



Stefan Seip

# Himmelsfotografie

## mit der digitalen Spiegelreflexkamera

Die schönsten Motive  
bei Tag und Nacht

KOSMOS

Stefan Seip

# Himmelsfotografie

mit der digitalen Spiegelreflexkamera

*Die schönsten Motive  
bei Tag und Nacht*

**KOSMOS**

# Inhalt

---

<b>Ein guter Start in die Himmelsfotografie</b>	<b>4</b>	Satellitenspuren	32
DSLR – die Allround-Kamera	4	Iridiumblitze	33
Übung macht den Meister	5	Polarlichter	34
Das Buch ist Ihr Begleiter	5	Meteore	35
		Sternstrichspuren	36
		Sternfarben durch Unschärfe	37
		Sternbilder und Sternfelder	38
		Das Band der Milchstraße	39
<b>Die Kamera mit Stativ</b>	<b>7</b>	<b>Die Kamera auf einer Astro-Montierung</b>	<b>41</b>
<b>Stimmungsfotos des Himmels</b>	<b>8</b>		
Die Kamera kennenlernen	8		
Erste Experimente bei Tageslicht	11		
Zubehör für die Himmelsfotografie	12		
Gute Planung ist das halbe Foto	18		
<b>Motive für Kamera auf Stativ</b>	<b>20</b>	<b>Mit der Kamera den Sternen folgen</b>	<b>42</b>
Bizarre Wolkenformationen	20	Astronomische Montierungen	43
Ein farbenprächtiger Dämmerungshimmel	21	Vorbereiten der ersten Aufnahme	46
Regenbögen	22	Aufnahmen machen	48
Gewitterblitze	23		
Landschaftsbilder mit Sonne	24	<b>Motive für Kamera auf Montierung</b>	<b>50</b>
Halo-Erscheinungen der Sonne	25	Landschaft mit Sternenhimmel	50
Nebensonnen	26	Sternbilder	51
Sonnenfinsternisse	27	Das Band der Milchstraße	52
Mond-Planeten-Konstellationen	28	Meteore	53
Aureolen	29	Das aschgraue Mondlicht	54
Halo-Erscheinungen des Mondes	30	Schöne Konstellationen mit Mond	55
Mondfinsternisse	31	Mondfinsternisse	56



<b>Das Fernrohr als Teleobjektiv</b>	<b>65</b>	<b>Motive für lange Belichtungen durchs Teleskop</b>	<b>96</b>
<b>Fotografieren durch das Fernrohr</b>	<b>66</b>	Kometen	96
Vorbereiten der ersten Aufnahme	67	Offene Sternhaufen I	97
Abbildungfehler und Abhilfen	68	Offene Sternhaufen II	98
Sinnvolles Zubehör	69	Kugelsternhaufen	99
Und noch einmal: Die Bildschärfe	71	Emissionsnebel	100
<b>Motive für Kamera mit Fernrohr</b>	<b>74</b>	Reflexionsnebel	101
Die Internationale Raumstation (ISS)	74	Planetarische Nebel	102
Die Sonnenscheibe	75	Supernova-Überreste	103
Sonnenflecken	76	Dunkelnebel	104
Die Sonne im H-Alpha-Licht	77	Galaxien	105
Sonnenfinsternisse	78	<b>Aufnahmetechnik und Bildbearbeitung</b>	<b>107</b>
Auf- und Untergänge von Sonne und Mond	79	<b>Aufnahmetechnik</b>	<b>108</b>
Der Mond und seine Phasen	80	Vorsicht, Sonne!	108
Details der Mondoberfläche	81	Gesichtsfeld und Bildwinkel	110
Mondfinsternisse	82	Wann werden sie Sterne strichförmig?	113
Stern- und Planetenbedeckungen durch den Mond	83	Modifikation einer DSLR	114
Venus	84	Einnorden einer Montierung	115
Mars	85	Die automatische Nachführkontrolle	119
Jupiter und Saturn	86	Zeitraffer-Aufnahmen	124
Doppelsterne	87	<b>Bildbearbeitung</b>	<b>128</b>
		Das „Entwickeln“ einer RAW-Datei	128
<b>Lange Belichtungen durch das Fernrohr</b>	<b>89</b>	Erstellung von Dunkelbildern	130
<b>Fotografieren mit Nachführkontrolle</b>	<b>90</b>	Erstellung von Hellfeldbildern	133
Wichtige Kriterien für Langzeitbelichtungen	91	Kalibrierung der Fotos	135
Die Nachführkontrolle (Guiding)	93	Weiterverarbeitung des DeepSkyStacker-Resultats	139
		Tipps & Tricks für die Bildbearbeitung	141
		Photoshop CS6 und Elements 12	156
<b>Anhang</b>	<b>157</b>		
Links, Adressen und Lesetipps	157		
Register	159		
Nützliche Daten auf einen Blick	161		
Effektive Bildwinkel für versch. Kameras	162		
Scheinbare Ausdehnung von Himmelsobjekten	162		
Sonnenfinsternisse bis zum Jahr 2025	163		
Mondfinsternisse bis zum Jahr 2025	164		
Sternschnuppenströme im Jahreslauf	164		

# Ein guter Start in die Himmelsfotografie

Nie war die Himmels- und Astrofotografie so einfach wie heute. Und nie zuvor machte sie mehr Freude. Moderne Digitalkameras und entsprechende Software stehen jedem Hobby-Fotografen zur Verfügung und liefern beeindruckende Resultate.

Sehenswerte Aufnahmen des Nachthimmels sind heutzutage ohne jahrelange Erfahrung und ohne astronomische Spezialausstattung möglich. Maßgeblich dazu beigetragen hat die rasante Entwicklung der digitalen Spiegelreflexkamera, abgekürzt DSLR (für „Digital Single Lens Reflex“), um die es in diesem Buch geht. Inzwischen sind Modelle zu moderaten Preisen verfügbar, die kaum noch Wünsche offen lassen. Durch die Möglich-

keit, das Objektiv zu wechseln, passt sich die Kamera den unterschiedlichen Motiven bestens an und lässt sich sogar problemlos an ein Fernrohr anschließen. Die große Lichtempfindlichkeit der Kamerasensoren (hohe ISO-Werte) wird den lichtschwachen Motiven des Nachthimmels gerecht. Ein Live-Bild auf dem Kameradisplay erleichtert zudem die für Astrobilder kritische Scharfeinstellung.

**Die hellen Planeten Venus und Jupiter sowie die zunehmende Mondsichel über einer schönen Kulisse (Schloss Solitude bei Stuttgart)**



## DSLR – die Allround-Kamera

Praktisch alle Digitalkameras sind auf den Massenmarkt zugeschnitten und befriedigen keineswegs die speziellen Bedürfnisse der nächtlichen Himmelsfotografie – in dieser Hinsicht ist die DSLR keine Ausnahme.

Dennoch ermöglicht sie bei entsprechender Handhabung, dass eine enorme Vielzahl an unterschiedlichen Himmelsmotiven erschlossen werden kann, mehr, als mit jedem anderen Kamerasystem: Eine Videokamera mag besser für Planetenaufnahmen geeignet sein, aber Galaxien können Sie damit nicht aufnehmen.

Eine spezielle Astro-CCD-Kamera mit gekühltem Schwarzweißsensor und Farbfilterrad beherrscht die Deep-Sky-Fotografie besser als eine DSLR, doch einen stimmungsvollen Mondaufgang kann sie nicht festhalten. Stellt ein Planetenfotograf mit einer Videokamera fest, dass die Luftunruhe keine scharfen Aufnahmen zulässt, könnte er mit einer DSLR umdisponieren und stattdessen Weitwinkel-Aufnahmen der Milchstraße machen. Und während ein Deep-Sky-Jäger mit Astro-CCD-Kamera entmutigt einpackt, weil eine hoch-



Durch seine Helligkeit und Ausdehnung erfreut sich der Orion-Nebel großer Beliebtheit für die ersten Gehversuche mit langen Brennweiten.

nebelartige Bewölkung aufzieht, hätte er mit einer DSLR unter diesen Bedingungen vielleicht einen eindrucksvollen Halo um den Mond ablichten können.

## Übung macht den Meister

Digital bedeutet aber nicht, schöne Bilder ohne Mühe zu erhalten. Spätestens bei echten Nachtaufnahmen ist eine Bildverarbeitung obligatorisch. Sie bildet neben der Aufnahme eine zweite, gleichwertige Säule auf dem Weg zu einem gelungenen Astrofoto. Dabei geht es darum, die im Bild vorhandenen Informationen in optimaler Weise sichtbar zu machen sowie Artefakte zu eliminieren, die als Begleiterscheinung der digitalfotografie auftreten.

Allgemein gültige „Kochrezepte“ dazu gibt es nicht, zu unterschiedlich sind die Motive und die Rohdaten aus den Kameras. Vielmehr ist ein grundlegendes Verständnis der Bearbeitungsschritte notwendig, weshalb wichtige Verfahren der Bildverarbeitung auch in diesem Buch zur Sprache kommen.

Wer Astrofotografie betreiben möchte, muss sich nicht nur mit seiner Kamera auskennen.

Beispielweise ist es unerlässlich, mit der Handhabung und dem Betrieb einer astronomischen Montierung vertraut zu sein, wenn trotz langer Belichtungszeiten die Sterne punktförmig abgebildet werden sollen. Diese Mechanik verfügt über eine motorisch angetriebene Achse, die die Kamera mit der scheinbaren Rotation des Himmels synchronisiert. Je kleiner der Bildwinkel ist, desto genauer muss gearbeitet werden. Das gilt insbesondere dann, wenn zwecks Abbildung von sehr kleinen Objekten ein Fernrohr mit entsprechend langer Brennweite zum Einsatz kommt. Die Verwendung astronomischer Gerätschaften ist mit besonderem Blick auf die Anforderungen der Astrofotografie Bestandteil dieses Buches.

## Das Buch ist Ihr Begleiter

Am meisten werden Sie von diesem Buch profitieren, wenn Sie die Kapitel in ihrer Reihenfolge durcharbeiten, denn der Schwierigkeitsgrad steigert sich von einem Kapitel zum nächsten. Dies gilt sowohl für Einsteiger als auch für Fortgeschrittene, denn viele Tipps und Tricks werden nur ausführlich in jenem Kapitel beschrieben, in dem sie erstmalig zur Sprache kommen, obwohl sie häufig auch in anderen Bereichen hilfreich sind. Das gilt insbesondere für den ausführlichen Technikteil *Aufnahmetechnik und Bildbearbeitung* ab S. 108, in dem grundlegende Schritte der Aufnahmetechnik sowie viele Bildbearbeitungsmethoden dargestellt werden.

Mit einer digitalen Spiegelreflexkamera besitzen Sie ein mächtiges Instrument, um die Schönheit des Himmels bei Tag und bei Nacht fotografisch festzuhalten. Auch wenn nicht alles auf Anhieb gelingen wird, so liegt ein spannender Weg vor Ihnen, auf dem dieses Buch Ihr Begleiter sein soll. Viel Freude und Erfolg dabei wünscht Ihnen

Stefan Seip



# Die Kamera mit Stativ



**Stimmungsfotos des Himmels**

**8**

**Motive für Kamera auf Stativ**

**20**



## Stimmungsfotos des Himmels



Für die Himmelsfotografie ist entgegen der landläufigen Meinung keine kostspielige Ausrüstung nötig. Am Anfang benötigen Sie lediglich eine digitale Spiegelreflexkamera, einen Computer mit einem Bildbearbeitungsprogramm und idealerweise ein Fotostativ.

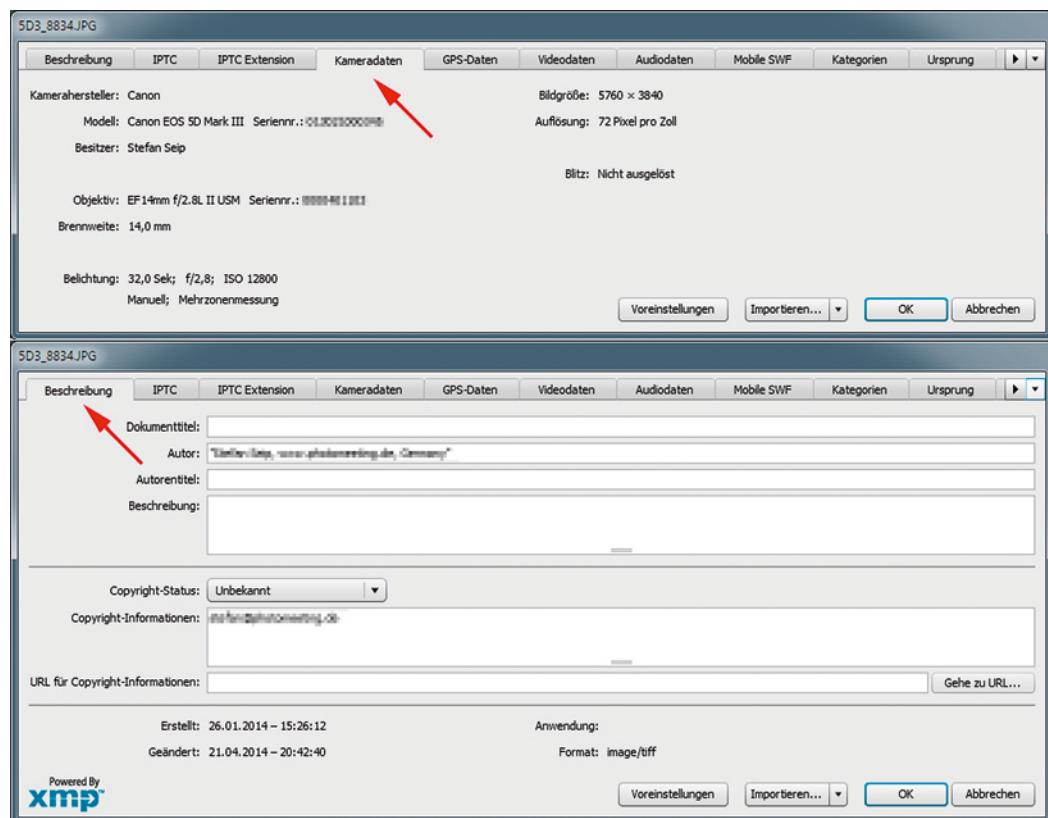
Für den Start in die Himmelsfotografie ist also weder ein Fernrohr noch eine astronomische Fernrohrmontierung Voraussetzung. Versuchen Sie stattdessen, aus Ihrer vorhandenen Ausrüstung das Maximale herauszuholen. Und das ist eine ganze Menge!

**Es bedarf keiner großen Ausrüstung, um in der Dämmerung eindrucksvolle Fotos von Planeten und dem Mond zu machen. Hier die Mondsichel mit Saturn, Venus und Merkur.**

### Die Kamera kennenlernen

Bevor es losgeht, sollten Sie sich mit den wichtigsten Einstellungen Ihrer Kamera vertraut machen. Schließlich müssen die richtigen Handgriffe auch bei Dunkelheit





In jedem Digitalfoto sind alle wichtigen Aufnahmeparameter gespeichert.

„sitzen“. Dazu ist es aber nicht notwendig, das weit verzweigte Kameramenü bis in den letzten Winkel zu erforschen und das Handbuch der Kamera durchzuackern. Nehmen

Einer der ersten Übungsschritte mit Ihrer DSLR:  
Einstellen der ISO-Zahl.



Sie sich zunächst einfach die im Kasten *Erste Schritte mit Ihrer DSLR* auf Seite 10 aufgelisteten Funktionen vor, um Ihre Kamera kennenzulernen.

Das Einstellen dieser Funktionen ist allerdings je nach Kamerahersteller unterschiedlich. Teilweise gibt es sogar deutliche Unterschiede innerhalb der Modellpalette eines Herstellers. Daher muss an dieser Stelle auf die Bedienungsanleitung verwiesen werden, in der Sie im Index nach dem entsprechenden Begriff gezielt nachschlagen. Empfehlenswert sind „Trockenübungen“ bei Tageslicht mit anschließender Kontrolle der Ergebnisse an einem Computer mit Bildverarbeitungsprogramm.

Praktisch ist es, dass die Kamera alle wichtigen Aufnahmeparameter in der Bilddatei

speichert, so dass Belichtungszeit, Blende, ISO-Zahl, Brennweite und vieles mehr dokumentiert werden. In der häufig verwendeten Software „Photoshop“ dient zur Anzeige die-

ser Daten der Befehl „Datei/Dateiinformationen ...“, der ein Dialogfeld aufruft, in dem Sie die Rubrik „Kameradaten“ und „Beschreibung“ anklicken können.

### Erste Schritte mit Ihrer DSLR

- Funktionsweise der Zeitautomatik „Av“ bzw. „A“ (wenn Belichtungsautomatik verwendet wird, dann Halbautomatik statt Vollautomatik: Sie wählen die Blende vor = „Blendenpriorität“)
- Verwendung der Belichtungskorrektur (gezielte Unter- oder Überbelichtung gegenüber dem von der Automatik gewählten Wert)
- Verändern des ISO-Wertes
- Manuelle Wahl des gewünschten Autofokus-Messfeldes
- Aus- und Einschalten des Autofokus
- Verwendung der Live-View-Funktion inkl. Lupenfunktion für die manuelle Fokussierung
- Wahl des Dateiformats (bevorzugt: RAW + JPG)
- Umschalten von Belichtungsautomatik auf manuelle Einstellung („M“)
- Einstellen von Belichtungszeit und Blende im manuellen Modus („M“)
- Anzeigen des Histogramms einer Aufnahme
- Manuelles Einstellen des Weißabgleichs
- Ein- und Ausschalten der automatischen Rauschunterdrückung
- Einschalten der Displaybeleuchtung, die das Ablesen bei Nacht erleichtert
- Ausschalten der automatischen Bildanzeige nach jeder Aufnahme (kostet Energie und beeinträchtigt die Dunkeladaptation der Augen)
- Formatieren der Speicherkarte
- Aus- und Einschalten des Bildstabilisators (falls vorhanden)
- Einstellung der Kamera auf Dauerbelichtung („bulb“)

## Erste Experimente bei Tageslicht

Um sich weiter mit Ihrer DSLR vertraut zu machen, können Sie zunächst einige Experimente bei Tageslicht durchführen, bevor es „ernst“ wird. Hierzu einige Anregungen.

**ISO-Wert** Je höher Sie den ISO-Wert einstellen, desto empfindlicher reagiert der Aufnahmeselector auf einfallendes Licht. Die ISO-Stufen 100, 200, 400, 800, 1600, 3200, 6400 usw. bedeuten jeweils eine Verdopplung der Lichtempfindlichkeit, die technisch durch eine immer größere Signalverstärkung bewerkstelligt wird. Höhere Lichtempfindlichkeiten können Sie einsetzen, um die Belichtungszeit zu verkürzen und/oder eine kleinere Blendenöffnung zu verwenden. Ersteres ist für Dämmerungs- und Nachtaufnahmen ein verlockender Gedanke. Der Nachteil hoher ISO-Werte ist jedoch ein Anstieg des Bildrauschens. Dieses Rauschen verleiht dem Bild ein zunehmend „körniges“ Aussehen (siehe rechts *Rauschtest bei hoher Empfindlichkeit*).

**Automatische Rauschreduzierung** Mit einer zweiten Testreihe können Sie klären, ob und wie stark sich bei Ihrer Kamera die optionale Rauschreduzierung auswirkt. Bei eingeschalteter Rauschreduzierung nimmt die Kamera nach jedem Foto ein so genanntes „Dunkelbild“ (s. Seite 130) auf. Bietet Ihre Kamera im Menüeintrag der Rauschreduzierung neben „Ein“ und „Aus“ als dritte Möglichkeit „Automatik“, verwenden Sie diese keinesfalls, denn dann entscheidet die Kamera, ob ein Dunkelbild nötig ist oder nicht.

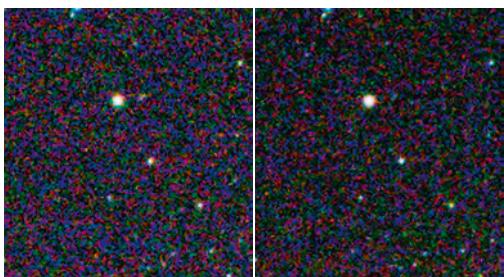
Für Ihre Testreihe benötigen Sie ein dunkles Motiv, denn die Belichtungszeit sollte auf jeden Fall länger als eine Sekunde sein, am besten zwischen 10 und 30 Sekunden. Dazu wird die Kamera auf einem Stativ befestigt. Machen Sie in den ISO-Stufen 100, 400, 1600 und 6400 jeweils zwei Aufnahmen, eine mit und eine ohne eingeschaltete Rauschreduzierung. Wiederum öffnen Sie die Fotos mit dem Bild-

### TIPP: Rauschtest bei hoher Empfindlichkeit

► Nehmen Sie mit aktiver Belichtungsautomatik ein und dasselbe Motiv mit allen zur Verfügung stehenden ISO-Werten auf, auch eventuell einstellbare Zwischenwerte sollten sie testen! Öffnen Sie die entstandenen Probeaufnahmen in Photoshop und vergleichen Sie die Resultate bei der Zoom-Stufe 100 % (Befehl „Ansicht/Tatsächliche Pixel“). Achten Sie vor allem auf dunkle Motivbereiche, die im Schatten liegen. Dort wird das Rauschen bei hohen ISO-Werten besonders stark in Erscheinung treten. Spiegelreflexkameras neueren Datums werden bis ISO 1600 relativ rauscharme Ergebnisse liefern, darüber hinaus lässt sich das Rauschen nicht mehr übersehen.

bearbeitungsprogramm, um nach eventuellen Vorteilen der Aufnahmen mit eingeschalteter Rauschreduzierung zu suchen. Ganz bewusst wähle ich das Wort „suchen“, denn bei vielen Kameras ist der Unterschied oft erst auf den zweiten Blick zu erkennen. Mir sind sogar Fälle bekannt, in denen die Einstellungen „Rauschreduktion bei Langzeitbelichtung“ und „High ISO Rauschreduzierung“ zu einer Verschlechterung der Resultate führt; dann bleiben beide Funktionen ausgeschaltet!

**Die eingeschaltete Rauschreduzierung (rechts) ist gegenüber dem Bild links kaum sichtbar.**



## Manuelle Belichtungskorrektur/Histogramm

Fotografieren Sie ein Standardmotiv bei Tagessicht und belichten Sie zunächst ganz normal mit Zeitäutomatik (Belichtungsprogramm „Av“ bzw. „A“). Danach stellen Sie die manuelle Belichtungskorrektur auf –2 und wiederholen die Aufnahme. Verfahren Sie ebenso mit der Einstellung +1 und +2. Minus bedeutet eine absichtliche Unterbelichtung, plus eine Überbelichtung gegenüber dem Automatikwert. Lassen Sie sich an der Kamera oder in Photoshop (Befehl „Bild/Korrekturen/Tonwertkorrektur ...“) die Histogramme zu den Bildern anzeigen und versuchen Sie, diese zu interpretieren (vgl. Seite 139). Führen Sie ähnliche Testreihen auch mit allen anderen auf Seite 10 erwähnten Kameraeinstellungen durch, um ihren Einfluss auf die Fotos nachvollziehen zu können.

**Datum, Uhrzeit und Position** Bei astronomischen Motiven ist es oft wichtig zu wissen, wann und wo genau sie entstanden sind. Zum Beispiel, um im Nachhinein die in der Aufnahme enthaltenen Objekte identifizieren zu können. Dazu sollte man das Datum und die Uhr der Kamera wenigstens auf die Minute genau einstellen. Eine Neujustierung der Uhrzeit ist von Zeit zu Zeit notwendig. Besonders heikel sind die Umstellungen von/ auf Sommerzeit sowie Reisen in andere Zeitzonen. Um Verwirrungen auszuschließen, ist es hilfreich, die Kamera grundsätzlich mit der Weltzeit (UTC) laufen zu lassen.

## Zubehör für die Himmelsfotografie

Wenn Sie die Bedienung Ihrer DSLR im Griff haben, können Sie loslegen. Je nach Motiv benötigen Sie allenfalls noch einige Zubehörteile, die für Himmels- und Astrofotografen von genereller Bedeutung sind:

**Stativ** Ein solides Stativ ist vielfach wünschenswert oder erforderlich. Erstens können Sie

Ihre Kamera in Ruhe auf das Motiv ausrichten und danach eine ganze Reihe von Fotos aufnehmen, ohne immer wieder neu auf den Ausschnitt achten zu müssen. Zweitens eliminieren Sie mit einem Stativ eine der Hauptursachen unscharfer Fotos: Verwacklungen aufgrund von zu langen Belichtungszeiten. Viele auf den ersten Blick scharf erscheinende Aufnahmen zeigen bei näherer Beobachtung eine leichte Unschärfe, weil die Belichtungszeit zu lang war und Aufnahmen aus der Hand zu Verwacklungen geführt haben. Schon während der Dämmerung ist schnell der Zeitpunkt erreicht, wo ein Stativ unverzichtbar wird. Das Hochschrauben des ISO-Wertes, also der „Empfindlichkeit“ des Aufnahmesensors, um die nötige Belichtungszeit zu verkürzen, ist keine gute Lösung

Nur ein stabiles Stativ kann Verwacklungen bei Langzeitbelichtungen vermeiden. Kleines Bild: Hebelklemmungen an den Stativbeinen.



**TIPP: Bildstabilisator abschalten**

► Schalten Sie einen eventuell in der Kamera oder im Objektiv befindlichen Bildstabilisator (IS=„Image Stabilizer“/ VS=“Vibration Reduction“) unbedingt ab, wenn die Kamera auf ein Stativ montiert wird. Das gilt für ausnahmslos alle Fälle, in denen Aufnahmen nicht „aus freier Hand“ gemacht werden. Durch versehentliche Aktivität der Stabilisierung können ansonsten „verzitterte“ Sterne entstehen.

wegen des erwähnten Bildrauschens, das dann sichtbar zunimmt. Der Gebrauch eines Stativs versetzt Sie in die Lage, den ISO-Wert auf niedrigem Niveau zu belassen.

Die Auswahl eines angemessenen Stativs gleicht der Quadratur des Kreises: Einerseits soll und muss es stabil sein, um selbst einer Windböe zu trotzen und die Kamera auch dann noch sicher zu tragen, wenn einmal ein schweres Objektiv mit langer Brennweite angesetzt ist. Andererseits darf es nicht zu schwer sein, sonst führt man es aus Bequemlichkeitsgründen nicht gerne mit sich. Nur ein Kompromiss führt aus dieser Situation, auch dann, wenn man tiefer in die Tasche greift und moderne Werkstoffe wie Karbon wählt. In jedem Fall sollten Sie sich in einem Fachgeschäft verschiedene Modelle zeigen lassen, um mit Ihrer Kamera auszuprobieren, welches davon in Frage kommt. Eine „blinde“ Bestellung im Internet kann letztlich viel Lehrgeld kosten.

Entscheiden Sie sich am besten für ein Stativ, dessen Beine sich mit Hilfe einer Hebelklemmung arretieren lassen und nicht mit einem Drehmechanismus (s. Abb. links). Letztere sind bei tiefen Temperaturen mit Handschuhen nicht gut zu bedienen und bereiten mit der Zeit Probleme. zieht man sie zu fest an, lassen sie sich kaum wieder lösen, reicht die Klemmung nicht aus, droht ein Bein einzusinken und das Stativ umzukippen.

Ein stabiles Klemmstativ, das an Zaunpfählen, einem Ast oder einer Bank befestigt werden kann, ist als Notlösung besser als gar kein Stativ. Wählen Sie am besten ein Modell, das sich später unter Umständen auch an der Gegengewichtsstange eines Teleskops befestigen lässt (Abb. unten). Auch ein Mini- oder Tischstativ erfüllt in manchen Situationen den Zweck.

Stativ und Stativkopf können bisweilen separat erworben werden. Als Kopf kommen ein Kugelkopf, ein klassischer 3D-Neiger und ein Getriebeneiger in Frage. Welche Wahl Sie treffen, hängt in erster Linie von Ihren persönlichen Vorlieben ab, erlaubt ist alles, was stabil genug ist. Denken Sie daran, dass der Wechsel von Quer- auf Hochformataufnahmen sowie das An- und Abmontieren der Kamera mit wenigen Handgriffen möglich sein sollten.

**Klemmstativ zur Befestigung einer Kamera an der Gegengewichtsstange einer Fernrohrmontierung.**





**Mit einem Blitzgerät, Kabelauslöser, Speicherkarten, Ersatzakku und einem lichtstarken Objektiv (von links nach rechts) sind Sie für Stimmungsaufnahmen bestens ausgestattet.**

**Kabelauslöser** Auch mit Verwendung eines Stativs drohen verwackelte Aufnahmen, wenn man den normalen Kameraauslöser benutzt. Abhilfe schaffen Kabelauslöser. Unglücklicherweise sind die Anschlussbuchsen der Kameras nicht genormt, so dass Sie darauf achten müssen, den richtigen Kabelauslöser zu erwerben. Einfache Modelle haben nur eine Auslösetaste, die sich für Langzeitbelichtungen mit der Einstellung „bulb“ arretieren lässt. Mehr Funktionen bieten Produkte, mit denen sich Aufnahmeserien und -intervalle programmieren lassen.

Ist der Kabelauslöser einmal nicht zur Hand, können Sie als Behelfslösung den Selbstauslöser der Kamera verwenden. Die Erschütterungen, die durch das Drücken des Kameraauslösers verursacht werden, klingen während der Vorlaufzeit des Selbstauslösers weitgehend ab.

Kabellose Auslöser empfehle ich nicht, da der Sender eine Batterie enthält, die im entscheidenden Moment versagen könnte.

**Blitzgerät** „Ein Blitzgerät für Himmelsaufnahmen?“, werden Sie jetzt vielleicht fragen. Das Blitzgerät soll natürlich keine Himmelskörper aufhellen, sehr wohl aber Vordergrundobjekte im Bild wie beispielsweise Bäume, Zweige oder ein in der Landschaft stehendes Fernrohr nebst Astronom. Verzichtet man auf den Einsatz des Blitzes, werden Objekte im Vordergrund oftmals nur als Silhouette auf dem Foto wiedergegeben, was auch seinen Reiz haben kann. Mit Blitzgerät jedoch gelingen Bilder, bei denen der Sternenhimmel und das Geschehen auf der Erde gleichzeitig erkennbar sind (vgl. Foto Seite 40/41).

Am besten drosselt man die Leistung des Blitzgerätes etwas, um die Nacht- oder Dämmerungsstimmung nicht zu beeinträchtigen, z. B. durch Einstellung der Blitzbelichtungskorrektur an der Kamera oder dem Blitz um etwa –1,5 bis –2 Belichtungsstufen. Wenn Ihre Kamera mit einem eingebauten Blitzgerät ausgestattet ist, mag dieses in manchen Fällen ausreichend sein. Allerdings ist die

Lichtleistung sehr begrenzt und weiter entfernte Objekte können nicht mehr ausgeleuchtet werden. Für die Ausleuchtung des Vordergrundes können Sie statt eines Blitzgerätes auch eine normale Taschenlampe verwenden. Während der Belichtungszeit benutzen Sie die Taschenlampe als „Lichtpinsel“ und hellen die gewünschten Bereiche auf.

**Ersatzakku** Eine DSLR ist auch während einer Langzeitbelichtung auf die Energieversorgung des Akkus angewiesen. Kaum eine Kamera steht eine lange Aufnahmenacht mit einem einzigen Akku durch, bei manchen wird es schon nach wenigen Stunden kritisch. Daher ist es eine gute Idee, einen geladenen Ersatzakku bereit zu halten. In kalten Nächten stecken Sie diesen am besten in die gewärmede Hosentasche, denn die Akkuleistung kann bei tiefen Temperaturen erheblich nachlassen.

Ich habe mir angewöhnt, teilentladene Akkus bei der nächsten sich bietenden Gelegenheit wieder voll aufzuladen. Vollständig geladen bewahre ich sie auch auf. Man weiß nämlich nie, wie überraschend ein Einsatz ansteht und möglicherweise keine Zeit mehr zum Aufladen verbleibt.

Kontrovers wird die Frage diskutiert, ob es unbedingt die kostspieligen Akkus des Kameraherstellers sein müssen, oder ob „Nachbauten“, meist aus Fernost, zu einem Bruchteil des Preises ausreichen. Ich kann diese Frage nicht endgültig beantworten, verwende selbst aber nur Originalakkus. Das Risiko, dass unwiederbringliche Motive durch Versagen von Akkus verloren gehen, ist mir zu hoch. Außerdem bin ich der Auffassung, dass eine hochwertige Kamera das beste und sicherste Zubehör verdient. Sollte ein Akku überhitzen und die Kamera beschädigen, steht der Hersteller nur dann dafür gerade, wenn ein Originalakku verwendet wurde.

**Speichermedien** Glücklicherweise sind Speicherkarten mittlerweile zu moderaten Prei-

sen zu erwerben. Es spricht also nichts dagegen, sich eine oder zwei Ersatzkarten zu beschaffen. Für die Himmels- und Astrofotografie ist es nicht notwendig, auf die Schnelligkeit der Speichermedien zu achten, denn Geschwindigkeit muss immer noch teuer bezahlt werden. Schnelle Aufnahmefolgen, die solche Karten erfordern, spielen – mit wenigen Ausnahmen – hier keine Rolle. Um auch für die Ausnahmefälle gerüstet zu sein, etwa einen Transit der Internationalen Raumstation ISS vor der Sonne, kann man sich ja mit einer einzigen schnelleren Karte ausstatten. Statt auf Geschwindigkeit ist eher auf die Zuverlässigkeit zu achten, damit keine Bilder durch Datenverlust zerstört werden. Produkten von Markenherstellern ist daher der Vorzug zu geben, anstatt Billigprodukt für ein paar Euro zu vertrauen. Hüten Sie sich auch vor gefälschten Karten, die nur das Label eines Markenherstellers tragen und gewöhnlich sehr preiswert sind. Übertragen Sie nach einer Aufnahmenacht alle Bilder von den Karten auf ein externes Speichermedium, um die Speicherkarten zu leeren. Beginnen Sie neue Fotoeinsätze stets mit leeren Karten. Hin und wieder sollten Speicherkarten mit Hilfe des Menübefehls Ihrer DSLR formatiert werden. Zusätzlich habe ich mir angewöhnt, eine Karte immer dann zu formatieren, wenn sie von einer Kamera in eine andere gewechselt wird.

**Utensilien zur Sensorreinigung** Obwohl einige Kameramodelle über verschiedene Mechanismen zur Selbstreinigung des Aufnahmesensors verfügen, wird es auf Dauer nicht zu vermeiden sein, dass sich Staub- und Schmutzpartikel auf dem Sensor niederlassen und dann als schwarze Pünktchen auf den Fotos zu sehen sind. Je kleiner die Blendenöffnung und je länger die Brennweite, desto deutlicher und schärfer wird der Schmutz abgebildet. Hält sich die Anzahl der störenden Sensorflecken in Grenzen, können sie bei der Bildbearbeitung in Photoshop

durch das Stempel- oder das Bereichsreparaturwerkzeug leicht beseitigt werden. Nehmen die Flecken überhand, muss der Sensor gereinigt werden. Dazu bietet der Fachhandel eine ganze Palette von verschiedenen Produkten an, mit denen eine weitgehend gefahrlose Reinigung durchführbar ist. Man kann über die hohen Preise dieser Reinigungskits klagen, muss sich aber darüber im Klaren sein, dass ein Kratzer auf dem Sensor, verursacht durch eine unsachgemäße Reinigung, erhebliche Folgen hat. Das ist unter allen Umständen zu verhindern, denn der Austausch eines zerkratzten Sensors verursacht immense Reparaturkosten. Den Anleitungen, die den Reinigungsmaterialien beiliegen, ist daher unbedingt Folge zu leisten.

Volles Verständnis habe ich für diejenigen, die das Risiko scheuen und sich zunächst an eine Sensorreinigung nicht herantrauen. Im Zweifelsfall gibt es die Möglichkeit, die Reinigung bei einem Fachhändler oder gar beim Kamerahersteller durchführen zu lassen. Auf längere Sicht jedoch ist das die teuerste Variante. Zudem ist es keine Lösung, wenn Sie sich auf einer Reise befinden und der Sensor verschmutzt ist. Erfahrungsgemäß müssen die anfänglichen Bedenken eines Tages über-

**Schmutzpartikel auf dem Sensor sind praktisch unvermeidbar. Reinigen Sie ihn aber erst, wenn der Schmutz überhand nimmt.**



### Schmutz im Sucher

► Durch den Sucher zu sehender Staub liegt auf der Einstellscheibe der Kamera und hat auf das Bild keinen Einfluss. Umgekehrt wird Schmutz auf dem Sensor im optischen Kamerasucher nie sichtbar.

wunden werden, um zu erkennen, dass man bei der Sensorreinigung zwar vorsichtig zu Werke gehen muss, dann aber auch wirklich keine Schäden zu befürchten hat. Durch eine sachgemäße Reinigung leidet ein Sensor nicht und wird auch Dutzende von Reinigungen klaglos überstehen.

Mit der Methode im Kasten *Test für den Verschmutzungsgrad des Sensors* können Sie den Verschmutzungsgrad Ihres Sensors feststellen oder den Erfolg einer Reinigungsmethode überprüfen. Dieser „Härtetest“ wird bei allen Kameras mehr oder weniger viele Sensorflecken aufdecken, selbst bei fabrikneuen. Und auch eine noch so gründliche Reinigung wird sie nicht alle zum Verschwinden bringen. Das ist nicht weiter beunruhigend, denn in der Praxis fallen viele der Flecken, die durch diesen Test sichtbar werden, nicht ins Gewicht.

Die Pixel der Aufnahmesensoren sind nur wenige tausendstel Millimeter groß. Selbst viele Blütenpollen sind größer und erzeugen, wenn sie auf dem Sensor gelandet sind, kräftige Flecken. Als Vorsorgemaßnahme empfiehlt es sich, eine digitale Spiegelreflexkamera immer zu verschließen, sei es durch ein Objektiv oder durch einen Gehäusedeckel, damit die Partikel gar nicht erst ins Kamerrinnere vordringen können. Transportieren Sie die Kamera so, dass die Sensoroberfläche zur Erdoberfläche zeigt, damit sich vagabundierende Teilchen nicht zwingend auf dem Sensor niederlassen. Einer Ursache von Schmutz auf dem Sensor können Sie allerdings nicht vorbeugen, nämlich dem Abrieb der Verschlussmechanik.

Viele Produkte zur Sensorreinigung arbeiten mit einem flüchtigen Lösungsmittel, allerdings besteht die Gefahr, dass der Schmutz durch das „Abwischen“ nicht aufgenommen wird, sondern in die Ecken geschoben wird. Daher möchte ich noch auf eine weitere Reinigungsmethode zu sprechen kommen, die bei ihrer Anwendung allerdings etwas Überwindung kostet. Es ist die von mir bevorzugte Methode mit Sensorfilm ([www.sensor-film.com](http://www.sensor-film.com)). Das ist eine honigartige Substanz, die auf den Sensor aufgetragen wird und während des Trocknungsprozesses jedes noch so kleine Teilchen fest umschließt. Nach der Trocknung entsteht ein fester Film, der sich rückstandsfrei abziehen lässt und einen extrem reinen Sensor hinterlässt. Natürlich erfolgt die Verwendung stets auf eigene Gefahr. Visuell lassen sich die winzigen Partikel auf dem Sensor meistens nicht entdecken. Wenn es sich jedoch um ein besonders großes Objekt handelt, etwa einen Staubfussel, lohnt sich unter Umständen die Lokalisierung und der Versuch, es mit Druckluft (nicht aus einer Dose, sondern mit einem handbetriebenen Blasebalg) zu entfernen. Dann stellt sich die Frage, wo der Störenfried auf dem Sensor

liegt. Es gilt die Regel, dass oben und unten jeweils vertauscht ist, nicht jedoch rechts und links. Ist das Objekt auf dem Foto in der linken, oberen Ecke, befindet es sich, wenn man den freiliegenden Sensor von vorne anschaut, in dessen Ecke links unten.

**Störlichtblenden** sind auch unter dem Namen „Gegenlichtblende“, „Streulichtblende“ und „Sonnenblende“ bekannt. Sie werden vorne auf ein Objektiv aufgesetzt und halten seitlich einfallendes Licht fern. Weil die Objektive unterschiedliche Bildwinkel und Frontdurchmesser haben, gibt es für jedes Objektiv eine speziell dazu passende Störlichtblende, die leider nicht immer im Lieferumfang enthalten ist.

Meine Empfehlung lautet, grundsätzlich immer mit einer Störlichtblende zu arbeiten. Gerade bei Aufnahmen in der Dämmerung oder bei Nacht ist es schnell passiert, dass eine Straßenlampe oder sonstige Fremdlichtquelle das Objektiv anleuchtet, was in ungünstigen Fällen zur Bildung heller Flecken auf einem Foto führen kann. Eine Störlichtblende schützt die Frontlinse auch zuverlässig vor mechanischer Beschädigung und ei-

### Test für den Verschmutzungsgrad des Sensors

1. Verwenden Sie ein Objektiv mit möglichst langer Brennweite, stellen Sie den Fokusschalter auf „MF“ (manuelle Fokussierung) und wählen Sie die Entfernungseinstellung „unendlich“.
2. Stellen Sie Ihre Kamera auf einen niedrigen ISO-Wert, die Belichtungsautomatik auf „Zeitautomatik“ (Av bzw. A) und verwenden Sie die kleinstmögliche Blendenöffnung (z. B. 16, 22 oder 32).
3. Visieren Sie eine helle Fläche an, etwa eine Zimmerdecke oder eine Wand.
4. Stören Sie sich nicht an einer möglicherweise langen Belichtungszeit, die sich durch die kleine Blendenöffnung ergibt, denn eine Verwacklung ist bei der folgenden Aufnahme eher erwünscht, denn Sie wollen keine Details der Zimmerdecke oder der Wand sichtbar machen.
5. Lösen Sie die Kamera aus, wobei Sie während der Belichtungszeit leichte Bewegungen ausführen.
6. Begutachten Sie die entstandene Aufnahme mit einem Bildverarbeitungsprogramm, indem Sie die Zoom-Stufe auf 100 % stellen (in Photoshop mit dem Befehl „Ansicht/Tatsächliche Pixel“). Schauen Sie sich alle Bereiche des Bildes nach und nach an.

ner versehentlichen Berührung mit den Fingern. Eine dann fällige Frontlinsenreinigung ist bei Dunkelheit im Freien nicht ohne Brisanz. Außerdem verzögert die Störlichtblende in Nächten mit hoher Luftfeuchtigkeit das Beschlagen der Frontlinse, und dieses dann besonders effektiv, wenn ihre Innenseite mit Velours ausgekleidet ist.

**Schutzfilter** Einen ständig auf das Objektiv geschraubten „Schutzfilter“ halte ich bei der konsequenten Verwendung einer Störlichtblende für entbehrlich. Verzichten Sie daher beim Objektivkauf auf das „Setangebot inklusive Schutzfilter“ und erwerben Sie für das gesparte Geld lieber die Störlichtblende. Mir sind einige Fälle bekannt, in denen ein solcher Filter nicht nur die Bildqualität, sondern sogar die Autofokusfunktion beeinträchtigt hat. Filter vor dem Objektiv sind bei der Himmels- und Astrofotografie nur in Ausnahme-

fällen nützlich und nur dann zu empfehlen, wenn deren spezifische Filterwirkung gewünscht wird. In Frage kommen allenfalls ein Polarisationsfilter und ein Weichzeichnungsfilter. Die Wirkung dieser Filter wird in den entsprechenden Motivkapiteln angesprochen.

## Gute Planung ist das halbe Foto

Die wenigsten sehenswerten Astro- und Himmelsfotos entstehen durch Zufall, weil sich gerade eine Gelegenheit bot. Meistens geht sorgfältige Planung voraus.

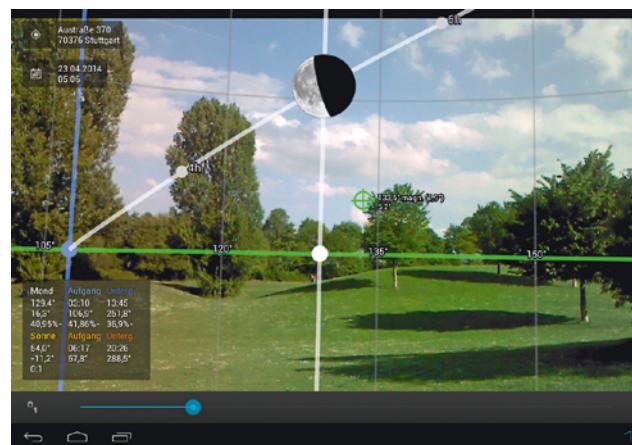
**Lauf von Sonne und Mond** Besonders schöne Stimmungen ergeben sich in den Dämmerungsphasen. Zu besonderer Bekanntheit hat es die „Blaue Stunde“ gebracht. Damit umschreibt man einen Zeitraum, zu dem das Dämmerungslicht deutlich blau erscheint.

**Ein Blasebalg (links neben der Kamera) sollte in keiner Ausrüstung fehlen. Zur Entfernung von hartnäckigem Sensorschmutz bietet der Fachhandel Produkte in großer Vielfalt an.**



Abends beginnt sie etwa 30 Minuten nach Sonnenuntergang und währt etwa eine halbe Stunde. Auch vor Sonnenaufgang gibt es eine weitere „Blaue Halbstunde“, die 30 Minuten vor Sonnenaufgang endet. Das Zeitfenster, in dem die besten Aufnahmen gelingen, beträgt nur etwa 15 Minuten. Der Clou ist, wenn es gelingt, Kunstlichtquellen im Bild unterzubringen, etwa ein beleuchtetes Gebäude. Die künstlichen Lampen erscheinen auf dem Foto meist gelblich, was mit der blauen Landschaft einen wirkungsvollen Farbkontrast erzeugt. Wenn dann noch die Mondsichel am Himmel steht, ist das Fotoglück perfekt. Um Aufnahmen während der Blauen Stunde zeitlich zu planen, sollte man ermitteln, wann und auch wo Sonne und Mond auf- bzw. untergehen. Beim Mond gibt es von Tag zu Tag starke Änderungen. Klassisch können diese Zeiten einem astronomischen Jahrbuch entnommen werden. Noch bequemer und auf den genauen Standort bezogen erledigen Apps fürs Smartphone oder Planetariumsprogramme diesen Job. Besonders hervorheben möchte ich in diesem Zusammenhang eine App namens „Sun Surveyor“. Sie kann bei einem Mobilgerät mit Lagesensor, Kompass und Kamera das aktuelle Livebild der Kamera überlagern mit der Stellung von Sonne und Mond zu einem beliebigen Zeitpunkt. Den Beobachtungsort ermittelt die App via GPS selbst ([www.sunsurveyor.com](http://www.sunsurveyor.com)).

**Perspektivenwahl** Wer zum Beispiel einen Monduntergang mit einem schönen Baum im Vordergrund aufnehmen möchte, sollte das Bild nicht in unmittelbarer Nähe des Baums machen. Dann nämlich bräuchte man ein Objektiv mit relativ kurzer Brennweite, um den Baum aufs Bild zu bekommen, der Mond würde folglich nur winzig klein abgebildet werden (s. Seite 112). Um den Mond größer und den Baum immer noch formatfüllend zu erfassen, müssen mehrere hundert Meter Distanz zwischen Fotograf und Baum liegen. Und in der Verlängerung der Verbin-



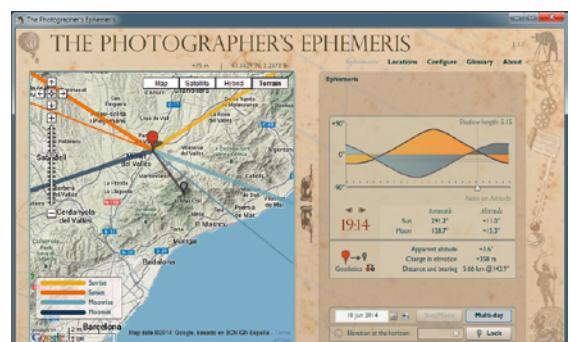
Die App „Sun Surveyor“ überlagert das Livebild der Kamera mit den Bahnen von Sonne und Mond.

dungslinie muss der Mond untergehen! Spätestens jetzt wird deutlich, dass es ohne gute Planung nicht funktionieren kann. Eine große Hilfe stellt dabei das Programm „The Photographer's Ephemeris“ dar, wobei man mit einer englischsprachigen Oberfläche Vorlieb nehmen muss ([www.photoephemeris.com](http://www.photoephemeris.com)).

### Zur richtigen Zeit am richtigen Ort Brechen

Sie frühzeitig auf und kalkulieren Zeit für die Aufnahmevorbereitungen ein. Falls machbar, den geplanten Aufnahmestandort bereits am Vortag der Aufnahme in Augenschein nehmen. Konkrete Bildideen verfolgen.

,The Photographer's Ephemeris“ stellt Auf- und Untergangsrichtungen sowie Stellungen von Sonne und Mond auf einer Landkarte dar.



# Motive für Kamera auf Stativ



Auf den folgenden Seiten erfahren Sie, dass Sie jede Menge Himmelsmotive schon ganz ohne Astro-Ausrüstung aufnehmen können, ggf. mit einem Stativ. Die Texte und die Tabellen mit den Aufnahmedaten geben dazu Anleitung und Anhaltspunkte.

## Bizarre Wolkenformationen

Manche Wolkenformationen sind sehr attraktiv. Trotzdem wirken Fotos, auf denen außer Himmel und Wolken nichts zu sehen ist, etwas langweilig, weil ein Größenvergleich fehlt. Daher sollten Sie immer Ausschau halten nach geeigneten Motiven für den Vordergrund. Allerdings müssen Sie oft schnell sein, denn viele Wolkenerrscheinungen sind nur von kurzer Dauer. Sie müssen sich vielleicht mit Grashalmen, einem Baum oder Ast, Häusern oder gar Ihrer ausgestreckten Hand begnügen. Mit etwas Planungsaufwand und einer Portion Glück kann der Vordergrund aber auch aus einem Windkraftwerk, einer Burg oder einem aufgebauten Teleskop bestehen.

Ist blauer Himmel mit im Spiel, lohnt sich unter Umständen der Einsatz eines Polarisationsfilters, der in einer drehbaren

Fassung ausgeführt ist. Drehen Sie ihn so lange, bis der Effekt, das Himmelsblau zu sättigen, den gewünschten Grad erreicht hat. Drehen Sie immer im Uhrzeigersinn, damit der Filter nicht versehentlich vom Objektiv gelöst wird und herunterfällt. Nach einer 180-Grad-Drehung beginnt der Zyklus von vorne. Seine maximale Wirkung erreicht der Polarisationsfilter, wenn Ihr Motiv mit der Sonne einen Winkel von 90 Grad bildet.

**Tipp** Um zu verhindern, dass weiße, bildfüllende Wolken zu dunkel und grau dargestellt werden, muss die manuelle Belichtungskorrektur auf +1, +1,5 oder +2 eingestellt werden, denn alle Kamerabelichtungsmesser sind auf „mittelgraue“ Motive geeicht. Bei Motiven mit hohem Reflexionsvermögen droht daher die Unterbelichtung. Um die korrekte Belichtung sicherzustellen, prüfen Sie das Histogramm, dessen Datenberg nicht rechts anschlagen darf.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Wolke mit Grashalmen im Vordergrund	1Ds Mark II; Canon EF 2,8/16–35 mm L @ 17 mm	320; 16,0; 1/20 Sek.



## Ein farbenprächtiger Dämmerungshimmel

Astronomen erleben das Schauspiel der Dämmerung meist nur am Rande, weil sie mit dem Auf- oder Abbau ihrer Geräte beschäftigt sind. Himmelsfotografen sollten sich die Chancen, die sich bei Sonnenauf- und -untergängen bieten, jedoch nicht entgehen lassen.

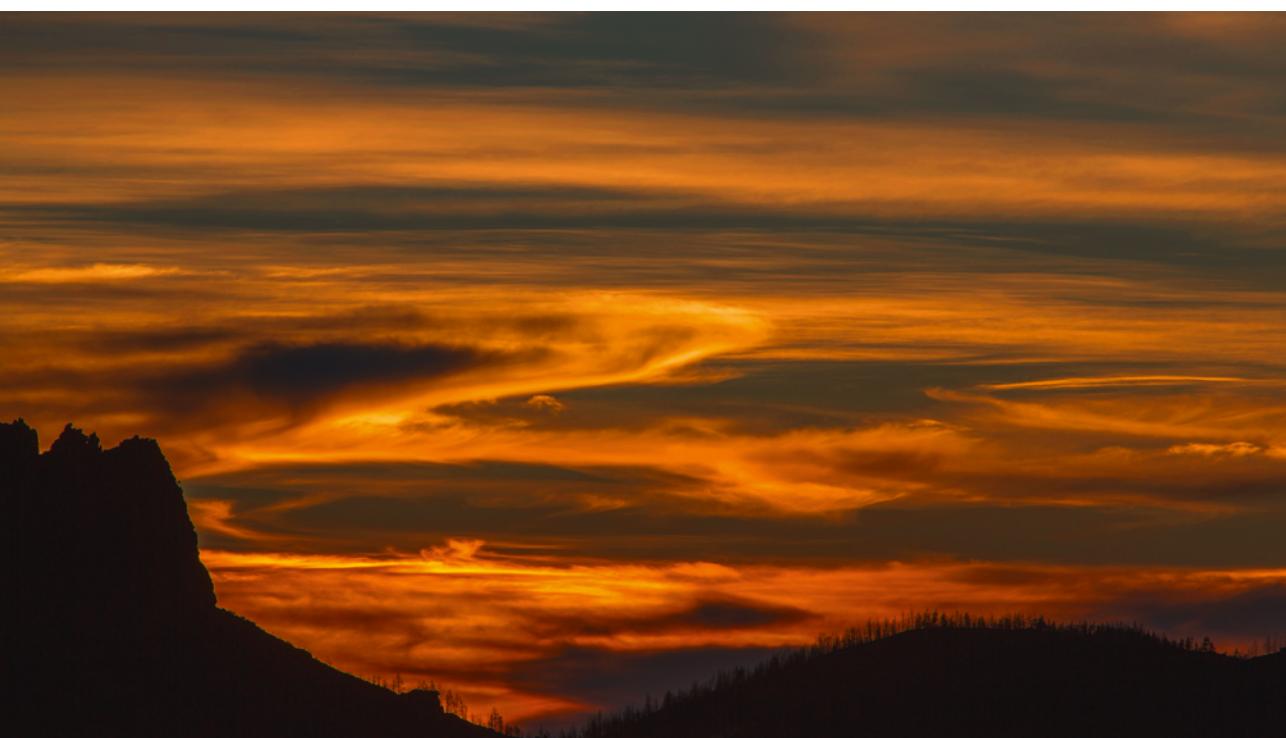
Während des Dämmerungsverlaufs können sich das Licht und die Farben innerhalb weniger Minuten weitgehend unvorhersehbar ändern. Schnelle Reaktionsfähigkeit ist demnach gefragt. Lohnenswert sind auch häufige Probeauslösungen, denn immer wieder unterscheidet sich ein Foto vom visuellen Eindruck deutlich. Eine gute Vorbereitung hinsichtlich Aufnahmeort und Kulisse ist zu empfehlen.

Ein Baum, ein markantes Gebäude, ein aufgebautes Fernrohr oder eine Sternwarte als

Vordergrundmotiv reichen aus, um in der Dämmerung stimmungsgeladene Fotos zu schießen. Solange die Sonne noch über oder knapp unter dem Horizont steht, ist auf Wolken zu hoffen, die dann von unten in gelben und roten Farben angestrahlt werden. Nach Sonnenuntergang oder vor Sonnenaufgang sieht man oft einen faszinierenden Farbverlauf von weiß über gelb, orange, rot, manchmal grünlich, hellblau, dunkelblau bis zum fast schwarzen Nachthimmel. Dann ist ein Stativ vonnöten, um auch längere Belichtungszeiten ohne Verwacklung realisieren zu können. Bleiben Sie mit dem ISO-Wert im unteren Bereich, denn Bildrauschen wird in den großen Himmelsflächen besonders negativ auffallen.

**Tipp** Stellen Sie den Weißlichtabgleich auf Tageslicht und vertrauen Sie ruhig der Belichtungsautomatik, wobei gegen Belichtungsvarianten mit gezielter Unter- und Überbelichtung nichts einzuwenden ist.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Farbenprächtiger Sonnenuntergang mit Wolkenformationen	5D Mark III; Canon EF 2,8/70-200 mm IS L	200; 10,0; 1/500 Sek.



## Regenbögen

Wenn es regnet und gleichzeitig die Sonne scheint, besteht die Hoffnung, einen Regenbogen zu sehen, und zwar genau gegenüber der Sonne. Stellen Sie sich mit dem Rücken zur Sonne und warten Sie. Ist es soweit, müssen Sie schnell handeln.

Regenbögen haben einen Radius von 42 Grad, daher ist nur ein starkes Weitwinkelobjektiv mit extrem großem Bildwinkel in der Lage, den ganzen Bogen zu erfassen. Eine Alternative sind Fischaugenobjektive, die allerdings alle Geraden, die nicht durch die Bildmitte verlaufen, verkrümmt abbilden. Noch schwieriger wird es, wenn um den Hauptregenbogen, bei dem Rot immer außen liegt, ein äußerer Nebenregenbogen auftaucht, der innen rot ist und dessen Radius satte 51 Grad beträgt. Dieses Bildfeld wird nur durch sehr kurze Brennweiten erreicht.

Die Belichtung hingegen ist unkritisch, schon die Automatik liefert brauchbare Ergebnisse. Versuche mit manueller Belichtungskorrektur in Richtung „Minus“ können aber lohnend sein.

Bei entsprechender Wetterlage in der Nacht kann auch das Licht des Mondes einen Regenbogen erzeugen. Dieser jedoch ist relativ lichtschwach und erfordert eine lange Belichtungszeit sowie den Einsatz eines Stativs.

**Tipp** Schützen Sie Ihre Kamera und die Frontlinse vor dem Regen. Ein paar Tropfen Regenwasser schaden keiner Kamera. Das Eindringen von Wasser ins Kamerainnere ist aber zu verhindern! Lassen Sie Ihre Kamera nach einem Regensatz außerhalb der Tasche gut trocknen. Entfernen Sie angetrocknete Regentropfenreste auf der Frontlinse innerhalb weniger Stunden oder Tage, damit eventuell im Regenwasser enthaltene Chemikalien die Vergütung nicht dauerhaft angreifen kann.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Regenbogen	1Ds Mark III; Canon EF 2,8/14 mm L	100; 9,5; 1/125 Sek.



## Gewitterblitze

Ein Gewitter gehört zu den gewaltigsten Naturerscheinungen am Himmel. Wie fotografiert man aber einen Gewitterblitz? Das Allerwichtigste ist, dass Sie Ihre eigene Sicherheit in den Vordergrund stellen! Kein Foto ist es wert, dass man Leib und Leben dafür riskiert. Idealerweise fotografieren Sie ein Gewitter deshalb aus sicherer Entfernung, wenn die Blitze zwar schon zu sehen sind, das dazugehörige Donnergrollen aber erst nach etlichen Sekunden zu hören ist. Befinden Sie sich mitten in einer Gewitterzelle, droht jederzeit die Gefahr, von einem Blitz getroffen zu werden. Dann ist es vorzuziehen, aus dem Fenster eines Gebäudes oder eines Autos zu fotografieren, obwohl auch das keine hundertprozentige Sicherheit bedeutet. Für Fotos eignet sich am besten ein Gewitter bei Nacht. Stellen Sie Ihre Kamera auf Dauer-

belichtung („bulb“), die Blende auf 5,6 oder 8 und den ISO-Wert auf 400. Jetzt richten Sie Ihre Kamera in die Richtung, wo am häufigsten Blitze auftauchen. Belichten Sie nicht zu lang, damit sich die Blitze auf dem Bild nicht überlagern. Wenn Sie innerhalb von etwa zwei bis drei Minuten keinen Blitz registrieren, beenden Sie die Aufnahme trotzdem und starten die nächste Belichtung.

**Tipp** Bei einem Gewitter am Tag fallen die Belichtungszeiten entsprechend kürzer aus. Sie können durch einen niedrigen ISO-Wert und die Wahl einer kleinen Blendenöffnung dafür sorgen, dass jede Einzelaufnahme zumindest mehrere Sekunden lang belichtet wird. Gegenüber der Vorgehensweise bei Nacht entstehen aber viel mehr Fotos, denn zwischen den Aufnahmen werden keine Pausen eingelegt, um keinen Blitz zu versäumen. Den Auslöser erst dann zu drücken, wenn ein Blitz auftaucht, verspricht keinen Erfolg.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Gewitterblitz	1Ds Mark III; Canon EF 2,8/16-35 mm L @ 16 mm	400; 5,6; 27 Sek.



## Landschaftsbilder mit Sonne

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Utah-Agave mit Sonne	5D; Sigma 4,5-5,6/12-24 mm @ 18 mm	100; 13,0; 1/350 Sek.



Grundsätzlich sprechen keine Gründe dagegen, die Sonne in ein Landschaftsbild einzubeziehen. **Beachten Sie aber bitte die auf Seite 108 erläuterten Sicherheitshinweise**, um Schäden an Ihren Augen oder der Kamera zu vermeiden!

Sehr gut eignet sich ein Weitwinkelobjektiv, um außer der Landschaft z. B. einen attraktiven Wolkenhimmel aufzunehmen, in dem die gleißende Sonne wie ein heller Stern scheint. Ein solches Foto vermittelt eindringlich eine sommerlich-heitere Stimmung, bei der die wärmenden Sonnenstrahlen fast spürbar werden.

Besonders attraktiv wirkt die Sonne, wenn sie, wie auf einer Kinderzeichnung, „Strahlen“ hat. Diese können ohne großen Aufwand erzeugt werden, indem Sie das Objektiv abblenden. Stellen Sie die Kamera auf Zeitautomatik (Av oder A) und wählen Sie eine kleine Blendenöffnung, also 8, 11, 16 oder 22. Durch Beugungseffekte an den Blendenlamellen entstehen die Strahlen ganz von selbst.

Damit der Belichtungsmesser nicht getäuscht wird, messen Sie die Belichtung ohne die Sonne im Bild, indem Sie die Kamera leicht zur Seite schwenken, diesen Belichtungswert speichern („Messwertspeicherung“) und dann erst Ihren endgültigen Bildausschnitt wählen.

**Tipp** Wenn Sie es schaffen, im Laufe eines Jahres immer wieder vom absolut gleichen Ort aus und zur selben Uhrzeit ein Foto der Sonne in Relation zum Vordergrund zu machen, erhalten Sie einen jeweils veränderten Sonnenstand, der wie die Zahl 8 ausschaut und Analemma genannt wird. Wetterbedingt dürfte ein solches Projekt jedoch schwer zu realisieren sein, es sei denn, man plant mehrere Jahre dafür ein.

## Halo-Erscheinungen der Sonne

An heiteren Tagen mit einer leichten Schleierbewölkung können sogenannte Halo-Erscheinungen um die Sonne auftreten. Es handelt sich dabei um Kreise oder Teile davon sowie fleckenartige Aufhellungen, die durch Lichtbrechungen und -reflexionen an Eiskristallen in den in großer Höhe ziehenden Wolken zustande kommen.

Am häufigsten ist ein Ring um die Sonne zu beobachten, der einen Radius von 22 Grad hat. Spreizt man die Hand am ausgestreckten Arm, ergibt sich zwischen Daumen und kleinem Finger fast der Radius des Halos, dessen innerer Rand schärfer begrenzt ist als der äußere, und manchmal sogar dezente Farben zeigt. Halos sind im Schnitt an 100 Tagen pro

Jahr sichtbar, also keine Seltenheit. Nur werden sie nicht oft registriert, weil man den Blick in Richtung Sonne scheut. Doch an geeigneten Tagen lohnt es sich, nach Halos Ausschau zu halten. Mit der Hand können Sie die grelle Sonne bedecken, wobei Sonnenbrillen mit polarisierenden Gläsern das Erkennen von Halos erheblich erleichtern. Um einen vollständigen 22°-Ring aufzunehmen, benötigen Sie mindestens 45 Grad Bildwinkel über die kurze Formatkante, also laut Tabelle im Buchumschlag ein mittleres bis starkes Weitwinkelobjektiv.

**Tipp** Für das Foto können Sie einen Polarisationsfilter verwenden, um den Kontrast zu steigern, und die Sonne durch ein Vordergrundobjekt abdecken. Die Belichtungsautomatik liefert in diesen Fällen brauchbare Resultate.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
22-Grad-Sonnenhalo mit Felsen „Roque Chinchado“ (Teneriffa)	5D Mark III; Canon EF 2,8/16 mm Fischauge	100; 8,0; 1/2000 Sek.



