

# Faszination Astrofotografie

Grundlagen, Projekte, Meisterstücke

» Hier geht's  
direkt  
zum Buch

# DIE LESEPROBE

# Ein einfaches Porträt des Mondes

Stefan Liebermann

## Schwierigkeit



## Schwerpunkt des Beitrags

Planung

**Aufnahme**

Bildgestaltung

**Bildbearbeitung**

## Voraussetzungen



Teleobjektiv, Telekonverter



Adobe Lightroom Classic



30 Minuten für die Aufnahme; 30 Minuten für die Bearbeitung



eine klare Nacht, in der der Mond möglichst hoch am Himmel steht

Anfangen von der leuchtenden Feuerkugel, für die man ihn in der Antike hielt, über die im Mittelalter angsteinflößenden Mondfinsternisse bis hin zu Apollo 11 – schon immer hat der Mond die Menschheit fasziniert. Nicht verwunderlich, dass wir unseren treuen Begleiter fotografieren möchten. In diesem Buch werden wir daher mehrfach auf ihn zurückkommen und Ihnen Anregungen und Know-how mitgeben, wie Sie ihn in verschiedener Weise und mit unterschiedlich komplexen Techniken in Szene setzen. Doch beginnen wir mit den Basics: der Aufnahme und Bearbeitung eines Einzelbildes.

## Ausrüstung

Der Mond hat einen Radius von 1737 km und ist etwa 384 400 km von der Erde entfernt. Dies ist ein Mittelwert, denn genau genommen schwankt sein Abstand zur Erde zwischen etwa 356 400 km (erdnächster Punkt) und 406 700 km (erdfernster Punkt). So oder so gilt: Damit der Mond groß und dominant im Bild zu sehen ist, sollten Sie eine Telelinse mit einer Brennweite ab 400 mm verwenden. Auch die Verwendung eines Telezooms (zum Beispiel 200–600 mm) in Kombination mit einem 2-fach-Telekonverter ist empfehlenswert, sodass Sie auf Brennweiten von bis zu 1200 mm kommen. Weniger wichtig als die Brennweite ist in diesem Fall die Lichtstärke des Objektivs, denn der Mond ist ein sehr helles Himmelsobjekt, und Sie sind nicht auf eine große Blendenöffnung angewiesen, wie bei anderen Motiven in der Astrofotografie.

Da es in diesem Brennweitenbereich nahezu unmöglich ist, ruhig aus der Hand zu fotografieren, ist trotz vergleichsweise kurzer Belichtungszeiten ein Stativ unabdingbar. Um Windeinflüsse zu minimieren, sollte es sich hierbei um ein schweres und stabiles Stativ handeln. Mit einem Fernauslöser können Sie die Vibrationen vermeiden, die sonst beim Betätigen des Auslösers an der Kamera entstehen und zum Verwackeln des Bildes führen würden. Wenn vorhanden, ist bei der Mondfotografie ein Drei-Wege-Neiger



Eine bearbeitete Einzelaufnahme des  
zunehmenden Mondes

600 mm | f11 | 1/100 s | ISO 200 | 2-fach-  
Telekonverter | Bildausschnitt

als Stativkopf ratsam, damit Sie sehr genau und einfach auf den Mond justieren können. Mit einem Kugelkopf gestaltet sich eine Justage bei 1200 mm durchaus kompliziert, zumal Sie immer nachjustieren müssen – der Mond würde sonst in nur wenigen Minuten aus dem Bild laufen. Mit einer Nachführung, die auf die Umlaufgeschwindigkeit des Mondes kalibriert ist, lässt sich die Erdrotation für die Kamera neutralisieren und das lästige Nachjustieren ganz vermeiden (siehe dazu auch den Workshop »Fotografieren mit Nachführung« ab Seite 172).

### Die grundlegende Aufnahmetechnik

Der entscheidende Faktor, der unsere Aufnahmetechnik definiert, ist die Erdatmosphäre. Aufgrund von Schwankungen des Brechungsindex innerhalb der Atmosphäre (*optische Turbulenzen*) erhalten wir unscharfe und verzerrte Regionen bei der Betrachtung und Aufnahme des Mondes. Den gleichen Effekt können Sie wahrnehmen, wenn Sie im Sommer in die Ferne schauen. Dann scheint die Luft über einer von der prallen Sonne beschienenen Straße zu »flackern«.

Um diesen Effekt zu minimieren, empfiehlt es sich, durch möglichst wenig Atmosphäre zu fotografieren. In der Nähe des Horizonts ist die Atmosphäre effektiv »dicker«, und daraus resultiert ein stark verzerrter und unscharfer Mond.

#### Nice to know

So entstehen optische Turbulenzen:

- Wind und Wärmeströmung (*Konvektion*) erzeugen Bewegungen der Luft.
- Luftbewegungen erzeugen zufällige, unregelmäßige Veränderungen der Lufttemperatur.
- Temperaturschwankungen führen dazu, dass sich die Dichte der Luft lokal verändert – und damit auch ihr Brechungsindex.
- Durch Veränderungen des Brechungsindex entstehen optische Turbulenzen.

Es gilt daher die Regel: Je weniger Wind und je kälter (geringere Konvektion), desto besser!



Eine einzelne Aufnahme des Mondes nahe dem Horizont. Optische Turbulenzen durch die Atmosphäre lassen den Mond verzerrt und unscharf erscheinen.

600 mm | f8 | 1/125 s | ISO 2500 | 2-fach-Telekonverter



Eine unbearbeitete Einzelaufnahme des Mondes nahe dem Zenit. Durch die »dünnere« Atmosphäre sind die optischen Turbulenzen schwächer.

600 mm | f11 | 1/100 s | ISO 200 | 2-fach-Telekonverter



Über uns, im Zenit, ist die Atmosphäre am »dünnsten«, und die Betrachtung des Mondes wird am geringsten gestört. Aus diesem Grund flackern auch Sterne in der Nähe des Horizonts deutlich stärker als über uns. Es lässt sich also zusammenfassend sagen: Je höher der Mond im Zenit steht, umso besser werden unsere Aufnahmen.

Außerdem von Bedeutung für die Fotografie sind die verschiedenen Mondphasen: Neumond, zunehmender sowie abnehmender Mond und Vollmond. Zu Neumond ist es nicht wirklich sinnvoll, den Mond zu fotografieren. Bei Vollmond trifft das Sonnenlicht senkrecht auf den Mond, was zu wenig sichtbaren Strukturen führt. Bei abnehmendem und zunehmendem Mond trifft das Licht dagegen seitlich auf die Mondoberfläche. Höhere Strukturen wie Krater werfen dann Schatten, was dem Foto mehr Plastizität und Tiefe verleiht.

Die eigentliche Aufnahme des Mondporträts ist vergleichsweise einfach. Ich gehe trotzdem die einzelnen Schritte und Grundeinstellungen einmal durch.

**Die verschiedenen Mondphasen: zunehmender Mond, Vollmond und abnehmender Mond. Deutlich zu erkennen sind die Strukturen bei zunehmendem und abnehmendem Mond, die sichtbar werden, wo zum Beispiel Krater Schatten werfen. Der Vollmond erscheint dagegen strukturlos.**

# Schritt für Schritt zum Bild

## Schritt 1

---

Montieren Sie die Kamera auf das Stativ, und richten Sie sie grob auf den Mond aus. Verbinden Sie die Kamera mit einem Fernauslöser. Alternativ können Sie auch den Selbstauslöser auf 10 Sekunden stellen oder die vom Kamerahersteller bereitgestellte App für das verwacklungsfreie Auslösen nutzen. 10 Sekunden Vorlaufzeit ist aufgrund des schwereren Objektivs (im Vergleich zum Weitwinkel bei einer Astrolandschaftsaufnahme) besser geeignet.

## Schritt 3

---

Jetzt müssen Sie noch die richtige Belichtungszeit wählen. Vermeiden Sie Werte länger als 1/100 s, denn der Mond bewegt sich ja während der Aufnahme weiter. Damit dies nicht zu Unschärfe im Bild führt, gilt: je kürzer, desto besser. Wenn das mit ISO 200 nicht möglich ist, gehen Sie notfalls noch etwas höher. Mit einer Nachführung verfolgt die Kamera den Mond, sodass auch längere Belichtungszeiten möglich sind. Achten Sie aber auch darauf, den Mond nicht zu hell zu belichten, damit die feinen Mondstrukturen nicht ausbrennen. Halten Sie das Bild lieber etwas dunkler, wie Sie es im Foto auf Seite 42 (rechts) sehen.

## Schritt 2

---

Fotografieren Sie am besten – wie in der Astrofotografie eigentlich immer – im manuellen Modus (M). Da der Mond ein sehr helles Objekt am Nachthimmel ist, können Sie bei vergleichsweise guten Blenden- und ISO-Werten fotografieren. Stellen Sie also eine Blende ein, bei der das Objektiv eine möglichst hohe Abbildungsleistung besitzt. Bei den meisten Objektiven liegt sie zwischen f8 und f11. Bei höheren Blendenwerten wirkt sich die *Beugungsunschärfe* negativ auf das Bild aus. Wählen Sie eine ISO-Empfindlichkeit, die zu einem hohen Dynamikumfang führt. Bei den meisten Kameras liegt dies im Bereich von ISO 100–200.

## Schritt 4

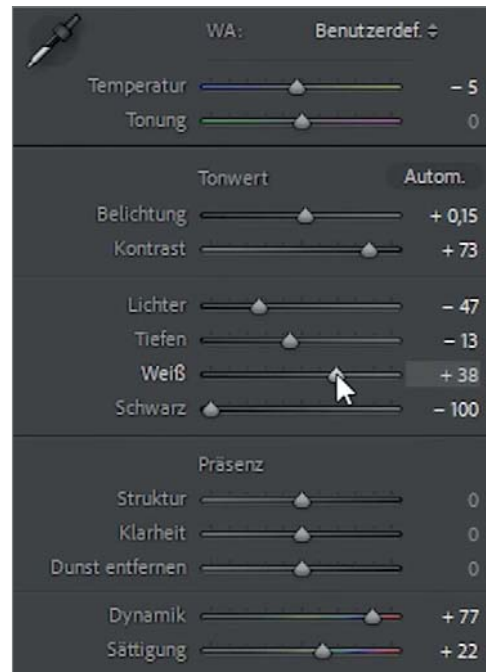
---

Benutzen Sie den manuellen Fokus, und fokussieren Sie auf den Mond. Nutzen Sie die Vergrößerungsfunktion Ihrer Kamera, um zu prüfen, dass die Strukturen auf der Oberfläche des Mondes tatsächlich scharf sind, oder machen Sie gegebenenfalls eine Testaufnahme, in der Sie die Schärfe prüfen. Vor der Aufnahme kontrollieren Sie noch einmal den Bildausschnitt. Jetzt müssen Sie nur noch auslösen, und schon haben Sie Ihr Mondporträt im Kasten.

