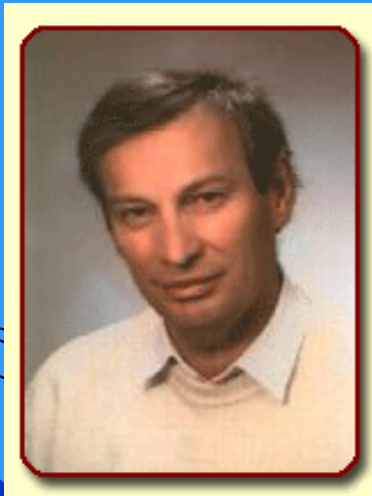


Sterne, Galaxien und Universum

Inhalt:

1. Einleitung
2. Unser Sonnensystem
3. Galaxien und Sternenhaufen
4. Das Universum



Heinz Oberhummer ist Professor an der Technischen Universität Wien und Partner der E-Learning Firma Behacker & Partner GmbH. Er ist Autor und Koautor von über 160 wissenschaftlichen Publikationen zu Themen aus der Physik und zum E-Learning, von 4 Büchern und zahlreichen populärwissenschaftlichen Artikeln. Erhielt mehr als 330 wissenschaftliche Vorträge, Multimedia – Präsentationen und Posters, betreute über 70 Diplomarbeiten und 20 Dissertationen. Er koordinierte über 25 nationale und internationale Forschungsprojekte über Astrophysik und über E-Learning - Systeme.

Ein Blick zu den Sternen



Der nächtliche Himmel
[Quelle: Stellarium. frei]

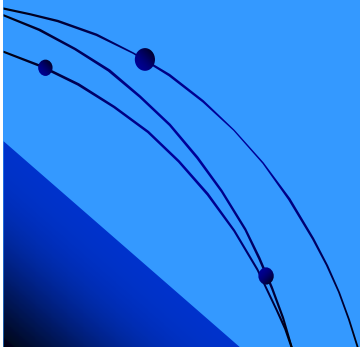
- Hast du schon einmal in den nächtliche Sternenhimmel geschaut und dich über die über 2200 Sterne gewundert, die man in einer dunklen Nacht mit freiem Auge sehen kann?
- Worin besteht der Unterschied zwischen diesen Sternen und der Sonne? Es gibt gar keinen, unsere Sonne ist auch nur ein Sterne wie alle anderen!
- Unsere Sonne schaut nur deshalb so viel heller aus, weil sie so viel näher ist als alle anderen Sterne.
- Sogar der nächste Stern ist schon mehr als eine Million mal weiter von uns entfernt als die Sonne!

Wie weit sind der Mond, die Sonne und die Sterne von uns entfernt?

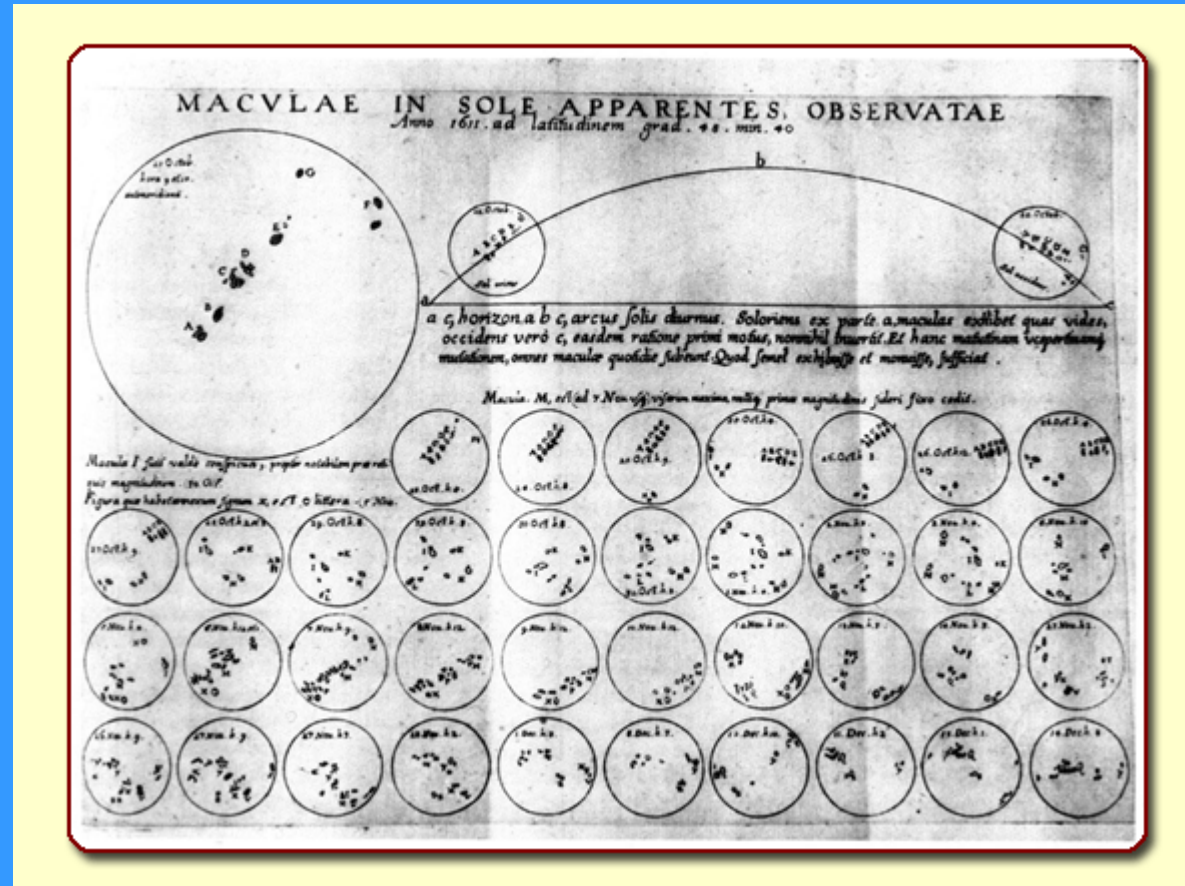
- Jeder weiß, was gemeint ist, wenn man sagt, zwei Städte sind eineinhalb Stunden voneinander entfernt. In der Astronomie verwendet man Lichtjahre an Stelle der Fahrzeit. Licht bewegt sich freilich sehr viel schneller als ein Auto, nämlich mit 300 000 Kilometer pro Sekunde. Ein Lichtjahr ist also die Strecke, die das Licht in einem Jahr zurücklegt, das sind 9 460 730 472 580 800m (ungefähr 10 000 Billionen Kilometer).
- Die Distanzen, mit denen wir es in der Astronomie zu tun haben, sind gigantisch im Vergleich mit jenen auf unserer Erde. Deshalb werden sie auch nicht in den normalen Einheiten wie Meter oder Kilometer gemessen, sondern in Lichtjahren. Dementsprechend sind dann eine Lichtsekunde bzw. eine Lichtminute, eine Lichtstunde jene Strecken, die Licht in einer Sekunde, einer Minute, einer Stunde zurücklegt.
- So ist der Mond 1.3 Lichtsekunden von uns entfernt. Der Abstand von der Erde zur Sonne beträgt 8.3 Lichtminuten. Der nächste Stern ist schon 4.3 Lichtjahre entfernt und der Stern, der am weitesten von uns entfernt ist und den wir noch mit freiem Auge sehen können ist 250 Lichtjahre weit weg!

