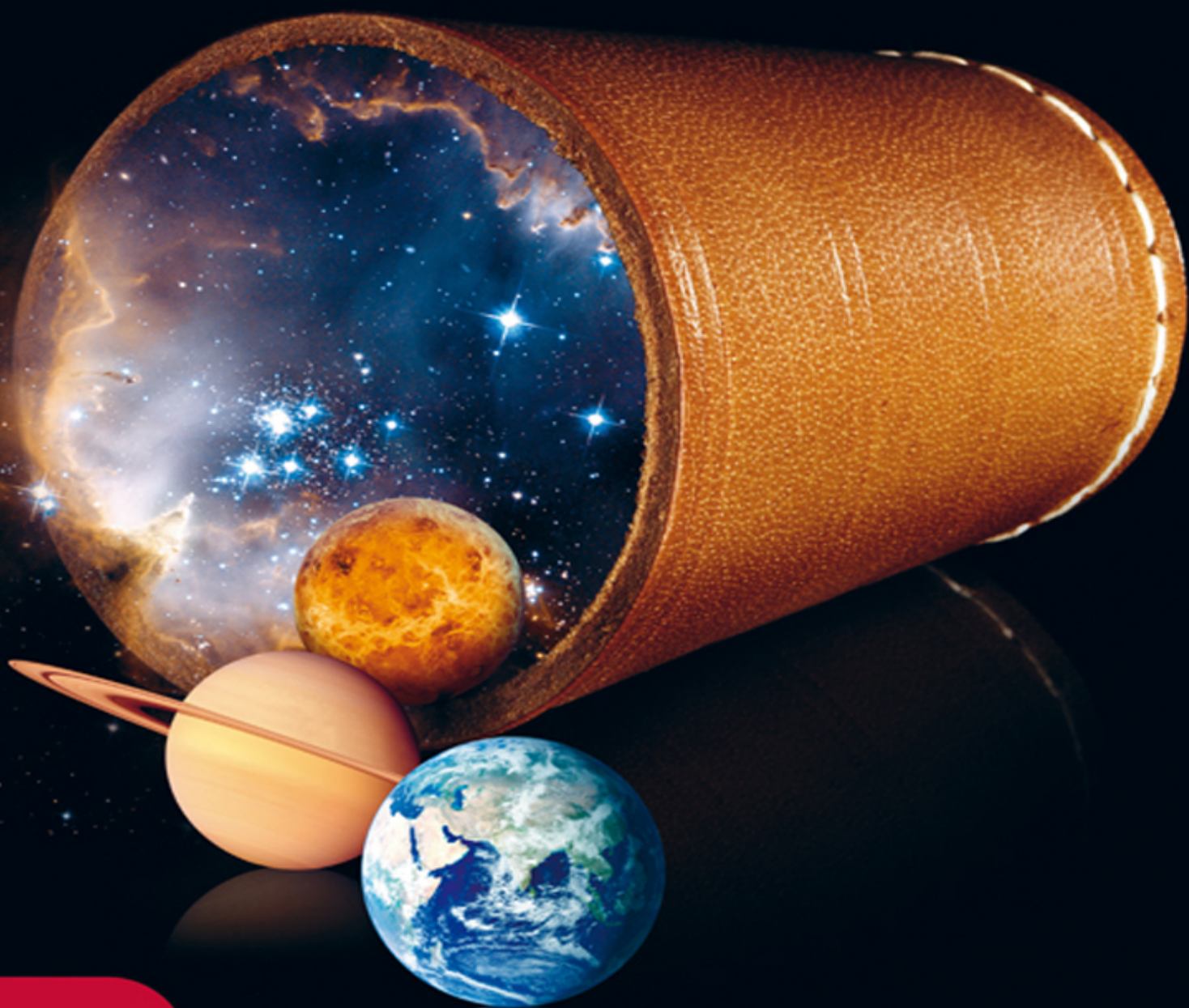


Heinz Oberhummer

KANN DAS ALLES ZUFALL SEIN?

Geheimnisvolles Universum



ecoxin

Heinz Oberhummer
KANN DAS ALLES ZUFALL SEIN?

Heinz Oberhummer

KANN DAS ALLES ZUFALL SEIN?

Geheimnisvolles Universum

6. Auflage



Heinz Oberhummer
Kann das alles Zufall sein?
Geheimnisvolles Universum
Salzburg: Ecowin Verlag GmbH, 2008
ISBN: 978-3-7110-5049-6

Unsere Web-Adressen:

www.ecowin.at

www.oberhummer.at/universum

Alle Rechte vorbehalten
Lektorat: Arnold Klaffenböck
Cover: www.kratkys.net
Illustrationen: Thomas Wizany
Copyright © 2008 by Ecowin Verlag GmbH, Salzburg
Gesamtherstellung: Druckerei Theiss GmbH, A-9431 St. Stefan, www.theiss.at
Printed in Austria

Inhalt

Einleitung

Von der Erde zum Multiversum

Sonne, Sterne, Planeten und Monde: Lichter am Himmel

Kometen und Asteroiden: Gefahr aus dem All

Galaxien, Galaxiengruppen und Galaxienhaufen: Myriaden von Sternen

Dunkle Materie: Dominant, aber unverstanden

Universum: Bis in die Unendlichkeit

Von Ewigkeit zu Ewigkeit

Der Ursprung: Wie unser Universum entstand

Die Galaxienflucht: Das Universum expandiert

Kosmische Hintergrundstrahlung: Eine Botschaft vom Urknall

Der Urknall: Was hat geknallt?

Quantengravitation: Was war vor dem Urknall?

