



**mitp** EDITION  
**PROFIFOTO**

BLICK ZUM  
HIMMEL MIT DER  
DIGITALEN KAMERA

**ROLAND STÖRMER**

3. AUFLAGE

# ASTRO- FOTOGRAFIE

VORWORT .....	9
---------------	---

---

<b>Kapitel 1</b> MONDFOTOGRAFIE .....	13
--	----

1.1	Mondfinsternis .....	14
1.2	Erdschein .....	19
1.3	High Dynamic Range Images .....	22
1.4	Mondkrater – Webcam und CCD-Fotografie .....	23
1.5	Blue Moon .....	26
1.6	Barlow-Linse .....	27
1.7	Die Filmaufnahme .....	27
1.8	Mondkrater – die Bildbearbeitung .....	29
1.9	Konstellationen .....	40
1.10	Der Mond in 3D .....	41
1.11	Seltene Boot-Form .....	43

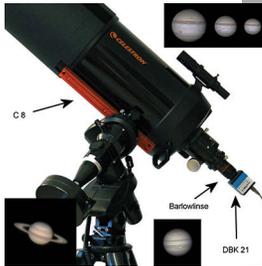
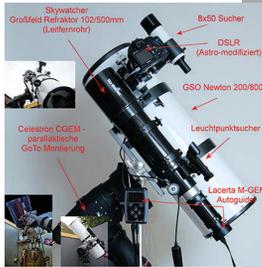
---

<b>Kapitel 2</b> STRICHSPURAUFNAMMEN .....	45
---	----

2.1	Startrails .....	46
2.2	Das Setup .....	47
2.3	Die Aufnahme .....	47
2.4	Die Bildbearbeitung .....	49



# Inhalt



## Kapitel 3 DAS TELESKOP . . . . . 59

3.1	Aufstellen eines Teleskops . . . . .	65
3.2	Das nachgeführte Teleskop . . . . .	69
3.3	Der Autoguider . . . . .	71
3.4	Die Justierung/Kollimation eines Newton-Spiegelteleskops . . . . .	73
3.5	Die Polarie . . . . .	75

## Kapitel 4 DIE KAMERA . . . . . 81

4.1	Die digitale Spiegelreflexkamera. . . . .	82
4.2	Die gekühlte Astrokamera . . . . .	86

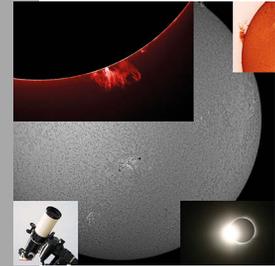
## Kapitel 5 PLANETENFOTOGRAFIE . . . . . 89

5.1	Das Setup . . . . .	90
5.2	Die Filmaufnahme . . . . .	92
5.3	Die Bildbearbeitung . . . . .	92
5.4	Beispielbilder . . . . .	105
5.5	Planetenaufnahmen mit der DSLR . . . . .	107
5.6	Bildbearbeitung mit AutoStakkert. . . . .	108
5.7	Vom Schwarz-Weiß-Bild zu RGB . . . . .	111

## Kapitel 6

### SONNENFOTOGRAFIE . . . . . 115

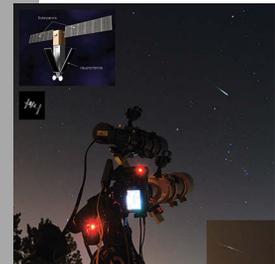
6.1	Wichtige Hinweise. . . . .	116
6.2	Die Sonne im Weißlicht . . . . .	116
6.3	Setup zur Weißlichtfotografie. . . . .	117
6.4	Bearbeitung der Weißlichtbilder. . . . .	120
6.5	Die Sonne im $H\alpha$ -Licht . . . . .	121
6.6	Bildbearbeitung und Montage . . . . .	125
6.7	Beispielbilder Ha-Sonne . . . . .	139
6.8	Sonnenfinsternis . . . . .	146
6.9	Setup zur Sonnenfinsternis . . . . .	147
6.10	Beispielbilder Sonnenfinsternis . . . . .	148



## Kapitel 7

### SATELLITEN UND ISS . . . . . 159

7.1	Iridium-Satelliten . . . . .	160
7.2	Die Internationale Raumstation ISS . . . . .	164
7.3	Fotografie der ISS . . . . .	164
7.4	Das Setup. . . . .	165
7.5	Die Aufnahme . . . . .	166



## Kapitel 8

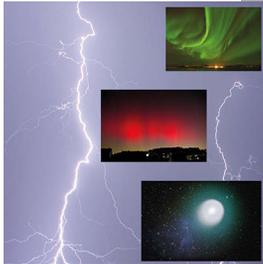
### DEEP SKY – TIEFER HIMMEL . . . . . 171

8.1	DSLR im Vergleich mit CCD . . . . .	172
8.2	Das Setup – mit einer DSLR . . . . .	175
8.3	Die Bildbearbeitung – Workflow mit Fitswork. . . . .	177
8.4	Die Bildbearbeitung – Workflow mit Photoshop und Gimp. . . . .	182
8.5	Die Bildbearbeitung – Workflow mit DSS. . . . .	192
8.6	Das Entfernen von Stern-Halos. . . . .	194



# Inhalt

8.7	Filter . . . . .	201
8.8	Beispielbilder – Teil 1 . . . . .	202
8.9	Weitere Beispielbearbeitungen . . . . .	206
8.10	Beispielbilder – Teil 2 . . . . .	209
8.11	PixInsight (1.8) . . . . .	229
8.12	Beispielbilder – Teil 3 . . . . .	233
8.13	Die Hubble-Palette . . . . .	236
8.14	Das Setup mit einer CCD-Astrokamera* . . . . .	244
8.15	Beispielbilder – Teil 4 . . . . .	246
8.16	Bildbearbeitung: ALccd8L und AstroArt 5 . . . . .	248
8.17	Der besondere Tipp . . . . .	251
8.18	Banding . . . . .	252
8.19	Beispielbilder – Teil 5 . . . . .	253



## Kapitel 9

SONSTIGES AM HIMMEL . . . . .	257
-------------------------------	-----

9.1	Gewitterblitz . . . . .	258
9.2	Regenbogen . . . . .	265
9.3	Polarlichter . . . . .	267
9.4	Kometen . . . . .	274
9.5	Die Milchstraße . . . . .	280
9.6	Projekt-Skyrider . . . . .	289
9.7	Ein Größenvergleich . . . . .	292

INDEX . . . . .	296
-----------------	-----



# KAPITEL 1

## Mondfotografie

1.1	Mondfinsternis .....	14
1.2	Erdschein .....	19
1.3	High Dynamic Range Images .....	22
1.4	Mondkrater – Webcam und CCD-Fotografie .....	23
1.5	Blue Moon .....	26
1.6	Barlow-Linse .....	27
1.7	Die Filmaufnahme .....	27
1.8	Mondkrater – die Bildbearbeitung .....	29
1.9	Konstellationen .....	40
1.10	Der Mond in 3D .....	41
1.11	Seltene Boot-Form .....	43

Der einzige natürliche Satellit unserer Erde ist *Luna* (lat.): der Mond. Oftmals auch als Erdmond bezeichnet. Er ist mit einem Durchmesser von 3.476 Kilometern etwa 3,7-mal kleiner als unsere Erde. Der Erdmond umkreist in einer Ellipse die Erde in circa 28 Tagen, dabei variiert der Abstand zwischen Erde und Mond von etwa 356.000 km bis 406.700 Kilometern.

Dieses Kapitel startet mit der Fotografie einer Mondfinsternis. Wird der Mond vom Halb- oder Kernschatten der Erde teilweise oder ganz bedeckt, spricht man von einer Mondfinsternis (Abbildung 1.1). Halbschattenfinsternisse sind nur wenig auffällig und daher für die Fotografie unbedeutend. Die totale und die teilweise Mondfinsternis, bei denen der Mond vom Kernschatten der Erde bedeckt wird, sind fotografisch (und auch optisch) die interessantesten.

## 1.1 MONDFINSTERNIS

Eine Mondfinsternis gehört sicherlich zu einem der eindrucksvollsten Schauspiele am Himmel. Eine Mondfinsternis ist selten, oftmals liegen mehrere Jahre zwischen zwei Finsternissen. In unseren Breiten sind sie dazu noch oft, wie schon im Vorwort beschrieben, von Wolken verdeckt. Sie sollten daher, wenn möglich, dieses Naturschauspiel erleben und eventuell einen geeigneten Beobachtungsort aufsuchen.

Wohl kaum einer, der schon mal das prächtige Farbenspiel einer Mondfinsternis erleben konnte, würde auf ein Foto verzichten, wenn er eine Kamera zur Hand hat. Die Fotografie von Mondfinsternissen bedarf keiner Spezialausrüstung – bereits mit handelsüblichen Digitalkameras lässt sich das Ereignis eindrucksvoll festhalten. Es ist auch nicht unbedingt erforderlich, ein Teleskop zu besitzen, obwohl Sie mit einem (elektrisch) nachgeführten Teleskop die Belichtungszeit deutlich verlängern können. Dies ist besonders bei längeren Brennweiten nützlich. Aber auch eine auf einem Fotostativ befestigte Kamera erlaubt schon brauchbare Ergebnisse, wenn man sich an einige Regeln hält.

Da der Mond sich von Osten nach Westen bewegt, werden Mondfotos bei längerer Belichtungszeit unscharf. Sie müssen also, der Brennweite entsprechend, eine passende kurze Belichtungszeit wählen, um der Mondbewegung entgegenzuwirken. Je größer

die gewählte Brennweite, desto kürzer muss die Belichtung sein, damit der Mond scharf abgebildet wird.

Hier einige Beispiele von maximal möglichen Belichtungszeiten, wenn die Kamera nicht nachgeführt wird und noch ein scharfes Mondbild erreicht werden soll:

Brennweite	Belichtungszeit
28 mm	20 Sekunden
50 mm	8 Sekunden
100 mm	4 Sekunden
300 mm	1 Sekunde

Bei über 300 mm Brennweite ist eine Nachführung der Optik erforderlich oder Sie verlängern die Belichtungszeit bzw. erhöhen den ISO-Wert. Zweites hat allerdings zur Folge, dass ein stärkeres Bildrauschen entsteht.

Während der Totalität einer Mondfinsternis ist die Belichtungszeit sehr schwer einzuschätzen. Es empfiehlt sich daher, eine Belichtungsreihe mit verschiedenen Belichtungszeiten anzufertigen. Damit überhaupt noch genügend Licht auf den Chip der Kamera gelangt, muss oftmals mit einer großen Blende (kleine Blendenzahl) gearbeitet werden. Reicht das Licht immer noch nicht, können Sie vorsichtig den ISO-Wert (Empfindlichkeit) erhöhen. Doch hierbei ist Vorsicht geboten. Ein zu hoher ISO-Wert (über 400 bis 800) führt bei den meisten Kameras zu starkem Bildrauschen, was nicht gewünscht ist. Durch einen Trick lässt sich das Bildrauschen reduzieren: Sie machen schnell hintereinander mehrere Bilder, die mittels einer Software (RegiStax 5/6, Fitswork 4, Photoshop) addiert und gemittelt werden. Das Rauschen lässt sich mit diesem Prozess reduzieren.

Wenn vorhanden, sollte, um Erschütterungen an der Kamera zu vermeiden, ein Fernauslöser benutzt werden. Hat die Kamera dafür keinen Anschluss oder ist ein solcher Fernauslöser nicht vorhanden, kann man auch mit dem Selbstauslöser der Kamera arbeiten.

Die Abbildung 1.1 zeigt die im Vorwort beschriebene Mondfinsternis vom 21.02.2008.



**Abbildung 1.1**

Mondfinsternis vom 21.02.2008 um 3.00 Uhr

Trotz Schleierwolken über Deutschland war allerdings die partielle Mondfinsternis vom 16.08.2008 (Abbildung 1.2 bis Abbildung 1.4) sehr gut zu beobachten.

Der zeitliche Ablauf der Mondfinsternis am 16.08.2008 war wie folgt:

*21.00 Uhr MESZ Sichtbarkeitsbeginn*

*21.36 Uhr MESZ Eintritt in den Kernschatten*

*23.10 Uhr MESZ Maximale Verfinsternung 81 Prozent*

*00.45 Uhr MESZ Austritt aus dem Kernschatten*

*01.20 Uhr MESZ Sichtbarkeitsende*

Der zeitliche Ablauf der Mondfinsternis am 21.02.2008 war wie folgt:

*1.35 Uhr Eintritt in den Halbschatten*

*2.10 Uhr Sichtbarkeitsbeginn*

*2.43 Uhr Eintritt in den Kernschatten*

*4.01 Uhr Beginn der totalen Phase*

*4.26 Uhr Maximale Verfinsternung*

*4.51 Uhr Ende der totalen Phase*

Das schlechte Wetter in dieser Nacht hat aus der Mondfinsternis eine »Wolkenfinsternis« gemacht.



