Titelbild: **Merkur**, der merkwürdige innerste Planet des Sonnensystems, aufgenommen von der Raumsonde Messenger. *NASA* 

#### **REDAKTION IM EINSATZ**

#### Astronomie immer und überall

Jeden Tag ein astronomisches Erlebnis - das ist mein Motto. Mobile Ausrüstung ist dabei nützlich: So oft es geht beobachte ich die Sonne im  $H\alpha$ -Licht mit meinem kleinen Refraktor. Für unterwegs habe ich ein kleines Fernglas oder ein 8×21-Monokular mit Weißlicht-Sonnenfilter. Aber nicht immer braucht man ein optisches Hilfsmittel. Ich versuche mir jeden Tag Zeit zu nehmen für fünf Minuten Verbindung mit dem Kosmos, die Augen offen zu halten für jene kurzen Augenblicke ins All, die den meisten Menschen nicht einmal gewahr sind. Das ist vielleicht nur die Sonnenscheibe mit Fleck im dichten Nebel, der Aufgang des Vollmonds über der Autobahn oder der blinkende Sirius in einer Wolkenlücke. Für mich sind das kurze Momente des Innehaltens im Alltag, gerade wenn keine oder wenig Zeit ist: Auf dem Weg zur Arbeit, auf den Heimweg von einer Dienstreise, abends vor dem Restaurant.



Ich wandere gern, und dabei gibt es eigentlich immer ein astronomisches Erlebnis: ein Sonnenhalo, ein Regenbogen, der Halbmond am Taghimmel oder die Venus im Fernglas. Im Januar war ich in der Steiermark unterwegs. Beim abendlichen Abstieg ging der Blick Richtung Osten, und über dem heraufziehenden Erdschatten wetteiferte der Vollmond mit den schneebedeckten Gipfeln vor dem roten Abendhimmel. Es sind diese Momente, die für mich das Hobby ausmachen.

► Ronald Stoyan

Ronald Stoyan
Chefredakteur



#### Liebe Leserinnen, liebe Leser,

Merkur, der innerste Planet, passt irgendwie nicht recht zum restlichen Planetensystem um unsere Sonne. Er ist kleiner als der größte Mond Jupiters, besitzt eine auffällig exzentrische Bahn, eine ungewöhnlich langsame Eigenrotation – und auch seine Oberfläche gibt Rätsel auf. Michael Montenbrey betrachtet den merkwürdigen Planeten im Hauptartikel dieser Ausgabe näher, und widmet sich besonders den noch nicht ganz verstandenen Strukturen seiner verkraterten Oberfläche.

Man sagt, Kopernikus habe Merkur nie gesehen. In den kommenden Monaten gibt es zwei gute Gelegenheiten, dem epochalen Astronomen hier einen Schritt voraus zu sein: Mitte April wird der Planet für kurze Zeit am Abendhimmel sichtbar sein (Seite 25). Das Highlight wartet jedoch am 9. Mai: Dann zieht Merkur vor der Sonne vorbei (Seite 24)! Dieser seltene so genannte Merkurtransit ist jedoch nur mit einer sicheren Beobachtungsmethode zu sehen (Seite 38), widerstehen Sie unbedingt der Versuchung, CDs. Schweißerbrillen oder ähnlich unsichere Filter einzusetzen.

**Zum Merkurtransit laden wir alle Leser ein:** Senden Sie uns Ihre Bildergebnisse! Bereits in der Ausgabe Nr. 3 werden wir eine Bilderstrecke mit Ergebnissen veröffentlichen, die uns bis zum 10. Mai mittags erreichen. Wir berücksichtigen alle Einsendungen, die bis dahin auf unserer neuen Astrofoto-Community online sind.

Gutes Seeing und viel Erfolg!

Ronald Stoyan

PS: **Zur ersten Ausgabe von Abenteuer Astronomie** haben wir durchwegs positive Kommentare erhalten – vielen Dank dafür! Bitte empfehlen Sie uns weiter: Wenn Sie uns ein neues Abonnement vermitteln, winken lukrative Buchpreise für Sie. Informationen dazu auf www.abenteuer-astronomie.de.

# **Abenteuer Astronomie 2** MERKWÜRDIGER Der rätselhafte innerste Planet des Sonnensystems

#### Wissen

#### First Light

- 8 Glitzernde Carina
- 10 Keine Grenzen aus dem All?
- 11 Punktlandung einer Raketenstufe!

April/Mai 2016

Fischers fantastische Zahlen

12 46 Milliarden Pixel

Fragen an Freistetter

13 Wo beginnt der Weltraum?

#### Hauptartikel

#### 14 Merkwürdiger Merkur

Der rätselhafte innerste Planet des Sonnensystems

Müllers Universum

20 Was sind Gravitationswellen?

Astro-ABC

21 A wie Abendstern

## Fötterbote vor

der Sonne

**Den Merkurtransit am** 9. Mai beobachten

#### Himmel

#### Wichtige Ereignisse

- 24 Planet vor der Sonnenscheibe
- 25 Rot und tief im Süden
- 25 Abendgastspiel eines Exzentrikers

#### Aktuell im Sonnensystem

- 26 Der Mond im April/Mai
- 27 Die Planeten im April/Mai
- 28 Sonne aktuell
- 29 Kometen aktuell
- 30 Planeten aktuell

#### letzt am Abendhimmel

- 33 Sternbild-Streifzüge
- 34 Mond-Spaziergang
- 35 Fernglas-Wanderung
- 36 Deep-Sky-Schätze Stadtbeobachter
- 37 Deep-Sky-Schätze Landbeobachter

#### **Praxis**

Spix' Spechteltipps

38 Götterbote vor der Sonne

Deep-Sky-Lieblingstour

#### 40 Drei Milliarden Jahre in die Vergangenheit

Eine Reise von nahen Galaxien zum fernen Blazar

#### Artikel

44 Winterkomet im Bild

#### Astrophysik live

46 Einem Schweifstern auf der Spur

#### Einsteiger?

Sie sind neu im Hobby? Wir haben viele Beiträge

im Heft speziell für Neulinge. Überall dort, wo Sie dieses Symbol sehen, finden Einsteiger maßgeschneiderte Informationen!



#### Technik

Dittlers Fotoworkshop 50 Welche Kamera für den Einstieg?

Dittiés Idee

52 Weg mit dem Adapterchaos

Teleskop-Tuning

53 Okularauszug im Fokus

Artikel

54 Hermes meets Helios 62 Geheimtipp aus China

Praxischeck

57 Fotomaschine für Deep-Sky-Freaks

60 Optikspaß für Tag und Nacht

Weigands Techniktipps

66 Refraktion und Seeing besiegen

#### Artikel

#### 70 Abheben mit SOFIA

Bericht einer astronomischen Reise der anderen Art

Mein bestes Astrofoto

74 Ins Schwarze getroffen

Leser-Galerie

76 Nebelreiche

Rückblick

78 Atmosphärisches

#### Space Checker

Unsere Rubrik für Kids von Kids Experiment Eierlandung, Seite 82

#### Interview

80 »Müssen ältere Sternfreunde das Beobachten aufgeben, Herr Preiffer?«

Space Checker

82 Abgehoben!

Netznews

84 Tiefer Fall

**Diskurs & Diskussion** 

86 Der helle Wahnsinn

Vor 100 Ausgaben

87 interstellarum 2

#### Bericht

89 Optimale Ausrüstung – optimale Ergebnisse

#### Astronomie vor Ort

90 Neuigkeiten und Veranstaltungen unserer Partner-Sternwarten

#### Astro-Puzzle

91 Raten und gewinnen!

#### Marktplatz

92 Novitäten und Nachrichten von Herstellern und Händlern

#### Rezensionen

94 Der Weg zum Mars

94 Solar Walk

#### Rubriken

- 3 fokussiert
- 88 Termine
- 98 Vorschau
- 98 Kontakt
- 98 Impressum
- 98 Hinweise für Leser



# Glitzernde Carina

#### Südhimmel-Sternhaufen glänzt

• Welch ein Sternenglanz im Carina-Nebel am Südhimmel! Kein Wunder: Der offene Sternhaufen Trümpler 14 gehört zu den reichsten (rund 2000 Sterne), jüngsten und sternbildungsfreudigsten der Milchstraße. Nun lassen die gerade einmal 500.000 Jahre alten blauen Sterne das umgebende Gas, aus dem sie einst entstanden waren, farbig aufleuchten – aber Vorsicht: Dieses Bild der Advanced Camera for Surveys des

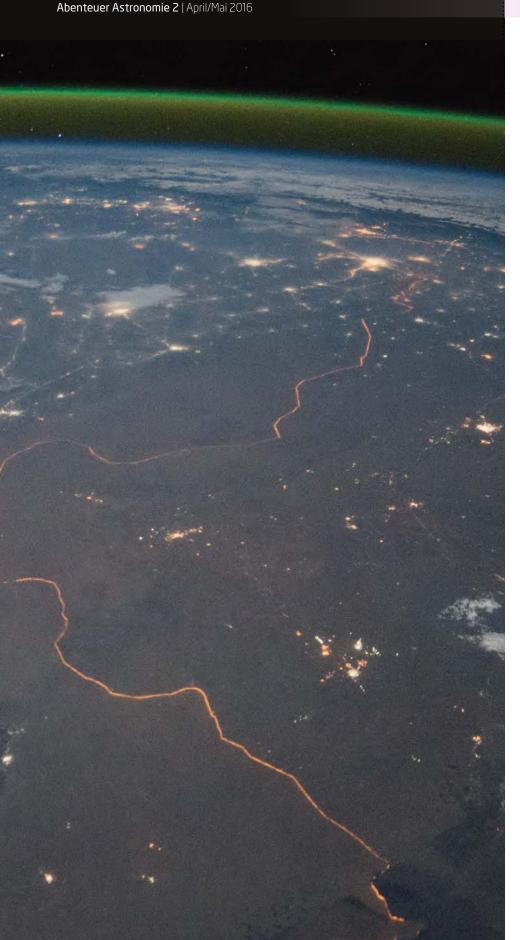
Hubble Space Telescope zeigt nicht ganz die echten Farben. Blau, Grün und Rot erscheinen in dieser Darstellung zwar korrekt, aber ein vierter nahinfraroter Kanal bei 850nm Wellenlänge wurde violett eingefärbt und addiert. Sinn der Sache: möglichst optimal die Strukturen des Nebels wie seine Chemie ins Bild zu setzen – und das bei einer Entfernung von 8000 Lichtjahren.

## KEINE GRENZEN AUS DEM ALL?

Dieser Planet ist zweifelsfrei bewohnt ...

Aus dem Erdorbit erkenne man keine Grenzen zwischen den Ländern mehr, und die Menschheit möge sich doch als eine fühlen: Auf dieses Mantra verzichtet kaum ein Astronaut. Aber so ganz korrekt ist es nicht, vor allem nachts. So lassen sich Nord- und Südkorea dann sehr leicht dadurch unterscheiden, dass es im Norden fast kein künstliches Licht gibt, im Süden dagegen viel zu viel. Und eine Grenze auf dem Planeten

leuchtet gar ganz direkt: Der Grenzzaun zwischen den asiatischen Erzfeinden Indien und Pakistan wird von zahllosen Scheinwerfern taghell angestrahlt. Irgendwann ist dann auch das als Motiv nächtlicher Astronauten-Fotografie der Erde entdeckt worden, so wie hier von der ISS-Expedition 45 im letzten September. Über allem Irdischen unbeeindruckt der permanente grüne Bogen des Airglows.



#### **PUNKTLANDUNG** einer Raketenstufe!



▲ Ein echter Meilenstein der Raumfahrtgeschichte in der Nacht zum 22. Dezember 2015 auf einer Plattform in Cape Canaveral: Nachdem sie – zusammen mit einer Oberstufe – mehrere Satelliten im Erdorbit ausgesetzt hat, kehrte die erste Stufe einer Falcon 9 zu ihrem Weltraumbahnhof zurück und legte dort eine Punktlandung hin. Seither sind ihre Triebwerke bereits ein weiteres Mal am Boden gezündet worden, fast ohne Probleme. Nun kommt sie wohl in ein Museum, aber künftige Falcon-Unterstufen könnten tatsächlich mehrfach Satelliten transportieren: Das Geschäftsmodell von SpaceX entwickelt sich noch. Dass gleich der nächste Landeversuch – auf einer schwimmenden Plattform – wieder einmal haarscharf misslang, trübt die Freude jedenfalls nicht.

#### INTERAKTIV



**Daniel Fischer** ist Redakteur bei Abenteuer Astronomie und unser Mann für die wahrhaft astronomischen Zahlen. Sie können ihn befragen über <u>redaktion@abenteuer-astro-</u> <u>nomie.de</u> oder unsere Facebook-Seite.

₾ Kurzlink: oclm.de/fa

#### Die schnellsten Raumsonden aller Zeiten

1

sonde ► Helios-Sonnensonden

Geschwindigkeit ► bis zu 70,2 km/s

ort ▶ in nahen Sonnen-Orbits

2

sonde ► New Horizons

Geschwindigkeit > 45 km/s (abnehmend)

ort ▶ von der Sonne weg, beim Start

3

Sonde ► Voyager 2

Geschwindigkeit > 36 km/s (abnehmend)

ort ➤ von der Sonne weg, beim Start

#### Und kommende Missionen werden noch schneller sein:

0

Sonde ➤ Juno (diesen Juli)

Geschwindigkeit ► bis zu 71,5 km/s

Ort > auf den Jupiter zu

2

Sonde ► Solar Probe Plus (2018)

Geschwindigkeit ► bis zu 200 km/s

Ort > in sehr nahem Sonnen-Orbit

#### **SURFTIPPS**

- Schnellste Sonden
- Galactic Disk Survey-Viewer
- Galaxie W2246-0526

#### Fischers fantastische Zahlen

## 46 Milliarden Pixel

besitzt das größte Bildmosaik eines Teils des Himmels: die Galactic Disk Survey der Universität Bochum, die fünf Jahre lang mit zwei ferngesteuerten 150mm-Refraktoren in Chile durchgeführt wurde, dem Robotic Bochum Twin Telescope (RoBoTT). 1323 Quadratgrad der südlichen Milchstraße wurden dabei bis zu 272-mal aufgenommen: Es ging um die massenhafte Suche nach veränderlichen Sternen mit ungewöhnlichen Lichtkurven. Die dabei entstandene Himmelskarte lässt sich nun mit einem speziellen Betrachtungstool im Webbrowser bequem durchforsten.

Lehrstuhl für Astrophysik, RUB



Abb. 1: **Ein kleiner Ausschnitt aus der Galactic Disk Survey** mit Eta Carinae zeigt das Potenzial dieser Himmelsdurchmusterung.

## 350 Billionen Mal

soviel Leuchtkraft wie unsere Sonne hat die Galaxie W2246-0526, was sie zur leuchtkräftigsten im ganzen bekannten Universum macht: Die Milchstraße hat dagegen eine Leuchtkraft, die nur ein paar Dutzend Milliarden Sonnen entspricht. Auch die Entfernung der Rekordgalaxie ist gewaltig: Die Rotverschiebung von 4,6 bedeutet, dass ihr Licht 12,4 Milliarden Jahre unterwegs war und wir sie heute so sehen wie 1,3 Milliarden Jahre nach dem Urknall. W2246-0526, das zeigen die neuesten Untersuchungen, flog damals bereits regelrecht auseinander: In ihrem Zentrum war schon ein Supermassives Schwarzes Loch gewachsen, dessen schiere Energie Gas und Staub der Galaxie in den Raum jagte. Bald dürfte an dieser Stelle ein heller Quasar aufleuchten.

#### Wo beginnt der Weltraum?

ie US-Air-Force definiert jeden als »Astronaut«, der es in eine Höhe von 50 Meilen, also 80 Kilometer über den Meeresspiegel geschafft hat. Das ist allerdings eine recht willkürliche Grenze ohne physikalische Grundlage. Genausogut könnte man den Weltraum in 75 oder 85 Kilometern Höhe beginnen lassen. Eine Grenze zu definieren ist aber auch dann schwierig, wenn man sich nach wissenschaftlichen Kriterien richtet.

Die NASA hält sich an eine Definition, die von der Fédération Aéronautique Internationale (FAI) festgelegt worden ist und die Grenze bei einer Höhe von 100 Kilometern ansetzt. Grundlage dafür sind Überlegungen des Physikers Theodore von Kármán, der sich mit dem Unterschied zwischen Luftfahrt und Raumfahrt beschäftigt hat.

Je höher ein Flugzeug fliegt, desto dünner wird die Atmosphäre und desto schneller muss es fliegen, damit es nicht abstürzt. Irgendwann wird die Luft aber so dünn und das Flugzeug müsste so schnell fliegen, dass es sich schneller bewegt als die in dieser Höhe notwendige Orbitalgeschwindigkeit. Die (dünne) Luft spielt dann keine Rolle mehr für den Flug und allein die

Zentrifugalkraft reicht aus, um es über der Erde und in einer Umlaufbahn zu halten. Das passiert bei etwa 100 Kilometern Höhe und darum wurde dort die Grenze zwischen Erdatmosphäre und Weltraum gezogen und Kármán-Linie genannt.

Die FAI ist allerdings keine staatliche Behörde und ihre Definition nicht verbindlich – und rein physikalisch auch nicht zwingend. Denn die Atmosphäre der Erde hört nicht irgendwo einfach abrupt auf. Sie wird einfach immer dünner und dünner, je weiter man nach oben kommt. Und sie reicht weit über die Kármán-Linie hinaus! In 400 Kilometer Höhe, dort, wo sich auch die Raumstation ISS befindet, ist nicht mehr viel von ihr zu spüren. Es ist definitiv nicht mehr genug Atmosphäre da, um darin zu atmen – aber doch noch genug, um Objekte, die sich dort bewegen, ein klein wenig abzubremsen.

Sich selbst überlassen würden Satelliten oder eben die Raumstation dadurch irgendwann auf die Erde fallen. Damit das nicht passiert, muss die ISS regelmäßig von angedockten Raumschiffen wieder ein bisschen an- und auf eine höhere Umlaufbahn zurückgeschoben werden. Satelliten, die aus bestimmten Gründen in diesen erdnahen





Florian Freistetter ist der bekannteste Astronomie-Blogger im deutschen Sprachraum. In seinem Blog Astrodictum Simplex beantwortet er regelmäßig Fragen seiner Leser. Dies wollen wir an dieser Stelle aufgreifen: Stellen Sie Florian Freistetter Ihre Fragen zu astronomischen Themen und schreiben Sie uns an redaktion@abenteuer-astronomie.de oder über Facebook. Eine Auswahl davon wird an dieser Stelle in den nächsten Heften beantwortet.

↑ Kurzlink: oclm.de/fa

Bereichen herumfliegen müssen, überleben nicht lange.

Die Frage »Wo beginnt der Weltraum?« lässt sich also nicht so einfach beantworten. Und vielleicht gibt es auch gar keine eindeutige Antwort. Sie ist auch eigentlich gar nicht nötig. Die Erde existiert eben nicht getrennt vom Rest des Universums, sondern ist ein Teil davon. Der Weltraum ist nicht »irgendwo da draußen« – wir sind mitten darin! Man könnte ebenso und mit einer gewissen Berechtigung behaupten: Der Weltraum beginnt genau hier, direkt vor unseren Füßen. Natürlich sind die Bedingungen auf dem Erdboden andere als hoch oben auf der Raumstation. Und es wäre vermessen. uns alle als »Astronauten« zu bezeichnen. Aber anstatt irgendeine mehr oder weniger willkürlich gezogene Grenze zu definieren, können wir das Konzept so einer Grenze auch einfach ignorieren. Alles, was im Universum passiert, betrifft auch uns hier auf der Erde. Der Weltraum beginnt direkt vor unseren Augen!



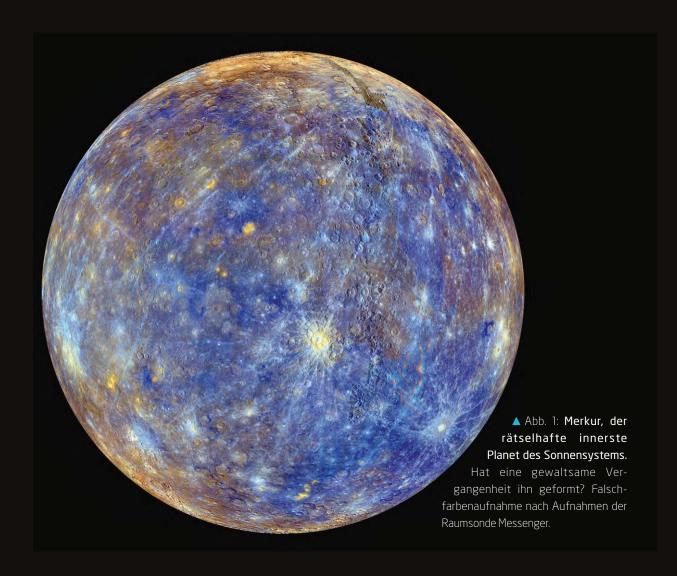
▲ Abb. 1: **Die Grenze des Weltraums ist fließend,** wie diese Aufnahme der Mondsichel über der Erdatmosphäre aus 335km Höhe eindrucksvoll zeigt.

► Florian Freistetter

# MERKWÜRDIGER MERKWÜRDIGER MERKWÜRDIGER

Der rätselhafte innerste Planet des Sonnensystems

Am 9. Mai 2016 lässt sich von unseren Breiten ein besonders Ereignis beobachten. Der sonnennächste Planet Merkur überquert während eines Transits die Sonnenscheibe. Was wissen wir eigentlich über den innersten Planeten? Ist er nur eine heiße Wüste mit Kratern? Oder versteckt sich mehr unter seiner vernarbten Oberfläche?



/lohns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington

▲ Abb. 3: Falschfarbenaufnahmen Merkurs durch Messenger. Die Raumsonde wurde zu intensiven Spektralanalysen von Merkurs Exosphäre und Oberfläche herangezogen. Schließlich galt es zu klären, woraus beide aufgebaut sind. Die Falschfarben stellen die unterschiedlichen Bestandteile dar. Zur besseren Zuordnung wurden die Messergebnisse über Kompositaufnahmen der gesamten Merkuroberfläche gelegt.

twa zur Mittagszeit des 9. Mai dieses Jahres können wir Zeuge eines besonderen Ereignisses werden – einem Merkurtransit. In dessen Verlauf zieht Merkur vor der gigantischen Sonnenscheibe vorüber und lässt sich dort als winzig kleine schwarze Scheibe ausmachen, die innerhalb weniger Stunden über die Sonne wandert. Über den Merkurtransit wird in diesem Heft ausführlich berichtet (Seite 24, 38 und 54).

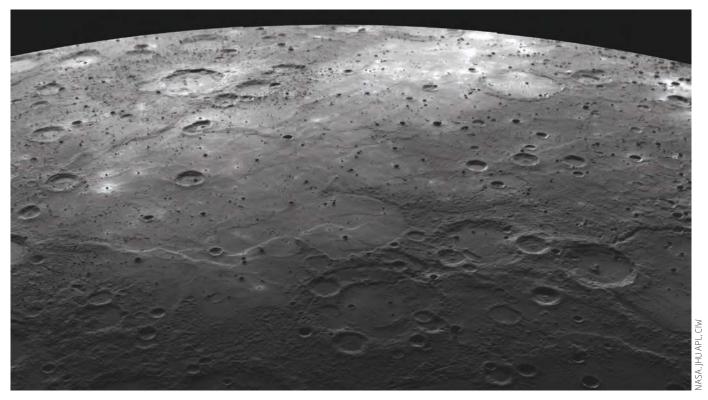
#### Der kleine Unbekannte

Merkur gehört in der Tat zu den am wenigsten erforschten Orten in unserem Sonnensystem. Seine Nähe zur Sonne stellt eine besondere Herausforderung dar: Erdgebundene Beobachtung ist schwierig, da die intensive Strahlung, die von unserem Zentralgestirn ausgeht, die empfindlichen Detektoren der Teleskope schädigen kann. Für Raumsonden ist die Region um Merkur ebenso gefährlich, nicht zuletzt durch eben

jene hohe Strahlungsintensität und die extremen Temperaturen, denen sie ausgesetzt wären. Letztlich wurden bislang erst zwei Raumsonden, Mariner 10 und Messenger, erfolgreich zu Merkur gesandt. Doch sie haben uns eine faszinierende und widersprüchliche Welt offenbart.

#### Eine heiß-kalte Beziehung

Die Umgebung, in der sich Merkur aufhält, ist sehr unwirtlich. Als sonnennächster



▲ Abb. 3: **Blick auf die Kraterlandschaften Merkurs** durch die Raumsonde Messenger. Der innerste Planet ist von Kratern und Meeren, ähnlich unserem Mond, übersät. Der kleine Planet blickt auf eine verheernde gewaltsame Vergangenheit zurück.

Planet zieht er in einem mittleren Abstand von etwa 58 Millionen Kilometern (0,387AE) in knapp 88 Tagen einmal um die Sonne. Aber bereits bei seiner Umlaufbahn erweist sich der kleine Planet als besonders, ist sie doch von den typischen Charakteristika der restlichen Planeten verschieden.

Die Bahnen der anderen Planeten bilden zwar Ellipsen, kommen einer Kreisbahn jedoch recht nahe. Merkur weicht mit einer Exzentrizität von etwa 0,2 deutlich von einer solchen ab. Mars, der Planet mit der zweitexzentrischsten Bahn, ist mit etwa 0,09 einer Kreisbahn näher. Was bedeutet eine solch exzentrische Bahn? Merkur kommt an seinem sonnennächsten Punkt (Perihel) unserem Zentralgestirn immerhin auf knapp 46 Millionen Kilometer nahe, wohingegen er im sonnenfernsten Punkt (Aphel) bis auf etwa 69,8 Millionen Kilometer hinausgetragen wird. Dies hat zum Teil dramatische Konsequenzen für die Temperaturen auf Merkurs Oberfläche, die zwischen +427°C im Perihel und +250°C im Aphel auf der Sonnenseite schwanken können. Auch die Temperaturdifferenz von Tag und Nacht ist einzigartig im Sonnensystem: Nachts können die Temperaturen

bis zu –170°C absinken. Auf keinem anderen Planeten ist der Unterschied so groß.

#### Aus der Bahn geworfen

Aber nicht nur das, auch die Bahnneigung Merkurs ist mit etwa 7° gegenüber der Erdbahnebene (Ekliptik) ungewöhnlich hoch. Alle anderen Planeten bewegen sich deutlich näher in eben jener Ekliptik. Venus beispielsweise besitzt mit 3,4° die zweithöchste Bahnneigung unter den Planeten unseres Sonnensystems. Diese niedrigen Bahnneigungen sind der gemeinsamen Entstehung der Planeten aus

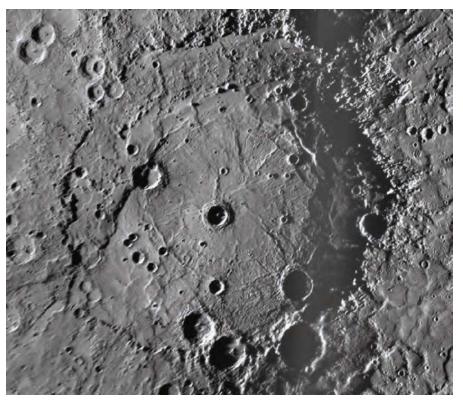
#### **Q** IM DETAIL

#### Die Bahn und Zukunft Merkurs

Merkur hat im Vergleich zu den anderen Planeten eine stark elliptische Umlaufbahn. Die anderen Planeten des Sonnensystems stören seine Umlaufbahn durch ihre jeweiligen gravitativen Einflüsse. Dies ist insofern nicht besonders, als dies für jedes Objekt im Sonnensystem gilt. Interessant ist dabei aber anzumerken, dass hierdurch die große Bahnachse eine rechtläufige Drehung in der Bahnebene vollzieht. Genau genommen handelt es sich anschaulich eher um eine Rosettenbahn als eine Ellipsenbahn.

Interessant ist vor allem aber der gravitative Einfluss des Gasriesen Jupiter mit seiner enormen Masse auf den Winzling Merkur-Jupiter ist knapp 28 Mal so groß wie Merkur. Die Astronomen Batygin und Laughlin sowie Laskar haben die Zukunft Merkurs mit Hilfe von Computersimulationen berechnen lassen. Dabei kam Überraschendes heraus: In etwa einer Milliarde Jahren könnte es Jupiter gelingen, Merkur aus seiner heutigen Umlaufbahn zu werfen. Sein gravitativer Einfluss erweitert dabei schrittweise Merkurs Bahnexzentrizität, bis seine Umlaufbahn schließlich die der Venus kreuzt.

Was könnte nun passieren? Merkur könnte in die Sonne stürzen, aus dem Sonnensystem geworfen werden oder mit Venus oder der Erde kollidieren. Es wäre auf jeden Fall kein Happy End für ihn. Die Berechnungen zeigen aber auch, dass nicht klar ist, ob diese Ereignisse noch rechtzeitig eintreten können, bevor sich unsere Sonne zu einem Roten Riesen aufbläht und Merkur und die anderen inneren Planeten ohnehin verschlingt.



▲ Abb. 4: Der größte Krater Merkurs, Rembrandt, mit einem Durchmesser von 716km

einer relativ flachen planetaren Scheibe in der Frühphase unseres Sonnensystems geschuldet.

Merkurs Bahnparameter fallen aus dem planetaren Rahmen und entsprechen eher denen von Zwergplaneten wie Pluto oder Eris. Dies wirft zwangsläufig Fragen zur Entstehung und Herkunft des Planeten auf. Ist er wirklich gemeinsam mit den anderen entstanden? Falls ja, was hat ihn so »aus der Bahn geworfen«?

#### Ein Planet ohne Jahreszeiten?

Eine weitere Merkwürdigkeit findet sich in seiner Achsneigung oder vielmehr in dem

Nicht-Vorhandensein derselben. Alle Planeten unseres Sonnensystems zeigen eine mehr oder wenig stark ausgeprägte Neigung ihrer Rotationsachse - unsere Erde um etwa 23°, die der restlichen schwanken zwischen ungefähr 23° und 177°. Jupiter bildet eine Ausnahme, weil seine Achse fast senkrecht steht, aber immer noch um knapp 3° gekippt ist. Merkur ist der einzige Planet, dessen Rotationsachse praktisch senkrecht zu stehen scheint (lediglich 0,027°). Dies und seine Umlaufbahn führen zu einigen weiteren interessanten Effekten.

Stellen wir uns vor, wir befänden uns als Beobachter an einem seiner Pole. Wir würden die Sonne nie mehr als etwa 2,1 Bogenminuten über den Horizont steigen sehen. Ist das viel? Um sich dieses Schrammen am Horizont zu veranschaulichen, können wir einen Himmelsabschnitt über einen der ausgestreckten Finger unserer Hand anpeilen. Dies entspricht ungefähr 90 Bogenminuten. Befinden wir uns hingegen an einem anderen Punkt der Planetenoberfläche, so können wir beobachten, dass die Sonne am Merkurhimmel eine rückläufige Schleifenbewegung durchführen kann. Die Sonne geht auf, bewegt sich ein Stück über den Himmel und kehrt dann ihre Bewegung um. Und dies alles während eines einzigen Merkurtages, der etwa 58 Erdentagen entspricht.

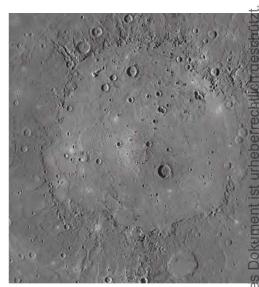
#### Die Sonne läuft rückwärts

Dies widerspricht unserer eigenen Erfahrung auf der Erde, wo die Sonne eine nahezu konstante Bahn über den Himmel zieht. Wie kommt eine solche Schleife zustande? Nähert sich Merkur seinem Perihel, steigt seine Bahngeschwindigkeit (Winkelgeschwindigkeit), bis sie schließlich im sonnennächsten Punkt ihr Maximum erreicht. Dabei tritt etwa vier Tage vorher der Fall ein, dass sich Bahngeschwindigkeit und Rotationsgeschwindigkeit entsprechen. Die Sonne kommt auf ihrer scheinbaren Bahn am Merkurhimmel zum Stillstand. Die Bahngeschwindigkeit beginnt danach die Rotation zu übersteigen: Die Sonne bewegt sich rückläufig.

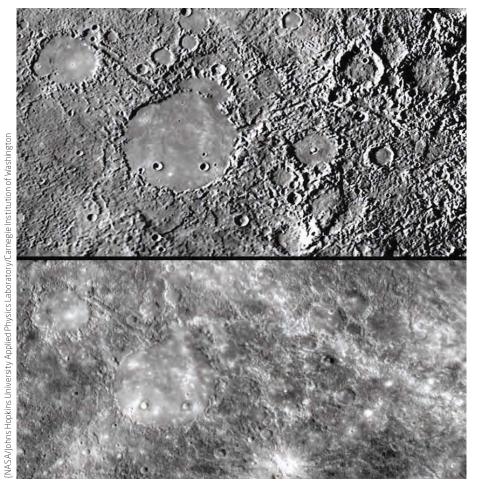
Durch die gekippten Rotationsachsen der anderen Planeten kommt es durch die ungleichmäßige Bestrahlung von bestimmten Teilen der Oberfläche während eines Umlaufes um die Sonne zur Entstehung von Jahreszeiten. Bei Merkur ist dies nicht möglich. Feh-



▲ Abb. 5: **Der Krater Apollodorus,** auf Grund seines Aussehens auch »Spinne« genannt, fotografiert von der Raumsonde Messenger. Er befindet sich beim Caloris-Becken.



▲ Abb. 6: Aufnahme der Messenger-Sonde des riesigen, 1550km großen Caloris-Beckens.



▲ Abb. 7: Das »Weird Terrain« gegenüber dem Caloris-Beckens (in den Aufnahmen rechts von dem großen Krater zu finden): Eine chaotisch wirkende Ansammlung unregelmäßig geformter Hügel von etwa jeweils 1km Höhe. Es ist vermutlich infolge geologischer Verwerfungen des großen Einschlags entstanden, der das Caloris-Becken formte. Die obere Aufnahme stammt von der Raumsonde Mariner 10. Die jüngere Sonde Messenger nahm dasselbe Gebiet ins Visier (untere Aufnahme).

len auf ihm also Jahreszeiten? Zwar ist seine Achse nicht geneigt und Jahreszeiten wie auf der Erde können nicht entstehen, doch variiert die Strahlungsintensität auf Grund der elliptischen Bahn zum Teil erheblich. Im Perihel trifft etwa doppelt so viel Energie von der Sonne auf die Oberfläche wie im Aphel. Das Ergebnis sind Jahreszeit-ähnliche Phänomene auf Merkur.

#### Eine flüchtige Atmosphäre

Merkur ist zu klein und zu heiß, als dass er eine Atmosphäre für längere Zeit an sich binden könnte. Selbst der etwa eineinhalb Mal so große und deutlich kühlere Mars kann dies nur eingeschränkt. Dennoch ist eine solche bei Merkur nachweisbar, die zahlreiche Moleküle wie Wasserstoff, Helium, Sauerstoff etc. aufweist. Ein Widerspruch? Keineswegs! Im eigentlichen Sinn handelt es sich bei dem beobachteten Phänomen nicht um eine Atmosphäre. Man spricht eher von einer »Exosphäre«, die in keiner Phase ihrer Existenz stabil ist. Permanent gehen Teile

davon verloren, indem sie an den interplanetaren Raum abgegeben werden. Zur gleichen Zeit wird sie wieder und wieder mit neuen Molekülen aufgefüllt.

Man nimmt an, dass Wasserstoff und Helium kontinuierlich über den Sonnenwind zugeführt werden, den Teilchenstrom von der Sonne, der mit starker Vehemenz auf das Magnetfeld des Planeten trifft. Die anderen Bestandteile der Exosphäre werden von der Oberfläche freigesetzt. Die hohen Temperaturen und die intensive Strahlung der Sonne führen zu Ausgasungen. Zudem können Einschläge von Mikrometeoriten Moleküle freisetzen. In den Tiefen von Kratern, wo kaum Sonnenlicht vordringt und nahezu ewigwährender Schatten herrscht, konnte sogar Wassereis durch Radarbeobachtungen und die beiden Raumsonden Mariner 10 und Messenger ermittelt werden.

#### Ein zernarbtes, erstarrtes Antlitz

Die Oberfläche Merkurs unterscheidet sich auf den ersten Blick nicht sehr von der

unseres Mondes. Sie ist übersät mit Kratern verschiedenster Größe. Ihre Verteilung scheint nur gleichmäßiger zu sein als auf unserem Begleiter. Hinzu kommen weitläufige Ebenen, die den Meeren des Mondes entsprechen. Die hohe Dichte der Krater wurde durch das Fehlen einer Atmosphäre begünstigt, die ansonsten kleinere Meteoriten abgefangen hätte. Ebenso spricht eben jene hohe Anzahl für eine sehr alte Oberfläche, die sich seit der Entstehung Merkurs vor etwa 4,5 bis 4 Milliarden Jahren kaum verändert hat.

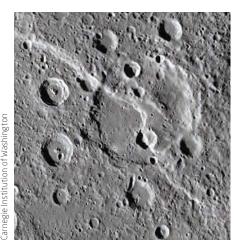
Lange Zeit waren detaillierte Informationen über Merkurs Oberfläche rar. Sie besteht aus rauen, porösen und dunklen Gesteinen, die lediglich 6% des Sonnenlichts reflektieren. Erdgebundene Beobachtungsmethoden waren stark beschränkt. Mariner 10, die als erste Raumsonde den Planeten besuchte, war lediglich in der Lage 45% seiner Oberfläche während ihrer drei Vorbeiflüge zu kartieren. Mit Hilfe von Messenger gelang es dann schließlich bis 2008 immerhin 95% der Oberfläche zu erfassen.

Dabei offenbarten sich interessante Strukturen. Rembrandt ist der mit 716km im Durchmesser größte Krater auf Merkur. Der mit 42 Kilometern Durchmesser deutlich kleinere Krater Apollodorus zog dennoch auf Grund seiner näheren Umgebung sofort die Blicke der Betrachter auf sich. Er ist von zahlreichen tiefen Rinnen umgeben, die von ihm auszugehen scheinen, was ihm auch den Beinamen »Spinne« einbrachte.

