

David J. Eicher

Galaxien

PREMIUM
riva

Sternenstädte
des Universums





David J. Eicher

Galaxien

Sternenstädte
des Universums

PREMIUM
riva

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie.
Detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de>
abrufbar.

Für Fragen und Anregungen:
info@rivaverlag.de

2. Auflage 2021
© 2020 by riva Verlag, ein Imprint der Münchner Verlagsgruppe GmbH
Türkenstraße 89
80799 München
Tel.: 089 651285-0
Fax: 089 652096

Die englische Originalausgabe erschien 2020 bei Clarkson Potter/
Publishers, ein Imprint von Random House, Penguin Random House LLC,
New York, unter dem Titel *Galaxies: Inside the Universe's Star Cities*.
© 2020 David J. Elcher. All rights reserved.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung
sowie der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in
irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren)
ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter
Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt
oder verbreitet werden.

Übersetzung: Martin Romejšch
Redaktion: Susann Harring
Umschlaggestaltung: Marc-Torben Fischer
Umschlagabbildung: NASA, ESA und das Hubble Heritage Team (STScI/
AURA)
Illustriert von Irene Laschi
Satz: Mjude Puzifferri, MP Medien, München
Druck: DZS Grafik, Slowenien
Printed in the EU

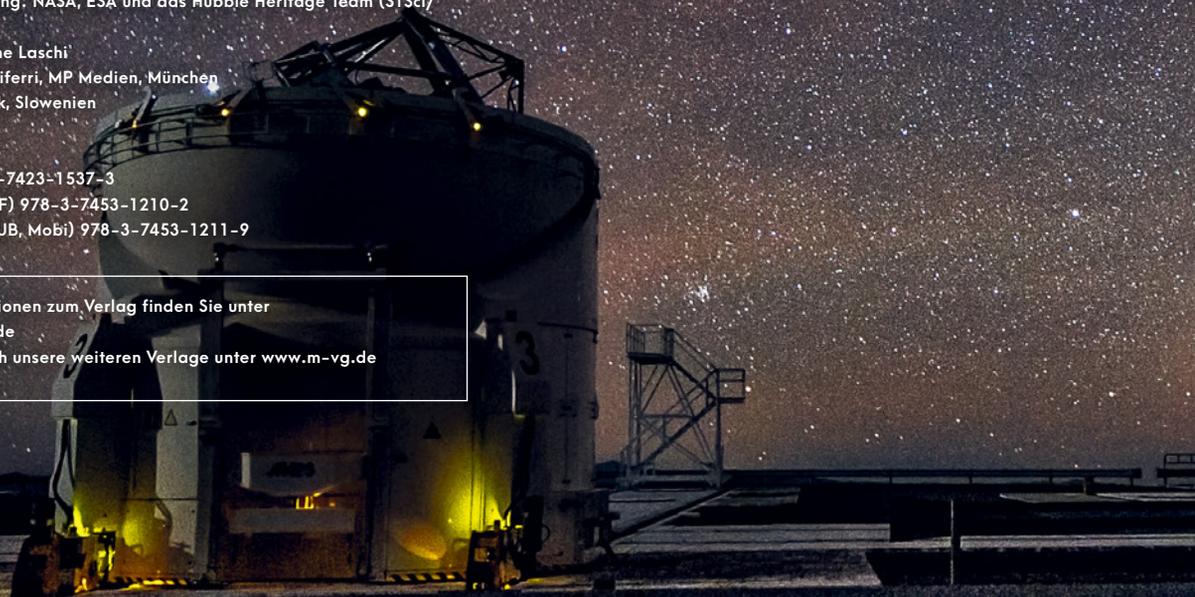
ISBN Print 978-3-7423-1537-3
ISBN E-Book (PDF) 978-3-7453-1210-2
ISBN E-Book (EPUB, Mobi) 978-3-7453-1211-9

Weitere Informationen zum Verlag finden Sie unter
www.rivaverlag.de
Beachten Sie auch unsere weiteren Verlage unter www.m-vg.de

Vorherige Seite M106: EIN WIRBEL AUS GAS UND STERNEN
Die Spiralgalaxis M106 im Sternbild Jagdhunde ist 24 Millionen
Lichtjahre entfernt und so hell, dass sie für Beobachter, die
ein Teleskop besitzen, ein vertrauter Anblick ist. Sie war eine
der ersten Galaxien, in denen ein supermassereiches zentrales
schwarzes Loch entdeckt wurde. Es handelt sich um eine Seyfert-
Galaxie mit einem unregelmäßigen aktiven Energieausstoß. Ihr
schwarzes Loch hat etwa die gleiche Masse wie unsere Milchstraße
– 3,9 Millionen Sonnenmassen; M106 enthält auch Cepheiden,
pulsationsveränderliche Sterne, die äußerst wichtig sind, um
Entfernungen im Kosmos zu messen, indem sie es den Astronomen
ermöglichen, ihre Entfernungsmessungen zu verfeinern.

DIE MAGELLANSCHEN WOLKEN ÜBER DER ATACAMA-WÜSTE
Auf diesem Bild sind zahllose Sterne unserer Milchstraße, der
Galaxis, zu sehen. Es wurde in der hochgelegenen Atacama-Wüste
in Chile aufgenommen, wo der Himmel so dunkel ist wie vermutlich
nirgendwo sonst. Die großen und kleinen Magellanschen Wolken
sind Satellitengalaxien der Milchstraße und auffällige Gebilde am
Himmel.

Umseitig DIE BLACKEYE-GALAXIE IM HAAR DER BERENIKE
Ein weiteres Lieblingsmotiv der Amateurbimmelsbeobachter, die
Blackeye-Galaxie (M64) im Haar der Berenike, beeindruckt mit
einem breiten, bogenförmigen Streifen aus Staub, der sich quer
über ihre Nabe erstreckt und dem sie ihren Spitznamen verdankt.
Diese gegenläufig rotierende Galaxie besteht aus Scheiben, die
möglicherweise aus einem Zusammenstoß hervorgegangen sind. Sie
ist 17 Millionen Lichtjahre von uns entfernt.



FÜR BRIAN MAY,
der die Galaxis zu einem
viel interessanteren Lebens-
raum macht



INHALT



Vorwort — 8
Einleitung — 13



Kapitel 1

WAS SIND GALAXIEN?