## Nebensonnen

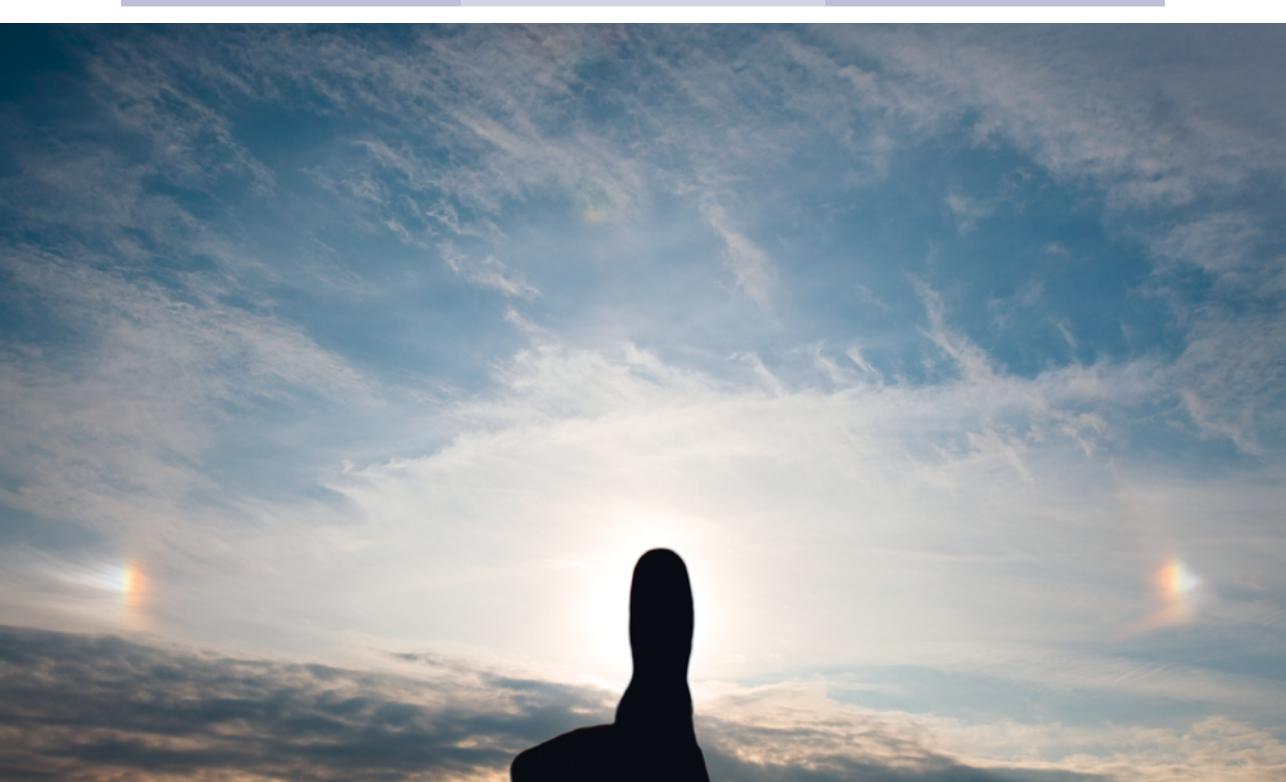
Kann es „neben“ der Sonne weitere Sonnen geben? Ja, es kann! Nebensonnen sind allerdings keine kosmischen Objekte, sondern gehören zu den Halo-Erscheinungen. Im besten Fall sind zwei Nebensonnen zu sehen, eine rechts und eine links der Sonne, jeweils im Abstand von 22 Grad. Mitunter sind sie auch Bestandteil des 22-Grad-Halorings (siehe Seite 25). Bei hoch stehender Sonne vergrößert sich der Abstand auf bis zu 45 Grad. Auf der Verbindungsline der beiden Nebensonnen, die immer parallel zum Horizont verläuft, nimmt die echte Sonne ihren Platz in der Mitte ein. Nebensonnen können sehr hell sein und zeigen mitunter die Farben des Regenbogens, innen rot und außen blau. Besonders an Tagen mit Schleier- bzw. Zirrusbewölkung lohnt sich die Jagd nach Nebensonnen und anderen Haloerscheinungen. In diesen

Wolken gefriert das Wasser zu Eiskristallen mit regelmäßiger Form. Richten sich diese Einkristalle durch Wind oder die Erdanziehung in einer Vorzugsrichtung synchron aus, kommt es vom Erdboden aus gesehen zu Halos.

Um zwei Nebensonnen gleichzeitig auf einem Foto unterzubringen, bedarf es eines gemäßigten Weitwinkelobjektivs mit mindestens 45 bis 50 Grad horizontalem Bildwinkel. Ist nur eine Nebensonne zu sehen, darf es sogar ein leichtes Teleobjektiv sein, um die Nebensonne inklusive der echten Sonne zu erfassen. Schon die Verwendung der Belichtungsautomatik kann ausreichend sein. **Beachten Sie bitte unbedingt die Sicherheitshinweise für die Sonnenfotografie auf Seite 108!**

**Tipp** Durch die Verwendung eines Polarisationsfilters lassen sich der Kontrast und die Farbsättigung einer Nebensonne steigern.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Nebensonnen mit Daumen zur Sonnenabdeckung	1Ds Mark III; Canon EF 2,8/16-35 mm L @ 32 mm	100; 13,0; 1/125 Sek.



## Sonnenfinsternisse

Sehr beeindruckend ist eine totale Sonnenfinsternis, bei deren Höhepunkt die Korona, die äußere Atmosphäre der Sonne, für wenige Minuten sichtbar wird. **Beachten Sie bitte unbedingt die Hinweise zur Sonnenfotografie auf Seite 108!**

Schon mit einem Fotoobjektiv können eindrucksvolle Aufnahmen gelingen. Ein starkes Weitwinkel- oder Fischaugenobjektiv kann die ganze Szenerie während einer totalen Verfinsternung festhalten, inklusive der Landschaft und den Beobachtern. Während der Totalität werden auch helle Sterne und Planeten sichtbar, die sich ebenfalls ablichten lassen. Wenn Sie Detailaufnahmen bevorzugen,

verwenden Sie die längste Brennweite, die Ihnen zur Verfügung steht, oder ein Teleskop (s. Seite 78).

Die Phasen der partiellen Verfinsternung müssen alle gleich lang belichtet werden, daher empfiehlt sich die Einstellung auf „M“ für manuell – ein geeignetes Schutzfilter vor dem Objektiv ist obligatorisch. Nur in den wenigen Minuten der Totalität nehmen Sie das Filter ab!

**Tipp** Variieren Sie die Belichtung während der Totalität stark, um sowohl die inneren, hellen Bereiche der Korona mit den Protuberanzen als auch die äußeren, wesentlich lichtschwächeren Bereiche zu erfassen. Eine Vorschau der nächsten Sonnenfinsternisse finden Sie im hinteren Buchumschlag.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Totale Sonnenfinsternis 2006 in der Türkei	20D; Canon EF 2,8/16-35 mm L @ 35 mm	800; 6,7; 1/125 Sek.



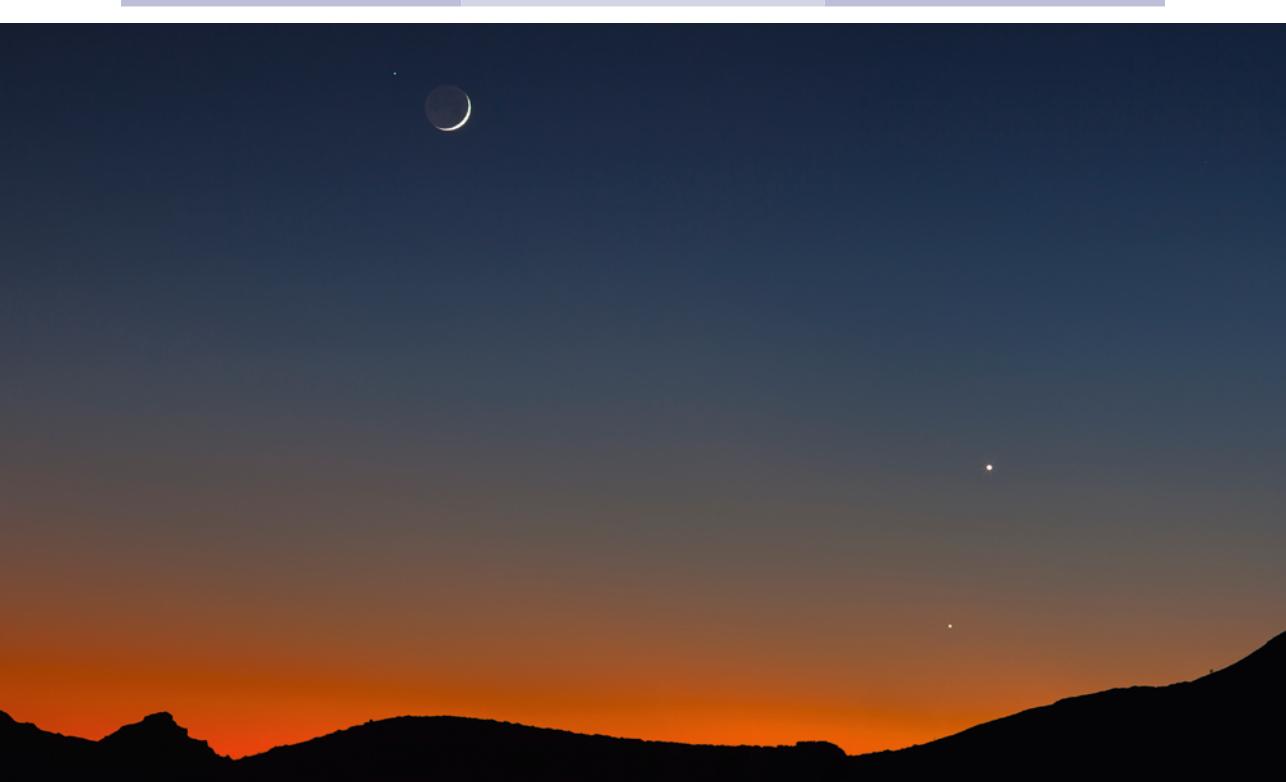
## Mond-Planeten-Konstellationen

Zieht der Mond – vor allem als schmale Sichel – an einem hellen Planeten vorbei, ist das stets ein „Hingucker“. Wann solche Ereignisse stattfinden, können Sie einem astronomischen Jahrbuch, etwa dem *Kosmos Himmelsjahr*, entnehmen. Am besten suchen Sie den ausgewählten Ort schon an einem Tag vor der eigentlichen Konstellation auf, idealerweise um die gleiche Uhrzeit, zu der Sie die Fotos machen wollen. Legen Sie dann in aller Ruhe den Bildausschnitt, also die passende Brennweite, und das Vordergrundmotiv fest und fertigen Sie Probeaufnahmen an, um die richtige Belichtung zu finden. Entscheiden Sie sich für eine moderate Brennweite, um eine enge Begegnung auch deutlich zu machen. Wenn Sie Mond und Planet formatfüllend abbilden, erscheint der Abstand auf dem Foto oft wesentlich größer

und weniger eindrucksvoll, als er in Wirklichkeit ist. Findet eine Konstellation in der Dämmerung statt, können Sie der Belichtungsautomatik Ihrer Kamera vertrauen. Setzen Sie den ISO-Wert möglichst niedrig an, damit sich das Bildrauschen in Grenzen hält, jedoch so hoch wie nötig, um Unschärfe durch die Himmelsdrehung zu vermeiden. Nahe der Mondbahn liegen auch helle Sterne, etwa Antares im Skorpion, Aldebaran im Stier und Regulus im Löwen. Auch solche Begegnungen können schöne Motive sein. Mehrere Aufnahmen können die Weiterbewegung des Mondes dokumentieren. In rund einer Stunde bewegt er sich relativ zu den Sternen um einen Vollmonddurchmesser.

**Tipp** Meist haben Sie genügend Zeit, um mit verschiedenen Einstellungen zu experimentieren. Ist z. B. die schmale Mondsichel im Bild, wird bei reichlicher Belichtung das „aschgraue Licht“ (vgl. S. 54) sichtbar.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Mondsichel bei Venus und Merkur	5D Mark II; Canon EF 2,0/135 mm L	100; 3,5; 0,7 Sek.



## Aureolen

Wer kennt nicht den berühmten „Hof“ um den Mond? Was visuell beobachtende Astronomen wegen der schlechten Durchsicht der Atmosphäre zur Verzweiflung treibt, kann durchaus die Aufmerksamkeit von Himmelsfotografen finden. Zwar erscheint der Hof um den Mond dem bloßen Auge farblos, was an der Unfähigkeit unseres Sehapparates liegt, bei nachlassender Helligkeit Farben zu erkennen („Nachts sind alle Katzen grau“). Die Kamera ist von dieser Farbenblindheit bei Nacht aber nicht betroffen, daher lohnen einige Testaufnahmen. Mit etwas Glück werden konzentrische Ringe rund um den Mond sichtbar, die in den Farben des Regenbogens schillern.

Benötigt werden nur ein Teleobjektiv und ein Fotostativ. Stellen Sie einen hohen ISO-Wert ein und blenden Sie das Objektiv nicht ab.

Dann reichen wenige Sekunden Belichtungszeit, um die Aureole um den Mond zu fotografieren.

Nicht nur Wolken sorgen für die Entstehung von Höfen und Kränzen um den Mond. Auch Nebel und Rauch können die Ursache sein. Besonders spannend sind hoch in der Atmosphäre treibende Aschepartikel nach einem großen Vulkanausbruch. Selbst in großer Zahl fliegende Pollen können spezifische Erscheinungen hervorrufen, aus deren Gestalt sich bestimmen lässt, um welche Pollen es sich handelt (z.B. Kiefer, Erle, Birke).

**Tipp** Längere Belichtungszeiten lassen auch schwache Außenbezirke der Aureole erscheinen, die mit dem bloßen Auge nicht zu sehen sind. Eine zu lange Belichtung führt allerdings zu einer extremen Überbelichtung des Mondes und birgt die Gefahr, dass eventuell zu sehende Sterne als kleine Striche abgebildet werden.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Farbiger Hof um den Mond mit Mars	20Da; Canon EF 70–300 mm DO USM @ 100 mm	200; 5,6; 2 Sek.



## Halo-Erscheinungen des Mondes

Halos treten nicht nur tagsüber um die Sonne herum auf, sondern entstehen auch durch das Licht des Mondes. Dann ist der Einsatz eines Fotostativs nötig, denn die erforderlichen Belichtungszeiten werden einige Sekunden betragen. Wenn die Schleierbewölkung nicht zu dicht ist, werden sogar Sterne oder Planeten auf dem Foto zu erkennen sein. Wie Sie sehen, ist selbst in leicht bewölken Nächten der Blick zum Himmel nicht absolut hoffnungslos, selbst dann nicht, wenn an andere astronomische Beobachtungen durch Wolken verhindert werden.

Um den ganzen Halo-Ring abzubilden, wird ein Weitwinkelobjektiv benötigt: Bei einer „Vollformatkamera“ mit  $24 \text{ mm} \times 36 \text{ mm}$  großem Sensor sollten es höchstens 28 mm, besser 24 mm Brennweite sein. Eine Kamera mit Chip im APS-C-Format (Sensorgröße etwa

$15 \text{ mm} \times 22 \text{ mm}$ ) verlangt nach einer Brennweite von 18 mm, besser 15 mm. Mit einem solchen Weitwinkelobjektiv können Sie 15 bis 20 Sekunden lang belichten, ohne dass die Sterne durch die Erddrehung zu erkennbaren Strichen auseinandergezogen werden. Statt noch länger zu belichten, setzen Sie besser den ISO-Wert nach oben. Eine hoffnungslose Überbelichtung des Mondes ist nicht zu vermeiden, stört aber nicht sonderlich. Halo-Erscheinungen können kurzfristig an Helligkeit zunehmen, daher lohnt etwas Ausdauer. Besonders schön wirkt es, ein irdisches Vordergrundmotiv in das Bild einzubeziehen, z.B. einen Baumwipfel.

**Tipp** Auf den Fotos von Mondhalos sieht der überbelichtete Mond oft rund aus, wirkt also wie ein Vollmond. Dabei ist es keineswegs so, dass Halos bei Vollmond häufiger sind! Lediglich die Helligkeit der Halos ist geringer, wenn die Mondphase stark vom Vollmond abweicht.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Mondhalo mit Sternen	5D; Canon EF 2,8/16-35 mm L @ 19 mm	1000; 5,6; 20 Sek.



## Mondfinsternisse

Wie groß die Mondkugel auf dem Sensor abgebildet wird, lässt sich ungefähr ermitteln, wenn man die verwendete Brennweite durch 110 teilt. Selbst ein Objektiv mit 400 Millimeter Brennweite erzeugt also ein nur 3,6 Millimeter großes Abbild auf dem Sensor. Ein Telekonverter zwischen Kamera und Objektiv verlängert die Brennweite, je nach Modell, um den Faktor 1,4 oder 2. Mit einem Stativ sollte es dann möglich sein, die Phasen der Teilverfinsternung detailreich abzubilden. Doch je länger die Brennweite wird, desto kürzer muss die Belichtungszeit sein, um den Unschärfen durch die Erdrotation zu entge-

hen. Dann helfen nur noch hohe ISO-Werte. Auch den unverfinsterten Mond mit seinen Phasen können Sie so fotografieren. Selbst bei einer totalen Mondfinsternis verschwindet der Mond nicht vollständig vom Himmel. Vielmehr gelangt – überwiegend rötliches – Streulicht durch die Erdatmosphäre und färbt den verfinsterten Mond kupferrot. Ist der Mond erst einmal total verfinstert, sind selbst hohe ISO-Werte kein Ausweg mehr. Dann hilft nur noch eine Nachführung wie im Kapitel *Die Kamera auf einer Astro-Montierung* ab Seite 42 beschrieben.

**Tipp** Wenn der Mond während der Finsternis nicht zu hoch am Himmel steht, sollten Sie Landschaftselemente ins Bild einbeziehen.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Teilverfinsterter Mond (Montage aus zwei Fotos: 1. Landschaft, 2. Mond)	1Ds Mark III; Canon EF 4/600 mm L IS	400/1600; 4,0; 4 und 1/30 Sek.



## Satellitenspuren

Im Sommer, wenn die Sonne nicht tief unter den Horizont sinkt, können am Nachthimmel besonders viele Satelliten beobachtet werden, die als sternartige Lichtpunkte über das Firmament ziehen. Von Flugzeugen unterscheiden sie sich dadurch, dass man selbst mit einem Fernglas keine blinkenden Lichter erkennen kann. Die Zeiten der besten Satelliten-Sichtbarkeiten können Sie im Internet ermitteln (s. Anhang).

Die Helligkeiten variieren sehr stark, manche erreichen mühelos die Helligkeit des Sterns Atair im Adler. Selbst das Hubble-Weltraumteleskop kann mitunter als helles Objekt gesehen und fotografiert werden, ebenso eine im Orbit befindliche Sojus-Raumkapsel. Die Internationale Raumstation ISS ist am auffälligsten, denn sie leuchtet im günstigsten Fall sogar heller als die Venus.

Wir beschränken uns hier auf Fotos, die einen Satelliten als Strichspur zeigen. Dazu kommt die Kamera auf ein Stativ und die Blende bleibt maximal weit geöffnet. Mit einem Weitwinkelobjektiv, einem mittleren ISO-Wert (z. B. ISO 400) und der Einstellung „bulb“ für Langzeitbelichtung lassen Sie den Satelliten durchs Bild fliegen. Nur die ISS ist so hell, dass Sie die ISO-Zahl auf 100 reduzieren können; entsprechend dunkler erscheint dann auch der Himmel.

**Tipp** Bei Satelliten lohnt es sich, genauer hinzuschauen. Manche zeigen eine pulsierende Helligkeit, die Folge ihrer Eigenrotation. Manche blitzen unverhofft kurz auf, wenn eine glatte Fläche das Sonnenlicht in Richtung des Betrachters reflektiert. Auch das Ein- bzw. Auftauchen in/aus dem Erdschatten ist zu beobachten. Auf Fotos zeigt sich das Licht der Satelliten nahe des Erdschattens rötlich verfärbt.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Die Internationale Raumstation ISS über der Sternwarte Welzheim	20D; Canon EF-S 10-22 mm @ 10 mm	400; 4,0; 120 Sek.



## Iridiumblitze

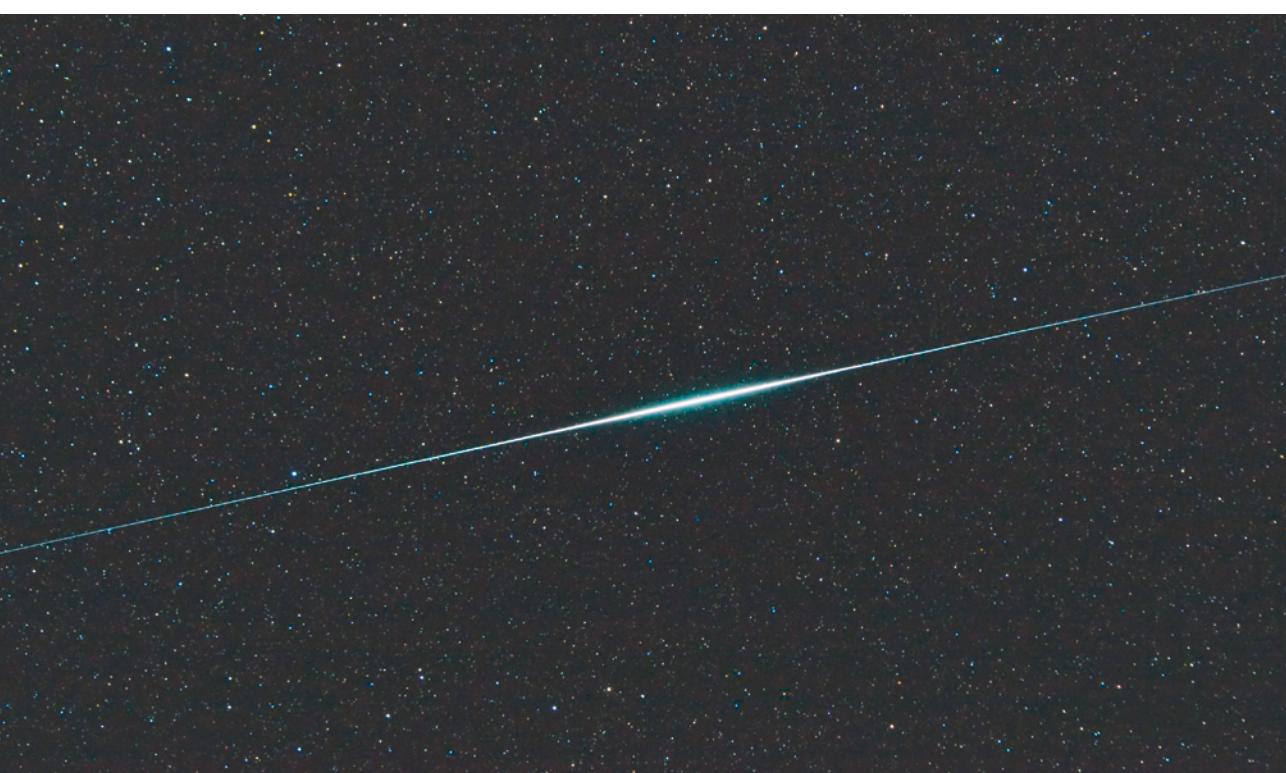
Was sich mystisch anhört, ist eine Reflexion des Sonnenlichts an den Antennen von Satelliten, die für den Betrieb des Iridium-Telefonnetzes ins All geschossen wurden. 66 dieser Satelliten umschwirren die Erde, so dass die Wahrscheinlichkeit, einen Iridiumblitz zu beobachten, nicht gering ist. Zu sehen ist ein zunächst schwach glimmendes Lichtpunktchen, das über den Nachthimmel zieht. Plötzlich jedoch steigert sich die Helligkeit und erreicht für wenige Sekunden einen Maximalwert, der weit über der Helligkeit des Planeten Venus liegen kann. Der Standort spielt eine große Rolle, schon einige Kilometer entscheiden über den Verlauf eines Iridiumblitzes.

Richten Sie Ihre Kamera auf einem Fotostativ und einem Objektiv mit nicht zu langer Brennweite auf den Punkt des Himmels, an

dem der Iridiumblitz stattfinden soll. Stellen Sie einen mittleren ISO-Wert ein und beginnen Sie die Langzeitbelichtung (Einstellung „bulb“). Starten Sie die Aufnahme einige Zeit (mehrere Sekunden bis zu einer Minute) vor dem erwarteten Höhepunkt und beenden Sie sie erst, wenn vom Satelliten nichts mehr zu sehen ist. Wenn Sie möchten, dass die Sterne scharf abgebildet werden, müssen Sie die Kamera der Himmelsdrehung nachführen (s. Seite 43).

**Tipp** Um das Auftauchen von Iridiumblitzen und anderen Satelliten am Firmament vorherzusagen oder beobachtete Objekte zu identifizieren, eignen sich besonders gut auch entsprechende Apps für Smartphones oder Tablets. Diese Geräte verfügen über eine GPS-Ortung und können so den genauen Standort bei ihren Berechnungen mühelos berücksichtigen. Alternativ werden im Anhang Quellen im Internet genannt.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Iridiumblitz (Aufnahme wurde nachgeführt)	20D; Canon EF 70–300 mm DO USM @ 130 mm	400; 5,6; 281 Sek.



## Polarlichter

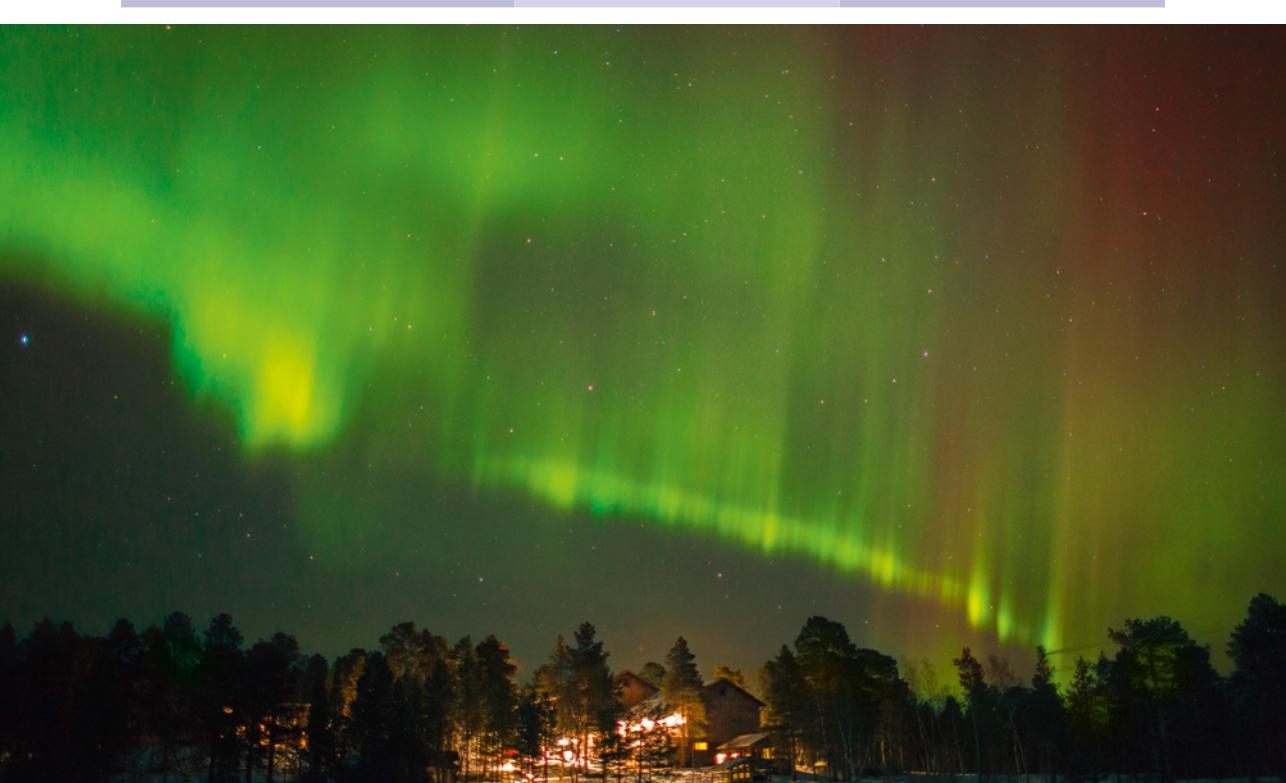
Polarlichter treten in gemäßigten Breitengraden nur gelegentlich auf, verstärkt in den Zeiten eines Sonnenfleckenmaximums. Sie werden verursacht von Teilchen, die die Sonne dann vermehrt aussendet und die in die Erdatmosphäre eindringen. Zirka alle elf Jahre treten solche Maxima ein. Während sich zum Erscheinungszeitpunkt dieses Buches ein Maximum seinem Ende nähert, wird das nächste in den Jahren 2023–2025 zu erwarten sein. Polarlichter sind oftmals nicht besonders auffällig und werden in lichtdurchfluteten Städten daher oft übersehen. Dank des Internets (s. Anhang) gibt es zuverlässige und vor allem aktuelle Prognosen für das Auftreten der „Nordlichter“, wie sie auch genannt werden. Manche sind so schwach, dass sie nur fotografisch nachzuweisen sind, daher lohnt auch ein Schuss „ins Blaue“. Ein-

drucksvoller sind natürlich helle Polarlichter, die in den gemäßigten Breiten vorwiegend rot, zum Horizont hin manchmal auch grünlich leuchten.

Bei der Suche muss der Blick grob nach Norden gerichtet sein. Die Belichtungszeiten schwanken stark, je nach Helligkeit des Polarlichts. Rasche Veränderungen der Lichtphänomene erfordern relativ kurze Belichtungszeiten, daher sind lichtstarke Objektive mit einer Anfangsöffnung von 1:2,8 oder 1:2,0 sowie hohe und höchste ISO-Werte zu bevorzugen. Ein Fotostativ ist Pflicht. Der Weißabgleich sollte von „Automatik“ auf „Tageslicht“ gestellt werden.

**Tipp** Wer seine Chancen, Polarlichter fotografieren zu können, steigern möchte, kommt um eine Reise zu nördlicheren Breitengraden nicht umhin. Dann kommen die Sommermonate nicht in Frage, weil es dort nicht vollständig dunkel wird.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera; Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Polarlicht über dem Hotel „Korpikaranto“ in Finnland/Lappland	5D Mark III; Canon EF 1,4/35 mm L	3200; 1,4; 2 Sek.



## Meteore

Meteore, auch Sternschnuppen genannt, entstehen durch Partikel, die in die Erdatmosphäre eindringen und dort eine kurzzeitige Leuchterscheinung hervorrufen. Weder Zeit noch Ort noch die Helligkeit von Meteoren lassen sich vorhersagen, so dass eine Portion Glück dazugehört, um Sternschnuppen fotografisch festzuhalten. Immerhin gibt es Zeiten im Jahr, in denen mit verstärkter Sternschnuppenaktivität zu rechnen ist. Das sind Sternschnuppenströme, von denen die Perseiden, die um den 12. August herum ihr Maximum erreichen, der bekannteste ist. Unbekannter, dabei ähnlich eindrucksvoll sind die Meteore der Geminiden (Höhepunkt um den 13. Dezember).

Stellen Sie Ihre Kamera mit Weitwinkelobjektiv bei maximaler Blendenöffnung (kleiner Wert) auf ein Stativ und nehmen Sie dann

einen beliebigen Himmelsausschnitt ins Visier. Der Rest ist Glück, dass während der Langzeitbelichtungen mit „bulb“ ein Meteor das Bildfeld kreuzt. Belichten Sie nicht zu lang, starten Sie nach spätestens fünf Minuten die nächste Aufnahme. Keinesfalls darf der Himmelshintergrund überbelichtet werden, was bei Anwesenheit von Mondlicht durchaus droht. Hohe ISO-Werte sind trotzdem zu empfehlen, denn selbst helle Meteore zischen manchmal so schnell über den Himmel, dass die Kamera sie kaum erfassen kann, obwohl man sie mit dem Auge gut sieht.

**Tipp** Mit einem Rundbild-Fischaugenobjektiv erfassen Sie den gesamten Himmel und damit jeden Meteor. Allerdings wird dieser dann relativ klein abgebildet. Bei kleineren Bildwinkeln verringert sich die Chance, einen Meteor zu erwischen. Wenn es aber klappt, wird dieser größer und imposanter dargestellt.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Meteor über dem 3718 Meter hohen Vulkan „Pico del Teide“	5D Mark III; Canon EF 1,4/35 mm L	1600; 2,8; 10 Sek.



## Sternstrichspuren

Wenn Sie den Nachthimmel mit langer Belichtungszeit und fest stehender Kamera aufnehmen, werden die Sterne als mehr oder weniger lange Striche abgebildet, verursacht durch die Rotation der Erde. Je länger die Belichtungszeit und die Brennweite, desto länger werden die Striche. Schön ist die Blickrichtung nach Norden, um den Drehpunkt nahe dem Polarstern einzubeziehen.

Mit einer DSLR sind extreme Langzeitbelichtungen kritisch, weil das Bildrauschen und die Helligkeit des Himmels überhand nehmen. Spätestens nach 10 bis 15 Minuten tritt das Rauschen störend in Erscheinung, selbst wenn ein niedriger ISO-Wert eingestellt ist. Die Lösung dieses Problems besteht darin, viele Fotos hintereinander aufzunehmen und diese dann zu einem Gesamtbild zu vereinen. Verwenden Sie ein stabiles Stativ und machen Sie zwischen den Einzelfotos keine Pau-

sen! Betreiben Sie die Kamera am besten im Reihenbildmodus, während Sie die längste Verschlusszeit einstellen (30 Sekunden). Eventuelle Funktionen zur Rauschminde rung müssen abgeschaltet werden, als Dateiformat ist ausnahmsweise JPG gegenüber RAW zu bevorzugen. Dann wird der Auslöseknopf des Kabelauslösers arretiert, so dass die Kamera ein Bild nach dem nächsten auf nimmt, ohne dass Sie die Aufsicht führen müssen. Warten Sie aber wenigstens zwei Aufnahmen ab, bevor Sie sich entfernen, um sicher zu stellen, dass die Kamera nicht doch nach der ersten Aufnahme stoppt. Das Programm *Startrails* (s. Anhang) kombiniert Ihre Einzelaufnahmen zum Strichspurbild.

**Tipp** Wenn Sie die Kamera unbeaufsichtigt arbeiten lassen, stellen Sie sicher, dass am nächsten Morgen nicht etwa die Sonne im erfassten Bildfeld aufgeht. Bei der eingestellten langen Belichtungszeit wird der Sensor sonst Schaden nehmen.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Aufgehende Sterne über dem „Jumbo Rocks“ (USA, Joshua Tree National Park)	5D Mark III; Canon EF 2,8/14 mm L II	3200; 4,0; 78 × 20 Sek.



## Sternfarben durch Unschärfe

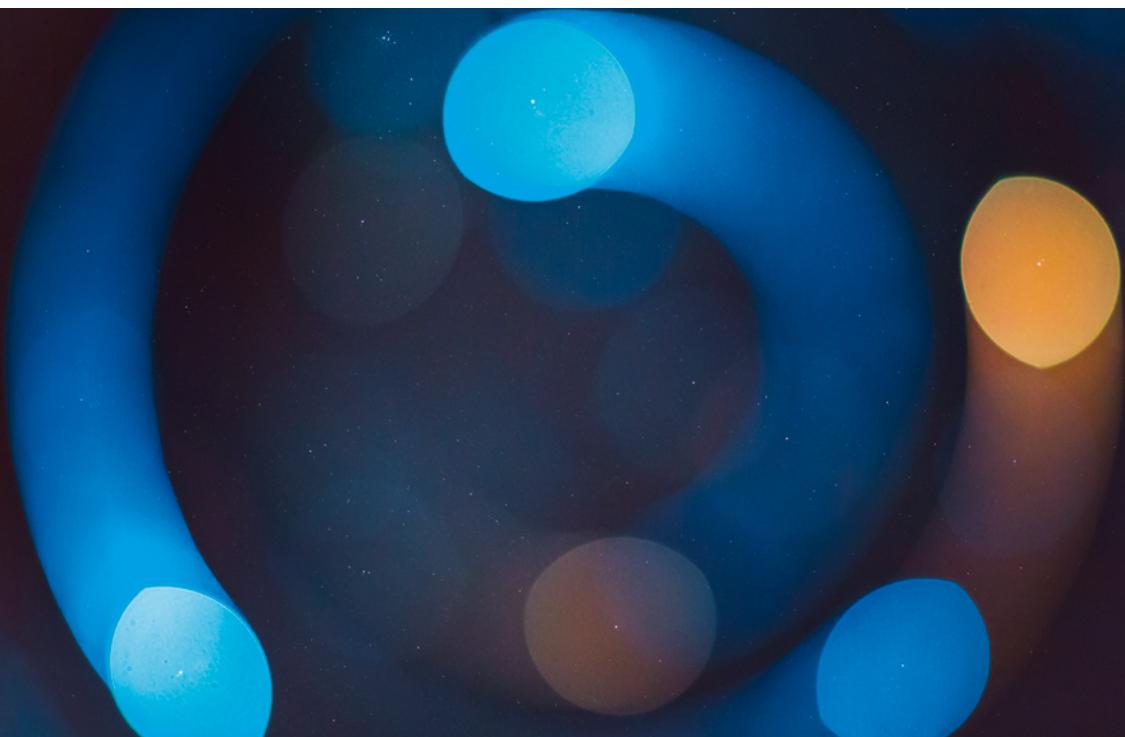
Wenn helle Sterne mit einer DSLR scharf abgebildet werden, geht durch Überbelichtung meist ihre Eigenfarbe verloren, weil die Pixel auf dem Sensor in allen drei Farbkanälen (Rot, Grün, Blau) voll gesättigt werden – sie erscheinen dann weiß. Mit einem Weichzeichnerfilter vor dem Objektiv kann dem begegnet werden (vgl. Seite 51). Eine andere Methode besteht darin, absichtlich einen falschen Fokus einzustellen.

Bei der zweiten Methode präsentieren sich die Sterne nicht als Punkte, sondern als Scheiben mit geringerer Helligkeit, so dass eine Übersättigung der Pixel vermieden wird und die Eigenfarbe der Sterne erhalten bleibt. Dabei muss die Blende maximal geöffnet bleiben, wenn man die unscharfe Sternabbildung in Form eines Kreises wünscht. Wird die Blende geschlossen, und sei es nur um eine Drittelstufe, nehmen die Sternscheiben

die Form der Blende an, erscheinen also beispielsweise als achteckige Figur. Nun macht ein völlig unscharfes Foto keinen sehr guten Eindruck, so dass ein Kniff aus der Misere helfen muss. Eine Idee ist es, ein scharfes mit einem unscharfen Foto in Photoshop zu überlagern und die obere Ebene mit dem Überblendmodus „Aufhellen“ zu kombinieren. Ein anderer Ansatz besteht darin, während einer Langzeitbelichtung mit Fotostativ über etliche Minuten den Fokus langsam in kleinen Schritten oder alternativ ruckartig zu verändern. Dann werden die Sterne gleichmäßig oder in Stufen fächerartig verbreitert. Bis sich das gewünschte Resultat einstellt, werden einige Versuche nötig sein.

**Tipp** Soll der Fokus während der Belichtung verstellt werden, kann das manuell mit der Hand erfolgen. Besonders elegant und vor allem reproduzierbar gelingt es, wenn die Kamera von einer Software gesteuert wird, mit der auch der Fokus verstellt werden kann.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Sternfarben des Sternbilds „Kreuz des Südens“	5D Mark III; Canon EF 1,8/200mm L	6400; 1,8; 14 Sek. (defokussierte und scharfe Aufnahme kombin.)



## Sternbilder und Sternfelder

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Sternbild Orion mit Sirius	1Ds Mark II; Canon EF 1,4/35 mm L	1000; 2,0; 10 Sek.



Immer wieder ist es eine Freude zu erleben, dass ein Fotostativ und eine DSLR schon ausreichen, um sehr ansprechende Fotos des Sternenhimmels anzufertigen. Vorteilhaft ist die Verwendung eines lichtstarken Objektivs, dessen größte Blendenöffnung mindestens 1:2,8 oder 1:2,0 beträgt. Das bedeutet nicht zwangsläufig hohe Investitionen, denn praktisch alle Hersteller bieten für rund 100 Euro ein 50-Millimeter-Objektiv mit der Lichtstärke 1:1,8 an. Auch Objektive mit 35 oder 28 Millimeter Brennweite und Lichtstärken von 1:2,0 bis 1:2,8 schlagen kein allzu großes Loch in den Geldbeutel.

Richten Sie Ihre Kamera auf ein Sternfeld oder Sternbild Ihrer Wahl und lassen Sie die Blende weit geöffnet, was allerdings eine sehr genaue Scharfeinstellung erfordert. Gehen Sie mit dem ISO-Wert so weit nach oben wie möglich, ohne dass das Bildrauschen überhandnimmt und belichten Sie je nach Brennweite und Himmelsausschnitt 5 bis 20 Sekunden lang. Sie werden staunen, wie viele Sterne auf Ihrem Foto zu sehen sind. Übrigens lassen sich fast alle Messier-Objekte auf diese Weise ablichten, viele natürlich nur als „Nebelfleck“. Über die mögliche Verwendung eines Weichzeichner-Filters wird auf Seite 51 berichtet. Verzichten Sie beim „Entwickeln“ der RAW-Datei (s. S. 128) auf eine Nachschärfung, denn die Sterne wirken sonst unnatürlich.

**Tipp** Zoom-Objektive sind aufgrund ihrer begrenzten Lichtstärke nicht optimal. Wer Aufnahmen dieser Art besonders gerne und häufig macht, wird nach einem lichtstarken Objektiv mit fester Brennweite Ausschau halten, dessen Brennweite im Weitwinkelbereich angesiedelt ist.

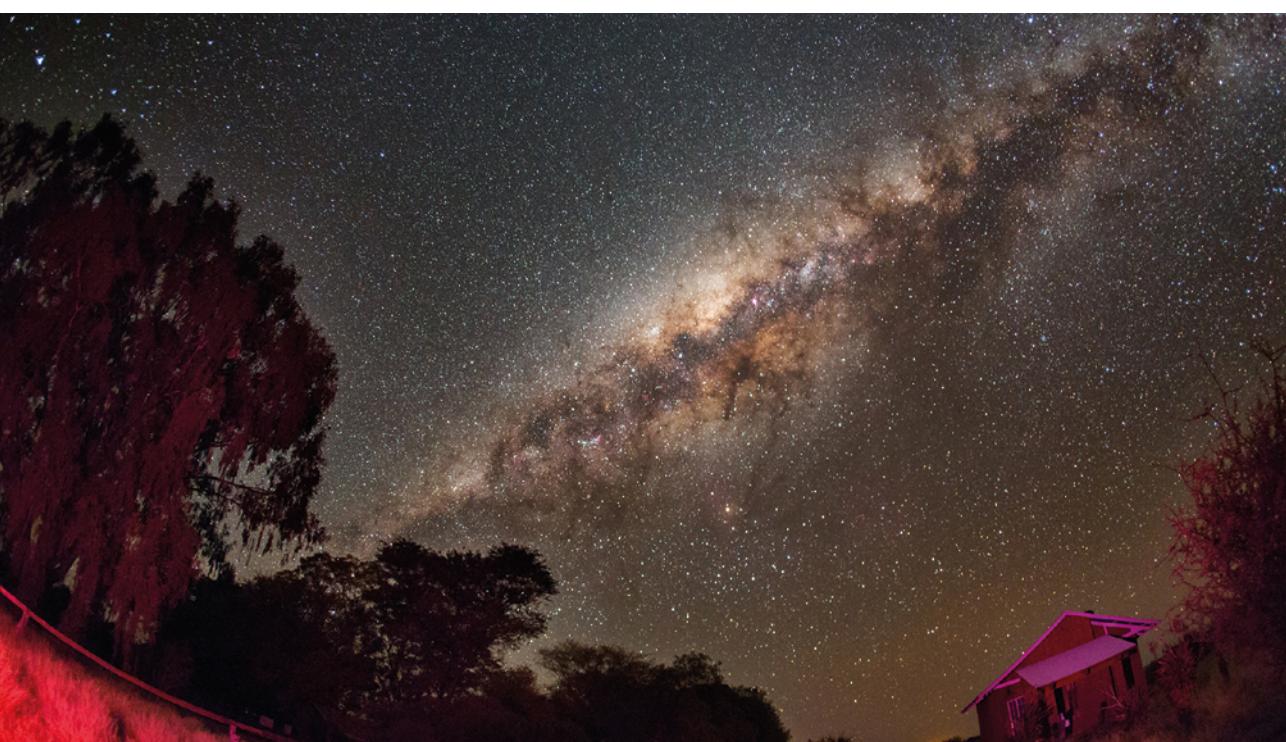
## Das Band der Milchstraße

Fotos der Milchstraße können auf die gleiche Art entstehen wie Aufnahmen von Sternbildern und -feldern (s. Seite 38). Bedenken Sie aber, dass die Milchstraße nur ein matt schimmerndes Band ist und sich in ihrer Helligkeit auf dem Bild deutlich vom umgebenden Himmel abheben muss. Das ist nur dann der Fall, wenn Sie einen dunklen Beobachtungsstandort gefunden haben, vorzugsweise in großer Gebirgshöhe. Weit und breit sollte kein Licht von Siedlungen oder Mondlicht das Bild trüben. Wenn diese Voraussetzungen erfüllt sind und Sie eine klare Nacht mit guter Durchsicht erwischen, zeigt die Milchstraße sogar schon dem bloßen Auge ihre reiche Struktur. Am hellsten ist sie in Sommernächten, weniger hell im Winter. Im Herbst und im Frühjahr verläuft die Milchstraße entlang des Horizonts und ist kein lohnendes Motiv.

Verwenden Sie am besten ein Weitwinkelobjektiv, um einen großen Abschnitt der Milchstraße zu erfassen, und beziehen Sie, wenn es die Bedingungen zulassen, den Horizont mit ins Bild ein. Im Hochformat sehen solche Aufnahmen am besten aus. Wenn Sie ein Fischaugenobjektiv besitzen, können Sie damit den kompletten Verlauf der Milchstraße von Horizont zu Horizont erfassen, ein reizvolles Motiv!

**Tipp** Einen guten Standort ohne Aufhellung des Nachthimmels durch künstliche Lichtquellen zu finden, ist gar nicht so einfach. Vielleicht bietet Ihr nächstes Urlaubsziel die gewünschten Bedingungen! Neben der geringeren Beeinträchtigung durch Lichtemission sind bisweilen auch die Wetterprognosen günstiger als in heimatlichen Gefilden. Das Beste ist aber, dass das helle Zentrum der Milchstraße im Bereich der Sternbilder Schütze und Skorpion umso höher über den Horizont steigt, je weiter Sie nach Süden reisen.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Sommermilchstraße im Schützen und Skorpion, Namibia	5D Mark III; Canon EF 2,8/15 mm	12800; 3,5; 30 Sek.





# Die Kamera auf einer Astro-Montierung



Mit der Kamera den Sternen folgen

42

Motive für Kamera auf Montierung

50



## Mit der Kamera den Sternen folgen



Mittlerweile haben Sie sicher bemerkt, dass bei langen Belichtungszeiten in Kombination mit längeren Brennweiten die Sterne allmählich zu Strichen werden. Um das zu vermeiden, muss die Kamera der Himmelsdrehung nachgeführt werden.

Wenn Sie der „Dramaturgie“ des ersten Kapitels gefolgt sind, ist es Ihnen aufgefallen: Lange Belichtungszeiten mit längeren Brennweiten sind kaum noch zu bewerkstelligen,

wenn die Kamera auf einem Fotostativ fixiert ist. Bei Weitwinkelobjektiven werden nach etwa 20 bis 30 Sekunden, bei Teleobjektiven bereits nach wenigen Sekunden Belichtungs-

**Fotoobjektive reichen aus, um mit Nachführung die schönsten Sternbilder zu porträtieren. Schon nach einer relativ kurzen Belichtungszeit erfassen Sie mehr Sterne, als mit dem bloßen Auge erkennbar sind. Hier abgebildet ist das Sternbild Kreuz des Südens, eingebettet in die Milchstraße.**



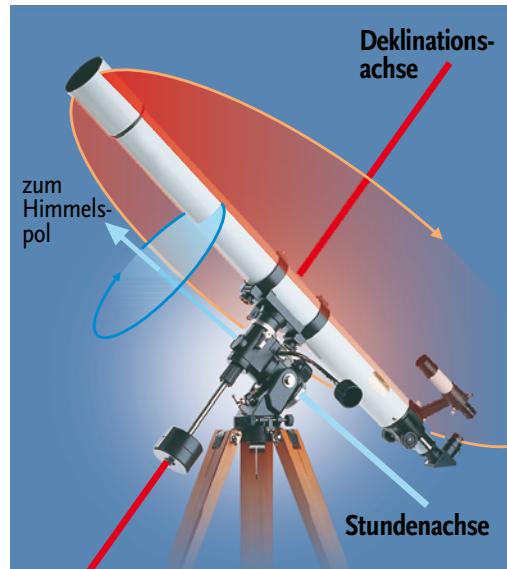
zeit die Sterne als Striche abgebildet (s. Tabelle im Buchumschlag vorne). Lichtstarke Objektive mit großer Anfangsoffnung und die Verwendung von hohen ISO-Werten können die Belichtungszeiten innerhalb gewisser Grenzen halten, doch irgendwann ist das Ende erreicht. Ursache ist die Rotation der Erde, durch die sich der Himmel über unseren Köpfen von Ost nach West dreht. Dreh- und Angelpunkt dieser Bewegung ist für Bewohner der Nordhalbkugel der Himmelsnordpol unweit des Polar- bzw. Nordsterns.

## Astronomische Montierungen

Möchten Sie länger belichtete Himmelsfotos machen, auf denen die Sterne Punkte bleiben, müssen Sie die Kamera während der Belichtung der Himmelsdrehung nachführen. Dazu wird im einfachsten Falle eine Einrichtung benötigt, bei der eine Achse parallel zur Erdachse ausgerichtet wird. Diese Achse wird obendrein motorisch angetrieben und absolviert in 23 Stunden und 56 Minuten eine volle Umdrehung. Eine daran befestigte Kamera folgt exakt der Himmelsrotation.

Wenn lediglich eine Kamera samt Fotoobjektiv nachgeführt werden soll, reicht eine kleine, leichte und kompakte Nachführeinrichtung. Je höher die gewünschte Traglast ist, desto größer, schwerer und stabiler muss auch die Montierung ausfallen. In besonderem Maße gilt das für solche Montierungen, die letztlich ein Teleskop tragen sollen.

Doch bleiben wir bei der Aufgabenstellung dieses Kapitels, bei der sich ein Fernrohr erübrigt. Wenn nicht allzu hohe Ansprüche an die Tragkraft gestellt werden, kommt als simpelste Lösung ein sogenannter „StarTracker“ in Frage. Das sind vergleichsweise kleine Geräte, die auf ein vorhandenes Fotostativ mit Stativkopf montiert werden und über eine motorisch angetriebene Achse verfügen. Besonders geeignet sind solche Einrichtungen für Fernreisen, weil das Gewicht und das Volumen von Fluggepäck streng reglementiert



**Das Prinzip der parallaktischen Montierung:**  
Ein Teleskop ist schwenkbar um die Deklinations- und Stundenachse.

sind. Zu bedenken ist beim Einsatz solcher StarTracker jedoch, dass ein Stativ und ein Stativkopf vorhanden sein müssen, von deren Stabilität letztlich die Tauglichkeit der ganzen Ausrüstung abhängen kann. Der Stativkopf muss außerdem über entsprechende Feineinstellungen verfügen, weil mit ihm die Ausrichtung der angetriebenen Achse auf den Himmelsnordpol zu erfolgen hat. Am besten ist dafür ein Getriebeneiger geeignet, am wenigsten ein Kugelkopf.

**StarTracker: halbe Montierungen** Genau genommen sind die StarTracker keine vollwertigen Montierungen, sondern nur Aufsätze für vorhandene Stative und -köpfe. So gesehen erscheinen die Preise in der Größenordnung mehrerer hundert Euro ziemlich überzogen. Wer auf maximale Kompaktheit und Mobilität angewiesen ist, wird sich davon aber nicht abschrecken lassen. Namentlich erwähnt werden sollen der „Polarie Star Tracker“ vom Hersteller Vixen, der „NanoTracker“ von Baader-Planetarium und der „Sky-

Tracker“ von iOptron, die alle ein sehr ähnliches Konzept verfolgen und kaum größer als eine Zigarettenpackung sind. Mit Ausnahme des NanoTrackers ist ein Polzscherfernrohr in der Ausstattung enthalten bzw. als Zubehör erhältlich, mit dem das Ausrichten der Antriebsachse auf den Himmelsnordpol unter Zuhilfenahme des Polarsterns einfacher wird. Freilich bieten alle einen netzstromunabhängigen Betrieb mit Batterien. Zudem lässt sich die Drehrichtung der Achse umkehren, damit man sie auch auf der Südhalbkugel einsetzen kann. Besonders pfiffig ist die Option, die Achse mit nur halber Sterngeschwindigkeit anzutreiben. Das ist geeignet für den Fall, dass außer dem Sternenhimmel auch noch Landschaftselemente auf dem Bild zu sehen sind, die bei Nachführung auf die Sterne unscharf dargestellt wer-

den. Mit halber Nachführgeschwindigkeit kann die maximal zulässige Belichtungszeit um immerhin um 50 Prozent verlängert werden, ohne dass bei Landschaft oder Sternen eine störende Unschärfe auftritt.

**StarLapse: eine Klasse für sich** Wem die Star-Tracker nicht stabil genug sind, sollte sich die „StarLapse“-Montierung des Herstellers Losmandy ansehen. Sie kostet das anderthalbfache eines StarTrackers, verfügt aber über bedeutend mehr Tragkraft. Einen entsprechend massiven Unterbau vorausgesetzt, lassen sich mit ihr selbst schwere Kameras und Objektive mit sehr langer Brennweite sicher nachführen. Auch die StarLapse kann mit halber Sterngeschwindigkeit nachführen und beherrscht darüber hinaus auch gegenüber der Sterngeschwindigkeit deutlich be-

### Auswahlkriterien für eine Montierung

1. Maximales Gewicht der Kamera samt Objektiv – Je schwerer die Kamera und die Objektive sind, desto stabiler muss die Montierung sein.
2. Eigengewicht – Eine schwere Montierung ist ein erster Hinweis auf ihre hohe Stabilität. Doch auch eine kleine, leichte Montierung hat ihre Vorteile, etwa, wenn sie auf Flugreisen dabei sein soll oder einige hundert Meter von einem Parkplatz zu einem guten Beobachtungs-ort getragen werden muss.
3. Laufgenauigkeit – Lange Belichtungszeiten und lange Aufnahmebrennweiten steigern die Anforderungen an die Genauigkeit der motorischen Nachführung.
4. Preis – Die Spanne reicht von niedrigen, dreistelligen Eurobeträgen bis zu hohen, fünfstelligen Summen. Doch keine Sorge: Für den hier beschriebenen Zweck sind Montierungen der Oberklasse überdimensioniert. Da aber die alte Regel, dass der Kaufpreis in enger Relation zum Gegenwert steht, auch bei Montierungen gilt, kann sich ein „Billigkauf“ zu einem späteren Zeitpunkt rächen.
5. Verwendungszweck – Mit in die Überlegungen einzubeziehen ist die Frage, ob die anzuschaffende Montierung, vielleicht zu einem späteren Zeitpunkt, als Fernrohrmontierung dienen soll. Wenn Sie die Frage bejahen, muss es unter Umständen eine stabilere Ausführung sein. Allerdings setzt das voraus, dass Sie eine Vorstellung davon haben, welches Fernrohr für Sie in Frage kommt. Manchmal sind solche Fragestellungen quälend und nicht zu beantworten. Dann entscheiden Sie sich doch zunächst für ein kleineres, leichtes Modell und ziehen Sie den Kauf einer weiteren Montierung in Betracht, sobald die Fernrohrfrage geklärt ist.



Die StarLapse-Montierung kann eine Kamera, aber kein größeres Fernrohr nachführen. Ein Stativ mit Kopf muss vorhanden sein.

schleunigte Antriebsraten. Diese sind von Interesse, wenn Zeitraffer-Videos aus vielen DSLR-Einzelbildern entstehen sollen, bei denen ein langsamer Kamerataschenwink stattfindet (vgl. Seite 124).

**Fernrohrmontierungen und Zubehör** Wenn Sie die Anschaffung eines Fernrohrs planen, können Sie Ihre Montierung bereits auf diese Anforderungen abstimmen. Für die in diesem Kapitel genannten Zwecke ist eine solche Montierung unter Umständen zwar ein wenig überdimensioniert, was aber kein grundsätzlicher Nachteil ist, wenn maximale Portabilität nicht das oberste Ziel ist. Im Vergleich zu den oben erwähnten Lösungen lässt sich sogar Geld sparen, wenn man nicht nach den

Top-Modellen schreibt. Gebräuchlich im Bereich der Amateurastronomie ist die Variante „Deutsche Montierung“ mit einer Gegengewichtsstange (s. Abb. unten). Die Stundenachse wird motorisch angetrieben, während eine zweite Achse, die Deklinationsachse, die Ausrichtung der Kamera auf jeden beliebigen Punkt des Himmels ermöglicht.

Welches Zubehör benötigt wird, hängt vom Lieferumfang der Montierung ab. Erforderlich ist der motorische Antrieb der Stundenachse, während bei der Deklinationsachse eine motorische Verstellmöglichkeit entbehrlich ist. Weiterhin ein Stativ, eine Spannungsversorgung, die möglichst auch mit Batterien oder Akkus funktioniert und ein Gegenge-

Die Skywatcher-EQ-3-Montierung lässt sich mit Motoren ausstatten und kann eine Kamera nachführen.

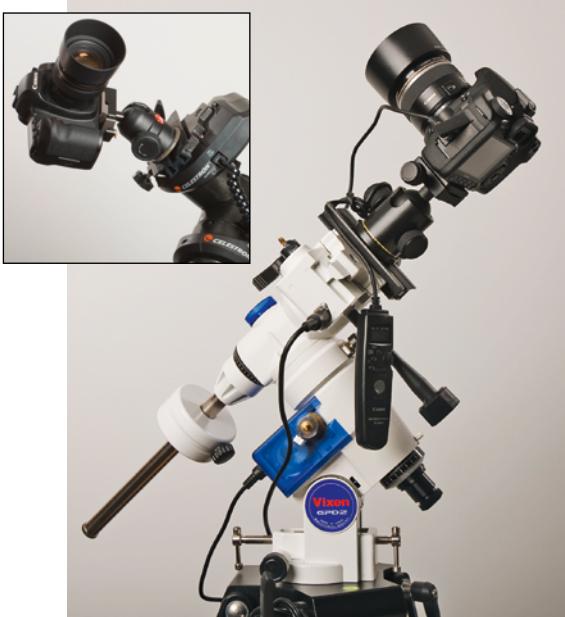


wicht, damit die Montierung austariert werden kann. Das ist schon alles, es sei denn, Sie gönnen sich zusätzlich noch ein Polsucherfernrohr, mit dem die Montierung sehr schnell und exakt eingenordet werden kann (vgl. Seite 115).

Für welche Montierung Sie sich entscheiden sollten, hängt im Wesentlichen von den im Kasten *Auswahlkriterien für eine Montierung* aufgelisteten Punkten ab.

**Welche Fernrohrmontierung?** Beste Erfahrungen habe ich mit Produkten der japanischen Firma Vixen gemacht. Mit den Modellen GP2 und GPD2 machen Sie keinen Fehler, auch wenn teilweise der Antriebsmotor und die Steuerelektronik separat erworben werden müssen. Preiswerter sind Montierungen von Celestron (z.B. Omni CG-4 oder Advanced VX), Bresser (z.B. Messier EXOS 1) und Skywatcher (z.B. EQ3; Abb. 45 unten oder EQ5 bzw. HEQ5).

**Wenn die Kamera auf einer Montierung befestigt wird, sollte ein Kugelkopf zwischengeschaltet werden.**



Für welches Modell Sie sich entscheiden:

Eine „GoTo-Steuerung“, die Himmelsobjekte automatisch anfahren kann, ist in keinem Fall für die hier beschriebenen Zwecke erforderlich. Statt in Elektronik zu investieren, wählen Sie besser eine stabilere Mechanik. Von der Firma Berlebach lieferbare Holzstative sind im Hinblick auf Stabilität und geringem Gewicht eine exzellente Wahl, aber natürlich tut auch ein stabiles Edelstahl- oder Aluminiumstativ seine Dienste, nur darf an dieser Stelle nicht gespart werden. Die Stabilität der Gesamtlösung wird von der schwächsten Komponente begrenzt.

## Vorbereiten der ersten Aufnahme

Alles, was Sie jetzt noch tun müssen, ist die Antriebsachse der Montierung auf den Himmelspol auszurichten und die Kamera auf der Montierung zu befestigen.

**Ausrichten der Montierung** Wenn die Ausrüstung erst einmal komplett ist, sind nur noch wenige Schritte nötig, um die erste nachgeführte Himmelsaufnahme zu machen. Der erste besteht darin, die Montierung gemäß der Anleitung im Kasten *Grobes Einnorden einer parallaktischen Montierung* auf S. 48 richtig auszurichten.

Ist die Stundenachse nicht hohl und kein Polsucherfernrohr vorhanden, können Sie sich wie folgt behelfen: Befestigen Sie eine Kamera mit einem möglichst starken Teleobjektiv auf der Montierung. Richten Sie das Objektiv parallel zur Stundenachse aus, so dass es nach oben blickt. Die Parallelität lässt sich überprüfen, indem Sie durch den Sucher blicken und gleichzeitig die Stundenachse der Montierung, bei der die Klemmung gelöst ist, so weit wie möglich drehen.

Bei paralleler Ausrichtung dreht sich das Sucherbild um die Mitte des Bildfeldes, was anhand sichtbarer Sterne leicht zu überprüfen ist. Während der Drehung können Sie sogar ein Foto mit langer Belichtungszeit machen,

dann lässt sich der Drehpunkt anhand des Fotos sehr leicht bestimmen, wenn einige Sterne zu erkennen sind (große Blendenöffnung, maximale ISO-Zahl einstellen!). Gibt es Abweichungen, muss die Kamera neu ausgerichtet und der Vorgang wiederholt werden. Erst, wenn dieses Ziel erreicht ist, verändern Sie die Neigung der Stundenachse und das Azimut so lange, bis der Polarstern in der Mitte des Kamerablicks steht. Ab diesem Zeitpunkt dürfen weder Polhöhe noch Azimuteinstellung der Montierung mehr verstellt werden!

Wenn die Montierung grob eingenordet ist, wenn auch nur auf den Polarstern, so ist das zunächst einmal genau genug. Möglichkeiten, um eine Montierung noch exakter aufzustellen, lernen Sie ab Seite 115 kennen.

**Befestigen der Kamera** Bei StarTrackern und der StarLapse-Montierung muss auf die angetriebene Achse zunächst ein Kugelkopf montiert werden, der dann die Kamera aufnimmt. Ohne einen Kugelkopf könnte man die Kamera nicht auf beliebige Himmelsfelder ausrichten. Die meisten Fernrohrmontierungen sind mit einer Schwabenschwanz-Führung ausgestattet, in die eine Prismenschiene eingeführt und festgeklemmt werden kann. Die Prismenschiene muss separat erworben werden. Manche Schienen haben bereits entsprechende Bohrungen, um eine Schraube von unten durchzuführen und auf der Oberseite direkt die Kamera zu befestigen. Fehlt eine solche Bohrung, muss man selbst zum Bohrer greifen oder bohren lassen. Der Schraubenkopf sollte in der Schiene versenkt sein und nicht nach unten herausragen, was eine zweite Bohrung mit größerem Durchmesser und begrenzter Bohrtiefe erfordert. An das vordere Ende der Schiene kann eine zweite Schraube von unten eingeschraubt werden, so dass der Schraubenkopf nach unten herausragt. Das verhindert ein Durchrutschen der Schiene und einen Absturz der Kamera, falls die Schienenklemmung versagen sollte.



**Auch bei der Montage auf den Rohrschellen eines Fernrohrs erleichtert ein Kugelkopf die Wahl des Bildausschnitts.**

Als Variante ist denkbar, die Kamera nicht direkt auf die Schiene zu schrauben, sondern auch hier zunächst einen Kugelkopf zwischenzuschalten. Dann kann die Kamera nicht nur schneller montiert und demontiert werden, sondern Sie haben auch zusätzliche Freiheiten bei der Wahl des Bildausschnitts.

**Die Kamera huckepack auf einem Fernrohr** Wenn Sie bereits ein Fernrohr inklusive einer parallaktischen Montierung besitzen, können Sie diese Plattform natürlich nutzen, um eine Kamera mit Fotoobjektiv drauf zu befestigen. Dann stellt sich nur die Frage, wie sich die Kamera anbringen lässt. Bei einer „Deutschen Montierung“ bietet sich eine Klemmeinrichtung an, die unter der Bezeichnung „Clamps“ als Zubehör von Fotostudioeinrichtungen angeboten wird. Mit

## Grobes Einnorden einer parallaktischen Montierung



- 1.** Stundenachse auf die geografische Breite einstellen
- 2.** Stativ waagerecht aufstellen mit Wasserwaage
- 3.** Stundenachse (roter Pfeil) nach Norden ausrichten

Hilfe solcher Clamps und einem zusätzlichen Kugelkopf kann die Kamera an der Gegengewichtsstange sicher befestigt werden (s. Abb. Seite 13).

