Technik

MIT GROSSER ÖFFNUNG AUF DIE SONNE

Erste Beobachtungen mit dem Prototyp eines neuen Hα-Schmidt-Cassegrain-Teleskops von Baader Planetarium

Die Beobachtung der Sonne im schmalen Band des Hα-Lichts begeistert eine immer größere Gemeinde von Amateurastronomen. Der Anblick ist spektakulär, werden doch, gegenüber der Beobachtung im Weißlicht, filigrane Strukturen in der Chromosphäre und Protuberanzen sichtbar. Mit ihren neuen Hα-Schmidt-Cassegrain-Teleskopen geht Baader Planetarium ganz neue Wege bei der Sonnenbeobachtung. Ein Prototyp stand für erste Beobachtungen zur Verfügung.

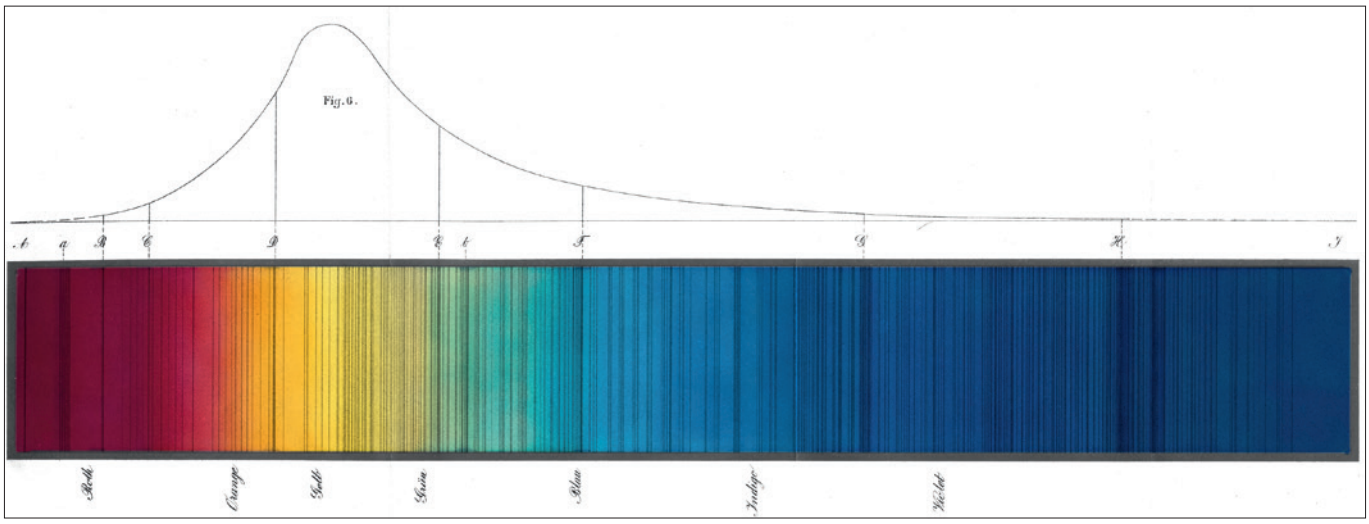
Das für das menschliche Auge sichtbare Licht des elektromagnetischen Spektrums liegt etwa zwischen 380nm (Violett) und 780nm (Dunkelrot). Als Joseph von Fraunhofer 1814 das Spektroskop entwickelte und erstmals das sichtbare Spektrum in seine einzelnen Farben zerlegen konnte, sah er darin Linien, die er jedoch nicht deuten konnte. Er vermaß 570 von ihnen, die auch nach ihm als Fraunhofer'sche Linien benannt wurden. Erst Jahre später entdeckten Gustav Robert Kirchhoff und Robert Bunsen, dass man jedem chemischen Element eine spezifische Anzahl und Anordnung von Spektrallinien zuordnen kann.