18

Kapitel 2

**IM INNEREN
DER MILCHSTRASSE**

74

Kapitel 3

**NACHBARGALAXIEN:
DIE LOKALE GRUPPE**

108

Kapitel 4

**DER VIRGO-
SUPERHAUFEN**

150

Kapitel 5

**GALAXIEN BIS ZUM RAND
DES UNIVERSUMS**

210



Literaturverzeichnis — 244

Bildnachweis — 246

Danksagung — 248

Register — 251

Vorwort



Im ersten Viertel des 20. Jahrhunderts galten Galaxien zunächst als Spekulation, dann als beobachtbare Tatsache. Anfang der 1930er-Jahre schätzte man Entfernungen (wenn auch ungenau wegen einiger damals noch nicht bekannter Probleme) und wies die Expansion des Universums nach. Die Milchstraße wurde zu einem Teil einer riesigen Familie von Galaxien, die ihrerseits von ihren Sternfamilien erleuchtet werden. Auf optischen Bildern schienen die Galaxien deutlich voneinander getrennt zu sein; deshalb wurde der Begriff »Inseluniversen« geprägt. Diese Vorstellung von isolierten Regionen hielt sich jahrzehntelang.

Nach 1950 bereicherten große optische Teleskope und technische Neuerungen unser Galaxienmodell. Radioteleskope zeigten interstellares Gas, oft mit der Masse von Milliarden Sonnen, und wiesen nach, dass manche Galaxien einen Großteil ihrer Energie in Form von Radiowellen abgeben, was enorme Elektroneninjektionen mit annähernder Lichtgeschwindigkeit voraussetzt. Diese Daten und Beobachtungen mit Röntgenteleskopen führten zu der Erkenntnis, dass in den Zentren der meisten Galaxien schwarze Löcher mit der Masse vieler Millionen Sonnen lauern.

Laut der gemeinhin anerkannten Urknalltheorie haben sich Galaxien im frühen Universum gebildet und dann ihre heutige Struktur entwickelt. Allerdings lieferten die theoretischen Modelle, nach denen Galaxien nur aus normaler baryonischer Materie bestehen, keine überzeugenden Ergebnisse. Die Antwort kam stattdessen aus einer unerwarteten Ecke. Bei Scheibengalaxien nämlich nahm die Rotationsgeschwindigkeit bei großen Radien nicht ab, was der Fall wäre, wenn sie nur aus sichtbaren Sternen und Gas bestünden. Ein zusätzlicher, unsichtbarer Bestandteil – die Halos (Lichthöfe) aus dunkler Materie – umgibt offenbar die Galaxien und stellt den größten Teil ihrer Masse. Theorien, die von dunkler Materie als Hauptbestandteil der Galaxien ausgehen, passen nicht nur zu den vorliegenden Daten, sondern ermöglichten auch die Entwicklung eines nachprüfbaren theoretischen Rahmens für die Bildung und Entwicklung von Galaxien.

Ende des 20. Jahrhunderts eröffneten das Weltraumteleskop Hubble und erdbasierte Spiegelteleskope mit acht bis zehn Metern Durchmesser den Weg zum Studium junger Galaxien. Einer der großen Vorteile der Astronomie ist ihre Fähigkeit, in die ferne Vergangenheit blicken zu können. Diese frühen Teleskope und ihre Nachfolger, die viele Wellenlängen auffingen, enthüllten, dass junge Galaxien kompakt und interaktiv sind und bisweilen Sterne in enormer Zahl hervorbringen. In anderen Fällen sind die ausgestoßenen Energien, die der von Milliarden Sonnen entsprechen, auf junge, supermassereiche schwarze Löcher zurückzuführen, die rasch wachsen, indem sie Gas und wahrscheinlich auch Sterne verschlingen. In Übereinstimmung mit dem Schwarze-Materie-Modell, das von einem hierarchischen Wachstum durch Verschmelzung ausgeht, waren die jungen Galaxien nun alles andere als die behäbigen Inseluniversen der 1930er -Jahre!

Und wo stehen wir heute? Wir wissen, dass Galaxien komplexe physikalische Systeme sind, die eine dramatische Entwicklung durchmachen, wenn sie älter werden. Sie interagieren mit ihrer Umgebung, indem sie Gas langfristig in Form von Sternen speichern und Materie in schwarze Löcher umwandeln. Das Vorhandensein von Halos aus schwarzer Materie entspricht dem Standardmodell, das wir ständig überprüfen, indem wir die Entwicklung und Struktur des Universums immer besser simulieren und die Simulation dann mit unseren immer präziser werdenden Beobachtungen vergleichen. Dank Hochleistungsteleskopen, die viel mehr sehen als unsere Augen und einen großen Teil des elektromagnetischen Spektrums erfassen, können wir nun die Komplexität der Galaxien bewundern und studieren. Gleichzeitig können wir ihre himmlische Schönheit genießen, wenn wir sie in Myriaden von Sternen oder fantastische Strukturen aus interstellarem Gas auflösen.

Dieses Buch ist eine Einführung in die Welt der Galaxien aus dem Blickwinkel des 21. Jahrhunderts. Wir haben viel gelernt, seitdem vor fast hundert Jahren die Existenz von Galaxien allmählich anerkannt wurde. Doch es liegt noch eine lange Reise vor uns, bis wir diese Naturwunder ganz verstehen werden. Genießen Sie diesen Reiseführer mit seinen vielen Bildern von Galaxien, und wenn Sie die Möglichkeit haben, eine Galaxie durch ein Teleskop zu betrachten, wahrscheinlich als Lichtfleck, wird Ihnen noch bewusster, warum das, was Sie sehen, eines der größten Wunder der Natur ist.