Dunkle Energie: Ein kosmisches Rätsel

Eine kurze illustrierte Reise durch das Universum

Das Leben der Sterne

Die Entstehung der Elemente: Wir alle sind Sternenstaub

Das lange Leben der Sterne: Vom Protostern zur Supernova

Ist da jemand?

Raumschiff Erde: Unsere Heimat

Astrobiologie: Von Spekulationen zur Wissenschaft

Gibt es Leben außerhalb der Erde?

Kann das alles Zufall sein?

Können wir das Universum erklären?

Ein lebensfreundlicher Kosmos?

Maßarbeit oder Zufall?

Nachwort

Abbildungsnachweis

Stichwortverzeichnis

Einleitung

Ich bin in Obertauern aufgewachsen, einem Ort in den Bergen von Salzburg, wo der Winter zumindest von November bis Mai dauert. Mein Vater war dort als Volksschullehrer tätig und unterrichtete neben den anderen Schülerinnen und Schülern auch meinen Bruder und mich. Er hatte übrigens den imposanten Titel „Oberlehrer Oberhummer aus Obertauern“. Die gesamte Schule bestand neben dem Lehrer, der eben mein Vater war, nur aus insgesamt acht Schülerinnen und Schülern. Man konnte in einem Zeitungsartikel über diese damals kleinste und höchstgelegene Schule Österreichs lesen, dass 25 Prozent der Schülerinnen und Schüler der Lehrer selbst stellt. Das war auch wichtig, denn sonst wäre die Schule aus Mangel an zu Unterrichtenden einfach aufgelöst worden.

Zu dieser Zeit war Obertauern noch nicht vom Fremdenverkehr überrannt und man konnte noch einen ungetrübten Blick auf den nächtlichen Sternenhimmel werfen. Heute ist er, vor allem im Winter, von Lichtquellen unterschiedlichster Art – Straßenbeleuchtung, Outdoor-Laser, Leuchtreklame von Hotels, Restaurants, Bars und Diskotheken – überdeckt und für astronomische Beobachtungen nicht mehr geeignet. Ich lebe inzwischen im tiefsten Dunkelsteinerwald, in einem winzigen Ort mit nur drei Höfen und zwölf Einwohnern, und kann den Sternenhimmel ohne Lichtverschmutzung wieder ungestört genießen.

Schon als Kind fragte ich mich, beim Betrachten der Sterne, ob die vielen Lichtpunkte da oben wohl eine Bedeutung für uns haben könnten. Ich wusste damals schon, dass die Sterne sehr weit weg sind, und konnte mir beim besten Willen nicht vorstellen, dass diese irgendeine Relevanz für uns haben könnten, wobei ich hier aus guten Gründen die pseudowissenschaftliche Astrologie ausschließe.

Meine Freude war groß, als ich als Zehnjähriger einen Sternatlas zu Weihnachten geschenkt erhielt und mit dessen Hilfe erstmals gezielt die Lichtpunkte am nächtlichen Himmel beobachten konnte. Dieser Atlas schien mir vom Himmel geschickt, denn damit bekamen nun die einzelnen Sternbilder, die Sterne und Planeten am Himmel auch endlich Namen für mich. Jedoch ließ mein Interesse an der Beobachtung des Himmels in den folgenden Jahren nach, weil für mich auf einmal andere, grundlegendere

Fragen von größerer Bedeutung waren. Warum leuchten die Sterne? Waren sie immer schon da? Wie weit sind sie entfernt? Was unterscheidet die Sonne und den Mond von den Sternen? Woraus besteht das helle Band der Milchstraße? Wie weit reicht der Himmel hinaus? Heute wissen wir ungleich mehr über das Universum als zu meiner Kindheit. Ich werde dieses Wissen, das wir teilweise sogar erst in letzter Zeit erlangt haben, in diesem Buch vor Ihnen ausbreiten.

Meine Neugierde als Kind hatte sich, ohne dass mir das damals natürlich klar war, von astronomischen zu astrophysikalischen und kosmologischen Fragestellungen gewandelt. Was ist denn nun der Unterschied zwischen diesen wissenschaftlichen Gebieten oder anders ausgedrückt einem Astronomen, Astrophysiker oder Kosmologen? Jeder weiß, was ein Astronom ist. Nun, ein Astronom – im Volksmund auch Sterngucker genannt – beobachtet den Himmel. Genauer gesagt beobachtet er das Weltall, das Universum oder den Kosmos, wobei diese drei Begriffe dieselbe Bedeutung haben. Während also die Astronomen das Universum beobachten, versuchen auf der anderen Seite Astrophysiker oder Kosmologen dieses zu erklären. Astrophysiker beschränken sich dabei auf einzelne Teilgebiete des Universums, wie zum Beispiel die Erforschung der Sterne, während Kosmologen die Eigenschaften des Universums als Ganzes zu verstehen versuchen.

Meine wissenschaftliche Tätigkeit hat sich später hauptsächlich auf den Bereich der „Nuklearen Astrophysik“ konzentriert. Dieses Wissenschaftsgebiet kann man vereinfachend auch als „Kerne und Sterne“ bezeichnen. Das Faszinierende daran ist, dass offensichtlich die riesigen Himmelsobjekte, wie die Sonne oder die Sterne in unserem Universum, mit den winzigen Objekten, den Atomkernen, auf das Engste zusammenhängen. Wie das? Auf der einen Seite erzeugt nämlich das Verschmelzen von Atomkernen in der Sonne und den Sternen die notwendige Energie, sodass die Sonne scheint und die Sterne leuchten. Auf der anderen Seite – und noch viel aufregender und faszinierender – werden in den Sternen alle notwendigen Atomkerne und Elemente erzeugt, die das Leben im Universum überhaupt erst ermöglichen.

