

Das Universum entdecken

Das Geheimnis der Planeten, Sterne und Galaxien enthüllen

Das elektromagnetische Spektrum kennenlernen

Verstehen, woher wir kommen und wohin wir gehen

# Kapitel 1

## Willkommen im Universum

**H**aben Sie jemals in den Nachthimmel geschaut und sich dabei gefragt, was Sie sehen? Wie konnten sich all diese Lichtpunkte am Himmel bilden? Warum sind einige heller als andere? Haben Sie dieses Gefühl von Ehrfurcht und Staunen tief in Ihrer Seele gespürt und realisiert, dass Sie nur ein kleiner Teil von etwas sind, das viel größer ist? Wenn einer dieser Punkte auf Sie zutrifft, dann willkommen bei *Astrophysik für Dummies!*

Sie befinden sich beim Nachdenken über das Universum in guter Gesellschaft. Seit den frühesten überlieferten Aufzeichnungen teilen die Menschen die Faszination für den Kosmos. Und glücklicherweise sind die Kenntnisse und das Wissen über das Universum heute exponentiell größer als zur Zeit unserer Vorfahren.

Obwohl das bloße Betrachten des Himmels sehr inspirierend sein kann, kann das Verstehen der Vorgänge dort eine überwältigende Erfahrung sein. Der Blick in den Himmel offenbart nicht nur andere Welten in unserem Sonnensystem, sondern auch andere Sterne, von denen viele wiederum eigene Planeten haben können. Wenn der Himmel dunkel genug ist, können Sie beispielsweise die Milchstraße sehen, das helle Sternenband, das sich über den Himmel erstreckt und genau genommen die Scheibe des Milchstraßensystems ist. Ihre Kenntnisse der Astrophysik verwandeln ein schönes Schauspiel in etwas Bekanntes, aber nicht weniger Staunenswertes.



Mit gutem Sehvermögen oder einem Fernglas und/oder Teleskop können Sie Nebel sehen und verstehen, dass viele davon Gas- und Staubwolken sind, in denen neue Sterne entstehen. Sie können sogar Galaxien jenseits der Milchstraße sehen und feststellen, dass sie Milliarden an eigenen Sternen enthalten. Aufgrund einer der wesentlichen Eigenschaften der Astrophysik (die Lichtgeschwindigkeit ist eine Konstante) beinhaltet die riesige kosmische Entfernung dieser Objekte auch, dass man bei ihrem Anblick gleichzeitig einen Blick in die Vergangenheit

wirft. Demzufolge umfasst die Astrophysik sowohl die Erforschung des Raumes als auch der Zeit, und sie kann Sie auch den langen Weg zurück zum Beginn der Zeit führen – zum Urknall, dem Ereignis, das das Universum entstehen ließ.

Das Wort *Astrophysik* mag abschreckend wirken, aber es ist nichts weiter als ein wissenschaftlicher Begriff, der einen beschreibenden Blick auf das Universum (das ist der astronomische Teil) mit einem mathematischen Verständnis der Grundlagen dessen, was Sie sehen, verbindet (das ist der physikalische Teil). Keine Sorge! Wir bringen Sie in den Grundlagen auf den neusten Stand, bevor Sie in die Einzelheiten des Universums eintauchen. Ehe Sie sich versehen, werden Sie Ihren Platz im Weltall erklären und verstehen können, und Sie werden ein bisschen mehr darüber wissen, wie die Welt funktioniert.

Willkommen in der Astrophysik!

## Die Wissenschaft der Astrophysik

Die Astrophysik hat sich erst innerhalb der letzten 150 Jahre als eigenständiges Gebiet sowohl von der Astronomie als auch der Physik abgegrenzt. Die Astronomie ist im Wesentlichen eine Wissenschaft der Beobachtung, während sich die Astrophysik mehr mit dem Verständnis dieser Beobachtungen beschäftigt. Machen Sie sich bereit, und stürzen Sie sich hinein!

