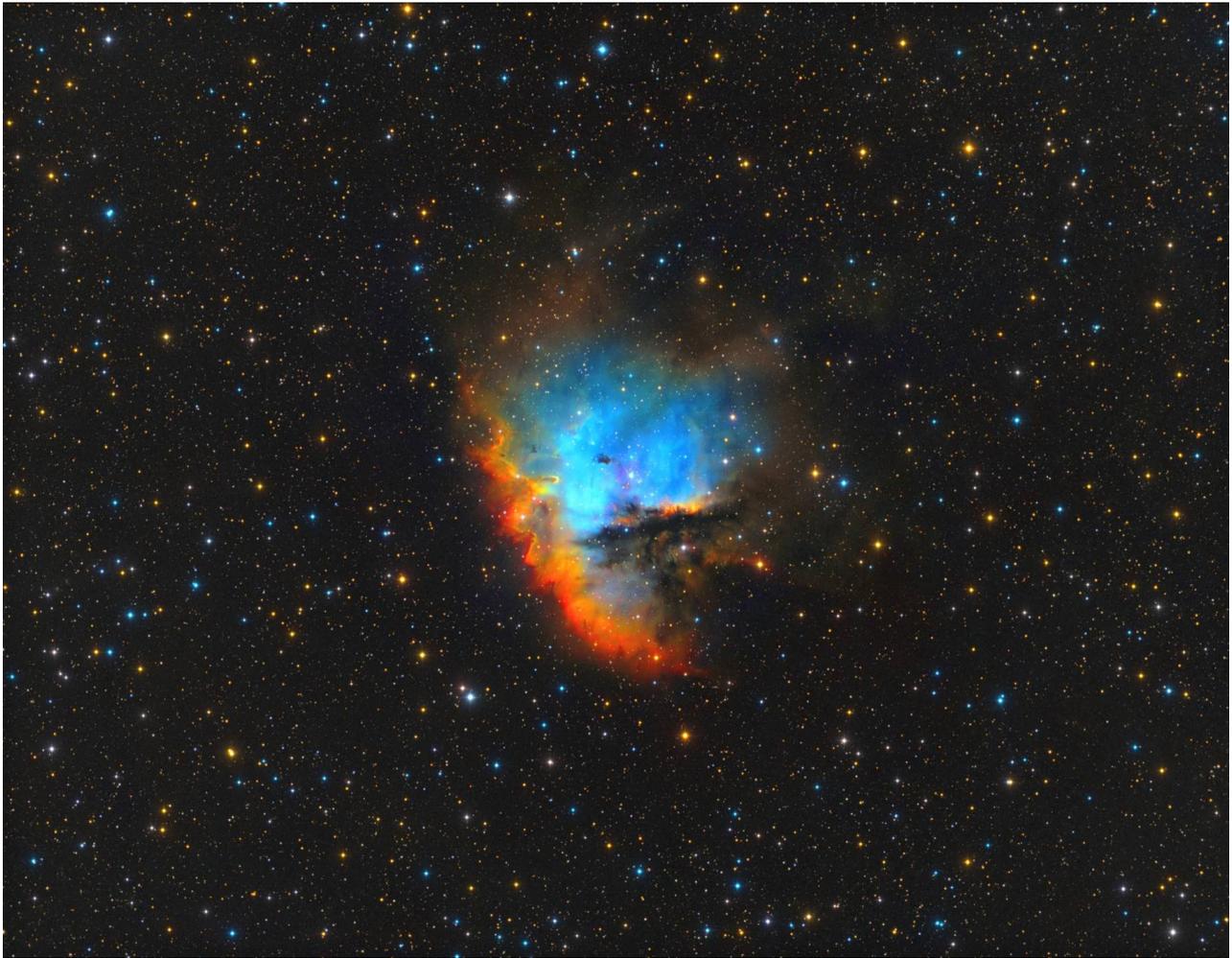




Geöffnete Sternwarte beim Fotografieren

2.6-m-BAADER-CLASSIC-DOME in Ingolstadt liefert die ersten Astrofotos - ein Bilderbericht

Je größer das astronomische Vorhaben, umso länger die anschließende Schlechtwetterperiode – diese Binsenweisheit hat auch in meinem Fall seine Richtigkeit bewiesen. Im Dezember und Januar waren klare Nächte rar. Doch im Februar konnte der „Kasten“ doch noch mit Daten gefüllt werden.



NGC 281 - Pacman Nebula

Auf den ersten Blick erscheint der Standort in Ingolstadt, am Rande einer Großstadt, nur 372 m über dem Meeresspiegel an der Donau gelegen, als wirklich nicht optimal. Entlang der Donau, Richtung Westen, gibt es aber nicht viele Lichter, die den Himmel aufhellen würden. So ist in guten Nächten sogar Breitband-Astrofotografie möglich. Mit Schmalbandfiltern wird an so einem Standort sogar vieles möglich.

