Lieber Leser,

am Anfang dieses Buches muss (leider) eine Entschuldigung stehen. Der vorliegende Band war, zusammen mit einer englischen Ausgabe, in Japan bereits gedruckt, als wir feststellen mussten, dass auf Seite 179 versehentlich die entsprechende Seite der englischen Ausgabe in unser Buch geraten war. Die beiden umliegenden Seiten sollten auf S. 178/179 eingelegt oder eingeklebt werden. Wir bitten um Ihr Verständnis und um Ihre Nachsicht.

Ihr Birkhäuser Verlag

BILDQUELLEN

Der Verfasser möchte den nachfolgend Genannten für die Großzügigkeit danken, mit der sie Photographien für dieses Buch zur Verfügung gestellt haben. Das Copyright © gehört bei allen Photographien den genannten Personen oder Institutionen, die Photographien dürfen nicht ohne ihre Erlaubnis reproduziert werden

Photo	Objekt	Quelle
Frontispiz	Galaxie NGC 6744	Raymond J. Talbot, Jr., Reginald J. Dufour, und Eric B. Jensen, Rice University
1	Die Sonne	United States Naval Research Laboratory
2	Milchstraße	Mssrs. Brodtkorb, Rihm, und Rusche, Astrophoto Laboratory
3	Kohlensacknebel	Harvard College Observatory
4	Kegelnebel	Hale Observatories
5	Pferdekopfnebel	Royal Observatory, Edinburgh
6	Orionnebel	Royal Observatory, Edinburgh
7	Trapezium	Lick Observatory
8	Adlernebel	Hale Observatories
9	Rosettanebel	Hale Observatories
10	Rosettanebel (Zentralbereich)	Kitt Peak National Observatory
11	Eta Carinae-Nebel	Association of Universities for Research in Astronomy, Inc., Cerro Tololo Inter-American Observatory
12	Eta Carinae-Nebel (Zentralbereich)	Association of Universities for Research in Astronomy, Inc., Cerro Tololo Inter-American Observatory
13	Trifid- und Lagunennebel	Hale Observatories
14	Lagunennebel	Association of Universities for Research in Astronomy, Inc., Kitt Peak National Observatory
15	Trifidnebel	David Malin, Anglo-Australian Telescope Board
16	Sternhaufen NGC 3293	David Malin, Anglo-Australian Telescope Board
17	Sternhaufen der Plejaden	Hale Observatories
18	Kugelsternhaufen NGC 2808	Mt. Stromlo und Siding Spring Observatories, Australian National Observatory
19	Kugelsternhaufen M 13	United States Naval Observatory
20	Kugelsternhaufen M 3	Hale Observatories
21	Kugelsternhaufen M 15	Kitt Peak National Observatory
22	Kugelsternhaufen Omega Centauri	Cerro Tololo Inter-American Observatory
23	Kugelsternhaufen M 5	Kitt Peak National Observatory
24	Kugelsternhaufen 47 Tucana	Cerro Tololo Inter-American Observatory
25	Kugelsternhaufen NGC 6522 und NGC 6528	Kitt Peak National Observatory
26	Intergalaktischer Kugelsternhaufen NGC 2419	Rene Racine, Hale Observatories
27	Planetarischer Nebel M 27	Hale Observatories
28	Planetarischer Nebel M 57	Hale Observatories
29	Schleiernebel (Gesamtansicht)	Hale Observatories