Noch ein Hinweis: Falls Sie etwas nicht gleich verstehen und es Ihnen nicht anschaulich ist, lesen Sie trotzdem weiter. Das Buch ist so geschrieben, dass Sie, geneigte Leserinnen und Leser, jederzeit wieder voll einsteigen können, auch wenn Sie bei manchen Passagen vielleicht nicht alles so ganz

verstanden haben sollten. Am Ende eines jeden Kapitels gibt es eine aufgelockerte Zusammenfassung, wo die wesentlichen Inhalte noch einmal einfach und bündig dargestellt sind.

In der Mitte des Buches befinden sich Abbildungen, wo ich in den Bilderklärungen versucht habe, die Inhalte des Buches möglichst simpel und prägnant zusammenzufassen – also sozusagen eine kurze illustrierte Reise durch das Universum.

Möge Ihnen das Lesen dieses Buches genauso viel Spaß machen wie mir das Schreiben!

Heinz Oberhummer

Von der Erde zum Multiversum

Sonne, Sterne, Planeten und Monde: Lichter am Himmel

Es ist schwierig zu veranschaulichen, wie sich die sehr großen Dinge, wie Planeten, Sterne, Galaxien und Galaxienhaufen, im Vergleich zu der Größe von Gegenständen unseres Alltagslebens verhalten. Zum besseren Verständnis stellen wir uns einen Aufzug ganz besonderer Art vor, der kurz GOL (Größen-Ordnungs-Lift) genannt wird. Wir steigen in den GOL ein und betrachten die Anzeigetafel dieses Lifts (Abb. S. 13). Momentan leuchtet auf der Anzeigetafel die Null auf. Weiters findet man unter der Anzeigetafel des GOL noch einen Hinweis: „Achtung! Erstens: Wenn Sie mit diesem Lift eine Etage hinauffahren, werden Sie um einen Faktor zehn größer! Zweitens: Wenn Sie mit diesem Lift eine Etage hinunterfahren, werden Sie um einen Faktor zehn kleiner! Drittens: Wenn Sie wieder Ihre normale Größe bekommen wollen, drücken Sie die Null!“

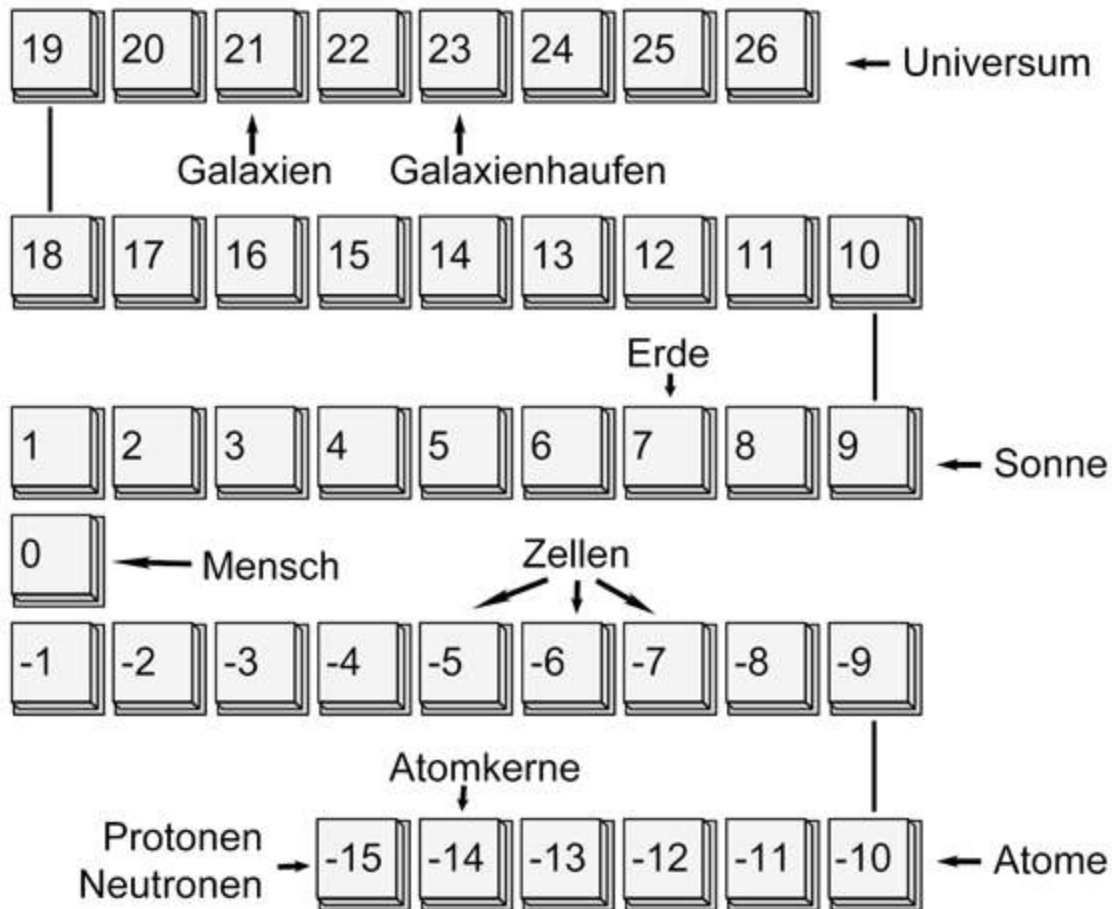
Wir betrachten im Folgenden nur Größenordnungen, das heißt, wir nehmen einmal an, dass wir genau einen Meter groß sind. Neugierig geworden, steigen Sie in den GOL ein und drücken auf den Knopf mit der Zahl 1. Wenn Sie dann aus dem GOL aussteigen, sind Sie wirklich zehn Meter groß. Die anderen Menschen reichen nur mehr bis zu Ihrem Knöchel, und Bäume kommen Ihnen wie Sträucher vor. Drücken Sie nun den Knopf mit der Zahl 2, so sind Sie bereits hundert Meter groß und erreichen schon fast die Höhe des Wiener Stephansdoms mit 137 Metern. Ermutigt drücken Sie den Knopf mit der Zahl 4 und sind nun $10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10.000$ Meter groß. Sie sind jetzt größer als der höchste Berg der Erde, der Mount Everest (8.848 Meter). Wenn Sie den Knopf mit der Zahl 7 drücken, sind Sie $10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10$ Millionen Meter = 10.000 Kilometer groß. Sie erreichen damit fast den Durchmesser der Erde mit 12.735 Kilometern.