### Der Beginn der Astronomie



Die frühen Jahrtausende der Astronomie können als weitgehend beschreibend angesehen werden. Die Menschen auf der ganzen Welt dokumentierten den Himmel, beobachteten Veränderungen und dachten sich Geschichten aus, um die Beobachtungen zu erklären. Diese Geschichten wurden in den Namen der Sternbilder festgehalten und von Kulturen auf der ganzen Welt geschaffen. Die Menschen beobachteten, dass die meisten Sterne zwar feste Muster am Himmel hatten, es aber auch wiederkehrende Muster gab. So ging beispielsweise die Sonne in vorhersehbarer Weise auf und unter. Frühe Beobachter vermerkten einige Eindringlinge: Sterne, die im Verlauf des Jahres ihre Position änderten, erwiesen sich später als Planeten, und auffällige Besucher wie gelegentliche Kometen und Sternschnuppen hatten ihre eigenen Auftritte.

Im Laufe der Zeit wurden die astronomischen Beobachtungen immer gründlicher, da Teleskope erfunden und zur genaueren Beobachtung des Himmels eingesetzt wurden. Schon bald entdeckten die Astronomen, dass der Himmel mehr zu bieten hatte als funkelnde Lichtpunkte. Obwohl es sich bei den meisten dieser Objekte um Sterne handelte, offenbarten die Teleskope des 19. Jahrhunderts und die Erfindung der Fotografie die größeren, matten und unschärferen Objekte wie Nebel und Galaxien. Mit dieser erweiterten Besetzung war der Weg bereitet und das Interesse am Weltall ausreichend geweckt, um ein völlig neues Forschungsgebiet zu schaffen, das sowohl eine bis zum Äußersten reichende Vorstellungskraft als auch Kreativität erforderte.

## Eine wunderbare Verbindung: Physik, Astronomie und Astrophysik

Physik ist, wie Sie sich vielleicht aus Ihrer Schulzeit erinnern werden, die Lehre von der Wirkungsweise der Sie umgebenden Welt. Wenn Ihnen eine Dose Bohnen auf den Zeh fällt, ist das die Wirkung der Gravitation. Die Astronomie befasst sich dagegen mit allem, was am Himmel zu sehen ist, das reicht von Planeten über Sterne bis hin zu Galaxien. Die Astrophysik ergänzt das Ganze als quantitatives Forschungsgebiet, das die Beobachtungen der Astronomie (»was«) mit den zugrunde liegenden Theorien der Physik (»wie«) verbindet. Vereinfacht ausgedrückt ist Astrophysik die Lehre von den Gesetzmäßigkeiten des Weltalls – vom Anfang bis zum Ende.



Astrophysik ist in vielerlei Hinsicht ein Gebiet, das sich mit der Erforschung des Ungreifbaren beschäftigt. Astrophysiker müssen spezielle Methoden anwenden, um Informationen zu sammeln, die im wahrsten Sinne des Wortes nicht von dieser Welt sind. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, wie Wissenschaftler diese Aufgabe angehen können:

- ✓ **Beobachtungen:** Mit erd- und weltraumgestützten Teleskopen und Instrumenten beobachten Astrophysiker das Universum unter Verwendung verschiedener Wellenlängen.
- ✓ **Laborarbeit:** Speziell entwickelte Geräte ermöglichen es Astrophysikern, bestimmte Aspekte des Weltalls direkt zu Hause zu simulieren. Vorausgesetzt natürlich, ihr Zuhause ist ein fortgeschrittenes wissenschaftliches Labor.
- ✓ **Theorie:** Mehr als Kreide an der Tafel – modernste Supercomputer simulieren alles, von der Entstehung eines Sterns bis zum Ende des Weltalls.

In Kapitel 4 finden Sie weitere Informationen zu diesen Konzepten.

## Es werde Licht! Das elektromagnetische Spektrum

Der beobachtende Teil der Astrophysik erfordert – Überraschung! – Beobachtungen.

Astrophysiker und Astrophysikerinnen beobachten das Universum mit einer Vielzahl von Methoden. Da wir (noch!) nicht zu anderen Sternen und Galaxien reisen können, beruhen all diese Beobachtungen auf messbaren Informationen, die weit entfernte Objekte in den Weltraum senden. Die meisten von diesen Informationen kommen in Form elektromagnetischer Strahlung.

Elektromagnetische Strahlung (allgemein als *Licht* bekannt) ist eine Art und Weise, auf die sich Energie durch den Raum bewegt, und sie ist für jeden, der astrophysikalische Beobachtungen durchführt, ein wichtiges Konzept. Die für den Menschen sichtbare Welt umfasst nur einen kleinen Teil dessen, was Wissenschaftler als *elektromagnetisches Spektrum* bezeichnen, den gängigen Weg zur Beschreibung aller Arten von elektromagnetischer Strahlung im Universum.