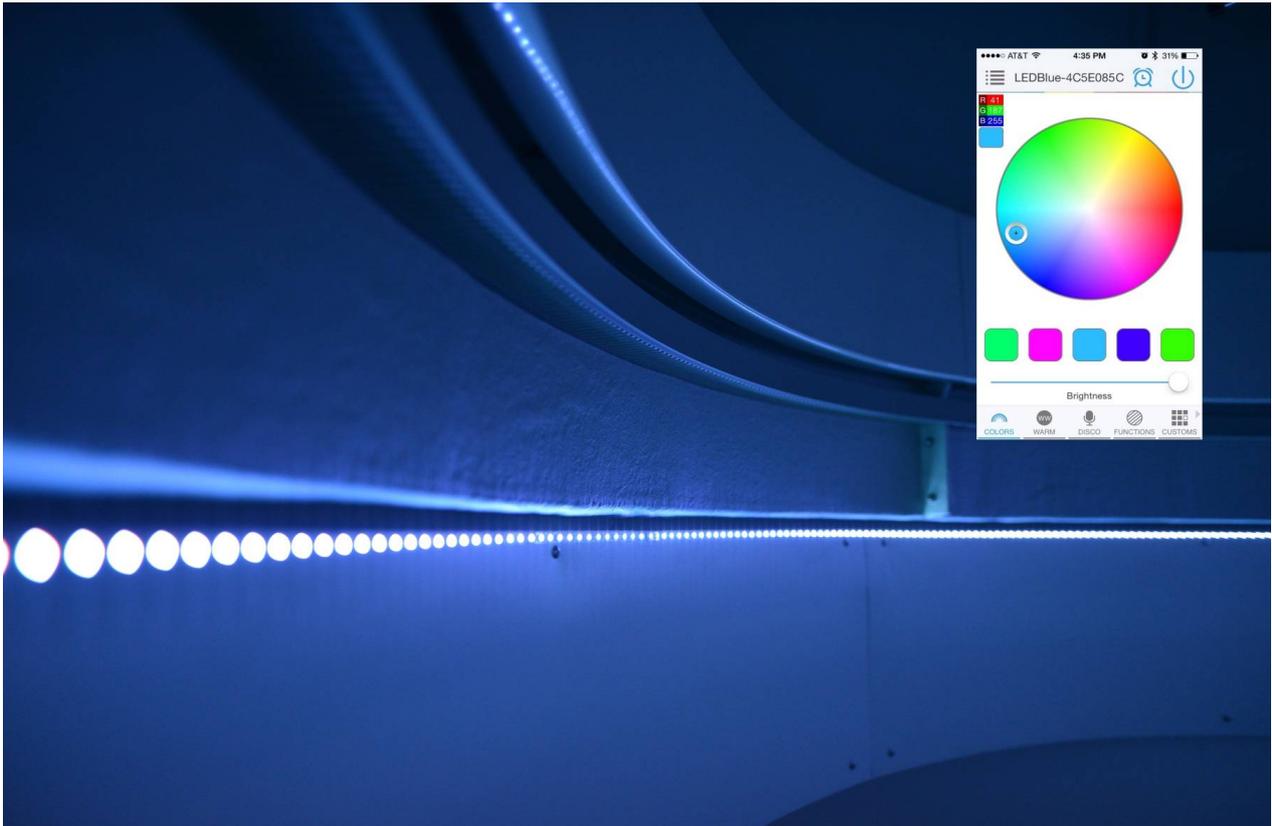
Außerdem liegen die Vorteile einer Sternwarte im Haus auf der Hand, das eigene Bett steht nur wenige Meter entfernt, das Bad und die Küche, ...

Einer bequemen Astrofotografie steht da nichts mehr im Weg.



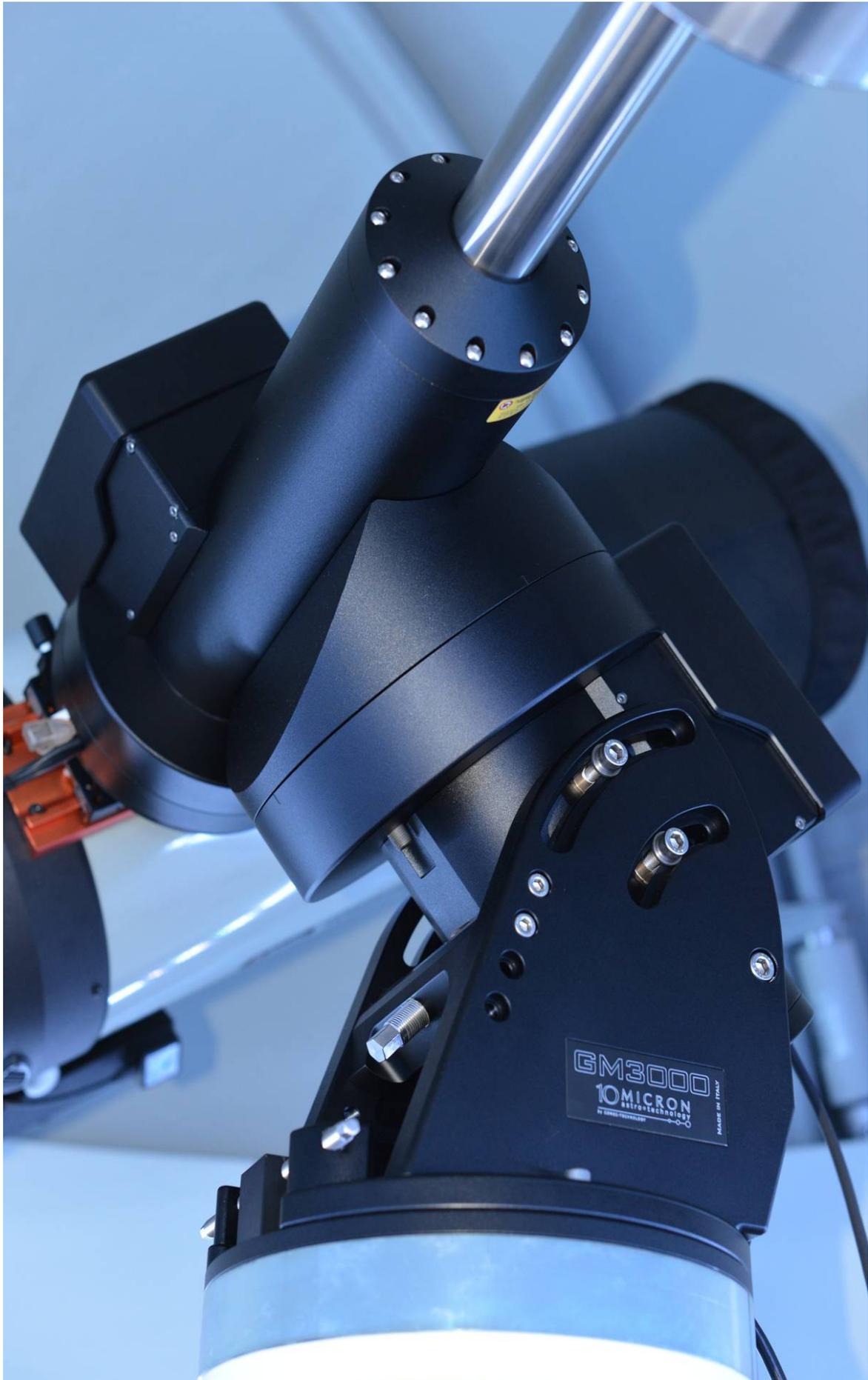
Eingang in die Sternwarte aus dem „warmen“ Bereich