Sonne bedeutet Leben!

- Die Sonne ist ein mittelgroßer Stern. Sterne haben im Allgemeinen eine Masse zwischen dem 0,08-fachen und dem 80-fachen der Sonnenmasse. Die Sonne hat in ihrem Zentrum eine Temperatur von zirka 15 000 000° C (15 Millionen Grad) und an ihrer Oberfläche immerhin noch 5800 Grad Celsius.
- Die Sonne ist für uns lebenswichtig, denn sie liefert die notwendige Energie für alles Leben auf der Erde.
- Die enormen Energiemengen, die von der Sonne freigesetzt werden, können nur bei Kernprozessen entstehen. Mit anderen Worten: Die Sonne ist riesiger Kernreaktor, der Wasserstoffkerne verbrennt. Im Inneren der Sonne werden pro Sekunde rund 6 Billionen Tonnen Wasserstoffkerne verbraucht.



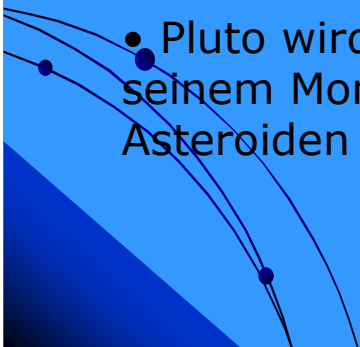
Sonnenflecken, wie sie schon von Galilei beobachtet wurden



Die von Galilei beobachteten Sonnenflecken beschrieb er als Veränderungen in der Sonnenoberfläche; aufgrund ihrer Bewegung schloss Galilei, dass sich die Sonne innerhalb von 30 Tagen einmal um ihre eigene Achse dreht. [Quelle: Alessandro Pascolini]

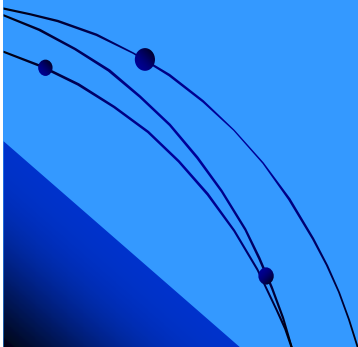
Die Planeten: Das Sonnenlicht macht sie sichtbar

- Das Sonnensystem besteht aus der Sonne im Zentrum und den 8 Planeten, die sich auf elliptischen Bahnen um die Sonne drehen. Außerdem gibt es in unserem Sonnensystem noch kleiner Himmelskörper wie die Monde, die die Planeten umkreisen, die Asteroiden und die Kometen.
- Die Sonne enthält 99.85% der Gesamtmasse unseres Sonnensystems, während alle Planeten zusammen weniger als 0.15% der Masse ausmachen. Der Planet, der am drittweitesten von der Sonne entfernt ist, ist die Erde, unser Heimatplanet.
- Die anderen Planeten sind nach griechischen und römischen Göttern benannt. Sie heißen in der Reihenfolge ihrer Entfernung von der Sonne: Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun.
- Pluto wird seit 2006 nicht mehr zu den Planeten gezählt. Er gehört nun samt seinem Mond Charon zu dem neu entdeckten Planeten Eris und dem Asteroiden Ceres.

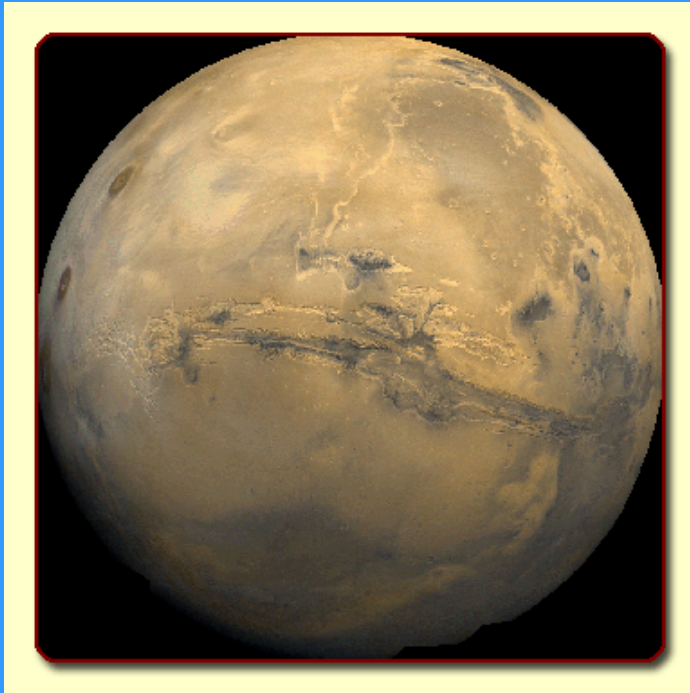


Was ist der Unterschied zwischen der Sonne und den Planeten?

- Die Sonne im Zentrum des Sonnensystems ist viel größer als die Planeten, und sie ist selbst leuchtend, während die Planeten nur deshalb zu sehen sind, weil sie von der Sonne beleuchtet werden.
- Die anderen Planeten unterscheiden sich stark von der Erde. Zum Beispiel liegen die Temperaturen auf dem Merkur, dem Sonnen nächsten Planeten, am Tag bei + 427 Grad Celsius. Jupiter ist bei weitem der größte Planet. Er hat ungefähr 300 mal so viel Masse wie die Erde und mehr Masse als alle anderen Planeten zusammen.
- Der höchste Berg im ganzen Sonnensystem ist der Mons Olympus am Mars. Er ist dreimal so hoch wie der höchste Berg auf der Erde, der Mt. Everest.



