

Themenspecial: Astronomie

1. Bücher

Für Wissenschaftler....

"Der neue Kosmos" ist ein Standardwerk für alle, die sich mehr mit der Physik in der Astronomie beschäftigen wollen. Von der Himmelsmechanik bis zu Gravitationswellen wird so ziemlich alles behandelt. Alles wird durch recht viele Formeln ergänzt, wodurch das Buch über das populärwissenschaftliche Niveau hinaus geht. Fazit: Sehr zu empfehlen, wenn man ein bisschen tiefer in die Materie tauchen möchte.

Für Beobachter...

Wer nachts am Himmel mehr als die Sternbilder bestaunen möchte, dem sei der "Karkoschka" ans Herz gelegt. Der Atlas listet die wichtigsten Objekte von Nord- und Südhimmel auf, bietet sehr praktische Aufsuchkarten für alle und kurze Beschreibungen, damit man auch weiß, nach was man sucht. Die meisten Objekte sind auch schon in Feldstechern und kleineren Teleskopen zu beobachten, was sie gerade für Anfänger spannend macht. Mit Ausnahme von absoluten Deep-Sky-Freaks also ein "must have".

Für Träumer...

Die winzige Erde in den unendlichen Weiten des Universums... Carl Sagan vermittelt in "Blauer Punkt im All" genau dieses Gefühl. Es ist eine Reise durch unser Sonnensystem, aber auch eine Reise zu wissenschaftlichen Erkenntnissen. Teilweise etwas philosophisch und spekulativ, bleibt es aber doch am Leitfaden der Wissenschaft. Zusammen mit einigen wunderbaren Aufnahmen von der Welt um uns herum lädt das Buch zum Nachdenken und ein bisschen zum Träumen ein.

Für Science-Fiction-Fans...

Der Klassiker der Science-Fiction-Komödie: "Per Anhalter durch die Galaxis"; die Trilogie in fünf Bänden von Douglas Adams. Die Geschichte um Arthur Dent hat einen ganz eigenen Humor, ist recht chaotisch und total verrückt. Und doch versteht man die Welt nach dem Lesen ein bisschen besser als vorher. Eigentlich muss man nur eines sagen: 42. ;)

2. Dimensionen im Universum

In dem Buch "Per Anhalter durch die Galaxis" von Douglas Adams steht:

"Das Universum ist groß. Verdammt groß. Du kannst dir gar nicht vorstellen, wie gewaltig, ungeheuer, umwerfend groß es ist."

(original, engl.: "Spaces big. Really big. You just won't believe how vastly, hugely, mind-bogglingly big it is.")

Die Erde

Manchmal glaubt man, die Welt ist ein Dorf.

In Wahrheit ist unsere Welt – die Erde – aber doch um einiges größer. Ihr Umfang misst etwa 40.000 Kilometer, das entspricht ca. 50 mal der Nord-Süd-Ausdehnung Deutschlands. Ihr Volumen beträgt ca. 10^{24} Liter (eine Eins mit 24 Nullen), das ist knapp 850 mal soviel wie die gesamte Wassermenge auf der Erde.

Das Sonnensystem

Aber die Erde ist bei weitem nicht das größte Objekt in unserem Sonnensystem. Der größte Planet ist der Jupiter, in den die Erde fast 1.400 Mal hineinpasst. Noch viel größer ist die Sonne, in der sogar der Jupiter noch über 900 Mal Platz findet. Dabei gehört die Sonne aber

eher zu den Zwergsternen. Ein durchschnittlicher blauer Riese ist zehn bis 20 Mal größer, ein roter Riese wie Beteigeuze sogar über 650 Mal so groß. Aber auch in Sachen Entfernung hat das Sonnensystem einiges zu bieten. Fangen wir wieder klein an, bei unserer Erde. Sie zieht in einem Abstand von 150 Millionen Kilometern zur Sonne ihre Bahnen. Astronomen bezeichnen diese Entfernung als eine Astronomische Einheit. In zehn Astronomischen Einheiten von der Sonne finden wir den großen Ringplaneten Saturn. Hängen wir noch eine Null an, gelangen wir in die kalten Regionen des äußeren Kuiper-Gürtels, der Heimat der meisten Kometen. Noch weiter draußen, kurz vor dem interstellaren Raum, grenzt dann die Oort-Wolke unser Sonnensystem ab. Auf den Nachbarstern unserer Sonne, Proxima Centauri, treffen wir erst in 4,2 Lichtjahren Entfernung. Dabei ist ein Lichtjahr die Strecke, die das Licht in einem Jahr zurücklegt, also 9,5 Billionen Kilometer.

Die Galaxis

Sterne aller Art bilden zusammen Galaxien. Man findet dort 100 bis 300 Milliarden von ihnen, vom Zwerg bis zum Riese. Und im Universum finden sich wiederum Abermillionen Galaxien.

Wenn wir unsere Galaxis erkunden, finden sich eine Menge interessanter Ausflugsziele. Wenn man z.B. 50 Lichtjahre überwinden könnte, träfe man auf den ersten entdeckten Exoplaneten um den Stern 51 Pegasi, bei 380 Lichtjahren kann man einmal durch den Sternhaufen der Plejaden fliegen und nach 1.350 Lichtjahren befände man sich mitten in einem Sternentstehungsgebiet voller riesiger Gasnebel: dem Orion-Nebel. Auf das Zentrum unserer Milchstraße treffen wir dann in 26 000 Lichtjahren Entfernung. Insgesamt kommt unsere Galaxis auf einen Durchmesser von stolzen 100.000 Lichtjahren. Trotzdem ist sie damit nur galaktischer Durchschnitt.

Die galaktische Nachbarschaft

In einem Radius von 250.000 Lichtjahren um die Milchstraße befinden sich zwölf Zwerggalaxien, die unsere Galaxis begleiten. Im Umkreis von 5 Millionen Lichtjahren, dem Bereich der "Lokalen (Galaxien-)Gruppe", befinden sich insgesamt 49 Galaxien, darunter der Andromeda-Nebel in 2,5 Millionen Lichtjahren Entfernung von uns. Wir können sie in dunklen Nächten wunderbar am Himmel beobachten, trotz dieser gigantischen Entfernung. Man kann sich also vorstellen, welche Leutkraft sie wohl haben muss. Die Lokale Gruppe ist ein Galaxienhaufen, der wiederum Teil eines Superhaufens ist, des Virgo-Superhaufens. Solche Objekte beheimaten 100 bis 300 Galaxienhaufen und haben eine Ausdehnung von über 100 Millionen Lichtjahren. Diese Superhaufen bilden eine wabenartige Schwammstruktur im Universum. Man kann sich das wie riesige leere Blasen vorstellen, jeweils ungefähr 150 Millionen Lichtjahre dick, die von Wänden aus Galaxien-Superhaufen begrenzt werden.