Etwas nördlich des Äquators findet sich ein riesiges, 1550km breites, kreisförmiges und flaches Becken, Caloris Planitia. Vermutlich entstand es vor etwa vier Milliarden Jahren infolge des Einschlags eines Körpers, der über 100km im Durchmesser maß. Dieser war so stark, dass Lava aus dem Planeteninneren austrat und sich mehrere konzentrische Ringwälle um den Ort des Einschlags bildeten. Das Becken wurde anschließend selbst durch Magma aus dem Inneren wieder aufgefüllt. Weitere ähnliche, aber kleinere solche Ebenen existieren.

#### Ein schrumpfender Planet

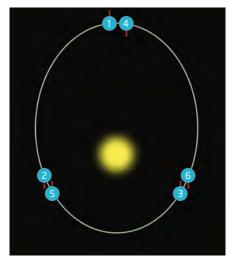
Merkurs Oberfläche besitzt zwei Alleinstellungsmerkmale, die, soweit bekannt, im Sonnensystem einzigartig sind. Dies ist zum einen das chaotisch wirkende »Weird Terrain« unregelmäßig geformter Hügel, das von Tälern zerschnitten ist. Es befindet sich der Caloris Planitia genau gegenüber. Es entstand vermutlich in Folge seismischer Aktivitäten, die durch den Einschlag ausgelöst wurden, der das Caloris-Becken formte.



VASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/

▲ Abb. 8: Merkurs Oberfläche wird neben Kratern von gigantischen Steilstufen (Rupes) dominiert, die vermutlich infolge eines Schrumpfprozesses entstanden sind, der sich nach seiner Entstehung abspielte. Die Aufnahme zeigt eine solche Steilstufe durch den Duccio Krater, der etwa 133km im Durchmesser ist.

Zum anderen trifft man auf dem gesamten Planeten immer wieder auf kilometerlange, etwa 2km hohe Steilstufen (»Rupes«). Sie ziehen sich über Ebenen und Krater hinweg. Doch wie kam es zu solchen Verwerfungen? Planetologen nehmen heute an, dass sie das Ergebnis eines Schrumpfprozesses des Planeten sind. Als Merkur entstand, war er wie die anderen terrestrischen Planeten heiß, da er durch heftiges Bombardement von



▲ Abb. 9: Merkur bewegt sich in komplizierter Weise um die Sonne. Für einen Umlauf benötigt er etwa 88 Tage, gleichzeitig ist aber seine Eigenrotation sehr langsam (etwa 59 Tage). Man spricht von einer 2:3-Resonanz, d.h. während zweier Umläufe um die Sonne dreht er sich exakt dreimal um die eigene Achse. Befindet man sich auf der Planetenoberfläche und beobachtet den Sonnenaufgang, so geht die Sonne erst nach zwei Umläufen wieder auf. Demzufolge beträgt ein Merkurtag lange 176 Erdentage.

Asteroiden aufgeheizt wurde. Nach diesem letzten schweren Bombardement, das vor etwa 4 Milliarden Jahren endete, konnte sich die Kruste des Planeten allmählich abkühlen und erstarren. Vermutlich reduzierte sich dabei der Radius des Planeten um zwei bis sieben Kilometer.

Heute ist die Oberfläche des Merkur erstarrt, von Meteoriteneinschlägen einmal abgesehen sind keine nennenswerten geologischen Veränderungen erkennbar. Eine Plattentektonik ähnlich der Erde oder irgendeine Form von Vulkanismus scheint es auf dem heutigen Merkur nicht mehr zu geben.

#### Das Rätsel des inneren Aufbaus

Merkur ist nicht nur der sonnennächste, sondern mit 4878km Durchmesser der kleinste Planet in unserem Sonnensystem. Selbst der Jupitermond Ganymed und Saturns Titan sind größer. Er besitzt aber für seine Größe eine eigentlich zu hohe Dichte (etwa 5,4g/cm³), was eher einem Planeten in Erdgröße entsprechen würde (Erde: 5,5g/cm³; Venus 5,2g/cm<sup>3</sup>). Vereinfacht gesprochen steigt normalerweise die Dichte eines terrestrischen Planeten mit zunehmender Größe, denn je größer bzw. massereicher ein solcher ist, desto stärker wird die Materie in ihm komprimiert. Etwas muss daher im Inneren Merkurs anders sein. Er besitzt, untypisch für einen erdähnlichen Planeten, einen sehr großen Eisen-Nickel-Kern, der etwa zu 65% aus Eisen besteht und gut 70% der Masse des Gesamtplaneten ausmacht. Auch die Verteilung zwischen Kern, Mantel und Kruste wirft Fragen auf. So wird vermutet, dass der Kerndurchmesser ungefähr 4100km beträgt, immerhin fast drei Viertel des Gesamtdurchmessers des Planeten. Den Kern umschließt ein sehr dünner, knapp 600km großer Mantel. Die Kruste darüber ist einige 10km dick. Bei der Erde sieht die Verteilung mit 54% Kern, 45% Mantel und 1% Kruste deutlich

Wie kann man sich diese extremen Abweichungen erklären? Schließlich hatten doch alle inneren Planten dieselben Ausgangsbedingungen. Die Beantwortung dieser Frage bringt uns an den Anfang unserer Betrachtung zurück. Wie entstand Merkur? Es gibt eine Vielzahl von Theorien. Aber alle deuten auf eine bewegte und gewaltsame Vergangenheit hin. In den gängigsten Modellen wird davon ausgegangen, dass im ursprünglichen Merkur, dessen Masse in etwa dem Doppelten des heutigen entsprach, die Verteilung und der Eisengehalt noch »normal« waren. Dann, in der Frühzeit des Sonnensystems vor etwa 4,5

Milliarden Jahren, wurde dieser »Urmerkur« von einem sehr großen Körper, sei es ein Asteroid oder Protoplanet, getroffen oder gestreift. Ein Großteil der Planetenkruste und des Mantels wurden dabei ins All gerissen. Zurück blieb vor allem der metallreiche Kern, wie wir ihn heute beobachten können.

#### Eine Welt aus Feuer

Andere Theorien gehen von weniger gewaltsamen Annahmen aus. So könnte der Urmerkur deutlich früher als die anderen terrestrischen Planeten entstanden sein, zu einer Zeit, als die junge Protosonne noch nicht ihren heutigen stabilen Zustand erreicht hatte. Der Urmerkur war auch hier deutlich massereicher und größer. Im Verlauf der Stabilisierung der jungen Sonne, so die Annahme, herrschten extreme Temperaturen von bis zu 10.000°C auf der Planetenoberfläche, die den Großteil des Planeten sprichwörtlich verdampfen ließen.

Ein deutlich exotischerer Erklärungsversuch besagt, dass Merkur ursprünglich gar kein Planet war, sondern vielmehr ein Mond der Venus. Infolge einer Kollision wurde er aus seiner Bindung zu unserem Nachbarplaneten herausgeschlagen und so auf seine untypische Umlaufbahn geworfen.

Welche Theorie der Wahrheit entspricht, vermag heute noch niemand mit Gewissheit zu sagen. Vielleicht wird die nächste geplante Raumsondenmission, »BepiColombo«, deren Start für 2017 avisiert ist, Licht ins Dunkel bringen und erste Antworten liefern.

► Michael Moltenbrey

- Podbregar, N., Lohmann, D.: Im Fokus: Sonnensystem: Eine Reise durch unsere kosmische Heimat, Springer Spektrum, 2014
- Rothery, D. A.: Planet Mercury: From Pale Pink Dot to Dynamic World, Springer, 2014
- Worlds in Collision, University of California-Los Angeles Press Release, 2008

#### **SURFTIPPS**

- · Messenger Mission Website
- BepiColombo-Mission
- · Mariner 10 Atlas of Mercury
- · A day on Mercury
  - <sup>↑</sup> Kurzlink: oclm.de/a1019

## Was sind Gravitationswellen?

m Donnerstag, den 11. Februar 2016 wurde Wissenschaftsgeschichte geschrieben und viele waren live dabei. Die Gerüchteküche brodelte ja schon ein halbes Jahr lang: Wurden mit dem Detektor LIGO tatsächlich zum ersten Mal Gravitationswellen direkt gemessen? Das war bislang unvorstellbar! Denn die Herausforderung an die Messtechnik, um dieses subtile Erzittern der Raumzeit festzustellen, ist gewaltig. Ich persönlich hätte keinen Cent darauf gewettet, dass am Gerücht etwas dran sein könnte und hielt es für einen PR-Gag – und sollte eines Besseren belehrt werden.

#### Gravitationswellen verbiegen das Raum-Zeit-Gefüge

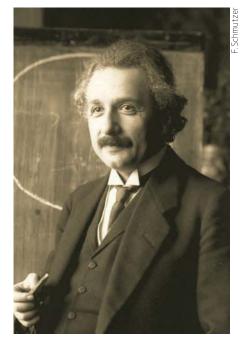
Gravitationswellen sind ein neues Wellenphänomen, das Albert Einstein 1916 auf der Grundlage seiner Allgemeinen Relativitätstheorie vorhergesagt hatte. Doch diese Wellen entzogen sich bisher hartnäckig jedem direkten Nachweis.

Eine gute Analogie stellen Oberflächenwellen dar. Wirft man einen Stein ins Wasser, so überträgt sich seine Bewegungsenergie, die sich als Kreiswellen ausbreiten. Nach Einstein entstehen Gravitationswellen immer dann, wenn Massen beschleunigt werden – im Prinzip auch dann, wenn Sie ruckartig Ihren Kopf schütteln. Die Wellen breiten sich in der vierdimensionalen Raumzeit aus, die von Länge, Breite, Höhe und Zeit aufgespannt wird.

Ihre Stirn wirft sich jetzt in Falten? Gut, dann stellen Sie sich bitte eine Perlenkette vor, die Sie kreisförmig auf einem Tisch auslegen. Kommt nun senkrecht von oben eine Gravitationswelle angesaust, dann dehnt und staucht sie abwechselnd die Perlenkette – allerdings nur um den Bruchteil eines Atomkerndurchmessers! Genau das ist die messtechnische Hürde, derart winzige Längenänderungen nachzuweisen. Andere Effekte wie Erdbeben oder ein vorbeifahrender Lastwagen müssen ausgeschlossen werden.

In unserer scheinbar so stabilen Welt wimmelt es von Gravitationswellen, die aus allen Richtungen auf uns hereinprasseln, weil ständig irgendwo im Kosmos Massen beschleunigt werden. Zum Glück ist die Raumzeit recht starr. Wäre sie dehnbar wie Kaugummi, würden wir ständig unsere Körpergröße und -dicke ändern. Nur sehr starke Erschütterungen der Raumzeit haben überhaupt die

Chance an die Nachweisschwelle zu kommen, so z. B. sich umkreisende Neutronensterne und Schwarze Löcher oder Sternexplosionen oder der Urknall selbst. Die Gravitationswellen breiten sich vom Entstehungsort mit Lichtgeschwindigkeit, also ca. 1 Milliarde km/h, aus.



▲ Abb. 1: **Er hat's vorausgesagt:** Gravitations-wellen sind seit Einsteins allgemeiner Relativitäts-theorie zumindest theoretisch bekannt. Nun wurden sie erstmals direkt gemessen.

#### Auf der Jagd nach Gravitationswellen

In den 1970er-Jahren bekam die Gravitationswellensuche Aufwind, denn Astronomen beobachteten, dass sich zwei Neutronensterne durch die Abstrahlung von Gravitationswellen immer enger umkreisten (Physik-Nobelpreis 1993). Somit waren Einsteins Wellen wenigstens indirekt bestätigt. Aber wie könnte man sie direkt »hören«?

Das Beispiel mit der Perlenkette macht klar, dass der Nachweis von Gravitationswellen letztlich eine hochpräzise Längenmessung darstellt; allerdings von einer Länge, die sich zeitlich aufgrund des Durchgangs einer Welle ändert. Die Gravitationswellenjäger benutzen dazu Laser-Interferometer, die ich in meinem Weblexikon näher beschreibe (vgl. Surftipps). Dazu gehören die Experimente GEO600 nahe Hannover und LIGO in den USA.

#### Die Sensation kam aus Washington – aber warum jetzt?

Nach den vielen Gerüchten kündigte das LIGO-Team eine Pressekonferenz in Washington für den 11. Februar 2016, 16:15 Uhr MEZ an. Ich verfolgte wie viele andere neugierig die Konferenz im Internet-Livestream. David Reitze (LIGO, CalTech) verkündete die Entdeckung mit den Worten: »We did it!«. Aber warum jetzt?

Eigentlich liegt die entscheidende Messung schon fünf Monate zurück, denn das Gravitationswellensignal wurde am 14. September 2015 aufgezeichnet. Danach folgte ein fünfmonatiger Analyseprozess. Die Wellenjäger mussten sich ja ihrer Sache sehr sicher sein. Unerlässlich sind bei der Analyse die Supercomputer-Simulationen, denn im kosmischen »Wellensalat« musste ja eine ganz spezielle Wellenform identifiziert werden, die eindeutig einem ganz bestimmten, kosmischen Ereignis zugeordnet werden konnte.

Im vorliegenden Fall waren es zwei Schwarze Löcher mit 36 und 29 Sonnenmassen, von denen man die letzten vier Umkreisungen und den finalen Verschmelzungsakt zu einem größeren Schwarzen Loch zufällig »mitgehört« hatte. Das Endprodukt hatte dann nicht 65, sondern nur 62 Sonnenmassen, d.h. das Energieäquivalent von atemberaubenden drei Sonnenmassen wurde in Form von Gravitationswellen abgestrahlt. Die beobachtete Maximalstrahlungsleistung der Gravitationswellen entspricht einer kleinen Galaxie, deren Sterne gleichzeitig als Supernovae explodieren – wahrlich ein Todestanz zweier Löcher mit finalem Paukenschlag! Die Messdaten ließen den Schluss zu, dass der Ursprungsort 1,3 Milliarden Lichtjahre von der Erde entfernt ist.

Die Entdeckung geschah im Herbst 2015, weil LIGO, das 1992 gegründet und immerhin schon seit 2002 im Messbetrieb ist, zu einer neuen, empfindlicheren Ausbaustufe namens »advanced LIGO« (aLIGO) ausgebaut wurde. Daran waren auch deutsche Wissenschaftler der Max-Planck-Gesellschaft stark beteiligt.

#### Wow! Und wie geht's jetzt weiter?

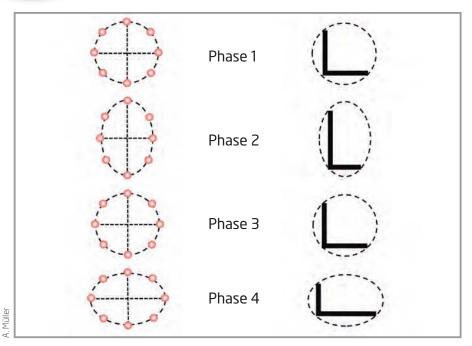
Klar, wer den Physik-Nobelpreis 2016 bekommen wird, oder? Ich würde das auch so sehen. Wie Kip Thorne im Livestream her-



#### INTERAKTIV

Andreas Müller ist Astrophysiker und beantwortet in seiner Kolumne Leserfragen zur Kosmologie. Wenn Sie sich in seiner Rubrik ein bestimmtes Thema wünschen, schreiben Sie an <u>redaktion@abenteuer-astronomie.de</u> oder auf unsere Facebook-Seite.

☼ Kurzlink: oclm.de/fa



▲ Abb. 2: **Verformung eines Materierings** (»Perlenkette«, links) und einer L-Form (rechts) infolge des Durchgangs eine Gravitationswelle.

vorhob, kommen aber viele Entdeckungen erst noch! Denn die Gravitationswellen machen uns auch den dunklen Kosmos zugänglich, der mit elektromagnetischen Wellen gar nicht beobachtbar ist. Ich bin sicher, dass die Gravitationswellenastronomie dieses Jahrhundert revolutionieren wird und gehe auch davon aus, dass wir mit ihr mehr über die rätselhafte Dunkle Materie und Dunkle Energie lernen werden.

Im Dezember 2015 startete die Weltraummission LISA Pathfinder (LPF), ein Projekt, das für das ESA-Nachfolgeprojekt eLISA Schlüsseltechnologien für Gravitationswellen-Interferometer im Weltraum testen soll. Eigentlich sollte eLISA erst 2034 gestartet werden, aber vielleicht führt der sensationelle Durchbruch nun dazu, dass man das Entdeckungspotenzial nun viel früher ausschöpfen will.

► Andreas Müller

#### SURFTIPPS

- · Fachpublikation zur Entdeckung
- LIGO-Website
- GE0600-Website
- Gravitationswellen im Online-Lexikon der Astrophysik des Autors

<sup>↑</sup> Kurzlink: oclm.de/a1021

#### Astro-ABC: A wie Abendstern

ieser Stern ist ein Planet! Zudem der hellste, die Venus. Sie taucht als Erstes am westlichen Himmel in der Abenddämmerung auf – wenn sie dort steht. Damit Venus zum Abendstern wird, muss sie sich östlich der Sonne aufhalten. Dann geht sie nach der Sonne im Westen unter.

Als innerer Nachbar im Planetensystem kann sie sich von der Erde gesehen maximal 47° von der Sonne entfernen. Fällt die Abendsichtbarkeit in die Monate Dezember bis Juni, kann Venus ihren Winkelabstand gut in Höhe über dem Horizont ummünzen. Sie ist dann bis zu viereinhalb Stunden nach Sonnenuntergang zu sehen. Steht sie im Herbst am Abendhimmel, bleibt sie nah

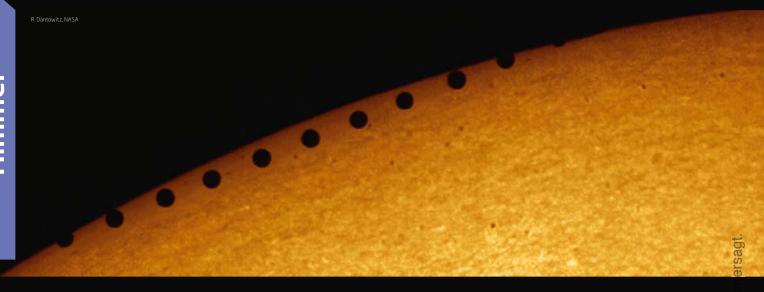


▲ Abb. 1 : **Venus** als Abendstern.

Venus spielt die Rolle des Abendsterns für einige Monate, dann zieht sie zwischen Erde und Sonne hindurch und wechselt an den Morgenhimmel, wo sie vor Sonnenaufgang als Morgenstern leuchtet. Venus ist also entweder Morgen- oder Abendstern; in seltenen Fällen, wenn sie nördlich an der Sonne vorbei zieht, sogar beides. Dass es sich bei Morgenund Abendstern um dasselbe Himmelsobjekt handelt, war schon in der Antike bekannt. Ab und zu punktet die Konkurrenz: Wenn Venus nicht sichtbar ist, kann auch der helle Jupiter die Rolle des Abendsterns übernehmen.

► Paul Hombach





## Planet vor der Sonnenscheibe

▲ Abb. 1: **Highlight** des Monats Mai: Merkur tritt vor die Sonne. Allerdings verläuft seine Bahn nicht so knapp am Rand wie im Jahr 1999.

#### Merkur vor der Sonne am 9. Mai

Am 9. Mai findet einer der seltenen Merkur-Durchgänge vor der Sonne statt. Der innerste Planet steht dann als tiefschwarzer Punkt vor der Sonnenscheibe – nur sichtbar mit einem sicher gefilterten Teleskop! Mit dem bloßen Auge und einer Finsternisbrille allein ist das Ereignis – anders als der Venustransit 2012 – nicht zu sehen.

Um ca. 13:12 MESZ berührt Merkur zum ersten Mal die Sonne, um 16:56 MESZ ist Merkur am tiefsten vorgedrungen, und gegen 20:40 MESZ endet der Durchgang. Nur

im Westen des deutschen Sprachraums steht die Sonne dann noch (wenige Grad) über dem Horizont, im Osten ist sie gerade untergegangen. Für die Beobachtung am spannendsten sind Ein- und Austritt: Dann kann es zum Tropfenphänomen kommen, einem optischen Effekt, der vorgaukelt, das bereits innerhalb der Sonnenscheibe stehende Merkurscheibehen sei noch durch einen Hals mit dem dunklen Hintergrund verbunden.

Merkurs Transite erfolgen in Zyklen: Zwar tritt Merkur mit seinen 88 Tagen Umlaufszeit im Prinzip alle 116 Tage zwischen Sonne und Erde, doch seine um 7° geneigte Bahn verhindert meist einen Durchgang. Möglich ist er überhaupt nur zwischen dem 6. und 11. Mai und zwischen dem 6. und 15. November, weil die Merkurbahnknoten am 9. Mai und am 11. November von der Erde aus gesehen vor der Sonnenscheibe stehen. Tatsächlich kommt es zu Merkurdurchgängen nur alle 3,5 bis 13 Jahre, in unregelmäßigen Abständen.

► Daniel Fischer, Ronald Stoyan

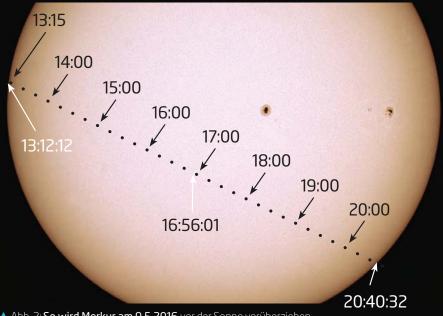


Abb. 2: So wird Merkur a	m 9.5.2016 vor	der Sonne vorüb	erziehen.

Daten des Merkurtransits			
1. Kontakt	13:12:12 MESZ	Merkur berührt die Sonnenscheibe von außen	
2. Kontakt	13:15:23 MESZ	Merkur ist komplett in die Sonnenscheibe eingetreten	
Mitte des Transits	16:55:59 MESZ	Merkur steht am nächsten zum Sonnenzentrum	
3. Kontakt	20:37:20 MESZ	Merkur berührt die Sonnenscheibe von innen	
4. Kontakt	20:40:32 MESZ	Merkur ist komplett aus der Sonnenscheibe ausgetreten	
Daten: CalSky.cor	n		



▲ Mars und Aldebaran am 20.9.2015 über den Bergen der chinesischen Provinz Szechuan.

#### Rot und tief im Süden

Mars in Opposition am 22. Mai

Anders als bei den äußeren Planeten Jupiter und Saturn, die fast jedes Jahr von der Erde überholt werden, steht der schnellere Mars nur alle zwei Jahre der Sonne am Himmel gegenüber, im Schnitt alle 780 Tage. Dies passiert am 22. Mai – an diesem Tag erreicht damit auch die Mars-Beobachtungsperiode ihren Höhepunkt. Seine Erdnähe weicht um einige Tage vom Oppositionszeitpunkt ab und wird am 30. Mai erreicht. Die Distanz zu uns beträgt dann 75,3 Millionen Kilometer (vgl. S. 30).

Diesmal erreicht der Rote Planet mit 18,4" Durchmesser einen passablen Durchmesserwert. Dabei befindet sich Mars sehr weit südlich: Er steht im Skorpion dort, wo sich die Sonne Ende November befindet. Kurz nach 1 Uhr nachts kulminiert er in nur etwa 18° Höhe. Mars wird zur Opposition –2,<sup>m</sup>1 hell und leuchtet als oranger Orientierungspunkt hell über dem Südhorizont.

► Paul Hombach

#### Abendgastspiel eines Exzentrikers

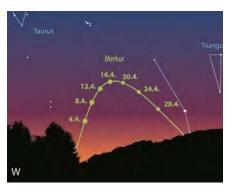
Merkur in östlicher Elongation am 18. April

Merkur ist der innerste und kleinste aller Planeten. Nur je ein- bis zweimal pro Jahr erscheint er für wenige Wochen am Abend- bzw. am Morgenhimmel. Die Abendsichtbarkeit im April ist die beste des Jahres.

Am Tag seines größten Winkelabstandes entfernt sich Merkur 19,9° von der Sonne. Hinzu kommt, dass Merkur zwischen dem 1. April und 9. Mai (dem Transittag) nördlich der Ekliptik steht. Ein erster Beobachtungsversuch mit dem Fernglas lohnt sich am 4. April um 20:30 MESZ, wenn die Sonne 6° unter und der –1,<sup>m</sup>17 helle Merkur 5° über dem Westhorizont steht. In den Folgetagen nimmt die Helligkeit leicht ab, die Elongation aber zu; somit wird es leichter, Merkur zu finden. Am Abend des 8.4. kann man versuchen, die nur 2,5% beleuchtete Neumondsichel 5° südöstlich von Merkur zu finden.

Mit freiem Auge ist Merkur am besten in der Woche vor seiner größten Elongation zu sehen. Am 18. April ist Merkur +0,<sup>m</sup>1 hell, steht zu Beginn der nautischen Dämmerung 12° hoch und ist ca. eine Stunde lang zu beobachten. Danach nähert er sich rasch der Sonne und wird dabei immer blasser. Am 27. April ist seine Elongation unter 16° und die Helligkeit auf 1,<sup>m</sup>6 gefallen: Merkur tritt von der Himmelsbühne ab.

► Paul Hombach

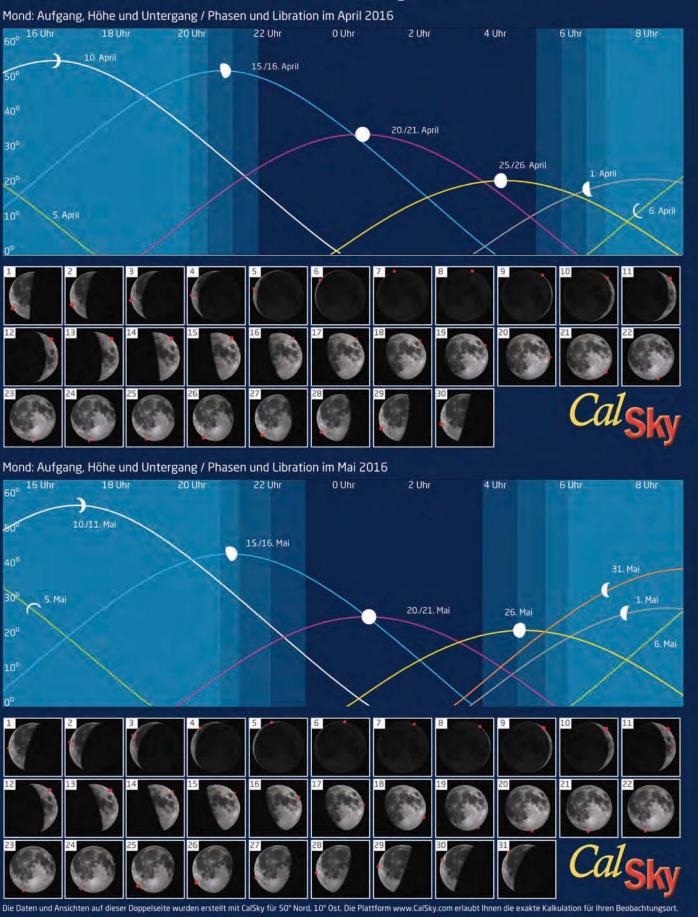


▲ Abb. 4: Sichtbarkeitsdiagramm Merkurs im April am Abendhimmel.

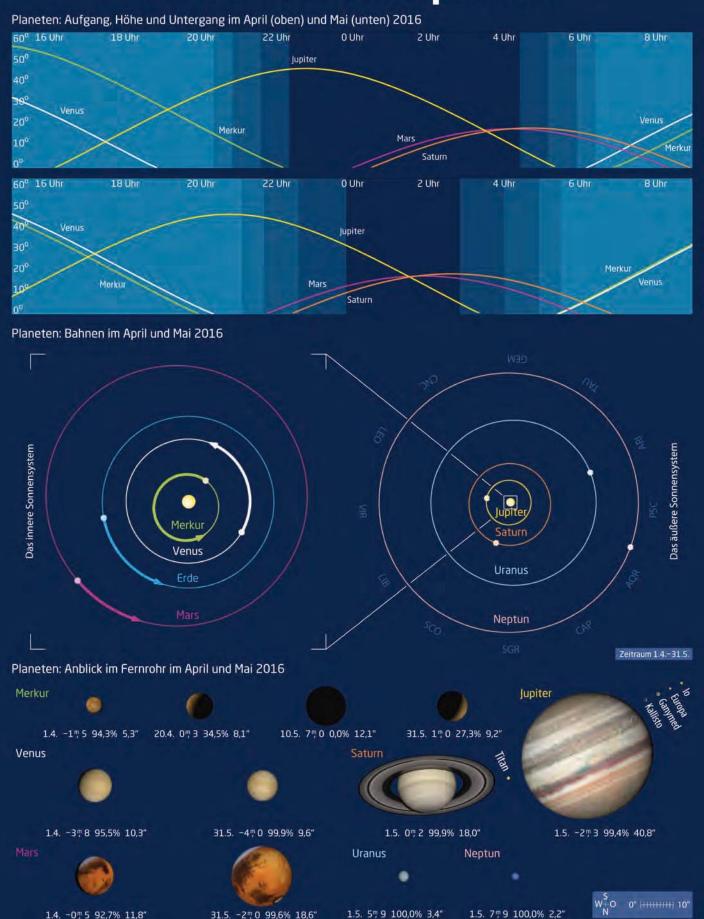
Astron April/N	iomische Erei Iai 2016	gnisse im
6.4	9:30 MESZ	Mond bedeckt Venus, Taghimmel
7.4.	13:24 MESZ	Neumond
9.4	23.27 MESZ	Uranus Konjunktion
10.4.	21:38 MESZ	Mond bedeckt 71 Tau (4, <sup>m</sup> 5), beobacht- bar streifend am dunk- len Südrand, nördliches Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpom- mern
10.4.	22:07 MESZ	Mond bedeckt $\theta_1$ Tau (3, <sup>m</sup> 8), Eintritt
10.4.	22:11 MESZ	Mond bedeckt $\theta_2$ Tau (3, <sup>m</sup> 4), Eintritt
10.4.	23:01 MESZ	Mond bedeckt $\theta_1$ Tau (3, <sup>m</sup> 8), Austritt am hellen Rand
10.4.	23:01 MESZ	Mond bedeckt $\theta_2$ Tau (3,"4), Austritt am hellen Rand
14.4.	5:59 MESZ	Mond Erstes Viertel
18.4	16:00 MESZ	Merkur (0, <sup>m</sup> 1) größte Elongation (19,9°) Ost, Abendhimmel
20.4		C/2013 X1 (PANSTARRS) im Perihel (1,31AE), ca 9 <sup>m</sup> hell
22.4.	7:24 MESZ	Vollmond, zweitkleins- ter Vollmond in 10 Jah- ren
22.4.	8:00 MESZ	Maximum Lyriden, ZHR=18, durch Mond gestört
26.4.	21:43 MESZ	Kleinplanet (3) Juno in Opposition (10, <sup>m</sup> 0, Vir)
30.4.	5:29 MESZ	Mond Letztes Viertel
5.5.	22:00 MESZ	Maximum Eta-Aquari- iden, ZHR=45
6.5.	21:30 MESZ	Neumond
8.5.	09:47 MESZ	Mond bedeckt a Tau (Aldebaran) (0, <sup>m</sup> 9), Taghimmel
9.5	13:12 MESZ	Merkurdurchgang vor der Sonne, Beginn
13.5.	19:02 MESZ	Mond Erstes Viertel
21.5.	23:14 MESZ	Vollmond
22.5	13:17 MESZ	Mars Opposition (–2, <sup>m</sup> 1)
23.5	0:06 MESZ	Mond 2,4° NO Saturn
29.5.	14:12 MESZ	Mond Letztes Viertel
29.5.	21:02 MESZ	Kleinplanet (7) Iris in Opposition (9, <sup>m</sup> 2, Oph)
30.5	23:34 MESZ	Mars in Erdnähe

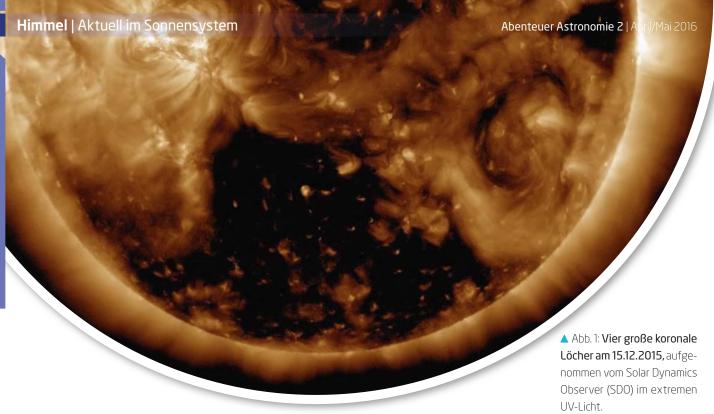
Zeiten bezogen auf 50° nördliche Breite, 10° östliche Länge

## Der Mond im April/Mai



### Die Planeten im April/Mai





#### Sonne aktuell: Koronale Löcher und Flares

erzeit ist die Sonne in der Phase des zu Ende gehenden 24. Sonnenfleckenzyklus. Merkmal eines endenden Zyklus ist das vermehrte Auftreten sogenannter koronaler Löcher. Sie stellen Bereiche der Sonnenatmosphäre – der Korona – dar, die eine niedrigere Temperatur und eine verminderte Teilchendichte aufweisen, aus denen verstärkt Röntgenstrahlung austritt. Am 15.12.2015 war ein besonders eindrucksvolles Beispiel zu sehen.

Dennoch sind Ausbrüche auf der Sonne auch jetzt nicht ungewöhnlich, wenn sie auch immer seltener werden. Im November waren 17 und im Dezember nur noch 14 neue Fleckengruppen (aktive Regionen) erschienen, und nur eine einzige davon gehörte der höchsten Entwicklungsstufe F nach der Waldmeier-Klassifikation an. Sie war ab Mitte Dezember auf der Südhalbkugel der Sonne gut zu beobachten – teilweise mit bloßem Auge und Sonnenfinsternisbrille – und produzierte insgesamt drei Flares der zweithöchsten Klasse M. Der Flare vom 28.12.2015 war auch für das Polarlicht in der Silvesternacht verantwortlich, was hierzulande jedoch nicht gesehen wurde.



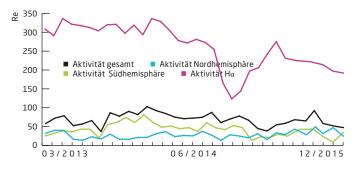
▲ Abb. 2: Eine Sicht auf die Sonne, wie man sie nur vom Weltraum aus im Licht des einfach ionisierten Heliums gewinnen kann: helle, heiße Gebiete (Flares) und ein größerer Auswurf von Sonnenmaterie in den umgebenden Weltraum. Addition eines 30-stündigen Videos zu einem Bild aufgenommen.

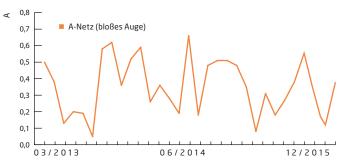
Das Maximum des 24. Zyklus wurde von der NASA jetzt offiziell für den April 2014 festgelegt und als das niedrigste seit dem Maximum im Februar 1906 eingestuft. Keine Aussage gibt es im Gegensatz dazu zum kommenden Minimum, da aufgrund von Fehleinschätzungen zum aktuellen Zyklus – er war wesentlich höher vorhergesagt worden, als er tatsächlich ausfiel – keine ausreichenden Daten für eine vernünftige Prognose vorliegen. Man darf aber getrost davon ausgehen, dass es in den Jahren um oder ab 2020 eintreten wird. Wie tief es ausfallen wird, darüber kann weiterhin nur spekuliert, aber nicht ernsthaft wissenschaftlich prognostiziert werden.

► Manfred Holl

#### **SURFTIPPS**

- C/2013 US10 (Catalina) bei Kometeninfo (Fotos und Links)
- Infos zu allen Kometen bei theskylive
  - <sup>↑</sup> Kurzlink: oclm.de/a1028

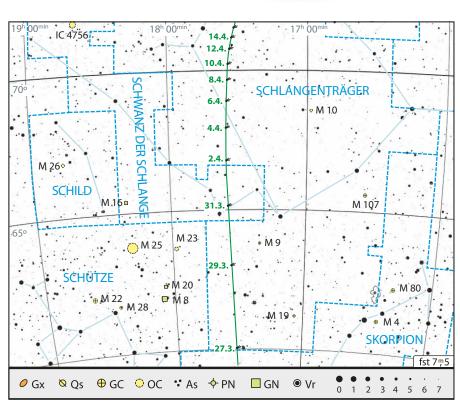




#### Kometen aktuell: Ein Schweifstern in extremer Erdnähe

as interessanteste Ereignis am Frühlings-Kometenhimmel fand bereits am 21. März statt: Der im Jahr 2000 entdeckte, normalerweise recht lichtschwache 252P/LINEAR kam der Erde bis auf 0,036AE - dem 13,6-Fachen die Distanz Erde-Mond – nahe. Es war dies der bislang fünftnaheste Kometenvorbeiflug an unserem Heimatplaneten. Leider stand 252P rund um die Nächte der Annäherung am Südhimmel im Sternbild Altar. Von dort zog der periodische Komet mit hoher Winkelgeschwindigkeit Richtung Norden. Vernünftige Horizonthöhen am Morgenhimmel erreicht er ab etwa 28. März, erste Chancen auf eine Sichtung dürften sich aber erst Anfang April ergeben, wenn der abnehmende Mond die Himmelsgegend rund um den Schlangenträger verlassen hat. Die Helligkeit des Schweifsterns dürfte bis dahin wieder auf rund 11,<sup>m</sup>5 abgenommen haben; damit bleibt 252P bei uns ein Objekt für fortgeschrittene Amateure.

C/2013 US10 (Catalina) kann im April noch im Sternbild Perseus aufgesucht werden. Er ist zwar weiterhin zirkumpolar (geht also nicht unter), nach Mitternacht steht er aber tief über dem Nord-Horizont. Die Beobachtung des zunächst noch rund 11<sup>m</sup> hellen Kometen sollte demnach am Abendhimmel erfolgen. Der Mond stört dabei erst in der zweiten Monatshälfte. Im Mai endet die Sichtbarkeitsperiode von Catalina im Sternbild Fuhrmann bei einer Helligkeit von etwa 13<sup>m</sup>. Einen bebilderten Rückblick auf den »Winterkometen 2015/16« gibt es auf den Seiten 44/45.



d Leitner 🔷 Abb. 2: Aufsuchkarte für Komet 252P/LINEAR Ende März/Anfang April.