Der Mars: unser Nachbar

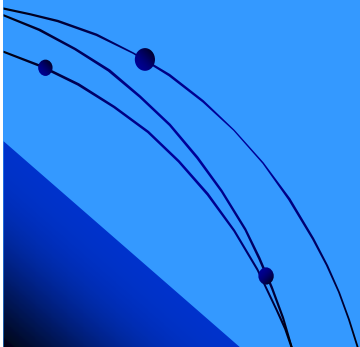


Der Mars ist der Erde am ähnlichsten. Es gilt als sicher, dass es am Mars in der Vergangenheit Flüsse und Ozeane gegeben hat. Formationen die Küstenlinien, Flussbetten und Inseln sehr ähnlich sehen lassen darauf schließen, dass einmal große Flüsse den Planeten durchzogen haben. Es ist heute ein ungelöstes Problem, wohin das Wasser gekommen ist. Wegen des möglichen Vorhandenseins von Wasser, wenigsten in früherer Vergangenheit, gilt der Mars als möglicher Fundort für einfache Formen außerirdischen Lebens.

Ein Foto vom Mars. Das Schluchten-System des Valles Marineris zieht sich vom Westen durch zerklüftetes Terrain nach Osten. Es wird angenommen, dass diese Schluchten von Flüssen stammen, die es einmal auf dem Mars gegeben hat. (Quelle: USGS/NASA)

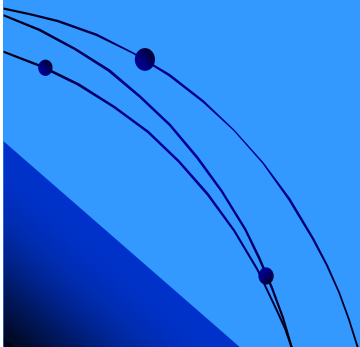
Die Erde - das Zentrum des Universums?

Im 2. Jahrhundert nach Christus schuf Ptolemäus das geozentrische System, um die Bewegung der Planeten zu erklären. In diesem System wurde die Erde als der Mittelpunkt des Universums angesehen und der Mond, die Planeten und die Sterne kreisten auf verschiedenen konzentrischen Himmelskugeln um sie. In diesem Weltbild war das Universum eine Kugel von endlicher Größe und außerhalb dieser Kugel gab es nichts.



Ptolemäus (zirka 100 -170 n. Chr.)

Ptolemäus war Astronom, Mathematiker und Geograph. Er sammelte und schrieb das ganze damals bekannte Wissen über Astronomie nieder und stellte das geozentrische Modell auf, um die Position der Planeten zu bestimmen. Er fasste seine Erkenntnisse in seinem Werk "Der große mathematische Zusammenhang", das im Allgemeinen unter dem, ins Arabische übersetzten Titel "Almagest" bekannt ist, was soviel heißt wie "Das Größte". Das geozentrische System des Ptolemäus blieb dann über 1300 Jahre lang das allgemein anerkannte Weltbild.



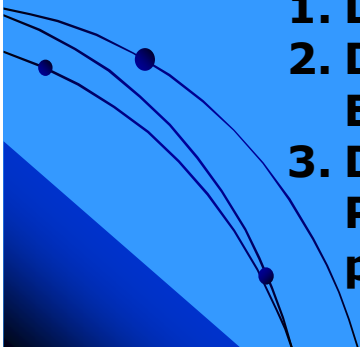
Das geozentrische System

Wann immer wir ein antikes Monument anschauen, egal ob in Europa, Afrika, Asien oder in Südamerika, können wir sicher sein, dass alle antiken Kulturen ein Weltbild hatten, das die Erde ruhend in den Mittelpunkt des Universums stellte. Die Ägypter betrachteten den Himmel als den Körper der Göttin Nut; die Hindus glaubten, der Himmel ruhe auf dem Stoßzahn eines riesigen Elefanten; die Babylonier sahen den Himmel als das Innere eines enormen glockenförmigen Kruges an; und die Araber nahmen in der jüngeren Vergangenheit an, der Himmel sei ein riesiges Zelt. Aber bereits im 5. Jahrhundert vor Christus stellt der große griechische Philosoph Plato die kritische Frage: "Können wir die Bewegung der Planeten als Ergebnis einer geeigneten Kombination von Kreisbewegungen ansehen?" Nahezu alle Astronomen, die in der Antike lebten, versuchten eine Antwort auf diese Frage zu finden.

Schließlich wurde von Ptolemäus am Ende des 2. Jahrhunderts nach Christus eine komplette Theorie aufgestellt, die die Bewegung der Planeten erklärte: das geozentrische System.

Hier eine kurze Zusammenfassung der zentralen Annahmen dieser Theorie:

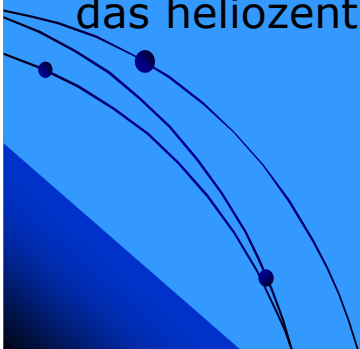
- 1. Die Erde bewegt sich nicht und steht im Zentrum.**
- 2. Die Sonne und der Mond bewegen sich auf Kreisbahnen um die Erde.**
- 3. Die Erde ist der Mittelpunkt dieser Bahnen. Alle anderen Planeten bewegen sich ebenfalls auf Kreisbahnen, deren Mittelpunkte sich ihrerseits auf Kreisbahnen um die Erde bewegen.**



... oder ist es die Sonne?

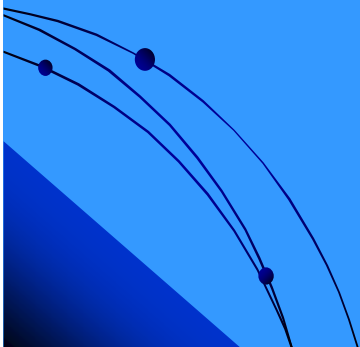
Die Theorie des Kopernikus, dass die Sonne das Zentrum des Universums sei, war die grundlegendste wissenschaftliche Erkenntnis in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts. Sein Weltbild wurde das heliozentrische System genannt. Die Entdeckung des Kopernikus führte zu einer komplett neuen Sicht unseres Wissens über die Welt, die bisher auf dem Glauben aufbaute, dass die Erde der Mittelpunkt des Universums sei. Nun musste man akzeptieren, dass die Erde nichts anderes war als ein Planet wie alle anderen.

Im heliozentrischen System steht die Sonne im Zentrum und die Planeten bewegen sich auf Bahnen um die Sonne. Das war äußerst schwer anzuerkennen, denn es stand genau im Gegensatz zu dem bisher anerkannten Weltbild, nach dem die Erde der Mittelpunkt von allem sein müsse. Trotzdem schlossen sich die Wissenschaftler einer nach dem anderen dem *Heliozentrischen Weltbild* an. Die Theorie war 100 Jahre nach dem Tod des Kopernikus von allen akzeptiert. Unter anderem waren es die Erkenntnisse von zwei Wissenschaftlern, Kepler and Galilei, deren Entdeckungen das heliozentrische System bestätigten.



Nikolaus Kopernikus (1473-1543)

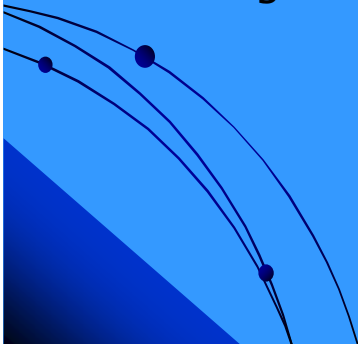
Der polnische Astronom und Denker Nikolaus Kopernikus ist der Begründer des heliozentrischen Systems. Die Bedeutung dieser Theorie ist so groß, dass sie als Ausgangspunkt der modernen Naturwissenschaften angesehen wird. Kopernikus gelangte wahrscheinlich schon zwischen 1508 und 1514 zu der grundsätzlichen Vorstellung darüber, als er das Manuskript für den so genannten "Commentariolus" ("Kleiner Kommentar") verfasste. Allerdings ist das Buch, das die endgültige Version seiner Theorie enthält, das "*De revolutionibus orbium coelestium libri*" (Sechs Bücher über die Umkehrung der Himmelsbahnen), erst 1543, im Todesjahr von Kopernikus, im Druck erschienen. Dieses Werk wurde eines der wichtigsten Bücher in der Geschichte der Naturwissenschaften.



Das heliozentrische System

Obwohl die Überzeugung, dass die Erde das Zentrum des Universums sein müsse, tief in der Vorstellung der antiken Menschheit verwurzelt war, gab es schon im 3. Jahrhundert vor Christus einige Stimmen, die ganz andere Sichtweisen zum Ausdruck brachten. Unter ihnen war Aristarch von Samos (ungefähr 310-230 v. Chr.), der glaubte, dass nicht die Erde sondern die Sonne das Zentrum des Universums sei. Er wurde durch seine Bücher zu Lebzeiten eine angesehene und berühmte Persönlichkeit, aber seine frühen heliozentrischen Ideen wurden fast tausend Jahre lang überhaupt nicht beachtet!

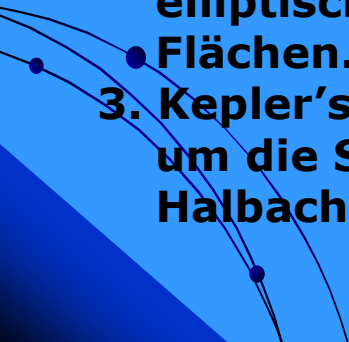
Giordano Bruno (1548-1600) war ein italienischer Philosoph und Dichter, der für seine Überzeugung mit dem Tod bezahlte. Als er bemerkte, dass die heliozentrische Theorie seinen eigenen Ansichten sehr nahe kam, wurde er zu einem leidenschaftlichen Verfechter der Theorien des Kopernikus. Er wurde dafür von der Inquisition als Häretiker und Freidenker angeklagt, verbrachte acht Jahre im Gefängnis und wurde schließlich auf dem Scheiterhaufen verbrannt.



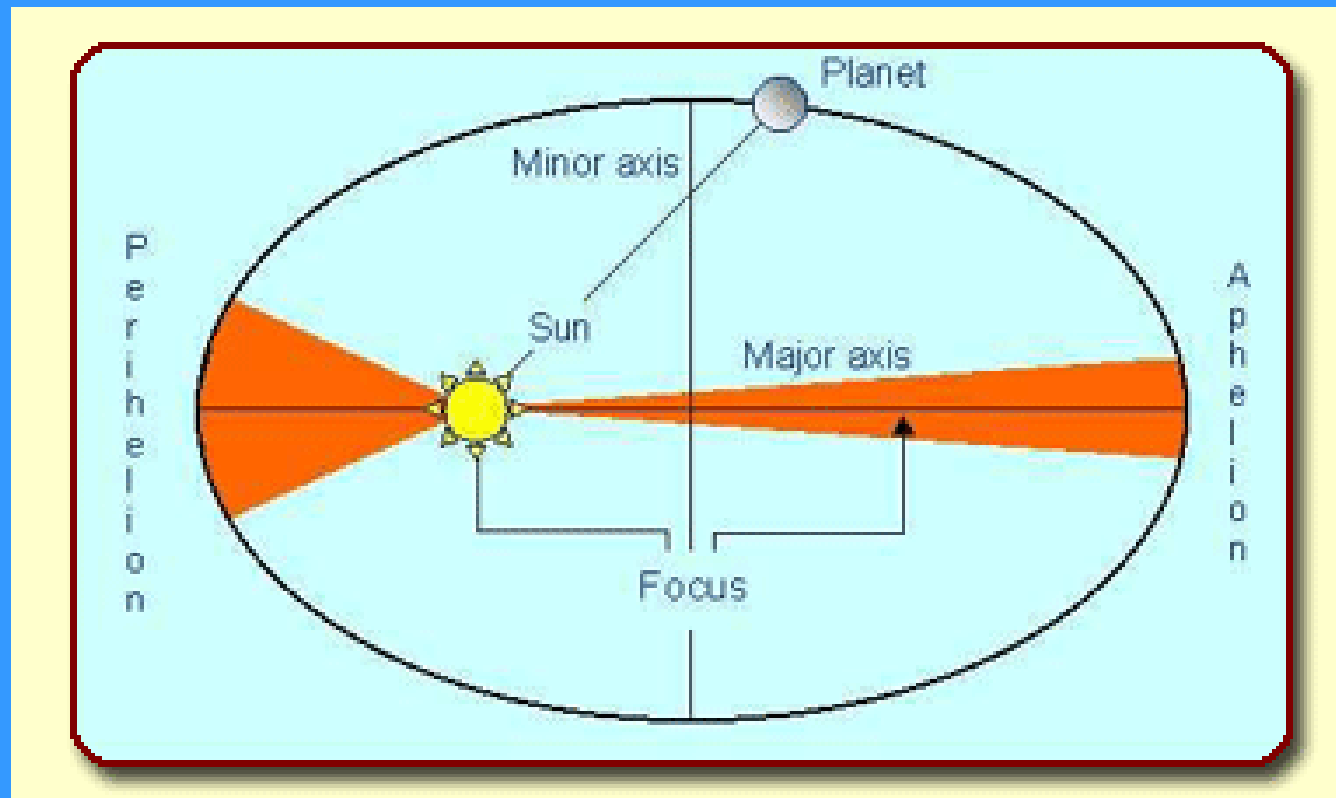
Die mathematische Darstellung der Planetenbahnen

Kepler gelang die mathematische Beschreibung der Planetenbewegung um die Sonne. Die so genannten Kepler'schen Gesetze wurden auf der Basis einer sehr genauen Analyse der von Tycho de Brahe durchgeführten und beschriebenen astronomischen Beobachtungen der Planetenbahnen um die Sonne aufgestellt. Diese Gesetze sind eine mathematisch exakte Beschreibung der Planetenbahnen.