Noch stabiler sind Montageplatten mit Schwalbenschwanzführung parallel zum Fernrohr. Die Firma Losmandy bietet exzellente Lösungen an, die allerdings ihren Preis haben. Dafür tragen sie auch schwerste Ausstattungen klaglos. Bei preiswerteren Angeboten ist darauf zu achten, dass eine Kamera nebst einem längeren Objektiv mit hohem Gewicht sicher, fest und vibrationsfrei montierbar ist, alles andere verdirt die Resultate

und letztlich auch die Freude. Die weitere Vorgehensweise bei vorhandenem Fernrohr unterscheidet sich nicht von der ohne Fernrohr. Das Fernrohr selbst ist an der Entstehung der Himmelsaufnahmen nicht beteiligt, kann aber als „Leitfernrohr“ dienen und eine Kontrolle der Nachführung ermöglichen (s. Seite 119). Egal, ob Sie mit oder ohne Fernrohr arbeiten: Die Nachführung versetzt Sie in die Lage, trotz längerer Belichtungszeiten gestochen scharfe Sternabbildungen zu erhalten. Das ist ein wichtiger Schritt, der Ihnen eine ganze Reihe von weiteren Fotomotiven erschließt.

## Grobes Einnorden einer parallaktischen Montierung (vgl. Abbildungen oben)

- 1.** Stellen Sie die Neigung der Stundenachse Ihrer Montierung auf den Wert der geografischen Breite des Beobachtungsortes; für einen Ort mit 50 Grad nördlicher Breite also auf 50 Grad. Manche Montierungen und Getriebeneiger haben dazu eine Winkelskala, an der Sie diesen Wert ablesen können.
- 2.** Stellen Sie das Stativ exakt waagerecht auf, wobei eine Wasserwaage gute Dienste leistet.
- 3.** Richten Sie die Stundenachse der Montierung nach Norden aus, so dass die Verlängerung der Achse auf den Himmelsspalt zeigt. Ein Kompass ist nicht genau genug, denn der magnetische Pol weicht vom geografischen Pol ab. Orientieren Sie sich besser am Polarstern, der nicht weit vom Himmelsspalt entfernt ist. Verfügt Ihre Montierung über ein Polsucherfernrohr, verwenden Sie es gemäß der Gebrauchsanleitung und gemäß der Beschreibung auf Seite 115. Wenn Sie kein Polsucherfernrohr besitzen, aber die Stundenachse der Montierung trotzdem hohl, also durchbohrt ist, stellen Sie Neigungswinkel und das Azimut (Rotation um eine senkrechte Achse gegenüber dem Horizont) der Montierung so ein, dass Sie durch die Achse den Polarstern sehen (s. auch Abb. S. 116 unten).

## Die erste Aufnahme

1. Schalten Sie die motorische Nachführung ein und lassen Sie sie mit Sterngeschwindigkeit laufen. Das ist deshalb erwähnenswert, weil manche Montierungen die Möglichkeit bieten, auch andere Geschwindigkeiten einzustellen, um z.B. auf die Sonne oder den Mond nachzuführen.
2. Bestücken Sie die Kamera mit dem gewünschten Objektiv.
3. Bei einer Deutschen Montierung verschieben Sie das Gegengewicht auf seiner Stange so weit, bis in etwa ein Gleichgewicht hergestellt ist, so dass die Montierung auch mit gelösten Klemmen in praktisch jeder Lage stehen bleibt. Durch Verschieben der Prismenschiene in der Schwabenschwanzführung nach vorne oder hinten können Sie ein Gleichgewicht auch für die zweite Achse herstellen. Geringe Abweichungen vom Idealzustand stellen kein Problem dar.
4. Lösen Sie die Klemmungen der Stunden- und der Deklinationsachse, um die Kamera auf den Himmelsausschnitt Ihrer Wahl auszurichten. Durch die schräge Lage der Achsen ist das anfangs nicht unbedingt trivial, gelingt aber schon nach einer kurzen Übungsphase. Bei einer StarTracker- oder StarLapse-Montierung erfolgt die Ausrichtung durch bloße Verstellung des Kugelkopfes, auf dem die Kamera befestigt ist.
5. Lassen Sie nach dem Festziehen aller Klemmungen der Montierung ein paar Sekunden Zeit, bis die Zahnräder ineinander greifen, und starten Sie dann Ihre erste Belichtung.

## Aufnahmen machen

Nun geht es an die erste Aufnahme. Führen Sie nach dem Einnorden die Schritte im Kasten *Die erste Aufnahme* aus.

**Einstellungen** Sinnvolle Einstellungen sind bei Blende 4,0 der ISO-Wert 400, eine maximale Brennweite von 50 Millimeter und die Belichtungszeitenwahl „bulb“ für beliebig lange Belichtungen. Ein Kabelauslöser oder ein angeschlossener Computer sollte zum Auslösen verwendet werden, um Verwacklungen zu vermeiden. Manche Kamerae Modelle können sogar via Smartphone oder Tablet drahtlos bedient werden. Sehr wichtig ist auch die exakte Scharfeinstellung (vgl. Seite 71).

**Belichtungszeit** Ein guter Start ist eine Belichtung in der Größenordnung von einer Minute. Kontrollieren Sie nach der Aufnahme

am Kameradisplay mit hoher Zoom-Stufe, ob die Sterne Punkte geblieben sind. Wenn ja, gibt es einen Grund zur Freude und die Motivation, es nun auch mit noch längeren Belichtungszeiten zu versuchen.

Steigern Sie die Belichtungszeit um jeweils eine Minute und versuchen Sie herauszufinden, wie lange Sie maximal belichten können, bevor trotz der motorischen Nachführung die Sterne zu kleinen Strichen werden. Ursache können die ungenaue Einnordung und/oder eine Ganggenauigkeit der Montierung sein.

Um Überbelichtungen zu vermeiden, können Sie bei sehr langen Belichtungszeiten die Blende etwas schließen und den ISO-Wert auf 200 oder 100 reduzieren, um das Bildrauschen zu optimieren. Läuft alles problemlos, unternehmen Sie die nächsten Versuche mit längeren Aufnahmebrennweiten, wobei die Anforderungen an eine exakte Nachführung mit der Brennweite steigen.

## Motive für Kamera auf Montierung



Mit einer nachgeführten Kamera können Sie länger belichten, ohne dass die Sterne zu Strichen werden. So können Sie z. B. Sternbilder oder das Band der Milchstraße auf den Sensor bannen, aber ebenso Jagd auf helle, ausgedehnte Sternhaufen oder Gasnebel machen.

### Landschaft mit Sternenhimmel

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Sternbilder Kreuz des Südens und Schiffskiel in der südl. Milchstraße	5D Mark III; Walimex EF 1,4/35 mm	1600; 2,0; 180 Sek. (Ausschnittsvergrößerung)

Der Sternenhimmel über einer attraktiven Landschaft ergibt meistens ein ansprechendes Foto. Führt man die Kamera bei längerer Belichtung den Sternen nach, verwischt die Landschaft, fixiert man die Kamera hingegen auf einem Stativ, werden die Sterne mit zunehmender Belichtungszeit zu Strichen.



Wenn es um den Sternenhimmel geht, sollten Sie sich für eine Nachführung entscheiden und leichte Unschärfen der Landschaft in Kauf nehmen. Theoretisch könnte man auch aus zwei Aufnahmen, eine mit scharfer Landschaft und eine mit scharfen Sternen, in Photoshop ein Bild zusammensetzen, auf dem dann beides scharf ist (vgl. Seite 142 unten).

Aber wir wollen eine authentische Aufnahme versuchen, indem der ISO-Wert auf 1600, 3200 oder gar höher eingestellt und ein lichtstarkes Objektiv benutzt wird. Dann hält sich die Belichtungszeit in Grenzen und die Unschärfe der Landschaft nimmt aufgrund der Nachführung nicht überhand.

Beleuchten Sie Vordergrundobjekte, die nicht weit entfernt sind, während der Belichtungszeit mit einem Blitzgerät. Die kurze Leuchtdauer des Blitzes erzeugt ein scharfes Bild davon und im Dunkeln stattfindende Bewegungen der Vordergrundobjekte werden nicht weiter stören (vgl. Abb. Seite 40/41).

**Tipp** Wenn Sie eine Montierung benutzen, die mit halber Sterngeschwindigkeit nachführen kann, sollten Sie diese Einstellung nun wählen. Das ist der beste Kompromiss, um die Belichtungszeit noch ein wenig verlängern zu können, ohne dass die dabei entstehende Unschärfe bei Landschaft und Sternenhimmel unangenehm auffällt.

## Sternbilder

Mit einer nachgeführten DSLR können Sie Ihren eigenen Atlas der Sternbilder herstellen. Möchten Sie die Sternbilder dabei formatfüllend erfassen, müssen Sie mit verschiedenen Brennweiten arbeiten, denn es gibt sehr ausgedehnte Sternbilder (z. B. Wasserschlange), mittelgroße (z. B. Orion) oder auch kleine (z. B. Delfin). Richten Sie Ihre Kamera einfach mit der passenden Objektivbrennweite auf das Sternbild Ihrer Wahl (vgl. Tabelle im Buchumschlag vorne). Ohne Landschaftselemente im Bild wird zum Nachführen die Sterngeschwindigkeit gewählt. Dank der Nachführung können Sie sich erlauben, auch länger zu belichten, dafür aber den ISO-Wert auf maximal 800 zu stellen. Rauschärmere Ergebnisse lohnen den Aufwand. Auch eine Abblendung des Objektivs um eine oder zwei Blendenstufen ist zu empfehlen, um die Abbildungsqualität in den Bildecken zu verbessern und die Abdunklung

der Ecken, die Vignettierung, abzumildern (vgl. S. 133).

Um die Farben der hellen Sterne zu erhalten und um zu verhindern, dass sie durch Überbelichtung kaum noch von den schwächeren Sternen zu unterscheiden sind, empfehle ich den Einsatz eines Weichzeichnerfilters vor dem Objektiv. Die besten Resultate habe ich mit dem Filter P830 von Cokin erzielt (Weitwinkel) bzw. P820 (Teleobjektiv). Die genannten Filter sind im Fotofachhandel erhältlich. Unglücklicherweise steckt der Hersteller Cokin in Schwierigkeiten, so dass die begehrten Filter zeitweise nicht erhältlich sind. Sollte diese Quelle versiegen, müssen andere WeichzeichnungsfILTER auf ihre Tauglichkeit für den genannten Einsatzzweck getestet werden.

**Tipp** Mit der gleichen Technik können Sie auf die Jagd nach veränderlichen Sternen, Kometen oder Kleinplaneten gehen. Mit viel Ausdauer und/oder Glück gelingt sogar eine Neuentdeckung.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Sternbild Orion (mit Weichzeichner Cokin P 820; Chile/Cerro Paranal)	5D Mark III modifiziert; Walimex 1,4/35 mm	1600; 2,0; 60 Sek.



## Das Band der Milchstraße

Einiges zur Fotografie des Milchstraßenbandes wurde bereits auf Seite 39 berichtet. Mit Nachführung können Sie nun länger belichten, was einerseits die Abbildung der schwachen Milchstraßenrandbereiche ermöglicht, andererseits auch die Verwendung eines Teleobjektivs erlaubt. Ein Teleobjektiv kann auf einen besonders interessanten Bereich der Milchstraße ausgerichtet werden, um dunkle Staub- und helle Sternwolken, Gasnebel und Sternhaufen sichtbar zu machen; vom mit Sternen übersäten Hintergrund einmal ganz zu schweigen. Welche Ausschnitte sich für „Nahaufnahmen“ besonders eignen, können Sie selbst ermitteln, indem Sie dazu Ihre eigenen Weitwinkelfotos einmal genau unter die Lupe nehmen (vgl. S. 62). Der Einsatz eines

Weichzeichnerfilters, wie auf Seite 51 beschrieben, ist auch bei Milchstraßenfotos von Vorteil, um die hellen Sterne zu betonen und einen Eindruck hervorzurufen, den man mit dem bloßen Auge hat. Wenn Sie die Landschaft in ein Weitwinkelfoto mit Milchstraße einbeziehen, müssen Sie damit rechnen, dass diese durch die nachgeführte Kamera verwischt abgebildet wird – was aber nicht unbedingt stört. Der Königsweg ist die Nachführung mit halber Sternengeschwindigkeit.

**Tipp** Wenn Sie die Milchstraße abschnittsweise aufnehmen und dabei einen ausreichend großen Überlappungsbereich einkalkulieren, können Sie die entstandenen Einzelfotos zu einem Milchstraßenpanorama zusammensetzen. Mit dieser Aufgabe können Sie eine Panoramasoftware betrauen, etwa die Freeware „Microsoft Image Composite Editor“.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Milchstraße und Iridiumblitz über dem Hohlohturm im Schwarzwald	5D Mark III; Canon EF 2,8/16 mm Fischauge	3200; 2,8; 60 Sek. (Nachführung mit halber Sternengeschwindig.)



## Meteore

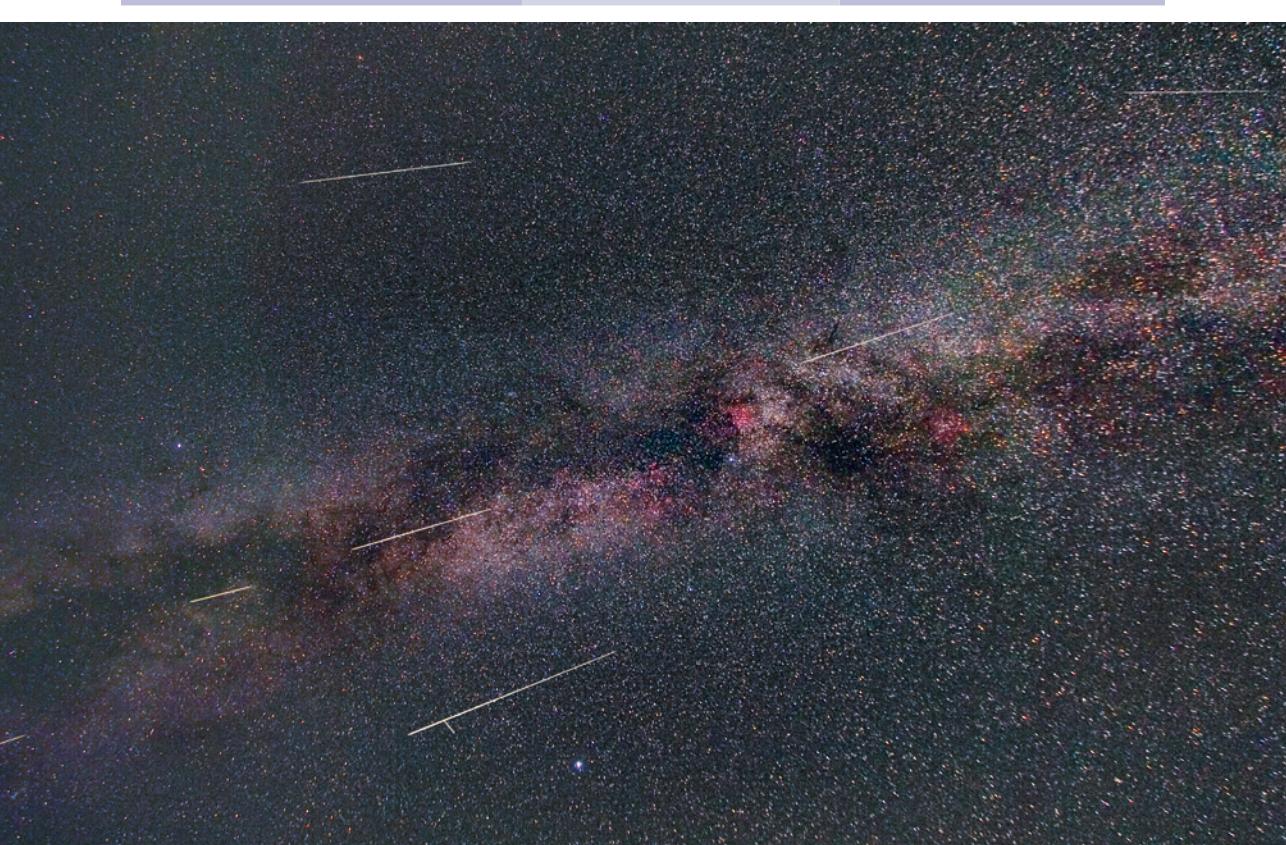
Sie sollten grundsätzlich wie auf Seite 35 beschrieben vorgehen. Dadurch, dass die Kamera nun der Himmelsdrehung nachgeführt wird, bleiben die Sterne punktförmig. Das Ergebnis sind natürlich aussehende Sternfeldaufnahmen, auf denen mit dem notwendigen Glück die eine oder andere Sternschnuppe zu sehen ist.

Vorteilhaft ist auch, dass mehrere, hintereinander aufgenommene Bilder durch die Nachführung weitgehend deckungsgleich sind. Sie müssen dann nur diejenigen Fotos herausfischen, auf denen mindestens ein Meteor zu sehen ist, um sie anschließend in Photoshop (oder einer anderen Software) zu überlagern. Das Ergebnis ist ein Bild mit entsprechend vielen Sternschnuppen!

Dazu müssen alle Einzelaufnahmen absolut passgenau ausgerichtet und in Ebenen übereinander angeordnet werden. Dann benötigen Sie die Ebenenpalette, die mit der Taste „F7“ angezeigt werden kann. Jede der Ebenen wird auf der verkleinerten Darstellung in der Ebenenpalette separat angeklickt, anschließend wird der Überblendmodus aus einem Menü in der linken oberen Ecke der Ebenenpalette von „Normal“ auf „Aufhellen“ umgestellt. Möglich ist auch die automatische Bildkombination mit dem *DeepSkyStacker* (vgl. Seite 135).

**Tipp** Wenn Sie Aufnahmen mit großem Bildwinkel erstellen, können Sie die Kamera auf den Radianen eines Sternschnuppenstroms richten. Erwischen Sie mehrere Meteore, lassen sich ihre Spuren nach hinten verlängern und auf den Radianen zurückführen.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Perseiden vor der Milchstraße (Montage der Aufnahmen mit Meteor)	20Da; Canon EF-S 10-22 mm @ 11 mm	800; 4,0; 10 × 2 Min.



## Das aschgraue Mondlicht

Steht die schmale Mondsichel am Himmel, dann kann oft auch der nicht direkt vom Sonnenlicht getroffene Teil des Mondglobus als fahler Schein erkannt werden (das sogenannte aschgraue Mondlicht). Er wird von der Erde beleuchtet, die ihrerseits das Sonnenlicht reflektiert.

Dieser Mondteil ist um viele Größenordnungen leuchtschwächer als die helle Mondsichel, so dass Sie sich bei der Belichtung entscheiden müssen. Eine kurze Belichtungszeit zeigt Krater und andere Oberflächendetails der Sichel, während das aschgraue Licht nicht zu sehen sein wird. Eine lange Belichtungszeit zeigt zwar das aschgraue Licht, doch dann wird die Mondsichel hoffnungslos überbelichtet.

Verwenden Sie ein Teleobjektiv mit möglichst langer Brennweite und verlängern Sie

diese gegebenenfalls durch einen Telekonverter. Richten Sie die Kamera auf den Mond und versuchen Sie, mit dem Autofokus auf die Sichel zu fokussieren. Schalten Sie, wenn es die Steuerung Ihrer Montierung erlaubt, auf die Nachführung mit Mondgeschwindigkeit um und belichten Sie einige Sekunden lang bei ISO 400 oder höher. Fertigen Sie am besten eine Reihe von Aufnahmen mit unterschiedlich langen Belichtungszeiten an, um das beste Verhältnis zwischen der Mondsichel und dem aschgrauen Licht zu erhalten.

**Tipp** Fotografisch gelingt der Nachweis des aschgrauen Lichts auch dann, wenn es mit dem bloßen Auge nicht mehr zu sehen ist. Seine Helligkeit lässt nach, wenn der Mond zunimmt, weil gleichzeitig vom Mond aus betrachtet die Erde abnimmt. Eine reizvolle Aufgabe ist es daher, noch zwischen Halb- und Vollmond zu versuchen, das aschgraue Licht mit der Kamera einzufangen.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Aschgraues Mondlicht	20Da; Canon EF 4/600 mm L (eff. 1200 mm mit 2x-Telekonverter)	400; 8,0; 6 Sek.



## Schöne Konstellationen mit Mond

Bereits auf Seite 28 wurde beschrieben, dass durch die Bewegungen des Mondes und der Planeten regelmäßig fotogene Begegnungen von zwei oder mehreren Himmelskörpern zustande kommen. In astronomischen Jahrbüchern wie dem *Kosmos Himmeljahr* wird auf solche Konstellationen hingewiesen. Eine Nachführung der Kamera ist bei derartigen Ereignissen z. B. dann von Nutzen, wenn die Mondsichel mit von der Partie und das aschgräue Licht sichtbar ist. Zieht der Mond dann an einem hellen Planeten vorbei, können Sie so lang belichten, dass auch die dunkle Seite des Mondes auf dem Foto zu erkennen ist. Die Überbelichtung der Mondsichel ist in Kauf zu nehmen und tut der Bildwirkung keinen Abbruch. Meist tauchen auf dem Foto sogar Sterne oder Planetenmonde auf, die man im Sucher gar nicht bemerkt hat.

Wenn der Mond einmal eng am Sternhaufen der Plejaden (M 45) vorüberzieht, ergibt sich eine schöne Gelegenheit, dieses Rendezvous mit langer Belichtungszeit und Brennweite einzufangen. Dazu ist eine Nacht mit guter Transparenz vorteilhaft, damit die schwachen Plejadensterne nicht vom „Hof“ um den Mond überstrahlt werden. Umgekehrt kann leichter Dunst beim Mond und einem hellen Planeten das Bild bereichern.

Die Nachführung erlaubt längere Belichtungszeiten, so dass man das Objektiv etwas abblenden kann. Das erzeugt hübsche „Strahlen“ an hellen Sternen und Planeten.

**Tipp** Manche Objektive neigen zur Reflexbildung. Dann entsteht ein Spiegelbild des Mondes an einer Stelle, die spiegelbildlich zur optischen Achse (Bildmitte) angeordnet ist. Um eine Überlagerung des Mondes mit seinem Spiegelbild zu vermeiden, muss dieser weit genug abseits der Bildmitte platziert werden.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Mondsichel bei Venus	5D; Canon EF 2,8/300 mm L IS plus 1,4-fach-Telekonverter	400; 4,5; 8 Sek.



## Mondfinsternisse

Wie Sie auf Seite 31 erfahren haben, ist eine Nachführung nicht erforderlich, solange Sie den hellen oder unverfinsterten Teil des Mondes mit einem Fotoobjektiv abbilden möchten, denn die Belichtungszeiten sind relativ kurz. Anders liegen die Verhältnisse beim total verfinsterten Mond, wenn der Vollmond komplett im Kernschattenkegel der Erde steckt und nur noch schwach in geheimnisvoller, kupferroter Farbe leuchtet. Um diesen Anblick fotografisch festzuhalten, müssen Sie mehrere Sekunden lang belichten, je nachdem, welches Öffnungsverhältnis Ihr Objektiv hat und wie hell der verfinsterte Mond noch ist. Experimentieren Sie daher mit unterschiedlichen Belichtungszeiten! Welche Belichtung die richtige ist, hängt ab

von der Eindringtiefe des Mondes in den Kernschatten, der Höhe des Mondes über dem Horizont, den Wetterbedingungen und nicht zuletzt von der unvorhersehbaren Menge an Restlicht, die den Mond noch erreicht. Ein ungefährer Richtwert ist eine Belichtungszeit von 4 Sekunden bei ISO 800 und Blende 11. Kontrollieren Sie nach den Aufnahmen die Histogramme der Farbkänele. Die Gefahr, dass der Rotkanal während der Totalität rechts anschlägt, ist relativ groß.

**Tipp** Die Totalitätsphase ist eine einzigartige Gelegenheit, den „Vollmond“ zusammen mit den Sternen seines Umfeldes abzulichten. Ohne Finsternis ist der Mond zu hell und überstrahlt die Sterne. Ideal sind solche Finsternisse, die sich zufälligerweise dann ereignen, wenn sich der Mond in einer sternreichen Region aufhält.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Totale Mondfinsternis mit Sternenhimmel	1Ds Mark II; Canon EF 4/600 mm L IS	400; 5,6; 2 Sek.



## Kometen

Kometen sind nicht mit Sternschnuppen zu verwechseln. Sie kreisen, wie die Planeten, um die Sonne und entwickeln in Sonnen-nähe eine Atmosphäre, manchmal sogar ihren charakteristischen Schweif. Im Gegensatz zu Sternschnuppen können sie tage-, wochen- oder gar monatelang beobachtet werden. Die meisten Kometen werden nicht besonders hell und sind nur als „Nebelfleckchen“ zwischen den Sternen zu entdecken. Manche tauchen kurzfristig und unerwartet auf, so dass ein astronomisches Jahrbuch ihr Erscheinen nicht vermelden kann. Das Internet bietet jedoch eine Möglichkeit, sich über aktuell zu beobachtende Kometen zu informieren (siehe Anhang).

Nur hellere Kometen sind lohnende Fotomotive für eine „aufgesattelte“ DSLR, besonders dann, wenn sie einen Schweif ausbilden. Steht ein solcher Komet am Nachthimmel,

können Sie eine Aufnahmeserie versuchen, indem Sie jeden Tag oder in Intervallen von Stunden je ein Bild anfertigen und daraus eine Animation erstellen. Dadurch lässt sich die Bewegung des Kometen vor dem Sternenhintergrund besonders eindrucksvoll darstellen, wobei gleichzeitig auch dynamische Prozesse im Schweif sichtbar werden können. Die meisten Kometen bewegen sich relativ zu den Sternen so langsam, dass Sie nachts bei moderater Brennweite ruhig ein paar Minuten belichten können.

**Tipp** Besonders hell und imposant werden Kometen und ihre Schweife, wenn sich der Komet der Sonne nähert. Oftmals bedeutet das auch, dass der Winkelabstand des Kometen zur Sonne schrumpft, so dass er in der Abend- oder Morgendämmerung nahe dem Horizont sichtbar wird. Das bietet wiederum die Gelegenheit, die Landschaft einzubeziehen und – falls möglich – mit halber Sterngeschwindigkeit nachzuführen.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Komet Panstarrs über der Burg Hohenzollern	5D Mark III; Canon EF 4/600 mm L	25 600; 4,0; 3 Sek. (nachgeführt m. halber Sterngeschwindigk.)



## Das Zodiakallicht

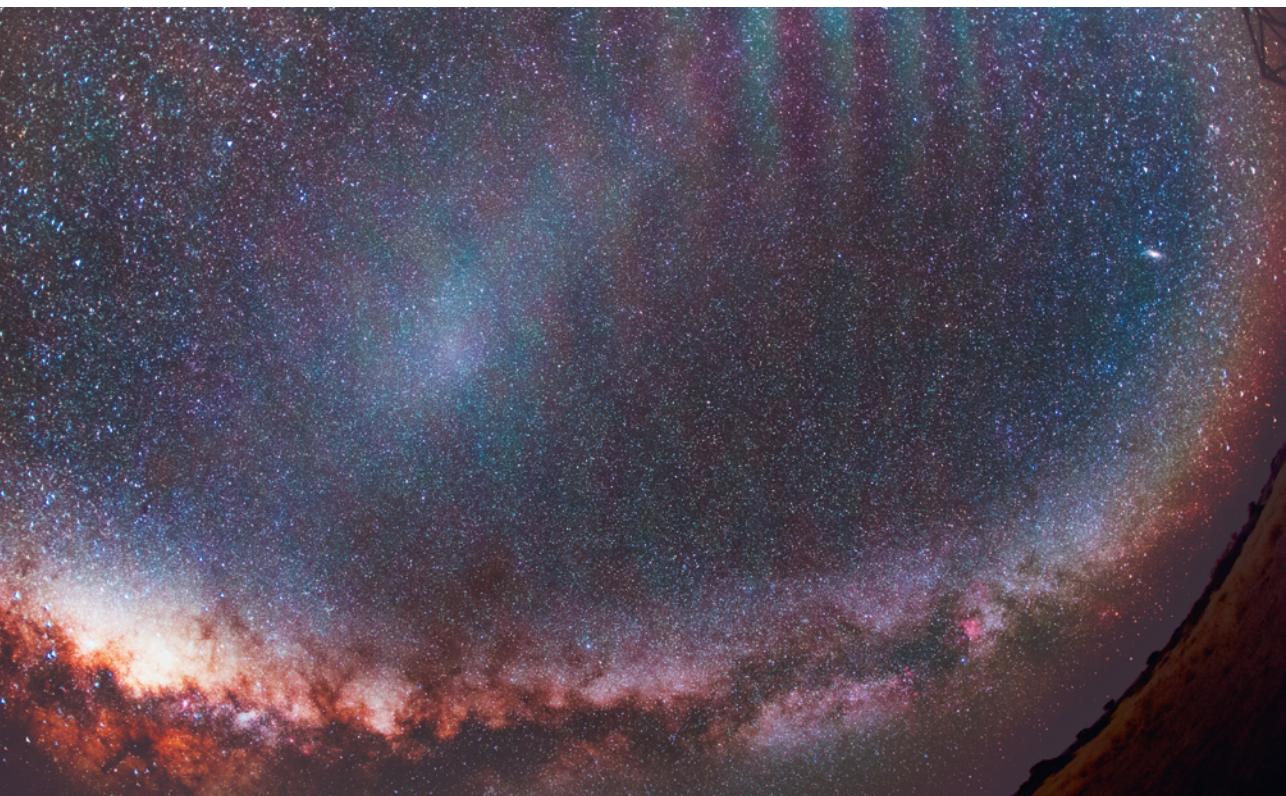
Das Zodiakallicht entsteht durch Reflexion des Sonnenlichts an interplanetarem Staub, der sich in der Ebene der Planetenbahnen befindet. Es erscheint als pyramidenförmige Aufhellung entlang der Ekliptik. Am hellsten ist es am Horizont, während die immer lichtschwächer werdende Spitze im Extremfall fast bis zum Zenit reicht. Die größte Herausforderung bei der Fotografie des Zodiakallichts besteht darin, einen sehr guten Standort zu finden, an dem kein künstliches Licht den Himmel aufhellt. Auch der Mond sollte nicht die Aufnahme stören.

Besonders gute Chancen für eine Sichtung ergeben sich im Frühjahr nach Sonnenuntergang oder im Herbst vor Sonnenaufgang, wenn die Ekliptik in steilem Winkel zum Horizont verläuft. Achten Sie darauf, dass die

Sonne mindestens 18 Grad unter dem Horizont steht, um das Zodiakallicht nicht mit der Dämmerung zu verwechseln. Verwenden Sie ein starkes Weitwinkelobjektiv, um die gesamte Ausdehnung zu erfassen, und kalkulieren Sie ein, dass die Kamera auch schwächere Regionen, die das bloße Auge nicht wahrnimmt, aufzeichnet. Selbst dann, wenn Sie das Zodiakallicht nicht sehen, lohnt sich eine Aufnahme, um es vielleicht fotografisch zu erwischen.

**Tipp** Liegt Ihr Urlaubsziel in Richtung des Erdäquators, halten Sie Ausschau nach dem Zodiakallicht, denn in Äquatornähe steht die Ekliptik in besonders steilem Winkel zum Horizont. Sind die Sichtbedingungen ausgesprochen gut, können Sie versuchen, ein delikates Detail im Band des Zodiakallichts aufzuspüren: Den Gegenschein, eine Aufhellung genau gegenüber der Sonne.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Zodiakallicht, Gegenschein und Milchstraße (Namibia, Farm Kiripotib)	5D Mark III modifiziert; Canon EF 2,8/16 mm Fischauge	12.800; 2,8; 60 Sek.



## Planetoiden

Planetoiden sind Kleinplaneten, die um die Sonne kreisen. Sie werden auch Asteroiden genannt. Die größten und die meisten dieser Kleinkörper halten sich zwischen der Mars- und der Jupiterbahn auf und können von der Erde aus als sternförmige Objekte beobachtet werden. Je nach Größe und Entfernung sind sie unterschiedlich hell, in Ausnahmefällen können manche dieser Objekte sogar mit dem bloßen Auge erkannt werden.

Doch auch dann, wenn ihre scheinbare Helligkeit nicht unterhalb der zehnten oder elften Größenklasse liegt, sind sie für ein Fotoobjektiv mit längerer Brennweite und Nachführung eine leichte Beute. Sie bewegen sich zwar relativ zu den Sternen, aber nur so langsam, dass einige Minuten Belichtungszeit immer noch zu einer punktförmigen

Abbildung führen. Eine Ausnahme bilden „Erdbahnkreuzer“, wenn sie sich in Erdnähe aufhalten und dann in wenigen Stunden quer über den Himmel ziehen.

Um die langsame Bewegung der Planetoiden zu dokumentieren, müssen Sie mehrere Aufnahmen anfertigen, am besten im Zeitraum mehrerer Stunden oder Nächte. Gelingt eine schöne Serie aus Einzelaufnahmen in regelmäßigen Abständen, bietet sich die Erstellung einer Animation an.

**Tipp** Eine besondere Herausforderung stellt der fotografische Nachweis des Zwergplaneten Pluto dar, der selbst im besten Fall nur etwa die 14. Größenklasse erreicht. Zu allem Überfluss hält er sich derzeit in einer besonders sternreichen Region der Sommermilchstraße auf und ist daher schwer identifizierbar. Eine Situation, die sich erst ab dem Jahr 2020 wieder langsam entspannt.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Bewegung des Planetoiden Hebe relativ zu den Sternen	40D; Canon EF 1,8/200 mm L	800; 1,8; je 30 Sek.



## Sternhaufen

Bei der Fotografie eines Sternhaufens ist es das Ziel, ihn in Einzelsterne aufzulösen. Stehen die Sterne zu dicht oder ist die verwendete Aufnahmebrennweite zu gering, ist lediglich ein nebelhaftes Fleckchen zu sehen, was wenig attraktiv ist. Daher scheiden Kugelsternhaufen hier von vornherein aus, denn sie sind im Allgemeinen nur mit längeren Brennweiten, typischerweise denen eines Teleskops, aufzulösen (s. Seite 99). Viele offene Sternhaufen hingegen sind gute Motive für Teleobjektive mit moderater und langer Brennweite. Schon 200 bis 300 mm Brennweite reichen aus.

Wenn Sie Ihr Fotoobjektiv nicht abblenden, können Sie zwei Drähte in Kreuzform vor die Frontlinse spannen, dann bekommen die Sterne „Spikes“ in Form von vier Strahlen,

was sehr hübsch aussieht. Wird das Objektiv geringfügig abgeblendet, um seine Abbildungseigenschaften zu verbessern, sorgen bereits die Blendenlamellen durch Lichtbeugung für eine Strahlenbildung, dann sollten Sie die Drähte weglassen. Als Motive gut geeignet sind z. B. die Plejaden (M 45) und die Hyaden im Stier, im Haar der Berenike der Sternhaufen Melotte 111, der Doppelsternhaufen  $\eta$  und  $\chi$  im Perseus, M 44 (Praesepe) im Krebs, M 35 in den Zwillingen und M 11 im Sternbild Schild.

**Tipp** Mit der gleichen Technik lassen sich auch einige bekannte Asterismen ablichten, also Sternenmuster, die von solchen Sternen gebildet werden, die physikalisch nichts miteinander gemein haben und nur zufällig in einer Blickrichtung stehen. Das bekannteste Beispiel dürfte der „Kleiderbügel“ (Collinder 399) im Sternbild Füchsen sein.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Sternhaufen Praesepe (M 44) im Krebs	40D; Canon EF 1,8/200 mm L	800; 1,8; 9 × 120 Sek.



## Gasnebel

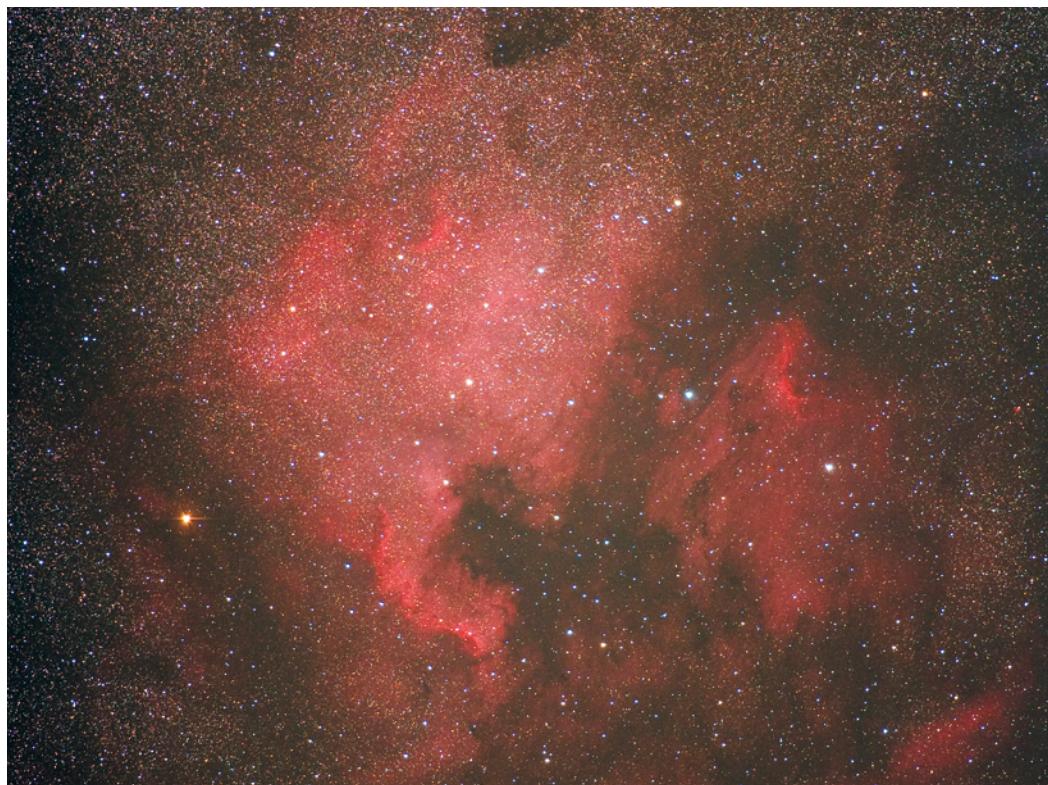
Werden interstellare Staub- und Gasmassen von Sternen angestrahlt bzw. zum eigenen Leuchten angeregt, geben sie farbenprächtige Fotomotive am Nachthimmel ab. Allerdings gilt bei diesen Objekten die gleiche Einschränkung, die auch für Galaxien (s. Seite 63) zutrifft: Nur die hellsten Objekte mit der größten scheinbaren Ausdehnung am Himmel liegen in der Reichweite von langbrennweitigen Fotoobjektiven.

Viele dieser „Paradeobjekte“ geben einen Großteil ihres Lichts bei einer Wellenlänge von 656 Nanometer ab, der „H-Alpha-Linie“ des angeregten Wasserstoffs. Das verleiht ihnen die typische Rotfärbung, die man von vielen Fotos her kennt. Damit eine digitale Spiegelreflexkamera dieses Licht auch aufzzeichnen kann, empfiehlt es sich, den Infra-

rot-Sperrfilter vor dem Sensor entfernen zu lassen; es steht also ein Umbau der Kamera an, wie er auf Seite 114 beschrieben wird („modifizierte DSLR“). Gut geeignete Gasnebelmotive sind: der Große Orion-Nebel M 42, der Rosettennebel NGC 2246 im Einhorn, der Nordamerikan Nebel NGC 7000 und der Zirrusnebel (NGC 6960 und weitere NGC-Nummern) im Schwan, der Lagunennebel M 8 im Schützen, der Adlernebel M 16 im Sternbild Schlange sowie im Perseus der Kaliforniennebel NGC 1499.

**Tipp** Mit einer DSLR im Serienzustand erlebt man bislang ein „blaues Wunder“. Die typisch roten Gasnebel erscheinen auf den Fotos nämlich eher blau. Der Grund dafür ist, dass der serienmäßige Infrarot-Sperrfilter vor dem Sensor der Kamera das rote Licht der Nebel praktisch vollständig blockiert. Die Folge davon ist eine massive Fehlfarbe.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Nordamerika- und Pelikannebel im Schwan	400D (modifiziert); Canon EF 1,8/200 mm L	400; 1,8; 14 × 300 Sek.



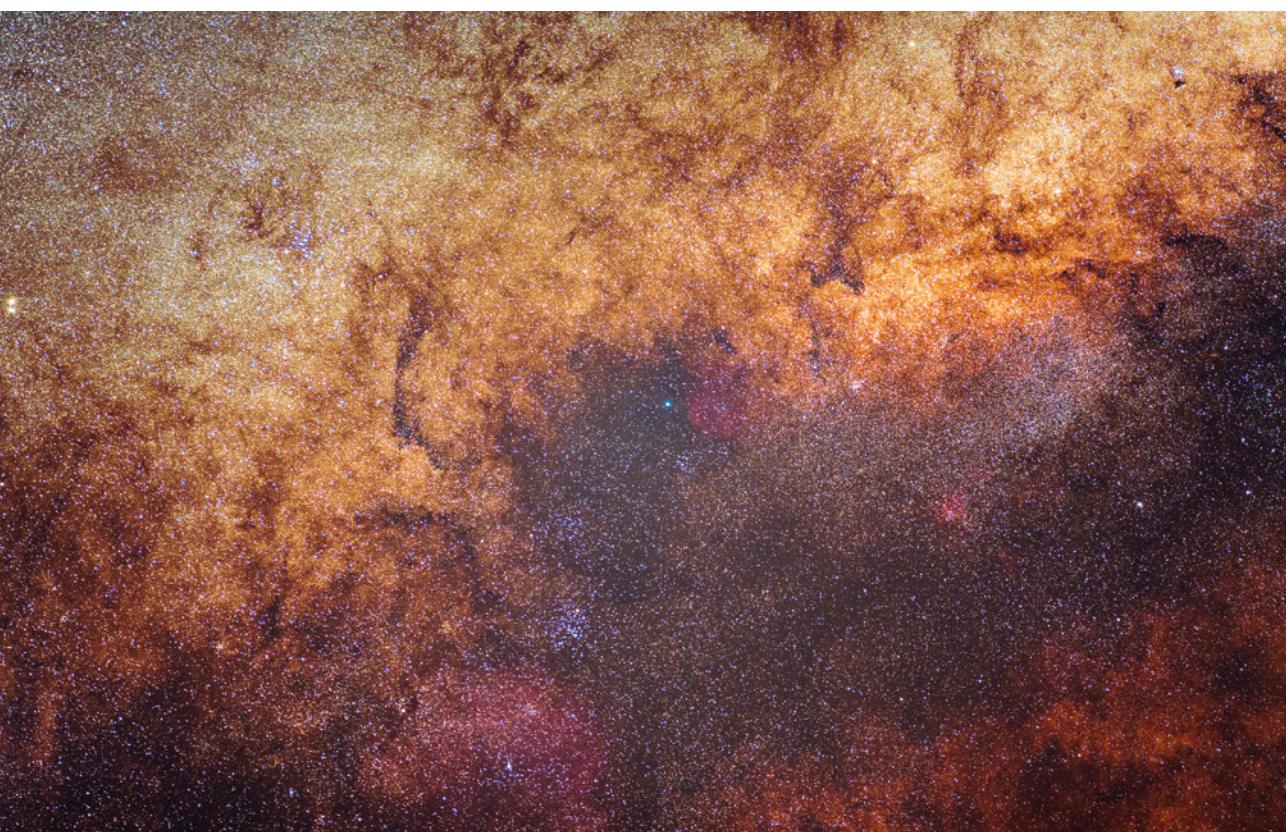
## Dunkelwolken

Haben Sie bereits Weitfeldaufnahmen der Milchstraße (s. Seiten 39 und 52) in Ihrem Bildarchiv, so können Sie diese gezielt nach auffälligen Dunkelwolken absuchen oder einen Blick in den „Barnard-Katalog der Dunkelwolken“ werfen. Bei diesen Wolken handelt es sich um interstellaren Staub, der das Licht der dahinterliegenden Sterne verschluckt oder schwächt. So entstehen die scheinbar sternarmen oder sternleeren Regionen innerhalb der Milchstraße, die bizarre Formen annehmen können und ein eigenes Foto mit längerer Brennweite wert sind. Das Schwierigste ist, mit dem Teleobjektiv den richtigen Ausschnitt zu treffen, denn die Dunkelwolken werden im Sucher nicht unbedingt sichtbar sein. Kurze Testbelichtun-

gen mit dem höchstmöglichen ISO-Wert können Klarheit verschaffen, bevor Sie sich dann an die eigentlichen Aufnahmen mit mittlerem ISO-Wert begeben. Machen Sie ruhig mehrere Aufnahmen, die Sie danach „stacken“, um das Rauschen zu vermindern (s. Seite 135). Mit einer kontrastreichen Bearbeitung durch Anpassen der Gradationskurve (s. Seite 139) können Sie die Dunkelwolken gut herausarbeiten.

**Tipp** Den größten Erfolg versprechen die Regionen um das helle Milchstraßenzentrum herum oder die Gebiete im Sternbild Schwan. Unter optimalen Bedingungen können Dunkelwolkenstrukturen schon mit dem bloßen Auge entdeckt werden. Was mit dem Auge nur als Andeutung zu sehen ist, bildet ein moderates Teleobjektiv mit 100 bis 300 Millimeter Brennweite in allen Details ab.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Dunkel- und Sternwolken im Sternbild Skorpion (Namibia)	5D Mark III modifiziert; Canon EF 1,8/200 mm L	1600; 1,8; 120 Sek.



## Galaxien

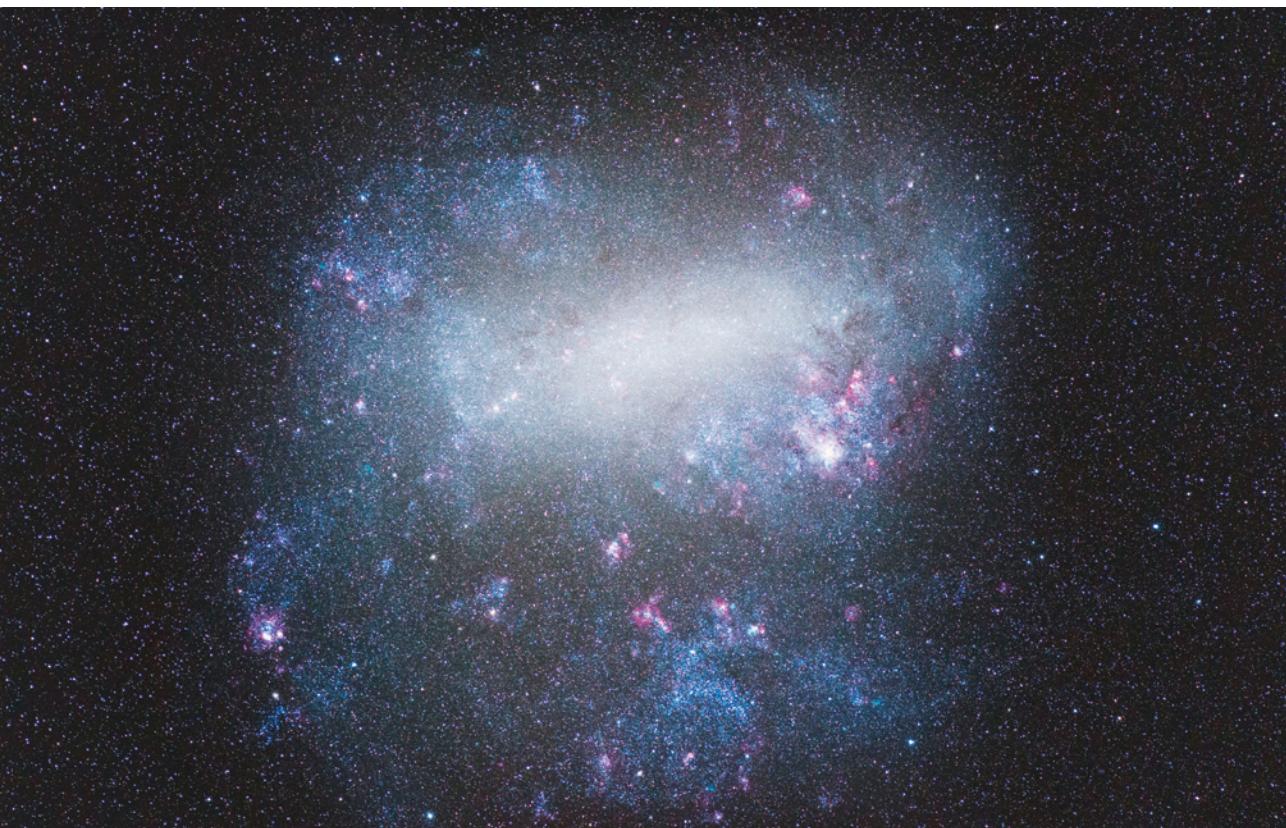
Wenn Sie ferne Milchstraßensysteme, von denen das nächste – der berühmte Andromeda-Nebel – schon zweieinhalb Millionen Lichtjahre entfernt ist, mit einem Fotoobjektiv ablichten möchten, hört sich das nach einem verwegenen Plan an. Mit Standardbrennweiten gelingt es tatsächlich nur, Galaxien als kleine Nebelfleckchen zwischen den Sternen auszumachen. Wenn Sie ein Teleobjektiv mit 200 Millimeter Brennweite oder mehr verwenden, können Sie zwar immer noch keine formatfüllende Abbildung erwarten, aber bei einigen „Vorzeigeobjekten“ werden Details wie Spiralarme und Staubwolken zu sehen sein. Doch selbst dann, wenn die kurze Brennweite eine Galaxie nur winzig klein in einem großen Umfeld aus

Sternen abbildet, sollten Sie eine Aufnahme wagen, denn auch solche Fotos können ihren Reiz haben.

Bietet sich Ihnen die Möglichkeit, die Südhalbkugel der Erde zu bereisen, nehmen Sie sich unbedingt die beiden Magellanschen Wolken vor, denn sie haben eine relativ große Winkelausdehnung am Himmel und lassen sich mit der beschriebenen Technik erfolgreich ablichten. Am Nordhimmel versuchen Sie es am besten mit Messier 31 (Andromeda-Galaxie), M 33 (Dreiecks-Galaxie), M 51 (Whirlpool-Galaxie) oder mit M 101 (Feuer-Rad-Galaxie).

**Tipp** Lohnenswert können auch Regionen am Himmel sein, in denen mehr als eine Galaxie auf einem Bild sichtbar wird, etwa das Galaxienpaar M 81 und M 82 im Großen Bären, M 65 und M 66 im Löwen oder der Galaxienhaufen mit M 84 und M 86 in der Jungfrau.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Große Magellansche Wolke (Namibia, Farm Kiripotib)	5D Mark III modifiziert; Canon EF 1,8/200 mm L	1600; 1,8; 120 Sek.





# **Das Fernrohr als Teleobjektiv**



**Fotografieren durch das Fernrohr**

**66**

**Motive für Kamera mit Fernrohr**

**74**

## Fotografieren durch das Fernrohr



Wenn Sie ein Fernrohr besitzen, können Sie es als Aufnahmeoptik verwenden und damit zahlreiche winzige Objekte des Nachthimmels abbilden, die bei Verwendung eines Fotoobjektivs nicht zur Geltung kommen. Eine parallaktische Montierung mit motorischer Nachführung gehört allerdings dazu.

Mit einem Fernrohr liegen demnach auch kleine Objekte in Ihrer Reichweite. Die Brennweite der meisten Teleskope beträgt zwischen 500 und 2500 Millimeter, also oberhalb dessen, was erschwingliche Teleobjektive zu bieten haben. Dafür müssen Sie auf eine Zoom-Funktion, den Autofokus und eine eingebaute Blende verzichten, erzielen aber kleine effektive Bildwinkel.

In diesem Kapitel werden viele der Motive besprochen, die Sie auf diese Weise fotografieren können und bei denen die erforderliche Belichtungszeit so kurz ist, dass eine Nachführkontrolle, das „Guiding“ (s. S. 93), nicht notwendig ist. Das soll aber nicht hei-

ßen, dass eine Nachführung überflüssig ist, ganz im Gegenteil: Bei langen Brennweiten würden Sterne schon nach wenigen Sekunden Belichtungszeit zu Strichen werden, wenn das Teleskop nicht motorisch der Himmelsdrehung folgt. Voraussetzung für die Motive in diesem Kapitel ist demnach eine Montierung, die das Fernrohr automatisch nachfährt und somit der scheinbaren Himmelsdrehung folgt. Idealerweise handelt es sich um eine parallaktische Montierung (s. Seite 43), die einigermaßen korrekt eingerichtet ist (s. Seite 48). Mit azimutalen Montierungen funktionieren immerhin kurz belichtete Fotos, wie sie zum Beispiel bei der Sonne

**Mit einem Fernrohr können Sie auch interessante Oberflächendetails des Mondes aufs Korn nehmen wie Krater, Ebenen, Gebirge, Rillen und Verwerfungen.**



## Die Kamera ans Fernrohr montieren



**1.** 2-Zoll-Canon-Adapter (links), Kamera



**2.** Adapter an die Kamera montiert



**3.** Die Kamera mit Adapter am Fernrohr (statt Okular)

und dem Mond üblich sind. Bei längeren Belichtungszeiten kann sich aber eine Bildfelddrehung um die optische Achse störend bemerkbar machen.

## Vorbereiten der ersten Aufnahme

Bevor es nun losgehen kann, muss die Kamera noch am Fernrohr befestigt und fokussiert werden.

**Befestigen der Kamera am Fernrohr** Um die DSLR an das Fernrohr anzuschließen, benötigen Sie fernrohrseitig einen Okularauszug, der 2-Zoll-Zubehör aufnimmt, einen sogenannten T-Ring und eine Anschlusshülse. Der T-Ring hat kameraseitig das zu Ihrer Kamera passende Bajonett und fernrohrseitig immer ein genormtes T2-Gewinde. Beim Kauf ist darauf zu achten, dass er das richtige Bajonett hat, also zum Beispiel ein Canon-EF-, Nikon-F- oder Sony-Alpha-Bajonett. Die T-Ringe enthalten keine Linsen und werden anstelle des Fotoobjektivs an die Kamera angeschlossen. In das T2-Gewinde wird die Anschlusshülse eingeschraubt, die ebenfalls keine Linsen enthält und einen Außendurchmesser von 2 Zoll hat. Diese Hülse findet ihrerseits im Okularauszug des Fernrohrs ihren Platz. Der freie Durchlass der T2-Ringe ist begrenzt, jedoch unkritisch bei Kameras mit

Sensoren im APS-C-Format. Bei solchen mit Vollformatsensor drohen aber Vignettierungen, so dass ein Adapter mit größerem Durchlass erworben werden sollte. Diese bestehen aus einem Stück, also nicht aus T2-Ring mit einschraubbarer Hülse.

Statt eines Okulars nimmt also die Kamera samt Anschlusshülse im Okularauszug des Fernrohrs Platz, so dass einzig die Fernrohr-optik aus Linsen und/oder Spiegeln an der Bildentstehung beteiligt ist. Die Kamera befindet sich dabei im Primärfokus, so dass die Fernrohrbrennweite den effektiven Bildwinkel bestimmt. Das Öffnungsverhältnis des Fernrohrs entspricht der Blende eines Fotoobjektivs und errechnet sich, indem Sie die Brennweite durch die Fernrohröffnung dividieren, wobei Sie beide Angaben in Millimetern einsetzen müssen. Zum Beispiel hat ein Fernrohr mit 200 mm Öffnung und 800 mm Brennweite ein Öffnungsverhältnis von 1:4, was der Fotoblende „4“ entspricht.

**Scharstellen** Ist die Kamera ans Teleskop montiert, muss überprüft werden, ob die Schärfe auf „unendlich“ einstellbar ist. Das können Sie am besten tagsüber erledigen, indem Sie ein weit entferntes, irdisches Objekt anvisieren. Verstellen Sie die Schärfe so lange am Okularauszug, bis Sie ein scharfes Bild im Sucher sehen.

Ist das bei keiner Stellung des Okularauszugs zu erreichen, benötigen Sie vielleicht eine Verlängerungshülse, was bei vielen Refraktoren der Fall ist. Um zu testen, wie lang diese sein muss, können Sie die Kamera lösen und händisch auf der optischen Achse so weit nach hinten bewegen, bis Sie ein scharfes Bild im Sucher sehen. Ein Zenitprisma oder -spiegel sollte allenfalls zu Testzwecken verwendet werden, um den Lichtweg zu verlängern. Reine Verlängerungshülsen sind die bessere Wahl, weil sie keine zusätzlichen, unnötigen optischen Elemente zum Strahlengang addieren.

Schwieriger wird es, wenn der umgekehrte Fall eintritt, d. h. wenn die Kamera zur Erreichung des Schärfepunktes einen kürzeren Okularauszug bräuchte. Bei Newton-Spiegelteleskopen kann das vorkommen, dann hilft nur der Austausch des Okularauszugs gegen einen mit geringerer Bauhöhe. Handelt es sich nur um wenige Millimeter, können Sie diese unter Umständen „herausschinden“, indem Sie den Hauptspiegel mit Hilfe der Justageschrauben etwas nach vorne versetzen. Nach einer solchen Maßnahme ist allerdings eine Kollimierung (Justage) des Instruments fällig.

## **Abbildungsfehler und Abhilfen**

Problematisch können bei der Fotografie im Primärfokus Abbildungsfehler werden, die im Folgenden stichwortartig angesprochen werden.

**Vignettierung** Dabei handelt es sich um einen Lichtabfall zum Bildrand hin, der sich in Richtung der Bildecken als Abdunkelung bemerkbar macht. In gewissen Grenzen ist Vignettierung für jede abbildende Optik völlig normal und kann durch ein Hellfeldbild (s. Seite 133) im Rahmen der Bildbearbeitung beseitigt werden. Dennoch unterscheiden sich Teleskope gerade in dieser Hinsicht, weil je nach Bauweise der Optik ein unterschied-

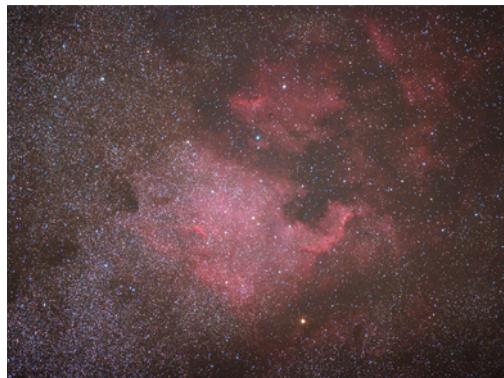
lich großer Bildkreis ausgeleuchtet wird. Reicht der Durchmesser des Bildkreises gerade eben so aus, um den Aufnahmesensor auszuleuchten, ist mit einem hohen Maß an Vignettierung zu rechnen. Mit steigender Größe des Sensors wächst auch das Vignettierungsrisiko an und im Extremfall treten völlig unbeleuchtete, schwarze Bildecken auf. Das sollte bedacht werden, wenn eine Kamera mit Vollformatsensor (s. S. 110) zum Einsatz kommen soll.

Bei Refraktoren tritt üblicherweise weniger Vignettierung auf als bei Schmidt-Cassegrain- oder Newton-Spiegelteleskopen. Letztere sind oft für visuelle Beobachtungen optimiert und haben einen zu kleinen Fangspiegel, um das ganze Gesichtsfeld einer Vollformat-DSLR auszufüllen. Gut geeignet sind hingegen fototaugliche Newton-Teleskope, bei denen der Fangspiegel von vornherein wesentlich größer ausgelegt ist.

**Abbildungsfehler am Bildrand** Bei allen Teleskopen verschlechtert sich die Abbildungsleistung abseits der optischen Achse. Störend tritt das in Erscheinung, wenn die Sterne zum Rand hin nicht mehr punktförmig sind. Das kann viele Gründe haben. Beispielsweise die Bildfeldkrümmung, bei der die Fläche der besten Schärfe des Teleskops nicht eben, sondern kugelförmig durchgebogen ist. Dann

**Vignettierung macht sich in Form dunkler Bildecken bemerkbar.**





Ist die Fläche der besten Schärfe gekrümmt, wird nur die Bildmitte scharf, nicht aber die Ecken (linkes Bild). Ein Flattener korrigiert dies und ermöglicht scharfe Fotos (rechtes Bild).

werden die Sterne zum Rand hin unscharf, wenn auf die Bildmitte fokussiert wird. Abhilfe schafft eine Bildfeldebnungslinse („Flattener“). Im besten Fall liefert der Fernrohrhersteller eine speziell für diesen Fernrohrtyp „gerechnete“ Bildfeldebnungslinse, andernfalls müssen auf dem Markt befindliche Flattener ausprobiert werden, ob sie zu Ihrem Teleskop passen und die gewünschte Schärfe in den peripheren Bildbereichen herstellen.

Praktisch alle Refraktoren leiden unter einer Bildfeldkrümmung, die manchmal so gering ist, dass sie nicht weiter stört. Größere Aufnahmesensoren in den Kameras stellen auch diesbezüglich höhere Anforderungen an die Teleskopoptik.

Ein anderer Grund für Unschärfen am Bildrand kann die sogenannte Koma sein, unter der besonders Newton-Spiegelteleskope zu leiden haben. Bekämpfen lässt sie sich durch Koma-Korrektoren, die ein Linsensystem enthalten und im Zubehörhandel erhältlich sind (vgl. Abb. S. 70).

**Farblängsfehler** Davon sind nur Linsen-, jedoch keine Spiegelteleskope betroffen. Ein Farblängsfehler, auch chromatische Aberration genannt, tritt dann auf, wenn das Objektiv die unterschiedlichen Farben des Spektrums nicht in einem einzigen Brennpunkt vereinigen kann. Bei klassischen Linsenfern-

rohren mit zweilinsigem Objektiv, auch als „Fraunhofer-Achromat“ bezeichnet, hat die Farbe Blau beispielsweise eine andere Brennpunktlage als die Farbe Rot. Selbst bei bestmöglicher Fokussierung tritt der Farblängsfehler dann in Form von auffälligen, blauen Lichthöfen um helle Sterne in Erscheinung. Das kann sehr störend sein, weshalb ein Fernrohrobjektiv mit besserer Farbkorrektur empfohlen werden muss.

Ideal sind die sogenannten „Apochromate“, die weitgehend frei von diesem Fehler sind und meist ein Objektiv aus drei Linsen besitzen. Dazwischen liegen „Halb-Apochromate“, die auch mit dem Zusatz „ED“ beworben werden. Sämtliche Bezeichnungen unterliegen keiner Industrienorm, so dass Hersteller bei der Benennung zum Teil durchaus zu einer etwas optimistischen Einschätzung tendieren. Abgesehen von einer nicht immer realistischen Möglichkeit, ein Gerät vor dem Kauf selbst zu testen, sind für fotografische Zwecke zumindest ED-, also Halb-Apochromate zu bevorzugen.

## Sinnvolles Zubehör

Möchten Sie die Brennweite des Fernrohrs bzw. das Öffnungsverhältnis dem ausgewählten Motiv anpassen, benötigen Sie entsprechende, im Handel erhältliche Linsensysteme,



Bei vielen Newton-Spiegelteleskopen haben die Sterne durch die Koma in den Außenbezirken ein „Schwänzchen“. Ein Koma-Korrektor bewirkt scharfe Sternabbildungen bis in die Ecken.

die zwischen Kamera und Okularauszug des Fernrohrs montiert werden.

**Barlow-Linse** Sie dient zur Verlängerung der effektiven Brennweite. Mit ihrer Hilfe kann die Brennweite um den Faktor  $1,5 \times$ ,  $2 \times$  oder mehr anwachsen, wobei das Gesichtsfeld immer kleiner wird. Das Öffnungsverhältnis ändert sich entsprechend: Bei einer Verlängerung von 1,5-fach um ca. eine „Blendenstufe“, bei zweifacher Verlängerung um zwei Blendenstufen. Eine 2-fach-Barlow-Linse macht aus einem Fernrohr mit 200 mm Öffnung und 800 mm Brennweite (f/4) ein Gerät mit 1600 mm Brennweite (f/8). Eventuell vorhandene Vignettierung wird durch den Einsatz einer Barlow-Linse abgeschwächt oder zum

Verschwinden gebracht; die notwendige Belichtungszeit verlängert sich entsprechend.

**Brennweitenreduzierer** Ein „Reducer“ bewirkt das Gegenteil der Barlow-Linse und verkürzt die effektive Brennweite des Teleskops um den Faktor 0,8 bis 0,33, je nach Typ. Das Gesichtsfeld wird größer, die Abbildungsgröße der Objekte schrumpft.

