

# Fragen zur Astronomie

Diese Fragen wurden im Vorfeld eines Besuchs der vierten Klasse der Grundschule Emmelshausen von den Schülerinnen und Schülern gestellt und von Norbert Junkes, Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR), beantwortet.

Eine Reihe von Abbildungen stammt von der Webseite „Astronomy Picture of the Day“ (APOD) der NASA, auf der seit 1995 jeden Tag ein neues Bild aus der Astronomie zu sehen ist:

<http://apod.nasa.gov/apod/astropix.html>

## Sonne und Planeten

### Warum gibt es die Schwerelosigkeit?

Eigentlich müsste die Frage genau umgekehrt lauten: warum gibt es die Schwerkraft? Schwerkraft ist etwas, was mit der Materie selbst zu tun hat, also hat im Prinzip alles Schwerkraft: wir Menschen, ein Auto, ein dicker Felsblock und vor allem auch die ganze Erde. Die Schwerkraft eines Menschen ist allerdings so klein, dass wir sie selbst mit den genauesten Messgeräten nicht erfassen können. Die Schwerkraft der Erde mit ihren sechs Trilliarden Tonnen ist sehr viel größer.

Erde: 6.000.000.000.000.000.000.000 Tonnen

Und die merken wir deutlich dadurch, dass uns die Erde anzieht. Schwerelosigkeit lässt sich auch auf der Erde erzeugen: in einem abstürzenden Fahrstuhl wäre man schwerelos, aber nur so lange, bis er auf dem Boden aufkracht (also nicht wirklich etwas zum Nachprobieren!) Beim Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrum (DLR) in Köln wird Schwerelosigkeit im Flugzeug in Parabelflügen erforscht. Dabei fliegt das Flugzeug in einem großen Bogen, so dass die Schwerkraft für die Forscher im Inneren immer wieder auf Null runtergeht. Und auch in der Internationalen Raumstation (ISS) wird durch die Flugbahn die Schwerkraft der Erde ausgeglichen, so dass es im Inneren der Raumstation schwerelos wird.

**Parabelflüge – Forschen in Schwerelosigkeit**, Webseite des DLR, Köln-Porz

[http://www.dlr.de/rd/desktopdefault.aspx/tabid-4808/7972\\_read-12930/](http://www.dlr.de/rd/desktopdefault.aspx/tabid-4808/7972_read-12930/)

### Warum sind Planeten rund?

Das liegt an der Schwerkraft und daran, wie die Planeten in unserem Sonnensystem entstanden sind. Am Anfang waren es winzige Brocken, die durch Zusammenstöße immer mehr Material angesammelt haben. Dadurch wurde die Schwerkraft auch immer größer. Sie wirkt genau in die Mitte, also in das Zentrum des Brockens. Auch bei unserer Erde ist das so – die Schwerkraft zieht uns hier in Deutschland genauso Richtung Erdmittelpunkt wie Menschen in Neuseeland, die von uns aus gesehen genau auf der anderen Seite der Erde sind.

Je mehr Material, also je größer die Masse, desto stärker wirkt die Schwerkraft, die dann Beulen und Dellen auf der Oberfläche immer stärker ausgleicht. Das sieht man zum Beispiel beim Saturn und seinen Monden sehr schön. Die kleineren Monde wie Hyperion oder Phoebe sehen noch ziemlich ausgebeult aus, während der große Mond Titan und auch der Saturn selbst kugelrund erscheinen.



**Abb. 1:** Planet Saturn mit vier von seinen 62 Monden. Die einzelnen Bilder wurden von der Raumsonde Cassini aufgenommen und sind nicht maßstabsgetreu dargestellt. Der Saturn selbst hat einen Durchmesser von 120.000 km, sein größter Mond Titan ist über 5000 km groß. Die anderen drei Monde sind deutlich kleiner und auch nicht rund: Hyperion (der Badeschwamm): 360 km; Phoebe (die Kartoffel): 213 km; Helene (die Birne): 35 km. (Bilder: Raumsonde Cassini, NASA/ESA).

### Woher stammen die Krater der anderen Planeten?

Die Krater von Planeten, Monden und Asteroiden entstehen durch Zusammenstöße im Sonnensystem, meist mit kleineren Objekten wie Asteroiden. Und wenn es dann auf dem Planeten oder Mond keine Atmosphäre gibt, und auch keine Veränderung der Oberfläche durch Plattenbewegungen wie bei unserer Erde, dann sieht man die Krater als Spuren der Eischläge noch nach Milliarden von Jahren. Unser Mond mit seiner kraterüberzogenen Oberfläche ist dafür ein gutes Beispiel. Auch auf der Erde findet man noch Spuren von Einschlagskratern wie beim Nördlinger Ries im Süden von Deutschland.

Es gibt aber auch andere Arten von Kratern im Sonnensystem. Auf dem Jupitermond Io gibt es durch Gezeitenwirkung von Jupiter selbst eine heftige vulkanische Aktivität, so dass seine gesamte Oberfläche von Vulkankratern überzogen ist.



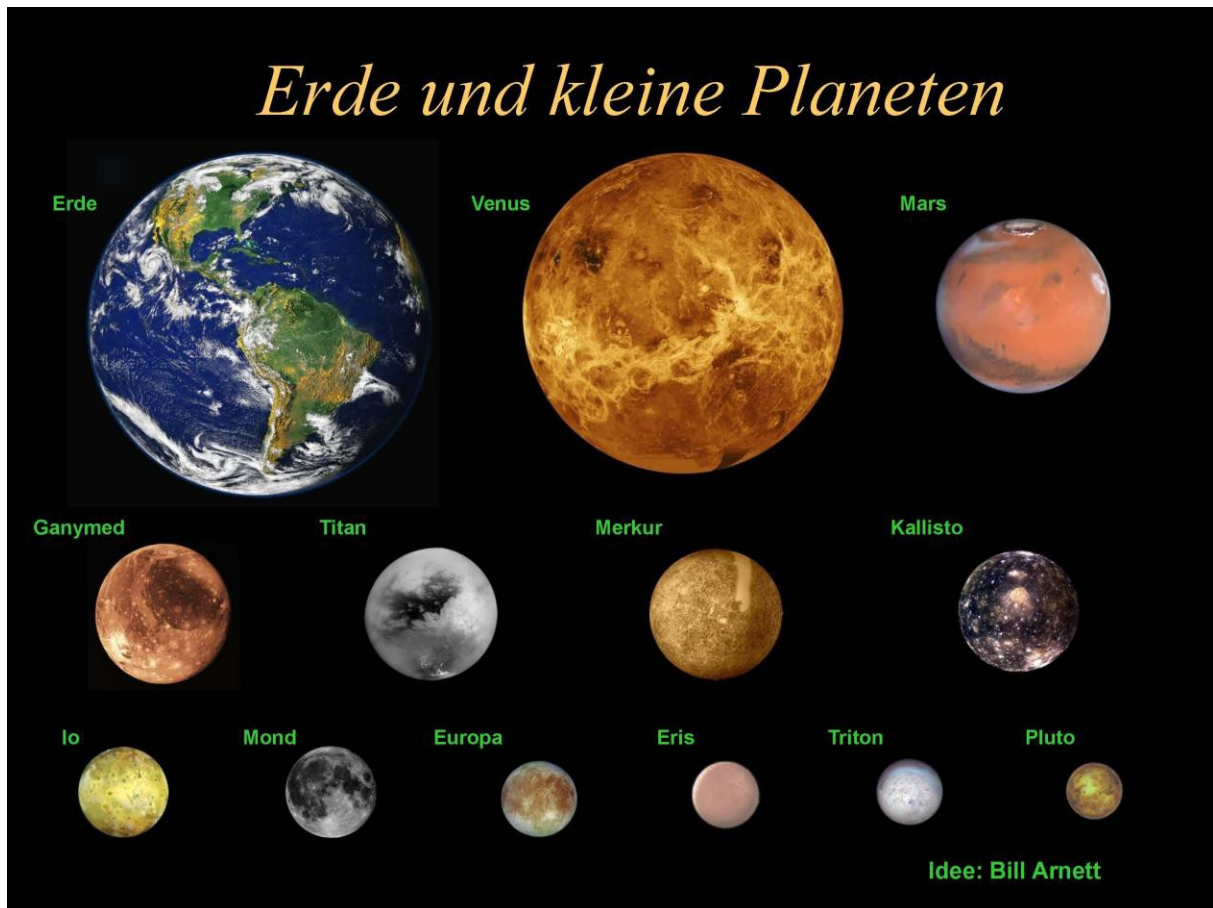
**Abb. 2:** *Unser Mond mit seiner von Kratern überzogenen Oberfläche. Im unteren Teil ist der Mondkrater Tycho als Spur eines jüngeren Asteroideneinschlages deutlich zu erkennen. (Foto: NASA/Robert Gendler).*

### **Wie viele Monde gibt es?**

Eine ganze Menge! Bei den großen Planeten ist zur Zeit (März 2021) Saturn der Rekordhalter mit 82 Monden, dicht gefolgt von Jupiter mit 79 Monden. Bei Uranus kennt man 27 und bei Neptun 14 Monde. Dazu hat Mars zwei winzige Monde (Deimos und Phobos) und die Erde einen Mond, den fünftgrößten im Sonnensystem (nach den Jupitermonden Ganymed, Kallisto und Io sowie dem Saturnmond Titan). Bei den Zwergplaneten und Asteroiden ist Pluto Rekordhalter mit fünf Monden. Insgesamt sind mehr als 300 Monde von Asteroiden in unserem Sonnensystem bekannt.