Photo	Objekt	Quelle
30	Schleiernebel (Ausschnitt)	Kitt Peak National Observatory
31	Krebsnebel-Überlagerung	Guido Münch und Walter Baade, Hale Observatories
32	Krebsnebel	Lick Observatory
33	Milchstraße im Schwan	National Geographic-Palomar Observatory Sky Survey
34	Milchstraße im Schützen	National Geographic-Palomar Observatory Sky Survey
35	Milchstraßen-Mosaik	Mt. Stromlo und Siding Springs Observatories, Australian National University
36	Große Magellansche Wolke	Raymond J. Talbot, Jr., Reginald J. Dufour, und Eric B. Jensen, Rice University
37	Die Magellanschen Wolken	Harvard College Observatory
38	Kleine Magellansche Wolke	Royal Observatory, Edinburgh
39	Kleine Magellansche Wolke	Raymond J. Talbot, Jr., Reginald J. Dufour, und Eric B. Jensen, Rice University
40	Galaxie M 31	Hale Observatories
41	M 31 (Zentralgebiet)	Association of Universities for Research in Astronomy, Inc., Kitt Peak National Observatory
42	Galaxie M 31 (Zentralgebiet)	Hale Observatories
43	M 31 (in Kernnähe)	Hale Observatories
44	M 31 (äußerer Arm)	Hale Observatories
45	M 31 (Kern)	Lick Observatory
46	M 32	Kitt Peak National Observatory
47	NGC 205	Hale Observatories
48	NGC 147	Hale Observatories
49	NGC 185	Lick Observatory
50	M 31 (Radiokarte)	Elly M. Berkhuysen, Max-Planck-Institut für Radioastronomie
51	M 33	Hale Observatories
52	Bildhauer Zwerg-Kugel-Galaxie	European Southern Observatory
53	M 101	Hale Observatories
54	NGC 7331	Hale Observatories
55–62	Galaxien, Formaltypen	Hale Observatories
63	NGC 2841	Hale Observatories
64	NGC 2613	Allan Sandage, Hale Observatories
65	M 64	Hale Observatories
66	NGC 3623	United States Naval Observatory
67	M 104	Steven Strom, Kitt Peak National Observatory
68	NGC 4565	Lick Observatory
69	NGC 3992	Lick Observatory
70	NGC 4541	Steven Strom, Kitt Peak National Observatory
71	NGC 1360	European Southern Observatory
72	NGC 4650	Laird A. Thompson, Kitt Peak National Observatory
73	NGC 4548	Laird A. Thompson, Kitt Peak National Observatory
74	M 83	Raymond J. Talbot, Jr., Reginald J. Dufour, und Eric B. Jensen, Rice University

Photo	Objekt	Quelle
75	M 83 (Negativabzug)	Royal Observatory, Edinburgh
76	M 83 (Radiokarte)	D. H. Rogstad, California Institute of Technology
77	NGC 4477	Steven Strom, Kitt Peak National Observatory
78	M 84	Kitt Peak National Observatory
79	M 49	Kitt Peak National Observatory
80	Carina-Zwerggalaxie	Royal Observatory, Edinburgh
81	NGC 3077	Kitt Peak National Observatory
82	Zwerggalaxie im Sextanten	Hale Observatories
83	NGC 5364	Kitt Peak National Observatory
84	NGC 6744	Cerro Tololo Inter-American Observatory
85	M 74	Hale Observatories
86	NGC 2683	United States Naval Observatory
87	NGC 5907	United States Naval Observatory
88	Pluto und NGC 5248	K. Alexander Brownlee
89, 90	NGC 4725 mit Supernova	Hale Observatories
91	NGC 4096 mit Supernova	Lick Observatory
92	NGC 4303 mit Supernova	Lick Observatory
93	Centaurus A	Hale Observatories
94	Centaurus A	Raymond J. Talbot, Jr., Reginald J. Dufour, und Eric B. Jensen, Rice University
95	Perseus A	Hale Observatories
96	Cygnus A	Hale Observatories
97	M 87 (groß)	Malcolm Smith und W. E. Harris, Cerro Tololo Inter-American Observatory
98	M 87	James Wray, McDonald Observatory, University of Texas
99	M 87 (klein)	Lick Observatory
100	M 77	Lick Observatory
101	NGC 1566	Harvard College Observatory
102	M 106	James Wray, McDonald Observatory, University of Texas
103	M 94	Kitt Peak National Observatory
104	NGC 4151	Hale Observatories
105, 106	NGC 253	Hale Observatories
107	NGC 2146	Cerro Tololo Inter-American Observatory
108	NGC 2685	Kitt Peak National Observatory
109	M 51 und NGC 5195	Kitt Peak National Observatory
110	M 51	James Wray, McDonald Observatory, University of Texas
111	M 81	Hale Observatories
112	M 81 und M 82	Hale Observatories
113	M 81 und M 82 (Radiokarte)	S. T. Gottesman, University of Florida, und L. Weliachen, Madon Observatory
114	M 82	Hale Observatories
115	M 82	Hale Observatories
116	NGC 4631	Kitt Peak National Observatory
117	NGC 4631	James Wray, McDonald Observatory, University of Texas
118	NGC 5426/27	Lick Observatory
119	NGC 2207/IC 2163	Vera Rubin, Cerro Tololo Inter-American Observatory
120	NGC 4567/68	Laird A. Thompson, Kitt Peak National Observatory