**Abbildung 1.2**

Mondfinsternis vom 16.08.2008 um 23.00 Uhr



**Abbildung 1.3**  
Mondfinsternis vom 16.08.2008



**Abbildung 1.4**  
Mondfinsternis vom 16.08.2008

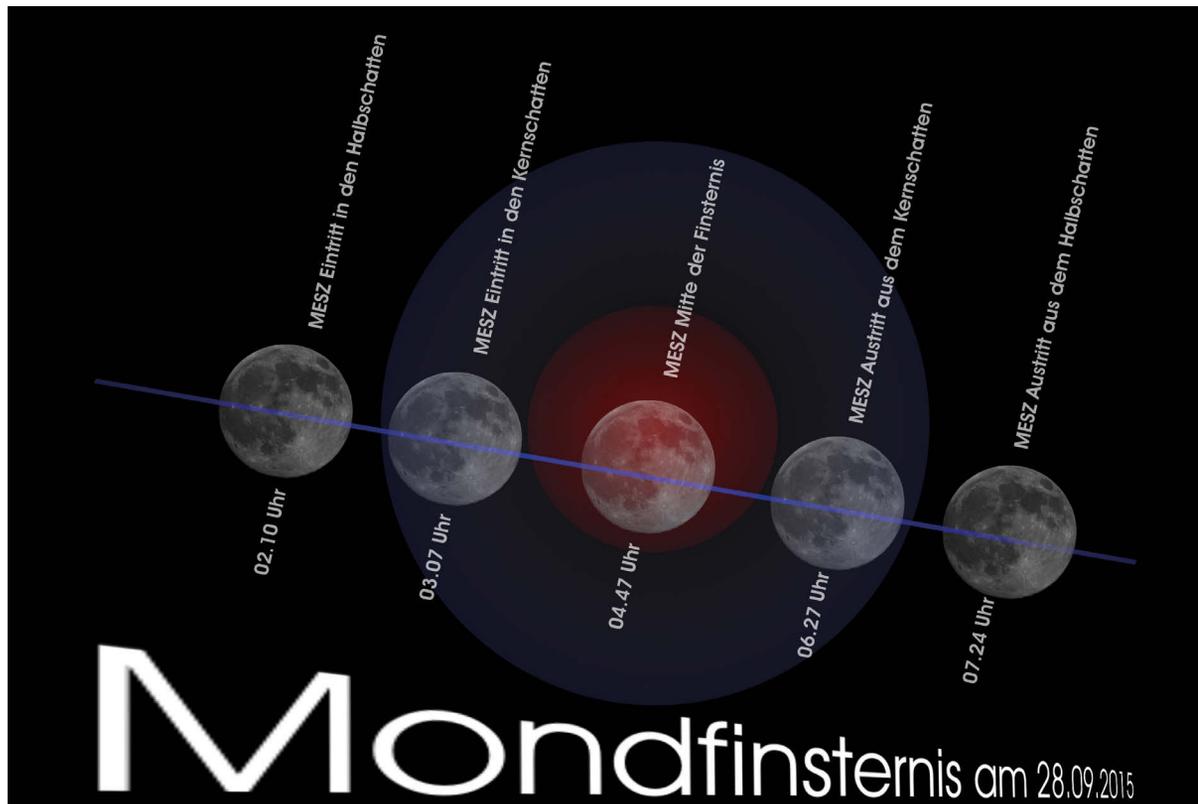
Abbildung 1.5 zeigt die im Vorwort beschriebene Mondfinsternis vom 15.06.2011.



**Abbildung 1.5**  
Mondfinsternis vom 15.06.2011

### Da war er nun: Blutmond über Deutschland!

Am 28.09.2015 war es nach über sieben Jahren endlich so weit. Eine totale Mondfinsternis ereignete sich, und sie war, so das Wetter mitspielte, vollständig von Mitteleuropa aus zu verfolgen. Sonne, Erde und Mond standen an diesem Tag genau auf einer Linie aufgereiht, so dass der Schattenwurf der Erde den Mond traf. Der Mond wanderte zunächst durch den Halbschatten und anschließend durch den Kernschatten der Erde (Abbildung 1.6).



**Abbildung 1.6**  
Zeitlicher Ablauf der Mondfinsternis

Rotes Licht, das von der Erdatmosphäre in den Kernschatten hinein gebrochen wurde, sorgte dafür, dass der Vollmond im Zeitraum der totalitären Phase nicht komplett verfinstert war, sondern rötlich erschien. Im Volksmund auch »Blutmond« genannt (Abbildung 1.7).



**Abbildung 1.7**  
Mondfinsternis vom 28.09.2015 um 4.54 Uhr MESZ

Der zeitliche Ablauf der Mondfinsternis am 28.09.2015 war wie folgt:

2.10 Uhr MESZ Eintritt in den Halbschatten

3.07 Uhr MESZ Eintritt in den Kernschatten

4.11 Uhr MESZ Beginn der totalen Phase

4.47 Uhr MESZ Mitte der Finsternis

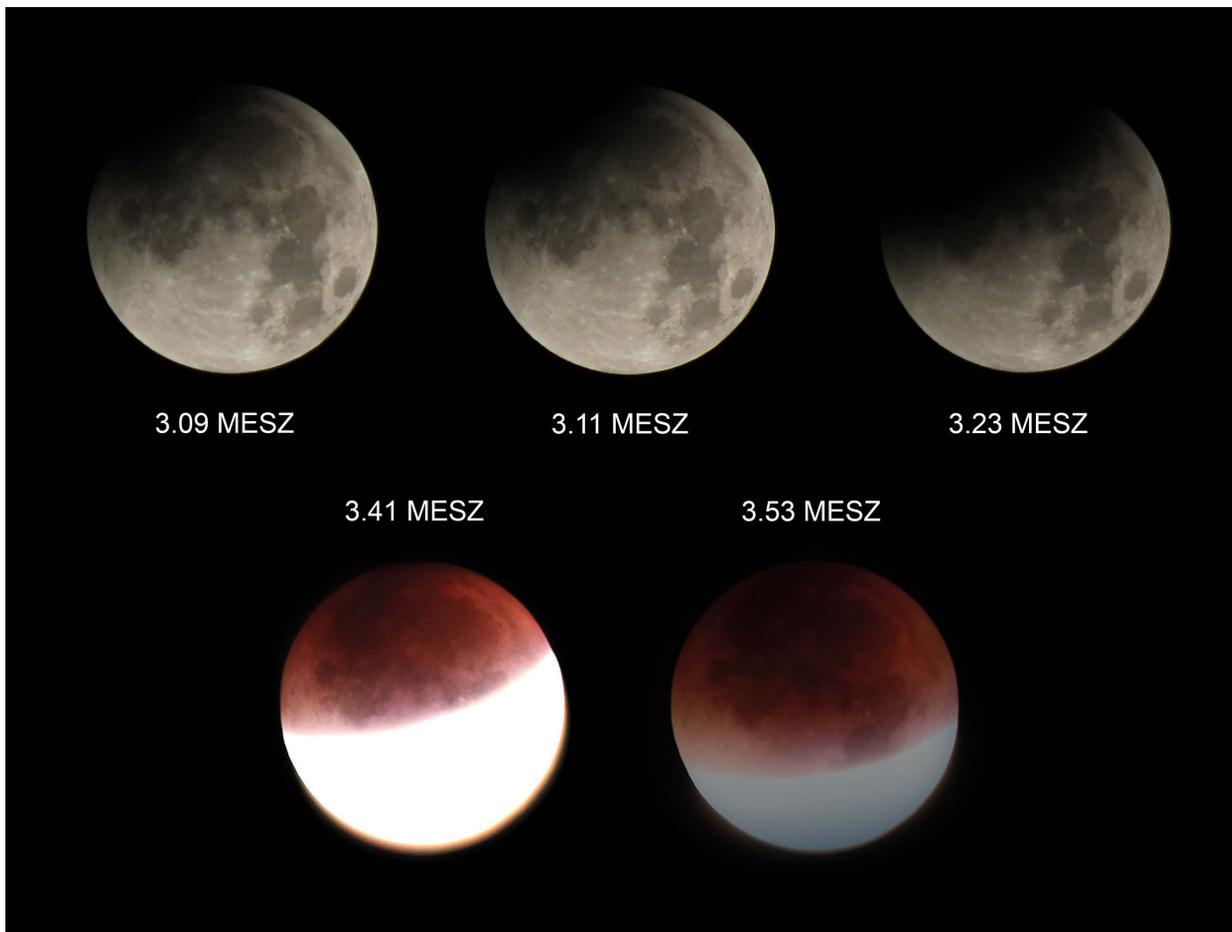
5.23 Uhr MESZ Ende der totalen Phase

6.27 Uhr MESZ Austritt aus dem Kernschatten

7.24 Uhr MESZ Austritt aus dem Halbschatten (Monduntergang)

Eine totale Mondfinsternis kann sehr dunkel werden. Wenn Sie nicht die Möglichkeit haben, mit einer motorisierten Nachführung zu arbeiten, müssen Sie den ISO-Wert leider sehr hoch einstellen und so kurz wie noch möglich belichten, damit es nicht zu Bewegungsunschärfe kommt.

**Abbildung 1.8**  
Mondfinsternis vom 28.09.2015





**Abbildung 1.9**  
Mondfinsternis vom 28.09.2015. Belichtungszeit 1/5 Sekunde bei ISO 3.200



**Abbildung 1.11**  
Mondfinsternis vom 28.09.2015 EOS 60Da am Skywatcher MAK 1.300 mm



**Abbildung 1.10**  
Mondfinsternis vom 28.09.2015

## 1.2 ERDSCHEN

Ähnlich wie bei einer partiellen Mondfinsternis können Sie den Mond im *Erdschein* – dem sogenannten aschgrauen Mondlicht – fotografieren. Bei schmaler Mondsichel erkennen Sie schon mit bloßem Auge, dass die Nachtseite des Mondes grau erscheint. Wenn Sonnenlicht von der Erde auf die Nachtseite des Mondes reflektiert wird, entsteht diese mystische Beleuchtung. Die Helligkeit des aschgrauen Mondlichts hängt von der Größe der Mondsichel sowie der Höhe des Mondes ab.

Um mit einer digitalen Spiegelreflexkamera (DSLR) den Mond formatfüllend aufzunehmen, benötigen Sie (bei einem Crop-Faktor des Kamerasensors von 1,6) eine Brennweite von etwa 1.300 mm, eine Vollformat-DSLR (ohne Crop-Faktor) erfordert sogar noch mehr Brennweite. Gegebenenfalls müssen Sie mit einer Barlow-Linse oder einem Telekonverter arbeiten, um die gewünschte Brennweite zu erhalten. Bei der Brennweitenverlängerung wird

das Bild dunkler, das heißt, Sie müssen länger belichten oder den ISO-Wert der Kamera erhöhen. Ratsam ist es auch, Bilder mit unterschiedlichen Belichtungen anzufertigen und sich später das beste Bild herauszusuchen.

Bei so hohen Vergrößerungen ist es unumgänglich, dass das Teleskop nachgeführt wird (siehe Abschnitt 3.3). Möchte man ohne Nachführung arbeiten, muss eine kleinere Brennweite (zum Beispiel 300 mm) gewählt werden. Die Nachführung der Montierung sollte in einem solchen Fall mit Mondgeschwindigkeit laufen.

Der Erdschein lässt sich mit ruhender Kamera (Stativ) eindrucksvoll fotografisch festhalten (Abbildung 1.12 und Abbildung 1.13).



**Abbildung 1.12**  
Mond im Erdschein



**Abbildung 1.13**  
Mond im aschgrauen Licht am 24.09.2008

Die Belichtungszeiten ähneln der bei einer partiellen Mondfinsternis. Zu rechnen ist mit 1 bis 2 Sekunden bei Blende 1:4 und einer ISO-Empfindlichkeit von 200 bis 400. Einmal im Monat ist, bei gutem Seeing (= Grad der Luftunruhe), der *Goldene Henkel* zu sehen. Bei einem Mondalter von etwa zehn Tagen verläuft der Terminator durch das *Sinus Iridum* hindurch. Der bogenförmige Wall und der Rand des *Jura-Gebirges* sind zur Hälfte beleuchtet. Etwa die Hälfte des *Maresbodens* in der Bucht liegt im Schatten.

Der hell erleuchtete Gebirgsbogen des *Montes Jura* scheint in den Himmel hinauszuragen. Dies ist der *Goldene Henkel* – ein schönes Motiv für ein Foto (Abbildung 1.14).

Eine hohe Luftverschmutzung der Erdatmosphäre lässt den Mond oftmals auch rötlich erscheinen. So zum Beispiel Anfang 2010, als der isländische Vulkan *Eyjafjallajökull* ausbrach und seine Aschewolke über weiten Teilen Europas die Atmosphäre verschmutzte (Abbildung 1.15).



**Abbildung 1.14**

Oben links ist der Goldene Henkel zu sehen. Aufnahme vom 13.11.2013



**Abbildung 1.15**

Mond bei Luftverschmutzung durch den Vulkan Eyjafjallajökull

Ein weiteres lohnenswertes Motiv ist der *Mondaufgang*. Hierbei kann, je nach Wetterlage und Verschmutzung der Erdatmosphäre, eine fast gespenstische Szenerie entstehen.



**Abbildung 1.16**

Mondaufgang am 28.06.2010 kurz vor Mitternacht. Aufgenommen mit 2.880 mm Brennweite (KB)

## 1.3 HIGH DYNAMIC RANGE IMAGES

Möchten Sie ein Mondbild mit hohen Kontrasten und kräftigen Farben, bietet es sich an, ein HDR(I)-Bild zu erzeugen. HDR(I) bedeutet High Dynamic Range Images – Bild mit hohem Dynamikumfang, also ein Hochkontrastbild. In einem solchen Bild werden die in der Natur vorkommenden großen Helligkeitsunterschiede detailgetreu gespeichert. Herkömmliche digitale Bilder – die sogenannten Low Dynamic Range Images (LDRI) – sind dazu nicht in der Lage. Ein normales Foto kann einen Kontrastumfang von bis zu 1:1.000 haben. Ein HDR(I)-Bild ist eine Bilddatei, deren Tonwerte einen Kontrastumfang von über 1:10.000 darstellen können. Ein HDR(I) erfordert entweder eine Spezialkamera oder eine Rekonstruktion verschieden belichteter LDRI (Belichtungsreihe) am Computer. Dazu fertigt man von ein und demselben Motiv eine Belichtungsreihe von mehreren (meist fünf) Fotos an. Sie sollten in der Regel um je eine Blendenstufe unter- bzw. überbelichtet sein. Eine Belichtungsreihe könnte wie folgt aussehen: -2, -1, 0, +1, +2 Blendenstufen. Um bei der Erstellung der Belichtungsreihen deckungsgleiche Bilder zu erhalten, sollten Sie unbedingt ein Stativ verwenden (was bei Mondaufnahmen ohnehin erforderlich ist).