Bereits die ECO-VERSION der 2.6-m-Baader-Kuppel wartet mit vielen Annehmlichkeiten und durchdachten technischen Lösungen auf. Insbesondere schätzte ich die perfekte Verarbeitung der doppelwandigen Kuppel. Auch das Tor und die Frontklappe sind doppelwandig ausgeführt. Zusammen mit den präzisen Dichtungen ist die gesamte Konstruktion nicht nur hervorragend thermisch isoliert, auch Staub, Zugluft oder Flugschnee haben da keine Chance. Bei Konkurrenzprodukten habe ich an dieser Stelle nichts Vergleichbares gefunden. Ursprünglich habe ich auch eine 2.1-m-Kuppel ins Kalkül mit einbezogen. Heute bin ich froh, dass die Wahl auf die 2.6-m-Kuppel gefallen ist. Man kann sich überall frei bewegen oder eine Leiter aufstellen; auch ein größeres Instrument wäre in der Zukunft möglich. Bei einer Familienfeier haben schon einmal 14 Personen gleichzeitig in der Sternwarte Platz gefunden.



Für Beleuchtung sorgt ein 10 m langer LED-Streifen, der per App ferngesteuert wird.

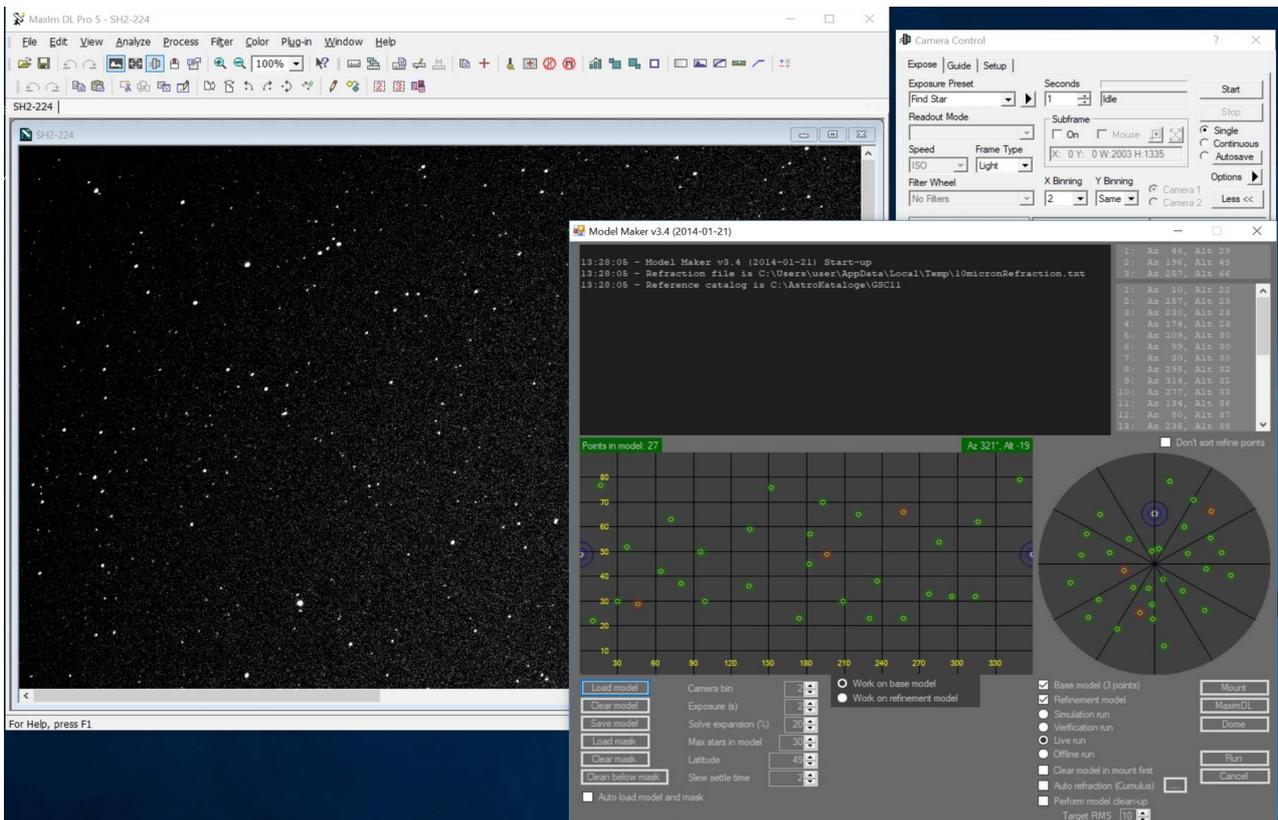
Ein fundamentaler Baustein auf dem Weg zu einer Mustersternwarte ist die Montierung GM 3000 HPS von 10micron. Sie übernimmt, ohne einem weiteren PC, direkt die Steuerung der Kuppel, die sich im Slave-Modus immer nach dem Teleskop richtet. Die wahre Kuppelposition liefern dabei die eingebauten Absolutencoder. Lediglich die Eingabe der Teleskop-Geometrie war bei der Inbetriebnahme nötig.



