

## Andromeda vom Balkon

### Sternaufnahmen mit der eigenen Digitalkamera

#### Teil 1: Startrails und Timelapses

*Peter Maasewerd*

Jetzt ist sie wieder da: Die Zeit der kurzen Tage und der langen, dunklen Nächte, die Zeit von Foto-Frust und Winter-Blues: Draußen alles grau, kalt und dunkel. Warum nicht aus der Not eine Tugend machen – die frühzeitige Dunkelheit nutzen – Sterne fotografieren?!

Und das funktioniert - ohne teure Spezialausrüstung, aber mit Passion und einer Portion Hintergrundwissen. Dazu die passende Kurzgeschichte: *Der Restaurantkoch: „Ihre Fotos gefallen mir. Sie haben bestimmt eine gute Kamera!“ Helmut Newton (nach dem Essen): „Das Essen war vorzüglich – Sie haben bestimmt gute Töpfe!“*

Dass man unsere Nachbargalaxie und andere astronomische Objekte in verblüffender Qualität mit „normaler“ Fotoausrüstung und überschaubarem Aufwand ablichten kann, hat mich selber überrascht. In dieser und zwei folgenden Ausgaben möchte ich deshalb zeigen, was mit einer aktuellen, digitalen System- oder Spiegelreflexkamera, einem Stativ und etwas Enthusiasmus in Sachen

Astrofotos möglich ist. „Andromeda vom Balkon“ habe ich die Serie genannt. Will sagen: Es geht für jedermann, fast überall ...

... der Beweis:



*Abb. 1 Andromeda von meiner Terrasse mit Pentax K5, 100mm Objektiv von 1980, für 30 € erstigert bei Ebay* © Peter Maasewerd

In Teil 1 des Dreiteilers geht es – zum Aufwärmen – um stimmungsvolle Aufnahmen von Sternspuren (Startrails, siehe Abb. 2) mit Timelapses (Zeitrafferfilme) als Nebenprodukt. Viele der hier erklärten Zusammenhänge gelten dann auch für Teil 2. Dort bekämpfen wir das Sensorrauschen und wagen uns in den Outer-Space zu Milchstraße und Andromeda. Im dritten Teil erkläre ich spezielle Kniffe und Tricks in der Nachbearbeitung, die eure Astrofotos drastisch verbessern werden!

#### Startrails und Timelapses

Startrails sind das Ergebnis einer Langzeitbelichtung von Sternen unter dem

bewegten Nachthimmel, Timelapses sind kurze Filmsequenzen, die aus einer Bildserie von Einzelbildern montiert werden. Man nehme:

**Notwendige Ausrüstung:** eine zeitgemäße DSLR-, System- oder gute Bridgekamera, Weitwinkelobjektiv, Stativ (im Gelände ggf. auch „Bohnen-sack-Stativ“, „The Pod“ o. ä.), kleine Taschenlampe (besser Head-Light), vollgeladener Kameraakku, Platz für min. 200 Aufnahmen auf der Speicherkarte. Okularabdeckung gegen von hinten eingestreuete Reflexionen (wichtig nur bei DSLR, ggf. selber aus schwarzer Pappe basteln).

**Sehr sinnvoll bzw. hilfreich:**

Gegenlichtblende (auch gegen Tau auf der Linse), leistungsstarke Taschenlampe, externer Blitz, aufgeladener Ersatzakku, Fernauslöser oder Smartphone-App *Triggertrap* mit Hardware (wenn kein Fernauslöser und keine Intervallfunktion an der Kamera), Smartphone-App *TPE* o. ä. (Daten zu Auf- und Untergang von Sonne und Mond u. a.), Kompass oder Kompass-App, für „Lichtmalerei“ und andere Experimente: dunkle Kleidung tragen, dann seid ihr nie im Bild!

**Methodik**

Grundsätzlich existieren zwei unterschiedliche Aufnahmetechniken. Die klassische Methode setzt auf eine einzige Langzeitbelichtung von sehr langer Dau-

er. Die modernere Methode beruht auf Einzelaufnahmen, bei der das fertige Bild später am Computer aus einer Vielzahl von Einzelbildern zusammengesetzt wird.

Bei der klassischen Langzeitbelichtung wird mit kleiner ISO-Empfindlichkeit lange belichtet – bis zu mehrere Stunden. Dafür muss es insgesamt sehr dunkel sein. Der Sensor wird außer von den Sternen kaum angeregt, und durch die lange Belichtungszeit nimmt das Sensorrauschen stark zu. Passiert während der langen Belichtungszeit auch nur ein Fehler (Auto, Fußgänger mit Taschenlampe etc.), ist die ganze Aufnahme ruiniert. Jedes Flugzeug muss später aufwändig retuschiert werden oder hinterlässt seine Spur im Bild. Auch weiß man erst am Ende der langen Belichtungszeit, ob



*Abb. 2 Schulze-Pellengahr's Kapelle im Mondlicht, bei Davensberg, Fenster von innen mit Taschenlampe belichtet.* © Peter Maasewerd

alles gestimmt hat. Experimente mit Lichtmalerei oder die Ausleuchtung von

Vordergrundobjekten geraten während einer Langzeitbelichtung schnell zum Harakiri – jeder Fehler ruiniert das ganze Bild!

Ich favorisiere deshalb bei Digitalaufnahmen eine andere Methode. Dabei wird eine Vielzahl einzelner Aufnahmen mit höherer ISO-Zahl wesentlich kürzer belichtet. Das fertige Bild wird später am Computer (halb)automatisch aus den Einzelaufnahmen zusammengebaut. Das hört sich zunächst aufwändiger an, der Mehraufwand hält sich aber in verträglichen Grenzen. Dafür bietet sich eine Vielzahl von Vorteilen: Man kann die richtige Belichtung „ausprobieren“ und weiß schon nach einigen Probebelichtungen, wie Sterne und Landschaft in der fertigen Aufnahme aussehen werden. Störungen und Fehler lassen sich recht leicht aus dem jeweiligen Bild radieren, im schlimmsten Fall wird das betreffende Einzelbild später einfach ausgelassen. Ein besonderer Vorteil ist ein deutlich besseres Signal/Rausch-Verhältnis als bei Langzeitaufnahmen, auch weil das Rauschen beim späteren Verrechnen statistisch reduziert wird. Und es gibt noch ein Gimmick: Aus den Einzelaufnahmen lässt sich ein Timelapse basteln – ein Zeitrafferfilmchen mit Sternen, die am Himmel rotieren.