**Monde im Sonnensystem** (in englischer Sprache):

<http://home.dtm.ciw.edu/users/sheppard/satellites/>



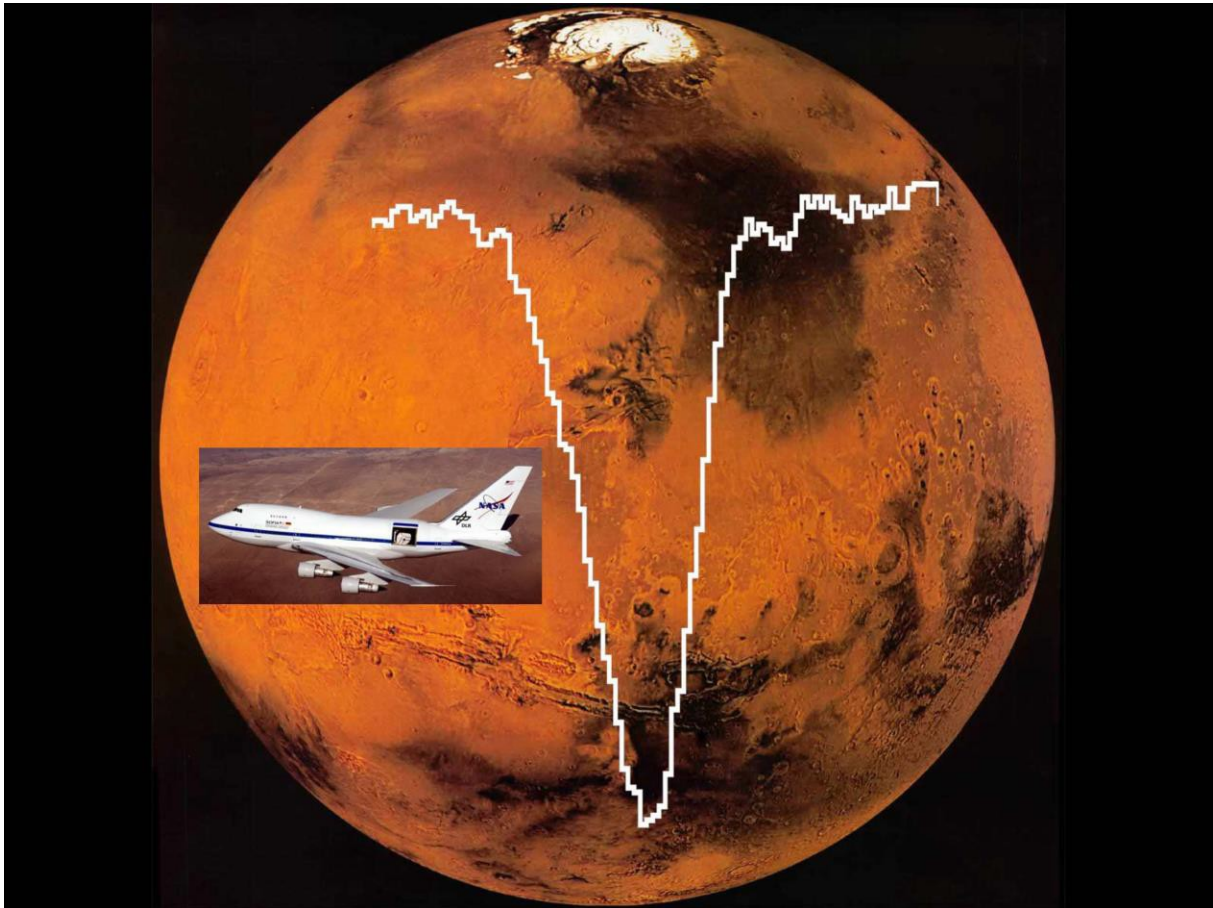
**Abb. 3:** Größenvergleich der Erde mit kleineren Planeten, Zwergplaneten und Monden in unserem Sonnensystem (Vorlagen: APOD; Zusammenstellung: N. Junkes).

### **Warum gibt es im Weltall keinen Sauerstoff?**

Es gibt im Weltall durchaus Sauerstoff. Aber alle Materie im Weltall ist viel dünner verteilt als die Luft bei uns auf der Erde und so gibt es außerhalb der Erde, soweit wir wissen, keine Luft zum Atmen.

Erst vor kurzem wurde sehr dünn verteilter Sauerstoff in der Marsatmosphäre mit einem besonderen Teleskop von der Erde aus gefunden, das in 13 bis 14 km Höhe an Bord des Flugzeugobservatoriums SOFIA zum Einsatz kam.

Die Messungen von Sauerstoff kann man vom Erdboden aus gar nicht durchführen, da die Strahlung in der Erdatmosphäre verschluckt wird und gar nicht bis zum Boden durchkommt.



**Abb. 4:** Der Planet Mars mit einer Eiskappe am Pol und der eingezeichneten Messlinie von Sauerstoff (O), die mit dem Flugzeug-Observatorium SOFIA bei einem Flug in 13 km Höhe erhalten wurde. (Bilder: NASA/SOFIA 1. April 2016).

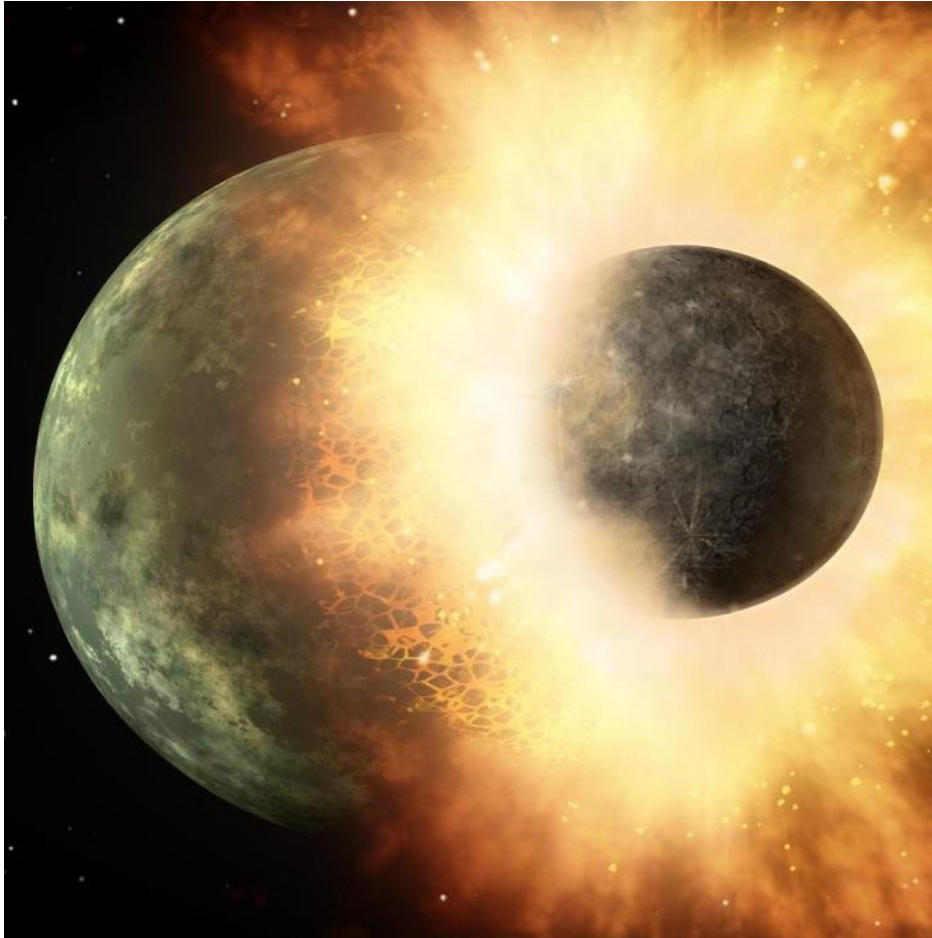
### **Wie ist der Feuerball/Erde am Anfang entstanden?**

Unser Sonnensystem mit der Sonne, den acht großen Planeten und jeder Menge kleinerer Himmelskörper wie Asteroiden und Kometen hat sich vor ungefähr 4,6 Milliarden Jahren aus einem Nebel von Gas und Staub entwickelt. Darin haben sich Verdichtungen und Klumpen gebildet, aus denen sich schließlich die Sonne und die Planeten sowie jede Menge kleinerer Objekte wie Kometen und Asteroiden gebildet haben. Durch zahlreiche Einschläge von Asteroiden auf die Erde hat sich die Oberfläche so aufgeheizt, dass die Erde am Anfang wirklich ein rotglühender Feuerball war. Auch heute noch ist es im Inneren der Erde sehr heiß und der Erdkern hat eine Temperatur von mehreren 1000 Grad. Nur auf der festen Oberfläche, der Erdkruste, gab es danach und auch heute noch die geeigneten Bedingungen, unter denen sich das Leben auf der Erde entwickeln konnte.

### **Wie kann aus Feuerballstücken ein kalter Mond entstehen?**

Der Mond ist durch ein katastrophales Ereignis in der Frühzeit unseres Sonnensystems vor ungefähr 4,5 Milliarden Jahren entstanden. Dabei ist die junge Erde, die noch glutflüssig an der Oberfläche war, mit einem ungefähr marsgroßen Brocken zusammengestoßen und dabei

um Haaresbreite selbst zerstört worden. Die glühenden Trümmerstücke von der Kollision haben zuerst in einer Art Ring die Erde umkreist, bevor sie allmählich abkühlten und später durch die Schwerkraft zu einem großen festen Gebilde zusammengezogen wurden, das heute immer noch als unser Mond die Erde umkreist. Tatsächlich hat der Mond ganz unterschiedliche Temperaturen: auf der von der Sonne beschienenen Tagseite des Mondes (der Vollmondseite) wird es bis zu 130 Grad heiß, während auf der dunklen Nachtseite (Neumondseite) die Temperatur bis -160 Grad abfällt.



**Abb. 5:** *Künstlerische Darstellung zur Entstehung unseres Mondes vor ca. 4,5 Milliarden Jahren. (Graphik: NASA/JPL).*

### **Wie ist der Jupiter entstanden?**

Unser gesamtes Sonnensystem hat sich vor ungefähr viereinhalb Milliarden Jahren aus einer dichten Staubwolke gebildet. Aus der zentralen Verdichtung wurde schließlich die Sonne, während weiter außen aus einzelnen Klumpen, die durch ihre Schwerkraft immer weitere Materiebrocken aufgesammelt und an sich gebunden haben, schließlich die Planeten wurden.

Im inneren Sonnensystem sorgte die Schwerkraft der Sonne dafür, dass die Klumpen (man nennt sie auch „Protoplaneten“) nicht zu schwer wurden, während weiter außen so viel Materie angesammelt wurde, dass es ausreichte, auch eine ausgedehnte Gashölle durch die Schwerkraft zu halten. Auf diese Weise sind die äußeren Gasplaneten (Jupiter, und außerdem auch Saturn, Uranus und Neptun) entstanden.