Photo	Objekt	Quelle
121	Stephans Quintett	Hale Observatories
122	NGC 4038/39	Hale Observatories
Abb. 9	NGC 2623	Hale Observatories
123	Object RG 33 No. 754	European Southern Observatory
124	NGC 2535/36	Halton Arp, Hale Observatories
125	NGC 7753/52	Halton Arp, Hale Observatories
126	NGC 5216/18	Halton Arp, Hale Observatories
127	IC 1505	Halton Arp, Hale Observatories
128	NGC 70	Halton Arp, Hale Observatories
129	NGC 2275/2300	Halton Arp, Hale Observatories
130	NGC 4438	Halton Arp, Hale Observatories
131	NGC 5544/45	Halton Arp, Hale Observatories
132	NGC 4676	Halton Arp, Hale Observatories
133	Arp 273	Halton Arp, Hale Observatories
134	NGC 5566/60/69	Halton Arp, Hale Observatories
135	NGC 5221/22/26	Halton Arp, Hale Observatories
136	Wagenrad Ring-Galaxie	Royal Observatory, Edinburgh
137	Coma-Galaxienhaufen	Laird A. Thompson, Kitt Peak National Observatory
138	Virgohaufen	Kitt Peak National Observatory
139	Perseushaufen	Kitt Peak National Observatory
140	Herkuleshaufen	Alan Dressler, Hale Observatories
141	Entfernter Haufen Abell 370	Barry Newell und W. J. Couch, Australian National University
142	Shane-Wirtanen-Galaxienkarte	M. Seldner, B. Siebers, E. J. Groth, und P. J. E. Peebles
143	Quasar 3C 273	High Energy Astrophysics Division, Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics

Abb.	Titel	Seite
1, 2	Milchstraßensystem von oben und von der Seite gesehen	22–23
3	Der Platz der Sonne in den Spiralarmen unserer Galaxie	42
4	Die Lage der Magellanschen Wolken	70
5	Der Magellansche Strom	72
6	Die Lokale Gruppe	84–85
7	Galaxientypen	91
8	M 51-NGC 5195-Wechselwirkung	132
9	Rattenschwanz-Galaxien	143
10	Ringgalaxien	144
11	Nahe Galaxiengruppen	153
12	Ein endliches, aber unbegrenztes Strichland	163
13	Ein endliches, aber unbegrenztes Flachland	164
14	Raum-Zeit-Geometrie, die mit Hilfe von Lichtstrahlen dargestellt wird	164
15	Die Ausdehnung des Universums	166–167
16	Die Lichtkegel von Beobachtern in drei Galaxien	170
17	Darstellung der intergalaktischen Vergangenheit und Zukunft mit Hilfe eines Lichtkegels	171
18	Darstellung des expandierenden, sich entwickelnden Weltalls mit Hilfe der Rückblickzeit	173
19	Eine Urknall-Kosmologie mit drei Universen	174

B

G A L A X I E N

Text und Fotoauswahl von Timothy Ferris

Mit einem Vorwort von A. Tammann

Springer Basel AG

Frontispiz

Der Spiralnebel NGC6744 ist 300 Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt; eine Schwarzweiß-Photographie dieser Galaxie erscheint auf Seite 109.