Wenn möglich, solltet ihr im internen RAW-Format der Kamera statt in

JPEG fotografieren. Ein 8-Bit-JPEG löst nur 256 Helligkeitsstufen je Farbkanal auf, die zudem nicht linear über das Histogramm verteilt sind. Für das hier wichtige „dunkle untere Drittel“ der Bildinformation bleiben deshalb nur etwa 70 Helligkeitsstufen übrig, wodurch sich das Bild später kaum optimieren lässt. Ein 12-Bit RAW hat schon 4096 Stufen je Farbkanal, eine 14-Bit-RAW-Aufnahme sogar 16.384, das heißt, es bleiben ca. 4.500 Stufen für das „dunkle Drittel“ – 60x mehr als beim JPG. Die Möglichkeiten für die Bildbearbeitung sind dadurch dramatisch besser. Um die RAW-Bildserie sinnvoll zu bearbeiten, benötigt ihr ein Programm, mit dem sich die Einstellungen unkompliziert auf alle Aufnahmen der Serie übertragen lassen – oder Geduld – oder ihr macht JPEGs. Ich empfehle hier *Lightroom*, das m. E. sowieso ein Muss für jeden halbwegs ambitionierten Fotografen ist.

## Planung

### **Astronomische und meteorologische Bedingungen berücksichtigen:**

Wer Sterne fotografieren will, muss auch welche sehen können. Für gute Startrailaufnahmen ist es wichtig, einen klaren, möglichst wolkenlosen Himmel und ein gutes, so genanntes „Seeing“ zu haben, für das es auch auf Jet-Stream,

Temperaturschichtung der Atmosphäre und anderes ankommt. Eine gute 3-Tages-Vorhersage für all dies liefert die kostenlose Internetseite von Meteoblue (Link zu Seeing in Münster siehe Annex). Benutzungshinweise und Legende stehen im unteren Teil der Website.

Der Mond ist bei Landschaftsaufnahmen mit Sternen, je nach Mondphase und Himmelsposition, Freund oder Feind. Sanft von hinten scheinend, kann er eine stimmungsvolle Lichtquelle darstellen und die Landschaft passend beleuchten. Steht er an der falschen Stelle am Himmel oder leuchtet er störende Wolken an, ist er ein Killer für jede gute Aufnahme. Auch für den Mond ist die Seite von Meteoblue eine gute Infobasis mit Daten zu Mondphase sowie Auf- und Untergang. Sehr hilfreich sind auch pfiffige kleine Apps für Tablet oder Smartphone wie z. B. *TPE* („*The Photographers Ephemeris*“), die eine genaue Planung für die beste Zeit und den Ort mit (Satelliten-) Kartendarstellung und tageszeitabhängiger und ortsabhängiger Grafik der Sonnen- und Mondbahn ermöglichen. Für die Hauptserie eurer Sternaufnahmen wartet ihr am besten, bis das Streulicht des Sonnenuntergangs komplett verschwunden ist. Schießt aber nach Möglichkeit noch im Hellen oder zur Dämmerung ein paar Aufnahmen in gleicher Kameraaufstellung. Diese

Aufnahmen könnt ihr später nach Geschmack in die eigentliche Startrailaufnahme einmischen (siehe Abb. 3). Plant ihr auch einen Timelapse Film, kann es auch schon in der Dämmerung losgehen, weil das schwindende Licht im Film oft schöne Effekte bringt.

**Das Set:** Vor Ort gibt es bei der Komposition des Bildes einiges zu berücksichtigen – zunächst die Himmelsrichtung. Auf der Nordhalbkugel „dreht“ sich bekanntlich alles um den Polarstern (Polaris). Er bildet deshalb oft das optische Zentrum von Startrailaufnahmen. Soll Polaris im Bild sein, packt ihn möglichst in die Bildmitte oder besser noch in den Goldenen Schnitt. Einen interessanten Effekt mit gegenläufiger „Doppelrotation“ erhält man auch mit extremen Weitwinkelobjektiven bei Ausrichtung nach Osten oder Westen. In jedem Fall sollte der Sternenhimmel einen ausreichenden Teil der Bildfläche einnehmen.

Ansonsten gilt: Erlaubt ist, was gefällt – und was funktioniert. Denn Vorsicht! Die Lokation sollte gut ausgesucht sein. Hell beleuchtete Städte oder großzügig illuminierte Gebäude überstrahlen leicht die dunkle Landschaft und den Sternenhimmel. Straßen mit Lichtspuren von Fahrzeugen können interessante Bildelemente sein – sofern sie weit genug entfernt sind. Lichtver-

schmutzung in der Nähe von Städten ist für Startrilaufnahmen nicht immer schlimm. Im Gegenteil – das Glimmen des Streulichtes bringt Farbe ins Bild und kann dem Bild die richtige Atmosphäre geben (siehe Abb. 3). Entscheidend ist, dass genügend Sterne hell genug sind, um sich vom Hintergrund abzuheben. Links zu Karten der Lichtverschmutzung finden sich im Annex.



Abb. 3 Startrails mit Lichtmalerei und letztem Sonnenlicht auf Sardinien (50 Minuten belichtet)

Eine weite, strukturierte, schwach von Mond- oder Umgebungslicht beleuchtete Landschaft bietet eine gute Grundkonstellation für den Hintergrund einer Startrail Aufnahme. Ein interessanter Vordergrund wertet die meisten Bilder auf. Bei der Inszenierung des Vordergrundes sind der Fantasie keine Grenzen gesetzt. Reicht das natürlich vorhandene Licht nicht aus, kann man den Vordergrund mit „Lichtmalerei“ ausleuchten, akzentuieren und nach Geschmack in Szene setzen. Und: Ein

Bild mit Eyecatcher im Vordergrund und Startrails am Himmel funktioniert auch ohne interessante Landschaft im Hintergrund.

### Die Aufnahme

Es folgen nun viele Informationen, aber lasst euch nicht verschrecken! Komplexität und Aufwand sind nicht größer als beim Anrichten eines anständigen Sonntagsessens.

Los geht's!

**Voreinstellungen** an Kamera machen:

Dateiformat: **RAW!** oder JPEG-fine

Bildstabilisierung: **AUS!**

Interne Rauschminderung: **AUS!**

Blende: **Ganz auf**, wenn zu hell, ISO runter.

Belichtungsprogramm: **Manuell**.

Weißabgleich: **bei RAW egal**, später einstellen, ansonsten manuell etwa

**4.900 K**

Empfindlichkeit: Je nach Lichtstärke des Objektivs **ISO 800-1.600** als Startwert, nach Probeaufnahmen anpassen.

Belichtungszeit: **30s**, wenn Timelapse geplant eher kürzer, dann ISO ggf. höher stellen.

