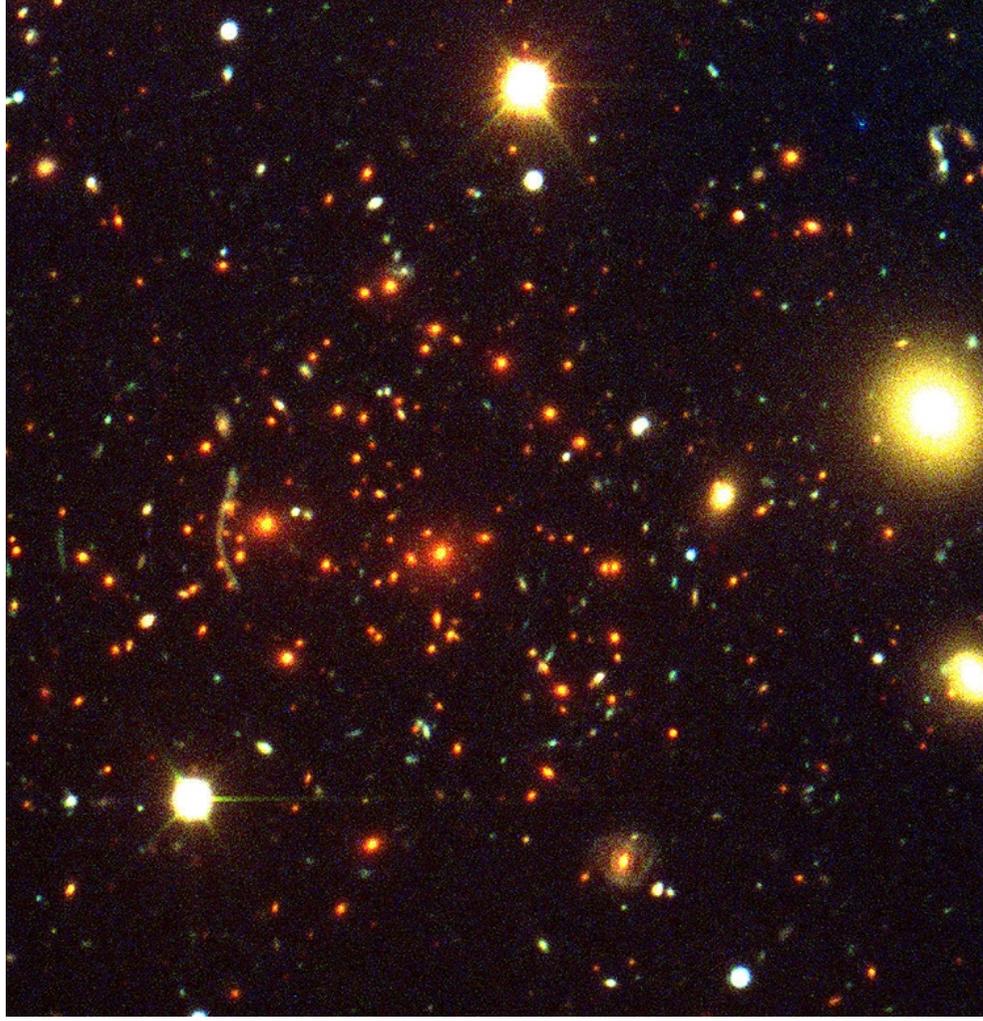
4. Der Crab-Nebel

5. Der Saturn

6. Das Planetensystem (aktualisiert)

7. Die Sonne (seit 2003)

8. Die Erde (neu)



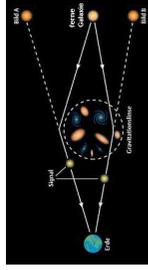
Unser Universum

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 fernem Galaxien vor uns! Je **größer die Entfernung**, desto **größer** ist auch die **Fluchtgeschwindigkeit**.