Über den Autor

Timothy Ferris, 37, ist Associate Professor für Englisch am Brooklyn College der City Universität von New York. T. Ferris ist durch seine Veröffentlichungen über Astronomie und Weltraumfahrt bekannt geworden. Sein erstes populäres Buch «The Red Limit: The Search for the Edge of the Universe» erhielt 1978 den Preis des American Institute of Physics. Für seine Berichterstattung in «Rolling Stone» über die Viking-Landung auf dem Mars wurde er mit dem ersten Preis der Aviation/Space Writers Association ausgezeichnet. Ferris hat außerdem maßgeblich an der Konzeption und Produktion jenes Bild-/Tonmediums mitgewirkt, das als Botschaft der Menschheit an außerirdische Zivilisationen 1977 an Bord der Voyager-Raumsonden auf eine interstellare Reise ging. Dieses Unternehmen ist in dem Buch «Signal der Erde» näher beschrieben, an dem Timothy Ferris als Mitverfasser beteiligt ist.

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Galaxien / Text u. Fotoausw. von Timothy Ferris.
Mit e. Vorw. von A. Tammann. [Aus d. Amerikan.
übertr. von Anita Ehlers]. – Sonderausg. –
Basel ; Boston ; Stuttgart : Birkhäuser, 1983.
Einheitssacht.: Galaxies
ISBN 978-3-7643-1488-0
NE: Ferris, Timothy [Bearb.]; EST

Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt.
Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren – reproduziert oder in eine für Maschinen, insbesondere Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden. Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk und Fernsehen sind vorbehalten.

© 1983 Springer Basel AG
Ursprünglich erschienen bei Birkhäuser Verlag Basel 1983

ISBN 978-3-7643-1488-0   ISBN 978-3-0348-6774-0 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-0348-6774-0

Vorwort

Es gibt kaum eine Wissenschaft, in der eine solche Kluft zwischen ihrem Bild in der Öffentlichkeit und ihren wirklichen Aufgaben und Zielen besteht, wie die Astronomie. Während weiterhin noch angenommen wird, die Astronomie begnüge sich damit, Sternbilder und neuentdeckte Sterne zu benennen, oder sie habe etwas mit den spekulativen Sumpfb Blüten der Astrologie zu tun, bemüht sich die astronomische Forschung heute um ein physikalisches Verständnis des Verhaltens der Materie in kosmischen Räumen und über sehr lange Zeiten: um die Entstehung, um den Aufbau und um das Ende von Sternen, von Sonnensystemen, von Galaxien und des Universums als Ganzem.

Die astronomische Forschung und die Öffentlichkeit einander näher zu bringen, ist eine außerordentlich wichtige Aufgabe, da die Astronomie in allen Kulturstaa ten aus öffentlichen Mitteln unterstützt wird. Dementsprechend hat die Öffentlichkeit einen Anspruch auf einen Rechenschaftsbericht, dies um so mehr, weil gewisse astronomische Erkenntnisse praktische Bedeutung haben können, und weil sie in starkem Maße das Weltbild des modernen Menschen beeinflussen.

Die Schwierigkeit der Kommunikation zwischen Wissenschaftlern und der Öffentlichkeit liegt darin, daß jene eine weitgehend mathematische Fachsprache entwickelt haben, die zwar außerordentlich rationell und klar ist, die aber dem Nichtspezialisten ohne großen Zeitaufwand nicht mehr zugänglich ist. Es bedarf daher spezieller Mittler, die einerseits die Fachsprache in eine allgemein verständliche Sprache übersetzen und andererseits aus der Fülle von vorliegenden Einzelergebnissen die wichtigsten Grunderkenntnisse herauskristallisieren.

Für diese Mittlerrolle kommen vor allem zwei Berufsgruppen in Frage: die Wissenschaftler selber, die ein reich beladenes

Fachwissen haben, die aber mit ihrer Fachsprache mehr oder weniger behaftet sind, und diejenigen, die die Alltagssprache in professioneller Weise beherrschen und benützen, wie etwa Schriftsteller und Journalisten, denen das unerläßliche wissenschaftliche Verständnis aber meistens fehlt.