► Burkhard Leitner

Kometen im April/Mai 2016					
Name	Entdeckung	Perihel	Erdnähe	Beobachtungsfenster	erw. Helligkeit
C/2013 US10 (Catalina)	17.8.2014	15.11.2015 (0,82AE)	17.1.2016 (0,72AE)	November 2015 bis April 2016	11 <sup>m</sup> bis 13 <sup>m</sup>
252P/LINEAR	7.4.2000	15.3.2016 (0,99AE)	21.3.2016 (0,036AE)	Ende März bis Mitte April	10 <sup>m</sup> bis 12 <sup>m</sup>



#### Planeten aktuell: Mars mit Horizont-Opposition

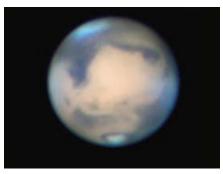
ars steht in den kommenden Monaten im Zentrum der Aufmerksamkeit. Am 22. Mai steht er der Sonne genau gegenüber am mitternächtlichen Himmel in Opposition. Am 30. Mai erreicht er den geringsten Abstand zur Erde, mit 75 Millionen Kilometern kommt er uns so nahe wie seit 2005 nicht mehr.

Für Teleskopbeobachter bieten sich damit die besten Bedingungen seit über zehn Jahren – doch das stimmt für mitteleuropäische Beobachter leider nicht ganz. Denn der Rote Planet wird auch so tief stehen wie schon lange nicht mehr, und damit sind hochauflösende Beobachtungen kaum zu erwarten. Die Situation verschlechtert sich dabei im Laufe der kommenden Wochen noch.

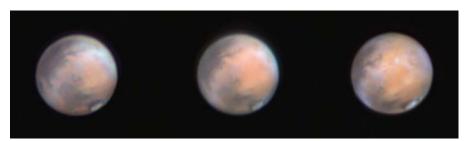
Am 16. Mai überschreitet der Durchmesser des Marsscheibchens die Größe von 10 Bogensekunden. Damit beginnt die für Amateurbeobachter interessante Phase. Sie wird bis zum 8. September andauern, wenn der Scheibchendurchmesser wieder unter diesen Wert sinkt. Maximal werden heuer 18,6 Bogensekunden erreicht – im Teleskop wird Mars größer als bei den letzten vier Oppositionen 2014, 2012, 2010 und 2007 erscheinen.

Wichtige Daten zur Marsopposition 2016		
3.1.	Nordsommer/Südwinter beginnt	
16.3.	Durchmesser > 10 Bogensekunden	
2.4.	Durchmesser > 12 Bogensekunden	
22.5.	Opposition	
30.5.	Erdnähe	
5.7.	Nordherbst/Südfrühling beginnt	
11.8.	Durchmesser < 12 Bogensekunden	
8.9.	Durchmesser < 10 Bogensekunden	
29.10.	Perihel (Sonnennähe)	

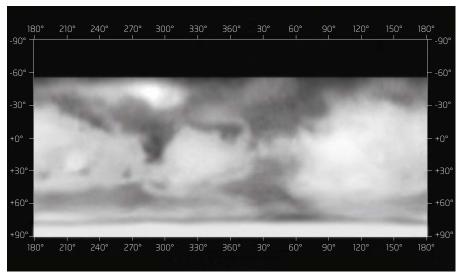




▲ Abb. 2: **Zwei Mal Mars von der letzten Opposition 2014.** Man erkennt Polkappen (unten), dunkle Albedostrukturen und bläuliche Wolken. *S. Voltmer, B. Kowatsch* 



▲ Abb. 3: **Diese Aufnahmen zeigen die Veränderungen** von Wolkenerscheinungen innerhalb von drei Tagen. *W. Skorupa* 



▲ Abb. 4: **Karte der Albedostrukturen 2014.** Diese Karte kann auch 2016 als Anhaltspunkt verwendet werden. *J. Mosch* 



Abb. 1: Mars im Teleskop 2016. Simulation des Anblicks mit den Werten für den Durchmesser in Bogensekunden.

Am 3. Januar hat auf der Nordhalbkugel des Planeten der Sommer, auf der Südhalbkugel der Winter begonnen. Die Sichtgeometrie erlaubt uns diesmal, beide Polregionen im Blick zu behalten. Im März und April sollte am Südpol noch die Polkappe aus Kohlendioxid- und Wassereis vorhanden sein – ein kleiner heller Fleck im Teleskop ab etwa 150×. Am Nordpol könnte sich ebenfalls ein heller Fleck befinden, allerdings ist dies die Polhaube, eine Wolke, unter der sich die Polkappe neu bildet.

Nach dem Oppositionszeitpunkt kehren sich die Verhältnisse um: Am Südpol ist die Polkappe abgeschmolzen, und die Polhaube entwickelt sich, am Nordpol wird dagegen die frisch entstandene Polkappe freigelegt. Das ist spätestens am 5. Juli zum Beginn des Frühlings auf der Nordhemisphäre zu erwarten.

Neben den Polkappen ziehen auch dieses Mal wieder die dunklen Flecken der Marsoberfläche (Albedostrukturen) die Aufmerksamkeit auf sich. Mit wenigen Ausnahmen handelt es sich nicht um Formen des Marsreliefs, sondern um dunkleren Boden. Diese Erscheinungen bleiben im Großen und Ganzen konstant, so dass man sich gut an der Karte von 2014 orientieren kann. Die deutlichste dieser Formen, die »Große Syrte«, ist schon ab 100× zu sehen.

Wer das Glück hat sehr gute Luft zu erwischen und mindestens 200× vergrößern kann, kann sich auf die Suche nach den verschiedenen atmosphärischen Erscheinungen begeben. Reif, Nebel und Eiswolken lassen sich erkennen, die Bedingungen sind diesmal allerdings schlechter als 2014. Ein Sandsturm ist bis August 2016 nicht zu erwarten, kann aber auch nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

**Jupiter** steht im April und Mai noch gut beobachtbar am Abendhimmel. **Saturn** folgt Mars am Nachthimmel – um ihn geht es in der nächsten Ausgabe.

► Ronald Stoyan

#### **T PRAXISTIPP**

#### Mars zeichnen

Wenn sich die Gelegenheit bietet und der Rote Planet im Teleskop einige Einzelheiten zeigt, kann man den Anblick zeichnerisch wiedergeben. Durch die genaue Beobachtung für die Zeichnung erkennt man viel mehr als bei einem flüchtigen Blick, und die Beobachtung wird zu einem meditativen Erlebnis.

Als Grundlage sollte eine kreisrunde Schablone dienen. Ein guter Wert sind 40mm Durchmesser. Gezeichnet wird mit einem mittelharten Bleistift. Buntstifte sind nur zur nachträglichen Untermalung anzuraten. Achtung: Nicht zu lange aufhalten mit einer Zeichnung, denn sonst ver-

ändert sich durch die Rotation des Planeten der Anblick!

Zuerst werden die auffälligen Dunkelflecken mit ihrem Umriss eingezeichnet. Danach sollte man auf Feindetail und Schattierungen achten. Schließlich werden noch Wolkenerscheinungen eingezeichnet, man kann sie mit einer gebrochenen Linie begrenzen, um den Farbunterschied zu verdeutlichen.

Wer öfters Zeichnungen anfertigt, wird schnell merken, dass sich die Detailwahrnehmung verbessert. Mit der Zeit entsteht so ein ganz persönlicher Eindruck vom sagenumwobenen Nachbarplaneten der Erde.



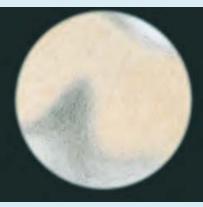


Abb. 5: Mars im Fernrohr. Zeichenskizzen aus dem Jahr 2009. L. Spix

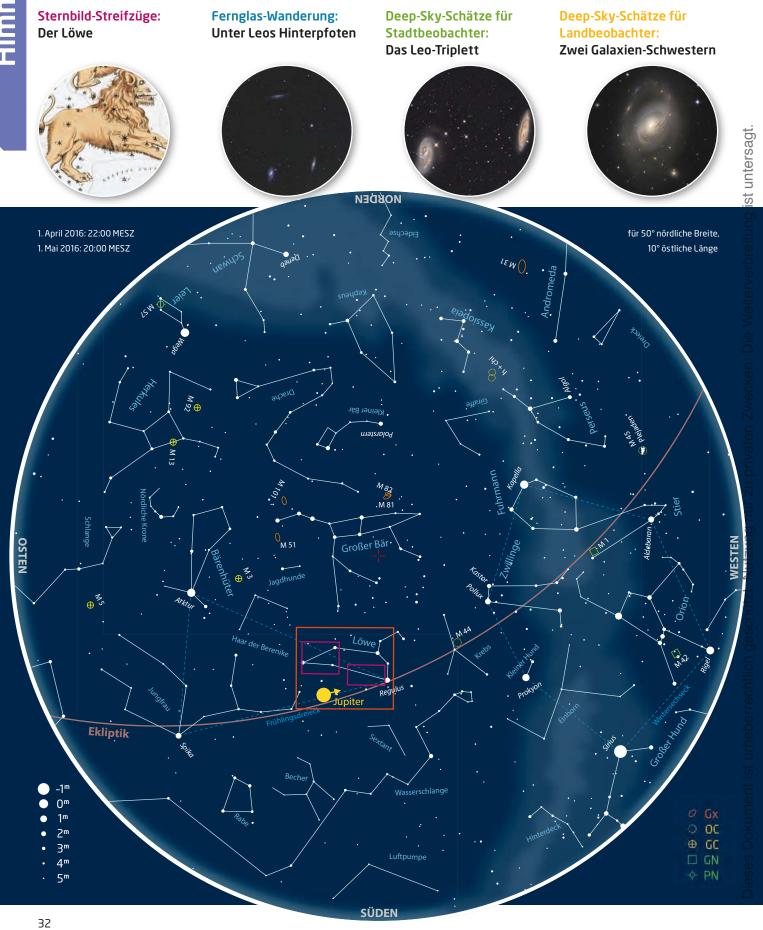
#### **INTERAKTIV**

Wenn Ihnen schöne Mars-Aufnahmen gelingen, stellen Sie diese in der Astrofoto-Community auf abenteuer-astronomie.de ein. Die schönsten Aufnahmen präsentieren wir in den nächsten Heften.

<sup>↑</sup> Kurzlink: oclm.de/ac

## Jetzt am Abendhimmel

Beobachtungsempfehlungen für April/Mai 2016



#### Sternbild-Streifzüge: Der Löwe

ufgrund seiner zahlreichen hellen Sterne und der Größe des Sternbilds gehört der Löwe zu den auffälligen und leicht aufzufindenden Konstellationen. Geht man vom Großen Wagen, der im Frühling im Zenit direkt über unseren Köpfen steht, in Richtung Süden, stößt man auf eine markante längliche Figur. Auf den ersten Blick erinnert sie an ein Bügeleisen inkl. Griffaus einer gebogenen Sternenkette. Aktuell wird das Auffinden zusätzlich noch erleichtert, da direkt unterhalb des Löwen-Bügeleisens der Riesenplanet Jupiter seine Bahn zieht.

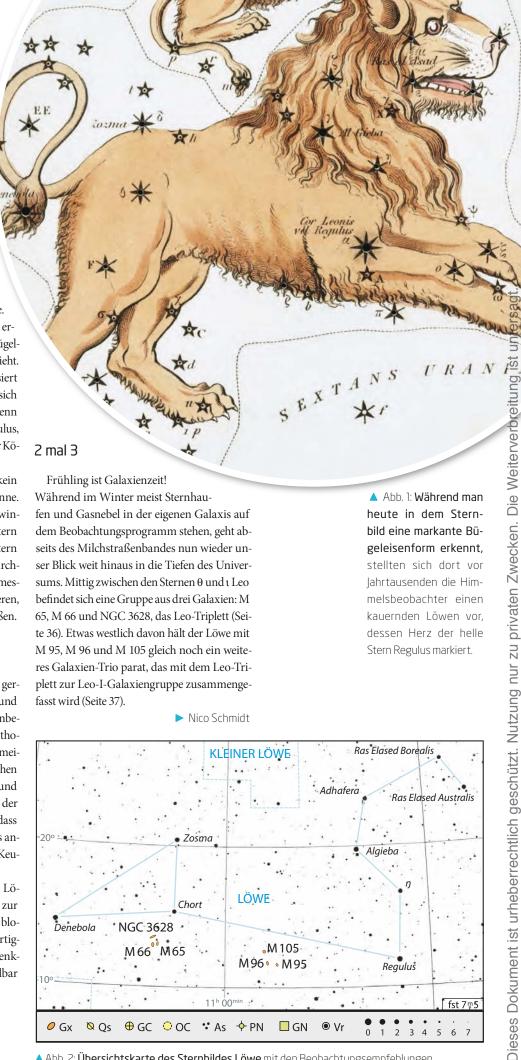
Der Löwe als König der Tiere symbolisiert Stärke und Macht. Dieses Sinnbild findet sich auch im Namen des Hauptsterns wieder, denn der hellste Stern des Sternbildes heißt Regulus, was aus dem Lateinischen übersetzt »Kleiner König« oder »Prinz« bedeutet.

Regulus ist ein Stern der Extreme, denn kein Stern dreht sich schneller als diese ferne Sonne. Er rotiert mit einer wahnsinnigen Geschwindigkeit von 1,2 Millionen Stundenkilometern um seine Achse, was ihn zum flachsten Stern des Nordhimmels macht; sein Äquatordurchmesser ist um 30% größer als der Poldurchmesser! Würde Regulus nur 4% schneller rotieren, würden ihn die Fliehkräfte auseinanderreißen.

#### Herkules-Aufgabe Nummer 1

Eine sehr schwierige Aufgabe wird heute gerne auch als Herkules-Aufgabe bezeichnet, und bei der allerersten überhaupt kommt ein unbesiegbarer Löwe vor. In der griechischen Mythologie stellte das markante Sternbild den Nemeischen Löwen dar. Dieser trieb in einem östlichen Landstrich der Peloponnes sein Unwesen und bedrohte dort Mensch und Tier. Das Fell der schrecklichen Bestie war unverwundbar, so dass ihm weder Schwert, Pfeil noch Speer etwas anhaben konnten, selbst Herkules' mächtiger Keule hielt das Tier stand.

Doch Herkules sollte den Nemeischen Löwen bezwingen: der Sagenheld konnte ihn zur Strecke bringen, indem er den Löwen mit bloßen Händen erwürgte. Aus seinem Fell fertigte sich Herkules einen Umhang mit Löwenkopf als Helm, was ihn ebenso unverwundbar im Kampf machte.

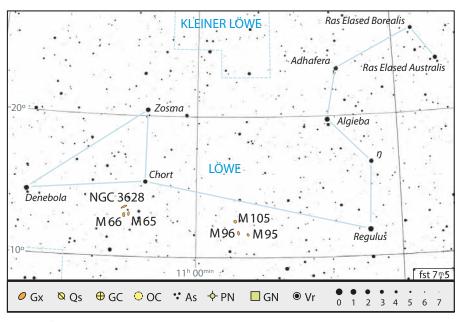


Frühling ist Galaxienzeit!

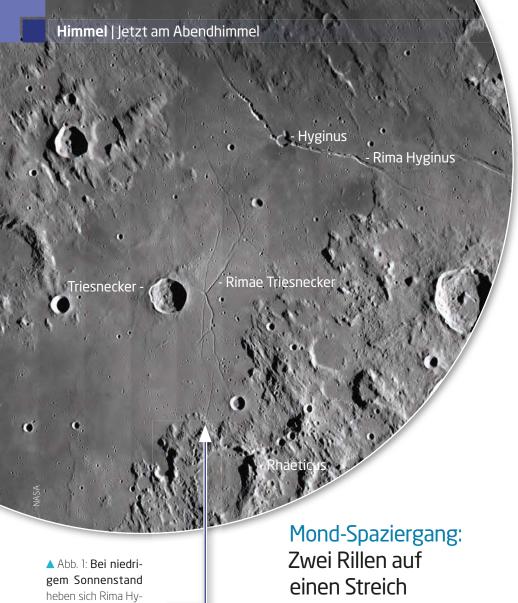
Während im Winter meist Sternhaufen und Gasnebel in der eigenen Galaxis auf dem Beobachtungsprogramm stehen, geht abseits des Milchstraßenbandes nun wieder unser Blick weit hinaus in die Tiefen des Universums. Mittig zwischen den Sternen  $\theta$  und  $\iota$  Leo befindet sich eine Gruppe aus drei Galaxien: M 65, M 66 und NGC 3628, das Leo-Triplett (Seite 36). Etwas westlich davon hält der Löwe mit M 95, M 96 und M 105 gleich noch ein weiteres Galaxien-Trio parat, das mit dem Leo-Triplett zur Leo-I-Galaxiengruppe zusammengefasst wird (Seite 37).

▶ Nico Schmidt

▲ Abb. 1: Während man heute in dem Sternbild eine markante Bügeleisenform erkennt, stellten sich dort vor lahrtausenden die Himmelsbeobachter einen kauernden Löwen vor, dessen Herz der helle Stern Regulus markiert.



▲ Abb. 2: Übersichtskarte des Sternbildes Löwe mit den Beobachtungsempfehlungen



wischen dem Mare Vaporum (Meer der Dünste) und dem Sinus Medii (Bucht der Mitte) gelegen, findet man auf dem Mond gleich zwei fantastische Rillensysteme: Rima Hyginus (Hyginusrille) und Rimae Triesnecker (Triesneckerrillen). Hier kann man Rillen in unterschiedlicher Erscheinungsform beobachten und über einen Zeitraum von zwei bis drei Mondtagen studieren.

#### Klein, aber fein

Bereits im kleinen Teleskop ist die 219km lange Rima Hyginus als feine gebogene Linie zu

erkennen. Mittig darin gelegen befindet sich der 9km große namensgebende Krater Hyginus. Bei hoher Vergrößerung ist zu erkennen, dass die Rille im westlichen Abschnitt aus sich überlappenden kleinen Kratern besteht. Tatsächlich sind hier Einbrüche in der Decke einer ehemaligen Lavahöhle zu sehen. Auch Hyginus selber entpuppt sich bei näherer Betrachtung als Krater vulkanischen Ursprungs. Indizien dafür sind der fehlende Kraterwall und die steilen Hänge. Dunkle Ascheablagerungen von vulkanischen Eruptionen rings um Hyginus herum unterstützen diese These.

#### Miteinander verflochten

Die Rimae Triesnecker zeigen sich als eine Vielzahl von schmalen und flachen Rillen, die teilweise netzartig miteinander verflochten sind. Aufgrund ihrer zarten Erscheinung sind die Rimae Triesnecker schwieriger zu beobachten als die Rima Hyginus. In der Nähe des Terminators zeichnen sich die Rillen jedoch als feine Schattenlinien vom Untergrund ab. Am besten orientiert man sich dabei am namengebenden 26km großen Krater Triesnecker. Der breiteste und am leichtesten zu sichtende Abschnitt der Rille befindet sich direkt östlich davon. Im Gesamten verläuft das Rillensystem im Süden bis zum 49km großen Krater Rhaeticus und im Norden bis in die Nähe der Rima Hyginus. Auch Rimae Triesnecker besteht wahrscheinlich aus ehemaligen Lavakanälen, die mit der Entstehung des Sinus Medii vor 3,5 Milliarden Jahren zusammenhängen könnten.

► Lambert Spix

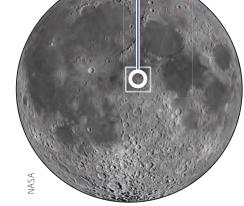
Abb. 3: **Beim richtigen Sonnenstand** erzeugt die flach stehende Sonne einen schmalen Lichtstreifen im Krater Hyginus. *L. Spix* 



#### Q IM DETAIL

#### Lichtstrahl in Hyginus

Bei einem Mondalter von etwa 7 Tagen nach Neumond erscheint auf dem schattenbedeckten Kraterboden von Hyginus ein Lichtkeil, der mit zunehmendem Mondalter an Breite gewinnt. Hier scheint die flach stehende Sonne durch die Rima Hyginus und beleuchtet so einen schmalen Streifen. Die Vergrößerung sollte aufgrund der geringen Größe des Lichtstrahls hoch genug sein, am besten 150× oder mehr.



ginus und Rimae

Triesnecker gut vom

Untergrund ab.

▲ Abb. 2: **Die beiden Rillen** befinden sich fast genau in der Mondmitte.

#### Fernglas-Wanderung: Unter Leos Hinterpfoten

uf dieser Tour zieht es uns zunächst weit hinaus aus unserer Milchstraße, denn die Glanzlichter des Löwen bilden die Messier-Galaxien M 65 und M 66 in etwa 30 Mio. Lichtjahren Entfernung. Etwa 2° südlich vom Stern  $\theta$  Leonis liegt 73 Leonis, ein 5, 32 schwacher Stern, der leicht im Fernglas zu finden ist. Hat man diesen in der Bildmitte, so tauchen etwa 1° östlich zwei ovale Nebelfleckchen auf. Die östliche Galaxie M 66 ist etwas heller, doch auch die nur 20' entfernte M 65 sollte sich selbst unter mäßigem Landhimmel schon in einem 8×30-Glas als ovales Nebelchen zeigen. Die dritte Galaxie des so genannten Leo-Tripletts, NGC 3628, stellt auch für erfahrene Beobachter eine Herausforderung dar. Sie kann selbst unter sehr gutem Himmel höchstens schwach indirekt im 10×50 gesehen werden.

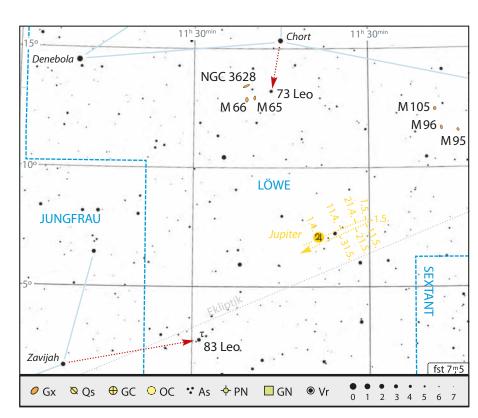
#### Schwache Pünktchen im Doppel

Ein Doppelstern soll auf dieser Wanderung nicht fehlen: Ein guter Kandidat ist  $\tau$  Leonis, ein  $5^m$  - Stern, an dem Jupiter nördlich in ungefähr  $2^{\circ}$  Entfernung vorbeizieht. Mit Starhopping ist er leicht von Zavijah ( $\beta$  Vir) aus zu finden, der 5,5° östlich steht:  $\tau$  Leonis ist der südlichste und hellste eines Bo-

Abb. 1: Zwei Glanzlichter und eine
Herausforderung: M 66 (unten links),
M 65 und NGC 3628 (oben). H. Fischer

gens aus vier Sternen. Im Fernglas zeigt sich ein 8<sup>m</sup> - Begleiter zirka 90" fast genau südlich. Auch hier hilft eine Stabilisierung des Fernglases, um das schwache Pünktchen zu erkennen. Der helle Jupiter sollte außerhalb des Gesichtsfeldes platziert werden.

Direkt nördlich von τ Leonis, also auch im beschriebenen Bogen, befindet sich 83 Leonis, ein Mehrfachstern, dessen hellste Komponenten (6,<sup>m</sup> 2 und 7,<sup>m</sup> 9) nur 28" voneinander entfernt sind. Freihändig sind sie kaum zu trennen, mit Hilfe eines Stativs kann man die beiden etwa in Nord-Süd-Ausrichtung stehenden Sterne gut erkennen.



▲ Abb. 2: Im östlichen Löwen finden sich Objekte unterschiedlichster Entfernung.

#### **T** PRAXISTIPP

#### Auf Galileis Spuren

Im Erscheinungszeitraum des Heftes steht Jupiter unübersehbar im Löwen. Ein Objekt für das Fernglas? Nun, der Planet selbst zeigt sich nur als sehr helles rundes Objekt, aber seine vier hellsten Monde, nach ihrem Entdecker auch die »Galileischen Monde « genannt, zeigen ein munteres Wechselspiel. Aufgrund ihrer Helligkeit von 4,<sup>m</sup>6 bis 5,<sup>m</sup> 7 sind sie prinzipiell auch in kleinen Ferngläsern zu sehen, allerdings durch ihre große Nähe zueinander und zu ihrem Zentralgestirn oft kaum zu fassen. Ein Stativ oder eine andere Stabilisierung des Fernglases tun hier Wunder. Welcher Mond sich wo befindet, kann mithilfe der Grafiken im »Himmels-Almanach 2016« oder eines Planetariumsprogramms nachvollzogen werden.

#### Für Stadtbeobachter: Das Leo-Triplett



▲ Abb. 1: Das Leo-Triplett: Links unten M 66, rechts M 65, oben NGC 3682. So brillant ist der Anblick für den Stadtbeobachter allerdings nicht. Sven Junge

O Millionen Lichtjahre soll die Distanz von der Erde zu M 65 und M 66 betragen. Damit gehören die beiden Galaxien, die mit NGC 3628 im Sternbild Löwe das so genannte Leo-Triplett bilden, zu den am weitesten entfernten Deep-Sky-Objekten, die sich von urbanen Standorten beobachten lassen. Im Vergleich dazu erscheinen die auch bei Stadt-Beobachtern beliebten Galaxien M 81 und M 82 mit einer Entfernung von 12 Millionen Lichtjahren geradezu zum Greifen nahe und sind auch mit scheinbaren Helligkeiten von 6, 8 (M 81) und 8, 4 (M 82) deutlich lichtstärker als M 65 (9, 3) und M 66 (9, 0) – aber nicht unbedingt leichter aufzufinden.

#### Dunkler Himmel notwendig

Voraussetzung für eine erfolgreiche Beobachtung von M 65 und M 66 ist ein für Stadtverhältnisse »dunkler« Himmel: Mit bloßem

Auge sollte der rautenförmige Rumpf des Löwen mit den Sternen Regulus, Denebola, Algieba und δ Leonis deutlich sichtbar sein, außerdem η Leonis an der Brust des Löwen sowie τ Leonis, ein Stern dritter Ordnung, der sich zwischen Denebola und Regulus befindet und auch den Ausgangspunkt für ein kurzes Starhopping zu M 66 bildet.

#### Ein »Y« als Wegweiser

Wer sich schon einmal mit dem Aufsuchen lichtschwacher Objekte abgemüht hat, wird es zu schätzen wissen, wenn sich in der Nähe des Zielobjekts markante Sterne befinden, an denen man sich orientieren kann. Dies gilt im Übrigen auch dann, wenn man ein Go-To-System benutzt, das dem Stadt-Astronomen nach Eingabe eines Zielobjekts schon mal ein durchgehend tiefschwarzes Gesichtsfeld präsentiert.

Bei M 66, der Galaxie, die stets vor M 65 aufgesucht werden sollte, ist dies anders. Wie die Karte zeigt, befindet sich in ihrer unmittelbaren Nähe eine markante Formation von vier Sternen, die sich als ein leicht westlich geneigtes »Y« vom ansonsten sternarmen Um-



▲ Abb. 2: **M 65/66 in einem 72mm-Refraktor** bei 21× und 53×. *Thomas Jensen* 

feld abhebt. Jetzt sollte man sich auf den Bereich am Fuße des Y konzentrieren und mit unterschiedlichen Vergrößerungen experimentieren. Bei 100-fach erscheint dann ein schwacher ovaler Schimmer, der den hellen Kernbereich der Galaxie bildet.

Die Partnergalaxie M 65 ist hingegen nicht so leicht zu entdecken. Man sollte bei der hohen Vergrößerung bleiben und den Himmelsbereich des geöffneten »Y-Kopfes« absuchen. Die dritte Galaxie des Leo-Tripletts, NGC 3682, dürfte mit einer scheinbaren Helligkeit von 9,<sup>m</sup> 5 als Stadtobjekt in der Regel ausscheiden – es sei denn, man verfügt über eine große Öffnung und hat das Glück eines außergewöhnlich dunklen Himmels.

► Karl-Peter Julius

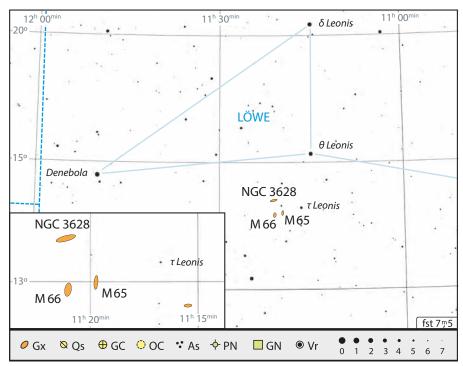


Abb. 3: Von τ Leonis sind M 65 und M 66 nur wenige Teleskop-Gesichtsfelder entfernt.

## Deep-Sky-Schätze für Landbeobachter:

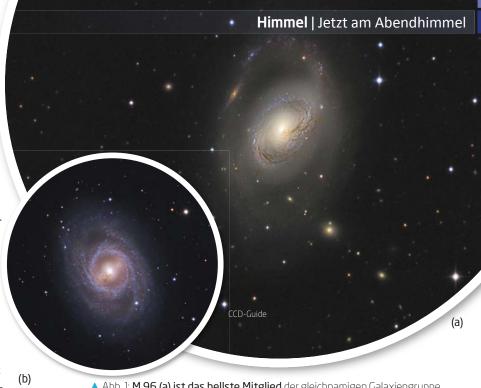
#### Zwei Galaxien-Schwestern

as Sternbild Löwe ist ein klassischer Jagdgrund für Galaxienbeobachter. Allein aus dem NGC- und IC-Katalog versammeln sich hier schon über 700 Galaxien. Die meisten von ihnen sind lichtschwach. Doch allein schon die 22 Objekte bis zur 11. Größenklasse sind eine visuelle Entdeckungsreise wert. Messier 95 und 96 zählen hierbei zu den absoluten Highlights.

Die Entdeckung von M 96 gelang dem Franzosen Pierre Méchain gemeinsam mit M 95 in der Nacht des 20. März 1781. Messier konnte diese Entdeckung am 24. März 1781 verifizieren und beschrieb die Galaxie als »Nebel ohne Stern«. Er verglich das Erscheinungsbild von M 95 und M 96 mit dem Paar M 84/M 86 im Sternbild Jungfrau. 1850 wurde M 96 als einer von 14 Nebeln aufgeführt, in denen mit dem gigantischen 1800mm-Teleskop von Lord Rosse eine Spiralstruktur wahrgenommen werden konnte. Ansätze dieser Struktur wurden bereits von anderen Beobachtern erkannt. John Herschel beschrieb die Galaxie 1826 als »strukturiert«. D'Arrest verleitete diese Struktur gar zur Annahme, es handele sich um einen auflösbaren Sternhaufen.

#### Glanzstück einer ganzen Galaxiengruppe

M 96 ist das leuchtkräftigste Mitglied der gleichnamigen M 96-Gruppe, zu der neben M 95 auch noch M 105, NGC 3384 sowie weitere schwächere Galaxien gehören. Die Entfernung konnte mit Hilfe der leuchtkräftigen Cepheiden, Roten Riesen und der im Mai 1998 aufgeleuchteten Supernova 1998 bu in M 96 relativ genau bestimmt werden und beträgt 35 Millionen Lichtjahre. Die Arme von M 96 erscheinen asymmetrisch, was ein Indiz für frühere Begegnungen mit den Nachbargalaxien sein könnte. Neueste Untersuchungen zeigen allerdings um M 96 und M 95 keinerlei intergalaktisches Material, das auf solche Interaktionen hinweist. Der nördliche Arm und die inneren Bereiche sind übersät von zahlreichen HII-Regionen und somit Geburtsstätte für neue Sterne.



▲ Abb. 1: M 96 (a) ist das hellste Mitglied der gleichnamigen Galaxiengruppe, M 95 (b) steht ihr aber kaum nach. Stefan Heutz, Wolfgang Ries / Johannes Schedler

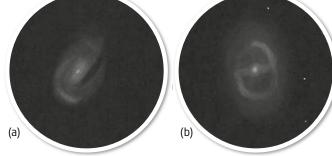
#### Details erfordern mittelgroße Teleskope

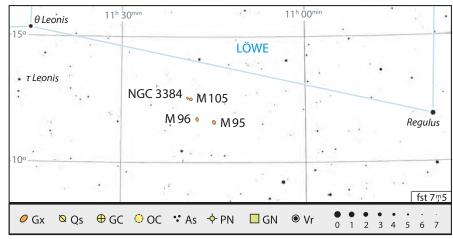
Die Galaxien finden sich in der Mitte der gedachten Verbindungslinie von  $\alpha$  und  $\vartheta$  Leonis. Bereits mit einem Fernglas ist hier ein schwaches Nebelchen erkennbar. In einem kleinen Teleskop zeigt sich M 96 als hellstes Objekt der Galaxiengruppe und Vergleiche mit M 95 sind interessant. M 96 erscheint spürbar heller und ist deutlicher definiert. Ebenfalls

sichtbar mit kleinen Teleskopen ist das helle Paar M 105/NGC 3384 weiter nördlich. Ab 300mm bis 350mm Öffnung kann man bei mittleren Vergrößerungen nach Dunkelstrukturen und Ansätzen der Spiralstruktur im Zentralbereich Ausschau halten. Eine Herausforderung für große Teleskope und Astrofotografen sind die äußeren Spiralarme sowie die lichtschwachen Begleitund Hintergrundgalaxien.

► Matthias Juchert







▲ Abb. 3: **Neben M 95 und M 96 befinden sich mit M 105 und NGC 3384** weitere Galaxien in direkter Nachbarschaft.

## Götterbote 🗱 vor der Sonne

Den Merkurtransit am 9. Mai sicher und einfach beobachten

¶ in Transit, also z.B. ein Vorübergang des Planeten Merkur vor der Sonnen-✓ scheibe, ist ein seltenes Ereignis. Hier kann der Beobachter Himmelsmechanik live verfolgen, da der Planet auf die Sekunde genau wie berechnet vor der Sonne vorbeizieht und als kleiner schwarzer Punkt erkennbar ist. Doch ohne die richtige Ausrüstung kann man einen solchen Transit nicht sicher beobachten, denn trotz der Entfernung der Sonne von etwa 150 Millionen Kilometern erreichen große Mengen Strahlung verschiedener Wellenlängen die Erdoberfläche. Im Brennpunkt eines Teleskops oder Fernglases entsteht dabei eine enorme Hitze, vor der die Augen geschützt werden müssen.

#### Sonne projiziert

Die sicherste Methode, die Sonne zu beobachten, ist die so genannte Sonnenprojektion. Hierbei wird hinter der bildgebenden Optik ein Schirm, z.B. ein heller Karton gehalten oder fest montiert, auf dem das ungefilterte Sonnenbild nach Art eines Diaprojektors geworfen wird. So können gleich mehrere Beobachter das Sonnenbild betrachten. Diese Methode ist allerdings nur für Linsenteleskope geeignet.

Bei der Sonnenprojektion ist darauf zu achten, keine Okulare mit Kunststofflinsen oder Kunststoffgehäusen zu verwenden. Diese können durch die Hitze in der Nähe des Brennpunktes zerstört werden. Auch Zenitspiegel und Zenitprismen können in Mitleidenschaft gezogen werden. Einfache Huygens-Okulare sind dafür am besten geeignet.

Dieser Okulartyp ist allerdings in der Regel nicht mehr neu erhältlich. Hier lohnt sich ein Blick in den Gebrauchtmarkt der großen Astronomieforen (vgl. Surftipps).

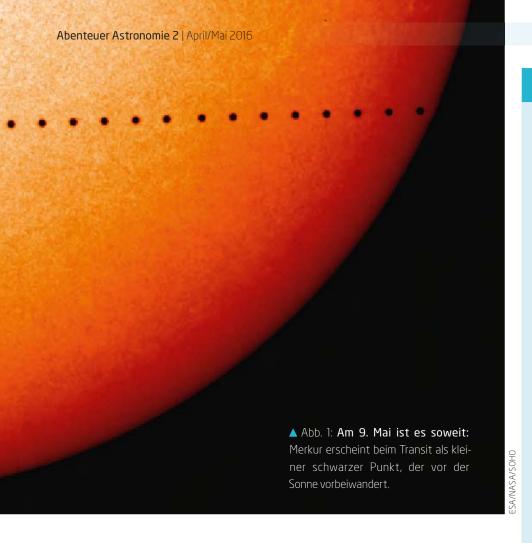
Ein einfacher Refraktor mit z.B. 60mm Öffnung ist ausreichend zur Beobachtung



■ Abb. 2: Ein Sonnenprojektionsschirm, der am Okularauszug befestigt wird, ist eine sichere Methode zur Verfolgung des Merkurtransits.



▲ Abb. 3: Auch ein aufgesteckter Sonnenfilter dient zur gefahrlosen Sonnenbeobachtung.



des Merkurtransits. Stellen Sie die Sonne anhand des Schattenwurfs des Teleskops so ein, dass das Sonnenbild auf die helle Projektionsfläche fällt. Aufgrund der geringen Größe von Merkur sollte das Sonnenbild etwa 10cm Durchmesser haben. Falls das Bild nicht hell genug ist, verwenden Sie einen Karton zum Abschirmen. Achten Sie auch darauf, dass das Sucherteleskop abgedeckt ist. Wer keinen Projektionsschirm selber bauen möchte, kann diese auch schon fertig kaufen.

Eine preiswerte Alternative zum Teleskop oder Fernglas ist das Solarscope. Das Solarscope vereinigt optisches Element und Projektionsschirm in einer stabilen Box aus Karton, die schnell aufgebaut und sehr einfach zu bedienen ist.

### **SURFTIPPS**

- Solarscope
- Sonnenfilterfolie
- Proiektionsschirm
- · Biete-Forum im Astrotreff

<sup>↑</sup> Kurzlink: oclm.de/a1039

### Sonne gedämpft

Bei einer weiteren einfachen Methode der Sonnenbeobachtung wird ein Sonnenfilter VOR den Objektiven eines Fernglases oder dem Objektiv eines Teleskops fixiert. Das Sonnenlicht wird dabei so stark gedämpft, dass es für die Augen unschädlich ist. Ein sicherer Sonnenfilter ist z.B. die Astrosolar-Sonnenfilterfolie. Der Wirkungsgrad der Folie wird als Neutraldichte (ND) angegeben. Ein Wert von ND 5 ist für die visuelle Beobachtung geeignet und schwächt das Licht um dem Faktor 100.000. Einfache Rettungsfolie ist nicht geeignet, da diese für das Auge schädliche Strahlung passieren lässt.