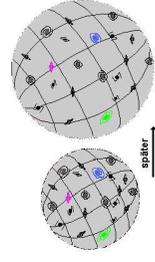
Damit erhalten wir nun die **Entfernung von Abell 370**: Aus der gemessenen dreifachen Lichtwellenlänge folgt man eine Fluchtgeschwindigkeit von etwa 120 Mio. km/s (37% der Lichtgeschwindigkeit). Das führt zu der Entfernung von ca. 5 Mrd. Lj.

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)



Unser Universum

Ein Supernova-Überrest

Die mächtige und chaotisch erscheinende **Gas- und Staubwolke N 63 A** befindet sich in der **großen Magellanschen Wolke**, der nächsten Nachbargalaxie unserer Milchstraße in **160.000 Lichtjahren Entfernung**. Bei N 63 A handelt es sich um **Überreste eines Sterns** von ca. **50-facher Sonnenmasse**, der einst in einer Supernova explodiert ist.

Das **Endstadium eines Sterns** ist erreicht, wenn sein **Fusionsbrennstoff verbraucht** ist. Bis dahin sind **Sterne stabil**, weil sie dem **Druck der eigenen Gravitation standhalten**, indem sie durch Kernreaktionen **Energie** (in Form von Licht und stellarem Wind) **freisetzen**. Wenn diese nicht mehr aufrecht erhalten werden können, **verdichtet** sich der Stern und **erhitzt** sich schnell auf mehrere Milliarden Grad. Dadurch können kurzfristig **neue Fusionsreaktionen** einsetzen und es **entstehen schwerere Elemente** als Wasserstoff und Helium, den Urstoffen des Universums. Ein Stern mit einer gewissen **Mindestmasse** kann sich am Ende dieser Fusionsreihen **nicht mehr** auf diese Weise **stabilisieren** und es kommt schließlich zu einer **Supernova-Explosion**: Der Zentralbereich des Sterns komprimiert sich zu einem harten **Neutronenstern** mit der **gewaltigen Dichte** von Millionen Tonnen pro Kubikmillimeter. An diesem Kern **prallt der Rest des kollabierenden Sterns zurück** und erzeugt (zusammen mit dem riesigen Strom von Neutrinos) **Schockwellen**, die die **Außenhülle** mit 10.000 km/s **abstoßen**. Die abrupte **Vergrößerung der leuchten-**

den Oberfläche ist für die anfänglich **enorme Helligkeit** eines Supernova-Ausbruchs verantwortlich: Einige Tage lang kann nahezu die **Leuchtkraft einer gesamten Galaxie** (ca. 10 - milliardenfache Sonnenleistung) erreicht werden!