JAY GALLAGHER

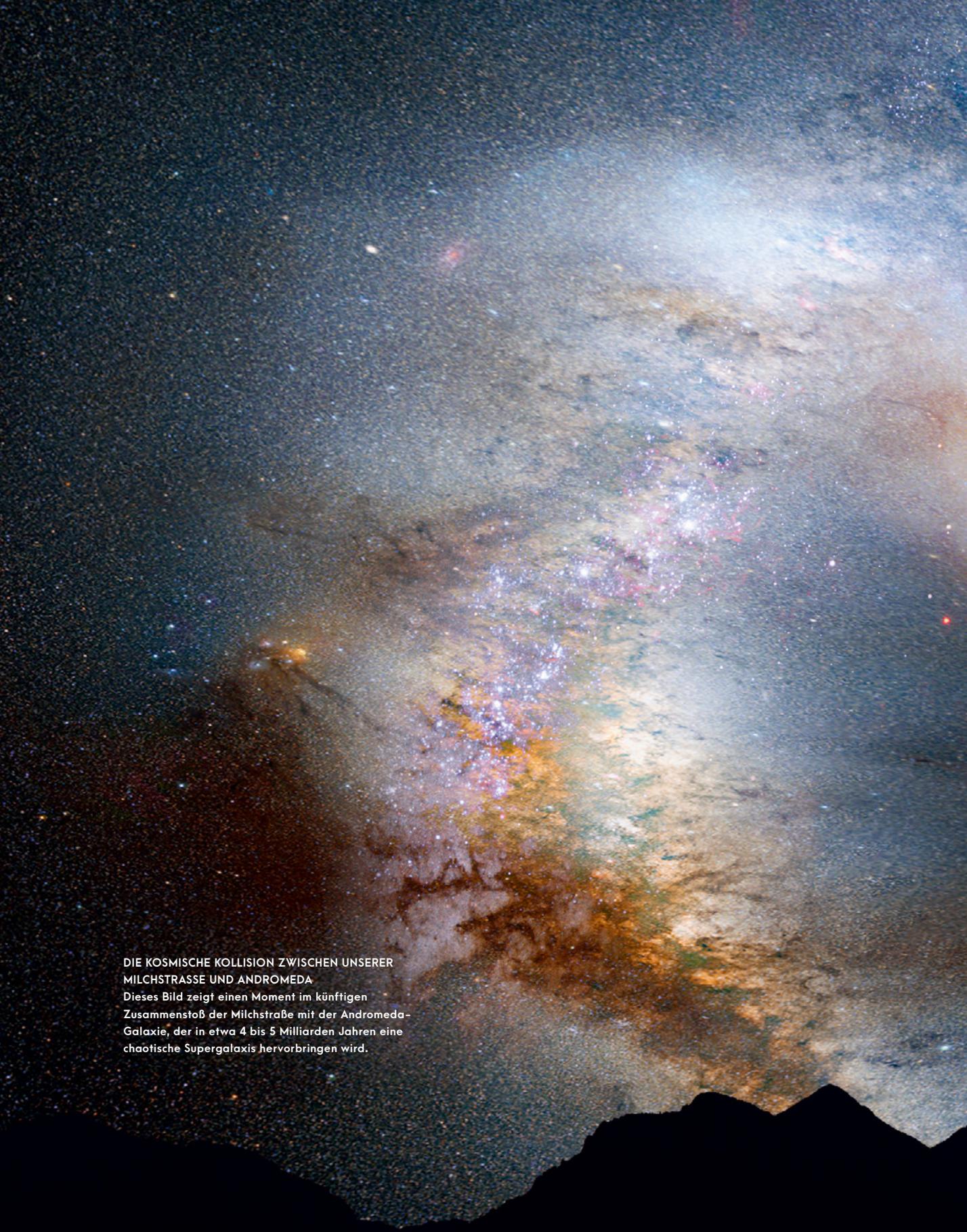
Madison, Wisconsin



LEBHAFTE FARBEN DER ANDRÖMEDA-GALAXIE

Dieses spektakuläre Portrait der Andromeda-Galaxie zeigt sie in ihrer ganzen lebhaften Farbenpracht, mit blauen Spiralarmen, gefüllt mit Sternengeburten, und älteren gelblichen Sternen in der Nähe des galaktischen Zentrums.





**DIE KOSMISCHE KOLLISION ZWISCHEN UNSERER
MILCHSTRASSE UND ANDROMEDA**

Dieses Bild zeigt einen Moment im künftigen
Zusammenstoß der Milchstraße mit der Andromeda-
Galaxie, der in etwa 4 bis 5 Milliarden Jahren eine
chaotische Supergalaxis hervorbringen wird.

Einleitung

BLICK IN DEN SOMMERHIMMEL

Als ich vierzehn Jahre alt war, wurde ich zu einer »Sternparty« im Städtchen Oxford in Ohio, wo ich aufgewachsen bin, eingeladen. Jemand besaß dort ein Fünfzehn-Zentimeter-Teleskop, und ich war sofort fasziniert von der Erkenntnis, dass ich in einen Garten gehen und tief ins Universum blicken konnte. Auf dieser ersten Sternparty erregte der Saturn meine Aufmerksamkeit, und schon bald stand ich Nacht für Nacht in einem großen Maisfeld auf meinem eigenen Grundstück und erforschte den Himmel mit einem einfachen 7x50-Fernglas.

Was für eine spektakuläre sommerliche Sternguckerei das war! Ich wusste fast nichts über den Himmel und hatte auch kein Teleskop. Jeder neue Blick enthüllte eine Entdeckung, einerlei, ob ich das Firmament entlang der funkelnden Kulisse der Milchstraße absuchte, einen Sternhaufen oder einen hellen, farbenprächtigen Stern erblickte. In jenem Sommer ging ich die ersten Schritte hin zu einem profunden Wissen vom Himmel. Heute, in der Ära der leicht verfügbaren computerisierten Teleskope, besitzen nur wenige Sterngucker dieses Wissen.

Bald führte ich das große Sehfeld meines Fernglases zum großen Quadrat des Pegasus und hinüber zum nahe gelegenen Sternbild Andromeda. Wie ich bald erfuhr, war der Glanz, den ich dort sah – wie ein heller, nebelhafter Stern, umringt von einem länglichen, ovalen Flaum –, ein ziemlich ungewöhnliches Himmelsobjekt.

Ich war bereits über die Andromeda-Galaxis gestolpert, und kaum lernte ich, was sie war, lernte ich auch, sie unter unserem dunklen Ohio-Himmel mit bloßen Augen zu sehen. Für die meisten Menschen ist sie das fernste Objekt, das sie ohne Hilfsmittel sehen können. Die Andromeda-Galaxie ist eine Galaxie wie unsere Milchstraße, rund 2,5 Millionen Lichtjahre oder 57 Millionen Billionen Kilometer entfernt – eine lange Wanderung. (Einige erfahrene Beobachter

behaupten, sie könnten bei perfekten Bedingungen mit bloßen Augen weiter entfernte Galaxien sehen, zum Beispiel M33 und M81.)