**Abbildung 1.17**

Aufnahme vom 17.02.2008

## 1.4 MONDKRATER – WEBCAM UND CCD-FOTOGRAFIE

Eine Methode, hohe Vergrößerungen der Mondoberfläche zu erhalten, ist die Okularprojektion. Bei der Okularprojektion wird die Kamera (digitale Spiegelreflex), ohne Objektiv, mit einem T2-Adapter hinter dem Okular befestigt (siehe Abschnitt 4.2). Diese Vorgehensweise stellt hohe Ansprüche an die Nachführgenauigkeit der Montierung. Viel einfacher und ebenso vergrößernd ist die Aufnahme mit einer Webcam oder CCD-Kamera. Die Arbeitsweise mit einer Webcam oder CCD-Kamera ist grundlegend anders als bei der Okularprojektion:

Mondkrater werden idealerweise mit einer entsprechenden Kamera gefilmt und nicht fotografiert. Ich verwende dazu aktuell eine DMK 41 (USB-CCD-Monochrome-Kamera, Imaging Source) sowie eine ZWO ASI 174MM, die statt des Okulars am Teleskop angeschlossen wird (Abbildung 1.18).



**Abbildung 1.18**  
ZWO ASI 174MM mit Infrarot-Blocking-Filter

Früher kam eine DMK 21 sowie eine Philips-SPC900NC-Webcam zum Einsatz. Diese CCD-Kameras setzen sich in der Mondfotografie immer mehr gegen andere Aufnahmesysteme (DSLR, Systemkameras) durch. Das hat seinen guten Grund. Diese

Kameras haben einen kleinen CCD-Sensor und nehmen anstelle eines Bildes einen Film mit gleich mehreren tausend Bildern auf.

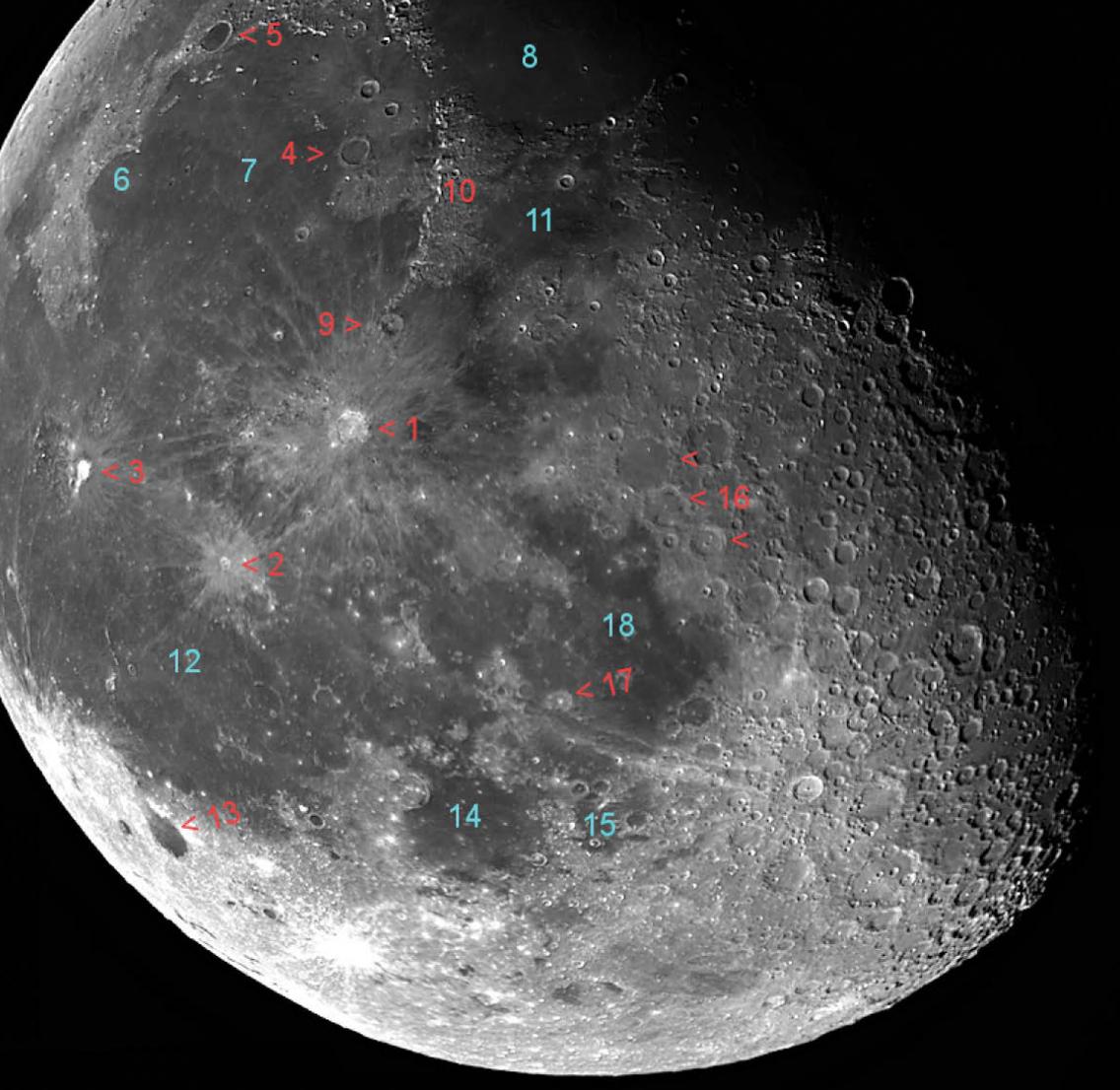
CCD-Kameras bieten eine hervorragende Schärfe, wie Sie in dem Mosaikbild in Abbildung 1.19 erkennen können.



**Abbildung 1.19**  
Mosaikaufnahme vom 29.08.2012

Die so gewonnenen Filme werden mit einer astronomischen Software in Einzelbilder zerlegt, die besten davon ausgerichtet und überlagert. Das überlagerte Bild kann dann zum Beispiel mit dem Wavelet-Filter geschärft und entrauscht werden. Aus den gewonnenen überlagerten Fotos lassen sich auch Mosaik des gesamten Mondes erstellen. Sie benötigen dann natürlich für jede Mondregion einen entsprechenden Film. Diese Filme sollten alle die gleiche Belichtung haben, damit die überlagerten Einzelbilder später auch zusammengesetzt werden können. Eine relativ gut polar ausgerichtete Montierung (siehe Abschnitt 3.2) wird bei Mosaikaufnahmen empfohlen, damit bei längeren Aufnahmeserien die Bilder sich nicht gegeneinander verdrehen.

Abbildung 1.20 bis Abbildung 1.23 zeigen weitere Mosaikbilder.



**Abbildung 1.20**

Mondmosaik vom 09.10.2009. DMK 21 am Skywatcher ED 102/900 mm, IR- und Grünfilter

*Legende Abbildung 1.20*

- |                            |                        |                           |   |
|----------------------------|------------------------|---------------------------|---|
| 1. Copernicus              | 6. Regenbogenbucht     | 11. Meer der Dünste       | 16. Alphonsus, Arzachel<br>und Ptolemaeus |
| 2. Kepler                  | 7. Regenmeer           | 12. Ozean der Stürme      | 17. Boulliau                              |
| 3. Aristarchus / Herodotus | 8. Meer der Heiterkeit | 13. Grimaldi              | 18. Wolkenmeer                            |
| 4. Archimedes              | 9. Erasthenes          | 14. Meer der Feuchtigkeit |   |
| 5. Plato                   | 10. Appeninen          | 15. Sumpf der Seuchen     |   |



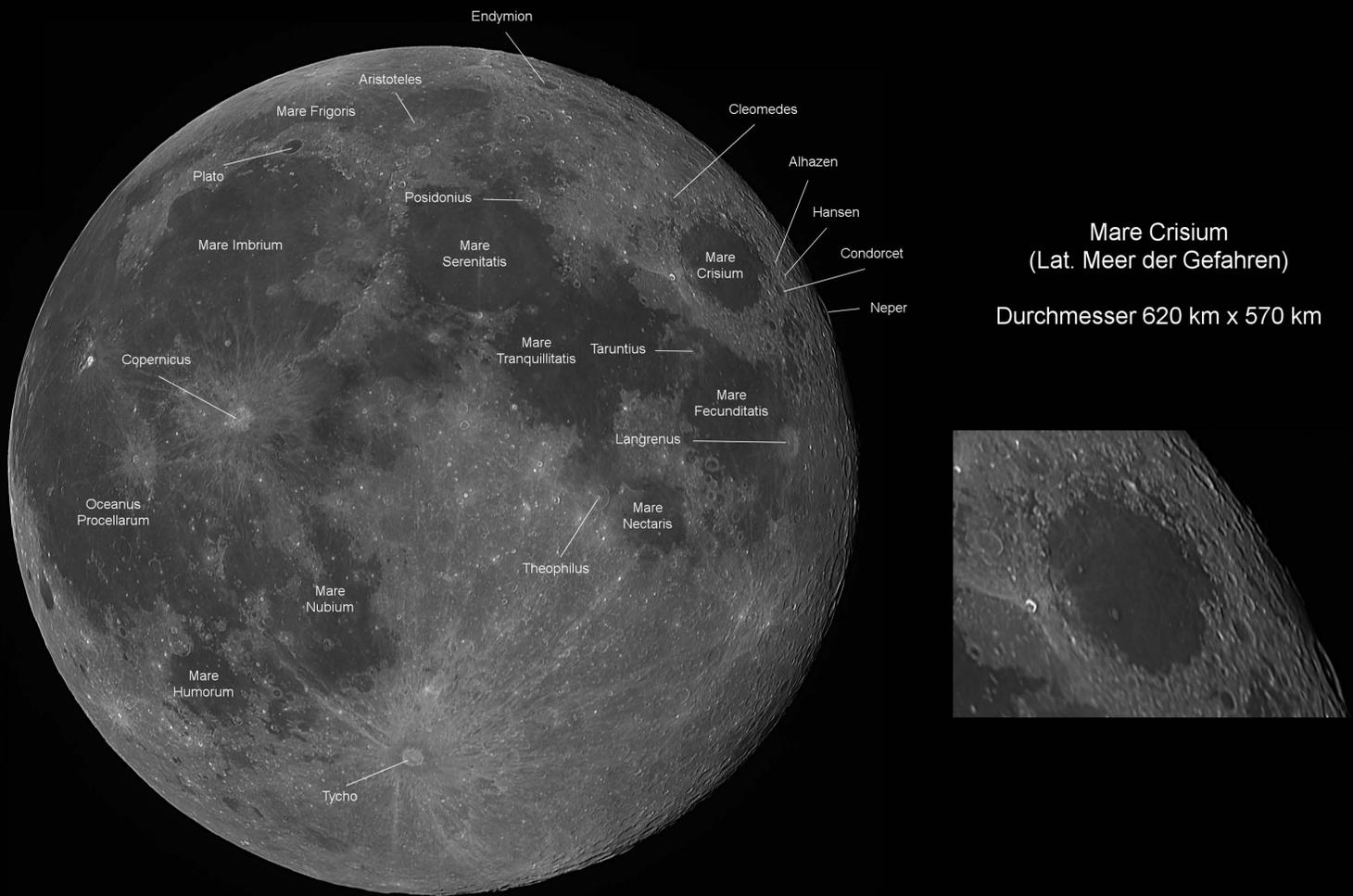
**Abbildung 1.21**

Mondmosaik vom 01.05.2015. ZWO ASI 174MM  
(mit Photoshop eingefärbt)



**Abbildung 1.22**

Mondmosaik vom 23.10.2012. DMK 41 am Skywatcher ED  
120/900 mm, IR- und Grünfilter



Luna mit maximale Libration in Länge: Ostseite (Mare Crisium)

15.07.2011

### Abbildung 1.23

Mondmosaik vom 15.07.2011. Mare Crisium

## 1.5 BLUE MOON

**Blue Moon:** Seltenes Naturereignis am Abend des 31.07.2015 – den zweiten Vollmond im selben Monat. Eine Konstellation, die nur etwa alle zweieinhalb Jahre vorkommt. Die Beschreibung »Blue Moon« für einen Doppel-Vollmond innerhalb eines Monats

wirkt etwas irreführend, da der Mond keine blaue Farbe hat. Diese Bezeichnung entsprang der englischen Redewendung »Once in a blue moon«, was übersetzt heißt: »alle Jubeljahre einmal«.