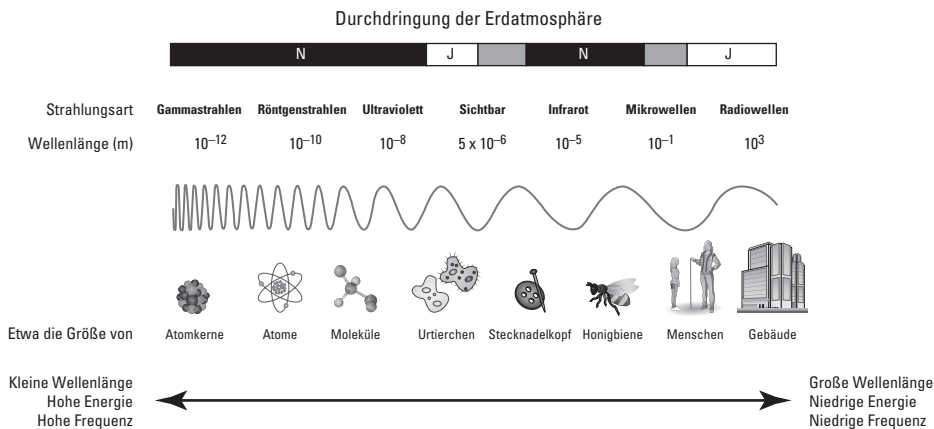


Das elektromagnetische Spektrum besteht aus sieben Gruppen von elektromagnetischen Wellen (Angaben in Metern):

- ✓ **Gammastrahlen:** kürzer als  $1 \times 10^{-11}$  Meter
- ✓ **Röntgenstrahlen:**  $1 \times 10^{-11}$  Meter bis  $1 \times 10^{-8}$  Meter
- ✓ **Ultraviolettstrahlung (UV):**  $1 \times 10^{-8}$  Meter bis  $4 \times 10^{-7}$  Meter
- ✓ **sichtbares Licht (optischer Bereich):**  $4 \times 10^{-7}$  Meter bis  $7 \times 10^{-7}$  Meter
- ✓ **Infrarotstrahlung:**  $7 \times 10^{-7}$  Meter bis  $1 \times 10^{-3}$  Meter
- ✓ **Mikrowellen:**  $1 \times 10^{-3}$  Meter bis  $1 \times 10^{-1}$  Meter
- ✓ **Radiowellen:** länger als  $1 \times 10^{-1}$  Meter

Diese Strahlungsarten werden nach Wellenlängen geordnet. Je kürzer die Wellenlänge ist, desto höher ist die Energie. Gammastrahlen sind die energiereichste Strahlungsart, aber sie haben auch die kürzeste Wellenlänge. Diese Art der Einteilung der elektromagnetischen Strahlung nach Wellenlängen wird als elektromagnetisches (EM) Spektrum bezeichnet. Abbildung 1.1 zeigt eine Darstellung des EM-Spektrums.

## DAS ELEKTROMAGNETISCHE SPEKTRUM



**Abbildung 1.1:** Das elektromagnetische Spektrum

Die elektromagnetische Strahlung wird von einem Teilchen namens *Photon* getragen. Die Energie und die Wellenlänge eines Photons sind durch folgende einfache Gleichung miteinander verbunden:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

In dieser Gleichung ist  $E$  die Energie,  $h$  eine Konstante, die sogenannte Plancksche Konstante,  $c$  die Lichtgeschwindigkeit und  $\lambda$  (der griechische Buchstabe Lambda) die Wellenlänge. Sie können dieser Gleichung entnehmen, dass die Energie umgekehrt proportional zur

Wellenlänge ist, da die Wellenlänge im Nenner des Bruchs steht. Wenn die Wellenlänge abnimmt, wächst die Energie.



Und was ist elektromagnetische Strahlung? Es ist eine Art und Weise, in der sich Photonen in Form von elektromagnetischen Wellen durch den Raum bewegen. Diese Wellen sind Träger von Energie und Impuls, und sie können sich durch das Vakuum des Weltraums und durch einige Materialien bewegen. Das sichtbare Licht ist eine Art der elektromagnetischen Strahlung, wie Sie Abbildung 1.1 entnehmen können. Das gilt aber ebenso für Radiowellen, Röntgenstrahlen und andere Arten der Strahlung.