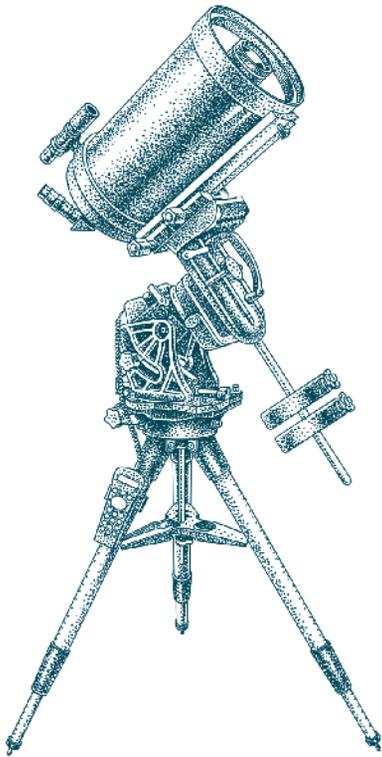
Bis Anfang der 1920er-Jahre wusste niemand, was Galaxien sind. Damals galten »Spiralnebel« viele Jahrzehnte lang als seltsame Gaswolken innerhalb unserer Milchstraße. Anfang der 1920er-Jahre machte der amerikanische Astronom Edwin Hubble im Mount-Wilson-Observatorium dann aber eine bahnbrechende Entdeckung, die dazu führte, dass wir die wahre Natur der Galaxien verstehen lernten. Mithilfe der Erkenntnisse des Astronomen Vesto M. Slipher am Lowell-Observatorium entzifferten Hubbel und andere die kosmische Entfernungsskala zumindest annähernd. Ende des Jahrzehnts wussten die Astronomen und die gebildete Öffentlichkeit, dass wir in einem Universum leben, das mit Galaxien gefüllt ist, und dass die Milchstraße und die Andromeda-Galaxie nur zwei davon sind.

Um immer mehr über Galaxien zu lernen, las ich jedes Buch, das mir in die Hände fiel, und vertiefte mich sogleich in diese fernen Gebilde. Ein kleiner Astronomie-Club, die Astronomische Gesellschaft in Oxford, Ohio, hauptsächlich bestehend aus College-Studenten, suchte einen Kolumnisten, der über Galaxien und andere ferne Objekte am Himmel schrieb, also über die Gebilde jenseits unseres Sonnensystems, die kollektiv als Deep-Sky-Objekte bezeichnet werden. Ich begann, eine Kolumne über meine Beobachtungen zu schreiben, und das veranlasste mich, eine kleine Zeitschrift – es war eher ein Mitteilungsblatt – zu gründen, die ich anfangs mit einem Mimeographen im Studiensekretariat Chemie in der Universität, wo mein Vater arbeitete, druckte. *Deep Sky Monthly* berichtete über zahlreiche Galaxien und erreichte während seiner fünfjährigen Lebensspanne eine Auflage von 1.000 Stück.

Dieses wachsende Interesse an der Beobachtung von Galaxien fiel mit der »Dobson-Revolution« zusammen, die Amateurastronomen größere Teleskope verschaffte. John Dobson, ein Amateurastronom in der Region San Francisco, war der Pionier einer Technik, die das Herstellen großer Teleskope mit preiswerten Spiegeln ermöglichte. Man befestigte sie auf einfachen Montierungen, die sich auf und ab und seitwärts bewegten wie der Geschützturm eines Schlachtschiffes. Größere Teleskope in den Händen von Amateurastronomen führten dazu, dass immer mehr Menschen auch schwächer leuchtende Objekte selbst sehen konnten, darunter zahlreiche Galaxien.

Eines der Bücher, die ich schon früh entdeckte, war *Galaxies*, ein Bilderbuch mit einem gut geschriebenen wissenschaftlichen Text des großartigen Wissenschaftsautors Timothy Ferris. Das 1980 veröffentlichte Buch enthielt zahlreiche schöne Fotografien und schlaue Diagramme, die die Struktur unserer Milchstraße und des Universums der Galaxien um uns herum in einem Pseudo-3D-Stil zeigten. Ich liebte dieses Buch – es hatte großen Einfluss auf mich und mein frühes Interesse an der *Astronomie*.

Im Jahr 1982, kurz nach meinem Examen an der Miami University, wurde ich als stellvertretender Redakteur der Zeitschrift *Astronomy* eingestellt, der weltgrößten Publikation zu diesem Thema, und ging nach Milwaukee. Meine kleine Zeitschrift nahm ich mit. Unter dem neuen Titel *Deep Sky* erreichte das Blatt, das nunmehr vierteljährlich erschien, während seiner zehnjährigen Lebenszeit eine Auflage von bis zu 15.000 Stück. Es wurde von Menschen gelesen, die Galaxien, Sternhaufen und Nebel beobachteten. Im Jahr 1992 beschloss unsere Firma, dass ich nicht ein Viertel meiner Zeit für dieses kleine Magazin aufwenden sollte; stattdessen sollte ich meine ganze Begeisterung der *Astronomy* widmen. 2002 wurde ich der sechste Chefredakteur der Zeitschrift und habe seit nunmehr vierzig Jahren große Freude daran, in der einen oder anderen Form über Galaxien zu schreiben.



Ich schätze das Buch von Timothy Ferris immer noch als eines meiner frühen Lieblingswerke. Doch unser Wissen über Galaxien hat sich in den letzten vierzig Jahren geändert. Daher behielt ich die Idee einer Neuauflage dieses Buches für die nächste Generation stets im Hinterkopf. Es müsste unsere Milchstraße als Balkenspiralgalaxis, unser viel solideres Wissen über die Galaxien in der Lokalen Gruppe, die riesigen Strukturen der Haufen und Superhaufen im Universum, die allgegenwärtigen schwarzen Löcher und viele anderen Themen behandeln, von denen wir vor vierzig Jahren allenfalls eine Ahnung hatten.

Das Ergebnis halten Sie in den Händen. Ich lade Sie ein, mich in unser imaginäres Raumschiff zu begleiten und weit hinaus in den Kosmos zu fliegen, um ein erstaunliches Universum zu erforschen, das wir heute viel besser kennen und das wir uns vor vierzig Jahren kaum hätten vorstellen können.