**Abbildung 1.24**

Canon Powershot G3X. Blende F/5,6, Belichtung 1/160 Sekunden, Brennweite 600 mm, ISO 800

## 1.6 BARLOW-LINSE

Möchten Sie die Brennweite und somit die Vergrößerung eines Teleskops erhöhen, bietet sich die Verwendung einer Barlow-Linse an. Bei der Barlow-Linse – nach ihrem Erfinder Peter Barlow benannt – handelt es sich um eine Zerstreuungslinse, die je nach Bauart die Brennweite verdoppelt, verdreifacht oder gar noch mehr erhöht. Es gibt auch Barlow-Linsen mit variabler Vergrößerung.



**Abbildung 1.25**

Die Abbildung zeigt eine Zweifach-Barlow der Größe 1,25"

## 1.7 DIE FILMAUFNAHME

Für die hochauflösende Fotografie von Mondkratern mit einer Webcam oder CCD-Kamera wird, wie schon erwähnt, ein nachgeführtes polar ausgerichtetes Teleskop benötigt. (Aufstellung und Ausrichtung werden in Abschnitt 3.2 und 3.3 beschrieben.)

Mit dem Sucher zentrieren Sie das Teleskop auf die Mondmitte. Anschließend stellen Sie das Okular scharf und suchen die Region auf, die Sie fotografieren bzw. filmen möchten. Haben Sie sie gefunden, tauschen Sie das Okular gegen die Webcam oder CCD-Kamera aus, die an einem PC oder Laptop angeschlossen ist. Ich empfehle die Verwendung eines IR-UV-Sperrfilters (Abbildung 1.26) vor dem Kamerachip. Um den Kontrast zu steigern, ist bei SW-Aufnahmen auch ein Grün-Filter (Abbildung 1.12) angebracht.



**Abbildung 1.26**

IR-UV-Sperrfilter



**Abbildung 1.27**

Grün-Filter zur Kontraststeigerung

Das Bild der Mondoberfläche sollte nun in der Vorschau des jeweiligen Aufnahmeprogramms am PC oder Laptop zu sehen sein. In den meisten Fällen muss zuerst die Schärfe nachgestellt werden. Bei der Webcam Philips SPC900NC hat sich *Giotto* als Aufnahme-Software bewährt, bei der DMK 21 und DMK 41 das der Kamera beiliegende Aufnahmeprogramm *IC-Capture*. Für Aufnahmen mit der ZWO ASI 174MM verwende ich *FireCapture 2.4*.

## Belichtungszeit und Bildfolge

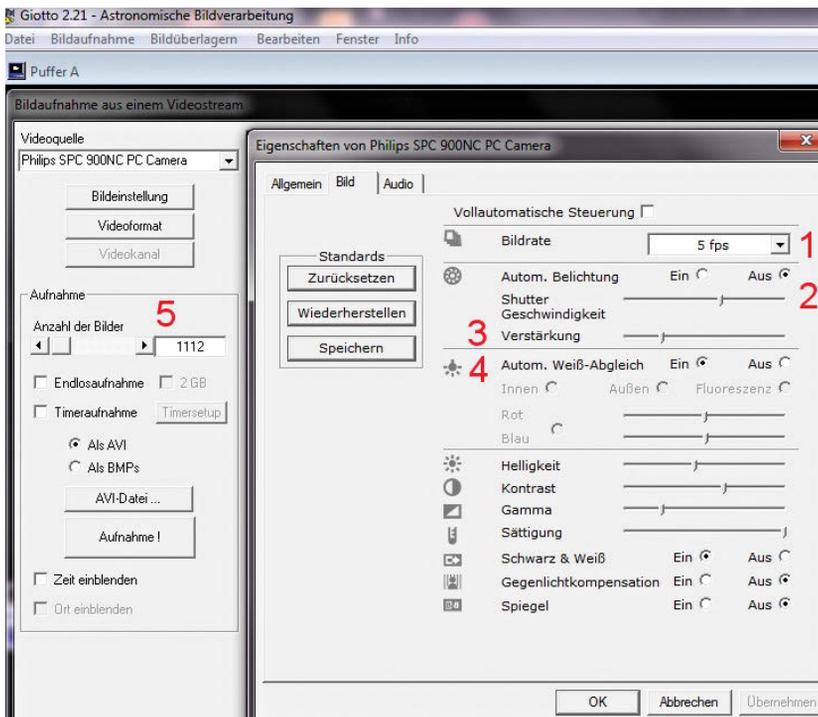
Solange es nicht zur Überbelichtung führt, gilt: je mehr Licht, desto besser. Versuchen Sie daher, eine längere Belichtungszeit zu wählen, was allerdings bei schlechtem Seeing nicht immer möglich ist. Wichtig ist auch die Kombination aus der Bilderzahl pro Sekunde und der Belichtungszeit. Gute Einstellungen wären hier 15 fps in Kombination mit 1/15 Sekunden Belichtung. Arbeiten Sie mit einer Webcam, sollten allerdings nur 5 fps gewählt werden, da nur so unkomprimierte Bilder schnell genug durch den Flaschenhals des USB-Kabels zum Computer weitergeleitet

werden. Die DMK-Kameras sind da schon besser geeignet. Ich habe sogar mit 30 fps gute Ergebnisse erzielt.

## Verstärkung

Die Verstellung des Gain-Wertes (Punkt 3 in Abbildung 1.28) bewirkt die Verstärkung des Bildsignals. Diesen Regler sollte man nur so weit wie nötig erhöhen, da eine zu starke Verstärkung zu übermäßigem, nicht gewolltem Bildrauschen führt.

Am Beispiel in Aufnahme 1.7.3 sehen Sie die Aufnahmeeinstellungen in *Giotto*. Unter (1) wird die Bildrate eingestellt. Bei (2) die Belichtungszeit; (3) ist die mit Vorsicht zu verwendende Verstärkung des Bildsignals. Mit dem Weißabgleich müssen Sie experimentieren. Bei der Philips-Webcam stelle ich die Weißabgleich-Automatik aus und wähle den Punkt AUSSEN. Bei SW-Aufnahmen des Mondes spielt das kaum eine Rolle. Vor der Aufnahme sollte noch die Anzahl der aufzunehmenden Bilder (5) eingestellt werden. Aufgenommen und gespeichert wird dann als AVI.



**Abbildung 1.28**

Die Aufnahmeeinstellungen

Die Aufnahmeeinstellungen in *IC-Capture* sind ähnlich. Die umgebaute Webcam ist in Abbildung 1.29. zu sehen. Zur Adaption an ein Teleskop wird eine 1,25"-Steckhülse angebracht. Abbildung 1.30 zeigt eine DBK-CCD-Kamera (die DMK-Kameras sehen äußerlich genauso aus, bei der DBK handelt es sich allerdings um eine Farbkamera).



**Abbildung 1.29**  
Webcam Philips  
SPC900NC

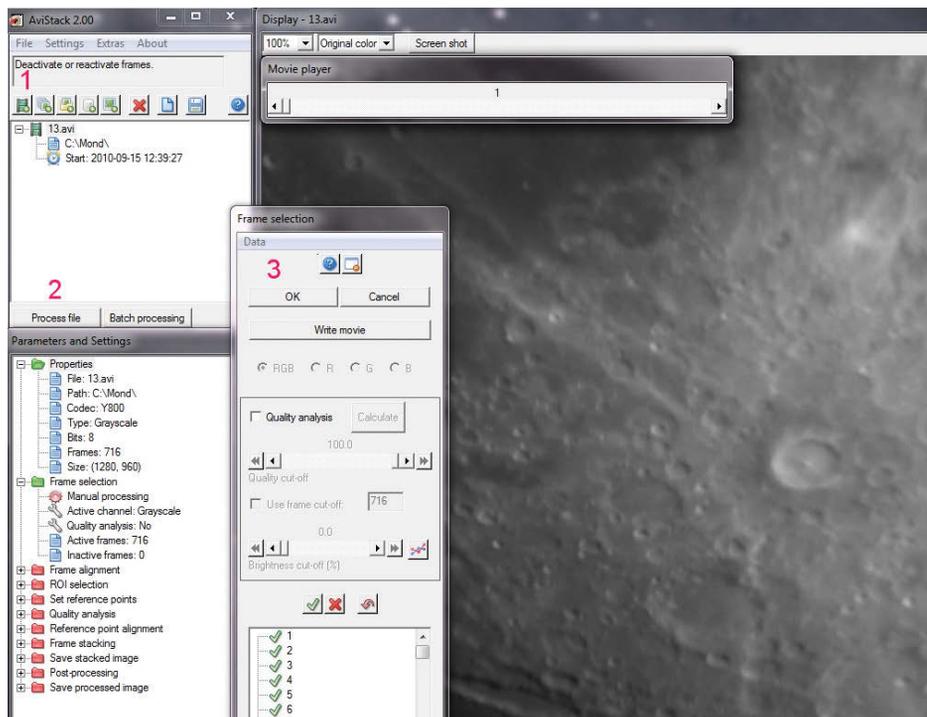
## 1.8 MONDKRATER – DIE BILDBEARBEITUNG

Im Internet gibt es zahlreiche Programme, die bei der Verarbeitung der gewonnenen Mondfilme (AVI) helfen. Diese Programme sind Freeware und können kostenlos heruntergeladen und benutzt werden (siehe Link-Liste im Anhang).

*Avistack 2* ist eines davon. Schauen wir es uns etwas genauer an (Abbildung 1.31).



**Abbildung 1.30**  
DBK-Farb-CCD-  
Kamera

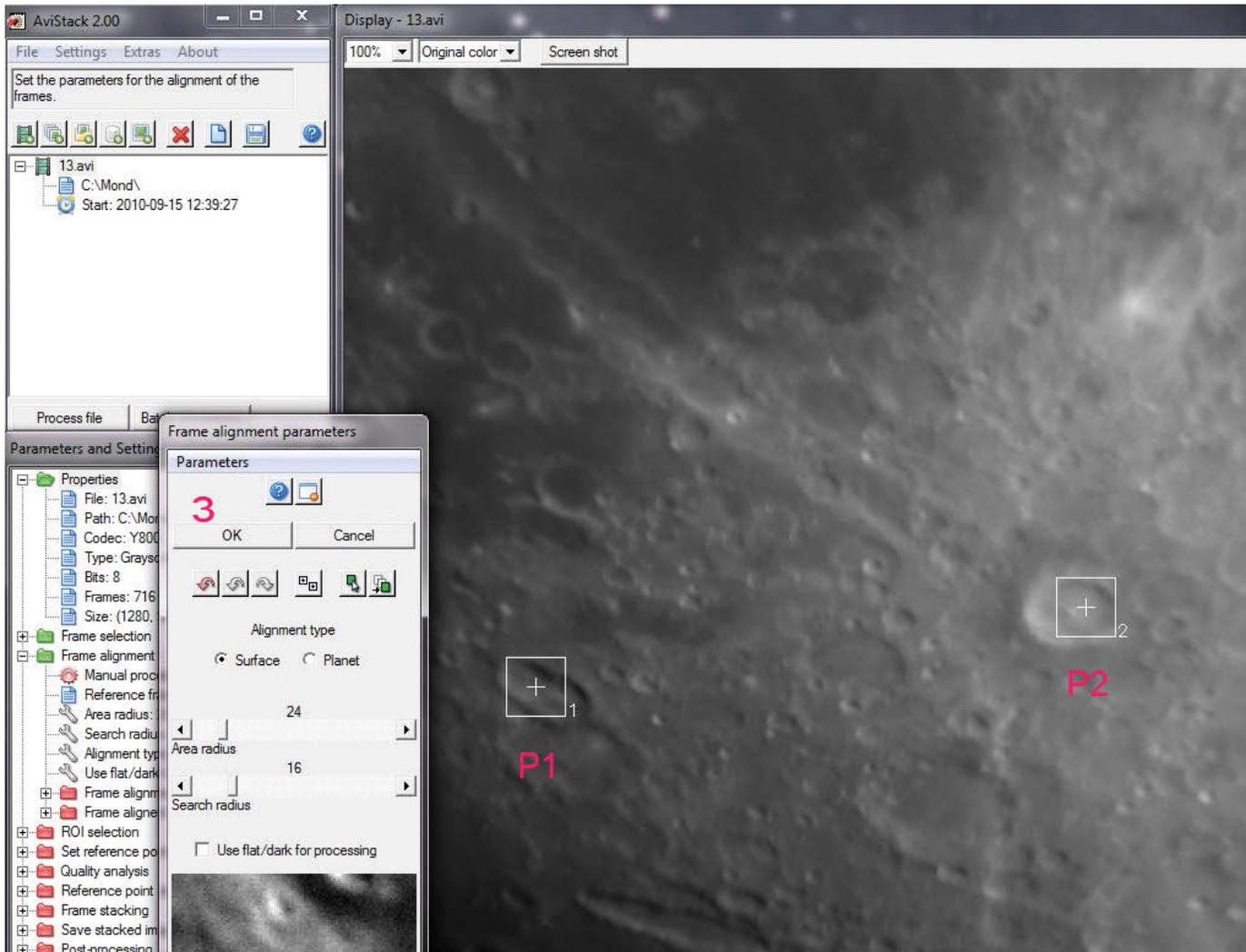


**Abbildung 1.31**  
Bearbeitung mit Avistack 2

Nach dem Programmstart öffnen Sie (unter 1) das zu bearbeitende Video mit einem Mausklick auf (2) und bestätigen den Dialog (3). Anschließend startet die Bearbeitung des AVI-Files. Als Nächstes legen Sie zwei Ausrichtungspunkte (zwei markante Stellen mit möglichst viel Kontrast und weit voneinander entfernt) fest.