Man kann sie, wie folgt, formulieren:

- 1. Kepler'sches Gesetz: Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.**
 - 2. Kepler'sches Gesetz: Die Linie, die von der Sonne zum Planeten gezogen wird, überstreicht während sich der Planet auf seiner elliptischen Bahn um die Sonne bewegt, in gleichen Zeiten gleiche Flächen.**
 - 3. Kepler'sches Gesetz: Das Quadrat der Umlaufzeiten eines Planeten um die Sonne ist proportional der dritten Potenz der großen Halbachse der elliptischen Umlaufbahn um die Sonne.**
- 

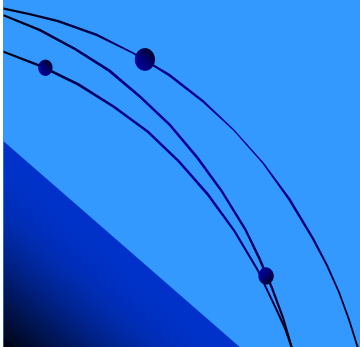
Die Kepler'schen Gesetze



- Die Kepler'schen Gesetze zeigen, dass die Bahnen der Planeten um die Sonne Ellipsen sind, und dass die Verbindungslinie von der Sonne zum Planeten in gleichen Zeiten gleiche Flächen überstreicht (orange Flächen). Ferner sind die große und die kleine Halbachse und die Brennpunkte der Ellipse sowie der Sonnen nächste Punkt (Perihel) und die Sonnen fernste Punkt (Aphel) zu sehen.

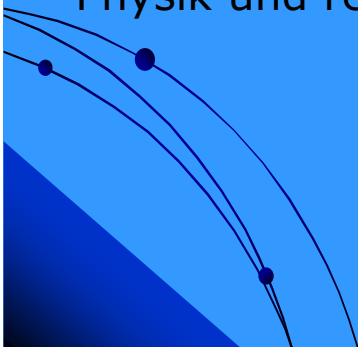
Johannes Kepler (1571-1630)

Johannes Kepler war ein berühmter Mathematiker und Astronom, der seine frühe Ausbildung an einer Schule in der Nähe von Württemberg erhielt, wo er geboren wurde. Später besuchte er Vorlesungen an der Universität von Tübingen: zunächst Mathematik, und im zweiten Studienjahr höhere Astronomie. Obwohl das astronomische Weltbild, das dort gelehrt wurde, selbstverständlich geozentrisch war, scheint es, dass Kepler rasche erkannte, dass das kopernikanische, heliozentrische System richtige war. Er arbeitete an der Universität Graz, später in Prag und in Linz und leistete wichtige Beiträge zur Optik. Außerdem lieferte den ersten Beweis für den Logarithmus, worüber ein Buch schrieb. Seine Berühmtheit verdankt er allerdings der Entdeckung der drei Gesetze über die Planetenbahnen, die heute seinen Namen tragen.



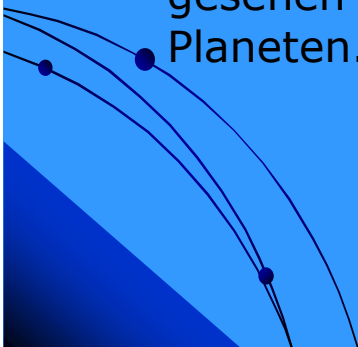
Die Kepler'schen Gesetze: die Grundlagen für Newton und Einstein

- Die Kepler'schen Gesetze legten den Grundstein für die allgemeineren Gesetze von Sir Isaac Newton im 17. Jahrhundert und für die Relativitätstheorie von Albert Einstein zu Beginn des 20. Jahrhunderts.
- Die Newton'schen Gesetze geben mit dem Gravitationsgesetz eine einfache Erklärung dafür, warum sich die Planeten in der von Kepler beschriebenen Weise bewegen.
- Die Spezielle Relativitätstheorie von Albert Einstein verallgemeinert die Newton'schen Gesetze, indem sie Raum und Zeit explizit in die Theorie einbezieht. Er zeigte, dass Bewegung den Gang der Uhren und die Maßstäbe von Messungen verändert. Die Relativitätstheorie führte zu weit reichenden Veränderungen in der Physik und revolutionierten unser Verständnis von Raum und Zeit.

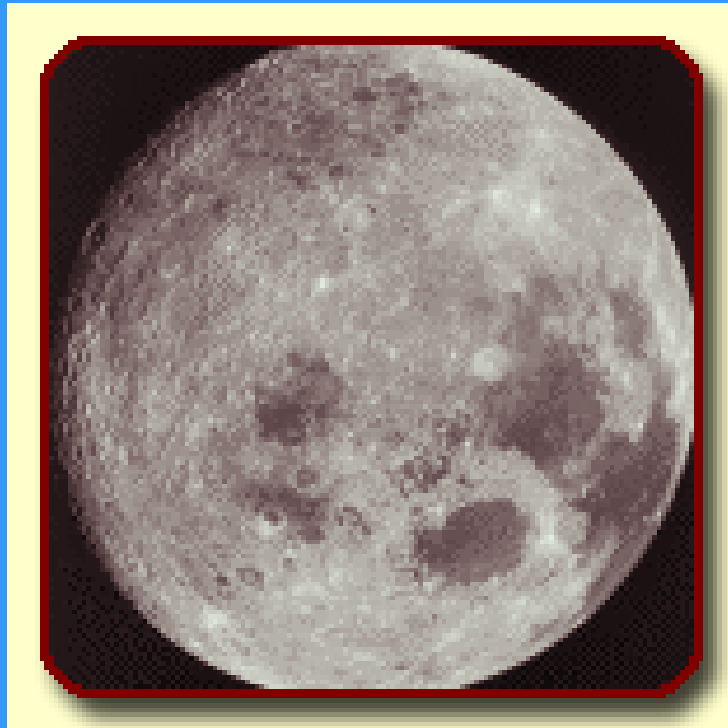


Planeten außerhalb unseres Sonnensystems?

- Seit 1995 wurden schon ungefähr 200 Planeten außerhalb unseres Sonnensystems entdeckt. Diese extra-solaren Planeten bewegen sich um andere Sterne und nicht um unsere Sonne. Jedes Jahr werden solche neuen Planeten gefunden.
- Das ist für Astronomen deshalb interessant, weil es zeigt, dass es für Sterne normal ist, von Planeten begleitet zu werden oder vielleicht sogar ganze Planetensysteme zu haben.
- Auch ist es wahrscheinlich, dass es viele Planeten gibt, die ihre Sterne umkreisen, und die von der Größe und der Temperatur her sehr ähnliche Bedingungen wie die Erde aufweisen, obwohl bis jetzt noch kein solcher gesehen worden ist. Das wären die Voraussetzungen für Leben auf anderen Planeten. Sterne sind viel zu heiß, als dass auf ihnen Leben existieren könnte.



Monde: Begleiter der Planeten



Der Mond auf unserem nächtlichen Himmel bewegt sich nahezu auf einer Kreisbahn um die Erde. Einige Planeten haben keine Monde (Merkur, Venus), nur einen Mond (Erde), zwei Monde (Mars) oder sogar mehrere (Jupiter: 28, Saturn: 18, Neptun: 8). Bis jetzt ist unser Mond der einzige Ort außerhalb der Erde, der von Menschen besucht worden ist. Neil Armstrong betrat am 21. Juli 1969 als erster Mensch den Mond. Allerdings haben Missionen mit Robotern schon viele andere Planeten und Monde unseres Sonnensystems erforscht.

Dieses Foto vom Mond wurde von der Mannschaft der Apollo 17 nach einer gelungenen Mondlandung im Dezember 1972 während ihrer Reise zurück zur Erde aufgenommen.
(Quelle: NASA).

Galileo Galilei: der Pionier der Physik (1594-1642)

Galilei war der Erste, der die Methoden der experimentellen Physik einsetzte. Er arbeitete über den Freien Fall und stellte fest, dass die Gravitationsbeschleunigung an ein und dem selben Ort für alle Körper gleich groß ist. Er baute eines der weltweit ersten Fernrohre, mit dem er eine Reihe von wichtigen Entdeckungen machte, darunter die Monde des Planeten Jupiter, die Phasen des Planeten Venus (ähnlich wie jene des Erdmondes). Seine Beobachtungen überzeugten ihn von der Richtigkeit des heliozentrischen Systems. Er entwickelte die moderne Bewegungslehre und legte die Basis für die Newton'sche Dynamik.

Er war Professor für Astronomie an der Universität Pisa und später an der Universität Padua, wo er begann, die neue Theorie zu lehren. Durch seine wissenschaftliche Arbeit geriet Galilei in Schwierigkeiten mit der römisch-katholischen Kirche. 1633 wurde er von der Inquisition der Häresie angeklagt und gezwungen, seine Unterstützung für Kopernikus und dessen Heliozentrisches Weltbild zu widerrufen. Er wurde zu lebenslanger Haft verurteilt, die er jedoch wegen seines fortgeschrittenen Alters in seiner Villa bei Florenz, Italien, unter Hausarrest verbüßen durfte.



Ein Miniatur-Sonnensystem

- Der berühmte italienische Wissenschaftler Galileo Galilei baute Anfang des 17. Jahrhunderts n. Chr. eines der ersten Teleskope. Eines Nachts im Jänner 1610 beschloss er, den hellsten aller *Sterne*, Jupiter, zu beobachten. Er war überrascht, als er daneben noch weitere vier kleine, mit freiem Auge nicht sichtbare *Sterne* entdeckte. Schon bald war ihm klar, dass es sich dabei nicht um Sterne handeln könne, sondern um andere Körper, die den Jupiter umkreisten.
- Galileo hatte soeben einige der Jupitermonde entdeckt. Er hatte ein *Miniatur-Sonnensystem* gefunden. Wie sich die Planeten um die Sonne drehen, so kreisen diese um den Jupiter. Galilei nannte diese Monde nach der griechischen Mythologie: Ganymede, Callisto, Io, und Europa. Heute wissen wir, dass Jupiter 28 Monde hat, aber die vier größten Jupitermonde werden immer noch nach ihrem Entdecker die *Galileiischen Monde* genannt.



Europa: ein ganz besonderer Mond

- Der interessanteste Mond von Jupiter ist Europa, denn er ist ein Kandidat für außerirdisches Leben. Er hat nur zirka ein Viertel der Größe der Erde. Seine Oberfläche ist von einer Eiskruste überzogen, unter der sich der größte Ozean des gesamten Sonnensystems befindet. Er könnte eine Tiefe von 20km haben. (Auf der Erde ist der tiefste Punkt aller Ozeane nur ca. 11km).
- Vulkane erzeugen auf dem Grund der Ozeane von Europa heiße Thermalquellen, die der Aufenthaltsort von Organismen sein könnten. Die notwendige Energie für diese Vulkane stammt entweder von natürlichem radioaktivem Zerfall im felsigen Inneren von Europa (wie auf der Erde) oder von Gezeiteneffekten, die vom nahen Jupiter verursacht werden. Schwimmen tatsächlich zarte Algen (oder riesige Tintenfische) in den Ozeanen von Europa? Bis jetzt wissen wir es noch nicht. Die Antwort hängt genauso von dem unbekanntem Mechanismus ab, der am Ursprung des Lebens steht, wie von den Bedingungen auf Europa. Eine Raummission zu diesem Mond könnte weiteren Aufschluss geben. So könnte zum Beispiel ein Raumschiff auf der eisigen Oberfläche vom Europa landen und nach organischen Molekülen suchen, die von Lebewesen im Ozean stammen. Das Eis selbst auf Europa ist zu dick, um es zu durchbohren, aber geologische Prozesse könnten Komponenten aus dem Ozean an die Oberfläche befördern, wo sie in einer Raumprobe gefunden werden könnten.

Sternschnuppen und Meteoriten: Besucher aus dem All



Dieser Meteorit, EETA 79001 genannt, wurde im Eis der Antarktis gefunden. Er kommt wahrscheinlich vom Mars. Als Maßstab dient der kleine Würfel rechts unten. ER hat eine Seitenlänge von 1cm. (Quelle: LPI/NASA)

Es kommt vor, dass Asteroiden, Kometen oder Stücke von ihnen mit der Erde zusammenstoßen. Wenn sie in die Atmosphäre eintreten werden sie durch die Reibung erhitzt und beginnen zu brennen. Dann können wir sie als Sternschnuppen am Himmel sehen. Die kleineren verglühen ganz, die größeren können die Erdoberfläche als Meteoriten treffen. Man findet sie überall auf der Erde. Am leichtesten sind sie in der Antarktis zu entdecken, weil sie dort im Eis sehr gut zu sehen und vor geologischen Veränderungen geschützt sind.

Asteroiden und Kometen: Sind sie gefährlich?

Meistens sind Asteroiden oder Kometen, die auf der Erdoberfläche aufschlagen viel zu klein, um größeren Schaden anzurichten. Entweder verglühen sie schon in der Luft ganz oder sie schlagen auf die Erde auf, ohne jemanden zu verletzen. Nur sehr selten schlagen große Asteroiden oder Kometen mit großer Wucht auf die Erdoberfläche auf. So ein Ereignis hat zum Beispiel vor 56 Millionen Jahren



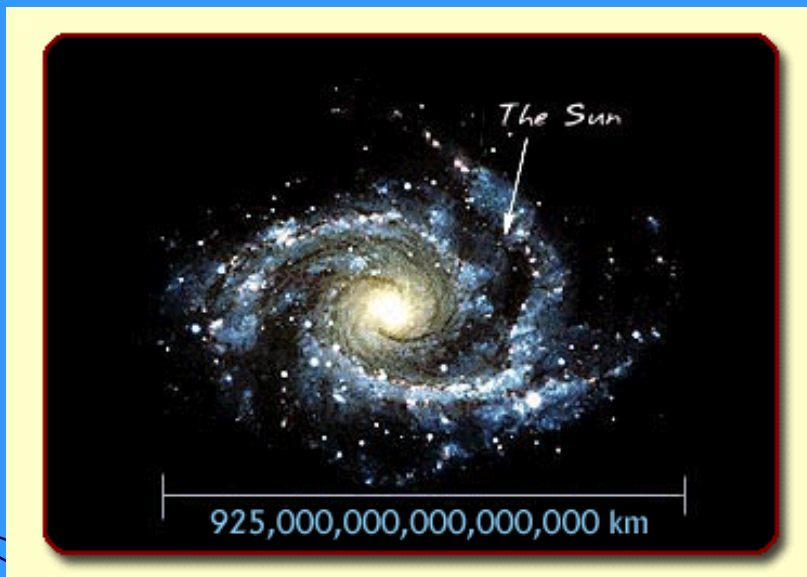
stattgefunden, als ein ca. 10km großer Asteroid in Zentralamerika auf die Erdoberfläche aufgeschlagen ist. Der Aufprall hat Erdbeben, enorme Feuersbrünste und Tsunamis ausgelöst. Die Asche und der aufgewirbelte Schutt haben für Monate die Sonnen verdunkelt, sodass die Temperatur überall auf dem Globus unter den Gefrierpunkt gesunken ist. Viele Wissenschaftler meinen, dass nicht nur die Dinosaurier, sondern auch zwei Drittel der damals auf der Erde lebenden Vogelarten durch diesen Aufprall ausgerottet worden sind.

Eine künstlerische Darstellung von dem katastrophalen Meteoriteneinschlag, der die Dinosaurier und viele andere Tierarten vernichtet hat.

(Quelle: NAI/NASA)

Die Milchstraße: unsere Heimatgalaxie ...

- Eine Anhäufung von einer gigantischen Zahl an Sternen nennt man Galaxie. Es gibt Myriaden von Galaxien in unserem Universum. Unsere Heimatgalaxie heißt Milchstraße und besteht aus der unvorstellbar großen Anzahl von ungefähr 100000000000 (100 Billionen) Sternen. Sie erstreckt sich über mehr als 100000 Lichtjahre. Unsere Sonne ist nur ein kleiner Stern in unserer Milchstraße.



Die Zeichnung der Milchstraße zeigt ihre Spiralform mit der ungefähren Position unserer Sonne. (Quelle: HEASARC/NASA)

- Die meisten Sterne der Milchstraße liegen innerhalb einer flachen Spiralenstruktur mit einer Wölbung in ihrer Mitte. Unsere Sonne liegt in einem unbedeutenden Seitenarm der Spirale ungefähr drei Viertel vom Zentrum der Milchstraße entfernt. Deshalb ist auch das moderne Weltbild des heliozentrischen Systems überholt, weil die Sonne sicher nicht mehr als das Zentrum des Universums angesehen werden kann. Sie ist nur ein Stern unter Myriaden von anderen Sternen in unserer Heimatgalaxie, der Milchstraße.

... und das schwache Band auf unserem Himmel



Das schwache Band am Himmel, das wir Milchstraße nennen, erscheint deshalb, weil wir in die Richtung des Zentrums unserer Galaxie mit seinen zahllosen Sternen schauen. (Quelle: NASA)

Die Bezeichnung "Milchstraße" hat eine doppelte Bedeutung. Einerseits ist sie der Namen unserer Heimatgalaxie, wie vorher beschrieben. Andererseits ist es das schwache Band, das man am nächtlichen Himmel sehen kann. Die alten griechischen Astronomen nannten es Milchstraße, denn sie dachten, es wäre die Spur von Milch, die die Götter verschüttet hätten.

Alle Sterne, die man am nächtlichen Himmel mit freiem Auge sehen kann, gehören zu unserer Galaxie. Das schwache Band erscheint deshalb, weil wir zum Zentrum unserer Galaxie hin schauen, wo die Dichte der Sterne sehr viel größer ist.

Das interstellare Medium: das, was zwischen den Sternen liegt



Eine riesige Wolke aus interstellarem Gas und Staub im Trifid Nebel. (Quelle: Arizona State University)

Der Raum zwischen den Sternen ist nicht leer. Es gibt dort große Wolken aus Staub und Gas. Die Materie, aus der diese Gas- und Staubwolken bestehen, nennt man interstellares Medium. Das interstellare Medium ist freilich nicht sehr dicht. Selbst dort, wo es am dichtesten ist, ist es leerer als das beste Vakuum, das wir auf der Erde erzeugen können. Trotzdem ist die gesamte Masse des interstellaren Mediums noch immer mindestens 10 mal so groß wie die Masse aller Sterne unserer Milchstraße zusammen. Das deshalb, weil es zwischen den Sternen so unendlich viel Platz gibt.

Die Lokale Gruppe: unsere Nachbarschaft

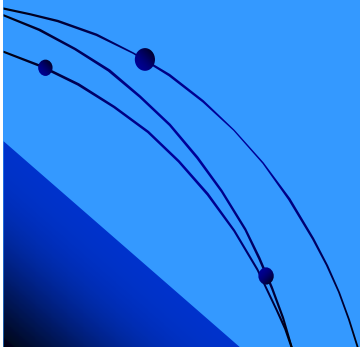


Die Andromeda-Galaxie ist unserer Milchstraße in Größe und Form sehr ähnlich. (Quelle: NASA)

- Die Lokale Gruppe besteht aus zirka 30 Galaxien. Die beiden größten Galaxien unserer Lokalen Gruppe sind die Milchstraße und die Andromeda-Galaxie. In dunklen Nächten kann man die Andromeda-Galaxie mit freiem Auge als einen undeutlichen Fleck am nördlichen Himmel erkennen.
- Die Milchstraße und die Andromeda-Galaxie dürften einander ziemlich ähnlich sehen. Unter den anderen sehr viel kleineren Galaxien der Lokalen Gruppe gibt es auch zwei Satellitengalaxien, die um die Milchstraße kreisen. Sie werden die kleine und die große Magellanische Wolke genannt und können auf der südlichen Hemisphäre beobachtet werden.

Galaxien: Billionen von Sternen

Es gibt außer unserer Heimatgalaxie, der Milchstraße, noch unzählige andere Galaxien, von denen jede wiederum aus bis zu 1000 Billionen Sternen besteht. Diese Galaxien können sehr unterschiedliche Formen haben: spiralenförmig, elliptisch, oder ganz unregelmäßig. Ihre Größe liegt zwischen Zwerggalaxien, die fünfhundert mal kleiner sind als unsere Milchstraße bis hin zu gigantischen elliptischen Galaxien, die 20 mal größer sind als die Milchstraße.

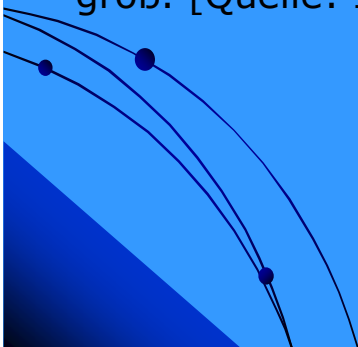


Cluster: bis zu tausend Galaxien



Der Coma Cluster ist eine Million Lichtjahre groß. [Quelle: INAOE/NASA]

- Ein Cluster ist eine Gruppe von Galaxien. Unser eigener galaktischer Cluster, die so genannte Lokale Gruppe, besteht nur aus ungefähr 30 Galaxien. Neben der Lokalen Gruppe gibt es im Universum unzählige andere Cluster, die jede wiederum aus bis zu tausend Einzelgalaxien bestehen.
- Cluster vereinigen sich und bilden Mauern von Superclustern, die sich über hundert Millionen von Lichtjahren erstrecken. Eine dieser außerordentlichen Mauern heißt die Große Mauer. Sie ist zwischen 200 und 600 Millionen Lichtjahren lang und nur ungefähr 20 Millionen Lichtjahre breit.



Die mysteriöse dunkle Materie



Die normale Materie in unserem Universum besteht aus dem gleichen Typ von Atomen, aus dem auch unsere Erde, die Planeten, die Sterne und das interstellare Medium bestehen. Trotzdem macht diese normale Materie nur ungefähr 4% der gesamten Masse des Universums aus. Der Rest ist eine Art von Materie, von der wir bis jetzt nicht so richtig wissen, woraus sie eigentlich besteht. Sie wird die dunkel Materie genannt.

Die dunkle Materie kann man nur indirekt durch die zusätzliche Bewegung der Sterne um das Zentrum von Galaxien beobachten, die man sich nicht aus der normalen Masseverteilung erklären kann. Außerdem würden auch Galaxien und Gas aus den Clustern entweichen, wenn es dort nicht eine zusätzliche Gravitationskraft gegeben würde, die von einer anderen Art Materie als der bekannten ausgeht. Deshalb muss es eine zusätzliche Art von Materie geben, die ebenfalls Gravitationseffekte hervorruft, sich aber sonst seltsam verhält und mit den üblichen Beobachtungsmethoden nicht erfasst werden kann.

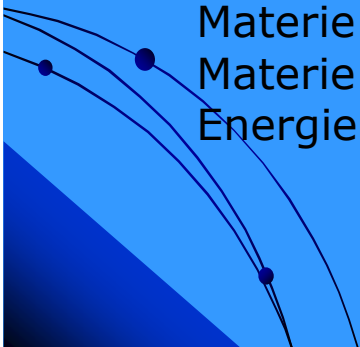
Was ist diese mysteriöse dunkle Materie also?

Eine Möglichkeit ist, dass die dunkle Materie Himmelskörper sind, die man nur schwer beobachten kann:

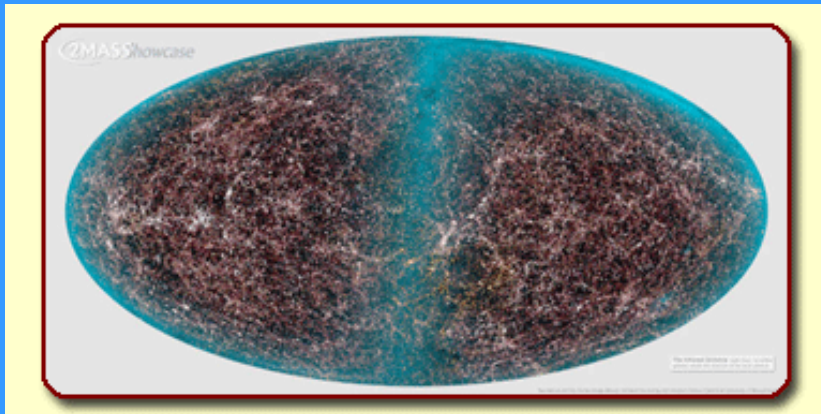
- Braune Zwerge: Sterne, die nicht genug Masse haben, damit nukleares Brennen ausgelöst werden kann.
- Weiße Zwerge, Neutronensterne und Schwarze Löcher: die Überreste von Sternen nach deren Tod.

Trotzdem können diese Himmelskörper nur bestenfalls 50% von der gesuchten Dunklen Masse ausmachen.

Eine bevorzugte Hypothese der Wissenschaftler ist es allerdings, dass die dunkle Materie aus bislang noch unbekanntem Elementarteilchen besteht, den so genannten super-symmetrischen Teilchen (SUSY). Diese Teilchen interagieren durch die Gravitationskraft nur schwach mit der normalen Materie und konnten deshalb bis jetzt nicht beobachtet werden. Normale Materie und dunkle Materie sind durchsichtig und können bei niedrigen Energien auch nicht miteinander wechselwirken.



Das Universum: alles, was existiert



Eine Karte der Galaxien unseres Universums im infraroten Bereich beobachtet zeigt ausgedehnte Strukturen, die gigantische Voids umschließen, in denen sich keine einzige Galaxie befindet. (Quelle: 2MASS/UMass/IPAC-Caltech/NASA/NSF)

- Das Universum oder der Kosmos beinhaltet den ganzen Weltraum und alles, was darinnen ist. Das Universum ist nicht gleichmäßig von Sternen und Galaxien erfüllt. Es gibt ausgedehnte Regionen von über hundert Millionen von Lichtjahren, in denen es überhaupt keine Sterne oder Galaxien gibt. Sie werden Voids genannt.

- Tatsächlich könnte man von den meisten Bereichen des Universums aus mit freiem Auge keinen einzigen Stern sehen. Auf der Erde sehen wir die Sterne am nächtlichen Himmel nur deshalb, weil wir uns im Inneren einer Galaxie befinden. Alle diese Sterne gehören selbst zur Milchstraße. Um die Voids herum gibt es ungeheuer große Strukturen von Galaxienclustern und Superclustern von Galaxien.

Zusammenfassung: eine Postkarte aus dem All