DAS GEISTERHAFTE GLÜHEN DER MILCHSTRASSE

Die Scheibe unserer Milchstraße erstreckt sich quer über den Nachthimmel und ist in der richtigen Jahreszeit und in einer günstigen Stunde an dunklen Orten sichtbar. Was wir hier sehen, ist das nicht aufgelöste Licht von Milliarden Sternen, die über die Scheibe verstreut sind, so wie man sie von innen sieht. Wir wissen nicht genau, wie unsere Galaxis von außen aussieht; wir können das nur anhand ihrer Struktur abschätzen.



Kapitel 1

WAS SIND GALAXIEN?



Wellen krachten an den Strand von Santa Monica, ausgedehnte Wälder sprenkelten die Berge nördlich der Stadt, und ein faszinierendes Straßennetz durchzog die Landschaft. Im Jahr 1923 lebten eine Million Menschen in Los Angeles – heute sind es viermal so viel –, und die Stadt befand sich mitten in einem explosiven Wachstum. Robert Millikan, ein Physiker am California Institute of Technology, erhielt den Nobelpreis für Physik für das Messen der Ladung eines einzelnen Elektrons oder Protons (der Elementarteilchen) und für seine Arbeit zum fotoelektrischen Effekt, einschließlich seiner Beobachtung, dass viele Metalle Elektronen emittieren, wenn Licht auf sie trifft. Amelia Earhart nahm immer wieder Flugstunden in dieser Gegend. Die Hollywood Bowl



KURZINFO

Galaxien sind riesige Ansammlungen von Sternen, Gas und Staub, umringt von Halos aus dunkler Materie. Sie sind die fundamentalen großen Bausteine des Kosmos. Es gibt viele Arten von Galaxien im Universum.

war kurz zuvor für Konzerte geöffnet worden, und ein junger Künstler namens Walt Disney kam mit 40 Dollar in der Tasche in die Stadt.

Trotz der vorausschauenden Investitionen der Stadt in Wissenschaft und Technik war es eine primitive Zeit – zumindest in Bezug auf die Astronomie. Niemand kannte die Größe und das Ausmaß des Universums. Menschen hatten die hellsten Galaxien am Himmel gesehen – die verschwommenen Flecken in der Andromeda und die Magellanschen Wolken in der südlichen Hemisphäre –, aber niemand verstand genau, was er da eigentlich sah. Tiefgründige Fragen schwebten dort draußen: Wie groß ist die Ewigkeit? Ist die Schöpfung grenzenlos? Schon bald würde Los Angeles eine entscheidende Rolle bei der Vermessung des Universums spielen.

Tiefgründige Fragen schwebten dort draußen: Wie groß ist die Ewigkeit? Ist die Schöpfung grenzenlos?

DAS 100-ZOLL-TELESKOP

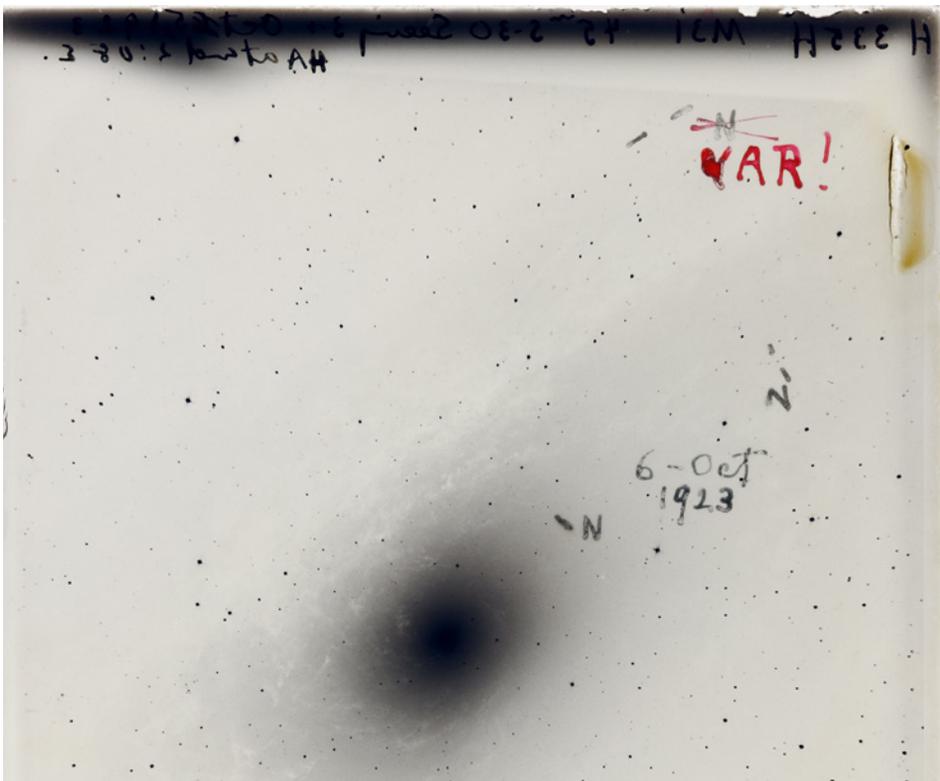
Am 4. Oktober 1923 verließ ein junger Astronom sein Haus in Pasadena und zog ins Mount-Wilson-Observatorium, nicht weit von Los Angeles, zum 100-Zoll-Teleskop, das damals das größte der Welt war. Edwin Powell Hubble stammte aus Missouri; er zog nach Illinois, legte an der University of Chicago sein Examen ab und erwarb dann als Rhodes-Stipendiat den Magistergrad an der Oxford University. Eine Laufbahn als Astronom strebte er erst an, als er im Alter von fünfundzwanzig Jahren an die Hochschule zurückkehrte, um zu promovieren. Hubble befand sich nun im vierten Jahr als angestellter Astronom im Mount Wilson. Er genoss es, das 100-Zoll-Hooker-Teleskop zu benutzen, um seine Lieblingsobjekte zu studieren: die verschwommenen Nebel – rätselhafte, glühende Gaswolken –, die über den Himmel verstreut sind.