Bildfolge: **Mit Fernauslöser** an Kamera: Serienaufnahme einstellen und Fernauslöser auf „Dauerfeuer“. Mit Trigger-Trap, je nach App-Modus an der Kamera, Einzelbild oder Serienaufnahme einstellen. Mit kamerainternem Modus für Intervallaufnahme gilt:  $\text{Aufnahmeanzahl} = \frac{\text{geplante Gesamtdauer}}{\text{Belichtungszeit}}$ .

**Tip:** Falls die Kamera keine Intervallaufnahmen kann und auch kein Fernauslöser o. ä. zur Verfügung steht: Kamera auf Serienaufnahme stellen und Auslöser mit Tape und untergelegtem Smartie o. ä. auf Dauerauslösung fixieren. Das erste und das letzte Bild der Serie später löschen.

### Kamera aufbauen

Bei Wind Kameragurt abnehmen oder gut fixieren.

Robustes Stativ verwenden (zur Not „Bohnsensack“, „The Pod“).

Gegenlichtblende gegen Tau und Streulicht am Objektiv anbringen.

Fokus auf unendlich, je nach Vordergrund und Objektivbrennweite den Fokus auf die Hyperfokaldistanz einstellen (Fokalrechner googeln oder passende App benutzen!). Achtung: Fokussierung ist nachts u. U. schwierig, und viele Objektive kann man über unendlich hinaus drehen. Dann ggf. tagsüber einstellen und Stellung markieren oder mit Tape fixieren.

Autofokus auf „Manuell“ stellen.

Kamera ausrichten, auf Horizontierung achten, Bildausschnitt merken!

Bei Spiegelreflexkameras Okularabdeckung anbringen.

### Belichten

Einzelne Probeaufnahme machen. Darauf achten, dass die Lichter, insbe-

sondere die Sterne, nicht „ausbrennen“ (Histogramm ansehen!), ggf. ISO-Wert erhöhen oder senken.



Abb. 4 „Lichtspiele“ mit externem Blitz am Schloss Nordkirchen © Peter Maasewerd

Ins Bild zoomen und Schärfe kontrollieren, ggf. nachjustieren. Probeaufnahmen wiederholen bis alles OK ist! Aufnahmeserie starten, Gesamtdauer min. 30 Minuten bis mehrere Stunden, Startzeit festhalten, damit ihr wisst, wann die Serie endlich fertig ist (Stoppuhr-App). Ab jetzt Kamera nicht mehr berühren! Die Belichtungsserie nie unterbrechen, auch nicht für kurze Zeit. Jede Pause wird später als Fehlstelle in allen (!) Sternspuren zu sehen sein (Abb. 4).

Kreativ sein! **Vorschläge:** Einzelne Bildobjekte mit Taschenlampe o. ä. ausleuchten. „Leuchtsuren“ am Boden oder in die Luft malen. (siehe Abb. 3) Mit LEDs Lichtmalen oder – schreiben. Fenster mit Taschenlampe von innen beleuchten (siehe Abb. 2). Einzelne Bildobjekte gleichmäßig mit Taschenlampe oder externem

Systemblitz belichten. Blitz nur 1x je Bild auslösen, Blitzleistung ggf. abregeln. Immer von außerhalb des Bildausschnittes in das Bild hinein blitzen.

Ein Effekt je Einzelbild reicht, immer in Bewegung bleiben, sich nicht selber belichten und dunkle Kleidung tragen! Anzahl und Intensität der Effekte nicht übertreiben.

### Nachbearbeitung

Ihr habt jetzt eine Speicherkarte voller Einzelaufnahmen produziert. Die müssen nun am Computer zu einer Gesamtaufnahme kombiniert werden. Dabei werden die einzelnen Aufnahmen pixelgenau „gestapelt“, wobei an jeder Stelle des Bildes nur das hellste Pixel des Stapels in die fertige Aufnahme „durchsticht“. Bei bewegten Objekten (z. B. den Sternen) wird zeitliches Nacheinander zum räumlichen Nebeneinander - aus Sternen werden Sternspuren. In den unbewegten Bildpartien setzen sich die hellsten Einzelheiten durch, also zum Beispiel eure Lichtmalereien.

Ihr könnt nun durchstarten, die nächsten beiden Absätze einfach überspringen und mit ein paar Mausklicks das fertige Bild erstellen – oder ihr nehmt euch etwas Zeit und optimiert das Ergebnis. Wenn ihr das nicht tun möchtet, speichert die Bildserie nun in einem eigenen Ordner auf der Festplatte ab.

**Bildoptimierung:** Bevor das endgültige Bild berechnet wird, könnt ihr auf den späteren Bildinhalt Einfluss nehmen. Sofern ihr nicht mit einem „zerstörungsfreien“ Bearbeitungsprogramm wie *Lightroom* arbeitet, macht jetzt besser eine Sicherheitskopie der Originalaufnahmen.

Zuerst optimiert ihr eine Einzelaufnahme global in Weißabgleich, Helligkeit, Lichtern und Tiefen, Rauschen, chromatischer Aberration, kurz in allem, was das Bild in euren Augen aufwertet. Achtet darauf, dass die Sterne nicht „ausbrennen“, sondern noch Farbe haben. Verwendet keine Methoden, welche die Bildgeometrie beeinflussen, wie z. B. Perspektivkorrekturen, macht das später im fertigen Bild. Wenn ihr fertig seid, müssen die Einstellungen identisch auf alle anderen Bilder übertragen werden. Am besten geht das mit Programmen wie *Lightroom*, in denen sich die Einstellungen mit einem Klick synchronisieren lassen – ansonsten gönnt euch ein Glas Wein – und überträgt die Bildeinstellungen von Hand.

Zur Optimierung sucht in den Einzelbildern nach hellen Störungen (z. B. Flugzeugen, Fußgängern mit Zigarette, etc.). Beseitigt sie durch Maskieren oder Übermalen mit schwarzer Farbe in eurem Bildbearbeitungsprogramm. Die schwarze Farbe beseitigt die Feh-

ler, weil sich später hellere Pixel aus anderen Bildern durchsetzen. Außerhalb des Sternenhimmels müsst ihr dabei überhaupt nicht vorsichtig sein, der geschwärzte Bereich wird beim Stapeln aus anderen Aufnahmen „nachgeliefert“. Falls ihr draußen kreativ gewesen seid, wählt diejenigen Bilder aus, in denen die Lichtmalerei am besten geklappt hat. Übermalt die anderen Versuche in den entsprechenden Bildbereichen schnell, einfach und grob mit schwarzer Farbe. Nach der Optimierung und Synchronisierung speichert ihr die Serie in einem eigenen Ordner als JPEGs ab.

