

A view from space showing the Earth's horizon and the Milky Way galaxy. The Earth's horizon is a thin, glowing orange and yellow line at the bottom of the frame. Above it, the dark expanse of space is filled with the Milky Way galaxy, showing a dense band of stars and dust. In the upper right, a dark, rectangular structure, possibly part of a satellite or space station, is visible against the starry background.

Jean-Luc Lehnert
Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik

DIE ERDE IST MEIN RAUMSCHIFF

EINE KURZE EINFÜHRUNG IN DAS WELTALL
FÜR KINDER UND JUGENDLICHE

Der Autor

Dr. Jean-Luc Lehnert (geb. 1978 in Luxemburg) studierte Physik und Mathematik am Imperial College in London und an der Universität Cambridge. Er schloss 2005 seine Promotion über ein Thema aus der Gravitationstheorie in London ab. Nach Forscherstellen in Cambridge, Princeton (USA) und am Perimeter Institute (Kanada) gründete er mit zahlreichen Preisen ausgezeichnete Wissenschaftler im Dezember 2010 die Arbeitsgruppe „Theoretische Kosmologie“ am Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut) in Potsdam. Seine Forschungen beziehen sich auf das frühe Universum, insbesondere auf die Zeit des Urknalls.



Jean-Luc Lehnert
Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik

DIE ERDE IST MEIN RAUMSCHIFF

EINE KURZE EINFÜHRUNG IN DAS WELTALL
FÜR KINDER UND JUGENDLICHE





Wir sind alle

Sternenkinder!

ISBN 978-99959-1-130-0



9 789995 911300

IMPRESSUM

Titel: DIE ERDE IST MEIN RAUMSCHIFF
EINE KURZE EINFÜHRUNG IN DAS WELTALL FÜR KINDER UND JUGENDLICHE

ISBN: 978-99959-1-130-0

Autor: Dr. Jean-Luc Lehnens

Verleger: da Vinci asbl, Luxemburg

Art direction: msdesign by myriamschmit

Druck: imprimerie centrale, Luxemburg

Copyright: Dieses Buch ist urheberrechtlich geschützt und darf nicht, ohne schriftliche ausdrückliche Einwilligung des Herausgebers, vervielfältigt werden.

Februar 2020, 2. Auflage

INHALTSVERZEICHNIS

KAPITEL 1:	Unser Kosmos	7
KAPITEL 2:	Der Urknall	25
KAPITEL 3:	Wir sind Sternenkinder	35
KAPITEL 4:	Gibt es Leben auf anderen Planeten?	43
Anhang 1 - Glossar		55
Anhang 2 - Notizen		63

„Es hat weniger als eine Stunde gedauert um die Atome zu bilden,
einige hundert Millionen Jahre um die Sterne und Planeten zu schaffen,
aber es brauchte 5 Milliarden Jahre um den Menschen hervorzubringen.“

George Gamow (einer der Erfinder der Urknalltheorie)





KAPITEL 1:

UNSER KOSMOS

Wo befindet sich das Weltall?

Hoch über uns - na klar!

Und unter uns? Was finden wir dort vor?

Die Erde natürlich!

Doch was liegt noch tiefer, also unter der **Erdkruste**, hinter dem **Magma**, jenseits vom eisernen Erdkern? Da kommt wieder Magma, erneut stoßen wir auf die Erdkruste und auf die Erdoberfläche und dann liegt vor uns das Weltall! Die Erde ist nämlich rund und in jede Richtung vom Weltall umgeben. Sie fliegt durchs All. Man kann an einem Strand vielleicht erahnen, dass die Erde rund ist, aber um dies klar und deutlich sehen zu können, muss man sich schon in großer Höhe befinden. **Foto 1** zeigt die Aussicht, die sich russischen **Kosmonauten** und amerikanischen **Astronauten** vor mehr als 60 Jahren erstmals zeigte. Hier erkennt man schon ziemlich deutlich, dass die Erde eine Kugel ist.



Foto 1:
Die Erde aus einer Höhe von 400 Kilometern von der Internationalen Raumstation aus fotografiert.
Die Raumstation fliegt 40 Mal höher als ein Flugzeug.

Foto: NASA/Reid Wiseman





Wenn man jetzt noch weiter ins All hinausfliegt, so wie es zum Beispiel der von Menschen gebaute Satellit Galileo im Jahr 1992 getan hat, dann kann man die Kugelform der Erde kaum noch anzweifeln. Von dem Satelliten Galileo stammt **Foto 2**, welches Erde und **Mond** zeigt. Beide werden von der Sonne beleuchtet, die sich rechts außerhalb des Bildes befindet. Wegen ihrer großen Masse üben Mond und Erde eine starke Anziehungskraft aufeinander aus. Man spricht hier von der **Gravitationskraft** (oder Schwerkraft). Die Gravitationskraft verursacht, dass sich Erde und Mond umkreisen, so wie zwei Tänzer, die sich beim Kreisen an den Armen halten.

Satellit Galileo

Gravitationskraft

Foto 2:
Erde und Mond vom Satelliten Galileo im Jahre 1992 fotografiert.
Dieses Bild wurde aus einer Entfernung von etwa 6 Millionen Kilometern geschossen.

Foto: NASA/Galileo



Übrigens ist es auch die Gravitationskraft, die uns selbst an die Erde heranzieht. Deshalb stehen wir fest mit beiden Beinen auf der Erde und können nicht abheben. Anders ausgedrückt könnte man sagen: Es ist die große **Masse** der Erde, die uns am Boden hält. Die Gravitationskraft ist überhaupt sehr wichtig, denn sie bestimmt, wie das Weltall aufgebaut ist und es sich weiterentwickelt.

Aber ehe wir uns vorstellen können, wie das ganze Weltall sich entwickelt, müssen wir zuerst einmal herausfinden, was es alles so im All gibt. Wir waren gerade beim Mond angelangt. Wenn wir ein bisschen weiter ins All weiterfliegen begegnen wir **Planeten**, wie etwa der Venus, dem Mars, dem Jupiter oder dem Saturn, den du auf **Foto 3** erkennst.

Venus

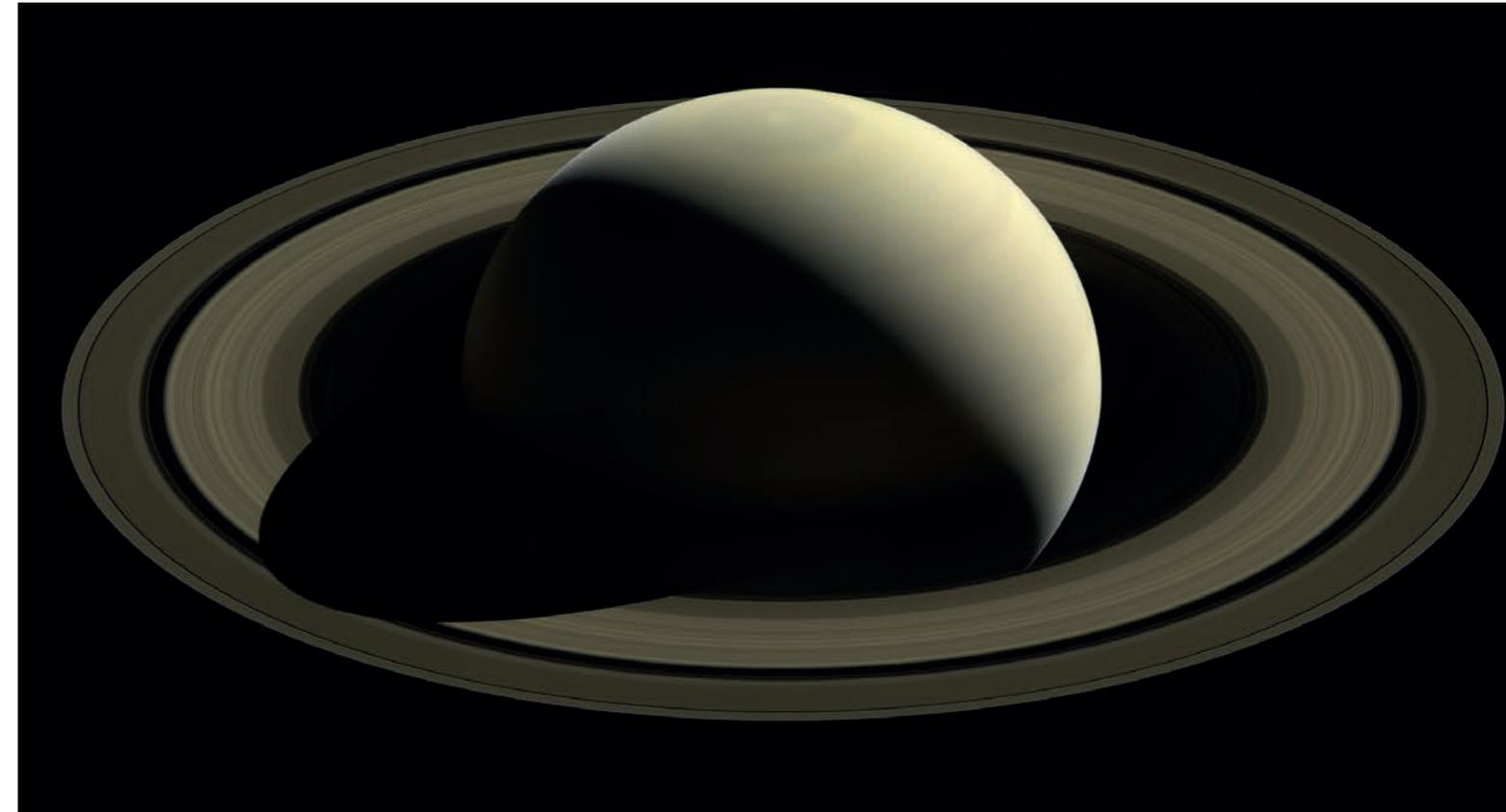
Jupiter

Mars

Saturn

Foto 3:
Der Planet Saturn. Seine Ringe bestehen aus kleinen Eis- und Steinbrocken und sind wahrscheinlich die Überreste von einem Mond, der vor langer Zeit wegen Saturns starker Gravitationskraft zerbröckelt ist.