## Wellen schlagen

Es sind die Wellenlängen, die uns Farben sehen lassen. Jedes Mal, wenn Sie nach einem Regenguss in den Himmel schauen und einen wunderschönen Regenbogen sehen, wird diese wunderbare Rundung durch winzige Wassertröpfchen verursacht, die das sichtbare Licht in seine verschiedenen Farben aufspalten, die Farben des Regenbogens! Das violette Licht, das Sie sehen, hat die kürzeste sichtbare Wellenlänge, Grün liegt in der Mitte, und Rot hat die längste Wellenlänge. Wie Sie in diesem Buch lernen werden, kann die Idee der Farben weit über das elektromagnetische Spektrum hinaus ausgedehnt werden. Die Wellenlängen des Lichts, das von einem Körper abgestrahlt oder reflektiert wird, hängen mit seiner Zusammensetzung zusammen und können auch dazu benutzt werden, um seine Geschwindigkeit und seine Entfernung von der Erde zu bestimmen.

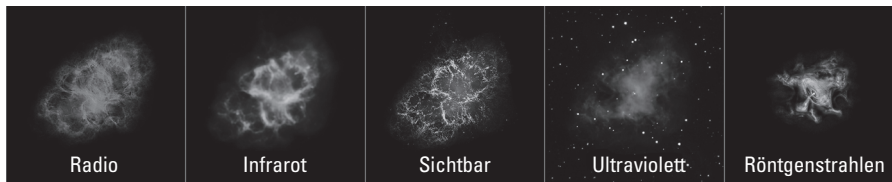


Diese einfache Erläuterung der Wellenlängen mag Sinn ergeben, aber wie bei zahlreichen Ideen in der Astrophysik ist es etwas komplizierter, als es den Anschein hat. Licht im Speziellen und elektromagnetische Strahlung im Allgemeinen hat sowohl Wellen- als auch Teilcheneigenschaften. Licht kann sich auch im Vakuum mit Lichtgeschwindigkeit bewegen. (Schockierend, nicht wahr, zu hören, dass die Geschwindigkeit, mit der sich Licht bewegt, die Lichtgeschwindigkeit ist?) Wie sich gezeigt hat, ist die Lichtgeschwindigkeit eine fundamentale, feststehende Konstante – nichts kann sich schneller bewegen als Licht, und Licht (das ja elektromagnetische Strahlung ist!) bewegt sich immer mit dieser Geschwindigkeit durch ein Vakuum.

In diesem Buch spielen verschiedene Teile des elektromagnetischen Spektrums eine Rolle, weil verschiedene Himmelskörper im Weltall ihr Vorhandensein auch auf unterschiedliche Weise kundtun. Sterne senden beispielsweise hauptsächlich sichtbares Licht aus, das man einfach messen kann, aber andere Objekte, wie etwa Neutronensterne, senden Gammastrahlen aus.



Himmelskörper senden mehr als eine Art von Strahlung aus. Abbildung 1.2 zeigt eine bekannte Gas- und Staubwolke namens Krebsnebel, wie sie durch Teleskope mit fünf verschiedenen Wellenlängen, vom Radiowellen- über den sichtbaren bis zum Röntgenbereich, beobachtet wird. In dem Abschnitt mit den Farbfotos finden Sie eine wunderschöne Version mit verschiedenen Wellenlängen.



**Abbildung 1.2:** Der Krebsnebel sendet Strahlung mit verschiedenen Wellenlängen aus (mit freundlicher Genehmigung von G. Dubner (IAFE, CONICET-University of Buenos Aires) et al., NRAO//AUI/NSF, A. Loll et al., T. Temim et al., F. Seward et al., Chandra/CXC, Spitzer/JPL-Caltech, XMM-Newton/ESA und Hubble/STScI).

Astrophysiker verwenden sowohl auf der Erde als auch im Weltraum verschiedene Arten von Teleskopen, um verschiedene Wellenlängen des elektromagnetischen Spektrums beobachten zu können. Es ist oftmals die Kombination verschiedener Datensätze mit verschiedenen Wellenlängen, wie in Abbildung 1.2 gezeigt, die neue Erkenntnisse über die Abläufe im Universum liefert.