Sonnenfilterfolien sind als einzelne Blätter, z.B. in der Größe DIN A4 erhältlich. Mit wenig Aufwand ist damit eine Filterfassung für das Fernglas oder das Teleskop gebaut. Im Internet sind unter dem Stichwort Sonnenfilterfolie zahlreiche Bauanleitungen zu finden. Es ist besonders darauf zu achten, dass die Fassung sicher montiert ist und nicht z.B. durch einen kräftigen Windstoß abgerissen werden kann. Beim Teleskop sollte zusätzlich der Sucher ebenfalls durch einen Filter geschützt werden, denn hier kann man leicht versehentlich durchschauen.

► Lambert Spix

### **T PRAXISTIPP**

### Safety First

- Achtung! Bei der Sonnenbeobachtung niemals durch ein Fernglas oder Teleskop blicken, das nicht durch einen geeigneten Sonnenfilter geschützt ist. Dies hat unmittelbare und ernste Schädigung der Augen bis hin zur Erblindung zur Folge. Auch sollte ein Fernglas oder Teleskop, das zur Sonnenbeobachtung verwendet wird, niemals unbeaufsichtigt bleiben, besonders wenn Kinder bei der Beobachtung dabei sind.
- Verwenden Sie keine Okularsonnenfilter, die im Teleskop eingesetzt werden und in das Okular geschraubt werden. Da diese in der Nähe des Brennpunktes liegen, können sie sehr heiß werden und eventuell platzen. Dann würde das Sonnenlicht ungehindert auf Ihre Augen treffen und diese schädigen. Oft sind diese Filter mit der Aufschrift »Sun« gekennzeichnet. Im Zweifel benutzen Sie derartige Filter gar nicht.







Lambert Spix' langjährige Leidenschaft ist die praktische Astronomie und ihre Weitergabe an Neulinge. Wenn Sie sich in seiner Rubrik ein bestimmtes Thema wünschen, schreiben Sie an redaktion@abenteuer-astronomie.de oder auf unserer Facebook-Seite.

<sup>↑</sup> Kurzlink: oclm.de/fa

## DREI MILLIARDEN JAHRE in die Vergangenheit

Eine Reise von nahen Galaxien zum fernen Blazar

Mit dem Teleskop in die Vergangenheit
– das ist die visuelle und kosmologische
Reise, die ein Deep-Sky-Beobachter mit
seinem Teleskop anstellt. Diese Tour
führt von einer nahen Galaxie immer
weiter die Entfernungsleiter hinauf bis
zu einem der extremsten kosmischen
Objekte, einem Blazar. Dabei wird die
enorme Entfernung von drei Milliarden Lichtjahren überbrückt!

Startpunkt der Tour ist der Große Wagen. Verlängert man den Kasten des himmlischen Gefährts nach Westen (»rechts«, wenn die Deichsel nach links zeigt), stößt man auf den Stern Muscida, der als o Ursae Majoris bekannt ist. Er symbolisiert die Schnauze des Sternbilds Großer Bär, zu dem der Große Wagen gehört. Muscida ist 180 Lichtjahre entfernt – eine Winzigkeit verglichen mit den Entfernungen, die uns auf dieser Tour erwarten.

### Spektakuläre Spirale

Von o UMa bewegen wir unser Teleskop Richtung Norden. Dort stoßen wir nach etwa 4° auf ein kleines markantes Dreieck, das von den Sternen  $\pi_1$  und  $\pi_2$  UMa sowie 2 UMa gebildet wird. Wir verlängern die Linie von  $\pi_1$  und 2 UMa nach Westen und stoßen nach etwa 5° auf den 6 $^{\rm m}$ -Stern 51 Camelopardalis. Etwa ein weiteres Grad Richtung Westen befindet sich ein ausgedehntes diffuses Objekt – die Galaxie NGC 2403.

NGC 2403 wurde am 1. November 1788 von Wilhelm Herschel mit seinem 20-Fuß Newton-Teleskop entdeckt. Herschel beschrieb diesen Nebel zusammengefasst als ziemlich hell, rund, mit Helligkeitsanstieg zum Zentrum. Im Zentrum selbst beschrieb er einen hellen Kern.

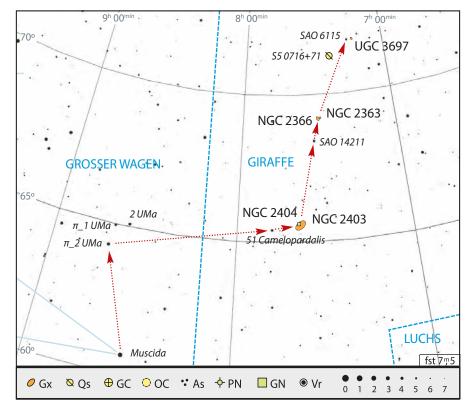
NGC 2403 befindet sich in einer Entfernung von etwa 11 Millionen Lichtjahren und ist wohl ein entferntes Mitglied der M 81/82 Galaxiengruppe. Bei dieser Galaxie handelt es sich um eine relativ weit geöffnete Balkenspirale vom Typ SBc, auf die wir aus einem etwas geneigten Blickwinkel schauen. Mit einem Durchmesser von etwa 70.000 Lichtjahren ist sie etwas kleiner als unsere eigene Galaxis. In den Spiralarmen selbst sind einige hellere HII-Regionen zu erkennen, ausgedehnte Wolken interstellaren Gases, die von benachbarten Sternen zum Leuchten angeregt werden. Diese Wolken sind die Geburtsstätten neuer Sterne. Bekanntestes Beispiel in unserer Milchstraße ist der Orionnebel. Die hellste HII-Region in NGC 2403 ist sogar als eigenständiges Objekt im NGC unter der Nummer 2404 aufgeführt.

Visuell ist NGC 2403 bereits im 200mm-Teleskop als auffälliger großer Nebel erkennbar. Im Nebel selbst sind einige Vordergrundsterne postiert. Auch NGC 2404 ist indirekt als kleiner diffuser Fleck im östlichen Bereich sichtbar. Im 300mm-Newton wirkt der ganze Nebel deutlich strukturiert und neben der durchaus als auffällig zu bezeichnenden HII-Region NGC 2404 sind einige weitere Lichtknoten erkennbar. Diese Galaxie ist wirklich für jedes Teleskop ein lohnendes Beobachtungsziel. Erwähnenswert ist auch die helle Supernova SN 2004dj, die der bekannte japanische Supernovajäger Koichi Itagaki am 31. Juli 2004 im östlichen Bereich der Galaxie entdeckte und die eine Helligkeit von 12,5 ereichte. Die Supernova blieb fast vier Wochen heller als 13 und somit auch für kleinere Teleskope erreichbar.

### Nebel oder Galaxie?

Wir schwenken nun unser Teleskop steil Richtung Nordwesten. Nach etwa 3° erscheint der 5, 5 helle Stern SAO 14211 im Gesichtsfeld. Dies ist der Wegweiser zu unserer nächsten Station, der extragalaktischen HII Region NGC 2366 oder Markarian 71. Dieses Objekt, ebenfalls Mitglied der M 81/82-Gruppe, liegt noch einmal 45′ oder 1,5 Vollmonddurchmesser nördlich unseres Leitsterns.





▲ Abb. 2: **Aufsuchkarte** für die Tour an der Schnauze des Großen Bären.

Bei NGC 2366 handelt es sich um eine irreguläre Galaxie in einer Entfernung von ebenfalls etwa 11 Millionen Lichtjahren. Mit einer Ausdehnung von ca. 30.000 Lichtjahren ist diese Galaxie deutlich kleiner als die zuvor beschriebene NGC 2403. Das dominierende Objekt ist jedoch nicht die Galaxie selbst, sondern eine gigantische HII-Region im südlichen Bereich der Galaxie, die von dem armenischen Astronomen Benjamin Markarian unter der Nummer 71 in seinem berühmten Katalog über Galaxien mit einer extremen UV-Strahlung aufgenommen wurde.

Entdeckt wurde NGC 2366 etwa einen Monat nach NGC 2403 am 3. Dezember 1788 ebenfalls von Wilhelm Herschel. Herschel beschrieb seinen Fund als »sehr schwach, sehr klein, hat nördlich nachfolgend einen sehr schwachen Ast«. Daraus geht eindeutig hervor, dass Herschel zunächst die helle HII-Region beschrieb, aber die eigentliche Galaxie als schwache diffuse Aufhellung ebenfalls schon erkennen konnte. Ralph Copeland, der diesen NGC 2366 am 9. März 1874 mit dem 72-Zöller von Lord Rosse in Birr Castle in Irland beobachtete, beschrieb außer dem hellen Lichtknoten und einem nach



■ Abb. 3: NGC 2403
(a) und NGC 2366
(b) sind spektakuläre relativ nahe Galaxien. Beide haben
HII-Regionen, deren
hellste markiert sind,
NGC 2404 (a) und
Markarian 71 (b)
Christoph Gerhard



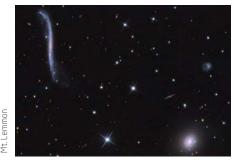
Norden gebogenen diffusen Schweif eine weitere schwächere Verdichtung (NGC 2336) westlich des helleren Knotens.

Die eigentliche Galaxie nordöstlich von NGC 2366 ist im 300mm-Teleskop indirekt, schwach, aber deutlich als länglicher diffuser Lichthauch wahrzunehmen. Im südöstlichen Bereich ist dagegen hell und direkt ein deutlich unregelmäßig geformter elongierter Lichtknoten (Mrk 71) sichtbar, der relativ stark auf den [OIII]-Filter anspricht. Der von Copeland entdeckte Nebel NGC 2636 hingegen ist nur bei besten Bedingungen am Limit mit 400mm Teleskopöffnung machbar.

### Der »Riss« im Weltraum

Unsere Reise geht weiter 3° nach Nordwesten. Dort stoßen wir auf den etwa 6<sup>m</sup> hellen Stern SAO 6115, dem sich unmittelbar (ca. 6') östlich ein markantes kompaktes (3') Dreieck aus 10<sup>m</sup> und 11<sup>m</sup> hellen Sternen anschließt. Dieses Dreieck ist der Wegweiser zu unserer vorletzten Station.

Nur etwa 3,5' südlich des kompakten Dreiecks fällt schon mit Aufsuchvergrößerung ein relativ



▲ Abb. 4: Die Integralzeichen-Galaxie gehört zu den faszinierenden Objekten des Himmels. Das Foto zeigt sie mit der benachbarten UGC 3714.

heller diffuser Fleck auf. Bei diesem Nebel handelt es sich um die Galaxie UGC 3714, die bereits mit 150mm Öffnung gut sichtbar ist. Im 300mm-Teleskop erkennt man deutlich die hellere flächige Kernregion, die von einem diffusen Halo eingerahmt ist.

Deutlich schwieriger ist die Sichtung der berühmten Integralzeichen-Galaxie UGC 3697, die nur 7,5' nordwestlich von UGC 3714 zu finden ist. Der Name rührt daher, dass die Enden der Galaxie durch die Wechselwirkung mit UGC 3714 merklich verbogen sind. Zur erfolgreichen Beobachtung dieser Galaxie sind gute Durchsicht der Atmosphäre sowie ruhiges Seeing erforderlich. Im 300mm-Newton erscheint diese Galaxie dann wie ein geisterhafter dünner Strich, es erscheint fast so, als wäre hier ein Riss im dunklen Himmel. Ein wahrhaft kosmischer Anblick!

Die beiden Galaxien befinden sich in einer Entfernung von etwa 150 Millionen Lichtjahren – das 20-Fache von NGC 2403 und NGC 2366. Dies ist aber immer noch ein Katzensprung verglichen mit dem Objekt, das nun auf uns wartet.

### Der Blazar

Wieder ausgehend von dem bereits erwähnten 6<sup>m</sup>- Stern SAO 6115, bewegt man nun sein Teleskop etwa 45' Richtung Südosten. Dort trifft man auf zwei hellere Sterne (8<sup>m</sup> und 10<sup>m</sup>), die in Nord-Süd-Richtung ausgerichtet sind. Etwa 8' östlich dieser beiden Sterne fällt sofort eine kleine Sterngruppe, bestehend aus vier Sternen 11<sup>m</sup> – 14<sup>m</sup>, auf.

Der nördlichste dieser vier Sterne ist keiner – im Gegensatz zu den benachbarten drei steht er nicht in der Milchstraße, sondern in sagenhaften 3 Milliarden Lichtjahren Entfernung! Seine Entdeckung erfolgte von Deutschland aus – genauer: aus der Eifel. Im Februar 1977 und im März 1978 wurde mit dem 100m-Radioteleskop in Effelsberg die S5-Durchmusterung im Wellenlängenbereich von 4,9GHz durchgeführt. Dabei konnten insgesamt 476 Radioquellen mit hoher Positionsgenauigkeit aufgefunden werden. Die Position der Quelle S5 0716+71 war mit einem 13 m hellen Stern identisch. Erste optische Beobachtungen wurden im August 1979 auf der Sternwarte Hoher List durchgeführt. Bei diesen konnte eine deutliche optische Veränderlichkeit des »Sterns« nachgewiesen werden.

### Mal hell, mal schwach

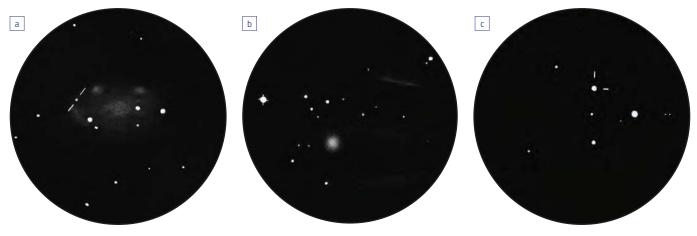
Aufgrund seiner spektroskopischen Eigenschaften wurde S5 0716+71 schließlich als Blazar oder BL-Lacertae-Objekt eingestuft. Dabei handelt es sich um eine besondere Klasse von Quasaren, bei denen der relativistische Jet, der aus dem Kern der Galaxie emittiert wird, genau in unsere Beobachtungsrichtung gerichtet ist, und dadurch meist die umgebene Muttergalaxie überstrahlt.

### **Q** IM DETAIL

### Was ist ein Blazar?

S5 0716+71 ist eines der am besten zu beobachtenden Objekte einer seltenen Klasse von Himmelskörpern, die unter der Bezeichnung BL Lacertae Objekte-oder kurz Blazare-zusammengefasst sind. Benannt sind diese Objekte nach dem Prototyp BL Lacertae. Tatsächlich handelt es sich hier nicht um veränderliche Sterne, wie die Bezeichnung vermuten lässt, sondern um aktive Galaxien, bei denen der relativistische Jet zufällig genau in Richtung der Erde ausgerichtet ist.

Beim relativistischen Jet handelt es sich um gebündelte, hochenergetische Teilchenströme, jeweils an den Polen des zentralen schwarzen Loches, die fast auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden. Sie strahlen nahezu in allen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums (u. a. visuell, Radio- und Röntgenstrahlung). Ein Beispiel für einen solchen Jet ist bei der Galaxie M 87 visuell in großen Teleskopen zu beobachten.



▲ Abb. 5: **Okularanblick der Tour-Objekte in einem 300mm-Teleskop,** beobachtet aus der Dachsternwarte in einer Kleinstadt: NGC 2403 mit Supernova 2004dj (a), UGC 3714 mit der Integralzeichengalaxie (b) und der Blazar S5 0716+71 am 25.1.2015 (c). *K. Wenzel* 

Bei einem markanten Helligkeitsabfall, der sich Mitte Dezember 2007 ereignete, konnte mit dem 2,2m Nordic Optical Telescope auf La Palma die Muttergalaxie des Blazars beobachtet werden. Man erhielt bei dieser Beobachtung eine Rotverschiebung von z = 0,31 und eine tatsächliche Größe der Galaxie von ca. 40.000 Lichtjahren.

Bei visuellen Beobachtungen über einen längeren Zeitraum merkt man schnell, dass S5 0716+71 sehr variabel ist und Lichtwechsel zwischen 12<sup>m</sup> und 16<sup>m</sup> zeigt. Meist schwankt die Helligkeit jedoch zwischen der 13. und 14. Größe. Helligkeitsveränderungen von bis zu 0,<sup>m</sup>5 innerhalb von 24 Stunden sind jedoch durchaus möglich. Das Beobachtungsergebnis schwankt also möglicherweise von »hell und einfach mit 200mm-Teleskopen« bis zu »nicht sichtbar mit 400mm«. Der besondere Reiz der Beobachtungen ist das Wissen, dass das Licht dieses unscheinbaren Lichtpunktes im Okular etwa 3 Milliarden Jahre zu uns unterwegs war.

### Die Zugabe

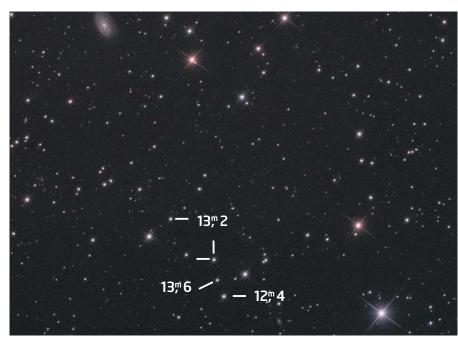
Schwenkt man nun zu guter Letzt sein Teleskop noch etwa 15' (halber Monddurchmesser) von S5 0716+71 nach Nordosten, trifft man zum Abschluss unserer Tour auf eine kleine Zugabe – die Galaxie UGC 3804. Mit einer Helligkeit von etwa 13<sup>m</sup> ist diese relativ unbekannte Galaxie noch gut mit 200mm Teleskopöffnung als deutlich ovaler diffuser Nebel mit leicht hellerer Zentralregion erreichbar. Unmittelbar west-

lich befindet sich eine kleine markante Sterngruppe als Wegweiser. Bei UGC 3804 handelt es sich um eine Spiralgalaxie vom Typ Sc, die sich mit einer Entfernung von 130 Millionen Lichtjahren in ähnlicher Distanz wie die zuvor beschriebene Integralzeichengalaxie befindet. Im Januar 2002 beobachteten chinesische Astronomen eine Supernova in dieser Galaxie, die jedoch kaum die 16. Größe ereichte.

### **SURFTIPPS**

- Aufsuchkarte und Lichtkurve des Blazars:
- · Erklärung des Quasarphänomens
- S5 0716+71-Ausbruch 2015
- ↑ Kurzlink: oclm.de/a1043

► Klaus Wenzel



▲ Abb. 6: **Die Umgebung des Blazars mit der Galaxie UGC 3804 (links oben).** Eingetragen sind Helligkeiten von Vergleichssternen. *Christoph Gerhard* 

Deep-Sky-Objekte auf dem Weg zum Blazar								
Objekt	R.A.	Dekl.	Helligkeit	Größe	Bemerkung	isDSA		
NGC 2403	7 <sup>h</sup> 36,9 <sup>min</sup>	+65° 36'	8, <sup>m</sup> 5	23' × 11'	Helle HII-Regionen	6		
NGC 2366	7 <sup>h</sup> 28,7 <sup>min</sup>	+69° 11'	11, <sup>m</sup> 1	8' × 3'	Helle HII-Region Mrk 71	6		
UGC 3714	7 <sup>h</sup> 12,5 <sup>min</sup>	+71° 45′	12, <sup>m</sup> 7	$2' \times 1,7'$		6		
UGC 3697	7 <sup>h</sup> 11,4 <sup>min</sup>	+71° 50'	14, <sup>m</sup> 5	$3,3' \times 0,2'$	Integralzeichengalaxie	6		
S5 0716+71	7 <sup>h</sup> 21,9 <sup>min</sup>	+71° 21'	12 <sup>m</sup> – 17 <sup>m</sup>	stellar	Entf. ca. 3 Mrd. Lj	6		
UGC 3804	7 <sup>h</sup> 22,5 <sup>min</sup>	+71° 36′	13, <sup>m</sup> 0	1,9' × 1,3'		6		

Abb. 1: Malerisches Bildmotiv: Komet Catalina bot Astrofotografen ein spannendes Thema. Die Aufnahme zeigt den Kometen Anfang Dezember 2015 mit etwa 140° voneinander abstehendem Staub- und Plasmaschweif. 8.12.2015, CCD-Aufnahme, 8"-Newton bei 560mm, Kamera Moravian 8300, Belichtungszeit 8min (L), 4min (je RGB). Norbert Mrozek

### Winterkomet im Bild

Leser fotografieren C/2013 US10 (Catalina)

ie Erwartungen nicht ganz erfüllen konnte der »Winterkomet« C/2013 US10 (Catalina). Unter sehr guten Bedingungen gab es einzelne Sichtungen mit bloßem Auge. Im Fernglas war der Schweifstern ein einfaches Objekt und auch für Anfänger leicht aufzufinden, er blieb aber unspektakulär.

Interessant zeigte sich Catalina nur im Teleskop und auf tief belichteten Aufnahmen. Auffällig waren vor allem die beiden deutlich voneinander getrennten Schweife. Der Plasmaschweif wies im Dezember stark wechselnde Strukturen auf und wurde bis zu 6° lang; auch mehrere Abrisse waren fotografisch nachweisbar. Der Staubschweif ragte ungewöhnlich stark nahezu in die entgegengesetzte Richtung – bedingt durch relativ große Staubpartikel, die auf der Kometenbahn zurückblieben.

Im Januar 2016 wurde der Staubschweif kürzer und auch der Plasmaschweif wurde schwächer und dünner. Der Komadurchmesser erreichte zu Jahresbeginn etwa 12'. Die Gesamthelligkeit des Kometen blieb über Wochen konstant: die Schätzungen bewegten sich von Ende November bis zur Erdnähe Mitte Januar durchgehend zwischen 6;<sup>m</sup>0 und 6;<sup>m</sup>5. Nachdem die Sonnennähe schon am 15. November 2015 erfolgt war, wurde Komet Catalina ab Ende Januar dann zusehends schwächer.

►Burkhard Leitner

Belichtungszeit 30min (L), 5min (je RGB). Gerald Rhemannan

## Einem Schweifstern auf der Spur

Bahnbestimmung des Kometen C/2014 Q2 Lovejoy

Zur Jahreswende 2014/2015 konnte man den Kometen Lovejoy sehr gut mit kleinen Teleskopen beobachten, und viele Amateurastronomen haben schöne Fotos von diesem Schweifstern gemacht. Aber man kann auch die Bahn eines Kometen auf recht einfache Weise bestimmen – und so die Frage beantworten, ob er jemals wiederkommt, und – wenn ja – vorhersagen, wann das sein wird.

Kometen haben die Menschen schon immer fasziniert. Bis zum 17. Jahrhundert galten sie in vielen Kulturkreisen als göttliche oder teuflische Boten, die drohendes Unheil ankündigten. In der römischen Kaiserzeit etwa prophezeiten Kometen den baldigen Tod des Herrschers – so glaubte man jedenfalls. Sogar noch zu Beginn des 20. Jahrhunderts fürchtete man sich in Europa vor Kometen, und zwar vor töd-

lichen Dämpfen aus Schwefel und Cyangas, mit der der Schweifstern die Luft vergiften könnte.

### Halleys Revolution

Ein Grund für die mit dem Auftauchen eines Kometen verbundene Angst war sicher die Unvorhersehbarkeit dieser Erscheinung. Während andere Himmelsobjekte wie Sterne und Planeten wohlbekannt und langfristig bere-

chenbar waren, musste das recht plötzliche Auftreten und Verschwinden eines merkwürdig geformten und nicht erklärbaren Objektes Furcht einflößen. Der erste wichtige Schritt zur Entmystifizierung der Schweifsterne war die Erkenntnis von Edmond Halley, dass der heute nach ihm benannte Komet eine wiederkehrende Erscheinung ist. Er sagte 1705 voraus, dass der zuvor im Jahr 1682 beobachtete Komet gut 75 Jahre später, Anfang 1758, wieder zu sehen



sein würde. 16 Jahre nach Halleys Tod zeigte sich, dass seine Berechnungen richtig waren, als der deutsche Amateurastronom Johann Georg Palitzsch den Kometen (wieder)entdeckte.

Die Halleysche Berechnung der Bahn dieses Kometen basierte auf der Newtonschen Mechanik. Die Rechnungen wurden noch vor dem Jahr 1758 in Frankreich durch Alexis Clairaut, Jérôme Lalande und Nicole-Reine Lepaute verfeinert. Sie berücksichtigten dabei auch die Einflüsse der großen Planeten Jupiter und Saturn. Aus Kometenbahnen hat man seither viel gelernt, insbesondere dass viele dieser kalten Brocken aus dem Kuiper-Gürtel oder der Oortschen Wolke stammen. Wichtig ist natürlich auch zu überprüfen, ob der Himmelskörper eine elliptische Bahn beschreibt und irgendwann wiederkehrt, oder ob er auf einer Hyperbelbahn auf Nimmerwiedersehen entschwindet.

### Eigene Beobachtungen

Der australische Kometenjäger Terry Lovejoy entdeckte den nach ihm benannten Kometen im August 2014. Die Bezeichung C/2014 Q2 Lovejoy sagt etwas über den Typ des astronomischen Objekts aus (C = langperiodischer Komet), enthält das Entdeckungsjahr, den Entdeckungsmonat (Q = zweite Augusthälfte) und eine laufende Nummerierung (2), und enthält auch den Namen des Entdeckers. Im Januar

2015 hatte sich der Abstand zur Erde auf etwa 0,5 Astronomische Einheiten (AE) verringert und die Helligkeit auf ca. 4<sup>m</sup> erhöht, so dass er auch mit Amateurmitteln gut von Europa aus beobachtet werden konnte. Auch ich habe im Mai einige Fotos von Lovejoy gemacht, mit einem Teleobjektiv, um viele Sterne mit ins Bild einzubeziehen. Auch wenn manche Bilder wegen durchziehender Wolken keineswegs perfekt waren, kann man die Position des Kometen gut messen. Das brachte mich auf die Idee, diese Information zu nutzen und die Bahn von Lovejoy zu bestimmen, eine im Prinzip einfache Aufgabe, die aber von Amateurastronomen eher selten in Angriff genommen wird.

Vor vornherein ist klar: Je besser man die Bahnelemente bestimmen will, desto mehr genaue Koordinatenmessungen benötigt man, möglichst über einen großen Zeitraum verteilt. Also stieg ich von kleinen Teleobjektiven auf ein Schmidt-Cassegrain-Teleskop um, dessen lange Brennweite von 2100mm eine Auflösung von rund 0,5" pro Pixel meiner digitalen APS-C Spiegelreflexkamera liefert. Auf einer stabilen Montierung konnte ich den Kometen jeweils mit einer Belichtungszeit von einer Minute ablichten, bis in den September 2015 hinein, als seine Helligkeit auf ca. 14<sup>m</sup> abgefallen war, bei einem Abstand von etwa 3AE. Der Komet bewegte sich im Sommer um knapp 1° pro Tag, also etwa 2" pro Minute relativ zu den Sternen. Die ungefähre Position habe ich vorher nachgeschlagen bzw. ab Juni 2015 aus meiner vorläufig bestimmten Kometenbahn selbst vorausberechnet. Ich habe an insgesamt 31 Abenden ein Foto aufgenommen.

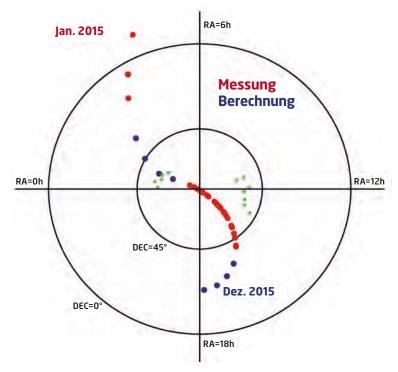
### Messung der Position

Für jedes Foto müssen die Aufnahmezeit (am besten in Universalzeit = UT) und die äquatorialen Koordinaten Rektaszension  $\alpha$  und Deklination  $\delta$  des Kometen bestimmt werden, für die Standardepoche J2000. Die Uhrzeit kann man der Exif-Datei des Fotos entnehmen, aber man muss dafür sorgen, dass die Kamera-Uhr genau gestellt ist. Ich habe immer kurz nach dem Kometenfoto mit der gleichen Kamera eine Internet-gesteuerte Uhr mit Sekundenanzeige fotografiert, dann kann man die Exif-Zeit genau kalibrieren. Die Ortskoordinaten  $\alpha$  und  $\delta$  habe ich mit Hilfe des Programms Astrometrica bestimmt, das anhand der Sterne im Foto eine vollständige automatische as-

### **SURFTIPPS**

- Astrometrica
- Skript des Autors
- FindOrb.exe
- Bahnelemente für Kleinkörper

<sup>↑</sup> Kurzlink: oclm.de/a1047



■ Abb. 2: Trajektorie des Kometen C/2014 Q2 im Jahr 2015. Stereographische Projektion. Zur Orientierung sind das Sternbild Cassiopeia und der große Wagen angedeutet. Gezeigt sind die gemessenen und einige berechnete Positionen. Man erkennt den nahen Vorbeiflug am Polarstern, der Komet bewegt sich also fern der Ekliptik.

trometrische Analyse vornimmt, also erkennt, welche Himmelsregion mit welcher Kameraorientierung und welcher Teleskopbrennweite abgelichtet wurde. Man muss dann nur noch den Kometen anklicken und bekommt dessen Koordinaten mit einer Genauigkeit von besser als einer Bogensekunde bei der von mir verwendeten Teleskopbrennweite angezeigt. Alternativ kann man auch selbst einige dem Kometen benachbarte Sterne auf dem Foto identifizieren, deren Koordinaten mit einem Planetariumsprogramm ausgeben lassen und selbst die astrometrische Analyse durchführen (notfalls auch graphisch). Ich stelle zu diesem Zweck ein kleines Programm zur Verfügung (vgl. Surftipps).

Hebbeker

Die gemessenen Orts- und Zeit-Koordinaten der ersten 30 Beobachtungen habe ich dann in eine Textdatei mit dem von dem Minor Planet Center (MPC) definierten Format eingetragen. Diese Informationen, und auch die geographischen Koordinaten des Standortes, sind für die Bahnberechnung relevant, denn bei einem recht nahen Objekt wie Komet Lovejoy spielt die Parallaxe eine Rolle, d.h. Beobachter an unterschiedlichen Orten auf der Erde messen unterschiedliche Kometenpositionen relativ zu den Sternen. Man spricht von tropozentrischen Koordinaten, während geozentrische Koordinaten von einem gedachten Astronomen im Erdmittelpunkt bestimmt würden.

# Sonne Abb. 3: Bahn des Kometen C/2014 Q2 Lovejoy im Vergleich zu den Bahnen von Erde und Saturn. Der Komet bewegt sich fast senkrecht zur Ekliptik (Inklination etwa 80°).

### Bestimmung der Bahnelemente

Mit dem im Internet frei zur Verfügung gestellten Programm »find \_o32.exe« habe ich die Berechnung durchgeführt. Es kann die Datei im MPC-Format lesen, benötigt aber auch die Definition des Beobachtungsortes, dessen geographische Koordinaten in der ebenfalls vom Programm verarbeiteten Datei »ObsCodes.htm« eingetragen sind.

Das Ergebnis für den Kometen Lovejoy:

- Neigung der Bahn zur Ekliptik i:  $80,30086^{\circ}$   $\pm 0,00014^{\circ}$ 
  - Exzentrizität e: 0,99768  $\pm$ 0,00003
  - Große Halbachse a: 557AE ±8AE

Man sieht, dass die Bahnelemente i und e sehr präzise gemessen werden konnten, die Unsicherheit in der Inklination beträgt weniger als 1". Die Größe a ist nicht so genau bestimmbar, da man ja nur Richtungen misst und die Halbachse sich nur indirekt aus der Anpassung ergibt.

### Berechnung der Periode

Der große Zahlenwert für i von 80° bestätigt, dass die Bahn fast senkrecht zur Ekliptik verläuft. Die Exzentrizität ist kleiner als eins, es handelt sich also um eine elliptische Bahn. Da die Differenz zu eins sehr klein ausfällt, ist die Ellipse allerdings extrem langgestreckt. Die große Halbachse ist riesig, so dass der Komet C/2014 Q2 einen maximalen Abstand von der Sonne von über 1000AE hat und daher wahrscheinlich aus der Oortschen Wolke stammt – und er wird auch dorthin zurückkehren. Nach dem dritten Keplerschen Gesetz kann man aus

T. Hebbeker

a auch die Umlaufperiode P mit der folgenden Formel berechnen:

Periode in Jahren =  $(a/AE)^{3/2}$ 

Man erhält  $13100 \pm 300$  Jahre – wir werden diesen Kometen also sicher nicht noch einmal beobachten können.

Die Ergebnisse gelten ganz genau nur für den 10. September 2015, denn wegen der planetaren Einflüsse ist die Bahn keine exakte Ellipse. Man kann sie nur immer zu einem bestimmten Zeitpunkt lokal als solche annähern. Wie die Bahn von Lovejoy außerhalb der Heliosphäre in einem Abstand von einigen 100AE verläuft, hängt natürlich auch von den von uns nicht vorhersagbaren Störungen durch die dort befindlichen Asteroiden und Kometen ab, so dass der exakte Zeitpunkt des nächsten

Periheldurchgangs heute nicht vorhergesagt werden kann.

### Qualitätstest

Die von mir gemessenen Bahnparameter sind im Einklang mit den genaueren Bahnelementen, die das Jet Propulsion Laboratory veröffentlicht. Wie gut die Bahnbestimmung funktioniert, zeigt auch folgender Test, ein Vergleich gemessener und berechneter topozentrischer Koordinaten:

Vorhersage 11.9.2015, 19:28:12 (UT):  $\alpha = 15^{\text{h}}$ 54<sup>min</sup> 56,07<sup>s</sup>  $\delta = 39^{\circ}$  59' 3,1"

Messung 11.9.2015, 19:28:12 (UT):  $\alpha = 15^{h}$   $54^{min} 56,01^{s} \delta = 39^{\circ} 59' 3,2"$ 

Zur Bahnbestimmung wurden nur die ersten 30 der 31 Messpunkte verwendet. Die erste der obigen Zeilen enthält die Vorhersage für die Position von C/2014 Q2 Lovejoy für den Zeitpunkt der letzten Beobachtung. Diese Koordinaten (Ephemeriden) kann man mit »find \_o32.exe« aus den an meine Messdaten angepassten Bahnelementen berechnen lassen. Die Zeile darunter gibt die am 11. September 2015 gemessene Position wieder, das ist der 31. Messpunkt. Offenbar stimmen Vorhersage und Messung sehr gut überein, die Differenz beträgt nur etwa eine Bogensekunde.

Wer selbst einmal die Bahn eines Himmelskörpers im Sonnensystem bestimmen will, kann sich dazu einen Planeten oder größeren Asteroiden aussuchen, oder man wartet einfach einige Monate auf den nächsten helleren Kometen...

▶Thomas Hebbeker

### **Q** IM DETAIL

### Bestimmung der Bahnenelemente

Um die Bahn eines Asteroiden oder Kometen im Sonnensystem berechnen zu können, muss man an jedem Punkt die wirkende Gravitationskraft kennen, genauer, die dadurch erzeugte Beschleunigung  $\vec{a}$ . Diese ist unabhängig von der unbekannten Masse des Himmelskörpers. Im einfachsten Fall nimmt man an, dass die Planeten und andere Störeinflüsse ignoriert werden können, also nur die Schwerkraft der Sonne wirkt. Den Kometen nimmt man als punktförmiges Objekt mit konstanter Masse an, vernachlässigt also den sich als Schweif manifestierenden Materieverlust und die damit verbundene winzige Impulsänderung des Kometenkerns.

Unter diesen Annahmen benötigt man genau eine Messung des Ortsvektors  $\vec{r}$  und des Geschwindigkeitsvektors  $\vec{v}$  des Kometen zu einem bekannten Zeitpunkt  $\mathbf{t}_{or}$  dann-hier illustriert für den Fall zeitlich konstanter Beschleunigung  $\vec{a}$  - kann man mit der Newtonschen Mechanik zu jedem anderen Zeitpunkt t den Ortsvektor  $\vec{r}$  berechnen nach der Gleichung

$$\vec{r}(t) = \vec{r}(t_0) + \vec{v}(t_0) \times (t \mid t_0) + \frac{1}{2}\vec{a} \times (t \mid t_0)^2$$

Man benötigt also (mindestens) sechs Messwerte, drei Orts- und drei Geschwindigkeitskoordinaten.

Natürlich ist es in der Praxis nicht möglich, die Entfernung des Kometen direkt zu bestimmen. Schon Carl Friedrich Gauß hat um das Jahr 1800 erkannt, dass man alternativ auch aus den zu (mindestens) drei Zeitpunkten gemessenen Paaren von Richtungskoordinaten (Rektaszension  $\alpha$ , Deklination  $\delta$ ) die Bahn des Himmelskörpers berechnen kann, und Gauß hat diese Methode erfolgreich auf die Berechnung der Bahn des Asteroiden Ceres angewandt. Man benötigt also wieder (mindestens) sechs Koordinatenmessungen.

Schließlich möchte man die Bahn geometrisch beschreiben. Wieder benötigt man sechs Größen (hier am Beispiel der Ellipse):

Die Größe der Bahn wird durch die große Halbachse a beschrieben.

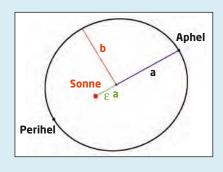
Die Form der Ellipse wird durch die (numerische) Exzentrizität e festgelegt. Für einen Kreis gilt e=0, bei einer Ellipse ist immer e < 1. Falls e > 1 gilt, bewegt sich der Himmelskörper entlang einer Hyperbel und kehrt nicht mehr ins innere Sonnensystem zurück. Der Grenzfall, dass e exakt eins ist, entspricht einer Parabel – dieser Fall kommt allerdings in der Realität nicht vor.

Um die Lage der Bahnebene zu definieren, benötigt man zwei Winkel, wie man sich leicht klarmachen kann, wenn man die Orientierung eines Pappkartons im Raum beschreiben will.