Eine Problematik der Reducer, die auch Shapley-Linsen genannt werden, besteht darin, dass auch der Bildkreis, den das Teleskop noch ausleuchtet, kleiner wird und Vignettierung auftreten kann. Das Öffnungsverhältnis ändert sich entsprechend der neuen Effektivbrennweite. An Newton-Spiegelteleskopen sind Shapley-Linsen nicht verwendbar.

Linsenteleskope neigen zu Farbfehlern (Blausaum um helle Sterne). Von Achromat (links) über Halb-APOCHROMAT (Mitte) bis APOCHROMAT (rechts) wird die Abbildung immer farbreiner.



## Und noch einmal: Die Bildschärfe

Ohne die weiter oben aufgelisteten Tücken bei der Fokalfotografie verharmlosen zu wollen, gibt es noch eine andere Schlüsselstelle, die über Wohl und Wehe der Aufnahmen entscheidet: die Einstellung der bestmöglichen Bildschärfe. Die von Fotoobjektiven gewohnte Autofokusfunktion steht nicht zur Verfügung, sobald die Kamera ans Teleskop angeschlossen ist. Die lange Brennweite der Teleskope verlangt generell nach einer möglichst präzisen Fokussierung, der Toleranzbereich ist extrem gering. Lichtstarke Teleskope mit einem großen Öffnungsverhältnis (z. B. 1:4,0) sind bei der Fokussierung viel kritischer als solche mit kleinem Öffnungsverhältnis (z. B. 1:10).

Das Prinzip der Spiegelreflexkamera verheißt hier eine einfache Lösung, nämlich die Schärfe im Sucher zu beurteilen, während man manuell fokussiert. In der Praxis zeigt sich aber, dass die modernen Einstellscheiben der DSLRs nicht für eine manuelle Fokussierung zu gebrauchen sind. Die Lösung für dieses Problem hört auf den Namen „Live-View“.

**Live-View** Alle heutigen DSLRs verfügen über eine „Live-View“-Funktion, bei der auf Knopfdruck der Spiegel der Kamera hochklappt, der Verschluss geöffnet wird und der Sensor ein Live-Bild aufzeichnet, das auf dem Display der Kamerarückseite dargestellt wird und dort quasi in Echtzeit hinsichtlich der Schärfe geprüft werden kann. Für eine genauere Betrachtung steht eine digitale Lupe zur Verfügung, mit der beliebige Bereiche des Bildes in bis zu zehnfacher Vergrößerung angezeigt werden können. Sei es ein hellerer Stern, die Sonne oder der Mond, bei hoher Vergrößerungsstufe ist der beste Schärfepunkt ebenso schnell wie treffsicher gefunden.

Gerade bei Sternen gehört ein wenig Übung dazu, einen Stern zu treffen. Am Anfang sollte ein möglichst heller Stern zunächst im



**Barlow-Linsen (oben) und Bildfeldlebnungslinsen („Flattener“, unten). Sie wirken oft gleichzeitig als Shapley-Linsen.**

optischen Sucher angepeilt werden. Dort wird er in der Bildmitte platziert, wobei das mittlere Autofokusfeld als Orientierungshilfe dienen kann. Dann wird er im optischen Sucher so scharf wie möglich eingestellt. Anschließend wird bei höherem ISO-Wert (>1000) und manuell auf eine volle Sekunde eingestellter Belichtungszeit die Live-View-Funktion aktiviert. Der Stern sollte dann auf dem Display in der Bildmitte zu erkennen sein. Falls nicht, wird die Lupenfunktion benutzt und die Bildmitte vergrößert dargestellt. Spätestens jetzt müsste der Stern auf dem Display auftauchen. Ist das immer noch nicht der Fall, sollte im Kameramenü nachgeschaut werden, ob die Kamera während des Live-Views eine „Belichtungssimulation“ durchführt. Ist diese Option ausgeschaltet, könnte das die Ursache sein.

Ist der Stern erst einmal auf dem Display sichtbar, wird die Vergrößerungsstufe auf den maximal möglichen Wert gestellt (10-fach-Lupe), um eine besonders exakte Scharfeinstellung zu ermöglichen. Wenn der Stern stark überbelichtet dargestellt wird, beeinträchtigt das die Fokussiergenauigkeit. Dann werden die Belichtungszeit und/oder der ISO-Wert reduziert.

Hat man erst einmal den Bogen raus, wie man einen Stern mit Live-View anvisiert, reicht ein Stern dritter Größenklasse für diese Art der Scharfeinstellung aus. Ist im

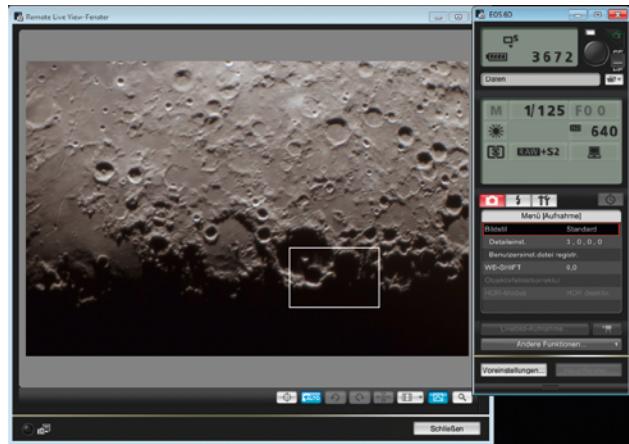


Die Live-View-Funktion ermöglicht die Anzeige eines stark vergrößerten Bildausschnitts.

direkten Umfeld des zu fotografierenden Objekts kein Stern dieser Helligkeit zu finden, schwenkt man sein Teleskop kurzerhand auf einen ausreichend hellen Stern, stellt scharf und schwenkt dann wieder zurück auf das Motiv.

**Live-View mit PC** Steht ein Computer oder Notebook zur Verfügung, kann das Live-Bild statt auf dem kleinen Kameradisplay auch auf dem Monitor des Rechners dargestellt werden. Und auch dort gibt es die Vergrößerungsfunktion. Das Scharfstellen wird damit beinahe zum Vergnügen. Sie schauen sich einfach den Bildschirm an, der in der höchsten Vergrößerungsstufe einen Teil des Bildes zeigt, und drehen am Fokusknopf des Okularauszugs. Während Sie den Fokus verstetzen, können Sie in Echtzeit das Ergebnis auf dem Bildschirm beobachten. Fahren Sie am besten ein paar Mal über den Schärfepunkt hinaus und wieder zurück, um ein sicheres Gefühl dafür zu bekommen, an welcher Stelle das Bild optimal scharf ist.

**Live-View mit Smartphone/Tablet** Einige Kameramodelle bieten sogar eine drahtlose Netzwerk-Funktion (WiFi) an, mit der nicht nur PCs und Notebooks verbunden werden



Das Bild per Live-View-Funktion auf dem Computerbildschirm vereinfacht das Scharfstellen.

können, sondern auch ein Smartphone oder ein Tablet, auf dem eine entsprechende App installiert ist. Dann kann Live-View auch auf dem Display solcher Geräte genutzt werden. Das hört sich verlockend an und ist auch faszinierend, jedoch werden aus Kapazitätsgründen die übertragenen Bilder stark komprimiert, was auf Kosten der Darstellungsqualität geht und die Fokussiergenauigkeit beeinträchtigen kann.

**Vibrationen** Sollten Sie trotz bester Fokussierung unscharfe Bilder erhalten, könnten Vibrationen die Ursache sein, die bei der Auslösung der Kamera entstehen. Nicht nur die Stabilität der Montierung spielt dabei eine Rolle, sondern auch alle anderen beteiligten Komponenten wie Stativ oder Säule, die mechanische Verbindung zwischen Montierung und Teleskop sowie die Stabilität des Okularauszugs. Ziehen Sie alle Klemmschrauben stramm an. Besonders kritisch sind lange Teleskopstangen, bei denen durch die Hebelwirkung die Gefahr der Verwacklung besonders hoch ist.

Manche Kameramodelle bieten auch einen „Silent-Modus“ an, bei dem der Spiegelschlag etwas langsamer und besser gedämpft abläuft. Das kann ebenso zur Reduktion beitra-



Scharfeinstellung am Stern Wega in der Leier: links mit Autofokus, Mitte durch den Spiegelreflexsucher, rechts mittels Live-View-Funktion, die das beste Ergebnis liefert.

gen wie das Auslösen aus der Live-View-Funktion heraus, weil bei manchen Kameras der für die Live-View-Funktion ohnehin geöffnete Verschluss nicht erst geschlossen und sofort wieder geöffnet wird, sondern die Belichtung direkt im Live-View-Modus erfolgt, also sozusagen ein „elektronischer Verschluss“ verwendet wird, der erschütterungsfrei arbeitet.

Wenn das alles keine Abhilfe schafft, können Sie es mit der Spiegelvorauslösung versuchen. Beim ersten Druck auf den Auslöser klappt dann zunächst nur der Spiegel innerhalb der Kamera nach oben, ohne dass die Belichtung gestartet wird. Erst eine erneute Betätigung des Auslösers, nachdem die Vibrationen des Spiegelschlags abgeklungen sind, öffnet den Kameraverschluss, und die Belichtung beginnt. Doch die Spiegelvorauslösung ist kein Allheilmittel, denn auch durch den Verschlussablauf entstehen nennenswerte Vibrationen. Wenn alle Stricke reißen, hilft wirklich nur noch eine verbesserte Stabilität

der eingesetzten Mechanik, wobei dann die Schwierigkeit darin besteht, den Schwachpunkt ausfindig zu machen. Denken Sie dabei auch an den Aufstellungsort: Balkone können schwingen und Bodenplatten, auf denen man während der Belichtung herumläuft, können kleinste Bewegungen ausführen, die die Bildschärfe ruinieren!

Um herauszufinden, ob die Stabilität der Kombination aus Stativ und Montierung verbessernswert ist, können Sie den folgenden Test durchführen:

Stellen Sie den Mond oder die Sonne ein und arbeiten Sie mit einer kurzen Belichtungszeit. Danach stellen Sie testweise ein Fotostativ unter die Kamera und ziehen dessen Säule so weit aus, bis das Stativ die Kamera von unten leicht berührt und somit unterstützt. Der Bildausschnitt ändert sich dadurch ein wenig, was aber keine Rolle spielt. Sind die Aufnahmen mit dieser Unterstützung schärfer als jene ohne, muss bei der Stabilität nachgebessert werden.

**Das Bild per Live-View auf ein Tablet zu übertragen klingt faszinierend, ist beim Scharfstellen aufgrund der Datenkompression bei der Bildübertragung aber nur bedingt hilfreich.**



## Motive für Kamera mit Fernrohr



Mit einem Fernrohr können Sie Details festhalten, die mit einem Fotoobjektiv nicht zu sehen sind. Dazu zählen z. B. der Mond mit seinen Kratern und Gebirgen, die Sonne mit Sonnenflecken, die hellen Planeten und Doppelsterne.

### Die Internationale Raumstation (ISS)

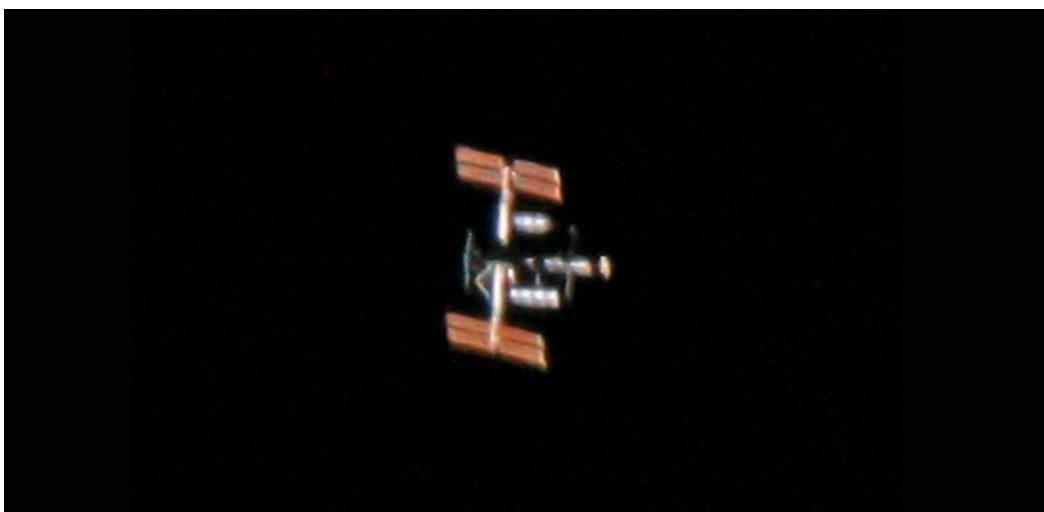
Vorbereitend ist festzustellen, wann für einen speziellen Beobachtungsort die ISS zu sehen sein wird. Das kann man auf der Webseite [www.heavens-above.com](http://www.heavens-above.com) erfahren, muss aber dort zunächst den Beobachtungsort möglichst genau angeben. Die ISS taucht im Westen auf, zieht als sternförmiges Objekt über den Himmel und geht etwa zehn Minuten später im Osten wieder unter.

Am besten lässt sich die ISS fotografieren, wenn sie sich nahe des Zenits aufhält, was nicht bei jedem Überflug der Fall ist. Die Station bewegt sich rasch und ist weit entfernt, gehen Sie daher so vor: Verwenden Sie eine Brennweite zwischen 2000 und 4000 mm. Richten Sie das Fernrohr auf einen hellen Stern und fokussieren Sie exakt. Wenn der

Stern genau in der Suchermitte steht, justieren Sie Ihr Sucherfernrohr, so dass der gleiche Stern in der Mitte des Fadenkreuzes steht. Stellen Sie an Ihrer Kamera ein: ISO 1000, manuelle Belichtung auf 1/500 Sekunde, Reihenbildmodus und das JPG- statt dem RAW-Format. Letzteres, damit die Kamera im Dauerbetrieb wegen der Datenmengen keine langen Pausen einlegen muss. Nun lösen Sie alle Klemmen der Montierung. Verwenden Sie einen Kabelauslöser und verfolgen Sie die ISS nach ihrem Auftauchen mit dem Sucher. Immer, wenn die Station im Zentrum des Fadenkreuzes steht, lösen Sie bei der Kamera „Dauerfeuer“ aus. Mit etwas Glück erwischen Sie so die Raumstation.

**Tipp** Beginnen Sie mit dem Auslösen, noch bevor die ISS den Zenit erreicht. Selektieren Sie später die Fotos, auf denen die Station getroffen und scharf abgebildet wurde.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Die Internationale Raumstation ISS	1Ds Mark II; Astro-Physics 10" Maksutow-Cassegrain	1000; 14,6; 1/500 Sek.



## Die Sonnenscheibe

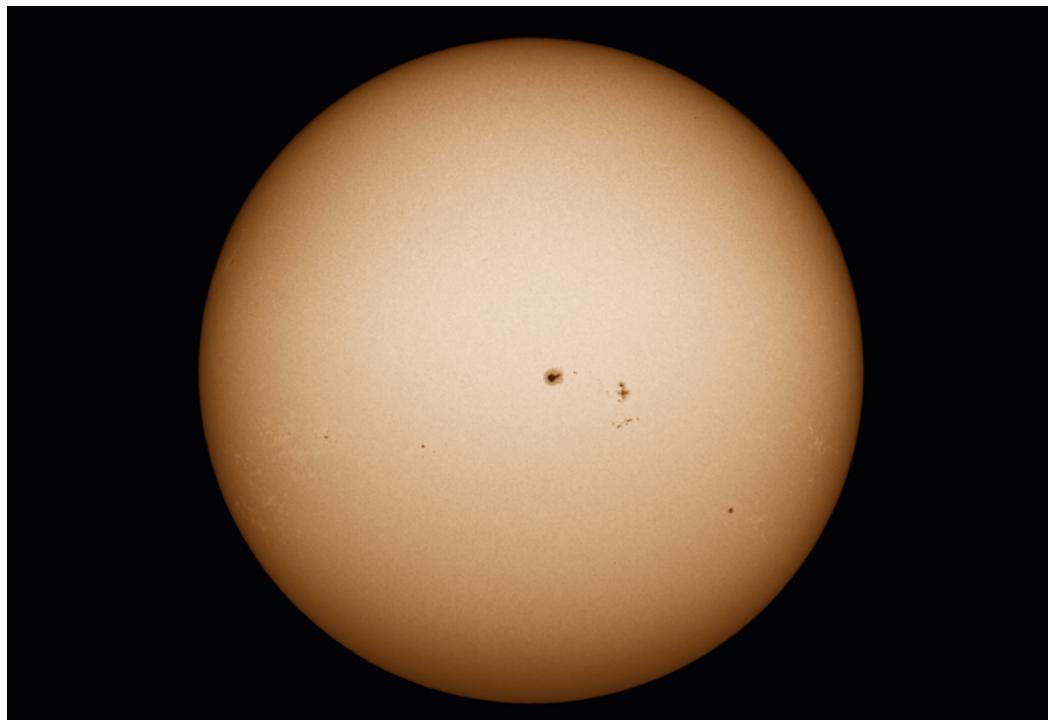
Sobald die Sonne mit einem Teleskop anvisiert wird, ist oberste Vorsicht geboten. **Bitte beachten Sie zuerst die Hinweise auf Seite 108!** Mit geeignetem Schutzfilter sind scharfe Aufnahmen der Sonne mit ihren Flecken kein großes Problem, denn Licht ist genug vorhanden, die Belichtungszeiten sind entsprechend kurz. Welche Brennweite nötig ist, um die Sonne möglichst groß, aber vollständig auf das Foto zu bekommen, können Sie den Werten für den Vollmond auf Seite 80 entnehmen, denn die Sonne hat am Himmel die gleiche Größe.

Zu erkennen sein wird auf jeden Fall die sogenannte „Randverdunklung“. Im abgedunkelten Randbereich der Sonne zeigen sich vielleicht sogar einzelne hellere Stellen, das sind „Fackeln“. Am auffälligsten jedoch werden die dunklen Sonnenflecken in Erscheinung treten. Stellen Sie möglichst genau scharf,

dann haben Sie die Chance, ab einer Teleskopöffnung von etwa 100 Millimeter auch noch die Granulation abzubilden. Um diese nicht mit dem Bildrauschen zu verwechseln, belassen Sie die ISO-Einstellung auf niedrigen Werten kleiner/gleich 400. Bei der Belichtung können Sie sogar der Zeitautomatik vertrauen und, falls notwendig, mit der manuellen Belichtungskorrektur eingreifen. Die korrekte Belichtung ist durch die Analyse des Histogramms nach der Aufnahme zu kontrollieren, am besten separat für alle drei Farbkäne. Einerseits sollte keines der Histogramme am rechten Rand „anschlagen“. Andererseits sollten die Histogramme nicht zu weit nach links verschoben sein, was auf eine Unterbelichtung hindeuten würde.

**Tipp** Wenn Sie immer die gleiche Optik verwenden, können Sie versuchen, die unterschiedliche scheinbare Größe der Sonne zu dokumentieren: Anfang Januar steht die Erde in Sonnnennähe, Anfang Juli in Sonnenferne.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Sonne mit Flecken (mit Herschelprisma zur Abschwächung des Sonnenlichts)	5D Mark II; AP Traveler 105 mm f/6 Apochrom. und Baader FFC	200; 18,0; 1/2000 Sek. (effektive Brennweite ca. 1900 mm)



## Sonnenflecken

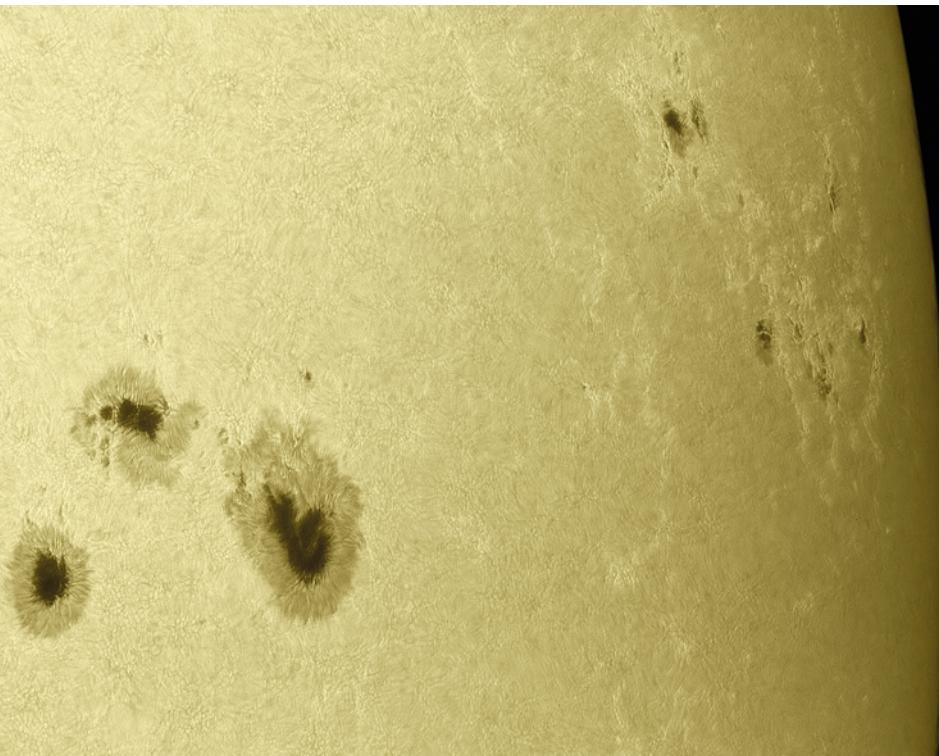
Größere Sonnenflecken zeigen bei hoher Vergrößerung die Differenzierung in einen dunklen Kernbereich (Umbra) und einen helleren Randbereich (Penumbra) sowie faserige Filamente innerhalb der Penumbra und gelegentlich Lichtbrücken (**Sicherheitsvorschriften beachten, s. S. 108!**).

Um das Auflösungsvermögen des Teleskops auszureißen, sollten Sie die effektive Brennweite durch eine Barlow-Linse so weit verlängern, bis ein Öffnungsverhältnis von etwa 1:30 erreicht ist. Danach besteht die Herausforderung darin, das gleißend helle Sonnenlicht nur soweit zu dämpfen, dass trotz des kleinen Öffnungsverhältnisses mit kurzen Belichtungszeiten und niedrigen ISO-Werten gearbeitet werden kann. Der niedrige ISO-Wert wird für rauscharme Resultate benötigt. Eine kurze Belichtungszeit ist dazu geeignet,

die Luftunruhe „einzufrieren“ und in einem Moment relativer Luftruhe ein besonders scharfes Bild zu erhalten. Anzustreben ist 1/1000 Sekunde oder noch kürzere Zeiten. Zu diesem Zweck kann statt der visuellen eine fotografische Filterfolie eingesetzt werden, die mehr Licht durchlässt. In Verbindung mit Refraktoren erfüllt den gleichen Zweck ein Herschelprisma, das 4 Prozent des einfallenden Lichts passieren lässt, wobei man mit Graufiltern unterschiedlicher Stärke auf das gewünschte Maß reduzieren kann. Aus einer Aufnahmeserie von 50 bis 100 Bildern suchen Sie später das schärfste Bild heraus.

**Tipp** Hilfreich ist es, wenn man mit den lokalen Seeing-Verhältnissen am Aufnahmeort vertraut ist. Dann ist bekannt, zu welchen Uhrzeiten am Tag die Aussicht auf scharfe Aufnahmen besonders hoch ist. Gute Aussichten bestehen etwa zwei Stunden vor der Höchststellung der Sonne am Mittag.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Sonnenrand mit Fleckengruppe (mit Herschelprisma)	5D Mark III; 10-Zoll-Refraktor bei 14 000 mm Brennweite	100; 55,0; 1/6000 Sek.



## Die Sonne im H-Alpha-Licht

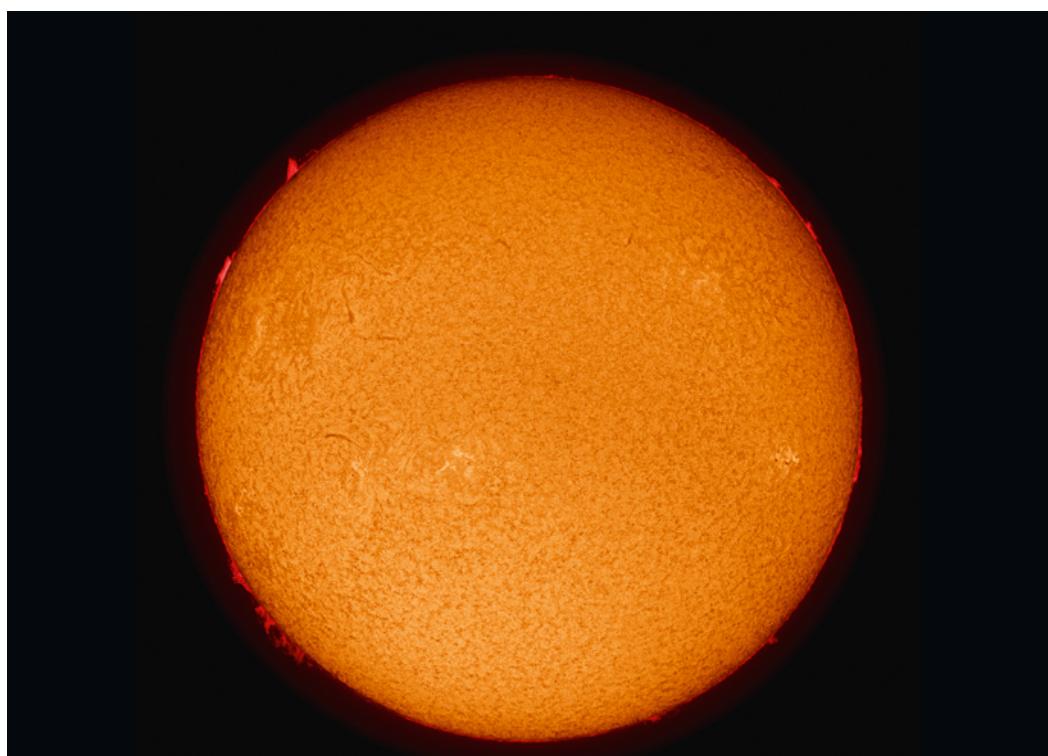
Mit einem „H-Alpha-Filter“ oder einem speziellen H-Alpha-Teleskop ist es möglich, die Chromosphäre der Sonne zu beobachten, die über der hellen Photosphäre angesiedelt ist (**S. 108 beachten!**). Diese recht kostspieligen Geräte lassen nur einen sehr schmalen Lichtbereich passieren, das Licht des angeregten Wasserstoffs. Zu sehen ist ein monochromes, rotes Bild der Sonne. Am Sonnenrand werden Protuberanzen sichtbar, riesige Flammenzungen, die ihr Aussehen innerhalb weniger Minuten verändern können. Auf der Sonnenscheibe gibt es Filamente, das sind Protuberanzen in Aufsicht, und neben einer flockigen Grundstruktur („Flocculi“) manchmal auch helle Bereiche, Ausbrüche („Flares“), die sich teilweise rasant entwickeln.

Bei der Fotografie kommt es neben einer perfekten Scharfeinstellung auf die richtige

Belichtung an, denn der Belichtungsmesser liefert keine zuverlässigen Ergebnisse. Stellen Sie die Belichtung daher auf manuell und die richtige Belichtungszeit per Hand ein. Sie erkennen sie daran, dass im Histogramm der Rotkanal keine Überbelichtung signalisiert (vgl. S. 128). Da die Protuberanzen am Sonnenrand viel lichtschwächer sind als die Sonnenscheibe, empfiehlt sich eine zusätzliche Belichtungsreihe mit absichtlicher Überbelichtung.

**Tipp** Eine DSLR tut sich mit monochromatischem Licht schwer. Interessanterweise sind Dateien im JPG-Format aus der Kamera eine gute Basis für die notwendige Bildverarbeitung. Besonders dann, wenn die Kamera auf „Schwarzweiß“ eingestellt wird (Bildstil/Bildoptimierung). Ausnahmsweise wird die Kamera daher so konfiguriert, dass sie nur JPG-Dateien in hoher Auflösung und geringer Kompression aufzeichnet.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Chromosphäre der Sonne (durch ein H-Alpha-Filter)	60Da; Astro-Physics Traveler 105 mm f/6 Apochromat und 2-fach-Barlow-Linse	800; 12,0; 1/250 Sek. (effektive Brennweite ca. 1220 mm)



## Sonnenfinsternisse

Für die teilweise verfinsterte Sonne gelten die gleichen Fototipps wie für die unverfinsterte Sonne (s. Seite 75), inklusive der **Sicherheitshinweise auf Seite 108**. Wenn eine totale Verfinsternis eintritt und die Korona erscheint, wird es fotografisch besonders interessant. Dann, und nur dann (!) müssen alle Sonnenschutzfilter entfernt werden. Leider dauert die Totalitätsphase maximal nur wenige Minuten lang, so dass alle Handgriffe sitzen müssen.

Die Aufnahmebrennweite ist so zu bemessen, dass möglichst die gesamte Korona auf das Bild passt. Gut geeignet sind kleine Refraktoren mit etwa 500 bis 800 mm Brennweite. Variieren Sie die Belichtung während der kurzen Totalitätsdauer in weiten Grenzen, um sowohl die hellen Innenbereiche als auch die lichtschwachen Ausläufer und Strahlen festzuhalten: Kürzere Belichtungen zeigen nur die Protuberanzen am Sonnenrand, längere

erfassen die leuchtschwachen Außenbereiche, während das helle Zentrum überbelichtet wird. Es lohnt daher eine ganze Belichtungsreihe, angefangen bei einer Sekunde, dann  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{15}$ ,  $\frac{1}{30} \dots \frac{1}{1000}$  Sekunde bei moderater ISO-Zahl. Die Einzelaufnahmen des Belichtungsfächers werden durch anschließende Bildbearbeitung so miteinander kombiniert, dass keine Teile des Bildes mehr über- oder unterbelichtet wiedergegeben werden. Diese Bildbearbeitungstechnik ist unter der Bezeichnung „HDR“ oder „HDRI“ (High Dynamic Range Image) geläufig.

**Tipp** Kurz vor und kurz nach der Totalität treten besonders spannende Momente auf, wenn zum Beispiel das „Perlschnurphänomen“ oder der „Diamantring“ zu sehen ist. Verpassen Sie nicht, diese Erscheinungen fotografisch einzufangen. Lohnenswert kann auch eine sehr lange Belichtungszeit sein, um während der totalen Finsternisphase Einzelheiten auf der Oberfläche des Neumondes einzufangen.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Total Sonnenfinsternis (aus 9 Aufnahmen mit versch. Belichtungszeiten)	5D; TMB-Apochromat, 80 mm Öffnung	400; 4,8; 1/3–1/350 Sek.



## Auf- und Untergänge von Sonne und Mond

Die lange Brennweite eines Teleskops ermöglicht imposante Aufnahmen, wenn sich die Sonne oder der Mond nahe dem Horizont befinden, vor allem, wenn noch irdische Objekte wie Bäume oder Gebäude mit im Bildfeld sind. Gute Planung ist dabei die halbe Miete, denn das gewünschte Vordergrundmotiv muss mit dem Auf- bzw. Untergangspunkt der Sonne oder des Mondes auf genau einer Linie liegen. Gleichzeitig muss das Vordergrundmotiv sehr weit entfernt sein, damit es mit der langen Brennweite nicht zu groß erscheint. Eine gute Software, um Aufnahmen dieser Art zu planen, ist die Freeware „The Photographer's Ephemeris“ (s. Anhang). Rechnen Sie mit Überraschungen. Je nach Beobachtungsstandort und Zustand der Atmosphäre kann es vorkommen, dass Sonne oder Mond nicht nur oval erscheinen, sondern vollständig deformiert werden. Kreuzt ein

Flugzeug oder gar ein Heißluftballon die Sonnen- bzw. Mondscheibe, ist eine schnelle Reaktion gefragt. Außerdem besteht die Chance, einen „Grünen Blitz“ am oberen Rand oder einen „Roten Blitz“ am unteren Rand zu erleben, eine atmosphärisch bedingte Erscheinung, die nur den Bruchteil einer Sekunde andauert. Stellen Sie die Kamera auf Serienbildfunktion, um mehrere Bilder pro Sekunde aufzunehmen. Und beachten Sie bitte die **Sicherheitshinweise auf Seite 108**.

Wenn keine Zeit bleibt, um die Belichtung perfekt einzustellen, vertrauen Sie ruhig der Zeittautomatik, bei der die Kamera die Belichtungszeit selbst steuert. Mit der manuellen Belichtungskorrektur können Sie die Automatik zu helleren (Korrektur in Richtung „plus“) bzw. dunkleren (Korrektur in Richtung „minus“) zwingen.

**Tipp** Bedingt durch die Luftunruhe („Seeing“) können Sie in Horizontnähe keine gestochen scharfen Bilder von Mondkratern oder Sonnenflecken erwarten.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Sonnenuntergang über dem Pazifik (Chile, Las-Campanas- Observatorium)	5D; Canon EF 2,8/70-200 mm mit 1,4-fach-Telekonverter	100; 5,6; 1/125 Sek. (Brennweite ca. 280 mm, Ausschnitt)



## Der Mond und seine Phasen

Mit der Technik der Fokalfotografie können Sie sehr detaillierte Aufnahmen des Mondes in seinen unterschiedlichen Phasen erstellen, auf denen Krater, Ebenen, Gebirge und Täler zu sehen sind. Um möglichst viele Einzelheiten zu erfassen, sollte der Mond formatfüllend aufgenommen werden. Bei einer Spiegelreflexkamera mit einer Sensorgröße von rund  $15 \times 22$  Millimeter (1,6-fach „Crop“) sind für den Vollmond etwa 1400 mm und für den Halbmond bis zu 2200 mm Brennweite optimal. Für eine Kamera mit Vollformatsensor ( $24 \times 36$  mm) benötigen Sie hingegen bis zu 3500 mm Brennweite für den Halbmond bzw. 2300 mm für den Vollmond. Je nach Brennweite Ihres Teleskops wird die Verwendung einer zusätzlichen Barlow-Linse nötig sein, um diese Optimalwerte annähernd zu erreichen.

Fokussieren Sie so exakt wie möglich und kontrollieren Sie nach der Aufnahme das Histogramm. Der „Datenberg“ des Histogramms sollte so weit rechts wie möglich stehen, ohne jedoch am rechten Rand anzuschlagen (s. auch S. 148). Fertigen Sie am besten zahlreiche Aufnahmen an, denn die Bildschärfe kann aufgrund der Luftunruhe („Seeing“) schwanken, und suchen Sie später die schärfste Einzelaufnahme heraus. In manchen Nächten hilft auch das nicht, so dass Sie es einfach in einer anderen Nacht noch einmal versuchen sollten.

**Tipp** Um dem Seeing ein Schnippchen zu schlagen, sind kurze Belichtungszeiten anzustreben. Gleichzeitig möchte man aber allzu hohe ISO-Werte meiden, um sich kein ausgeprägtes Bildrauschen einzufangen. Der Fotograf sitzt folglich in einer Zwickmühle und muss den je nach Situation bestmöglichen Kompromiss finden.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Zunehmender Halbmond (Erstes Viertel)	6D; Astro-Physics 10" Maksutow-Cassegrain	640; 14,6; 1/60 Sek.



## Details der Mondoberfläche

Obwohl gelungene Aufnahmen der ganzen Mondscheibe (s. Seite 80) bereits zahlreiche Oberflächendetails zeigen, ist der Gedanke verlockend, einige davon in hoher Vergrößerung abzubilden. Dabei müssen Sie in Kauf nehmen, dass nur noch ein Ausschnitt des Mondes auf das Foto passt.

Zu realisieren ist die hohe Vergrößerung in der Praxis, indem die Fernrohrbrennweite weiter verlängert wird, entweder durch Okularprojektion, eine Barlow-Linse mit hohem Vergrößerungsfaktor oder dem „Fluorit Flat-field Converter“ der Firma Baader-Planarium (s. Anhang), mit dem hohe und variable Brennweitenverlängerungen besonders gut realisierbar sind. Eine Brennweitenverlängerung ist sinnvoll bis zu einem minimalen Öffnungsverhältnis von etwa 1:30. Für 200 mm Öffnung entspricht das einer Effektiv-

brennweite von 6000 mm. Darüber hinaus begrenzt das Auflösungsvermögen der Optik die Wiedergabe weiterer Details. Je höher Sie vergrößern, desto dunkler wird das Bild, was zu längeren Belichtungszeiten führt. Um Unschärfen durch die Luftunruhe zu entgehen, müssen Sie den ISO-Wert auf bis zu 3200 steigern. Besser sind freilich niedrigere Werte, die aber nur in Nächten mit sehr ruhiger Luft erfolgversprechend sind.

**Tipp** Obwohl sich die Mondphasen bei jedem Umlauf wiederholen, gibt es immer wieder relativ selten eintretende Chancen. Manche ergeben sich durch den unterschiedlichen Stand des Mondes im Jahreslauf. Andere durch den Verlauf des Terminators, der sich innerhalb von Stunden ändert, sodass zum Beispiel der „Goldene Henkel“ nicht bei jedem Umlauf optimal zu sehen ist. Wieder andere Gelegenheiten ergeben sich bei randnahen Formationen durch die Libration.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Mare Serenitatis, Montes Apenninus, Montes Caucasus, u.a.	6D; Astro-Physics 10" Maksutow-Cassegrain plus Barlow-Linse	250; 29,0; 1/20 Sek. (effektive Brennweite ca. 7400 mm)



## Mondfinsternisse

Während der partiellen Phase einer Mondfinsternis gelten im Prinzip die gleichen Bedingungen wie bei Aufnahmen des Mondes in seinen unterschiedlichen Phasen (s. Seite 80). Um den verfinsterten Teil des Mondes aufzunehmen, besonders während der Totalität, müssen Sie jedoch wesentlich länger belichten.

Wie dunkel der total verfinsterte Mond ist, hängt u.a. von den Bedingungen der Erdatmosphäre ab und lässt sich nicht vorhersagen. Rechnen Sie aber mit Belichtungszeiten im Bereich mehrerer Sekunden, je nach Öffnungsverhältnis und eingestelltem ISO-Wert sogar mit bis zu 10 oder 20 Sekunden! Die Nachführung der Montierung sollte dabei mit Mondgeschwindigkeit laufen, sofern sie einstellbar ist, um die maximale Schärfe zu

erreichen. Überprüfen Sie unbedingt das Histogramm (s. Seite 148), um zu kontrollieren, wie es um die Belichtung bestellt ist und schauen Sie sich die einzelnen Farbkanäle separat an. Ist der Rotkanal übersteuert, reduzieren Sie die Belichtungszeit. Riskieren Sie auch einmal ein lang belichtetes Foto vor oder nach der Totalität, wenn nur Teile des Mondes im Kernschatten liegen. Die hellen Bereiche werden dann zwar überbelichtet, aber die Rotfärbung im Bereich des Kernschattens können Sie sichtbar machen.

**Tipp** Fotografisch sollten Sie selbst eine Halbschattenfinsternis nicht auslassen, auch wenn diese in manchen astronomischen Kalendern als kaum wahrnehmbar bezeichnet werden. Visuell sind Halbschattenfinsternisse tatsächlich wenig spektakulär und sehr unauffällig, mit der Kamera jedoch gut nachweisbar.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Totaler Mondfinsternis während der Totalität	400D; AP-Traveller 105 mm f/6 Apochromat plus 2-fach-Barlow-Linse	400; 12,0; 8 Sek. (Nachführung mit Mondgeschwindigkeit)



## Stern- und Planetenbedeckungen durch den Mond

Hin und wieder bedeckt der Mond einen helleren Stern oder sogar einen Planeten. Ein Stern verschwindet schlagartig und taucht ebenso plötzlich wieder auf, so dass dieser Vorgang nur durch zwei Fotos darstellbar ist, eines mit und ein anderes ohne die Bedeckung. Planeten hingegen erscheinen als kleine Scheibchen, daher dauert es einige Sekunden, bis der Mondrand sie überdeckt und wieder freigibt. Dann lohnen mehrere Fotos, die den gesamten Vorgang zeigen. Oder Sie verwenden dafür die Videofunktion Ihrer DSLR.

Wenn Sie die Serienbildfunktion Ihrer Kamera einsetzen, ändern Sie das Dateiformat ausnahmsweise von RAW auf JPG, damit die Kamera nicht just im Moment der Bedeckung

pausieren muss, um große Datenmengen auf die Speicherkarte zu schreiben.

Ansonsten gehen Sie im Prinzip so vor, wie wenn Sie Detailaufnahmen des Mondes machen (s. Seite 81). Sollte die Luftunruhe scharfe Bilder vereiteln, reduzieren Sie besser die effektive Brennweite, auch wenn dadurch der Planet kleiner abgebildet wird.

Schwieriger ist es, das Ende einer Bedeckung zu erwischen, dazu muss nämlich exakt bekannt sein, wann und wo der Stern oder Planet wieder auftaucht. Ein astronomisches Jahrbuch wie das *Kosmos Himmeljahr* enthält Informationen über Stern- und Planetenbedeckungen. Dadurch, dass der Mond der Erde relativ nahe ist, hängt der genaue Verlauf der Bedeckung vom Beobachtungsort ab.

**Tipp** Bedeckungen von Planeten durch den Mond können auch am Taghimmel gut beobachtet und fotografiert werden.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Marsbedeckung durch den Mond (Austritt, Tageslichtaufnahme)	450D; 90-cm-Cassegrain	400; 10,0; 1/125 Sek.



## Venus

Eine DSLR ist nicht sonderlich gut für die Planetenfotografie geeignet. Das Abbild des Planeten ist gemessen an der gesamten Bildfläche winzig klein und das riesige schwarze Umfeld verursacht unnötige Datenmengen. Hier spielen Videokameras mit kleinen Sensoren ihre Stärken aus, die viele Bilder pro Sekunde über einen langen Zeitraum aufnehmen können. Eine Software selektiert aus dem Video später die scharfen Einzelbilder und überlagert sie. Doch dies muss Sie nicht daran hindern, es einmal mit der DSLR zu versuchen. Besonders in Nächten, in denen die Luft sehr ruhig ist, kann schon ein einziges, scharfes Einzelbild eines Planeten durch ein Teleskop mit langer Brennweite ein sehenswertes Resultat ergeben.

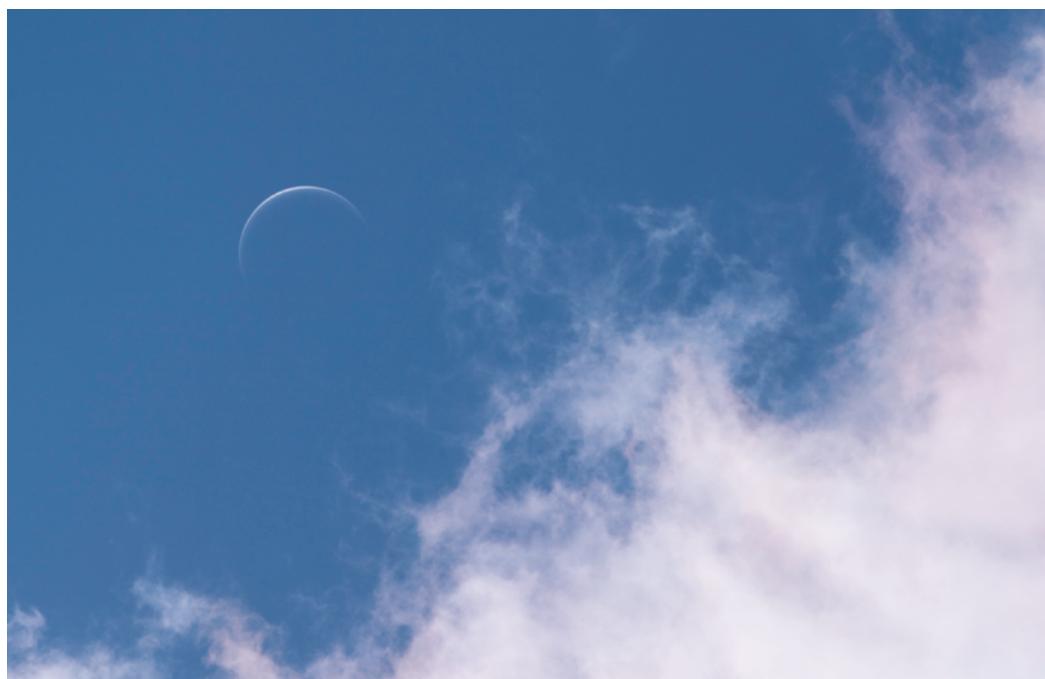
Wichtig ist nur, dass Sie eine Unterbelichtung vermeiden und mit einem niedrigen ISO-Wert arbeiten, um das Bildrauschen gering zu halten. Die Belichtung lässt sich

kaum auf dem Kameradisplay kontrollieren, dazu ist der Flächenanteil des Planeten, gemessen am Gesamtbild, zu gering. Am besten ist die zeitnahe Kontrolle der entstandenen Fotos auf einem Notebook.

Sichtbar bei der Venus sind nur die unterschiedlichen Phasen. Sie hat, nahe ihrer unteren Konjunktion, etwa eine Bogenminute scheinbaren Durchmesser. Dann ist sie als schmale Sichel am Taghimmel in der Nähe der Sonne ein tolles Motiv. **Stellen Sie aber sicher, dass Sie das Teleskop nicht versehentlich auf die Sonne schwenken!**

**Tipp** Bei Venus lohnt es sich generell, Aufnahmen am Tag zu machen, statt auf die Dunkelheit zu warten, wenn der Planet in horizontnahe Dunstschichten eingetaucht ist. Wer eine Montierung mit GoTo-Funktion besitzt, wird keine Probleme haben, sie aufzufinden. Ohne GoTo hat sich eine Berechnung der Differenzen in Rektaszension und Deklination zur Sonne bewährt, die an den Teilkreisen der Montierung eingestellt werden.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Venus am Tag ihrer unteren Konjunktion (Durchgang zwischen Beobachter und Sonne)	1Ds Mark II; Astro-Physics 155 mm, mit Barlow-Linse bei f/19	100; 19,0; 9 × 1/1500 Sek.



## Mars

Mars stellt höhere Anforderungen an Astrofotografen als die Venus, weil zum einen sein scheinbarer Durchmesser relativ klein ist und zum anderen die Darstellung von Oberflächendetails auf dem Foto wünschenswert ist. Nur in besonders günstigen Sichtbarkeitsperioden beträgt der scheinbare Marsdurchmesser wenigstens 20 Bogensekunden. Das ist erst während der Marsoppositionen in den Jahren 2018 und 2020 wieder der Fall. Besonders hervorzuheben ist die Marsopposition am 27. Juli 2018, dann erreicht seine Scheibe mit 24" einen fast maximalen Wert. Doch selbst zu diesem Zeitpunkt entspricht die scheinbare Größe des Marsscheibchens nur der Größe einer 1-Euro-Münze in einer Entfernung von etwa 200 Metern!

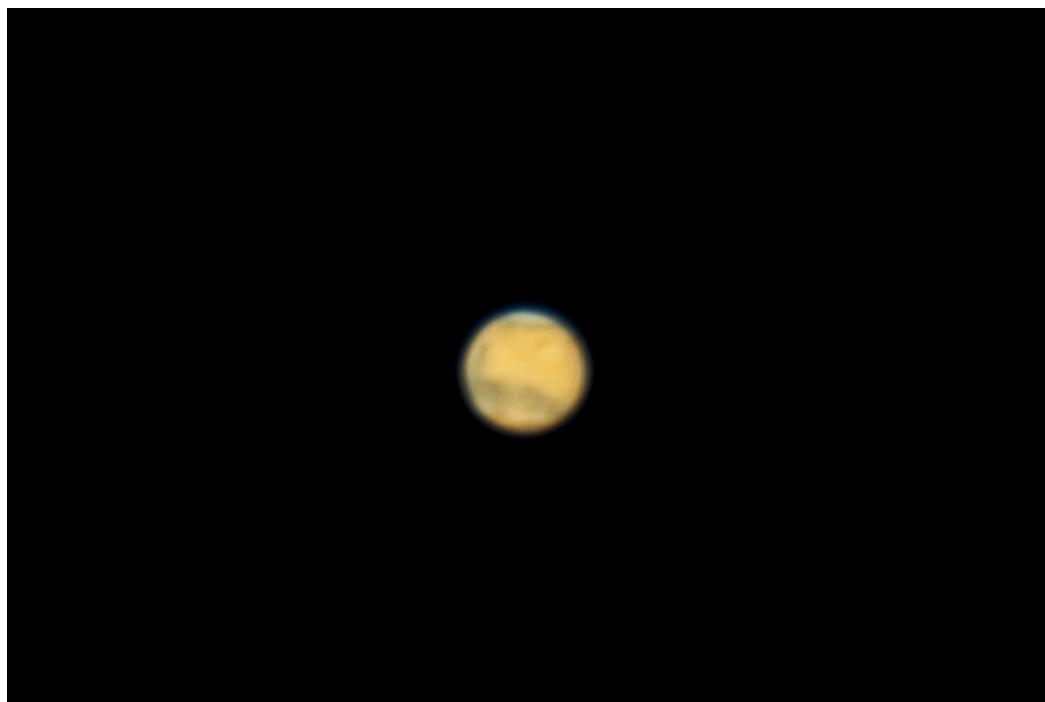
Um ein derart kleines Objekt zu fotografieren, benötigt man die längste Brennweite, die möglich und sinnvoll ist. Multiplizieren Sie die Öffnung Ihres Teleskops in Millimeter

mit 30, dann erhalten Sie die maximal sinnvolle Brennweite. Ob diese verwendbar ist, hängt von der Luftruhe und der optischen Güte des Teleskops ab.

Wenn alles funktioniert, können Sie auf den Bildern eine helle Polkappe und einige dunkle Gebiete erkennen. Mars hat fast die gleiche Rotationsdauer wie die Erde. Wenn Sie also an nachfolgenden Abenden zur stets gleichen Zeit fotografieren, werden Sie immer die gleichen Strukturen erwischen. Verschieben Sie besser die Beobachtungszeit, um auch andere Regionen abzulichten.

**Tipp** Reizvoll ist der Versuch, auch die Marsmonde Phobos und Deimos aufzunehmen. Dazu müssen Sie eine längere Belichtungszeit einstellen, auch wenn das Marsscheibchen dann stark überbelichtet wird. Um zu verhindern, dass die Monde im überbelichteten Bereich des Planeten verschwinden, muss abgewartet werden, bis der Winkelabstand der Monde vom Planeten groß ist. Eine Planetariumssoftware gibt darüber Auskunft.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Mars	1Ds Mark II; Astro-Physics 10" Maksutow-Cassegrain plus Barlow-Linse	400; 30,0; 14 × 1/60 Sek.



## Jupiter und Saturn

**Jupiter** kann bis zu 50" scheinbaren Durchmesser erreichen und ist hell genug, so dass Sie mit langen Effektivbrennweiten Ihr Glück versuchen können. Die besten Erfolgssichten haben Sie in Nächten mit ruhiger Luft. Dann ist es möglich, die Wolkenbänderung, die Abplattung des Planeten und vielleicht sogar Jupiters „Großen Roten Fleck“ zu fotografieren. Mehrere scharfe Aufnahmen können Sie in Photoshop übereinanderlegen, um das Bildrauschen zu vermindern. Lassen Sie sich aber mit den Einzelaufnahmen nicht mehr als fünf Minuten Zeit, sonst macht Ihnen die schnelle Rotation von Jupiter einen Strich durch die Rechnung. Reizvoll ist es auch, mit weniger Brennweite den „Tanz“ der vier großen Jupitermonde um den Planeten herum von Nacht zu Nacht zu verfolgen.

**Tipp** Die Oppositionsstellung von Jupiter ist für Fotos am günstigsten, dann steht der Planet der Erde am nächsten, erreicht die maximale scheinbare Größe und Helligkeit. Wünschenswert ist dabei eine nördliche Stellung im Tierkreis, damit der Planet gegen Mitter-

nacht möglichst hoch am Himmel steht. Die besonders guten Jahre enden vorerst 2018, wenn Jupiter von der nördlichen auf die südliche Hemisphäre des Himmels wechselt.

**Saturn** ist im Vergleich zu den anderen besprochenen Planeten ziemlich lichtschwach, so dass Sie relativ lang belichten müssen, um ihn mit seinem prächtigen Ringsystem aufs Foto zu bekommen. Mitteln Sie wiederum einige Aufnahmen, um das Bildrauschen zu bekämpfen. Das Summenbild lässt sich dann in Photoshop mit dem Befehl „Filter/Scharfzeichnungsfilter/Unscharf maskieren ...“ nachschärfen. Mit längeren Belichtungszeiten bis zu 10 Sekunden lässt sich eine ganze Anzahl hellerer Saturnmonde ablichten.

**Tipp** Saturn verbringt die nächsten Jahre leider in den südlichen Gefilden des Tierkreises. Erst im Jahr 2026 wechselt er auf die Nordhalbkugel, sodass wir derzeit mit geringen Höhen des Planeten über dem Horizont Vorlieb nehmen müssen. Glücklicherweise ist der Blickwinkel auf die Ringe zum Erscheinungszeitpunkt dieses Buches sehr gut. Ein Zustand, der noch einige Jahre anhält.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Jupiter und zwei seiner Monde (Io und Europa)	5D Mark II; 90-cm-Cassegrain	800; 18,0; 30 × 1/45 Sek.



Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Saturn mit Monden (Dione, Tethys, Mimas)	5D Mark II; Astro-Physics 10" Maksutow-Cassegrain plus Barlow-Linse	400; 29,0; 40 × 2,8 Sek.



## Doppelsterne

Viele Sterne, die dem bloßen Auge als einzelner Stern erscheinen, entpuppen sich beim Blick durch ein Teleskop als Doppel- oder Mehrfachstern. Je enger der Abstand der Komponenten ist, desto größer muss die Öffnung des Teleskops sein, um sie getrennt zu erkennen. Wenn Sie die Zahl 130 durch die Öffnung Ihres Teleskops in Millimeter teilen, erhalten Sie den engsten Abstand in Bogensekunden, den zwei gleich helle Sterne haben dürfen, damit Sie ihn als Doppelstern durchs Teleskop gerade noch wahrnehmen. Welche Sterne Doppelsterne sind und welchen Abstand bzw. Helligkeiten die Komponenten haben, können Sie zum Beispiel dem Buch *Atlas für Himmelsbeobachter* entnehmen.

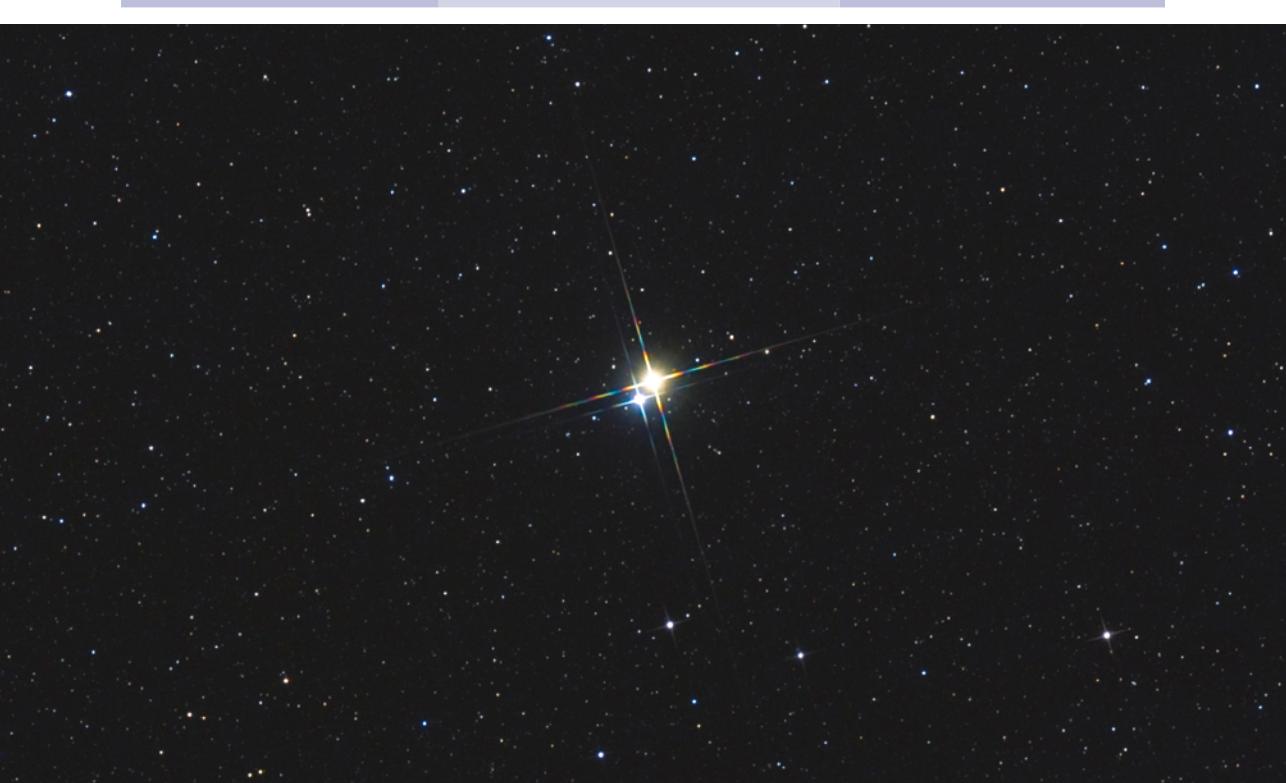
Die Fotografie von Doppelsternen ist nicht schwierig. Bei engen Doppelsternen muss eventuell die Brennweite durch den Einsatz

einer Barlow-Linse verlängert werden. Achten Sie darauf, nicht zu lange zu belichten, damit die Sterne nicht überbelichtet werden, denn dadurch geht ihre Eigenfarbe verloren. Bei engen Doppelsternen liegt der Schlüssel für ein gelungenes Foto in der Wahl des bestmöglichen Fokuspunkts und einer Nacht mit ruhiger Luft.

Vom ästhetischen Gesichtspunkt her ist es begrüßenswert, wenn die abgebildeten hellen Sterne „Strahlen“ haben, sogenannte „Spikes“. Diese verstärken den Farbeindruck der einzelnen Sterne. Bei Spiegelteleskopen entstehen die Spikes automatisch durch die eventuell vorhandenen Streben einer Fangspiegelhalterung.

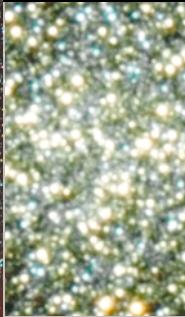
**Tipp** Besonders eindrucksvoll sind Doppelsterne, deren Komponenten einen Farbkontrast zeigen. Paradeobjekte sind die Sterne Albireo im Schwan ( $\beta$  Cygni) und Almak im Sternbild Andromeda ( $\gamma$  Andromedae).

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Doppelstern Albireo im Sternbild Schwan	450D; Zeiss-APQ-Refraktor 150	800; 8,0; 11 × 60 Sek.





# Lange Belichtungen durch das Fernrohr



Fotografieren mit Nachführkontrolle 90

Motive für lange Belichtungen  
durchs Teleskop 96

## Fotografieren mit Nachführkontrolle



Die höchsten Weihen der Astrofotografie sind Aufnahmen mit langen Belichtungszeiten durch ein Teleskop. Damit liegen kosmische Objekte wie Sternhaufen, Gasnebel und Galaxien und in Ihrer Reichweite: Der Tisch an Motiven ist über Jahre und Jahrzehnte gedeckt.

Damit Sie lichtschwache Objekte mit geringer scheinbarer Größe abbilden können, sind die technischen Voraussetzungen weitgehend geschaffen, wenn Sie das Kapitel *Das Fernrohr als Teleobjektiv* bereits hinter sich haben, denn die Spiegelreflexkamera wird auch hier im Primärfokus des Teleskops betrieben. Ebenso finden Brennweitenreduzierer und Barlow-Linsen Verwendung, wenn die effektive Brennweite und damit der Bildausschnitt der Größe des Motivs angepasst werden muss. Auch alle im vorherigen Kapitel getroffenen Aussagen bezüglich der Fokussierung und der möglichst stabilen Ausführung aller

beteiligten Komponenten treffen hier zu, Letzteres sogar in verstärktem Maße. Immerhin geht es jetzt darum, das Gespann aus Teleskop und Kamera nicht nur einige Sekunden, sondern viele Minuten lang so exakt der Himmelsdrehung nachzuführen, dass die Sterne punktförmig bleiben und ein scharfes Bild entsteht. Die neue Anforderung lautet deshalb, der motorischen Nachführung nicht blindlings zu vertrauen, sondern den Lauf während der Belichtung zu überwachen, um gegebenenfalls korrigierend einzutreten. Dieser Prozess wird als Nachführkontrolle oder auch „Guiding“ bezeichnet.

**Mit langen Belichtungszeiten werden bei vielen Deep-Sky-Objekten Farben und Strukturen erkennbar, die dem Beobachter verborgen bleiben, wie beim großen Orion-Nebel.**



Es gibt verschiedene Wege, eine Nachführkontrolle durchzuführen, die ab Seite 93 ausführlich besprochen werden.

## Wichtige Kriterien für Langzeitbelichtungen

Bevor es so weit ist, sollten Sie zunächst die Voraussetzungen dafür schaffen, das nicht ganz unproblematische Guiding so erfolgreich wie möglich zu gestalten.

**Stabilität** Alle Komponenten wie Stativ oder Säule, Montierung, Befestigung des Fernrohrs auf der Montierung, Befestigung der Kamera am Okularauszug und Klemmung des Okularauszugs sollten so stabil wie möglich sein. Bevorzugt ist ein windstiller Ort für den Aufbau der Ausrüstung auszuwählen, denn bereits eine Windböe kann Erschütterungen verursachen, die ein Bild ruinieren. Jede Nachführkontrolle ist dagegen machtlos. Ein häufiger Schwachpunkt ist eine Montierung mit zu geringer Tragkraft. Viele Teleskope werden nämlich im Set zusammen mit einer Montierung angeboten, die zwar den Anforderungen für visuelle Beobachtungen gewachsen sein mag, für astrofotografische Zwecke aber unterdimensioniert ist. Eine solide Montierung für langzeitbelichtete Fokalaufnahmen hat ihren Preis und wird auch einige Kilogramm auf die Waage bringen. Aber sie ist die Eintrittskarte für gelungene Aufnahmen von Deep-Sky-Objekten.

**Präzision** Eine „schwere“ Montierung alleine ist noch kein Garant dafür, dass sie stabil ist und die Nachführung mit ausreichender Präzision erfolgt. Nur die richtige Wahl der verwendeten Materialien, Lager und Antriebselemente ergeben eine fototaugliche Montierung. Völlig normal, und durch die Nachführkontrolle leicht zu korrigieren, ist der periodische Schneckenfehler, der ein temporäres Voraus-eilen und Nachhinken des Antriebs nach sich zieht, im Mittel aber die Sollposition ergibt.

### TIPP: Verbesserung der Stabilität

► Wenn Sie der Meinung sind, dass Ihre Montierung nicht ausreichend stabil ist, können Sie entweder den Kauf einer größeren Montierung oder eines kleineren, leichteren Fernrohrs mit kürzerer Brennweite ins Auge fassen. Wenn zum Beispiel Ihr aktuelles Fernrohr eine Brennweite von 1500 mm hat, kommt ein ED- oder apochromatisch korrigierter Refraktor mit 500 bis 800 mm Brennweite in Frage.

Wichtig ist nur, dass diese Pendelbewegungen langsam stattfinden, nur dann haben Sie mit einer Nachführkontrolle die Chance auf ein scharfes Foto. Zeigt der Lauf der Montierung hingegen sprunghafte Abweichungen, deutet das auf eine weniger präzise Ausführung oder Verschmutzung des Antriebs hin. Mit einem solchen Manko ist der Grundstein für Misserfolg und Frustration gelegt, es sei denn, das Antriebsverhalten lässt sich durch eine Reinigung oder eine Justage des Schneckenspiels, also des Anpressdrucks der Antriebsschnecke gegen den Zahnkranz, verbessern (vgl. auch Kasten *Gleichmäßigkeit des Antriebs*). Diese Justage erfordert technisches Verständnis, das passende Werkzeug und etwas Erfahrung.