Astronomische Zahlen

Bei diesen Zahlen kommt man aus dem Staunen nicht mehr heraus und man merkt eines: Die Astronomie ist eine Wissenschaft der Superlative.

Man bekommt es hier sehr schnell mit den sprichwörtlich astronomisch großen Zahlen zu tun. Sie einschätzen zu lernen und zu wissen, wie man diese Größen und Entfernungen gemessen hat, ist interessant und ein wichtiges Puzzlestück der Astronomie. Sich das alles vorstellen zu können, ist wohl unmöglich.

Um es noch einmal mit den Worten des Anhalters zu sagen:

Die Wahrheit ist, dass interstellare Entfernungen einfach nicht in die menschliche Vorstellungskraft passen.

(original, engl.: „The simple truth is that interstellar distances will not fit into the human imagination.“)

Links

- Atlas des Universums mit allen Größen- und Entfernungsverhältnissen, von den nächsten Sternen bis hin zu den Großstrukturen im Universum.
- Video zum Größenvergleich von Planeten und Sternen
- Alles über die Millenniumssimulation des Max-Planck-Instituts für Astrophysik (Garching)

3. Eine Geschichte der Revolutionen

- **Antike**
- **Kopernikanische Wende**
- **18./19. Jahrhundert**
- **20. Jahrhundert**

Antike

"Die Geschichte der Astronomie ist die Geschichte von sich weitenden Horizonten." - Edwin Hubble -

Die Astronomie ist wohl die älteste aller Wissenschaften. Schon sehr früh in der Geschichte der Menschheit beschäftigte man sich mit den Bewegungen von Sonne und Mond oder mit dem Stand von Sternen. Schon vor 5000 Jahren hatte man in China die erste Sternkarte in Stein und bei den Mayas zeichnete man die Beobachtung einer totalen Mondfinsternis auf. Die Ägypter führten das Sonnenjahr mit seinen 365 Tagen ein. Winter- und Sommersonnenwende waren im frühen Europa wichtige Ereignisse, davon zeugen die riesigen Steinbauten, von denen Stonehenge im südlichen England wohl am berühmtesten ist.

Die ersten nicht-mythischen Weltmodelle entstanden im alten Griechenland. Aristoteles postulierte ca. 360 Jahre v. Chr. ein geozentrisches Modell des Universums. Alles sollte sich also um die Erde drehen. Was die wenigsten wissen: Etwa 100 Jahre später war ein Mann namens Aristarch von Samos ganz anderer Meinung. Er entwarf ein erstes heliozentrisches Weltbild, was unserer modernen Auffassung gar nicht so unähnlich ist. Leider ging seine Lehre für's erste unter. Denn die 150 n. Chr. von Claudius Ptolomäus veröffentlichte "Almagest" sollte für die nächsten 1000 Jahre das Standardwerk für die Bewegungen am gestirnten Himmel werden. Darin war die Rede von Kugelschalen, die um die Erde herum angeordnet waren und von sogenannten Epizyklen, sehr komplizierten Bahnen der Planeten. Aber nur so konnte er die tatsächliche Bewegung am Himmel auch beschreiben. Weil gerade von Planeten die Rede war: Im damaligen Griechenland waren sie als "Wandelsterne" bekannt, weil sie sich vor dem Fixsternenhimmel bewegten. Damit waren sie etwas besonderes und wurden prompt nach Göttern benannt. Das hat sich auch bis heute durchgesetzt, nur dass wir heute die römischen Bezeichnungen der Götter benutzen. Man kannte damals übrigens viele "Wandelsterne": Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn, aber auch Sonne und Mond gehörten dazu, sowie Kometen, die man beobachtete. Bevor es

weiter in die Zukunft geht, seien noch einige wichtige Entdeckungen der Griechen erwähnt. Eratosthenes ermittelte zum Beispiel 240 v. Chr. zum ersten Mal den Erdumfang und lag dabei gar nicht so schlecht (ca. 39400km). Und dann war da noch Hipparch. Er entdeckte nicht nur die Präzession der Erde, sondern von ihm stammt auch die Skala für die Sternhelligkeiten, die wir heute noch benutzen. Wissen, das über 2000 Jahre aktuell geblieben ist. Das ist doch mal eine Leistung.

Kopernikanische Wende

Keplers Planetenbahnen

1543. Kopernikus veröffentlicht kurz vor seinem Tod das Werk "De revolutionibus orbium coelestium" (Vom Umlauf der Himmelskreise) und leitet damit die nach ihm benannte Wende in der Astronomie ein. Eine Revolution quasi. Denn in dem Werk ist genau davon die Rede: von der Revolution der Erde um die Sonne. Noch im gleichen Jahrhundert machte der Däne Tycho Brahe sehr genaue Messungen zu Sternen- und Planetenpositionen. Und lernte in Prag, wo er als Hofastronom arbeitete, den Mann kennen, der aus diesen Daten die Gesetze über die Planetenbahnen entwickelt hat, Johannes Kepler. Der war eigentlich ein einfacher Mönch, aber mit Begeisterung und Begabung für die Mathematik. Mit diesem Talent kam er an den Prager Hof und wurde dort Assistent von Brahe und später sein Nachfolger. In Prag entstanden auch seine berühmten Gesetze. Die ersten beiden, von 1609, sagen, dass sich Planeten auf Ellipsenbahnen bewegen und dass die Verbindungslinie zwischen Sonne und Planet in gleichen Zeiten gleiche Flächen überstreicht (oder kurz: es gilt Drehimpulserhaltung). 1619 kam das dritte Gesetz hinzu, das Aussagen über die Beziehungen zwischen Umlaufzeit und Abstand zur Sonne zweier Planeten macht.

Galileis Monde

Etwa zur gleichen Zeit, nämlich 1609/10, trat auch Galileo Galilei auf die Bühne der Kopernikanischen Wende. Er nutzte das wahrscheinlich 1608 von Hans Lipperhey in Holland erfundene Fernrohr erstmals für astronomische Zwecke und machte bahnbrechende Entdeckungen. Die wichtigste zuerst: die Monde des Jupiter. Galilei sah vier Leuchtpunkte, die periodisch hinter Jupiter verschwanden und wieder auftauchten. Das mussten Monde sein: Io, Europa, Ganymed und Kallisto. Und das war ein eindeutiger Beweis dafür, dass sich nicht alles um die Erde dreht. Als er dann noch die Phasen der Venus nachweisen konnte, die dafür sprachen, dass die Venus eine engere Bahn um die Sonne haben musste als die Erde, war der experimentelle Beweis von Kopernikus' Postulat perfekt. Und auch wenn das alles dem Papst gar nicht gefiel, brach das Weltbild des Ptolemäus hiermit endgültig zusammen. Newton höchstpersönlich bewies übrigens 1687 in seiner berühmten "Principia Mathematica" die Keplerschen Gesetze, nur basierend auf den Grundgesetzen der Mechanik und seiner Gravitationstheorie. Damit gab er Kepler endlich auch eine theoretische Grundlage und sicherte sich selbst einen Platz in dieser Revolution.