### **Wieso haben die Planeten Jupiter, Uranus und Neptun mehr Monde als die Erde?**

Daran ist auch die Schwerkraft oder Gravitation schuld, und zwar sogar in doppelter Weise. Zum einen haben die großen Gasplaneten im Sonnensystem (das sind Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun) alle eine größere Masse als die Erde und damit auch eine größere Gravitationsanziehung. Zum anderen wirkt im inneren Sonnensystem die Schwerkraft der Sonne viel stärker. Je weiter weg man ist, desto schwächer wirkt die Schwerkraft (oder physikalisch ausgedrückt: „die Schwerkraft nimmt mit dem Quadrat der Entfernung ab“). Die Sonne sorgt bei den inneren Planeten dafür, dass kleinere Monde von den Planeten auf Dauer nicht gehalten werden können. Auch die beiden kleinen Marsmonde, Deimos und Phobos, sind wahrscheinlich nicht von Anfang an um den Mars gekreist, sondern erst später von ihm eingefangen worden. Das gilt übrigens auch für viele Monde der Gasplaneten. Beim Jupiter sind wahrscheinlich nur die vier großen Monde Io, Europa, Ganymed und Kallisto zusammen mit Jupiter entstanden und von den übrigen 63 viele später erst durch die Schwerkraft des Jupiter eingefangen worden.

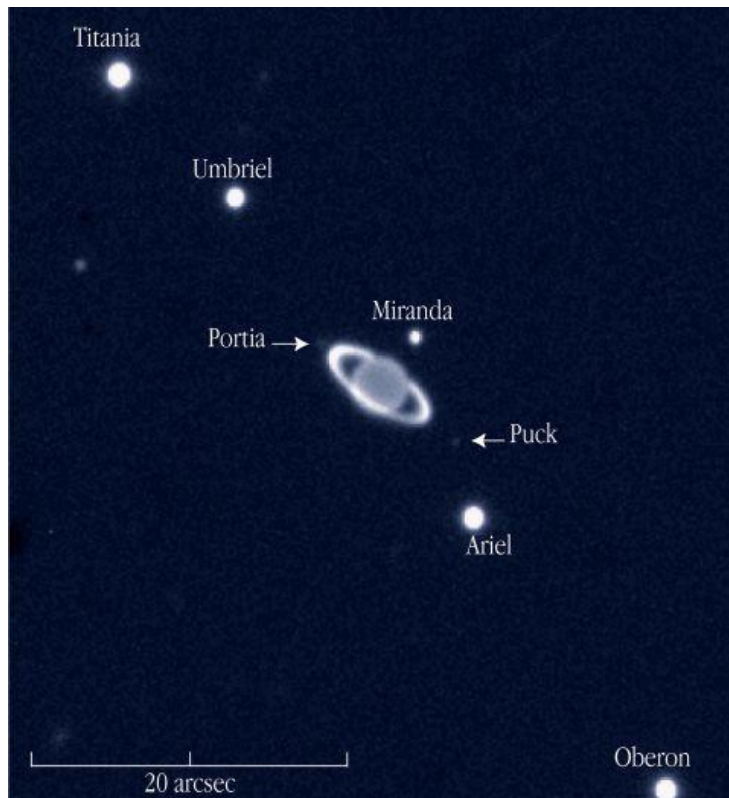
### **Wie sind die Ringe des Saturns entstanden?**

Die Saturnringe könnten vielleicht durch ein katastrophales Ereignis entstanden sein, zum Beispiel ein Komet, der dem Saturn zu nahe gekommen ist und dadurch in kleine Trümmerstücke zerlegt wurde, oder durch den Zusammenstoß eines Asteroiden mit einem Saturnmond, durch den eine Vielzahl von Trümmerstücken entstanden sind. Die Ringe bestehen aus Milliarden von kleinen Brocken aus Fels und Eis. Wahrscheinlich ist es sogar die Gravitationswirkung einiger Monde von Saturn, die das komplizierte Ringsystem zusammenhält. Man spricht daher auch von Saturns „Schäfermonde“. Atlas, Prometheus und Pandora sind solche Schäfermonde, die durch ihre Schwerkraft Teile des Ringsystems von Saturn stabilisieren.

### **Warum hat der Uranus keine sichtbaren Ringe?**

Alle großen Gasplaneten im Sonnensystem (Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun) haben ein Ringsystem, das allerdings nicht so deutlich sichtbar wird wie die Ringe von Saturn. Auf Bildern im infraroten Licht könnte man Uranus sehr leicht mit Saturn verwechseln. Die Ringe des Uranus sind auf solchen Bildern klar und deutlich zu erkennen.

Übrigens hat auch unsere Erde ein Ringsystem. Das hat allerdings einen künstlichen Ursprung und besteht aus einer Vielzahl von Satelliten, die inzwischen in einer Umlaufbahn um die Erde anzutreffen sind.



**Abb. 6:** Planet Uranus mit sieben von seinen 27 Monden, aufgenommen mit einem der 8-m-Teleskope der ESO in Chile. Auf diesem Bild in Infrarotwellenlängen sind die Ringe um Uranus deutlich zu erkennen. Neben dem Saturn haben auch Jupiter, Uranus und Neptun ein Ringsystem, und auch die Erde hat einen künstlichen Ring von Satelliten, die um sie kreisen (Foto: ESO/APOD 15.01.03).

### Warum haben die Planeten verschiedene Farben?

Das kann ganz unterschiedliche Ursachen haben. Bei unserer Erde, dem „Blauen Planeten“, ist es ziemlich klar: das Blau kommt vom Wasser der Ozeane, die insgesamt 70% der Oberfläche unseres Planeten bedecken. Auf hochaufgelösten Satellitenbildern der Erde sieht man auch die grüne Farbe des Waldes und die gelbe Farbe des Wüstensands. Der Nachbarplanet Mars erscheint in roter Farbe. Das kommt vom Eisen auf der Marsoberfläche, das zusammen mit Sauerstoff Rost bildet. Vielleicht ist das sogar ein Hinweis auf flüssiges Wasser, das es früher auf dem Mars gab, und das bei seinem Verschwinden Rost auf der jetzt trockenen Oberfläche zurückließ. Bei Venus kann man die Oberfläche durch die dicke Atmosphäre hindurch gar nicht sehen; sie leuchtet eher in Weiß. Und auch bei den äußeren Gasplaneten guckt man natürlich auf die oberste Schicht der Atmosphäre, wobei zum Beispiel Schwefel beim Jupiter und Methan das Blau bei Uranus und Neptun hervorruft.

### Schwebt auch Wasser im Weltall?

Ja, Astronomen haben bereits jede Menge Wasser auch außerhalb der Erde gefunden. Es gibt gefrorenes Wasser (Eis) auf dem Mars, zwei Monde von Jupiter (Europa und Ganymed)



haben dicke Eiskrusten und unter dem Eis tiefe Ozeane mit flüssigem Wasser. Beide haben vermutlich größere Mengen von flüssigem Wasser als unsere Erde!

In gewaltigen Gaswolken in unserer Milchstraße und in anderen Galaxien gibt es Wasserdampf (also Wasser in Form von Gas) ebenfalls in riesiger Menge. Mit dem 100-m-Radioteleskop Effelsberg konnte im Jahr 2008 Wasser in einer Galaxie gefunden werden, die so weit entfernt ist, dass sogar das Lichtsignal von dort bis zu uns mehr als 11 Milliarden Jahre unterwegs ist (11 Milliarden Lichtjahre war damals sogar Weltrekord: das entfernteste Wasser, das man bis dahin im Universum gefunden hatte).

### **Wie kam das Wasser auf die Erde?**

Da gibt es zwei ganz unterschiedliche Möglichkeiten, und es steht noch nicht fest, welche davon tatsächlich zutrifft. Auf alle Fälle gibt es das Wasser schon sehr lange auf der Erde, denn man hat flüssiges Wasser schon in den ältesten Gesteinen auf der Erde nachgewiesen, die rund vier Milliarden Jahre alt sind. Vorher war die Erde ein von Kratern übersäter Felsplanet und die Oberfläche sah vermutlich nicht viel anders aus als heute noch unser Mond. Und das Wasser kam entweder aus dem Erdinneren über vulkanische Aktivität oder von außen über wasserhaltige Kometen, die mit der Erde kollidierten. Bei der Abkühlung der Erde wurde dann aus Wasserdampf flüssiges Wasser, das heute 70% der Erdoberfläche in Form von Ozeanen überdeckt.

Tatsächlich ist unsere Erde nicht einmal der Ort mit dem meisten flüssigen Wasser im Sonnensystem. Forscher sind sich ziemlich sicher, dass unter der Eiskruste von zwei Jupitermonden die doppelte (Europa) oder gar dreifache (Ganymed) Menge von Wasser im Vergleich der Erde zu finden ist.

### **Warum gibt es auf dem Mars kein Wasser?**

Es gibt Wasser auf dem Mars, allerdings nicht in flüssiger Form, sondern gefroren als Eis. Da der Mars weiter von der Sonne entfernt ist als die Erde, ist es dort auch kälter, so dass man Wasser nur gefroren findet, und das vor allem in den Polregionen des Mars. Die weißen Eiskappen auf dem Mars bestehen zum Teil aus gefrorenem Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), zum Teil aus Wassereis.

### **Was sind Sternschnuppen?**

Sternschnuppen werden hervorgerufen durch kleine Metall- oder Gesteinsbrocken, die mit großer Geschwindigkeit auf die Erdatmosphäre auftreffen und dort bereits in großer Höhe verglühen. Etwas größere Brocken können bis zur Erdoberfläche durchkommen. Die nennt man dann Meteoriten. Noch größere Brocken, die ziemlich katastrophale Wirkung haben könnten, sind glücklicherweise sehr selten. Viele Forscher vermuten, dass der Einschlag eines über 10 km großen Asteroiden vor 65 Millionen Jahren in Mexiko sogar zum Aussterben der Dinosaurier geführt haben könnte.