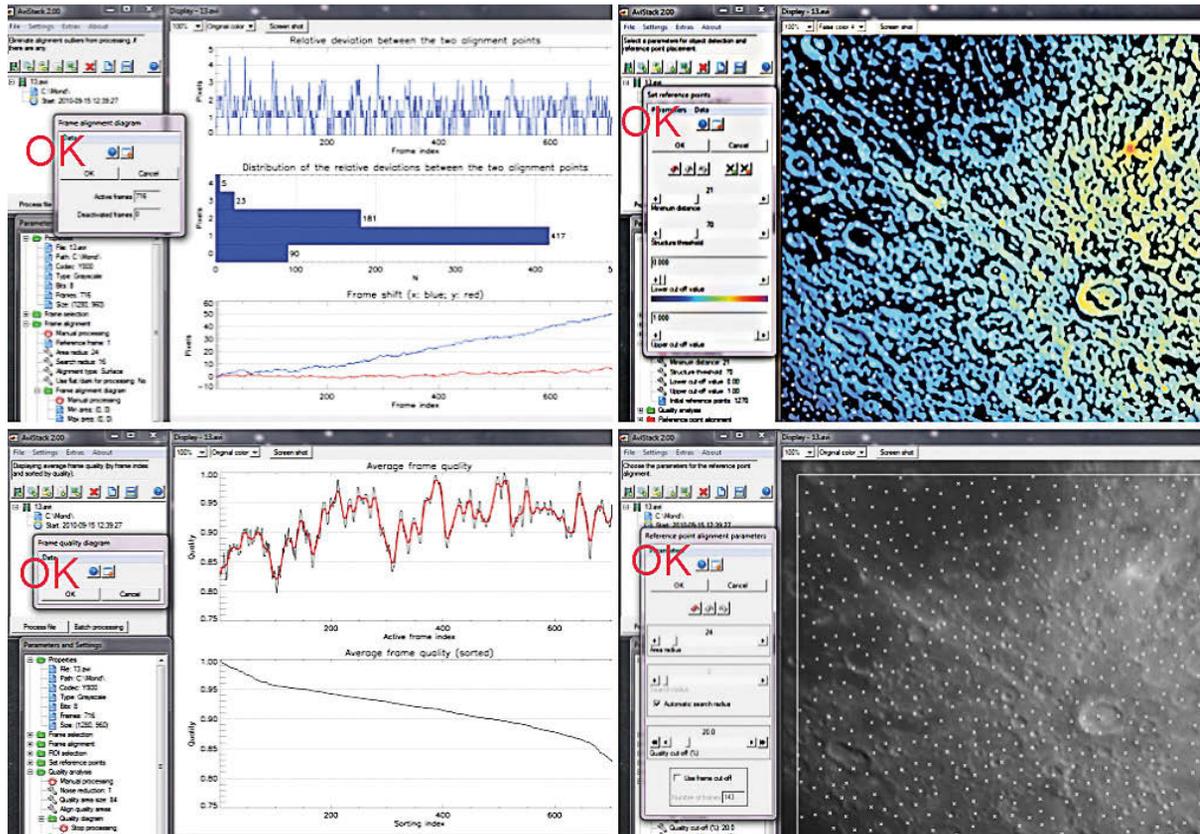
Punkt P1 (Abbildung 1.32) wird mit einem linken Mausklick und P2 mit einem rechten Mausklick bestimmt.

Unter (3) können noch die Parameter zum Überlagern verändert werden. Die Grundeinstellung liefert hier aber gute Ergebnisse. Der Dialog wird mit OK (bei 3) bestätigt.



**Abbildung 1.32**  
Ausrichtungspunkte festlegen

Avistack beginnt nun seine Berechnungen. Die auftauchenden Dialoge können Sie mit OK bestätigen (Abbildung 1.33).



**Abbildung 1.33**  
Dialoge bestätigen

Am Ende wird das fertig überlagerte Bild angezeigt. Es wird zur weiteren Bearbeitung als TIFF gespeichert. Bevor es zur Weiterbearbeitung geht, möchte ich noch einen zweiten Weg der Ausrichtung und Überlagerung von Frames aufzeigen.

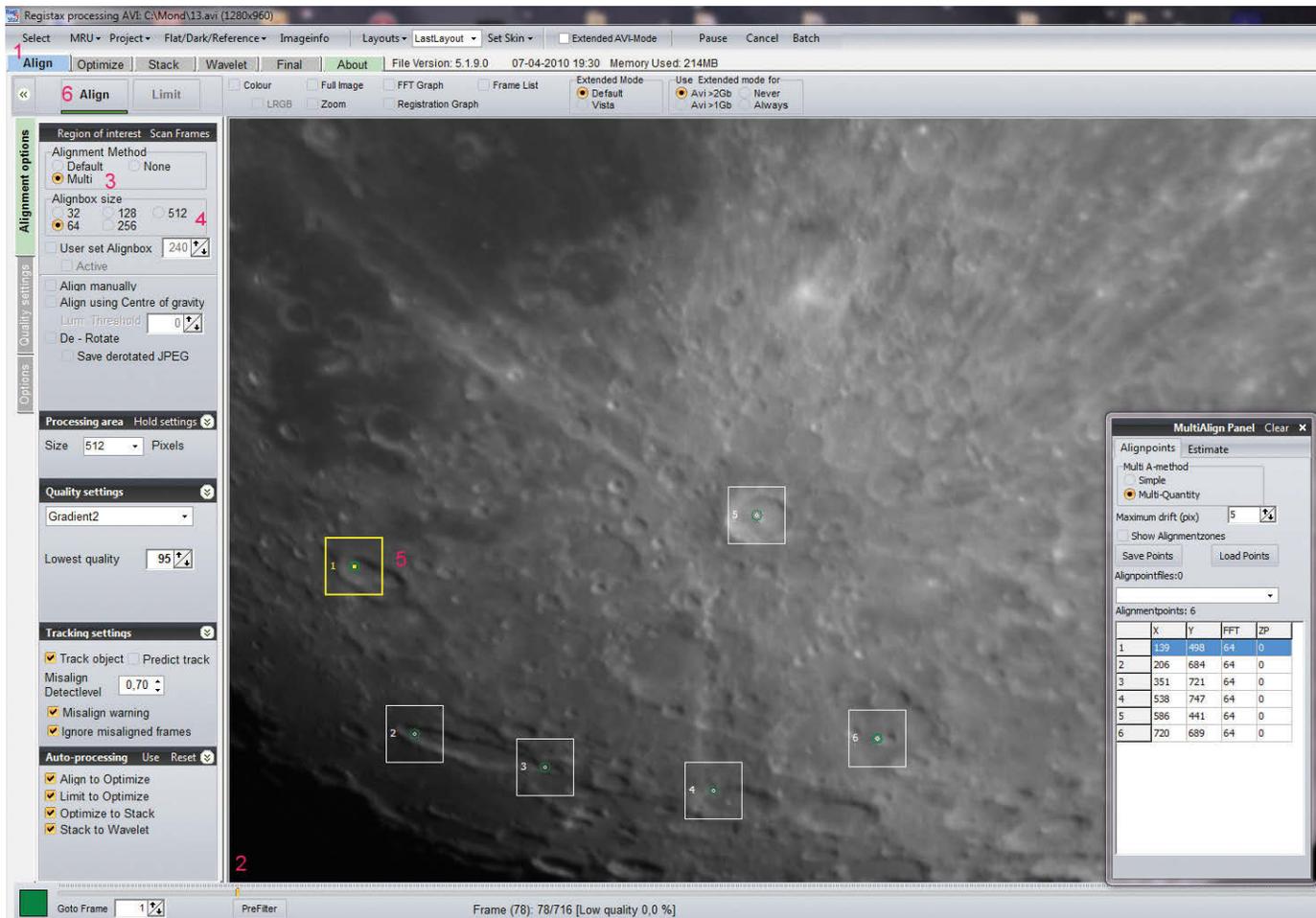
Dies ist das Stacken (Überlagern) in *RegiStax*. *RegiStax* ist wie *Avistack 2* Freeware. Siehe Abbildung 1.34

Begonnen wird wieder mit dem Öffnen des AVI-Files (1). Anschließend suchen Sie sich ein gutes Referenzbild aus, indem Sie den Schieberegler (2) so weit verschieben, bis Sie ein gutes Bild

gefunden haben. Dann wählen Sie unter (3) METHODE die Art der Ausrichtung. Bei Mondkratern sollte hier MULTI stehen.

Multi bedeutet, dass mehrere Ausrichtungspunkte gewählt werden können. Die Größe der Auswahlbox wird bei (4) bestimmt. Durch Klicks mit der linken Maustaste innerhalb des Auswahlbildes (5) wählen Sie die Ausrichtungspunkte.

Sind alle Punkte gesetzt, starten Sie das Ausrichten durch Klick auf den Button ALIGN (6).

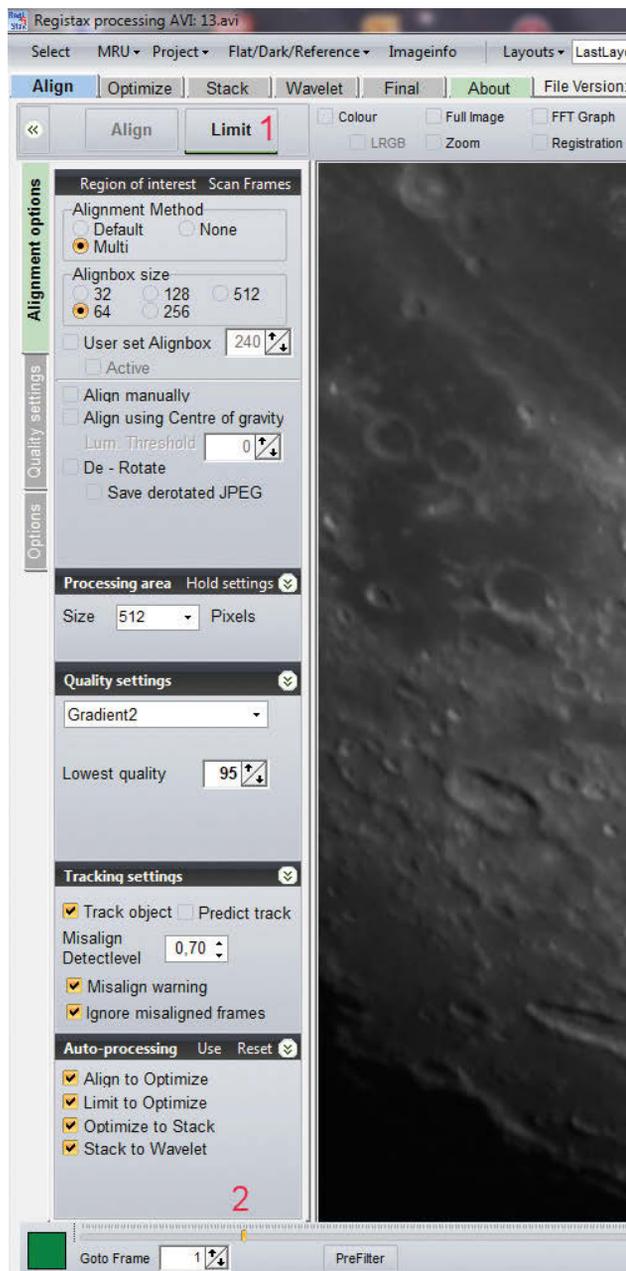


**Abbildung 1.34**  
Ausrichten der Frames in RegiStax

Sobald RegiStax mit dem Ausrichten der Bilder fertig ist, wechselt der Dialog automatisch zum nächsten Arbeitsschritt: dem LIMIT (1 in Abbildung 1.35).

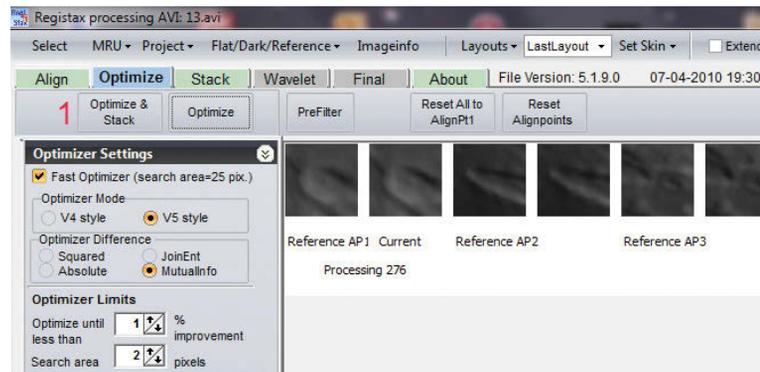
Hier kommt wieder der sich im unteren Bereich befindliche Schieberegler zum Einsatz (2). Die Bilder sind von gut nach schlecht –

also von links nach rechts – sortiert worden. Verschieben Sie nun den Regler (2) nach rechts, werden nur die Bilder auf der linken Seite (die guten) zur weiteren Verarbeitung herangezogen. Sie sollten die Bilder beim Verschieben des Reglers genau beobachten und dann mit dem Verschieben aufhören, wenn die Bilder sichtbar schlechter werden.



**Abbildung 1.35**  
Auswahl der besten Frames in RegiStax

Mit dem Button (1) OPTIMIZE & STACK in Abbildung 1.36 werden die ausgewählten Bilder nochmals besser ausgerichtet, anschließend beginnt das Stacken (Überlagern) der Bilder.