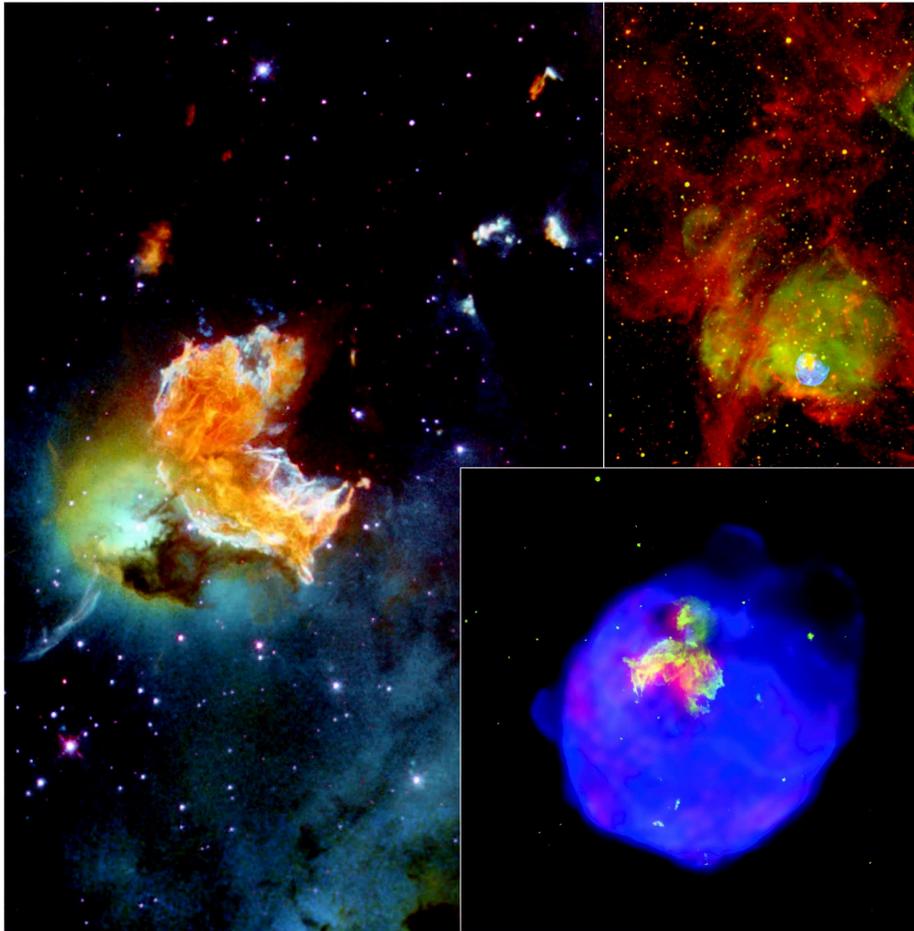
Der **starke stellare Wind** (ein Teilchenstrom von der Oberfläche), den der **massive Stern** zu "Lebzeiten" **erzeugt** hat, hat in der Umgebung eine **fast leere Blase freigelegt**, wie man auf dem blauen Röntgenbild links unten erkennen kann. Die gewaltige (orange leuchtende) **Wolke N 63** blieb wegen ihrer **großen Dichte** **bestehen**. Sie wurde erst von der **Schockwelle** der **Supernova erschüttert** und **zerrissen**! Diese hat auch das **Material am Rand der Blase auf ca. 10 Millionen Grad erhitzt**, was das **Glühen im Röntgenlicht** verursacht.

Während hier die benachbarte **Gaswolke** **verwirbelt** wurde, **bewirken Supernovae** in anderen Materiewolken durch **Verdichtung** und **Anreicherung mit schweren Elementen** die **Stern- und Planetenentstehung**. Die **Gasausstöße** der Supernova werden in dem 10 - 15 Lichtjahre von N 63 A entfernten **Gebiet** der großen Magellanschen Wolke, das **bereits jetzt Sterne bildet**, wohl noch **weitere heftige Veränderungen** bewirken. Das tritt aber erst in einigen Millionen Jahren ein.

Zum Bewundern:

Beim Urknall ist praktisch nur Wasserstoff entstanden – die Materie, aus der die Erde (wie auch unser eigener Körper) besteht, muss also bei einer Supernova gebildet worden sein!

Bildquelle: NASA: HST, Chandra-Röntgensat. u. a.



Astronomie- Ausstellung

am Panoramaweg
in Wasserburg am Inn

1. Übersicht **2004**



2. **Der Mond**



3. **Die Sonne** (*seit 2003*)



4. **Das Planetensystem** (*seit 2003*)