Schließlich muss die Orientierung der Ellipse in der Bahnebene festgelegt werden, also die Richtung der großen Halbachse.

Mit diesen fünf Parametern liegt die Geometrie der Kometenbahn fest. Wir wollen aber auch wissen, wo der Komet sich zu einem bestimmten Zeitpunkt befindet; das kann man berechnen, wenn man den Zeitpunkt eines Perihel-Durchgangs kennt.

Kennt man die sechs Bahnelemente, so kann man zu jedem Zeitpunkt die Koordinaten berechnen. Man spricht von der Berechnung der Ephemeriden, also der Positionswerte sich relativ zu den Sternen bewegender Himmelskörper. Hier müssen wir aber das umgekehrte Problem lösen: Wir haben die äquatorialen Koordinaten a,  $\delta$  zu mehreren Zeitpunkten gemessen und müssen dann eine Anpassungsrechnung durchführen, um die Bahnelemente zu bestimmen.



■ Abb. 4: Geometrie einer elliptischen Kometenbahn mit großer Halbachse a, kleiner Halbachse b und Exzentrizität ε.

## Welche Kamera für den Einstieg?



Weltweit werden die meisten Fotos mit Handykameras gemacht- eignen sich diese auch zur Astrofotografie? Oder werden für die Astrofotografie teure digitale Spiegelreflexkameras oder gar gekühlte CCD-Kameras gebraucht? Der Artikel verrät Ihnen, welche Kamera Sie für die Erstellung Ihrer ersten Astrofotos verwenden können.

Abb. 1: Je nach zu fotografjerendem Objekt eignen sich verschiedene Kalmeras unterschiedlich gut: Für diese Aufnahme des Rosettennebels mit dem zentralen Sternhaufen NGC 2244 wurde eine Hα-modifizierte DSLR vom Typ Canon D6 an einem Teleskop mit 530mm Brennweite (Öffnungsverhältnis f/5) verwendet. Das Bild setzt sich aus 10 Aufnahmen mit einer Belichtungszeit von je 450 Sekunden (bei ISO 1600) zusammen und weist damit eine Gesamtbelichtungszeit von 75 Minuten auf.



▲ Abb. 2: Das Angebot an Kameras ist vielfältig, es reicht von Kameras in Smartphones über klassische Kompaktkameras und ungekühlte CCD-Kameras bis hin zu digitalen Spiegelreflexkameras und gekühlten Astro-CCD-Kameras. Bedingt durch ihre unterschiedlichen Stärken und Schwächen eignen sich diese unterschiedlichen Kameras für verschiedene astrofotografische Einsatzszenarien unterschiedlich gut – für den Einstieg reichen zunächst die einfachen Kameratypen.

ie Leistungsfähigkeit von CCDund CMOS-Sensoren hat sich durch die rasanten Entwicklungen der vergangenen Jahre deutlich erhöht, so dass Sie inzwischen schon mit einfachen Kameras beeindruckende Astrofotos anfertigen können. Für die ersten Schritte in der Astrofotografie eignen sich meist die Kameras, die Sie vermutlich ohnehin besitzen.

### Mondfotos mit Smartphone-Kamera

Auch wenn die Kameras in Smartphones für die Spaß- und Alltagsfotografie entwickelt wurden, eignen sie sich für den Einstieg in die Astrofotografie! Da das Objektiv einer Smartphone-Kamera nicht entfernt werden kann, müssen Sie die Kamera zur Fotografie hinter das Okular Ihres Teleskops halten - oder mittels eines entsprechenden, preisgünstigen Smartphone-Adapters an das Okular anpassen. Wählen Sie für Ihren Einstieg in die Astrofotografie am besten ein sehr helles astronomisches Objekt wie den Mond. Richten Sie das Teleskop aus, wählen Sie ein Okular mit nicht allzu großer Vergrößerung und fokussieren Sie. Anschließend können Sie Ihr Smartphone hinter das Okular halten und das vergrößerte Bild des Mondes wird auf Ihrem Smartphone-Bildschirm sichtbar.

Nun brauchen Sie nur noch in gewohnter Weise auf Ihr Display zu tippen um, die Fokussierung und die Belichtungszeit für den angetippten Bereich zu wählen – und auszulösen: schon haben Sie Ihr erstes Astrofoto! Die Fotografie heller und großflächiger Objekte wie beispielsweise des Mondes ist mit einer Smartphone-Kamera und ihrer Auflösungen von 8 bis 12 oder mehr Megapixeln bei Chipgrößen von rund 4,5mm × 3,5mm möglich. Für die Fotografie klei-



▲ Abb. 3: **Die in Smartphones verbauten Kameras werden immer besser.** Zur Fotografie der hellen Objekte unseres Sonnensystems lassen sich diese Kameras inzwischen durchaus einsetzen – für die Deep-Sky-Fotografie eher weniger.



Abb. 4: **Ungekühlte CCD-Kameras** haben sich bei der Fotografie der Planeten durchgesetzt. Mit ihnen lassen sich viele hundert Bilder in kurzer Zeit als Film aufnehmen und anschließend am PC weiterverarbeiten.

ner oder lichtschwacher Objekte eignen sich die Smartphone-Kameras jedoch in der Regel weniger, da die Fokus- und Belichtungsdaten nicht in dem Maße manuell kontrolliert und eingestellt werden können, wie dies für eine erfolgreiche Astrofotografie notwendig ist.

### Planetenfotos mit CCD-Kameras

Wenn Sie qualitativ bessere Bilder des Mondes anfertigen wollen, oder auch wenn Sie Jagd auf die Planeten unseres Sonnensystems machen wollen, bietet sich der Einsatz von für die Astronomie optimierten Überwachungskameras an. Diese Kameras können in kurzer Zeit mehrere hundert oder tausend Bilder aufnehmen, aus denen entsprechende Software dann ein Summenbild errechnet, das in der Regel deutlich detaillierter ist als ein Einzelbild.

Um die ungekühlten CCD-Kameras verwenden zu können, sind diese an einem Notebook zu betreiben, das nicht nur die Funktionen der Kamera steuert, sondern auch die umfangreichen Filmdateien abspeichert. Das Angebot an derartigen Kameras ist groß, gemeinsam sind ihnen aber die relativ kleinen Chip-Größen, die im Bereich von 3,1mm × 2,4mm bis 13,2mm × 8,8mm liegen.

### Spiegelreflexkameras: das »Schweizer Taschenmesser«

Digitale Spiegelreflexkameras (engl. »Digital Single Lens Reflexcamera« – kurz: DSLR) sind wegen ihrer Flexibilität und Universalität unter ambitionierten Fotografen weit verbreitet. DSLR ermöglichen es, Objektive zu wechseln, so dass auch ein Teleskop als Aufnahmeoptik adaptiert werden kann. Zudem steht ein reichhaltiges Systemzubehör für die unterschiedlichsten – auch astrofotografischen – Erfordernisse zur Verfügung.

### Dittiés Idee: Weg mit dem Adapterchaos



▲ Abb. 1: **Wenn man ein bisschen plant**, kann man die Anzahl der Adapter gering halten.

m Laufe der Jahre wird die Zubehörtasche immer voller. Man interessiert sich für dies und das und sammelt so das passende Zubehör auf dem Astroklamottenmarkt ein. Und stößt auf folgendes Phänomen: Weil es nur wenige Standards gibt, nimmt die Zahl der Zubehörteile schnell zu, vor allem die Adapter zwischen den diversen Anbauteilen. Teile, die man eigentlich nur für einen einzigen Zweck braucht.

Das ist nicht sehr praktisch, denn mit jeder Verbindung fügt man mechanische Toleranzen und Spiel ein. Dazu addiert sich hier je nach Zubehör ein Gewicht auf, dass die ganze Apparatekette durchbiegt.

Dagegen hilft ein Plan, wie man das Okularende des Fernrohrs gestaltet, was man dann doch am häufigsten benutzt. Sehr bewährt hat sich hier die 2-Zoll-Steckhülse, denn die kann man ordentlich festklemmen, ohne dass sie festfrisst. 2 Zoll bedeutet 50,8mm Steckdurchmesser und innen ein freier Durchmesser von etwa 46mm für die Lichtstrahlen. Das reicht selbst für die Astrofotografie, wenn es nicht gerade ein lichtstarker Astrograph ist. Für dieses 2-Zoll-System bekommt man dann alles andere, so dass man mit maximal zwei Zubehörteilen alles ans Fernrohr anschließen kann.

► Georg Dittié

Digitale Spiegelreflexkameras eignen sich daher uneingeschränkt für die meisten Anforderungen der Astrofotografie: Die Kameras bieten ausreichend manuelle Einstellmöglichkeiten, um die Aufnahmen den Besonderheiten des jeweiligen astronomischen Objektes anzupassen. Und auch die Adaption der Kamera an einem Teleskop als »Supertele« ist durch die Verfügbarkeit



▲ Abb. 5: Spiegelreflexkameras eignen sich für viele astrofotografische Einsatzgebiete – und das Angebot ist vielfältig: Es reicht von preiswerten Modellen mit APS-C-Sensor bis hin zu hochwertigen Vollformat-Kameras mit umfangreichem Funktionsangebot (für den Einstieg in die Astrofotografie reichen oft erst einmal die preiswerteren Modelle).

entsprechender Teleskop/Kamera-Adapter in der Regel kein Problem.

Digitale Spiegelreflexkameras sind heute ab einem Einstiegspreis von rund 300 Euro erhältlich. Bei Kameras in diesem Preissektor werden Aufnahmesensoren mit einer Größe von ca. 15mm × 23mm, dem sog. APS-C-Format, verbaut. Kameras mit einer Sensorgröße von 24mm × 36mm, dem klassischen Kleinbildformat oder Vollformat, sind aktuell zu Preisen zwischen 1750€ und 5000€ erhältlich.

### **Fazit**

Für Ihre ersten astrofotografischen Schritte eignen sich die Kameras die Sie vermutlich ohnehin bereits besitzen; wie die Kamera in Ihrem Smartphone, mit der Sie mit wenig Aufwand erste Fotos der Mondoberfläche anfertigen können. Wenn Sie dabei Ihre Leidenschaft für die Mondfotografie entdecken bzw. auch die kleinen und lichtschwachen Planeten unseres Sonnensystems fotografieren wollen, dann sollten Sie sich bei Gelegenheit nach einer ungekühlten CCD-Kamera umsehen. Wenn Sie zudem eine DSLR besitzen, dann steht Ihnen auch die Tür der Königsklasse der Astrofotografie – die Deep-Sky-Fotografie – offen!

### **≠** INTERAKTIV



Ullrich Dittler ist ein bekannter Astrofotograf und Autor zahlreicher Veröffentlichungen zur Astrofotografie und zu astrofotografischem Equipment. Er ist gemeinsam mit A. Martin und B. Koch Autor des »Handbuchs Astrofotografie«, das umfangreichste Kompendium zur Astrofotografie in deutscher Sprache. Er betreibt eine Privatsternwarte im Schwarzwald, dort widmet er sich neben der Deep-Sky- und der Sonnenfotografie auch dem Nachweis von Exoplaneten. Wenn Sie fragen zur Astrofotografie haben oder sich für diese Rubrik ein bestimmtes Thema wünschen, schreiben Sie uns an redaktion@abenteuer-astronomie.de oder über Facebook.

### Teleskop-Tuning: Okularauszug im Fokus

er Okularauszug sollte bei der Benutzung gar nicht auffallen. Tut er es doch, ist vermutlich etwas nicht in Ordnung.

Zuerst sollte man sich mit den Justagemöglichkeiten vertraut machen. Gerade bei Crayford-Auszügen, also Okularauszügen, die nach dem Reibungsprinzip funktionieren, ist man vielleicht unsicher, welches die Feststellschraube für die Arretierung des Auszugs ist, und welche Schraube den Andruck des Antriebs regelt. Letztere sitzt meist genau über der Achse der Fokussierknöpfe, die Feststellschraube etwas näher am Teleskop. Einige Okularauszüge sind auf die optische Achse justierbar. Bei rotierbaren Auszügen ist das besonders wichtig.

Gibt es Spiel an Teflon-Gleitflächen, kann man diese vorsichtig ablösen und Klebeband unterkleben. Es darf aber nicht zu stramm werden. Dies minimiert Shifting – so heißt der Effekt, wenn sich das Bild im Okular beim Fokussieren verschiebt.

Fett, das bei Kälte zäh wird, gehört ausgetauscht, zum Beispiel durch lithiumverseiftes Fett, das Kunststoff nicht angreift und für Kälte geeignet ist. Zum feinfühligeren Fokussieren kann man eine Untersetzung in Form eines Knopfautomaten nachrüsten.

Wer ohnehin bastelt: Schwarze Veloursfolie im Auszugrohr ist wirksamer als herkömmlicher Mattlack. Ist das teleskopseitige Ende des Rohrs blank, wie es die Säge hinterließ, muss auch das versorgt werden. Apropros Säge: Es kann vorkommen, dass das Rohr des Okularauszugs in den Strahlengang ragt oder die genutzte Teleskopöffnung einengt. Dann sollte man den Strahlengang vermessen und kürzen.

➤ Sven Wienstein



▲ Abb. 1: **Der perfekte Okularauszug läuft,** ohne dass man es bemerkt – falls nicht, muss man nachhelfen.

### **SURFTIPPS**

- Anbau eines Knopfautomaten
- Alternative Anbringung des Knopfautomaten

<sup>↑</sup> Kurzlink: oclm.de/a1053

verbreitung ist un

# HER HELS

### Fototipps zum Merkurtransit am 9.5.2016

Am 9. Mai findet das seltene Ereignis eines Merkurtransits vor der Sonnenscheibe statt (Zahlen und Daten auf Seite 24). Fotografen bieten sich interessante Motive und Perspektiven, wenn sie die richtige Ausrüstung besitzen. Insbesondere der Eintritt des Merkurscheibchens sowie der Sonnenuntergang mit fast gleichzeitigem Austritt versprechen spannend zu werden.

bei zieht, ist Vorsicht geboten!
Das gleißende Sonnenlicht
kann in Sekunden nicht nur die Ausrüstung,
sondern auch das Augenlicht des Fotografen
kosten. Eine Ausnahme kann lediglich die
Fotografie bei Sonnenuntergang darstellen.

Deshalb sollte immer mit einem zertifizierten Sonnenfilter aus Folie oder Glas oder mit einem Herschelprisma gearbeitet werden. Schweißergläser, Rettungsfolie und andere improvisierte Filter sind nicht geeignet – auch wenn das Ergebnis subjektiv gut aussieht, lassen sie unsichtbare Teile der gefährlichen Sonnenstrahlung passieren, was gravierende Folgen haben kann.

### Eintritt nicht verpassen!

Der Eintritt ist der spannendste Moment des Transits. Um ihn nicht zu verpassen, muss sichergestellt sein, dass die richtige Stelle auf der Sonne anvisiert wird. Diesmal macht es uns Merkur besonders einfach, da die Eintrittstelle am östlichen Sonnenrand nur minimal nördlich des Sonnenäquators liegt. Bei abgeschaltetem Motor der Teleskopnachführung wandert die Sonne vom Zentrum aus in Richtung Westen aus dem Gesichtsfeld. Der östliche Sonnenrand ist der letzte Zipfel, der aus dem Okular verschwindet.

Der Transit Merkurs vor der Sonne beginnt um 13:12 MESZ. Dabei steht die Sonne mehr als 50° hoch nahe dem Meridian genau im Süden. Dadurch besteht eine gute Chance auf eine ruhige Luft. Die Verwendung eines größeren Gerätes mit hoher Brennweite und passendem Sonnenschutz könnte sich lohnen.

### Den richtigen Filter wählen

Für die Transitfotografie gelten die üblichen Regeln der Sonnenfotografie. Der Durchmesser des Merkurs entspricht etwa dem Durchmesser eines mittleren Sonnenflecks. Jeder, der schon Sonnenflecken fotografiert hat, kann daher gut abschätzen, was mit seiner Ausrüstung möglich ist.

Für einen einfachen Nachweis reicht schon ein Teleobjektiv mit einer Filterfolie, die als DIN A4-Bogen im Astrohandel erhältlich ist. Die Folie wird mit zwei Dämpfungsstufen angeboten, ND5 und ND3,8. Die ND5-Folie besitzt einem Dämpfungsfaktor von 10<sup>5</sup> oder 1:100.000. Die ND3,8-Folie kann mit einem Faktor von 6310× nur mit nachträglicher Zusatzfilterung verwendet werden. Diese Folie ist ein Relikt aus der Zeit der analogen Fotografie und ist für die viel empfindlicheren digitalen Kameras nicht notwendig. Um die Filterfolie mehrfach verwenden zu können, sollte sie auf einen Papprahmen montiert werden, Bauanleitungen finden sich zuhauf im Internet. Die Folie wird vor das Objektiv gesetzt und kann auch für Teleskope verwendet werden.

### Mehr Kontrast

Mit einem Teleskop lassen sich deutlich höhere Auflösungen erzielen. Beste Ergebnisse liefern Schwarz-Weiß-Webcams, die als Astrokameras in zahlreichen Varianten von verschiedenen Herstellern angeboten werden. Diese Webcams können innerhalb kürzester Zeit Tausende von Bildern aufnehmen. Im Internet gibt es Freewareprogramme, mit denen es möglich ist, die



■ Abb. 1: 2012 stand die Venus vor der Sonne, als sie aufging. Diesmal wird Merkur am Abend des 9. Mai vor der Sonne vorüberziehen, während sie untergeht. Allerdings ist das Merkurscheibehen viel kleiner als das der Venus!

### **T PRAXISTIPP**

### Kampf der Langeweile

Der Transit dauert mehr als sieben Stunden. Da ist gute Verpflegung wichtig. Optimisten sollten neben Speis und Trank auch ausreichend Sonnencreme einpacken.

Wer Reihenaufnahmen erstellen möchte, hat ein festes Programm. Doch damit es in den Pausen nicht zu langweilig wird, lohnt es, sich vorab einige Experimente zu überlegen:

- Kann mit einer Kamera mit HDR-Funktion die gewaltige Helligkeitsdifferenz zur Landschaft überbrückt werden? - Was ist die kleinste Optik, mit der eine Beobachtung oder eine Fotografie möglich ist?
- 2004 war der Venustransit sogar mit einer Lochkamera nachzuweisen.
   Kann dies auch mit dem 25-mal kleineren Merkurscheibchen gelingen?

schärfsten Bilder aus dem Videostrom zu selektieren und so die Auflösung zu optimieren. Schon mit einem mittleren Teleskop und einer Barlowlinse lässt sich so die Sonnengranulation sichtbar machen. Mit Schmalbandfiltern wie einem [OIII] oder einem Solar Continuum Filter ist es möglich, den fotografischen Kontrast weiter zu erhöhen.

Bei guten Seeing und guter Bildverarbeitung werden Sonnenrand und Merkurrand scharf abgebildet. Bei unruhiger Luft, Optikmängeln oder mangelhafter Bildverarbeitung sind die Ränder unscharf und es lässt

sich das Phänomen des Schwarzen Tropfens beobachten: Der Merkurrand scheint sich dabei nach dem Ende des Eintritts nicht vom Sonnenrand lösen zu können und bildet eine Ausbuchtung, die erst mit Verspätung abreißt.

### Begegnung auf der Sonne?

Leider lässt sich vorab nicht sagen, ob es zu Merkur-Vorübergängen an Sonnenflecken kommen wird. Wenn ja, dann sind die Chancen dafür in der ersten Transithälfte am größten. Innerhalb des Sonnenfleckenzyklus befinden wir uns etwa zwei Jahre nach dem Maximum. Zu dieser Zeit sollten sich die meisten Flecken in der Äquatornähe aufhalten.

Am leichtesten lassen sich Sonnenstrukturen in der H $\alpha$ -Linie beobachten. Leider kosten gute H $\alpha$ -Filter einige Tausend Euro. Wer die Chance hat, so einen Filter zu nutzen, der sollte ihn auch verwenden. Spannend ist besonders der Beginn des Transits: Mit etwas Glück könnte es gelingen, Merkur vor einer Protuberanz nachzuweisen. Da diese Gasausbrüche sehr groß sein können, sollte im H $\alpha$ -Licht mindestens eine Stunde vor dem Transit mit der Beobachtung begonnen werden.

### Fotomotiv bei Sonnenuntergang

Für den Nordwesten Deutschlands ist der Transit komplett zu sehen, während für den Südwesten die Sonne kurz vor dem Ende untergeht. Die Chancen stehen gut, dass es zahlreiche Fotos von Sonnenuntergängen



▲ Abb. 2: **Größenvergleich Merkur-Venus** während der Transite 2003 und 2004. Beide Aufnahmen entstanden mit der gleichen Optik und der gleichen Kamera, einem 120mm-Refraktor und einer Webcam.

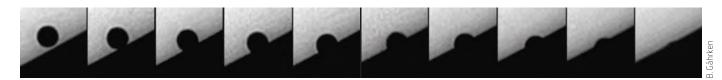


Abb. 3: Austritt des Merkur aus der Sonnenscheibe am 7.5.2003. Eine mangelhafte Optik oder schlechte Bedingungen können dazu führen, dass das Merkurscheibchen wie ein Regentropfen mit dem Sonnenrand verbunden bleibt, obwohl es noch/bereits innerhalb der Sonnenscheibe steht.

mit Merkurscheibchen geben könnte. Leider lässt sich vorab nicht sagen, wie hell die Sonne beim Untergang sein wird. Zwischen einer gleißenden Scheibe und einem matten roten Glimmen ist alles möglich. Fotografen sollte sich daher mit verschiedenen Filtern vorbereiten und vorab an einigen Sonnenuntergängen üben. Ein Sonnenuntergang ist auch ohne Merkurtransit ein reizvolles Motiv, bei dem sich mit etwas Glück ungewöhnliche atmosphärische Phänomene wie die »Etruskische Vase« oder der Grüne Blitz beobachten lassen.

Beim Sonnenuntergang ist eventuell die fotografische Filterfolie mit ND 3,8 besser geeignet. Zu dieser Folie empfiehlt sich der Einsatz eines Graufilters oder eines doppelten Polfilters, um die Helligkeit flexibel regeln zu können. Eine große Brennweite ist bei der horizontnahen Fotografie nicht notwendig, denn der lange Lichtweg durch die Atmosphäre lässt keine hohe Auflösung zu.

Ein Teleobjektiv oder ein Kleinteleskop liefert schon gute Ergebnisse. Ein Kleinteleskop hat den Vorteil, dass sich der doppelte Polfilter problemlos in den Kameraadapter schrauben lässt. Bei einem Teleobjektiv ist eine Halterung vor dem Objektiv notwendig. Mit einem Holzbrett, einem leeren Filterring, etwas Klebstoff, etwas Geschick und einem Lochbohrer aus dem Baumarkt kann man sich etwas Passendes basteln. Wie auch immer Sie vorgehen: Bleiben Sie vorsichtig und riskieren Sie Ihr Augenlicht nicht!

► Bernd Gährken



▲ Abb. 4: Diese Aufnahme einer »Etruskischen Vase« entstand am Roten Meer mit einem 200mm-Teleobjektiv. Ein etwa merkurgro-Ber Sonnenfleck ist als kleiner Punkt auf der Scheibe zu erkennen.

### 📛 INTERAKTIV

Die Redaktion von Abenteuer Astronomie freut sich auf Ihre Ergebnisse des Transits. Für Bildergebnisse nutzen Sie bitte unsere Astrofoto-Community auf abenteuer-astronomie.de (exklusiv für Abonnenten). Fotos, die bis zum 10.3. mittags eingestellt werden, kommen in die Auswahl für das nächste Heft. Viel Erfolg!

<sup>↑</sup> Kurzlink: oclm.de/fa

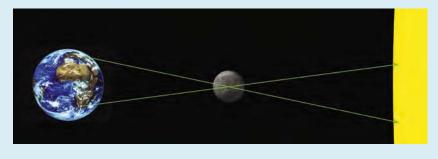
### **Q** IM DETAIL

### Die Parallaxe von Merkur

Wir Menschen können dreidimensional sehen, weil unsere beiden Augen ein Objekt unter zwei verschiedenen Winkeln beobachten. Wer seine ausgestreckte Hand vor einem weit entfernen Hintergrund betrachtet, kann bei wechselseitigem Schließen der Augen den Winkelversatz als Sprung erkennen. Gleiches gilt für den Merkur, wenn er zeitgleich von zwei verschiedenen Orten vor der Sonnenoberfläche beobachtet wird. Diesen Winkel nennt man Parallaxe. Daraus lässt sich seine Entfernung von der Erde berechnen.

Flecken und Granulen auf der Sonne könnten als Fixpunkte zu Ermittlung der Merkurparallaxe dienen. Historisch spielte die Parallaxe des Nachbarplaneten Venus bei der Bestimmung des Sonnenabstands eine große Rolle. Die Merkurparallaxe ist viel kleiner als die Parallaxe der Venus und daher viel schwerer zu messen. Dennoch ist sie natürlich vorhanden und sollte mit moderner Technik nachweisbar sein.

Die erste Hälfte des Transits kann auch im südlichen Afrika gut beobachtet werden. Während der zweiten Hälfte steht die Sonne in den USA ausreichend hoch über dem Horizont. In diesem riesigen Land wird es sicher viele Fotografen mit ausreichend gutem Wetter geben. Da der Abstand zu den USA etwa 6000km beträgt, wäre mit einer Parallaxe von etwa 5 Bogensekunden zu rechnen. Merkur selbst ist 12 Bogensekunden groß.



▲ Abb. 5: **Durch die zeitgleiche Beobachtung des Merkurs** von verschiedenen Standpunkten auf der Erde lässt sich ein Versatz des Planetenscheibchens vor der Sonne beobachten, die so genannte Parallaxe.

### FOTOMASCHINE für Deep-Sky-Freaks

Der Imaging Star 4"-Apo 100Q von Teleskop-Service

Das Angebot an leistungsstarken, kurzbrennweitigen Teleskopen für die Astrofotografie nimmt kontinuierlich zu. Die beliebten Astrographen mit 100mm Objektivöffnung können dabei sehr hochpreisig sein. Die Firma Teleskop-Service aus München hat einen vierlinsigen Apochromaten mit 580mm Brennweite auf den Markt gebracht, der ein sehr ebenes Bildfeld zu einem attraktiven Preis bietet.



ie Länge des Refraktors misst nur 490mm, bei einem Gewicht von 5,3kg ist er noch gut transportabel. Die optischen Elemente des Imaging Star 100Q bestehen aus zwei Gruppen voll vergüteter Linsen, das Objektiv ist justierbar gelagert. Das hochwertig verarbeitete Teles-

kop besitzt ein voll korrigiertes, multivergütetes Triplett-Objektiv mit Luftspalt, das aus FPL53-Sonderglas besteht. Das Glas stammt von der japanischen Firma Ohara. Die Fassung ist temperaturkompensiert, dadurch haben auch sehr tiefe Temperaturen keinen Einfluss auf die Sternabbildung.

### Bildebner schon eingebaut

Eine Besonderheit ist die fest integrierte Bildfeldebnungslinse innerhalb des Tubus mit einem optimierten Abstand zum Objektiv. Das ausgeleuchtete und korrigierte Bildfeld beträgt laut Hersteller 49mm. In Kombination mit dem eingebauten Korrektor ist das Bildfeld farbfehlerfrei und perfekt verzeichnungsfrei, auf einen zusätzlichen Korrektor kann verzichtet werden. Sobald die Kamera oder das Okular fokussiert ist, stimmt automatisch der optimale Abstand zum Korrektor.

Der Teleskoptubus aus Metall ist innen mit einer tiefschwarzen, dünnen Filzmatte versehen, die störende Reflexionen im Tubus verringern bzw. vermeiden soll. Damit gute astrofotografische Ergebnisse geliefert werden können, ist ein schraubbarer, stabiler 3"-CNC-Zahntrieb-Okularauszug mit 1/10 Mikrountersetzung und Millime-

schrauben. Sie sind auf der Oberseite mit jeweils fünf zusätzlichen Gewindebohrungen ausgestattet, so dass auch noch weiteres Zubehör montiert werden kann.

Weiterer Lieferbestandteil ist ein Transportkoffer aus Metall. Die Schaumstoffpolsterung hat passgenaue Aussparungen für den Tubus, die Rohrschellen und den Okularauszug; das bei eingefahrener Taukappe 490mm lange Teleskop passt perfekt in den Transportkoffer.

Optional ist ein verschraubbarer Adapter für CCD-Kameras und DSLR lieferbar, der noch mehr Sicherheit und Steifigkeit bietet, um ein mögliches Verkippen zu unterbinden.



Abb. 2: Der rotierbare Okularauszug mit Mikrountersetzung.

terskala verbaut. Der Auszug ist am Tubus um 360° drehbar und bietet einen Verstellbereich von 46mm. Mit einem Backfokus von 145mm kann dadurch problemlos verschiedenes Zubehör für den visuellen und fotografischen Einsatz adaptiert werden. Die fotografische Zuladung wird mit 6kg angegeben. Zur Erhöhung der Stabilität kann der Auszug mit Hilfe einer Schraube fixiert werden. Die 2"-Ringklemmung wird mit drei Rändelschrauben mittels eines Messingspannrings gewährleistet. Eine Reduzierhülse auf 1¼" ist ebenso im Lieferumfang enthalten.

### Mit dabei im Lieferumfang

Das Teleskop wird mit zwei stabilen CNC-Rohrschellen sowie einem am 3"-CNC-Auszug angebrachten Sucherschuh (ohne Sucher) geliefert. Die Rohrschellen sind solide verarbeitet und verfügen über robuste Scharniere mit leicht bedienbaren FeststellZur zusätzlichen Vermeidung von Streulicht und Taubeschlag ist eine ausfahrbare Taukappe aus Metall angebracht. Sie lässt sich um 100mm ausfahren und wird mit einer Schraube fixiert, die Arretierung der Taukappe hätte dabei durchaus noch etwas stabiler ausfallen können.

### Adaption der Kamera

Für einen astrofotografischen Test wurde eine ST8300M-CCD-Kamera von SBIG mit dem 8-Positionen-Farbfilterrad FW8-8300 mithilfe des vom Hersteller empfohlenen, verschraubbaren Adapters am Okularauszug montiert. Die Befestigung der CCD-Kamera ist etwas schwer zu bewerkstelligen, da die gesamte Kameraanordnung auf das Ende des Okularauszugs geschraubt werden muss. Die Kamera ist mit ca. 1,5kg nicht gerade ein Leichtgewicht, dazu ist die Gewichtsverteilung, bedingt durch das große Farbfilterrad,

### BEWERTUNG

### In der Praxis

- sehr gute Optik
- hohe Fertigungsqualität
- mechanische Stabilität
- 🛨 kein zusätzlicher Korrektor nötig
- tompakt und reisetauglich
- Befestigung der Kamera durch Schraubadapter etwas umständlich

asymmetrisch. Der Schraubadapter hat die Kamera im Test jedoch absolut sicher fixiert.

Für die Aufnahme der hier gezeigten Bilder wurde der Schraubadapter aber durch eine 2"-Steckhülse ersetzt. Die Adaption der Kamera wäre damit zwar komfortabler, jedoch führte dies immer zu einer leichten Verkippung in einer Ecke des Bildfeldes. Da der gesamte Auszug rotierbar ist, kann das aufzunehmende Objekt optimal auf dem Chip zentriert werden. Der Okularauszug bietet mit seiner 1/10-Untersetzung eine sehr feine Fokussierung, beim Scharfstellen kommt es nur zu minimalem Shifting.

### Im Einsatz

Ein wichtiger Aspekt für den Astrofotografen ist die Stabilität des Fokus bei Veränderung der Außentemperatur. Während der Nacht hat sich der anfangs eingestellte Fokus nur minimal verschoben, somit waren längere Aufnahmeserien ohne häufiges lästiges Nachfokussieren möglich. Das Augenmerk bei der optischen Abbildungsqualität galt vor allem der Feldkorrektur, sowohl auf der optischen Achse als auch in den Bildecken.

Bereits die ersten Testaufnahmen mit dem TS-Apo 100Q zeigten die sehr gute Abbil-

Daten des TS 100Q	
Öffnung	100mm
Brennweite	580mm
Objektiv	Triplett mit Luftspalt
Gewicht	5,3kg
Länge	490mm
Zubehör inbegriffen	Rohrschellen, Trans- portkoffer
Zubehör optional	Schraubadapter M68×1 auf T2 (143€)
Preis	2570€
Preis	25/0€



▲ Abb. 3: Die Eignung bzw. Leistung eines Teleskops lässt sich am besten mit einem Beispiel zeigen. Das Ergebnisfoto zeigt die gute Schärfe über das gesamte Bildfeld und die sehr gute Sternabbildung und Farbreinheit des TS Imaging Star 100Q bis in die Bildecken. Bei der Bildbearbeitung zeigte sich keinerlei Versatz der einzelnen Farbkanäle. LRGB-Aufnahmen mit ST8300M-CCD-Kamera von SBIG. Der Orionnebel, jeweils 3×3min sowie 20×10s belichtet (a) und h und x Per, 12×5min (L) sowie 4×5min (je RGB) (b).



dungsgüte dieser Optik. Der KAF-8300-Chip (18,9mm × 13,5mm) wird mühelos ohne Vignettierung ausgeleuchtet. Das Teleskop bildet bis in die Ecken des Chips fehlerfrei ab. Weder Bildfeldwölbung noch Koma waren sichtbar, das spricht für die hohe Leistungsfähigkeit des Triplett-Objektivs und des Korrektors.

580mm Brennweite bei einem Öffnungsverhältnis von f/5,8 ist eine ideale Kombination für viele Deep-Sky-Objekte. Selbst mit dem KAF-8300-Chip passen so schöne Objekte wie der Orionnebel M 42 mit dem Running-Man-Nebel NGC 1973 oder der Doppelsternhaufen h und  $\chi$  Persei gut in das

Bildfeld. Mit einem Vollformatsensor ergibt sich ein Feld von ca.  $3,4^{\circ} \times 2,3^{\circ}$  – optimal, um beispielsweise Nordamerikanebel inkl. Pelikannebel abzulichten.

### Fazit

Die Verwendung von digitalen Spiegelreflexkameras oder CCD-Kameras macht den TS-Apo 100Q zu einem sehr leistungsfähigen Astrographen, der in der Praxis kaum Schwächen zeigt. Durch die kurze Baulänge eignet sich dieses Teleskop auch gut für den mobilen Einsatz bzw. Exkursionen. Bedingt durch das sehr gute Triplett-Objektiv und den fest eingebauten Bildebner ist er eine hochwertige Fotomaschine mit einem guten Preis-Leistungs-Verhältnis.

►Michael Deger

### SURFTIPP

• Bezugsquelle: Teleskop

₼ Kurzlink: oclm.de/a1059

## OPTIKSPASS für Tag und Nacht

Das Spektiv Lacerta HD 81

Teleskop Austria stellt mit dem Spektiv Lacerta HD 81 ein Teleskop mit 45°-Schrägeinblick vor, das ein aus der Astronomie kommendes apochromatisches Objektiv verwendet. Auch das zum Spektiv gehörende Zoom-Okular stammt aus dem astronomischen Bereich. Die Besonderheit ist das Bildaufrichtungssystem: Hier werden nicht wie üblich Prismen verwendet, sondern ein System aus Spiegeln, was die Farbreinheit des Objektivs bewahren soll. Wie schlägt sich das Gerät tagsüber und nachts?

Für den Praxischeck stand das Spektiv im Zeitraum von November und Dezember 2015 zur Verfügung. Beobachtet wurde an mehreren Tagen zu verschiedenen Lichtsituationen sowie am Nachthimmel. Das Spektiv wurde dabei mit einem Videoneiger auf einem stabilen Dreibeinstativ fest montiert.

### Ausgepackt

Geliefert wird das Lacerta HD 81 in einer leicht gepolsterten und wasserfesten Outdoor-Tasche. In dieser kann das Spektiv zur Beobachtung verbleiben, da zwei Kappen für das Objektiv und das Okular geöffnet werden

können. Auch für den Fokussierer ist eine kleine separate Klappe vorgesehen. Aus der Tasche herausgenommen, fällt die ungewöhnliche Form des Spektivs auf: die Breite des Umkehrsystems beträgt 10cm, was der Verwendung von Spiegeln geschuldet ist. Das Spektiv besitzt eine Länge von 42cm bei eingefahrener Taukappe und ein relativ hohes Gewicht von 1900g.

Der grüne Tubus ist mit einer harten Kunststoffummantelung versehen, die Umkehreinheit und die etwa 6cm lange ausziehbare Taukappe sind in schwarz gehalten. An diesen Stellen gleicht die Oberfläche der Gummiarmierung eines Fernglases. Das ED-Objektiv, das identisch mit dem des Skywatcher Equinox 80/500 ist, wird geschützt durch einen

abschraubbaren Deckel. Ein unangeneh-

mer Gum-

rung erfolgt über ein ca. 3cm langen griffiges Rad aus Kunststoff, auf dem ein Mikrofokussierer aufgesetzt ist. Das Rad lässt sich mit einer Hand gut bedienen und ist leichtgängig. Nach der groben Einstellung ist die Schärfe sehr feinfühlig mit dem Mikrofokussierer einstellbar.

Als Okular dient das von vielen Sternfreunden geschätzte Hyperion Zoom MK III 8–24mm von Baader Planetarium. Es wird nicht eingesteckt, sondern auf den Okularstutzen fest angeschraubt. Das MK III hat dazu schon das passende Anschlussgewinde. Nach Angaben des Herstellers lassen sich viele Astro-Okulare am Spektiv verwen-

den. Dazu wird eine T2-Okularhülse an das Spektiv geschraubt. Im Einzelnen muss aber überprüft werden, ob das Okular in den Fokus kommt.

### Das Spektiv am Tag ...

Die erste Beobachtung tagsüber erfolgte über eine Kiesgrube hinweg auf das etwa 250m entfernte Seeufer, auf dem sich ein kleiner Schwarm Kormorane in der Nachmittagssonne versammelt hatte. In der 24mm-Position

des Zoom-Okulars erreicht das Spektiv eine minimale Vergrößerung von 21×, was einen guten Überblick über die Szenerie liefert. Auffallend ist hier das etwas geringe Eigengesichtsfeld des Hyperion-Okulars von 50°.