Auch in Deutschland gibt es einen großen Meteoritenkrater. Der heißt „Nördlinger Ries“ (die Stadt Nördlingen am Rand der Schwäbischen Alb liegt mitten drin), hat 20 km im

Durchmesser und wurde vor ungefähr 15 Millionen Jahren von einem über 1 km großen Meteoriten aus dem Weltall erzeugt.

### Wie groß sind Asteroiden?

Asteroiden reichen von Felsbrockengröße, die gelegentlich auch mit der Erde kollidieren und dann beim Verglühen in der Atmosphäre als Sternschnuppen aufleuchten bis hin zu Himmelskörpern in den Dimensionen der großen Monde unseres Sonnensystems.

Einen Großteil der Asteroiden findet man in zwei Regionen unseres Sonnensystems, den sogenannten Asteroidengürteln. Dabei liegt der innere Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter; das größte Objekt darin ist Ceres mit einem Durchmesser von gut 900 km. Dann gibt es den äußeren Asteroidengürtel jenseits der Umlaufbahn von Neptun um die Sonne. Die größten Objekte darin sind Pluto und Eris, beide mit Durchmessern von mehr als 2000 km.

Fünf der größten Asteroiden im Sonnensystem, neben Ceres, Pluto und Eris sind es noch Makemake und Haumea, bilden die neue Klasse der Zwergplaneten.



**Abb. 7:** Die größten transneptunischen Objekte (TNOs). Einige davon haben wiederum Monde, z.B. Pluto mit fünf oder Haumea mit zwei Monden. Pluto, Eris, Makemake und Haumea gehören zusammen mit Ceres zu den Zwergplaneten. (Graphik: wikipedia).

## **Wieso wird die Sonne immer größer?**

Die Sonne ist eine riesige Gaskugel, mehr als 100mal größer im Durchmesser als unsere Erde. Bei einem Durchmesser von rund 1,4 Millionen km würde die komplette Mondbahn um die Erde bequem in das Innere der Sonne hineinpassen. An ihrer Oberfläche ist die Sonne fast 6000 Grad heiß, aber richtig heftig wird es in ihrem Inneren.

Das ist auch nötig für die Energieerzeugung im Inneren der Sonne: sie ist nämlich ein gewaltiges Kernfusionskraftwerk, das bei einer Temperatur von rund 15 Millionen Grad Wasserstoff in Helium umwandelt und auf diese Weise seit 4,5 Milliarden Jahren Energie erzeugt. Aber irgendwann ist damit natürlich auch Schluss und der Wasserstoffvorrat im Inneren der Sonne geht zu Ende. Das wird aber noch ungefähr 5 bis 7 Milliarden Jahre dauern. Und dann passiert folgendes: die Sonne zündet die nächste Stufe, nämlich die Umwandlung von Helium in Kohlenstoff. Dabei bläht sie sich gewaltig auf und wird zu einem roten Riesenstern, der mit seinem äußeren Rand fast den Durchmesser der Erdbahn erreicht. Danach ist für die Sonne erstmal Schluss: sie wird ihre äußere Hülle abstoßen (das sehen wir bei alten Sternen am Himmel als wunderschön leuchtende Planetarische Nebel) und im Zentrum bleibt ein sehr dicht gepackter Weißer Zwergstern übrig. Das wird aber noch viele Milliarden Jahre dauern.

## **Woraus bestehen Meteorite?**

Als grobes Kriterium unterscheidet man Stein- und Eisenmeteoriten. Die Steinmeteoriten bestehen aus unterschiedlichen Mineralien, meist Silikaten, während die Eisenmeteoriten zu einem guten Teil aus den chemischen Elementen Eisen und Nickel zusammengesetzt sind.

Der größte auf der Erde gefundene Meteorit ist der Hoba-Meteorit, ein Steinmeteorit in Namibia mit einem Gewicht von über 50 Tonnen.

## **Was können Meteorite im Weltall verursachen?**

Gar nichts. Das hängt aber damit zusammen, wofür das Wort „Meteorit“ steht. Damit meint man nämlich nur das, was von einem Asteroiden auf Kollisionskurs tatsächlich auch auf der Erdoberfläche ankommt. Mit „Meteor“ bezeichnet man die Leuchterscheinung am Himmel, das ist also das gleiche wie „Sternschnuppe“. Und Meteorit ist der Teil des Asteroiden, den man dann wirklich auf der Erde als Stein- oder Metallbrocken (als Ganzes oder in viele Einzelteile zerbrochen) finden kann.

Was im Weltall geschieht, wird daher nicht von Meteoriten, sondern von größeren oder kleineren Asteroiden oder auch Kometen verursacht. Und das ist eine ganze Menge. Sie haben in der Frühzeit unseres Sonnensystems erstmal dazu geführt, dass überhaupt Planeten entstehen konnten, nämlich durch Anlagerung von einzelnen Brocken zu immer größeren Teilen, aus denen schließlich die Planeten wurden. Auch unser Mond ist durch ein solches Ereignis entstanden – durch die Kollision eines fast marsgroßen Brockens mit der frühen Erde. Und vielleicht haben Asteroiden oder Kometen, die auf die frühe Erde aufgeprallt sind, auch das Wasser mitgebracht, das für unseren blauen Planeten heute so wichtig ist. Die Entstehung der Saturnringe und viele Monde im Sonnensystem als eingefangene Asteroiden gehen ebenfalls auf deren Wirkung zurück.

## Woher haben die Planeten ihre Namen?

Die Planeten in unserem Sonnensystem sind nach römischen Göttern benannt. Merkur: der Götterbote, Venus: die Göttin der Liebe, Mars: der Kriegsgott, Jupiter: der Göttervater und Saturn: der Vater von Jupiter. Das sind alles helle und mit bloßem Auge am Himmel sichtbare Planeten, die bereits die alten Babylonier, Griechen und Römer gekannt haben und die sie dann als Sinnbilder ihrer Götter angesehen haben.

Bei den später entdeckten Planeten wurde diese Tradition fortgesetzt. Uranus (von William Herschel im 18. Jahrhundert entdeckt): der Gott des Himmels; Neptun (von Johann Galle im 19. Jahrhundert in Berlin entdeckt): der Gott des Meeres; Pluto (von Clyde Tombaugh in den 1930er Jahren in den USA entdeckt): der Gott der Unterwelt.

## Wieso gehört Pluto nicht mehr zu unseren Planeten?

Pluto wurde im Jahr 2006 umbenannt zu einem Zwergplaneten. Das Bild der transneptunischen Objekte (Abb. 7) zeigt den Grund dafür: Pluto ist viel kleiner als ursprünglich bei seiner Entdeckung angenommen. Man glaubte zunächst sogar, dass er größer wäre als die Erde. Inzwischen weiß man, dass Pluto sogar kleiner ist als unser Mond, und sehr viel kleiner als die Erde. Und vor allem ist Pluto da draußen nicht allein. Es gibt Hunderte inzwischen neu entdeckter Asteroiden im äußeren Asteroidengürtel, mit Pluto und der fast gleichgroßen Eris als größte, die man im Moment kennt.

In unserem Sonnensystem gibt es damit die Sonne, acht große Planeten (darunter die Erde), eine Reihe von Zwergplaneten und jede Menge Asteroiden, vor allem in zwei Zonen des Sonnensystems: die eine zwischen den Umlaufbahnen von Mars und Jupiter und die andere jenseits der Neptunbahn.

**Wie Pluto zum Zwergplaneten wurde** (Schülerpraktikum am MPIfR):

[http://www.mpifr-bonn.mpg.de/413031/alexander\\_schaebe\\_b](http://www.mpifr-bonn.mpg.de/413031/alexander_schaebe_b)

## Warum ist die Sonne größer als die Erde?

Die Sonne ist 109mal größer im Durchmesser als die Erde. Damit würde die Erdkugel 1,3 Millionen mal in die Sonne hineinpassen. Unser Sonnensystem mit der Sonne, den acht großen Planeten und jeder Menge kleinerer Himmelskörper wie Asteroiden und Kometen hat sich vor ungefähr 4,6 Milliarden Jahren aus einem Nebel von Gas und Staub entwickelt. Darin haben sich Verdichtungen und Klumpen gebildet, mit dem allergrößten Teil des Materials im Zentrum. Im Zentrum wurde es immer dichter und die Temperatur ist immer weiter angestiegen, bis schließlich Energie im Inneren durch Kernfusion entstehen konnte. Damit fing das Ganze an zu leuchten und ein neuer Stern war geboren: unsere Sonne. Aus weiteren Klumpen weiter außen entstanden die Planeten, die um die Sonne kreisen, einer davon unsere Erde.

**Das Sonnensystem** (Schülerpraktikum am MPIfR):

[http://www.mpifr-bonn.mpg.de/193007/laurin\\_kiener.pdf](http://www.mpifr-bonn.mpg.de/193007/laurin_kiener.pdf)

