

HARALD LESCH · JÖRN MÜLLER
Sterne

Buch

Harald Lesch und Jörn Müller nehmen den Leser mit auf eine spannende Reise zu den Sternen: Sie vermitteln einen interessanten Überblick über das Wesen der Sterne und beschreiben die vielfältigen Methoden der Forschung, ihren Geheimnissen auf die Spur zu kommen. Die Autoren stellen die wunderliche Welt von Überriesen und Weißen Zwergen, von Pulsaren, Doppel- und Neutronensternen vor. Sie wagen einen Ausblick auf die absehbare Entwicklung des der Erde nächsten Sterns, der Sonne, und vermitteln fernab jeden Horoskope-Humbugs komplexe astronomische Zusammenhänge auch für Laien verständlich. Präzise recherchiert, sachkundig und anschaulich geschrieben, mit zahlreichen Beispielen untermauert erschließt das Buch dem Leser die spannende Welt der Astronomie und gewährt ihm einen faszinierenden Blick hinter die Kulissen des Kosmos aus Abermilliarden von Sternen. Mit ausführlichem Glossar, Formelsammlung und Stichwortregister.

Autoren

Harald Lesch ist Professor für Theoretische Astrophysik an der Universität München. Seine Sendereihe »alpha-Centauri«, die beim Bayrischen Rundfunk ausgestrahlt wurde, erreichte fast Kultstatus, einem breiten Publikum ist er als Moderator der ZDF-Sendereihe »Abenteuer Forschung« bekannt. Zusammen mit Jörn Müller verfasste er die Bücher »Kosmologie für Fußgänger«, »Big Bang, zweiter Akt« und »Kosmologie für helle Köpfe«. Für seine Verdienste um die Popularisierung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse wurde er vielfach ausgezeichnet.

Jörn Müller hat am Deutschen Elektronensynchrotron »DESY« auf dem Gebiet Festkörperphysik promoviert und ist am Institut für Astronomie und Astrophysik an der Universität München tätig. Zusammen mit Harald Lesch hat er mehrere Sachbücher zum Thema Kosmologie veröffentlicht.

Von Harald Lesch und Jörn Müller
ist im Goldmann Verlag außerdem erschienen:

Kosmologie für Fußgänger (15154)

Big Bang – zweiter Akt (15343)

Kosmologie für helle Köpfe (15382)

Harald Lesch · Jörn Müller

STERNE

Wie das Licht
in die Welt kommt

GOLDMANN

Die Originalausgabe ist 2008
unter dem Titel »Weißt du, wie viel Sterne stehen?«
im C. Bertelsmann Verlag erschienen.



Verlagsgruppe Random House FSC-DEU-0100
Das FSC®-zertifizierte Papier *Profibulk* von Sappi
für dieses Buch liefert Igepa 2H-Papier.

1. Auflage

Taschenbuchausgabe April 2011
Wilhelm Goldmann Verlag, München,
in der Verlagsgruppe Random House GmbH
Copyright © 2008 der Originalausgabe
by C. Bertelsmann Verlag, München,
in der Verlagsgruppe Random House GmbH
Umschlaggestaltung: UNO Werbeagentur, München
in Anlehnung an die Gestaltung der Hardcover-Ausgabe
(R.M.E. Roland Eschelbeck und Rosemarie Kreuzer)

Umschlagmotiv: Mauritius Images/Phototake

Bildredaktion: Dietlinde Orendi

KF · Herstellung: Str.

Druck und Bindung: Těšínská tiskárna, a.s., Český Těšín

Printed in Czech Republic

ISBN: 978-3-442-15643-6

www.goldmann-verlag.de

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 9

Kapitel 1

Von der Astronomie zur Astrophysik	11
Einst...	14
... und heute	20

Kapitel 2

Alles nur Sterne, oder was?	25
Alles nur Bilder, oder was?	28
Alles nur Schein, oder was?	34

Kapitel 3

Ist das ein Stern?	39
--------------------	----

Kapitel 4

Von Massen, Helligkeiten und anderen Größen	47
»Magnitudines«	53
Wahr oder nur scheinbar wahr?	56
Der Maßstab ist das Maß	59

Kapitel 5

Von Spektren und verschiedenen Klassen	62
Das wichtigste Diagramm der Astronomie	79

Kapitel 6

Die Geburt der Sterne	86
Von Wolken und dem Medium zwischen den Sternen	87
Kühlung tut not	93
Kraftspiele	98
Begriffliches	108
Phasen einer Geburt	110

Kapitel 7

Sternenalltag	125
Aus vier p entsteht He	128
Mit CNO geht's ebenso	136
Leicht lebt lang	139
Das Linienband	141
Balance auf hohem Niveau	143