18./19. Jahrhundert

Messiers Nebel

Nachdem also Galilei das Teleskop für die Astronomie entdeckt hatte, wurde es schnell zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel für diese Wissenschaft. Kometen wurden entdeckt, später Planeten und die ersten Nebel und Galaxien. Edmond Halley berechnete 1706 erstmals eine

Kometenbahn. Natürlich basierend auf teleskopischen Beobachtungen. Und auch Charles Messier war ein begeisterter Kometenjäger. Aber ihn störten hier und da Nebelflecken am Himmel, die im ersten Moment wie Kometen aussahen. Um Verwirrungen zu vermeiden, beschloss er diese statischen Nebel zu katalogisieren, also ihre genaue Position und ihr Erscheinungsbild am Himmel zu notieren. Es entstand der berühmte Messier-Katalog. Er ist heute noch sehr beliebt, vor allem bei Hobbyastronomen, denn er bietet viele schöne Objekte auch für kleinere Teleskope: die Andromedagalaxie M31, den Ringnebel M57, den Kugelsternhaufen M13 und viele mehr. 20 Jahre hat Messier an dieser Sammlung gearbeitet und dabei auch noch 20 Kometen entdeckt.

von Humboldts Planeten

Etwa zur gleichen Zeit, 1781, entdeckte Wilhelm Herschel bei der Vermessung von Fixsternparallaxen den Planeten Uranus. Ab 1801 wurden nach und nach sehr viele Objekte gefunden, die wir heute als Asteroiden kennen, die damals aber noch für Planeten gehalten wurden. Prominente Objekte sind hier Ceres, Pallas, Juno und Vesta. Als 1846 Johann Galle an der von Urbain Le Verrier und John Adams berechneten Stelle einen weiteren Planeten, nämlich den Neptun aufspürte, hatte unser Sonnensystem zeitweilig 13 Planeten. 1851 waren es noch mehr, und dem Herrn Alexander von Humboldt wahrscheinlich zu viele. Er reichte den Vorschlag ein, den Planetenstatus von der Größe abhängig zu machen. Diese Mindestgröße hatten viele der zuvor entdeckten Objekte nicht, nur Uranus und Neptun blieben.

nach oben

20. Jahrhundert

Einsteins Weltbild

Und damit sind wir auch schon im 20. Jahrhundert angekommen, dem Jahrhundert, in dem unsere moderne Astrophysik ihren Anfang nahm und die Menschheit in den Weltraum vordrang. Die Ereignisse haben sich in diesen 100 Jahren quasi überschlagen, politisch wie wissenschaftlich. 1905 und 1915 veränderte Albert Einstein nicht nur das Weltbild der Astronomie, sondern führte ganz neue Denkweisen in die Physik ein. Man braucht Einsteins Theorie heute vor allem um kosmologische Effekte zu beschreiben, wie z. B. die Gravitationslinsen, aber man kann sie auch für ganz praktische Sachen gebrauchen: Die GPS-Satelliten würden ohne eine relativistische Korrektur vollkommen falsche Daten liefern. Edwin Hubble wies in den 1920ern die extragalaktische Natur des Andromeda-Nebels und einiger ähnlicher Gebilde nach und entdeckte die Beziehung zwischen Rotverschiebung und der Entfernung von Galaxien. Etwa zur gleichen Zeit publiziert auch Georges Lemaitre seine Arbeit zur Expansion des Weltalls. Der Nobelpreis für Physik geht 1978 an Arno Penzias und Robert Wilson, für die Entdeckung der kosmischen Hintergrundstrahlung im Jahr 1964. Das ist jene 3K-Strahlung, die von der Urknall-Theorie vorhergesagt wird, als Überbleibsel der ersten Tage des Universums.

Unsere Augen ins All

Zuvor, 1949, wurde das große Spiegelteleskop auf dem Mount Palomar in Betrieb genommen. Mit seinen fünf Metern Spiegeldurchmesser war es bis 1975 das größte Teleskop der Welt und das erste der modernen Riesenteleskope. Es sollten viele folgen, u.a. die Keck-Teleskope auf Hawaii und das Very Large Telescope der ESO auf dem Mount Paranal in Chile. Seit den 1930ern, als man die erste außerirdische Radioquelle, einen Pulsar,

entdeckte, wurden auch viele Radioteleskope gebaut. Und 1990 schickte man Hubble auf seine Umlaufbahn. Das Weltraumteleskop mit seinem 2,4-Meter-Spiegel schießt wohl die schönsten Bilder von Nebeln und Galaxien, die wir kennen. Noch viele wissenschaftliche Errungenschaften folgten. Aber eine sei zu guter Letzt noch erwähnt: 1995 entdeckt Michel Mayor den ersten Exoplaneten um einen sonnenähnlichen Stern: 51 Pegasi. Damit tut sich, neben der Kosmologie, ein weiterer Zweig aktueller astronomischer Forschung auf.

Armstrongs großer Sprung

Aber während sich die Wissenschaftler mit ihren Formeln und Diagrammen herumschlugen, versuchten andere, direkt ins All zu kommen. Hier seien zwei der ganz großen Namen genannt: Sergei Koroljow und Wernher von Braun. Mit Spunik 1 schickte Koroljow 1957 den ersten Satelliten ins All. Ein Meilenstein. Und schon vier Jahre später umrundet Juri Gagarin als erster Mensch in einem Raumschiff die Erde. In den 60ern wurde das Apollo-Programm aufgenommen, unter technischer Leitung von Wernher von Braun. Das Ziel: einen Menschen zum Mond bringen. 1969 ist es mit Apollo 11 soweit: Neil Armstrong betritt als erster Mensch den Mond. Daneben wurden im Orbit Raumstationen gebaut. Anfangs kleine aus ausgebrannten Trägerraketen, später kam die MIR (was übrigens übersetzt "Frieden" heißt) und heute haben wir die ISS, die ja vor kurzem ihr letztes Sonnensegel bekommen hat. Um näher an andere Planeten heran zu kommen, flogen Sonden dahin. Die ersten zur Venus, dann diverse zum Mars, unvergessen auch der Absturz der Jupitersonde Galileo auf dem Gasriesen, aber die berühmtesten sind wohl Voyager 1 und 2. Einige der besten Bilder der großen Gasplaneten stammen von diesen Sonden und heute ist Voyager 1 das am weitesten entfernte Flugobjekt der Menschheit. Weit weg zieht sie ihre Bahnen, am Rand des Sonnensystems.