Die Knöpfe im GOL stellen, wie Sie schon bemerkt haben, die jeweiligen Zehnerpotenzen dar, um die wir größer werden. Sie können auch die Knöpfe mit den negativen Zahlen drücken, nun werden Sie jeweils um einen Faktor 10, 100, 1000 etc. kleiner. Wenn Sie zum Beispiel den Knopf mit der Zahl -2

drücken, sind Sie nur mehr ein Hundertstel so groß als ursprünglich und gerade mal so groß wie ein Fingernagel. Mithilfe des GOL können wir abschätzen und veranschaulichen, wie groß die Objekte im Universum sind, mit denen wir es in diesem Buch zu tun haben.

Die Längeneinheit, welche Astronomen verwenden, um die unvorstellbaren Entfernungen im Universum auszudrücken, ist das Lichtjahr. Das klingt zunächst so, als handle es sich um eine Zeitdauer. Mit dem Wort Lichtjahr ist jedoch eine Entfernung gemeint, nämlich die Strecke, die das Licht in einem Jahr zurücklegt. Ein Lichtjahr stellt also keine Zeiteinheit, sondern eine Längeneinheit dar. Jedermann weiß, was gemeint ist, wenn man sagt: „Salzburg liegt von Wien drei Autostunden entfernt.“ Eine Autostunde ist in diesem Fall keine Zeitdauer, sondern die Entfernung, die das Auto in einer Stunde zurücklegt.

Die Astronomen verwenden, um die riesigen Entfernungen im Universum beschreiben zu können, statt des Autos das wesentlich schnellere Licht. Eine Lichtstunde sind etwa 10.000.000 Autostunden. Das Licht legt ja in nur einer einzigen Sekunde bereits 300.000 Kilometer zurück. Ein Lichtjahr ist dann die enorme Strecke, die das Licht in einem Jahr zurücklegt. Analog zum Lichtjahr sind die Einheiten Lichtsekunde, Lichtminute, Lichtstunde die Strecken, die das Licht in einer Sekunde, Minute beziehungsweise in einer Stunde zurücklegt. Nur etwa zwei Hundertstel Sekunden braucht das Licht von New York nach Wien, vom Mond zur Erde braucht das Licht etwas mehr als eine Sekunde, und von der Sonne zur Erde bereits acht Minuten. Wenn wir uns mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegen würden, könnte jede Hausfrau vor dem Mittagessen sagen: „Warte noch ein bisschen, ich muss zum Nachbarplaneten Venus, um die Suppe zu wärmen, bin aber in vier Minuten wieder zurück!“



Die Anzeigetafel des Größenordnungslifts (GOL)

Zu unserem Sonnensystem gehören die Sonne und die acht um die Sonne kreisenden Planeten (Abb. 1). Weiters befinden sich im Sonnensystem noch die um die Planeten kreisenden Monde und zahlreiche weitere kleinere Himmelskörper, wie Asteroiden und Kometen. Das Zentrum unseres Sonnensystems ist die Sonne. Sie ist auch nur ein Stern unter vielen und erscheint uns nur deshalb so viel größer, weil sie so viel näher liegt als alle anderen Sterne. Sie ist von der Erde nur acht Lichtminuten entfernt, während der nächstgelegene Stern zur Erde mit dem Namen Proxima Centauri schon etwa vier Lichtjahre entfernt ist. Kein Wunder, dass Proxima Centauri und die anderen Sterne, die alle noch wesentlich weiter entfernt sind, uns nur mehr als Lichtpunkte und nicht wie unsere Sonne als Scheibe am Himmel erscheinen.

Ein Stern ist ein extrem heißer Feuerball im Weltall. Fast alle Objekte am Nachthimmel, die wir mit freiem Auge wahrnehmen können, sind Sterne. Die Planeten in unserem Sonnensystem, der Mond, die Internationale

Raumstation ISS (International Space Station) und andere künstliche, von uns in eine Erdumlaufbahn geschossene Satelliten sind keine Sterne und trotzdem mit freiem Auge für uns sichtbar. Wir können sie sehen, obwohl sie nicht selbst leuchten. Warum? Sie werden von unserer Sonne angestrahlt und sind somit auch helle, sichtbare Himmelskörper.

Was ist nun der Unterschied zwischen der Sonne, den Sternen und den Planeten? Die Sonne und die Sterne sind extrem heiße Gasbälle, die ihre Energie durch das „nukleare Brennen“, das heißt durch das Verbrennen von Atomkernen in ihrem Inneren, gewinnen. Daher scheint die Sonne und leuchten die Sterne vom Himmel. Unter dem nuklearen Brennen darf man sich aber nicht so etwas wie die Wärmezeugung durch ein Lagerfeuer vorstellen. Vielmehr „verbrennen“ in Sternen die Atomkerne und erzeugen millionenfach mehr Energie und Wärme als bei den chemischen Verbrennungsvorgängen auf der Erde. Hingegen können Planeten keine Energie produzieren und von selbst leuchten, weil sie um vieles kleiner als die Sonne sind. Sie können somit auch nicht die notwendige Temperatur und Dichte in ihrem Inneren erreichen, damit das nukleare Brennen zünden kann.

Unsere Sonne ist ein gelb leuchtender Stern mittlerer Größe im Universum (Abb. 2). Sterne können bis ungefähr hundert Mal größer, aber auch hundert Mal kleiner als unsere Sonne sein. Die Sonne als unser Heimatstern hat vor allem deshalb eine so große Bedeutung für uns, weil sie das notwendige Licht und die Wärme für das Leben auf unserer Erde liefert. Ohne Sonne wäre es ewige Nacht auf unserer Erde, und die Temperatur würde ziemlich rasch bis fast zum absoluten Nullpunkt bei $-273,15$ Grad Celsius abkühlen. Leben könnte dann sicherlich nicht auf der Erde existieren.

Die acht Planeten, welche die Sonne umkreisen, sind nach römischen Göttern benannt. Sie heißen in der Reihenfolge ihres zunehmenden Abstands von der Sonne: Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun. Eine einfache Merkmalsregel für die Planetennamen lautet: **M**ein **V**ater **E**rklärt **M**ir **J**eden **S**onntag **U**nseren **N**achthimmel. Die Anfangsbuchstaben der Wörter in diesem Satz stimmen dabei mit denen der Planetennamen in der Reihenfolge ihres Abstands von der Sonne überein. Falls Sie sich noch dunkel erinnern, dass es doch einen neunten Planeten mit dem Namen Pluto gegeben hat, werde ich Ihnen nach der Vorstellung der Planeten später erzählen, warum denn Pluto seinen Planetenstatus verloren hat.

Jeder der Planeten bewegt sich auf einer eigenen Bahn um die Sonne. Die Planeten können ihre Umlaufbahn nicht verlassen, weil die Anziehungskraft der Sonne und die von der Sonne weggerichtete abstoßende Zentrifugalkraft einander genau die Waage halten. Die von Johannes Kepler bereits vor etwa 400 Jahren aufgestellten Gesetze beschreiben diese Bewegung der Planeten um die Sonne. Die Zeit, welche ein Planet für den Umlauf um die Sonne braucht, wird Jahr genannt. Die Länge des Jahres ist für jeden Planeten anders. Ein Erdjahr dauert ungefähr 365 Erdtage. Für die näher an der Sonne befindlichen Planeten ist das Jahr wesentlich kürzer, während es für die äußeren Planeten wesentlich länger ist. So schwankt ein Jahr zwischen etwa 0,24 Erdjahren für den Merkur und 165,5 Erdjahren für den Neptun.

Alle Planeten haben eine annähernd kugelartige Form. Die acht Planeten unseres Sonnensystems werden in zwei Gruppen unterteilt: die vier inneren Planeten Merkur, Venus, Erde und Mars sowie die vier äußeren Planeten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun. Die vier inneren Planeten sind erdähnliche Planeten, das heißt, sie haben eine feste Oberfläche wie die Erde. Die vier äußeren Planeten werden als jupiterähnlich bezeichnet, da sie wie der Planet Jupiter weitaus größer als die Erde sind und hauptsächlich aus Gas bestehen. Der Jupiter hat dabei nicht umsonst den Namen der obersten Gottheit der Römer. Er ist bei Weitem der größte aller Planeten unseres Sonnensystems und verfügt über mehr Masse als alle anderen Planeten zusammen. Im Vergleich zur Sonne ist Jupiter trotzdem ein Winzling: Seine Masse beträgt etwa nur ein Tausendstel der Sonne.

Wir wollen nun eine kleine Reise zu den einzelnen Planeten unseres Sonnensystems vom innersten Planeten Merkur zum äußersten Planeten Neptun machen:

- Der *Merkur* ist der sonnennächste und der kleinste Planet des Sonnensystems (Abb. 3). Er ist wegen seiner Sonnennähe von der Erde aus nur schwer sichtbar. Am ehesten kann man ihn kurz nach Sonnenuntergang oder vor Sonnenaufgang knapp am Horizont sehen. Dieser Planet hat keine Lufthülle. Ein Tag und eine Nacht sind aufgrund der langsamen Drehung des Merkurs um seine Achse mit 58 Erdentagen extrem lang. Am Merkur existieren wegen der fehlenden Lufthülle und der langsamen Drehung gewaltige Temperaturunterschiede. Am Tag steigt die Temperatur auf etwa +400 Grad Celsius, während sie in der Nacht auf -170 Grad Celsius absinkt. Die Oberfläche des Merkurs ist hügelig und

mit vielen Kratern bedeckt. Die größten Krater sind übrigens nach berühmten irdischen Künstlern benannt; so heißen zum Beispiel die fünf größten Krater am Merkur Beethoven, Dostojewski, Tolstoi, Goethe und Shakespeare.

- Die *Venus* hat fast die gleiche Größe wie die Erde (Abb. 4). Sie ist am besten morgens und abends sichtbar und wird daher auch Morgen- oder Abendstern genannt. Sie dreht sich nur sehr langsam um ihre Achse; ein Tag und eine Nacht dauern auf der Venus 110 Erdentage. Eine dicke Wolkenschicht verdeckt die Oberfläche. Sie besteht zu 96 Prozent aus Kohlendioxid und hat einen Luftdruck, der etwa 90 Mal größer ist als auf der Erde. In einer Höhe von 50 Kilometern oberhalb der Venusoberfläche befinden sich 20 Kilometer dicke Schwefelsäurewolken, die eine direkte Sonnenbestrahlung auf die Venusoberfläche verhindern. Der hohe Kohlendioxidanteil führt zusammen mit dem hohen Luftdruck trotzdem zu einem extremen Treibhausklima. So beträgt die mittlere Temperatur auf der Venusoberfläche fast 500 Grad Celsius, wobei es dort durch diesen Treibhauseffekt sogar noch heißer ist als am Merkur. Die Venus ist fürwahr ein unwirtlicher und lebensfeindlicher Planet.
- Die *Erde* ist der größte der vier inneren Planeten (Abb. 5). Sie wird auch der Blaue Planet genannt, weil sie vom Weltraum aus gesehen blau mit einzelnen weißen Wolkenformationen erscheint. Diese Blaufärbung ist auf das Wasser der irdischen Ozeane zurückzuführen. Immerhin sind 71 Prozent der Erdoberfläche mit Wasser bedeckt. Die Erde ist der einzige uns bisher bekannte Himmelskörper im Universum, der Leben beherbergt.
- Der *Mars* ist etwa halb so groß wie die Erde und am erdähnlichsten (Abb. 6). Er wurde wegen seiner rötlichen Farbe nach dem römischen Kriegsgott Mars benannt. Die Färbung selbst verdankt er dem Eisenoxid-Staub. Die Oberfläche des Mars rostet also langsam vor sich hin. Um den Mars rankten sich schon früh alle möglichen Gerüchte. Man glaubte auf dem Mars Kanäle zu sehen, die von intelligenten Lebewesen gebaut worden sein sollen. Heute weiß man, dass die Kanäle eine optische Täuschung waren. Der Mars ist schon seit langer Zeit ein Wüstenplanet. Aufgrund der zum Mars geschickten Missionen wissen wir aber, dass zum Beispiel durch das Vorhandensein von ausgetrockneten Flusstälern auf diesem Planeten vor Milliarden Jahren reichlich flüssiges Wasser vorhanden gewesen sein muss. Das Verblüffende ist, dass sich heute auf der Marsoberfläche kaum mehr Wasser befindet. Man hat aber im Jahr 2005

durch eine Marsmission erstmals Wasser unterhalb der Oberfläche gefunden. Diese im Boden eingelagerten Wassereissschichten reichen bis in etwa eine Tiefe von vier Kilometern und bedecken eine Fläche, die etwa der Größe Europas entspricht. Das würde ausreichen, um die gesamte Marsoberfläche mit einer elf Meter tiefen Wasserschicht zu bedecken. Der Luftdruck am Mars ist nur etwa ein Prozent so groß wie auf der Erde, was dazu führt, dass am Mars wesentlich größere Temperaturunterschiede als auf der Erde auftreten. Sie liegen zwischen -85 Grad Celsius in der Nacht und $+20$ Grad Celsius am Tag. Täler und Gräben, bedeckt mit Sand und Geröll, wechseln auf dem Mars mit hohen Bergen, teilweise Vulkanen, ab. Auf dem Mars befindet sich auch der höchste Berg unseres Sonnensystems, der Olympus Mons, der über 26 Kilometer aufragt. Damit ist er etwa drei Mal so hoch wie der höchste Berg der Erde, der Mount Everest.

- Der *Jupiter* ist der größte Planet und macht seinem Namen als oberste Gottheit der Römer alle Ehre (Abb. 7). Er hat nämlich 2,5 Mal mehr Masse als die anderen Planeten zusammen. Jupiter ist nach Sonne, Erdmond und Venus von der Erde aus gesehen das vierthellste Objekt am Himmel. Jupiter hat keine feste Oberfläche, sondern ist wie auch die anderen äußeren Planeten Saturn, Uranus und Neptun ein gigantischer Gasball, der eventuell im Zentrum einen Kern aus Gestein und Eis besitzt. Ihn bedeckt eine farbige, undurchsichtige Schicht aus Gasen und Wasserstoff. In tieferen Schichten wird der Wasserstoff aufgrund des hohen Drucks flüssig und ganz im Inneren sogar fest. Trotz seiner Größe ist Jupiter in unserem Sonnensystem der Planet, der sich am schnellsten dreht und dessen Tag mit zehn Stunden am kürzesten ist. Aus diesem Grund bewegen sich rot, weiß und braun gefärbte Wolkengürtel mit Hunderten Stundenkilometern am Jupiter. Zwischen diesen Wolkengürteln existieren Verwirbelungen, darunter auch der berühmte Große Rote Fleck, ein Wirbelsturm, in dem Windgeschwindigkeiten von über 400 Stundenkilometern erreicht werden. Die Ausdehnung dieses Wirbelsturms ist so gigantisch, dass die gesamte Erde darin Platz hätte (Abb. 7).
- Der *Saturn* gewinnt wegen seines Ringsystems wohl den Schönheitspreis aller Planeten (Abb. 8). Er besteht aus Gas, ähnlich dem Jupiter, dessen kleinerer Bruder er ist. Das Ringsystem des Saturns setzt sich aus mehreren Teilen, die durch leere Zwischenräume getrennt sind, zusammen. Diese Aufspaltung wird wahrscheinlich durch die zahlreichen

Monde des Saturns bewirkt. Die Ringe erstrecken sich bis zu 100.000 Kilometer außerhalb der Saturnoberfläche, sind aber nur etwa einen Kilometer dick. Sie entstehen dadurch, dass sich dort verschiedene Körper unterschiedlicher Größen, die von Staubteilchen bis zu häusergroßen Gesteinsbrocken reichen, befinden. Man nimmt an, dass die Ringe Überreste eines auseinandergebrochenen Saturnmondes darstellen.

- Die beiden äußersten Planeten im Sonnensystem heißen *Uranus* (Abb. 9) und *Neptun* (Abb. 10). Sie bestehen ebenfalls aus Gas. Neptun ist mit Windgeschwindigkeiten von bis zu 2000 Stundenkilometern der stürmischste Planet in unserem Sonnensystem. Uranus ist mit freiem Auge von uns kaum mehr und Neptun gar nicht mehr wahrnehmbar.

Es wurde schon öfter von Astronomen behauptet, dass man einen weiteren Planeten entdeckt habe, jedoch haben sich alle diese Behauptungen als Falschmeldungen entpuppt. Im Jahr 2005 war es aber ernst. Man hatte einen Himmelskörper außerhalb der Plutobahn entdeckt, der etwas größer als der damals noch kleinste Planet Pluto war. Der inoffizielle provisorische Name dieses Himmelskörpers, der von den drei amerikanischen Entdeckern vorgeschlagen wurde, lautete „Xena“ nach der Kriegerprinzessin in der gleichnamigen Fernsehserie. Offensichtlich war einer der Mitentdecker ein Fan dieser Serie. Allerdings fanden einige eher traditionsbewusste und konservative Astronomen die Namensgebung eines Planeten nach einer Fernsehfigur nicht gerade amüsant.

Es ist dann eine hitzige Diskussion darüber entbrannt, ob dieser neue Himmelskörper auch als Planet anerkannt werden sollte oder ob man nicht besser dem kleinsten und äußersten der damals noch neun Planeten mit dem Namen Pluto den Planetenstatus aberkennen sollte. Pluto galt nämlich wegen mehrerer seiner Eigenschaften, wie zum Beispiel seiner Kleinheit und seiner ziemlich elliptischen Bahn um die Sonne, sowieso nicht als „typischer“ Planet. Die Entscheidung der 26. Generalversammlung der „Internationalen Astronomischen Union“ im August 2006 in Prag, zuständig für die Benennung von Himmelskörpern, wurde jedenfalls mit Spannung erwartet. Dieses Gremium beschloss aber ziemlich überraschend am 24. August 2006, dass Pluto als Planet ausgedient hat. Gemäß der etwas komplizierten Definition, die bei diesem Kongress beschlossen wurde, muss ein Planet drei Eigenschaften besitzen, um als Planet zu gelten. Erstens muss er sich um einen Stern bewegen, darf aber selbst kein Stern sein. Zweitens muss er groß

genug sein, dass die eigene Schwerkraft ihn zu einer Kugel formt und ihm nicht etwa die Gestalt einer Kartoffel gibt. Und drittens muss er genug Masse haben, um seine Umlaufbahn um die Sonne von kleineren Himmelskörpern freizuräumen. Das heißt, dass alle kleineren Felsbrocken auf der Bahn des Planeten um die Sonne durch die Gravitationskraft von ihm angezogen und schließlich durch den Planeten eingefangen werden. Gerade Letzteres trifft aber auf Pluto nicht zu. Nach dieser Definition war also Pluto auf einmal kein Planet mehr, sondern wurde zu einem „Zwergplaneten“ degradiert.

Die Entscheidung über diese neue Definition von Planeten ist jedoch umstritten. Besondere Gegner dieser Definition waren logischerweise die Amerikaner, da Pluto der einzige Planet war, der von einem Amerikaner, nämlich Clyde Tombaugh (1906–1997), im Jahr 1930 entdeckt wurde. Ein besonderer Feind der neuen Regelung ist auch Alan Stern, der Leiter der unbemannten Weltraummission „New Horizons“ zum Pluto, die 2006 von der Erde gestartet ist und 2015 den Pluto erreichen soll. Stern bezeichnet die Entscheidung, Pluto zu einem Zwergplaneten zu degradieren, als willkürlich. Insbesondere bemängelt er auch das Kriterium für einen Planeten, „dass ein Planet seine Nachbarschaft durch seine Gravitation von kleineren Himmelskörpern leer geräumt haben muss“. Obwohl Pluto noch wesentlich mehr kleine Himmelskörper entlang seiner Bahn hat, besitzt aber auch die Erde 10.000 erdnahe kleinere Himmelskörper. Jupiter hat sogar 100.000 solcher kleineren Objekte entlang seiner Bahn. Daher müsste laut Stern sogar Jupiter, der größte Planet des Sonnensystems, zu einem Zwergplaneten degradiert werden. Allerdings ist die Gesamtmasse aller kleinen Objekte entlang der Bahn eines Planeten verglichen mit der Masse des Planeten beim Pluto weitaus am kleinsten. Insofern ist die Entscheidung, Pluto nicht mehr als Planet anzuerkennen, doch gerechtfertigt.

Weiters waren bei der Abstimmung am letzten Tag des Kongresses nur mehr 428 Mitglieder der Internationalen Astronomischen Union anwesend, obwohl 2700 Astronomen am Kongress teilnahmen. Die Kongressteilnehmer machten aber wiederum nur vier Prozent der Gesamtanzahl der stimmberechtigten Mitglieder der Internationalen Astronomischen Union aus.

Das Ergebnis der Abstimmung, den bisherigen Planeten Pluto zum Zwergplaneten zu degradieren, kam auch für viele Astronomen überraschend. Es ist auch auf einen Putsch der „Dynamiker“ in der Internationalen Astronomischen Union, die sich mit der Bewegung und mit

Gravitationseffekten von Himmelskörpern beschäftigen, zurückzuführen. Diese waren nämlich bei den Beratungen im Vorfeld des Kongresses nicht kontaktiert worden und fühlten sich dadurch benachteiligt und beleidigt.