Foto: NASA/Cassini



Die meisten Planeten haben Monde, die sie umkreisen. Der Planet Saturn hat 13 größere Monde und dutzende kleinere Monde, die weniger als 50 Kilometer Durchmesser haben. Die Planeten, mit ihren Monden, kreisen alle um die Sonne herum. Da wird einem schon fast schwindelig!



Die Sonne ist ein Stern

Die Sonne ist ein Stern. Alle anderen Sterne sehen wir sehr klein am Himmel, weil sie viel weiter von uns entfernt sind als die Sonne. Wir umkreisen eben die Sonne und nicht einen anderen Stern. Am Tag würden wir auch andere Sterne am Himmel sehen, doch die Sonne ist so nah, dass ihr Licht das Licht anderer Sterne weit übertrifft. Wegen ihrer außergewöhnlichen Helligkeit kann man die Sonne nur mit Instrumenten beobachten, die spezielle Filter aufmontiert haben. Foto 4 ist mit Hilfe eines solchen Filters aufgenommen worden.

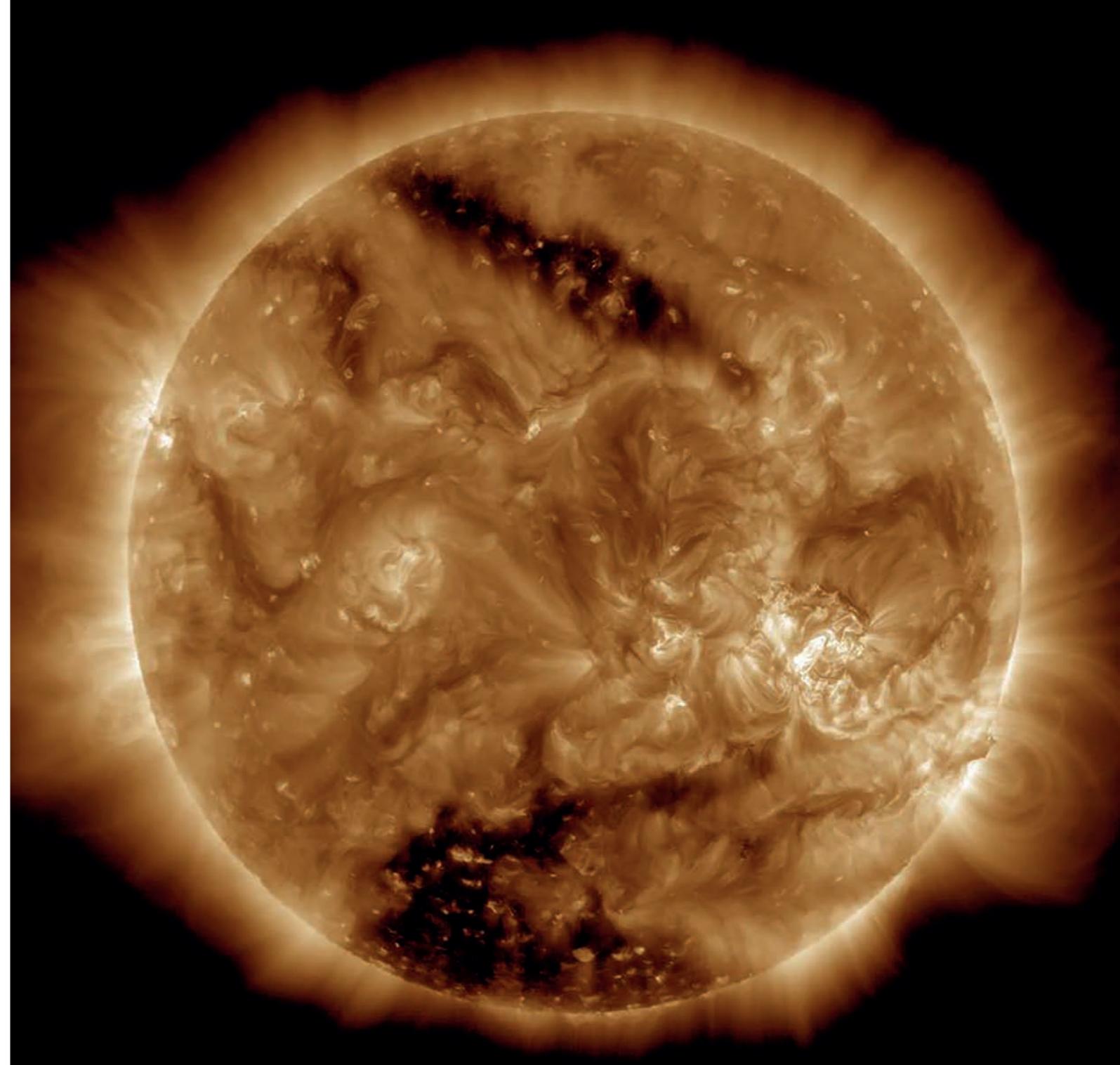
Warum leuchtet die Sonne so hell?

Im Inneren der Sonne verschmelzen kleine Atomkerne zu größeren Atomkernen. Das ist genau das, was auch beim Explodieren von Wasserstoffbomben passiert. Dabei wird ungeheure Energie freigelassen und ein Teil dieser Energie fliegt als Licht davon. Die Sonne explodiert eigentlich ständig. Deswegen ist sie so hell und so heiß.

Dass sie dennoch nicht in Stücke zerfällt, verdanken wir der Gravitationskraft, welche die Sonne zusammenhält, da sie so unglaublich groß und schwer ist. (Die Sonne ist hundert Mal größer und 300.000 Mal massereicher als die Erde!).

Foto 4:
Die Sonne, aufgenommen mit einem Filter, der nur einen kleinen Teil der Strahlung durchlässt.

Foto: NASA/Solar Dynamic Observatory



Viele der anderen **Sterne** im All sind der Sonne ganz ähnlich. Einige sind noch größer als die Sonne und manche sind wesentlich kleiner, doch insgesamt sind die Sterne alle ziemlich gleich.

Astronomen haben in den letzten 20 Jahren viele Planeten entdeckt, die um andere Sterne herumkreisen. Es gibt vermutlich eine Unmenge von Planeten im Weltall, wahrscheinlich weit mehr Planeten als Sterne und, wer weiß, vielleicht gibt es ja auch auf manchen von diesen Planeten andere Lebewesen. Das wissen wir aber leider noch nicht, da unsere Teleskope noch nicht gut genug sind, um uns diese anderen Planeten präzise anzuschauen und unsere Raketen sind nicht schnell genug, um dorthin zu gelangen. Nur eines können wir annehmen, nämlich dass es in unserer Gegend vom Weltall keine anderen Lebewesen gibt, die den Menschen weit voraus sind in der Raketenbautechnik - denn würde es diese geben, hätten die uns bestimmt schon besucht! Ich werde dir mehr über all diese Planeten im letzten Kapitel erzählen.

Foto 5:
Die Milchstraße - unsere Galaxie. Dieses Bild wurde vor den Teleskopen des Cerro Paranal in Chile aufgenommen

Foto: ESO/Y. Beletsky



Wenn du abends in den Nachthimmel aufschaust, bekommst du bestimmt den Eindruck, dass die Sterne ziemlich gleichmäßig am Himmel verteilt sind. Dass dem jedoch nicht so ist, sieht man nur weit entfernt von großen Städten und störenden Straßenleuchten. An solchen außergewöhnlich dunklen Orten kann man nämlich die **Milchstraße** sehen, die in **Foto 5** aufgenommen wurde.



Die Milchstraße ist eine Galaxie.

Sie besteht aus hundert Milliarden Sternen und noch einmal so vielen Planeten, sowie aus Staubwolken und zahlreichen **Gasnebeln**.

Die Sonne ist einer von diesen Milliarden von Sternen. Da die Sonne und wir selbst in der Milchstraße mittendrin wohnen, sehen wir die Milchstraße wie ein verschwommenes Band am Himmel. Das sanfte Leuchten der Milchstraße wird vom Glühen ihrer zahlreichen Sterne verursacht. Die dunkleren Gebiete, die man in **Foto 5** mitten in der Milchstraße sieht, sind nur so dunkel, weil sich da so viel Staub befindet, dass das Licht von allen Sternen, die sich dahinter befinden, abgeschirmt wird.

Mit großen Teleskopen kann man zahlreiche andere **Galaxien** beobachten, die ebenfalls aus Abermilliarden von Sternen bestehen, jedoch so weit von uns entfernt sind, dass wir sie mit bloßem Auge überhaupt nicht sehen können. Viele dieser Galaxien sind der Milchstraße sehr ähnlich, wie zum Beispiel die **Spiralgalaxie** in **Foto 6**. Die Sterne in dieser Galaxie bilden, wie der Name es schon sagt, große Spiralarme. Von der Seite aus gesehen sind solche Spiralgalaxien flach. Sie sind wie große, spiralförmige Pfannkuchen und drehen sich ganz langsam um sich selbst.



Unsere Milchstraße ist auch so eine Spiralgalaxie und deshalb erscheint sie uns als Band am Himmel.



Versuche dir mal vorzustellen,
du säßest in einem Pfannkuchen drin -
wie würde der Pfannkuchen aus deiner Sicht aussehen?

Foto 6:
Eine Galaxie wie unsere.
NGC 4639 befindet sich 70 Millionen Lichtjahre von uns entfernt, im Galaxienhaufen Virgo,
der aus schätzungsweise 1500 Galaxien besteht.

Foto: NASA/ESA/Hubble Space Telescope





Es gibt auch kugelförmige Galaxien und unregelmäßige, wie zum Beispiel die Galaxie in [Foto 7](#).

Im Weltall gibt es über hundert Milliarden Galaxien.

Und in jeder Galaxie befinden sich Milliarden von Sternen und Planeten.

Somit gibt es deutlich mehr Sterne im Weltall, als es Sandkörner an allen Stränden der Erde gibt! Manche Galaxien befinden sich in Gruppen und es kommt auch vor, dass zwei ganze Galaxien aufeinanderstoßen. Bei einer solchen [galaktischen Kollision](#), wie sie auf [Foto 8](#) abgebildet ist, erhitzen sich die aufeinandertreffenden Gasnebel und leuchten stark auf. Währenddessen bilden sich viele neue Sterne.

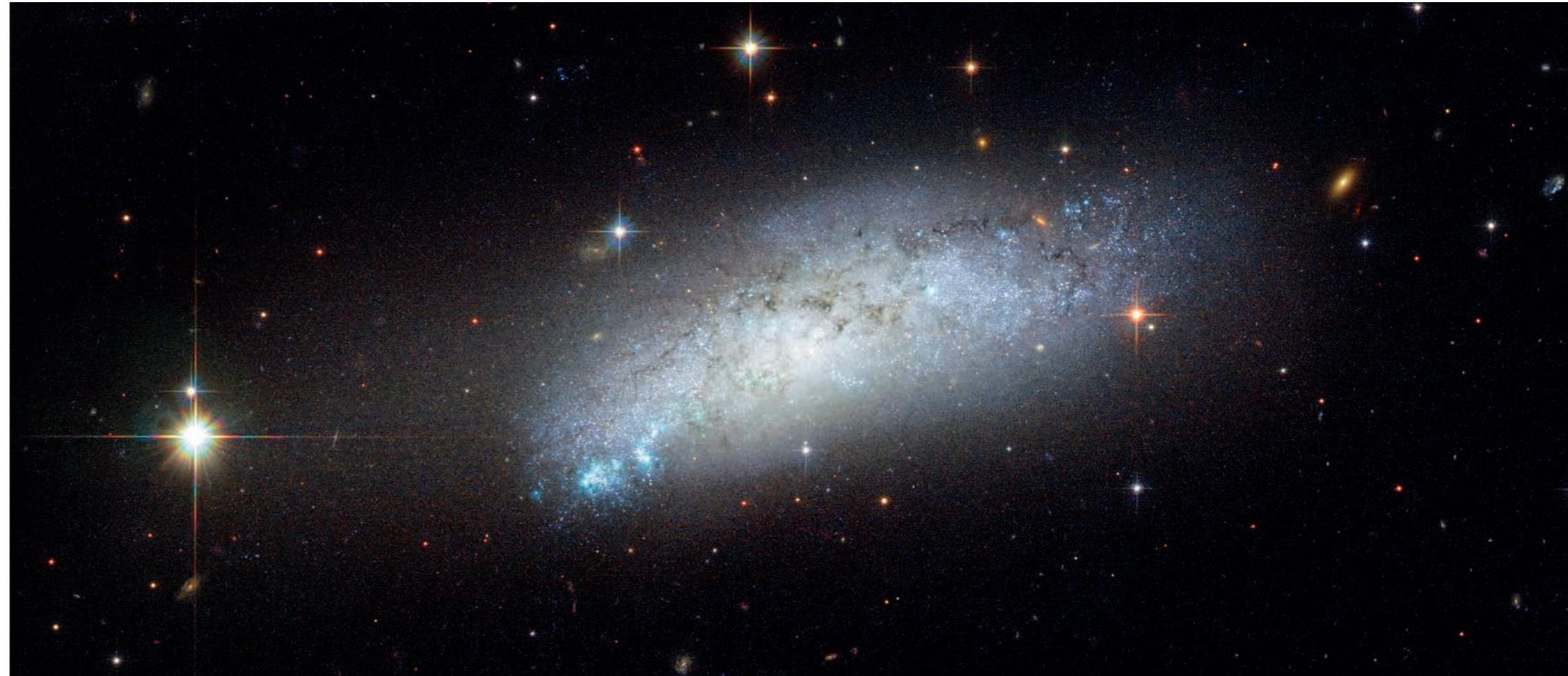


Foto 7:
Die unregelmäßige Galaxie ESO 162-17 befindet sich in einer Entfernung von etwa 40 Millionen Lichtjahren. Wir sehen sie so wie sie vor 40 Millionen Jahren aussah, als es noch keine Menschen auf der Erde gab.

Foto: NASA/ESA/Hubble Space Telescope



Die Sterne in der Milchstraße sind alle ungeheuer weit von uns entfernt - so weit, dass unsere heutigen Raumschiffe viele Jahrtausende bräuchten, nur um die, die am nächsten sind, zu erreichen.

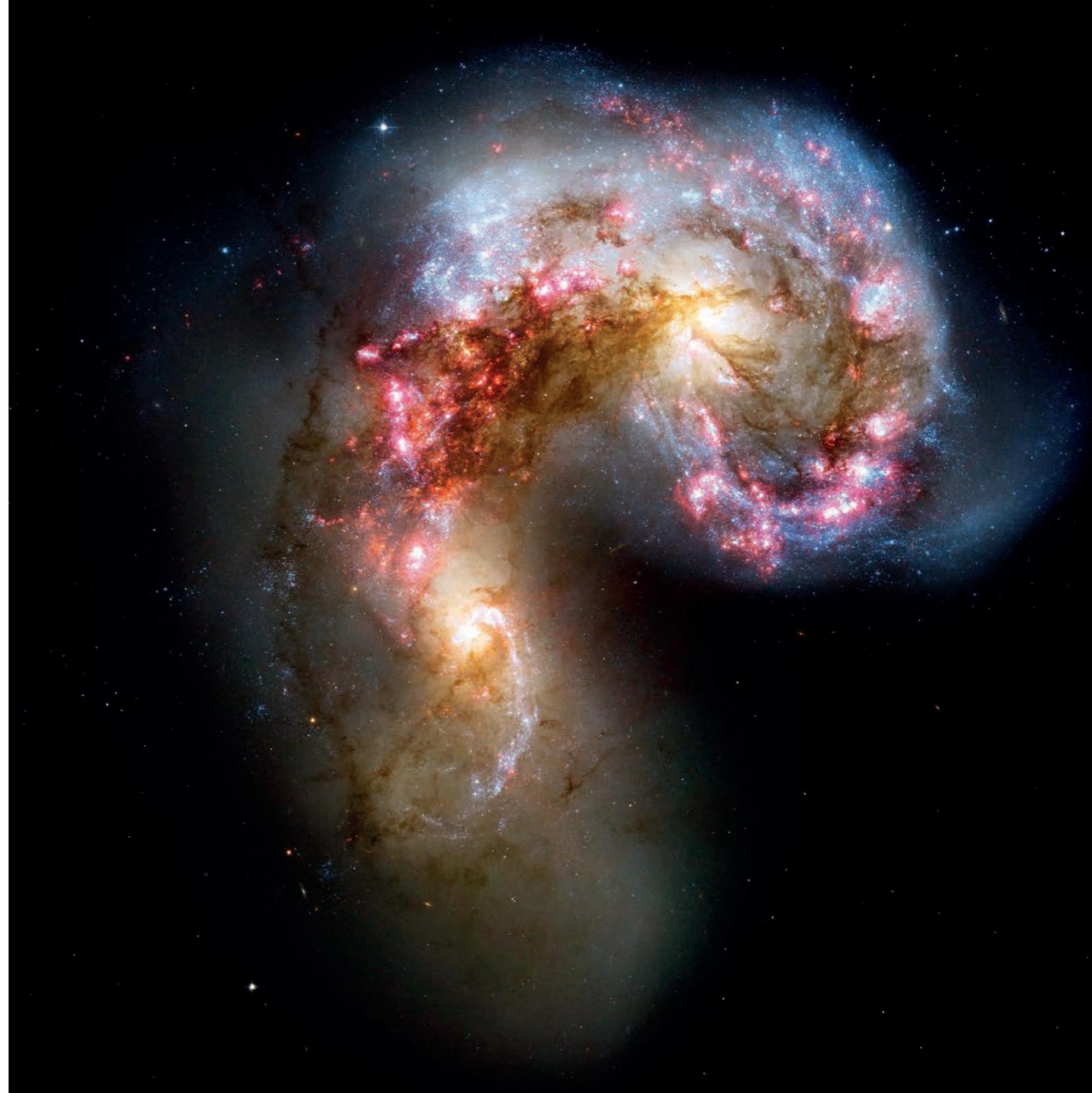
Aber die anderen Galaxien sind alle noch unglaublich viel weiter entfernt. In der weiten Zukunft wird es vielleicht einmal Raumschiffe geben, die zu einer anderen Galaxie fliegen können. Dann können wir, oder besser gesagt unsere Nachfahren, herausfinden, wie es in diesen Galaxien aussieht und welchen Ausblick man hat, wenn man durch eine Galaxie hindurchfliegt!

Doch halt – solange müssen wir überhaupt nicht warten. Wir wissen auch jetzt schon wie es aussieht, wenn man durch eine Galaxie hindurchfliegt: wenn wir an einem dunklen Ort in den Nachthimmel hinaufschauen, und sich die Milchstraße majestätisch vor uns ausbreitet, haben wir nämlich genau diesen Ausblick. Denn die Erde ist unser Raumschiff und mit ihr fliegen wir durchs All!

**Denn die Erde ist unser Raumschiff
und mit ihr fliegen wir durchs All!**

Foto 8:
Die Antennengalaxien – zwei Galaxien kollidieren.

Foto: NASA/ESA/Hubble Space Telescope



Vesto SLIPHER

Edwin HUBBLE

Albert EINSTEIN

Relativitätstheorie

KAPITEL 2:

DER URKNALL

Vor etwa 100 Jahren hat Albert Einstein herausgefunden, dass Raum und Zeit sich verändern können. Genauer gesagt, hat er herausgefunden, dass alle Objekte im **Universum** durch ihre Masse und ihre Energie den Raum und die Zeit um sich herum verändern.

Dies ist ganz erstaunlich: zwei Gegenstände können sich zum Beispiel voneinander fortbewegen, wenn sich der Raum dazwischen ausdehnt.

Oder sie können sich aufeinander zubewegen, wenn der Raum sich zusammenzieht – auch wenn die Gegenstände selbst keine Geschwindigkeit hatten.

Auf der Erde bemerken wir dies nicht: Hier bleibt der Raum laut Einsteins „**Relativitätstheorie**“ unverändert. Aber in den großen Weiten des Alls ist dies nicht so. Fast gleichzeitig mit Einstein, also auch vor etwa 100 Jahren, haben die US-Amerikaner Vesto Slipher und Edwin Hubble nämlich die bislang wichtigste Entdeckung in der **Kosmologie** gemacht: Sie haben beobachtet, dass fast alle Galaxien voneinander wegfliegen. Nur die Galaxien, die ganz nahe beieinander sind und sich durch ihre enorme Masse stark anziehen, fliegen aufeinander zu. Aber im Großen und Ganzen fliegen die Galaxien voneinander weg, sogar umso schneller je entfernter sie schon sind.



Diese Entdeckung zeigte, dass das Weltall sich tatsächlich ausdehnt!

Die Galaxien selbst vergrößern sich nicht. Sie werden durch die **Gravitationskraft** zusammengehalten, nur der Raum zwischen den Galaxien wird immer größer. Das bedeutet aber auch, dass das Weltall früher kleiner war und die Galaxien dichter beisammen, so wie es zum Beispiel [Foto 10](#) zeigt.

Und wenn wir weit genug in der Zeit zurückgehen, muss es ja dann so gewesen sein, dass vor langer Zeit alles im Weltall ganz nah zusammen war (vor langer Zeit gab es jedoch noch keine Galaxien – darauf kommen wir gleich zurück).

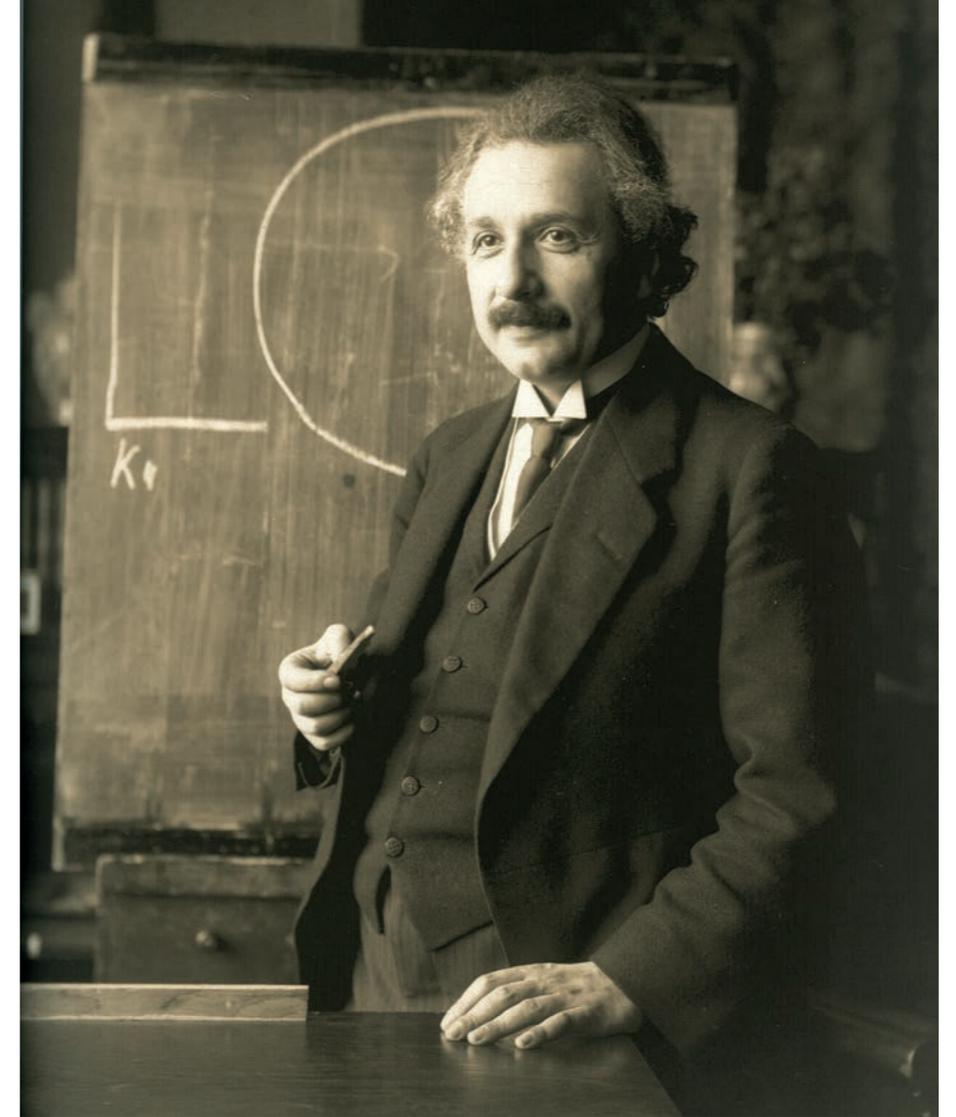
Slipher und Hubble, und nach ihnen viele andere Astronomen, haben mit immer größerer Präzision gemessen, wie schnell sich das Universum ausdehnt. Deshalb können wir jetzt berechnen, dass dieser Augenblick, wo die ganze Materie des Weltalls ganz dicht zusammen war, vor 13,8 Milliarden Jahren war. Er wird „**Urknall**“ genannt.

Urknall

BIG

BANG

Foto 9:
Albert Einstein



Wir werden gleich über den Urknall weiterreden. Aber zuerst will ich noch eine wichtige Eigenschaft des Weltalls erwähnen. Du hast dich vielleicht schon gefragt, wie das sein kann, dass wir Bilder aufnehmen können, wie etwa jenes auf der Seite 27 [Foto 10](#). Es zeigt die Galaxien, wie sie vor





10 Milliarden Jahren aussahen. Das Bild wurde ja nicht vor 10 Milliarden Jahren aufgenommen, sondern erst vor kurzem. Nun, die Galaxien in **Foto 10** sind so weit entfernt, dass das Licht 10 Milliarden Jahre gebraucht hat, um die Erde zu erreichen. Das Licht hat diese Galaxien also verlassen, als das Weltall noch 10 Milliarden Jahre jünger war und deshalb sehen wir diese Galaxien so wie sie vor 10 Milliarden Jahren aussahen.

Auf der Erde merken wir so etwas nie, weil die **Lichtgeschwindigkeit** so unglaublich groß ist: sie beträgt 300'000 Kilometer in der Sekunde. Das Licht braucht also weniger als eine Zehntelsekunde, um ganz Europa zu durchqueren und nur etwas über eine Sekunde bis zum Mond. Die Galaxien sind jedoch so weit entfernt, dass bei manchen das Licht Milliarden von Jahren braucht, um bei uns anzukommen.

Die Distanzen im Universum werden deshalb in Lichtjahren gemessen: Ein Lichtjahr ist die Distanz, die das Licht in einem Jahr zurücklegt. In Kilometern umgerechnet sind das fast 10 **Billionen** Kilometer!

Lichtgeschwindigkeit

Andromeda

Foto 10:

Dieses Bild zeigt das Weltall, wie es vor langer Zeit aussah. Fast alle Objekte in diesem Bild sind Galaxien und zu dieser Zeit waren diese noch viel näher aneinander. Die weitgelegensten Galaxien im Bild sind 10 Milliarden Lichtjahre entfernt und wir sehen sie so wie sie vor 10 Milliarden Jahren aussahen

Foto: NASA/ESA Hubble Ultra Deep Field



Aus diesen Umständen folgt dann auch dass, falls es andere Lebewesen in einer weit entfernten Galaxie gibt, diese uns nicht jetzt beobachten können, sondern eher unsere Vergangenheit sehen. Falls zum Beispiel jemand aus unserer Nachbargalaxie Andromeda (welche 2 Millionen Lichtjahre entfernt ist) uns jetzt versucht zu beobachten, dann wird dieses Wesen unsere Erde so sehen, wie sie vor 2 Millionen Jahren aussah – es wird die Erde also zu einem Zeitpunkt sehen, als es noch gar keine Menschen auf der Erde gab!

Doch was richtig toll an diesem Effekt ist, ist dass wir auf ganz einfache Weise herausfinden können, wie das Weltall früher aussah: je weiter wir ins Weltall hinausschauen, desto weiter in die Vergangenheit sehen wir.

**je weiter wir ins Weltall
hinausschauen,
desto weiter in die
Vergangenheit sehen wir!**

Elementarteilchen

Wie weit wir ins Weltall schauen können, ist allerdings durch den Urknall begrenzt. Gleich nach dem Urknall war alle Materie ganz dicht zusammen, und dies überall im Weltall. Die Materie war aber nicht nur dicht zusammen, sondern auch ganz heiß. Es gab damals noch keine Galaxien und du kannst dir das Weltall zu dieser Zeit wie eine dichte, heiße Suppe vorstellen.

Diese „Ursuppe“ war lichtundurchlässig und bestand aus lauter winzigen Teilchen. Diese Teilchen werden **Elementarteilchen** genannt und sind noch kleiner als **Atome**. Nach dem Urknall hat sich das Weltall ausgedehnt und die Materie hat an Wärme verloren. Etwa 400'000 Jahre nach dem Urknall haben sich die Elementarteilchen zusammengebunden und die ersten, kleinsten Atome gebildet (**Wasserstoff-** und **Heliumatome**).

Dies war ein ganz wichtiger Augenblick, denn jetzt konnte das Licht auf einmal zwischen diesen neugebildeten Atomen hindurchfliegen. In diesem Augenblick ist das Weltall durchsichtig geworden! Und ein Teil von dem Licht, das in diesem Augenblick zum ersten Mal frei durchs Weltall fliegen konnte, können wir auch jetzt noch beobachten. Dieses Licht wird „**Kosmische Hintergrundstrahlung**“ genannt und ist das Weitesten und Ältesten, was wir im Weltall beobachten können. Dahinter würden wir ein noch jüngeres Weltall sehen, aber da befindet sich ja nur die lichtundurchlässige Suppe.



Kosmische Hintergrundstrahlung

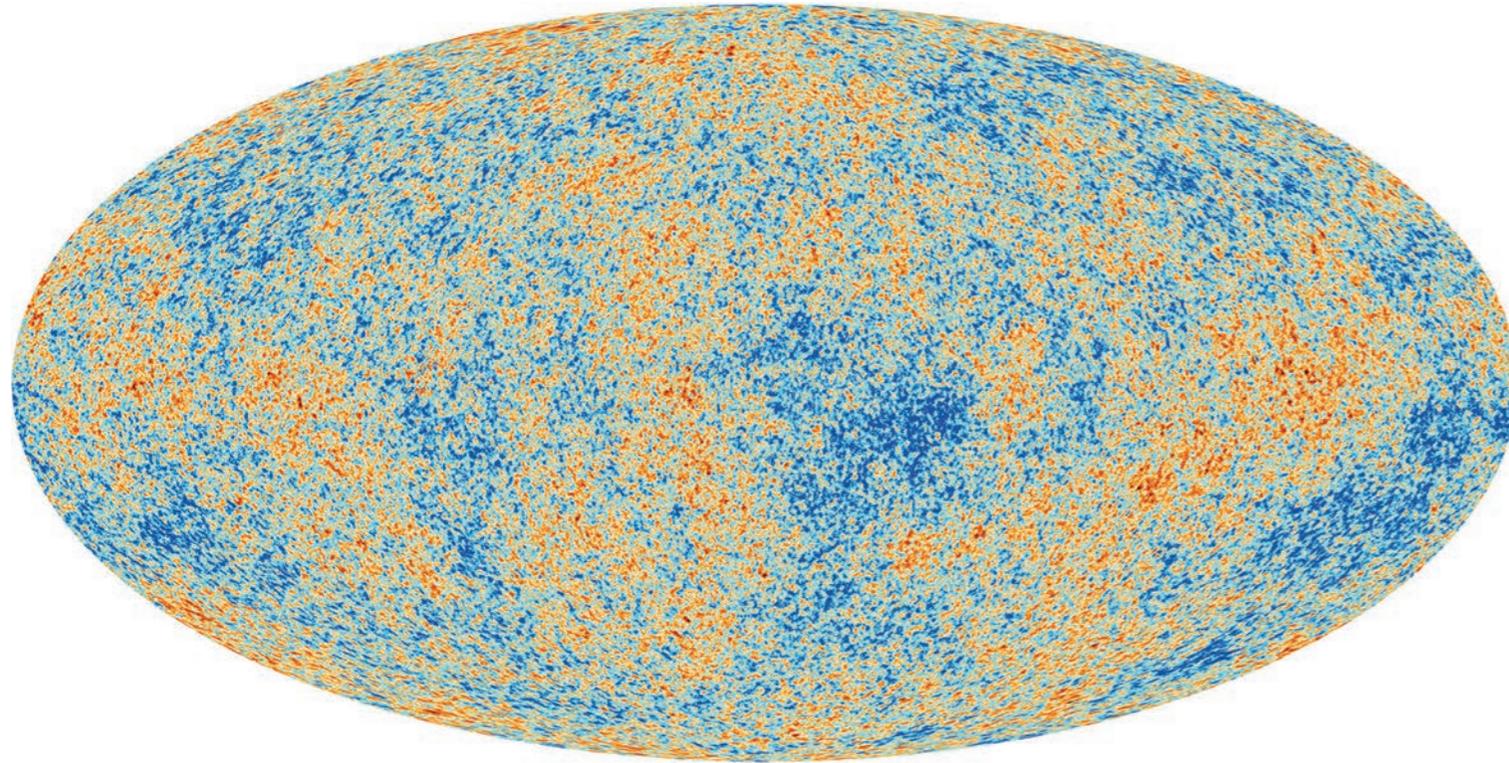


Foto 11:
Die Kosmische Hintergrundstrahlung vom Planck Satelliten aufgenommen.
Diese Strahlung können wir mit unseren Augen nicht sehen, denn es ist eine Mikrowellenstrahlung.
Spezielle Kameras können diese Strahlung jedoch erfassen und sogenannte Falschfarbbilder herstellen,
in denen die verschiedenen Temperaturen mit verschiedenen Farben verbildlicht werden

Foto: ESA/Planck

Die Kosmische Hintergrundstrahlung ist sozusagen das Säuglingsbild des Weltalls. Das Licht der Hintergrundstrahlung besteht leider aus Farben, die wir mit unseren Augen nicht sehen können. Es gibt aber spezielle Kameras, die diese Farben beobachten und ein Bild von der Kosmischen Hintergrundstrahlung aufnehmen können. Foto 11 ist ein solches Bild.

Hier wurden die Farben, die wir mit bloßen Augen nicht sehen können, und für die wir keine Namen haben, durch die Farben blau, grün, gelb und rot ersetzt, damit wir uns die Strahlung veranschaulichen können. Foto 11 zeigt uns das Weltall kurz nachdem die Ursuppe transparent wurde. Materie, die etwas kälter war, wird blau und hellblau angezeigt, die mit durchschnittlicher Temperatur grün und wärmere Materie gelb und rot. Sonst gab es noch nichts zu dieser Zeit! Wie aus dieser Ursuppe Sterne und Galaxien entstanden sind, werde ich im nächsten Kapitel beschreiben.

Bevor wir dieses Kapitel abschließen, sollte ich klarstellen, dass vieles über den Urknall noch unbekannt ist.

Du hast bestimmt auch viele Fragen, von denen bestimmt eine ganze Menge noch nicht erforscht worden sind. Niemand weiß, zum Beispiel, was vor dem Urknall war - und wie alt das Universum wirklich ist. Niemand weiß, weshalb das Weltall beim Urknall angefangen hat, sich auszudehnen. Und niemand weiß, ob das Weltall sich immer weiter ausdehnen wird, oder ob es sich eines Tages wieder zusammenziehen wird. Und ob es dann vielleicht einen erneuten Urknall geben wird. Und ob es nur unser Weltall gibt oder auch noch andere. Für Kosmologen bleibt noch viel zu erforschen ...



Warum schauen wir in die Vergangenheit,
wenn wir den Sternenhimmel betrachten?



KAPITEL 3:

WIR SIND STERNENKINDER

Kurz nach dem Urknall war das ganze Weltall also gefüllt mit dieser kosmischen Ursuppe. Da kann man sich fragen, wo denn alle Galaxien, Sterne und Planeten herkommen? Wie sind sie entstanden?

Die Antwort auf diese Frage ist erstaunlich: die Sterne und Galaxien haben sich aus der Ursuppe entwickelt mit Hilfe der Gravitationskraft. [Foto 11](#) hat uns gezeigt, dass manche Gegenden im Weltall zur Zeit der Ursuppe etwas wärmer waren und manche etwas kälter. Warme Suppe dehnt sich aus und kalte Suppe zieht sich zusammen. Kalte Suppe ist also ein wenig dichter als warme Suppe.

Aus diesem Grund gab es im ganz jungen Weltall auch Gegenden, die dichter waren als andere. In diesen dichteren Gegenden war die Gravitationskraft stärker, so dass sich diese Regionen unter dem Einfluss der Gravitationskraft zusammengezogen haben. Damit gelangte noch mehr Masse in diese dichten Gegenden und diese haben sich dementsprechend stärker zusammengezogen und sogar noch Masse aus den umliegenden, weniger dichten Gegenden herausgezogen. Auf diese Art und Weise entstanden an manchen Stellen Klümpchen von Materie und in anderen Gegenden wurde das Weltall ganz leer.



Diese Klümpchen, die größtenteils aus Wasserstoffatomen bestanden, sind immer weiter in sich zusammengefallen und haben sich dabei nach und nach erhitzt. Als es im Inneren dieser Klümpchen warm genug war, konnten die ganz kleinen Wasserstoffatome anfangen zu verschmelzen und auf diese Art größere Atome bilden. Diese sogenannten „**Kernreaktionen**“ strahlten zusätzlich Licht aus und so sind die ersten Sterne entstanden.

Wo viele Sterne in einer bestimmten Gegend waren, haben die sich, wieder durch die Gravitationskraft, gegenseitig angezogen und so sind die ersten Galaxien entstanden.

Die Sterne in einer Galaxie ziehen sich alle gegenseitig an und drehen um das Zentrum der Galaxie. Die ganze Galaxie dreht sich dadurch langsam um sich selbst. Und zusammen vollbringen alle Sterne der Galaxie diesen riesigen Tanz.

Galaxie

Kernreaktion

Foto 12:

Der Helix Nebel ist dadurch entstanden, dass ein Stern den Großteil seiner Materie ins All ausgestoßen hat. Es bleibt nur noch ein weißer Zwerg übrig, der die ausgestoßenen Gase beleuchtet.

Foto: NASA/ESA/Hubble Space Telescope





Wie bereits beschrieben, leuchten die Sterne, weil Atomkerne im Inneren der Sterne miteinander verschmelzen. Zuerst schmelzen Wasserstoffkerne zu Heliumkernen zusammen und danach bilden sich immer schwerere Elemente. So bilden sich dann nach und nach auch Sauerstoff, Stickstoff und Kohlenstoff. Nach langer Zeit, wenn sich viele größere Atome im Inneren eines Sterns gebildet haben, lässt der Druck etwas nach, der durch dieses explosionsartige Verschmelzen verursacht wird. Die Sterne fallen dann zunächst weiter in sich zusammen. Dann vergrößert der Druck sich wieder dabei, mit der Folge dass die Sterne fast ihre gesamte Masse ins Weltall ausstoßen (Foto 12) oder gar als **Supernova** explodieren (Foto 13).

Foto 13:
Die Überreste eines Sterns, der vor 8000 Jahren als Supernova explodiert ist.

Foto: NASA/ESA/Hubble Space Telescope

Supernova



Die Materie, die auf diese Art ins Weltall katapultiert wird, bildet neue Gaswolken, welche dann nicht nur leichte Atome enthalten, sondern auch schon die schwereren Atome, die im Stern produziert wurden. Eine solche Gaswolke ist in [Foto 14](#) zu sehen. Jetzt kann das Ganze wieder von vorne beginnen: Diese Gaswolke kann erneut in sich zusammenfallen. Wenn sie heiß genug ist, wird sie einen neuen Stern bilden.

Doch gibt es einen wichtigen Unterschied zu den ersten Sternen: Die schwereren Atome, die in der Gaswolke vorhanden sind, können selbst beim Zusammenfall der Gaswolke kleinere Klümpchen bilden. Auf diese Weise entstehen Planeten. Auch die Erde hat sich so gebildet, als die Sonne entstanden ist. Das bedeutet auch, dass die Erde, und alles, was sich darauf befindet, aus Atomen besteht, die sich vor langer Zeit im Inneren eines Sterns gebildet haben. Auch deine Arme, Beine und Haare bestehen aus diesen Atomen. Die Äpfel und Tomaten, die du isst, das Sofa, auf dem du sitzt und der Baum, auf den du kletterst, bestehen aus Atomen, die ganz im Innern eines Sterns entstanden sind, ins Weltall geschossen wurden und später dazu beitrugen, die Erde zu bilden. Wir sind alle Sternenkinder!

Wir sind alle Sternenkinder!

Foto 14:

Eine riesige Gaswolke (im Nebel 30 Doradus), die in sich zusammenfällt, um neue Sterne zu bilden. Die hellblauen Sterne sind ganz junge Sterne, die sich vor kurzem auf diese Weise gebildet haben.

Foto: NASA/ESA Hubble Space Telescope



Kannst du erklären, wieso die deutsche Band Ich&Ich in ihrem Song ganz richtig liegt, wenn sie singt: „Du bist vom selben Stern ... wie ich“?



KAPITEL 4:

GIBT ES LEBEN AUF ANDEREN PLANETEN?

In unserem Sonnensystem gibt es noch sieben weitere Planeten: Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun.

Soweit wir wissen, gibt es auf diesen anderen Planeten keine Lebewesen. Nur auf der Erde gibt es Tannen, Krokodile, Tulpen, Erdbeeren, Stechmücken und Menschen. Doch wäre es möglich, dass wir auf einen dieser anderen Planeten fliegen könnten, um dort zu wohnen? Dies wissen wir noch nicht sicher, es scheint jedoch gut möglich. Der Erde am nächsten und auch von der Masse her am ähnlichsten sind die Venus ([Foto 15](#)) und der Mars ([Foto 16](#)).

Die Venus ist leider zu warm und giftig für uns. Es gibt dort sehr dicke Wolken und viel Schwefel liegt in der Luft. Die übliche Temperatur beträgt 400 Grad (Celsius) und der Schwefel riecht nach faulen Eiern - keine angenehmen Bedingungen für uns.

Auf dem Planeten Mars sieht es völlig anders aus: Er hatte vor langer Zeit einmal eine **Atmosphäre**. Doch weil er nicht ganz so massereich ist wie die Erde, ist seine ganze Luft nach und nach ins All weggeflogen. Es gibt jetzt fast keine Luft mehr auf dem Mars. Wir könnten dort also nur mit Sauerstoffflaschen atmen. Man könnte dort in der Zukunft Wohnungen und vielleicht sogar Städte errichten, die ihre eigene Belüftung haben. Jedenfalls gibt es auf dem Mars schon mal Eis, welches man aufwärmen könnte, um Wasser zu gewinnen. Auch wären wir ähnlich schwer als auf der Erde, etwas leichter sogar, da die Schwerkraft auf dem Mars ein bisschen kleiner ist als auf der Erde. Das bedeutet, dass unsere Knochen und Muskeln dort recht gut funktionieren würden. Der Mars scheint also eine gute Option in unserem **Sonnensystem** zu sein, falls wir mal darüber nachdenken auf einen anderen Planeten umzuziehen.

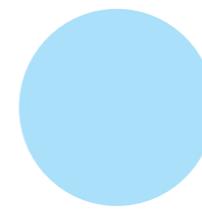
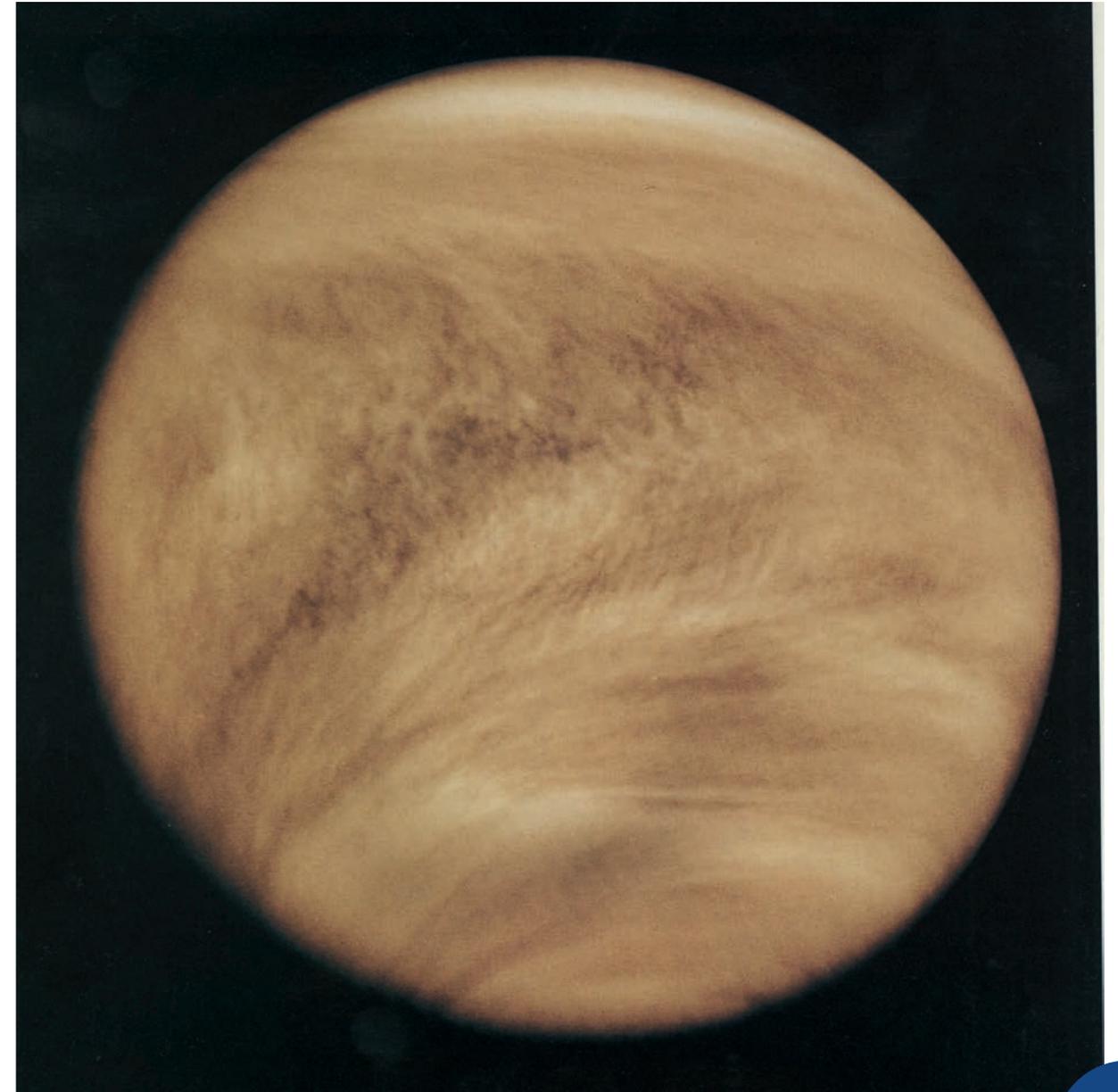


Foto 15:
Venus hat eine dicke Wolkenschicht und ist für uns mit bis zu 400° C viel zu warm.