Kapitel 8

Quo vadis, Stern?	145
Leichtgewichtsklasse: 1 Sonnenmasse	146
Von Ast zu Ast	149
Mittelgewichtsklasse: 3 bis 8 Sonnenmassen	165

Kapitel 9

Schweres nach der Hauptreihe	174
Ein explosiver Abgang	180
Geht's auch anders?	185

Ein Neutronenstern unter der Lupe 187
Was macht einen Neutronenstern zu einem Pulsar? 190

Kapitel 10

Die Elementeküche 194

Kapitel 11

Große Metamorphose 202
Die Solisten 202
Doppelt gemoppelt 208
Versteckspiele 213
Eruptive Veränderliche 216
Supernovae des Typs II, Ib und Ic 217
Supernovae des Typs Ia 219
Novae und Zwergnovae 225
R-Corona-Borealis-Sterne 228

Kapitel 12

Was übrig bleibt 232
Planetarische Nebel 232
Supernovaüberreste 234

Kapitel 13

Alles auf Anfang – die ersten Sterne 240
Sterngeburten im Computer 243
Was gibt es da zu sehen? 249
Der Hammer 253

Kapitel 14

Gedanken sind frei 256

Anhang

Formeln und Gleichungen	265
Glossar	275
Internetadressen	291
Literatur	294
Personen- und Sachregister	297
Bildnachweis	311

Vorwort

Um es gleich vorwegzunehmen: Dieses Buch hat mit Astrologie nichts zu tun! Auch wenn der Titel gewisse Hoffnungen wecken sollte, so werden wir, stur, wie wir sind, nicht vom geraden Weg der reinen Wissenschaft abweichen. Alle, die etwas anderes erwarten, sollten dieses Buch besser gleich gegen einen Mondkalender tauschen.

Doch denen, die sich einen Überblick verschaffen wollen über das Wesen der Sterne und die Vielfalt der Erscheinungsformen, kann das Buch eine kurzweilige Lektüre sein. Allerdings: Ein bisschen »Mitdenken« sollte schon sein. Zwar sind wir der Meinung, dass es gut ist, Wissenschaft unterhaltsam zu vermitteln. Doch Wissenschaft nur zur Unterhaltung – das klappt nicht. Wissen wird einem nicht geschenkt, man kommt um ein gewisses Maß an geistiger Anstrengung nicht herum. In diesem Sinne: »Per aspera ad astra«, wie die Lateiner sagen. Es fällt einem nichts in den Schoß!

Kapitel 1

Von der Astronomie zur Astrophysik

Der Himmel ist unser Guckloch auf die Bühne des Kosmos. Dort wird ganz großes Theater gespielt. Stücke von grenzenloser Erhabenheit, Wucht und Dramatik. Kant, der »Alte aus Königsberg«, hat einmal gesagt: »Zwei Dinge erfüllen das Gemüt mit zunehmender Bewunderung und Ehrfurcht: der gestirnte Himmel über mir und das moralische Gesetz in mir.«

Versuchen wir zu verstehen, was den Philosophen Kant zu dieser Aussage bewegt hat. Das moralische Gesetz kann als eine objektive, rationale Regel begriffen werden, nach der sich der freie menschliche Wille vernünftigerweise zu richten bereit ist. Dabei verleiht der Begriff »Moral« dieser Regel erst ihren hohen Stellenwert. Salopp gesprochen ist Moral eine Art Gleitmittel zum Abbau sozialer Reibungen zwischen den Individuen. Sozialwissenschaftler würden es vermutlich anders ausdrücken. Vielleicht würden sie sagen: Moral ist ein Wertekanon, der in einer Gruppe von Individuen ein einvernehmliches Mit- und Nebeneinander möglich macht. In diesem Sinne setzt Moral ein Bewusstsein für »Gut« und »Böse« voraus. Man könnte daher sagen: Das moralische Gesetz ist das gefühlte innere Gewissen, das uns ermahnt: »Du sollst!« beziehungsweise »Du sollst nicht!«

Natürlich ist das moralische Empfinden individuell ausgeprägt. Die Bandbreite der Charakterzüge reicht vom Heiligen bis hin zum Verbrecher. Demnach bemisst sich der moralische Rang des Individuums daran, in welchem Umfang es sich seiner inneren Stimme verpflichtet fühlt. Ein isoliertes, nur sich selbst verantwortliches Wesen würde vermutlich auch ohne

Moral kaum in einen Gewissenskonflikt geraten, da sich Moral wohl erst in der Haltung gegenüber anderen zeigen kann. Doch innerhalb einer Gruppe, einer Population, ist ein gewisses Maß an Moral unverzichtbar. Dort bedarf es einer Leitlinie, einer Richtschnur, an der sich das individuelle Handeln wie auch das Verhalten gegenüber anderen orientieren kann. Damit Konfliktbewältigung funktioniert, muss der moralische Verhaltenskodex, das moralische Gesetz, nicht nur von allen Individuen akzeptiert sein, vielmehr müssen auch alle Individuen imstande sein, ihm Folge zu leisten. In dem ebenfalls von Kant formulierten Satz: »Handle stets so, dass die Maxime deines Handelns jederzeit als Prinzip einer allgemeinen Gesetzgebung gelten könne«, kommt das klar zum Ausdruck. Auf Erden ist der Mensch vermutlich das einzige Geschöpf, das eine gewisse innere Verpflichtung gegenüber seiner Umwelt verinnerlicht hat. Auf einen kurzen Nenner gebracht: Erst gelebte Moral macht den Homo sapiens zum Menschen.

Im Gegensatz zur Spezies Mensch kennt die Natur keine Moral. Manche sagen: »Die Natur ist grausam.« Aus der Perspektive eines vom Schicksal gebeutelten Individuums mag man dieser Ansicht zustimmen. Objektiv betrachtet erweist sich diese Meinung jedoch als falsch. In der Natur gelten andere Gesetze, keine moralischen, sondern eben Naturgesetze. An die Stelle der freien Entscheidung zwischen einem »Du sollst nicht!« und einem »Ich mache es trotzdem!« setzt die Natur ein kompromissloses »Du kannst nicht!« Jeder Versuch, sich dagegen zu stemmen, muss scheitern. Die Natur kennt da keinen Spaß, aber – wiederum tröstlich – sie kennt auch keine Bosheit.

Verhaltensforscher haben mittlerweile auch im Tierreich, insbesondere bei den Primaten, Verhaltensweisen entdeckt, die man als eine Form von Moral deuten kann. Affen helfen sich manchmal gegenseitig. Doch ist das von ähnlicher Intensität wie beim Menschen? Handelt es sich dabei nicht lediglich um eine Art Instinkt, nach dem Motto: »Was dir hilft, hilft auch mir«? Bewusst gelebte Moral verlangt ein gewisses Maß an Selbstlosigkeit und setzt Selbstreflexion und insbesondere ei-

nen freien Willen voraus, sich so oder so zu entscheiden. Kann man das einem Schimpansen, dem uns am nächsten stehenden Primaten, zubilligen? Wir stellen das nicht in Abrede. Aber wir sehen doch einen deutlichen Unterschied. Vielleicht liegt es auch einfach daran, dass wir eben keine Affen und nicht in der Lage sind, die »Moral« dieser Gattung zu verstehen oder richtig zu deuten. Oder weil wir gar nicht bereit sind, anderen Lebewesen einen so hohen Entwicklungsstand zuzubilligen, der eine wie auch immer geartete Form von Moral einschließt. Man kann uns Menschen in dieser Hinsicht ja einen ausgeprägten Chauvinismus nicht absprechen. Wohin das führen kann, ist insbesondere am Umgang des Menschen mit seiner Umwelt zu beobachten. Wie auch immer: Gewisse Formen »animalischer« Moral sind nicht völlig auszuschließen.

Kann man sich ein moralisches Gesetz bei höher entwickelten Tieren noch vorstellen, so ginge es wohl zu weit, wollte man von ihnen auch eine gewisse Ehrfurcht beim Anblick des nächtlichen Sternenhimmels erwarten. Uns ist jedenfalls kein Fall bekannt, wo Primaten den Sternen gesteigerte Aufmerksamkeit entgegengebracht hätten beziehungsweise ihr Verhalten Anzeichen von Bewunderung erkennen ließ. Ganz anders beim Menschen. Was ihn auszeichnet, ist die Fähigkeit zu staunen. Auslöser dieser Befindlichkeit ist zumeist die Konfrontation mit etwas Unerwartetem, etwas Großartigem oder auch Verwunderlichem. Aber auch die Begegnung mit dem Unerklärlichen, dem Unverstandenen lässt Menschen ins Staunen geraten. Staunen heißt, sich des Besonderen bewusst zu werden. Der Romancier Theodor Fontane meint: »Staunen ist auch eine Kunst. Es gehört etwas dazu, Großes auch als groß zu begreifen.« Fast immer ist das Staunen mit intensiven Emotionen verknüpft: beispielsweise einem Gefühl der Bewunderung, des Respekts, der Verehrung. Oft ruft es aber auch Befremden oder Irritation hervor. Und nicht zuletzt folgt auf Staunen oft Neugierde. Das Unbekannte und Unbegreifliche soll zu Vertrautem und Erklärbarem werden. Schon Thomas von Aquin hat gesagt: »Das Staunen ist eine Sehnsucht nach

Wissen.« So gesehen sind Wissen und Erkenntnis das Ergebnis ursprünglichen Staunens und der daraus resultierenden Neugierde. Auf einen Nenner gebracht heißt das: Staunen ist die Triebfeder aller Wissenschaft. Niemand weiß, wann in der Geschichte erstmals einer unserer Vorfahren erstaunt den Blick zum Himmel gerichtet und sich Fragen gestellt hat wie: Was hat das da draußen zu bedeuten? Woher kommt das alles? Seitdem ist nichts mehr, wie es war. Der Blick »nach oben« und die Faszination, die davon ausgeht, haben nahezu alle Kulturen der Weltgeschichte in ihren Bann gezogen und bis heute nicht mehr losgelassen. Überspitzt ausgedrückt war diese erste gedankliche Auseinandersetzung mit dem Phänomen Himmel die Geburtsstunde der Astronomie.

Einst ...

Wie archäologische Funde zeigen, dürften sich bereits die Menschen der Steinzeit an den Strukturen des Himmels orientiert haben. Wie sonst ist es zu erklären, dass ihre Gräber bevorzugt nach bestimmten Himmelsrichtungen, vornehmlich nach Westen, ausgerichtet waren? Wandmalereien in der Höhle von Lascaux, in der Forscher heute die Plejaden und den Tierkreis zu erkennen glauben, deuten ebenfalls auf eine Beschäftigung mit den Sternen hin. Ab etwa 4000 v. Chr. waren es dann insbesondere die Ägypter und Babylonier im Orient, die Inder und Chinesen in Asien, die Mayas und Azteken in Südamerika sowie die Griechen in Europa, die sich sehr intensiv mit Astronomie befasst haben. So konnten die Babylonier die Positionen verschiedener Himmelskörper berechnen und deren Erscheinen vorhersagen. Sie waren auch die Ersten, die erkannten, dass der Morgen- und der Abendstern ein und dasselbe Objekt ist: die Venus. Bemerkenswert auch die schon um 2000 v. Chr. erstellten sehr genauen Mayakalender und die Tatsache, dass den Gelehrten dieser Kultur die Umlaufzeiten der Planeten bis auf eine Abweichung von nur wenigen Minuten genau bekannt waren.

Auch im frühen China war die Astronomie eine Wissenschaft von hohem Ansehen. Aus der Zeit um 3000 v. Chr. sind Aufzeichnungen und Beschreibungen von Kometen und Finsternissen überliefert. So waren die chinesischen Astronomen schon in der Lage, Sonnenfinsternisse vorauszuberechnen. Ihnen war bewusst, dass ein solches Ereignis immer nur bei Neumond stattfinden kann und dass die Mondbahn gegen die Umlaufbahn der Erde um die Sonne leicht geneigt ist. Derartige Berechnungen wurden mit besonderer Sorgfalt durchgeführt, denn die Hofastronomen mussten mit ihrem Leben bezahlen, wenn der Herrscher und sein Volk von einem derartigen Schauspiel überrascht wurden. Auch seltene, spektakuläre Himmelserscheinungen wie eine Supernova wurden als Besonderheit erkannt und als Besuch eines sogenannten »Gaststerns« in den Annalen vermerkt.

Bei den Ägyptern deutet die Ausrichtung der Pyramiden nach den Sternen auf ein intensives astronomisches Studium des Himmels hin. So unterteilte ihr Kalender das Jahr bereits in 365 Tage. Eine besondere Rolle spielte dabei der Stern Sirius. Der erste Tag, an dem dieser Himmelskörper kurz vor Sonnenaufgang am östlichen Horizont erschien, war für die Ägypter das Zeichen, dass nun die alljährliche Nilflut begann.

Auch im nördlichen Europa findet man Anzeichen einer Beschäftigung mit den Sternen. Das englische Stonehenge gibt davon ein eindrucksvolles Zeugnis. Vermutlich zwischen 2500 und 2000 v. Chr. erbaut, besteht diese Anlage aus mehreren konzentrischen Ringen riesiger, unbehauener Steinblöcke, sogenannten Megalithen. Einige dieser Steine sind nach den Positionen der Sonnenwende und Tagundnachtgleiche ausgerichtet. Man nimmt daher an, dass diese Anlage ein frühes Observatorium gewesen ist. In Griechenland und Kleinasien kann man den Beginn der beobachtenden Astronomie auf die Zeit um 3000 v. Chr. festlegen. Die Sonne, der Mond und der Wechsel der Jahreszeiten waren für die damaligen Naturphilosophen bereits Gegenstand intensiven Studiums. Dass das damalige Bild vom Kosmos jedoch noch sehr verschwommen war, darf nicht verwundern. So unterteilte Aristoteles im 4. Jahrhundert

v. Chr. das Universum in lediglich zwei Bereiche: in eine innere, sublunare Region, die von der im Zentrum stehenden Erde bis zur Umlaufbahn des Mondes reichen sollte, und in eine superlunare Region, von der Umlaufbahn des Mondes bis zu den kristallinen Sphären, an denen die Sterne beziehungsweise Planeten »angeheftet« sein mussten. Jenseits dieser Sphären war nach seiner Meinung nichts, nicht mal leerer Raum.

Doch das anfänglich noch verschwommene Bild gewann schnell an Kontur. Es hat nicht lange gedauert, bis aus dem damaligen griechischen Kulturraum hervorragende Denker und Philosophen hervorgingen, die nicht nur auf dem Gebiet der Astronomie bahnbrechende Entdeckungen machten. So kam es beispielsweise zur Entwicklung immer genauerer Verfahren zur Zeitmessung. Insbesondere der Bau von Sonnenuhren wurde mehr und mehr vervollkommen. Auch die Armillarsphäre, ein astronomisches Instrument zur exakten Winkel- und Koordinatenmessung und zur Darstellung der Bewegung von Himmelskörpern, geht auf die Griechen zurück. In Europa wurde die Armillarsphäre erst Mitte des 15. Jahrhunderts bekannt, dann aber bis zur Erfindung des Fernrohres um 1600 zum wichtigsten Instrument der damaligen Astronomie (Abb. 1). Auch auf dem Gebiet der Vorhersagen standen die griechischen Naturphilosophen den Chinesen in nichts nach: Im Jahr 585 v. Chr. sagte Thales von Milet für den 28. Mai eine Sonnenfinsternis vorher. Als dieses Ereignis dann tatsächlich eintrat, soll es die Menschen derart erschreckt haben, dass man eine Schlacht, die just zu diesem Zeitpunkt zwischen den Lydern und den Medern tobte, abbrach und spontan Frieden schloss.

Doch machen wir uns nichts vor! Die Beschäftigung mit den Objekten des Himmels hatte ihre Beweggründe zunächst nicht so sehr in der wissenschaftlichen Erforschung der Dinge, sondern entsprang vorwiegend religiösen Aspekten. Mystik und der Glaube an Götter und Dämonen spielten eine bedeutende Rolle im Leben der Menschen. Was sich am Himmel tat, wurde als Ausdruck ihrer Macht verstanden, und die Katastrophen auf Erden gaben Zeugnis ihrer übernatürlichen Stärke. Was lag



Abb. 1: Bis zur Erfindung des Fernrohres durch Galilei im Jahr 1610 gehörte die Armillarsphäre zu den wichtigsten Instrumenten in der Astronomie. Sie diente zur exakten Bestimmung von Winkeln und zur Darstellung der Bewegung von Himmelskörpern.

da näher als der Wunsch, die Götter und Dämonen gnädig zu stimmen und das persönliche Schicksal vorauszusehen? Die Beobachtung des Himmels zielte darauf ab, aus den Konstellationen der Sterne Regeln und Verhaltensweisen abzuleiten, die drohendes Unheil abwenden und Erfolg und Wohlergehen garantieren sollten. Astronomie war folglich auf das Engste mit Astrologie verwoben: Die Astronomie lieferte die rechnerischen Voraussetzungen, die Astrologie war für die Sinndeutung des Geschehens am Himmel zuständig. Mit Astronomie im heutigen Sinne hatte das oft nur am Rande zu tun. Rückblickend muss man das damalige Himmelsstudium daher als pseudowissenschaftlich bezeichnen.

Neben religiösen Motiven hatten die frühzeitlichen »Himmelswissenschaften« aber auch einen handfesten ökologischen und ökonomischen Aspekt. Denn war die Regelmäßigkeit der Vorgänge am Himmel erst einmal erkannt, so hatte man eine präzise Uhr zur Verfügung, anhand derer sich beispielsweise die Jahreszeiten festlegen ließen. Auch Kalender und Berechnungen zur Länge von Tag und Nacht wurden möglich. Für ein Volk, das, wie die Ägypter, Landwirtschaft betrieb, war der richtige Zeitpunkt für Aussaat und Ernte von großer Bedeutung. Auch die Bestimmung des Zeitpunktes, wann der Nil mit seinen Schlammfluten wieder für neuen, fruchtbaren Boden sorgen würde, gehörte zu den Hauptaufgaben der astronomisch gebildeten Priester. Nicht zuletzt ermöglichte die Kenntnis der Sternpositionen die Orientierung und sichere Navigation von Schiffen oder Karawanen in endlosen Weiten.

Wie schon erwähnt, hat sich das Bild im Lauf der Zeit gewandelt: weg vom Mythos und hin zum Logos. Berühmtes Beispiel antiker Forschung ist die Bestimmung des Erdumfangs durch Eratosthenes um 220 v. Chr. In dem Wissen, dass in Syene an einem bestimmten Tag das Licht der Sonne senkrecht in einen Brunnen fällt, maß er zur gleichen Zeit im rund 800 Kilometer entfernten Alexandria die Länge des Schattens eines in den Sand gesteckten Stabes und konnte so den Umfang der Erde berechnen: 40 000 Kilometer – in guter Übereinstimmung mit dem tatsächlichen Wert. Auch der griechische Astronom Hipparchos, der um 150 v. Chr. auf Rhodos gelebt haben soll, gehörte zu den Ersten, die den Himmel, besser gesagt die Sterne, unter rein wissenschaftlichen Gesichtspunkten betrachteten. Er katalogisierte über 1000 Sterne, indem er ihre genaue Position und Bewegung am Himmel erfasste. Seine mühevollen Arbeit erfuhr übrigens im August 1989 eine späte Würdigung: Die ESA (European Space Agency) startete einen Astrometrietelelliten mit der Aufgabe, die genaue Position von über 100 000 Sternen zu bestimmen. Zu Ehren dieses verdienstvollen Astronomen gab man ihm den Namen Hipparchos. Schließlich muss noch Ptolemäus erwähnt werden, der unter den griechischen

Denkern, die man guten Gewissens als Astronomen bezeichnen darf, einen besonders hohen Rang einnimmt. In seiner Abhandlung »Mathematikes syntaxeos biblia XIII« fasste er um 150 n. Chr. das gesamte astronomische Wissen seiner Zeit zusammen. Damit war ein Standardwerk geschaffen, das rund anderthalb Jahrtausende, bis ins 17. Jahrhundert hinein, als die astronomische Bibel schlechthin galt.

Was die griechischen Denker letztlich so erfolgreich werden ließ, war ein Paradigmenwechsel im Verständnis vom Wesen der Dinge. Man kam zu der Überzeugung, dass sich die Welt alleine durch rationale Argumente, ohne Zuhilfenahme von Göttern und mythischen Gestalten, beschreiben und verstehen lässt. Damit waren die Griechen die Ersten, die Astronomie streng rational und ohne kultischen Hintergrund betrieben. Auch wenn das damalige astronomische Wissen heute größtenteils als überholt und veraltet gilt und uns rückblickend einige Lehrsätze vielleicht sogar etwas naiv anmuten, so kann der Wissensstand der antiken Denker nicht hoch genug bewertet werden. Allein die Tatsache, dass die Ergebnisse ausschließlich durch Beobachtungen mit bloßem Auge gewonnen wurden, macht deutlich, wie begrenzt damals die Möglichkeiten zum Studium des Himmels waren. Solange sich viele unserer so aufgeklärten Zeitgenossen ratlos zeigen, wenn es darum geht, elementare astronomische Gesetzmäßigkeiten wie das Zustandekommen der Jahreszeiten oder der Mondphasen zu erklären, besteht kein Grund zur Überheblichkeit. Außerdem: Es kommt nicht so sehr darauf an, wie viel an Wissen man angehäuft hat, sondern was man damit macht.

Sprechen wir jetzt – endlich – über die Sterne. Mayakalender, vorhergesagte Sonnenfinsternisse und die genaue Bestimmung der Jahreszeiten, das sind zweifellos außergewöhnliche Leistungen der antiken Kulturen. Was aber den nächtlichen Himmel so einzigartig und faszinierend macht, das sind doch die Sterne! Sie wurden vornehmlich als helle, schon immer vorhandene und auf ewig existierende Punkte am Himmel wahrgenommen. Natürlich wurden ihre Positionen, ihr Erscheinen

und abermaliges Verschwinden auf und von der Himmelsbühne sorgfältig vermerkt. Hipparchos haben wir schon erwähnt, und auch Ptolemäus, der in seinen Aufzeichnungen einen umfangreichen Katalog von insgesamt 1024 Sternen hinterlassen hat. Doch das Wesen der Sterne, aus was sie bestehen, woraus sie sich zusammensetzen, das war selten Gegenstand von Untersuchungen. Allein von den Griechen weiß man, dass sie sich hinsichtlich des Sternaufbaus Gedanken gemacht haben. Ihre Astronomen waren überzeugt, dass die Sterne ihre Leuchtkraft aus irgendeiner Art von Feuer beziehen. Normales Kohlenfeuer kam nicht in Frage, da es für die großen Entfernungen zu schwach schien. Man glaubte seine Helligkeit lediglich daraus erklären zu können, dass der ganze Stern aus glühendem Gestein bestünde.

... und heute

Die heutige Astronomie hat da ungleich mehr zu bieten. Vor allem auf dem Gebiet der Instrumente sind die Fortschritte gewaltig. Konnte man bis etwa 1600, als die ersten einfachen Linsenfernrohre zum Einsatz kamen, den Himmel nur mit bloßem Auge beobachten, so stehen heute Teleskope zur Verfügung, die Daten praktisch in allen Wellenlängenbereichen des elektromagnetischen Spektrums liefern. Im Bereich des sichtbaren Lichts stehen das VLT (Very Large Telescope) in der Atacamawüste in Chile und die beiden Keck-Teleskope auf Hawaii an vorderster Front der Entwicklung. Das VLT besteht eigentlich aus vier zusammenschaltbaren Einzelteleskopen mit je 8,4 Meter Spiegeldurchmesser (Abb. 2). Die beiden Keck-Spiegel sind mit zehn Metern Durchmesser sogar noch etwas größer. Und natürlich darf man das Hubble-Weltraumteleskop nicht vergessen, das den Astronomen seit Jahren immer neue faszinierende Bilder liefert (Abb. 3).

Noch größer sind die Teleskope für den Radiowellenbereich. Das Arecibo-Teleskop in Puerto Rico, das zweitgrößte Radio-

teleskop der Welt, hat einen Spiegeldurchmesser von 304,8 Metern. Übertroffen wird es nur noch vom RATAN-Teleskop im Kaukasus mit rund 600 Metern Durchmesser. Da nimmt sich das deutsche Radioteleskop auf dem Effelsberg in der Eifel mit 100 Metern Spiegeldurchmesser fast bescheiden aus. Doch wenn es darum geht, möglichst scharfe Bilder zu erzeugen, sind viele zu einem großen Teleskop zusammenschaltbare Einzelteleskope von Vorteil. Das Very Large Array in New Mexico mit 27 Teleskopen zu je 25 Meter Spiegeldurchmesser ist ein gutes Beispiel.

Für Beobachtungen im Bereich der Infrarot- (IR) beziehungsweise der Röntgenstrahlung muss man die Teleskope im Weltraum stationieren, denn die Erdatmosphäre ist für IR-

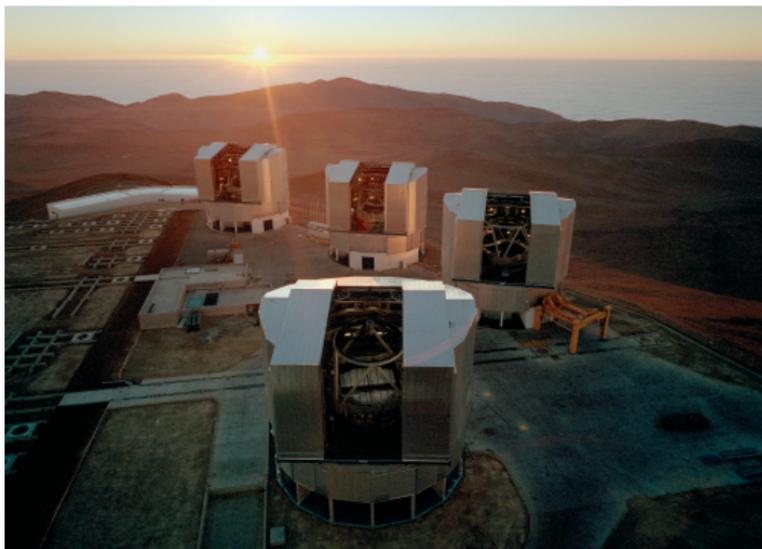


Abb. 2: Das Very Large Telescope (VLT) der Europäischen Südsternwarte (ESO) auf dem 2635 Meter hohen Cerro Paranal in der Atacamawüste im Norden Chiles ist eines der größten und leistungsfähigsten Spiegelteleskope der Welt. Die vier gleichartigen Teleskope, jedes mit einem Spiegeldurchmesser von 8,2 Metern, können sowohl einzeln benutzt werden als auch über entsprechende Strahlführungen zu einem einzigen Teleskop zusammenschaltet werden.



Abb. 3: Im Jahr 1990 wurde das Hubble Space Telescope (HST) in eine erdnahe Umlaufbahn außerhalb der Erdatmosphäre gebracht. Seine volle Leistung erreichte es jedoch erst 1993, nachdem man in einer Reparaturmission die Abbildungsfehler des Hauptspiegels mit einer Korrekturlinse beseitigt hatte. Seitdem liefert das HST immer wieder spektakuläre Bilder aus den Tiefen des Kosmos.

und Röntgenstrahlung nahezu undurchlässig. Am begehrtesten sind gegenwärtig Beobachtungszeiten am Spitzer-Teleskop, einem Infrarotsatelliten, der seit August 2003 hinter der Erde um die Sonne läuft. Für Messungen im Röntgenbereich werden die Satelliten Chandra, XMM-Newton, Integral und Swift genutzt. Röntgenstrahlung entsteht vornehmlich dort, wo entweder extrem hohe Temperaturen herrschen, wie in der unmittelbaren Umgebung Schwarzer Löcher, oder wo ein massereicher Stern explodiert beziehungsweise zwei Neutronensterne zu einem Schwarzen Loch verschmelzen. Nicht zuletzt soll die Beobachtung der Röntgenstrahlenausbrüche bei jungen Sternen helfen, die Prozesse zur Sternentstehung besser zu verstehen.