## Bearbeitung

Die Bearbeitung des Einzelbildes erfolgt beispielsweise mit Adobe Lightroom Classic. Dabei gehen Sie grob gesagt wie folgt vor: Passen Sie den Weißabgleich und die TÖNUNG so an, dass der Mond insgesamt weiß wirkt. Erhöhen Sie den KONTRAST, verringern Sie die LICHTER, und erhöhen Sie die TIEFEN und WEISS, damit der Mond strahlt. Verstärken Sie die SÄTTIGUNG und die DYNAMIK, um die Farben des Mondes – besser bekannt als die *Mineralien* des Mondes – sichtbar zu machen. Ja, der Mond ist eben nicht überall weiß. Rechts sehen Sie beispielhaft meine Einstellungen. Je nach Ausgangsbild können natürlich auch andere Werte sinnvoll sein.

Dies können Sie nun beliebig verfeinern, aber im Endeffekt geht es bei jeder Bearbeitung nur darum, den Kontrast zwischen helleren und dunkleren Bereichen der Mondoberfläche zu erhöhen. Leider ist beim Einzelbild schnell Schluss mit der Bearbeitung. Denn selbst wenn der Mond im Zenit steht, treten optische Turbulenzen auf, die das perfekte Mondfoto stören. Die Bildqualität lässt sich jedoch mit einem gewissen Aufwand durchaus noch erhöhen. Aber das ist Thema des Workshops »Mondporträt 2.0« ab Seite 154.



Meine Einstellungen zur Bearbeitung meines Mondfotos in Lightroom



Links ein unbearbeitetes Einzelbild, rechts das in Lightroom bearbeitete Einzelbild

# Bokeh am Sternenhimmel

Jakob Sahner

## Schwierigkeit



## Schwerpunkt des Beitrags

Planung

**Aufnahme**

**Bildgestaltung**

Bildbearbeitung

## Voraussetzungen



lichtstarkes Objektiv mit  
einer Brennweite von  
ca. 14 mm bis 135 mm



immer mal wieder  
30 Minuten



bei völliger Dunkelheit,  
wenn die Sterne zu sehen  
sind

»Scharf, schärfer, am schärfsten!« In der Fotografie – und auch in der Astrofotografie – ist die perfekte Schärfe häufig das, wonach man strebt. Umgekehrt hat aber auch die bewusst gewählte Unschärfe ihren Reiz.

Der Begriff *Bokeh* beschreibt in der Fotografie das Erscheinungsbild und die Wirkung unscharfer Bereiche im Bild, insbesondere wie Lichtpunkte in diesen unscharfen Bereichen dargestellt werden. Kleine helle Bildpunkte wie Löcher im Laubdach eines Baumes, Straßenlaternen oder Lichterketten werden zu unscharfen Kreisen, die im verschwommenen Hintergrund eine sehr ästhetische Wirkung haben können. Entgegen der gängigen Praxis sind auch Sterne am Nachthimmel ein perfektes Motiv für solche kreativen Bokeh-Effekte, da sie sich bei bewusst »falsch« eingestelltem Fokus aufblähen und zu einem interessanten Geflecht aus leuchtenden Kreisen werden, das dem Bild eine geradezu magische, traumhafte Atmosphäre verleiht.

## Ein neuer Blick auf die Astrofotografie

In der Astrofotografie stehen wir oft vor einem grundlegenden Dilemma: Wir fotografieren mit offener Blende, um möglichst viel Licht einzufangen. Dadurch können aber der Sternenhimmel und ein Vordergrundmotiv, das sich nah vor der Kamera befindet, nie gleichzeitig scharf abgebildet werden. Beim Abblenden müsste man den ISO-Wert extrem erhöhen, was zu Qualitätseinbußen führt. Die übliche Lösung hierfür wäre ein Focus Stacking (siehe dazu den Workshop »Wie funktioniert Focus Stacking?« ab Seite 82). Während die meisten Astrofotografinnen und Astrofotografen instinktiv den Sternenhimmel scharf abbilden möchten, kann es sich lohnen, in eine andere Richtung zu denken und bewusst mit der Unschärfe im Hintergrund zu experimentieren. Diese unkonventionelle Herangehensweise ist überraschend einfach umzusetzen und kann zu außergewöhnlichen Bildergebnissen führen. So wird aus einer technischen Einschränkung ein künstlerisches Ausdrucksmittel.



Pustelblumen auf einer Wiese mit der Milchstraße  
unscharf im Hintergrund

14 mm | f1,8 | 30 s | ISO 3 200

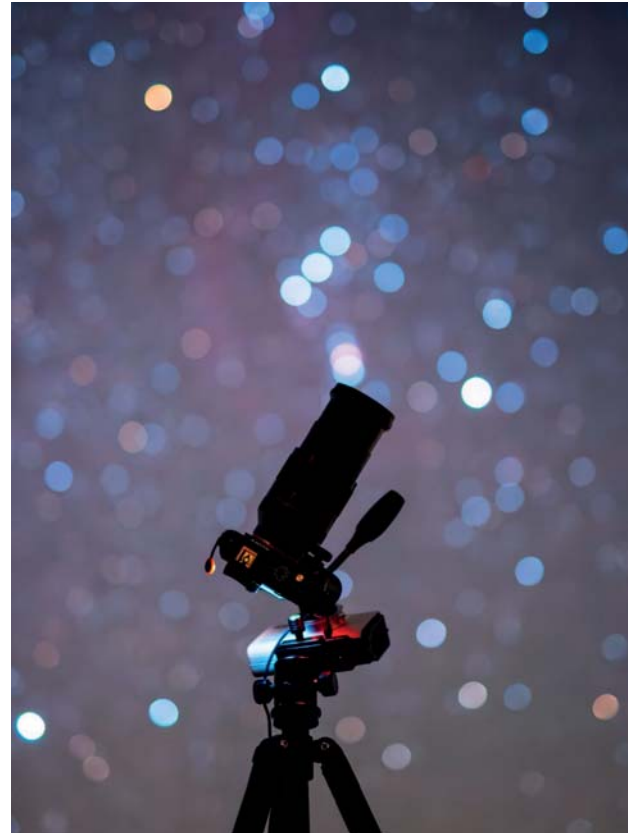


Ein Porträt von mir, aufgenommen auf der Kanarischen Insel La Palma

50 mm | f2,5 | 15 s |  
ISO 6 400

Eine kalte Nacht über dem Nebel im Schwarzwald. Die Ausrüstung sammelt fleißig Photonen, und ich versuche, mich in der Kälte warm zu halten.

50 mm | f1,4 | 3,2 s | ISO 10 000



### Parameter für den perfekten Bokeh-Effekt

Der Bokeh-Effekt kann über verschiedene Parameter beeinflusst werden:

- **Brennweite:** Je größer die Brennweite eines Objektivs ist, desto stärker wirkt sich der Effekt aus. Mit einem Weitwinkel ist zwar auch eine gewisse Unschärfe möglich, bei einem Teleobjektiv werden die Sterne aber deutlich größer abgebildet. Bei Brennweiten über 50 mm können sehr schöne Bokeh-Kreise entstehen.
- **Blende:** Die Blende steuert nicht nur, wie viel Licht in einer gegebenen Zeit auf den Kamerasensor trifft, sie steuert außerdem den Grad der Unschärfe, wenn man den absoluten Schärfebereich verlässt. Je größer die Blendenöffnung (kleinere Blendenzahl) ist, desto unschärfer wird der Hintergrund und desto größer werden die Bokeh-Kreise. Umgekehrt werden Bokeh-Kreise und die Unschärfe kleiner, wenn die Blende geschlossen wird (größere Blendenzahl).
- **Fokus und Entfernung:** Bokeh und Hintergrundunschärfe können nur entstehen, wenn Sie eine hohe Distanzdifferenz zwischen Vorder- und Hintergrund haben. Wenn der Fokus perfekt auf den Sternen oder weit im Hintergrund liegt, haben Sie natürlich keinen Bokeh-Effekt. Wenn Sie den Fokus auf den Vordergrund unmittelbar vor der Kamera legen, wie zum Beispiel auf eine Person für ein Porträt oder eine stillstehende Blume, dann besteht eine solche hohe Distanzdifferenz. Sie erhalten einen schönen unscharfen Hintergrund. Je näher der Fokus an der Naheinstellgrenze des Objektivs liegt, desto stärker wird der Effekt.

# Schritt für Schritt zum Bild

## Schritt 1

---

Bevor Sie sich auf eine nächtliche Astrofototour begeben, empfiehlt es sich, die Bokeh-Technik in der näheren Umgebung einmal auszuprobieren. Das ist wunderbar auch in der Stadt möglich: Entferntere Straßenlaternen, Lichterketten oder Scheinwerfer erzeugen ähnliche Bokeh-Effekte wie Sterne am Nachthimmel. Nutzen Sie solche städtischen Lichtquellen, um mit der Brennweite, Blende und Distanzdifferenz zu experimentieren.

## Schritt 3

---

Stellen Sie Ihre Kamera ein, wie es im Workshop »Ein einzelnes Astrolandschaftsfoto aufnehmen« ab Seite 22 beschrieben ist. Nutzen Sie eine möglichst offene Blende, idealerweise f1,4 oder f1,8. Die Belichtungszeit wählen Sie passend zum Vordergrundmotiv: Bei unbewegten Objekten wie Felsen oder Bäumen können Sie längere Zeiten verwenden, bei Personen müssen Sie berücksichtigen, wie lange diese still halten können. Den ISO-Wert stellen Sie so ein, dass das Histogramm eine ausgewogene Belichtung ohne abgeschnittene Lichter zeigt.