Das Reizvolle an dem vorliegenden Buche ist, daß sein Autor, Timothy Ferris, als Englisch-Professor, Schriftsteller und Journalist die Sprache in wahrhaft professioneller, ja oft poetischer Weise beherrscht, und daß er die Aufgabe, sich in die moderne Astronomie mit ihren Ergebnissen und ihrer Denkweise einzuarbeiten, außerordentlich ernst genommen hat. Auf weiten Reisen und während oft wochenlangen Aufenthalten hat er an den großen Observatorien gewelt und mit unzähligen führenden Wissenschaftlern engen Kontakt aufgenommen. Er kennt und versteht nicht nur deren Ergebnisse, sondern er hat eine Gesamtschau der Astronomie gewonnen, um die ihn viele Spezialisten beneiden müssen.

Der Text, dessen Originalität und Anschaulichkeit auch in der hier vorliegenden deutschen Übersetzung voll zum Tragen kommen, ist nur die eine Säule dieses Buches. Die Bilder liefern die andere. Der Autor hat mit großer Sorgfalt die schönsten astronomischen Photographien zusammengetragen, und er versteht es, als nicht nur profunder Kenner der Materie deren wissenschaftliche Aussagekraft zu erläutern, sondern auch als Künstler deren oft großartige Schönheit zu vermitteln.

Ich glaube, daß der interessierte Leser, der nicht die Einzelergebnisse der Astronomie kennenlernen will, sondern der eine umfassende Darstellung des Wesens der modernen Astronomie sucht, zu keinem besseren und im wahren Sinne des Wortes zu keinem schöneren Buch greifen kann.

Basel, 1983

A. T.

Dank

Dies sind die Namen einiger, die mich freundlicherweise bei *Galaxien* unterstützt haben. Da keiner von ihnen das Buch in seiner endgültigen Form gesehen hat, trägt der Verfasser allein die Verantwortung für Irrtümer oder Unzulänglichkeiten.

Information und Photographien

Halton Arp, Elly M. Berkhuijsen, Richard Berry, K. Alexander Brownlee, Lloyd Carter, S. Chandrasakhar, Mark R. Chartrand III, J. N. Clarke, James Cornell, A. G. de Bruyn, Terry Dickinson, Alan Dressler, Reginald Dufour, Vince Ford, Ken Franklin, Paul Gorenstein, J. Richard Gott III, Stephen T. Gottesman, John Graham, Edward J. Groth, B. W. Hadley, W. E. Harris, Eric B. Jensen, T. D. Kinman, Martha Liller, David Malin, Dennis Meredith, Simon Mitton, Richard Müller, Barry Newell, Rene Racine, Connie Rodriguez, D. H. Rogstad, Paul Routly, Ronald E. Royer, Vera Rubin, Allan Sandage, Jan Schafer, Malcolm Smith, Stephen Strom, Laird A. Thompson, Alar Toomre, Sindey van den Bergh, J. M. van der Hulst, Gerard de Vaucouleurs, Richard M. West, Fujiko Worrell, James D. Wray, Anglo-Australian Observatory, Astrophoto Laboratory, Australian National University, Brooklyn College der City University of New York, California Institute of Technology, Cambridge University, Carnegie Institution of Washington, Cerro Tololo Inter-American Observatory, Dominion Astrophysical Observatory, European Southern Observatory, Griffith Observatory, Hale Observatories, Harvard College Observatory, Hayden Planetarium, Kitt Peak National Observatory, Lawrence Berkeley Laboratory of the University of California, Lick Observatory, Los Angeles Public Library, Max-Planck-Institut für Radioastronomie, McDonald Observatory, McMaster University, Mt. Stromlo and Siding Springs Observatories, New York Public Library, Princeton University, Rice University, Royal Observatory Eding-

burgh, Smithsonian Astrophysical Observatory, United States Naval Observatory, United States Naval Research Laboratory, Université de Montréal, University of Chicago, University of Florida, University of Minnesota, University of Texas at Austin, University of Toronto, Westerbork Radio Observatory.