**Timelapse** Einzelbilder, auf denen ihr am Set geblitzt oder geleuchtet habt, auch Bilder mit schwarzer Retusche, verwendet ihr besser nicht für den Timelapse, damit es im Film später nicht flackert und blitzt. Das Fehlen einzelner Bilder fällt bei der hohen Bildfrequenz des Films nicht auf. Es ist aber schlau, bei der Aufnahme am Set zwischen den Beleuchtungsaktionen jeweils einige Aufnahmen verstreichen zu lassen, damit es später nicht „ruckelt“, wenn ihr diese Bilder herausnehmt.

#### Das Finale:

**Startrails** Von den verschiedenen Möglichkeiten, aus den Einzelbildern eine Startrailsaufnahme zu erzeugen, möchte ich die folgenden herausstellen:

**1. Bildbearbeitung mit Photoshop** (-Elements) oder **Gimp** (Freeware, siehe Annex) für geübte Anwender.

**Vorteil:** großer Einfluss auf das Endergebnis und hervorragende Optimierungsmöglichkeiten. Arbeitsmotto: *„Kunst ist schön, macht aber viel Arbeit“* (Karl Valentin). In Photoshop oder Gimp die Einzelbilder der Serie als separate Ebenen in ein einziges Bild laden. Alle Ebenen auswählen. Ebenenmodus „Aufhellen“ einstellen – et voilà, die Startrails sind da! In den Einzelebenen bei Bedarf Bildelemente durch Maskieren oder mit schwarzem Pinsel entfernen oder durch vorsichtiges Aufhellen auf der jeweiligen Ebene ins Bild hinein bringen. Dann alle Ebenen auf eine einzige reduzieren. Eventuell eine hellere Dämmerungsaufnahme dazu mischen (mit Maske und weichen Verläufen), Bildoptimierungen nach persönlichem Geschmack anbringen – FERTIG!



Abb. 5 Sternspuren mit 3 Meteoren über dem Schloss Nordkirchen © Peter Maasewerd

**2. Kinderleicht**, quasi „vollautomatisch“ und in deutscher Sprache geht es bei den kostenlosen Programmen *Startrails* bzw. *StarStaX* zu (Links im Annex). Arbeitsmotto: „*Weniger ist mehr*“ (*Robert Browning*). Bilderserie in die Programme laden oder ziehen – Berechnung starten – FERTIG!

In **StarStaX** gibt es eine integrierte Hilfe, zum Programm **Startrails** findet Ihr die notwendigen Infos auf der Downloadseite des Programms. Falls man Startrails benutzt, sollte man die Mühen des Programmierers eventuell mit einer kleinen Spende belohnen.

Den schnellen Spezialprogrammen fehlen die Nachbearbeitungsmöglichkeiten, die aber bei Bedarf später im fertigen Bild mit einem konventionellen Bildbearbeitungsprogramm erledigt werden können. Doch haben beide Programme Features, die ein „normales“ Bildbearbeitungsprogramm nicht hat: So füllt StarStaX winzige Lücken in den Sternspuren, die kameraspezifisch bei hoher Vergrößerung manchmal sichtbar sind. Außerdem gibt es einen „Kometenmodus“ als optischen Effekt.

**Timelapse:** Falls ihr einen Timelapse-Film produzieren wollt, ladet die Einzelbilder einfach in ein Videobearbeitungsprogramm, dann Bildausschnitt 16:9

wählen, Musik, Titel, Texte hinterlegen und den Film kodieren. Timelapses kann man auch mit der kostenlosen Freeware Startrails erzeugen

Damit endet der erste Teil. Der zweite Teil in der nächsten „Andromeda“ erklärt, wie man die Namenspatronin des Magazins eindrucksvoll auf den Kamerasensor bannt.

#### Annex

**Zoomkarte** Lichtverschmutzung Deutschland:

<http://tinyurl.com/6wayxpx>

**Google Earth** Layer Lichtverschmutzung weltweit, nach Regionen:

<http://tinyurl.com/kvjo9vx>.

**Bildbearbeitungsprogramm Gimp:**

<http://www.gimp.org/>

**StarStaX:**

<http://tinyurl.com/SSX-0-6-0-Win32>

**Startrails:**

<http://www.startrails.de/html/software.html>

**Meteoblue** Seeing Münster:

<http://tinyurl.com/qx9edlj>

**App Triggertrap:**

[www.triggertrap.com](http://www.triggertrap.com)

**App TPE**

(The Photographer's Ephemeris):

<http://photoephemeris.com/>

Antworten zu Leserfragen und weitere Infos:

[outside@maasewerd.de](mailto:outside@maasewerd.de)

## Andromeda vom Balkon

### Astrofotos mit der eigenen Digitalkamera

(Teil 2: Wide Field und Deep Sky Aufnahmen)

Peter Maasewerd

Im zweiten Teil meines Beitrages geht es zunächst um so genannte Wide Field Aufnahmen der Milchstraße mit irdischen Objekten bzw. Landschaften im Vordergrund. Danach verlassen wir den Planeten und bringen Deep-Sky Objekte auf den Sensor. Wie bei den Sternspuraufnahmen des ersten Teils reicht dafür eine aktuelle System- oder Spiegelreflexkamera ohne teures Spezialzubehör.

In beiden Szenarien geht es um die Maximierung des SNR (Signal Noise Ratio), also das Verhältnis von Signal und Rauschen. Dabei liefern die astronomischen Objekte das schwache Signal und es gilt die Störungen aus Lichtverschmutzung und Sensorrauschen zu minimieren.

#### Wide Field Aufnahmen von der Milchstraße

Die Randbedingungen für Aufnahmen der Milchstraße unterscheiden sich hinsichtlich der benötigten Ausrüstung, Lokation und Methodik nur wenig von denen der Sternspuraufnahmen (siehe Teil 1 in ANDROMEDA 3/14). Wir wen-



Bild 1, unter den Sternen im Süden (Nord-Sardinien)

den deshalb i. V. die gleiche Fototechnik an und schießen jeweils Aufnahmeserien, die später zu einem einzigen Bild zusammengefügt werden. Es gibt jedoch wichtige Unterschiede:

**Objektiv:** Mehr als bei den Startrails entscheidet die Größe der Anfangsblende des Objektivs über die Lichtausbeute und den Erfolg. Weitwinkelobjektive mit Anfangsblende F 2.8 sind optimal, aber es geht auch mit höheren Blendenwerten (z. B. Bild 4 mit F 5.0).