## Schritt 5

---

Machen Sie eine Testaufnahme. Überprüfen Sie, ob die Sterne den gewünschten Unschärfegrad aufweisen und ob das Vordergrundmotiv ausreichend scharf abgebildet ist. Wenn Ihnen die Kreise zu klein erscheinen, gehen Sie gegebenenfalls noch näher an Ihr Motiv heran, und fokussieren Sie erneut. Wiederholen Sie die Testaufnahmen, bis Sie mit allen Aspekten zufrieden sind.

### Tipp

Wenn Sie ohnehin mehrere Stunden an einem schönen Spot verbringen, können Sie die Wartezeit für solche kreativen Bokeh-Aufnahmen nutzen. So bleiben Sie in Bewegung, was besonders in kühlen Nächten ange-

## Schritt 2

---

Suchen Sie sich ein interessantes Vordergrundmotiv: Einzelne Bäume, Felsformationen oder auch eine Person können hervorragende Motive abgeben. Gehen Sie nah an dieses Motiv heran, um die Distanzdifferenz zum Himmel zu maximieren. Bauen Sie Ihr Stativ auf. Nehmen Sie sich Zeit für die Bildkomposition, und achten Sie darauf, dass der Sternenhimmel im Hintergrund genügend Raum einnimmt. Markante Sternzeichen sind gut geeignet.

## Schritt 4

---

Die Fokussierung ist der entscheidende Schritt für den Bokeh-Effekt. Nutzen Sie am besten den manuellen Fokus. Anders als bei klassischen Astroaufnahmen konzentrieren Sie sich gezielt auf das Vordergrundmotiv, nicht auf die Sterne. Bei Dunkelheit kann dies schwierig sein – leuchten Sie das Motiv daher kurz mit einer Taschenlampe an, um das Fokussieren zu erleichtern. Verwenden Sie bei Bedarf die Fokusslupe in der Liveview-Ansicht.

## Schritt 6

---

Wenn die Testaufnahmen in Ordnung sind, können Sie Ihre finalen Aufnahmen machen. Nehmen Sie sich Zeit, und machen Sie mehrere Aufnahmen mit leicht variierenden Einstellungen, um später die beste Version auswählen zu können. Experimentieren Sie ruhig mit unterschiedlichen Kompositionen und Perspektiven.

nehm ist. Wenn möglich, packen Sie eine zweite Kamera ein. Während eine Kamera für Intervallaufnahmen im Einsatz ist, können Sie mit der zweiten auf diese Weise Ihre Fotosession dokumentieren.

# Lichtverschmutzung

Nicholas Roemmelt

Lichtverschmutzung ist ein immer größer werdendes Problem. Die zunehmende Lichtverschmutzung stört nicht nur die Forschung von Astronomen oder die Fotografie des Nachthimmels. Kunstlicht hat auch nachweislich negative Einflüsse auf alle Organismen auf der Erde, die an einen Tag-Nacht-Rhythmus angepasst sind.

## Was ist Lichtverschmutzung, und wie wird sie verursacht?

In Mitteleuropa gibt es fast keine Stelle mehr auf der Landkarte, an der das Kunstlicht nicht die Helligkeit des Nachthimmels negativ beeinflussen würde. Ein von Lichtverschmutzung unberührter Himmel in der Nacht ist nicht rabenschwarz, sondern hat durch den Effekt des sogenannten *Airglows* eine minimale Eigenhelligkeit (145 Mikrocandela/m<sup>2</sup>). Aber leider kann niemand in Mitteleuropa mehr einen solch ursprünglichen Sternenhimmel bestaunen, denn die vielen Kunstlichtquellen – sowohl aus dem städtischen als auch aus dem ländlichen Bereich – erhellen immer mehr unseren Nachthimmel.

Die in den letzten Jahren stetig zunehmende Lichtverschmutzung aus dem Orbit durch Satelliten wie Starlink und Co. verstärkt diesen Effekt. Solche Objekte reflektieren aus der oft niedrigeren Umlaufbahn um die Erde Sonnenlicht auf die Erdoberfläche und erhellen dabei den Nachthimmel. Eine Studie des Forscher-teams um M. Kocifai fand bereits 2021 heraus, dass dieses orbitale Streulicht den Nachthimmel um 10 % heller macht.



An einem sehr dunklen Fotospot in Osttirol. Doch auch hier werden die ersten 15 Grad über dem Horizont durch die enorme Lichtverschmutzung aus Italien deutlich erhellt.

35 mm | f2,8 | 1 s bis 60 s | ISO 6 400 | astromodifizierte Kamera, Nachführung | Panorama aus gestackten nachgeführten Aufnahmen und verschiedenen Fokus- und Belichtungsvarianten

Seit 2021 sind viele weitere Satelliten dazugekommen. Mit Stand vom 1. März 2025 befanden sich 7078 Starlink-Satelliten im Orbit. Die Starts von etwa 7500 wurden von der zuständigen US-Behörde bereits genehmigt, und weitere 22488 wurden beantragt.

Der Hauptanteil der Lichtverschmutzung stammt aber von den vielen Kunstlichtquellen, insbesondere in den Ballungsräumen der Städte und Großstädte, die sogenannte *Lichtglocken* produzieren. Diese sind noch in mehr als 50 km Entfernung sichtbar und haben drastische Auswirkungen auf die künstliche Helligkeit der Nacht. Dabei wird insbesondere das nach oben gerichtete Licht durch Staubpartikel oder Tröpfchen der Luftfeuchtigkeit zerstreut und reflektiert.

Betrachten Sie eine Lichtverschmutzungskarte (beispielsweise die *Light Pollution Map*, zu finden unter [www.lightpollutionmap.info](http://www.lightpollutionmap.info); siehe auch die Abbildung auf Seite 135 oben), so können Sie schnell die Ballungszentren als größte »Lichtverschmutzer« ausmachen. In den weißen bis pinkfarbenen Regionen auf der Karte wird sprichwörtlich die Nacht zum Tag gemacht. Dort ist es quasi unmöglich, mehr als den Mond und die hellsten Planeten und Sterne zu erkennen. Insgesamt sind mehr als 80 % der Weltbevölkerung von Lichtverschmutzung betroffen, in Europa und den USA sind es sogar 99 %. Ein Großteil der städtischen Bevölkerung hat noch nie die Milchstraße mit eigenen Augen sehen können, geschweige denn detailliert.

### Einteilung der Lichtverschmutzung

Um die Lichtverschmutzung zu klassifizieren und die Qualität des Nachthimmels zu bewerten, haben sich verschiedene Methoden etabliert.

**Die Grenzhelligkeit** Die Ermittlung der *Grenzhelligkeit* ist ein unter Astronomen beliebtes Instrument, um die Qualität eines Nachthimmels zu beschreiben. Sie bemisst sich nach der *scheinbaren Helligkeit* des gerade noch mit freiem Auge zu sehenden Sterns und ist abhängig von der vorliegenden Lichtverschmutzung, von atmosphärischen Bedingungen und der Sehfähigkeit des Auges. Damit ist die Ermittlung der Grenzhelligkeit ein



Eine der dunkelsten Stellen im gesamten Alpenraum, tief im Kautneral. Durch die umliegenden Dreitausender wird die Lichtverschmutzung aus Italien gut abgeschirmt. Selbst in der Langzeitbelichtung sind die Wolken nicht durch Kunstlicht erhellt. Einer der wenigen Orte in ganz Mitteleuropa der Bortle-Klasse 2!

35 mm | f1,4 bis f4 | 0,5s bis 59 s | ISO 6400 | astromodifizierte Kamera, Nachführung | Panorama aus gestackten nachgeführten Aufnahmen und verschiedenen Fokus- und Belichtungsvarianten

sehr subjektives Verfahren. Lichtverschmutzung setzt die Grenzhelligkeit drastisch herab.

Ein Beispiel: Dunkeladaptierte Augen eines Erwachsenen können weit außerhalb von Städten bei einem sehr dunklen Himmel Sterne mit einer scheinbaren Helligkeit von 6 mag gerade noch erkennen. Die Grenzhelligkeit ist also 6 mag. Bei dieser Grenzhelligkeit sind mit freiem Auge ca. 3000 Sterne zu sehen.

## Magnitude – das Maß für die Helligkeit

Der Wert 6 mag (gesprochen »Magnitude 6«) beschreibt die *Helligkeit* eines Himmelsobjektes. Sie gibt an, wie hell ein Himmelskörper einem Beobachter auf der Erde erscheint, sagt aber nichts über die tatsächliche Helligkeit aus. Durch die unterschiedliche Entfernung zum Beispiel zweier Sterne von einem Beobachter kann ohne weitere Informationen keine Aussage getroffen werden, welcher Himmelskörper nun tatsächlich heller leuchtet. Wichtig für das Verständnis ist: Je *kleiner* der Wert der scheinbaren Helligkeit, desto *heller* erscheint das Objekt einem Beobachter. Besonders helle Objekte haben eine negative Magnitude (Venus  $-4,67$  mag, Vollmond  $-12,76$  mag, Sonne  $-26,7$  mag). Die scheinbare Helligkeit ist logarithmisch definiert. Das bedeutet, ein Objekt mit einem um 5 mag niedrigeren Wert als ein zweites Objekt ist hundertmal heller als Letzteres.

**Die Bortle-Skala** Eine Möglichkeit der visuellen Einteilung der Lichtverschmutzung mit nichts als dem geübten freien Auge wurde 2001 von John E. Bortle mit den neun *Bortle-Klassen* eingeführt. Bortle-Klasse 1 entspricht einem »unveränderten« Nachthimmel ohne jeglichen Einfluss von Kunstlicht, den man nur noch selten auf der Erde finden kann, und reicht bis zur Klasse 9. Diese höchste Klasse entspricht der Lichtverschmutzung im Zentrum einer Großstadt. Im Folgenden nenne ich die neun Klassen mit ihren wichtigsten visuellen Kriterien (Kriterienliste nicht vollständig).