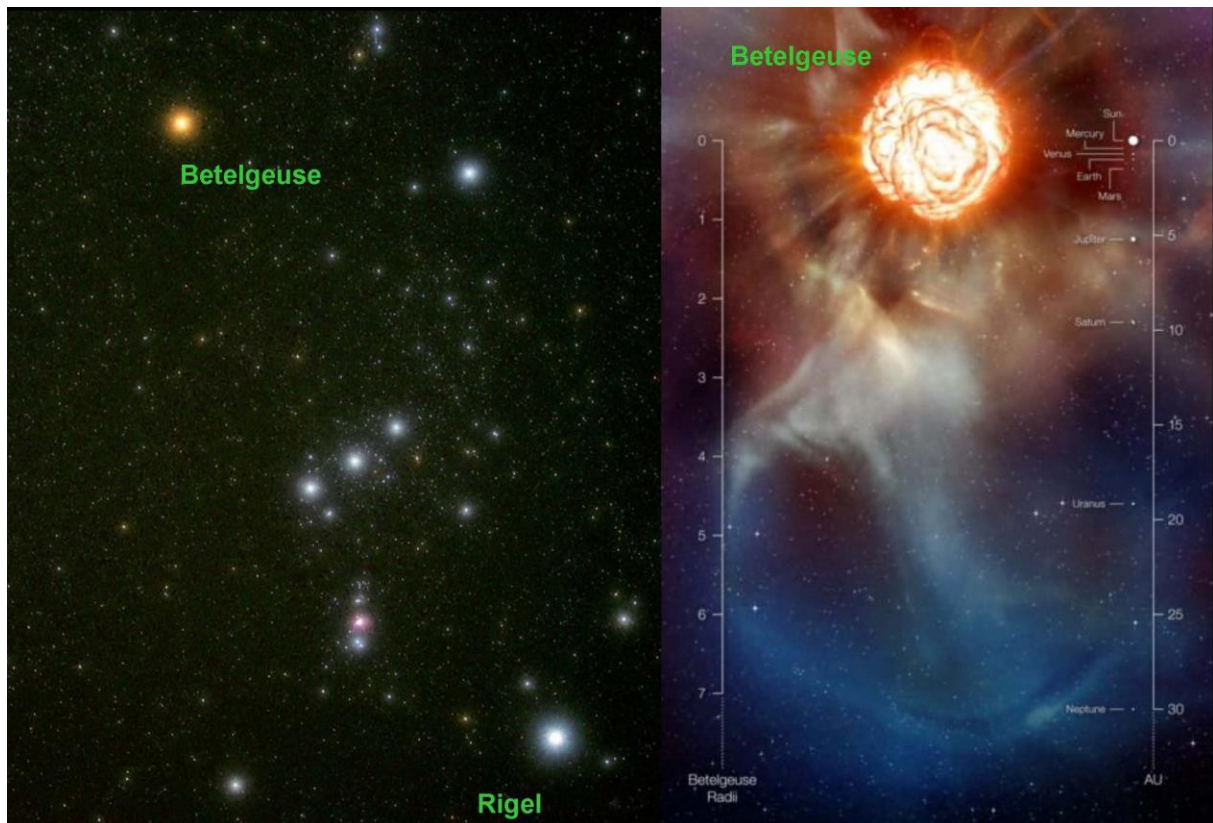


**Abb. 8:** Größenvergleich der Sonne mit den vier großen Gasplaneten und der Erde in unserem Sonnensystem (Vorlagen: APOD; Zusammenstellung: N. Junkes).

### Ist unsere Sonne die größte Sonne?

Nein, unsere Sonne ist ein ziemlich durchschnittlicher Stern. Die Sterne, die wir nachts am Himmel leuchten sehen, sind alle ebenfalls Sonnen, die in viel größerer Entfernung von uns stehen und daher viel schwächer erscheinen als unser Heimatstern, die Sonne.

Die Sonne ist mit Abstand das Größte und schwerste Objekt in unserem Sonnensystem – sie ist zehnmal größer im Durchmesser als Jupiter und über 100mal größer als die Erde. Es gibt aber auch Riesensterne im Weltall, die über 1000mal größer sein können als unsere Sonne (die sogenannten „Überriesen“). Einer davon ist Betelgeuse, der rötlich leuchtende Stern links oben im Sternbild Orion. Betelgeuse steht in einer Entfernung von 650 Lichtjahren und ist über 500mal größer im Durchmesser als die Sonne. Betelgeuse ist so groß, dass die ganze Erdbahn, auf der unsere Erde in einem Jahr um die Sonne läuft, komplett im Inneren des Riesensterns Platz hätte. Und der Riesenstern VY Canis Majoris, einer der größten bekannten Sterne, dürfte sogar noch ein gutes Stück größer sein.



**Abb. 9:** Sternbild Orion mit den beiden hellen Sternen Betelgeuse und Rigel. Der rote Riesenstern Betelgeuse ist 500mal größer im Durchmesser als die Sonne (Bilder: John Gavreau/APOD 15.10.08; ESO/MPIfR PR 26.07.09).

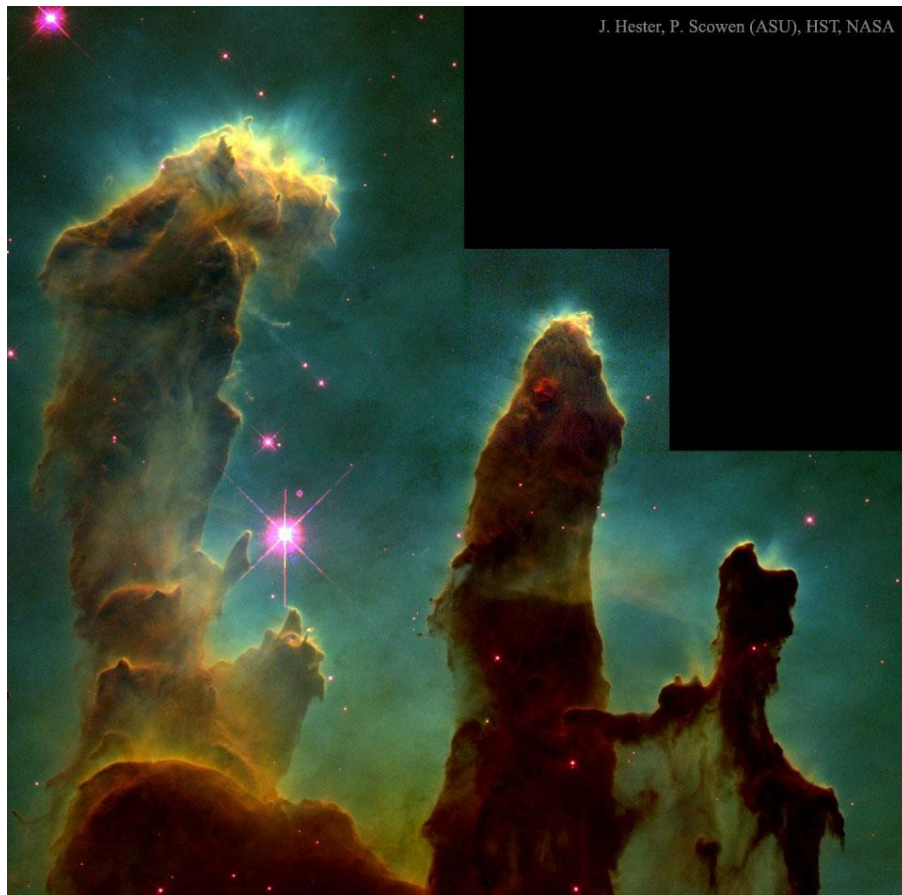
## Sterne und unsere Milchstraße

### Was sind Sterne?

Sterne sind Sonnen, oder anders herum: unsere Sonne ist ein Stern, einer von über 100 Milliarden Sternen in unserer Milchstraße. Sterne sind glühende Gaskugeln, bei denen im Inneren Energie durch Verschmelzung von Wasserstoff zu Helium erzeugt wird. Dabei reicht der Energievorrat bei einem Stern wie unserer Sonne extrem lange. Sie hat die Hälfte ihrer gesamten Lebensdauer von zehn Milliarden Jahren noch gar nicht erreicht. Viel heller strahlende Sterne wie zum Beispiel die Überriesen Betelgeuse und Rigel im Orion leben viel kürzer: nicht Milliarden, sondern nur Millionen von Jahren, bevor sie in einer gewaltigen Supernova-Explosion enden.

Unsere Sonne wird nicht als Supernova explodieren. In etwa fünf bis sieben Milliarden Jahren wird sie sich zu einem roten Riesenstern aufblähen und danach ihre äußere Hülle abstoßen. Übrig bleibt ein weißer Zwergstern aus extrem verdichteter Materie, der dann allmählich abkühlt.

**Das Leben der Sterne** (Markus Pössel), SciLog-Blog Astronomisches Grundwissen 5:  
<http://www.scilog.de/relativ-einfach/astronomisches-grundwissen-5/>



**Abb. 10:** *Eines der berühmtesten Bilder des Hubble-Weltraumteleskops. Es zeigt die Staubtürme im Adlernebel (M16), an deren Spitzen neue Sterne entstanden sind, deren Strahlung am Rande des Staubs sichtbar wird. (Bild: J. Hester, P. Scowen/HST).*

### **Entstehen immer neue Planeten und Sterne?**

Ja, es entstehen heute noch neue Sterne und Planetensysteme in unserer Milchstraße und in anderen Galaxien. Zu den nächsten Sternentstehungsgebieten in unserer Milchstraße gehören der Orionnebel und der Adlernebel. Ein besonders schönes Beispiel für Sternentstehung sind die Staubtürme im Adlernebel, an deren Spitzen sich neue Sterne gebildet haben, deren Licht bereits am Rande des Staubs durchscheint. Und im Bereich des Orionnebels wurden vor einigen Jahren bereits neu entstandene Sterne entdeckt, die von dichten Staubscheiben umgeben sind, aus denen sich im Lauf der Zeit Planetensysteme formen werden.

Dazu gibt es ferne Galaxien, in denen sogar bis zu 1000 Mal mehr Sterne entstehen als in unserer Milchstraße. Das geschieht zum Beispiel dadurch, dass zwei Galaxien miteinander zusammenstoßen und wahre Sternentstehungsexplosionen hervorrufen. Solche Galaxien bezeichnet man mit einem englischen Wort als „Starburst-Galaxien“.

## Wie viele Sterne gibt es ungefähr im All?

Dazu muss man zwei Zahlen zusammenrechnen. In unserer Milchstraße gibt es über 100 Milliarden Sterne. Das ist eine 1 mit elf Nullen dahinter. Und im gesamten Universum dürfte es wiederum 100 Milliarden Galaxien geben. Wenn man beide Zahlen miteinander multipliziert, kommt eine 1 mit 22 Nullen dabei heraus:

10.000.000.000.000.000.000.000

Das sind 10 Trilliarden Sterne, auf alle Fälle eine unvorstellbar große Zahl. Und das vor allem dann, wenn man sich vorstellt, wie lange es bereits dauert, nur bis 1 Milliarde zu zählen: eins, zwei, drei, vier und jede Sekunde eine weitere Zahl: das dauert über 30 Jahre, denn eine Milliarde Sekunden sind insgesamt über 11000 Tage oder knapp 32 Jahre.