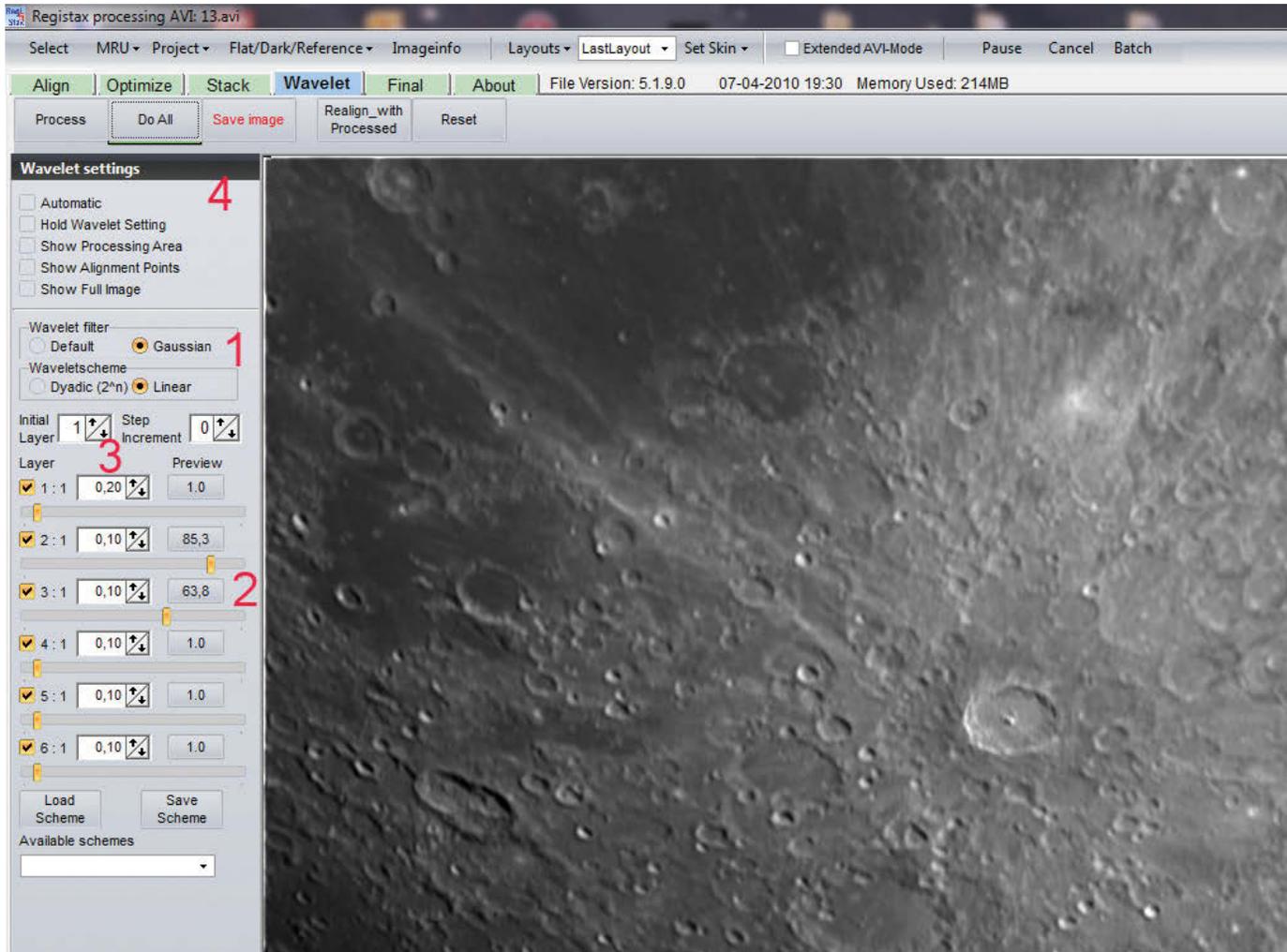


**Abbildung 1.36**  
Optimieren der Ausrichtung

RegiStax wechselt nach dem Stacken ins *Wavelet-Filter-Menü*. Dies ist ein mächtiges Werkzeug. Damit können Sie das gestackte Bild schärfen und gleichzeitig das Bildrauschen verringern.

## Wie funktioniert das?

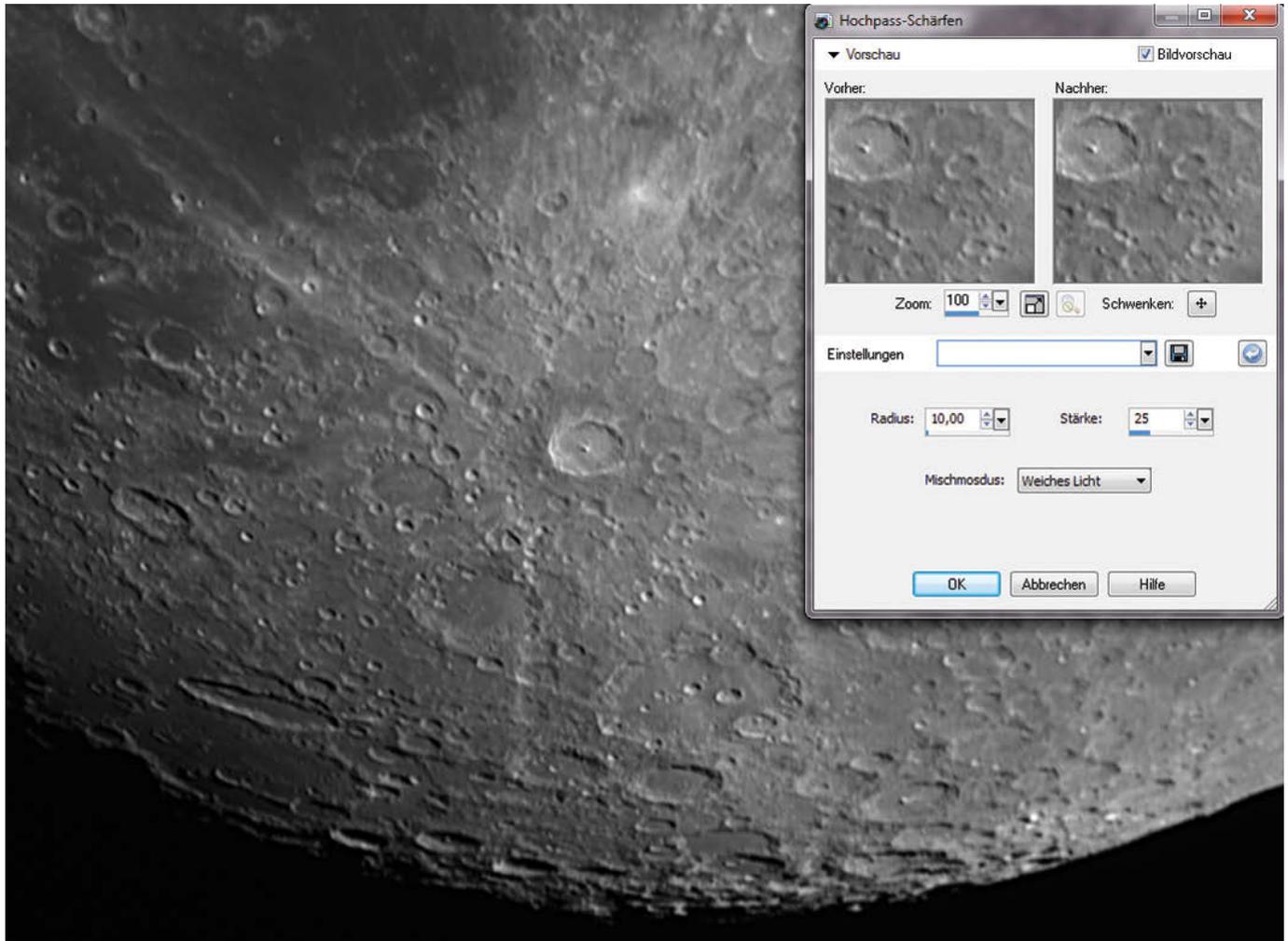
1. Zunächst wählen Sie den Menüpunkt (1 in Abbildung 1.37) GAUSSIAN. Anschließend verschieben Sie die Regler bei (2) nach rechts. Das schärft das Bild.
2. Die kleinen Regler (2:1, 3:1) verstärken die kleinen Details, die großen Regler (4:1, 5:1) die großen Bilddetails.
3. Das nun bearbeitete Bild ist wesentlich schärfer als das gestackte Ausgangsbild. Durch leichtes Erhöhen des Filtrerradius beim ersten Filter (3) vermindern Sie wieder das Bildrauschen.
4. Sind Sie mit dem Ergebnis zufrieden, wird mit DoALL (4) das Bild berechnet und anschließend als TIFF gespeichert.



**Abbildung 1.37**  
Das Schärfen mit Wavelet

Nun geht es zum Feintuning. Das gespeicherte Bild laden Sie in ein Fotobearbeitungsprogramm (Photoshop, Corel etc.) und schärfen vorsichtig nach. Helligkeit und Kontrast können Sie natürlich auch noch nach Belieben anpassen. Ich verwende bei

Mondkratern gerne den Hochpass-Filter WEICHES LICHT. Eine dezente Schärfung in Photoshop mit UNSCHARF MASKIEREN kann das Ergebnis auch noch einmal verbessern (Abbildung 1.38).

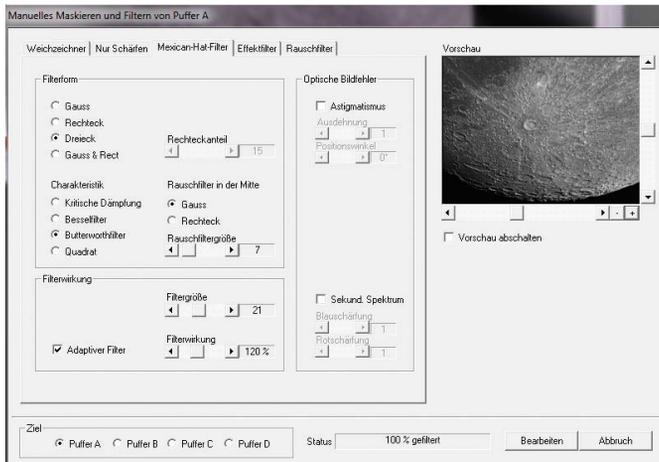


**Abbildung 1.38**  
Schärfung WEICHES LICHT

Kurz erwähnen möchte ich noch die Möglichkeit, das Bild in Giotto 2.21 zu schärfen. *Giotto* ist ebenfalls eine astronomische Bildverarbeitung, die das Ausrichten und Stacken der Bilder beherrscht.

Interessant ist die Schärfung mit dem MEXICAN-HAT-Filter (Abbildung 1.39). Entnehmen Sie der Abbildung die Einstellungen, die ich bei meinem Mondbild verwendet habe.

Sie können mit den verschiedenen Reglern und Einstellungen bei Ihren Bildern experimentieren. Das für Sie ansprechendste Ergebnis speichern Sie ab. Aber Vorsicht: Weniger Schärfe ist manchmal besser.



**Abbildung 1.39**  
Der MEXICAN-HAT-Filter

Die beschriebenen Programme werden im Laufe der Zeit immer wieder aktualisiert und durch neuere Versionen ersetzt. Vorstellen möchte ich hier die Entwicklung bei dem Programm RegiStax. Die zuvor gezeigten Bildbeispiele wurden mit der Version 5.1 erstellt. Diese Version eignet sich sehr gut für die Verarbeitung von Planeten- und Mondbildern. Mit der neuen Version 6 konnte ich allerdings noch etwas bessere Ergebnisse beim Verarbeiten von Mondkrater-Aufnahmen erzielen. Die Bedienung des Programms ist fast analog zur Vorversion und sehr leicht zu erlernen. Experimentieren Sie einfach mal mit beiden Versionen – ich setze immer noch beide Versionen ein.