Astronomen verwenden bei kürzeren Wellenlängen manchmal stattdessen die Frequenz zu ihrer Definition. Die Frequenz ist einfach als die Anzahl der Wellenzyklen pro Sekunde definiert und steht somit im umgekehrten Verhältnis zur Wellenlänge. Wenn die Wellenlänge zunimmt, nimmt die Frequenz ab. Für Licht und andere Arten der elektromagnetischen Strahlung, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten, kann die Beziehung wie folgt ausgedrückt werden:

$$c = \lambda \nu$$

Dabei ist  $c$  die Lichtgeschwindigkeit,  $\lambda$  die Wellenlänge und  $\nu$  (der griechische Buchstabe Ny) die Frequenz. Die Wellenlänge wird in Längeneinheiten ausgedrückt (in der Regel Meter oder Nanometer), während die Einheit der Frequenz das Hertz ist (ein Hertz bedeutet ein Zyklus pro Sekunde).

## LICHT CONTRA SCHALL

Nicht nur das Licht kommt in der Form von Wellen daher! Eine weitere wohlbekanntere Art der Wellen sind die Schallwellen. Dem Schall liegt allerdings ein völlig anderes Prinzip zugrunde (und eine andere Art von Wellen) als der elektromagnetischen Strahlung. Der größte Unterschied besteht darin, dass Schall ein Medium benötigt, um sich fortzubewegen. Schall kann durch die Luft übertragen werden, aber auch durch die Vibration eines Musikinstruments oder den Fußboden mit den Boxen des Nachbarn unter Ihnen. Im Gegensatz zu Licht kann sich Schall jedoch nicht durch ein Vakuum ausbreiten. All diese Science-Fiction-Filme mit Raumschiffen, die durch das Weltall rauschen, sind genau das – Fiktion.

## Passende Werkzeuge

Ganz egal, wie gut Ihr Sehvermögen auch sein mag, Sie werden in den Tiefen des Weltalls niemals etwas ohne Hilfsmittel sehen können. Wenn Sie keine Superkräfte haben, werden Sie auch keine Gammastrahlen, Röntgenstrahlen oder Radiowellen mit bloßem Auge sehen können. Himmelskörper wie Pulsare und Akkretionsscheiben von Schwarzen Löchern senden beispielsweise Röntgenstrahlen aus, und diese sind für das menschliche Auge unsichtbar, da sie am »kurzen« Ende des elektromagnetischen Spektrums liegen. Ohne eine spezielle Ausrüstung gibt es keine realistische Möglichkeit, etwas über diese Art von Objekten zu erfahren. In den folgenden Abschnitten werden die gebräuchlichsten Arten von Instrumenten vorgestellt, die Astrophysiker zur Beobachtung benötigen, sowie die Unterschiede zwischen ihnen erläutert.

## Das Wesentliche über Teleskope und astronomische Instrumente

Wenn Sie jemals Ihren Blick auf den Nachthimmel in einer Großstadt mit dem auf dem Land oder in einer Wüste verglichen haben, wissen Sie, dass man umso mehr Sterne sehen kann, je dunkler der Himmel ist. Astronomen gehen mit dem Konzept »dunkler Himmel ist besser« noch einen Schritt weiter, wenn es darum geht, Beobachtungen zu machen. Obwohl Sie mit bloßen Augen, einem Fernglas oder einem kleinen Teleskop einen ersten Blick auf den Himmel werfen können, ist für die wissenschaftliche Beobachtung, die der Schlüssel zur Astrophysik ist, ein größeres Teleskop erforderlich.



Gilt bei Teleskopen »je größer, desto besser«? Unbedingt, da die meisten wissenschaftlichen Teleskope das Licht der Sterne mit Spiegeln erfassen. Spiegel mit einem größeren Durchmesser sammeln mehr Licht, was es Ihnen ermöglicht, schwächere oder weiter entfernte Sterne zu beobachten.

Die meisten wissenschaftlichen optischen astronomischen Observatorien befinden sich auf den Gipfeln von Bergen, möglichst weit weg von der Zivilisation – dafür gibt es zwei Gründe:

- ✓ Berge sind in der Regel etwas weiter von großen Städten entfernt. Der Himmel ist dunkler, weil es weniger Lichtverschmutzung durch Großstadtlichter gibt.
- ✓ Berggipfel liegen gewöhnlich höher als Städte (außer Sie befinden sich in Denver, Colorado (USA), der Stadt, die den Spitznamen »Mile High City« trägt.) Je höher Sie kommen, desto dünner wird die Atmosphäre, sodass weniger Hindernisse wie Luft und Wasserdampf zwischen Ihnen und den Sternen liegen. Da die Atmosphäre ständig in Bewegung ist, kann sie zu unscharfen Bildern führen, und der Wasserdampf kann Farben blockieren. Folglich ist es umso besser, je weniger Atmosphäre vorhanden ist.