Johann Jacob Balmer konnte 1885 vier Linien im sichtbaren Spektrum dem Wasserstoff zuordnen, deren Abstand zueinander mit abnehmender Wellenlänge enger wurde. Er entdeckte eine Gesetzmäßigkeit und entwickelte die Balmer-Formel, mit der sich die Wellenlänge der Spektrallinien des Wasserstoffatoms berechnen lassen. Balmer bezeichnete diese Linien im sichtbaren Spektrum, ausgehend von der Linie mit der größten Wellenlänge, mit Hα, Hβ, Hγ und Hδ.

K. von Schauroth

◀ Abb. 1: **Ein Prototyp des neuen Hα-Schmidt-Cassegrain-Teleskops** von Baader Planetarium im Einsatz.

Copyright Abenteuer Astronomie. Weiterverbreitung nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlages.



Oswald's Klassiker der exakten Wissenschaften, Verlag Wilh. Engelmann, Leipzig, 1889 / Archiv K. v. Schauroth

▲ Abb. 2: **Die Fraunhofer'schen Linien im Spektrum der Sonne** erlauben Rückschlüsse auf die chemische Zusammensetzung der Sonnenatmosphäre.

Beobachten in Hα

Damit die faszinierenden Strukturen des Wasserstoffs auf der Sonne sichtbar gemacht werden können, bedarf es einer sehr aufwendigen Konstruktion und Beschichtung eines Filters. Der Großteil des Lichtes muss geblockt werden, nur ein ganz schmales Band von weniger als 0,1nm, also einem Ångström, lässt Licht hindurch. Wird dieses Band genau über die Hα-Linie des Wasserstoffs (656,28 nm) gelegt, so werden die Konturen des Elements kontrastreich und in roter Farbe sichtbar. Dabei gilt: je schmaler das Band, desto kontrastreicher, aber auch dunkler das Bild.

Die Herausforderung für die Hersteller solcher Sonnenteleskope besteht nicht nur in der Produktion engbandiger Hα-Filter, sondern auch im Lichtweg innerhalb des Teleskopsystems. Da das Band so extrem eng ist, muss das Licht möglichst parallel durch den Filter geleitet werden. Hat ein Teleskop ein kleines Öffnungsverhältnis, werden die Strahlen zum Rand hin in einem immer flacher werdenden Winkel zum Okular geführt. Muss dieses Licht dann noch durch den Hα-Filter geleitet werden, so liegt das flach eintreffende Licht nicht mehr direkt auf der Hα-Linie und die Folge sind zum Rand des Bildes stark abnehmende Details und geringer werdender Kontrast.

Unterschiedliche Konzepte

Um dieses Problem zu lösen, haben Hersteller zwei unterschiedlich Konzepte entwickelt. Wird der Filter vor der Öffnung des Teleskops platziert, so treffen die Strahlen parallel ein und zeigen über das gesamte Bildfeld einen gleichmäßigen Kontrast. Welches Teleskop mit welchem Öffnungsverhältnis dahinter sitzt, ist dann unerheblich. Die tatsächliche Öffnung des Sonnenteleskops hängt damit von der Größe des Filters ab. Da eine größere Öffnung mehr Details zeigt, ist das Streben danach leider auch sehr kostspielig. Kann man einfache Hα-Teleskope mit 60mm Öffnung schon ab 2000€ erwerben, liegen Sonnenteleskope dieser Bauart mit Öffnungen über 200mm schon jenseits der 30.000€-Marke. Diese Systeme werden z.B. von den US-amerikanischen Unternehmen Coronado und Lunt vertrieben.