Foto: NASA/Pioneer venus Orbiter



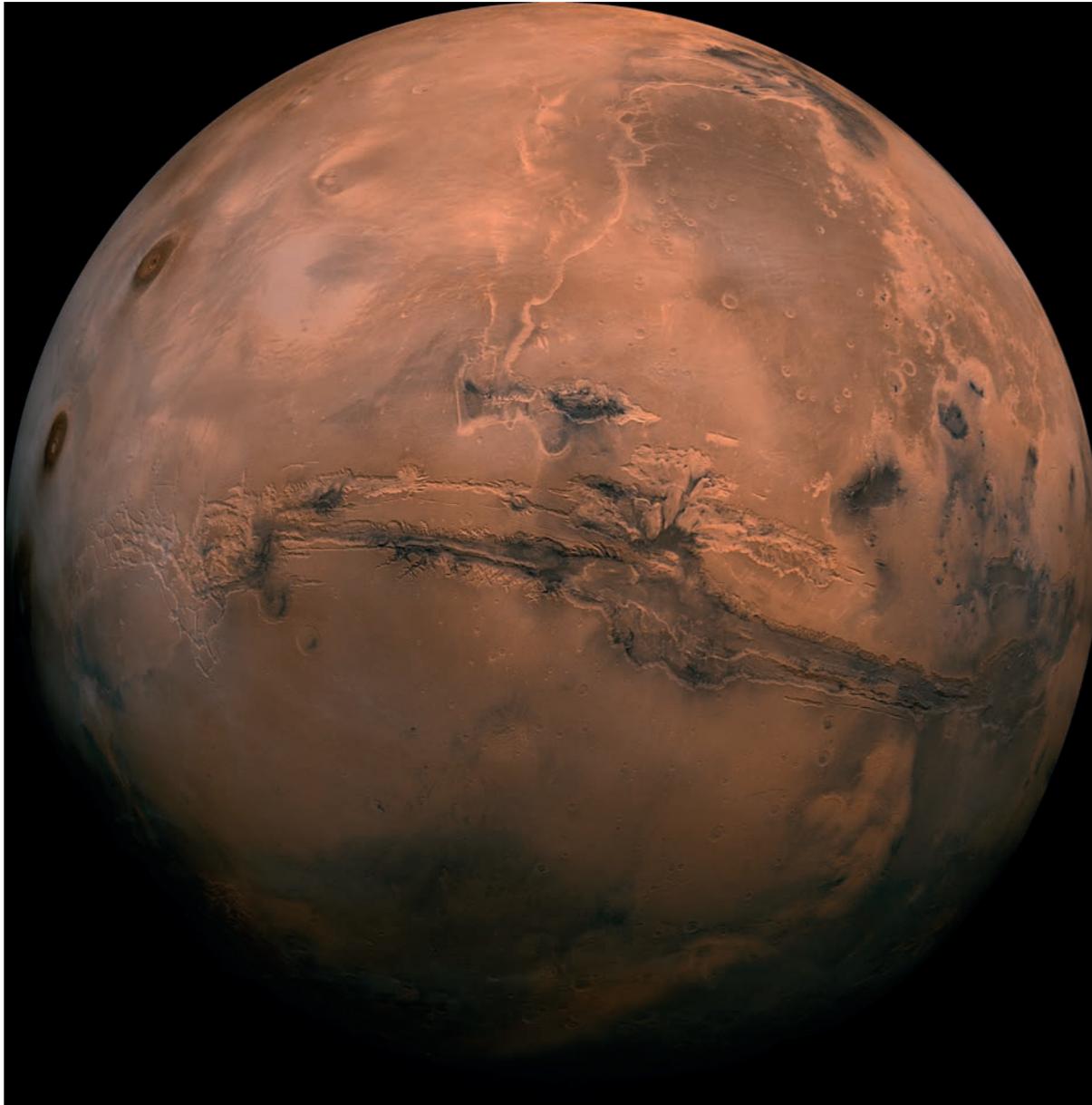


Foto 16:
Mars, der rote Planet

Foto: NASA/JPL-Caltech

Auf die übrigen Planeten umzuziehen, wird wohl eher schwierig werden: Auf dem Merkur ist es sehr heiß, da dieser sich so nahe an der Sonne befindet. Die restlichen vier Planeten (Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun) sind riesige Gas- und Eisgiganten, welche für uns zu schwer, kalt und gashaltig sind.

Es gäbe noch die Möglichkeit auf einen großen Mond umzuziehen, zum Beispiel auf den Titan (Foto 17) ; Titan ist der größte Mond des Saturns. Dieser besitzt erstaunlicherweise auch eine Atmosphäre mit Stickstoff. Stickstoff macht den größten Teil der Erdatmosphäre aus. Unter der Oberfläche des Titans wird eine Art Ozean vermutet.

Soviel zu unseren zukünftigen Umzugsmöglichkeiten innerhalb des Sonnensystems. Seit dem Jahr 1995 hat sich unser Wissen über Planeten erheblich erweitert, da in diesem Jahr erstmals ein Planet entdeckt wurde, der nicht um unsere Sonne kreist, sondern um einen anderen Stern mit Namen 51 pegasi b. Seither wurden schon tausende solcher sogenannten **Exoplaneten** (das kommt von „extrasolare Planeten“) entdeckt und es kommen ständig neue hinzu.



Die meisten wurden dadurch entdeckt, dass diese Planeten vor ihrem Stern vorbeifliegen und dadurch das Licht des Sterns für einige Zeit leicht verdunkelt wird. Insbesondere der von Menschen gebaute Satellit Kepler hat auf diese Art schon mehr als tausend neue Planeten entdeckt. Viele von diesen sind etwa so groß wie Venus, Mars oder die Erde, doch zahlreiche sind auch größer und manche sogar noch größer als Jupiter.

Diese Entdeckungen lassen erahnen, dass es sogar mehr Planeten als Sterne gibt. Unser Universum beinhaltet demnach viele Milliarden von Milliarden von Planeten!

In den nächsten Jahren werden wir immer mehr über diese neuen Planeten erfahren, da neue Teleskope gebaut werden, um etwa herauszufinden, ob einige Exoplaneten auch Atmosphären haben und ob es auf diesen Planeten auch Wasser gibt.

Leider können wir keine Satelliten zu diesen Planeten schicken: Auch die Exoplaneten, die uns am nächsten sind, sind doch so weit entfernt, dass unsere derzeit schnellsten Raketen hunderttausend Jahre bräuchten, um dorthin zu fliegen. Zurzeit müssen wir uns also auf unsere Teleskope verlassen.

Die spannendste Frage ist wohl die, ob es auf einem solchen Exoplaneten auch Leben gibt. Wir kennen nur das Leben auf unserer Erde und wir wissen nicht genau, wie es zustande gekommen ist. Wie ist es passiert, dass aus Wasser und einigen weiteren chemischen Substanzen auf einmal Leben entstand?

Sobald Leben da war, hat es sich auf der Erde verbreitet und weiterentwickelt. Doch wie fing es an? Da wir dies nicht wissen, wissen wir auch nicht, ob es wahrscheinlich oder unwahrscheinlich ist, dass es auf anderen Planeten auch Leben geben könnte. Ganz einfach kann es jedenfalls nicht sein - auf den anderen Planeten in unserem Sonnensystem scheinen ja keine Lebewesen zu wohnen. Doch wenn wir jetzt tausende von Exoplaneten beobachten - wer weiß, vielleicht werden wir irgendwann Zeichen von außerirdischem Leben sehen ...