Der Zugang zu einigen Arten von Observatorien ist auch ohne lange, kurvenreiche Bergstraßen möglich. Radioteleskope können sich beispielsweise auf Meereshöhe befinden. Sie müssen trotzdem eine gewisse Entfernung zur Zivilisation haben, da sie extrem empfindlich auf Störungen im Radiowellenbereich des EM-Spektrums reagieren. Wenn ein

Wissenschaftler mit einem optischen Teleskop arbeitet, muss er darauf achten, künstliche Lichter fernzuhalten, weil sie die Sicht stören würden.

In Observatorien mit Radioteleskopen sind jedoch Mobiltelefone verboten, weil die von ihnen ausgehende Strahlung zu Störungen bei den Radioteleskopen führt. Sonnentelkope sind dagegen tagsüber in Betrieb und benötigen keinen dunklen Himmel. Diese Teleskope arbeiten oft mit speziellen Filtern, um das intensive Licht der Sonne so weit abzuschwächen, dass man arbeiten kann, ohne dass die Instrumente Feuer fangen.



Profi-Tipp: Versuchen Sie nicht, ohne spezielle Beobachtungsbrillen in die Sonne zu schauen! Die ultravioletten Strahlen der Sonne können leicht Ihre Netzhaut verbrennen und dauerhafte Schäden verursachen.



Außerdem verfügen nicht alle Observatorien über die gleichen Arten von Teleskopen. Optische Observatorien verwenden Teleskope, die Licht im infraroten und im sichtbaren Bereich des EM-Spektrums sehen, während Millimeterwellen- und Radioobservatorien bei längeren Wellenlängen eingesetzt werden.

Teleskope, die mit unterschiedlichen Wellenlängen arbeiten, unterscheiden sich gewöhnlich voneinander. Zum Beispiel gilt:

- ✓ Optische Spiegelteleskope haben reflektierende Spiegel, um das Licht einzufangen.
- ✓ Optische Linsenteleskope (die heutzutage nur noch in der Hobby-Astronomie verwendet werden) bestehen aus zwei oder mehr Linsen, die über einen Tubus miteinander verbunden sind.
- ✓ Radioteleskope verwenden die gleiche Technologie wie riesige Satellitenschüsseln.



Einige Radioteleskope arbeiten sogar in noch größeren Dimensionen, da sie über Dutzende (oder mehr) Antennen verfügen. Die Signale werden mithilfe einer Technik, die Interferometrie heißt, zusammengestellt. So vergrößert sich die effektive Basis (engl. Baseline) der aus den Antennen zusammengesetzten Arrays (Teleskopnetzwerke), die Empfindlichkeit wird erhöht und kleinere, weiter entfernte Objekte im Weltall können gemessen werden. Das Prinzip der Interferometrie funktioniert auch im sichtbaren Wellenlängenbereich – das Large Binocular Telescope (LBT, siehe Abbildung 1.3) am Observatorium in Arizona, USA, besitzt zwei 8,4 Meter große Spiegel und kann das von den beiden Spiegeln gesammelte Licht kombinieren, um Messungen an Exoplaneten und weit entfernten Galaxien vorzunehmen, die sonst ein wesentlich größeres Einzelteleskop erfordern würden.



Versuchen Sie einmal, die Kamera Ihres Mobiltelefons an das Okular eines Teleskops zu halten. Sie verwenden das gleiche Prinzip, das professionelle Astronomen mit ihren riesigen optischen Teleskopen anwenden. Für astronomische Beobachtungen ist es erforderlich, dass das Licht vom Spiegel eines optischen Teleskops in ein wissenschaftliches Messinstrument geleitet wird. Die beiden wichtigsten Arten von Instrumenten, die für professionelle optische Messungen verwendet werden, sind folgende:



- ✓ Ein Instrument, das das von einem astronomischen Objekt ausgehende Licht in einem Bild fokussiert. Das kann mit einer speziellen Digitalkamera geschehen, die empfindlich gegenüber winzigen Variationen in der Helligkeit ist und manchmal mit Filtern für verschiedene Wellenlängen kombiniert wird. Beobachtungen mit verschiedenen Filtern können zum Erzeugen von Farbbildern miteinander verknüpft oder zueinander in ein Verhältnis gesetzt werden, um Unterschiede in der Zusammensetzung und Tendenzen zu erkennen.
- ✓ Ein Instrument, das astronomisches Licht in seine einzelnen Wellenlängen aufspaltet. Dies kann mithilfe eines Gerätes mit dem Namen Spektrograph erfolgen. Der Spektrograph, der an das Teleskop angeschlossen wird, hat ein optisches Gitter, das das Licht in seine einzelnen Wellenlängen aufspaltet. Diese Methode ermöglicht, genau wie ein Prisma, das Erfassen des Spektrums eines Sterns oder einer Galaxie, was Informationen über deren chemische Zusammensetzung liefert.

Radioteleskope und andere Arten von Teleskopen arbeiten in allen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums – weitere Einzelheiten dazu finden Sie in Kapitel 4.



**Abbildung 1.3:** Das Large Binocular Telescope (LBT) im Observatorium in Arizona, USA (mit freundlicher Genehmigung von Large Binocular Telescope Observatory)

## Der Blick von oben: weltraumgestützte Teleskope

Manchmal ist der Gipfel eines Berges einfach nicht hoch genug, um die von Astronomen benötigten Beobachtungen zu ermöglichen. Die Atmosphäre der Erde absorbiert das Licht von Sternen und Galaxien bei bestimmten Wellenlängen, insbesondere im Infrarot- und UV-Bereich (und darüber hinaus) des EM-Spektrums. Wenn die Atmosphäre dieses Licht absorbiert, kann es nicht zum Teleskop gelangen. Um die Erdatmosphäre zu umgehen (Wer braucht schon eine Atmosphäre? Nur alles, was auf dem Planeten Luft atmet!), muss die Astronomie in den Weltraum bis jenseits der Reichweite der Erdatmosphäre aufsteigen.



Um ein Teleskop in den Weltraum zu bringen, muss es mittels einer Rakete von der Erde in den Weltraum geschickt werden. Stellen Sie sich ein weltraumgestütztes Teleskop wie einen Satelliten vor, der auch ein Teleskop ist. Ein Satellit ist in diesem Zusammenhang jeder Himmelskörper oder jedes Gerät, das die Erde umkreist. Weltraumgestützte Teleskope verwenden eine spezielle Ausrüstung, um den gewünschten Teil des Himmels anzuvisieren und Daten aufzuzeichnen. Diese Daten werden dann über Radiowellen zur Erde zurückgesendet. Wissenschaftler analysieren die Daten und erstellen daraus die berühmten Bilder, die Sie beispielsweise vom Hubble-Weltraumteleskop kennen. In Kapitel 4 finden Sie weitere Informationen über Weltraumteleskope, und Kapitel 18 enthält eine Zusammenfassung von 10 für die Astrophysik wichtigen Weltraummissionen.

## Sterne, Galaxien und ihre kosmologischen Freunde

Sie sind nun auf dem neusten Stand bezüglich der Art und Weise, wie Astrophysiker den Himmel betrachten, und haben einen Überblick über die Instrumente, die sie für diese Beobachtungen verwenden. Somit folgt jetzt ein kurzer Überblick über das, was da draußen ist.



Die Objekte, die von der Erde aus am Nachthimmel zu sehen sind, befinden sich in den unterschiedlichsten Entfernungen, von ganz nah bis sehr weit weg, aber viele dieser Objekte sind nicht nur räumlich, sondern auch zeitlich weit entfernt von uns. Sternschnuppen – oder Meteore – sind beispielsweise winzige Körnchen kosmischen Staubs, die in der Erdatmosphäre in bis zu 100 km Höhe verglühen. Sie gehören zu den Objekten, die der Erde am nächsten sind. Ein größeres Weltraumgestein kann es bis auf den Boden schaffen und als Meteorit in Ihrem Garten landen, aber das passiert nur selten.