4. Das Sonnensystem

- **Das innere Sonnensystem**
 - **Das äußere Sonnensystem**
- Das innere Sonnensystem**

Der Mond

Wir beginnen mit dem nächstgelegenen Himmelskörper, dem (Erd-)Mond. Er ist neben der Erde der einzige Himmelskörper, den Menschen je betreten haben, erstmals am 21. Juli 1969. Nach der Sonne ist der Mond das zweithellste Objekt am Himmel. Die Gravitation zwischen Erde und Mond sorgt dafür, dass sich die Rotation des Mondes so lange abgebremst hat, dass wir heute immer dieselbe Seite des Mondes sehen. Erst die sowjetische Raumsonde Luna 3 machte sie mit ihren Kameras erstmals der Menschheit zugänglich.

Die Venus

Auf dem Weg nach innen, zur Sonne hin, passieren wir Venus, den „bösen Zwilling“ der Erde: Von der Größe her ist sie mit der Erde vergleichbar. Ihre Atmosphäre besteht jedoch zum größten Teil aus Kohlendioxid und ist erheblich dichter als die Erdatmosphäre. Sie bewirkt auf Bodenhöhe einen Druck, der dem irdischen Druck in über 900 Metern Wassertiefe entspricht. In 50-70 Kilometern Höhe findet sich eine Wolkenschicht aus Schwefelsäure. Zusammen mit einer Temperatur von knapp 500° C schafft dies eine sehr unwirtliche

Umgebung. Trotz oder gerade wegen dieses Umstands bekam die Venus zahlreichen Besuch von Raumsonden. Die frühen Venera-Sonden der Sowjets scheiterten anfangs am hohen Atmosphärendruck, spätere Versionen landeten erfolgreich. Sie und ihre Nachfolgemissionen sammelten zahlreiche Informationen über die bizarre Welt. Als einer von zwei Planeten rotiert die Venus rückläufig, auf ihr geht die Sonne also im Westen auf und im Osten unter. Diese Rotation ist außerdem sehr langsam, eine Umdrehung dauert 243 Tage. Weil sie dabei auch ihre Position zur Sonne ändert, dauert ein Venustag nicht ganz so lange, aber immer noch 116,75 Erdtage.

Die Sonne

Damit sind wir am Zwischenziel angekommen, im Zentrum des Sonnensystems. Rund 5500°C herrschen an der Oberfläche, im Kern sind es über 15 Millionen. Sie stellt 99,8 % der Masse des Sonnensystems. Wiederum 70 % davon sind Wasserstoff, von dem jede Sekunde 700 Millionen Tonnen zu Helium fusioniert werden. Die dabei freigesetzte Energie wird in Form von Strahlung abgegeben und wärmt unter anderem die Erde. Auch wenn 700 Millionen Tonnen sehr viel erscheinen, reicht der Brennstoff der Sonne doch noch eine ganze Weile: Erst in rund fünf Milliarden Jahren wird die Sonne das Ende ihres Lebenszyklus erreichen, sich zu einem roten Riesen aufblähen und schließlich als weißer Zwerg vor sich hin glimmen.

Der Merkur

Nächste Station: Merkur. Ein bräunlicher Gesteinsbrocken, dessen Bahn ungefähr auf drei Fünfteln des Weges von der Erde zur Sonne liegt. Seit der Herabsetzung Plutos zum Zwergplaneten ist Merkur der kleinste Planet des Sonnensystems und neben Venus der einzige ohne Mond. Bezüglich der Atmosphäre ist der Merkur das völlige Gegenteil zur Venus, denn sie ist dünner als ein auf der Erde mit aktueller Technik erreichbares Vakuum. Auf der Seite, die gerade der Sonne zugewandt ist, wird es ungemütliche 430° C warm, auf der Rückseite ist es dagegen mit -170° C sehr kalt.

Der Mars

Vom Zentrum aus geht es nach außen, an Merkur, Venus und Erde vorbei zum Mars. Der "rote Planet" ist deutlich kleiner als die Erde, die Fallbeschleunigung beträgt nur gut ein Drittel des Wertes auf der Erde – eine 75 kg schwere Person hätte also ein scheinbares Gewicht von gut 25 kg. Die rote Farbe wird von Rost verursacht. Ein Tag auf dem Mars dauert nur wenige Minuten länger als auf der Erde. Seine Atmosphäre ist sehr dünn und besteht größtenteils aus Kohlendioxid. Satellitenbilder von "Flussbetten" legen nahe, dass es auf dem Mars einmal flüssiges Wasser gegeben habe. 2005 hat die Raumsonde Mars Express der European Space Agency (ESA) große Mengen Wassereis am Südpol entdeckt, auch weitere Sonden haben Hinweise auf Wasser gefunden. Der Mars stand auf Grund seiner Nähe und seiner im Vergleich zu den anderen Planeten durchaus angenehmen Temperaturen und sonstigen Bedingungen an der Oberfläche schon früh im Fokus der Raumfahrt. 2037 soll nach NASA-Plänen der erste Mensch den Mars betreten.

Der Asteroidengürtel

Auf dem Weiterflug zu Jupiter müssen wir aufpassen, denn wir durchqueren den Asteroidengürtel, in dem bereits 400.000 Gesteins- und Eisbrocken entdeckt wurden. Der größte von ihnen ist Ceres und trägt etwa 30 % der Gesamtmasse des Asteroidengürtels.

Das äußere Sonnensystem

Der Jupiter

Damit sind wir im äußeren Sonnensystem angekommen und gleichzeitig beim größten Planeten unseres Sonnensystems. Seine Masse ist mehr als 300 Mal so groß wie die der Erde, der Durchmesser fast 12 Mal so groß. Innerhalb von knapp zehn Stunden dreht er sich einmal um sich selbst. Es handelt sich bei Jupiter wie bei allen Planeten des äußeren Sonnensystems um einen Gasplanet, er besteht also weitgehend aus Wasserstoff und Helium, die auf Grund des hohen Drucks der Atmosphäre im Inneren flüssig vorliegen. Man geht heute davon aus, dass er einen kleinen felsigen Kern besitzt, der etwa 10 bis 15 Erdmassen schwer ist. Jupiter besitzt mindestens 63 Monde – von keinem anderen Planeten im Sonnensystem sind so viele Monde bekannt. Die Entdeckung der vier Galileischen Monde durch Galileo Galilei 1610 war ein Beweis dafür, dass sich nicht alles um die Erde dreht und damit ein Argument für das heliozentrische Weltbild.