5. **Der Mars**



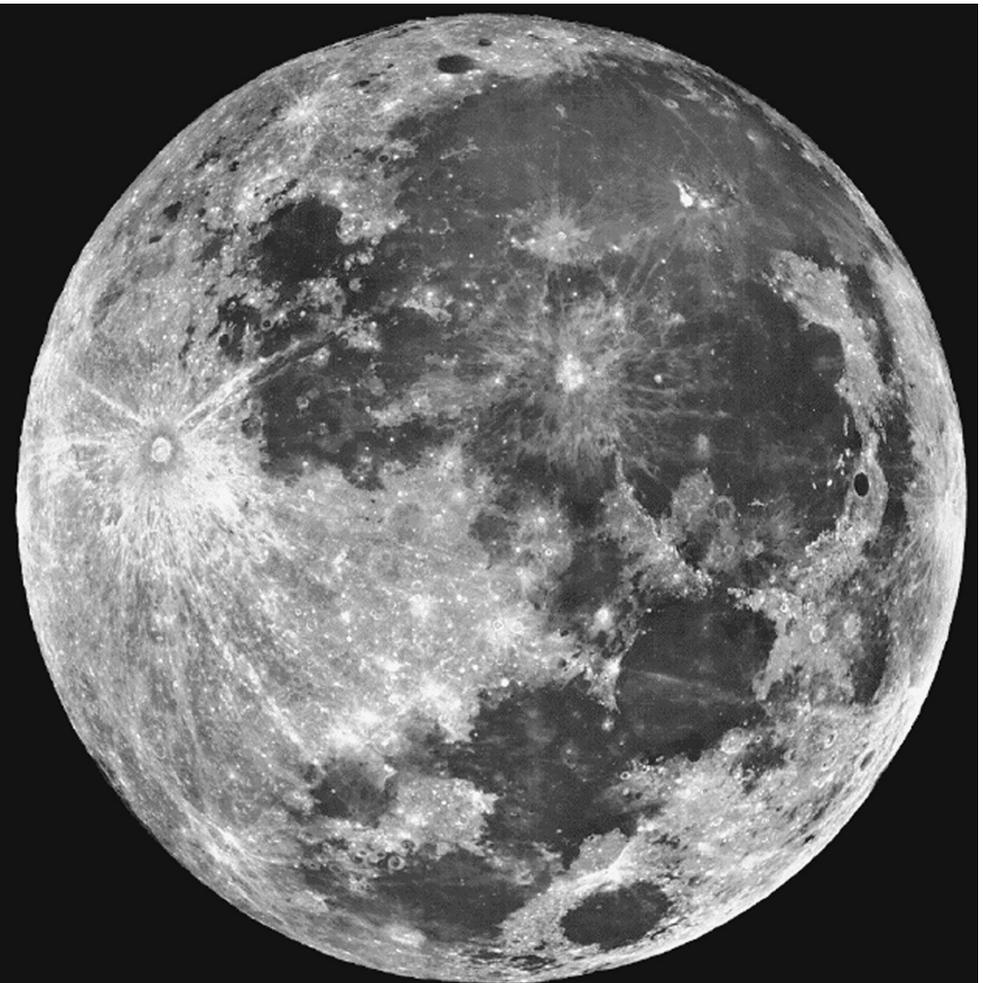
6. **Der Orionnebel M42**



7. **Echo einer stellaren Lichteruption**



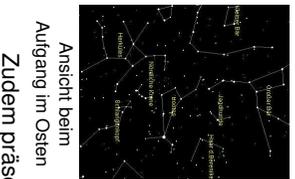
8. **Galaxienhaufen Abell** (*seit 2003*)



Unser Universum

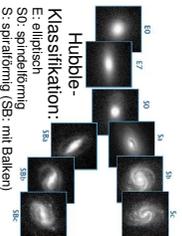
Die Whirlpool-Galaxie

Die **typische Spiralgalaxie** M51 hat (wie ca. 10% aller Spiralgalaxien – die vom **“Grand-Design“-Typ**) **zwei symmetrische**, deutlich **ausgeprägte Arme** und wird deshalb **Whirlpool-Galaxie** genannt. Wie bei jeder **Galaxie** (und so auch bei unserer Milchstraße) handelt es sich um eine Anhäufung von **Gas- und Staubmassen** mit ca. **100 Mrd. Sternen** im sonst so ungläublich leeren Weltraum. Sie ist etwas kleiner als unsere **Milchstraße**, die mit **100.000 Lichtjahren** Durchmesser zu den größeren Spiralgalaxien gehört.