Die von Baader-Planetarium vertriebene Filterserie SolarSpectrum beschreitet einen anderen Weg. Vor dem Teleskop sitzt ein Energieschutzfilter, der die Infrarotstrahlung reflektiert und nur das Licht von 610 bis 690nm durchlässt. Damit kommt der größte Teil der schädlichen und aufheizenden Sonnenenergie nicht ins Teleskop, die wesentliche Hα-Linie wird jedoch nicht blockiert. Im weiteren Lichtweg kommt nun das Öffnungsverhältnis des Teleskops ins Spiel und der Strahlengang wird zum Rand hin flacher. Ein weiteres optisches Modul, das telezentrische System, richtet die Strahlen wieder parallel aus (≥ f/30) und leitet sie durch den Hα-Filter. Hinter dem Filter sorgt ein Reducer für einen akzeptables und dem Seeing angepasstes Öffnungsverhältnis. Da bei diesem Konzept der Hα-Filter hinter dem Teleskop platziert ist, kann die Größe des Filters immer verhältnismäßig klein und unabhängig von der Öffnung des Teleskops sein. Die Größe und Kosten des Energieschutzfilters setzen hier bisher die Grenzen für den Amateurastronomen. Ist ein Energieschutzfilter mit 75mm Durchmesser schon ab 275€ zu haben, werden für 180mm Durchmesser schon knapp 1500 € aufgerufen – zuzüglich einer geeigneten Fassung.

Gratwanderung

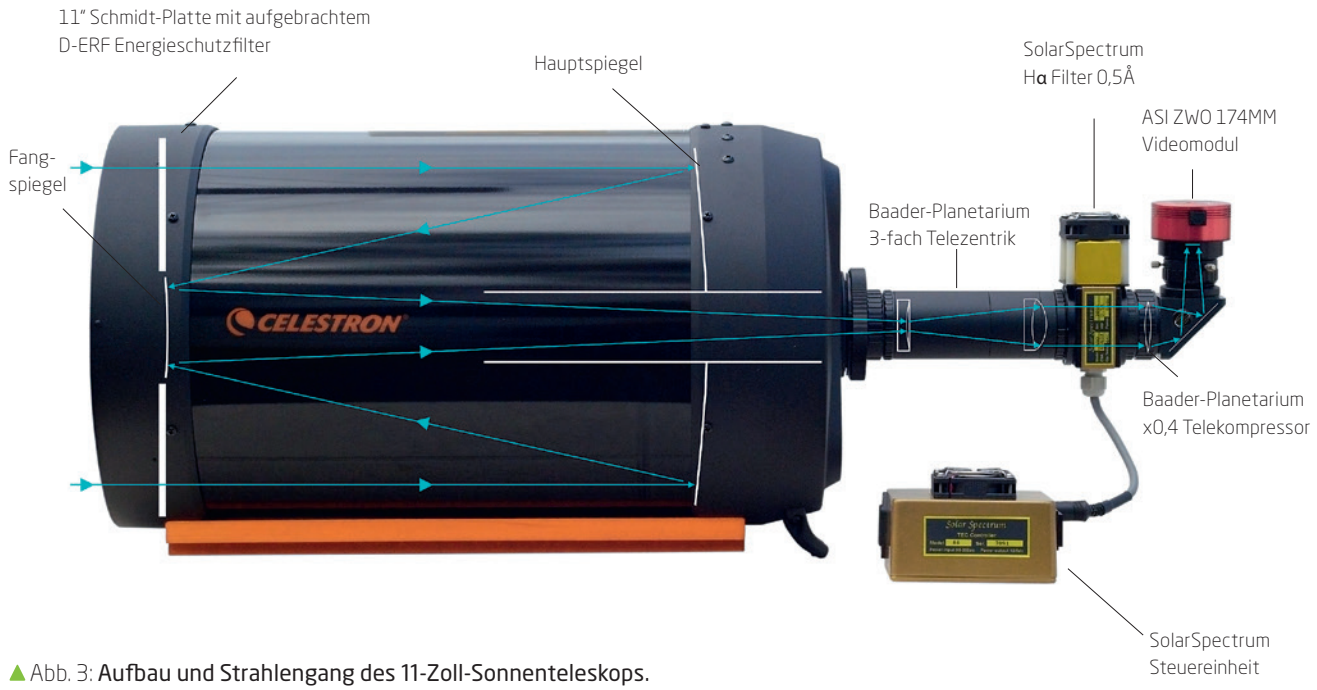
Baader Planetarium versucht mit den neuen Systemen eine Gratwanderung zwischen möglichst großer Öffnung und bezahlbarem Energieschutzfilter. Und das, was sich zurzeit in der Testphase befindet und nun in Form von zwei Prototypen existiert, übersteigt das bisherige Vorstellungsvermögen eines Sonnenbeobachters – zumindest theoretisch. Auf Basis von Celestron Schmidt-Cassegrain-Teleskopen und SolarSpectrum-Filtern entwickelte das Mammendorfer Unternehmen zwei Systeme mit 9¼ und 11 Zoll Öffnung. Die resultierenden fotografisch nutzbaren Brennweiten liegen bei 2820mm und 3360mm.