Niemand wusste genau, was diese Nebel waren, aber man hielt sie für die Geburtsorte der Sterne. Der unternehmungslustige Amateurastronom William Parsons, der dritte Earl of Rosse, hatte als Erster diese Nebel mit Spiralstruktur gezeichnet, die aussehen wie schwach leuchtende Whirlpool-Muster. Dafür hatte er Mitte des 19. Jahrhunderts sein Riesenteleskop im ländlichen Irland verwendet. Ein knappes Jahrhundert später wusste man noch nicht viel mehr über sie. Hubble wollte das Geheimnis der Nebel ergründen, vor allem das der Spiralnebel. Auch in seiner Doktorarbeit ging es um dieses Thema. Die Spiralform dieser Nebel ließ darauf schließen, dass sie rotierten, doch ansonsten stellten sie Hubble und andere Astronomen vor ein Rätsel.



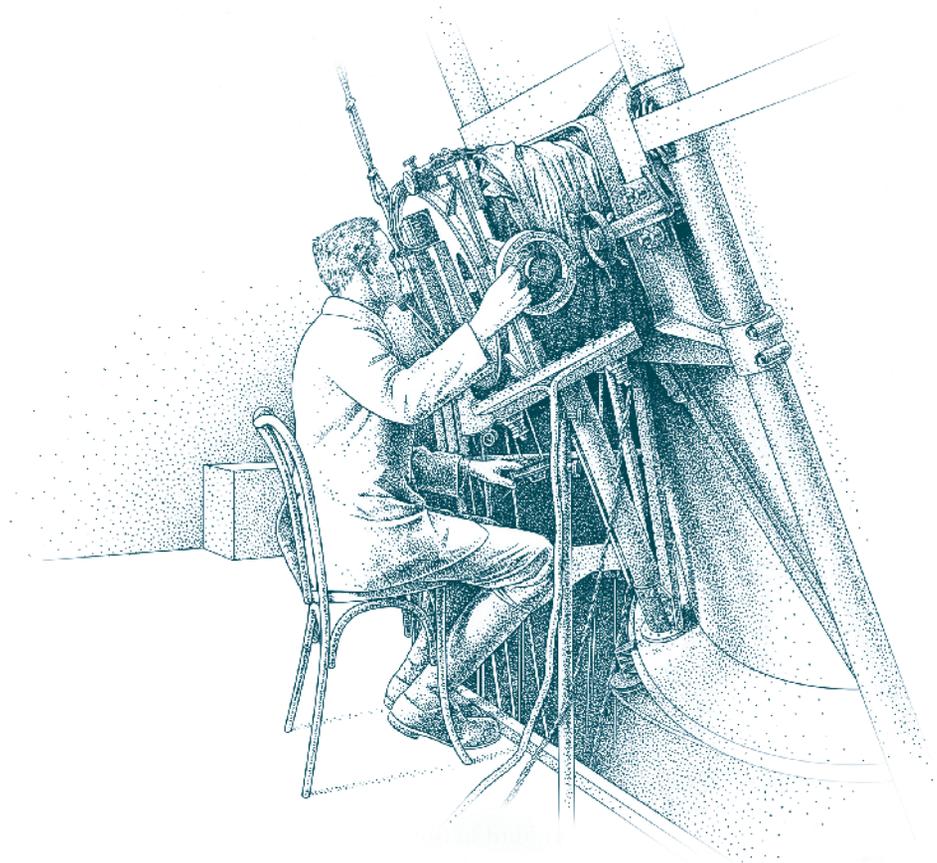
DIE FOTOPLATTE, DIE GALAXIEN DEFINIERTE

Am 5. Oktober 1923 machte der Astronom Edwin Hubble mit dem 100-Zoll-Hooker-Teleskop des Mount-Wilson-Observatoriums in der Nähe von Los Angeles eine Aufnahme des »Andromeda-Nebels«. Anfangs war er aufgeregt, weil er nach der Prüfung der Platte glaubte, eine Nova – einen explodierenden Stern – fotografiert zu haben. Er markierte den Stern mit einem »N« zwischen zwei Skalenstrichen, die er auf die Glasplatte gezeichnet hatte. Die berühmte Platte H335H trug dazu bei, eines der größten Geheimnisse des Universums aufzudecken. Kurze Zeit später erkannte Hubble, dass er keine Nova gesehen hatte, sondern einen veränderlichen Stern vom Cepheid-Typ mit wohlbekannten Eigenschaften. Da die Astronomen ihre absoluten Größen und Lichtkurven kannten, benutzten sie die Cepheiden, um Entfernungen zu messen. Der erstaunte Hubble stellte fest, dass der Andromeda-Nebel in Wirklichkeit eine Galaxie in großer Entfernung war, vielleicht sogar eine Million Lichtjahre entfernt, was viel mehr ist als der damals geschätzte Durchmesser des kompletten Universums. Mit dieser Platte fand Hubble außerdem heraus, was Galaxien sind. Später stellte man fest, dass die Andromeda-Galaxie sogar 2,5 Millionen Lichtjahre von uns entfernt ist. Diese Platte (links) und eine Vergrößerung (unten) zeigen die Kernregion der Andromeda-Galaxie, in der oberen rechten Ecke der berühmte Vermerk: Das »N« für »Nova« ist durchgestrichen, und Hubble schrieb mit toter Tinte »VAR!« darunter.



In der Nacht des 4. Oktober 1923 machte Hubble mit dem 100-Zoll-Hooker-Teleskop eine Aufnahme eines seiner Lieblingsnebel, des Großen Nebels im Sternbild Andromeda. Die Aufnahme wurde fünfundvierzig Minuten lang belichtet. Diese spiralförmige Wolke war groß, hell und für das bloße Auge gerade noch als verschwommener Lichtfleck sichtbar, wenn man vom Licht der Großstadt weit entfernt war. Die Nacht hatte ein sehr schlechtes »Seeing«, als er die Aufnahme machte, weil die Erdatmosphäre ziemlich turbulent war; deshalb waren die Sterne keine vollkommenen Punkte. Trotzdem enthüllte die Platte, was Hubble vermutet hatte: eine Nova, einen explodierenden Stern. Es war aufregend, ein so seltenes Ereignis im Inneren eines Spiralnebels festzuhalten.