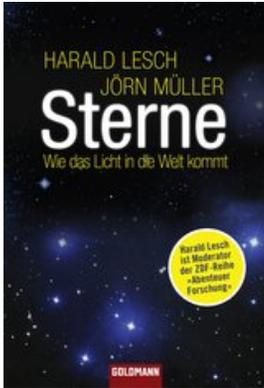
Und dann gibt es da noch den Computer. Neben den der Beobachtung dienenden Instrumenten hat er sich zu einem der wichtigsten Hilfsmittel der theoretischen Astronomie gemauert. Mit ihm simulieren die Astronomen beispielsweise die Vorgänge bei der Entstehung von Sternen oder die Prozesse im Inneren explodierender Sterne. Dank seiner enormen Rechen-

kapazität kann man sogar die Kollision zweier Galaxien veranschaulichen oder die Strukturbildung im frühen Universum studieren.

Obwohl man mit modernen Beobachtungsinstrumenten bis fast an die Grenzen des uns zugänglichen Universums schauen kann, war und ist unsere Sonne noch immer das wichtigste Studienobjekt. Ihrer vergleichsweise geringen Entfernung zur Erde ist es zu verdanken, dass wir heute nicht nur über diesen unseren nächsten Stern, sondern über die Sterne insgesamt relativ gut Bescheid wissen. Sterne unterscheiden sich ja nicht nur hinsichtlich ihrer Entfernung zur Erde, das wäre ziemlich einfach. Nein, Sterne zeigen bezüglich ihrer Größe, ihrer Masse, ihrer Leuchtkraft, ihrer Temperatur und ihrer Entwicklungsgeschichte eine immense Variationsbreite. Sterne werden geboren, und sie sterben auch wieder. Es gibt junge und alte Sterne. Es gibt Kannibalen unter den Sternen und solche, die schon tot zu sein scheinen und dann doch noch zu einem neuen Leben mit furiosem Ende erwachen. Es gibt Sterne, die vor Kraft, sprich Leuchtkraft, schier zu platzen scheinen, und andere – und das sind die meisten –, die sich daneben wie klägliche Fuzeln ausnehmen. Die Vielfalt ist nahezu unüberschaubar, und immer noch werden neue Sterntypen entdeckt und neue Erkenntnisse gewonnen. Hinsichtlich seiner Artenvielfalt wird der Zoo der Sterne wohl nie vollständig zu erfassen sein.

Damit sind wir bei diesem Buch. Was erwartet uns in den folgenden Kapiteln? Die Anfangszeile des englischen Wiegenlieds »Twinkle twinkle little star, how I wonder what you are« soll als Motto dienen. Frei übersetzt heißt das: »Funkle nur, du kleiner Stern, was du bist, das wüsst' ich gern...« Und genau auf das wollen wir hinaus! Was ist ein Stern, aus was besteht er, was lässt ihn leuchten? Und vor allem: Was sind die Charakteristika der verschiedenen Klassen, in die man die Sterne einteilt? Außerdem interessiert uns, welche Parameter die Sterne so unterschiedlich ausfallen lassen, warum einige so lange und andere so kurz leben. Warum verbergen viele ihren unspektakulären Tod fast schamhaft hinter prächtigen Nebelschleiern,

UNVERKÄUFLICHE LESEPROBE



Harald Lesch, Jörn Müller

Sterne

Wie das Licht in die Welt kommt

Taschenbuch, Broschur, 320 Seiten, 12,5 x 18,3 cm

ISBN: 978-3-442-15643-6

Goldmann

Erscheinungstermin: März 2011

Die Unterhaltungskünstler der Astronomie erklären den Sternenhimmel: Verständlich, kurzweilig, sachkundig!

Der Nachthimmel über unseren Köpfen fasziniert uns mit seiner fantastischen Vielfalt von Abermilliarden Sternen, aber was ist ein Stern überhaupt? Woraus besteht er? Warum leuchtet er? Wie wird ein Stern geboren und wie stirbt er? Das erfolgreiche Autorenduo Lesch/Müller nimmt den Leser mit auf eine Reise in die wunderliche Welt von Roten Riesen und Weißen Zwergen, Pulsaren, Neutronensternen, Supernovae. Anschaulich und verständlich erklären die beiden Experten die Welt der Sterne und eröffnen sachkundig einen faszinierenden Kosmos.