Thierry Legault

Astrofotografie

Von der richtigen Ausrüstung bis zum perfekten Foto

Übersetzt aus dem Amerikanischen von Volker Haxsen

dpunkt.verlag

Lektorat: Michael Barabas
Fachlicher Review: Wolfgang Dzieran
Copy-Editing: Alexander Reischert
Satz: Petra Strauch
Herstellung: Susanne Bröckelmann
Umschlaggestaltung: Helmut Kraus, www.exclam.de
Druck und Bindung: PHOENIX PRINT

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.

ISBN:
Buch 978-3-86490-257-4
PDF 978-3-86491-803-2

1. Auflage 2016
Copyright © 2016 dpunkt.verlag GmbH
Wieblinger Weg 17
69123 Heidelberg

© der amerikanischen Ausgabe 2014 by Thierry Legault
Astrophotography
Rocky Nook · 802 East Cota Street, 3rd Floor, Santa Barbara, CA 93103
ISBN 978-1-937538-43-9

Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung der Texte und Abbildungen, auch auszugsweise, ist ohne die schriftliche Zustimmung des Verlags urheberrechtswidrig und daher strafbar. Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigung, Übersetzung oder die Verwendung in elektronischen Systemen.
Es wird darauf hingewiesen, dass die im Buch verwendeten Soft- und Hardware-Bezeichnungen sowie Markennamen und Produktbezeichnungen der jeweiligen Firmen im Allgemeinen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz unterliegen.
Alle Angaben und Programme in diesem Buch wurden mit größter Sorgfalt kontrolliert. Weder Autor noch Verlag konnen jedoch fur Schaden haftbar gemacht werden, die im Zusammenhang mit der Verwendung dieses Buches stehen.

5 4 3 2 1 0

Inhalt

Danksagungen ..... **v**
Vorwort ..... **ix**
Wie man dieses Buch am besten liest xi

Kapitel 1
Astrofotografie ohne Teleskop **1**
Kameras und ihre Einstellungen 2
Kameraanschlüsse und -einstellungen 5
Astronomische Motive 6
Planetenkonjunktionen 6
Sternbilder und die Milchstraße 7
Kometen 10
Sternspuren 11
Meteore (Sternschnuppen) 14
Zodiakallicht 14
Polarlichter 14
Mond- und Sonnenfinsternisse 15
Künstliche Satelliten 17
Bildbearbeitung und -verbesserung 20
Erstellen von Panoramen und Mosaiken 20
Erstellen von Zeitrafferaufnahmen 22

Kapitel 2
Die Kameras für die Astrofotografie **27**
Der Sensor 28
Sensoraufbau 28
Bilderfassung 30
Belichtungsphase 30
Phase des Auslesens und der Digitalisierung 30
Quanteneffizienz und spektrale Empfindlichkeit 32
Farbsensoren 33
Kameratypen 35
CCD-Kameras 35
Übliche Digitalkameras 38
Videokameras für die Astronomie 40
Computer 41

Kapitel 3
Bilder kalibrieren und zusammenfügen **45**
Woraus ein Bild besteht 47
Das thermische Signal 47
Das Grundsignal 48
Uniformitätsfehler 49
Eigenschaften und Ursachen der Uniformitätsfehler 49
Bildkalibrierung 50
Korrektur des thermischen Signals 50
Korrektur der Uniformitätsfehler 51
Bildkalibrierung 54
Das Rauschen und seine Reduzierung 56
Die Ursachen des Rauschens 56
Größe der Fotodioden und die Bildqualität 59
Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses 60
Kombinationsmethoden 60
Kombination über die Summe oder den Median 61
Rauschreduzierung bei einem Einzelbild 63
Hinweis zur Bildkalibrierung 64

Kapitel 4
Ihre Ausrüstung einsetzen **67**
Befestigung der Kamera an das Teleskop 69
Huckepackbefestigung 69
Anbringen eines Adapters für die fokale Projektion 69
Verlängerung der Brennweite 70
Der Einsatz von Brennweitenreduzierern 73
Afokale Befestigungen 74
Anschluss eines Fotoobjektivs an eine Kamera 74
Berechnung des Gesichtsfelds und des Abbildungsmaßstabs 75
Berechnung des Gesichtsfelds 76
Berechnung des Abbildungsmaßstabs und der Objektgröße 77
Kollimation des Teleskops 77
Tipps für eine gute Kollimation 78
Welche Justierung für welches Teleskop? 78
Fokussierung 79
Fokustoleranzen 79
Fokussysteme 81
Tipps und Tricks für gutes Fokussieren 81

Kapitel 5
Die Planeten und der Mond 87
Teleskope und Auflösungsvermögen..... 88
Wo liegen die Grenzen der Auflösung?..... 89
Teleskope für Planetenaufnahmen 90
Chromatische Aberration..... 90
Die Auswirkung der zentralen Obstruktion..... 91
Kollimation..... 92
Montierung und Nachführung..... 92
Die Atmosphäre..... 93
Kameras und deren Einstellungen 96
Brennweite und Abbildungsmaßstab..... 99
Aufnahmen mit dem Teleskop..... 100
Verarbeitung der Bilder 101
Auswählen und Stapeln der besten Bilder 101
Kalibrieren, Übereinanderlegen und Kombinieren der Bilder..... 105
Verstärkung von Details..... 105
Farbanpassung 106
Animationen..... 107
Stereobilder 107
Der Sinn der Bildbearbeitung..... 108
Die Planeten und ihre Monde 110
Merkur 110
Venus..... 110
Mars..... 111
Jupiter..... 112
Saturn..... 112
Uranus und Neptun..... 113
Die Monde der Planeten 113
Den Mond fotografieren 115
»Nahaufnahmen« des Mondes..... 115
Die Eigenbewegung des Mondes 115
Die gesamte Mondscheibe fotografieren..... 117
Der Erdschein..... 117
Mondfinsternisse 118
Stern- und Planetenbedeckungen durch den Mond..... 120
Die ISS..... 121

Kapitel 6
Die Sonne 125
Die Sonne im Weißlicht 126
Verwendung von Breitbandfiltern 126
Kameras, Fotografie und Nachbearbeitung..... 128
Die Sonne in H-alpha 130
Der H-alpha-Interferenzfilter..... 130
Der Kalzium-K-Filter..... 135
Kameras, Fotografie und Bearbeitung..... 135
Sonnenfinsternisse 138
Sonnentransite 141
Die Parameter eines Sonnentransits 141
Ausrüstung und Einstellungen 143

Kapitel 7
Bilder von Deep-Sky-Objekten 147
Teleskope für die Deep-Sky-Fotografie 148
Brennweite und Öffnungsverhältnis..... 149
Gesichtsfeld 150
Die Kollimation..... 157
Montierungen für Deep-Sky-Bilder 158
Feste Montierungen..... 158
Motorgesteuerte Alt-Az-Montierungen 158
Motorgesteuerte Äquatorialmontierungen 158
Die Polachsenausrichtung..... 160
Verwendung eines Polsuchers..... 162
Computergestützte Polausrichtung..... 163
Ausrichtung mithilfe des Teleskopsuchers 163
Verbesserung der Polausrichtung..... 164
Nachführfehler 165
Periodischer Schneckenfehler 165
Die anderen Nachführfehler..... 166
Guiding während der Aufnahme 167
Guiding mit Leitrohr..... 167
Off-Axis-Guiding 169
Deep-Sky-Objekte..... 172
Sterne 172
Diffuse Nebel..... 174
Galaxien..... 177
Kometen..... 179
Asteroiden..... 181
Die Atmosphäre 182
Farbe, Schwarz-Weiß und Filter..... 183
Breitbandfilter..... 183
Schmalbandfilter 186
Lichtverschmutzungsfilter..... 187
DSLRs: Infrarotsperrfilter und H-alpha..... 188

Auswahl und Einstellung der Kamera ... 189
DSLR oder CCD-Kamera? ... 190
Welche Belichtungszeit? ... 191
Die anderen Einstellungen ... 193
Das Auffinden der Objekte ... 194
Zentrierung mit einem Sucherfernrohr ... 194
Die Aufnahmen ... 195
Vorbereitung einer Aufnahmesession ... 197
Die Technik des Ditherings ... 197
Die Bildbearbeitung ... 198
Kalibrierung ... 198
Übereinanderlegen und Stapeln ... 199
Entfernung von Gradienten ... 201
Tonwertkorrektur und Gradationskurven ... 202
Verbesserung des Schärfeeindrucks ... 204
Rauschreduzierung ... 205
Kosmetisches Aufhübschen ... 205
Mosaike ... 205
Farbliche Bearbeitung ... 206
Bearbeitung der Farben von Sternen und Galaxien, die mit einem Farbsensor aufgenommen wurden ... 207
Bearbeitung der Farben von Sternen und Galaxien, die mit einem monochromen Sensor und LRGB-Filtern fotografiert wurden ... 207
Bearbeitung der Farben von Emissionsnebeln, die mit einem Farbsensor fotografiert wurden ... 209
Bearbeitung der Farben von Emissionsnebeln, die mit einem monochromen Sensor und RGB- oder Schmalbandfiltern aufgenommen wurden ... 209

Anhänge ... 217

Anhang 1: Dateiformate und Arbeitsschritte ... 217
Gebräuchliche Dateiformate ... 217
Bildschirmansicht der Bilder ... 219
Häufige Bildbearbeitungsschritte ... 219

Anhang 2: Astronomiekameras und -software ... 220
Video- und CCD-Kameras ... 220
Filter und fotografisches Zubehör ... 221
Astronomiesoftware ... 222

Anhang 3: Vom Sensor zum Bild ... 222
Auslesen des Bildes ... 222
Erzeugung eines Farbbildes ... 222
Der Schwarz-Weiß-Modus mit einer Farbkamera ... 224

Anhang 4: Uniformitätsfehler – Ursachen und Lösungen ... 224
Vignettierung ... 225
Staub ... 227

Anhang 5: Überprüfung und Einstellung einer Äquatorialmontierung ... 228
Messung des periodischen Fehlers ... 228
Justierung der Montierung ... 228

Anhang 6: Bilderserien von Finsternissen ... 230
Aufnahmevorbereitungen ... 230
Zusammenfügen der Aufnahmen ... 230

Anhang 7: Optimierung der Kameraeinstellungen ... 232
Optimale Belichtungszeit des Einzelbildes bei der Deep-Sky-Fotografie ... 232
Optimale ISO-Einstellung einer DSLR für Deep-Sky-Aufnahmen ... 233
Weißlichtabgleichfaktoren zur Anwendung bei RAW- (DSLR-) und RGB-Aufnahmen ... 234

Anhang 8: Meteorströme ... 234

Index ... 235