Redaktionelle und fachliche Beratung

Timothy Crouse, Alan Dressler, J. Richard Gott III, Lynda Obst, Dennis Overbye, R. Bruce Partridge, Thomas M. Powers, Stephen Strom, Gerard de Vaucouleurs.

Unterstützung und Ermutigung

Jon Beckmann, Monica Brown, Jean B. Ferris, Wendy Goldwyn, Kathy Lowry, Lynda Obst, Bruce Porter, Thomas M. Powers, Delfina Rattazzi, Lisa Robinson, Allan Sandage, Alex Shoumatoff, Erica Spellman, Caroly Zecca.

Wissenschaftliche Beratung

Eileen Casey, Eustice Clarke, Juan de Jesus, Robert Ginsberg, Sandra Kitt, Judy Mitko, Terry Tammadge.

Illustrationen

Sarah Landry

Widmung

Den Astronomen überall

Inhalt

Einleitung

- Wo sind wir? 10
- Die Entdeckung der Galaxien 11
- Zu den Photographien 14
- Galaxien und menschliches Denken 15

I

Die Milchstraße: Ein Spiralnebel von innen gesehen

- Eine Reise zum Mittelpunkt der Milchstraße* 18
- Die Milchstraße 20
- Die Sonne 20
- Sterne und interstellarer Raum 24
- Sterngeburten 28
  - Der Orionnebel 28
  - Der Adlernebel 32
  - Der Rosettanebel 34
  - Der Eta Carinae-Nebel 39
  - Die Trifid- und Lagunennebel 43
  - Offene Sternhaufen 46
  - Kugelsternhaufen 50
- Sternentod 53
  - Planetarische Nebel 55
  - Ausbrechende und explodierende Sterne 56
  - Schwarze Löcher 60
- Die Struktur des Milchstraßensystems 61

II

Die Lokale Gruppe von Galaxien

- Eine Reise aus unserer Galaxis hinaus* 68
- Die Lokale Gruppe 70
- Die Magellanschen Wolken 70
- Der Andromedanebel 76
- Die Galaxie M33 82
- Die Bildhauer-Zwerggalaxie 86

III

Form und Vielfalt der Galaxien

- Eine Reise durch intergalaktischen Raum* 88
- Form und Vielfalt von Galaxien 90

- Normale Galaxien 90
  - Spiralen 90
  - Balkenspiralen 101
  - Linsenförmige Galaxien 105
  - Elliptische Galaxien 105
  - Unregelmäßige Galaxien 107
  - Unsere Sicht der Galaxien 107
  - Intergalaktische Zeit und intergalaktischer Raum 112
- Heftige und anomale Galaxien 114

IV

Wechselwirkende Galaxien

- Eine Reise zwischen wechselwirkenden Galaxien* 128
- Galaxien in Wechselwirkung 130
- Das System M51–NGC5195 130
- Das System M81–M82 135
- Die Galaxie NGC4631 139
- Unterschiede in der Wechselwirkung 141
- „Rattenschwanz“-Galaxien 142
- Ringgalaxien 144

V

Galaxienhaufen

- Eine Reise durch den Lokalen Superhaufen* 150
- Galaxienhaufen 152
- Form und Vielfalt von Haufen und Superhaufen 152
- Die Virgo- und Comahaufen 154
- Herkules- und Perseushaufen 156

VI

Galaxien und das Weltall

- Eine Reise ans Ende des Weltalls* 160
- Galaxien und das Weltall 162
- Geometrien von Raum und Zeit 162
- Die Ausdehnung des Weltalls 166
- Rückblickzeit 169
- Kosmologische Modelle 175

- Bildquellen 178
- Ausgewählte Bibliographie 180
- Glossar 182
- Register 187