Die mächtige 10micron: Durchgebohrte Achsen verhindern zuverlässig den sonst üblichen „Kabelsalat“

Eine der herausragenden Eigenschaften der 10micron ist die Nachführung in beiden Achsen. Dadurch lässt sich nicht nur der Polrichtfehler kompensieren, sondern auch die atmosphärische Refraktion und die Durchbiegung in den Achsen. In die Berechnung der atmosphärischen Refraktion geht sogar die Temperatur und der Luftdruck mit ein. Es ist erstaunlich, wie gut das Ganze funktioniert.

Mit der Software Model Maker, MaximDL und PinPoint Astrometry habe ich ein 30-Sterne-Modell erstellt. Es macht so richtig Spaß, entspannt zuzusehen, wie die Sterne automatisch angefahren werden. Nach der Aufnahme und der Astrometrie jedes Bildes berechnet die Software die Differenz zwischen den Positionen, auf die jeweils das Teleskop und die Montierung zeigen. Am Ende der Modelaufnahme werden die Daten an die Montierung übertragen. Außerdem erhält man Instruktionen über die notwendigen Korrekturen in Azimut und der Polhöhe. Diese Angabe beinhalten dabei die Sinnrichtung und den Betrag. Zum Beispiel, dass die Montierung mit den Azimut-Verstellschrauben um 0.04 Umdrehungen im Uhrzeigersinn gedreht werden muss. Was für eine Erleichterung der Einnordung! Mit dem Model Maker erhält man eine präzise Messmethode und eine Korrektorempfehlung in einem. Nach drei Iterationen mit 30 Sternen lautete die Empfehlung 0.00 Umdrehungen sowohl im Azimut als auch der Polhöhe. Nach einer 6 h Fotosession habe ich das erste und das letzte Sub addiert und war erstaunt, dass die Sterne praktisch deckungsgleich lagen!

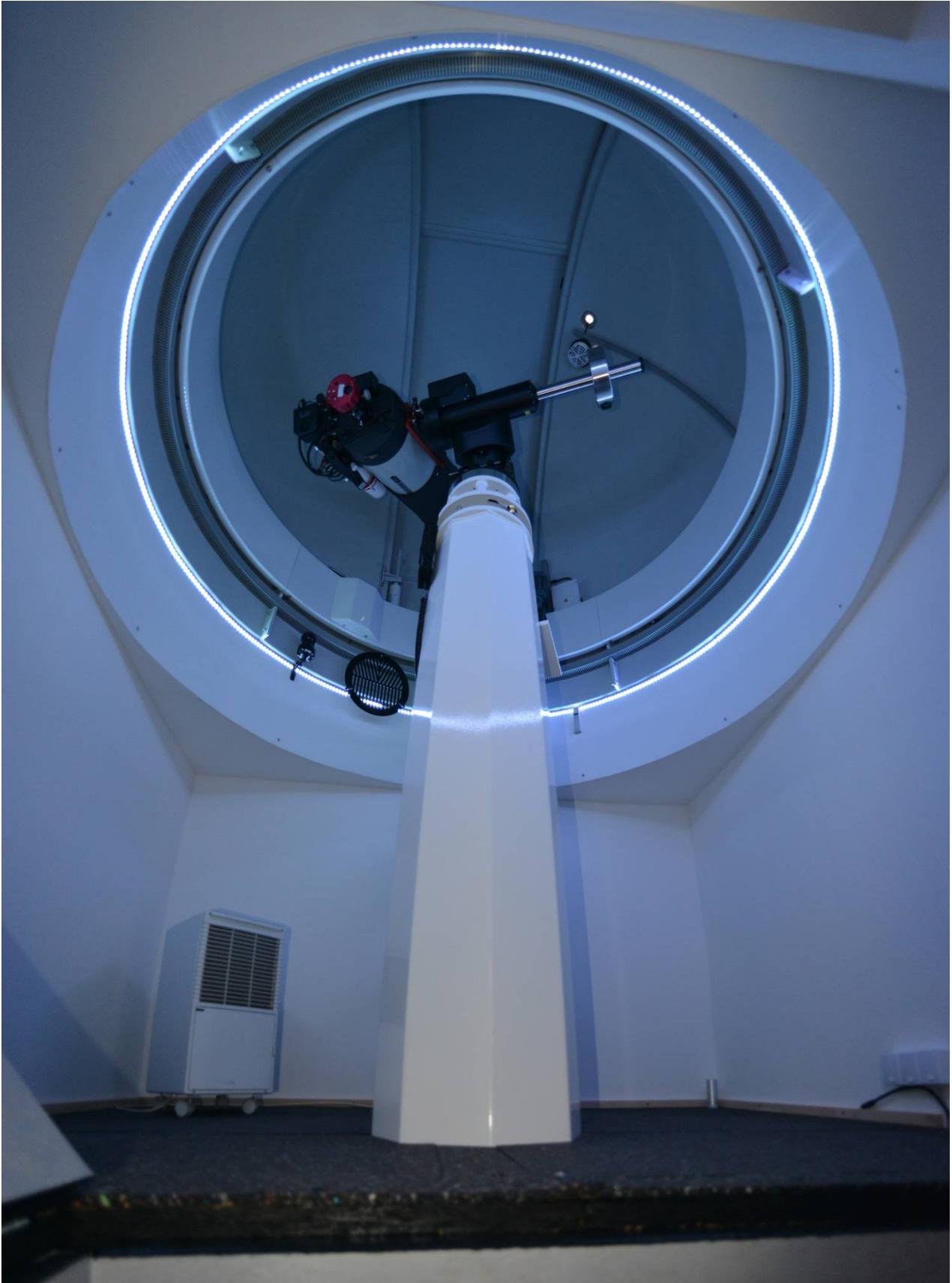


Model Maker

Dem Guiden habe ich abgeschworen, das astrofotografische Leben ist einfacher geworden. Sollte ich mal auf einen Kometen nachführen wollen, dann werde ich einfach die Kometen-Datenbank aktualisieren und verwenden.