Der Saturn

Mit seinem Ringsystem gehört Saturn wohl zu den bekanntesten Planeten. Die Ringe bestehen aus kleinen Partikeln. Insgesamt gibt es mehr als 100.000 voneinander getrennte Ringe. Die Lücken werden von der Gravitation der Saturnmonde und der Ringe selbst verursacht. Winde auf dem Saturn erreichen knapp die fünffache Hurricane-Geschwindigkeit. Zu den erstaunlichsten Wetterphänomenen des Saturn gehört eine Wolkenstruktur am Nordpol: Sie bildet ein nahezu regelmäßiges Sechseck, das einen Durchmesser von knapp 25.000 Kilometern aufweist und seit Jahren stabil zu sein scheint. Saturn ist der äußerste Planet, der schon in der Antike bekannt war.

Der Uranus

Uranus ist viermal so groß wie die Erde. Die charakteristische blau-grüne Farbe wird von Methan in der Atmosphäre verursacht. Aufgrund der großen Entfernung, die einen Sonnenumlauf 84 Jahre dauern lässt, wurde Uranus erst in der Moderne mit der Hilfe eines Teleskops von Wilhelm Herschel entdeckt.

Die Rotationsachse des Uranus liegt annähernd in der Bahnebene, er kugelt also die Bahn entlang. Dadurch dauert in Polnähe ein Sonnentag auf dem Uranus ein halbes Uranusjahr, also 42 Erdjahre.

Der Neptun

Damit sind wir auch schon beim äußersten Planeten angekommen. Er ist ähnlich groß wie Uranus und wurde auch über diesen entdeckt: In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts stellte man fest, dass sich Uranus nicht wie erwartet bewegt. Diese Bahnstörungen konnten durch einen zusätzlichen Planeten erklärt werden, der sich außerhalb der Uranus-Bahn befinden musste. Er ist damit der erste Planet, der durch mathematische Berechnungen entdeckt wurde. Neptun dreht sich in 16 Stunden einmal um sich selbst. Das führt dazu, dass er sich (wie auch die Erde) abplattet. Am Äquator ist sein Durchmesser über 1.000 km größer als von Pol zu Pol. Wie auf der Erde gibt es auch auf Neptun Jahreszeiten, diese dauern aber auf Grund der erheblich längeren Umlaufdauer jeweils gut 40 Jahre.

Die TNOs

Einige werden jetzt noch einen neunten Planeten vermissen. Doch Pluto ist seit 2006 nur noch ein Zwergplanet. Nachdem außerhalb des Neptuns zahlreiche Objekte entdeckt wurden und das Sonnensystem schnell 15 oder 20 Planeten gehabt hätte, hat sich die Internationale Astronomische Union auf eine neue Planetendefinition geeinigt. Danach ist ein Himmelskörper ein Planet, wenn er sich auf einer Umlaufbahn um die Sonne bewegt, eine näherungsweise kugelähnliche Gestalt besitzt und seine Umlaufbahn von anderen Objekten geräumt hat. Seitdem ist Pluto nur noch ein Zwergplanet und eines von vielen Trans-Neptun-Objekten (TNOs).

Die Oortsche Wolke

Auch wenn wir jetzt die typischen "Sehenswürdigkeiten" dieser Reise gesehen und die großen Namen abgedeckt haben, haben wir nur ein Bruchteil des Sonnensystems gesehen. Der Bereich der Planeten wird umschlossen von einer riesigen "Wolke" aus Kometen, also Gesteins-, Staub- und Eisklotzen, die kleiner als Planeten sind. Eine gigantische Zahl von Objekten dieser Art erstreckt sich bis zur 100.000-fachen Entfernung Erde-Sonne ins All – das entspricht rund einem Drittel der Entfernung zum nächsten Stern.

Weitere und erheblich ausführlichere Touren durch das Sonnensystem haben wir in der Linkliste aufgeführt.

5. Sternphysik

- **Entstehung**
- **Sternenspektrum**
- **Leben und Vergehen**
- **Ende?**

Entstehung aus Glas und Staub

Sterne entstehen in interstellaren Gas- und Staubwolken wie zum Beispiel dem Orionnebel. Das sind riesige Nebelgebilde mit einer Ausdehnung von mehreren hundert Lichtjahren. Die häufigsten Elemente in solchen Wolken sind Wasserstoff und Helium. Und das sind auch die Grundbausteine für die Sterne. Nun bilden sich hier, aufgrund der Gravitation, an manchen Stellen kleine, dichtere Gebiete. Haben diese Gebiete eine genügend große Masse (die so genannte Jeans-Masse, nach dem Astrophysiker James Jeans), um dem Gasdruck und diversen Turbulenzen entgegen zu wirken, kollabieren sie. Während das Gas in sich zusammenfällt, steigt der Druck und damit die Temperatur. Wenn im Zentrum eine Temperatur von mehreren Millionen Kelvin erreicht ist, setzt die Wasserstoffkernfusion ein. Das heißt, es wird Wasserstoff zu Helium verschmolzen und dabei wird Energie frei gesetzt. Ein Protostern ist entstanden. Er ist immer noch von einer dichten Gas- und Staubhülle umgeben, deshalb sieht man den Stern noch nicht richtig leuchten. Man kann nur seine Wärmestrahlung (Infrarotstrahlung) detektieren. Da aber mit der Zeit immer mehr Material dieser Hülle auf den Stern stürzt, wird diese durchsichtig und bald sieht man den Stern im sichtbaren Licht leuchten. Der Stern ist fertig.

Sternenspektrum

Die Kernfusionsenergie wirkt dem Schweredruck des Sterns entgegen und hält ihn in einem stabilen Gleichgewicht. Wie lange dieses Gleichgewicht hält, hängt dabei ganz von der Masse

des Sterns ab. Um aber überhaupt die Kernfusion zu zünden, benötigt ein Stern eine Mindestmasse von 0,1 Sonnenmassen. Objekte, die knapp unter dieser Grenze liegen, nennt man Braune Zwerge. Die Energie, die der Stern braucht, um selbst leuchten zu können, stammt aus seiner Masse. Dabei gilt Einsteins berühmtes Gesetz: $E=mc^2$. Die Sonne schießt zum Beispiel jede Sekunde das Energieäquivalent von 4 Millionen Tonnen ins All. Das erscheint viel, ist aber wenig im Vergleich zu ihrer Gesamtmasse von $2 \cdot 10^{27}$ Tonnen – das ist eine 2 mit 27 Nullen. Nun kann ein Stern ganz verschieden leuchten. Jeder Stern hat ein eigenes Spektrum. Das ist ein weitgehend zusammenhängendes Farbband mit einigen dünnen schwarzen Linien, den so genannten Absorptionslinien. Diese stehen für bestimmte Elemente, die im Stern enthalten sind, die gerade das Licht mit dieser Wellenlänge absorbieren. Deswegen dringt Licht mit dieser Wellenlänge nicht bis nach außen und es entsteht eine kleine Lücke im Spektrum. Mit Hilfe dieser Linien lässt sich also feststellen, welche Elemente in einem Stern zu finden sind. An einem solchen Spektrum sieht man aber auch, in welcher Farbe der Stern leuchtet, ob eher rötlich oder bläulich. Dabei hängt die Farbe von der Temperatur der Sternoberfläche ab: Blaue oder weiße Sterne sind sehr heiß ($\sim 30\,000$ K), während die Roten eher kühler sind ($3\,000$ K). So kann man den Sternen verschiedene Spektralklassen zuordnen. Von blau nach rot, bzw. von heiß nach kühl, sind das: O, B, A, F, G, K und M. Unsere Sonne leuchtet gelb und ist damit ein G-Stern mit einer Oberflächentemperatur von ungefähr $5\,700$ K.

Diese Spektralklassen (bzw. die dazugehörige Temperatur) braucht man nun für ein Diagramm, das ein zentrales Werkzeug in der Astrophysik ist: das Hertzsprung-Russel-Diagramm (HRD). Es wurde von den beiden Astronomen Ejnar Hertzsprung und Henry Norris Russel entwickelt und zeigt die Verbindung von Spektralklasse (Temperatur) und Leuchtkraft (absolute Helligkeit). Wenn man sehr viele Sterne in dieses Diagramm einträgt, fällt auf, dass die meisten von ihnen sich auf einer Reihe aufhalten, die von links oben nach rechts unten verläuft. Das ist die so genannte Hauptreihe, auf der die meisten Sterne, den Großteil ihres Lebens verbringen. Dabei finden sich links oben die blauen Riesensterne und rechts unten die roten Zwerge. Im rechten oberen Viertel sieht man den Riesenast. Dort sind die Sterne lokalisiert, die sich am Ende ihres Lebens befinden, die roten Riesen. Und direkt gegenüber, also links unten sind die weißen Zwerge. Das ist das, was von einem Stern übrig bleibt, wenn er seine äußere Hülle abgeworfen hat. Man kann mit diesem Diagramm sehr viel abschätzen. Beispielsweise kann man den Lebenszyklus von Sternen sehr gut damit beschreiben und Anhand der Lage im HRD das Alter eines Sterns bestimmen. Man kann auch die Größe abschätzen oder die Masse.

Leben und Vergehen

Sterne machen eine Entwicklung durch, sie sind keinesfalls unvergänglich, wie man früher glaubte. Ihr Energievorrat ist sehr groß, aber doch endlich. Und wie lange der Vorrat reicht, richtet sich nach seiner Masse. Dabei gilt aber: Wer mehr hat, verbraucht auch mehr, weswegen sehr massereiche Sterne nur einige Millionen Jahre leben, es unsere Sonne als einfacher Durchschnittssterne aber auf stolze 10 Milliarden Jahre bringen wird. Der Wasserstoff eines Sterns wird im Laufe der Zeit nach und nach aufgebraucht. Im Inneren bildet sich ein Kern aus Helium und die Wasserstoffbrennzone wandert immer weiter nach außen. Wenn der Heliumkern eine bestimmte Größe erreicht hat, kollabiert er, wodurch wieder Druck und Temperatur ansteigen. Wenn es über 100 Millionen Kelvin heiß wird, setzt eine weitere Fusionsreaktion ein. Diesmal verschmilzt Helium zu Kohlenstoff. Von außen sieht man all das dem Stern nicht an, er bleibt weiter auf der Hauptreihe. Bei massereichen Sternen setzen später noch weitere Fusionsprozesse ein. Es können sich Sauerstoff, Neon,

Silizium und Eisen bilden. Letzteres könnte man zwar auch weiterfusionieren, es würde aber enorme Energiemengen verbrauchen, im Gegenzug aber keine freisetzen. All diese Elemente können aber nur in Sternen entstehen, die mehr als 6 Sonnenmassen auf die Waage bringen. Diese weisen dann "Zwiebelschalen" mit den verschiedenen Fusionsprozessen auf. Aber egal wie der Stern letztendlich aussieht, irgendwann wird der Kern instabil, weil eben keine Kernfusion mehr darin stattfindet, er kontrahiert und der Stern bläht sich auf. Dadurch sinkt seine Oberflächentemperatur und er wird zu einem roten Riesen. Der Stern verbleibt einige Zeit in diesem Zustand, er pulsiert und bläst mit dem Sternwind Materie ins All. Dadurch wird die interstellare Materie mit schweren Elementen angereichert, aus denen später vielleicht Planeten entstehen können. Irgendwann hat sich der Kern aufgrund der Kontraktionen so weit aufgeheizt, dass der gesamte Kern schlagartig zündet und explodiert. Dabei wird die gesamte Hülle des Sterns weggeschleudert. Wie stark diese Explosion ist, richtet sich dabei wieder nach der Masse des Sterns. Kleine Sterne vergehen recht unspektakulär, während die Großen mit der größten Explosion im Universum zu Grunde gehen: einer Supernova. Eine solche kann Helligkeiten von -16 bis -21 Magnituden erreichen. Das entspricht der Leuchtkraft einer Galaxie! Die gigantische Explosion schleudert die äußeren Sternenschichten ins All und mit ihr die darin gebildeten Elemente, aus denen letztendlich die Planeten entstehen können, und sogar Leben.

Ende?

Was von einem Stern am Ende übrig sein wird, ist ganz verschieden, in jedem Fall aber exotisch.