Nachfolgend einige Bildbeispiele:



**Abbildung 1.40**  
Mondkrater vom 04.08.2012



**Abbildung 1.41**  
Mondkrater vom 04.08.2012



**Abbildung 1.43**  
Mondkrater vom 04.08.2012



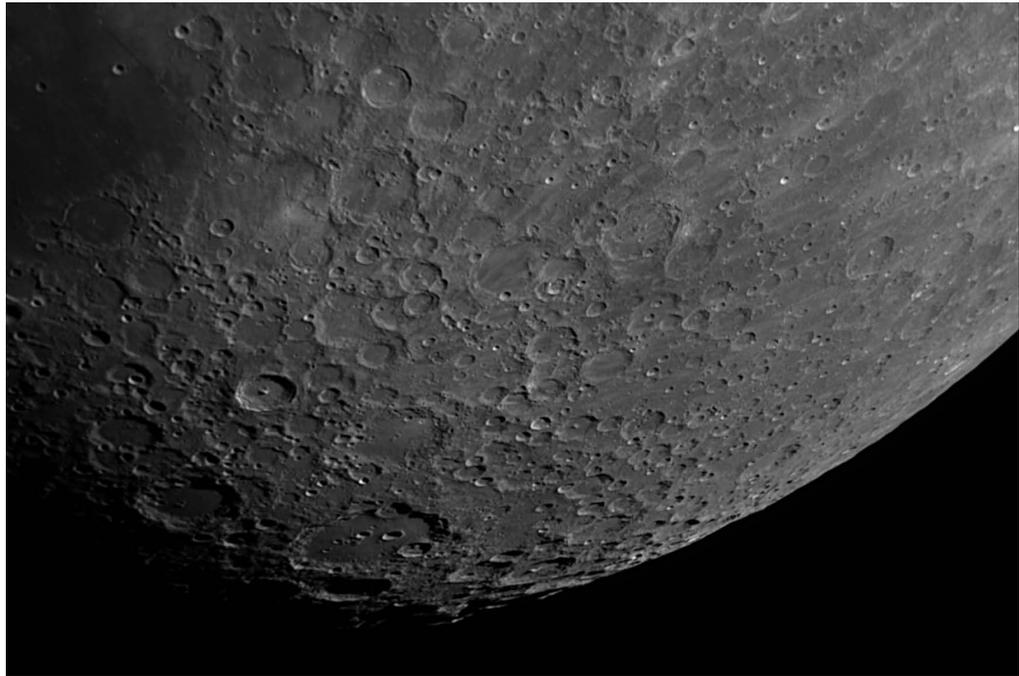
**Abbildung 1.42**  
Mondkrater vom 04.08.2012



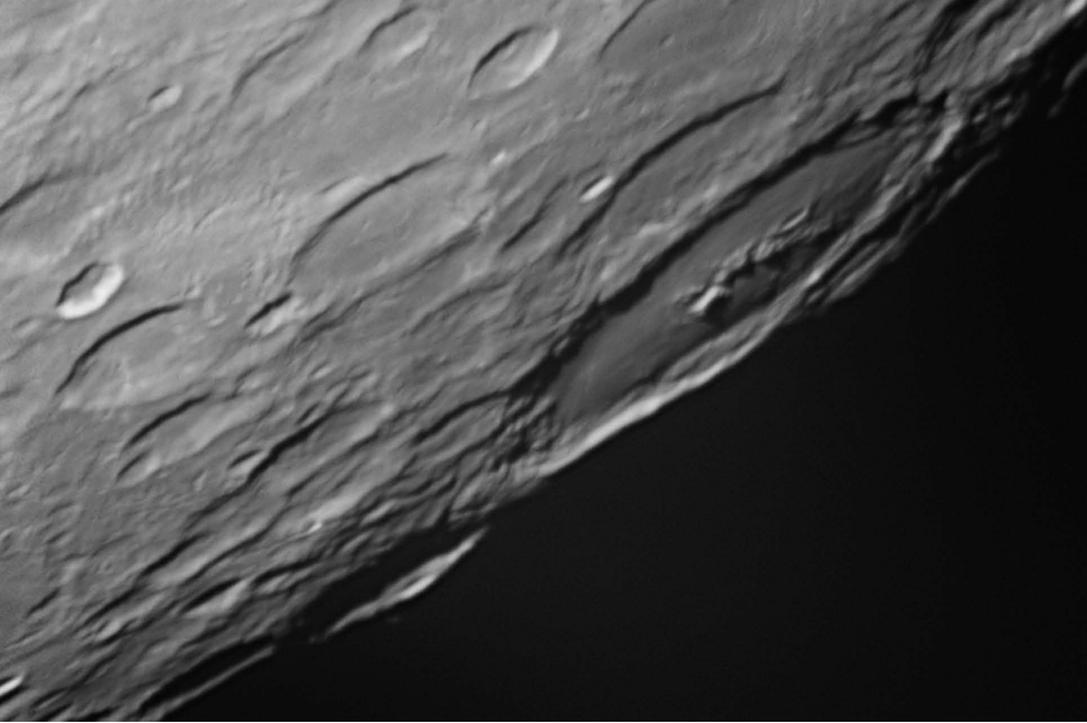
**Abbildung 1.44**  
Mondkrater vom 04.08.2012



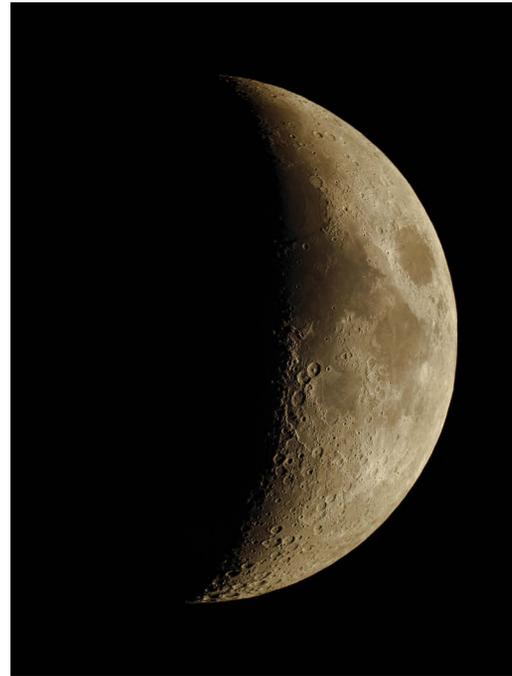
**Abbildung 1.45**  
Mondkrater vom 31.01.2012



**Abbildung 1.46**  
Mondkrater vom 31.01.2012



**Abbildung 1.47**  
Der Mondkrater Humboldt/N (rechts)  
vom 01.10.2012



**Abbildung 1.48**  
Breite Mondsichel vom 10.01.2011

## 1.9 KONSTELLATIONEN

Unter Konstellationen versteht man in der Astronomie die scheinbare Stellung der Himmelskörper und Fixsterne zueinander in Bezug auf den Standort des Beobachters.

Hier geht es um die Konstellation zwischen Erdmond und Planeten. Mond und Planeten stehen scheinbar so dicht beieinander, dass es sich lohnen kann, davon ein Foto zu machen. Solche Aufnahmen gelingen schon mit einfachen Kompaktkameras. Besonders interessant wirken die Bilder, wenn noch das Umgebungslicht

der Stadt oder eine interessante Landschaft mit in die Szenerie eingebaut wird. Daher ist es ratsam, solche Bilder in der Dämmerung bzw. zur Blauen Stunde zu machen. Als Blaue Stunde bezeichnet man die Zeit zwischen Sonnenuntergang und der nächtlichen Dunkelheit sowie die Zeit kurz vor Sonnenaufgang. Gegenüber Aufnahmen bei absoluter Dunkelheit ist die Umgebung leicht erhellt. Die Kontraste zwischen Hell und Dunkel sind abgemildert. Straßen- und Gebäudebeleuchtung bilden mit dem dunkelblau schimmernden Himmel fotografische Anreize, die sich mit dem astronomischen Geschehen am Himmel kombinieren lassen.



**Abbildung 1.49**

Mond und Jupiter am 16.04.2010



**Abbildung 1.50**  
Mond und Jupiter am 16.04.2010



**Abbildung 1.51**  
Mond und Venus am 11.09.2015



**Abbildung 1.52**  
Mond und Venus am 30.01.2009

## 1.10 DER MOND IN 3D

Am Schluss dieses Kapitels möchte ich noch erwähnen, dass es auch möglich ist, ein 3D-Bild des Mondes zu erstellen. Genauer ausgedrückt ein Anaglyphenbild, das je nach Anaglyphenart mit der entsprechenden 3D-Anaglyphenbrille betrachtet werden kann. Dazu müssen zwei unterschiedliche Bilder des Vollmondes

gemacht werden. Zunächst eines für das linke Auge und vier bis sechs Monate später eines für das rechte Auge. Durch die Libration – das ist die Taumelbewegung des Mondes – kann man im Laufe der Zeit bis zu maximal 59 Prozent des Mondes sehen. Durch das Rotationsverhalten des Mondes bleibt für irdische Beobachter die Rückseite des Mondes zu 41 Prozent verborgen. Die maximalen neun Prozent, die wir mit der Zeit am Rand des Mondes zusätzlich erhaschen können, reichen aus, diesen 3D-Effekt zu erzeugen.

Mit einer geeigneten Software (Photoshop oder auch der Freeware *Stereo Photo Maker*) werden die beiden Einzelbilder (bei einem Rot/Cyan-Anaglyphenbild) mit der Farbe Rot (linkes Auge) und Cyan (rechtes Auge) überlagert. Beide Bilder werden dann anschließend zusammengefügt. Das Ergebnis können Sie mit einer Rot/Cyan-Anaglyphenbrille betrachten. Der Mond wird dann als Kugel dargestellt, die scheinbar, zum Beispiel aus dem PC-Monitor, hervorsticht. Beste Ergebnisse erzielen Sie bei einem Betrachtungsabstand von etwa einem Meter.

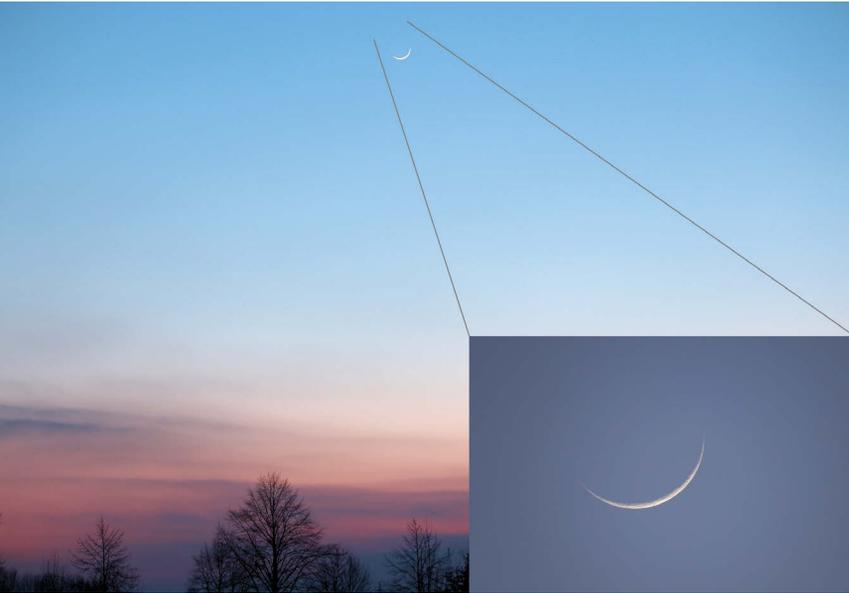


**Abbildung 1.53**

3D-Anaglyphenbild.  
Zum Betrachten wird  
eine Rot/Cyan-Brille  
benötigt.

## 1.11 SELTENE BOOT-FORM

Die nur 46,5 Stunden alte Mondsichel zeigte sich am 13.03.2013 gegen 19.00 Uhr tief in der Abenddämmerung. Sie war zu 4,2 Prozent beleuchtet. Während es in den Tropen zum gewohnten Bild gehört, ist es in unseren Breiten sehr selten, dass sich die Mondsichel nahezu horizontal – wie ein Boot – präsentiert.



**Abbildung 1.54**  
Schmale Mondsichel am 13.03.2013



**Abbildung 1.55**  
Schmale Mondsichel am 13.03.2013

# Index

## Numerisch

- 3D-Anaglyphenbrille 41
- 3D-Bild
  - Mond 41
- 3D-Effekt
  - Mond 42

## A

- A.S.I Astro Kamera 85
- Abbildungsfehler 60
- Adlernebel 225
- Afokal 63
- ALccd8L 210, 244, 248
- Alignment 69
- Alnitak 202
- Anaglyphenbild
  - Mond 41
- Annie?s Astro Actions 217, 234, 251
- Antizyklon 292
- Aschewolke 21
- Aschgraues Mondlicht 19
- AstroArt 5 211, 246, 248
- Astro-CCD-Kamera 85
- Astro-Kalender 164
- Astrokamera
  - gekühlt 86
  - Vorbereitungen 244
- Astrolumina 86, 210, 244
- Astronomy Tools 218
- Astronomy Tools 1.6 234, 251, 285
- AstroSolar 116, 117, 153
- AstroSolar-Filterfolie 116
- Aufnahme-Codec
  - Sonnenaufnahmen 124
- Aufnahmesoftware 28
- Aufnahmezeit
  - Sonnenaufnahmen 120
- Aufstellen
  - eines Teleskops 65
- Aurora Borealis 267, 274
- Autoguider 66, 71
- Autoguiderkamera 70
- Autoguiderschnittstelle 70
- Autoguiding 244
- Automatic Background Extracto 207

- AutoStakkert 108, 109, 110
- AVI-Filme 97
- Avistack 29, 99

## B

- Baader-AFC-Filter 82
- Baader-Hyperion-Okular 122, 123
- Bahtinov-Maske 172, 177
- Banding 252
- Barlow-Linse 19, 27, 70, 107
- Batchverarbeitung 180
- Bayer-Matrix 249
- Belichtungsprogramm
  - Sonnenaufnahmen 119
- Belichtungsreihe 22
- Belichtungszeit 14, 28, 177
  - Strichspuraufnahmen 46
- Bild
  - nachträglich schärfen 199
- Bildbearbeitung
  - mit DSS 192
  - mit Fitswork 177
  - mit Gimp 182, 188
  - mit Giotto 99
  - mit Photoshop 182
  - mit RegiStax 92
  - Mondkrater 29
  - Sonnenaufnahmen 125
- Bildfeldebnungslinse 60
- Bildfeldkrümmung 60
- Bildfolge 28
- Bildgröße
  - Strichspuraufnahmen 47
- Bildnachweis 294
- Bildrauschen 14, 95
- Bildstil
  - Strichspuraufnahmen 47
- Blaue Stunde 40
- Blitzeinschlag 262
- Blutmond 11
- Brennweite 14
  - erhöhen 27
  - Strichspuraufnahmen 46
- Brennweitenreduzierung 62
- Brennweitenverlängerung 19

## C

- CalSky 160
- Canon Hacker Development Kit 290
- Canon-EOS-Reihe 82
- Canon-Utilities 47, 83, 166
- Castrator 108
- CCD
  - Vergleich 172
- CCD-Astrokamera 60
- CCD-Farb-Kamera 92
- CCD-Filme 110
- CCD-Kamera 23
  - Filter 201
  - Mondkrater 27
  - Sonnenaufnahmen 120
- CCD-Sensor 23, 84
- Celestron 210
- Celestron CGEM 66, 176
- Chronosphäre 117
- Cirrusnebel 221
- CMOS-Sensor 84, 86
- Computersteuerung 176
- Corel Paint
  - Sonnenaufnahmen 133
- Coronado 121
- Coronal Mass Ejection 267
- Crayford-Auszug 166
- Crop-Faktor 19