In der folgenden Nacht fotografierte Hubble den Andromeda-Nebel erneut und hoffte auf ein besseres Bild der vermeintlichen Nova. Die Fotoplatte, die in der Nacht vom 5. auf den 6. Oktober belichtet und mit der Nummer H335H gekennzeichnet wurde, sollte eine der berühmtesten in der Geschichte der Wissenschaft werden, denn auf ihr dokumentierte Hubble die Nova noch einmal. Doch bevor er sie genauer untersuchen konnte, endete sein Beobachtungslauf am



100-Zoll-Teleskop, und er musste seinen Platz für andere Beobachter räumen. Am frühen Morgen verließ er den Berg und kehrte nach Pasadena zurück.

In seinem Büro, weit entfernt vom Observatorium auf dem Berg, studierte er frühere Bilder der Umgebung des Andromeda-Nebels. Ihm fiel etwas Ungewöhnliches auf. Eine Nova erstrahlte plötzlich und verblasst dann wieder. Doch der Stern, den er aufgenommen hatte, erschien auch auf älteren Platten und wurde innerhalb eines Zeitraums von 31 Tagen regelmäßig heller und dunkler. Dieser Stern war also keine Nova. Er musste eine andere Art Stern im Andromeda-Nebel sein.

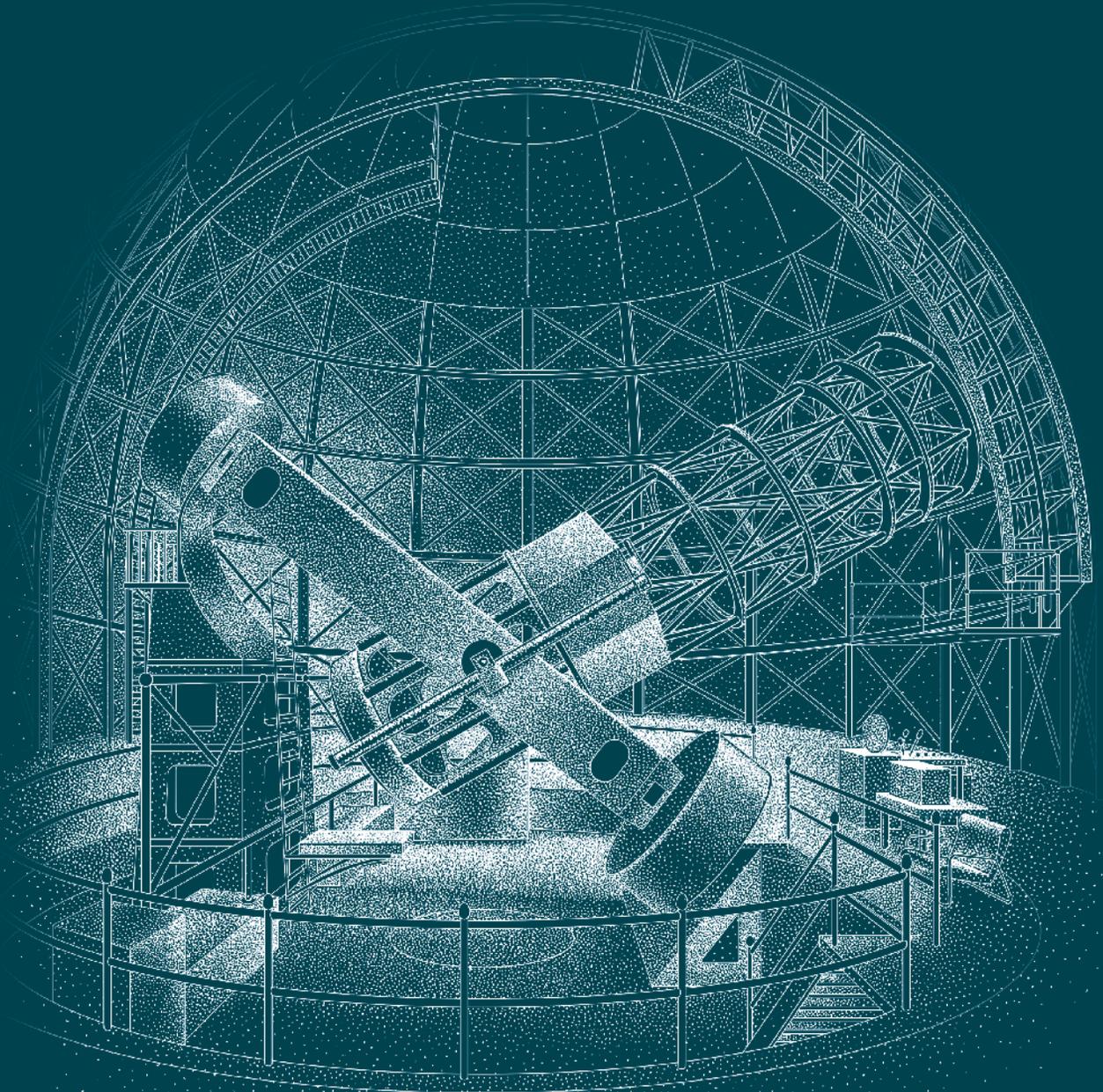
HUBBLES DURCHBRUCH

Plötzlich stieß Hubble auf die Lösung. Er erkannte, dass er das Bild eines Sterntyps aufgenommen hatte, der einem wohlbekanntem Stern in der Konstellation Kepheus ähnelte. Auf dieser Fotoplatte H335H strich er das »N« für »Nova« durch und schrieb »VAR!« darunter, was »veränderlicher Stern« bedeutete. Mehr noch, dieser Stern war ein besonderer Typ eines variablen Sterns, der streng periodisch heller und dunkler wurde. Astronomen hatten solche Sterne seit Langem studiert und nannten sie »Cepheiden« nach einem Stern im Sternbild Kepheus. Sie kannten seine absolute Helligkeit. Da Hubble wusste, wie hell der Stern tatsächlich war und wie hell er am Himmel erschien, konnte er den Stern als »Standardkerze« verwenden und seine Entfernung messen.

Mit seiner Fotoplatte hatte Edwin Hubble die Größe des Kosmos ganz allein neu bestimmt.

Das war eine denkwürdige Erkenntnis. Hubble berechnete, dass der blasser Stern eine Million Lichtjahre von der Erde entfernt sein musste – ebenso wie der Nebel, der ihn umgab. Das bedeutete, dass der Durchmesser des Universums mindestens dreimal größer sein musste, als die meisten Astronomen annahmen. Mit einer einzigen Fotoplatte hatte Edwin Hubble die Größe des Kosmos ganz allein neu bestimmt.