Mit nur einem Gegengewicht sieht die 10micron GM 3000 HPS ein wenig unterfordert aus. An dieser Stelle folge ich einfach meiner Überzeugung: Für Astrofotografie sollte eine Montierung das Doppelte oder besser das Dreifache der tatsächlichen Last tragen können. Die GM 3000 HPS bietet für meine aktuellen Instrumente, das Celestron C11 EdgeHD und den Takahashi FSQ85, eine außerordentliche Stabilität. Einen wichtigen Beitrag leistet hierzu die achteckige Baader-Stahlsäule. Die Säule ist doppelwandig nach

Zeiss-Modalanalyse hergestellt und ist mit Sand gefüllt. Montiert auf einer 3 t schweren Betonplatte ist diese Anordnung nicht zu erschüttern.

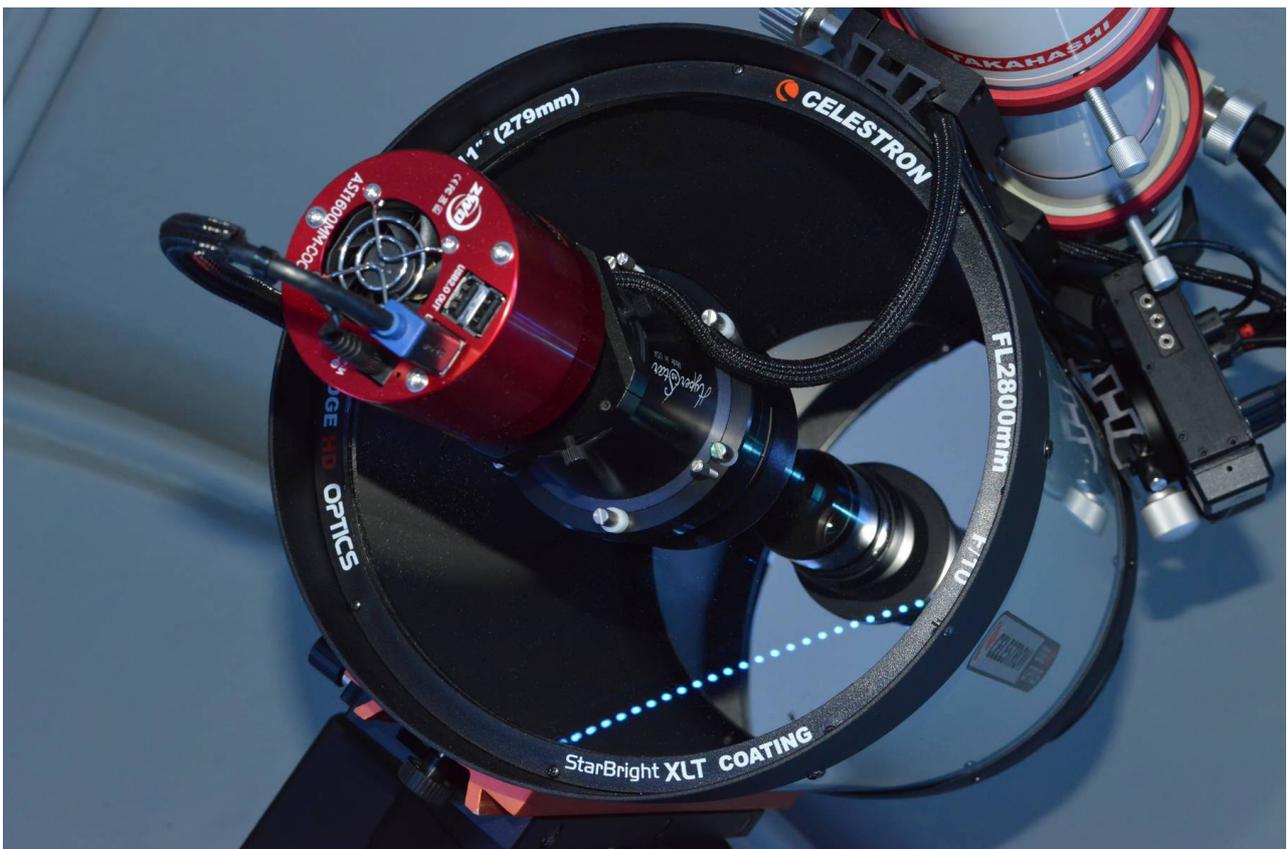


Die achteckige Baader-Stahlsäule

Bereits beim Bau durfte ich aus dem Erfahrungsschatz des Kuppelbauers schöpfen. Entstanden sind zwei Gewerke, die gänzlich voneinander entkoppelt sind. Die Kuppel mit dem Unterbau ist im Dachstuhl eingehängt. Wenn z.B. der Wind auf die Kuppel mit ihrer großen Fläche einwirkt, können die Wände keine Kräfte in den Boden übertragen, auf dem die schwere Betonplatte auf einer 9 cm dicken Styrodur-Schicht schwimmt.

Das Achsenkreuz wurde genau in der Kuppelmitte platziert. Mit geöffneter Horizontklappe kann das Teleskop bis zum südlichen Horizont, über die Donauauen, tief in den Süden blicken.

Wenden wir uns kurz der Wahl der Instrumente und der eingesetzten Techniken bei der Bildbearbeitung zu. Die Sternwarte wird nahezu ausschließlich für Astrofotografie eingesetzt. Das Celestron C11 EdgeHD wird dabei lediglich zum Gewinnen von Schmalbanddaten verwendet. Qualifiziert wird es hierzu durch den Hyperstar, der die langsame f/10 Schmidt-Cassegrain Optik in eine lichtstarke f/2-Schmidt-Kamera verwandelt. Zum Sammeln der Photonen wird die trendy CMOS-Kamera ASI 1600MM-Cool eingesetzt. Aber erst die Baader f/2 Highspeed-Filter Ha, O3 und S2 verhelfen der Zusammenstellung zu einem „Narrowband-Traum-Setup“. Diese, insbesondere für den Hyperstar und RASA konstruierten, Filter gibt es erst seit einigen Jahren. Sie ermöglichen das Ausbelichten von vielen Objekten in der Hubble-Palette in nur einer Nacht.



ASI1600MM-COOL montiert auf dem C11-Hyperstar

Die ASI1600MM-Cool Kamera bietet einen modernen, empfindlichen und rauscharmen CMOS-Sensor und ist mit einem 12-Bit-A/D-Wandler ausgestattet. Und gerade diese „nur 12 Bit“ schränken die Dynamik bei z.B. hellen Sternen stark ein. Im Grunde muss man an dieser Stelle entweder Bilder mit unterschiedlichen Belichtungszeiten miteinander kombinieren - Stichwort HDR, oder ein weiteres Teleskop mit einer 16-Bit-CCD-Kamera, und das am besten gleichzeitig, einsetzen.

Hier kommt der Takahashi 85 FSQ ins Spiel. Die Aufgabe des kleinen Astrographen ist es, breitbandig die Sterne zu belichten. Als Kamera setzte ich die Moravian G2-8300 FW ein. Während das C11 mit der Hubbel-Palette beschäftigt ist, dreht sich das in der Moravian eingebaute Filterrad und liefert die passenden LRGB-Aufnahmen hinzu. Somit wird die Zeit am klaren Nachthimmel so zu sagen doppelt genutzt.

Die Daten der beiden Teleskope werden miteinander mit der vom J-P Metsaviainio postulierten TONE MAPPING Technik kombiniert. Eine nähere Beschreibung des Verfahren ist z.B. hier zu finden:

http://www.skypixels.at/downloads/ade/Tone_Mapping.pdf

Aus den 12-Bit-Schmalbanddaten des Hauptinstruments werden alle Sterne entfernt. Hierzu gibt es mehrere Wege, entweder so wie vom J-P Metsaviainio beschrieben mit PhotoShop, oder mit der Software STRATON, die mein ehemaliger Arbeitskollege Stefan Zipproth geschrieben hat (zu finden hier: <http://www.zipproth.de>).

Das Vereinen einer sternlosen Schmalband-Aufnahme mit einer LRGB-Aufnahme kann man sich „analog“ wie folgt vorstellen. Man nehme zwei Diaprojektoren und setze beide Aufnahmen jeweils ein. Nun werden beide Bilder gleichzeitig auf eine Leinwand projiziert und überlagern sich. Digital kann man das Gleiche mit Ebenen in PhotoShop erreichen. Die Füllmethode der Ebenen heißt dabei im deutschen PS „Negativ Multiplizieren“ und in der englischen Version „screen mode“.

Praktisch jede Astroaufnahme muss so gestretcht werden, dass der große Dynamikumfang auf einem PC-Monitor oder gar Drucker dargestellt werden kann. Wenn die Sterne optimal gestretcht sind, dann sieht man oft noch nicht besonders viel vom Nebel. Stellt man dagegen den Nebel richtig dar, dann sind die hellen Sterne nur noch ausgebrannte Zylinder, ohne eine Information im Zentrum.

Die TONE-MAPPING-Technik ermöglicht das Bearbeiten und Vereinen von Daten, die einen extremen Dynamikbereich aufweisen. Die einzelnen Phasen so einer Bildbearbeitung habe ich in einem kurzen GIF-Video hier gezeigt:

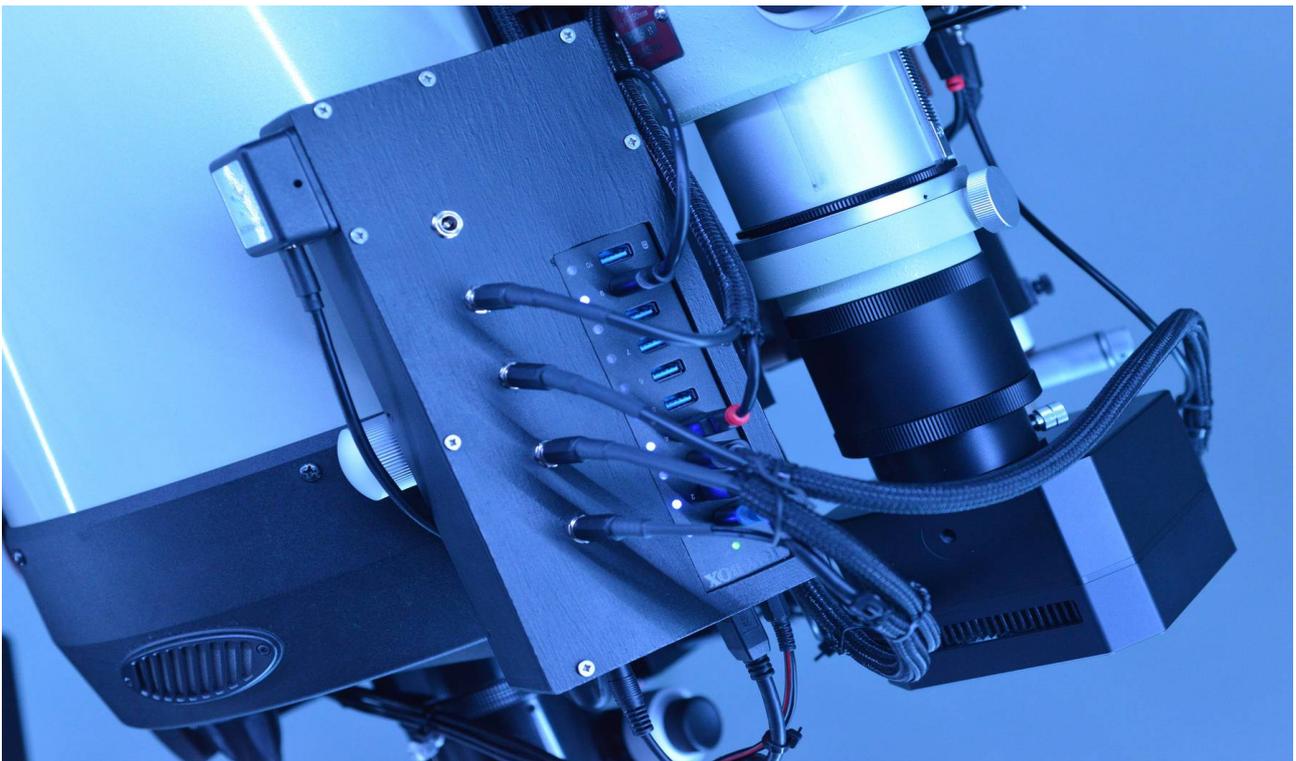
https://www.astrobin.com/245827/?image_list_page=2&nc=&ncc=