EXoplaneten



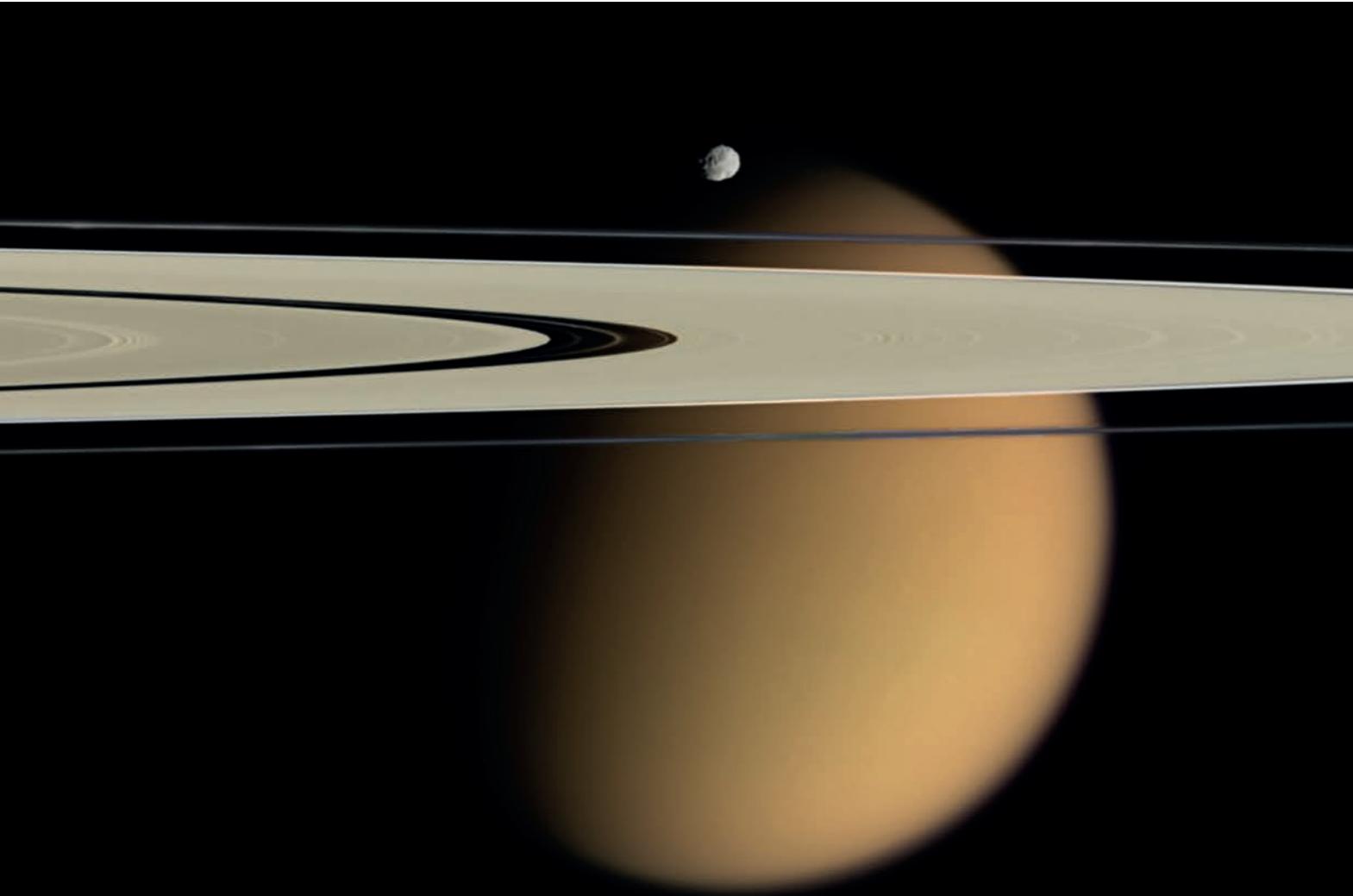


Foto 17:
Titan, der größte Mond Saturns (hier hinter Saturns Ringen und dem kleinen Mond Epimetheus zu sehen),
besitzt auch eine Atmosphäre.

Foto: NASA/Cassini

Falls es Leben auf einem anderen Planeten geben sollte, stellen sich viele weitere Fragen. Inwiefern ist dieses Leben anders als das auf der Erde? Benötigt es Wasser? Benötigt es auch Sauerstoff? Beruht dessen Entwicklung auch auf Artenvielfalt und dem Kampf ums Überleben? Pflanzte es sich fort, und falls ja, werden alle Informationen über eine Art Erbgut wie unser DNS übertragen? Auf der Erde hat es sehr lange gedauert, bis es Menschen gab (es dauerte mehr als vier Milliarden Jahre).

Wenn es also Leben auf anderen Planeten gibt, ist dieses Leben womöglich deutlich weniger oder deutlich weiter entwickelt als hier. Menschenähnliche Außerirdische gibt es demnach wohl kaum. Jedenfalls scheint es keine „Exolebewesen“ zu geben, die uns so weit voraus sind, dass sie uns schon hätten besuchen können.



Vielleicht werden unsere Nachfahren einmal riesige Raumschiffe bauen (oder sogar kleine Monde in Raumschiffe umbauen), um so zu Exoplaneten zu gelangen, sie zu erforschen und vielleicht sogar zu bewohnen.

In der Zwischenzeit erforschen wir weiterhin das All von unserem gemeinsamen Raumschiff, der Erde, aus. Es ist erstaunlich, wie viel die Menschen schon über unser Universum herausfinden konnten, durch viele Beobachtungen und viel Denken. Doch nach all diesen Entdeckungen und Erforschungen ist es immer noch klar, und wahrscheinlich sogar immer klarer, dass von allen Planeten, die bisher bekannt sind, der bislang außergewöhnlichste unsere Erde ist!

Foto 18:
Die Erde.

Foto: NASA/NOAA GOES



Anhang 1

GLOSSAR

Astronaut

Seite 7

Amerikanische Bezeichnung für jemanden, der mit einer Rakete ins All fliegt

Astronom

Seite 14, 26

jemand, der die Sterne, Planeten und Galaxien erforscht

Atmosphäre

Seite 44, 48

so nennt man die Gase, die dicht an einem Planeten (oder Mond) herumschweben und von der Anziehungskraft des Planeten festgehalten werden

Atom

Seite 31, 36

der kleinste Bestandteil von einem Element (z.B. ist das kleinstmögliche Stück Sauerstoff ein Sauerstoffatom, das kleinstmögliche Stück Gold ein Goldatom)

Billion

Seite 28

tausend Milliarden oder eine Million Millionen

Elementarteilchen

Seite 31

ein Teilchen, das man nicht weiter zerteilen kann (z.B. ein Elektron)





Erdkruste

Seite 7

der äußere Teil der Erde, da wo sich die Ozeane und Kontinente befinden

Exoplanet

Seite 47, 48, 49

ein Planet, der nicht um unsere Sonne, sondern um einen anderen Stern dreht

Galaktische Kollision

Seite 21

wenn zwei Galaxien aufeinander prallen

Galaxie

Seite 17, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 33, 35, 37

eine große Ansammlung von Sternen (oft über 100 Milliarden Sterne) und Gasnebel, die durch ihre gegenseitige Anziehungskraft verbunden sind

Gasnebel

Seite 17

eine Art Wolke aus Gas (oft bestehend aus Wasserstoff, Helium, Stickstoff), die im All schwebt

Gravitationskraft

Seite 8, 26, 35, 36

die Anziehungskraft, die alle Objekte durch ihre Masse (und auch ihre Energie) erzeugen

Kernreaktion

Seite 36

wenn entweder zwei kleine Atomkerne miteinander verschmelzen oder wenn ein großer Atomkern sich in zwei oder mehrere Stücke spaltet

Kosmische Hintergrundstrahlung

Seite 31, 33

das Licht, das aus den Urzeiten des Universums stammt

Kosmologie

Seite 25

die Erforschung des gesamten Universums

Kosmologe

Seite 33

jemand, der das gesamte Universum erforscht

Kosmonaut

Seite 7

russische Bezeichnung für jemanden, der mit einer Rakete ins All fliegt

Lichtgeschwindigkeit

Seite 28

das Licht fliegt immer mit derselben Geschwindigkeit, nämlich mit „Lichtgeschwindigkeit“. Diese Geschwindigkeit ist sehr groß, etwa 300'000 km pro Sekunde

Magma

Seite 7

das geschmolzene Gestein in der tiefen Erdkruste oder im Erdmantel. Magma kann durch Vulkane in Form von flüssiger Lava auf die Erdoberfläche gelangen





Masse

Seite 10

jedes Objekt hat eine Masse, die bestimmt, wie schwer es ist, dieses Objekt zu bewegen. Die Masse bestimmt auch, wie stark dieses Objekt auf Gravitationskräfte reagiert und wie stark es selbst solche Gravitationskräfte verursacht.

Man sollte Masse nicht mit Gewicht verwechseln: Auf dem Mond hast du immer noch dieselbe Masse als auf der Erde, aber nur ein Sechstel deines Gewichts

Milchstraße

Seite 16, 17, 19

unsere Galaxie, in der sich auch unser Sonnensystem befindet. Alle Sterne, die wir mit bloßen Augen am Nachthimmel sehen, gehören zur Milchstraße

Mond

Seite 8, 28, 47

ein kleiner Himmelskörper, der um einen Planeten kreist

Planet

Seite 10, 35, 43, 44, 47, 48

ein Himmelskörper, der um einen Stern kreist, nicht von selbst leuchtet (also nicht selbst ein Stern ist) und groß genug ist, um eine kugelartige Form zu besitzen

Relativitätstheorie

Seite 25

dies ist unsere beste Beschreibung von Raum, Zeit und Materie. Die Relativitätstheorie beschreibt, wie Objekte durch ihre Masse und ihre Energie den Raum und die Zeit ändern, und auch wie sich alle Objekte dann in dieser „gekrümmten“ Raumzeit bewegen. Sie ist unsere genaueste Theorie um, z.B. Planetenbahnen zu beschreiben und zu erklären wie Galaxien sich bewegen und das ganze Universum sich ausdehnt

Sonnensystem

Seite 44, 47, 49

Sammelbegriff für alles, was sich im direkten Einflussgebiet unserer Sonne befindet. Damit meint man also, außer der Sonne selbst, die gängigen Planeten (Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun) mit ihren Monden, die Zwergplaneten (wie Pluto und Sedna), sowie Asteroiden und Kometen, welche Umlaufbahnen um die Sonne haben





Spiralgalaxie

Seite 17, 19

eine Ansammlung von sehr vielen Sternen (oft über hundert Milliarden Sterne), welche sehr flach ist und eine spiralförmige Form hat. Solche Galaxien drehen sich langsam um sich selbst, oft brauchen sie mehr als hundert Millionen Jahre für eine Umdrehung

Stern

Seite 12, 33, 35

ein Himmelskörper, der von selbst leuchtet, so wie die Sonne

Supernova

Seite 39

die Explosion eines sehr großen Sterns

Universum

Seite 25, 26, 33, 48, 52

umfasst alles, was es gibt.
Du bist auch ein Teil des Universums!

Urknall

Seite 26, 27, 31, 33

der Zeitpunkt vor 13,8 Milliarden Jahren, als das Universum sehr dicht und sehr heiß war

Wasserstoff

Seite 31

das leichteste Element mit dem kleinsten Atomkern (bestehend aus nur einem Proton). Wasserstoff und Sauerstoff zusammen bilden Wasser.



Unsere Partner



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Éducation nationale,
de l'Enfance et de la Jeunesse

da Vinci
ASSOCIATION OF

ENGINEERS
ARCHITECTS
SCIENTISTS
INDUSTRIALS



LUXEMBOURG
SPACE AGENCY