▲ Abb. 1: Das Lacerta HD 81 ist ein Spektiv mit 45° Schrägeinblick und einem apochromatischen Objektiv.

60

migeruch ist nicht wahrnehmbar. Der Anschluss an ein Stativ geschieht über ein Fotogewinde an der Unterseite des Spektivs. Die Fokussie-







▲ Abb. 2: **Blick auf die Details:** Das Hyperion Zoom-Okular (a), das Fokussierrad (b) und die Umkehreinheit (c).

Auch lässt die Bildschärfe bei dieser Vergrößerungsstufe schon bei etwa 70% Durchmesser des Sehfelds nach.

Ganz anders der Blick bei der maximalen Vergrößerung von 63×. Hier erreicht das Eigengesichtsfeld satte 68° und das Bild ist fast randscharf. Die Abbildung ist auch bei dieser Vergrößerung scharf, hell und kontrastreich. Ein Farbsaum an starken Kontrasten ist kaum wahrnehmbar und es lassen sich feinste Abstufungen im schwarzen Gefieder der Kormorane erkennen. Auch weiße Schwäne, die in der Nähe der Kormorane auf dem See schwimmen, zeigen einen nur kaum wahrnehmbaren Farbfehler am Übergang vom Gefieder zur Wasseroberfläche. Auch im Gegenlicht bricht der Kontrast nicht ein und die Abbildung in den Schattenbereichen bleibt differenziert. Die hellen Bildbereiche sind frei von Überstrahlungen und Reflexen.

### ... und in der Nacht

Ein Spektiv mit 45°-Schrägeinblick ist natürlich auch interessant für die astronomische Beobachtung und als kleines Teleskop vielseitig einsetzbar. Eine 21-fache Vergrößerung ist geeignet für Übersichtsbeobachtungen und die Vergrößerung von 63× zeigt schon viele Details am Mond. Dieser zeigt sich im Spektiv wunderbar scharf und kontrastreich. Die Schattenbereiche sind pechschwarz und die feinen Grauabstufungen differenziert. Bei zunehmendem Halbmond ließ sich bei einer Vergrößerung von 63× die Hyginusrille als feine Linie erkennen. Am Mondrand ist ein Farbfehler nur kaum wahrnehmbar.

Am Stern setzt sich die gute Abbildungsleistung des Spektivs fort. Die Sterne werden scharf und punktförmig abgebildet. Beobachtet wurden unter anderem die Doppelsterne Kastor im Sternbild Zwillinge und Rigel im Sternbild Ori-

on. In punkto Randschärfe zeigt sich das gleiche Bild wie bei der Tagbeobachtung. Bei Maximalvergrößerung werden die Sterne praktisch randscharf abgebildet, während bei der Minimalvergrößerung die Sterne ab etwa 70% Durchmesser des Sehfelds unscharf werden.

### **Fazit**

Mit dem Lacerta 81 HD erhält man ein Spektiv, das durch seine gute Abbildungsleistung überzeugt. Das kleine Teleskop ist am Tage ein guter Begleiter für die Naturbeobachtung und auch am Nachthimmel macht es Spaß. Lediglich das geringe Eigengesichtsfeld und die Randunschärfe des Hyperion Zoom-Okulars bei minimaler Vergrößerung trüben etwas den Beobachtungsgenuss.

► Lambert Spix

Daten des Spektivs Lacerta HD81				
Öffnung	81mm			
Vergrößerung	21× bis 63×			
Gewicht mit Okular	1900g			
Länge	42cm			
Breite der Umkehreinheit	10cm			
Höhe mit Okular	17cm			
Höhe ohne Okular	11cm			
Preis	864€			

### **SURFTIPPS**

• Bezugsquelle: Teleskop Austria

<sup>↑</sup> Kurzlink: oclm.de/a1061

### **BEWERTUNG**

### In der Praxis

- scharfe und kontrastreiche Abbildung
- sehr geringer Farbfehler
- großes Eigengesichtsfeld bei Maximalvergrößerung
- Randunschärfe bei Minimalvergrößerung
- geringes Eigengesichtsfeld bei Minimalvergrößerung

### GEHEIMTIPP AUS CHINA

### Die Überwachungskamera LN300'in der Praxis

Die Möglichkeiten moderner Überwachungskameras mit ihrer immer höheren Lichtempfindlichkeit können aufgrund des zunehmenden Preisverfalls auch immer besser für das Hobby Astronomie genutzt werden. Seit über einem Jahr macht die Kamera LN300, die direkt aus China bestellbar ist, unter Amateurastronomen zunehmend von sich reden.





eit Jahrzehnten ist es der Wunsch vieler Hobbyastronomen, den visuellen Eindruck am Teleskop auf einem Bildschirm wiederzugeben und ihn womöglich sogar noch zu übertreffen. Die Vision war, statt des Okulars eine Kamera zu benutzen und bequem allein oder mit mehreren Personen das gewählte astronomische Objekt an einem Bildschirm zu begutachten.

### Entwicklung schreitet voran

Vor vielen Jahren konnte man mit Kameras wie Watec oder Mintron tatsächlich schon erste helle Deep-Sky-Objekte, wenn auch nur in Schwarz-Weiß, auf dem Bildschirm erkennen. Seitdem ist die Entwicklung nicht stehen geblieben und wieder einmal hat sich der Markt der Überwachungskameras als treibende Kraft dieses Trends erwiesen. Denn auch in diesem Markt ist es das Ziel, bei wenig Licht möglichst gute Aufnahmen in Echtzeit zu erzielen. Und von der Erreichung dieses Ziels profitieren natürlich auch Hobbyastronomen!

Die in diesen Kameras verbauten Chips sind in den letzten Jahren kaum noch lichtempfindlicher geworden bzw. in ihrer Quanteneffizienz gestiegen, aber der »Trick« dieser Kameras seit einigen Jahren ist es, bereits kameraintern eine Anzahl von Bildern zu addieren (nicht zu mitteln – dies würde nur das Rauschen reduzieren, aber nicht die Helligkeit der Objekte steigern). Sie geben weiterhin 25 oder 30 Bilder pro Sekunde aus, auch wenn ein einzelnes Bild dann durchaus mehrere Sekunden belichtet worden ist.

Der Sicherheitsmarkt und die dort angebotenen Überwachungskameras haben sich in den letzten Jahren zunehmend zu einem Massenmarkt entwickelt, so dass der dadurch sinkende Preis für diese Technik schlussendlich auch Hobbyastronomen zugutekommt!

### Neue Kameras aus China

Im amerikanischen CloudyNights-Forum starteten vor zwei Jahren intensive Diskussionen zu einer neuen Kamera namens LN300 mit extremer Lichtempfindlichkeit bei niedrigstem Preis. Sie ist ganz normal bei AliExpress (das chinesische Pendant zu amazon) erhältlich zu einem Preis von derzeit 100US\$ – inklusive (!) Porto. Hierzu kommen noch 19% Einfuhrsteuer, aber keine weiteren Zollgebühren.

Der Import solcher Teile ist heutzutage weder aus den USA noch aus China ein Problem. Sowohl aus den USA als auch aus China kann man – wenn man nicht etwas mit Expressversand bestellt hat – mit ca. zwei bis drei Wochen

### **Q** IM DETAIL

### Quanteneffizienz

Eine der Kenngrößen, die die Empfindlichkeit eines optischen Sensors beschreiben, ist seine Quanteneffizienz. Sie gibt das Verhältnis zwischen der Zahl der auftreffenden Photonen und den dadurch freigesetzten Elektronen an. Weitere wichtige Faktoren für die Empfindlichkeit einer Kamera sind darüber hinaus das Dunkelrauschen und das Ausleserauschen sowie die spektrale Empfindlichkeit.

Die Quanteneffizienz und das Rauschen verbinden sich formelmäßig zum DNR, dem dynamischen Rauschverhalten. Das Rauschverhalten hängt dabei auch noch von der Pixelgröße, dem Quantisierungsrauschen und der Temperatur ab. Große Chips mit vergleichsweise wenig Pixeln, mit 14- oder 16-Bit-Auslesung und einer aktiven Kühlung haben deshalb die Nase vorn.

Die Empfindlichkeit eines »normalen« Chips geht oberhalb von 1000nm Wellenlänge gegen Null, weil hier das Silizium komplett durchsichtig wird und keine Photonen mehr absorbiert. Am anderen Ende des optischen Spektrums wird Glas (also das Glas im optischen Weg bis hin zum Schutzglas vor dem Chip) ab ca. 350nm zunehmend undurchsichtig, so dass keine Photonen den Chip mehr erreichen.

Lieferzeit rechnen. Natürlich hatte auch ich bei meiner ersten Bestellung aus China mittels Kreditkarte leichte Bedenken, die aber mittlerweile aufgrund der bisher immer reibungslosen Abwicklung vollständig verflogen sind.

Geliefert wird die Kamera ohne Objektiv und Netzteil. Man benötigt also einerseits noch ein Netzteil (es handelt sich um einen Standard-12V-Anschluss, wie ihn die meisten Geräte im hobbyastronomischen Bereich benötigen) sowie einen Adapter auf 1½", um die Kamera an das Teleskop anschließen zu können. Glücklicherweise handelt es sich kameraseitig um den standardisierten C-Mount-Anschluss, für den passende Adapter im deutschen Zubehörmarkt problemlos erhältlich sind.

### Überwachungskamera im Praxiseinsatz

Damit ist man fast betriebsbereit, es fehlt lediglich noch eine Möglichkeit, das aufgenommene Bild der LN-300 auch auf einem Videomonitor anzuzeigen. Hierfür gibt es die unterschiedlichsten Möglichkeiten, die je nach Einsatzfall variieren.

Für Gruppenpräsentationen bieten sich ein größerer Fernseher oder Beamer mit Videoeingang an, für eine Person reicht auch ein Mini-

### **SURFTIPPS**

- LN300 Überwachungskamera
- CloudyNights-Videoforum
- Monitore bei Pollin
- Monitore bei Conrad
- Anschluss an PC/Laptop
- · Neues Modul aus den USA

<sup>↑</sup> Kurzlink: oclm.de/a1064



▲ Abb. 2: Die preiswerte Überwachungskamera LN300 aus China.

Technische Daten der Videokamera LN300						
Sensorgröße	1/3"	4,88mm × 3,66mm				
Auflösung (PAL)	570 vertikal	700 horizontal				
Sensor	Sony Exview HAD CCD II					
Gewicht	150g					
Abmessungen	62mm × 43mm × 42mm					
Stromanschluss	12V					

monitor (ebenfalls mit Videoeingang) mit 7" Bilddiagonale, die häufig für kleines Geld erhältlich sind. Gute Quellen für erste Recherchen sind die Firmen Conrad oder Pollin (vgl. Surftipps).

### Welches Teleskop?

Für den praktischen Einsatz dieser Kamera stellt sich zuallererst die Frage nach dem verwendeten Teleskop. Aufgrund des recht kleinen Chips empfehlen sich Optiken mit geringer Brennweite, um ein möglichst großes Feld am Himmel abzubilden. Von Vorteil sind hier Teleskope mit einem Öffnungsverhältnis von f/6, f/5 oder noch besser f/4. Und selbst bei diesen Teleskopen empfiehlt sich meistens noch

der Einsatz eines Reducers, um das Bildfeld weiter zu vergrößern.

Nehmen wir als Beispiel ein Newton-Teleskop mit 200mm Öffnung und 1000mm Brennweite. An diesem Reflektor hat die kleine Kamera ein Gesichtsfeld von 22'  $\times$  17', d.h. etwas mehr als die Hälfte des Monddurchmessers. In Kombination mit einem 0,5 $\times$ -Reducer kommt man dann sogar auf 43'  $\times$  34', was für viele Deep-Sky-Objekte schon gut ausreicht.

Die Lichtempfindlichkeit dieser Überwachungskamera ist phänomenal. Mit lediglich 2 Sekunden Belichtungszeit sind Sterne mit 15<sup>m</sup> oder schwächer problemlos darstellbar und viele Deep-Sky-Objekte liegen auch aus der Stadt heraus im direkten Zugriff.

### Livestacking in der Kamera

Eine Funktion dieser Kamera ist ein bis zu 5-faches internes Addieren (»Stacking«) der aufgenommenen langzeitbelichteten Bilder. Damit wird das Rauschen auf weniger als die Hälfte reduziert! Man kann eine Art rollierendes Stacking wählen, wobei immer die letzten (bis zu) fünf Aufnahmen gestackt werden und so das Bild bereits nach jeder Einzelaufnahme erneuert wird. Der Qualitätsgewinn durch dieses »Live-Stacking« ist beachtlich und lässt schnell vergessen, dass hier lediglich eine äußerst preiswerte Überwachungskamera im Einsatz ist. Beim Stacking schaltet diese Kamera je nach Modell unter Umständen allerdings in den Schwarz/Weiß-Modus.

### Weiterverarbeitung im PC

Das Videosignal kann auf Wunsch mit einem preiswerten Frame-Grabber (ca. 10€ bei amazon) in einen PC eingespielt und dort mit den üblichen Möglichkeiten weiter verarbeitet werden. Hierbei ist nur zu bedenken, dass die Kamera kontinuierlich 25 oder 30 Bilder pro Sekunde liefert, auch wenn sich der Inhalt je nach gewählter Integrationszeit nur viel seltener ändert. Eine so aufgenomme avi-Datei taugt kaum zum sofortigen Stacken, aber es gibt geeignete Software speziell für die Videoastronomie, die nicht nur den selteneren Bildwechsel, sondern auch eine weitreichende Bildbearbeitung in Echtzeit am PC gestattet. Beispielhaft sei hier auf die Software »Astro-Live« verwiesen, die für genau solche Einsatzfälle ausgelegt ist.

### Ausblick

Es ist wirklich erstaunlich, was sich im Bereich der Videoastronomie in den letzten Jahr-





▲ Abb. 3: **Bildbeispiele, gewonnen mit einem 80mm-Teleskop.** M 57 bei 3 Sekunden Integrationszeit mit deutlich sichtbarem Zentralstern (a), und das Leo-Triplett mit M 65, M 66 und NGC 3628 bei 2 Sekunden Integrationszeit (b). Beide Abbildungen wurden von einem kleinen Kontrollmonitor abfotografiert.

zehnten, aber auch in den letzten Jahren alles getan hat. Und dieser Trend ist noch lange nicht zu Ende! Für die Bastelfreunde unter uns ist nämlich seit kurzem in USA ein einzelnes Kameramodul erhältlich, das die LN300-Kamera in der Lichtempfindlichkeit noch einmal deutlich

übertreffen soll (vgl. Surftipps). Allerdings muss man sich hierfür noch selbst ein Gehäuse basteln. Aber bei einem Preis von 25US\$ sollte das doch kein Problem sein, oder?

►Peter M. Oden

### **T PRAXISTIPP**

### Nutzung als elektronischer Sucher

Eine schöne Anwendung für solche Kameras, die ich bei mir zu Hause umgesetzt habe, ist die Nutzung als elektronischer Sucher. Die Kamera steckt hierbei in einem kleinen Refraktor 80/400mm, der als Sucherfernrohr dient. Das originäre Öffnungsverhältnis von f/5 wird mit einem Reducer auf f/2,5 vergrößert. Damit erreicht man dann ein Bildfeld am Himmel von 1° 48′ × 1° 25′. Bei einem auch nur einigermaßen genau einjustierten Teleskop sind damit die Zielobjekte bereits immer im Bildfeld.

Zur Anzeige kommt ein kleiner 4"-Rückfahrmonitor zum Einsatz, wie man ihn bei eBay für unter 30€ kaufen kann. Er wurde mit seinem Standfuß mit Zwei-Komponenten-Kleber auf dem Deckel des Polsuchers befestigt und ist dadurch frei drehbar, so dass er immer in eine gute Position gebracht werden kann. Als Livebild hat man so praktisch alle auch visuell erkennbaren Objekte bereits »auf dem Schirm«: Mit dieser Kombination und einer voreingestellten Integrationszeit von ledig-

lich 1 oder 2 Sekunden sind angefahrene Objekte wie M 27, M 31, M 57 und viele andere sofort in Farbe auf dem kleinen Monitor erkennbar.

Eine weitere Möglichkeit außerhalb der direkten Abbildung von Beobachtungsobjekten wäre auch die Kopplung der Kamera an einen Polsucher, so dass man die Stellung des Polarsterns direkt und ohne Verrenkungen auf einem Monitor sehen und korrigieren kann.

### Refraktion und Seeing besiegen

### So gelingen Ihre Marsfotos

Zur Freude der Planeten-Fans steht am 22. Mai 2016 eine Marsopposition an. In den vergangenen Jahren war sein maximaler scheinbarer Durchmesser mit um 12" relativ klein. 2016 erreicht er 18,3" und wird umso interessanter. Dieses Jahr steht Mars jedoch für Beobachter in unseren Breiten recht tief am Himmel. Nur 14° Horizonthöhe in Norddeutschland bis 21° in Österreich in diesem Jahr sind eine Herausforderung.



▲ Abb. 1: Bei so geringen Höhen wie dieses Jahr ist die atmosphärische Refraktion am Mars in Form markanter Farbsäume deutlich sichtbar.

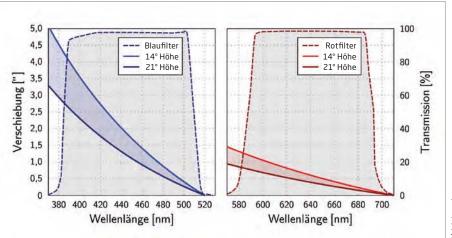
n der Planetenfotografie hat sich die RGB-Technik mit schnellen Industriekameras mit ihren höchst lichtempfindlichen Schwarzweiß-Sensoren etabliert. Nacheinander werden Video-Sequenzen in den RGB-Kanälen erstellt und die Resultate zu einem Farbbild zusammengesetzt. Bei der Fotografie von niedrig stehenden Planeten kommen jedoch Schwierigkeiten auf.

### Das 1. Problem: Refraktion

Die Erdatmosphäre bewirkt, dass auftrefendes Licht geringfügig seine Richtung ändert. Dies wird als atmosphärische Refraktion bezeichnet. Sie ist von der Wellenlänge abhängig und zwar umso stärker, je flacher der Einfallswinkel auf die Atmosphäre ist. Der Effekt macht sich durch Farbränder an der Ober- und Unterseite eines Planetenscheibchens bemerkbar: Das Bild des Planeten ist in den verschiedenen Lichtfarben unterschiedlich stark verschoben – im Blauen am stärksten. Dies kann zum Teil durch einfaches Zurechtrücken der Farbkanäle ausgeglichen werden.

So niedrig wie Mars dieses Jahr kulminiert, werden die Bilder der einzelnen Kanäle jedoch selbst Unschärfe aufweisen, die so einfach nicht zu beheben sein wird. In Abb. 2 ist dies grafisch für die typischen Wellenlängenbereiche eines Blau- und Rotfilters und für die im deutschen Sprachraum vorkommenden

Kulminationshöhen dargestellt. Die Grundlagen zur Berechnung der Grafik sind unter dem Surftipp zu finden. Man erkennt, dass beispielsweise in Norddeutschland (14° Kulminationshöhe) das Marsscheibchen im Blaukanal über 4" und auch im Rotkanal noch um etwa 1,3" vertikal verschmiert wird.

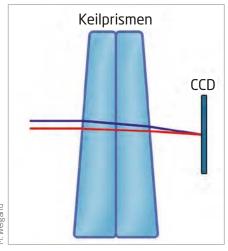


▲ Abb. 2: **Verschiebung des Marsbildes in den Wellenlängenbereichen von typischen Rot- und Blauinterferenzfiltern.** Als Referenz wurde jeweils die Mars-Position bei der längsten Wellenlänge gewählt, die der jeweilige Filter durchlässt. Die Transmissionskurven sind schematisch gestrichelt eingezeichnet.

M. Weigand

### Korrektoren für atmosphärische Refraktion

Seit wenigen Jahren existieren unter dem Kürzel ADC (Atmospheric Dispersion Corrector) auf dem Markt Korrektor-Prismen, mit denen die Folgen der Refraktion kompensiert werden können. Das Funktionsprinzip: Mit zwei gegeneinander verdrehbaren Keilprismen wird eine einstellbare Dispersion erzeugt, die der Verschiebung gerade entgegenwirkt. Die Einstellung erfolgt am einfachsten visuell, bis kein Farbsaum mehr erkennbar ist. Da sich bei den meisten Korrektoren beim Einstellen das Marsbild insgesamt verschiebt, erweist sich das kleine Gesichtsfeld einer Planetenkame-



▲ Abb. 3: Funktionsprinzip eines ADC.

ra hier als hinderlich. Danach wird das Okular gegen die Kamera getauscht und es können von Refraktion unbeeinträchtigte Bilder gewonnen werden.

### Das 2. Problem: Seeing

Das zweite große Problem stellt das Seeing dar. Durch Turbulenzen in der Atmosphäre wird das Planetenbild ständig verzerrt. Ist der Lichtweg durch die Atmosphäre lang, dann durchquert es mehr turbulente Luftmassen. Somit hängt das Seeing auch von der Objekthöhe ab. Langwelliges Licht, also Rot oder sogar nahes Infrarot, wird weniger stark gestört als kurzwelliges, also blaues.

### Rettungsboot IR-Passfilter?

Die Wellenlängenabhängigkeit des Seeings lässt sich für die Fotografie ausnutzen. Ein oft gewählter Ansatz ist die Verwendung eines weniger beeinflussten Kanals als Luminanz. Die RGB-Daten dienen dann nur zur Färbung des Bildes. Bei schlechtem Seeing kann die Luminanz mit einem IR-Passfilter gewonnen wer-



▲ Abb. 4: Beispiel für den Einsatz eines IR-Passfilters: 2003 stand Mars ebenfalls sehr tief am Himmel. Bei schlechtem Seeing (links) wirkt das Bild sehr unscharf. Das IR-RGB-Verfahren (Mitte) liefert deutlichere Albedo-Strukturen, aber dennoch nicht die Qualität einer RGB-Aufnahme bei besserem Seeing (rechts). Alle Bilder wurden mit einem 150mm-Maksutov-Teleskop gewonnen.

den, der Licht ab etwa 650nm durchlässt. Damit entsteht also ein IR-RGB-Bild. Abb. 4 zeigt ein Beispielresultat, das während der großen Mars-Opposition 2003 entstand.

Mit einer IR-Luminanz kommen bei schlechtem Seeing viele Details deutlicher zum Vorschein. Es gibt jedoch auch zwei Wermutstropfen: Zum einen ist die Auflösung des Teleskops von der Wellenlänge abhängig. Im Infraroten ist sie etwa um den Faktor 1,3 schlechter als im Grünen. Zum anderen verändert sich die Farbgebung stark. Mars ist eben nicht nur rot, für eine natürliche Wiedergabe spielen die Helligkeitswerte aller Farbkanäle eine Rolle. Während im Roten die Albedo des Marsbodens dominiert, ist der Grünkanal wichtig für Dunsterscheinungen und Staubwolken. Der Blaukanal zeigt vor allem Wolken.

Das Verfahren ist also ein Kompromiss. Bei schlechtem Seeing können aber immerhin mehr Albedo-Details dargestellt werden – wenn auch etwas gröber gezeichnet. Sind die Bedingungen nicht ganz so schlecht, bietet der Rotkanal als Luminanz einen Mittelweg.

### Verkürzen der Belichtungszeiten

Bei einem schnell wabernden Planetenscheibchen kommt es auch zu Bewegungsunschärfe, wenn die Belichtungszeit zu lang ist. So kann unter Umständen ein besseres Ergebnis erzielt werden, wenn die Signalverstärkung unter Inkaufnahme stärkeren Bildrauschens hoch eingestellt wird, um auf der anderen Seite eine möglichst kurze Belichtungszeit wählen zu können.

Auch hier sollte man jedoch keine Wunder erwarten, denn es geht bei den Bildstörungen unter schlechtem Seeing nicht nur um die Bewegungsunschärfe. Das Seeing kann zwar quasi eingefroren werden, verzerrt ist das Planetenbild jedoch trotzdem. Der Erfolg hängt ganz entscheidend von der Art der Störung ab. Hochfrequentes Seeing wirkt wie eine Mattscheibe, hier hilft auch das Verkürzen der Belichtungszeit nichts. Erscheinen die Tur-

bulenzen eher wie ruhige Wasserwellen bei ansonsten scharfem Blick, ist dieser Ansatz in Verbindung mit einem Multipoint-Alignment (siehe Surftipp) gewinnbringend.

Die Refraktion lässt sich gut in den Griff bekommen. Schlechtem Seeing kann in begrenztem Maße begegnet werden, wobei hier nach wie vor gilt: Ruhige Luft ist durch nichts zu ersetzen!

► Mario Weigand

### SURFTIPPS

- Theorie zur Berechnung der Refraktion
- Multipoint-Stacking-Programm Autostakkert!2
  - <sup>↑</sup> Kurzlink: oclm.de/a1067





Mario Weigands Leidenschaft sind Hardware, Software und ihre Anwendung. Wenn Sie sich in seiner Rubrik ein bestimmtes Thema wünschen, schreiben Sie an redaktion@abenteuer-astronomie.de oder auf unserer Facebook-Seite.

→ Kurzlink: oclm.de/fa

# ABHEBEN MIT SOFIA Bericht einer astronomischen Reise der anderen Art

Wann hat man schon einmal als Lehrer und Amateurastronom die Gelegenheit, astronomisch »in die Luft zu gehen«? Mir wurde das Glück 2014 und 2015 gleich zwei Mal zuteil: Das fliegende Observatorium SOFIA lud mich im Rahmen seines Mitflugprogrammes für Lehrer zu einem Forschungsflug ein. Somit hatte ich die Möglichkeit nach Kalifornien zu reisen, die heiligen Hallen der NASA zu betreten und den Teamspirit dieses deutsch-amerikanischen Projektes zu spüren. Daneben liefert ein solcher Mitflug auch einen sehr detaillierten Einblick in Themen moderner astronomischer Forschung.

OFIA, das Stratosphären-Observatorium Für Infrarot-Astronomie, ist sicher eines der spektakulärsten astronomischen Observatorien weltweit. Ein 17 Tonnen schweres 2,7-Meter-Spiegelteleskop in einer Boeing 747SP in einer Höhe von 13 bis 14 Kilometern exakt auf einen Stern nachzuführen, ohne dass Vibrationen auf das optische System übertragen werden, stellt eine ingenieurtechnische Meisterleistung dar und

fasziniert jeden technischen Feinschmecker. Das Flugzeugobservatorium ist ein gemeinsames Projekt der amerikanischen NASA und des deutschen DLR, wobei der wissenschaftliche Betrieb von deutscher Seite durch das Deutsche SOFIA-Institut (DSI) koordiniert wird. Nach einer langen Entwicklungsphase wird seit 2010 ein regelmäßiger Forschungsbetrieb realisiert und SOFIA liefert einzigartige Ergebnisse.

### Das SOFIA-Bildungsprogramm

SOFIA ist in Palmdale (Kalifornien), ca. 100km nördlich von Los Angeles im Armstrong Flight Research Center (AFRC) der NASA stationiert. Aktuell ist das Flugzeugobservatorium voll im Betrieb mit ca. 120 Wissenschaftsflügen im Jahr, die von Palmdale aus erfolgen und im Rahmen eiDie Weiterverbreitung ist untersagt



ner jährlichen Neuseelandkampagne auch den Südhimmel einschließen.

Schon seit 2007 wurde vom DSI systematisch ein bundesweites Partnerschulnetzwerk aufgebaut. Bei einem Besuch des DLR-School-Lab in Berlin-Adlershof mit meinem Physik-Leistungskurs wurde mir als offensichtlich Astronomie-begeistertem Lehrer und Amateurastronomen nahegelegt, den Kontakt zum DSI zu suchen. Da musste ich nicht lange überlegen, schon nach kurzer Zeit war meine Schule SOFIA-Partnerschule und ich der verantwortliche Partnerlehrer.

Dann gab es jährliche Netzwerktreffen, mit interessanten Vorträgen, Workshops und vielen Anregungen. Auch ich berichtete in Vorträgen von meinen astronomischen Aktivitäten und Projekten im Unterricht und im Rahmen der Arbeit mit meiner Astronomie-AG. Dazu erhielten wir vom DSI didaktische Materialien für den Physik- und Astronomie-Unterricht, z.B. in Form eines IR-Experimentierkoffers für jede Partnerschule oder der Möglichkeit Wärmebildkameras für Unterrichtsprojekte auszuleihen. 2011 war SOFIA dann zu Besuch in Stuttgart und wir konnten »unsere fliegende Sternwarte« im Rahmen des Netzwerktreffens besuchen. Die letzte Hürde für einen solchen Mitflug ist dann die eigentliche Bewerbung, hier gilt es ein eigenes Unterrichtskonzept oder Projekt zu entwickeln, das SO-FIA und die IR-Astronomie in die Schule transportiert. Aber bei der winkenden Belohnung ist das wohl kein wirkliches Hindernis. Jedenfalls hatte ich mich, sobald es konkret wurde, natürlich umgehend für einen Mitflug beworben.

### Ich darf mit SOFIA fliegen!

Nachdem ich im Februar 2014 zusammen mit drei anderen Partnerlehrern am zweiten deutschen Lehrermitflug überhaupt teilnehmen konnte, durfte ich im September 2015 noch einmal mit SOFIA fliegen. Eine echte Ehre, denn ich war eingeladen, einen Vortrag anlässlich des 10-jährigen DSI-Jubiläums zu halten. Mein Thema war: Das Potenzial des »fliegenden Lehrerzimmers«.

2014 konnten wir es kaum erwarten, aufgeregt und mit der Vorfreude auf das bevorstehende Abenteuer landeten wir in Los Angeles. Mit dem Mietwagen ging es dann gleich weiter nach Palmdale an den Rand der Mojave-Wüste. Der erste Tag eines solchen Mitfluges steht dann erst einmal ganz im Zeichen der Sicherheit. Ich habe den Gänsehaut-Mo-



▲ Abb. 2: **SOFIA ist ein gemeinsames Projekt** der amerikanischen NASA und des deutschen DLR.

ment sehr gut in Erinnerung, als das große Gebäude mit dem NASA-Emblem vor mir stand – ich als »Teilnehmer einer NASA-Mission«! Der Weg hinein führt aber nur durch eine kleine Baracke, in der der Security-Check erfolgt. Hier mussten wir zunächst diverse Daten, Fingerabdrücke und Fotos gegen den NASA-Ausweis eintauschen, der uns zum Betreten des Geländes autorisierte.

Das dauerte einige Zeit, doch dann wurden wir in den Hangar geführt, in dem SO-FIA steht. Was für ein Anblick! Nach dem Mittagessen gab es dann das wichtige Safety-Training. Uns wurde die Handhabung der diversen Atemgeräte, der Schwimmweste und der Survival-Kits erklärt. Da es an Bord keine Stewardessen gibt, muss jeder selbst alle Maßnahmen beherrschen. Und schließlich beka-

▲ Abb. 3: **Vor Betreten der Cavity,** also des Raumes, in dem sich das Teleskop befindet, muss besondere Bekleidung angelegt werden.

men wir auch unsere lang ersehnten blauen SO-FIA-Missions-Jacken, mit denen wir für den Rest des Tages stolz herumliefen.

Schon während der Vorbereitung in Deutschland bekommt man Informationen zum wissenschaftlichen Programm des Mitfluges und es werden Kontakte zu mitfliegenden Wissenschaftlern geknüpft. Vor dem Flug hat man dann eine Übersicht mit allen wissenschaftlichen Beobachtungs- und Forschungszielen in den Händen. So konnte ich mich also auf den Ablauf des Fluges vorbereiten.

### Mission Day: Wie läuft ein Forschungsflug ab?

Erst einmal ist Ausschlafen befohlen, schließlich erfolgt der Start erst bei Einbruch der Dunkelheit, und geforscht wird in der Nacht! Gegen Mittag geht es dann traditionell für Crew, Wissenschaftler und Gäste ins »Panera Bread«, ein Sandwichrestaurant in Palmdale. Im vergangenen September saß ich hier mit Dana, meinem NASA-Begleiter, und genoss neben dem Essen unsere Gespräche über SOFIA, die Astronomie und natürlich auch über diverse amerikanische und deutsche Besonderheiten. Im »Panera Bread« wird dann die Verpflegung für die bevorstehende Nacht gekauft.

Der nächste wichtige Termin ist das »Mission Briefing« im Armstrong Flight Research Center (AFRC), jetzt wird es ernst! In einem Konferenzraum versammelt sich neben Crew, Wissenschaftlern und Gästen auch das Bodenpersonal. Unter Leitung des Mission-Commander erstattet jeder Bereich Bericht, von Wetterinformationen angefangen, über den Flugzeug- und Teleskopstatus bis hin zum wissenschaftlichen Programm wird alles durchgearbeitet. Zum Glück waren alle Bereiche auf Go!

### An Bord

Beim darauffolgenden Boarding verstaut zunächst jeder seine Ausrüstung. Mein Platz war an der EPO-Konsole (Education and Public Outreach), eigens für die mitfliegenden Lehrer und Gäste eingerichtet, so dass man alles live mitverfolgen kann. Mein Mission Commander genehmigte mir dann sogar einen Cockpit-Platz für den Start, so dass ich den Take-off um 18:41 Uhr exklusiv mitverfolgen konnte. Die Piloten und der Ingenieur arbeiten routiniert ihr Programm ab und kontrollieren sich dabei in jedem Schritt gegenseitig, so dass nichts vergessen werden kann.

Den Rest der Nacht verbrachte ich mit Dana an der EPO-Konsole. Das Öffnen der Teleskop-Luke nimmt man wirklich nur durch die Anzeige auf dem Monitor wahr. Dann begann das Beobachtungsprogramm, ein Ziel nach dem anderen wird abgearbeitet. Nachdem das Objekt gefunden ist, wird nachgeführt und es werden Daten gewonnen. Die Bewegungen des Instrumentes, die man im zum Labor umfunktionierten Passagierraum sieht, sollte ich nach folgendem Muster interpretieren: »Nicht das Teleskop bewegt sich, sondern das Flugzeug bewegt sich um das Teleskop«.

Es ist wirklich faszinierend, wie mit Hilfe des »Vibration Isolation System« und des Trackings eine präzise Nachführung auf ein Objekt von einem Flugzeug aus möglich ist. Ein solcher Forschungsflug dauert zehn Stunden, ich hatte genug Zeit zum Reden, zum Schauen über diverse Schultern und zum Beobachten der ersten Daten und Bilder. Die Nacht ist zwar lang und recht kalt, aber es ist kurzweilig an Bord. Es ist beeindruckend, wie freundlich und konzentriert alle miteinander zusammenarbeiten, auch als mitfliegender Lehrer ist man Teil dieses Teams.

### Beobachtungsobjekte und -erfolge

Mich hatte schon bei meinem ersten Mitflug überrascht, welche Beobachtungsobjekte sich auf der Liste einer SOFIA-Mission befinden. Da gab es erstaunliche Übereinstimmungen mit meinen amateurastronomischen Favoriten, z.B. die Feuerradgalaxie M 101, den Supernovarest IC 443, die Supernova 2014J in M 82 oder auch den Nebel IC 1396.

Bei M 101 wurde in einem Bereich eines Spiralarms die CII-Emissionslinie spektroskopiert, die einfach ionisierte Kohlenstofflinie, eine wichtige Kühlungslinie im interstellaren Gas. Sterne können nur entstehen, wenn sich verdichtete Wolken bilden und kühle interstellare Materie kondensiert. Das Gas wird aber durch die harte UV-Strahlung der eingebetteten jungen und heißen Sterne ionisiert, so dass das umgebende Gas kontinuierlich aufgeheizt wird. Damit es trotzdem zu einer Kühlung kommen kann, muss also Energie abgegeben

### **SURFTIPPS**

- · Homepage des DSI
- NASA SOFIA Mission Page
- · Blog des Autors

<sup>↑</sup> Kurzlink: oclm.de/a1073

werden. Durch die Anregung der vorhandenen Kohlenstoffatome über Stöße kann die hohe kinetische Energie der Elektronen teilweise in Strahlungsenergie umgewandelt werden. Dabei werden schließlich niederenergetische Photonen emittiert. Die CII-Linien sind also ein möglicher Indikator für Sternentstehung.

Für die Supernova 2014J wurden mit Hilfe von SOFIA das erste Mal Spektren für eine derartige Supernova vom Typ Ia im Infrarot-Bereich aufgenommen. Im sichtbaren Bereich habe ich das später mit meinen Schülern »nachgeforscht« und SN2014J fotografisch beobachtet.

### Mein persönliches Fazit

Sicher wird aus diesem Bericht deutlich, wie viel man als Lehrer nach einem solchen Mitflug zu berichten hat. Nicht nur in der Schule, auch bei Vorträgen finde ich stets ein dafür interessiertes Publikum. Und es macht immer wieder Spaß davon zu erzählen. Wer möchte nicht einmal ganz nah dabei sein, wenn professionelle Astronomie auf höchstem Niveau in einem fliegenden Observatorium praktiziert wird? Das SOFIA-Mitflugprogramm für Lehrerinnen und Lehrer stellt eine deutsch-

landweit einmalige Initiative dar, Spitzenforschung und Schule zu vernetzen. Lehrerinnen und Lehrer, aber auch andere in der astronomischen Bildung tätige Personen, können sich bewerben. Alle Informationen dazu findet man auf der Homepage des DSI. Ich bin jedenfalls SOFIA-Fan geworden!

►Olaf Hofschulz



▲ Abb. 4: Während des Fluges war mein Arbeitsplatz an der EPO-Konsole, die Verständigung an Bord erfolgt über Headsets.

### Q IM DETAIL

### Infrarot-Astronomie mit SOFIA

Die Infrarot-Astronomie stellt eine wichtige Ergänzung zu Beobachtungen in den anderen Wellenlängenbereichen dar. Im Infrarot-Bereich werden Objekte wie z.B. Gas- und Staubnebel sichtbar, die aufgrund ihrer zu geringen Temperatur im visuellen Bereich gar kein Licht aussenden. So entpuppt sich der Orionnebel im Infrarot als die »Spitze eines Eisberges«, das gesamte Sternbild besteht aus gigantischen Staub- und Gaswolken, die infrarote Strahlung emittieren. Eine zweite astronomisch interessante Eigenschaft der infraroten Strahlung besteht darin, dass sie Staub und Gas nahezu ungehindert durchdringen kann. Deshalb erlaubt ein Infrarot-Teleskop beispielsweise einen Blick ins Zentrum der Milchstraße, der im optischen Bereich wegen des Staubes vollständig verwehrt bleibt.