**Motivauswahl:** Bei den Sternspuraufnahmen war es beabsichtigt, dass sich die Drehung der Erde im fertigen Bild über die malerischen Startrails mitteilt. Die Kamera wurde nicht bewegt, die Fotos später ohne Drehung gestapelt. Unser aktuelles Ziel aber ist das Gegenteil, die Sterne punktförmig abzubilden und gleichzeitig einen scharfen Vordergrund zu bekommen. Zum Ausgleich der Erdrotation werden die Einzelbilder später so gedreht, dass die Sterne perfekt übereinander liegen und scharf abgebildet werden. Gleichzeitig erfährt der eigentlich statische Vordergrund durch die Drehung eine „Bewegungsunschärfe“:

**Startrails** = Vordergrund statisch, Sterne variabel = Sternspuren.

**Wide Field** = Sterne statisch, Vordergrund variabel = Vordergrund unscharf.

Weil ein unscharfer Vordergrund, außer er ist gewollt (siehe Bild 3), in den meisten Fällen unattraktiv ist, muss später am Computer nachgearbeitet werden. Dazu sollte das Motiv eine möglichst saubere Abgrenzung zwischen Vordergrund und Sternenhimmel besitzen. So ist z. B. ein Landschaftspanorama mit definiertem Horizont gut geeignet, dagegen sind z. B. in den Sternenhimmel ragende Bäume im Vordergrund nur schwer in den Griff zu bekommen.

**Wichtig:** Auf einen definierten Horizont achten!

**Aufnahmetechnik:** Um die Sterne scharf abbilden zu können, ist darauf zu achten, dass die Belichtungszeit passend ist und nicht zu Bewegungsunschärfe bei den Sternen führt. Die Sterne in den Einzelaufnahmen sollen möglichst punktförmig, rund, maximal schwach elliptisch aussehen. Die Verzerrungen starker Weitwinkelobjektive verursachen jedoch regelmäßige Strichspuren an den Bildrändern.

Die „500-er Regel“: Maximale Belichtungszeit =  $500 \div \text{Brennweite} \div \text{Crop-Faktor der Kame-}$

ra. Bei einer Nikon APS-C mit einem 18 mm Objektiv kommt man so auf  $500 \div 18 \div 1,5 = 18,5$  Sekunden und stellt den nächstniedrigeren Wert an der Kamera ein. Das gleiche Objektiv verträgt an einer Vollformatkamera 27 Sekunden Belichtungszeit. In jedem Fall Probefotos machen, voll hinein zoomen und ggf. Belichtungszeit korrigieren.

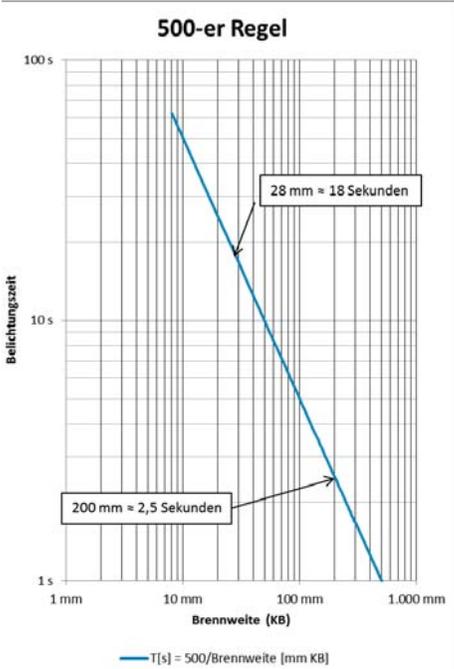


Bild 2, 500er Regel für die maximale Belichtungszeit

Die Milchstraße verliert sich fast überall in einer lichtverschmutzten Atmosphäre. In guten Nächten (wenn sie mit bloßem Auge zu sehen ist) und mit extremem Weitwinkel kommt Ihr mit Glück auf Belichtungszeiten, die ein schönes Ergebnis liefern, ohne mehrere Bilder stapeln zu müssen. In der Regel ist das „SNR“ aber zu schlecht! Ihr müsst in die Trickkiste greifen – und eine Serie schießen.

Um bei schwachem Licht möglichst viele Photonen einzufangen und die Sensitivitätsschwelle des Sensors zu überschreiten, sollten hohe ISO-Werte eingestellt werden. Bei modernen



Bild 3, Südteil der Milchstraße im Sommer (Nord-Sardinien)

Kameras mit gutem Rauschverhalten kommen, je nach Kameraqualität und Streulichttheiligkeit, ISO-Werte zwischen 1.600 und 6.400 in Frage – ausprobieren!

**Auf geht's:**

- | Die Angaben aus „Andromeda vom Balkon“ Teil 1 beachten. Insbesondere und darüber hinaus:
- | Kamera auf solidem Stativ und festem Grund horizontalieren.
- | Fotografiere unbedingt in RAW!
- | Maximale Belichtungszeit je nach Brennweite einstellen (500-er Regel).
- | ISO auf 1.600 oder höher (je nach Sensorqualität).
- | Blende möglichst ganz öffnen.
- | Manuell scharf stellen! Ggf. „Live View“ mit Lupenfunktion benutzen.

- | Fernauslöser/Zeitverzögerung nutzen und
- | Spiegelvorauslösung einstellen.



*Bild 4, Milchstraße mit Meteor im Winter über Schloss Westerwinkel, Ascheberg-Herbern. Einzelbild 30s Belichtung F1:4.0 ISO 1.600*

- | Testaufnahmen machen, Fokus, ISO-Wert, Belichtungszeit optimieren, Kameralupe benutzen! Sterne sollten punktförmig und rund sein!
- | Mehrere Aufnahmen machen (min. 10 Stück), zusätzlich ggf. Motive im Vordergrund inszenieren (ausleuchten, anblitzen etc., siehe Teil 1).
- | Objektivdeckel anbringen, bei identischen Kameraeinstellungen mindestens gleiche Anzahl Aufnahmen mit abgedecktem Objektiv machen (so genannte „darks“) oder Kamerafunktion „Rauschunterdrückung bei langer Belichtungszeit“ einstellen, dann dauert jede Aufnahme allerdings doppelt so lange.

- | Bei Tageslicht so genannte „flats“ mit demselben Objektiv bei gleicher Blende fotografieren: Programmautomatik ein, Fokus auf unendlich, weißes T-Shirt über Linse, auf neutralen (bedeckten) Himmel zielen, 5 Aufnahmen machen.

Den Weg zum fertigen Bild zeige ich weiter hinten....