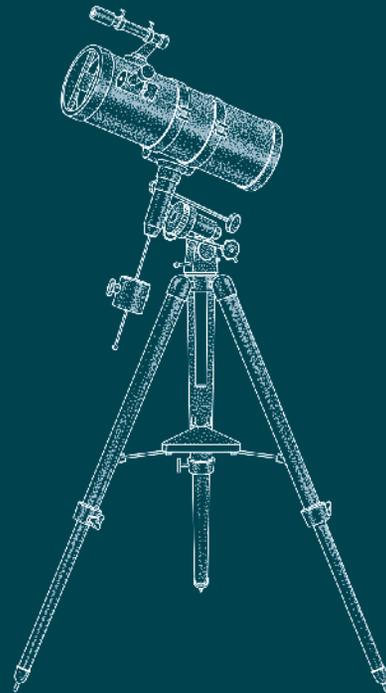
DAS 100-ZOLL- HOOKER-TELESKOP



WIE SIE STERNE IN IHREM GARTEN BEOBACHTEN

Bald nach Hubbles Entdeckung begannen Astronomen, fieberhaft Daten über viele hellere Himmelsobjekte zu sammeln die sie für ferne Galaxien hielten. Dazu gehörten zahlreiche helle Galaxien, die wir heute am Himmel sehen und auch mit kleinen Teleskopen beobachten können. Am besten gehen Sie dabei so vor:

- * WARTEN SIE AUF EINE MONDLOSE NACHT. Sie brauchen maximale Dunkelheit an einem klaren Himmel und einen Beobachtungsort, der möglichst weit von Städten entfernt ist.
- * VERWENDEN SIE EIN VIER- ODER SECHS-ZOLL-TELESKOP. Das ist die Mindestgröße; ein Acht- oder Zehn-Zoll-Teleskop ist noch besser, weil Sie damit die maximale Menge schwachen Lichts einfangen können.
- * WÄHLEN SIE EINE GÜNSTIGE ZEIT. Die Milchstraße ist an Sommer- und Winterabenden am auffälligsten; deshalb überstrahlt sie im Frühling und Herbst andere Galaxien nicht, sodass man diese mit einem Teleskop vom Garten aus sehen kann. Dazu gehören die schöne Spiralgalaxie M81 und ihre Nachbarin M82 im Großen Bären, die Whirlpool-Galaxie (M51) in den Jagdhunden, M101 im Großen Bären, die Blackeye-Galaxie (M64) im Haar der Berenike, die Sombrero-Galaxie (M104) in der Jungfrau und die südliche Feuerradgalaxie (M83) in der Wasserschlange.



DIE ENTDECKUNG DER GALAXIEN

Hubbles Entdeckung löste bei Astronomen, die andere Spiralnebel erforschten, eine fieberhafte Aktivität aus. Zahllose Beobachtungen folgten, und manche Anschlussstudien dauerten viele Monate, weil Gezänk und Gewissensprüfungen die Welt der Berufsastronomen erschütterten. Eine Debatte, die 1920, also ein paar Jahre zuvor, zwischen zwei prominenten Astronomen, Harlow Shapley von der Princeton University und Heber Curtis vom Allegheny-Observatorium, begonnen hatte, goss nun Öl ins Feuer. Shapley glaubte, die Milchstraße umfasse das gesamte Universum, während Curtis behauptete, Spiralnebel seien separate Galaxien, im Wesentlichen »Inseluniversen«. Hubbles Entdeckung schien Curtis Standpunkt zu bestätigen.

Hubble indes fuhr damit fort, Cepheiden in anderen Spiralnebeln zu fotografieren, zum Beispiel M33 im Dreieck, und wies nach, dass sie wie Andromeda so weit entfernt sind, dass sie ferne Galaxien sein müssen. Diese Beobachtungen ließen darauf schließen, dass Galaxien die Grundeinheiten aus Sternen, Gas und Staub im Universum sind und dass ihre Größe jede Vorstellungskraft sprengt. Viele zweifelten an diesen Erkenntnissen, vor allem Shapley; doch Hubble arbeitete unbeirrt weiter. Im November 1924 veröffentlichte die *New York Times* seine Forschungsergebnisse auf der Titelseite. Von Anhängern gedrängt, schickte er der American Astronomical Society, der Berufsorganisation der Astronomen, einen Artikel, der die Ergebnisse zusammenfasste. Nachdem der angesehene Professor Henry Norris Russell von der Princeton University den Beitrag auf der Wintertagung der Gesellschaft verlesen hatte, waren Galaxien auf dem besten Weg, wissenschaftlich anerkannt zu werden.

*

KURZINFO
Unsere Galaxis wird
Milchstraße genannt. Sie
enthält rund 400 Milliarden
Sterne, einer von ihnen ist
die Sonne.

Hubbles Beobachtungen ließen darauf
schließen, dass Galaxien die Grundeinheiten
aus Sternen, Gas und Staub im
Universum sind und dass ihre Größe jede
Vorstellungskraft sprengt.

EIN DURCHBRUCH DANK DER FARBEN DER GALAXIEN

Mehrere Jahre später gab es einen weiteren enormen Fortschritt. Das Spektrum einer Galaxie ist ein Bild des gesammelten Lichts aller ihrer Sterne und Gase. Im Jahr 1929 zeichneten Hubble und andere Astronomen viele Spektren von Galaxien auf und bemerkten, dass die Spektrallinien zum roten Ende des Spektrums hin verschoben waren, das heißt, die Wellenlänge des Lichts nahm zu, und die Frequenz nahm ab. Diesen Effekt hatte Vesto M. Slipher, ein Astronom am Lowell-Observatorium in Arizona, im Jahr 1912 als Erster entdeckt.

Diese Doppler-Verschiebung fällt uns jedes Mal auf, wenn ein Krankenwagen mit laufender Sirene vorbeifährt. Wenn er sich nähert, klingt der Ton der Sirene höher, weil er eine kurze Wellenlänge und eine hohe Frequenz hat. Wenn das Auto sich entfernt, wird der Ton der Sirene

GALAXIEN, DIE DER MILCHSTRASSE ÄHNELN

Hubble-Weltraumteleskop – SDSS