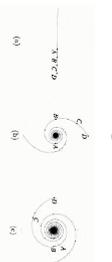


Im Sternbild **Jagdhunde** **kann** M51 mit Teleskopen **sehr gut untersucht** werden, weil sie hoch über der Milchstraßenebene mit ihren absorbierenden Staubwolken liegt. Die **Entfernung** von ca. **37 Mio. Lichtjahren** ist relativ gering – verglichen mit dem mittleren Abstand zwischen Einzelgalaxien, der ca. 10 bis 100 Galaxien-Durchmesser beträgt. Zudem präsentiert sich M51 in **direkter Draufsicht**.

Gut $\frac{2}{3}$ der mit Teleskopen sichtbaren Galaxien sind flache Scheiben mit **Spiralstruktur**, während ca. $\frac{1}{4}$ **elliptisch oder spindelförmig** (wie übergroße Kugelsternhaufen) sind.



(Tatsächlich ist der Anteil der **Spiralgalaxien** geringer, da diese wegen ihrer **hohen Sternentstehungsraten** **leuchtstärker** und damit auch **noch aus größerer Entfernung sichtbar** sind. Er beträgt etwa 20 - 30%.)



Wegen der **differentiellen Rotation** (Abnahme der Rotationsgeschwindigkeit mit dem Abstand vom Zentrum) sollten radiale Strukturen wie **Spiralarms auf keinen Fall** über mehrere 100 Mio. Jahre **existieren!**

Die **Dichtewellen-Theorie** liefert folgende Erklärung: Die Spiralarme sind **nicht materiell**, sondern starre **Störungen** mit 10 - 20% höherer Dichte: **Staustellen** im **Fluss** der interstellaren Materie quer zu den Armen! (In der Whirlpool-Galaxie wird die Störung vermutlich von der **Gravitation** der **Begleitgalaxie** NGC 5195 verursacht, die hinter ihr **vorbeizieht**.)



Man erkennt, dass sich auf der **Innenseite** der Spiralarme **dunkle Gaswolken** befinden. Diese werden nach Eintritt in die Dichtewelle **komprimiert**, was die **roten**, hell-leuchtenden **Sternentstehungsgebiete** erzeugt. Ganz **außen** findet man dann **helle, blaue Jungsterne**. (Im **Zentrum** befinden sich eher **deutlich ältere gelblich-rote Sterne**.)

zum Ausrechnen:

Wie **viele durchschnittliche Galaxienabstände** **passen in die Entfernung zur Whirlpool-Galaxie?**

Bildquelle: **NASA, ESA, Hubble-Space-Telescope**

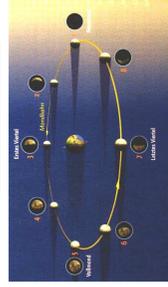


Unser Universum

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).



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.