## Deep Sky Objects mit der Digitalkamera

Wir jagen zunächst nicht die dunklen, diffusen, planetarischen Nebel, auch nicht kleine Kugelsternhaufen. Es sind die prominenten, helleren und größeren Objekte, auf die wir es am Anfang abgesehen haben. Recht leicht sind M31 (Andromeda), M42/M43 (Orionnebel), die Plejaden (M45) zu erwischen, ebenso die bekannten Sternbilder. Die sinnvolle Grenze für die hier vorgestellte Technik liegt nach meinen Erfahrungen bei Objekten einer Helligkeit von ca. Mag 8.5. Damit sind Galaxien wie M51 (Whirlpool Galaxie), M101 (Pinwheel Galaxie) und M33 (Triangulum Galaxie) sowie die helleren Gasnebel noch im Bereich des Machbaren, außerdem Kometen wie Lovejoy C/2014 Q2 (siehe Bild 8). Ich verwende Objektive bis 300 mm (Kleinbild (KB)). Objekte, deren Ausdehnung deutlich weniger als ca. 20' beträgt, werden dadurch uninteressant. Im Internet findet man Listen astronomischer Objekte, die nach Typ und Helligkeit sortiert sind (siehe Infobox).

## Welche Ausrüstung?

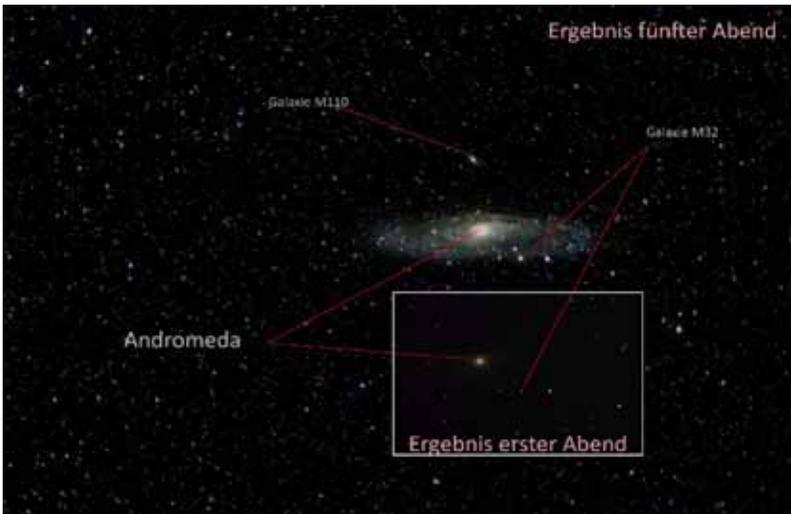
Es kommt auf jedes Photon an. Ein Objektiv mit großer Anfangsblende ist deshalb der wichtigste Teil der Ausrüstung. Gängige Kit-Zoomobjektive sind verwendbar, aber nicht optimal. Besser sind lichtstarke Festbrennweiten. Eventuell lohnt sich der Kauf alter, manueller und deshalb oft günstiger, lichtstarker Festbrennweiten. Es existieren günstige Adapter für den Anschluss von Fremdobjektiven in diversen Kombinationen (z. B. Nikon AI oder Pentax PK an Canon). Betrachtet man die Spanne der möglichen Kamera/Objektiv-Kombinationen beginnt der Spaß bei

etwa F3.5/80 mm (KB) für die Andromeda Galaxie M31 oder den Nordamerikanebel. Für den Dreiecksnebel M33 sollte es schon ein F2.8/200 mm sein. M31 in Bild 5 wurde z. B. mit einem Pentax Takumar F3.5/135 mm aufgenommen, das es für 30 € bei Ebay gab.

Die Kamera sollte Aufnahmen bis ISO 3.200 in RAW ermöglichen und ein gutes Rauschverhalten ist von großem Vorteil. Ansonsten ist die gleiche Ausrüstung, wie in Teil 1 beschrieben, nötig bzw. vorteilhaft. Das Stativ muss stabil sein und eine „weiche“, kontrollierte Nachführung in kleinsten Schritten ermöglichen. Videostativköpfe mit Griff eignen sich besser als Kugelköpfe.

Gute Planung ist essentiell. Beste Hilfe bieten Smartphone Apps wie z. B. StarWalk. Die App zeigt alle Objekte mit deren Daten in einer räumlichen Projektion für die Echtzeit und für beliebige andere Zeiten. So lassen sich detaillierte Planungen schon lange vor der Fotosession ausführen.

Bei passender Wettervorhersage dann das Deep Sky Objekt der Begierde mit App-Unterstützung aussuchen. Die Mondphase und die Stellung des Mondes relativ zum Objekt beachten, ggf. Aufnahme zeitlich verschieben. Dabei auch auf Objekthöhe über dem Horizont zur geplanten Uhrzeit der Fotosession achten (besser bei >



*Bild 5 Mein erstes Deep Space Objekt – große Fortschritte bei M31 nach 5 Versuchen...*

### Planung: bestes Objekt zur richtigen Zeit am richtigen Ort

Der Erfolg einer Kamera-Fotosession mit Deep Sky Objekten hängt stark von deren relativer Helligkeit ab, damit von einer Reihe von Faktoren. Wichtig sind:

- | Seeing, Wolken, Mondphase und Mondposition
- | Höhe des Objektes über dem Horizont
- | Richtung bzgl. störender Lichtquellen

> 30°, Rücken-schäden beim Fotografieren bei > 70°, es sei denn er hat ein bewegliches Display an der Kamera). Die Visierichtung Kamera zum Objekt feststellen. Aufnahme-standort in GoogleEarth (mit light pollution layer) betrachten.

Darauf achten, dass in Visierichtung zum Objekt möglichst wenig Lichtverschmutzung vorliegt (z.B. Städte, Dörfer, geflutlichtete Fußballplätze). Wenn möglich, Aufnahmeort zuvor in der Dunkelheit aufsuchen.

### Die Aufnahme

Genug der Theorie – „was zählt, ist auf dem Platz!“

Die Kamera aufbauen, Augen an die Dunkelheit adaptieren lassen. Vorher ggf. Kameradisplay mit Tesafilm abkleben und mit Edding „dimmen“.

**Fokussieren:** Nicht einfach! Der Autofokus funktioniert nicht und es kommt extrem auf eine

optimale Schärfereinstellung an. Die eventuell am Objektiv markierte „Unendlichstellung“ ist zu ungenau. Daher manuell fokussieren! Dabei gibt es mehrere Möglichkeiten:

1. Bereits bei Tageslicht auf „unendlich“ fokussieren und Stellung mit Tape fixieren. Ist recht ungenau und funktioniert nicht bei großen Temperaturunterschieden zwischen Tag und Nacht.