- Klasse 1 (Grenzhelligkeit 8 bis 7,6 mag):
  - Klasse 1 ist in Mitteleuropa nicht mehr existent.
  - Das Zodiakallicht, der Gegenschein und das Band des Zodiakallichts sind sichtbar. (Das *Zodiakallicht* ist ein diffuses Leuchten am Nachthimmel entlang der scheinbaren Bahn der Sonne. Es entsteht durch Reflexion und Streuung von Sonnen-



Auch an sehr dunklen Stellen in den Bergen sieht man von weit oben fast überall am Horizont das Kunstlicht von weit entfernten Städten. Hier, beim Blick nach Norden, ist Kunstlicht aus Garmisch und sogar aus der Region München zu sehen.

14 mm | f2,8 | 1s bis 60s | ISO 6400 | astromodifizierte Kamera, Nachführung | Panorama aus gestackten nachgeführten Aufnahmen und verschiedenen Fokus- und Belichtungsvarianten

- licht an interplanetaren Staubpartikeln, die sich in einer dünnen Scheibe um die Sonne verteilen. Neben dem Hauptlichtkegel gibt es das schwächere *Zodiakalband* entlang der Sonnenbahn. Der *Gegenschein* ist eine Aufhellung im Sonnengegenpunkt.)
- *Airglow* (die Eigenhelligkeit des Himmels) ist ohne Weiteres sichtbar.
  - Das Milchstraßenzentrum wirft deutliche Schatten auf dem Boden.
  - Die Galaxie Messier 33 (Dreiecksnebel) ist mit freien Augen (mit direktem Sehen) deutlich sichtbar.
  - Jupiter und Venus scheinen die Dunkeladaption zu stören.
- Klasse 2 (Grenzhelligkeit 7,5 bis 7,1 mag):
    - Klasse 2 gibt es in Mitteleuropa nur noch an wenigen Stellen im Hochgebirge, zum Beispiel in den österreichischen Alpen.
    - Das Zodiakallicht wirft noch schwache Schatten.
    - *Airglow* ist noch schwach am Horizont sichtbar.
    - Die Sommermilchstraße ist sehr strukturiert.
    - Die Galaxie Messier 33 ist mit freien Augen noch gut zu erkennen (mit direktem Sehen).
    - Wolken am Himmel sind nur als dunkle Löcher oder Lücken vorm Sternenhimmel zu sehen.
  - Klasse 3 (Grenzhelligkeit 7 bis 6,6 mag):
    - Klasse 3 kommt als typischer (sehr dunkler) Landhimmel abseits von Städten vor. In Mitteleuropa ist Klasse 3 der bestmögliche Status quo (bis auf einzelne Ausnahmen).
    - Das Zodiakallicht ist im Frühling und Herbst noch deutlich zu sehen.
    - Die Milchstraße ist noch deutlich strukturiert.
    - Die Galaxie Messier 33 ist mit freien Augen (mit indirektem Sehen) noch leicht zu sehen.
    - Anzeichen von Lichtverschmutzung sind entlang des Horizonts zu erkennen. Die Wolken über den hellsten Horizontaufhellungen sind schwach angeleuchtet.
  - Klasse 4 (Grenzhelligkeit 6,5 bis 6,1 mag):
    - Klasse 4 kommt im Übergang vom Landhimmel zur Vorstadt vor.
    - Das Zodiakallicht erstreckt sich zu Beginn der Dämmerung nicht mehr ganz über die halbe Distanz zum Zenit.
    - Die Milchstraße ist immer noch deutlich zu sehen, es fehlt aber schon die Struktur.
    - Die Galaxie Messier 33 ist gerade noch mit indirektem Sehen jenseits 50 Grad über dem Horizont zu erkennen.
    - Die Lichtverschmutzung über den Städten und Ansiedlungen ist deutlich sichtbar. Aus mehreren Richtungen sind deutlich sichtbare Aufhellungen aus Licht und Lichtglocken zu sehen. Die Wolken über den Aufhellungen sind angeleuchtet.
  - Klasse 5 (Grenzhelligkeit 6 bis 5,6 mag):
    - Klasse 5 beschreibt den Vorstadthimmel.
    - Das Zodiakallicht lässt sich eventuell noch in den besten Nächten im Frühjahr oder Herbst erkennen.
    - Die Galaxie Messier 33 ist *nicht* mehr zu erkennen.
    - Die Milchstraße ist in Horizontnähe sehr schwach zu sehen.
    - Lichtquellen sind deutlich aus mehreren Richtungen zu sehen. Die Wolken sind deutlich aufgeleuchtet oder heller als der Himmel selbst.
  - Klasse 6 (Grenzhelligkeit 5,5 bis 5,1 mag):
    - heller Vorstadthimmel
    - Das Zodiakallicht bleibt auch in den besten Nächten unsichtbar.
    - Die Milchstraße kann man erst im Zenit erkennen.
    - Die Galaxie Messier 31 (Andromedagalaxie) ist mit freien Augen gerade noch zu erkennen.
    - Der Himmel hat bis zu 35 Grad über dem Horizont einen deutlich lichtverschmutzten Hintergrund.
    - Wolken sind von der Lichtverschmutzung aufgeleuchtet.

- Klasse 7 (Grenzhelligkeit 5 bis 4,6 mag):
  - Übergang zum Stadthimmel
  - Die Milchstraße ist fast völlig unsichtbar.
  - Die Galaxie Messier 44 oder Messier 31 ist eventuell mit freien Augen noch zu erkennen.
  - Der gesamte Himmelshintergrund hat einen gräulich-weißen Farbton.
  - Helle Lichtquellen sind in jeder Richtung zu sehen. Die Wolken sind hell beleuchtet.
- Klasse 8 (Grenzhelligkeit 4,5 bis 4,1 mag):
  - Stadthimmel
  - Einige Sterne in den Sternbildern sind sehr schwach oder fehlen gänzlich.
  - Der Himmel ist weißlich-grau oder orangefarben.
  - Schlagzeilen in der Zeitung kann man allein im Schein der Lichtverschmutzung mühelos lesen.
- Klasse 9 (Grenzhelligkeit 4 mag und heller):
  - Innenstadthimmel
  - Viele Sterne in den Sternbildern sind unsichtbar, unscheinbare Sternbilder fehlen gänzlich.
  - Außer den Plejaden sind keine Messier-Objekte mit freien Augen erkennbar.
  - Der gesamte Himmel ist bis zum Zenit hell erleuchtet.

Die Bortle-Klassen sind vor allem für visuelle Beobachter des Nachthimmels sowie Astrolandschaftsfotografen besonders interessant, da es hier sowohl um die horizontnahe Helligkeit als auch um die im Zenit geht. Deep-Sky-Fotografen interessiert hauptsächlich die Zenithelligkeit bzw. der SQM-Wert, auf den ich gleich noch eingehen werde.

### Hilfsmittel für die Astrofotografie

Für die Astrofotografie ist es entscheidend, Orte mit möglichst geringer Lichtverschmutzung zu finden. Verschiedene Hilfsmittel und Messwerte können Sie dabei unterstützen, die Qualität des Nachthimmels einzuschätzen und optimale Aufnahmestandorte speziell für Ihre gewünschten Projekte zu identifizieren.

**Light Pollution Map** Die *Light Pollution Map* ist ein geläufiges Instrument unter Astrofotografen, um einen möglichst dunklen Spot zu finden oder um die Lichtverschmutzung eines Standortes zu beurteilen. Dabei wird leider häufig die in der Karte vermerkte Bortle-Klasse verwendet. Die Bortle-Klassen sind zwar universell anwendbar, vergleichbar und ein hervorragendes Instrument für jedermann, um den eigenen Standort anhand der Kriterien in kurzer Zeit zu klassifizieren. Dies kann aber per Definition ausschließlich durch eine visuelle Beurteilung vor Ort erfolgen. Man zieht dazu horizontnahe Kriterien *und* den Zenit heran. Die Bortle-Klasse kann also per Definition *nicht* gemessen werden.

Ein Beispiel: Rechts oben sehen Sie Screenshots aus der Light Pollution Map für zwei unterschiedliche Standorte, die hinsichtlich der Lichtverschmutzung Welten trennen: links das Zentrum von Starnberg südlich von München und rechts der Gipfel eines meiner Hausberge auf knapp 3 000 m Seehöhe in den Kühltaiern. Beide Stellen werden in der Light Pollution Map jedoch in die Bortle-Klasse 4 eingeordnet. Betrachtet man die von Satelliten gemessenen SQM-Werte und die Werte für ARTIF. BRIGHT. (*Artificial Brightness*, also die *künstliche Helligkeit*), fällt auf, dass die Bortle-Klassen unmöglich richtig und für beide Standorte identisch sein können.

Nach der Bortle-Skala kann auch am gleichen Standort an unterschiedlichen Tagen durch sich verändernde Rahmenbedingungen eine unterschiedliche Klasseneinteilung erfolgen, zum Beispiel aufgrund einer hell erleuchteten Baustelle oder Nachtskibetrieb oder wenn Hochnebel das Kunstlicht im Tal hält. Im Foto rechts sehen Sie dafür ein gutes Beispiel: Normalerweise ist dies ein hervorragender Spot, was die Lichtverschmutzung angeht. Durch die extreme Ausleuchtung der Langzeitbaustelle seit einigen Jahren (zur Erweiterung des Wasserkraftwerkes) hat er aber fast eine ganze Bortle-Klasse eingebüßt. Das Kunstlicht strahlt das gesamte Kühltal und einige Seitentäler bis zu den über 3 000 m hohen Gipfeln aus (besonders links neben der Person sichtbar). Rechts in der Ferne ist die Kunstlichtglocke von Innsbruck zu sehen.



Die Light Pollution Map für Starnberg und die Kühtaier Alpen



Eigentlich ein hervorragender Spot auf über 3 000 m im Kühtai

14 mm | f2,8 | 0,5 s bis 60 s | ISO 6 400 | astromodifizierte Kamera, Nachführung | Panorama aus gestackten nachgeführten Aufnahmen und verschiedenen Fokus- und Belichtungsvarianten

Möchte man also einen möglichst dunklen Standort ausschließlich anhand der in der Light Pollution Map angegebenen Bortle-Klasse finden (das ist leider eine häufige Praxis unter Astrofotografen), sitzt man einer Fehlinterpretation auf.