## D

- Darkframe 177
- DBK 91
- DBK 21 92
- DBK-CCD-Kamera 29
- Deep Sky 172
- Deep-Sky-Fotografie 172, 176
  - Vorbereitungen 175
- DeepSkyStacker 178, 192, 280
- Deklinationsachse 66
- Deutsche Montierung 66
- Digi-Klemme 82
- DMK 21 28
- DMK 41 28, 130
- DMK-Kamera 85
- Doppelklemmung 69

Doppelprismenschiene 70  
Dosenlibelle 69  
Dreiecksnebel 206  
DSLR  
    PST 122  
    Sonnenfleckenaufnahmen 117  
    Teleskopmontierung 83  
    Vergleich mit CCD 172  
DSS 193, 280  
Dunkelbild 83

## E

Einscheinern 67  
Emissionsnebel 225  
Emmissionsnebel 202  
Empfindlichkeitseinstellung 177  
EOS Camera Movie Record 107  
Erde 116  
Erdmond 11, 14  
Erdrotation  
    Montierung 65  
Erdschein 19, 20  
Etalon-Filter 124  
Europa 90, 105  
Evostar 62  
Eyjafjallajökull 21  
EZCAP Ver2.41 244

## F

Fadenkreuzokular 68, 165  
Fangentladung 258  
Fangspiegel  
    Justage 73  
Farbinterpolation 181  
Farbpalette 201  
Farbsaum  
    entfernen 94  
    korrigieren 103  
Feldkorrektor 62  
Fernauflöser 14  
Feuerrad-Galaxie 227  
Filmaufnahme 99  
Filter 201  
Filterfolie 117  
Filterrad 85, 201  
Filterset 201  
FIT-Format 181  
Fitswork 14, 97, 178  
Flammennebel 202  
Flat  
    künstliches 206

Flatfield-Aufnahme 206  
Fokal 63  
Fokaladapter 117  
Fokuspunkt 49  
Foto-Newton 176  
Fotostativ 14  
Fyellandsbay 272

## G

Gain-Wert 28  
Galaxie 172  
Galaxie-Arten 172  
Ganymed 90, 105  
Gasnebel 221  
Gasriese 90  
Gegengewicht 69  
Gewitter 258, 260, 265  
Gewitterblitz 258  
Gimp 182, 188  
Giotto 28, 91, 99  
    Überlagerung 100  
Goldene Henkel 21  
Gondel 290  
GoTo 65  
Graufilter 260  
G-RGB 97  
Großer Roter Fleck 90  
Grundeinstellungen 83  
Grün-Filter 27  
Guiden 70  
Guider-Setup 71  
Guidingkamera 70  
Guidingsoftware 70

## H

H $\alpha$ -Filter 121  
H $\alpha$ -Fotografie 121  
Halbschattenfinsternis 14  
Hale-Bopp 274  
Halo  
    entfernen 194  
H-alpha-Licht 121  
Handcontroller 69  
Handkontroller 69  
Handsteuerbox 66  
Hantelnebel 209  
H $\alpha$ -Sonnenfiltersystem 121  
H $\alpha$ -Sonnenteleskop 121  
Hauptblitz 258  
Hauptspiegel  
    Justage 74

HDR(!)-Bild 22  
HDRI 22  
Herschelkeil 116, 120  
Herschelprisma 116, 120  
Hibernate 69  
High Dynamic Range 22  
High Dynamic Range Image 19, 22, 26  
Himmelsphänomene 244, 267  
Himmelspol 66  
Hochkontrastbild 22  
Hochpass-Filter 34, 199  
Hotspot  
    entfernen 135  
Hubble-Bilder 237, 238  
Hubble-Palette 236, 242  
Hubble-Teleskop 201  
Hurtigruten 270

## I

IC-Capture 28, 92, 124  
Idas LPS P2 201  
Imaging Source 23, 85, 91, 92  
Interferenzfilter 201  
International Space Station 164  
Internationale Raumstation 164  
Io 90, 105  
IR-Block-Filter 91  
Iridium-Flare 160  
    fotografieren 160  
Iridium-Satellit 160  
IR-Sperrfilter 82  
IR-UV-Sperrfilter 27  
ISO-Wert 14, 20  
ISS 164  
    fotografieren 164  
ISS-Fotografie 165  
    Vorbereitungen 165

## J

JPG-Format  
    Strichspuraufnahmen 47  
Jupiter 90, 292  
    Opposition 104  
Justage  
    Fangspiegel 73  
    Hauptspiegel 74  
    Justierlaser 73  
    Newton-Reflektor 73  
Justierlaser 73  
    Justage 73

## K

Kallisto 90  
Kernschatten 14  
Klemmschraube 69  
Kollimation 73  
Koma 62, 73  
Koma-Korrektor 62, 176  
Komet 17P/Holmes 277  
Komet Holmes 278  
Kommunikationssatellit 160  
Kompaktkamera 82  
Konstellation 40  
    Erdmond 40  
Kontrastumfang 22  
Koronaler Massenauswurf 269  
Korrekturlinse 62  
KP-Index 268  
Krebsnebel 205  
Kugelsternhaufen 248  
Künstliches Flat 206

## L

Lacerta M-Gen 71  
Lagunennebel 248  
Längengraddifferenz 76  
Langzeitfotografie 67  
LDRI 22  
Leitblitz 258  
Leitfernrohr 71  
Leitrohr 69  
Leitrohrschelle 70  
Libration 42  
Lichtsammelvermögen 60  
Light-Bild 83  
Lightroom 4 191, 284  
Linienfilter  
    schmalbandige 236  
Links 295  
Linsenteleskop 63, 121  
Live-Bild 107  
Live-View 107  
Lomo-TMB Achromaten 151  
Low Dynamic Range 22  
Low Dynamic Range Image 22  
L-RGB 97  
Luminanz-Aufnahme 205  
Luminanzrauschen 242  
Lunt 121, 123

## M

MAK 107  
Maksutov 177  
    ISS-Fotografie 166  
Maksutov-Cassegrain 121  
Maksutov-Cassegrain-Teleskop 64  
Masterdark 181  
Masterdarkflat 181  
Masterflat 181  
Meridian 69  
Meridian-Offset 76  
Messier 33 206  
Messmethode  
    Sonnenaufnahmen 119  
Mexican-Hat-Filter 35, 103  
Milchstraße 172, 280  
Mond 14  
    in 3D 41  
Mondaufgang 22  
Mondfinsternis 10, 14  
    partielle 19  
Mondfotografie 13  
Mondkrater 23  
    Bildbearbeitung 29  
    Kompaktkamera 82  
Mondsichel 19  
Montierung 65, 69  
    Deep-Sky-Fotografie 177  
    deutsche 66  
    parallaktische 65, 176  
    polar ausgerichtete 23  
Mosaikaufnahme 23, 85  
Motorfokus 90

## N

Nachführgenauigkeit 23  
Nachführkamera 70  
Nachführkontrolle 69  
Nachführung 20  
    manuelle 70  
Neat Image 242  
Nebelfilter 201  
Neutraldichte-Filter 260  
Newton-Reflektoren 73  
Newton-Spiegelteleskop 62  
Newton-Teleskop 64  
NexStar 69  
Nivellieren 76  
Noise-Trap Schärfung 112  
Nordamerikanebel 221  
Norwegen 270

## O

Off-Axis Guider 69  
Okularprojektion 23, 60  
Opposition 104  
Orionnebel 229

## P

Panstarrs 278  
Parallaktische Montierung 65, 176  
Partielle Mondfinsternis 19  
Partielle Sonnenfinsternis 147  
Peletier-Kühlung 244  
Penumbra 116  
Personal Solar Telescope 121  
Pferdekopfnebel 202  
PHD-Guiding 70  
Philips SPC900NC 23, 28, 84, 91  
Philips ToUcam 91  
Photoshop 42, 182, 285  
    Sonnenaufnahmen 129  
Photoshop CC 212  
Photoshop Elements 104, 250, 285  
Photosphäre 117  
Pinwheel-Galaxie 227  
Pixinsight 206, 229, 246, 250  
Planet 90  
    Equipment vorbereiten 90  
Planetarischer Nebel 209  
Plejaden 229  
Polarie 75  
Polaris siehe Polarstern  
Polarlicht 267, 270  
Polarlichtaktivität 268  
Polarlichtworkshop 271  
Polarstern 66, 67  
    finden 68  
Polhöhe  
    Justage 68  
Polhöhenwinkel 67  
Polsucher 69, 76  
Polsucherfernrohr 66, 68  
    Polarie 76  
Preprocessing 229, 231  
Prisma 120  
Protuberanz 117  
    Bildbearbeitung 129  
PST 121  
    DSLR 122

## Q

Quadruplet-Astrograph 244

## R

Raumstation 164  
Rauschen 14  
Rauschreduzierung  
    Strichspuraufnahmen 48  
RAW-Format 47  
Referenzbild 31, 92  
Reflektor 121  
Reflektoren 64  
Reflexionsnebel 221  
Reflexnebel 248  
Refraktor 63, 121, 177  
Regenbogen 265  
RegiStax 14, 31, 92  
    Sonnenaufnahmen 125  
Rektaszensionsachse 67  
RGB-Balance 94  
RGB-Filtersatz 85  
Rolldach 65  
Rosettennebel 205  
Rot/Cyan-Anaglyphenbild 42  
Rotationsverhalten  
    Mond 42

## S

Satellit 14, 160  
Säulen der Schöpfung 225  
Scharfstellhilfe 177  
Scheiner-Methode 67  
Schlafmodus 69  
Schmalbandfilter 201  
Schmalbandige Linienfilter 236  
Schmidt-Cassegrain 60, 177  
    ISS-Fotografie 166  
Schmidt-Cassegrain-Teleskop 64  
Schutzbau  
    Teleskop 65  
Seeing 21  
Selbstausröser 14  
Serienbild  
    Blitzfotografie 260  
Siebengestirn 229  
Sigma clipping 179  
Skyrider 289  
Skywatcher 24, 62  
Solarkontinuum-Filter 120  
Sonne 116, 292

Sonnenaufnahme  
    Bildbearbeitung 125  
Sonnenbeobachtung 116  
Sonnenfilter 116  
Sonnenfilterfolie 153  
Sonnenfinsternis 146, 155  
    partielle 147  
    totale 146  
    Vorbereitungen 147  
Sonnenfinsternis-Brille 147  
Sonnenflecken 116  
    fotografieren 117  
Sonnenwinde 267  
Spektralbereich 85  
Spektrallinien 236  
Sperrfilter 85  
    Sonnenbeobachtung 116  
Spiegelreflexkamera  
    digitale 82  
Spiegelshifting 177  
Spiegelteleskop 121  
Spiegelvorauslösung 83  
Spikes 64  
Spiralgalaxie 227  
Spotmessung 119  
Stacken 31, 93, 99  
Stand-Alone-Autoguider 70  
Stapelbearbeitung 178  
Star-Tracker 75, 76  
Startrail-Fotografie 47  
Startrails  
    Programm 49  
Stativ 46  
STEADYSHOT 269  
Steckhülse 165  
Stereo Photo Maker 42  
Sternbild Kassiopeia 272  
Sternhimmel  
    Strichspuraufnahmen 46  
Sternhaufen 205  
Sternwarte 65  
Stratosphäre 290  
Strichspuraufnahmen 46  
Strichspurbild 47  
Summenbild 93  
Supernova-Überrest 205

## T

T2-Adapter 23, 82, 165  
Tageslicht  
    Strichspuraufnahmen 47

Taumbewegung  
    Mond 42  
Tauschutzkappe 165  
Telekonverter 19  
Teleskop  
    aufstellen 65  
    Schutzbau 65  
Teleskopmontierung 65  
    DSLR 83  
    Scheiner-Methode 67  
Teleskop-Tubus 63, 177  
Teleskoptyp 60  
Temperaturanpassung 49  
Temperaturgradient 49  
Tonwertkorrektur 103, 184  
Totale Sonnenfinsternis 146  
Triangulumnebel 206  
Two Star Alignment 69

## U

Überlagern 31  
UCF2 201  
Umbra 116  
Universal-Kontrastfilter 201  
USB-CCD-Monochrome-Kamera 23  
USB-Farb-Kamera 91

## V

Venustransit 156  
Vergrößerung  
    erhöhen 27  
Verlängerungshülse 91  
Vignettierung 60  
Vixen Polarie 75  
Vollformat-DSLR 19  
Vulkan 21  
VY Canis Majoris 292

## W

Wavelet-Filter 23, 33, 94  
Wavelet-Schärfen 95, 97  
Wavelet-Schärfungsfilter 93  
Webcam 23, 84  
    Mondkrater 27  
Webcam-Fotografie 23  
Weißabgleich 28, 83  
    korrigieren 94, 97  
    Sonnenaufnahmen 119  
    Strichspuraufnahmen 47

Weißlichtbilder  
bearbeiten 120  
Weißlichtfotografie 117  
Weißlichtsonnenfilter 117  
Weltall 10  
Westmongolei 151  
Wetterballon 289  
Whirlpool-Galaxie 227  
Wolkenbänder  
Jupiter 90

**Z**  
Zentriermethode 101  
Zwergstern 116