## Gibt es andere Lebewesen im All?

Das ist eine interessante Frage, die aber im Moment noch nicht mit „Ja“ oder „Nein“ beantwortet werden kann. Wir wissen es nicht. Es wurden bis jetzt keine Spuren von Leben außerhalb unserer Erde gefunden. Das heißt natürlich nicht, dass es nicht anderswo im Universum, zum Beispiel auf einem Planeten um eine andere Sonne, Leben geben könnte. Vor 25 Jahren kannte man noch keinen einzigen „extrasolaren“ Planeten. Und bis heute wurden bereits weit über 2000 Planeten entdeckt, die nicht um unsere Sonne, sondern um andere Sterne kreisen. Aber Lebensspuren hat man noch nicht gefunden, weder auf anderen Planeten in unserem Sonnensystem noch außerhalb davon.

Es gibt seit vielen Jahren auch Suchprogramme nach Signalen von intelligenten Lebensformen, die unter dem Namen „SETI“ (Search for Extraterrestrial Intelligence) durchgeführt werden, bisher aber ohne Erfolg.

SETI (Schülerpraktikum am MPIfR):

<http://www.mpifr-bonn.mpg.de/3558746/hendrik-roetzheim2.pdf>

## Wie entstehen Schwarze Löcher?

Schwarze Löcher entstehen in der Schlussphase des Lebenszyklus von sehr schweren Sternen. Leichtere Sterne wie unsere Sonne blähen sich in der Spätphase ihres Lebens zu einem roten Riesenstern auf und können dabei fast die Größe der Erdbahn um die Sonne erreichen. Danach wird die äußere Hülle abgestoßen (das sieht man dann bei alten Sternen als „Planetarische Nebel“) und im Zentrum bleibt ein dichtgepackter Weißer Zwergstern übrig, bei dem ein zuckerwürfelgroßes Stück Material über eine Tonne wiegt.

Ist der Stern viel schwerer als die Sonne, wird er sein Leben in einer gewaltigen Supernova-Explosion beenden, wobei ein noch viel dichter gepackter zentraler Kern übrig bleibt. Das kann ein Neutronenstern sein, bei dem ein zuckerwürfelgroßes Stück dann schon hundert Millionen Tonnen wiegt - das ist über 5000mal schwerer als der komplette Kölner Dom. Bei den allerschwersten Vorgängersternen bleibt nach der Supernova-Explosion ein Zentralobjekt übrig, wo das Material so dicht gepackt ist, dass die Schwerkraft noch nicht einmal Licht herauskommen lässt. Sogas nennt man dann ein Schwarzes Loch.



Außerdem gibt es auch Schwarze Löcher im Zentrum von vielen Galaxien wie unserer Milchstraße, die dann aber eine viel größere Masse haben und Millionen oder sogar Milliarden mal schwerer sein können als die Sonne.

Vor wenigen Monaten wurde darüber berichtet, dass zum ersten Mal Gravitationswellen auf der Erde gemessen worden sind, die beim Zusammenstoß von zwei Schwarzen Löchern entstanden sind. Dabei war eines der beiden 36mal schwerer, das andere 29mal schwerer als die Sonne.

### **Was passiert, wenn man in ein Schwarzes Loch gesaugt wird?**

Schwarze Löcher sind extreme Objekte, die sich alle in ziemlich großer Entfernung zur Sonne befinden. In der Milchstraße gibt es einige Röntgendoppelsterne, die man mit Schwarzen Löchern als Endstadien in der Entwicklung von sehr massereichen also schweren Sternen erklären kann und im Zentrum der Milchstraße in ca. 25000 Lichtjahren Entfernung gibt es ein zentrales Schwarzes Loch von über 4 Millionen Sonnenmassen. Bei den superschweren Schwarzen Löchern in den Zentren von Galaxien geht es dann bei der Andromedagalaxie in 2,5 Millionen Lichtjahren Entfernung weiter.

Das spielt sich alles nicht in unserer kosmischen Nachbarschaft ab, so dass man Experimente anstellen könnte. Theoretisch lässt sich das, was in der Nähe von einem Schwarzen Loch passiert, über die Relativitätstheorie von Albert Einstein beschreiben. Es würde von außen betrachtet über die Zeitdehnung immer länger dauern, je mehr man sich dem Schwarzen Loch näherte. Und durch die schnell anwachsende Gravitation würde noch etwas sehr Unangenehmes passieren: hineinfliegende Objekte würden immer stärker auseinandergezogen, bis sie schließlich zerreißen müssten. Der Astrophysiker Stephen Hawking hat das in seinem Buch „Eine kurze Geschichte der Zeit“ als „Spaghettisierung“ bezeichnet.

In den vergangenen Jahren konnte man dann tatsächlich die Annäherung einer kosmischen Gaswolke an das zentrale Schwarze Loch in unserer Milchstraße beobachten.

### **Wohin führt das Schwarze Loch?**

Das ist jetzt eher eine Frage in Richtung Science Fiction. Da werden Schwarze Löcher oder auch Wurmlöcher gerne als Abkürzungen in der Raumzeit verwendet. Ansonsten gibt es ja lästigerweise kaum eine vernünftige Möglichkeit, zu den Sternen und damit zu fernen Planeten und deren Bewohnern zu reisen. Selbst der nächste Nachbarstern der Sonne, Proxima Centauri, ist bereits 4,3 Lichtjahre oder rund 40 Billionen km von uns entfernt. Das fernste von Menschenhand gebaute Gerät im Universum ist die Raumsonde Voyager 1, die vor fast 40 Jahren ihre Reise ins Universum begonnen hat. Und bis heute (Stand März 2016) ist sie erst 20 Milliarden km oder knapp 19 Lichtstunden weit gekommen und es wird noch rund 40000 Jahre dauern, bis sie mit dem Roten Zwerg Gliese 445 einen Nachbarstern der Sonne in geringem Abstand passieren wird.

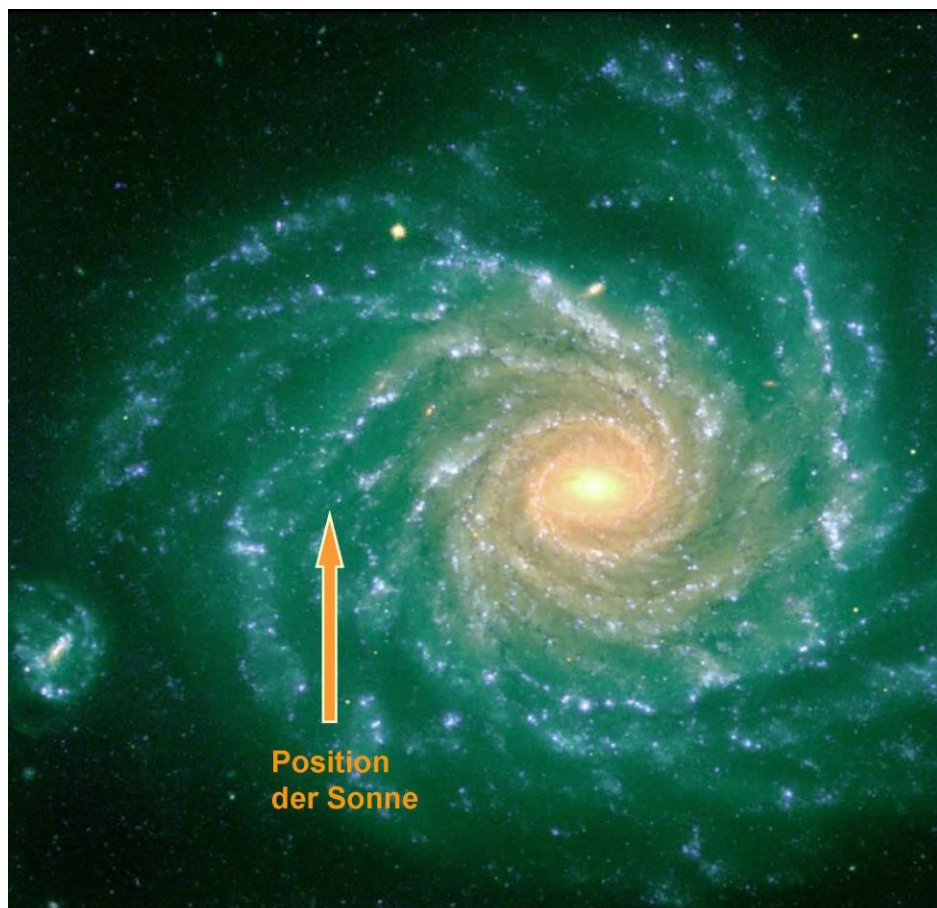
Ob es nun um Schwarze Löcher als Übergang in Paralleluniversen oder Wurmlöcher als Abkürzungen der Raumzeit in unserem Universum geht, das sind mathematisch mögliche Lösungen, aber keinesfalls reale Möglichkeiten. Tatsächlich hat Professor Kip Thorne in den USA die Wurmlöcher erfunden, um seinem Freund Carl Sagan für dessen Roman „Contact“ (später mit Jodie Foster verfilmt) eine Möglichkeit zu bieten, zumindest mathematisch korrekt

zu den Sternen zu reisen. Später hat Kip Thorne auch selbst im Film „Interstellar“ eine solche Science-Fiction-Idee umgesetzt.

**Buchtipps:** Heather Couper und Nigel Henbest: *Schwarze Löcher*, Tessloff Verlag 1997 (nur noch antiquarisch zu erhalten)

### Wieso ist die Mitte der Milchstraße so hell?

Im Zentrum unserer Milchstraße gibt es ein Schwarzes Loch, das ungefähr vier Millionen mal schwerer ist als die Sonne. Aus diesem Schwarzen Loch selbst kommt keine Strahlung heraus; man kann es also gar nicht direkt sehen. Darüber hinaus gibt es im zentralen Bereich der Milchstraße aber noch jede Menge heller Sterne, so dass die Mitte von vielen Galaxien auf Bildern sehr hell erscheint. Von diesen Sternen wird aber nicht nur sichtbares Licht abgestrahlt, sondern auch sehr energiereiche Strahlung, die sehr schlecht für die Entwicklung von Leben in diesem Teil der Milchstraße wäre. Wir können froh sein, dass unsere Sonne nicht im Zentrum der Milchstraße steht, sondern ein gutes Stück weiter draußen, ungefähr 25000 Lichtjahre vom Zentrum entfernt.