**Der SQM-Wert und die Bortle-Klassen** In der Light Pollution Map finden Sie direkt unterhalb der Koordinaten für jeden beliebigen Punkt auf der Landkarte den SQM-Wert (*Sky Quality Meter*). Dieser Wert spiegelt die Flächenstrahlung wider, die von Satelliten aus dem Orbit gemessen wurde. Der Wert beschreibt also die Zenithelligkeit an einem bestimmten geografischen Punkt. Je größer dieser Wert ist, desto dunkler ist es an diesem Punkt (im Hinblick auf die Zenithelligkeit). Der maximale mögliche (dunkelste) SQM-Wert liegt bei 22 mag/arcsec<sup>2</sup> (Magnitude je Quadrat-Bogensekunde). Dieser Wert ist

allerdings meist nur noch in abgelegenen Wüsten etc. zu finden. Generell sind Werte über 21 mag/arcsec<sup>2</sup> hervorragende Werte.

Zusätzlich wird in der Light Pollution Map die Bortle-Klasse für den jeweiligen Ort angegeben. Diese Klasseneinteilung kommt jedoch durch eine reine Konvertierung der gemessenen Zenithelligkeit zustande. Da aber eine Einteilung der Bortle-Klassen per Definition ausschließlich durch eine visuelle Beurteilung vor Ort stattfinden kann und hierbei die Beurteilung der horizontnahen Helligkeit laut Bortle selbst auch eine deutlich gewichtigere Rolle spielt als die Zenithelligkeit, sind die in der Light Pollution Map angegebenen Bortle-Klassen schlichtweg falsch und irreführend. Wir erinnern uns: Eine Bortle-Klasse kann *nicht* gemessen werden, schon gar nicht vom Orbit aus! Das sollten Sie immer im Hinterkopf behalten.

Ich komme noch einmal auf den Vergleich von Starnberg mit den Kühltaier Alpen zurück: Ein SQM-Wert von  $20,74 \text{ mag/arcsec}^2$  im Zentrum Starnbergs ist immer noch ein relativ guter Wert, was die Helligkeit im Zenit angeht. Ein Deep-Sky-Fotograf mit der richtigen Ausrüstung und hoch stehenden Objekten wird hier unter Umständen noch relativ passable Ergebnisse erzielen können. Das würde auch die in der Light Pollution Map vergebene Bortle-Klasse 4 erklären, die eben ausschließlich durch eine Konvertierung der gemessenen SQM-Werte (also der Zenithelligkeit) erfolgte. Doch horizontnah wird man im Zentrum von Starnberg definitiv keine Chance haben, die Milchstraße auch nur ansatzweise mit bloßem Auge zu erkennen oder weitwinklig fotografieren zu können. In Starnberg würde ich deshalb die Bortle-Klasse eher auf 5 bis 6 schätzen. Dagegen vermute ich auf meinem Hausberg im Kühltal auf 2828 m, auf dem es außergewöhnlich dunkel ist (mit einem hervorragenden SQM-Wert von  $21,65 \text{ mag/arcsec}^2$ ) und wo schon wegen der Seehöhe deutlich bessere atmosphärische Bedingungen herrschen, eine »gute« Bortle-Klasse 3. Bei Hochnebel befindet sich der Gipfel

oberhalb des Nebels und die Lichtverschmutzung aus dem Inntal darunter. Dann könnte der Spot eventuell sogar zur oberen Klasse 2 gehören. Nach Süden kommt der dunkle Hauptalpenkamm, und in Norditalien gibt es über viele Kilometer hinweg nur wenige Besiedlungen. Somit herrschen dort nach Süden hervorragende Bedingungen, was die Lichtverschmutzung angeht.

**Fazit für die Astrofotografie** Die in der Light Pollution Map angegebenen Bortle-Klassen sind also vernachlässigbar und haben keinerlei Aussagekraft. Die Werte entsprechen nicht den tatsächlichen Gegebenheiten an einem konkreten Ort zu einer konkreten Zeit.

In der Deep-Sky-Fotografie sollten Sie in der Light Pollution Map eher Ausschau halten nach möglichst großen SQM-Werten jenseits von  $21 \text{ mag/arcsec}^2$ , ohne aber die Werte der Artificial Brightness außer Acht zu lassen.

In der Astrolandschaftsfotografie können Sie sich in einem ersten Schritt ebenfalls auf die Suche begeben nach Stellen jenseits eines SQM-Wertes von  $21 \text{ mag/arcsec}^2$  und möglichst geringen Werten für die Artificial Brightness. Im nächsten Schritt sollte der Blick auf der



Durch eine geschickte Wahl der Perspektive lässt sich der größte Teil der Lichtverschmutzung ausblenden. Hier ist die Kamera vor dem »schattenspendenden« Vorgipfel positioniert. Der Vordergrund wird hierdurch deutlich weniger aufgeleuchtet. Im Hintergrund erkennen Sie die Ausleuchtung der Lichtverschmutzung hingegen bis zu den obersten Berggipfeln.

14 mm |  $f2,8$  | 1s bis 60s | ISO 6400 |  
astromodifizierte Kamera, Nachführung |  
Panorama aus gestackten nachgeführten  
Aufnahmen und verschiedenen  
Fokus- und Belichtungsvarianten



Während die Lichtverschmutzung aus dem Inntal die Bergkette bis zum Gipfel auf fast 3 000 m Höhe ausleuchtet, ist die Milchstraße darüber recht gut mit freiem Auge sichtbar und auch gut abzulichten, da hinter der Bergkette im Kühltal bis weit über den Alpenhauptkamm fast kein Kunstlicht wirkt.

35 mm | f2,8 | 20 s bis 60 s | ISO 6 400 | astromodifizierte Kamera, Nachführung | Stacking aus 15 nachgeführten Aufnahmen und verschiedenen Fokusvarianten

Karte in die Himmelsrichtung schweifen, in die Sie fotografieren möchten. Wollen Sie zum Beispiel im Süden die Sommermilchstraße fotografieren, ist ein Standort mit passablen SQM- und Artificial-Brightness-Werten nur die halbe Miete. Wenn direkt in gewünschter Richtung in wenigen Kilometern Entfernung zum Beispiel eine Großstadt liegt, wird die Lichtverschmutzung großen Einfluss auf Ihr Milchstraßenfoto haben.

### **Auswirkungen von Lichtverschmutzung**

Die weltweite Lichtverschmutzung nimmt pro Jahr um knapp 2 % zu und hat weitreichende Folgen für Mensch und Umwelt. Eine künstlich aufgehellte Umgebung beeinflusst Pflanzen in ihrem Wachstumszyklus: Bäume geraten beispielsweise durch die geringere Dunkelheit in Stress, da sie durch das künstliche Licht nachts auch zur Photosynthese angeregt werden. Das führt letztendlich auch zu Ertragseinbußen.



Nur ein Tal weiter südlich herrschen fast perfekte Bedingungen, da das Kunstlicht des Inntals durch die Bergkette im Rücken komplett ausgeblendet wird. Die Farben im Zentrum der Milchstraße werden hier sehr wenig durch (fernes) Kunstlicht gestört. Airglow ist ebenfalls gut zu erkennen.

35 mm | f2 | 25 s bis 60 s | ISO 6 400 | astromodifizierte Kamera, Nachführung | Panorama aus gestackten nachgeführten Aufnahmen und verschiedenen Fokusvarianten

Zu viel Kunstlicht in der Nacht bedroht nachtaktive Tiere und wichtige Insekten und reduziert deren Bestäubungsleistung. Insbesondere die weit verbreiteten kaltweißen Kunstlichtquellen stören die Orientierung und Navigation von nachtaktiven Insekten und Zugvögeln. Eine Studie aus dem Jahr 2000 belegt, dass in einer Sommernacht an einer einzigen Straßenlaterne

150 Insekten zugrunde gehen, was bei 6,8 Millionen Straßenlaternen in Deutschland einer Anzahl von über einer Milliarde Insekten entspricht.

Die Störung der Orientierung durch Kunstlicht kann bei Zugvögeln dazu führen, dass diese in hell erleuchtete Gebäude fliegen und dabei verletzt werden oder zu Tode kommen («Towerkill-Phänomen»). Auf Inselarchipelen sind vor allem junge Seevögel (zum Beispiel Sturmtaucher) durch Lichtverschmutzung gefährdet. Bei ihren »Jungfernflügen« von den in Steilküsten gelegenen Bruthöhlen auf das offene Meer werden sie von starken künstlichen Lichtquellen angezogen, gehen desorientiert zu Boden und können nicht mehr abfliegen, da sie zum Starten eine erhöhte Position benötigen. Oft verhungern oder verdursten sie dann, werden überfahren oder von Raubtieren getötet.

Ebenfalls gut dokumentiert ist der negative Einfluss von nächtlicher Beleuchtung auf verschiedene Arten von Meeresschildkröten, deren Nachwuchs an einem zu hell erleuchteten Strand den Weg ins Wasser nicht findet und somit zur leichten Beute von Raubtieren wird.

Bei Menschen kann die Lichtverschmutzung Gesundheits- und Schlafprobleme nach sich ziehen; alle Auswirkungen auf den menschlichen Organismus sind jedoch noch nicht abschließend erforscht. Doch die zunehmenden Schlafstörungen bei Stadtbewohnern sowie Störungen im Hormonhaushalt des Menschen (Tag-Nacht-Zyklus, Menstruationszyklus) sind bereits nachgewiesen bzw. Gegenstand aktueller Forschung. Es ist anzunehmen, dass Lichtverschmutzung Auswirkungen auf den Melatoninhaushalt von Menschen und Tieren hat. Eine israelische Forschergruppe veröffentlichte im Jahr 2008 Daten, die einen Zusammenhang zwischen der Stärke nächtlicher Kunstbeleuchtung und dem Risiko von Brustkrebserkrankungen herstellten. Diskutiert wird auch, dass die künstlich verlängerte Helligkeit ein verfrühtes Einsetzen der Pubertät nach sich ziehen könnte.