Massearme Sterne enden als weiße Zwerge, die von ihrer abgestoßenen Hülle umgeben sind. Diese Gebilde nennt man planetarische Nebel. Berühmte Vertreter sind hier der Ringnebel in der Leier oder der Helixnebel im Wassermann. Der weiße Zwerg in der Mitte ist mit einem Hundertstel des Sonnenradius (~ 10000 km) tatsächlich ein Zwerg. Allerdings ist die Masse dadurch extrem komprimiert, wodurch so ein weißer Zwerg eine riesige Dichte von 2 Tonnen pro Kubikzentimeter hat – das ist ungefähr die Millionenfache Dichte von Gestein. Es wird nun keine Kernenergie mehr frei gesetzt, das Leuchten kommt nur von der thermischen Energie. Diese nimmt aber mit der Zeit ab. Der weiße Zwerg kühlt von mehr als 10 000 K auf ca. 2000 K herunter, bis er nach rund 10 Milliarden Jahren schließlich gar nicht mehr strahlt und unsichtbar als schwarzer Zwerg durchs All treibt. Ab einer bestimmten Masse ist das Stadium als weißer Zwerg nicht stabil genug, um der Schwerkraft stand zu halten. Dann ist der Schweredruck auf die Atome so enorm, dass die Elektronen in die Kerne gepresst werden und quasi ein riesiger "Atomkern" mit einem Durchmesser von 10 bis 30 km und einer gigantischen Dichte von 10^{13} g/cm³, wie sie tatsächlich in Atomkernen herrscht. Wir haben es dann mit einem Neutronenstern (bzw. Pulsar) zu tun. In der Regel sind es Überbleibsel von Supernova-Explosionen und sie haben eine typische Masse von 1,4 Sonnenmassen. Sie haben die Eigenschaft sehr schnell zu rotieren mit typischen Periodendauern von einigen Millisekunden. Das kommt durch die Drehimpulserhaltung beim Kollaps zustande: der recht geringe Drehimpuls des ursprünglichen Sterns wird auf dieses kompakte Objekt komprimiert und sorgt so für diese extremen Rotationsfrequenzen. Beim Sternenkollaps wird außerdem noch das Magnetfeld komprimiert. Es hat bei einem Neutronenstern eine Stärke von Millionen bis Milliarden Tesla. (Zum Vergleich: in der Schule arbeitet man mit Spulen, die ein Feld von einigen Milli-Tesla erzeugen.) Wenn durch dieses Magnetfeld elektrisch geladene Teilchen fliegen, werden sie sehr stark abgebremst und es entsteht eine Bremsstrahlung, die Synchrotronstrahlung. Diese wird in Jets über den Polen gebündelt und ins All geschossen. Da die Magnetpole, wie bei der Erde, nicht auf der

Rotationsachse liegen, zeigt der Synchrotron-Jet nur kurzzeitig Richtung Erde und wir können nur kurze Pulse empfangen. Dadurch lässt sich die Rotationsperiode bestimmen, die über Millionen von Jahren extrem stabil bleibt. Nach ca. 10 Millionen Jahren sinkt die Rotationsfrequenz dann, dadurch kann man irgendwann keine Synchrotronstrahlung mehr detektieren. Der Pulsar ist verstummt.

Der wohl exotischste und spannendste Endzustand eines Sterns ist das Schwarze Loch. Dieses entsteht, wenn sehr massereiche Sterne mit mehr als drei Sonnenmassen kollabieren. Dann wird die Materie bis auf den Schwarzschildradius zusammengepresst. Von einer Kugel mit diesem Radius kann quasi nichts mehr fliehen, nicht einmal Licht. Das Objekt ist also unsichtbar. Dabei ist der Schwarzschildradius direkt proportional zur Masse; z. B. liegt er für die Sonne bei ca. 3 km und für die Erde bei 1 cm. Was im Inneren dieses Radius passiert, ist unklar. Beim Gravitationskollaps gehen alle Strukturen der Materie verloren, sogar Magnetfelder verschwinden. Alle Information wird also vernichtet. Und doch strahlt ein schwarzes Loch, wenn auch schwach. Denn aufgrund von quantenmechanischen Prozessen können Elementarteilchen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit dem Loch entkommen. Dadurch kann man dem Objekt eine Temperatur zuordnen, die langsam aber sicher dafür sorgt, dass das Schwarze Loch verdampft. Trotzdem existieren große Schwarze Löcher quasi ewig. Sie haben eine "Lebenserwartung" von 10^{64} bis 10^{100} Jahren; das ist um viele Größenordnungen mehr als das Universum bisher alt ist. Übrigens: Je größer das Loch, desto langsamer verdampft es! Schwarze Löcher wabern aber nicht nur einfach ungesehen durch den Weltraum, sie werden auch im Zentrum von Galaxien vermutet, als zentrale Kraft, die alles zusammenhält.

6. Teleskope - Unser Auge ins All

- **Die Grundlagen**
- **Das Linsenfernrohr**
- **Das Spiegelteleskop**

Wann immer man mit Astronomie zu tun hat, kommt man um Teleskope nicht herum. Sie sind die Grundlage fast jeder astronomischen Beobachtung, ob im Infraroten, Visuellen oder im Röntgenbereich. Sie sind unser Auge ins All.

Bevor es los geht....einige Grundlagen

Das wichtigste bei einem Teleskop ist wohl die "Öffnung". Damit meint man den Durchmesser des Objektivs. Je grösser, desto mehr Licht kann das Teleskop sammeln und desto lichtschwächere Objekte kann man beobachten. Ebenso hängt das Auflösungsvermögen, also die Fähigkeit Details aufzulösen von der Öffnung ab. Die Öffnung wird oft in Zoll angegeben, wobei 1 Zoll ca. 2,5 cm entsprechen. So groß die Öffnung des Teleskops aber auch sein mag, sie ist nichts wert ohne eine stabile Montierung für das Gerät. Dieser Punkt wird leider sehr oft unterschätzt.

Es gibt prinzipiell zwei Typen von Montierungen. Azimutal montiert kann ein Teleskop um eine horizontale Achse (Azimut) und eine vertikale Achse (Höhe) gedreht werden. Das sind

die beiden Größen, die die Position eines Gestirns im Horizontsystem angeben. Dabei gibt das Azimut die Himmelsrichtung an, von 0° bis 360° von Süd über West, und die Höhe wird vom Horizont (0°) bis zum Zenit (90°) gezählt. Dieses Koordinatensystem ist allerdings nicht an die Bewegung der Sterne am Himmel angepasst, daher muss man immer um zwei Achsen nachführen. Im Gegensatz dazu ist die parallaktische Montierung an die Bewegungen am Himmel angepasst, wodurch man hier nur an einer Achse nachführen muss. Eine Achse des Teleskops zeigt dabei direkt zum Himmelspol (Rektaszensionsachse), die andere steht senkrecht dazu (Deklinationssachse). Rektaszension und Deklination sind die beiden Koordinaten im äquatorialen Koordinatensystem, das man sich als Projektion des geografischen Koordinatensystems auf die scheinbare Himmelskugel vorstellen kann.