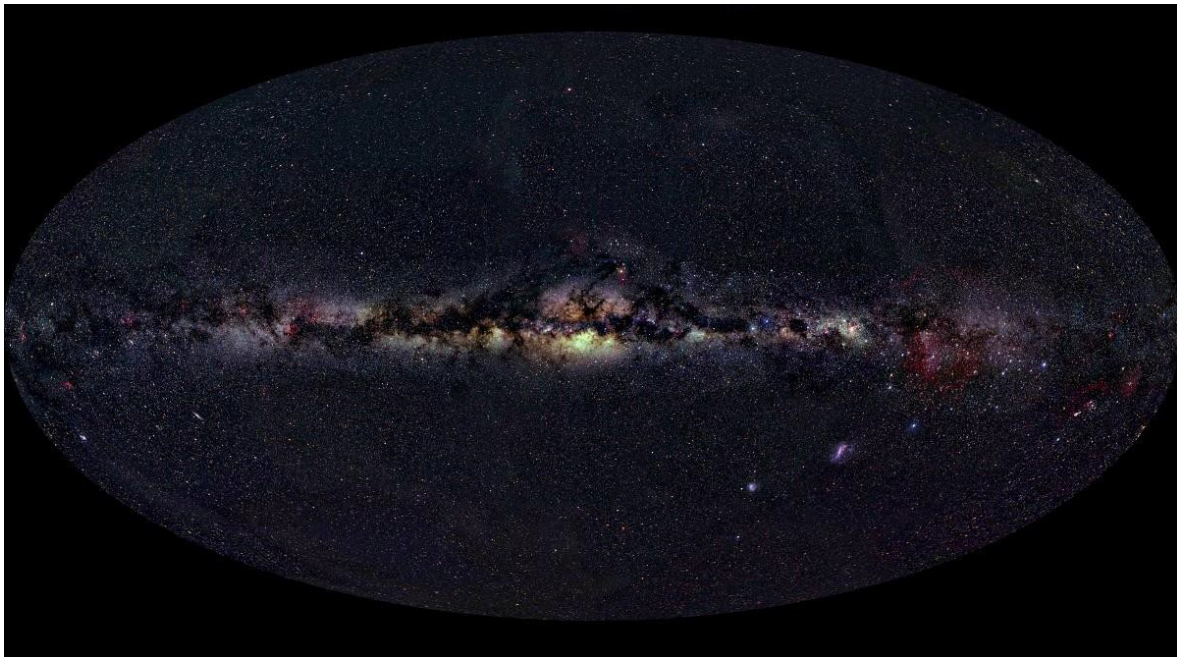


**Abb. 11:** Bild der Spiralgalaxie NGC 1232. So ungefähr würde unsere Milchstraße aussehen, wenn man sie aus großer Entfernung von außen sehen könnte. Das Zentrum erscheint so hell, weil es dort sehr viele helle Sterne gibt. Die Sonne steht ca. 25000 Lichtjahren entfernt vom Zentrum der Milchstraße. (Foto: ESO).

## Wie ist die Milchstraße entstanden?

Unsere Milchstraße ist schon sehr alt. Die Milchstraße und die anderen großen Galaxien im Universum sind alle bereits in der Frühzeit des Universums, innerhalb der ersten Milliarde Jahre nach dem Urknall aus riesigen Gaswolken entstanden. Durch die Schwerkraft stürzt eine solche Gaswolke in sich zusammen, fängt an, immer schneller zu rotieren und flacht sich ab. Auf viel kleinerer Skala beobachtet man so etwas ja auch bei der Entstehung von Sternen und Planetensystemen: die Materie in der Gaswolke stürzt in sich zusammen, und da bildet sich dann auch eine flache Scheibe, aus der die Sonne im Zentrum und die Planeten weiter außen entstehen.

Hier ist es dann die viel größere Milchstraße mit einem Durchmesser von gut 100.000 Lichtjahren mit einem dicken Klumpen von Sternen im zentralen Bereich und einer Vielzahl von Sternen in den Spiralarmen ringsum. Insgesamt gibt es weit über 100 Milliarden Sterne in der Milchstraße, einer davon unsere Sonne in einer Entfernung von 25.000 Lichtjahren vom Zentrum der Milchstraße.



**Abb. 12:** *Zusammengesetztes Bild des gesamten Himmels mit Sternen in jeder Richtung und dem Band der Milchstraße aus hellen Sternwolken und dunklen Staubwolken, die den Blick auf die Sterne dahinter versperren. (Bild: Axel Mellinger, aus vielen Einzelfotos zusammengesetzt)*

## Aus was besteht die Milchstraße?

Zunächst mal aus einer großen Menge von Sternen. Neben den 100 Milliarden Sternen gibt es noch große Mengen von Gas und Staub, aus denen in Verdichtungen und Klumpen neue Sterne entstehen.

Die dunklen Staubwolken in unserer Milchstraße kann man übrigens in einer klaren dunklen Nacht weit weg von störender Beleuchtung bereits mit bloßem Auge erkennen. Dann sieht man am Himmel das leuchtende Band der Milchstraße aus vielen Sternen, die so weit entfernt sind, dass man die einzelnen Sterne gar nicht mehr voneinander unterscheiden kann. Und dazwischen gibt es jede Menge dunkler Flecke im Band der Milchstraße. Das sind dunkle Staubwolken, die uns den Blick auf die Sterne dahinter versperren. Und tief im Inneren dieser Staubwolken entstehen auch heute noch neue Sterne.

## Der Urknall und das ferne Universum

### Wie ist der Urknall entstanden?

Das ist kaum vernünftig zu beantworten. Wir wissen, dass unser Universum ganz zu Anfang vor knapp 14 Milliarden Jahren sehr dicht und sehr heiß gewesen sein muss und sich seitdem beständig ausgedehnt und auch abgekühlt hat. Tatsächlich können die Astronomen Vorgänge beschreiben, die nur wenige Billionstel Sekunden nach der Entstehung des Universums stattfanden, aber wie und woraus (und vor allem: warum) das Universum entstanden ist, kann man kaum vernünftig beantworten. Eine Aussage dazu ist zum Beispiel: „Mit dem Urknall sind Raum und Zeit überhaupt erst entstanden. Es gibt also kein Vorher.“ Und das ist wirklich nur schwer zu glauben!

Auf jeden Fall ist es nicht so, dass es zu Beginn unseres Universums irgendwo im Raum eine Explosion gab. Die Strahlung vom Beginn unseres Universums, die sogenannte kosmische Hintergrundstrahlung, erreicht uns gleichmäßig aus jeder Richtung des Himmels.

Warum es übrigens Urknall heißt: das war ursprünglich als Schimpfwort gemeint, und zwar von jemandem, der diese Vorstellung über einen Anfang unseres Universums überhaupt nicht mochte. Das war der englische Astrophysiker Fred Hoyle, der statt dessen annahm, dass das Universum schon immer da war und ewig fort dauern würde. Und irgendwann hat er im Radio über die andere mit ihren komischen „Big-Bang-Theorien“ zum Ursprung des Universums hergezogen. Und damit war der Name da, denn „Big Bang“ heißt auf Deutsch „Urknall“.

### Wird der Urknall nochmal passieren?

Ich weiß es nicht. Es gibt eine Reihe von Theorien über Paralleluniversen, Multiversen etc., die aber das Problem haben, dass sie zumindest im Moment noch nicht überprüft, getestet oder gar bewiesen werden können. Und das macht es einigermaßen schwierig, sie von Science Fiction zu unterscheiden.

**Der Urknall** (Schülerpraktikum am MPIfR):

[http://www.mpifr-bonn.mpg.de/188600/melanie\\_hoeschele.pdf](http://www.mpifr-bonn.mpg.de/188600/melanie_hoeschele.pdf)

**Buchtipp:** Heather Couper und Nigel Henbest: *Der Urknall*, Tessloff Verlag 1997 (nur noch antiquarisch zu erhalten)

## Was sind Lichtjahre?

Ein Lichtjahr ist die Entfernung, für die das Licht und damit das schnellste was wir kennen, ein ganzes Jahr benötigt. Die Lichtgeschwindigkeit beträgt ziemlich genau 300.000 Kilometer pro Sekunde. Mit Lichtgeschwindigkeit wird die Entfernung bis zum Mond in nur 1,3 Sekunden zurückgelegt. Bis zur Sonne sind es acht Minuten und bis zum Zwergplaneten Pluto 4,5 Stunden. Aber schon bis zum nächsten Nachbarstern der Sonne (Alpha Centauri) ist das Licht über vier Jahre unterwegs, bis zum nächsten großen Nachbarn unserer Milchstraße, der Andromeda-Galaxie, braucht das Licht sogar über zwei Millionen Jahre. Und es gibt Galaxien im fernen Universum, die nicht nur Millionen, sondern Milliarden von Lichtjahren von uns entfernt sind.