In Zeiten von Smarthome steht die Automatisierung der Sternwarte natürlich ganz hoch im Kurs. So lassen sich alle Systeme einfach per iOS App über WLAN-Steckdosen aus dem „warmen“ Bereich hochfahren, ohne dass die Sternwarte betreten werden muss. Als Steuerrechner setze ich einen Intel NUC i5 ein. Per Remote Desktop liefert der kleine PC ein 4k Bild in mein Büro. Das Bios ist so konfiguriert, dass der Rechner von alleine hochfährt, wenn der Strom eingeschaltet wird.



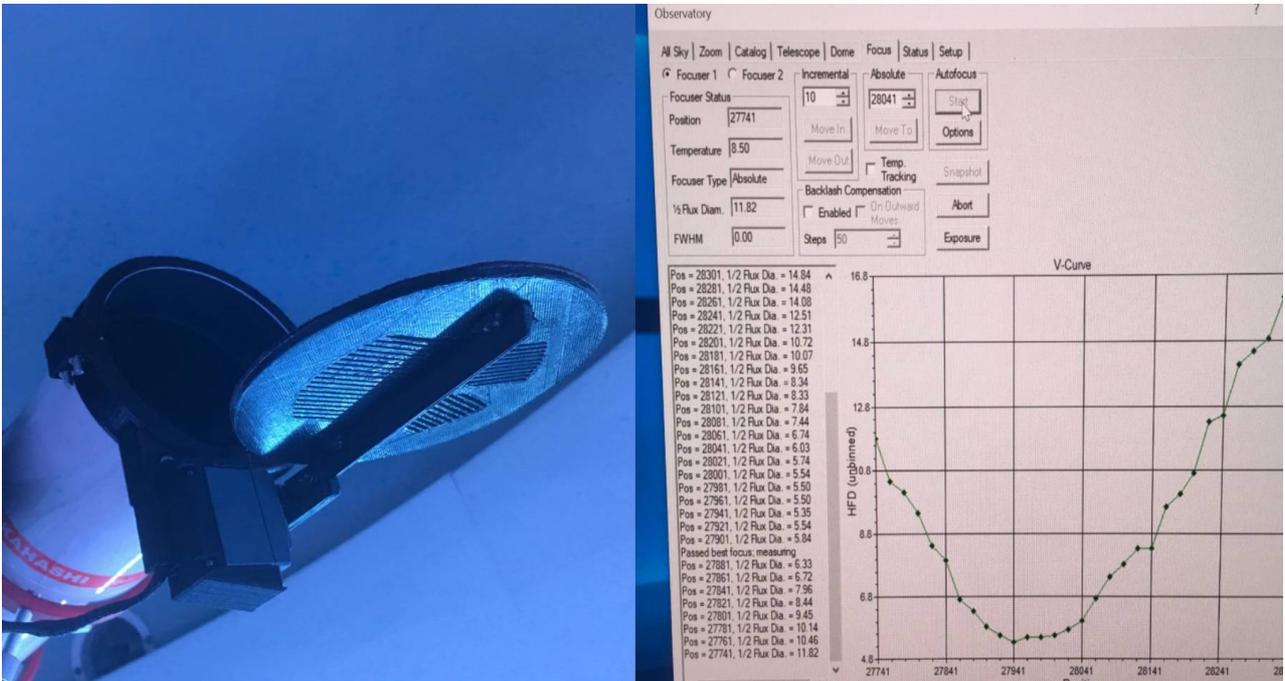
Kleine Helfer in Zeitalter von Smarthome

Zentral auf dem C11 ist ein selbstgebauter Hub montiert, der einen kleinen Arduino WLAN-Kontroller beinhaltet. Hier gibt es nicht nur zehn USB 3.0 Anschlüsse, auch die Kameras und die Fokus-Motoren können per App ein- oder ausgeschaltet werden. So kann man sich immer die gerade gewünschte Konfiguration zusammenstellen. Auch die 10micron Montierung kann über ein Relais im Hub remote ein- und ausgeschaltet werden.