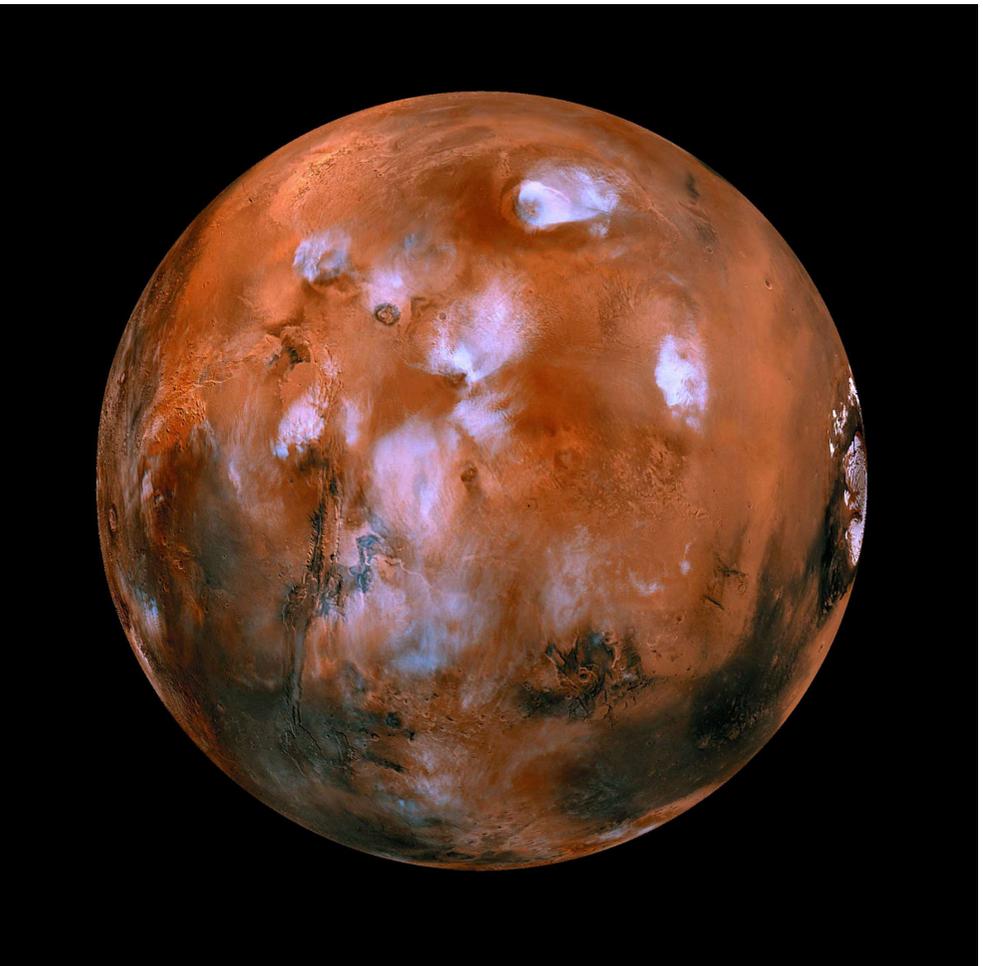


Mondrückseite 1959

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.

bildenden Erde mit einem Planetoiden von der Größe des Marses **entstanden** ist.
Zum Nachdenken:
In welchen Mondphasen sind Finsternisse möglich?
Bildquelle: Lick Observatory



Unser Universum

Der tiefste Blick ins Universum

Das Bild zeigt das **HUDF (Hubble Ultra Deep Field)**, das ist nur ein winzig **kleiner Bereich** des **Himmels** (1% der Vollmondofläche) im Sternbild Fornax. Da sich hier nur **ganz wenige Vordergrundsterne** der Milchstraße befinden, konnte mit dem **Hubble-Weltraumteleskop** der **tiefste Blick ins Universum** erreicht werden, der bisher mit **sichtbarem Licht** möglich war. Für die Auflösung der extrem lichtschwachen Objekte (nur ein Photon pro Minute!) in **über 13 Milliarden Lichtjahren Entfernung** war eine **Belichtungszeit von einer Million Sekunden** (insgesamt 11,3 Tage) notwendig – dabei musste das Hubble-Teleskop die Erde 400 Mal umkreisen!

Von den ca. **10 000 Galaxien** des Bildausschnitts entsprechen **vor allem die näheren** (hellere) den geläufigen Typen **'spiralförmig'** oder **'elliptisch'**. (Siehe eigener Schaukasten.)



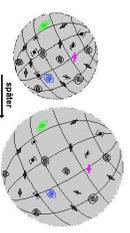
Die weiter entfernten haben zum Teil ganz **ungewöhnliche Größen, Formen und Farben**.

Wegen der **Lichtlaufzeiten** stammt die Information der **nahen Objekte** aus einer (kosmisch) **jüngeren Zeit**, während ein **Blick in die Ferne** auch einen **Blick weit in der Zeit zurück** darstellt.