Bild 6, Orionnebel M42/43 mit Running Man Nebel

2. ISO-Werte hoch, Belichtungszeit nach 500-er Regel einstellen, Blende auf und mit Probeaufnahmen an das Optimum herantasten. Bildschirmlupe bei maximalem Zoom zur Kontrolle benutzen. Geht gut — man genug Geduld dafür hat.
3. (besser) Wenn Live-View vorhanden hat dieser i.d.R. auch eine Lupenfunktion: Foto machen, ansehen, Ausrichtung ungefähr auf den hellsten Stern im Bild nachjustieren, Live-View an, Vergrößerung der Lupe sukzessive vergrößern. Dabei mit den Kameratasten auf Stern nachzentrieren, manuell fokussieren, mit Probefoto kontrollieren und ggf. wiederholen.

**Visieren:** Das eigentliche Zielobjekt ist, außer bei hellen Sternkonstellationen, durch den Sucher und im Live-View meistens nicht zu sehen, da es zu lichtschwach dafür ist. Wie also das Objekt auf dem Sensor zentrieren, ohne es sehen zu können? Bei kurzen Brennweiten kann man sich im weiten Bildfeld auf sein „Gefühl“ verlassen, ab 100 mm Brennweite reicht das meist nicht. Man

kann die Serie auf „Gut Glück“ schießen, muss dann aber mit herben Enttäuschungen leben können. Folgende Reihenfolge für das Vorgehen hat sich bei mir bewährt:

1. Mit Sternkarte oder (besser) live mit Smartphone App sichtbare, dem Zielobjekt benachbarte Sterne am Himmel verorten. Kamera nach bestem Gefühl darauf ausrichten. (Supertrick!) Suche nach Objekt im Live-Modus der App starten, Smartphone flach an die Rückseite der Kamera drücken und Kamera mit Phone, den Pfeilen der App folgend, so lange nachführen, bis Objekt im Zentrum des Phone-Displays liegt. Dabei in der App auf maximale Vergrößerung zoomen.



Bild 7, Komet Lovejoy C/2014 Q2, Januar 2015

Dann eine Auffindeaufnahme mit kurzer Brennweite machen. Kamerastellung entsprechend der in der Aufnahme sichtbaren Referenzsterne nachjustieren. Bei Unsicherheit oder falls nichts mehr geht und Rechner mit Internetverbindung am Ort: JPG-Foto mittlerer Auflösung von der Szene machen, Aufnahme nach [www.astrometry.net](http://www.astrometry.net) hochladen. Dort erfolgt eine schnelle, automatische Auswertung mit Anzeige aller im Bild vorhandenen astronomischen Objekte. Kameraausrichtung korrigieren, und nicht vergessen wieder auf RAW und maximale Auflösung umzustellen!

2. Dann Brennweite stufenweise bis Maximum verlängern, Probeaufnahmen machen, mit Bildschirmlupe jeweils nachjustieren. Wenn

fertig, Focus in der letzten Aufnahme kontrollieren und ggf. nachbessern!

3. Unbedingt die Position der Referenzsterne merken, damit die Kamera später passend nachgeführt werden kann, wenn das Objekt aus der Aufnahme wandert.

So, die erste Viertelstunde ist mit Vorarbeiten vergangen, jetzt geht es los:

**Die Serie:** Spätestens jetzt an der Kamera einstellen:

- | Blende ganz auf, ggf. 1-2 Stufen schließen wg. Schärfelistung Objektiv, sofern „Lichtreserve“ vorhanden ist).
- | Belichtungszeit nach 500-er Regel einstellen.
- | ISO rauf ( $\geq 1.600$ )!
- | Spiegelvorauslösung und verzögerte Auslösung einstellen und/oder Fernbedienung benutzen.
- | Intervallaufnahme mit passenden Zeitabständen einstellen, oder
- | TriggerTrap-App benutzen, oder
- | Kamera auf Serienaufnahme stellen und Fernauslöser mit Arretierungsfunktion benutzen, oder
- | Kamera auf Serienaufnahme stellen und Auslöser mit Tape und Smartie/M&M o. ä. auf „Dauerfeuer“ fixieren (Notlösung).
- | Kamerafunktion „Rauschunterdrückung bei hohen ISO-Werten“ ausstellen.
- | Kamerafunktion „Rauschunterdrückung bei langer Belichtungszeit“ nur einschalten, sofern keine Dark-Aufnahmen gemacht werden sollen (siehe unten), ansonsten AUS!



Bild 8, Plejaden M45

Belichtungsserie starten und regelmäßig unterbrechen um zu kontrollieren, ob sich das Objekt noch im mittleren Bereich des Bildausschnittes befindet. Das Nachführen vorsichtig und in sehr kleinen Schritten ausführen – nicht das Objekt verlieren!

In einer Objektserie insgesamt mindestens so viele Bilder machen, wie die Brennweite des Objektivs in mm beträgt („Peter’sche Regel der minimalen Geduld“). Die Gesamtbelichtungszeit einer Serie beträgt damit bei einer APS-C-Kamera unabhängig von der Brennweite immer ca. 6 Minuten, beim Vollformat ca. 8 Minuten. Nachdem eine Serie fertig ist und falls ihr noch Zeit und Lust habt - macht noch eine. Variiert dabei die ISO-Zahl und/oder die Blende.

Die Fotos die ihr bis hierhin aufgenommen habt, heißen im Jargon „lights“. Nachdem alle lights im Kasten sind, geht es an’s Aufräumen und Einpacken. Die dafür benötigte Zeit kann hervorragend genutzt werden, um sogenannte „darks“ zu schießen, sofern ihr bei den Aufnahmen nicht die interne Funktion für Rauschunterdrückung eingestellt hattet. Kameraeinstellungen nicht verändern, den Objektivdeckel anbringen. Dann, ebenfalls im Serienmodus, schießt ihr darks (1/3 der Anzahl der Light-Serienbildanzahl). Für jede Light-Serie unterschiedlicher ISO- und Belichtungszeitkombination ist jeweils eine Serie darks mit denselben Einstellungen zu machen.

Flats produziert Ihr wie im Kapitel Wide Field beschrieben.

### Wie geht’s weiter?

Der folgende Text soll einen kurzen Einblick in den Weg zum fertigen Bild geben und gilt sowohl für die Wide Field Aufnahmen als auch für die Deep Sky Fotografie. In der nächsten ANDROMEDA gehe ich dann detaillierter auf die Bearbeitung der Bilder ein.