USB 3.0 Hub mit Arduino WLAN-Kontroller

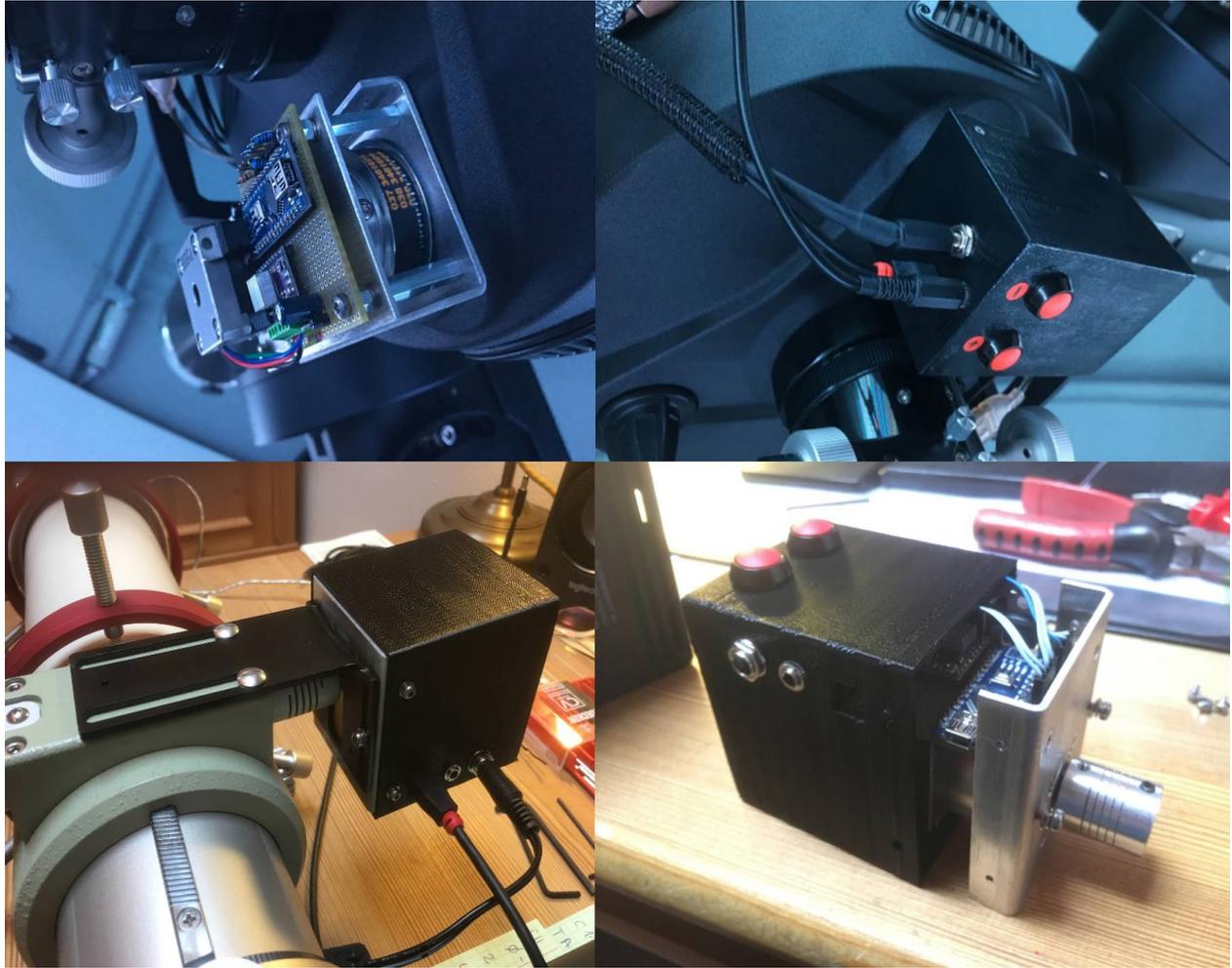
Außerdem können vom Hub drei digitale Servomotoren angesteuert werden. Aktuell ist am Takahashi eine fernbedienbare Bahtinov Maske realisiert. Das C11 wird aktuell über die V-Kurven in MaximDL scharf gestellt. Das geht sehr präzise und recht schnell, da die ASI 1600MM-Cool extrem kurze Downloadzeiten über UCB 3.0 hat.



Fokus-Hilfen: fernsteuerbare Bahtinov-Maske am Takahashi und V-Kurven im MaximDL

Beide Fokusbmotoren wurden basierend auf dem Arduino ASCOM Focuser Pro2 Projekt in Eigenregie realisiert. An dieser Stelle gilt mein Dank meinen Arbeitskollegen Michael Wöhrle, der die Elektronik und die Mechanik umsetzte und Jürgen Skrotzky, der mit einem 3D-Drucker die passenden Gehäuse herstellte.

Beide Motoren sind mit einer Temperaturkompensation ausgestattet. Beim C11 habe ich es bereits geschafft, in einer klaren Winternacht von 10 Uhr am Abend bis 5 Uhr in der Früh zu fotografieren. Am Ende der Fotosession kam dann die Probe mit der Bahtinov Maske und tatsächlich lag auch die letzte Aufnahme im Fokus. Was für ein Erfolg! Der Motor am Takahashi wurde soeben in Betrieb genommen - da muss noch der Temperaturkoeffizient bestimmt werden.



Arduino ASCOM Focuser Pro2 am C11 und FSQ85

Das Faszinierende an der Astrofotografie ist in meinen Augen die absolute Vielseitigkeit. Man fotografiert richtig dunkle Objekte, die sich bewegen und das auch noch auf krummen Bahnen. Wenn man in der Lage war, das Objekt zu finden und scharf zu stellen, muss man noch der Temperatur folgen. Und wenn man alle Weichen richtig gestellt hat und gute Daten belichtet werden konnten, dann kommt noch die ganze Bildkalibrierung mit Flats und Darks und die restliche EBV. Ich glaube, dass man einem Astrofoto den dahinter stehenden Aufwand gar nicht so ansieht.



Warten auf die nächste klare Nacht

Mit der Errichtung der der Sternwarte ist für mich ein Traum in Erfüllung gegangen. Ich möchte noch einmal einen herzlichen Dank an alle Beteiligten richten.

Andreas Bringmann