Vielleicht sehen Sie auch einen Satelliten am Himmel, vielleicht die Internationale Raumstation oder einen Kommunikationssatelliten in mehreren Hundert oder Tausend Kilometern Höhe. Diese von Menschenhand geschaffenen Objekte umkreisen die Erde und sind weiter entfernt als Sternschnuppen, da sie sich außerhalb der Erdatmosphäre befinden. Unser Mond umkreist ebenfalls die Erde, ist aber noch weiter entfernt. Er befindet sich in einer Entfernung von 384.000 Kilometern von der Erde, sieht aber größer und heller aus als jeder Stern am Himmel. Und warum? Er ist weiter von unserer Atmosphäre entfernt als ein Satellit, aber viel größer. Obwohl der Mond kleiner ist als ein Planet oder ein Stern, ist er uns doch wesentlich näher.

Jenseits des Mondes liegen die Planeten unseres Sonnensystems. Venus, Mars, Jupiter und Saturn sind aufgrund der Verknüpfung von Größe und Entfernung am einfachsten zu sehen (Jupiter und Saturn sind weit entfernt, aber riesig; Mars und Venus sind beide nahe Nachbarn). Der winzige Merkur ist schwer zu sehen, kann aber mit den Augen wahrgenommen werden. Uranus und Neptun sind dagegen so weit entfernt, dass man sie nur mit Teleskopen erkennen kann. Die Sonne ist der erdnächste Stern. Wir sind 150 Millionen Kilometer

beziehungsweise 1 Astronomische Einheit (AE) von ihr entfernt, aber die Sonne ist so groß und hell, dass sie unseren Tageshimmel bestimmt.



Was ist mit dem Rest der Sterne, die am Nachthimmel so sehr allgegenwärtig sind? Es sind Sterne, genau wie unsere Sonne, aber sie sind weiter entfernt und erscheinen schwächer. Der neben unserer Sonne nächstgelegene Stern ist Proxima Centauri in einer Entfernung von 40 Billionen Kilometern zur Erde. Alle einzelnen Sterne am Himmel sind Teil unserer Galaxie, der Milchstraße. Unser Sonnensystem befindet sich in einem Arm der spiralförmigen Struktur. Mit einem Teleskop können Sie andere und etwas unscharfe Objekte am Himmel sehen. Einige sind Nebel in unserer eigenen Galaxie, andere sind andere Galaxien, die jeweils Milliarden von Sternen enthalten können.



Weil Licht eine maximale Geschwindigkeit hat (die Lichtgeschwindigkeit  $c$  beträgt 300.000 Kilometer/Sekunde), kann das von diesen entfernten Sternen und Galaxien ausgesendete Licht Milliarden von Erdjahren benötigen, um uns zu erreichen. Solche kosmischen Entfernungen werden gewöhnlich in Lichtjahren gemessen – ein Lichtjahr ist die Entfernung, die das Licht in einem Jahr im Vakuum zurücklegt; das sind 9,46 Billionen Kilometer. Die Entfernung zu Proxima Centauri beträgt zum Beispiel 4,3 Lichtjahre. Folglich benötigt das Licht 4,3 Jahre, um die Erde von Proxima Centauri aus zu erreichen, was wiederum bedeutet, dass das Licht, das Sie sehen, tatsächlich vor 4,3 Jahren abgestrahlt wurde. 4,3 Jahre mögen nicht viel erscheinen, aber Proxima Centauri ist relativ nah. Wenn Sie weiter entfernte Galaxien betrachten, sehen Sie Licht, das vor Millionen oder gar Milliarden von Jahren ausgestrahlt wurde.



Jedes Mal, wenn Sie Bilder einer entfernten Galaxie oder eines Sterns betrachten, blicken Sie in die Vergangenheit. Astrophysiker nutzen diese Art von Beobachtungen, um durch das Weltall bis zum Beginn der Zeit selbst zurückzublicken, zu den Ereignissen rund um den Urknall. Neben der Beobachtung alter Galaxien und hochenergetischer astronomischer Phänomene wie Schwarzer Löcher und Quasare arbeitet die Astrophysik auch daran, eine Art von Detektivgeschichte über das Universum zu lösen.

Sind Sie bereit, in die Astrophysik einzutauchen? Dieses Buch nimmt Sie mit auf eine Reise durch das Universum und setzt die Elemente zusammen, aus denen Sterne, Galaxien und das Universum bestehen – und zufälligerweise auch Menschen wie Sie. Erfahren Sie, was Sie sehen, wie Sie es sehen und was es bedeutet, und dann werden Sie bereit sein zu verstehen, wie das Universum überhaupt entstanden ist und wie es enden könnte.