### Warum darks und flats?

Die Light-Bilder enthalten Störinformationen, welche entfernt oder reduziert werden müssen, bevor die eigentliche Bildbearbeitung beginnt. Dabei handelt es sich i. W. um Sensorrauschen

(noise), das von der Iso-Zahl, der Temperatur während der Aufnahme und von den kamera-spezifischen Eigenschaften des Sensors abhängt. Außerdem beinhaltet jede Aufnahme eine mehr oder weniger ausgeprägte, objektivabhängige Vignettierung (Randabdunkelung) und Verzerrung.

Die Darks enthalten das spezifische Sensorrauschen und defekte, sogenannte „hot“ und „cold“ Pixel des Sensors – sonst nichts. Die Bilddaten der lights werden später mit denen der darks verrechnet, um das Rauschen zu mindern. Die defekten Pixel werden dabei eliminiert.



*Bild 9, Kugelsternhaufen im Herkules (M13)*

Die flats beinhalten die objektivspezifischen Störungen, auch Sensorflecken und Staub. Auch sie werden später mit den lights verrechnet, um die Störungen zu neutralisieren.

### Die Datenpresse

Die vielen Einzelaufnahmen werden auf dem Weg zum fertigen Bild zunächst zu einem Summenbild verrechnet (gestapelt = stacking). Die dafür benötigte Software gibt es zum kostenlosen Download als Freeware (siehe Annex). Nach kurzer Eingewöhnung sind die Programme einfach zu benutzen. Im Internet gibt es jede Menge Tutorials und Hilfestellungen. Hier nur die notwendigsten Grundinformationen anhand des Programmes DeepSkyStacker (nur Windows): Zunächst die Einzelbilder auf den Rechner kopieren. Sofern Ihr über Software zur Korrektur der Fehler und Verzerrungen des benutzten Objektivs verfügt, Objektivkorrektur auf alle lights,

darks und flats anwenden als 16-Bit-TIFF-Dateien speichern, ohne andere Veränderungen an den Aufnahmen oder Entwicklungseinstellungen vorzunehmen. Dann:

- | Anleitung zu DeepSkyStacker herunterladen und einmal lesen!
- | Lights, darks und flats laden und aktivieren. Das Programm verarbeitet die RAW-Formate der gängigen Kameras. Falls RAW der Kamera nicht erkannt wird, Bilder vorher als 16-Bit-Tiff speichern.



*Bild 10, Nordamerikanebel*

- | Auf eines der lights der Liste klicken und Helligkeit am Regler oben rechts ggf. anpassen.
- | Ein light aussuchen, welches das Objekt möglichst gut in der Bildmitte positioniert enthält. Dieses Bild im Kontextmenü (rechte Maustaste) als Referenzbild festlegen.
- | „Ausgewählte Bilder registrieren“ anklicken. Option „Nach der Registrierung stacken“ soll angehakt sein.

- | Schaltfläche „Erweitert“ anklicken und den Wert für die Empfindlichkeit durch Ausprobieren bestimmen. Ergebnisse von > 50 bis 200 gefundenen Sternen sind OK.
- | Schaltfläche „Empfohlene Einstellungen“ anklicken und den Empfehlungen folgen.
- | Registrierprozess mit „OK“ starten
- | Einmal registrierte Bilder müssen nicht nochmal registriert werden. Bei neuen Versuchen Kästchen „Registrierung bereits registrierter Bilder“ aus klicken.

Während des Registrierprozesses werden die Bilder gedreht und verschoben. Beim anschließenden, automatischen Stapeln werden die Einzelbilder zu einem Gesamtbild verrechnet. Dabei wird das zwischen den Aufnahmen übereinstimmende „Signal“ der Himmelsobjekte verstärkt und das ungeordnete Rauschen und andere Störungen (z. B. Flugzeugspuren) werden minimiert.

Die Berechnung dauert, je nach Stacking-Verfahren, Rechnerleistung und Anzahl der Bilder zwischen mehreren Minuten und vielen Stunden – Zeit zu entspannen.

**Das Ergebnis** der Datenpresse ist auf den ersten Blick und für Einsteiger sehr enttäuschend: Das Bild ist milchig-blass oder viel zu dunkel, vom Zielobjekt oft nichts zu sehen. Der Eindruck täuscht! Was ihr seht, ist nur die 8-Bit



Bild 11, Whirlpool Galaxie M51

Darstellung eines 32-Bit Bildes. Das Programm speichert das berechnete 32-Bit Bild als „Auto-

save.tif“ auf der Festplatte ab. Für die weitere Bearbeitung des Bildes benutzt Ihr am besten nicht die Bildbearbeitung des DeepSkyStacker, sondern öffnet die Datei mit einem Bildbearbeitungsprogramm, das 32-Bit-Bilder verarbeiten kann (z. B. Lightroom, Gimp, Photoshop etc.). Eine andere Möglichkeit ist, dafür die kostenlosen Astro-Freeware Fitswork zu benutzen und/oder das Bild als 16-Bit Bild abzuspeichern.

Euer Interesse ist hoffentlich geweckt und reicht für eine Probe auf's Exempel. Über ein Feedback (outside@maasewerd.de) würde ich mich freuen.

### Bildnachweise

- 2. Umschlagseite: o. Fahrplan New Horizons ..... NJS  
u. Charon ..... NHN
- 3. Umschlagseite: o. Andromeda nach dem 5. Versuch ..... PM  
u. Oberfläche von CG ... ESA
- S. 4 o.l. Astrokids in Reken ..... JS  
o.r. Beim Zeichnen ..... JS  
u.r. Sonnenbeobachtung ..... JS
- S. 5 o. Sonnenflecken ..... JS  
u. Jupiter Wolkenbänder, Großer Roter Fleck .. JS
- S. 6 o. Schlange vor dem Eingang ..... ES  
u. Im Ausstellungsbereich ..... ES
- S. 15 Jochen in der Sternwarte ..... JS
- S. 16 I. Flugbahn von CG ..... ESA  
r. Ausgasungen auf CG ..... ESA
- S. 17 Philae ..... ESA
- S. 18-25 alle Bilder ..... PM

ESA – European Space Agency; NHN - New Horizons/ NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute; NJS - NASA / JHUAPL / SWRI / SuW-Grafik; PM – Peter Maasewerd; JS – Jürgen Stockel; ES - Ewald Segna

Kann der Blick nicht überzeugen, überredt die Lippe nicht.

Jeder Irrtum hat drei Stufen; auf der ersten wird er ins Dasein gerufen, auf der zweiten will man ihn nicht eingestehen, auf der dritten macht nichts ihn ungeschehen.

-- Franz Grillparzer