Die Lichtverschmutzung ist somit weit mehr als nur ein Problem für die Astronomie und Astrofotografie – sie stellt eine ernsthafte Bedrohung für das ökologische

Gleichgewicht und die menschliche Gesundheit dar, deren langfristige Folgen wir erst zu verstehen beginnen.

### **Was kann jeder von uns gegen Lichtverschmutzung tun?**

Die größten Kunstlichtquellen sind die Städte, Fabriken, (Flug-)Häfen etc., aber jeder von uns kann einen kleinen Beitrag dazu leisten, Kunstlicht zu vermeiden bzw. zu reduzieren.

Der wichtigste Schritt dazu ist erst einmal das Bewusstsein für die Problematik. Bevor ich mit der Astrofotografie begann, war mir das alles überhaupt nicht bewusst gewesen. Sie könnten also das neue Wissen zum Beispiel mit anderen teilen: Im Gespräch mit Familie, Freunden und Nachbarn können Sie andere Menschen für dieses Thema sensibilisieren, auch wenn diese keine Astrofotografen sind. So haben meine Anregungen auch einen kleinen Teil dazu beigetragen, dass bei uns im Dorf nach und nach die alten, in »alle Himmelsrichtungen« abstrahlenden Straßenlaternen durch moderne, energiesparende LED-Straßenlaternen ersetzt werden. Diese geben ihr Licht ausschließlich streng nach unten auf den Bereich ab, den man auch ausleuchten möchte. Das hat im ganzen Ort schon einen sichtbaren Unterschied gebracht: Noch vor 3 Jahren stand zum Beispiel in ca. 15 m Entfernung zu unserem Grundstück eine alte Straßenlaterne, die es durch den nach oben gerichteten Lichtkegel unmöglich machte, ernsthafte Astrofotografie zu betreiben. Das Licht leuchtete so stark, dass selbst durch die geschlossenen Jalousien noch ziemlich viel Kunstlicht drang. Jetzt steht dort eine neue, moderne Laterne, und unsere Nächte sind allein durch den Austausch einer einzigen Straßenlaterne massiv dunkler geworden. Im Schlafzimmer ist es in der Nacht jetzt stockfinster, und ich kann von unserem Grundstück aus die Milchstraße im Zentrum detailliert mit bloßem Auge erkennen. Die Galaxie Messier 33 ist ebenfalls noch gut erkennbar, und auf meiner Dachterrasse habe ich nun hervorragende Bedingungen für die Astrofotografie.

Lampen im Außenbereich sollten generell nach unten gerichtet sein auf den auszuleuchtenden Bereich.

Sie sollten möglichst nur so weit über dem Boden angebracht sein wie notwendig, denn hoch angebrachte Lampen müssen stärker leuchten, um einen Bereich genauso hell auszuleuchten, und produzieren dabei Streulicht.

Schlussendlich hilft jede ausgeschaltete Lampe nicht nur, Kunstlicht zu sparen, sondern auch Energie und damit bares Geld.

Aber Sie könnten natürlich auch einen Schritt weitergehen und aktiv Kunstlicht vermeiden. Nach oben gerichtetes Licht aus dem blau-weißen Spektrum ist hierbei das »schädlichste« Licht. Somit könnten Sie zum Beispiel im Garten auf alle Leuchten, die Licht nach oben abgeben, ganz verzichten und Leuchtmittel mit kaltem Licht gegen eher langwelligere (aus dem gelb-roten Spektrum) Leuchten bis maximal 2700K ersetzen. Sie

könnten sich fragen: Gibt es Lampen im Haushalt, die die gesamte Nacht brennen? Ist es notwendig, dass sie die ganze Nacht brennen, oder können wir darauf verzichten, wenn wir zu Bett gehen? Das Gleiche gilt für eine Weihnachtsbeleuchtung im Haus und außerhalb.

Die Jalousien oder Vorhänge sollten nachts immer gut geschlossen sein, damit das Licht im Haus bleibt und nicht nach draußen fällt. Bewegungsmelder mit Lampen sollten so eingestellt sein, dass die Lampen nur in dem Bereich ausgelöst werden, den die Lampe auch beleuchten soll. Wenn die Nachbarskatze auf der anderen Straßenseite oder ein vorbeifahrendes Auto den Bewegungsmelder vor der eigenen Haustüre auslöst, ist das wenig sinnvoll und verschwendet Energie. Ebenso sollte die Dauer des Bewegungslichts so angepasst sein, dass die Lampe nicht lange ungenutzt leuchtet.



**Nach dem Austausch einer alten Straßenlaterne direkt vor unserem Grundstück gegen eine moderne LED-Lampe mit streng nach unten gerichtetem Licht sind sogar horizontnahe Aufnahmen wie diese direkt von meiner Dachterrasse aus möglich geworden.**

105 mm | f2 |  
15 s bis 60 s | ISO 3 200 |  
astromodifizierte Kamera, Nachführung |  
Stacking aus 15 nachgeführten Aufnahmen  
und einer Aufnahme des Vordergrunds

# Der Mond im Schatten der Erde

Eugen Kamenew

## Schwierigkeit



## Schwerpunkt des Beitrags

Planung

Aufnahme

**Bildgestaltung**

Bildbearbeitung

## Voraussetzungen



lichtstarkes Objektiv



1 bis 5 Stunden



gutes Astrowetter mit wenig Lichtverschmutzung zur Zeit der Mondfinsternis auf dem entsprechenden Erdteil

Der Mond für sich genommen ist bereits ein faszinierendes Himmelsobjekt, wie der japanische Dichter Matsuo Bashō (1644–1694) treffend bemerkte: »Wolken ziehen auf, von Zeit zu Zeit – sie bringen die Chance, ein wenig auszuruhen von der Betrachtung des Mondes.« Noch spektakulärer wird die Betrachtung des Mondes, wenn er in den Kernschatten der Erde eintaucht und sich rot färbt. Die Sonne, die Erde und der Mond reihen sich dann auf einer Linie auf. Es tritt eine *Mondfinsternis* ein.

Mondfinsternisse sind seltener als Sonnenfinsternisse. Trotzdem haben viele Sternenfreunde mehr Mondfinsternisse als Sonnenfinsternisse erlebt. Das liegt daran, dass eine Mondfinsternis gleichzeitig von der gesamten nächtlichen Erdhälfte zu sehen ist. Die gesamte Dauer einer totalen Mondfinsternis, vom Beginn des Eintritts in den Halbschatten bis zum vollständigen Austritt, kann bis zu rund sechs Stunden betragen. Und da die Erde innerhalb dieser Zeit weiterrotiert, kann eine Mondfinsternis unter Umständen auch von deutlich mehr als der Hälfte der Erdoberfläche aus bewundert werden. Man muss dafür – anders als bei Sonnenfinsternissen – also *nicht* um die halbe Welt reisen, denn oft erscheint eine Mondfinsternis direkt vor der eigenen Haustür.

Für mich gehören Mondfinsternisse zu den besonderen Himmelsereignissen. Jede Mondfinsternis versuche ich fotografisch in einem kreativen Projekt umzusetzen. So war die totale Mondfinsternis am 27. Juli 2018 für mich in mehrerer Hinsicht besonders (siehe das Foto rechts). Nicht nur, weil sie die längste totale Mondfinsternis des 21. Jahrhunderts war, sondern auch, weil sie auf den Geburtstag meiner Mutter fiel. Der Mond verschwand für 1 Stunde und 43 Minuten im Kernschatten der Erde (*Totalität*), insgesamt dauerte die Finsternis sogar 3 Stunden und 54 Minuten (ohne Halbschattenphase). Gleichzeitig leuchtete der Mars mit  $-2,7$  mag hell am Himmel zusammen mit dem verfinsterten Vollmond. Nur einmal in 25 000 Jahren passiert es, dass der Mars der Erde so nah in die große Opposition tritt und gleichzeitig eine Mondfinsternis stattfindet. Bereits jetzt handelt es sich



Die totale Mondfinsternis am 27. Juli 2018 in Assamstadt  
(Modell: Korlan Ablaissova)

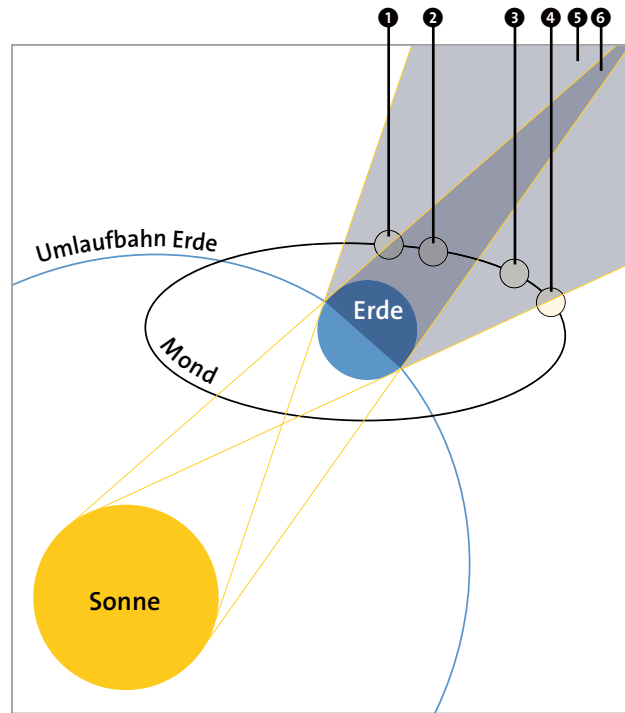
90 mm | f2 | 1s | ISO 800 | APS-C | 6-strahliger Sternfilter

bei dieser Aufnahme übrigens um ein Zeitzeugendokument, da vier der Bäume inzwischen abgeholzt wurden. Nur der fünfte Baum am linken Rand des Bildes hat diese radikale Veränderung überlebt.