Es gib allerdings ein entscheidendes Hindernis für die Infrarot-Astronomie - unsere Atmosphäre! Der darin enthaltene Wasserdampf absorbiert die infrarote Strahlung aus dem Weltall fast vollständig. Erdgebundene Infrarot-Astronomie funktioniert daher nur sehr eingeschränkt. Deshalb gibt es nur eine Lösung: Das Observatorium muss oberhalb der (dichten) Atmosphäre platziert werden. Weltraumteleskope wie Spitzer sind dabei eine mögliche Lösung, allerdings ist ihre Einsatzzeit insbesondere durch das notwendige Kühlmittel stark eingeschränkt.

Die andere Lösung heißt »Airborne Astronomy«, SOFIA operiert in der Stratosphäre oberhalb des absorbierenden Wasserdampfes und bietet gegenüber einem Satelliten einige Vorteile. Das System kann ständig gewartet und auf dem neuesten Stand gehalten werden, die geplante Nutzungsdauer ist mit 20 Jahren deutlich höher als bei einem Satelliten, das Kühlmittel wird für jeden Flug neu aufgefüllt und vor allem kann SOFIA eine ganze Reihe verschiedener Detektoren und Kameras nutzen. Für jedes wissenschaftliche Programm kann das passende Instrument installiert und geflogen werden.

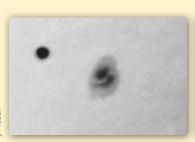
Darüber hinaus kommen neue Detektoren hinzu. Aktuell gibt es ein halbes Dutzend Instrumente, darunter die beiden deutschen GREAT (German Receiver for Astronomy at Terahertz Frequencies, ein hochauflösendes Infrarot-Heterodyn-Spektrometer) und FIFI-LS (Far-Infrared Field Imaging Line Spectrometer). SOFIA ist das weltweit einzige Observatorium, das derzeit Forschungsergebnisse in diesen Wellenlängenbereichen liefern kann!

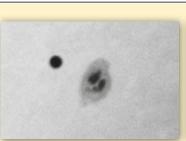
Auf dem wissenschaftlichen Programm von SOFIA stehen daher die verschiedensten Ziele, z.B. die Physik und Chemie interstellarer Gas-und Staubwolken, Sternentstehung, protoplanetare Scheiben und Planetenentstehung, die Dynamik des Milchstra-Benzentrums, die Zusammensetzung von Planetenatmosphären und vieles mehr.

# Ins SCHWARZE getroffen

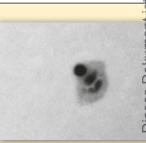
Der Merkurtransit am 9. Mai 1970

Abb. 1: Beim Merkurtransit am 9.5.1970 wanderte das Merkurscheibchen genau über einen Sonnenfleck. Die Aufnahme entstand um 12:04 MEZ an einem 150mm-Coudé-Refraktor bei 5050mm Äguivalentbrennweite.









₹ s gibt Himmelsereignisse, die so ◀ selten sind, dass man sie kaum ein ✓ zweites Mal vor die Optik bekommt. Ein solches erlebte ich am 9. Mai 1970 als knapp 16-Jähriger an der Volkssternwarte »Adolph Diesterweg« im sächsischen Radebeul. Es war der Tag des Merkurtransits. Nach anfänglichen Cirren ein fast wolkenloser Morgen über dem Elbtal. Auf der Beobachtungsterrasse umlagerten die Besucher die 63mm-Schulfernrohre. Und in der engen Kuppel, am Okularauszug des 150mm-Coudé-Refraktors, drängten sich zeitweise bis zu sechs Sternfreunde. Einer davon war ich.

## Die Spannung steigt

Immer wieder tauschten wir den Okularrevolver gegen den Kameraansatz aus. Ich weiß nicht mehr, wie viele Spiegelreflexkameras im Einsatz waren. Aber ich erinnere mich noch genau an diese Mischung aus Hochgefühl und Nervenanspannung. Letztere hatte schon am Vorabend begonnen, als wir erfuhren, dass die Sternwarte ausgerechnet am Tag des Merkurdurchgangs ohne Strom sein würde. Zum Glück war der Sternwartenleiter Rüdiger Kollar ein begnadeter Organisator. Er konnte noch rechtzeitig ein Notstromaggregat besorgen. Das war keine Selbstverständlichkeit in der DDR-Mangelwirtschaft.

Gegen 9 Uhr kamen erste Quellwolken auf. Jetzt wurde es noch komplizierter, regelmäßig ein paar wolkenfreie Minuten am Coudé zu ergattern. Zu meinem Glück ließ bei einem Teil der Sternfreunde der Beobachtungseifer etwas nach. Der flammte aber wieder auf, als wir gegen 11:30 MEZ zu ahnen begannen, welches besondere Ereignis uns bevorstand: Merkur steuerte genau auf einen Sonnenfleck mit ausgeprägter Penumbra zu. Würde es tatsächlich zu einer Bedeckung kommen?

## Volltreffer!

Wenige Minuten vor 12 Uhr gab es schließlich keinen Zweifel mehr. Jetzt tauschten wir fast im Minutentakt unsere Kameras am

Okularauszug des großen Refraktors aus. Wir hatten das vorher nie geprobt, aber es klappte reibungslos. Heute, mit 46 Jahren Abstand, staune ich darüber, wie lückenlos meine damalige Aufnahmeserie ist. Übrigens, eine Viertelstunde nach der Sonnenfleck-Bedeckung begann das Notstromaggregat zu stottern und quittierte den Dienst. Den Austritt des nur 12" großen Merkurscheibchens am Sonnenrand konnten wir nur noch an den kleinen, von Hand nachzuführenden Instrumenten verfolgen.

Danach kam die Stunde der Wahrheit: Waren meine Aufnahmen gelungen? Ich fuhr nach Hause, verwandelte das Bad in eine Dunkelkammer und entwickelte meine drei Filme. Leider hatte ich zu wenig Erfahrung mit dem verwendeten Dokumentenfilm. Ich ließ ihn zu lange im Entwickler, so dass ich später einige Negative mit Farmerschem Abschwächer behandeln musste. Auch hatte ich die Filme zu wenig in der Entwicklungsdose bewegt. Dadurch zeigten manche Negative großflächige Dichteunterschiede. Dennoch gelang es mir, brauchbare Vergrößerungen davon zu machen.

## Wiederholung am 9. Mai?

Fast vier Jahrzehnte lagen die Aufnahmen unbeachtet in meinem Archiv. Erst im digitalen Zeitalter holte ich sie wieder hervor, um sie zu scannen. Jetzt war es kein Problem mehr, die beim Entwickeln begangenen Jugendsünden zu heilen. Die kleinen Flecken - seinerzeit scherzhaft ORWO-Kometen genannt - und die zum Teil schon in der Kamera entstandenen Kratzer waren leicht mit dem Bereichsreparatur-Werkzeug von Photoshop zu entfernen. Größere Flecken wurden sorgfältig aufgehellt oder im hartnäckigsten Fall durch Bereiche aus zeitlich naheliegenden Aufnahmen ersetzt.

Das Ergebnis reicht natürlich lange nicht an das heran, was heute mit der Videografie möglich ist. 1970 galt es noch als unumstößliches Gesetz, dass visuell immer mehr zu sehen ist, als fotografisch erfasst werden kann. Dennoch zählt diese Aufnahmeserie zu meinen besten Astrofotos. Nicht nur, weil

## **Q** IM DETAIL

## Technik und Bearbeitung

Instrument: Coudé-Refraktor AS 150/2250 bei 5050mm Äguivalentbrennweite (Projektion mit einem orthoskopischen 16mm-Okular).

## Analoge Spiegelreflexkamera:

Ihagee Exa mit Mikroskop-Anschlussring und Drahtauslöser, keine kamerainterne Belichtungsmessung.

## Aufnahmematerial:

Selbst konfektionierter panchromatischer 35mm-Dokumentenfilm OR-WO-DK5 mit einer Empfindlichkeit von 6 DIN° (ISO 3), Negativformat 24mm × 36mm.

## Belichtungszeiten:

1/3 bis 1/8 Sekunden.

## Entwicklung:

ORWO Rodinal 09 (1:20), 20 °C, 5 Minuten.

## Digitalisierung:

Mit Diascanner bei 4000dpi. Bildbearbeitung unter Photoshop CS5: Ausflecken und Fehlerbeseitigung mit Bereichsreparatur-Werkzeug, Tonwertoptimierung, vorsichtige Hochpass-Filterung.

ial:
nierter panchromaokumentenfilm OREmpfindlichkeit von
egativformat 24mm

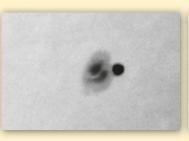
en:
den.

09 (1:20), 20 °C,

ei 4000dpi.
Inter Photoshop CS5:
ehlerbeseitigung mit
tur-Werkzeug, Tong, vorsichtige Hoch
iumentiert, das viel selsein Venustransit. Sonius heutiger Sicht mit einera und trotz widriger
- Und ja, ich gebe es zu:
nale Hoffnung habe ich,
Mai 2016 wieder einen
tt und ich das mit heutimen kann.

| Jörg Mosch |
| Abb. 2: Die entscheidende Sequenz ist nur eine halbe Stundellang! sie ein Ereignis dokumentiert, das viel seltener sein dürfte als ein Venustransit. Sondern auch, weil sie aus heutiger Sicht mit einer primitiven Kamera und trotz widriger Umstände gelang. - Und ja, ich gebe es zu: Eine kleine, irrationale Hoffnung habe ich, dass Merkur am 9. Mai 2016 wieder einen Sonnenfleck bedeckt und ich das mit heutiger Technik aufnehmen kann.





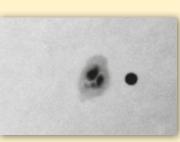
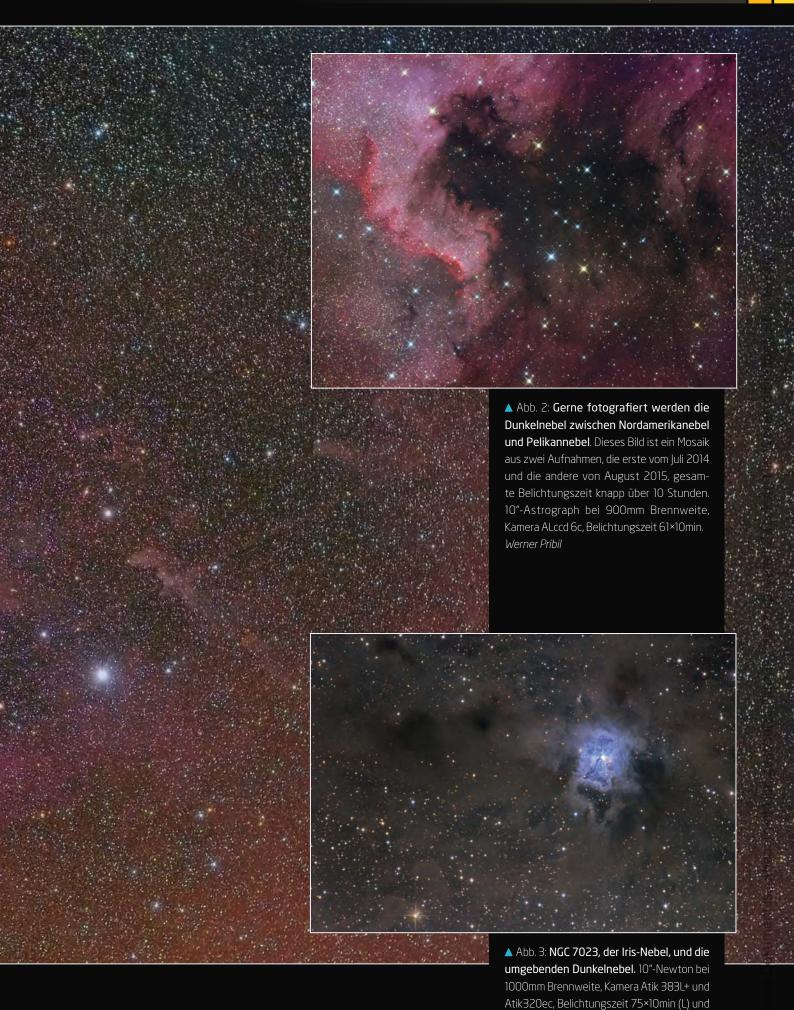




Abb. 1: Das Sternbild Orion (linker Bildteil) ist in dieser Aufnahme spektakulär in rote Nebel gehüllt. Bemerkenswert ist, dass der flächenmäßig extrem hohe Hα-Anteil in dieser Region in der Aufnahme bestens zu Geltung kommt, obwohl die verwendete Kamera nicht modifiziert ist. 50mm-Objektiv bei Blende f/4,5, Kamera Nikon D750, ISO 800, 25×3,5min Belichtungszeit. Nachgeführt mit einer Astrotrac-Reisemontierung auf Fotostativ. Aufnahmeort: Hengstpass/Österreich, 985m. Bildbearbeitung in DSS, fitswork - *Christian Mittermair* 



21×9min. Frank Iwaszkiewicz



► Abb. 1: **Spektakuläre Dämmerung über Kiel mit Planetenparade am Morgen des 11. Oktober 2015.** Der Bildautor trotzte dem Wind und der extremen Kälte! 18mm-Objektiv bei f/3,6, Kamera Nikon D90, 1s Belichtung, ISO 400. *Tadeusz Presz* 





▲ Abb. 2: **Polarlicht in Österreich am 20.12.2015. So weit südlich treten Polarlichter selten auf.** Mondlicht erschwerte die Belichtung. Digitalfoto, 20.12.2015, 17:38 MEZ, 50mm-Teleobjektiv bei Blende f/2,5, Kamera Canon 1000D, ISO 800, 9s Belichtungszeit. *Erwin Filimon* 



▲ Abb. 3: Mit dieser Geminiden-Feuerkugel hatte Erwin Filimon wieder den richtigen Zeitpunkt erwischt. Digitalfoto, 14.12.2015, 23:06 MEZ, 10mm-Teleobjektiv bei Blende f/2,8, Canon 1000D, ISO 800, 1min Belichtungszeit. Erwin Filimon

## »Müssen ältere Sternfreunde das Beobachten aufgeben, Herr Preiffer?«

Das menschliche Auge lässt im Alter nach. Insbesondere der Durchmesser der lichtsammelnden Pupille sinkt erheblich. Dass diese scheinbar in Stein gemeißelte Binsenweisheit in ihrer Absolutheit so gar nicht stimmt, ist das Verdienst von Stefan Pfeiffer. Der langjährige österreichische Hobby-Astronom vermisst seit 18 Jahren die Pupillen von aktiven Sternfreunden und kommt zu überraschend anderen Ergebnissen.



▲ Abb. 1: **Stefan Pfeiffer** widmet sich seinem Lieblingsthema, der Vermessung einer Pupillen-Fotografie.

für 20-jährige 8mm, für 40-jährige 6mm, für 60-jährige 4mm und für 80-jährige nur mehr 2,5mm. Das kam uns dann doch etwas »spanisch« vor

**Abenteuer Astronomie:** Und dann haben Sie einfach selbst Messungen durchgeführt?

Stefan Pfeiffer: Beim Workshop 1998 des Astronomischen Arbeitskreises Salzkammergut wurden 45 Probanden im Alter von 3–77 Jahren vermessen. Bei völliger Dunkelheit fotografierten wir die Probanden, die Fotos wurden dann vermessen

Fotografiert wurden nur die Augen der Probanden jeweils mit einem Teleobjektiv aus 2,5m Entfernung und externem Blitzlicht (ohne Vorblitz) mit Millimeterskala und Namen über den Au-

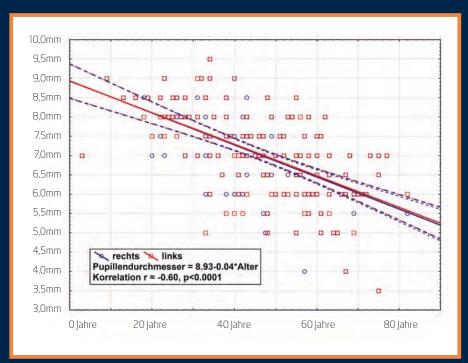
gen. Die Fotos wurden dann 5-fach vergrößert. Wir stellten fest, dass nach 5 Minuten die Pupille bei völliger Dunkelheit bereits ihre volle Öffnung erreicht und nach 8 Minuten keine Veränderung mehr eintritt.

**Abenteuer Astronomie:** Herr Pfeiffer, wie sind Sie auf die Idee gekommen sich mit dem Thema Pupillendurchmesser zu beschäftigen?

Stefan Pfeiffer: Ende der 1990er Jahre fassten einige Mitglieder des Astronomischen Arbeitskreises Salzkammergut den Entschluss, die maximale Pupillenweite nach erfolgter Dunkeladaption, also die maximal geöffnete Pupille, durch Fotografie der Pupille im Dunkeln selbst zu messen.

**Abenteuer Astronomie:** Die publizierten Studien dazu machen ja älteren Menschen wenig Hoffnung.

Stefan Pfeiffer: An umfangreichen Studien zu dem Thema Pupillenweite und Alter scheint es nur die mit 1263 Probanden erstellte Grafik von I. E. Loewenfeld aus dem Jahre 1979 zu geben. Die Zahlen, die wir dort fanden, waren



▲ Abb. 2: Die Ergebnisse der Studie im grafischen Überblick.

## **Abenteuer Astronomie:** Was fanden Sie heraus?

Stefan Pfeiffer: Nach erfolgter Auswertung war für uns die Überraschung groß, die Werte der 20und 40-Jährigen entsprachen den Werten in den Büchern, aber bei den 60- bis 70-Jährigen lagen die besten Werte bei 6,5mm bis 8mm und bei den 70bis 77-Jährigen bei 6mm bis 7mm!

**Abenteuer Astronomie:** Was waren die größten und kleinsten Werte, die Sie gemessen haben?

**Stefan Pfeiffer:** Der größte Wert lag bei 9,5mm bei einem 32-Jährigen und der kleinste Wert mit 3mm bei einem 75-Jährigen.

**Abenteuer Astronomie:** Sie haben die Studie dann 2003, 2007 und 2015 weitergeführt?

Stefan Pfeiffer: Wir wiederholten die Messreihe beim Workshop 2003 mit 52 freiwilligen Teilnehmern, das Alter der Probanden lag zwischen 8 und 80 Jahren. Die Ergebnisse waren ähnlich der Messreihe 1998, der einzige 80-Jährige hatte 5,5mm Pupillenweite.

Auch beim Workshop 2007 führten wir unsere Messreihe weiter, mit 64 freiwilligen Teilnehmern, das Alter der Probanden lag zwischen 12 und 84 Jahren. Die Altersgruppe von 60–84 hat Werte von 7,5–6mm, nur ein 67-Jähriger hatte 4mm Pupillenweite.

Beim Workshop 2015 führten wir zum vierten Mal unsere Pupillen-Messreihe fort, der anfängliche Trend, dass Personen im Alter auch Pupillen mit 6mm und mehr haben können, wurde bestätigt. Unsere Studie umfasst bisher 225 Messungen an 154 verschiedenen Probanden im Alter von 3 bis 84 Jahren. Dabei wurden 29 an zwei, 9 an drei und 5 an vier unterschiedlichen Workshops vermessen.

**Abenteuer Astronomie:** Wie sieht der Trend bei den mehrfach vermessenen Personen aus? Um wieviel nimmt der Pupillendurchmesser im Alter durchschnittlich ab?

Stefan Pfeiffer: Es ist unterschiedlich. Nach 9 Jahren rund –0,5mm, nach 17 Jahren –1,0mm bis –1,5mm. Interessant bei dieser Messreihe war ein Proband, dessen Pupillenweite mit 60 Jahren 6,5mm und bei den nachfolgenden drei Messungen konstant blieb. Er ist inzwischen 77 Jahre alt und hat noch immer 6,5mm! Der älteste Proband hatte mit 84 Jahren noch eine Pupillenweite von 6mm, sein Pupillendurchmesser vor 9 Jahren betrug 6,5mm. Beide sind langjährig versierte Himmelsbeobachter.

Empfohlene Okularbrennweiten für maximale Austrittspupille			
Pupillendurchmesser des Beobachters	Öffnungsverhältnis f/4 des Teleskops	Öffnungsverhältnis f/5 des Teleskops	Öffnungsverhältnis f/6 des Teleskops
6,0mm	24mm	30mm	36mm
6,5mm	26mm	32,5mm	39mm
7,0mm	28mm	42mm	42mm
7,5mm	30mm	37,5mm	45mm
8,0mm	32mm	40mm	48mm
8,5mm	34mm	42,5mm	51mm
9,0mm	36mm	45mm	54mm

## **Q** IM DETAIL

## Warum 1,5 mm Unterschied entscheidend sein können

Der Pupillendurchmesser bestimmt, wieviel Licht ins Auge kommt. Das gilt auch für die Beobachtung am Teleskop: Öffnet sich das Auge weiter, kann man mehr der lichtsammelnden Wirkung des Teleskops nutzen. Das Lichtbündel, das aus dem Teleskop austritt (Stichwort Austrittspupille) sollte genauso groß sein wie die eigene Augenpupille. Je größer diese ist, desto mehr Licht empfängt man.

Die Austrittspupille eines Teleskops kann man mithilfe einer einfachen Formel errechnen:

Austrittspupille

- = Okularbrennweite / Öffnungszahl
- = Teleskopöffnung / Vergrößerung

Sie wird umso größer, je größer die Okularbrennweite bzw. je kleiner die Vergrößerung ist. Jede kürzere Okularbrennweite bzw. höhere Vergrößerung verschenkt deshalb Licht!

Vor 20 Jahren, im Alter von 23, hatte ich eine Pupillenmessung durchgeführt. 8mm war damals das stolze Ergebnis. Doch mit mittlerweile über 40 Jahren ging auch ich davon aus, dass es altersbedingt inzwischen höchstens 6,5mm sein würden. Entsprechend kaufte ich mir vor einiger Zeit ein teures 25mm-Okular, das bei einem Öffnungsverhältnis von f/4 nur noch 6,25mm Austrittspupille ergeben würde.

2015 nahm ich selbst teil an Stefan Pfeiffers Pupillenstudie. Das Ergebnis konnte kaum überraschender sein: Auf dem linken Auge habe ich 7,5mm, auf dem rechten »Beobachterauge« tatsächlich immer noch volle 8mm Pupillendurchmesser! Ich kann also wie vor 20 Jahren immer noch wesentlich mehr Licht einfangen, als mein 25mm-Okular es zulässt. Das 25mm-Okular musste also inzwischen weichen, mit dem neuen 31mm-Okular nutze ich wieder 7,75mm Austrittspupille –dank Stefan Pfeiffers Engagement!

► Ronald Stoyan



Abb. 3: Die Augen des Chefredakteurs dieser Zeitschrift, voll geöffnet.

# SPACE CHECKER

## **≠** INTERAKTIV

Space Checker ist unsere Rubrik für Astrokids zwischen 8 und 14 Jahren. Dieses Projekt wurde von den Mitgliedern der AG »Young Stars« der Sternwarte Sohland/Spree durchgeführt. Wenn du eines der Experimente gemacht hast, schreibe uns doch an redaktion@abenteuer-astronomie.de

# Abgehoben! Eine Rakete bauen und starten

Beobachtet man den abendlichen Sternenhimmel, dann sieht man neben dem Mond, Planeten und Sternen auch sich schnell bewegende Lichtpunkte. Das sind Satelliten, zum Beispiel die Internationale Raumstation ISS. Diese Satelliten bewegen sich im Weltall um die Erde und wurden mit Raketen gestartet. Wir wollen auch eine Rakete bauen und uns überlegen, wie wir deren Starthöhe und Geschwindigkeit steigern können.



ie Entwicklung von Raketen begann am Anfang des 20. Jahrhunderts. Unabhängig voneinander forschten und bauten Wissenschaftler und Ingenieure in Deutschland, Russland und den USA die ersten flugfähigen Raketen. Vorher verwendete man kleine Raketen noch zum Silvesterfeuerwerk, aber auch zur Signalgebung (zum Beispiel in der Seenotrettung). Für den Antrieb nutzt man entweder pulverförmige oder flüssige Chemikalien, die eine hohe Explosivkraft haben. Bei der Verbrennung im Raketentriebwerk wird ein Rückstoß erzeugt, der die Rakete von der Erde abheben lässt.

## Die Erdanziehung überwinden

Damit ein Satellit um die Erde fliegt, muss er eine Geschwindigkeit von 7,9 Kilometer in der Sekunde haben, das sind rund 28500 Kilometer pro Stunde. So schnell bewegt sich auch die ISS, kein Wunder, dass sie sich in rund 90 Minuten einmal um die Erde bewegt. Will man weiter als in eine Erdumlaufbahn fliegen, beispielsweise zum Mond, benötigt man auch höhere Geschwindigkeiten, also müssen die Rake-

■ Abb. 1: Selbst eine Rakete bauen? Dazu gehören handwerkliches Geschick, Können und Geduld. Aber das fertige »Raumfahrzeug« kann bis zu 30 Meter Höhe erreichen! ten größer werden und mehr Schub liefern. Ist die Rakete größer, dann steigt auch die Startmasse stark an, wodurch die Geschwindigkeit wieder kleiner wird. Ebenso lässt sich eine große Rakete schwieriger beim Flug stabilisieren.

## Die Wasserrakete

Den Rückstoß erzeugen wir in unserer Modellrakete durch Druckluft und Wasser, damit ist unser Fluggerät nicht feuergefährlich und außerdem noch umweltfreundlich. Als Tank dient uns eine leere PET-Flasche. Im Internet findest du zahlreiche Bauanleitungen für derartige Raketen, die du selbst schnell realisieren kannst. Eine schöne Bauanleitung findest du auf der Seite der DLR (siehe Surftipps). Du kannst aber solche Raketen auch in Modellbaugeschäften oder in Spielzeugläden erwerben. Das hat den Vorteil, dass auch gleich eine funktionstüchtige Startrampe dabei ist.

Wir verwenden eine andere Methode. Du benötigst folgende Materialien für deine »Wasserrakete«:

- 1 leere PET-Flasche (1,5 Liter) aus etwas stärkerem Material (z.B. Cola-Flasche)
- 1 Korken einer Weinflasche
- 1 Fahrradschlauch
- Rückwand eines College-Blocks oder dünnes Sperrholz
- 1 Luftpumpe
- Klebstoff (z.B. Sekundenkleber oder Bastelkleber) und Tesa-Film
- · Schere, Cuttermesser, Bohrer

## Die Rakete bauen

Aus dem Fahrradschlauch musst du das Ventil herausschneiden, aber so, dass noch etwas Gummi um den Ventilansatz herum übrig bleibt. Dieser dient dann zum Abdichten deiner Rakete. Der Korken wird durchbohrt und



▲ Abb. 2: Space-Checker Robert und Benjamin präsentieren ihre Ergebnisse.

nimmt dann die Ventilfassung sowie das Fahrradventil auf. Natürlich muss der Korken auf die PET-Flasche passen. Er darf nicht zu straff sitzen, muss aber auch unseren Treibstoff (das Wasser) halten. Aus dem Sperrholz oder der Pappe baust du dir dann drei gleich große Stabilisierungsflossen, welche du dann an der Unterseite der Rakete anbringst und auf denen die Rakete dann steht.

Führe die Startversuche nur im Freien durch. Achte darauf, dass deine Rakete ein möglichst freies Flugfeld hat und sich keine Stromleitungen oder ähnliches über dem Startplatz befinden. Ebenso musst du aufpassen, dass deine Rakete beim Herunterfallen keine Menschen oder Tiere verletzt bzw. andere Beschädigungen anrichten kann. Weiterhin ist es günstig, wenn du genügend »Treibstoff« dabei hast, am besten ist ein gut gefüllter Wassereimer.

## Drei, zwei, eins...!

Um zu starten, pumpst du über die Luftpumpe Luft in die PET-Flasche, welche nicht vollständig mit Wasser gefüllt ist, so dass in dieser der Druck steigt. Bei einem entsprechend großen Druck wird dann der Korken nach unten herausgeschleudert und das Wasser sowie die Luft entweichen schlagartig. Dabei erzeugen sie einen Rückstoß, was bedeutet, dass deine Rakete fliegt. Achtung: du kannst dabei nass werden.

Finde heraus, was für deine Rakete eine optimale Wasserfüllmenge ist, mit der du die größte Höhe erreichst. Du kannst auch die Bauform der Stabilisierungsflossen verändern und somit für einen ruhigeren Flug sorgen. Deine Rakete hat auch noch einen großen Luftwiderstand, vielleicht kannst du größere Höhen durch das Anbringen einer Spitze erreichen. Probiere es aus und teile uns deine Ergebnisse mit.

► Dirk Irrgang, Sternwarte »Bruno H. Bürgel«, Sohland/Spree,

## SURFTIPP

• Flaschen-Rakete & Startrampe

☼ Kurzlink: oclm.de/a1083

## **Q** IM DETAIL

## Kommentar von Benjamin

Nachdem ich am Abendhimmel die ISS gesehen hatte, war meine Neugier geweckt und ich wollte unbedingt mehr über das Thema Raumfahrt und Raketen erfahren. Aber ich konnte mir nicht vorstellen, dass wir eine Plasteflasche zum Fliegen bringen konnten. Der Aufbau war ganz schön knifflig, vor allem das Befestigen der Seitenflossen ist mir nicht auf Anhieb gelungen. An unserem ge-

kauften Exemplar konnte ich mich jedoch gut orientieren. Durch viel Tesafilm hat das Ganze dann richtig gut gehalten.

Bei den ersten Startversuchen hatte ich zu viel Wasser in der Rakete drin, daher »flog« meine Rakete nur ca. 4 Meter hoch und ich wurde richtig nass. Bei den Raketen, die wir in der Gruppe gebaut haben, stellte sich heraus, dass weniger als die Hälfte

der Flasche mit Wasser gefüllt sein durfte, damit eine ordentliche Höhe erreicht werden kann. Da rauschen die Teile dann richtig ab, meine Rakete kam auf eine Höhe von etwa 30m! Nun freue ich mich auf die weiteren Versuche mit den Modellraketen, die einen chemischen Antrieb haben. Das Rückstoßprinzip habe ich jedenfalls gut an der Wasserrakete verstanden.

# Tiefer Fall

## Ein gefälschtes Astrofoto und seine Folgen

Kein Astrofoto hat die Gemüter von Sternfreunden in der letzten Zeit so erregt wie das am 22.1.2016 als »Astronomy Picture of the Day« (APOD) veröffentlichte Bild eines Vorübergangs der Internationalen Raumstation ISS vor dem Saturn vom 15.1.2016. Am Anfang überwog die Begeisterung über das Bild und es verbreitete sich wie ein Lauffeuer durch alle astronomischen und nicht-astronomischen Medien, auf der Website von abenteuer-astronomie.de wurde ebenfalls darüber berichtet. Einhellig war die Meinung, dass hier einem deutschen Amateurastronomen ein außergewöhnliches Bild gelungen war. Doch der vermeintliche Ruhm währte nicht lange.



▲ Abb. 1: **Der Stein des Anstoßes**: Das manipulierte Bild des ISS-Transits vor dem Saturn.

enige Tage nach der Veröffentlichung des Bildes bei APOD – eine von vielen Astrofotografen erstrebte Ehrung des Bildautors für ein besonders gelungenes Foto – kamen zuerst in mehreren Internetforen in den USA Zweifel über dessen Echtheit auf. Binnen Stunden verfestigten sich erste Gerüchte, dass man hier ein zwar gut gemachtes, aber dennoch manipuliertes Bild zum APOD erhoben hatte.

## Der Shitstorm

Eine Stellungnahme des Bildautors bei Facebook wurde kurz darauf wieder gelöscht. Binnen Stunden entwickelte sich ein Shitstorm – eine Welle negativer Äußerungen gegen den Astrofotografen – der schließlich auch die deutschen Foren erreichte. Am 24.1.2016 entstand daraus ein Thema bei Astrotreff.de, das dort heiß diskutiert wurde. Sternfreunde analysierten das Bild mit Hilfe des Programms Photoshop und fanden heraus, dass alle Aufnahmen der ISS gleich aussahen. Durch den Umlauf der Raumstation um die Erde hätte sich aber ein Helligkeitsverlauf zeigen müssen. Davon war aber in dem Bild nichts zu sehen. Außerdem zeigten sich in Photoshop kleine Artefakte rund um die ISS, die auf eine Bildmanipulation hindeuteten.

Der Bildautor schrieb zu der Aufnahme auf seiner Website – was dort inzwischen gelöscht wurde –, dass er das Ereignis nicht nur fotografiert, sondern auch beobachtet und gezeichnet habe. Spätestens an diesem Punkt mussten alle aufwachen, denn der Vorübergang der ISS vor anderen Himmelskörpern dauert immer nur Sekunden bzw. Sekundenbruchteile. Ein gleichzeitiges Beobachten und Zeichnen ist unmöglich.

## Die Konsequenzen

Die Manipulation des Bildes wurde immer offensichtlicher und nachdem der Bildautor seinen Angaben zufolge Drohmails und -anrufe erhalten hatte, nahm er das Bild von seiner Website, entschuldigte sich aber zunächst nicht für sein Handeln. Daraus entstand in den Foren ein regelrechtes »Bashing«, eine öffentliche Beschimpfung. Viele User waren extrem verärgert darüber, ganz offensichtlich hinters Licht geführt worden zu sein und fühlten sich regelrecht betrogen.

Die Stimmung zwischen Jubel und Verdammung schlug innerhalb weniger Stunden um. Im amerikanischen APOD-Forum erklärte der Autor später, dass er bei seiner Aufnahme zwei Frames (Einzelbilder) übereinander gelegt habe und dass er es versäumt hätte, die Redaktion des APOD darauf hinzuweisen. Man blieb der Sache aber weiter auf den Fersen und stellte die berechtigte Frage, wieso es überhaupt zur Veröffentlichung als APOD kommen konnte, wieso dort interne Kontrollen nicht griffen und wie viele Fälschungen in den bisherigen APODs stecken, die unentdeckt blieben. Schlussendlich zog die NASA das APOD zurück und ersetzte es - ohne nähere Begründung - durch eine Aufnahme von M 101.

## Weitere »Enthüllungen«

Auf der Website des Autors war außerdem ein Vorübergang der ISS vor dem Jupiter im Bild zu sehen. Prompt wurde gefragt, ob dieses Bild ebenfalls manipuliert worden sei, wofür es jedoch keine Anhaltspunkte gibt. Mehr noch, die Szene stürzte sich regelrecht auf weitere Bilder des Autors und so verschwand auch ein Bild von M 31, das viele als gefälscht bzw. übertrieben bearbeitet ansahen. Bei Astrotreff. de ging die Diskussion hin und her und man spekulierte über die Gründe.

Am 26.1.2016 erklärte der Autor dann bei Astronomie.de, dass ihm leid tue was passiert sei und er sich sein Handeln selber nicht erklären könne. Da hatte sich schon herausgestellt, dass er faktisch am 15.1.2016 den Transit gar nicht hatte beobachten können, weil er an diesem Tag überhaupt keinen klaren Himmel hatte und es sogar zeitweise regnete. Im Astrotreffwurde das

## 🛨 INTERAKTIV

Im Dschungel der Foren verbirgt sich manche Rosine – an dieser Stelle ausgegraben und aufbereitet. Dies geschieht exklusiv mit unserem Partner Astrotreff. Ausgewählt wurden Themen, die bei Erscheinen dieses Heftes nicht unbedingt aktuell, aber für den praktischen Beobachter dennoch von großem Interesse sein können.

Ganze dann auch nicht mehr als Manipulation, sondern offen als Betrug bezeichnet.

## Was bleibt?

Die Astroszene empfand die Affäre um das gefakte ISS-Bild als Schlag ins Gesicht: Was sind Auszeichnungen von Fotos wert, wenn es nur ein paar Tricks bedarf, um zu einem APOD zu kommen? Die Mutmaßungen, warum der Autor so vorgegangen ist, wie er es tat, waren vielfältig und sie werfen möglicherweise ein bezeichnendes Licht auf die Amateurszene insgesamt.

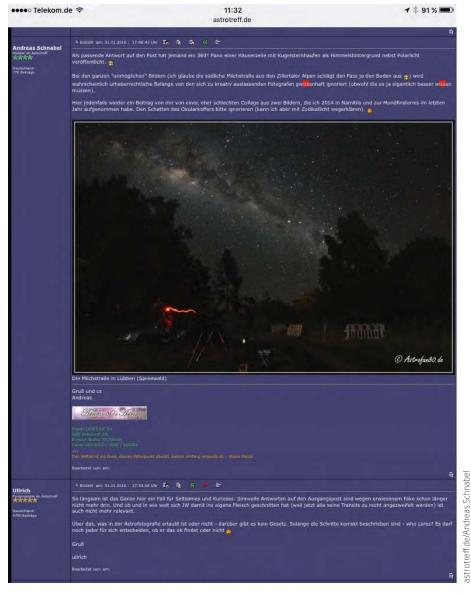
Wettergeplagt, wie wir Mitteleuropäer nun einmal sind, werden hier viele astronomische Ereignisse ein Opfer von Tiefdruckgebieten. Das rechtfertigt nicht das hier gezeigte Vorgehen. Es bestätigt aber, dass einige Amateurastronomen in einem vermeintlichen Konkurrenzkampf um Ruhm und Anerkennung stehen. Unter Sternfreunden ist anscheinend

ein Wettbewerb um beste Bilder und beste Daten entbrannt, der einige von ihnen dazu bringt, Bilder zu manipulieren, damit sie sich Aufmerksamkeit verschaffen.

So stellte man sich nicht nur beim Astrotreff die Frage, was das hier gezeigte Vorgehen noch mit Wissenschaft zu tun hat. Denn eines dürfte klar sein: Der Bildautor gilt als unglaubwürdig. War dies der kurzfristige Ruhm wert?

► Manfred Holl





► Abb.2: **Der Astrotreff-Thread mit einem Komposit** zweier Aufnahmen (Beobachtungsplatz in Lübben, Spreewald, und ein Ausschnitt des von dort nicht erreichbaren Südhimmels).