Von den kleinsten, stark roten, existierten einige bereits **400 Millionen Jahre nach dem Urknall** (der Entstehung des Universums)! So sind die fernen Galaxien Zeugen von der **Frühzeit des Universums**, als sich **Strukturen**, so wie Galaxienformen, **noch nicht entwickelt** hatten. Die wesentlichen **Veränderungen** liefen dann aber sehr schnell ab: schon **eine Milliarde Jahre** später war das Universum im Wesentlichen so, wie wir es heute kennen. Darin sind **Projekte** wie HUDF für die Astronomen so **wichtig** zum Studium der **Entwicklung des gesamten Universums**.

Dieser **Fernblick** konnte durch die **Kombination** einer **Aufnahme im sichtbaren Licht** mit der Messung eines **Infrarot-Spektrometers** erreicht werden. Die Untersuchung des Infrarotlichts ist angebracht, da das **Licht** so weit entfernter Objekte sehr stark **ins Rote verschoben** ist. Der Grund liegt in der der **Expansion des Universums**: die von ihr verursachte **Fluchtgeschwindigkeit** streckt die Wellenlängen bis auf das 12-fache.



Es ist der gleiche **(Doppler-)Effekt** wie bei einer weg-fahrende Sirene, die sich tiefer anhört.

zum Erstaunen:

Das **Universum sollte beim Urknall in jeder Hinsicht gleichmäßig entstanden sein**. Durch zufällige **Schwankungen konnten aber doch Strukturen** (wie Galaxien, Sterne und Planetensysteme) **entstehen, ohne die unser Dasein unmöglich wäre**.

Bildquelle: NASA, ESA, HST (HUDF-Team)



Unser Universum

Der Mars

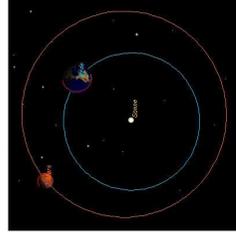
Unser **Nachbarplanet** findet zur Zeit das besondere Interesse von **Forschung, Raumfahrt** und Medien. Wegen seiner Zusammensetzung und Lage gilt er als der **erdähnlichste Körper** im Sonnensystem. Von der Sonne ist er im Mittel **230 Millionen km** entfernt, also **1½ mal** so weit wie die Erde. 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.

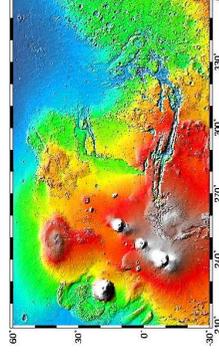
Auch mit den **24½ Stunden**

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 einfacher 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.

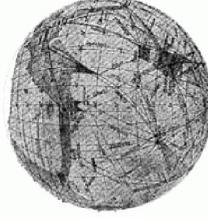


Das Bild vom Äquatorbereich zeigt weißblaue Wolken aus Wassereis über den **3 großen Vulkanen** nördlich der großen **Marstäler** (Valles Marineris; nach der Sonde Mariner 1973 benannt), einem Cañonsystem in Ost-West-Richtung ca. 4000 km lang und bis 3000 m tief. Der höchste Vulkan Olympus Mons ist fast **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)

Astronomie- Ausstellung

am Panoramaweg
in Wasserburg am Inn

1. Übersicht **2005**

2. Der tiefste Blick ins Universum 
3. Die Whirlpool-Galaxie 
4. Ein Supernova-Überrest 
5. Der Mars (seit 2004) 
6. Das Planetensystem (seit 2003) 
7. Die Sonne (seit 2003) 
8. Der Mond (seit 2004) 



Unser Universum

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 Staubmassen abziehen, so dass das Gebiet **durchsichtig** wird. Jungsterne dieser Art lassen auch die **Spiralarme** von Galaxien so prächtig leuchten.