Inzwischen sind auch mehrere Initiativen unter Mitwirkung einiger renommierter Astronomen entstanden, um Pluto den Planetenstatus zurückzugeben. Es kann nicht vorausgesagt werden, ob diese Bestrebungen jemals von Erfolg gekrönt sein werden. Mike Brown (*1965), der Mitentdecker von Xena, war jedoch nicht unglücklich mit der Entscheidung in Prag. Obwohl Xena nicht in den Planetenstatus erhoben wurde, meinte der Entdecker, dass er in die Geschichte eingehen würde als „der Kerl, der Pluto umgebracht hat“. Nun ja, wer kann das schon von sich behaupten? Später hat der neue Zwergplanet, der zunächst „Xena“ genannt wurde, auch einen neuen offiziellen Namen erhalten. Er wurde „Eris“ genannt – nach der griechischen Göttin der Zwietracht und des Streits. Das ist wohl ein sehr treffender Name nach all dem Gezänk um diesen Himmelskörper. Meiner Ansicht nach sollte man aber nun mit der einmal getroffenen Entscheidung von acht Planeten leben. Eine „Reform der Reform“ ist wohl kaum vernünftig, weil sonst die Schulbücher gleich zwei Mal umgeschrieben werden müssten. Wir sollten es in dieser Beziehung nicht unseren Kollegen der Germanistik bei der Rechtschreibreform nachmachen ...

Ich habe diese Geschichte um den verloren gegangenen Planetenstatus des Pluto auch erzählt, um zu zeigen, dass sogar wissenschaftliche Entscheidungen mit nationalen und persönlichen Eitelkeiten und Befindlichkeiten zusammenhängen können. Die Bürokratie macht offensichtlich nicht einmal vor dem Himmel halt.

Der Erdmond ist der einzige natürliche Satellit, der sich in einer fast kreisförmigen Umlaufbahn um die Erde befindet (Abb. 11). Er umkreist die Erde in 27 Tagen, sieben Stunden und 43,7 Minuten. Man nimmt an, dass vor etwa 4,5 Milliarden Jahren, nur 100 bis 200 Millionen Jahre nach der Entstehung der Erde, ein Himmelskörper von der Größe des Mars mit der Erde kollidierte. Dabei wurde viel Materie, vorwiegend aus der Erdkruste und einem Teil des einschlagenden Körpers, in eine Erdumlaufbahn geschleudert, ballte sich dort aufgrund der Gravitationsanziehung der Bruchstücke zusammen und formte so schließlich den Mond. Die Oberfläche des Mondes ist nahezu vollständig von einer trockenen, aschgrauen Staubschicht bedeckt. Die Mondoberfläche zeigt Kettengebirge, Gräben und Rillen, flache Dome und große Ebenen. Bisher haben zwölf Astronauten den

Mond betreten. Ab 2020 sollen vier Astronauten 180 Tage lang auf dem Mond verweilen, und etwa ab 2024 soll eine permanent bemannte Mondbasis am Südpol des Mondes in Betrieb genommen werden.

Neben dem Erdmond gibt es noch Zehntausende von wesentlich kleineren künstlichen Satelliten, die von der Menschheit in eine Umlaufbahn gebracht wurden. Der größte künstliche Satellit, der mit 28.000 Stundenkilometern in 200 bis 300 Kilometern Höhe die Erde umrundet, ist die Internationale Raumstation ISS (International Space Station). Sie benötigt etwa eineinhalb Stunden für eine Erdumrundung. An einem klaren Abend kann man sie gut mit freiem Auge beobachten. Die ISS soll bei ihrem Endausbau im Jahr 2010 eine Masse von mehr als 400 Tonnen, eine Spannweite von 109 Metern, eine Länge von 98 Metern und eine Tiefe von 28 Metern haben – also eine Struktur, bestehend aus mehreren zusammengebauten Modulen etwa in der Größe eines Fußballfeldes.

Diese in internationaler Kooperation geplante und entstandene und seit dem Jahr 2000 immer besetzte Raumstation ist das größte zivile internationale Projekt der Menschheitsgeschichte. Die ersten zwölf Expeditionen zur ISS bestanden ausschließlich aus russischen und US-amerikanischen Raumfahrern. Mit der Ankunft von Thomas Reiter im Jahr 2006 auf der ISS trat erstmals ein europäischer Astronaut einen Langzeitaufenthalt an. Insgesamt haben mehr als 140 Personen die ISS besucht, davon absolvierten etwa 40 einen Langzeitaufenthalt von mehreren Monaten. Ein paar Besucher waren auch Weltraumtouristen, die sich für eine Summe von etwa 20 Millionen US-Dollar einen Flug gekauft haben und sich jeweils ungefähr eine Woche auf der Station aufhielten.

Der Erdmond und die ISS stellen auf jeden Fall unsere ersten Schritte auf dem Weg zum Planeten Mars dar. Doch welches Ziel auch die Raumfahrer im Weltall ansteuern werden, sie werden zunächst eine für Menschen unwirtliche und feindliche Umgebung vorfinden. Der Aufbau und die Einrichtung einer menschlichen Wohnstätte, sei es am Mond oder Mars, frei schwebend im Weltraum oder gar auf anderen Planeten, sind vom Aufwand her für Menschen eher abschreckend. Daher werden diese ersten Schritte zum Aufbau von Infrastrukturen auf außerirdischen Territorien immer von Sonden und Robotern durchgeführt. Diese könnten dann alles Notwendige errichten, sodass Menschen dort später landen und leben können.

Auch andere Planeten besitzen Monde, wie zum Beispiel der Mars. Zwei Trabanten mit den Namen „Phobos“ und „Deimos“ umkreisen ihn. Die