Mutter aller Teleskope: Das Linsenfernrohr

Das klassische Einsteigerinstrument für Amateur-Astronomen ist oft ein kleines Linsenteleskop. Diese Teleskope – auch Refraktoren genannt - haben eine gewisse Ähnlichkeit mit den allerersten Fernrohren, mit denen z. B. Galileo Galilei die Jupitermonde und die Venusphasen entdeckte. Das Instrument besteht aus einem rohrähnlichen Tubus und zwei Sammellinsensystemen; die Objektivlinse sammelt das Licht und erzeugt ein reelles Bild, welches durch das Okular – ähnlich wie beim Mikroskop - vergrößert wird. Das Teleskop liefert so ein seitenverkehrtes und auf dem Kopf stehendes Bild.

Beim Durchgang durch das Objektiv werden die Randstrahlen stärker gebrochen als achsennahe Strahlen, was dazu führt, dass kein scharfes Bild erzeugt wird. Diese sphärische Aberration kann man verringern, indem die Krümmung der Linsen verkleinert. Dadurch wird ihre Brennweite sehr groß und das letztendliche Bild eher dunkel. Das ist der Grund, warum Linsenteleskope relativ ungeeignet für lichtschwache Deep-Sky-Objekte, wie planetarische Nebel sind, dafür aber einen guten Kontrast bei der Betrachtung von Mond und Planeten bieten. Ein weiterer Abbildungsfehler ist die chromatische Aberration. Sie entsteht dadurch, dass die blauen Anteile im Licht stärker gebrochen werden als die roten. Jedes Objekt bekommt dadurch einen gewissen Farbsaum. Diesen Fehler kann man durch eine Kombination von Linsen unterschiedlicher Brechkraft verhindern. Sehr gut korrigierte Linsenteleskope (Apochromaten) haben ausgezeichnete Abbildungseigenschaften und sind daher unter Hobbyastronomen sehr beliebt (kosten allerdings ein kleines Vermögen ;)) In der Profiastronomie lag die Ära der Refraktoren im 19. Jahrhundert. In dieser Zeit wurden z. B. der 80 + 50-cm-Doppelrefraktor des Astrophysikalischen Instituts in Potsdam und der 68-cm-Refraktor der Archenhold-Sternwarte in Berlin, der mit 21 m Brennweite längste bewegliche Refraktor der Welt, in Betrieb genommen. Aus technischen Gründen sind Refraktoren aber auf einen Linsendurchmesser von 1m beschränkt. Da die moderne Profiastronomie aber ein weitaus größeres Lichtsammelvermögen erfordert, verloren die Linsenfernrohre Anfang des 20. Jahrhunderts an Bedeutung. An ihre Stelle traten die Spiegelteleskope.

Groß, größer, Spiegelteleskop

Wie diese Bezeichnung schon erahnen lässt, ist die optische Hauptkomponente ein Spiegel, genauer gesagt ein Hohlspiegel, der das einfallende Licht reflektiert. Der Verlauf des Strahlengangs hängt von der Bauweise des Teleskops ab. Hier sollen zwei recht weit verbreitete Varianten vorgestellt werden: das klassische Newton-Teleskop und das kompakte Cassegrain-Teleskop.

Ersteres wurde 1671 von Sir Isaac Newton persönlich entwickelt. Nachdem das Licht hier auf den Hauptspiegel am Ende des Tubus trifft, wird es auf einen kleineren Planspiegel

(Sekundärspiegel) zurückgeworfen, der um 45° gegen die optische Achse geneigt ist und so das Licht seitlich aus dem Tubus herauslenkt. Hier kann man dann ein Okular anbringen um das Bild zu betrachten.

Beim Cassegrain-Teleskop wird das Licht vom Sekundärspiegel wieder zurück zum Hauptspiegel geworfen, wo es durch ein Loch zum Betrachter am Ende des Tubus gelangt. Der Vorteil ist, dass trotz großer Brennweiten die Tubuslänge relativ kurz ausfällt. Die Brennweiten der Hohlspiegel können aber allgemein kürzer gehalten werden, als das bei Refraktoren der Fall ist. Damit ist das Bildfeld heller, sodass man lichtschwächere Objekte, wie Nebel und Galaxien besser beobachten kann. Außerdem tritt bei Spiegelteleskopen kein Farbfehler auf, da alle Farben gleichermaßen reflektiert werden, und mit einem Parabolspiegel verhindert man auch die sphärische Abberation. Aber natürlich bringt auch ein Spiegelteleskop Nachteile mit. Zum einen sorgt der Sekundärspiegel im Tubus für eine gewisse Abschattung, zum anderen beeinträchtigen die notwendigen Haltestreben den Kontrast des Bildes. Auf jeden Fall sollte man auch noch darauf achten, dass Reflektoren sehr temperaturanfällig sind. Das Teleskop sollte hinreichend lange Zeit zum Anpassen an die Umgebungstemperatur haben, damit es gute Bilder liefert. Zwei der größten Observatorien der Welt sind Spiegelteleskope: die zwei Keck-Teleskope auf Hawaii, mit jeweils einem segmentierten Hauptspiegel von 10,4 m, und die vier 8,2 m-Teleskope des VLT auf dem Mount Paranal in Chile. Und auch das wohl berühmteste Teleskop der Welt arbeitet mit einem Spiegel: das Hubble-Weltraumteleskop. Das größte Teleskop auf deutschem Boden steht in Tautenburg (bei Jena, in Thüringen) und besitzt einen 2m-Spiegel. Es ist gleichzeitig das größte Schmidt-Teleskop der Welt. Diese Art Teleskop funktioniert ähnlich wie die beiden oben beschriebenen, mit dem Unterschied, dass sich eine Korrekturlinse vorn auf dem Tubus befindet und dass sich der Fokus innerhalb des Tubus befindet. Daher kann das Teleskop nicht für visuelle Beobachtungen genutzt werden, sondern nur als Kamera. Wir haben es hier quasi mit einem riesigen Teleobjektiv zu tun.

Das Weltall entdecken

Natürlich waren das nur die optischen Teleskope. Röntgen- und Infrarotteleskope funktionieren teilweise ähnlich, Radioteleskope wiederum sind riesige Schüsseln mit denen man ins All horcht.

Alles in allem wird die Technik immer größer und besser und wer weiß, was man eines Tages beobachten kann. Aber am Ende ist es immer noch das Allerschönste mit dem eigenen Teleskop die Ringe des Saturn zu betrachten.