### Arten von Mondfinsternissen

Es gibt verschiedene Arten von Mondfinsternissen, die sich in ihrer Erscheinung und Wirkung deutlich unterscheiden. Eine *Halbschatten-Mondfinsternis*, ob partiell ④ oder total ③, ist für das menschliche Auge kaum wahrnehmbar. Der Mond tritt dabei nur in den Halbschatten (*Penumbra* ⑤), nie in den Kernschatten (*Umbra* ⑥) der Erde. Nur Fotokameras können eine leichte Verdunkelung des Vollmondes registrieren. Daher zählen Halbschatten-Mondfinsternisse eher zu den unscheinbaren Himmelsereignissen.

Bei einer *partiellen Mondfinsternis* ① taucht der Vollmond teilweise in den Kernschatten der Erde ein. Je nach Verfinsterungsgrad sind die Verdunkelung und die kupferrote Verfärbung des Mondes deutlich aus-



Schematische Darstellung der Arten von Mondfinsternissen



Die totale Mondfinsternis am 21. Januar 2019 in Neunstetten bei Krautheim

500 mm | f5,6 | 1/60 s | ISO 2000 | APS-C

zumachen. Sowohl visuell als auch fotografisch bieten partielle Mondfinsternisse ein lohnenswertes Motiv.

Während einer *totalen Mondfinsternis* ② tritt der Mond vollständig in den Kernschatten der Erde ein. Der Mond färbt sich kupferrot – ein faszinierendes Schattenspiel. Ein Astronaut auf der erd zugewandten Seite des Mondes würde dabei selbst eine totale Sonnenfinsternis durch die Erde erleben.

### Ein Blick in die Statistik

Im 21. Jahrhundert fanden bzw. finden insgesamt 228 Mondfinsternisse statt. Interessanterweise halten sich die totalen Finsternisse mit 37,3% und die Halbschatten-Finsternisse mit 37,7% etwa die Waage. Die restlichen 25% fallen auf die partiellen Mondfinsternisse.

### Planung

Die Planung für die Beobachtung und Fotografie einer Mondfinsternis ist relativ unkompliziert, da sich Mondfinsternisse auf Jahre im Voraus berechnen lassen. Eine einfache Recherche im Internet genügt, um herauszufinden, wann die nächste Mondfinsternis ansteht und wo Sie diese am besten beobachten können.

Kurzfristig kann Ihnen nur noch das Wetter einen Strich durch die Rechnung machen. Um dem bedeckten Himmel in Deutschland zu entkommen, buchte ich mir im Februar 2008 einen Flug nach Athen, um dort die totale Mondfinsternis zu fotografieren. Ich war damals noch Student und flog das erste Mal zu einer Mondfinsternis – für hart erarbeitetes Geld. Ein heftiger Schneesturm legte am 17. Februar 2008 aber ganz Griechenland lahm. Die Hauptstadt Athen versank mit

Datum	Art	Dauer partielle Finsternis	Dauer totale Finsternis	Sichtbarkeitsgebiet
07.09.2025	total	3 h 29 m	1 h 22 m	Europa, Afrika, Asien, Australien
03.03.2026	total	3 h 27 m	58 m	Ostasien, Australien, Pazifik, Amerika
28.08.2026	partiell	3 h 18 m	–	Ostpazifik, Amerika, Europa, Afrika
12.01.2028	partiell	56 m	–	Amerika, Europa, Afrika
06.07.2028	partiell	2 h 22 m	–	Europa, Afrika, Asien, Australien
31.12.2028	total	3 h 29 m	1 h 11 m	Europa, Afrika, Asien, Australien, Pazifik
26.06.2029	total	3 h 40 m	1 h 42 m	Amerika, Europa, Afrika, Naher Osten
20.12.2029	total	3 h 33 m	54 m	Amerika, Europa, Afrika, Asien
15.06.2030	partiell	2 h 24 m	–	Europa, Afrika, Asien, Australien
25.04.2032	total	3 h 31 m	1 h 06 m	Ostafrika, Asien, Australien, Pazifik
18.10.2032	total	3 h 16 m	47 m	Afrika, Europa, Asien, Australien
14.04.2033	total	3 h 35 m	49 m	Europa, Afrika, Asien, Australien
08.10.2033	total	3 h 22 m	1 h 19 m	Asien, Australien, Pazifik, Amerika
28.09.2034	partiell	00 h 27 m	–	Amerika, Europa, Afrika
19.08.2035	partiell	01 h 17 m	–	Amerika, Europa, Afrika, Mittlerer Osten

Übersicht über die partiellen und totalen Mondfinsternisse in den kommenden Jahren

20 Zentimetern Schnee im Chaos. Sogar Schiffe konnten nicht aus den Häfen auslaufen. Ich machte mir viele Sorgen, ob ich es noch rechtzeitig zur Mondfinsternis schaffen würde. Doch Luft- und Straßenverkehr normalisierten sich pünktlich zur Mondfinsternis. Ich hatte viel Glück.

### Aufnahme

Was die Aufnahmetechnik und Ausrüstung betrifft, gelten grundsätzlich die gleichen Regeln wie bei der konventionellen Mondfotografie (siehe den Workshop »Ein einfaches Porträt des Mondes« ab Seite 40). Ein wichtiger Unterschied ist jedoch, dass mit zunehmender Verdunkelung des Mondes längere Belichtungszeiten, höhere ISO-Werte, eine offene Blende und lichtstärkere Objektive benötigt werden. Behalten Sie dazu im Verlauf der Finsternis immer das Histogramm Ihrer Aufnahmen im Blick, und passen Sie die Belichtungszeit und den ISO-Wert entsprechend an, um eine korrekte Belichtung zu gewährleisten.



Partielle Mondfinsternis am 7. August 2017 in Assamstadt. Am Mondrand rechts unten ist der Erdschatten als leichte Verdunkelung zu sehen. Zum Höhepunkt der Finsternis befand sich der Mond mit lediglich 25 % seines scheinbaren Durchmessers im Kernschatten der Erde. (Modell: Korlan Ablaissova)

400 mm | f5,6 | ISO 6 400 | APS-C | 2-fach-Telekonverter | Einzelaufnahme aus Video mit 24 fps extrahiert

Im Foto unten links lag der Fokus auf dem partiell verfinsterten Mond. Um sowohl Mond als auch Modell scharf zu bekommen, hätte ich mehrere Aufnahmen mit unterschiedlichem Fokus machen und diese später am Computer überlagern müssen (*Focus Stacking*). Ich bevorzuge jedoch authentische Einzelaufnahmen. Und so wird das Fotomodell mit den Luftballons mit einer leichten Unschärfe abgebildet.



Die totale Mondfinsternis in der Nacht vom 20. auf den 21. Februar 2008 in Athen

200 mm | f5,6 | 2,5 s | ISO 800 | APS-C

Eine weitere Herausforderung bei dieser Aufnahme waren die unruhigen Luftschichten in Bodennähe, die bei langen Brennweiten zu Unschärfe führen können. Durch den Einsatz einer Telebrennweite kommt noch erschwerend hinzu, dass man durch perspektivisch verdichtete, turbulente Atmosphärenschichten fotografieren muss. Daher habe ich mich hier für die Aufnahme eines 4K-Videos mit 24 fps entschieden. Mit einem Videobearbeitungsprogramm lässt sich daraus der beste Videoframe mit der klarsten Monddarstellung aussuchen und in ein Foto extrahieren. Die Bildunschärfe durch Luftunruhe wird dadurch minimalisiert. Sie können auch den Weg einschlagen, den Stefan Liebermann beschreibt, und ein Mond-Stacking aus verschiedenen Frames erstellen (siehe den Workshop »Mondporträt 2.0« ab Seite 154).

## Bildgestaltung

Natürlich können Sie den Mond während einer Finsternis auch für sich allein als Hauptmotiv fotografieren und die verschiedenen Phasen der Verdunkelung festhalten. Hierbei handelt es sich um eine reine Dokumentation. Doch gerade bei so einem besonderen Himmelsereignis lohnt es sich, etwas kreativer zu werden.

**Astrosapes mit terrestrischen Landschaften** Eine Möglichkeit ist es, den verfinsterten Mond in Kombination mit einem terrestrischen Vordergrund abzulichten. Dieses Genre der Astrofotografie wird als *Astroscape* bezeichnet: eine Verbindung zwischen dem nächtlichen Himmel und dem Planeten Erde. Landschaftliche Elemente wie Berge, Bäume oder markante Felsformationen können spannende Vordergrundmotive abgeben,



Die totale Mondfinsternis in der Nacht vom 14./15. April 2014 im Monument Valley, Arizona, USA.

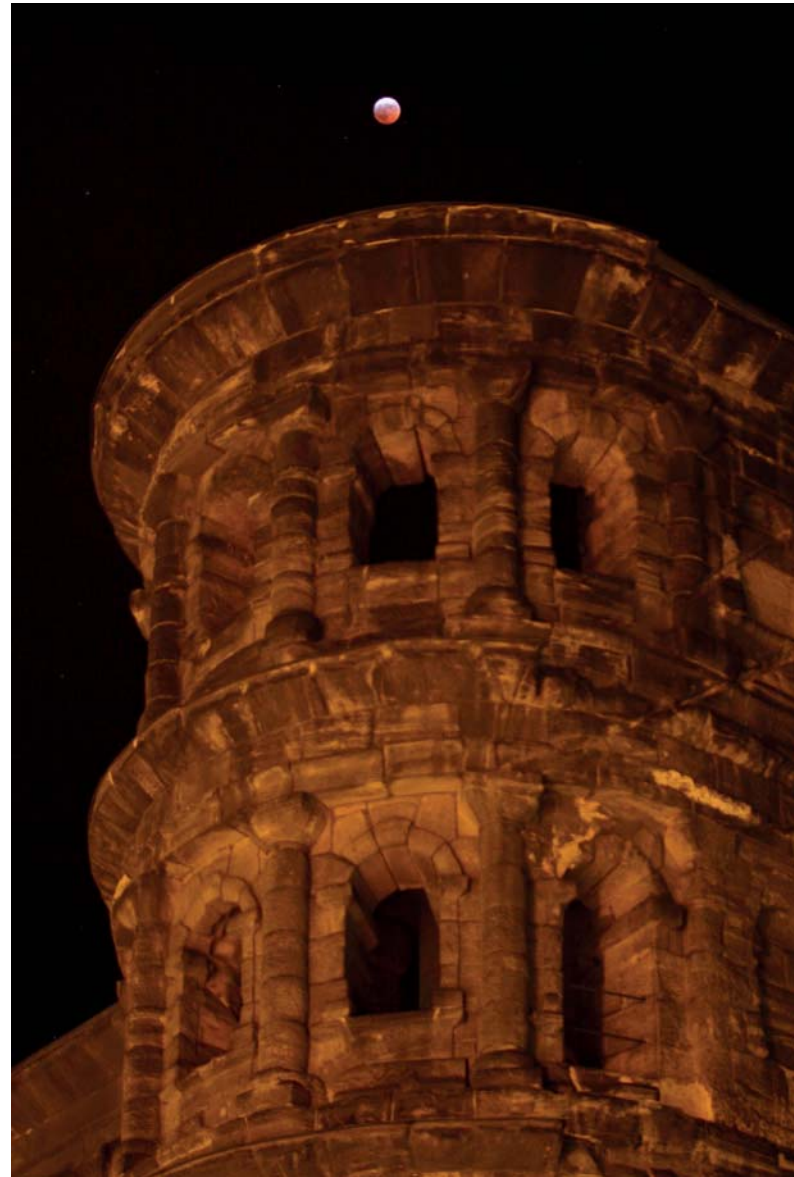
10 mm | f4 | 30 s | ISO 6 400 | APS-C

die dem Mondfinsternisfoto eine zusätzliche Dimension verleihen.

Eine stimmungsvolle Atmosphäre konnte ich so während der totalen Mondfinsternis am 14./15. April 2014 im Monument Valley in den USA einfangen (siehe Foto Seite 239). Beinahe hätte ich diese Finsternis verpasst, weil ich meinen Anschlussflug nicht bekommen hatte und auf dem Flughafenboden übernachtet musste. Doch ich schaffte es gerade noch rechtzeitig zum Zielort. Ich entschied mich in diesem Fall für eine Weitwinkelaufnahme, um neben dem verfinsterten Mond auch die Silhouette des East Mitten Butte und die Sterne und Planeten mit ins Bild zu nehmen. Die rote Mondscheibe selbst sieht relativ klein aus. Rechts in unmittelbarer Nähe zum verfinsterten Mond ist der blaue Stern Spika, der Hauptstern der Jungfrau, zu sehen. Rechts oben davon leuchtet recht hell mit  $-1,5$  mag der Mars. Die imaginäre Linie zwischen Mars und Mond wird von einer sporadischen Sternschnuppe weitergeführt. Links vom Meteor ist der rote Stern Antares, der Hauptstern im Sternbild Skorpion, auszumachen. Zwischen Antares und dem Blutmond leuchtet mit  $0,2$  mag der gelbe Ringplanet Saturn. Der Navajo Tribal Park hat fast kaum künstliche Lichtverschmutzung, sodass sogar die Milchstraße während der totalen Mondfinsternis deutlich auszumachen war.

**Astrosapes mit Bauwerken** Eine weitere Form der Astrosapes sind solche mit Bauwerken. Die fotografischen Möglichkeiten reichen von mittelalterlichen Burgruinen bis zu den modernen Wolkenkratzern. Alles, was künstlich von Menschenhand erschaffen wurde, kann in die Bildkomposition integriert werden. Auch die sogenannten *Lost Places* sind dankbare Astroscape-Fotomotive, da sie in der Regel nicht von künstlichen Lichtquellen angestrahlt werden.

Ganz anders sieht es oft mit moderner Architektur aus, die nicht nur beleuchtet wird, sondern in der Regel auch selbst Licht emittiert. In so einem Fall wäre ein Einsatz eines Grauverlaufsfilters (auch ND-Verlaufsfilter) sinnvoll. Ein Grauverlaufsfilter wird typischerweise bei der Landschaftsfotografie tagsüber eingesetzt, um den



Die totale Mondfinsternis am 3./4. März 2007 über der Porta Nigra in Trier. Das römische Stadttor wurde 170 n. Chr. errichtet. Trier gilt als die älteste Stadt in Deutschland und wurde bereits um 16 v. Chr. unter dem Namen Augusta Treverorum von den Römern gegründet.

55 mm | f4,5 | 2,5s | ISO 800 | APS-C

hellen Himmel abzudunkeln und die Landschaft selbst ausgewogen belichten zu können. Der große Kontrast zwischen hellem Tageshimmel und relativ dunklem Vordergrund wird so ausgeglichen.

Bei Astroscape-Aufnahmen bleibt der dunkle Nachthimmel während einer totalen Mondfinsternis unverändert, und mit der dunklen Seite des Grauverlaufsfilters wird das helle Vordergrundmotiv abgedunkelt. So müssen Sie nicht verzweifelt versuchen, die großen Helligkeitsunterschiede mit dem begrenzten Dynamikbereich der Kamera abzudecken, oder mehrere Aufnahmen mit unterschiedlichen Belichtungswerten anfertigen, um später in der Nachbearbeitung zu stacken.

### **Astrosapes mit lunaren Landschaften und architektonischen Elementen**

Bei der Arbeit mit lunaren Landschaften dient allein die Mondoberfläche als Projektionsebene, um die unzähligen Geschichten zu erzählen. Findet die Mondfinsternis relativ hoch über dem Horizont statt, bietet sich die hochgebaute Architektur als Vordergrundmotiv an. Dankbare Fotomotive in so einem Fall wären die Kirchenspitzen. Ein Beispiel dafür ist das Foto der partiellen Mondfinsternis am 16./17. August 2008 in Marburg. Da der Mond relativ hoch über dem Horizont stand, bot sich die Architektur der Elisabethkirche als Vordergrundmotiv an. Die 1235 errichtete Kirche gilt als älteste rein gotische Kirche in Deutschland. Der Reiter auf der Kirchturmspitze sah so aus, als wolle er mit seinem Pferd der kommenden Finsternis davongaloppieren. Um diese Perspektive umzusetzen, musste ich die am Weg stehenden Mülltonnen wegschieben – bestimmt ein amüsanter Anblick: ein Student, der sich mitten in der Nacht gegen ca. 0:35 Uhr mit Mülltonnen beschäftigt, um sein Fotostativ genau an deren Platz aufzubauen. Aber es hat sich gelohnt, denn mit dieser Aufnahme gewann ich 2009 den ersten Preis in der Kategorie »Bilder der Wissenschaft« von der Philipps-Universität Marburg.

Das meistverbreitete Motiv an den Kirchenspitzen in Deutschland ist wohl der Kirchenhahn oder Wetterhahn. Er erinnert an die Verleugnung Jesu durch Petrus, wie es in den Evangelien steht: »Ehe der Hahn kräht, wirst du mich dreimal verleugnen.« Da der Hahn den



Partielle Mondfinsternis am 26. Juni 2010 in Honolulu auf Hawaii

226 mm | f5,6 | 1/10 s | ISO 800 | APS-C



Partielle Mondfinsternis am 16./17. August 2008 mit der Spitze der Elisabethkirche in Marburg im Vordergrund. Der Fokus lag auf dem Mond.

500 mm | f5,6 | 1/400 s | ISO 800 | APS-C



Die Alte Kirche mit dem Wetterhahn in Heiligenhaus hat seit ihrem Erbauungsjahr 1780 viele Mondfinsternisse durchlebt. Die partielle Mondfinsternis am 18. September 2024 ist nur eine davon. Hier lag der Fokus auf dem Wetterhahn.

600 mm | f16 | 1/30 s | ISO 500 | APS-C

neuen Tag ankündigt, symbolisiert er traditionell die Wachsamkeit, auch die Rückkehr des Lichts oder Christi. Der Mond wird nicht ewig im Schatten der Erde verweilen können, so ist die Rückkehr des Sonnenlichts auch hier garantiert.

**Astrosapes mit lunaren Landschaften und menschlichen Silhouetten** Ist der glückliche Umstand gegeben, dass sich eine Mondfinsternis tief am Horizont bei Mondaufgang oder -untergang abspielt, können Sie hervorragend mit menschlichen Silhouetten arbeiten. Bei Astrosapes mit terrestrischen Landschaften und menschlichen Artefakten ist das himmlische Bühnenbild bereits vorgegeben. Die Arbeit mit Menschen ist dagegen eine bewusst inszenierte, künstlerische Ausdrucksweise. Hier sind der Fantasie keine Grenzen ge-



Wie aus einem Science-Fiction-Film: Der Rheinturm in Düsseldorf wirkt bei der partiellen Mondfinsternis am 26. April 2013 wie ein Raumschiff vor der lunaren Landschaft. Eine surreal anmutende Szene.

500 mm | f9 | 1/200 s | ISO 1000 | 1,4-fach-Telekonverter



**Mondengel: die totale Mondfinsternis am 16. Mai 2022 in Laibach  
(Modell: Korlan Ablaissova)**

200 mm | f4 | 1/60 s | ISO 200 | APS-C | 2-fach-Telekonverter

setzt: Von realistischen Darstellungen bis zu surrealen Welten vor der verfinsterten Mondoberfläche können Sie alles umsetzen.

Um mit der Mondoberfläche als Erzählebene zu arbeiten, soll die Mondscheibe in dem Bildfeld groß erscheinen. Der Einsatz von langen Telebrennweiten ab 600mm wird zwingend notwendig. Ein Mensch von etwa 1,80m Größe muss rund 207 Meter von der Kamera entfernt stehen, damit er genau in die Mond-

scheibe passt. Damit die Fotomodelle die Mondscheibe nicht komplett ausfüllen, sondern auch ein wenig Bewegungsfreiheit haben, sollte ihre Entfernung sogar zwischen 300 und 700 Metern betragen. Nicht nur die Sonne, die Erde und der Mond reihen sich dabei auf einer Linie auf, sondern auch das Fotomodell und der Fotograf bzw. die Fotografin. Astronomische Apps wie *PhotoPills* oder *Planit Pro* können Ihnen dabei helfen, die notwendigen Positionen zu ermitteln.