Die Herausforderungen für dieses Projekt waren umfangreich. Die Filter der SolarSpectrum-Serie sind vorhanden, es musste jedoch das Problem des riesigen Energieschutzfilters gelöst werden, eine neue Telezentrik und ein Reducer (Telekompressor) mit extremer Brennweitenreduzierung entwickelt werden. Die letzten beiden Bestandteile konnten recht schnell umgesetzt werden. Die Kosten für einen zusätzlichen feinoptisch polierten Energieschutzfilter mit einem Durchmesser von 2350mm bzw. 2800mm hätten jedoch die Verkaufspreise in unrealistische Höhen schnellen lassen.

Das Unternehmen entwickelte daher ein neues Verfahren, auf vorhandene und fertig geschliffenen und polierten Schmidt-Platten eines Schmidt-Cassegrain-Teleskops mehrere Filterschichten aufzubringen, die u.a. das Infrarot-Licht blocken sowie eine Restreflexion von nur 0,2% aufweisen. Nach vielen Versuchen gelang dies und der Weg zu einem Sonnenteleskop für den Amateurbereich mit bisher unerreichter Öffnung war frei.

Copyright Abenteuer Astronomie. Weiterverbreitung nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlages.

K. v. Schauroth



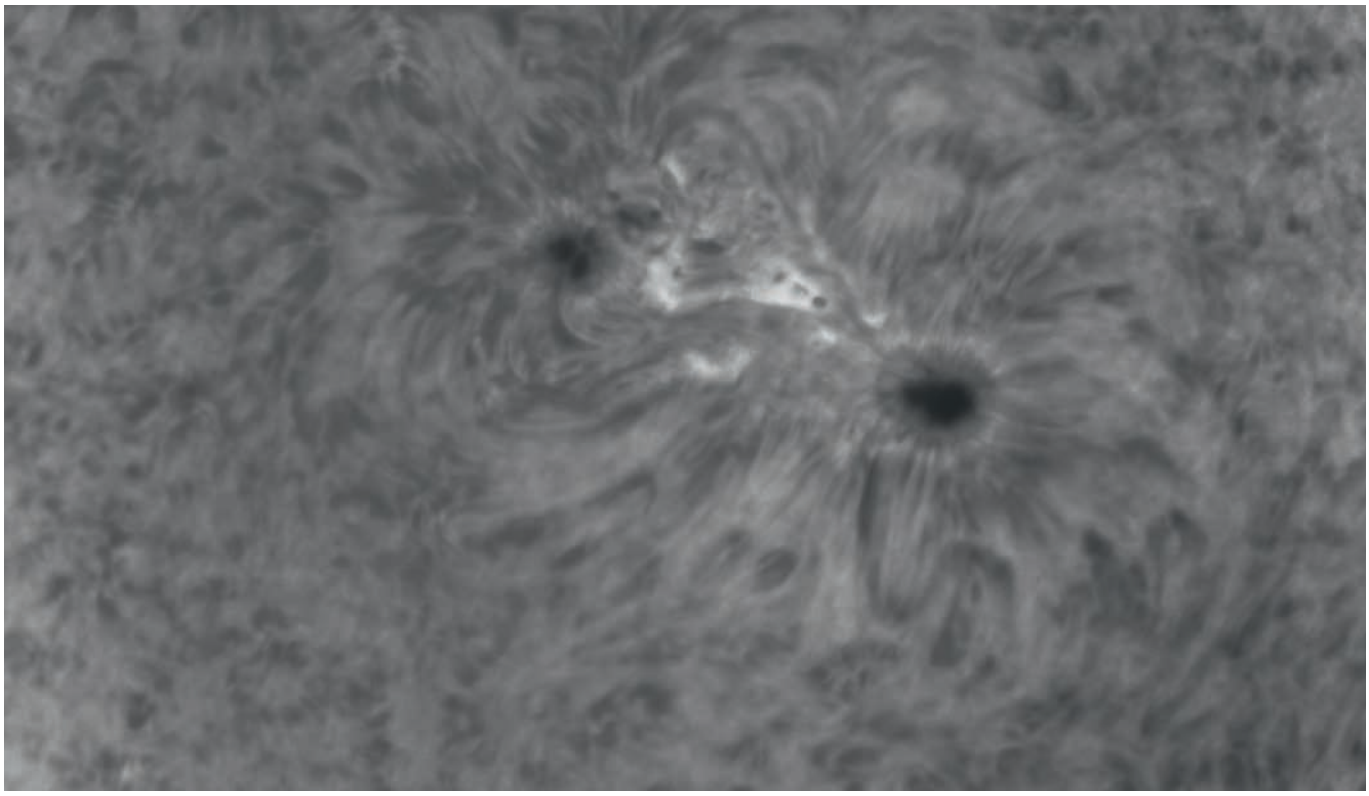
▲ Abb. 3: **Aufbau und Strahlengang des 11-Zoll-Sonnenteleskops.** Der Strahlengang durch das Filter verläuft weitestgehend parallel.