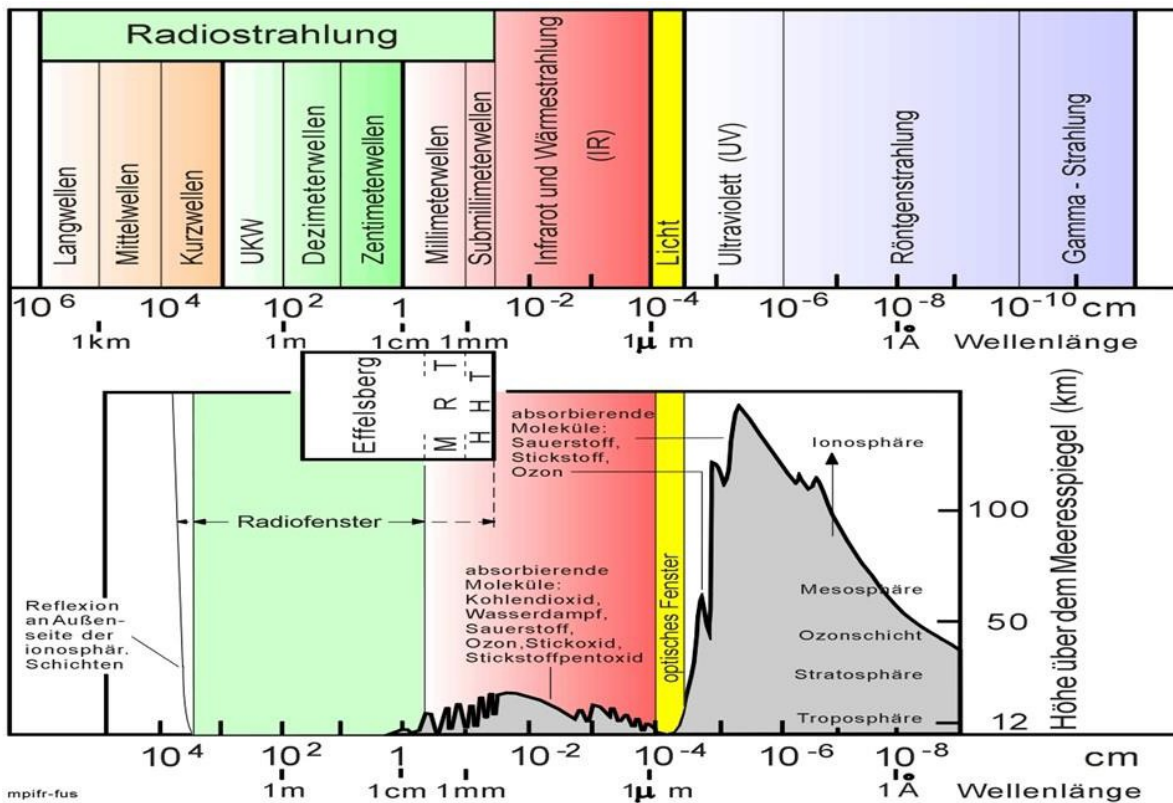
**Kosmische Entfernungen** (Schülerpraktikum am MPIfR):  
[http://www.mpifr-bonn.mpg.de/412978/bjoern\\_eric\\_reitz\\_a](http://www.mpifr-bonn.mpg.de/412978/bjoern_eric_reitz_a)

## Das Radioteleskop Effelsberg

### Was sind Radiowellen?

Radiowellen sind elektromagnetische Wellen oder elektromagnetische Strahlung, genau wie auch das Licht, das wir mit unseren Augen sehen können. Diese Wellen reichen von Radiowellen über Infrarotstrahlung und sichtbares Licht bis zur Ultraviolett-Strahlung (UV), Röntgen- und Gammastrahlung. Nicht alle Strahlung aus dem Universum kommt ungehindert bis auf den Erdboden durch. Einige Wellenlängen (wie bei Infrarotstrahlung, Röntgen- und Gammastrahlung) werden bereits in der Erdatmosphäre verschluckt.

Für die Infrarotstrahlung geht man auf große Höhen wie bei den Teleskopen in der Atacamawüste in Chile und dem Flugzeug-Observatorium SOFIA. Für Röntgen- und Gammastrahlung reicht das nicht aus, da werden Teleskope mit Satelliten sogar bis über die Atmosphäre in eine Umlaufbahn um die Erde gebracht.



**Abb. 13:** Verschiedene Arten von elektromagnetischen Wellen von Radiowellen bis zur Gammastrahlung. Mit dem Radioteleskop Effelsberg werden Radiowellen zwischen 1 m und 3,5 mm Wellenlänge empfangen (Bild: MPIfR).

### Wofür brauchen wir Radioteleskope?

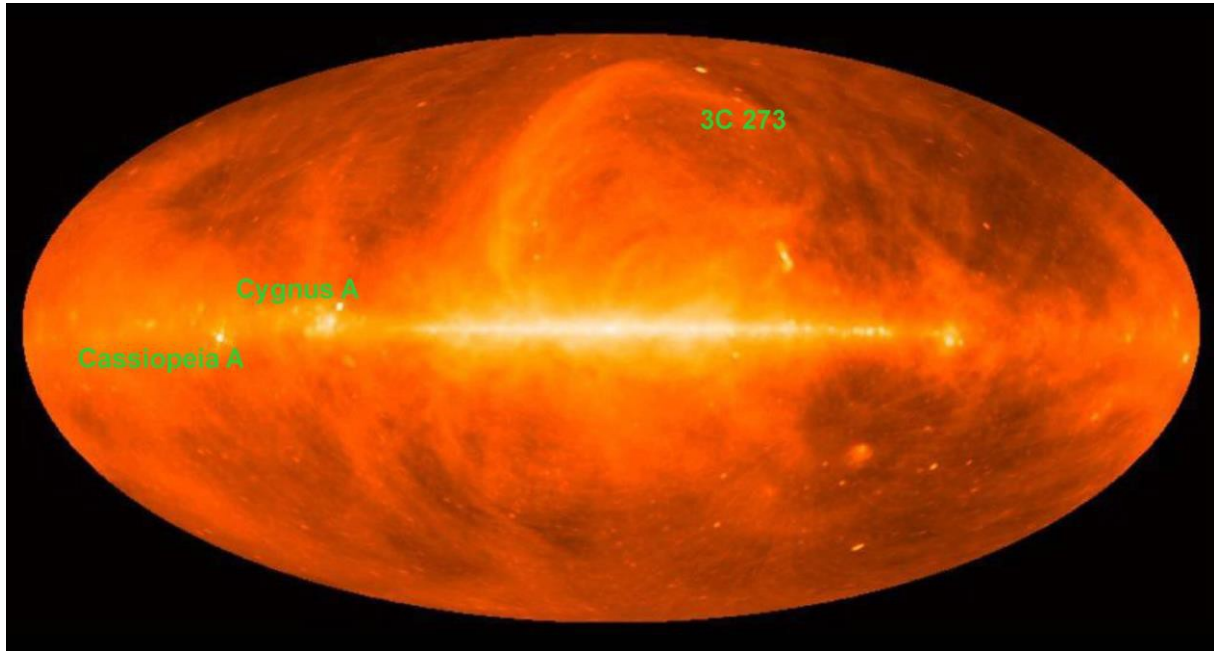
Aus der Strahlung bei ganz unterschiedlichen Wellenlängen können Astronomen mehr über das Universum erfahren. Dabei ermöglichen die Radiowellen einen Blick in das kalte Universum. Heiße Sterne leuchten im sichtbaren Licht, während Radiostrahlung aus dichten Gas- und Staubwolken kommt, in denen neue Sterne entstehen. Auch die Überreste von gewaltigen Supernova-Explosionen und eine Reihe von fernen Galaxien senden starke Radiostrahlung aus, die mit Radioteleskopen auf der Erde empfangen werden kann.

### Wie schafft es das Radioteleskop aus so weiten Entfernungen etwas zu empfangen?

Die Radiostrahlung aus dem Weltall erreicht uns aus sehr unterschiedlichen Entfernungen. Je weiter weg das Himmelsobjekt ist, das wir Astronomen mit unseren Teleskopen erforschen, desto stärker muss das Radiosignal sein, damit das Radioteleskop Effelsberg es auffangen kann. Es gibt sehr starke Radioquellen am Himmel, deren Strahlung nicht nur aus Millionen, sondern sogar aus Milliarden von Lichtjahren Entfernung im Teleskop ankommt. Die zweitstärkste Radioquelle am ganzen Himmel, Cygnus A, ist eine Galaxie in 750 Millionen Lichtjahren Entfernung. Auf dem Bild der Radiostrahlung des ganzen Himmels findet man eine Radioquelle mit dem Namen „3C 273“ als schwachen Fleck. Die ist sogar über zwei Milliarden Lichtjahre von uns entfernt.

**Ins Herz des hellsten Quasars am Himmel** (Beobachtungen von 3C 273 in 2,4 Milliarden Lichtjahren Entfernung mit Radioteleskopen auf der Erde und im Weltraum).

<http://www.mpifr-bonn.mpg.de/pressemeldungen/2016/7>



**Abb. 14:** Radiokarte mit den zwei stärksten Radioquellen am Himmel. Cassiopeia A ist der Überrest einer heftigen Supernova-Explosion vor einigen 100 Jahren im Sternbild Cassiopeia (dem Himmels-W) und Cygnus A eine extrem weit entfernte Galaxie in Richtung des Sternbilds Schwan (Cygnus). Diese Galaxie ist 750 Millionen Lichtjahre weit von uns entfernt. Ihre Leuchtkraft in Radiowellenlängen ist so gewaltig, dass wir sie als zweitstärkste Radioquelle am Himmel sehen. (Bild: MPIfR).

### **Wann wurde das Teleskop gebaut?**

Das 100-m-Radioteleskop Effelsberg wurde in den Jahren 1967 bis 1971 erbaut. Die Einweihung erfolgte am 12. Mai 1971, die volle Inbetriebnahme im August 1972.

### **Wie lange hat es gedauert das Radioteleskop zu bauen?**

Von ersten Erdarbeiten auf dem Gelände bei Effelsberg bis zum fertigen Radioteleskop von 100 m Durchmesser und fast 100 m Höhe hat es knapp vier Jahre gedauert.



**Abb. 15:** Radioteleskop Effelsberg im Bau. Der Montagekran auf der rechten Seite hat eine Gesamthöhe von 130 m. (Foto: MPIfR/Arge Krupp/MAN).

### Wie beweglich ist das Teleskop?

Das 100-m-Radioteleskop kann auf jeden Punkt am Himmel gerichtet werden. Mit insgesamt 16 Motoren ist auf einem Schienenkreis von 64 m Durchmesser mehr als eine volle Umdrehung möglich, mit vier weiteren Motoren in 20 m Höhe über dem Boden kann es um bis zu 90 Grad gekippt werden. Bei maximaler Geschwindigkeit dauert eine volle Umdrehung knapp 15 Minuten, und das Kippen von waagerechter in senkrechte Position dauert fünf Minuten.

**Das 100-m-Radioteleskop Effelsberg** (Schülerpraktikum am MPIfR):

[http://www.mpifr-bonn.mpg.de/2542820/naci\\_oezdilmac.pdf](http://www.mpifr-bonn.mpg.de/2542820/naci_oezdilmac.pdf)





**Abb. 16:** Radioteleskop Effelsberg. Der Blick vom Besucherpavillon aus zeigt das 100-m-Teleskop und den Zickzackweg hinunter zum Aussichtsplateau unmittelbar vor der großen Schüssel. (Foto: Norbert. Junkes, MPIfR).