Mit der Aufnahmebrennweite, dem Gewicht und der Länge des Teleskopbus' steigen die Anforderungen an die Tragkraft und die Präzision der Montierung. Für Brennweiten länger als 1500 Millimeter haben sich Montierungen der Hersteller Astro-Physics, 10Micron, Losmandy (G11) und Vixen (SXD2, SXP, AXD) bewährt, wenn es eine transportable Montierung sein muss. Als Ausstattung für eine stationäre Sternwarte kommen zusätzlich Produkte von Software Bisque (Paramount ME) sowie von ASA-Astrosysteme in Frage. Für kleinere Fernrohre mit kürzerer Brennweite darf es auch eine Nummer kleiner sein, zum Beispiel eine Montierung wie

die Vixen GPD2, Celestron CGEM DX oder Losmandy G8, um nur drei Beispiele zu nennen. Am unteren Ende fototauglicher Montierungen als Unterbau für Teleskope würde ich sehen: Vixen GP, Skywatcher EQ-6 und HEQ-5 und Celestron Advanced VX. Diese Aufzählung ist ausdrücklich subjektiv und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

**Balance** Nur wenn das Teleskop samt Kamera auf der Montierung ausbalanciert ist, können beste Resultate bei der Nachführung erwartet werden. Das Ausbalancieren muss für beide Achsen separat vorgenommen werden. Befestigen Sie zunächst die Kamera am Teleskop und stellen Sie die Schärfe grob ein. Um die Stundenachse ins Gleichgewicht zu bringen, richten Sie das Teleskop auf den Horizont in Richtung Süden. Bei einer Montierung „deutscher Bauart“ muss nun das Gegengewicht auf seiner Achse so lange verschoben werden, bis ein Gleichgewicht herrscht, d. h. bis die Montierung auch bei gelöster Klemme der Stundenachse in ihrer Stellung bleibt. Bei der Deklinationsachse ist dieser Zustand ebenfalls anzustreben, indem Sie das Teleskop auf seiner Halterungsschiene oder innerhalb der Rohrschellen entlang der optischen Achse nach vorne oder nach hinten schieben. Achten Sie darauf, die Halteschrauben nicht zu weit zu lösen, damit das Teleskop nicht herunterfallen kann! Der Idealzustand ist erreicht, wenn Sie das Fernrohr

auf jeden Punkt des Himmels richten können und es beim Loslassen stehen bleibt, auch wenn die Klemmschrauben der Achsen nicht angezogen sind. Die Motoren haben dann während der Nachführung nur minimale Arbeit zu leisten.

**Tau** In Nächten mit hoher Luftfeuchtigkeit kann es passieren, dass das Objektiv oder der Spiegel beschlägt. Oft wird dieser Zustand sehr spät bemerkt, manchmal erst bei der Bildbearbeitung, wenn alle hellen Sterne einen Hof zeigen. Wischen Sie den Tau nicht vom Objektiv ab, sondern lassen Sie die Optik trocknen, wobei Sie mit einem Fön nachhelfen können. Aber Vorsicht: Richten Sie den heißen Luftaustritt nie direkt auf eine Linse oder einen Spiegel, sondern blasen Sie immer vorsichtig und in respektvollem Abstand vorbei, auch wenn die Trocknung dann etwas länger dauert.

Mit einer „Taukappe“ wird nur der Zeitpunkt des Beschlagens etwas hinausgezögert, durch ein leichtes Beheizen der Taukappe kann er jedoch nachhaltig verhindert werden. Tukappenheizungen, die mit 12 Volt arbeiten, gibt es von den Herstellern Kendrick, Dew-Not bzw. Astrozap. Die Alternative ist ein Selbstbau, wobei darauf zu achten ist, nicht zu viel Heizleistung zu generieren, sondern gerade so viel, dass die Temperatur im Inneren der Taukappe leicht über dem Taupunkt liegt.

**Verschiedene astronomische Montierungen, v.l.n.r.: Celestron AS-GT mit GoTo-Steuerung (ca. 700 €), Vixen GP D2 (ca. 800 €), Astro-Physics 1200 GTO (ca. 13 000 €, stationär).**





Durch Verschieben der Gegengewichte wird die Balance der Stundenachse hergestellt (links). Verschieben des Fernrohtubus stellt ein Gleichgewicht der Deklinationsachse her (rechts).

**Fokusdrift** Durch den Temperaturabfall in einer Nacht kann es vorkommen, dass sich der Fokuspunkt minimal verschiebt. Ob und in welchem Ausmaß das passiert, hängt vom Temperaturgefälle und von der Bauweise Ihres Teleskops ab. Kontrollieren Sie daher bei längeren Aufnahmeserien regelmäßig, ob der beste Fokus noch eingestellt ist (vgl. Seite 71).

**Einnorden** Wie präzise das Nachführen während einer Langzeitbelichtung gelingt, ist unter anderem stark abhängig davon, wie genau die Stundenachse der Montierung auf den Himmelspol ausgerichtet ist. In der Nähe des Himmelsnordpols steht der Polarstern, der einen guten Anhaltspunkt abgibt. Allerdings steht er nicht exakt auf dem Himmelspol, sondern derzeit rund anderthalb Vollmond-durchmesser von diesem entfernt.

Für eine exakte Aufstellung der Montierung, die als „Einnordung“ bezeichnet wird, reicht



eine Ausrichtung auf den Polarstern nicht aus, und es bedarf einer größeren Sorgfalt. Je länger belichtet werden soll, desto exakter muss die Einnordung der Montierung erfolgen, um eine Drehung des Bildfeldes zu vermeiden. Der Prozess des Einnordens ist ab Seite 115 beschrieben.

## Die Nachführkontrolle (Guiding)

Mechanische Unzulänglichkeiten und/oder Fertigungstoleranzen sorgen bei praktisch jeder Montierung für Abweichungen von der bestmöglichen Nachführung, und seien sie auch noch so klein.

**Wann guiden?** Während es bei einer gut eingenordeten, präzise laufenden Montierung,

**Durch eine Heizmanschette unterbleibt die Taubildung auf der Frontlinse.**

### TIPP: Gleichmäßigkeit des Antriebs

- Eine winzige „Unwucht“ bei der Stundenachse kann hilfreich sein, um sicherzustellen, dass die Antriebsschnecke immer „satt“ am Zahnkranz anliegt. Daher ist eine kleine Verschiebung des Gegengewichtes aus seiner Gleichgewichtsposition heraus in eine beliebige Richtung durchaus ratsam.



kurzen Brennweiten und relativ kurzen Belichtungszeiten ausreichend sein kann, den Nachführmotor während der Belichtung einfach laufen zu lassen, muss in anderen Fällen davon ausgegangen werden, dass eine Kontrolle und gegebenenfalls Korrekturen der Nachführung stattfinden müssen. Spätestens bei Brennweiten ab 500 Millimeter und Belichtungszeiten im Bereich mehrerer Minuten ist dieser Punkt erreicht. Dann werden die Sterne ohne Nachführkontrolle leicht strichförmig und das Guiding zur Pflicht.

**Verzicht auf Guiding** Manche fototauglichen Montierungen verfügen über einen so exakten Lauf, dass selbst bei längeren Brennweiten während der für die DSLR typischen Be-

**Manuelles Guiding bedeutet, im Fadenkreuzokular die Nachführung zu kontrollieren und ggf. mit der Handsteuerbox zu korrigieren.**



lichtungszeiten eine Nachführkontrolle nicht notwendig ist. Das bedeutet einen enormen Gewinn an Komfort, wenn die Mühen des Guidings entfallen können. Sehr innovativ und wirksam sind Systeme, die den periodischen Fehler gespeichert haben und automatisch ausgleichen. Noch besser solche, die durch hochgenaue Encoder die Position der Stundenachse ständig vermessen und Gangabweichungen automatisch kompensieren. Montierungen von ASA-Astrosysteme sind beispielsweise mit hochgenauen Encodern für diesen Zweck ausgestattet und erreichen Nachführgenauigkeiten von maximal  $\pm 0,4''$  ohne Guiding. Dass sich eine solche Technik beim Kaufpreis bemerkbar macht, erwähne ich nur der Vollständigkeit halber.

**Manuell guiden** Im einfachsten Fall können Sie die Nachführkontrolle selbst übernehmen und notwendige Korrekturen manuell vornehmen. Weil das Fernrohr durch die geschlossene DSLR „belegt“ ist, muss ein zweites Teleskop, ein sogenanntes Leitrohr, verwendet werden. Dieses wird parallel zum Hauptfernrohr installiert und sollte möglichst stabil mit diesem verbunden sein. Wenn es in Leitrohrschenellen montiert ist, kann es durch Handschrauben gegenüber dem Hauptfernrohr innerhalb gewisser Grenzen bewegt werden, was die Suche nach einem Leitstern vereinfacht.

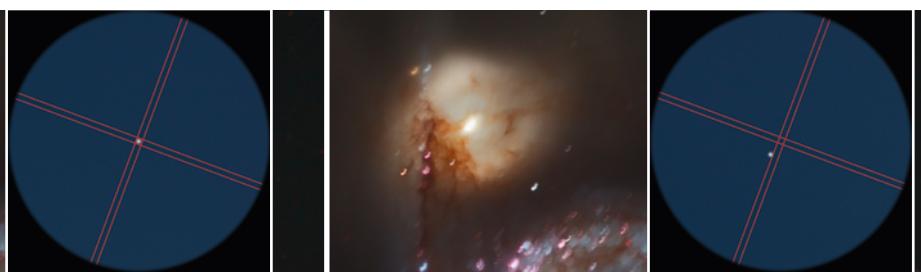
Bei visueller Nachführkontrolle sollte die Brennweite des Leitrohrs zumindest die des Hauptrohrs erreichen, wobei die Verwendung einer Barlow-Linse helfen kann. Wie die manuelle Nachführkontrolle funktioniert, lesen Sie im Kasten *So funktioniert das manuelle Guiding* rechts.

Trainieren Sie das Guiding unbedingt vor Beginn einer Belichtung! Mit etwas Erfahrung werden Sie ein Gefühl dafür bekommen, wie oft bei Ihrer Montierung überhaupt Korrekturen notwendig sind. Ab Seite 119 werden Methoden des automatischen Guidings beschrieben.

### So funktioniert das manuelle Guiding

1. Das Fernrohr samt Kamera auf das aufzunehmende Motiv ausrichten.
2. Im Leitfernrohr nach einem ausreichend hellen Stern suchen. Notfalls muss das Leitrohr in seinen Leitrohrschenellen oder gar die gesamte Montierung etwas bewegt werden, bis ein heller Stern gefunden ist.
3. In den Okularauszug des Leitfernrohrs ein Okular mit Fadenkreuz einsetzen, am besten eines, bei dem sich das Fadenkreuz zur besseren Sichtbarkeit beleuchten lässt.
4. Den hellen Stern in die Mitte des Fadenkreuzes bewegen (Handsteuerbox der Montierung).
5. Das Okular so lange um seine Achse drehen, bis die Bewegungsrichtungen des Sterns beim Antrieb der beiden Montierungsachsen exakt entlang des Fadenkreuzes verlaufen.
6. An der Handsteuerbox der Montierung eine langsame Korrekturgeschwindigkeit einstellen (empfehlenswert ist die einfache Sternengeschwindigkeit).
7. Den Stern noch einmal sorgfältig in die Mitte des Fadenkreuzes bewegen und danach die Belichtung starten.
8. Während der Belichtung den Stern beobachten. Falls dieser von der Mitte des Fadenkreuzes abdriftet, mit den Tasten der Handsteuerbox entgegenwirken und den Stern wieder zentrieren. Dabei muss jegliche Erschütterung vermieden werden, am besten sogar der direkte Kontakt der Augen mit dem Okular.

Zur manuellen Nachführkontrolle empfiehlt sich ein Okular mit beleuchtetem Doppelfadenkreuz. Bleibt der Leitstern während der Belichtung in der Mitte, entsteht ein scharfes Bild (links). Wandert er hingegen aus der Fadenkreuzmitte heraus, drohen Bilder mit unscharfen Sternen (rechts).



## Motive für lange Belichtungen durchs Teleskop



Mit langen Belichtungen durch ein Teleskop offenbart sich die ganze Schönheit des Universums. Nun können Sie auf die Jagd gehen nach glitzernden Sternhaufen, leuchtenden Gasnebeln oder erhabenen Spiralgalaxien.

### Kometen

Über Kometen wurde bereits auf Seite 57 berichtet. Sie treten in den unterschiedlichsten Erscheinungsformen auf. Um einen viele Grad langen Kometenschweif als Gesamteinindruck abzulichten, ist eher ein Fotoobjektiv geeignet. Kometen durch ein Fernrohr zu fotografieren ist nur sinnvoll, wenn es sich um ein kleines Objekt handelt oder man Details des Kometenkopfes bzw. -schweifs erfassen möchte. Viele Kometen zeigen eine weitgehend strukturlose Koma und erscheinen auf Fotos durch ein Teleskop nur als nebliger Fleck. Andere überraschen mit spannenden Einzelheiten, etwa aus dem Kometenkern austretenden Gasfontänen, die sich durch die Eigenrotation spiraling winden. Wenn man das Glück hat, solche Momente zu erwischen, sollte man „am Ball bleiben“, um die innerhalb von Stunden oder Minuten stattfindenden Veränderungen nicht zu versäumen.

Auch im Schweif zeigt sich mitunter eine ungeheure Dynamik. Mehrere Aufnahmen, zu einem Zeitraffervideo verarbeitet, können deutlich machen, wie Materie im Schweif davondriftet oder der Schweif Unterbrechungen, sogenannte Abrisse, erleidet.

Kometen weisen eine Eigenbewegung relativ zu den Sternen auf. Wenn diese Eigenbewegung schnell und die verwendete Brennweite lang ist, muss die Entscheidung fallen, ob man auf die Sterne oder den Kometen nachfährt. Manche Montierungen können automatisch auf Kometen nachführen. Besteht diese Möglichkeit nicht, bleibt die Nachführung auf die Sterne, wobei die Belichtungszeit mit hohem ISO-Wert so kurz sein sollte, dass der Komet scharf abgebildet wird. Etliche dieser Aufnahmen legen Sie bei der Bildbearbeitung so übereinander, dass der Kopf des Kometen jeweils zur Deckung kommt; der Komet wird auf dem Summenbild scharf, die Sterne strichförmig abgebildet.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Komet 17/P Holmes	5D; 90-cm-Cassegrain mit Shapley-Linse	400; 6,7; 6 × 15 Sek.



## Offene Sternhaufen I

Offene Sternhaufen sind schon auf Seite 60 angesprochen worden. Mit langen Teleskopbrennweiten können nicht nur die allseits bekannten Paradeobjekte eindrucksvoll in Szene gesetzt werden, sondern auch eine ganze Reihe kleinerer und lichtschwächerer Haufen. Auch hier bleibt der Hinweis gültig, dass Sie immer darauf achten sollten, genügend Umfeld zu zeigen, damit die Sternkonzentration des Haufens erkennbar bleibt (vgl. S. 110).

Eine gute Planung ist ratsam, um die passende Brennweite für einen offenen Sternhaufen zu finden. Für eine DSLR mit einem Vollformatsensor ( $24 \times 36$  Millimeter) reichen schon 1000 Millimeter Brennweite, um in Winternächten schöne Fotos der Sternhaufen M 36, 37 und 38 im Sternbild Fuhrmann,

M 35 in den Zwillingen, M 67 im Krebs oder M 47 im Sternbild Hinterdeck zu schießen. In Sommernächten gehören sicher M 11 im Sternbild Schild, M 39 im Schwan, der Doppelsternhaufen h und  $\chi$  im Perseus und M 103 in der Kassiopeia zur engeren Wahl. Bei Letzterem kann allerdings eine etwas längere Brennweite nicht schaden. Durch ein Teleskop mit Nachführkontrolle sind auch zahlreiche weniger bekannte, aber ebenso eindrucksvolle Sternhaufen lohnende Objekte. Als Beispiel sei NGC 7789 im Sternbild Kassiopeia angeführt.

**Tipp** Wenn Sie je die Gelegenheit haben, den südlichen Sternenhimmel zu fotografieren, verpassen Sie nicht die offenen Sternhaufen NGC 4755 („Herschels Schmuckkästchen“) im Sternbild Kreuz des Südens, IC 2602 („Südliche Plejaden“) und NGC 2516, beide im Sternbild Kiel des Schiffs.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Die Plejaden, das „Siebengestirn“ im Sternbild Stier	5D; Zeiss-APQ-Refraktor 150 mm mit Shapley-Linse	1000; 5,3; 17 × 5 Min. (effektive Brennweite ca. 800 mm)



## Offene Sternhaufen II

Dass Fotos von Deep-Sky-Objekten in hellen Mondnächten nicht machbar seien, ist eine mittlerweile überholte Auffassung. Besonders offene Sternhaufen trotzen bei Verwendung einer Digitalkamera dem Mondlicht sehr gut. Natürlich wird der aufgehellt Himmelshintergrund auf den Rohbildern zu sehen sein, aber durch den Beschnitt der jeweiligen Histogramme für den Rot-, Grün- und Blaukanal können Sie bei der Bildbearbeitung dafür sorgen, dass der Himmel wieder dunkel wird, ohne dass Sterne verloren gehen. Folgen Sie dazu der Anleitung zur Bildverarbeitung ab Seite 138.

Von den etwa eintausend bekannten Sternhaufen in unserer Milchstraße ist ein großer Teil der hier beschriebenen Technik zugänglich, vor allem dann, wenn man den Südhim-

mel einrechnet. Wenn Sie einmal eine „Spezialität“ suchen, werden Sie mit M 46 im Hinterdeck fündig. In diesem Sternhaufen ist nämlich der Planetarische Nebel NGC 2438 enthalten, dessen Durchmesser aber nur etwas mehr als eine Bogenminute beträgt. Daher sollte die gewählte Brennweite nicht zu kurz sein. Weitere Beispiele für kleinere Sternhaufen für lange Brennweiten sind NGC 2169 in den Zwillingen, M 34 im Perseus, NGC 129 in der Kassiopeia sowie NGC 7160 im Kepheus.

**Tipp** Wenn die hellsten Sterne in einem Hau- fen überbelichtet werden und ihre Eigenfarbe dadurch verlieren, können Sie Drähte kreuzförmig vor die Öffnung Ihres Teleskops spannen, falls Sie nicht ohnehin ein Spiegelteleskop mit Fangspiegelhalterung benutzen. Dann bekommen die Sterne „Strahlen“ in der jeweiligen Sternfarbe.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Doppelsternhaufen h+χ im Perseus	5D Mark II; Skywatcher Quattro-Newton CF 250 mm f/4	1600; 4,0; 60 × 30 Sek.



## Kugelsternhaufen

Bei Kugelsternhaufen ist es nicht erforderlich, ein weites Umfeld zu zeigen, um den Haufenzcharakter zu demonstrieren. Aber auch die Abbildung eines Kugelhaufens inmitten eines sternreichen Umfeldes hat seinen Reiz, so dass Sie bei der Wahl der Aufnahmebrennweite flexibel sind. Vorhandenes Mondlicht stört nicht weiter.

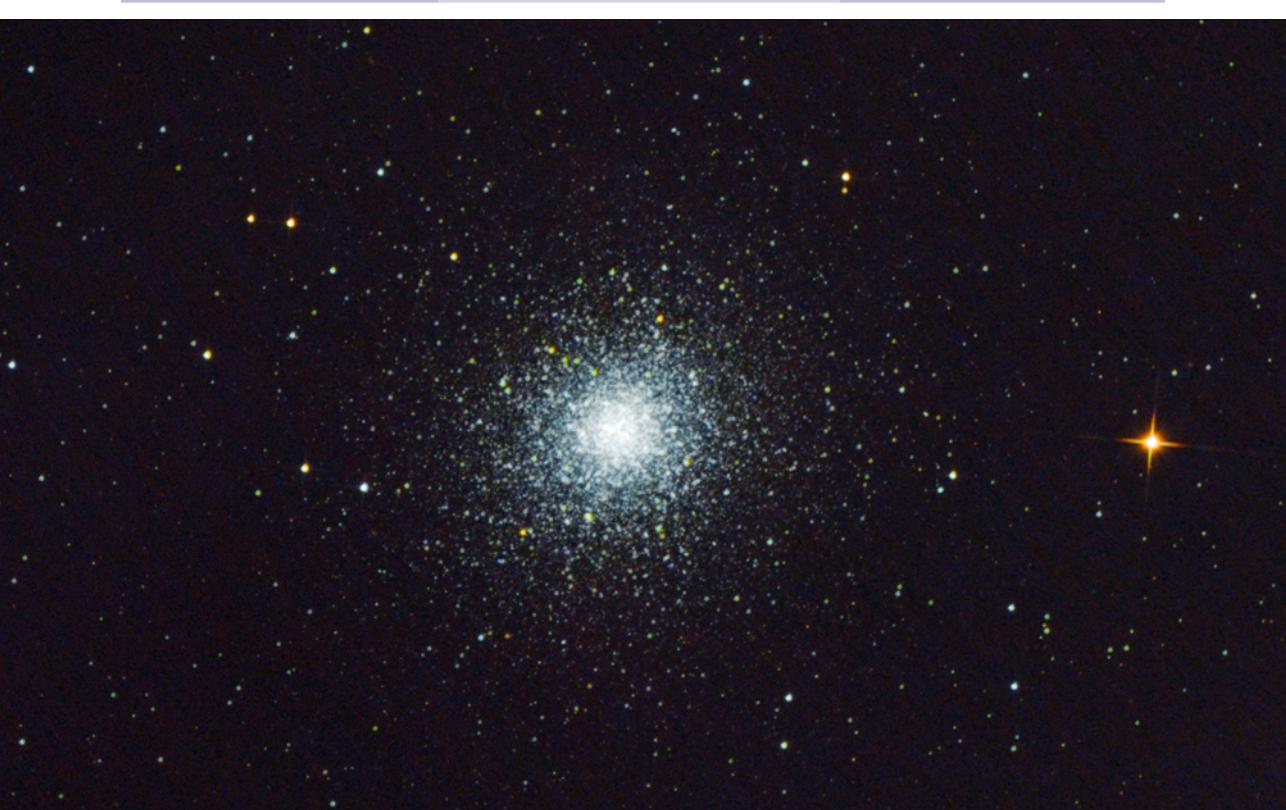
Die Vorzeigeobjekte können schon durch ein kleines Teleskop mit einer Öffnung von 100 Millimeter bis ins Zentrum in Einzelsterne aufgelöst werden, bei dichteren Kugelhaufen muss die Teleskopöffnung entsprechend größer sein. Wichtig ist, dass das Zentrum nicht überbelichtet wird, das Histogramm ist diesbezüglich genau zu prüfen (vgl. S. 148).

Die schönsten Kugelhaufen am Nordhimmel sind M 13 im Herkules, M 15 im Pegasus und

M 3 in den Jagdhunden. Als Herausforderung ist M 15 im Pegasus zu empfehlen: Innerhalb des Haufens befindet sich der rötliche Planetarische Nebel „Pease 1“. Am Südhimmel ist zunächst M 4 im Skorpion zu erwähnen, weil er von Mitte Europa aus noch beobachtbar ist. Das gilt nicht für die beiden schönsten und hellsten Kugelhaufen des gesamten Himmels, „Omega Centauri“ (NGC 5139) im Sternbild Zentaur und im Tukan „47 Tucanae“ (NGC 104). Diese Paradeobjekte können nur von der Südhalbkugel der Erde aus gut fotografiert werden. Omega Centauri enthält etwa zehn Millionen Sterne und nimmt am Himmel die Fläche des Vollmondes ein.

**Tipp** Wird eine Kamera mit einem Vollformatsensor ( $24 \times 36$  Millimeter) benutzt, dürfen es schon 2000 bis 2500 mm Brennweite sein, um die erwähnten Kugelsternhaufen formatfüllend zu erfassen.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Kugelsternhaufen M 13 im Herkules	5D Mark II; Skywatcher Quattro-Newton CF 250 mm f/4	6400; 4,0; 107 × 15 Sek. (Auschnittsvergrößerung)



## Emissionsnebel

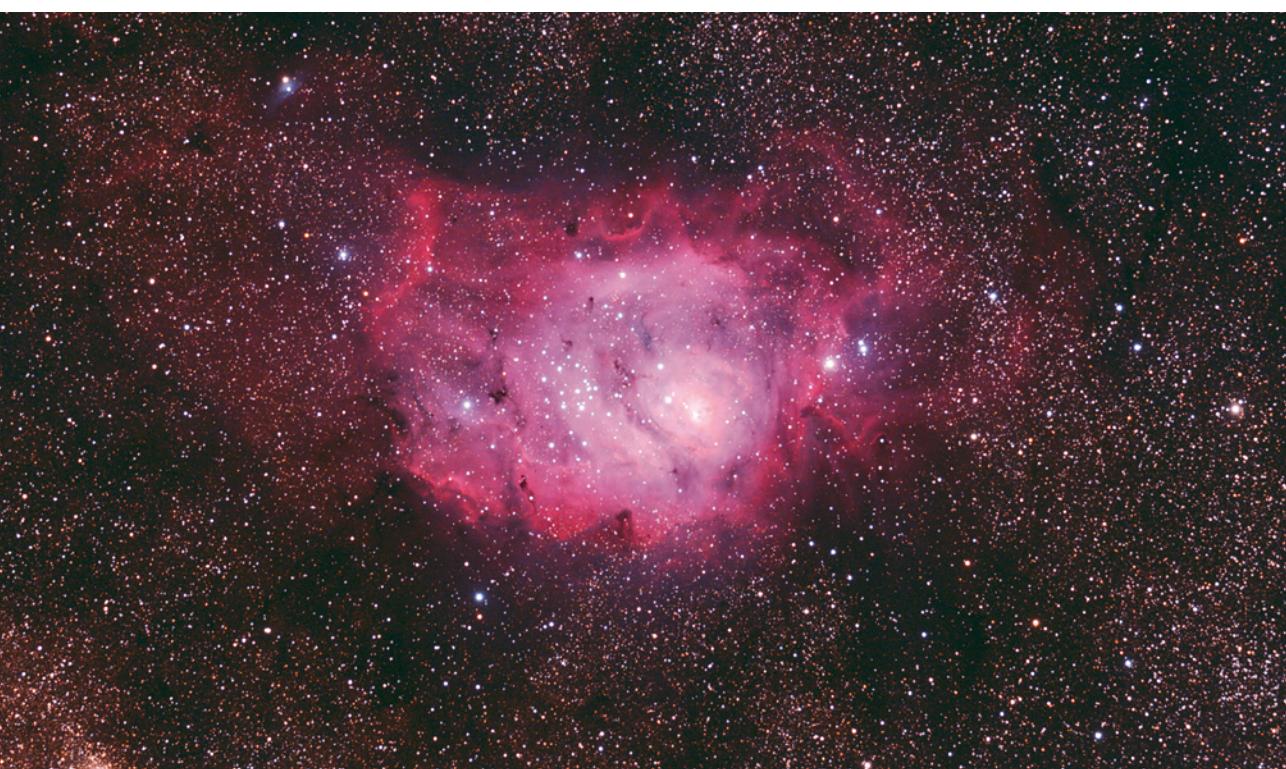
Um wirklich gute Fotos von Emissionsnebeln zu erhalten, sind ein guter Standort mit wenig Lichtverschmutzung und eine klare, mondlose Nacht die Voraussetzungen. Die meisten Emissionsnebel leuchten vorwiegend im Licht des angeregten Wasserstoffs bei 656,3 Nanometer Wellenlänge, also in der tief roten Farbe der H-Alpha-Linie. Wie bereits auf Seite 61 erwähnt, ist für solche Objekte eine modifizierte DSLR sehr zu empfehlen, bei der das Infrarotsperrfilter vor dem Sensor entfernt wurde (vgl. auch Seite 114). Wird eine Kamera im Serienzustand benutzt, muss damit gerechnet werden, dass das fotografierte Objekt auf den Fotos nicht oder nur schwach zu sehen ist.

Die scheinbare Ausdehnung der einzelnen Nebel am Himmel schwankt in weiten Grenzen, so dass verschiedene Brennweiten zum

Einsatz kommen, um sie formatfüllend zu fotografieren. Bei Beschränkung auf die relativ leuchtstarken Kernzonen lässt sich sagen, dass mit kurzen Brennweiten (500–800 mm bei Vollformat-Kameras) die großen Nebel wie der Nordamerikan Nebel NGC 7000, der Große Orion-Nebel M 42, der Rosettennebel NGC 2237 und der Kaliforniennebel NGC 1499 aufgenommen werden können. Bei 1500 mm Brennweite und gleicher Kamera passen der Lagunennebel M 8, der Pferdekopfnebel und der „Flammensternnebel“ IC 405 bildwirksam auf den Sensor. Noch kleineren Objekten wie dem Trifidnebel M 20, Schwanennebel M 17, Adlernebel M 16, oder „Bubble“-Nebel NGC 7635 müssen Sie mit 2500 mm Brennweite zu Leibe rücken.

**Tipp** Auch am südlichen Sternenhimmel gibt es sehr fotogene Emissionsnebel, allen voran der Eta-Carinae-Nebel NGC 3372 im Sternbild Kiel des Schiffs.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Lagunennebel M 8 im Sternbild Schütze	1000D (mod.); Astro-Physics Traveler 105 mm f/6 Apochromat	800; 6,0; 11 × 10 Min.



## Reflexionsnebel

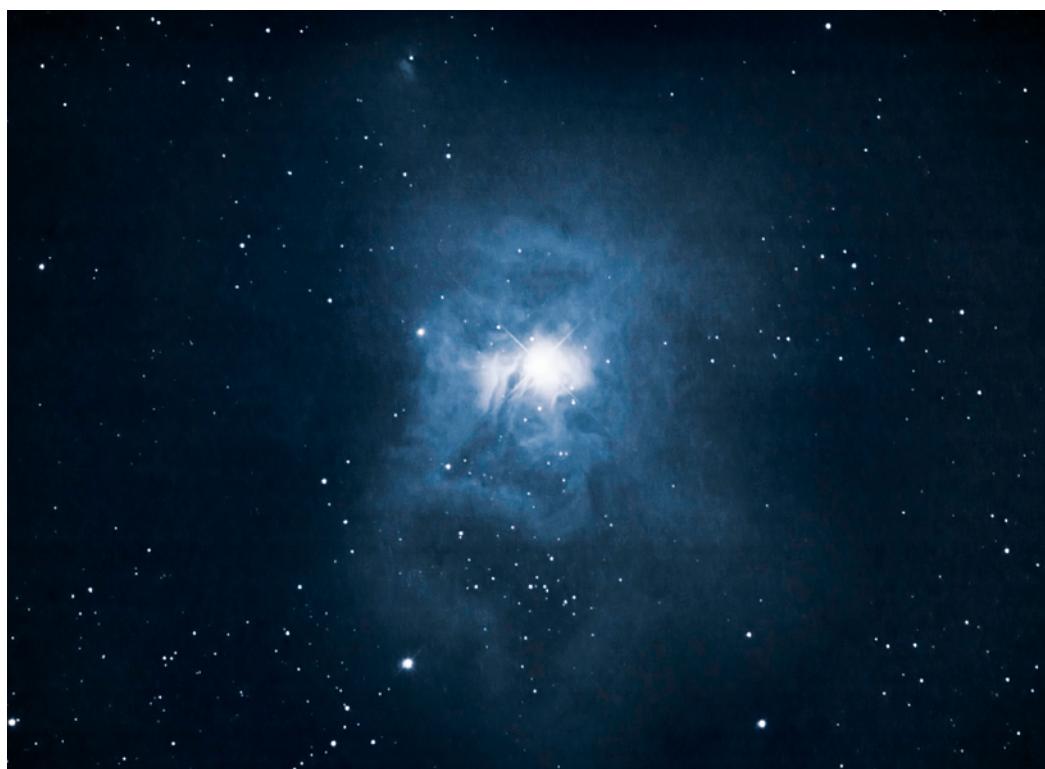
Im Gegensatz zu den in überwiegend roter Farbe leuchtenden Emissionsnebeln (s. Seite 100) werden die Reflexionsnebel von Sternen angestrahlt und nehmen dabei deren Eigenfarbe an. Das Lichtspektrum ist kontinuierlich, es handelt sich also nicht um ein Linienpektrum wie bei den Emissionsnebeln. Auf die Fotografie hat das keine unmittelbare Auswirkung, abgesehen davon, dass eine modifizierte DSLR nicht benötigt wird, weil keine Dominanz der kritischen H-Alpha-Linie vorhanden ist.

Etliche der Reflexionsnebel erscheinen blau, weil in ihrer Nähe junge, heiße Sterne stehen. Das ist der Fall beim Irisnebel NGC 7023 im Kepheus, dem Plejaden-Nebel, der das ganze Siebengestirn einzuhüllen scheint und um den Stern Merope herum am hellsten ist, beim blauen Teil des Trifidnebels M 20, beim

Hexenkopfnebel NGC 1909 und bei M 78 im Orion. Einen orangefarbenen Reflexionsnebel finden Sie im Umfeld von Antares, dem Hauptstern im Skorpion. In unmittelbarer Nähe von Antares finden sich außerdem rote Emissionsnebel, Dunkelnebel und blaue Reflexionsnebel, vor allem um den Stern „rho“ im Schlangenträger (siehe Abb. auf Seite 88-89). In ihrer Summe bilden diese Nebel die vielleicht farbenprächtigste Region des gesamten Himmels. Wegen der südlichen Stellung von Antares ist ein Beobachtungsort in Äquatornähe oder auf der Südhalbkugel der Erde zu bevorzugen.

**Tipp** Kürzere Brennweiten (500 mm) sind für die ausgedehnten Reflexionsnebel (z.B. NGC 1909) genau richtig. Andere sind bedeutend kleiner (z.B. M 78) und verlangen nach Brennweiten von mindestens 2000 mm, jeweils bezogen auf eine Kamera mit Vollformatsensor.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Irisnebel im Sternbild Kepheus	1Ds Mark III; Ph. Keller Hypergraph 340 mm f/9	1600; 9,0; 15 × 600 Sek.



## Planetary Nebel

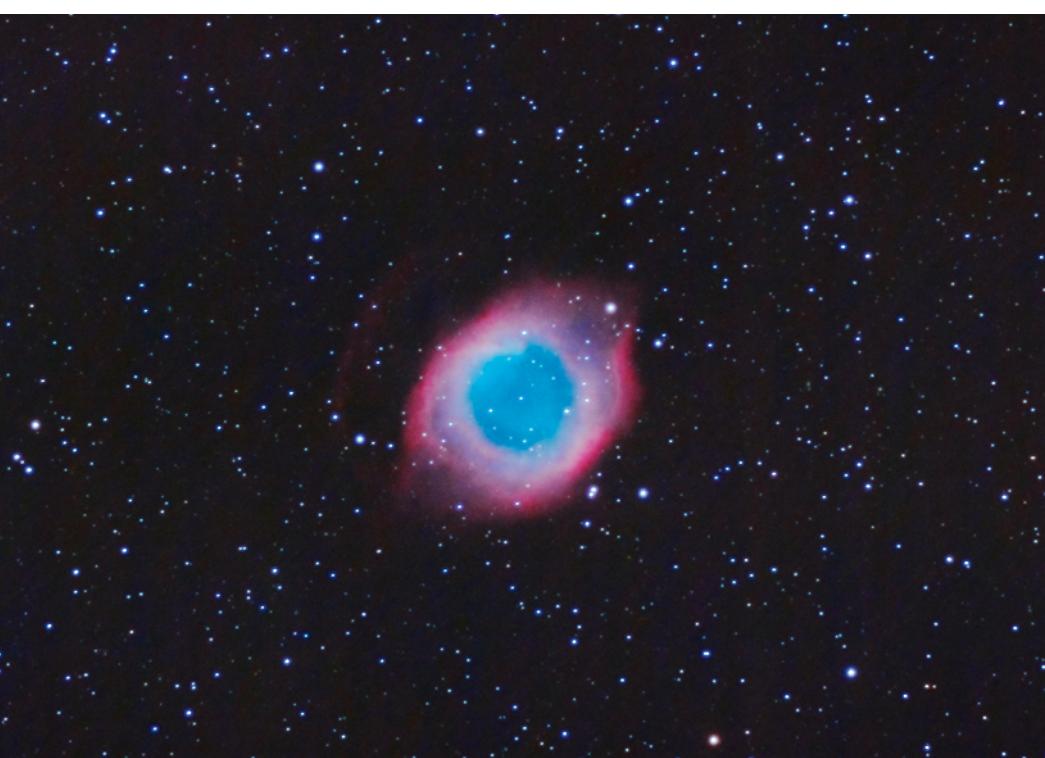
Mit Planeten haben diese Objekte nichts zu tun, sondern es handelt sich um alternde Sterne, die ihre Gashülle ins Weltall abstoßen. Dieser Prozess erfolgt in Schüben, so dass zum Teil sehr bizarre Gebilde entstehen. Manche sehen scheibenförmig aus, wenn man sie im Teleskop betrachtet und erinnern daher an Planeten.

Etliche planetarische Nebel sind erstaunlich hell, was den Astrofotografen freut. Allerdings bereitet der geringe scheinbare Durchmesser der allermeisten Objekte Kopfschmerzen, der die Verwendung langer und längster Brennweiten ratsam erscheinen lässt. Eine rühmliche Ausnahme ist der Helixnebel NGC 7293 im Sternbild Wassermann, der bei 2500 mm Brennweite und einer Vollformat-Kamera das Bildfeld gut füllt. Andere berühmte Vertreter sind der Ringnebel M 57,

der Hantelnebel M 27, der Eulennebel M 97 und der Katzenaugennebel NGC 6543. Hier darf die Brennweite durchaus auf 5000 mm verdoppelt werden. Eine modifizierte DSLR ist bei Objekten mit Rotanteil im Vorteil. Selbst dann, wenn Ihre Ausrüstung derart lange Brennweiten nicht zulässt, sollten Sie Fotos machen, denn auch eine kleine Abbildung eines planetarischen Nebels in einem Sternfeld ist ein ästhetischer Anblick.

**Tipp** Kaum ein Teleskop wird die erforderliche Brennweite im Primärfokus zu bieten haben. Daher muss zu brennweitenverlängernden Maßnahmen gegriffen werden, etwa dem Einsatz einer Barlow-Linse. Leider verschlechtert sich dadurch das Öffnungsverhältnis, so dass längere Belichtungszeiten nötig werden. Beides, eine lange Effektivbrennweite und eine lange Belichtungszeit, erfordert ein leistungsfähiges System mit Guiding. Für Einsteiger scheiden die planetarischen Nebel daher aus.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Helixnebel NGC 7293 im Sternbild Wassermann	1100D (mod.); Astro-Physics Traveler 105 mm f/6 Apochromat	6400; 6,0; 250 × 30 Sek. (leichte Ausschnittsvergrößerung)



## Supernova-Überreste

Das Ende eines massereichen Sterns mit einer gewaltigen Detonation wird als Supernova bezeichnet. Die Reste dieser Sternmasse sind mitunter sehr fotogen, da sie nach einem solchen Ereignis als nebelartige Objekte im Universum verbleiben. Im Laufe der Zeit dehnen sich diese Nebel immer weiter aus. Je nachdem, welcher Zeitraum seit der Explosion vergangen ist und in welcher Entfernung sich der Supernova-Überrest befindet, schwankt die scheinbare Ausdehnung am Himmel sehr.

Als Beispiel für einen Supernova-Überrest mit großer Winkelaustrahlung am Firmament sei der Zirrusnebelkomplex im Sternbild Schwan erwähnt, der in seiner gesamten Ausdehnung bereits mit einer Brennweite von 500 mm, bezogen auf eine Vollformat-Kamera mit  $24 \times 36$  mm großem Sensor, foto-

grapiert werden kann. Ein anderes Extrem ist der Krabbennebel M 1 im Sternbild Stier, das Überbleibsel einer Sternexplosion aus dem Jahr 1054, mit nur 5,5 Bogenminuten scheinbarem Durchmesser. Wenn Sie die filamentartige Struktur dieses Nebels ablichten möchten, sollte die Brennweite schon mindestens 2000 mm betragen. Ein anderes Objekt, das Ihre Aufmerksam verdient, ist Simeis 147 im Sternbild Stier (sehr ausgedehnt, aber auch lichtschwach). Am Südhimmel kann im Sternbild Segel des Schiffs (Vela) der ausgedehnte Rest der Vela-Supernova, die sich vor rund 12 000 Jahren ereignet hat, aufgespürt werden.

**Tipp** Nicht selten besteht ein nennenswerter Anteil des abgestrahlten Lichts bei Supernova-Überresten aus der roten Linie des angeregten Wasserstoffs. Dann sollten Sie eine DSLR verwenden, deren IR-Sperrfilter entfernt wurde (s. Seite 114).

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Zirrusnebel im Schwan	20Da; Astro-Physics Traveler 105 mm f/6 Apochromat	800; 6,0; 10 × 600 Sek.



## Dunkelnebel

Es klingt zunächst vermessen, etwas Dunkles am Nachthimmel fotografieren zu wollen. Gemeint sind Staubmassen in der Ebene unserer Milchstraße, die weder selbst leuchten noch von Sternen angestrahlt werden. Dennoch lassen sie sich erkennen, wenn sie sich als vor einem helleren Hintergrund abheben. Die größten davon können sogar mit dem bloßen Auge gesehen werden, wenn sie das Licht von hinter ihnen liegenden Sternen verschlucken. Sie fallen als dunkle Regionen im hellen Band der Milchstraße auf. Andere heben sich deshalb in Umrissen ab, weil sie sich im Vordergrund eines hellen Nebels befinden, z. B. Teile des Trifidnebels M 20 oder des Lagunennebels M 8. Einer der bekanntesten Dunkelnebel ist der Pferdekopfnebel im Sternbild Orion wegen seiner markanten Form. Sehr hübsch ist auch die Dunkelwolke

„Barnard 86“ in unmittelbarer Nähe zum Sternhaufen NGC 6520 im Sternbild Schütze. Allerdings steht dieses Objekt weit südlich, so dass es im deutschsprachigen Raum nur geringe Höhen über dem Horizont erlangt. Gute Motive liefern auch die zahlreichen kleineren Dunkelnebefetzen, die verstreut in der Milchstraße zu finden sind. Ihre Form ist zum Teil abenteuerlich und in jedem Fall ein Foto wert. Lohnende Objekte sind z. B. die Wolken „Barnard 142/143“ im Sternbild Adler und der „Barnard 72“ im Schlangenträger. Belichten Sie in jedem Falle lange genug, um den Hintergrund möglichst hell darzustellen, denn nur durch ihn werden die Dunkelwolken erkennbar. Aus dem gleichen Grund ist es ratsam, genügend Umfeld zu zeigen.

**Tipp** Dunkelnebel können im Extremfall eine sehr große aber auch eine kleine Winkelauflösung haben, so dass unterschiedliche Brennweiten zum Einsatz kommen.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Pferdekopfnebel im Sternbild Orion (mit modifizierter DSLR)	400D; Astro-Physics Traveler 105 mm f/6 Apochromat	1600; 6,0; 9 × 300 Sek.



## Galaxien

Aufgrund ihrer enormen Entfernung haben die meisten Galaxien einen geringen scheinbaren Durchmesser, so dass längere Brennweiten eingesetzt werden müssen. Die Andromeda-Galaxie M 31 und die Triangulum-Galaxie M 33 bilden eine Ausnahme, sie können schon mit 500 mm Brennweite und einer Vollformat-Kamera aufgenommen werden. Die weiter entfernten Paradebeispiele M 51 und M 63 im Sternbild Jagdhunde, M 81 und M 82 im Großen Bären, NGC 4565 im Haar der Berenike sowie M 65 und M 66 im Löwen verlangen nach Brennweiten von 2000 mm und mehr.

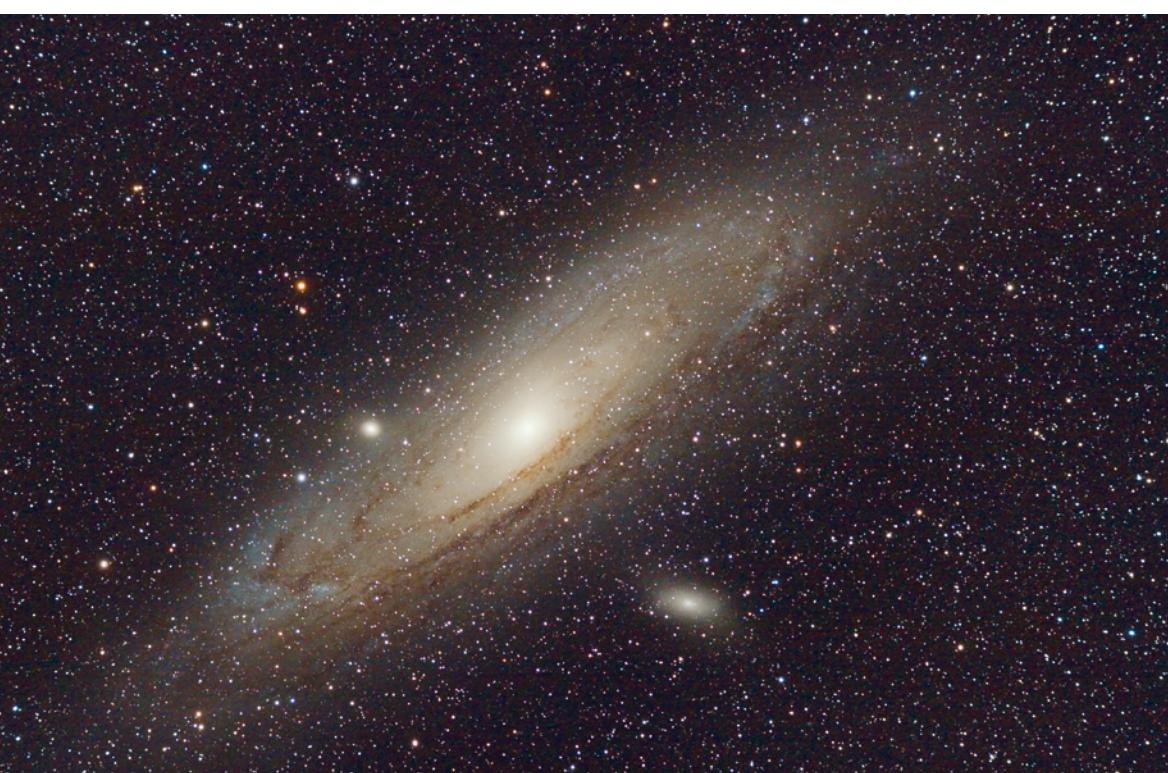
Bei vielen Galaxien ist der Kern um ein Vielfaches heller als die Spiralarme. Dann müssen Sie Fotos mit unterschiedlich langen Belichtungen erstellen, die Sie mit der auf Seite 139 geschilderten Methode verarbeiten.

Kalkulieren Sie ein, dass die nötige Gesamtbelichtungszeit zwei Stunden und mehr betragen kann, um ein möglichst rauscharmes Ergebnis zu erzielen. In dieser Zeit machen Sie mehrere Einzelaufnahmen mit Belichtungszeiten von maximal 10 Minuten, die Sie später mitteln.

Fotos von lichtschwachen Galaxien mit einer DSLR sollten Sie an Orten mit guter Himmelsqualität abseits der irdischen Störlichter erstellen, in mondlosen Nächten mit guter Transparenz der Atmosphäre.

**Tipp** Reizvoll ist bei Galaxien vor allem ihre Vielfalt. Verschiedene Klassen (Spirale, Balkenspirale, irreguläre Galaxie) und unterschiedliche Blickwinkel von „Face-on“ bis „Edge-on“ sorgen für Abwechslung. Gleichzeitig zählen die Galaxien zu den am weitesten entfernten Objekten, die man mit den hier beschriebenen Mitteln detailliert ablichten kann.

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Andromeda-Galaxie M 31 (mit modifizierter DSLR)	400D; Takahashi FS-60C Refraktor	400; 5,9; 10 × 600 Sek.





# Aufnahmetechnik und Bildbearbeitung



**Aufnahmetechnik**

**108**

**Bildbearbeitung**

**128**



## Aufnahmetechnik



Im Folgenden erhalten Sie Tipps, wie Sie an bestimmte Aufnahmen herangehen müssen (z. B. Sonnenfotos) und wie Sie Ihre Aufnahmen beispielsweise durch ein möglichst genaues Ausrichten der Montierung verbessern können.

### Vorsicht, Sonne!

Die enorme Helligkeit der Sonne ist eine potenzielle Gefahr für das Auge und die Kamera. Gelegentlich passiert es selbst erfahrenen Beobachtern, dass durch eine Unachtsamkeit die Kamera einen Total-schaden erleidet; im schlimmsten Fall kann sogar das Augenlicht verloren gehen. **Schon ein kurzer Blick durch ein Teleskop, ein Fernglas oder den Sucher einer Kamera reicht aus, um das Auge irreversibel zu schädigen oder eine vollständige Blindheit zu verursachen**, wenn das Sonnenlicht nicht durch geeignete Filter auf ein ungefährliches Maß reduziert wird. Bei Aufnahmen der Sonne ist es daher zwingend erforderlich, ein Höchstmaß an Vorsicht walten zu lassen. Die folgenden Hinweise sollen dazu dienen, Sie für diese Gefahren zu sensibilisieren.

**Ein stabil vor die Frontlinse von Teleskop (links) oder Objektiv (rechts) montierter Sonnenfilter ermöglicht ein gefahrloses Fotografieren der Sonne.**



Wenn Sie noch unerfahren in Bezug auf Sonnenbeobachtungen sind, sollten Sie sich in einem Fachgeschäft beraten lassen. Auch die Kontaktaufnahme zu „alten Hasen“, etwa Mitarbeitern einer Volkssternwarte oder erfahrenen Stern- bzw. Sonnenfreunden, kann von großem Nutzen sein. Und bitte unterschätzen Sie nicht, dass selbst die durch Wolken oder eine horizontnahe Stellung abgeschwächte Sonne eine noch immer vernichtende Wirkung haben kann.

**Auf gar keinen Fall!** Bitte nehmen Sie Abstand davon, zu „Hausmitteln“ zu greifen, etwa dem Schwärzen von Glasscheiben durch eine Kerzenflamme. Verwenden Sie auch grundsätzlich keine Filter, die in ein Okular eingeschraubt werden! Solche „Filter“ sind weder sicher noch gut genug für scharfe Sonnenfotos.

**Geeignete Filter** Der Fachhandel bietet eine ganze Reihe unterschiedlicher Lösungen für relativ sichere und qualitativ hochwertige Sonnenbeobachtungen an. Eine preiswerte, aber dennoch empfehlenswerte Methode ist ein Sonnenfilter aus einer speziellen Folie vor der Objektivöffnung von Teleskop oder Fotoobjektiv. Ein DIN-A4-großes Stück „AstroSolar“-Sonnenfilterfolie von Baader-Planetarium kostet nur 25 Euro, das sollte Ihnen die Unversehrtheit Ihrer Augen und die Sicherheit Ihrer Kamera wert sein. Daraus lassen sich etliche Frontfilter für kleinere Teleskope, Sucherfernrohre und Objektive basteln. Achten Sie beim Selbstbau darauf, dass das Filter bombensicher vor dem Objektiv befestigt wird und kein Windstoß in der Lage ist, ihn herunter zu wehen. Beschädigte

Folie ist sofort durch eine neue zu ersetzen. Beim Einsatz von Folienfiltern ist streng darauf zu achten, dass sie vor der Eintrittsöffnung und nicht in einem bereits gebündelten Strahlengang positioniert werden. Die Hitze von gebündeltem Sonnenlicht würde sie sofort schmelzen lassen; mit verheerender Wirkung. Wer z. B. mit dem Fernglas die Sonne anschauen will, muss die Folie vor die Fernglasobjektive anbringen, nicht etwa mit aufgesetzter „Finsternisbrille“ durch das Fernglas blicken!

Diese Gefahren sollten Sie aber bei entsprechendem Interesse nicht davon abhalten, die Sonne zu fotografieren. Bei Verwendung von Sonnenfiltern vor der Objektivöffnung von Fernrohren besteht das geringste Gefährdungspotenzial. Teurer, aber ebenso sicher sind metallbedampfte Glasfilter vor der Objektivöffnung. Eine besondere Art von Sonnenfiltern sind H-Alpha-Filter (s. S. 77).

**Herschelprisma** Für Linsenteleskope (Refraktoren) kommt alternativ ein Herschelprisma (auch Herschelkeil genannt) in Betracht, das einen Großteil des Sonnenlichts aus dem Strahlengang herauslenkt, während der verbleibende Rest durch den Einsatz zusätzlicher Graufilter auf jenes Maß reduziert wird, um die gewünschten kurzen Belichtungszei-

**Besonders sicher ist das „Cool-Ceramic Safety Herschelprisma“, bei dem keine gefährliche Sonnenstrahlung austritt.**



ten realisieren zu können. Je nach Öffnungsverhältnis und Sonnenhelligkeit benutzt man Filter mit unterschiedlicher Dämpfungswirkung. Ein gutes Herschelprisma ist kostspielig, ermöglicht aber die Sonnenbeobachtung und -fotografie auf höchstem Qualitätsniveau. Besonders hervorheben möchte ich das „Cool-Ceramic Safety Herschelprisma“ von Baader-Planetarium, bei dem das überschüssige Sonnenlicht nicht in gefährlicher Art und Weise aus dem Gerät austritt, sondern bereits im Herschelprisma unschädlich gemacht wird.

**Vorsicht bei der Beobachtung** Behalten Sie trotz Filter während der Beobachtung oder Aufnahme alle Personen im Auge, speziell Kinder. Gestatten Sie ihnen keinen Zugriff auf den aufgesetzten Filter, klären Sie sie über die möglichen Gefahren auf und lassen Sie das Beobachtungsinstrument zu keinem Zeitpunkt unbeaufsichtigt. Nach Beendigung der Beobachtung sowie in Beobachtungspausen ist es ratsam, das Instrument von der Sonne weg zu schwenken.

**Vorsicht Fernrohrsucher** Auf dem Sucherfernrohr sollte der Objektivdeckel verbleiben. Hinter dem Okular von Sucherfernrohren ist nämlich schon so manches Loch in Kleidungen gebrannt worden.

**Landschaftsfotos mit Sonne** Einer Spiegelreflexkamera mit Fotoobjektiv schadet es nicht, wenn Sie sie – ohne jegliches Filter – kurzzeitig auf die Sonne richten, es sei denn, Sie verwenden ein lichtstarkes Objektiv mit langer Brennweite. Dennoch würde ich dazu raten, die Kamera nicht auf ein Stativ zu setzen, damit die Sonne nicht immer auf den gleichen Punkt einwirken kann. Auch der Blick durch den Sucher ist zu vermeiden. Allenfalls nach Wahl einer kleinen Blendenöffnung (z. B. 16 oder 22) und dem Drücken der Abblendtaste (Schärfentiefe-Prüftaste), die die Blende tatsächlich auf den vorgewählten Wert schließt, ist die vorsichtige Benutzung des Suchers möglich. Vergewissern Sie sich unbedingt vor dem



Die Kamera zeigt eine kleine Blende (22) an. Diese wird aber erst eingestellt, wenn die Abblendtaste dauerhaft gedrückt wird (oben).

Auslösen, dass eine kurze Belichtungszeit eingestellt ist, also beispielsweise die Belichtungautomatik aktiv ist. Eine zu lange Belichtungszeit, wie sie bei manueller Einstellung möglich wäre, verursacht nicht nur eine hoffnungslose Überbelichtung, sondern kann im Extremfall den Aufnahmesensor dort, wo die Sonne einwirkt, dauerhaft schädigen. Für manche Kameras ist das gleichbedeutend mit einem wirtschaftlichen Totalschaden, weil sich der fällige Sensorausch nicht lohnt. Schalten Sie, wenn die Sonne Teil des Motivs ist, die Vorauslösung des Spiegels nicht ein,

### Vorsicht bei Landschaftsfotos mit Sonne

- Kein Objektiv mit langer Brennweite
- Kein Stativ
- Vor dem kurzen Blick durch den Sucher: Kleine Blende einstellen und Abblendtaste drücken
- Belichtungautomatik statt manueller Einstellung
- Keine Spiegelvorauslösung
- Keine Verwendung von Live-View

andernfalls könnte der Verschluss Schaden nehmen.

Die Verwendung der Live-View-Funktion verbietet sich selbstredend, solange das bloße Auge die Sonne noch als gleißend hell empfindet.

## Gesichtsfeld und Bildwinkel

Um ein Motiv formatfüllend abzulichten, gibt es grundsätzlich zwei Wege: Entweder verändert man die Entfernung zum Motiv durch Vorwärts- oder Rückwärtsbewegungen, oder man verändert die Aufnahmebrennweite durch einen Objektivwechsel, alternativ durch Zoomen. Die erste Variante scheidet bei der Himmels- und Astrofotografie aus, so dass als Variable nur noch die Aufnahmebrennweite übrig bleibt. Auch die Brennweite eines Teleskops lässt sich verändern: Durch die Verwendung einer Barlow-Linse kann sie verlängert, durch einen Brennweitenreduzierer verkürzt werden. Dadurch ist es innerhalb von Grenzen möglich, den gewünschten, für ein bestimmtes Objekt passenden Bildwinkel zu erhalten.

Der effektive Bildwinkel ist aber nicht ausschließlich von der Aufnahmebrennweite abhängig, sondern zusätzlich noch von den Dimensionen des Aufnahmesensors, s. auch Kasten *Die Größe des Bildwinkels* (Seite 111).

**Berechnung des Bildwinkels** Bildwinkel werden in Grad oder Bruchteilen davon gemessen. Ein Grad ist in 60 Bogenminuten (Symbol ') unterteilt, jede Bogenminute wiederum in 60 Bogensekunden (Symbol ""). Um Bildwinkel zu bestimmen, wird die Winkelfunktion Tangens verwendet. Wenn  $\alpha$  der gesuchte Bildwinkel ist,  $f$  die Brennweite der verwendeten Optik und  $L$  eine Kantenlänge oder die Diagonale des Sensors, dann gilt:

$$\alpha = 2 \cdot \arctan\left(\frac{L}{2 \cdot f}\right) \quad [1]$$

Pro Brennweite können mehrere Werte berechnet werden, nämlich einer für die Sen-

sorbreite  $b$ , ein zweiter für die Sensorhöhe  $h$  und ein dritter für die Diagonale  $D$  (s. Beispiel im Kasten unten). Wenn die Sensorabmessungen in Breite  $b$  und Höhe  $h$  bekannt sind, kann die Diagonale  $D$  wie folgt berechnet werden:

$$D = \sqrt{b^2 + h^2}$$

[2]

**Beispiele für Bildwinkel** Für zwei gebräuchliche Sensorabmessungen und gebräuchliche Brennweiten führt die Tabelle im inneren Buchumschlag die effektiven Bildwinkel in

### Beispiel: Bildwinkel Canon EOS 6D bei 300 mm

► Als Rechenbeispiel soll eine Canon EOS 6D und ein Objektiv mit 300 Millimeter dienen. Der Hersteller gibt die Sensorgröße der EOS 6D mit 36 (b) mal 24 (h) Millimeter an. Die Diagonale errechnet sich nach Formel [2] zu:

$$D = \sqrt{36^2 + 24^2} \approx 43,3 \text{ mm}$$

Mit Formel [1] können nun die Bildwinkel ermittelt werden. Für den diagonalen Bildwinkel gilt demnach:

$$\alpha = 2 \cdot \arctan \left( \frac{43,3 \text{ mm}}{2 \cdot 300 \text{ mm}} \right) \approx 8,25^\circ$$

Über die Sensorbreite ergibt die Berechnung des Bildwinkels rund 6,9 Grad, über die Sensorhöhe gerundete 4,6 Grad. Der Vollmond z. B. hat einen Durchmesser von etwa 0,5 Grad. Die berechneten Werte geben also eine konkrete Vorstellung davon, wie groß – oder besser gesagt wie klein – der Mond auf dem Bild erscheinen wird, wenn er mit dem beschriebenen 300-Millimeter-Objektiv und einer Canon EOS 6D fotografiert wird.

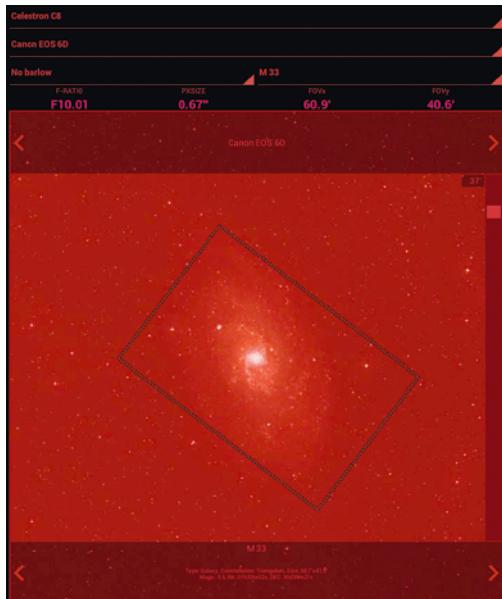
### Die Größe des Bildwinkels

► Große Bildwinkel erreicht man mit einer Kamera mit großem Sensor und einer kurzen Brennweite (Weitwinkel). Je kleiner der Aufnahmesensor und je länger die Brennweite sind, desto kleiner ist auch der effektive Bildwinkel („Tele“).

Grad auf. Die Spalten im helleren Lila-Ton nennen die Werte für eine Kamera mit einem Sensor, der die gleichen Maße aufweist wie der Kleinbildfilm (Vollformatsensor). Die dunkleren Spalten beziehen sich auf eine Kamera mit Sensor im APS-C-Format, der pro Kante etwa 1,6-fach kürzer ist als das Kleinbildformat („Crop-Faktor“ = 1,6). Alle Canon-EOS-Modelle mit vier-, drei- und zweistelliger Bezeichnung (z. B. 1200D, 700D, 70D sowie die 7D) gehören zu dieser Kameraklasse. Die Abmessungen des Sensors Ihrer Kamera können Sie der Bedienungsanleitung in der Tabelle „Technische Daten“ entnehmen. Sie muss angegeben sein in Breite [mm] × Höhe [mm].

**Das optimale Gesichtsfeld** Bei der Planung einer Aufnahme ist zu entscheiden, wie groß ein Himmelsobjekt in Bezug auf das ganze Format abgebildet werden soll. Bei Sonne und Mond wird man eine möglichst formatfüllende Abbildung wählen, denn im Umfeld befinden sich in aller Regel keine interessanten anderen Objekte. Die Alternative ist eine Detailaufnahme mit noch längerer Brennweite, um einen Sonnenfleck oder einen Mondkrater in hoher Vergrößerung abzulichten.

Bei offenen Sternhaufen kann die Überlegung eine andere sein: Eine formatfüllende Abbildung ohne Umfeld würde dazu führen, dass der Sternhaufen nicht mehr als solcher zu erkennen ist, das Resultat ist dann lediglich eine Aufnahme mit vielen Sternen. Erst die Einbeziehung eines großzügig bemessenen Umfeldes lässt die Sternkonzentration



**Mit der Software FOViewer kann das effektive Bildfeld der Kamera, abhängig von der Brennweite, dem Zielobjekt überlagert werden.**

des Haufens sichtbar werden. Neben den effektiven Bildwinkeln ist es also wichtig zu wissen, welche scheinbare Größe das zu fotografierende Himmelsobjekt hat. Einige Beispiele sind in der zweiten Tabelle im Buchumschlag genannt.

**Offene Sternhaufen zeigen eine höhere Sterndichte als ihre Umgebung (linkes Bild). Wird diese nicht mit abgebildet, ist der Sternhaufen nicht mehr zu erkennen (rechtes Bild).**



**Mondfotos einer DSLR mit Vollformat-Sensor:  
Brennweite links 200 mm, rechts 2000 mm.**

Ganz ohne Rechenarbeit ist das optimale Gesichtsfeld zu ermitteln, wenn Sie ein Planetariumsprogramm auf Ihrem Computer wie beispielsweise *Guide*, *TheSky*, *Cartes du Ciel* oder *Starry Night* (s. Anhang) verwenden. Auch entsprechende Apps für das Smartphone sind verfügbar, etwa *FOViewer* oder *Astrofoto Calculator*. Damit können effektive Geschichtsfelder berechnet werden, wenn Sie den von Ihnen verwendeten Kameratyp und die benutzte Brennweite eingeben. Manche Programme sind sogar in der Lage, den erfasssten Himmelsausschnitt zusammen mit einem Motiv Ihrer Wahl anzuzeigen.



## Wann werden die Sterne strichförmig?

Bedingt durch die Rotation der Erde dreht sich der Himmel scheinbar in rund 24 Stunden (genau:  $23^{\text{h}}56^{\text{m}}04^{\text{s}}$ ) um den Himmelspol herum, so dass die Sterne im Osten auf- und im Westen wieder untergehen. Diese Drehbewegung können Sie dazu nutzen, um mit einer feststehenden Kamera und langen Belichtungszeiten eindrucksvolle Strichspur-aufnahmen zu erzeugen (vgl. Seite 36).

Für andere Motive jedoch ist es schöner, wenn die Sterne nicht als Striche, sondern punktförmig abgebildet werden. Dann stellt sich die Frage, wie lang die Belichtungszeit maximal sein darf, bevor die Sterne zu Strichen werden.

**Kriterien für die Belichtungszeit** Die Belichtungszeit hängt von drei Faktoren ab:

### 1. Brennweite

Je länger die verwendete Brennweite ist, desto kürzer muss die Belichtungszeit sein, um eine strichförmige Sternabbildung auf dem Foto zu vermeiden.

### 2. Auflösung

Gemeint ist hier die Kantenlänge der einzelnen Pixel auf dem Aufnahmesensor der Kamera. Je kleiner diese sind, desto höher ist die räumliche Auflösung. Bei kleinen Pixeln ist die maximal zulässige Belichtungszeit daher deutlich kürzer als bei Sensoren mit größeren Pixeln.

### 3. Deklination der Himmelsregion

Die Winkelgeschwindigkeit der Sternbewegungen ist in der Nähe der Himmelspole (Himmelsnord- und -südpol) minimal und am Himmelsäquator maximal. Im Koordinatensystem des Himmels entspricht das der sogenannten Deklination, am ehesten vergleichbar mit dem Breitengrad auf der Erde. An den Polen selbst (Deklination =  $+/- 90^\circ$ ) Grad) ist sie gleich Null, am Himmelsäquator (Deklination =  $0^\circ$ ) am höchsten.

**Die maximale Belichtungszeit** Die ausführliche Formel, mit der die maximale Belich-



Ohne Nachführung werden die Sterne nur bei kurzen Belichtungszeiten punktförmig abgebildet (links), bei längeren hingegen strichförmig.

tungszeit errechnet werden kann, bevor bei fest montierter Kamera die Sterne sichtbar zu Strichen werden, lautet:

$$t = \frac{13713 \text{ s} \cdot l}{F \cdot \cos(\delta)}$$

Dabei ist  $t$  die Belichtungszeit in Sekunden,  $l$  die Länge der Strichspur in Millimeter,  $F$  die Brennweite in Millimeter und  $\delta$  die Deklination der Himmelsregion in Grad.

Für  $l$  muss im strengsten Fall die Kantenlänge eines einzigen Pixels eingesetzt werden, maximal das Doppelte davon. Das würde bedeuten, dass sich der Stern im Laufe der Belichtungszeit über eine Strecke von zwei Pixeln bewegt. Die Pixelgröße Ihrer Kamera können Sie ermitteln, wenn Sie die Kantenlänge des Sensors durch die Anzahl der Pixel in dieser Dimension teilen.

**Beispiel Canon EOS 6D** Die Canon EOS 6D verfügt über einen Sensor, der  $36 \times 24 \text{ mm}$  groß ist und  $5472 \times 3648$  Pixel enthält (beides ist den technischen Daten zu entnehmen).



36 mm geteilt durch 5472 ergibt eine Kantenlänge von gerundet 0,0066 mm, also 6,6 tausendstel Millimeter. Akzeptieren Sie die Drift um zwei Pixel, dann nimmt  $t$  den Wert 0,0132 mm an ( $2 \cdot 0,0066$  mm). Beträgt die Brennweite 35 Millimeter und die Deklination der Himmelsregion 45 Grad, errechnet sich die maximal zulässige Belichtungszeit  $t$  zu:

$$t = \frac{13\,713 \text{ s} \cdot 0,0132}{35 \cdot \cos(45^\circ)} = 7,3 \text{ Sekunden}$$

Am Himmelsäquator ( $\delta = 0^\circ$ ) reduziert sich dieser Wert auf 5,2 Sekunden. Die Tabelle *Maximal mögliche Belichtungszeiten* im Buchumschlag enthält die Zeiten unter den gleichen Annahmen für unterschiedliche Brennweiten.

**Theorie versus Praxis** Dieser mathematische Ansatz geht natürlich davon aus, dass eine extrem scharf abbildende Optik verwendet wird, die zudem exakt auf unendlich fokussiert ist. Die Praxis ist oft gnädiger, so dass in manchen Fällen diese Werte verdoppelt oder gar verdreifacht werden können, ohne dass eine strichförmige Abbildung von Sternen auf Ausdrucken in üblicher Größe zu bemerken ist. Tatsache bleibt aber, dass zum Beispiel mit einem leichten Teleobjektiv bei fest stehender Kamera bereits nach wenigen Se-

kunden Belichtungszeit strichförmige Sterne entstehen.

## Modifikation einer DSLR zu Astrozwecken

Digitale Spiegelreflexkameras sind vom Hersteller für Tageslichtaufnahmen optimiert. Dazu ist vor dem Aufnahmesensor ein Filter installiert, der die infraroten Anteile des Lichtes blockt. Das ist notwendig, um Fotos mit natürlichen Farben zu erhalten.

**Rotschwäche von DSLRs** Leider beginnt die Sperrwirkung dieser Filter jedoch bereits diesseits des Infraroten, nämlich im Bereich tiefroter, aber noch sichtbarer Wellenlängen. Viele interstellare Nebel senden ihr rotes Licht just in einer solchen Wellenlänge ab, die von dem Sperrfilter zu einem Großteil geblockt wird. Die Rede ist vom Licht leuchtender Wasserstoffwolken, das bei 656,3 Nanometer Wellenlänge emittiert wird. Es ist das typisch rote Licht, in dessen Farbe so bekannte Objekte wie z. B. der Nordamerikananebel (NGC 7000), der Orion-Nebel (M 42), der Schwanennebel (M 17) und der Lagunennebel (M 8) strahlen. Ein Blick auf die Datenblätter der Kamerahersteller zeigt, dass 80 % dieses Lichtes nicht aufgezeichnet werden kann. Mit ande-

Eine Kamera im Serienzustand erfasst nur wenig Rotanteile von Gasnebeln (links). Wird der IR-Sperrfilter vollständig entfernt, kommen auch die roten Anteile des Nebels zum Vorschein (rechts). Die Canon EOS 60Da liegt mit einem angepassten IR-Sperrfilter in der Mitte.



ren Worten: Für das Rot solcher Gasnebel haben DSLRs eine eklatante Sehschwäche. Dies führt dazu, dass selbst nach langen Belichtungszeiten die Objekte nur schwach erkennbar und die roten Farbanteile unterrepräsentiert sind. Der Lagunennebel sieht dann eher blau aus und der Orion-Nebel meist grünlich statt rot.

**Ausbau des IR-Filters** Leider gibt es für dieses Problem keine simple Lösung. Der einzige gangbare Weg ist der Ausbau des Infrarotsperrfilters vor dem Aufnahmesensor. Das wiederum stellt einen erheblichen Eingriff in die Kamera dar und führt in jedem Fall zum Verlust von Garantie- oder Gewährleistungsansprüchen seitens des Herstellers, sollte also wohlüberlegt werden.

Grundsätzlich würde ich dringend davon abraten, einen solchen Eingriff selbst vorzunehmen, auch wenn im Internet entsprechende Anleitungen dafür zu finden sind. Zu groß ist das Risiko, dass ein Teil der Kamera beschädigt wird. Zuverlässige Umbauten bieten die jeweiligen Kamerahersteller selbst sowie die Firma Baader-Planetarium ([www.baader-planetarium.de](http://www.baader-planetarium.de)) an. Bereits fertig umgebauten Kameras können beispielsweise von der Firma Astro-Shop ([www.astro-shop.com](http://www.astro-shop.com)) bezogen werden. Wer den Kamera-Umbau unbedingt selbst machen möchte, muss natürlich über das benötigte Werkzeug und die notwendige Erfahrung verfügen.

**Tageslichtaufnahmen** Wenn der serienmäßige Infrarotsperrfilter ersatzlos entfernt wird, ist die Kamera nur noch bedingt alltagstauglich. Zum einen liefert sie dann Fotos mit einem erheblichen Rotstich, der nur mühsam und nicht immer zufriedenstellend durch einen manuellen Weißlichtabgleich kompensiert werden kann. Zum anderen funktioniert der Autofokus nicht mehr hundertprozentig genau, wenn der Glasweg des entfernten Filters, der zu einer Verlagerung des Fokuspunktes führte, fehlt.

Abhilfe schafft ein Ersatzfilter, der statt dem serienmäßigen Infrarotsperrfilter eingebaut

wird („modifizierte DSLR“). Solche Filter werden z. B. von der Firma Baader-Planetarium angeboten. Sie lassen das rote Licht der Gasnebel passieren, sperren aber das infrarote. Wird ein solcher Filter eingebaut, kann die Kamera weiterhin bedingt für Tageslichtaufnahmen verwendet werden, und auch der Autofokus ist unbeeinträchtigt. Ein manueller Weißabgleich führt zu einer farbrichtigen Darstellung. Ein derartiger Umbau ist optimal, um mit einer Kamera sowohl den Anforderungen der Astro- als auch der Alltagsfotografie gerecht zu werden.

Alternativ bietet sich die Verwendung zweier Kameragehäuse an: Ein Exemplar im Serienzustand für allgemeine Aufgaben und ein zweites, vielleicht gebraucht erworbenes, etwas älteres und damit preiswert zu erreichendes Modell mit ausgebautem Filter für Astrozwecke.

**EOS 60Da** Mit der EOS 60Da bietet der Hersteller Canon eine für Astrozwecke optimierte Version der EOS 60D an. Die Optimierung besteht allerdings lediglich darin, dass der verwendete IR-Sperrfilter ein wenig mehr Anteile von der gewünschten H-Alpha-Linie passieren lässt als normal. Leider ist das nur eine halbherzige Lösung und steht in keinem guten Verhältnis zum aufgerufenen Preis.

## Einnorden einer Montierung

Langzeitbelichtungen, wie sie bei Aufnahmen lichtschwacher Objekte wie Gasnebel, Galaxien oder Sternhaufen notwendig sind, erfordern den Einsatz einer auf den Himmelsnordpol ausgerichteten parallaktischen Montierung. Drei Methoden, die Montierung „einzunorden“, sollen hier näher beschrieben werden.

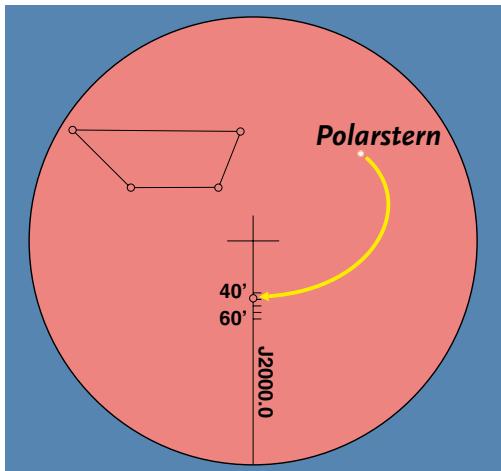
**1. Einnorden mit Polsucherfernrohr** Ein komfortabler Weg ist der Gebrauch eines sogenannten Polsucherfernrohrs. Voraussetzung dafür ist eine Montierung, deren Stundenachse durchbohrt ist. In die Bohrung wird das Polsucherfernrohr eingeschraubt. Es vergrö-



In die Stundenachse mancher Montierungen lässt sich ein Polsucherfernrohr einsetzen.

Bert nur gering, zeigt im Gesichtsfeld aber eine Grafik, die die Abweichung des Polarsterns vom wahren Himmelspol berücksichtigt. Jetzt muss nur noch bekannt sein, welchen Winkel der Polarstern relativ zum Pol zum aktuellen Zeitpunkt hat. Dazu bieten die Polsucher verschiedene Hilfen an, so dass der Polarstern auf die im Polsucher markierte Position gebracht werden muss, indem Azimut und Polhöhe der Montierung verstellt werden (s. Abb. rechts oben und links unten). Noch einfacher funktioniert es, wenn der Polsucher außer dem Polarstern noch die Position eines zweiten Sterns im Kleinen Wagen angibt: Delta Ursae Minoris. Dann reduziert sich der Einnordungsprozess darauf, beide Sterne an die im Polsucher vorgegebene Posi-

**Justageschrauben ermöglichen die Einstellung von Polhöhe (links) und Azimut (rechts).**



**Der kleine Kreis im Polsucher zeigt, welche Position der Polarstern einnehmen muss.**

tion zu bringen, was innerhalb weniger Minuten machbar ist.

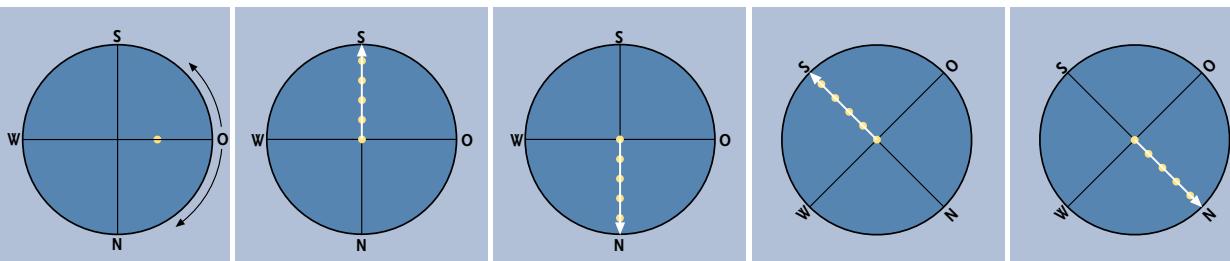
Gute Polsucherfernrohre berücksichtigen sogar, dass sich die Stellung des Polarsterns relativ zum Himmelsnordpol innerhalb von Jahren verschiebt und zeigen dementsprechend die Sollposition von Polaris für verschiedene Jahre an. Außerdem verfügen gute Polsucher über Hilfen zum Einsüden, also zur Ausrichtung auf den Himmelssüdpol, falls der Beobachtungsort südlich des Äquators liegt.

Bei einer soliden Ausführung der beteiligten Komponenten und einer korrekten Justage des Polsuchers ist diese Methode der Einnordung für die Anforderungen der digitalen Astrofotografie von ausreichender Genauigkeit. Das gilt in erster Linie für mobiles Equipment, das immer wieder auf- und abgebaut wird. Daher ist es meine bevorzugte Methode, eine Montierung einzunorden.

**2. Methode nach Scheiner** Etwas aufwendiger ist eine Vorgehensweise, die nach ihrem Erfinder, dem Astronomen Julius Scheiner benannt ist. Mitunter wird der Prozess des Einnordens auch als „Einscheinern“ bezeichnet. Das Verfahren ist iterativ, nähert sich also dem optimalen Punkt schrittweise durch

### Ausrichten der Montierung nach Scheiner

1. Zunächst sollte die Montierung so genau wie möglich aufgestellt werden (vgl. Seite 48). Die folgenden Erläuterungen gehen davon aus, dass Sie kein Zenitprisma oder ähnliche Hilfsmittel verwenden, sondern nur das Okular im Okularauszug, allenfalls noch eine Barlow-Linse zur Steigerung der Vergrößerung.
2. Jetzt wird ein Stern im Süden, unweit des Himmelsäquators eingestellt, d. h. ein Stern, der etwa die Deklination 0 Grad hat. In Deutschland ist das ein Stern, der in etwa 40 Grad Höhe kulminiert.
3. Nun wird ein hoch vergrößerndes Fadenkreuzokular so ausgerichtet, dass der Stern bei abwechselnder Betätigung der Motoren jeweils auf einem Faden des Fadenkreuzes entlangläuft (Abb. A). Eine Bewegung der Stundenachse lässt den Stern auf dem waagerechten Faden laufen, die Bewegung der Deklinationsachse bewegt den Stern entlang des senkrecht ausgerichteten Fadens. Das Fadenkreuzokular darf ab jetzt nicht mehr verdreht werden.
4. Der Stern wird auf dem Fadenkreuz zentriert, während die Nachführung der Montierung eingeschaltet ist. Achten Sie nun darauf, ob der Stern im Laufe der Zeit nach oben oder nach unten driftet. Wenn er nach oben (im umkehrenden Fernrohr entspricht das Süden) wandert (Abb. B), ist das Azimut der Montierung gegenüber dem Stativ oder der Säule gegen den Uhrzeigersinn zu korrigieren (das Südende der Montierung muss nach Osten geschwenkt werden). Wandert er nach unten (Abb. C), muss die Montierung im Uhrzeigersinn verstellt werden. Danach ist der Stern natürlich nicht mehr im Gesichtsfeld und muss neu eingestellt werden.
5. Dieser Prozess ist nun so lange zu wiederholen, bis der Stern auch nach einigen Minuten weder nach oben noch nach unten davonläuft. Abweichungen nach links oder rechts sind in dieser Phase unerheblich.



**A** Fadenkreuz an der Achsenbewegung ausrichten.

**B** Sterndrift nach oben: Montierung muss nach Osten.

**C** Sterndrift nach unten: Montierung muss nach Westen.

**D** Sterndrift nach oben: Stundenachse steiler stellen.

**E** Sterndrift nach unten: Stundenachse flacher stellen.



## Ausrichten der Montierung nach Scheiner (Fortsetzung)

6. Ist das Ziel erreicht, wird das Teleskop auf einen Stern im Osten in etwa 30 Grad Höhe geschwenkt, während das Okular in seiner Stellung verbleibt. Wiederum ist zu prüfen, ob bei eingeschaltetem Nachführmotor der Stern nach oben oder nach unten abwandert. „Oben“ und „unten“ heißt, entlang jenem Faden im Fadenkreuz, auf dem der Stern bei einer Bewegung der Deklinationsachse entlangläuft. Das muss erwähnt werden, weil das Fadenkreuz nun keine Senkrechte und Waagrechte mehr erkennen lässt, sondern um etwa 45 Grad gegenüber dem Horizont verdreht ist. Wandert der Stern nach oben (was wiederum Süden entspricht, Abb. D), muss die Stundenachse, also die Polachse, steiler eingestellt werden. Eine Drift nach unten (Abb. E) bedeutet, dass die Stundenachse flacher einzustellen ist.
  
7. Auch dieser Prozess ist so lange zu wiederholen, bis ebenfalls nach einigen Minuten ohne Korrekturen keine Drift mehr feststellbar ist. Alternativ zum Stern im Osten kann auch einer im Westen verwendet werden; dann sind die Korrekturen in umgekehrter Weise vorzunehmen, d. h. bei einer Sterndrift nach oben ist der Winkel der Stundenachse zu verringern.
  
8. Leider ist das „Einscheinern“ auch jetzt noch nicht beendet, denn nun sollten Sie wiederum einen Stern im Süden aufsuchen, um das Azimut der Montierung erneut – so wie oben beschrieben – in kleineren Schritten zu optimieren. Ist das geschehen, geht es wieder zurück zu einem Stern im Osten oder Westen.  
Die Korrekturschritte werden im Laufe der Prozedur immer kleiner und die Genauigkeit der Aufstellung von Mal zu Mal höher. Für normale Ansprüche einer mobilen Ausrüstung für digitale Astrofotos sollte es reichen, vier Iterationsschritte vorzunehmen, also zweimal einen Stern im Süden und zweimal einen im Osten oder Westen anzufahren. Eine Stunde Zeit ist dafür zu veranschlagen. Eine ausführliche Anleitung ist als PDF-Datei abrufbar unter:  
<http://www.baader-planetarium.de/montierungen/download/scheiner-klassic.pdf>.

abwechselndes Anfahren zweier Sterne. Es ist im Kasten *Ausrichten der Montierung nach Scheiner* auf Seite 117 ausführlich beschrieben. Als Vorteil schlägt zu Buche, dass erstens keine freie Sicht auf den Himmelsspöl vonnöten ist und zweitens durch Wiederholung der Schritte eine beliebig genaue Aufstellung erreicht werden kann.

**3. Einnorden mit Hilfe der Montierungssteuerung** Moderne Montierungen mit GoTo-Steuerungen bieten zum Teil eigene Verfahren zur Einnordung an, die mitunter sehr leistungsfähig sind. Beispielsweise muss der Benutzer die Montierung zunächst so aufstellen, dass die Stundenachse grob auf den Himmelsspöl zeigt. Danach wird in der Handsteuerbox ein hellerer Stern in der Nähe des

Meridians mit der GoTo-Funktion angefahren. Verfehlt die Montierung den Stern, wird er mithilfe der Azimut- und Höhenverstellung der Montierung in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht. Danach ist bereits eine gute Einnordung erreicht, die durch iterative Wiederholungen noch verbessert werden kann. Auf eine detailliertere Beschreibung der vorzunehmenden Schritte muss an dieser Stelle allerdings verzichtet werden, weil die Vorgehensweise stark von der Montierung bzw. Steuerungssoftware abhängt. Entnehmen Sie Einzelheiten dazu der Bedienungsanleitung der verwendeten Montierung. Die Verfahren eignen sich auch für Standorte, an denen der direkte Blick zum Himmelsspöl (z. B. durch ein Gebäude) versperrt ist.



Bei schlecht eingenordeter Montierung dreht sich das Bildfeld um den ausgewählten Leitstern während langer Belichtungen.

### Gutes Einnorden ist wichtig!

Welche Methode Sie auch immer wählen, mit einer gut eingenordeten Montierung schaffen Sie eine sehr wichtige Voraussetzung für gelungene Astrofotos mit langen Belichtungszeiten. Eine exakt aufgestellte Montierung kann unter Umständen sogar die Nachführkontrolle entbehrlich machen oder zumindest wesentlich erleichtern. Ist die Montierung nicht ausreichend gut eingenordet, droht außer einer nicht optimalen Nachführung auch eine Bildfelddrehung während der langen Belichtungszeit, was selbst durch einen Autoguider (s. unten) nicht kompensiert werden kann.

### Die automatische Nachführkontrolle (das Autoguiding)

**Nachführkontrolle** Steigen Brennweite und Belichtungszeit an, werden bei den meisten Montierungen eine Nachführkontrolle und gegebenenfalls Korrekturbewegungen fällig,

was man am besten von einem Autoguider erledigen lässt. Die manuelle Nachführkontrolle, bei der ein Stern durch ein Fadenkreuzokular beobachtet wird, wurde auf Seite 94 f beschrieben. Doch obwohl die Belichtungszeiten im digitalen Zeitalter nur noch in Minuten gerechnet werden, ermüdet die Tätigkeit der manuellen Nachführkontrolle ziemlich, je mehr Aufnahmen man hintereinander macht. Schnell kommt der Wunsch auf, diese etwas monotone Tätigkeit einer Technik zu überlassen.

**Ohne Nachführkontrolle** Gemeinhin wird die Auffassung vertreten, als sei bei längeren Belichtungszeiten und langen Brennweiten zwangsläufig eine Nachführkontrolle (s. u.) unabdingbar. Es muss aber erwähnt werden, dass inzwischen hochpräzise Montierungen angeboten werden, deren Gangabweichung im Bereich weniger Bogensekunden bleibt. Zudem kann die Steuersoftware dafür sorgen, dass sogar die atmosphärische Refraktion



Hier ist eine Kamera huckepack auf einem Fernrohr montiert, das dank angeschlossenem Autoguider als Leitfernrohr fungiert.

berücksichtigt wird, also die unterschiedliche „Anhebung“ der Gestirne durch Lichtbrechung innerhalb der Erdatmosphäre, abhängig von deren Höhe über dem Horizont. Funktionieren derartige Anlagen bestim-

mungsgemäß, ist eine Nachführkontrolle entbehrlich. Wer die hohe Investition in eine derartige Montierung verschmerzt hat, wird mit großem Komfort belohnt und hat sich einer eher lästigen Tätigkeit entledigt, dem Guiding.

**Autoguiding** Tatsächlich gibt es eine technische Lösung, die unter diesem Stichwort bekannt ist. Das Prinzip besteht darin, dass statt dem Auge eine spezielle Digitalkamera verwendet wird, deren Aufnahmesensor in kurzen Intervallen ausgelesen und die Position eines darauf projizierten Sterns durch eine Software ermittelt wird. Diese Guider-Kamera ist durch ein weiteres Kabel mit der Steuereinheit der Montierung verbunden. Dadurch ist die Software des Guiders in der Lage, erforderliche Korrekturbewegungen der Montierung zu veranlassen, wenn festgestellt wird, dass sich die Position des Leitsterns verändert hat. Diese Methode kann schon bei einer aufgesattelten DSLR Anwendung finden (Abb. links).

Geräte, mit denen diese Art der Nachführkontrolle bewerkstelligt werden kann, heißen „Autoguider“. Man unterscheidet Standalone-Autoguider von anderen Lösungen, bei denen außer der Guider-Kamera auch noch ein daran angeschlossener Rechner (z. B. Lap-

### Marktübersicht Autoguider (Auswahl)

Hersteller	Bezeichnung	Kameratyp	Webseite
LACERTA	LACERTA M-GEN II	Standalone Autoguider	<a href="http://www.teleskop-austria.at">www.teleskop-austria.at</a>
SBIG	Autoguider SG-4	Standalone Autoguider	<a href="http://www.sbig.de">www.sbig.de</a>
Baader	LVI-SmartGuider – SG 2.	Standalone Autoguider	<a href="http://www.baader-planetarium.de">www.baader-planetarium.de</a>
Skywatcher	Skywatcher SynGuider	Standalone Autoguider	<a href="http://www.astroshop.de">www.astroshop.de</a>
Astrolumina	ALccd-QHY 5 u.a.	CCD-Cam / Autoguider	<a href="http://www.astrolumina.de">www.astrolumina.de</a>
The Imaging Source	DMK 21AU04.AS u.a.	Videomodul / Autoguider	<a href="http://www.astronomycameras.com">www.astronomycameras.com</a>

top) betrieben werden muss. Standalone-Autoguider stellen die bevorzugte Lösung dar, insbesondere wenn die gesamte Ausrüstung mobil ist und an wechselnden Orten aufgebaut wird. In einer stationären Sternwarte mit Netzstromversorgung ist es einfacher, einen separaten Rechner laufen zu lassen, an den sowohl die Guider-Kamera als auch die Steuerung der Montierung angeschlossen sind. Eine spezielle Guider-Software auf dem Rechner kontrolliert Kamera und Montierung. In diesem Fall kommt als Guider-Kamera eine einfache CCD-Astro-Kamera oder eine Videokamera in Frage, nicht jedoch eine DSLR. Mit „Videokamera“ ist nicht etwa ein handelsüblicher Camcorder gemeint, sondern kleine Kameramodule, die normalerweise in der Industrie ihre Anwendung finden und etwa von der Firma The Imaging Source ([astronomycameras.com](http://astronomycameras.com)) angeboten werden. Diese Kameras haben den Zusatznutzen, dass man sie auch für die Fotografie von Planeten einsetzen kann.

**Autoguider-Übersicht** Ohne Anspruch auf Vollständigkeit können die in der Tabelle links aufgelisteten Geräte als Autoguider in Betracht gezogen werden. Voraussetzung ist zunächst eine Autoguider-Anschlussbuchse an der Steuerung Ihrer Montierung. Dann muss ein passendes Kabel verfügbar sein, um den Guider bzw. den Rechner mit der Buchse zu verbinden. Und letztlich geht es auch noch darum, ob die Steuerbefehle von der Montierungssteuerung erkannt werden, d.h. ob Guider und Montierung kompatibel sind. Als Quasistandard hat sich das Protokoll „ST-4“ etabliert, das auf den ersten verfügbaren Autoguiders, die Kamera ST-4 von SBIG zurückgeht, die schon lange nicht mehr produziert wird.

Aus der Liste hervorheben möchte ich den LACERTA M-GEN II Standalone-Guider, der sich aufgrund nachgewiesener Leistungsfähigkeit großer Beliebtheit erfreut. Dieses Gerät ermittelt die Position des Guidesterns mit Subpixelgenauigkeit, so dass als Leitfern-



Der Autoguider „LACERTA M-GEN II“ besteht aus dem Steuergerät und einem Kamerakopf.

rohre Optiken verwendet werden können, deren Brennweite deutlich kürzer ist als die des Hauptgeräts. Das reduziert Gewicht und Aufwand der ganzen Anlage erheblich, wenn etwa zur Nachführung eines Teleskops mit 1000 mm Brennweite eine Optik mit 200 mm Brennweite ausreicht. Optiken mit 200 mm Brennweite sind zudem vergleichsweise lichtstark, so dass das Finden eines Guidestars vereinfacht wird. Liegt die Genauigkeit des Guiders nur im Pixelbereich, wie etwa beim Skywatcher SynGuider, sollte die Guiding-Brennweite das Doppelte der Aufnahmebrennweite betragen!

Bevor ich die grundsätzliche Vorgehensweise bei der Nachführkontrolle mittels einer Autoguider-Kamera beschreibe, möchte ich noch einen Erfahrungswert weitergeben: Sämtliche verfügbaren Lösungen für das Autoguiding sind keine „Plug & Play-Systeme“. Das bedeutet, dass Sie eine mehr oder weniger mühevolle Lernphase absolvieren müssen, um erfolgreich damit umzugehen. Mit dem Anschließen der Kabel und dem Einschalten des Guiders ist mit Sicherheit noch kein funktionsfähiger Zustand erreicht. Kalkulieren Sie also einige Stunden oder gar Nächte ein, in denen Sie den Autoguider zum Laufen bringen müssen, ohne dass dabei schon Fotos entstehen.

**Inbetriebnahme eines Autoguiders** Im Folgenden werden die nötigen Schritte beschrieben, um einen Standalone-Autoguider



in Betrieb zu nehmen. Im Beispiel wird ein LACERTA M-GEN II verwendet. Jeder andere Guider funktioniert aber sinngemäß gleich oder zumindest ähnlich.

- 1.** Schließen Sie alle Kabel an (Kamerakopf an den Guider, Guider mit Montierungssteuerung und Stromversorgung an den Guider) und schalten sie den Guider ein.
- 2.** Richten Sie Ihr Fernrohr/die Guidingoptik auf einen Stern der Größenklasse 2 bis 5 und zentrieren Sie ihn mit einem hoch vergrößernden Okular sorgfältig in der Mitte des Gesichtsfeldes. Die Nachführung ist dabei eingeschaltet.
- 3.** Ersetzen Sie das Okular durch den Kamerakopf des Guiders. Manche Autoguiders fordern, dass Sie die Kamera so ausrichten, dass Pixelreihen und -spalten der Bewegungsrichtung um Stunden- und Deklinationsachse entsprechen. Beim LACERTA M-GEN II spielt der Winkel keine Rolle.
- 4.** Nun wird bei einer Belichtungszeit von etwa einer Sekunde der Live-View-Modus des Guiders aktiviert, der auf seinem Display den Stern darstellen sollte.
- 5.** Gegebenenfalls muss vorübergehend die Belichtungszeit und/oder die Signalverstärkung angehoben werden, um den Stern sichtbar zu machen. In diesem Modus erfolgt auch die grobe Fokussierung.
- 6.** Der Stern wird nun als Leitstern ausgewählt und danach im Menü der Guiding-Modus aktiviert. Mit gewählter „Profildarstellung“ werden nun der Fokus und die Belichtung optimiert. Der Fokus sollte optimal sein, um eine möglichst kleine Sterndarstellung zu erreichen. Die Belichtung muss so gewählt werden, dass der Leitstern nicht überbelichtet wird. Dabei sind zu kurze Belichtungszeiten zu vermeiden, damit der Guider nicht auf Auslenkungen reagiert, die durch die Luftunruhe (Seeing) ausgelöst werden. Auch zu lange Belichtungszeiten sind zu vermeiden, weil der Guider dann auf eine Ganggenauigkeit nicht schnell genug reagieren kann. Ich versuche immer, als

Belichtungszeit eine oder zwei Sekunden zu verwenden.

- 7.** Dem Guider wird die Brennweite des Leitfernrohrs mitgeteilt.
  - 8.** An der Steuerbox der Montierung sowie am Guider wird die Korrekturgeschwindigkeit eingestellt (z. B. halbe Sternengeschwindigkeit).
  - 9.** Nun folgt die Kalibrierungsroutine. Diese wird durch motorische Bewegungen der Montierung veranlassen, dass der Leitstern verschoben wird. Dadurch „lernt“ die Software, in welche Richtung und um welchen Betrag der Stern bewegt wird, wenn die Steuerbefehle „Stundenachse vor“, „Stundenachse zurück“, „Deklination auf“ und „Deklination ab“ gegeben werden.
- Üblicherweise läuft der Kalibrierungsvorgang so ab, dass die Stundenachse zunächst in eine Richtung bewegt wird. Dann erfolgt eine Belichtung und die neue Sternposition wird vermessen. Danach wird die Achse um den gleichen Betrag in die andere Richtung gesteuert und erneut die Sternposition festgestellt. Idealerweise landet der Stern wieder am Ausgangspunkt, in der Praxis jedoch durch das Spiel im Antrieb nur in dessen Nähe. Die Kalibrierungssoftware kann dadurch auch das Spiel des Antriebs feststellen. Die gleiche Vor- und Rückwärtsbewegung findet anschließend auch für die Deklinationsachse statt. Dann ist der Kalibrierungsvorgang abgeschlossen und die Software „weiß“ nun, welche Steuerbefehle zu geben sind, um die Drift in eine bestimmte Richtung zu kompensieren.
- Der Kalibrierungsvorgang ist eine kritische Phase. Beispielsweise können Sie die Dauer bestimmen, während der die Achsen bei der Kalibrierung in eine Richtung laufen sollen. Je nach Brennweite können das unterschiedliche Werte sein, 10 Sekunden ist aber ein guter Anfangswert. Beobachten Sie während des Kalibrierungsprozesses, wie weit der Stern aus seiner ursprünglichen Lage ausgelenkt wird. Es sollte weit genug sein, damit

die Software eine deutliche Positionsveränderung feststellen kann, aber nicht so weit, dass er aus dem Gesichtsfeld herausgeschoben wird oder andere helle Sterne im Gesichtsfeld auftauchen, die für Irritationen sorgen. Es werden einige Anläufe nötig sein, um die beste Einstellung zu finden.

Der Kalibrierungsprozess muss immer dann erneut durchgeführt werden, wenn das Fernrohr auf eine Himmelsregion mit einer anderen Deklination geschwenkt wird oder wenn die Guiding-Kamera herausgenommen und in einer etwas anderen Orientierung, zum Beispiel leicht verdreht, wieder eingesetzt wird.

**9.** Nach erfolgreichem Absolvieren des Kalibrierungsprozesses bewegen Sie – wenn nötig – den Leitstern mit den Tasten der Handsteuerbox wieder zurück in eine zentrale Region des Aufnahmefeldes und starten den Guiding-Prozess. Wenn alles geklappt hat, werden Abweichungen des Leitsterns von seiner ursprünglichen Position ab sofort mit einer Gegenbewegung der Montierung beantwortet, d. h. die Software sorgt ab diesem Moment dafür, dass der Stern immer wieder an seine Sollposition zurückgeholt wird.

Geben Sie dem System etwas Zeit, indem Sie bis zu zehn Zyklen abwarten, bis es die anfangs möglicherweise auftretenden Unregelmäßigkeiten überwunden hat und sich ein stabiler Zustand eingestellt hat. Jetzt ist der Zeitpunkt erreicht, um eine Aufnahme zu starten.

**10.** Lassen Sie den Guider, nachdem er zum ersten Mal seinen Dienst tut, ruhig einmal über eine halbe oder eine volle Stunde laufen und beobachten Sie den Guiding-Prozess. Später können Sie in Ihrem Gerät nachschauen, welche Parameter die Wirkungsweise möglicherweise verbessern. So gibt es u. a. ein Feld „Aggressivität“, mit dem Sie die Vehemenz, mit der der Guider Abweichungen korrigieren soll, bestimmen können. Ein zu hoher Wert kann zu Überkorrekturen führen, dann schaukelt sich das System auf und

### TIPP: Kein Off-Axis-Guider

► Um ein Leitfernrohr einzusparen, bietet der Handel sogenannte „Off-Axis-Guiders“ an, die einen Spiegel enthalten und einen Teil des Lichts am Rande des Gesichtsfeldes für das Guiding auslenken. Von der Verwendung eines solchen Geräts rate ich ab, denn damit gerät die Suche nach einem Leitstern meist zu einem Abenteuer mit ungewissem Ausgang.

der Leiststern oszilliert um die Sollposition. Eine geringere Aggressivität führt zur Beruhigung.

**11.** Nach Ende der Aufnahmesession wird der Guider ordnungsgemäß heruntergefahren bzw. ausgeschaltet.

**Autoguiding mit langen Brennweiten** Die größte Herausforderung wartet auf Sie, wenn Sie die Kamera im Primärfokus Ihres Fern-

**Am Hauptfernrohr ist hier die Kamera angebracht, am aufgesattelten Leitfernrohr der Autoguider.**





rohrs mit langer Brennweite anbringen und dieses als Aufnahmeeoptik verwenden. Starten Sie bei der fokalen Fotografie nicht mit einer zu langen Brennweite. Viele Objekte lassen sich mit 500 Millimeter Brennweite vorteilhaft ablichten, ohne dass dabei das Guiding zu einem unlösbaren Problem wird. Die Nachführung mit Guiding bei einer Brennweite von 2000 Millimeter stellt selbst für erfahrene Astrofotografen nach wie vor eine Herausforderung dar, an die Sie sich erst mit wachsender Erfahrung herantasten sollten.

Es gibt nicht wenige Ursachen, die zu misslungenen Fokalaufnahmen führen und die von einem Autoguider nicht ausgeräumt werden können. Einige Beispiele seien aufgeführt:

1. Unpräzise Nachführmechanik der Montierung
2. Ruckartig auftretende Ungenauigkeiten der Nachführung
3. Erschütterungen durch Wind oder Bodenvibrationen
4. Fehlende Steifigkeit bei der Verbindung von Montierung, Fernrohr, Leitoptik.
5. Fehlende Steifigkeit beim Sitz der Aufnahmekamera und Guiding-Kamera in ihren Okularauszügen
6. Zug durch gespannte Kabel
7. Enorme Luftunruhe (schlechtes Seeing)



**Fernauslöser mit Timer-Funktion.** Wichtig ist in erster Linie der verriegelbare Auslöser, mit dem auch einfache Geräte ausgestattet sind.

tigen Sie ein Stativ und einen arretierbaren Kabelauslöser.

**Fotos machen** Zum Erstellen der Einzelaufnahmen muss die Kamera auf einem stabilen Stativ montiert sein. Bei der Wahl des Bildausschnitts gehen Sie sorgfältig vor und achten darauf, dass der Horizont nicht schief steht: Ihn später gerade zu stellen, wäre mit erheblichem Aufwand verbunden. Folgende Parameter werden auf manuell bzw. fix gestellt: Belichtungszeit, Blende, ISO-Wert, Weißabgleich und Fokus (AF abschalten). Um die enorme Datenmenge zu reduzieren, ist es eine Überlegung wert, die Aufnahmen ausnahmsweise im JPG- und nicht im RAW-Format zu erstellen. Die Programme, die das Video erstellen, benötigen nämlich ohnehin

## Zeitraffer-Aufnahmen (TimeLapse)

Ohne großen Aufwand lassen sich mit einer DSLR eindrucksvolle Zeitraffer-Filme erstellen, auf denen man beispielsweise die scheinbare Drehung des Himmels oberhalb einer Landschaft oder die Dynamik eines Polarlichts verfolgen kann. Grundsätzlich wird dafür nicht die Videofunktion der Kamera genutzt, sondern es werden zahlreiche Einzelaufnahmen, also ganz normale Fotos aufgenommen, aus denen im Nachhinein eine geeignete Software die Videosequenz herstellt. Neben der DSLR mit Objektiv benötigt

Neben dem manuellen Fokus ist die Einstellung „Reihenaufnahme“ für Zeitraffer-Aufnahmen zu wählen.



JPG und fangen mit RAW nichts an. Fotos im RAW-Format müssten daher alle zunächst ins JPG-Format konvertiert werden, was sehr arbeits- und zeitaufwändig wäre, wenn die Zahl der Einzelbilder hoch ist. Bedenken Sie, dass für Aufnahmen im JPG-Format auch die Kameraeinstellungen „Bildstil“ bzw. „Bildoptimierung“ mit den Reglern „Schärfe“, „Kontrast“, „Farbsättigung“ und „Farbton“ Anwendung finden. Der Regler „Schärfe“ sollte an den linken Anschlag verschoben werden, um eine Überschärfung der Sterne zu umgehen. Alle anderen Regler können je nach persönlichem Geschmack in Position gebracht werden.

Bei der Wahl der Belichtungszeit ist darauf zu achten, dass die Sterne auf einem Einzelbild punkt- und nicht strichförmig abgebildet werden. Orientieren Sie sich diesbezüglich an der Tabelle im Buchumschlag.

Dass die Aufnahmeserie mit vollem Akku und einer Speicherkarte mit ausreichender Kapazität begonnen wird, sei nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Nun erstellen Sie eine Probeaufnahme und prüfen diese kritisch. Sie sollte auch ohne vorgenommene Bildbearbeitung ansehnlich sein.

Ist die Einzelaufnahme gelungen, wird die Kamera in die Betriebsart „Reihenaufnahme“ versetzt, in der sie so lange ein Foto nach dem nächsten aufnimmt, so lange der Auslöser gedrückt bleibt. Drücken Sie dann den Auslöseknopf des Kabelauslösers und arretieren Sie ihn in dieser Position.

**Planung** Es ist besser, wenn Sie sich im Vorfeld Gedanken darüber machen, wie lange Sie die Fotoserie laufen lassen müssen, um einen Zeitrafferfilm mit einer bestimmten Spiel-dauer zu erstellen. Angenommen, Sie belichten jedes Einzelfoto zehn Sekunden lang, und der Zeitrafferfilm wird später z. B. mit einer Bildfrequenz („=Framerate“ = „Frames per Second“ = „FPS“) von 20 Bildern pro Sekunde erstellt, dann benötigen Sie für eine Sekunde Film 20 Einzelaufnahmen. Für diese benöti-

gen Sie  $10 \times 20 = 200$  Sekunden = 3 Minuten und 20 Sekunden Aufnahmezeit. Soll der Zeitrafferfilm eine Laufzeit von 15 Sekunden haben, so müssen Sie die Kamera 50 Minuten lang laufen lassen ( $10 \times 20 \times 15 = 3000$ ;  $3000 / 60 = 50$ ).

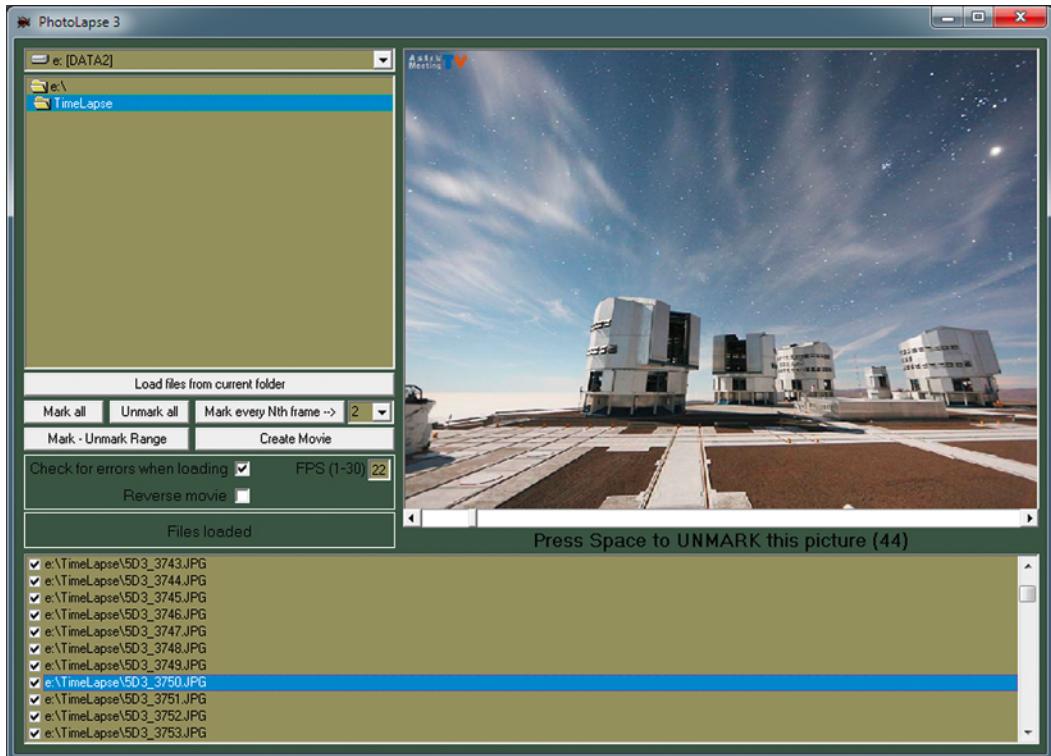
**Erstellen des Zeitrafferfilms** Um die Fotoserie zu einem Video zu verarbeiten, benötigen Sie eine Software. Im einfachsten Fall verwenden Sie dazu eine Freeware, etwa „PhotoLapse 3“, die Sie von der Seite [www.portablefreeware.com/?id=1842](http://www.portablefreeware.com/?id=1842) herunterladen können. Nach dem Start von *PhotoLapse* wählen Sie den Ordner aus, in dem die Einzelfotos gespeichert sind. Am besten speichern Sie keine weiteren Bilder in diesem Ordner, auch nicht die vor der Aufnahmeserie erstellten Testaufnahmen!

Alles, was Sie in *PhotoLapse* jetzt noch machen müssen, ist die gewünschte Bildfrequenz bei „FPS“ eintragen, die Schaltfläche „Load files from current folder“ und zum Schluss die Schaltfläche „Create Movie“ betätigen. *PhotoLapse* erzeugt danach den Zeitrafferfilm im AVI-Format. Vor der Erstellung eines Films empfiehlt sich die Reduktion der Größe aller Einzelbilder. Wie Sie das automatisiert erledigen können, steht auf Seite 127.

**Tipp** Brechen Sie eine laufende Serie nicht vorschnell ab, wenn etwas Unvorhergesehenes passiert. Ziehende Wolken zum Beispiel können einem Zeitraffervideo sogar den letzten Schliff geben!

**Beispiel** Einen Beispiel-Zeitrafferfilm können Sie sich ansehen unter [www.astrometing.de/timelapse.htm](http://www.astrometing.de/timelapse.htm), der aus 544 Einzelaufnahmen besteht, von denen jede 20 Sekunden lang belichtet wurde. Die dargestellte Sequenz spielte sich in Wirklichkeit innerhalb von drei Stunden ab. Während den Aufnahmen wurde die Kamera langsam horizontal geschwenkt (siehe unten).

**Kameraschwenk** Besonders pfiffig wirkt der Zeitrafferfilm, wenn während des Films die Kamera einen Schwenk ausführt. Dazu kann die Nachführung einer astronomischen Mon-



Die kostenlos erhältliche Software „PhotoLapse“ erstellt aus vielen Einzelaufnahmen einen Videofilm.

tierung „missbraucht“ werden. Ihre Stundenachse wird mit 15 Grad pro Stunde bewegt, wenn „Sterngeschwindigkeit“ eingestellt ist. Die Montierung wird so aufgestellt, dass die

**Die Antriebsachse einer Montierung kann senkrecht gestellt und damit für Kamerabewegungen parallel zum Horizont genutzt werden.**



Stundenachse genau senkrecht steht, was leider nicht bei allen Montierungen möglich ist. Durch Umschalten der Steuerung auf „Nord-“ bzw. „Südhalbkugelbetrieb“ kann die Drehrichtung gewählt werden.

Rechnen Sie am besten aus, wohin die Kamera am vermeintlichen Ende der Aufnahmeserie zeigt. Angenommen, Sie wollen die Aufnahmeserie drei Stunden lang laufen lassen, dann bewegt sich die Montierung  $3 \times 15 = 45$  Grad weiter. Hat die Montierung Teilkreise, können Sie die Achse direkt drei Stunden in die entsprechende Richtung bewegen und sehen exakt den Bildausschnitt, den die Kamera nach drei Stunden haben wird. Achten Sie dabei besonders darauf, dass die Achse wirklich senkrecht steht, also ob der Horizont immer noch waagerecht ist! Stellen Sie sicher, dass sich die Stundenachse nicht versehentlich in die falsche Richtung dreht.

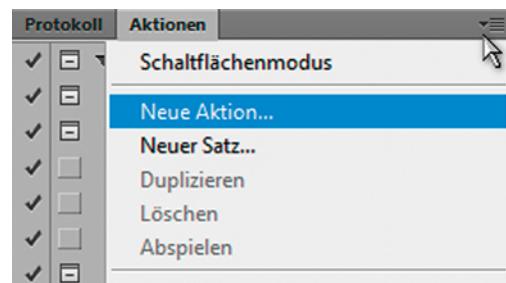
Manche Montierungen, zum Beispiel die „StarLapse“ von Losmandy, bieten für Timelapse-Aufnahmen höhere Antriebsgeschwindigkeiten, nämlich 20 bis 240 Grad pro Stunde. Insbesondere bei hohen Geschwindigkeiten achten Sie bitte darauf, dass die Sterne auf den Einzelaufnahmen durch die Schwenkung nicht zu Strichen werden.

**Tipp** Es wirkt gut, wenn ein Kameraschwenk nicht während des ganzen Zeitrafferfilms stattfindet. Schalten Sie die Montierung dazu erst nach einer Weile ein oder bereits deutlich vor dem Ende einer Aufnahmeserie aus.

**Automatisierte Bildbearbeitung** Gerade bei der Bildserie für ein Zeitraffervideo entsteht der Wunsch, die vielen Einzelaufnahmen einer gleichbleibenden Bearbeitung zu unterziehen, bevor ein Video daraus gemacht wird. Im einfachsten Fall ist das die Verkleinerung der Bilder auf ein für Video übliches Maß, etwa die Auflösung im HD-Format (1920 × 1080 Pixel). Dazu können Sie in Photoshop ein Beispelfoto wunschgemäß bearbeiten, die durchgeführten Aktionen währenddessen aufzeichnen und die aufgezeichnete Aktion dann auf eine beliebige Zahl anderer Fotos anwenden.

**Aufzeichnen der Aktion** Öffnen Sie in Photoshop die Beispieldaufnahme und wählen Sie danach den Befehl „Fenster/Aktionen“, um die Palette „Aktionen“ einzublenden, falls das noch nicht geschehen ist. Durch einen Klick auf das kleine Symbol rechts oben in der Palette kommen Sie zu einem Menü, aus dem Sie den Befehl „Neue Aktion“ auswählen. Vergeben Sie einen Namen und führen Sie konzentriert alle Befehle aus, die Sie aufzeichnen möchten. Beenden Sie die Aufzeichnung, indem Sie aus dem gleichen Menü den Punkt „Aufzeichnung beenden“ wählen.

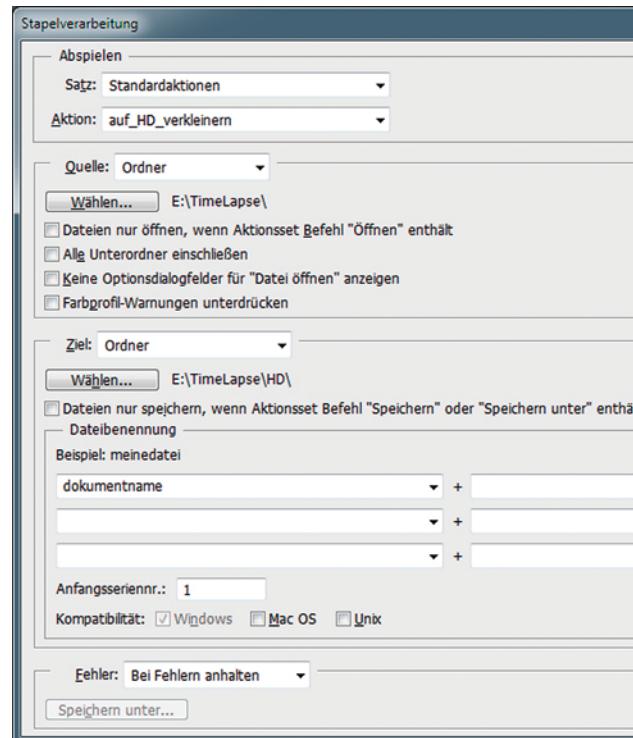
**Ausführen der Aktion** Um die aufgezeichnete Aktion auf alle Bilder in einem Ordner anzuwenden, wählen Sie in Photoshop den Befehl „Datei/Automatisieren/Stapelverarbeitung ...“. Nach der Wahl der richtigen Aktion wählen Sie in der Rubrik „Quelle“ den Ordner aus, in



In der Palette „Aktionen“ findet sich der Befehl zum Aufzeichnen einer neuen Aktion.

dem Ihre Dateien gespeichert sind. Stellen Sie bei „Ziel“ auch „Ordner“ ein und entscheiden Sie sich unbedingt für einen von der Quelle abweichenden Ordner, da ansonsten die Gefahr besteht, dass die Originalfotos überschrieben werden! Mit „Ok“ starten Sie die Stapelverarbeitung.

In diesem Dialogfeld kann eine Aktion auf viele Bilder angewendet werden.





# Bildbearbeitung



In diesem Kapitel lernen Sie, wie Sie ein digitales Foto „entwickeln“ und wie Sie Artefakte, also durch die Aufnahmetechnik erzeugte Informationen, in Ihren Bildern eliminieren können. Außerdem erhalten Sie Tipps und Tricks für die nachträgliche Optimierung.

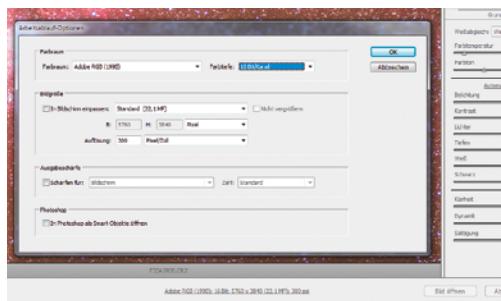
## Das „Entwickeln“ einer RAW-Datei

Viele astronomische Motive verfügen über einen enormen Dynamikumfang, womit der Helligkeitsunterschied zwischen hellster und dunkelster Motivregion gemeint ist. Der Dynamikbereich einer digitalen Spiegelreflexkamera ist jedoch begrenzt. Um ihn auszuschöpfen und ein optimales Bildergebnis zu erreichen, ist das RAW-Format beim Fotografieren dem JPG-Format weit überlegen. Das RAW-Format wird an der Kamera bei „Bildqualität“ eingestellt. Meine Kamera steht immer auf „RAW plus JPG“, beim RAW immer auf der maximal möglichen Auflösung, sofern wählbar (also keinesfalls M-Raw oder S-Raw).

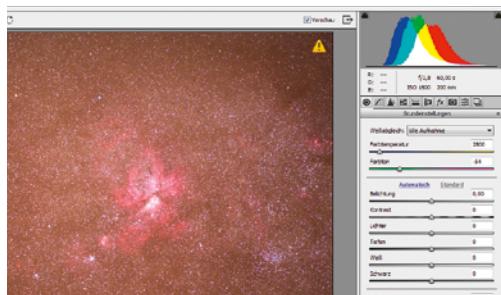
**Einlesen von RAW-Dateien** Photoshop enthält bereits einen leistungsfähigen Konverter, um RAW-Dateien einlesen zu können. Dieses Modul nennt sich „Adobe Camera Raw“ (ACR) und erscheint automatisch, sobald Sie in Photoshop eine RAW-Datei, die bei Canon den Dateisuffix „CR2“, bei Nikon „NEF“ trägt, öffnen. Durch Programmupdates (Photoshop-Befehl „Hilfe/Aktualisierungen...“) können Sie sicherstellen, dass auch RAW-Dateien von neu auf dem Markt erscheinenden Kameramodellen lesbar sind. Aktualisierungen werden von Adobe aber nur dann angeboten, so lange die verwendete Version von Photoshop noch nicht durch eine Nachfolgeversion abgelöst wurde.

**Bit-Tiefe** Für Astrofotos sehr zu empfehlen ist, dass das RAW-Foto in eine 16-Bit-Datei umgewandelt wird. Dazu klicken Sie in dem

„Camera Raw“-Modul auf den blau unterstrichenen Link und wählen im erscheinenden Dialogfeld bei „Farbtiefe“ den Eintrag „16 Bit“



Kanal“ aus. Nach Übernahme mit „OK“ klicken Sie auf die zwei kleinen schwarzen Pfeilchen oberhalb des angezeigten Histogramms (Abb. unten; „Warnung zur Tiefenbeschneidung“ und „Warnung zur Lichterbeschneidung“), um in der Bildvorschau Unterbelichtungen in blauer Farbe und Überbelichtungen in roter Farbe anzuzeigen.



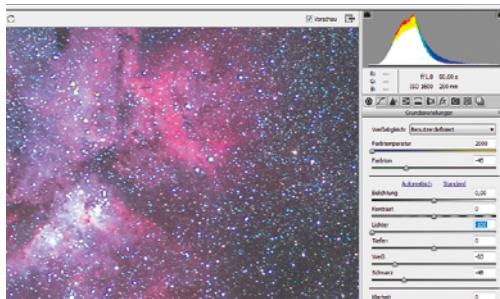
Durch Registerkarten des „Camera Raw“-Moduls können Sie nun eine ganze Fülle von Bildparametern ändern, verbessern und

beeinflussen. Konzentrieren Sie sich dabei auf die folgenden Punkte.

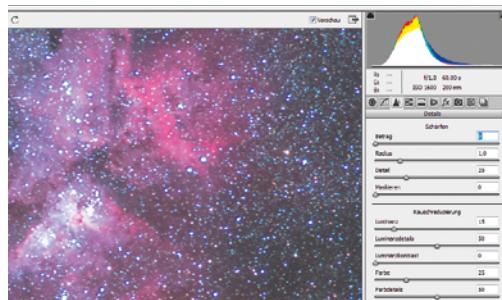
**Weißabgleich, Belichtungskorrektur** Registerkarte „Grundeinstellungen“: Hier haben Sie die Möglichkeit, den Weißabgleich zu verändern. Wählen Sie entweder einen in dem Listenfeld vorgegebenen Begriff (z. B. „Tageslicht“) oder verschieben Sie die Regler „Farbtemperatur“ und „Farbton“, bis Ihnen das Foto in der Vorschau farblich zusagt. Beobachten Sie während des Verschiebens auch das Histogramm oben rechts!

Sie können auch einen benutzerdefinierten Weißabgleich versuchen, indem Sie ganz links oben aus der Leiste das dritte Werkzeug von links mit der Bezeichnung „Weißabgleich-Werkzeug“ auswählen und damit im Bild auf eine Stelle klicken, die als Referenz für „farblos“ dient, beispielsweise den nächtlichen Himmelshintergrund oder den Kern einer Galaxie. Die angeklickte Region sollte aber nicht über- oder unterbelichtet sein. Probieren Sie es mit Klicks an verschiedenen Stellen im Bild.

Danach können Sie durch den Regler „Belichtung“ eine eventuelle Fehlbelichtung innerhalb gewisser Grenzen korrigieren. Mit „Lichter“ und „Weiß“ lassen sich leicht überbelichtete Bereiche, etwa das Zentrum heller Sterne, „retten“, wenn man sie nach links bewegt. Die Regler „Tiefen“ und „Schwarz“ hingegen können unterbelichtete Bereiche selektiv anheben, wenn Sie sie nach rechts bewegen.

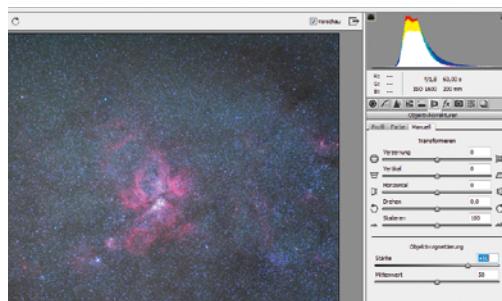


**Nachschärfung, Rauschreduzierung** Registerkarte „Details“: Hier können Sie die Schär-



fung und die Rauschreduzierung des Bildes steuern. Um den Effekt einer Schärfung und einer Rauschreduzierung beurteilen zu können, sollten Sie einen Teil des Bildes in 100 % Größe in dem Vorschaufenster sehen. Klicken Sie dazu links unterhalb des Bildes auf das Listenfeld, in dem anfangs eine Prozentzahl steht, die kleiner als 100 ist. Danach können Sie mit der „Hand“ (links oben) den sichtbaren Bildbereich verschieben. Bei der Schärfung empfiehlt es sich bei Sternaufnahmen, den Regler „Betrag“ ganz nach links zu ziehen, um keine Schärfung durchzuführen, denn die Sternränder werden durch eine Schärfung oft unansehnlich. Die Rauschreduzierung ist aufgeteilt in „Luminanz“ und „Farbe“, d. h. Sie können hier Luminanz- und Farbrauschen separat behandeln. Bei starkem Bildrauschen kann der Regler „Luminanz“ nach rechts verschoben werden, aber bitte nicht zu weit, sonst droht der Verlust von Motivdetails.

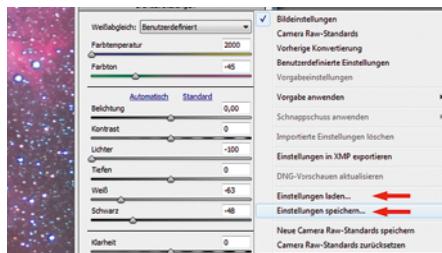
**Vignettierung beseitigen** Registerkarte „Objektivkorrekturen“: Zoomen Sie am besten wieder aus, um das ganze Bild zu sehen („in An-





## TIPP: Grundbearbeitungsschritte speichern

► Eine einmal erarbeitete Konfiguration des „Camera Raw“-Moduls können Sie permanent unter einem Profilnamen Ihrer Wahl abspeichern. Klicken Sie dazu in der Leiste der Registerkarten rechts auf das kleine Symbol, dort gibt es den Befehl „Einstellungen speichern ...“ (s. Abbildung). Mit „Einstellungen laden ...“ können Sie auf das gespeicherte Profil zurückgreifen, um es auf andere Fotos anzuwenden.



sicht einpassen“ statt „100 %“). Dann können Sie vielleicht eine Abdunklung der Bildecken erkennen, die als „Objektiv-Vignettierung“ bezeichnet wird und sich in dieser Registerkarte unter dem Stichwort „Manuell“ beseitigen lässt. Verwenden Sie die Schieberegler „Stärke“ und „Mittenwert“, um Ihr Bild nach Augenmaß bestmöglich zu korrigieren. Der Bereich „Chromatische Aberration entfernen“ unter dem Stichwort „Farbe“ ist dann interessant, wenn die Sterne in den Bildecken farbige Ränder aufweisen. Um dies zu kontrollieren, ist wieder das Einzoomen auf 100 % sinnvoll.

**Speichern der Einstellungen** Wenn alle Korrekturen vorgenommen wurden, öffnen Sie das Bild mit der Schaltfläche „Bild öffnen“. Photoshop legt dann in dem gleichen Ordner, in dem die RAW-Datei gespeichert ist, eine weitere Datei mit der Endung „xmp“ ab. Diese enthält alle von Ihnen festgelegten Einstellungen von „Adobe Camera Raw“ bezüglich dieses Bildes. Wenn Sie die RAW-

Datei also später wieder einmal öffnen, müssen Sie nicht alle Einstellungen erneut durchführen.

## Erstellung von Dunkelbildern

Dunkelbilder, oft auch „Darkframes“ genannt, werden aufgenommen, ohne dass der Sensor tatsächlich belichtet wird, also bei aufgesetztem Objektivdeckel. Bei einer theoretisch perfekten Kamera wäre ein absolut schwarzes Bild zu erwarten. Nicht jedoch in der Realität, denn die Sensoren produzieren auch dann ein Signal, wenn kein Licht auftrifft. Dieses Signal ist unerwünscht und wird als „Rauschen“ bezeichnet. Das Rauschen hat verschiedene Ursachen, die sich addieren.

**Rauschanteile einer Aufnahme** Ein Dunkelbild soll den systematischen Rauschanteil erfassen, der dann vom eigentlichen Foto subtrahiert und damit eliminiert wird. Das funktioniert nur dann, wenn man davon ausgehen darf, dass das Rauschen eines Dunkelbildes identisch ist mit dem Rauschen in der Aufnahme. Hundertprozentig trifft das in keinem Fall zu, denn das Rauschen enthält auch eine statistische, variable Komponente. Glücklicherweise ist der überwiegende Teil des Rauschens jedoch systematisch und reproduzierbar.

Wie stark eine Kamera rauscht, hängt zunächst von festen Faktoren ab: Dem verwendeten Sensor und der verwendeten Ausleseelektronik. Vergleiche zeigen, dass neuere Kameramodelle gegenüber älteren deutlich im Vorteil sind. Modelle mit größeren Pixeln zeigen tendenziell ein geringeres Rauschniveau als solche mit kleinen Pixeln. Nicht verschwiegen werden darf auch der Unterschied, der durch Serienstreuung zwischen verschiedenen Exemplaren ein- und desselben Modells auftritt.

Für eine Kamera betrachtet, gibt es Abhängigkeiten von den getätigten Einstellungen und der Temperatur. Ein großer Anteil am Rauschen ist nämlich das sogenannte ther-

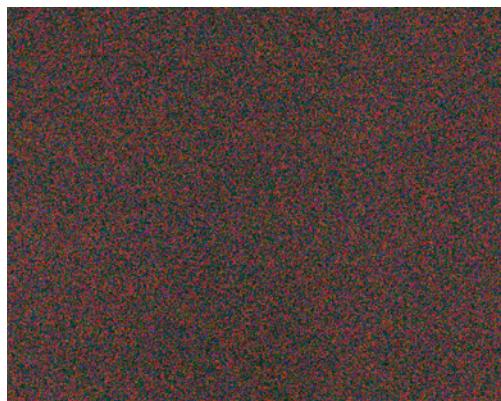
mische Rauschen, das durch temperaturbedingte Prozesse auf dem Sensor verursacht wird. Die Stärke des Rauschens ist abhängig von den folgenden drei Faktoren:

1. Eingestellter ISO-Wert
2. Belichtungszeit
3. Temperatur

Je höher der ISO-Wert ist, je länger die Belichtungszeit dauert und je höher die Temperatur des Sensors ist, desto mehr Bildrauschen tritt auf.

**Erstellen eines Darkframes** Damit der Dunkelbildabzug seinen Zweck erfüllen kann, müssen alle drei Faktoren möglichst mit denen des eigentlichen Fotos übereinstimmen. Wird beispielsweise das Foto einer Galaxie fünf Minuten lang bei ISO 800 belichtet, müssen diese Einstellungen auch für das dazugehörige Dunkelbild gelten. Um eine möglichst gleich bleibende Temperatur sicherzustellen, sollte das Dunkelbild unmittelbar vor oder nach der Himmelsaufnahme erstellt werden, zumindest jedoch in zeitlicher Nähe. Der Faktor Temperatur ist recht kritisch, denn der Aufnahmesensor erwärmt sich im Dauerbetrieb etwas. Mehrere Grad Celsius kann der Temperaturanstieg betragen, wenn eine Langzeitbelichtung nach der nächsten erfolgt. Allerdings steigt die Temperatur nicht kontinuierlich weiter, sondern nähert

**Auch ohne Belichtung erzeugt der Sensor ein Signal, das Dunkelstromrauschen.**



sich einem Maximalwert. Nichtsdestotrotz: Pro 6–7 Grad Temperaturanstieg muss mit einer Halbierung des Signal-Rausch-Verhältnisses, also einem Anstieg des Rauschens auf das Doppelte, gerechnet werden!

Um diese Tatsache zu berücksichtigen, können Pausen zwischen den Aufnahmen zum Abkühlen des Sensors eingelegt werden.

Oder man nimmt die Dunkelbilder mit einem durch Dauerbetrieb „heißgelaufen“ Sensor auf. Hauptsache, die Sensortemperatur der Himmelsaufnahmen ist in etwa identisch mit der bei der Erstellung der Dunkelbilder. Dunkelbilder, die mit leicht abweichender Sensortemperatur erstellt werden, sind aber immer noch besser als überhaupt keine Dunkelbilder.

Achtet man auf die Sensortemperatur, kann ein einmal aufgenommenes Dunkelbild für eine ganze Aufnahmeserie verwendet werden. Wenn Sie etwa zwanzig Aufnahmen der Galaxie machen und jede davon fünf Minuten lang belichten, brauchen Sie keine zwanzig Dunkelbilder. Im Idealfall erstellen Sie zu Beginn, in der Mitte und nach der Aufnahmeserie ein paar Dunkelbilder (s. u.). Wenn Sie die ganze Nacht lang Aufnahmen machen, ist damit zu rechnen, dass die Außentemperatur absinkt. Dann kann es sich lohnen, nach einer gewissen Zeit neue Dunkelbilder anzufertigen.

**Sind mehrere Darkframes nötig?** Steigern lässt sich der Erfolg des Dunkelbildabzugs, wenn nicht nur ein, sondern mehrere Dunkelbilder aufgenommen werden. Von dieser Dunkelbildserie wird danach ein statistisches Mittel errechnet und als „Master-Dunkelbild“ schließlich von den Himmelsaufnahmen subtrahiert. Mit diesem Verfahren werden der statistisch schwankende Rauschanteil und der Temperaturunterschied durch die Sensorwärmung berücksichtigt. Je mehr Dunkelbilder man mittelt, desto besser wird das Ergebnis ausfallen, wobei mehr als zehn Dunkelbilder keinen sichtbaren Fortschritt mehr erbringen.



In der Praxis versuche ich stets, pro Motiv zehn Dunkelbilder anzufertigen. Manchmal fehlt dazu jedoch die Zeit, dann begnügen mich auch mit einer geringeren Zahl. Selbst ein einziges Dunkelbild ist erheblich besser, als komplett darauf zu verzichten! Auch wenn eine Dunkelbildserie sinnvoll ist, ist das erste Dunkelbild das wichtigste. Danach fällt der Qualitätszuwachs für jedes weitere Dunkelbild immer geringer aus.

**Automatische Rauschreduzierung** Bei vielen Spiegelreflexkameras lässt sich im Menü eine automatische Rauschreduzierung bei Langzeitbelichtungen aktivieren (s. auch Seite 11). Wenn Sie diese Einstellung verwenden, erstellt die Kamera nach jeder Aufnahme automatisch ein Dunkelbild und subtrahiert dieses von der Aufnahme. Das bedeutet bei manchen Modellen, dass die Kamera nach jeder Aufnahme für die Dauer der Belichtungszeit nicht zu verwenden ist, weil sie mit der Gewinnung des Dunkelbildes beschäftigt ist. Die Hälfte der Beobachtungszeit einer Nacht geht verloren, andererseits erspart man sich das nachträgliche Abziehen des Dunkelbildes. Andere Modelle verwenden ein einmal aufgenommenes, internes Dunkelbild auch für nachfolgende Aufnahmen mit gleicher Belichtungszeit.

Wie auch immer: Von den Fotos, bei denen die Kamera bereits ein Dunkelbild abgezogen hat, darf hinterher kein weiteres Dunkelbild mehr subtrahiert werden. Wenn Sie separate Dunkelbilder aufnehmen, muss die automatische Rauschreduzierung der Kamera daher ausgeschaltet werden!

Meine Empfehlung ist, die kameraeigene Rauschreduktion bei Langzeitbelichtung auszuschalten und diese Funktion mit separaten aufgenommenen Dunkelbildern selbst zu übernehmen.

**High-ISO-Rauschreduzierung** Bietet die Kamera eine solche Einstellung an, ist diese auszuschalten, da andernfalls die nachträgliche Subtraktion von Dunkelbildern nicht mehr gelingt.

**Tonwert-Priorität** Für diese Einstellung gilt, sofern vorhanden das Gleiche wie bei der High-ISO-Rauschreduzierung.

**Automatische Belichtungsoptimierung** Auch für diese Einstellung gilt das Gleiche wie bei der High-ISO-Rauschreduzierung.

**Bildstil/Bildoptimierung** Diese Einstellungen wirken sich nur auf die JPG-Dateien, nicht aber auf die RAW-Dateien aus und sind daher ohne Belang.

**Verwendete Kamera** Selbstverständlich müssen die Dunkelbilder mit der gleichen Kamera produziert werden, mit der auch die Himmelsaufnahmen entstehen. Auch eine Zweitkamera gleichen Typs kann diese Aufgabe nicht übernehmen.

**Dunkelbild-Bibliothek** Hier und dort wird diskutiert, ob es sinnvoll ist, sich eine Dunkelbild-Bibliothek anzulegen, auf die man nach einer Aufnahmenacht zugreifen kann. Ich kann davon nur abraten und empfehle, stets „frische“ Dunkelbilder zu produzieren.

**Aussehen eines Darkframes** Dunkelbilder (s. S. 131) wirken auf den ersten Blick schwarz, zeigen aber bei genauer Betrachtung helle und auch farbige Pixel oder Pixelgruppen. Zusammen mit den Hellfeldbildern werden Dunkelbilder benötigt, um die Himmelsfotos zu kalibrieren. Unter der Kalibrierung versteht man die Beseitigung möglichst aller artifizieller Signale im Bild, die nicht vom fotografierten Objekt stammen, sondern von der verwendeten Technik hinzugefügt werden.

**Achtung: Immer RAW!** Ein Dunkelbildabzug ist nur dann erfolgversprechend, wenn sowohl die Fotos als auch die Dunkelbilder im RAW-Format erstellt und verrechnet werden, bevor eine Bildverarbeitungssoftware aus dieser RAW-Datei ein Farbbild interpoliert hat. Um eine RAW-Datei ohne Interpolation des Farbbildes öffnen zu können, benötigen Sie eine spezielle Software. Mit der Kamera gelieferte Programme oder Photoshop helfen in diesem Fall nicht weiter. Wie die Kalibrierung funktioniert und welche Softwareprodukte hierfür sinnvoll sind, wird ab Seite 135 beschrieben.

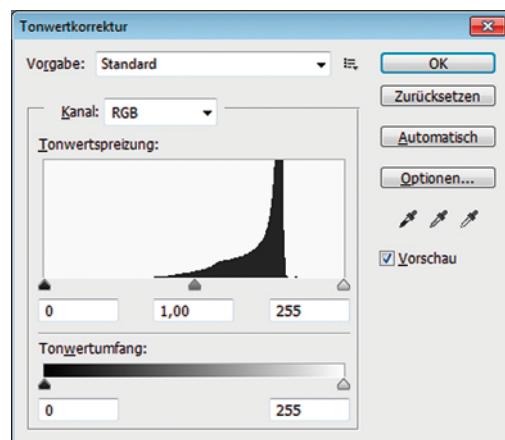
**Dunkelbilder ohne Zeitverlust** Im Gegensatz zu den Hellfeldbildern (s. u.) können die Dunkelbilder entstehen, nachdem Sie die Kamera vom Teleskop getrennt und abmontiert haben. Verschließen Sie einfach das Kameraobjektiv mit einem Gehäusedeckel und achten Sie darauf, dass auch in den Kamerasucher kein helles Licht einfällt. Dann können Sie die Kamera noch Dunkelbilder produzieren lassen, während Sie schon den Rest der Ausrüstung abbauen und verstauen.

## Erstellung von Hellfeldbildern

Hellfeldbilder, die auch „Flatframes“ genannt werden, dienen – zusammen mit den Dunkelbildern (s. Seite 130) – zur Kalibrierung Ihrer Himmelsfotos. Das bedeutet, sie tragen dazu bei, unerwünschte Bildinformationen, die nicht vom fotografierten Objekt stammen, zu beseitigen.

**Nutzen der Hellfeldbilder** Die Beseitigung der Vignettierung ist eine Aufgabe der Hellfeldbilder. Als Vignettierung wird der Lichtabfall abseits der optischen Achse bezeichnet, der besonders deutlich durch dunklere Bildecken im Vergleich zur Bildmitte sichtbar wird. Vignettierung tritt praktisch bei allen Foto- und Fernrohroptiken auf, solange man sie nicht stark abblendet. Weiterhin werden mit Hellfeldbildern jene dunklen, mehr oder weniger großen Flecken bekämpft, die durch unvermeidbare Schmutzpartikel im Strahlengang entstehen. Liegen solche Partikel auf dem Aufnahmesensor, werden sie relativ klein, aber scharf abgebildet (vgl. Seite 16). Schmutz auf Linsen oder Spiegeln im gebündelten Teil des Strahlengangs (hinter der Eintrittspupille) führt zu mehr oder weniger großen, dunkleren, kreisförmigen Flächen im Bild, die bei Spiegelteleskopen auch ringförmig sein können. Zu guter Letzt korrigieren Hellfeldbilder die Fehlinformationen, die zustande kommen durch die leicht unterschiedliche Lichtempfindlichkeit der einzelnen Pixel eines Sensors.

**Erstellen eines Flatframes** Aufgenommen werden Hellfeldbilder, indem eine möglichst gleichmäßig hell beleuchtete Fläche fotografiert wird. Das muss mit der gleichen Optik geschehen, mit der auch die Himmelsaufnahmen gewonnen wurden. Stellen Sie dazu den ISO-Wert auf die niedrigste Zahl (z. B. ISO 100) und belichten Sie so, dass der Höhepunkt des Histogramms (s. auch S. 139) etwa in der Mitte oder ein wenig rechts der Mitte liegt (s. Abbildung). Überbelichtete Bereiche,



Typisches Aussehen des Histogramms einer Hellfeldaufnahme.

Halbtransparenter Vorsatz zur Erzeugung eines Flatframes.





**Ein Flatframe zeigt Vignettierung und Schmutzpartikel im Strahlengang.**

die durch ein Anschlagen des Histogramms auf der rechten Seite erkennbar sind, müssen unbedingt vermieden werden, ebenso starke Unterbelichtung. Erstaunlich gute Resultate liefert die simple Verwendung der Zeitäutomatik. Falls gewünscht, verschiebt man – vom Automatikergebnis ausgehend – das Histogramm mit einer manuell eingestellten Belichtungskorrektur auf +1 EV bis +2 EV nach rechts. Weil im Zuge der Bildkalibrierung durch das Hellfeldbild dividiert wird, muss dieses möglichst rauschfrei sein. Um statistische Abweichungen zu umschiffen, sollten etwa zehn Hellfeldbilder entstehen, die dann im Zuge der Kalibrierung gemittelt werden.

**Wichtiger Hinweis** Die Hellfeldbilder müssen mit genau der Konfiguration erzeugt werden, mit der auch die Himmelsfotos gemacht wurden. Weder Schärfe noch Blende dürfen verstellt werden! Die Kamera darf keinesfalls vom Fernrohr abmontiert und ein angesetztes Objektiv darf nicht von der Kamera genommen werden, bevor die Hellfeldbilder erstellt wurden. Selbst kleinste Differenzen, wie sie beim erneuten Anschließen unweigerlich auftreten würden, hätten zur Folge, dass abgebildeter Schmutz der Aufnahmeoptik eine andere Position auf den Hellfeld-

bildern einnehmen würde im Vergleich zu den Himmelsaufnahmen. Dann schaden die Hellfeldbilder den eigentlichen Aufnahmen mehr als sie nutzen. Vor der Demontage der Ausrüstung darf demnach nicht vergessen werden, die Hellfeldbilder zu produzieren!

**Aussehen eines Hellfeldbildes** Das typische Erscheinungsbild eines Hellfeldbildes ist ein mehr oder weniger gleichmäßig helles bzw. graues Foto, auf dem es weder unter- noch überbelichtete Bereiche gibt. Allenfalls der Lichtabfall in den Bildecken und dunklere Flecken, verursacht durch Schmutzpartikel im Strahlengang, sind auf ihm zu erkennen.

**Staublöschung** Einige Kameramodelle bieten im Menü, z.B. unter dem Stichwort „Staublösungsdaten“, eine kamerainterne Hellfeldbildkorrektur an. Ich habe mit dieser Funktion keine brauchbaren Ergebnisse erzielt und muss daher von deren Verwendung abraten.

### Praxistipps zum „Flatten“

► Nicht immer ist es leicht, nachts eine gleichmäßig beleuchtete Fläche zu finden, die man für die Erstellung der Hellfeldbilder benötigt. Ich arbeite mit einem weißen Stoff, den ich mittels eines Gummibandes vor das Objektiv bzw. die Eintrittsöffnung spanne. Die Beleuchtung erfolgt dann durch ein von der Kamera getrenntes Blitzgerät oder eine Taschenlampe. Das ist aber nur ratsam, wenn man durch das Licht keine Mitbeobachter stört. Eleganter sind spezielle, im Handel erhältliche Leuchtfolien. Alternativ können Sie auch „Sky-Flats“ machen, indem Sie bei abgeschalteter Nachführung den Dämmerungshimmel fotografieren. Die eventuell sichtbaren Sterne oder Sternspuren verschwinden, wenn Sie mindestens zehn solche Aufnahmen machen und diese dann im DeepSkyStacker mit der Funktion „Kappa-Sigma-Clipping“ mitteln.

## Kalibrierung der Fotos

Um zu verstehen, wie die Verarbeitung von Dunkel- und Hellfeldbildern zu erfolgen hat, ist ein kleiner Exkurs in die Sensortechnik der DSLR hilfreich.

**Entstehung eines Farbbildes** Farbfotos können entstehen, weil die einzelnen Pixel des Aufnahmesensors mit winzigen Farbfiltern versehen sind. Von vier Pixeln sind zwei mit einem Grünfilter ausgestattet, einer mit einem Rot- und einer mit einem Blaufilter. Das charakteristische Filtermuster wird als „Bayer-Matrix“ bezeichnet.

Der Sensor liefert nach der Belichtung und dem Auslesen der Daten primär ein Schwarzweißbild, das anschließend von einer Software in ein Farbbild umgewandelt wird. Die Software muss „wissen“, welche Farbe die Filter vor den einzelnen Pixeln haben, um realistische Farben rekonstruieren zu können. Als Endergebnis entsteht ein Farbbild in der vollen Auflösung des Sensors, so dass eine Interpolation der Farbinformationen erfolgen muss. Ein Pixel mit einem Grünfilter enthält z. B. keine Informationen, wie hell das Motiv im Rot- oder Blaubereich war. Diese fehlenden Daten werden aus den umgebenden Pixeln hergeleitet, also errechnet, und müssen der Realität nicht zwingend entsprechen.

Die Fotos eines Himmelsobjektes enthalten natürlich völlig andere Strukturen als ein Dunkel- oder Hellfeldbild. Öffnet man diese Fotos in einem normalen Bildbearbeitungsprogramm wie z. B. Photoshop, erfolgt die Umwandlung in ein Farbbild automatisch. Das hat zur Konsequenz, dass die Informationen auf Pixelebene durch Interpolation verloren gehen. Nach der Interpolation ist eine Kalibrierung durch Dunkel- oder Hellfeldbilder also nicht mehr möglich und führt zu fehlerhaften Resultaten. Folglich sind Programme wie Photoshop nicht dazu in der Lage, die Kalibrierung durchzuführen. Umgekehrt sind kalibrierte Aufnahmen keine

### Software zur Bildkalibrierung

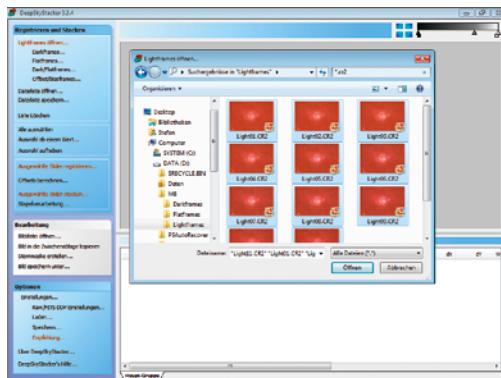
► Geeignet sind beispielsweise folgende Programme: DeepSkyStacker, PixInsight, AstroArt, MaxIm DSLR, Regim, ImagesPlus, IRIS, Fitswork. Die Bezugsquellen dazu finden Sie im Anhang auf Seite 157.

RAW-Dateien mehr, sie können also nicht mehr mit dem „Camera-Raw“-Modul entwickelt werden (s. S. 128).

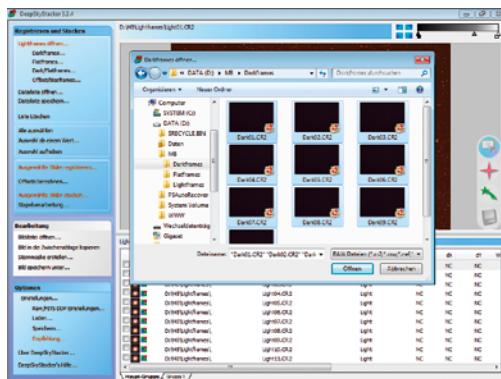
**Geeignete Software zur Kalibrierung** Grundätzlich ist eine Kalibrierung nur möglich, wenn sowohl die Himmelsaufnahmen als auch die Dunkel- und Hellfeldbilder im RAW-Format aufgenommen wurden. Fotos im JPG-Format kommen bereits farbinterpoliert aus der Kamera, wobei das ursprünglich vom Sensor ausgelesene „Schwarzweißbild“ verloren geht und auch nicht mehr reproduzierbar ist. Nur spezielle Software ist dazu imstande, die RAW-Datei einer DSLR zu öffnen oder zu verarbeiten, ohne vorher eine Farbinterpolation durchzuführen. Beispieleweise ermöglichen das die im Kasten oben aufgeführten Softwareprodukte.

**Durchführung der Kalibrierung** Am Beispiel der Software *DeepSkyStacker* (Version 3.3.4) wird nun eine Bildkalibrierung vorgenommen und im Folgenden beispielhaft beschrieben. Wenn Sie ein relativ neues Kamera-modell verwenden, kann es notwendig sein, vor der Anwendung von *DeepSkyStacker* alle RAW-Dateien der Kamera verlustfrei in das DNG-Format zu konvertieren.

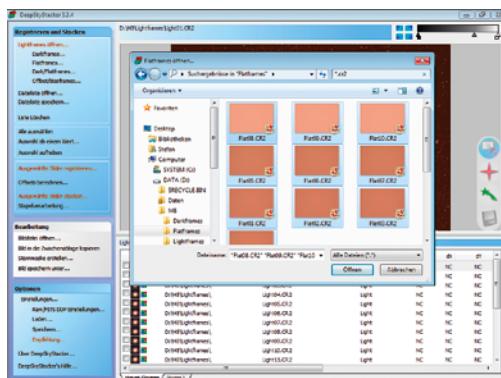
1. Nach dem Start von *DeepSkyStacker* klicken Sie auf „Lightframes öffnen ...“. Gegebenenfalls müssen Sie als Dateifilter rechts unten im erscheinenden Dialogfeld „RAW Dateien (\*.cr2 ...)“ einstellen, damit Ihre Aufnahmen angezeigt werden. Dann wählen Sie aus dem entsprechenden Ordner alle Himmelsaufnahmen im RAW-Format aus (siehe Abb. nächste Seite).



2. Nun klicken Sie auf „Darkframes...“ und wählen wiederum alle erstellen Dunkelbilder im RAW-Format aus.

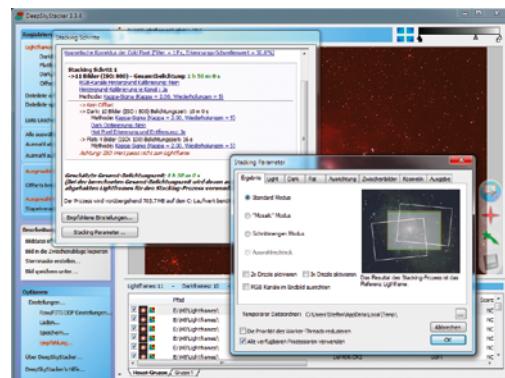


3. Danach erfolgt ein Klick auf „Flatframes ...“, um die Hellefeldbilder im RAW-Format zu selektieren.

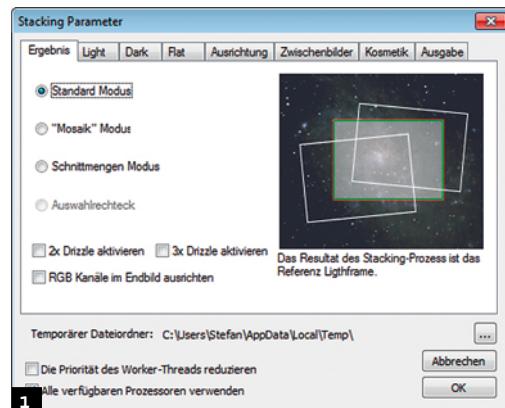


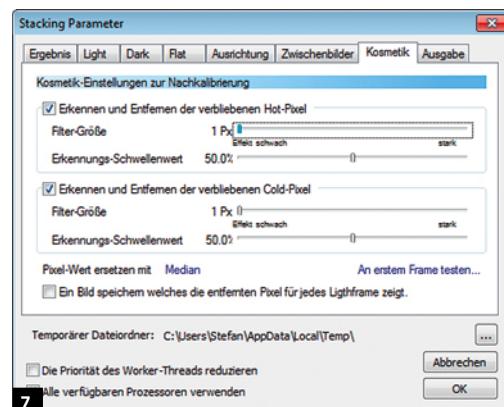
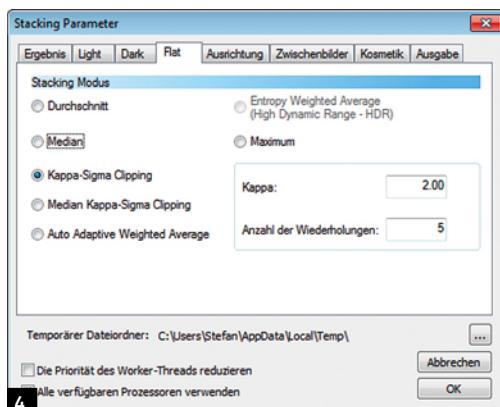
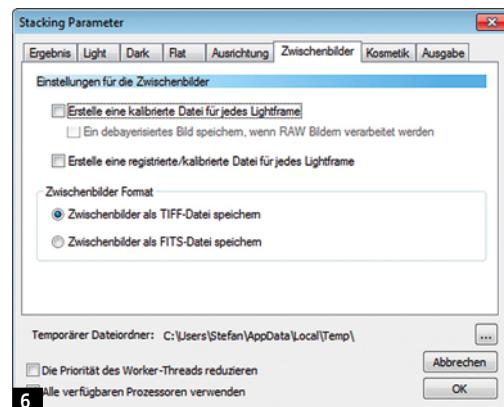
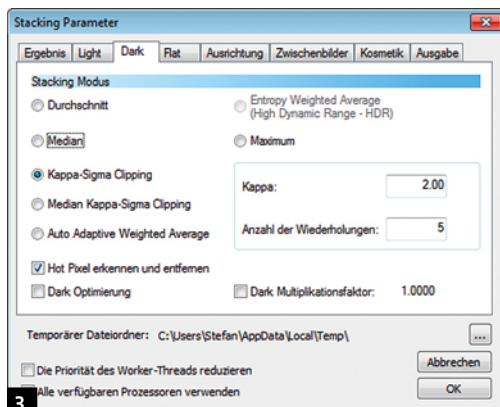
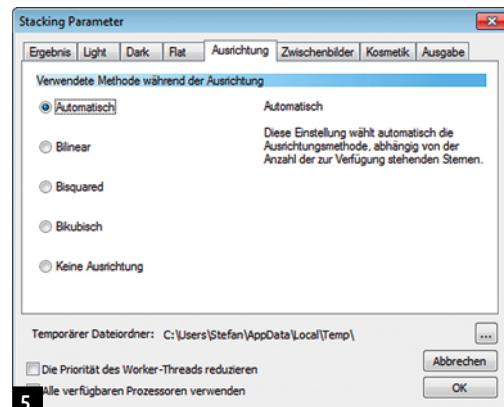
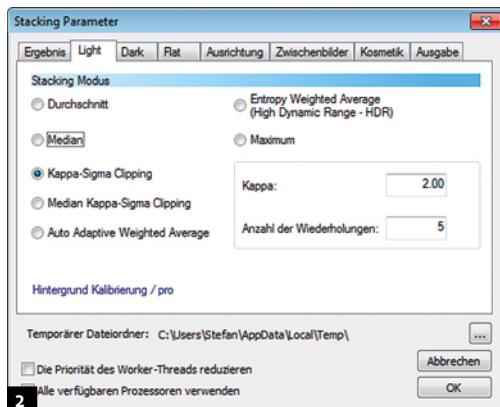
4. Der nächste Klick erfolgt auf „Alle auswählen“, um alle Dateien für die anschließende Bearbeitung vorzusehen.

5. Nun klicken Sie auf „Ausgewählte Bilder stacken...“. Bevor es mit einem Klick auf „OK“ losgeht, werfen Sie noch einen Blick auf die Parameter, die man nach dem Betätigen der Schaltfläche „Stacking Parameter“ einstellen kann.



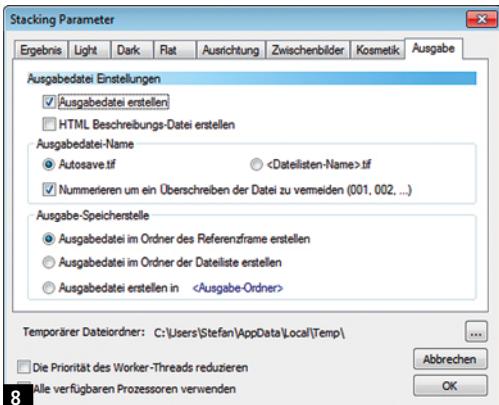
Zu empfehlen sind für Deep-Sky-Aufnahmen folgende Einstellungen: Bei „Ergebnis“ der Standard-Modus, bei „Light“, „Dark“ und „Flat“ jeweils das „Kappa-Sigma Clipping“ (Kappa=2, Anzahl der Wiederholungen=5; bei wenigen Einzelaufnahmen können Sie auch „Median“ einstellen), bei „Ausrichtung“ Automatisch. Alle anderen Einstellungen wie in den folgenden Abbildungen gezeigt.



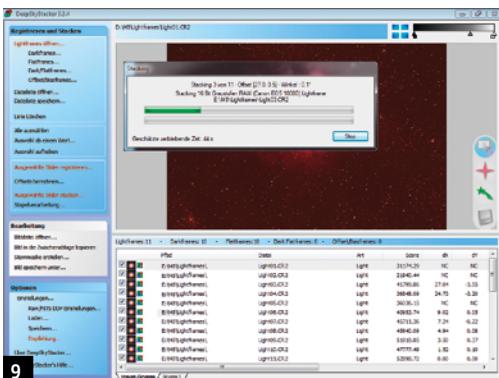


6. Nach dem Start des Stackings wird Ihr Rechner mit der Verarbeitung der Aufnahmen eine Weile beschäftigt sein, um letztlich das ermittelte Ergebnisbild abzuspeichern

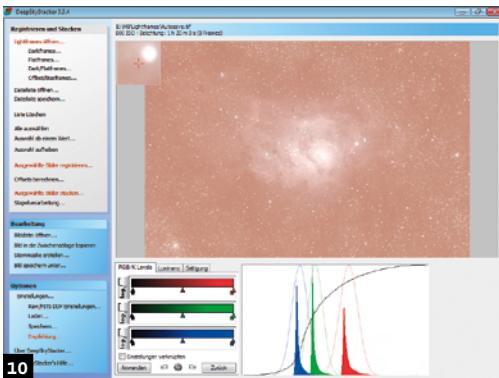
und anzuzeigen (siehe Abbildung 9). Messen Sie während der Berechnung der Anzeige „Geschätzte verbleibende Zeit“ keine allzu große Bedeutung zu.



8



9



10

7. Seien Sie nicht enttäuscht vom anfänglichen Aussehen des Ergebnisbildes, das als Datei „Autosave.tif“ im 32-Bit-Format im Ordner der Lightframes abgespeichert wird. Erst durch Weiterverarbeitung wird daraus ein schönes Foto. Diese nehmen Sie jedoch

## TIPP: Großer Dynamikumfang

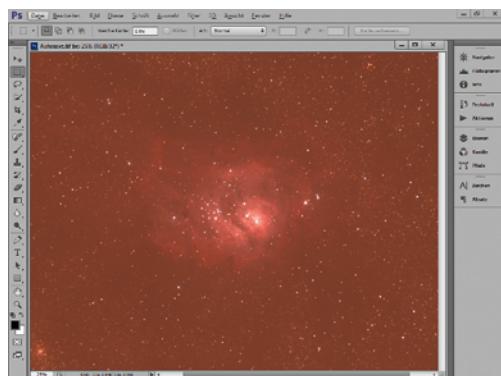
► Bei Motiven mit großem Dynamikumfang können Sie auch Aufnahmen mit unterschiedlich langen Belichtungszeiten gleichzeitig in den *DeepSkyStacker* laden. Vergessen Sie nicht, dazu auch entsprechend lang belichtete Dunkelbilder hinzuzufügen, die der *DeepSkyStacker* automatisch den richtigen Himmelsaufnahmen zuordnet.

besser in Photoshop und nicht mit dem *DeepSkyStacker* vor.

8. Falls die von Ihnen verwendete Photoshop-Version Probleme haben sollte, das Ergebnisbild Autosave.tif im 32-Bit-Format zu öffnen, speichern Sie es im *DeepSkyStacker* mit dem Befehl „Bild speichern unter...“ nochmals ab und wählen dabei das Bildformat „TIF Bild (16 Bit/K.“. Die beispielhafte Weiterverarbeitung des *DeepSkyStacker*-Ergebnisbildes mit Photoshop wird im nachfolgenden Abschnitt beschrieben.

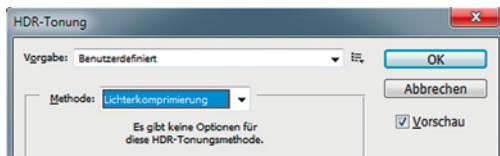
## Weiterverarbeitung des DeepSkyStacker-Resultats

Nach der Kalibrierung, dem Ausrichten und dem Überlagern (Stacken) von DSLR-Deep-Sky-Aufnahmen speichert der *DeepSkyStacker*



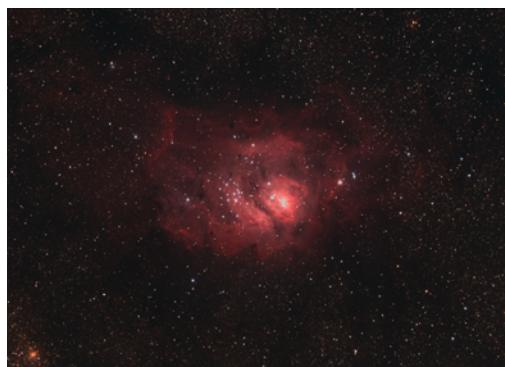
das Ergebnis seiner „Datenreduktion“ in einer Datei namens „Autosave.tif“ im 32-Bit-Format. Öffnet man dieses Bild in Photoshop, macht sich im ersten Augenblick nicht selten Ernüchterung breit, denn was man sieht, ist wenig ansehnlich. Doch keine Sorge: Die gewünschten Daten stecken in dieser Datei, müssen nur durch einige abschließende Bearbeitungsschritte noch entsprechend präsentiert werden.

**In 16 Bit umwandeln** Der erste Schritt besteht darin, das 32-Bit-Format in ein 16-Bit-Format umzuwandeln, denn Photoshop kann mit 32-Bit-Dateien nicht weiterarbeiten. Dazu wählen Sie den Befehl „Bild/Modus/16 Bit/Kanal“. Danach erscheint das Dialogfeld „HDR-Tonung“, das der steuerbaren Reduktion des enormen Dynamikbereichs von 32 auf 16 Bit dient. Wählen Sie als Methode „Lichterkomprimierung“, bevor Sie mit „OK“ bestätigen.

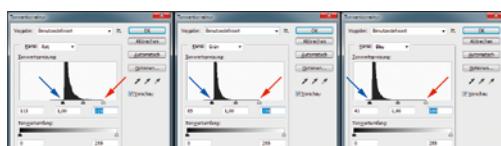
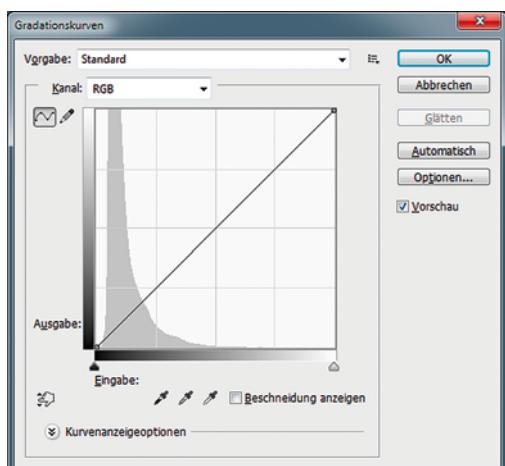


**Histogramm** Der nächste Schritt besteht darin, die Histogramme des Bildes zu optimieren, und zwar für jeden Farbkanal separat. Der Befehl lautet „Bild/Korrekturen/Tonwertkorrektur...“. Bei „Kanal“ wählen Sie nacheinander den Rot-, dann den Grün- und zum Schluss den Blaukanal aus und verschieben jeweils den Schwarzpunkt so weit nach rechts und den Weißpunkt so weit nach links, bis der „Datenberg“ des Histogramms erreicht, aber nicht angeschnitten wird. Eine Ausnahme ist der linke Bereich des Daten-

bergs. Falls dieser weiter nach links ragt als der hohe Berg, der den dunklen Nachthimmel repräsentiert, dürfen diese Daten abgeschnitten werden. Am rechten Ende des Histogramms dürfen hingegen keine Daten weggeschnitten werden! Nach der Einstellung eines Farbkanals müssen Sie nicht erst „Ok“ klicken und den Befehl dann neu aufrufen, sondern können einen Farbkanal nach dem nächsten bearbeiten, bevor Sie das Resultat übernehmen. Nach diesem Bearbeitungsschritt wird das Foto schon deutlich besser aussehen.



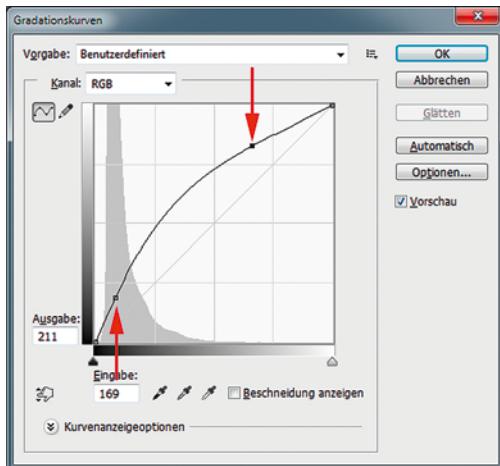
**Gradationskurve** Was nun folgt, ist die Anwendung der Gradationskurve mit dem Befehl „Bild/Korrekturen/Gradationskurven...“. Es erscheint das folgende Dialogfeld:





Hinterlegt ist das Histogramm. Die Tonwertkurve ist anfangs gar keine Kurve, sondern eine Gerade. Die Gerade bedeutet, dass „Eingabe“ und „Ausgabe“ identisch ist, also keine Veränderung der Tonwerte stattfindet. Das ändert sich in dem Moment, indem Sie die Kurve verbiegen. Durch einen Mausklick auf die Kurve definieren Sie einen Punkt, den Sie anschließend frei verschieben können. Die Kurve folgt in ihrem Verlauf diesem Punkt. Durch Klick an andere Stellen der Kurve können Sie weitere Punkte setzen und verschieben.

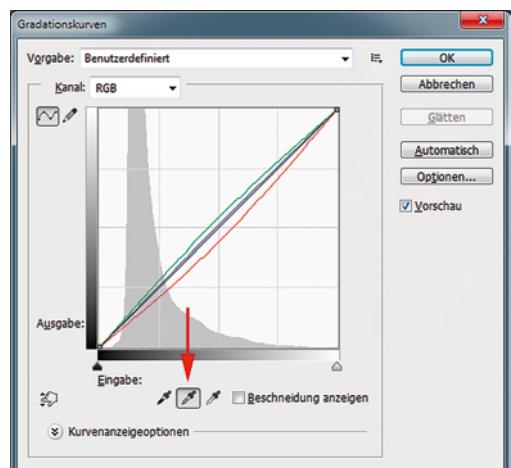
Im folgenden Beispiel wurden zwei Punkte definiert. Einer weit links, im Bereich der dunklen Tonwerte. Er wurde weit nach oben gezogen, um die dunklen Tonwerte aufzuhellen. Die lichtschwachen Randbereiche des Nebels kommen dadurch viel besser zur Geltung.



Um zu vermeiden, dass die hellen Tonwerte ebenso stark angehoben werden, wurde ein zweiter Punkt auf der Gradationskurve definiert, und zwar im rechten oberen Bereich. Mit ihm wurde die Gradationskurve etwas nach unten verschoben, um eine zu starke Aufhellung der ohnehin hellen Bereiche zu verhindern. Das Ergebnis dieser Bearbeitung ist verblüffend.

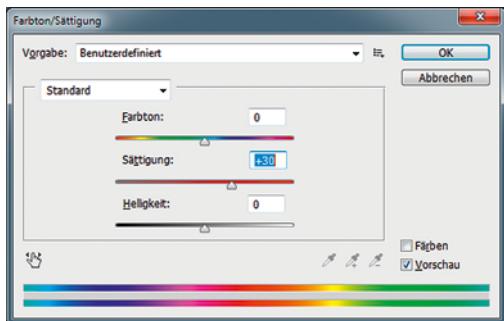


**Farbkalibrierung** Optional können Sie nun die Gradationskurven erneut aufrufen, um mit der Funktion „Mitteltöne durch Aufnahmen im Bild setzen“ eine Feinkalibrierung der Farben vorzunehmen. Sie müssen nur die mittlere Pipette im bekannten Dialogfeld benutzen und im Bild auf eine Stelle klicken, die nichts außer dem Himmelshintergrund enthält. Achten Sie streng darauf, dass Sie keinen Stern erwischen oder eine Stelle, an der noch ein schwacher Ausläufer des Nebels zu vermuten ist. Gerne können Sie versuchen, durch Anklicken verschiedener Stellen im Bild ein optimales Ergebnis zu erreichen.



Es zählt immer nur der letzte Klick – eine Mittelwertbildung findet nicht statt. Das wird die Farbgebung des Bildes verbessern.

**Farbsättigung** Mit dem Kommando „Bild/Korrekturen/Farbtön\_Sättigung...“ erhöhen Sie nun mit dem Regler „Sättigung“ die Farbsättigung auf den gewünschten Wert.



**Iteratives Vorgehen** Nun folgt die Wiederholung aller Schritte ab „Histogramm“ (s. o.). Bei Bedarf auch mehrfach. Dabei werden die vorzunehmenden Korrekturen allerdings von Mal zu Mal kleiner ausfallen. Es gilt, den Punkt zu finden, an dem man die Bearbeitung für beendet erklärt, weil weitere Schritte keine Verbesserung mehr ergeben, sondern im schlimmsten Fall sogar eine Verschlechterung.

**Verlustfreies Speichern** Um das fertig bearbeitete Bild ohne Informationsverlust abzuspeichern, wählen Sie den Befehl „Datei/Speichern unter...“ und entscheiden sich für das Photoshop- (PSD) oder das TIFF-Format.



## Tipps & Tricks für die Bildbearbeitung

Eine adäquate Form der elektronischen Bildverarbeitung ist ein unverzichtbarer Bestandteil auf dem Weg zum gelungenen Himmelsfoto. Es gibt praktisch kein Rohbild aus der Kamera, das man durch Bildbearbeitung nicht verbessern kann. Manchmal sind nur wenige Klicks nötig, in anderen Fällen muss ein größerer Aufwand betrieben werden. Geckonnte Bildbearbeitung schafft Resultate, die sich durch Einstellungen an der Kamera nicht produzieren lassen. Die Bildbearbeitung ersetzt aber keine falschen Einstellungen während der Aufnahme. Ein gutes Beispiel ist die Optimierung der Histogramme, die bei der Weiterverarbeitung von „Autosave.tif“ im letzten Kapitel gezeigt wurde. An der Kamera gibt es keine Einstellmöglichkeit, um diesen wichtigen Bearbeitungsschritt zu ersetzen.

Ein aufzuklärendes Missverständnis ist die Vorstellung, durch Bildbearbeitung könne aus einem misslungenen Foto ein gelungenes werden. Das ist mitnichten der Fall, auch wenn es seltene Ausnahmen geben mag. Durch Bildbearbeitung verfolgt man das Ziel, aus einem guten Foto ein noch besseres werden zu lassen.

Und noch etwas bedarf einer Aufklärung: Leider wird der Begriff „Bildbearbeitung“ vielfach synonym verwendet mit „Bildmanipulation“, so dass manche Betrachter von Himmelsaufnahmen sich sogar fragen, was auf dem Bild nun real, und was „gemalt“ ist. Um solchen schwerwiegenden Fehleinschätzungen vorzubeugen, schlage ich vor, zwischen konservativer und kommutativer Bildbearbeitung zu unterscheiden.

**Konservativ** Bei der konservativen (abgeleitet von lat. *conservare* = bewahren, erhalten) Bildbearbeitung geht es nur darum, die im Bild vorhandenen Daten in einer bestimmten Art und Weise zu präsentieren. Das Ziel der konservativen Bearbeitung ist es, alle bzw.



Mit Hilfe „konservativer“ Bildbearbeitungsmethoden werden die in den Rohbildern enthaltenen Informationen sichtbar gemacht.

die gewünschten, in den Aufnahmedaten enthaltenen Informationen sichtbar zu machen. Eine grundsätzliche Veränderung der Daten im Bild wird von den Methoden der konservativen Bildbearbeitung nicht angestrebt, sehr wohl aber die Überwindung systembedingter Grenzen, die etwa der begrenzte Dynamikbereich einer DSLR steckt. Zu den klassischen konservativen Verfahren der Bildbearbeitung zählen:

- Veränderung von Bildhelligkeit, Kontrast, Tonwerten, Farbbebalance, Farbsättigung, Gradiation
  - Beschnitt des Bildes und damit eine mögliche Veränderung des Seitenverhältnisses
  - Filter zur Rauschreduktion
  - Drehung des Bildes
  - Anhebung des Schärfeeindrucks eines Bildes
  - Anpassung von Bildabmessungen, Bildauflösung und Dateikompression
  - Verzerren und Entzerren des Bildes
- Hinzufügen von Rahmen, Texten, Sternbildlinien und dergleichen
  - Umsetzung in ein Schwarzweißfoto
  - Entfernung von Artefakten wie Sensorflecken/Schmutzpartikeln
  - „High Dynamic Range“-Bilder (HDR)
  - Durch Dunkel- und Hellfeldbilder kalibrierte Fotos
  - Fotos, die durch Stacking (übereinandergelegte Aufnahmen gleichen Inhalts) entstanden sind
  - Aus mehreren Fotos zusammengesetzte Panoramen

Die Grenze der konservativen Bildverarbeitung ist meistens dann überschritten, wenn vor einem Bearbeitungsschritt eine willkürliche Selektion einzelner Bildbereiche erfolgt, etwa durch Anwendung eines „Freihand-Zeichenwerkzeugs“, auf die sich der Bearbeitungsbefehl auswirkt, während die übrigen Bildbereiche unbehelligt bleiben. Befieft ein

Im Gegensatz zur konservativen manipuliert die kommutative Bildbearbeitung die Daten, hier gezeigt am Beispiel einer Fotomontage.



Bearbeitungsbefehl das gesamte Bild, handelt es sich in aller Regel um eine Form der konservativen Bildbearbeitung.

**Kommutativ** Die kommutative (abgeleitet vom lateinischen Verb commutare = verändern, tauschen) Bildverarbeitung hat im Gegensatz zur konservativen die manipulative Veränderung der Bilddaten zum Ziel oder nimmt diese zumindest billigend in Kauf. Als Beispiel für eine kommutativ bearbeitete Aufnahme sei die Kombination zweier Fotos erwähnt, von denen eines den Sternenhimmel, ein anderes eine Landschaft zeigt. Das ist zwar nicht verboten, aber ich halte es für ein Gebot der Fairness, auf die Art der Bearbeitung hinzuweisen, etwa mit dem Zusatz „Fotomontage“.

Alle in diesem Buch gezeigten Aufnahmen wurden lediglich einer konservativen Bildbearbeitung unterzogen.

**Dateiformate** Digitalfotos können in unterschiedlichen Formaten gespeichert werden. In Photoshop bietet der Befehl „Datei/Speichern unter...“ die Auswahl etlicher Formate. Wichtig davon sind die Folgenden:

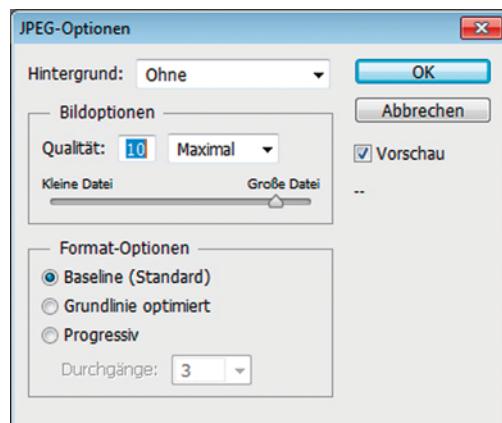
**1. Das PSD-Format** ist ein verlustfreies Format, bei dem alle Bildinformationen enthalten bleiben. Bei Dateien, in denen mehrere Ebenen existieren, bleiben auch diese bestehen, um sie vielleicht zu einem späteren Zeitpunkt weiterzuverarbeiten. Das PSD-Format eignet sich hervorragend, um entwickelte und bearbeitete Rohbilder zu archivieren. Allerdings können andere Programme das Format oftmals nicht lesen.

**2. Das TIF-Format (TIFF)** arbeitet ebenfalls verlustfrei, d. h. auch Fotos im TIF-Format können nachträglich weiterbearbeitet werden. Der Vorteil gegenüber dem PSD-Format ist, dass TIF weitgehend standardisiert ist und auch von anderen Programmen eingelesen werden kann. Selbst mehrere Bildebenen bleiben bei TIF erhalten, wenn Sie das beim Abspeichern angeben.

**3. Das JPG-Format** ist als Endprodukt anzusehen, bei dem keine weitere Bearbeitung

mehr vorgenommen wird. Beispielsweise wird JPG für die Darstellung im Internet (siehe auch Seite 155) benutzt, bei der es weniger um das letzte Quäntchen Qualität geht, sondern eher um die Reduktion der Datenmenge. Gegenüber PSD und TIF arbeitet JPG mit einer mehr oder weniger starken Komprimierung der Bilddaten. Diese Komprimierung geht einher mit einem unwiederbringlichen Verlust an Bildinformationen.

Den Grad der Komprimierung kann man beim Speichervorgang durch Werte zwischen 0 und 12 auswählen. 0 erzeugt sehr kleine Dateien, aber sichtbare Informationsverluste. Bei der Einstellung „12“ halten sich die Verluste zulasten der Dateigröße in Grenzen.



Doch selbst mit dem Komprimierungsgrad 12 gespeicherte JPG-Dateien sind bedeutend kleiner als ein Bild im PSD- oder TIF-Format. Speichern Sie das Endergebnis Ihrer Bildbearbeitung keinesfalls nur im JPG-Format, sondern bewahren Sie unbedingt auch eine verlustfreie Variante (PSD oder TIF) auf.

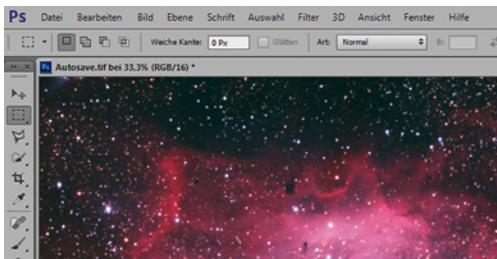
**4. Das RAW-Format** ist ihr „Original“, wenn Sie an der DSLR dieses Format eingestellt haben, was sich bei Himmelsaufnahmen grundsätzlich empfiehlt. Canon verwendet dafür die Endung „CR2“, Nikon „NEF“. RAW kann von Photoshop nicht geschrieben, sondern nur gelesen werden. Das ist ein zuverlässiger Schutz vor versehentlichem Überschreiben.



Bewahren Sie von wichtigen Bildern immer die RAW-Dateien auf, um sie gegebenenfalls zu einem späteren Zeitpunkt erneut zu bearbeiten. Es ist erstaunlich, was man mit wachsender Erfahrung bei der Bildbearbeitung aus „alten“ Fotos noch herausholen kann.

**Bit-Tiefe** Digitalfotos können mit einer unterschiedlichen Zahl von „Bits pro Pixel“ abgespeichert werden. Damit wird festgelegt, wie viele unterschiedliche Farbtöne für den Rot-, Grün- und Blaukanal differenziert werden. „8 Bit“ bedeutet, dass jedes Pixel des Bildes  $2^8$ , also 256 verschiedene rote, grüne und blaue Farben enthalten kann. Daraus können rund 16,8 Millionen unterschiedliche Farben gebildet werden. Photoshop kann aber auch Bilder im 16-Bit-Format verarbeiten, was bedeutet, dass bedeutend mehr Farbnuancen möglich sind, nämlich  $2^{16} = 65\,536$  pro Farbkanal! Für ein endgültig bearbeitetes Foto reichen 8 Bit aus, nicht aber als Ausgangsbasis für eine intensive Bearbeitung.

Aktuelle digitale Spiegelreflexkameras sind in der Lage, 14 Bit pro Pixel und Farbkanal zu erfassen, allerdings nur in Form einer RAW-Datei. Das JPG-Format ist grundsätzlich auf 8 Bit pro Pixel begrenzt – schon aus diesem Grunde sollte an der Kamera RAW und nicht JPG eingestellt sein. Photoshop öffnet eine 14-Bit-RAW-Datei aus der Kamera allerdings immer mit 16 Bit, wobei 2 Bit ungenutzt bleiben, was aber nicht störend ist. In der Titelleiste eines Dateifensters von Photoshop ist zu erkennen, in welcher Bit-Tiefe die Datei vorliegt. Hinter dem Dateinamen steht die entsprechende Zahl. Ein Bild mit der Kopfzeile „Bild.psd bei 100 % (RGB/16)“ enthält



zum Beispiel 16 Bit pro Pixel. Ein einmal in 8 Bit umgewandeltes 16-Bit-Bild (Befehl „Bild/Modus/...“) erleidet Informationsverluste, die auch dann nicht wiederherstellbar sind, wenn man es wieder in ein 16-Bit-Bild zurückverwandelt.

Grundsätzlich empfiehlt es sich, die RAW-Dateien aus der Kamera als 16-Bit-Datei in Photoshop zu öffnen und möglichst viele Bearbeitungsschritte in dieser 16-Bit-Datei vorzunehmen. Ausgiebige Histogrammstreckungen (vgl. S. 148) sind dann machbar, ohne dass es Tonwertabrisse gibt, die sich durch unschöne „Treppenstufen“ in einem Foto bemerkbar machen, wo viele unterschiedliche Farben benötigt werden, etwa beim Helligkeitsverlauf einer Himmelsaufnahme in der Dämmerung.



**Tonwertabrisse nach starker Bearbeitung einer 8-Bit-Datei.**

Obwohl Dateien mit 16 Bit Farbtiefe doppelt so viel Speicherplatz benötigen als solche mit 8 Bit, empfiehle ich die Aufbewahrung der Bearbeitungsergebnisse in Form einer 16-Bit-Datei (PSD- oder TIF-Format).

Einige wenige, eher exotische Befehle in Photoshop sind nur anwendbar auf Dateien im 8-Bit-Format. Ist man auf einen solchen Befehl angewiesen, erleidet man alle anderen Bearbeitungsschritte zunächst im 16-Bit-Format und wandelt möglichst spät ins 8-Bit-Format um.

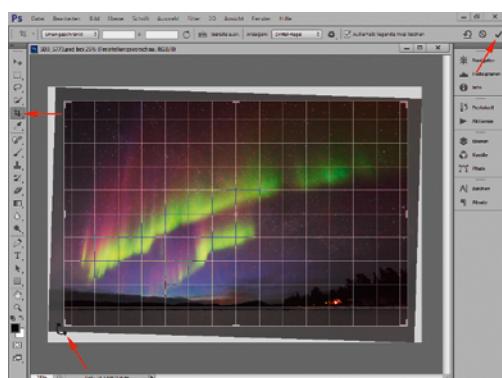
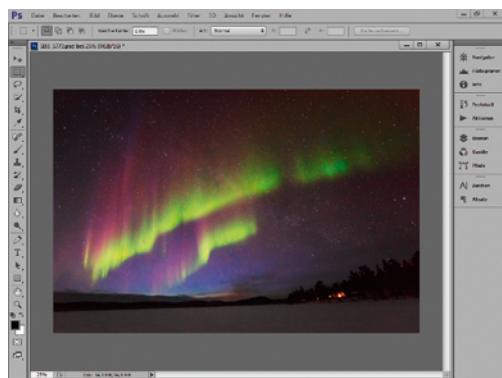
**Sind konkrete Anleitungen möglich?** Kochrezeptartige Anleitungen wird es im Bereich der Bildbearbeitung nie geben, denn zu unterschiedlich sind die aufgenommenen Motive, das gewonnene Bildmaterial und die individuellen Vorstellungen. Es geht daher darum, eine überschaubare Menge an grundlegenden Techniken zu erlernen und diese in ihrer Funktionsweise zu verstehen. Es gilt der Ausspruch „Übung macht den Meister“. Nachfolgend werden häufig benötigte Arbeitsschritte vorgestellt.

**Bilder drehen und beschneiden** Zu den fast alltäglichen Handgriffen der Bildbearbeitung gehört das Drehen und Beschneiden von Fotos. Wird die Kamera bei einer Landschaftsaufnahme nicht exakt waagerecht ausgerichtet, verläuft der Horizont im Bild schief. In Photoshop ist das Problem schnell behoben: Zoomen Sie so lange aus, bis das vollständige



Bild sichtbar ist (Befehl Ansicht/Ganzes Bild). Danach wählen Sie aus der Werkzeugleiste von Photoshop das „Freistellungswerkzeug“ und ziehen innerhalb des Bildes mit der Maus eine Box auf. Anschließend können Sie die Ränder dieser Box beliebig vergrößern oder verkleinern, wobei jeweils nur der ausgeschnittene Bildbereich angezeigt wird. Wenn Sie mit der Maus leicht außerhalb einer Ecke dieses Auswahlbereichs agieren, verwandelt sich der Mauszeiger in einen gebogenen Doppelpfeil, mit dem Sie den Bildausschnitt rotieren können. Dabei wird ein feines Raster angezeigt, um den Ausschnitt an einer Referenzkante, etwa dem Horizont, ausrichten zu können. Nachdem Sie einen angemessenen Ausschnitt und die gewünschte Drehung erreicht haben, klicken Sie auf die Schaltfläche mit dem Haken rechts oben oder drücken einfach „Enter“.

**Kommando zurück** In Photoshop können sie einen oder auch mehrere der letzten Befehle

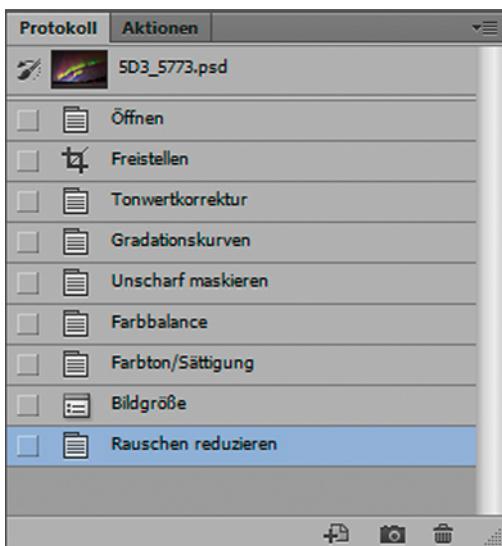


#### TIPP: Ränder wegschneiden

► Nach dem Stacken von Bildern im DeepStacker treten gewöhnlich an den Bildrändern Störungen auf, die entstehen, wenn die Einzelaufnahmen nicht exakt passgenau aufgenommen wurden. Mit der beschriebenen Methode können Sie diese Ränder wegschneiden.



rückgängig machen, wenn einmal etwas schief gegangen ist oder nicht zum erwünschten Resultat geführt hat. Am besten blenden Sie sich mit dem Befehl „Fenster/Protokoll“ die entsprechende Palette ein, dann können Sie durch einen Mausklick auf Wunsch gleich mehrere der letzten Schritte ungeschehen machen. Die Anzahl der Schritte, die man rückgängig machen kann, ist nicht unendlich. Sie wird unter „Bearbeiten/Voreinstellungen/Leistung“ bei „Protokollobjekte“ eingestellt. Wenn Sie eine Datei speichern und schließen, geht dabei das Protokoll verloren.

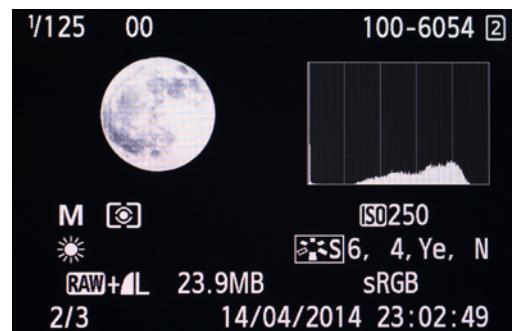
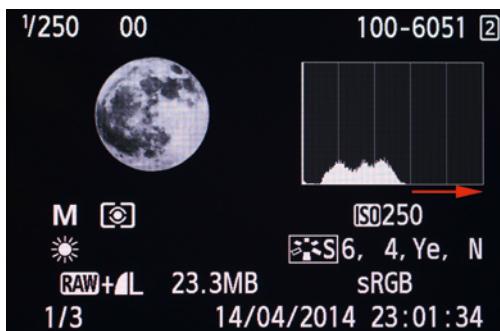


**Histogramm** Vom Histogramm war schon oft die Rede. Tatsächlich zählt das Histogramm und die Möglichkeit, es zu verändern, zu den mächtigsten Werkzeugen der digitalen Bildaufzeichnung und -bearbeitung. In Photoshop dient der Befehl „Bild/Korrekturen/Tonwertkorrektur“ dazu, das Histogramm anzuzeigen mit der Möglichkeit, es zu verändern. Dauerhaft anzeigen können Sie es mit dem Befehl „Fenster/Histogramm“. Jede DSLR kann zu einem aufgenommenen Foto in der Rückschau auch das dazu gehörige Histogramm anzeigen.

Wichtig ist es, ein Histogramm interpretieren zu können. Jedes Pixel eines Digitalfotos weist nach der Belichtung eine bestimmte Helligkeit auf, die im Extremfall schwarz (Helligkeit: 0%) oder weiß (Helligkeit: 100%) beträgt, meist aber einen Zwischenwert annimmt. Auf der Abszisse (waagrechte Achse; X-Achse) des Histogramms sind alle denkbaren Helligkeitswerte aufgetragen, links beginnend bei 0% (schwarz, Wert 0) und rechts endend bei 100% (weiß, Wert 255). Auf der Ordinate (senkrechte Achse; Y-Achse) wird die relative Anzahl jener Pixel dargestellt, die eine bestimmte Helligkeit auf dem Foto aufweisen. Relativ deshalb, weil die Höhe der Ordinate nicht in fixe Einheiten eingeteilt werden kann, sondern sie wird dynamisch skaliert, um unterschiedlichen Motiven gerecht zu werden. Der höchste Ausschlag des „Datenbergs“ wird stets als Referenz verwendet: Er reicht immer genau bis zum oberen Anschlag.

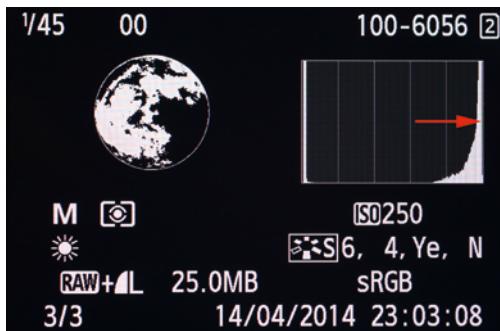
Ganz anders ist die Situation bei der horizontalen Verteilung der Daten, die sich aus der Motivstruktur ergibt. Einen „richtigen“ und „falschen“ Verlauf des Datenbergs eines Histogramms gibt es nicht, aber dennoch einige wichtige Grundaussagen:

**Extremwerte bedeuten Datenverlust** Schlägt der Datenberg an der linken Seite an, entsteht dort ein mehr oder weniger hoher Ausschlag. Er zeigt an, dass eine gewisse Menge an Pixeln den Helligkeitswert „Null“ enthalten, also tiefes Schwarz. Es ist wichtig zu wissen, dass Bildbereiche, die davon betroffen sind, keinerlei Motivstruktur mehr enthalten. Man kann auch von einem irreversiblen Datenverlust sprechen, denn auch durch Methoden der Bildbearbeitung können davon betroffene Bereiche nicht mehr gerettet werden, d. h. die verlorenen Motivstrukturen sind unwiederbringlich verloren. Das Gleiche trifft auf den rechten Anschlag des Histogramms zu. Ein Peak des Datenbergs am rechten Rand zeigt eine Menge von Pixeln an, die den maximalen Helligkeitswert und damit



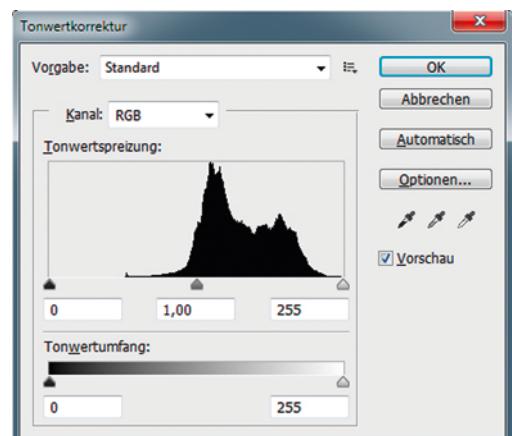
reines Weiß enthalten. Auch davon betroffene Bereiche sind für immer verloren.

Durch Belichtungsvariation kann das Histogramm horizontal verschoben werden. Knappere Belichtung lässt es nach links, reichlichere Belichtung nach rechts wandern, wobei die Form des Datenbergs praktisch gleich bleibt. So kann schon beim Erstellen der Aufnahmen dafür Sorge getragen werden, dass keine wichtigen Bilddaten verloren gehen.



**Belichten an den rechten Rand** Unter dem Begriff „Expose To The Right“ (ETTR) ist eine Arbeitstechnik bekannt geworden, die eine so reichliche Belichtung vorschlägt, dass das Histogramm so weit wie möglich nach rechts verschoben wird, ohne jedoch am rechten Rand anzuschlagen. Selbst wenn das Bild auf dem Kameradisplay in der Rückschau zu hell wirkt, ist die Idee, die hinter dieser Technik steckt, durchaus clever. Es wird erreicht, dass die wichtigen Bilddaten so weit wie möglich vom linken Rand entfernt werden. Dort nämlich spielt sich das elektronische Bildrau-

schen ab. Man verbessert durch ETTR also das Signal-Rausch-Verhältnis. Ein zu hell wirkendes Foto wird nachträglich in Photoshop dunkler gemacht, wobei das Bildrauschen quasi „unter den Tisch fällt“. Wird jedoch ein unterbelichtetes Foto, dessen Histogramm auf den linken Bereich beschränkt ist, nachträglich aufgehellt, tritt der umgekehrte Fall ein: Die Daten des Rauschens werden dabei auch nach rechts verfrachtet, wodurch das Rauschen deutlicher in Erscheinung tritt. Dem Histogramm ist folglich ein höherer Stellenwert einzuräumen als einer „gefälligen“ Darstellung der Fotos auf dem Kameradisplay.



**Dynamikumfang vs. Dynamikbereich** Jedes Motiv verfügt über einen bestimmten Dynamikumfang, der den Unterschied zwischen dem hellsten und dem dunkelsten Bereich



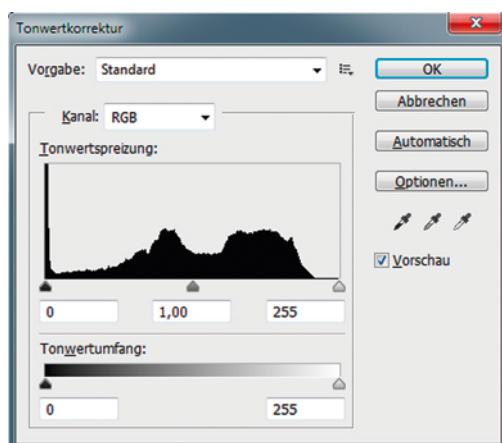
des Motivs beschreibt und in Belichtungsstufen („Exposure Value“ = EV) gemessen wird. Dem gegenüber steht der Dynamikbereich, den die Kamera technisch abzubilden imstande ist. Entspricht der Dynamikumfang des Motivs genau dem Dynamikbereich der Kamera, so ist das ein Zufall. Dann muss sehr präzise belichtet werden, weil der Datenberg ebenso breit ist wie die Abszisse des Histogramms. Schon eine geringe Fehlbelichtung würde entweder Daten im Schwarzen (links) oder im Weißen (rechts) verlustig werden lassen. Ist der Dynamikumfang des Motivs kleiner als der Dynamikumfang der Kamera, fällt der Datenberg schmäler aus als die Abszisse des Histogramms. Eine leichte Fehlbelichtung hat dann keinen Datenverlust zur Folge, sondern lediglich ein horizontales hin- und herwandern. Die gewünschte Bildhelligkeit kann durch Histogramm-Optimierung (s. u.) erreicht werden. Ist der Dynamikumfang des Motivs hingegen größer als der Dynamikbereich der Kamera, so ist der Datenberg breiter als die Abszisse. Dann sitzt der Fotograf in einer Zwickmühle. Belichtet er reichlicher, um die dunklen Teile vor Unterbelichtung zu retten, erleiden die hellen Teile einen umso größeren Schiffbruch. Rettet er durch knappe Belichtung die hellen Teile, geht's den dunklen Bereichen erst recht an den Kragen. Dann gilt es zunächst, den Dynamikbereich der Kamera möglichst gut auszuschöpfen. Dazu gehören die Aufzeichnung der Bilder im RAW-Format (statt JPG) und möglichst niedrige ISO-Werte. Wenn auch damit das Problem nicht gelöst werden kann, bleiben folgende Möglichkeiten:

- Bewusster Verzicht auf die Bilddetails in den „Schatten“ (im Histogramm links) oder den „Lichtern“ (rechts).
- Eingriff in den Dynamikumfang des Motivs. Mit Deep-Sky-Objekten ist das natürlich nicht realisierbar. Sehr wohl aber bei Landschaftsaufnahmen mit Sternenhimmel. Man könnte die Aufnahme in der Dämmerung machen oder die Aufhellung der tiefschwar-

zen Landschaft/des Vordergrunds durch Mondlicht, Lampen oder ein Blitzgerät anstreben.

- Aufnahmen mit unterschiedlicher Belichtung zu einer kombinieren (HDR-Technik)

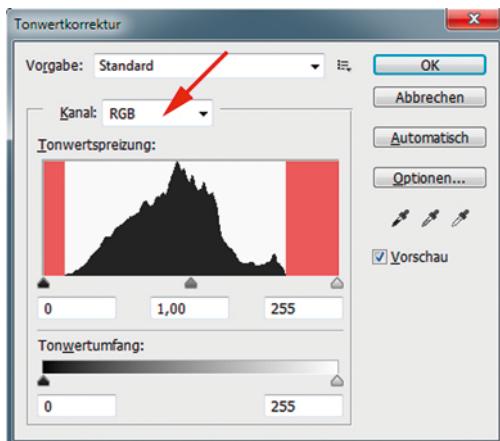
**Sonderfall Himmelsfotografie** Ein Anschlag des Datenbergs auf der linken Seite signalisiert unter normalen Umständen eine Unterbelichtung, die es zu vermeiden gilt. Es sei denn, es handelt sich um große Areale des nachtschwarzen Himmels, dann läge es in der Natur der Sache.



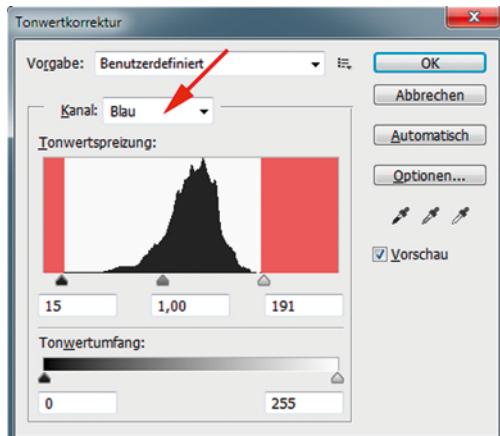
**Histogramm-Optimierung** Eine Grundregel für das Histogramm gibt es, obwohl die enorme Unterschiedlichkeit der Motive sich auch im Histogramm ausdrückt. Ein „brillantes“ Foto muss extreme Tonwertunterschiede aufweisen, im Idealfall also in kleinen Teilbereichen auch tiefes Schwarz und reines Weiß! Lässt ein Histogramm links und/oder rechts einen Bereich ungenutzt, wirkt ein Foto flau und „kraftlos“.

Folglich ist es ein sehr guter Vorsatz, bei sämtlichen Fotos dafür zu sorgen, dass das Histogramm von ganz links bis ganz rechts reicht. Das betrifft im Übrigen nicht nur Himmels- und Astromotive. Dazu wird in Photoshop der Befehl „Bild/Korrekturen/Tonwertkorrektur“ aufgerufen. Es wird das Histogramm des Bildes angezeigt,

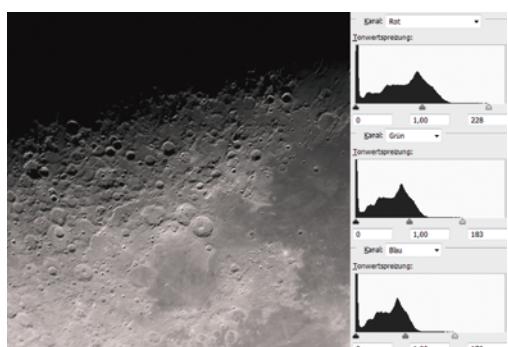
und zwar jenes, das über alle drei Farbkanäle gemittelt ist. Daher steht bei Kanal „RGB“.



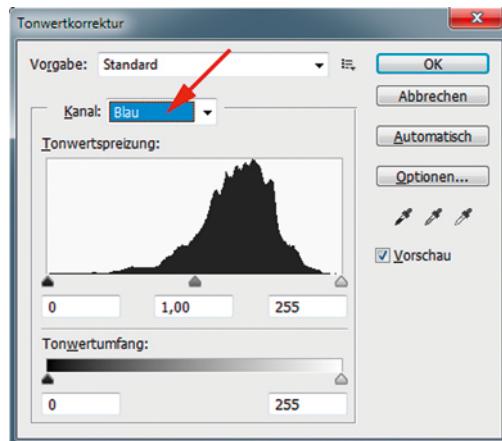
Ich empfehle, die Korrekturen nicht in diesem „RGB-Modus“ vorzunehmen, sondern sich stattdessen die Farbkanäle Rot, Grün und Blau einzeln vorzuknopfen. Das Bildbeispiel zeigt die Situation im Blaukanal. Links und rechts vom Datenberg sind ungenutzte Bereiche erkennbar (in der Abbildung rot eingefärbt). Der Schwarzpunkt (links, schwarzes Dreieck unterhalb des Histogramms) wird nun so weit nach rechts verschoben, bis der Datenberg erreicht, aber nicht angeschnitten wird. Der Weißpunkt (rechts, weißes Dreieck) wird entsprechend nach links verschoben.



ben, ebenfalls soweit, dass die Daten erreicht, aber nicht angeschnitten werden. Dabei ist auch auf kleine Datenmengen (niedriger Datenberg) Rücksicht zu nehmen. Diese Schritte werden für jeden der Farbkanäle wiederholt. Nach Bestätigung mit „OK“ wirkt das Foto in vielen Fällen nicht nur brillanter, sondern ein eventuell vorhandener Farbstich verschwindet im gleichen Atemzug!



Werfen wir nun zur Kontrolle noch einmal einen Blick auf das Histogramm im Blaukanal (s. Abbildung nächste Seite): Es reicht nun – wie angestreb – von ganz links bis ganz rechts. Durch Verschieben des Schwarz- und Weißpunktes wurde der vorhandene Datenberg sozusagen auf die Gesamtbreite der Abszisse gedehnt.

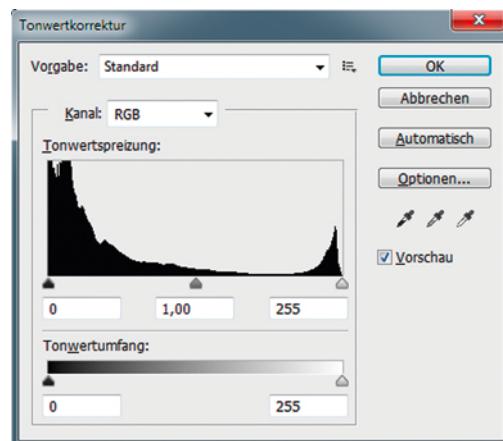


**Vorsicht, schwarzer Himmel!** Der Verlockung, den Schwarzpunkt ein wenig in den Datenberg hinein zu bewegen, ist groß, denn damit schneidet man eventuell vorhandenes Bildrauschen weg. Aber der Himmelshintergrund ist danach tiefschwarz, was nicht der Realität entspricht. Zudem gehen lichtschwache Bereiche, etwa die Ausläufer von Nebeln oder Galaxien, verloren. Etwas Bildrauschen ist daher einem pechschwarzen Himmel vorzuziehen.

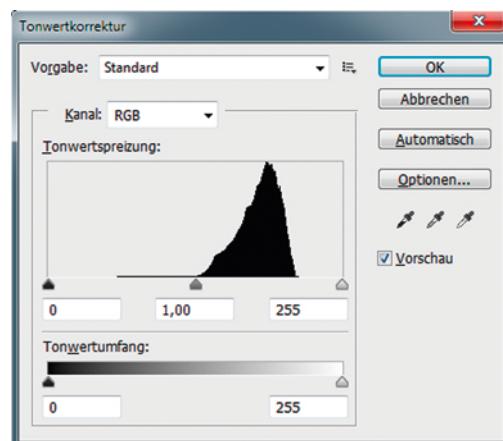
**Was bedeutet der mittlere Regler?** Zwischen Schwarz- und Weißpunkt taucht noch ein graues Dreieck auf, das ebenfalls verschoben werden kann. Es ist der Graupunkt, mit dem die Gradation (s. u.) beeinflusst werden kann. Ich verwende den Regler mitunter, um in einzelnen Farbkanälen Anpassungen vorzunehmen, um die Farbwiedergabe des Bildes zu verbessern.

Die Stelle, an die der Graupunkt verschoben wird, wird zur neuen Mitte des Datenbergs. Wird er nach rechts verschoben, werden alle Tonwerte rechts davon gestreckt, alle Tonwerte links davon gestaucht, eine Bildverdunklung ist die Folge. Wird er nach links gezogen, kehren sich die Verhältnisse ins Gegenenteil um. Anders als bei einem klassischen Helligkeitsregler bleiben beim Verschieben des Graupunkts sowohl der Schwarz- als auch der Weißpunkt unangetastet.

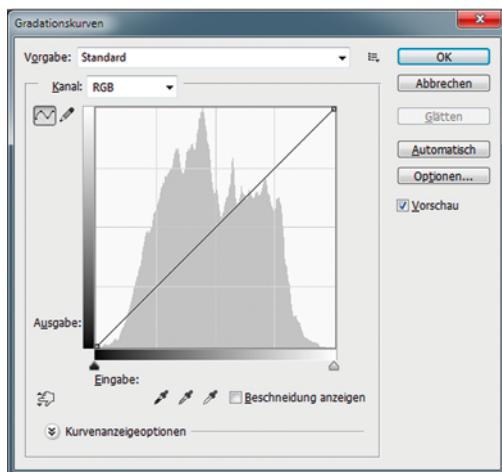
**Gradation** Unter der *Gradation* versteht man die Wiedergabe der Helligkeitswerte zwischen reinem Schwarz und reinem Weiß. Überwiegen schwarze und dunkle sowie weiße und helle Tonwerte, wirkt ein Foto sehr kontrastreich. Das Histogramm einer solchen Aufnahme zeigt auf der linken und rechten Seite eine Bergspitze, in der Mitte eher eine Mulde.



Kontrastarme Fotos hingegen wirken flau und zeichnen sich durch ein Histogramm aus, das sein Maximum im mittleren Tonwertbereich aufweist, während sowohl die ausgeprägt dunklen als auch die sehr hellen Tonwerte fehlen oder Mangelware sind.

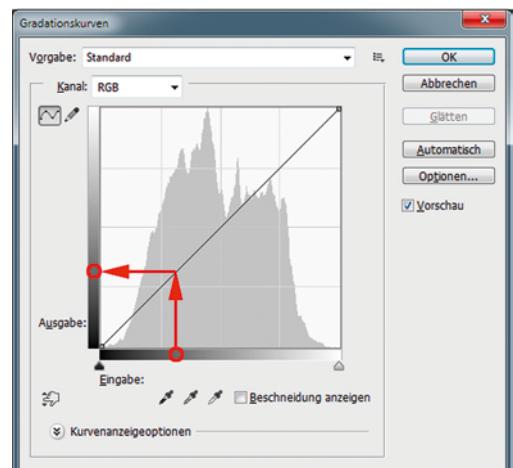


**Gradationskurve** In Photoshop beeinflusst man die Gradation am besten durch Anwendung des Befehls „Bild/Korrekturen/Gradationskurven...“. Er ruft ein Dialogfeld auf, dessen Hintergrund das Histogramm zeigt, überlagert von einer Tonwertkurve, die anfangs noch gar keine Kurve, sondern eine schräg verlaufende Gerade ist.

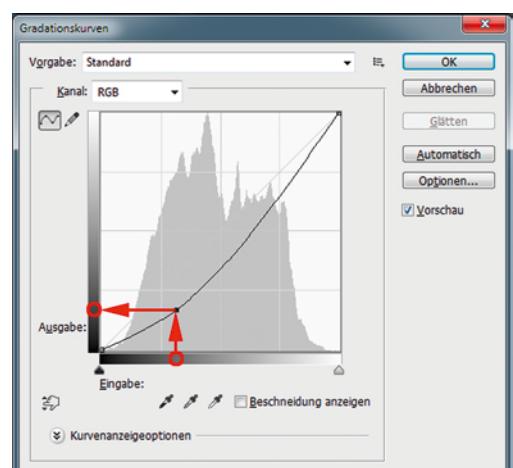


Auf der Abszisse (waagrechte Achse; X-Achse), die als „Eingabe“ bezeichnet ist, sind alle denkbaren Helligkeitswerte aufgetragen, links beginnend bei 0% (schwarz, Wert 0) und rechts endend bei 100% (weiß, Wert 255). Die Ordinate (senkrechte Achse; Y-Achse) heißt „Ausgabe“. Folgt man von der Ordinate, beginnend bei einem bestimmten Eingabewert, einer senkrechten Linie nach oben bis zur Gradationskurve und zieht vom Schnittpunkt aus eine waagrechte Linie nach links, trifft man auf den Ausgabewert, wobei der Eingabewert sozusagen den Zustand „vorher“, der Ausgabewert den Zustand „nachher“ repräsentiert. Die anfangs zu sehende Gerade bedeutet also, Eingangswert = Ausgangswert, d.h. es bleibt alles so, wie es ist.

Es folgt die Möglichkeit, diese Kurve nun nach Gusto anzupassen. Dies stellt ein mächtiges Werkzeug der Bildverarbeitung dar. Jeder Klick auf die Kurve generiert einen neuen



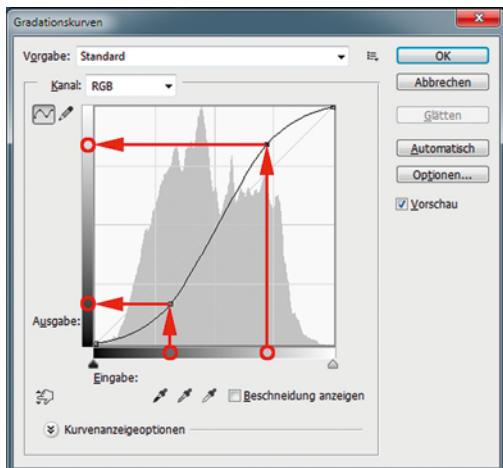
Kurvenpunkt in Form eines kleinen Quadrates, der sich mit der Maus beliebig verschieben lässt. Wird die Gradationskurve an einem solchen Punkt nach unten gebogen, unterscheiden sich die Eingangs- und Ausgangswerte voneinander. Die Ausgangswerte sind durchweg niedriger als die Eingangswerte, so dass das Bild durch diese Aktion dunkler wird.



Nun kann aber ein weiterer Punkt gesetzt werden, um der Gradationskurve einen anderen Verlauf zu geben. Der zweite Punkt kann beispielsweise nach oben geschoben werden,



um die Ausgangswerte gegenüber den Ein-  
gangswerten anzuheben, d. h. das Bild aufzu-  
hellen.



Was genau passiert bei dieser Bearbeitung? Durch Absenken des linken Kurvenbereichs wurden die Helligkeitswerte der ohnehin schon dunklen Bildbereiche nochmals abgesenkt. Dunkles wurde dadurch noch dunkler. Umgekehrt bei den hellen Bildpartien, die in ihrer Helligkeit durch Anheben der Kurve aufgehellt wurden. In der Summe ergibt sich eine Kontraststeigerung des Bildes.

Versehentlich auf der Kurve gesetzte Punkte können entfernt werden, wenn man sie mit der Maus aus dem Diagrammbereich herauszieht und dort „fallenlässt“.

Einmal gefundene Kurvenverläufe lassen sich speichern, wenn Sie auf das kleine Symbol zwischen dem Feld „Vorgabe“ und dem „OK“-Button klicken. Dann erscheint ein Menü, aus dem Sie den Eintrag „Vorgabe speichern...“ wählen können. Danach können Sie die gleiche Gradationskurve auf andere Fotos anwenden.

Das Dialogfeld „Gradationskurven“ lässt sich auch mit dem Tastenschlüssel „Strg+M“ aufrufen. Wenn Sie „Strg+Alt+M“ benutzen, erscheint es mit dem zuletzt eingestellten Kurvenverlauf. Ist das Dialogfeld erst einmal

erschienen, können Sie mit gedrückter „Alt“-Taste den Button „Abbrechen“ in den Button „Zurück“ verwandeln und das Dialogfeld in seine Ausgangsstellung zurückversetzen. Dieser Trick funktioniert bei nahezu allen Dialogfeldern von Photoshop.

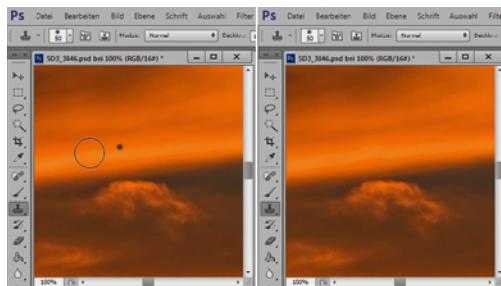
**Retuschen** gehören in den Bereich der kosmetischen Reparaturen, so lange wir die Grenzen der konservativen Bildbearbeitung (s. o.) nicht überschreiten wollen. Im Klartext bedeutet dies, dass vor dem Wegretuschieren von Bilddetails sichergestellt sein muss, dass das störende Element ein Artefakt und nicht etwa „nur“ ein unerwünschtes Subjekt ist. Durch Schmutzpartikel verursachte Sensorflecken sowie Cold- und Hotpixel sind gute Beispiele für solcherlei Artefakte. Das Retuschieren von Flugzeug- oder Satellitenspuren hingegen ist ein Grenzübertritt und bedeutet „kommutative Bildbearbeitung“.

Vor der Anwendung von Retuschen empfehle ich, die Darstellung des Bildes auf 100 Prozent zu vergrößern. Mit dem Befehl „Ansicht/Tatsächliche Pixel“ oder dem Tastenschlüssel „Strg+1“ gelingt das am schnellsten. Nun entspricht ein Pixel des Bildes einem Pixel auf dem Monitor. Um die gewünschte Bildregion zur Anzeige zu bringen, können Sie sich die Palette „Navigator“ mit dem Befehl „Fenster/Navigator“ anzeigen lassen und darin mit der Maus das rote Rechteck bewegen, das den aktuell angezeigten Bereich darstellt. Alternativ halten Sie die Leertaste gedrückt und bewegen mit gedrückter Maustaste die Maus innerhalb des Bildes.

**Bereichsreparatur** Die bequemste Form der Retusche bietet das Photoshop-Werkzeug „Bereichsreparatur-Pinsel“. Stellen Sie sich vor, dieses Werkzeug ist ein Pflaster, das Sie über eine Wunde kleben. Stellen Sie in den Eigenschaften des Werkzeugs den Durchmesser („Größe“) so ein, dass das verwendete „Pflaster“ das zu retuschierende Objekt (Wunde) nicht nur abdeckt, sondern auch einen gewissen Bereich darum herum. Dann klicken Sie einfach mit der Maus auf die störende Stelle.

Photoshop versucht nun, die Schadstelle „intelligent“ zu eliminieren und den fehlenden Inhalt kontextsensitiv durch einen neuen zu ersetzen. Nicht selten gelingt das prima. Beim Sternenhimmel ist jedoch peinlich darauf zu achten, dass keine neuen Sterne „entstehen“. Wenn der Bereichsreparatur-Pinsel nicht zum gewünschten Resultat verhilft, machen Sie dessen Fehlleistung durch den „Rückgängig“-Befehl ungeschehen und versuchen Sie es stattdessen mit dem

**Kopierstempel** Damit lassen sich ausgewählte Bildbereiche auf andere Bereiche übertragen. Wählen Sie das Werkzeug „Kopierstempel“ aus der Werkzeugeiste und stellen Sie auch dessen Durchmesser („Größe“) auf einen Wert ein, der dem zu eliminierenden Element gerecht wird. Entscheiden Sie sich bei „Härte“ für einen niedrigen Wert, also eine weiche Stempelkante. Nun definieren Sie das „Stempelkissen“, indem Sie die „Alt“-Taste gedrückt halten und mit der Maus klicken. Wählen Sie dazu einen Bereich des Bildes aus, mit dem Sie die Schadstelle überstempeln möchten. Nun lassen Sie die „Alt“-Taste los und klicken auf die Schadstelle. Fertig.

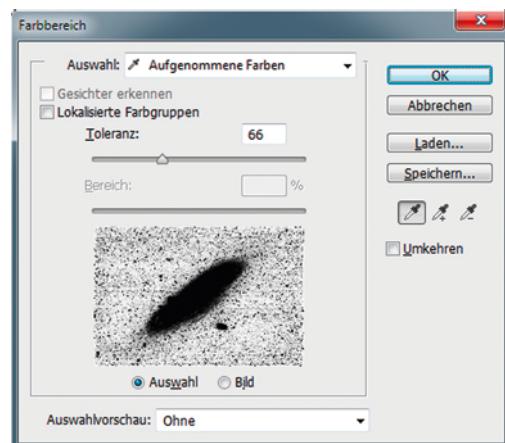


Für jede weitere Schadstelle ist das Stempelkissen neu zu definieren. Auch beim Kopierstempel ist darauf zu achten, keine zusätzlichen Sterne zu schaffen oder bestehende zu vernichten.

Sowohl beim Bereichsreparatur-Pinsel als auch beim Kopierstempel kann die Größe bequem mit den Tasten „ö“ (kleiner) und „#“ (größer) eingestellt werden.

**Bearbeitung von Teilbereichen** Wenn nur ausgewählte Teile eines Fotos einer Bearbeitung unterzogen werden sollen, ist höchste Vorsicht geboten. Sehr schnell überschreitet man dabei die Grenze zwischen konservativer und kommutativer Bildbearbeitung (s.o.). Möchte man bei der konservativen Bildbearbeitung bleiben, sind allenfalls Befehle wie Rauschminderung und Nachschärfung zu empfehlen. Würde man Teilflächen eines Bildes in Helligkeit oder Farbgebung verändern, wäre das bereits eine kommutative Bildbearbeitung. Vorstellbar jedoch ist der Fall, dass man in den dunklen Partien eines Bildes, etwa dem Himmelshintergrund, eine Rauschreduzierung durchführen möchte, während die hellen Bildbereiche sogar eine Nachschärfung vertragen. Man geht dann folgendermaßen vor:

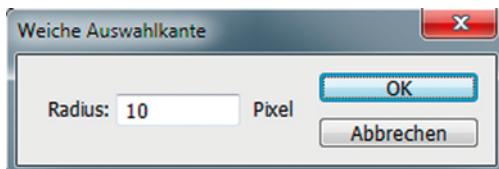
**Auswahl der dunklen Bildbereiche** Mit dem Befehl „Auswahl/Farbbereich...“ wird ein Dialogfeld aufgerufen, in dem es drei Pipetten zur Auswahl gibt. Klicken Sie die linke davon an und danach im Bild an eine repräsentative Stelle. Nun werden alle Regionen des Bildes ausgewählt, die eine ähnliche Helligkeit haben. Steuern Sie die Größe der nun ausgewählten Fläche mit dem Regler „Toleranz“. Je weiter Sie ihn nach rechts bewegen, desto größere Bereiche des Bildes werden ausgewählt. Reicht selbst die Maximalstellung des



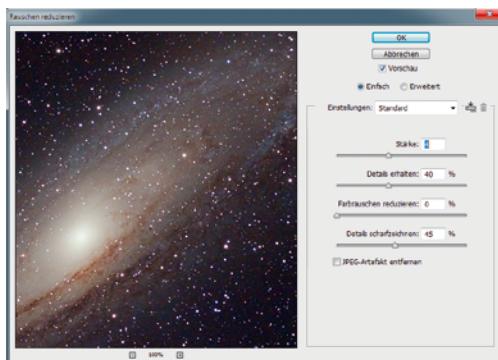


Reglers nicht aus, fügen Sie mit der mittleren Pipette der Auswahl weitere Farbbereiche hinzu. Nach dem Klick auf „OK“ sehen Sie die Auswahl in Ihrem Bild.

**Weiche Auswahlkante** Um die Grenzen einer solchen Auswahl durch die vorzunehmende Bearbeitung möglichst nicht sichtbar werden zu lassen, empfiehlt es sich, die Ränder der Auswahl unscharf zu machen. Dazu wählen Sie den Befehl „Auswahl/Auswahl verändern/Weiche Kante ...“ und tragen einen Radius in Pixel ein. Wie viele Pixel dort einzutragen sind, hängt außer vom gewünschten Resultat auch von der Bildgröße ab. Ein guter Startwert ist 10.



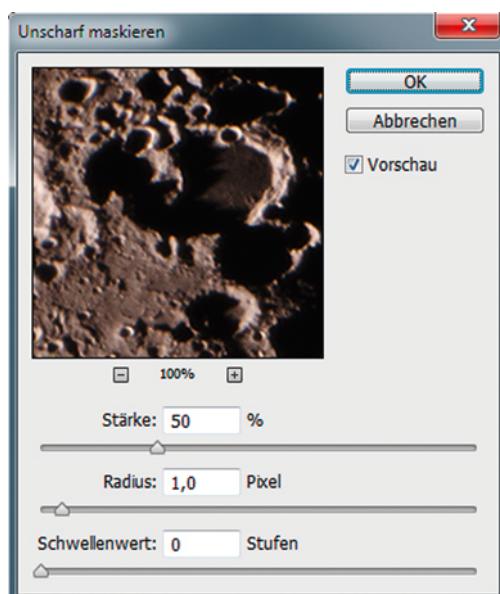
**Rauschreduktion** Nun erfolgt der eigentlich gewünschte Bildbearbeitungsschritt, nämlich die Rauschreduktion, der sich nun lediglich auf die ausgewählten Bildbereiche bezieht. Alle nicht ausgewählten Bildbereiche bleiben unbehelligt. Zoomen Sie in Ihr Bild auf 100% Darstellungsgröße ein und wählen Sie den Befehl „Filter/Rauschfilter/Rauschen reduzieren ...“. Im erscheinenden Dialogfeld operieren Sie am besten zunächst mit den Reglern „Stärke“ und „Details erhalten“, bis das gewünschte Ergebnis erzielt ist. Übertrei-



ben Sie die Rauschreduzierung nicht, sonst wirken die betroffenen Bildbereiche „weichgespült“.

**Umkehr der Auswahl** Nun wollen Sie ja noch die hellen Bildpartien nachschärfen. Dazu können Sie einfach die bestehende Auswahl invertieren, und zwar mit dem Befehl „Auswahl/Auswahl umkehren“.

**Bildschärfung** Den Schärfeeindruck eines Bildes steigern können Sie mit dem Befehl „Filter/Scharfzeichnungsfilter/Unscharf maskieren ...“. Mit den Reglern „Stärke“ und „Radius“



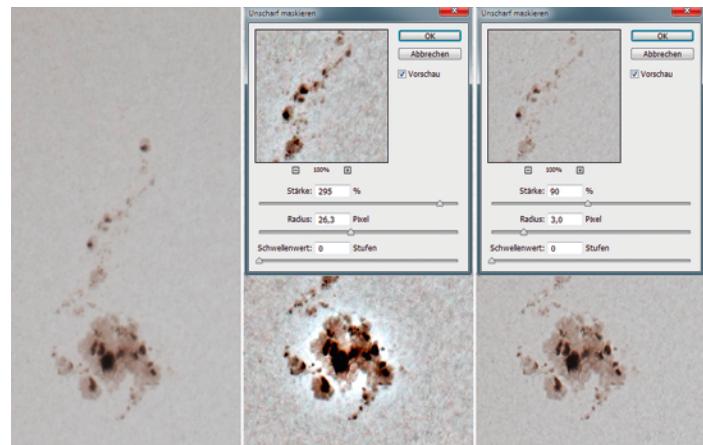
steuern Sie im Wesentlichen den Erfolg der Bildschärfung. Auch hier gilt es, nicht über das Ziel hinauszuschießen, um sich keine Artefakte durch Überschärfung einzufangen. Betroffen sind nur die hellen Regionen des Bildes, die ohnehin über ein gutes Signal-Rausch-Verhältnis verfügen, so dass wir uns die Nachschärfung leisten können. In den dunklen Bereichen mit schlechterem Signal-Rausch-Verhältnis würde eine Nachschärfung auch das Bildrauschen schärfen und damit hervorheben.

**Aufheben der Auswahl** Dazu wählen Sie den Befehl „Auswahl/Auswahl aufheben“.

**TIPP: Tastaturkürzel**

Zu Menübefehlen und Werkzeugen nennt Photoshop oft einen Tastenschlüssel, z.B. „Strg+D“ zum Aufheben einer Auswahl. Das vereinfacht die Arbeit erheblich.

**Nachschärfung eines Sonnenfotos:** links das Rohbild, in der Mitte zu starke Schärfung und rechts eine optimale Schärfung.

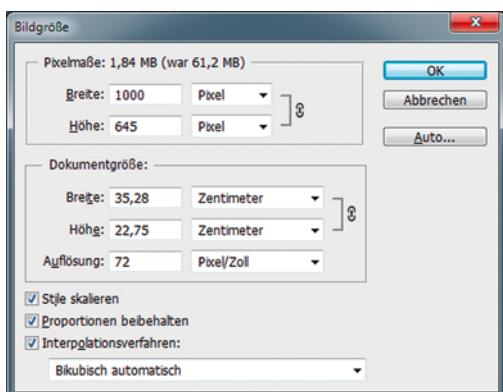
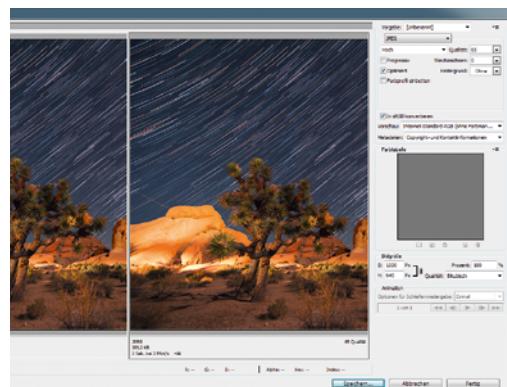


**Bilder fürs Web aufbereiten** Um ein Bild im Internet zu zeigen oder als Anhang in einer E-Mail zu versenden, sollte man es zunächst entsprechend aufbereiten, um die Datenmenge zu reduzieren.

**Verkleinern** Mit dem Befehl „Bild/Bildgröße“ kommen Sie zu einem Dialogfeld, in dem sich die Breite des Bildes in Pixel eintragen lässt. Für den genannten Zweck ist 1000 Pixel ein geeigneter Wert.

**Optimiertes Speichern** Nun müssen Sie das Bild noch im JPG-Format abspeichern. Am besten geht das mit dem Befehl „Datei/Für Web speichern ...“. Klicken Sie die Registerkarte „2fach“ an, um das Bild vor und nach der Speicherung vergleichen zu können. Qualitätsverluste durch eine zu starke Dateikomprimierung werden so gut sichtbar. Nach

Auswahl des JPG-Formats in der rechten, oberen Ecke des Dialogfeldes können Sie die „Qualität“ von „0“ bis „100“ sehr fein regulieren, wobei Sie stets die Dateigröße im „Zielfenster“ im Auge behalten können.

**TIPP: Konzentration auf Photoshop**

► Verwenden Sie nicht unnötig viele verschiedene Bildbearbeitungsprogramme parallel bzw. abwechselnd. Die Gefahr ist sonst groß, dass Sie sich verzetteln. Jedes dieser Programme ist ziemlich umfangreich und von der Bedienung her der Gewöhnung bedürftig. Schießen Sie sich lieber auf Photoshop ein, um relativ schnell die nötige Übung im Umgang damit zu erlangen.

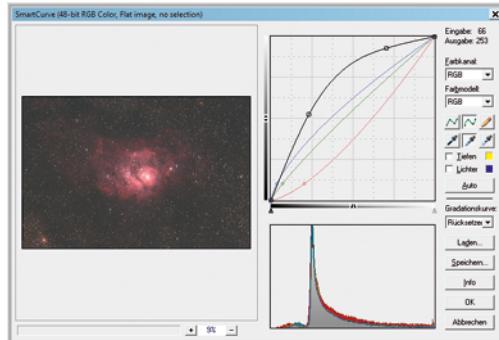


## Photoshop CS6 und Photoshop Elements 12

Oft wird die Frage gestellt, ob es zur kostspieligen Lizenz von Adobe Photoshop CS6 eine preiswerte Alternative gibt. Selbstverständlich gibt es außer Photoshop auch andere Bildbearbeitungsprogramme, sowohl kommerziell vertriebene als auch kostenlose. Eine erschwingliche Variante von Photoshop ist als „Adobe Photoshop Elements 12“ für zirka 75 Euro im Handel.

Mit Photoshop Elements lassen sich die allermeisten in diesem Buch beschriebenen Bearbeitungsschritte ebenso durchführen wie mit der Version CS6. Nur ab und an stellt man fest, dass die Elements-Version gegenüber CS6 eingeschränkt ist. Mit den Einschränkungen kann man sich aber gut arrangieren. Eine schmerzliche Ausnahme: Photoshop Elements verfügt nicht über die Gradationskurven, die von Astrofotografen oft und gerne angewendet wird. Doch dafür existiert eine Lösung: Im Internet sind PlugIns, also Erweiterungen für Photoshop Elements erhältlich, teilweise kostenfrei. So lassen sich die Gradationskurven in Photoshop Elements

ohne jegliche Zusatzkosten nachrüsten, wenn man zum Beispiel das PlugIn „SmartCurves“ von [www.fototuning.at](http://www.fototuning.at) verwendet.



Zum Entwickeln von DSLR-Raw-Dateien ist auch in Photoshop Elements das Modul „Camera Raw“ integriert, allerdings mit einem im Vergleich zu CS6 verringerten Funktionsumfang. Alle wichtigen Funktionen jedoch sind vorhanden. Obwohl beide Programme vom gleichen Hersteller stammen, unterscheidet sich die Menüstruktur teils erheblich, während die meisten Tastenschlüssel versionsübergreifend funktionieren. Die folgende Tabelle stellt wichtige Befehlsfolgen der beiden Versionen gegenüber.

### Befehle in Photoshop CS6 und Photoshop Elements 12

Adobe Photoshop CS6	Adobe Photoshop Elements 12
Bild/Korrekturen/Tonwertkorrektur	Überarbeiten/Beleuchtung anpassen/ Tonwertkorrektur
Bild/Korrekturen/Helligkeit_Kontrast	Überarbeiten/Beleuchtung anpassen/ Helligkeit_Kontrast
Bild/Korrekturen/Variationen ...	— nicht vorhanden —
Filter/Scharfzeichnungsfilter/Unscharf maskieren	Überarbeiten/Unscharf maskieren
Bild/Bildgröße	Bild/Skalieren/Bildgröße
Bild/Korrekturen/Farnton_Sättigung	Überarbeiten/Farbe anpassen/ Farnton-Sättigung anpassen
Bild/Korrekturen/Gradationskurven	Nicht vorhanden, aber über kostenfreies Plugin nachrüstbar (siehe oben)
Kann 32-Bit-Formate öffnen	Kann maximal 16-Bit-Formate öffnen

# Links, Adressen und Lesetipps

## Softwarelinks

**Adobe Photoshop** Bildverarbeitung

Kommerzielle Software, Online-Bestellmöglichkeit,  
Webseite in deutsch  
<http://www.adobe.de>

**Astroart** Kalibrierung/Bildverarbeitung (deutsch)

Kommerzielle Software, Downloadmöglichkeit,  
Webseite in englisch  
<http://www.msb-astroart.com>

**Astrofoto Calculator** Berechnung des Gesichtsfelds

App für Android-Smartphones,  
erhältlich bei Google play

**Cartes du Ciel** Planetariumssoftware (deutsch)

Freeware (kostenlos), Downloadmöglichkeit,  
Webseite in englisch  
<http://www.ap-i.net/skychart/en/start>

**DeepSkyStacker** Verarbeitung und Kombination von Deep-Sky-Aufnahmen

Freeware (kostenlos), Downloadmöglichkeit,  
Webseite in deutsch  
<http://deepskystacker.free.fr/german>

**Fitswork** Kalibrierung/Bildverarbeitung (deutsch)

Freeware (kostenlos), Downloadmöglichkeit,  
Webseite in deutsch  
<http://www.fitswork.de>

**FOViewer** Anzeige des Gesichtsfelds der Kamera

App für Android-Smartphones, erhältlich bei Google play

**Guide** Planetariumssoftware (deutsch)

Kommerzielle Software, Online-Bestellmöglichkeit,  
Webseite in deutsch  
<http://www.astro-shop.com>

**ImagesPlus** Kamera-Steuerung/Kalibrierung/Bildverarbeitung

Kommerzielle Software, Online-Bestellmöglichkeit,  
Webseite in englisch  
<http://www.mlunsold.com>

**IRIS** Kalibrierung/Bildverarbeitung (englisch)

Freeware (kostenlos), Downloadmöglichkeit,  
Webseite in englisch  
<http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>

**MaxIm DLSR** und **MaxIm DL Pro** Kamera-Steuerung/

-Kalibrierung/Bildverarbeitung  
Kommerzielle Software, Online-Bestellmöglichkeit,  
Webseite in englisch  
<http://www.cyanogen.com>

**Photolapse** Zum Erstellen von Zeitrafferfilmen

Freeware (kostenlos), Downloadmöglichkeit,  
Webseite in englisch  
<http://www.portablefreeware.com/?id=1842>

**PixInsight** Kalibrierung/Bildverarbeitung (englisch)

Kommerzielle Software, Downloadmöglichkeit,  
Webseite in englisch  
<http://pixinsight.com>

**Redshift** Planetariumssoftware (deutsch)

Kommerzielle Software für Windows, Mac und Apple-Smartphones, Online-Bestellmöglichkeit, Webseite in deutsch  
<http://www.redshift-live.com>

**Regim** Kalibrierung/Bildverarbeitung (deutsch)  
Freeware (kostenlos), Downloadmöglichkeit,  
Webseite in deutsch  
<http://www.andreasroerig.de/regim/regim.htm>

**Starry Night** Planetariumssoftware (englisch)  
Kommerzielle Software, Online-Bestellmöglichkeit,  
Webseite in englisch  
<http://www.starrynight.com>

**Startrails** Erstellen von Sternspurauflnahmen  
Freeware (kostenlos), Downloadmöglichkeit,  
Webseite in deutsch  
<http://www.startrails.de/indexd.html>

**Stellarium** Planetariumssoftware (deutsch)  
Freeware (kostenlos), Downloadmöglichkeit,  
Webseite in deutsch  
<http://stellarium.org/de>

**Sun Surveyor** Planungstool für Sonnen- und Mondstand (englisch)  
App für Apple- und Android-Smartphones,  
erhältlich im App Store und bei Google play  
<http://www.sunsurveyor.com>

**The Photographer's Ephemeris** Planungstool für Sonnen- und Mondstand (englisch)  
App für Apple- und Android-Smartphones,  
erhältlich im App Store und bei Google play;  
Freeware (kostenlos) für Windows und Mac  
<http://www.photoephemeris.com>

**TheSky** Planetariumssoftware (englisch)  
Kommerzielle Software, Online-Bestellmöglichkeit,  
Webseite in englisch <http://www.bisque.com>

**Virtual Moon Atlas** Detaillierte Mondkarten  
Freeware (kostenlos), Downloadmöglichkeit,  
Webseite in englisch  
<http://www.ap-i.net/avl/en/start>

## Astronomielinks

**Arbeitskreis Meteore e.V.**, u. a. Datenbank mit atmosphärischen Erscheinungen, deutsch  
<http://www.meteorus.de>

**Arbeitskreis Meteore e.V.**, Polarlichtvorhersage, deutsch  
<http://www.meteorus.de/polar/polwarn.htm>

**Astronomie.de** Astronomie-Portal in Deutschland, deutsch  
<http://www.astronomie.de>

**Astronomy Picture of the Day** Astronomisches Bild des Tages, englisch  
<http://apod.nasa.gov/apod>

**Astrotreff** das große Forum in Deutschland, deutsch  
<http://www.astrotreff.de>

**CalSky** u. a. Berechnung von Iridiumblitzen und ISS-Überflügen, Finsternissen, deutsch  
<http://www.calsky.de>

**Heavens-Above** u. a. Berechnung von Iridiumblitzen und ISS-Überflügen, deutsch  
<http://www.heavens-above.com>

**Kosmos Himmelsjahr** das Jahrbuch mit aktuellen Himmelereignissen, deutsch  
<http://www.kosmos-himmelsjahr.de>

**Spaceweather** u. a. aktueller Status der Sonnenflecken, englisch <http://www.spaceweather.com>

**Stefan Seip** <http://www.astromeeting.de>



**Vereinigung der Sternfreunde e. V.** überregionaler  
Astronomie-Verein, deutsch  
<http://www.sternfreunde.de>

**Vereinigung der Sternfreunde e. V.** Fachgruppe Kometen,  
aktuelle Kometen, deutsch  
<http://kometen.fg-vds.de>

## Links zu Kameraherstellern

---

**Canon** DSLR  
<http://www.canon.de>

**Nikon** DSLR  
<http://www.nikon.de>

**Pentax** DSLR  
<http://www.pentax.de>

**Olympus** DSLR  
<http://www.olympus.de>

**Panasonic** Lumix DSLR  
<http://www.panasonic.de>

**Sony** DSLR  
<http://www.sony.de>

## Händler für Teleskope und -Fotozubehör

---

**APM Telescopes**, D-66780 Rehlingen  
<http://www.apm-telescopes.de>

**Astrocom**, D-82152 Martinsried  
<http://www.astrocom.de>

**Astrolumina**, D-41812 Erkelenz  
<http://www.astrolumina.de>

**Astroshop**, D-86899 Landsberg  
<http://www.astroshop.de>

**ASA Astrosysteme**, A-4600 Wels  
<http://www.astrosysteme.at>

**Baader Planetarium**, D-82291 Mammendorf  
<http://www.baader-planetarium.de>

**Bresser**, D-46414 Rheda  
<http://www.bresser.de/>

**Fernrohrland**, D-70736 Fellbach  
<http://www.fernrohrland.de>

**Intercon Spacetec**, D-86154 Augsburg  
<http://www.intercon-spacetec.de>

**Rainer Hönle**, DSLR-Umbau, 86167 Augsburg  
<http://www.gletscherbruch.de>

**Teleskop-Service**, D-85640 Putzbrunn  
<http://www.teleskop-service.de>

**Vixen Europe**, D-47877 Willich  
<http://www.vixen-europe.de>

## Buchtipps für Hobby-Astronomen

---

Celnik, Werner E./Hahn, Hermann-Michael:  
**Astronomie für Einsteiger**  
Alle Infos für den Einstieg ins Hobby Astronomie

Dunlop, Storm/Tirion, Wil: **Der Kosmos-Sternführer**  
Alle Sternbilder mit Fotos und Sternkarten

Emmerich, Mark/Melchert, Sven: **Astronomie**  
Das ganze Universum zum kleinen Preis

Hamlyn, Richard: **Welche Wolke ist das?**  
Wetter, Wolken und Himmelsphänomene beobachten und erkennen

Herrmann, Joachim: **Welcher Stern ist das?**  
Sterne und Planeten entdecken und beobachten

Karkoschka, Erich: **Atlas für Himmelsbeobachter**  
250 Himmelsobjekte für Fernglas und Fernrohr

Koch, Bernd/Korth, Stefan: **Die Messier-Objekte**  
Die 110 klassischen Ziele für Himmelsbeobachter

Keller, Hans-Ulrich: **Das Kosmos Himmelsjahr**  
Das beliebte Jahrbuch mit allen Infos für Hobby-Astronomen, erscheint jährlich im Herbst. Auch als App für Apple-iPhone und -iPad erhältlich.

Keller, Hans-Ulrich: **Kompendium der Astronomie**  
Zahlen, Daten, Fakten

Keller, Hans-Ulrich: **Das Kosmos Himmelsjahr professional**

Das Jahrbuch Kosmos Himmelsjahr mit DVD mit zahlreichen Animationen, Daten und Grafiken

Klötzler, Heinz Joachim: **Das Astro-Teleskop für Einsteiger**  
Infos vom Fernglas bis zum Amateurteleskop

Koch, Bernd/Korth, Stefan: **Stars am Nachthimmel**  
Der sichere Wegweiser zu den 50 schönsten Himmelsobjekten

Seip, Stefan: **Was sehe ich am Himmel?**  
Himmelsphänomene bei Tag und Nacht

Sinnott, R. W.: **Kosmos Sternatlas kompakt**  
Der Sternenhimmel auf 80 handlichen Karten

Vogel, Michael: **Kosmos-Sternführer für unterwegs**  
Sternbilder und Planeten entdecken und beobachten

Weigand, Mario/Geyer, Sabrina: **Sonne, Mond, Planeten**  
beobachten und fotografieren

## Sternkarten

---

Hahn, Hermann-Michael/Weiland, Gerhard:  
**Sternkarte für Einsteiger**  
Die Sternbilder sicher erkennen

Hahn, Hermann-Michael/Weiland, Gerhard:  
**Drehbare Kosmos-Sternkarte**  
Wetterfeste Sternkarte für Hobby-Astronomen

Karkoschka, Erich:  
**Drehbare Welt-Sternkarte**  
Einsetzbar auf der ganzen Welt, auch auf der Südhalbkugel der Erde

## Zeitschriften

---

**Interstellarum**, Oculum-Verlag, Erlangen  
Zeitschrift für aktive Hobby-Astronomen

**Journal für Astronomie**, Vereinigung der Sternfreunde e. V., Heppenheim Das Mitgliedermagazin der Vereinigung der Sternfreunde (VdS) mit vielen Praxisbeiträgen

**Sterne und Weltraum**, Spektrum der Wissenschaft Verlags-gesellschaft, Heidelberg  
Das führende Astronomie-Magazin

**Orion**, Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
Das Astronomie-Magazin in der Schweiz

# Register

---

- A**Abbildungsfehler 68  
Adobe Photoshop 156  
Akku 15  
Andromeda-Galaxie (M 31) 63, 105, 142  
Aschgraues Mondlicht 54  
Auf-/untergang, Mond/Sonne 79  
Aufnahmetechnik 108 ff  
Aureolen 29  
Ausbalancieren 92  
Autoguider 119 f
- B**Barlow-Linse 70  
Bedeckungen, durch den Mond 83  
Belichtungskorrektur 129  
– manuelle 12  
Bildbearbeitung 128 ff  
Bilder drehen 145  
Bildfeldkrümmung 68  
Bildstabilisator 13  
Bildwinkel 110 f, Innenumschlag  
Bit-Tiefe 128, 139  
Blitzgerät 14  
Brennweitenreduzierer 70
- D**Dämmerungshimmel 21  
Darkframe, s. Dunkelbild  
Dateiformate 143  
DeepSkyStacker 135 ff  
Doppelsterne 87  
Dunkelbild 130 ff  
Dunkelnebel 104  
Dunkelwolken 62
- Einnorden, einer Montierung 48, 93,  
115 ff  
Einscheinern, s. Scheiner-Methode  
Emissionsnebel 100
- F**Farbbild, Entstehung 128 f  
Farblängsfehler 69  
Flatframe, s. Hellfeldbild  
Fokussieren 67, 71 ff  
Fotomontierung 42 f
- G**Galaxien 63, 105  
Gegenschein 58  
Gesichtsfeld, s. Bildwinkel  
Gewitterblitz 23  
Gradationskurve 139 ff  
Großer Wagen 68  
Guiding  
– automatisches 119 ff  
– manuelles 93 f
- H**Halo-Erscheinungen  
– der Sonne 25  
– des Mondes 30
- H-Alpha-Filter 77, 114  
Hellfeldbild 133 f  
Helixnebel 102  
Herschel-Keil 109  
Histogramm 12, 148 ff
- I**Internationale Raumstation (ISS)  
74  
Iridiumblitze 33, 52  
Irisnebel 101  
ISO-Zahl 11
- J**Jupiter 86
- K**Kabelauslöser 14  
Kalibrierung, der Fotos 135 ff  
Kamerafunktionen 8 f  
Koma 69  
Kometen 57, 96  
Konstellationen, schöne 4, 8, 28, 55  
Kugelsternhaufen 99
- L**Lagunennebel (M 8) 100  
Landschaftsfotos 24, 109  
Langzeitbelichtung 91  
Leitfernrohr 120 f  
Live-View-Funktion 71
- M**Magellansche Wolke 63  
Mars 85  
Meteore 35, 53  
Milchstraße 39, 52  
Modifizierte DSLR 114 f  
Mond 28 ff, 54 ff, 66, 80 ff  
Mondfinsternisse 31, 56, 82  
Mondoberfläche 81  
Mondphasen 80  
Montierung, astronomische 43 ff,  
91 ff
- N**Nachführkontrolle, s. Guiding  
Nachführung 43, 91  
Nachschärfung 129  
Nebensonnen 26  
Nordamerikanebel (NGC 7000) 61,  
69
- O**Off-Axis-Guider 123  
Offene Sternhaufen 60, 97, 98  
Orion 51  
Orion-Nebel (M 42) 5, 70, 90, 114
- P**Pferdekopfnebel 104  
Planetarysche Nebel 102  
Planeten 55, 83 ff  
Planetoiden 59  
Planung, der Aufnahme 18  
Plejaden (M 45) 97  
Polarlichter 34  
Polsucherfernrohr 46 f, 115  
Praesepse (M 44) 60
- R**Rauschen 130  
Rauschreduzierung 129  
– automatische 11, 132  
RAW-Datei, Entwickeln einer 128 f  
Reflexionsnebel 101  
Regenbogen 22
- S**Satellitenspuren 32  
Saturn 86  
Scheiner-Methode 116 ff  
Schmutz 16 f, 134  
Schutzfilter 18  
Selektives Weich-/Scharfzeichnen 154  
Sensorreinigung 15 f  
Sonne 24 ff, 75 ff, 108 f  
Sonne, H-Alpha 77  
Sonnenfilter 108 f  
Sonnenfinsternisse 27, 78, Innen-  
umschlag hinten  
Sonnenflecken 76  
Speichermedien 15  
Stativ 12  
Sternbilder 38, 51  
Sternenhimmel 50  
Sternfarben 37  
Sternfelder 38  
Sternhaufen 97, 98, 99  
Störlichtblende 17  
Strichspuraufnahmen 36, 113,  
Innenumschlag vorne  
Strudelgalaxie 95  
Supernova-Überreste 103
- T**Taukappe 92
- V**Venus 84  
Vibrationen 72  
Vignettierung 129, 133 f
- W**Weißabgleich 129  
Wolkenformation 20
- Z**Zeitraffer-Aufnahmen 124  
Zirrusnebel 103  
Zodiakallicht 58



## Bildnachweis

---

Mit 150 Farbfotos und 69 Screenshots von Stefan Seip ([www.astromeeting.de](http://www.astromeeting.de)) sowie zwei Illustrationen von Gunther Schulz (S. 43, 116) und fünf Illustrationen von Gerhard Weiland (S. 117).

## Impressum

---

Umschlaggestaltung von eStudio Calamar unter Verwendung von fünf Farbfotos von Stefan Seip. Das Foto auf der Titelseite zeigt Sternstrichspuren über dem Schloss Monrepos in Ludwigsburg. Es ist die Kombination einer Strichspuraufnahme mit einer Einzelaufnahme und Weichzeichnerfilter.

Mit 150 Farbfotos, 69 Screenshots und 7 Farbzeichnungen

Unser gesamtes Programm finden Sie unter **[kosmos.de](http://kosmos.de)**.  
Über Neuigkeiten informieren Sie regelmäßig unsere  
Newsletter, einfach anmelden unter **[kosmos.de/newsletter](http://kosmos.de/newsletter)**

2., vollständig aktualisierte Ausgabe  
© 2016, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart  
Alle Rechte vorbehalten  
ISBN: 978-3-440-14465-7  
Redaktion: Sven Melchert  
Produktion: Ralf Paucke

## Nützliche Daten auf einen Blick

### Erläuterung der Tabellen der Aufnahmedaten (vgl. S. 20ff)

Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtung
Wolke mit Grashalmen im Vordergrund	1Ds Mark II; Canon EF 2,8/16–35 mm L @ 17 mm	320; 16,0; 1/20 Sek.
<b>Motiv und besondere Hilfsmittel</b> oder Bemerkungen zur Aufnahme (Beispiel unten: Aufnahme mit H-Alpha-Sonnenfilter und mit einer für Astrofotos modifizierten Kamera (vgl. S. 114))	<b>1. Kameramodell (Canon EOS); 2. verwendete Optik</b> (Optik oben: Zoom-Objektiv bei Brennweite 17 mm; unten: Refraktor mit 105 mm Öffnung, Öffnungsverhältnis 1/6, Barlow-Linse zur Brennweitenverlängerung)	<b>Einstellungen</b> für den ISO-Wert, die Blende (= 1/Öffnungsverhältnis) und die Belichtungszeit für das abgebildete Foto.
Daten zur Aufnahme unten	Kamera (Canon EOS); Optik	ISO; Blende; Belichtungszeit
Chromosphäre der Sonne (durch ein H-Alpha-Filter)	60Da; Astro-Physics Traveler 105 mm f/6 Apochromat und 2-fach-Barlow-Linse	800; 12,0; 1/250 Sek. (effektive Brennweite ca. 1220 mm)

### Maximal mögliche Belichtungszeiten bei stehender Kamera

Brennweite [mm]	10	15	20	24	28	50	85	100
Belichtungszeit [s]	20	13,4	10	8,4	7,2	4	2,4	2

Die Tabellenwerte gelten für die Deklination  $45^\circ$  und eine zulässige Drift von zwei Pixeln bei einer Pixelgröße von 0,0052 mm (vgl. S. 113).

Bei kurzen Belichtungszeiten (s. Tabelle oben) bleiben die Sterne punktförmig.



Bei längeren Belichtungen werden sie durch die Erdrotation strichförmig abgebildet.



## Effektive Bildwinkel für verschiedene Kameras

	Kamera mit $24 \times 36$ mm-Sensor (Vollformat)			Kamera mit $14,8 \times 22,2$ mm-Sensor (APS-C-Format = 1,6-facher „Crop-Faktor“)		
Brennweite	Bildwinkel (Breite)	Bildwinkel (Höhe)	Bildwinkel (Diagonale)	Bildwinkel (Breite)	Bildwinkel (Höhe)	Bildwinkel (Diagonale)
10 mm	-	-	-	96,0	73,0	106,3
15 mm	100,4	77,3	110,5	73,0	52,5	83,3
20 mm	84,0	61,9	94,5	58,1	40,6	67,4
35 mm	54,4	37,8	63,4	35,2	23,9	41,7
50 mm	39,6	27,0	46,8	25°	16,8	29,9
100 mm	20,4	13,7	24,4	12,7	8,5	15,2
200 mm	10,3	6,9	12,3	6,4	4,2	7,6
500 mm	4,1	2,7	5,0	2,5	1,7	3,1
1000 mm	2,1	1,4	2,5	1,3	0,8	1,5
2000 mm	1,0	0,7	1,2	0,6	0,4	0,8



Brennweite für ein formatfüllendes Bild der Andromeda-Galaxie mit APS-C-Sensor: ca. 500 mm.



Brennweite für ein formatfüllendes Bild des Mondes mit APS-C-Sensor: ca. 1400 mm.

## Die scheinbare Ausdehnung von Himmelsobjekten

Objekt	Längsachse oder Durchmesser	Querachse
Sommerdreieck mit den Sternbildern Schwan, Leier und Adler	60°	45°
Sternbild Großer Wagen	30°	13°
Sternbild Orion (Hauptfigur)	22°	12°
Sternbild Leier	9°	4°
Andromeda-Galaxie	3°	1°
Orion-Nebel, Plejaden	1,5°	1°
Sonne, Vollmond, Pol-zu-Pol-Entfernung bei beliebiger Mondphase	ca. 0,5°	-
Kugelsternhaufen M 13 im Herkules	22'	-
Strudelgalaxie M 51	11'	7'
Hantelnebel M 27, Krabbennebel M 1	5,5'	-
Ringnebel M 57	1,7'	-
Jupiter, Mondkrater Copernicus	max. 50''	-
Saturnkugel	max. 20''	-

## Sonnenfinsternisse bis zum Jahr 2025

Datum Zeit	Art der Sonnen- finsternis	Sichtbarkeit Deutschland	Orte für die optimale Sichtbarkeit
23.10.2014 22:44 MEZ	Partiell	Nein	Nördl. Pazifik, Nordamerika
20.03.2015 10:46 MEZ	Total	Partiell	Nördl. Atlantik
13.09.2015 07:54 MEZ	Partiell	Nein	Südafrika, Südindien, Antarktis
09.03.2016 02:57 MEZ	Total	Nein	Sumatra, Borneo, Sulawesi, Pazifik
01.09.2016 10:07 MEZ	Ringförmig	Nein	Atlantik, Zentralafrika, Madagaskar, Indien
26.02.2017 15:53 MEZ	Ringförmig	Nein	Pazifik, Chile, Argentinien, Atlantik, Afrika
21.08.2017 19:25 MEZ	Total	Nein	Nördl. Pazifik, USA, südl. Atlantik
15.02.2018 21:51 MEZ	Partiell	Nein	Antarktis, südl. Südamerika
13.07.2018 04:01 MEZ	Partiell	Nein	Australien
11.08.2018 10:46 MEZ	Partiell	Nein	Nördl. Europa, nördöstl. Asien
06.01.2019 02:41 MEZ	Partiell	Nein	Nordöstl. Asien, nördl. Pazifik
02.07.2019 20:23 MEZ	Total	Nein	Südl. Pazifik, Chile, Argentinien
26.12.2019 06:17 MEZ	Ringförmig	Nein	Saudiarabien, Indien, Sumatra, Borneo
21.06.2020 07:40 MEZ	Ringförmig	Nein	Zentralafrika, südl. Asien, China, Pazifik
14.12.2020 17:13 MEZ	Total	Nein	Südl. Pazifik, Chile, Argentinien, südl. Atlantik
10.06.2021 11:42 MEZ	Ringförmig	Partiell	Nordkanada, Grönland, Russland
04.12.2021 8:33 MEZ	Total	Nein	Antarktis
30.04.2022 21:41 MEZ	Partiell	Nein	Südöstl. Pazifik, südl. Südamerika
25.10.2022 12:00 MEZ	Partiell	Ja	Europa, nordöstl. Afrika, Mittlerer Osten, westl. Asien
20.04.2023 05:17 MEZ	Ringförmig / total	Nein	Indonesien, Australien, Neu Guinea
14.10.2023 18:59 MEZ	Ringförmig	Nein	Westl USA, Zentralamerika, Kolumbien, Brasilien
08.04.2024 19:17 MEZ	Total	Nein	Mexiko, Teile der USA, östl. Kanada
02.10.2024 19:45 MEZ	Ringförmig	Nein	Südl. Chile, südl. Argentinien
29.03.2025 11:47 MEZ	Partiell	Ja	Nordwestl. Afrika, Europa, nördl. Russland
21.09.2025 20:42 MEZ	Partiell	Nein	Südl. Pazifik, Neuseeland, Antarktis

## Mondfinsternisse bis zum Jahr 2025

Alle aufgeführten Finsternisse sind von Mitteleuropa aus zu sehen. Die Tabelle enthält eine Spalte, die die Eignung als Fotomotiv bewertet: „+“ steht für gut, „o“ für mittelprächtig und „–“ für wenig geeignet.

Datum	Zeit Maximum	Art der Mond-finsternis	Bemerkungen	Motiv
28. 09. 2015	04:47 MESZ	Total	Passage des Kernschattens komplett sichtbar	+
16. 09. 2016	20:54 MESZ	Halbschatten	Unauffällig	–
11. 02. 2017	01:44 MEZ	Halbschatten	Unauffällig	–
07. 08. 2017	20:20 MESZ	Partiell	Mond geht teilverfinstert auf	o
27. 07. 2018	22:22 MESZ	Total	Totalität und Austritt aus dem Kernschatten komplett sichtbar	+
21. 01. 2019	06:12 MEZ	Total	Passage des Kernschattens komplett sichtbar	+
16. 07. 2019	23:31 MESZ	Partiell	Eintritt in den Kernschatten nach Mondaufgang	o
10. 01. 2020	20:10 MEZ	Halbschatten	Unauffällig	o
28. 10. 2023	21:14 MEZ	Partiell	Kompletter Verlauf sichtbar	o
18. 09. 2024	04:44 MESZ	Partiell	Kompletter Verlauf sichtbar	o
14. 03. 2025	07:58 MEZ	Total	Mond geht total verfinstert auf	o
07. 09. 2025	20:11 MESZ	Total	Mond geht total verfinstert auf	o

## Sternschnuppenströme im Jahreslauf

Name	Radiant	Zeitraum (Max.)	Bewertung
Quadrantiden	Rinderhirte (Bootes)	01. 01.–06. 01. (03. 01.)	+
Lyriden	Leier	12. 04.–24. 04. (22. 04.)	o
Eta-Aquariden	Wassermann	01. 05.–08. 05. (04. 05.)	+
Delta-Aquariden	Wassermann	20. 07.–10. 08. (29. 07.)	+
Alpha-Capricorniden	Steinbock	15. 07.–10. 08. (30. 07.)	–
Perseiden	Perseus	20. 07.–20. 08. (12. 08.)	+
Cappa-Cygniden	Schwan	09. 08.–06. 10. (18. 08.)	–
Cepheiden	Kepheus	18. 08.	–
Pisciden	Fische	31. 08.–31. 10. (20. 09.)	–
Tauriden	Stier	19. 09.–01. 12. (13. 11.)	o
Delta-Draconiden	Drache	07. 10.–11. 10.	–
Andromediden	Andromeda	25. 09.–12. 11. (03. 10.)	–
Orioniden	Orion	14. 10.–28. 10. (21. 10.)	+
Leoniden	Löwe	15. 11.–19. 11. (17. 11.)	+
Geminiden	Zwillinge	06. 12.–17. 12. (13. 12.)	+
Ursiden	Kleiner Bär/Wagen	17. 12.–24. 12. (22. 12.)	o
Coma Bereniciden	Haar der Berenike	12. 12.–23. 01.	–