Prototyp im Test

Die beiden Hα-Teleskope unterscheiden sich kaum von serienmäßigen 9¼-Zoll und 11- Zoll Celestron Schmidt-Cassegrain-Spiegelteleskopen. Einzig die Schmidtplatte erlaubt keinen Einblick mehr ins Innere auf den Hauptspiegel. Sie schimmert effektvoll, da das meiste Licht durch die Energieschutzbeschichtung reflektiert wird.

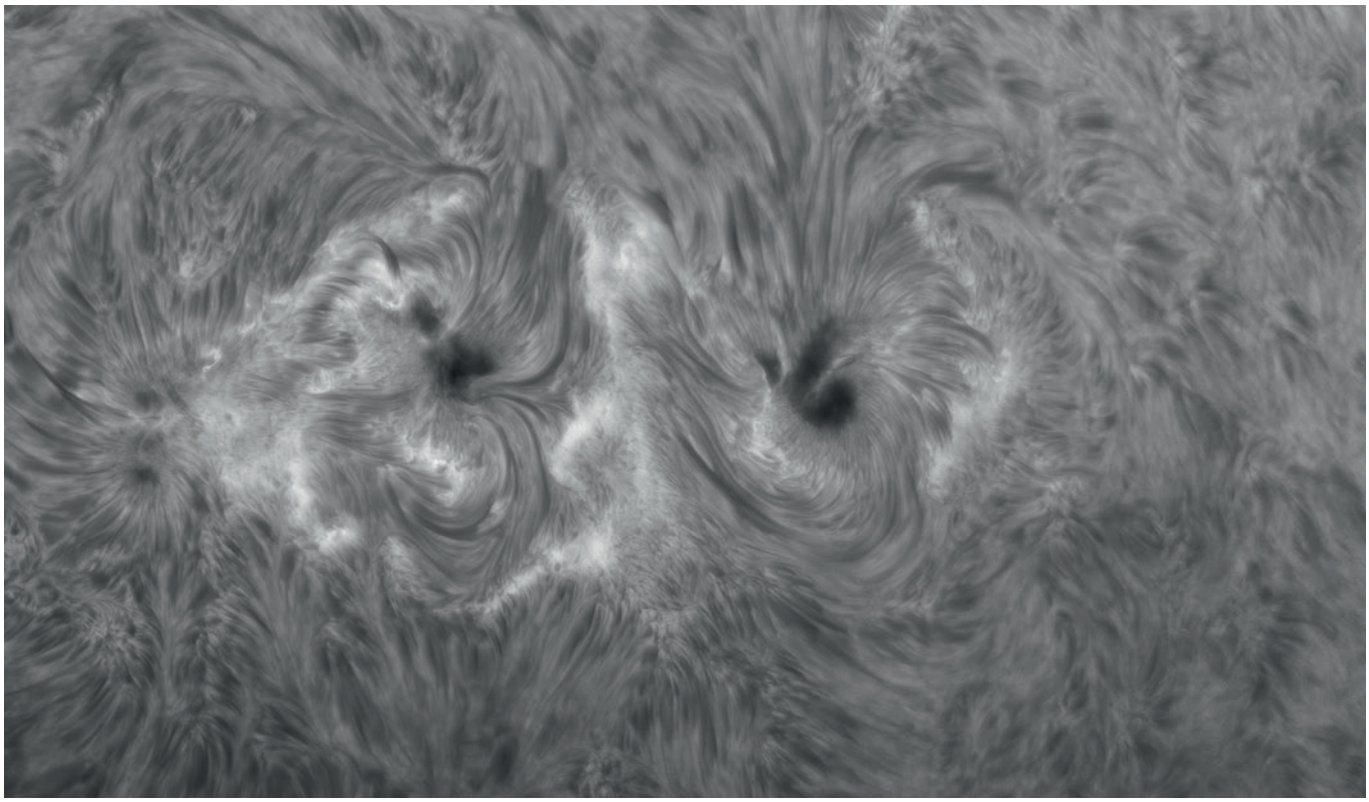
Mit einem Öffnungsverhältnis von f/10 bietet das C11 von Celestron schon eine resultierende Brennweite von 2800mm. Die 3-fach Telezentrik erhöht nun das Verhältnis auf f/30 mit 8400mm Brennweite und richtet die Strahlen weitestgehend parallel für den Hα-Filter aus. Hinter dem Filter bewirkt der 0,4×-Telekompressor eine Reduktion auf f/12 mit moderaten 3360mm Brennweite. Das C9¼ bietet hier 2820mm Brennweite. Der neue Telekompressor von Baader liefert ein korrigiertes Bildfeld von 16mm Durchmesser bei Nutzung der vollen Öffnung des Teleskops.

K. v. Schauroth



▲ Abb. 4: **Unscharfe Aufnahme des kleinen Sonnenflecks AR12644.** Die 3360mm Brennweite des Baader 11-Zoll-Hα-SC-Teleskops und die Auflösung von 0,34 Quadratbogensekunden pro Pixel der Kamera verlangen nach ausgezeichnetem Seeing, das während der Testphase nicht vorhanden war.

Copyright Abenteuer Astronomie. Weiterverbreitung nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlages.



▲ Abb. 5: **Die Sonnenflecken AR12565 und AR12557.** Ein sehr gutes Seeing und die Brennweite von 2820mm des Baader 9¼-Zoll-Hα-SC-Teleskop ermöglichten ein gelungenes und scharfes Sonnenbild. *Andreas Murner*

Bei Teleskopen mit großen Öffnungen und langen Brennweiten spielt das Seeing eine große Rolle. Neben dem notwendigen ruhigen atmosphärischen Seeing muss auch die Luftbewegung innerhalb des Tubus auf ein Minimum reduziert werden. Die Luft im Inneren wird nicht nur durch die eintreffenden Strahlen auf die Optik leicht aufgeheizt, sondern auch durch das Auftreffen auf die einzelnen, zum Teil schwarzen Bauelemente des Teleskops. Hierfür entwickelte Baader Reflexionsschirme, die frontseitig auf den Tubus und das Fangspiegelgehäuse gesteckt werden und somit das wärmende Sonnenlicht weitestgehend vom Gehäuse fernhalten. Damit die Reflexionsschirme auch ihre Funktion behalten, muss das Teleskop stets auf die Sonne ausgerichtet sein.