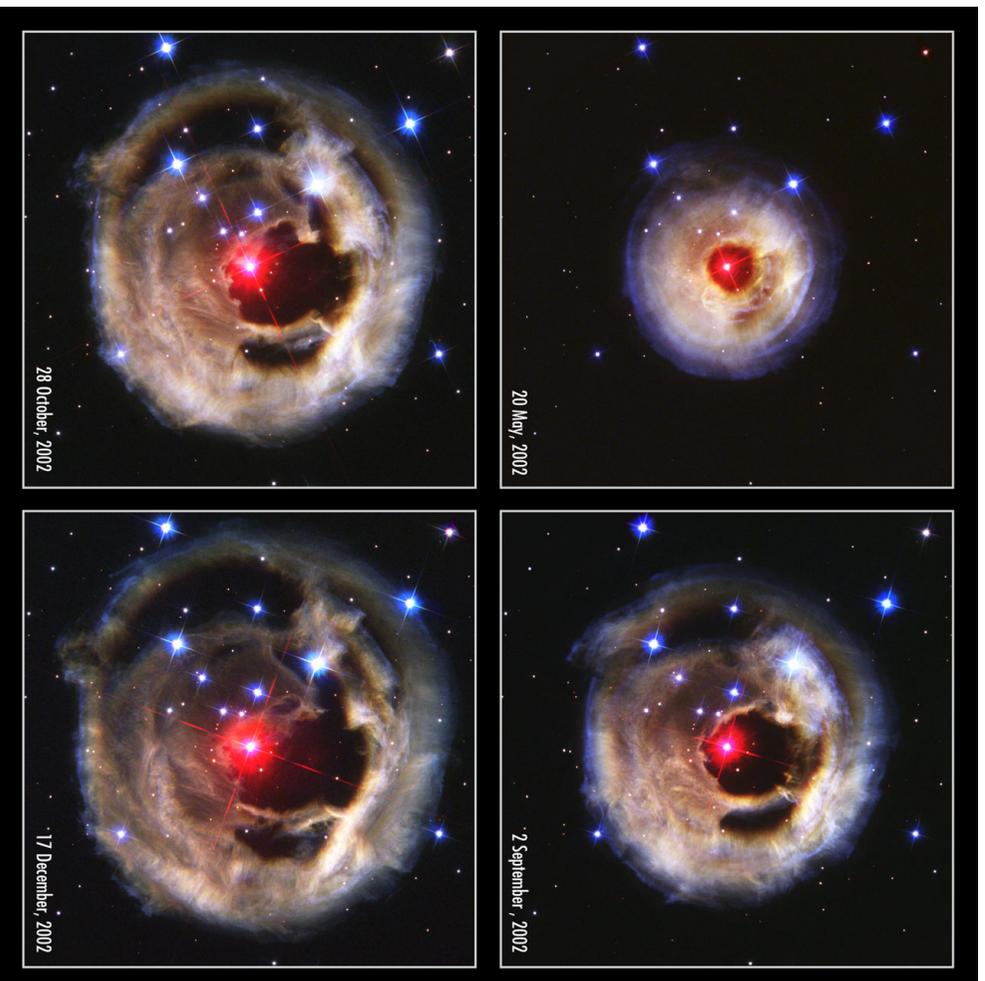
Spektraluntersuchungen identifizieren einen Großteil dieser Sterne als **blaue Riesen**. Solche Sterne sind wahre Energieverschwender. Obwohl sie ein Vielfaches der Masse unserer Sonne besitzen, können sie wegen ihrer **hohen Temperaturen** (an der Oberfläche bis zu 100 000 °C) und dem damit verbundenen **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?



Unser Universum

Echo einer stellaren Lichteruptio

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 Lichteruptio 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**.



Eine sog. **Nova** entsteht an einem **weißen Zwerg**, das ist eine enorm komprimierte Sternleinliche (über 100 t/cm^3). 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^3) 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.