# Der helle Wahnsinn

## Die Invasion der Leuchtkästen

Da setzt sich die Astroszene mühsam genug für eine blendfreie, effiziente und streulichtarme Straßenbeleuchtung ein. Und dann das: Die kleinen Erfolge verblassen umgehend im gleißenden Schein privater Lichtwerbung.

reffen sich ein Steuerberater, ein Zahnarzt und ein Frisör. Klingt wie der Anfang eines schlechten Witzes und ja: Es wird auch einer! Die Genannten gehen ihrem Gewerbe im gleichen Haus nach und fanden es wohl hilfreich, ihr berufliches Treiben gemeinsam öffentlichkeitswirksam zu offenbaren. Wie? In Gestalt einer Leuchtreklame, die an Strahlkraft in neue Dimensionen vorstößt. Es wurde eine von innen illuminierte dreiteilige Stele angeschafft, die in blendendem Weiß in alle Richtungen wirkt. Mit zusammengekniffenen Augen lassen sich sogar die Logos der Beteiligten auf den Kästen identifizieren.

Das Ensemble stellt die ohnehin schon üppige LED-Straßenbeleuchtung mühelos in den nicht mehr vorhandenen Schatten. Und vis-à-vis beim Notar? Da tut's doch sonst ein gediegenes Messingschild, aber nein: Der Vertreter der Jurisprudenz mag sich nicht lumpen lassen und zieht mit gleicher Pracht nach. Was Justitia recht ist, kann der Orthopädie nur billig sein. Bald schon kündet 100 Meter weiter heller Schein von der Anwesenheit des traditionsreichen Sanitätshauses. Das lockt wiederum den Metzger hinter den Schweinehälften hervor, gefolgt vom Bäcker. Auch die Änderungsschneiderei wird die Zeichen der Zeit noch verstehen. Das mun-

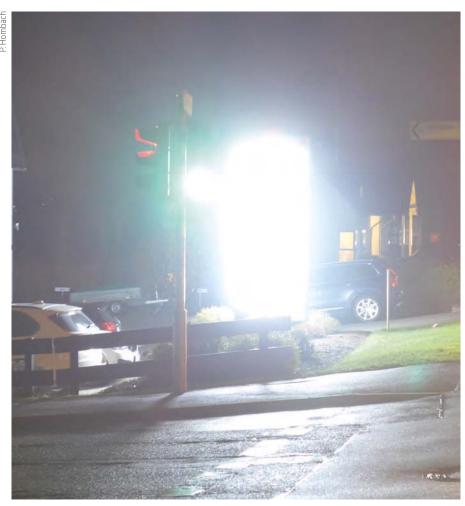
tere »light-up-my-Kleingewerbe« steht dem aus der Vorweihnachtszeit bekannten Lichter-Wettrüsten in nichts nach.

## Allee des Irrsinns

Staunend fährt der Betrachter abends die Allee des lichten Irrsinns entlang durch die Ortschaft, an deren Ende fast schon verschämt ein güld'nes M die Präsenz eines Bulettenbraters verrät. Und ist's auch Wahnsinn, so hat es doch Methode. Auch außerhalb taghell gefluteter Gewerbegebiete sorgt luminiszenter Privat-Protz dafür, dass auch dem Letzten ein Licht aufgeht. Die Leuchtkästen sind nur die Spitze des glitzernden Eisberges. Hinzu kommen z.B. im Boden eingelassene Reflektorlampen, die nächtens die Fähnlein eines Kreditinstituts in Szene setzen, oder Nachbars Häusle, dessen Fassade offenbar von derart architektonischer Relevanz ist, dass eine Dauerbestrahlung gerechtfertigt scheint.

So spielt am Ende jede Frittenbude »Tokio bei Nacht« und wir können uns von letzterer verabschieden. Während gefühlt jeder zweite Kilometer Straße inzwischen von meterhohen Lärmschutzwänden gesäumt wird, ist der Schutz vor ungefragter Photonen-Dauerberieselung offenbar nachrangig, als wären die verheerenden Wirkungen auf menschliche Gesundheit und Tierwelt nicht längst bekannt. »Gute Nacht!« möchte man da ausrufen – wenn's noch eine gäbe.

▶Paul Hombach



▲ Abb. 1: Hier werben Strahlemann und Söhne.

## **SURFTIPPS**

 Informationen zum Thema Lichtverschmutzung

↑ Kurzlink: oclm.de/a1086

# Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Nutzung nur zu privaten Zwecken. Die Weiterverbreitung ist untersagt

## Vor 100 Ausgaben: interstellarum 2

## Zitterpartie am Frierzöller

aunig beschrieben hatte ich sie, meine »Zitterpartie am Frierzöller«. Zwanzig Jahre später macht mir die Astronomie immer noch Laune – allerbeste Laune! Die Schwierigkeiten mit der Kälte und mit NGC 896, um die es im Artikel damals ging, konnte ich in der Zwischenzeit beseitigen: Mein Nebelfilter, der NGC 896 im Bermudadreieck aus geringer Flächenhelligkeit, geringer Öffnung und hoher Vergrößerung verschwinden ließ, hat am 20-Zöller unter namibischem Himmel seinen Schrecken verloren. Und gar so kalt wie hiesige Februarnächte ist es dort auf der Kiripotib Astrofarm auch nicht, wo die geringe Luftfeuchtigkeit auch Temperaturen unter Null erträglich erscheinen lässt.

Den größten Unterschied zu damals aber macht die Lichtverschmutzung aus. Konnte ich an meinem Solinger Standort 1995 noch halbwegs beglückende visuelle Deep-Sky-Beobachtungen mit dem 4-Zöller in mein Beobachtungsbuch notieren, beschränkt sich heute der lohnende Einsatz dieser Öffnung auf Sonne, Mond und Planeten. In Namibia hingegen fängt das Paradies für visuelle Beobachter schon bei weniger als 4 Zoll an.

► Rolf Scheffer

► Abb. 2: Ausschnitt aus dem Originalartikel in interstellarum 2.



## 📛 INTERAKTIV

Vor 21 Jahren wurde interstellarum gegründet, die Vorgängerzeitschrift von Abenteuer Astronomie. Wir blicken in jedem Heft 100 Ausgaben zurück und lassen die ursprünglichen Autoren von damals zu Wort kommen. Das entsprechende Originalheft in voller Länge finden Sie kostenlos auf www.abenteuer-astronomie.de zum Download.

<sup>↑</sup> Kurzlink: oclm.de/a1087



Abb. 1: Schweres Gerät für leichtes Sehen:

Der 20-Zöller auf Kiripotib.

## Zitterpartie am Frierzöller

Rolf Scheffer

Hallo Sehleure

Das Jahr Ting ja echt cool an Be-sonders frostige Erlebnisse hatte ich in der 4. Januarnacht. War ja knackig klar. Aber sowas von kalt, cyl. Als ich aus der wormen Stube heraus den Roms in der Horizuntsume. zittern ich aus der warmen Stube heraus den Strius in der Horizontsuppe zittern sah, bekam ich vom blößen Anblick schon Eisbeine. Doch men Vierzol-her hat dermaßen gebrallt, dall ich ähe eitflach an die Luff lassen mußte. War eine gute Entscheidung, wie sich herausstellte. M 79 (der mit dem Hassei tunzt), ist einer von den Kandidaten, die meine

Kandidaten, die meine Vorstellungskraft anre-gen Ich weiß, duß er da ist. Ich weiß auch ist. Ich weift auch, wo ur ist, Aber ich sehe ihm nicht. Meissens jedenfalls-Heute aber ploppi, er mi-einer Selbstverständlich-keit mit Gresichtsfeld mei-ner 30er Augenlines. Als ob er mit sagen wollte. "Bist Du eigentlich blind, Mann?" Nun, ich habe ihm. Mann?" Nun, ich habe dann mit 90fach aus bigst aufgesogen und ihr Backentusche Als Vorrat für die vieler kommenden Nächte mi commenden Nächte mit mäßiger Durchsicht. Das manger Durchsieht. Das Ser Okular (1807ach) brachte nicht viel, außer der dunklen Ahnung, daß vier Zoll eben nur vier Zoll sind. Von Ferne hör-be ich durent den Ziente ich dumpf den Chor

M 78 ist auch so ein Spezi. "Hellster M 78 ist auch so ein Spezi. "Hellster Reflexionsnebel" sieht im Kari-iosichka. De erwartet man selion was. Oft blieb's auch dabei. Aber heute int wohl jennand die Milehglasschri-be vor dem Orion weggenommen: Delta, Epsilon, Zett, einen Haben sehingen und - Bingo! Richtug feit steht das Ding um 30er. Sonst hab ieh mir muter die Chren abgebroeben dabei. Es ist wirklieh kaum zu glau-ben, wie dumm uns die Atmosphare

halt mit ihrem ewigen Gelülle.
Wenn's mal richtig klar ist, kennt man
den Himmel nicht wieder.
M 1 Muß sein Naturlich sofort da
Jetzt war ich mental gerug anfgebaut.
Nan wollte ich es wissen: Was helt
'interstellarum' nus vier fluoriden
Zoll heraus? Feuelttigkert? Ach nen.
Ab Marchen har doch einen Barti
Aber NGC 896. Der war jetzt fällig.
Mit teutonischer Entschlossenheit
hatte ich mit die Seite 17 aus Uranometria kopiert und meinen laktiselsen tria kopiert und meinen taktischen

Negerkuß rappeli... OIII-Filler hieß
es. Nur damit sei er zu sehen. Und des
Stoyan hat ihn sogar mit einem
50mm Rohrohen entdeckt. Wie mit
das erst im Vierzöller kommen! Jeh
wallte direkt die volle Drolmung.
Schraube den OIII in das 12er Nagter. Marm. das wird knallen! Scharfstellen und -nichts. NICIITS! SCIL.
DYTERSTELLARUM...(Zensur)
Schneil zum Eskimo. Trost suehen.
Im 5er. Ja. mein guter alter Engezehdreumdzwarzigzweinunheinzig. Auf
Dieh ist wenigstens Verlaß. Es wird wieder kalt.
Schneil noch eine kleine.
Sternendusche unter M35.
Schön, wie das prickelf. Negerkuß ruppeli... OHI-Filler

Schön, wie das prickeld! Und nichts wie ab in die warme Stube.

nachsten Tag kam Am nachsten Tag kam Hernd. Bernd ist ein guter Freund. Er hört zu, dann sehweigt er meistens eine Weile, und dann redet er. Während er redet guckt er emen an. Und man merkt, wie lieb er sich Mühre gibt, zu erklaren, ohne daß nian den Einohne daft man den Ein-druck bekommt, man set ein Idiot. Bernd meinte, ich hatte den OIII-Filter at. Statt des gegonnt. Statt dessen har-te ich das gute Stnek, wel-ehes mich sα sieher zum Ziel geleitet hatte, kurz-vor dem Triumph schmithvor dem Triumph sehmid-lich im Stiels gelassen, um er mit ein som in dem 12er Nagler zu betrügen Die grüße Aussiritsspupille des 30er, emischeidende Quentelben Flächen-les mit Da war doch so ein Artikel in interstellarum, nur ein paar Seiten

Anschleichplan eingezeichnet. Sternchen für Sternehen Rämpflo sich men
30er Ökular vorwärts. Die Müsterkes
stimmten hantgenau, Jetz noch einen
kleinen Schwenk in Deklination. Genau zwischen den beiden Sternehen
müß er sem! Die Kalle kroch um
mich herum, doch jetzt, so kurz vor
dem Triumph, sporte ich nichts.
Nichts außer der Vorfreude, die man
hat, wenn in der leer geglauben.
Dickmann-Schachtel doch noch ein es mit. Da war doch so ein Artikel in interstellarum, nur ein paar Seiten vor NGC 896. Da war die Rede von Flächenheiligkeit und großen Aus-tritspupillen und so. Also, Das hat-ten die über auch direkt dabei schrei-ben Joanne.

Bis buld im Astro-Wunderland



## Termine für Sternfreunde

## April/Mai 2016

## Bergedorfer Teleskoptreffen

8.4.-10.4.2016 D-21029 Hamburg

## Astro-Börse-Berlin

9.4.2016 D-12435 Berlin

## Deep-Sky-Treffen (DST)

15.4.-17.4.2016 D-36179 Bebra

## Frühjahrstagung der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS)

23.4.2016 D-97082 Würzburg

## ASpekt 2016 Tagung der VdS-Fachgruppe Spektroskopie

29.4.-1.5.2016

D-12487 Berlin-Adlershof

## Internationales Teleskoptreffen Vogelsberg (ITV)

4.-8.5.2016 D-63688 Gedern

## Planetentagung der VdS-Fachgruppe Planeten

14.-15.5 2016 D-34281 Gudensberg

## H-alpha Treff für Sonnenbeobachtung

14.5.2016 D-65428 Rüsselsheim

## BAV-Veränderlichen-Beobachter-Tref-

20.-21.5.2016 D-04746 Hartha

## Astronomiebörse ATT

21.5.2016 D-45141 Essen



Planen Sie eine Veranstaltung? Melden Sie uns Ihren Termin möglichst früh-

redaktion@abenteuer-astronomie.de.

<sup>↑</sup> Kurzlink: oclm.de/a1088



## Handbuch Astronomie – Grundlagen und Praxis für Hobby-Astronomen Susanne Friedrich, Peter Friedrich, Klaus-Peter Schröder

Astronomie gilt als die älteste Wissenschaft – und als eines der spannendsten Hobbys. Das umfangreiche heutige Wissen wird in diesem Handbuch zusammengefasst: Von der Entstehung der Sterne bis zu ihrem Vergehen, vom heimischen Sonnensystem bis zu den Erkenntnissen der Kosmologie reicht der inhaltliche Bogen. So entsteht ein detailliertes Gesamtbild des Wissens, das die Astronomie heute bietet – aufbereitet für Sternfreunde, und solche die es werden wollen.

Das vorliegende Werk ist eines der umfangreichsten Kompendien zur Astronomie überhaupt. Es vermittelt Grundlagenwissen zu Sonne, Mond und Sternen in wissenschaftlicher Genauigkeit, ohne durch zu viel Detail zu überfordern. Die zahlreichen Grafiken und Abbildungen lassen die Zusammenhänge leicht nachvollziehen. Praxistipps und Surftipps weisen über das gedruckte Buch hinaus und geben dem Benutzer eine einzigartige Perspektive auf unseren Kosmos, und was wir heute von

Dem Buch liegt eine DVD bei, auf der interessante Filme, Dokumente und Programme rund um die Astronomie vereint sind.

# Optimale Ausrüstung – optimale Ergebnisse

Die Planetentagung in Brittheim 2015 vom 16.-18.10.2015



▲ Abb. 1: **Das 800mm-Teleskop** der Zollern-Alb-Sternwarte in Brittheim bildete die Umgebung für die Tagung der Planetenbeobachter.

ie traditionsreiche Planetentagung des Arbeitskreises Planetenbeobachter fand zum 35. Mal statt – Treffpunkt war diesmal die Sternwarte Brittheim auf der Schwäbischen Alb. Diese Sternwarte ist auch ohne Tagung schon eine Reise wert: Der gabelmontierte 800mm-Lomo-Cassegrain vermittelt den Eindruck einer Großsternwarte. In Deutschland gibt es vermutlich kein vergleichbares Gerät, das unter einem so dunklen Himmel genutzt werden kann. Allerdings ist kein Vorteil ohne Nachteil: Der abgelegene Standort auf der 800m hohen Schwäbischen Alb ist mit öffentlichen Verkehrsmitteln kaum zu erreichen.

## Ausrüstung entscheidend

Trotzdem gelang es der Tagungsleitung eine Reihe interessanter Vorträge zu organisieren. Der bekannte Planetenfotograf Robert Reitsam berichtete ausführlich über seine Erfahrungen in der hochauflösenden Planetenfotografie. Neben der Optik- ist die Standortoptimierung die wichtigste Basis für den Erfolg. Nur mit gutem Rohmaterial lassen sich gute Ergebnisse erzielen. Auch die Bildverarbeitung ist wichtig, doch sie kann ein schlechtes lokales Seeing nicht kompensieren. Mit einer optimale Abstimmung sind auch in Deutschland Ergebnisse möglich, die

sonst nur von den Philippinen oder Barbados bekannt sind.

Bei der Aufnahmetechnik eröffnen die neuen USB-3-Kameras interessante Perspektiven. Martin Fiedler stellte die ASI174MM-Kamera vor. Sie besitzt zugleich einen größeren Chip, mehr Empfindlichkeit, mehr Pixel und eine höhere Bildrate als bisherige USB-2-Modell. Damit ist die ASI174MM auf gutem Weg einen neuen Standard zu setzen.

## Topthemen aus der Welt der Planeten

Das Planetenjahr 2014/15 hatte zahlreiche Highlights zu bieten. Neben einer totalen Sonnenfinsternis und einer totalen Mondfinsternis sorgten die gegenseitigen Jupitermondverfinsterungen für ein abwechslungsreiches Programm.

Bei der ersten totalen Sonnenfinsternis in Europa seit 1999 streifte der Kernschatten leider nur das eisige Spitzbergen und die fernen Faröer-Inseln. Trotzdem beschäftigten sich gleich zwei Referenten mit dem Ereignis. Silvia Kowollik erklärte Möglichkeiten zur Derotation von Planetenvideos. Bei Jupiter lassen sich damit die Belichtungszeiten von maximal zwei Minuten auf etwa zehn Minuten steigern. Sie präsentierte auch einen Vortrag zu den gegenseitigen Jupitermondverfinsterungen. Selbst mit einer

150mm-Optik waren Schattendurchgänge vor dem Mondscheibchen zu erkennen.

## Erster Amateur-Nachweis

Auch ich selbst widmete mich dem Thema und zeigte, dass sich im Jupitersystem auch heute noch Überraschungen ereignen können. Ein Höhepunkt war die erste Amalthea-Verfinsterung, die amateurseitig nachgewiesen werden konnte. Der nur 168km kleine Minimond bewegt sich innerhalb der Io-Bahn und ist zwei Millionen Mal schwächer als sein Mutterplanet.

Einen Blick in die Zukunft wagte Daniel Fischer. Er beschäftigte sich mit den Präsentationsmöglichkeiten beim Merkurtransit am



▲ Abb. 2: Eines der schönen Jupiterfotos, die Robert Reitsam auf der Tagung vorstellte.

9. Mai 2016. Zusammen mit dem Kometen Catalina und der günstigen Marsopposition wird der Transit ein wichtiges Thema bei der nächsten Planetentagung sein. Sie ist für Pfingsten 2016 an der Sternwarte Gudensburg bei Kassel geplant.

► Bernd Gährken

## **SURFTIPPS**

- Ausführlicher Bericht
- Sternwarte Brittheim
- Nächste Tagung
- <sup>↑</sup> Kurzlink: oclm.de/a1089

# Astronomie vor Ort

## Neuigkeiten und Veranstaltungen unserer Partner-Sternwarten



Sternwarten und Astrovereine sind überall im deutschen Sprachraum vertreten. Unsere Partner-Sternwarten haben die Möglichkeit, aktuelle Veranstaltungen und Neuigkeiten an dieser Stelle zu kommunizieren und ihre Einrichtungen und Aktionen ausführlich vorzustellen. Wir möchten diese Möglichkeit auch weiteren Sternwarten anbieten – werden Sie unser Partner!

## Bayern

Verein der Freunde der Sternwarte Regensburg e.V. Adresse: Ägidienplatz 2, 93047 Regensburg www.sternwarte-regensburg.de

## Vorträge im April/Mai:

**15.4. 20:00 Uhr:** Supernovae - Kosmische Killer erschaffen Gold und Leben **13.05. 20:00 Uhr:** Auf der Suche nach der Weltformel

## Nordrhein-Westfalen

Astronomie-Werkstatt Sterne ohne Grenzen Adresse: Sülzgürtel 42, 50937 Köln

## www.sterne-ohne-grenzen.de

## Termine für Sternenwanderungen in der Eifel im April/Mai:

8.4. 22:00 Uhr, 10.4. 19:00 Uhr, 15.4. 21:30 Uhr, 6.5. 22:30 Uhr, 7.5. 1:00 und 22:30 Uhr, 8.5. 1:00 Uhr, 20.5. 20:00 Uhr,

21.5. 21:00 Uhr.

## Sonderveranstaltung am

9.5. ab 12:30 Uhr zum Merkurtransit

## Schweiz

Astronomische
Vereinigung Kreuzlingen
Adresse: Breitenrainstrasse 21,
CH-8280 Kreuzlingen
www.avk.ch

## Sternwarte jeden Mittwoch ab 19 Uhr geöffnet,

zusätzlich Veranstaltungen des Planetariums jeden Mittwoch, Freitag, Samstag und Sonntag

## Österreich

Sternwarte Gahberg Adresse: Sachsenstraße 2, A-4863 Seewalchen www.astronomie.at

## Vereinstreffen am 2. Freitag im Monat

19:00 Uhr im Gasthof Hellermann in Lenzing

Am Samstag, dem 30. April 2016 findet ganztägig der Astronomieworkshop des Astronomischen Arbeitskreises Salzkammergut im Hotel Bramosen in Weyregg/Alexenau statt.

## ASTRO-WORKSHOP GAHBERG AM 30.APRIL 2016

In Weyregg am Attersee findet am 30. April wieder der beliebte Astrofoto-Workshop des Astronomischen Arbeitskreises Salzkammergut statt. In ungezwungener Atmosphäre ist vor allem die Astrofotografie ein Thema. Als Referenten zugesagt haben u.a. Fabian Neyer, Robert Pölzl und Bernhard Hubl.

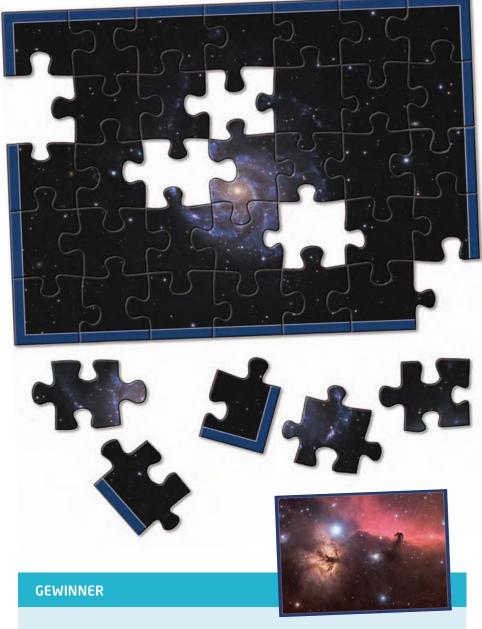
Beginn ist am Samstag ab 9:00 Uhr. Übernachtung ist direkt vor Ort möglich. Weitere Informationen unter www.astronomie.at.

## WERDEN SIE PARTNER-STERNWARTE!

Wir freuen uns über Ihre Anfrage an marketing@oculum.de.

# Astro-Bilderrätsel: Raten und gewinnen!

Rätsel-Spaß der Extra-Klasse steuert unser Autor Steffen Behnke in jeder Ausgabe durch sein Bilderrätsel bei. Gesucht wird ein astronomisches Objekt, verlost werden unterschiedliche astronomische Buchtitel aus dem Oculum-Verlag. Können Sie mit Ihrem Wissen punkten? Dann ist unser Bilderrätsel genau das Richtige für Sie. Aber welches astronomische Objekt versteckt sich denn nun hinter diesem Ausschnitt?



Die Gewinner des Astro-Puzzles in Abenteuer Astronomie 1 sind:

- Burkhard Lux
- Beate Schütt
- Reinhard Hoehne

Alle Gewinner erhalten je ein Exemplar des Handbuch Astronomie.

Unter Ausschluss des Rechtswegs verlosen wir 3 Exemplare unserer Neuheit »Lichtphänomene« im Wert von je 39,90€. In diesem wunderschönen Buch werden atmosphärische Phänomene wie Regenbogen und Halos gezeigt und erklärt.



## Lichtphänomene

Claudia Hinz, Wolfgang Hinz 216 Seiten, Hardcover, 280cm × 210cm, durchgehend farbig

Bitte teilen Sie uns Ihre Lösung sowie Ihren Namen und Ihre Anschrift bis zum 5.4.2016 via Facebook-Nachricht, per E-Mail an: gewinnspiel@abenteuer-astronomie.de oder auf dem Postweg (Oculum-Verlag GmbH, Obere Karlstr. 29, 91054 Erlangen), Betreff »Astro-Puzzle«, mit und gewinnen Sie mit etwas Glück den schönen Bildband.

## Auflösung aus Heft 1:

Das Astropuzzle der Ausgabe 1 zeigt den Pferdekopfnebel im Sternbild Orion. Es handelt sich dabei um einen Dunkelnebel, der die Form eines Pferdekopfes hat. Der Nebel ist etwa 1400 Lichtjahre von uns entfernt und hat eine Ausdehnung von ca. 3 Lichtjahren.

►Steffen Behnke

## Marktplatz

Novitäten und Nachrichten von Herstellern und Händlern. Diese Inhalte werden von unseren Sponsoren gestellt und sind nicht redaktionell bearbeitet.



## Bresser: Mit dem Solarix den Merkurdurchgang genießen

m 9.Mai 2016 findet ein seltenes Schauspiel statt: der Durchgang eines Planeten vor der Sonnenscheibe. Anders als beim Vorbeiziehen des Mondes findet dabei keine deutlich sichtbare Änderung statt – die Planeten Merkur und Venus sind von der Erde aus gesehen sehr viel kleiner als der Mond. Deswegen funktioniert die Beobachtung des Merkurdurchgangs auch nicht richtig mit einer Sonnenfinsternisbrille – der ton-Optik problemfrei Vergrößerungen, die die Erkennung des Planeten zulassen. Der innovative Smartphone-Halter im Lieferumfang ermöglicht ein einfachstes Festhalten des Ereignisses mit einem Minimum an Aufwand, die mitgelieferten Okulare und das Stativ ermöglichen den sofortigen Start des Beobachtungsvergnügens. Natürlich ist der Sonnenfilter abnehmbar -damit ist das Gerät auch für die Beobachtung des Nachthimmels geeignet.

99,00€ ist ideal für Einsteiger, die sich an der völlig gefahrlosen Beobachtung der Sonne versuchen wollen - an der Sicherheit ist dabei jedoch nicht gespart worden. So wurde der Sonnenfilter CE-zertifiziert um sicherzugehen, dass der Merkurdurchgang ein sicheres Vergnügen bleibt.



92

## Lacerta: Der 12"-Lacerta-Fotonewton

ie Reihe der handgefertigten Lacerta-Newtons mit Karbontubus wurde um eine wichtige Größe ergänzt, es gibt nun auch einen 12" f/4 mit einigen neuen Merkmalen. Der Tubus besteht aus 11mm starkem Wabenmaterial, welches jeder Deformationseinwirkung zuverlässig standhält. Die Spiegelzelle stützt den Pyrex Spiegel mit einer 9-Punkt-Auflage. Die Fangspiegelspinne ist ganz neu konzipiert, hat steife 1mm starke Streben welche an der Winkelkreuz Vollmetallhalterung verschraubt sind. Der Fangspiegelhalter selbst ist auch aus Vollmetall, mit untergelegter Scheibe damit sich die Justierschrauben nicht »eingraben«.

Der Octo60-Auszug hat in der neuesten Version eingelegte Stahllaufflächen für die Lager, und das Auszugsrohr ist gegen den Auszugskörper mit einem Simmerring abgedichtet, um Streulicht, Staub und Insekten fernzuhalten. Die bewährten Eigenschaften der Schlupfpassung für den Korrektor und Zentrier-Klemmring wurden beibehalten. Neu ist aber auch der modulare Aufbau: die Länge des Auzugsrohres kann durch Zwischenringe verlängert, die Standardlänge um 10mm verkürzt werden.

Für rein fotografische Zwecke kann die Losmandyschiene direkt am Wabentubus befestigt werden, was das Gewicht der Rohrschellen von ca. 3kg einspart. Das verbleibende 17kg Instrumentengewicht kann auch noch von einer AZ-EQ6 getragen werden, wobei eine Windanfälligkeit durch den großen Tubus schon gegeben ist.

Jeder Fotonewton wird bei Lacerta von Hand mit Liebe zusammengebaut und nach Pflichtenheft geprüft. Am Anfang steht aber immer die indiviuelle Beratung, Kundenwünsche sind willkommen und werden verwirklicht. Mit dem neuen 12" f/4 Newton wird bei optimaler Lichtstärke eine Brennweite erreicht, welche unter europäischem Seeing noch gut genutzt werden kann.



## SURFTIPPS

- · Bresser Solarix
- · Lacerta Fotonewton
- Omegon USB-Kamera

<sup>↑</sup> Kurzlink: oclm.de/a1093

## Omegon: USB-Kamera für Teleskop und Mikroskop

iele Himmelsbeobachter besitzen nicht nur ein Teleskop, sondern auch ein Mikroskop. Wer bisher durch beide Instrumente fotografieren

für Mikroskope. Die Omegon Telemikro USB-Kamera richtet sich auch an Einsteiger, die erste Erfahrun-

mit, jeweils in 1¼" für Teleskope und 23,2mm

Denn der Hobbyastronom erhält mit der Kamera ein Kom-

plettpaket mit Software und Treiber und kann sofort mit der Fotografie beginnen. Ein großer Vorteil: der Live-View-Modus. Hier sieht man eine Vorschau des Objekts auf dem Bildschirm. Interessant ist diese Funktion auch für Gruppen, Schulklassen oder wenn man den lieben Nachbarn einmal sein faszinierendes Hobby zeigen möchte.

Das Innenleben der Kamera beherbergt einen CMOS-Chip mit 640 × 480 Pixeln. Die Daten überträgt sie in einer hohen Bildrate mit 30 Bildern pro Sekunde. Bei der Fotografie von Planeten sorgt das für schärfere Bilder, als es mit einzelnen Aufnahmen möglich wäre. Bei bewölktem Himmel einfach mal in die Welt des Mikrokosmos eintauchen: das geht schnell und einfach. Dazu wechselt man nur den Schraubadapter. Und wenn der Himmel aufklart? Dann wird daraus mit wenigen Handgriffen wieder eine Kamera für das Universum.



## Buch: Der Weg zum Mars

it dem Roman »Der Marsianer« von Andy Weir hat der Heyne-Verlag auf dem deutschsprachigen Buchmarkt einen großen Erfolg gefeiert. Dazu beigetragen hat auch, dass die Geschichte eines auf dem roten Planeten gestrandeten Astronauten von dem berühmten Regisseur Ridley Scott in die Kinos gebracht wurde. Es war wohl diese Marsbegeisterung, die den bei Heyne für die Sciencefiction zuständigen Redakteur Sascha Mamczak dazu motiviert hat, ein Taschenbuch zum Thema herauszugeben.

In »Der Weg zum Mars« wird ein Szenario für einen Flug zu unserem äußeren Nachbarn vorgestellt. Das dreiköpfige Autorenteam bedient sich dabei dem Stilmittel einer Dokufiktion: Als Leser begleiten wir vier Männer und zwei Frauen einer internationalen Crew auf ihrer langen Reise, doch im Unterschied zu einem echten Roman erhalten wir keinerlei Einblicke über die Motivationen, Gedanken und Gefühle der Marsreisenden. Stattdessen dokumentieren die Autoren lediglich den Ablauf

der Expedition. Dieser distanzierte Blick auf das Geschehen lässt leider kaum Spannung aufkommen und es fällt schwer, Erfolge und Niederlagen der Expedition innerlich mitzuerleben. Als Resultat wechseln sich in dem Buch informative, gut zu lesende Passagen zur Raumfahrt und Marskunde mit eher bemüht wirkenden Stellen ab, in denen wir der namenlosen Crew über die Schulter schauen.

Wem der Realismus von »Der Marsianer« gut gefallen hat, der kann mit diesem Buch tiefer in das Thema einsteigen. Die Autoren geben in ihrer Dokufiktion den Stand der bemannten Raumfahrt in Sachen Marsreise sehr gut wieder. Der ausführliche Anhang lädt dann wiederum zum Weiterlesen ein. Hier stellen die Autoren sowohl weitere Sachbücher als auch die »zehn besten Mars-Romane aller Zeiten« ausführlich vor – je nach Geschmack also die Fiktion oder die Wirklichkeit.

►Stefan Taube



## **Q** IM DETAIL

Sascha Mamczak (Hrsg.), Sebastian Pirling (Hrsg.): Der Weg zum Mars – Aufbruch in eine neue Welt, Wilhelm Heyne Verlag, 2015, ISBN 978-3-453-31718-5, 9,99€



## Android- und iOS-App: Solar Walk

ahlreiche Astronomie-Apps verstehen sich als digitale Sternkarten, die vor allem darauf ausgerichtet sind, die Ansicht des Sternenhimmels von einem irdischen Beobachtungsort zu vermitteln. Einen anderen Ansatz verfolgt »Solar Walk«, eine App, die in der iOS-Version »Solar Walk 2« und in der Android-Version »Solar Walk - Planeten« heißt. Die App hat zum Ziel, detaillierte Informationen zu den Objekten unseres Sonnensystems zu liefern.

## Virtuelle Reise zu den Objekten unseres Sonnensystems

»Solar Walk 2« legt daher ein besonderes Augenmerk auf die grafische Gestaltung und die animierte Präsentation der 8 Planeten, 9 ausgewählter Kleinplaneten und 21 Asteroiden sowie 12 Kometen unseres Sonnensystems. Während eines virtuellen Flugs können nicht nur die Stellung und Wanderung der Objekte und ausgewählter Monde beobachtet werden. Zu jedem Objekt gibt es zusätzlich umfangreiche Informationen, Grafiken und Animationen, ebenso wie aktuelle Fotos. Weitere Informationen, wie beispielsweise Daten zu den Raumsonden, die das jeweilige Objekt besucht haben, können über In App-Käufe erworben werden. Überzeugen kann die App Liebhaber der Objekte unseres Sonnensystems nicht nur durch die Fülle und Tiefe der bereitgestellten Informationen, sondern auch durch ihre Aktualität: Bereits kurz nach der Veröffentlichung der ersten vielbeachteten Pluto-Fotos war die Darstellung des Zwergplaneten in der App aktualisiert.

Eine nette Ergänzung zur App stellt die Anbindung an eine SmartWatch dar: Am Handgelenk präsentiert die App ein kleines Quiz zu Inhalten rund um die Planeten und bietet damit eine nette Möglichkeit zu prüfen, wie gut man sich in unserem Sonnensystem auskennt.

► Ullrich Dittler

## **Q** IM DETAIL

Daten zur App iOS-App: Solar Walk 2, 333 MB, Version 1.1.0, iOS 7.0 oder höher, 2,99€ Android-App: Solar Walk Planeten, 308 MB, Version 1.1.0.40, Android 4,0 oder höher, 2,73€

## **Themenheft Teleskope,** im Handel ab 22. April





▲ Unsere Experten testen Ferngläser, Teleskope, Ka- ▲ Wir bringen exklusive Interviews meras, Okulare und Zubehör.



mit Herstellern.

## **UNSERE PARTNER & SPONSOREN**

## Crowdfunding Startnext



## Hersteller

Nikon Deutschland, Düsseldorf Kowa Optimed Deutschland, Düsseldorf Omegon, Landsberg am Lech

## Händler

Bresser, Rhede Teleskop Austria, Linz Optical Vision, Kempten

## Sternwarten

Astronomischer Arbeitskreis Salzkammergut Sterne ohne Grenzen Sternwarte Kreuzlingen Sternwarte Regensburg

## Privatpersonen Dr. Andreas Alzner

**Daniel Buergin** Pierre Capesius Prof. Dr. Ullrich Dittler Constantin Lazzari Dirk Lorenzen Franz-Peter Pauzenberger Arne Ristau **Daniel Schmid** 

## Medien

**Erich Suter** 

Kurt-Peter Zirn

Astrotreff Astroforum CalSky.com CCD-Guide

Wir danken allen Unterstützern herzlich!

## Kontakt

## Abo-Service

Neue Abonnements, Adressänderungen, Fragen zum Bezug

aboservice@abenteuer-astronomie.de (0049) 09131-970694

Einsendungen, Fragen zu Artikeln, Leserbriefe redaktion@abenteuer-astronomie.de (0049) 9131 - 9774664

## Anzeigen

Aufträge, Mediadaten, Preise anzeigen@abenteuer-astronomie.de

facebook.com/abenteuer-astronomie

## Twitter

twitter.com/abenteuer-astronomie

## **Impressum**

## Abenteuer Astronomie

ISSN 2366-3944

## Verlag

Oculum-Verlag GmbH, Obere Karlstr. 29, 91054 Erlangen, Deutschland

## Geschäftsführung

Ronald Stoyan

## Chefredaktion

Ronald Stovan

## Redaktion

Daniel Fischer, Paul Hombach

## Kolumnen

Steffen Behnke, Prof. Ullrich Dittler, Daniel Fischer, Dr. Florian Freistetter, Dr. Georg Dittié, Kay Hempel, Manfred Holl, Paul Hombach, Karl-Peter Julius, Matthias Juchert, Burkhard Leitner, Dr. Andreas Müller, Lambert Spix, Ronald Stoyan, Stefan Taube, Dr. Mario Weigand

Verena Tießen, Manfred Holl, Paul Hombach, André Knöfel

## Anzeigenleitung

Marion Faisst

## Abo-Service

## Herstellung

Querwild GmbH, Dieter Reimann

Arnold Barmettler, Eduardo Arriola, Querwild GmbH, Dieter Reimann

## Vertrieb

IPS Pressevertrieb GmbH, Meckenheim

## Hinweise für Leser

Bildorientierung: Allgemein: Norden oben, Osten links: Planeten: Süden oben, vorangehender Rand links (wie im unkehrenden Teleskop)

Datenquellen: Himmelsalmanach 2016

Koordinaten: äquatoriale Koordinatenangaben.

Äguinoktium 2000.0

Helligkeiten: sofern nicht anders

angegeben V-Helligkeit

Deep-Sky-Objekte: DS (Doppelstern), OC (Offener Sternhaufen), PN (Planetarischer Nebel), GN (Galaktischer Nebel), GC (Kugelsternhaufen), Gx (Galaxie), Os (Quasar), As (Sternmuster)

Kartenverweise: Deep Sky Reiseatlas (DSRA), interstellarum Deep Sky Atlas (isDSA), Fotografischer Mondatlas (FMA)