Die große Öffnung beider Prototypen hat rechnerisch zwei große Vorteile gegenüber kleiner dimensionierten Teleskopen. Das Auflösungsvermögen eines Teleskops steigt mit der Größe der Öffnung. Nach Rayleigh kann ein 60mm-Teleskop Details in der Größe von 2,3 Bogensekunden abbilden. Das 9¼-Zoll-Teleskop steigert die Auflösung auf 0,6 Bogensekunden und beim 11-Zoll-Teleskop gar auf 0,5 Bogensekunden. Um die Potentiale beider Prototypen ausnutzen zu können, benötigt man keine Kamerasensoren mit besonders kleinen Pixeln. Schon Sensoren mit einer Pixelgröße von 8µm² können theoretisch die volle Auflösung der Teleskope abbilden.

Der zweite Vorteil großer Öffnungen ist das Lichtsammelvermögen. Ein engbandiges Hα-Filter reduziert das zur Verfügung stehende Licht massiv, was sich in längeren Belichtungszeiten der Kamera bemerkbar macht. Aber gerade kurze Belichtungszeiten werden für das Lucky-Imaging-Verfahren benötigt, um das Seeing »einzufrieren«. Tatsächlich hat man mit beiden Prototypen hinter dem Telekompressor noch ausreichend Licht zur Verfügung, um mit entsprechenden Kameras Belichtungszeiten von 1/1000 Sekunden und kürzer zu nutzen.

Herausforderungen

Ein kleines technisches Manko entdeckten wir an dem System. Das Fokussieren an der Sonne über die Verschiebung des Hauptspiegels offenbart eine bekannte Schwäche der Schmidt-Cassegrain-Teleskope. Durch die einfache Mechanik verkippt der Hauptspiegel (Spiegelshifting) und erschwert das Erkennen des Fokuspunktes. Eine einfache Lösung für dieses Problem wäre die Montage eines stabilen Okularauszugs bei der späteren Serienproduktion.

Baader Planetarium hat mit der Entwicklung dieser Systeme die Grenzen des Machbaren erreicht. Nicht nur die Konstruktion und Technik waren eine Herausforderung, auch die Anwendung verlangt von den Fotografen ausdauernde Eigenschaften. Beide Teleskope benötigen durch ihre Brennweite und Öffnung ein hervorragendes Seeing, um aus einer Videosequenz ausreichend Bildmaterial für ein gelungenes Foto zu generieren – Seeingbedingungen, die in Mitteleuropa eher selten anzutreffen sind. Erwischt man einen dieser raren Momente, wird man mit Details der Sonne belohnt, die bisher dem Amateurastronomen versagt blieben.

Laut Hersteller soll bei der Markteinführung, deren genauer Zeitpunkt noch nicht feststeht, neben dem 9¼-Zoll- und 11-Zoll-Tubus mit Energieschutzfilter auch eine Version mit 8-Zoll-Öffnung verfügbar sein. Die Preise für die drei Tubusgrößen sollen bei rund 3000€, 4000€ und 5400€ liegen. Hinzu kommen noch etwa 800€ für Telezentrik, Telekompressor und diverse Adapter.

▶ Kai v. Schauroth

| **DER AUTOR** |
Kai v. Schauroth interessiert sich insbesondere für die Technik von Teleskopen, sammelt seit Jahren historische Instrumente und betreibt auf La Palma das ATHOS Centro Astronómico.

SURFTIPPS

- Baader Planetarium

Kurzlink: oclm.de/a9065

Copyright Abenteuer Astronomie. Weiterverbreitung nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlages.