



www.vds-astro.de

# Journal für Astronomie

ISSN 1615-0880

Nr. **73** 2/2020

Zeitschrift der Vereinigung der Sternfreunde e.V.



## *Automatisierte und Remote-Beobachtungen*

**ASTRONOMISCHE VEREINIGUNGEN** Innovationsworkshop „Jugendliche in der Astronomie“

**GESCHICHTE** Alexander von Humboldt und Südamerikas älteste Sternwarte

**STERNBEDECKUNGEN** Beobachtung einer streifenden Sternbedeckung

# Eine All-Sky-Kamera Marke Eigenbau

## als Hilfsmittel für die Astrofotografie

von Patrick Winkler und Fritz Amtmann

Heutzutage offeriert der Markt eine Vielzahl an All-Sky-Kameras. Das sind Kameras, die in einem Schutzgehäuse untergebracht sind und über ein Weitwinkelobjektiv verfügen. Die Preisspanne der Geräte reicht dabei von wenigen hundert bis zu mehreren tausend Euro. Je höher der Qualitätsanspruch, desto schneller landet man bei Modellen ab 3.000 Euro aufwärts. Und selbst dann sind gewisse Anforderungen nicht erfüllt. Daher fiel die Entscheidung, eine All-Sky-Kamera selbst zu bauen (Abb. 1). Rückwirkend betrachtet waren viel Recherchearbeit, Testen und Ausprobieren notwendig, aber es hat viel Spaß gemacht und war sehr lehrreich. Natürlich hatte ich tatkräftige Unterstützung von meinem Sternwartenkollegen und Co-Autor dieses Artikels in elektrotechnischen Belangen und der Programmierung. Drehen wir die Zeit zurück und beginnen mit den definierten Anforderungen.

### Das Anforderungsprofil

Was soll nun das zu bauende Gerät können? Diese Überlegungen erstreckten sich von der Kamera mit der gewünschten Auflösung über das zu verwendende Objektiv, die Kuppel, die Kuppelheizung, das Gehäuse, die Stromzufuhr bis hin zur Steuerung/Software:

- mindestens eine 6-Megapixel-Kamera
- möglichst verzerrungsfreies Objektiv mit 180° Gesichtsfeld
- dichtes Gehäuse, das auch extremen Umgebungsbedingungen trotzt und möglichst wartungsfrei ist
- kleine und witterungsresistente Kuppel, die leicht zu tauschen ist
- so wenige Zuleitungen/Kabel wie möglich
- größtmögliche räumliche Ungebundenheit zu Computer/Router
- völlig autonome Operation des Systems
- automatischer Upload der Bilddaten



1 Die montierte All-Sky-Kamera an der Sternwarte

Zugegeben, anfänglich liest sich die Liste wie der Wunschzettel ans Christkind, daher gehen wir die Liste der Reihe nach durch.

### Die Kamera und das Objektiv

Bei der Wahl der Kamera kam ich ziemlich schnell zu Modellen von ZWO ASI. Unsere Wahl fiel schlussendlich auf das ungekühlte Modell ASI178MM. Die Kamera hat einen back-illuminated Sensor (3.096 x 2.080 Pixel; 2,4 µm) mit einer Quanteneffizienz von 81% bei einer Lichtwellenlänge von 480 nm. Natürlich war auch der Preis ein entscheidendes Kriterium, wollte ich doch für die Kamera nicht mehr als 400 Euro ausgeben. Im Lieferumfang der Kamera befand sich auch eine All-Sky-Linse (Weitwinkeloptik von 2,5 mm Brennweite) mit knapp 170° Gesichtsfeld. Erste nächtliche Tests zeigten, dass bei dieser Brennweite gut 30 Sekunden belichtet werden kann, ohne Strichspuren zu erhalten mit bereits erkennbarer Milch-

straße. Leider war das mitgelieferte Objektiv aber nicht ideal (starke Verzerrungen). Nach ausgiebiger Internet-Recherche kam ich auf ein bautechnisch sehr kleines Objektiv MPL 1,55 mm von Arecont Vision, das über eine Anfangsblende von 2,0 verfügt [1]. Nach gut vier Wochen Lieferzeit war das nicht gerade billige 180°-Objektiv für meine All-Sky-Kamera angekommen (ca. 120 Euro). Es zeichnet scharf und hat für das große Gesichtsfeld wenig Verzerrung.

### Das Gehäuse

Eine zentrale Komponente einer guten All-Sky-Kamera ist meiner Ansicht nach das Gehäuse, ist es doch jeden Tag dem Wetter ausgesetzt – im Sommer intensiver Hitze und hoher UV-Belastung sowie im Winter Nässe, Schnee, Eis und tiefen Temperaturen. Dabei muss das Gehäuse absolut dicht und vor allem über Jahre wartungsfrei sein. Diesen Anforderungen entsprechend und



2 Oben: Das Gehäuse der All-Sky-Kamera mit Kuppel

3 Oben rechts: Kontermutter und verschraubte Kuppel im Deckel

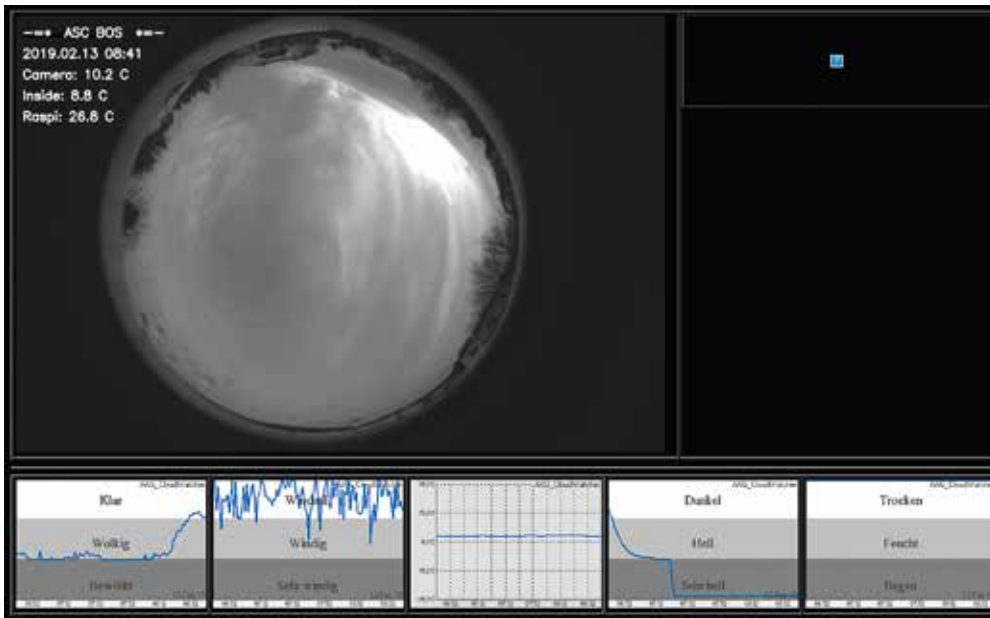


4 Einige Komponenten im Gehäuse (Lüfter, Raspberry, PoE-Injektor). Die Kamera würde sich in der Bildmitte befinden.

auch in Hinblick darauf, dass die All-Sky-Kamera vielleicht einmal ihren Dienst in anderen Regionen der Welt erfüllen soll, schieden für mich Kunststoffgehäuse aus. Die hohe UV-Einstrahlung lässt Kunststoffe schnell altern und spröde werden. Auch lässt ein Remotebetrieb in einer weit entfernten Region es nicht zu, schnell mal hinzufiegen, um etwas zu reparieren. So kam ich auf ein Schaltschrank-Edelstahlgehäuse von Rittal (Abb. 2). Diese werden eigentlich für Anwendungen in der Nahrungs- und Genussmittelindustrie hergestellt und erfüllen die Anforderungen der Schutzklasse IP 66 (staubdicht und geschützt gegen starkes Strahlwasser [2]). Auch können alle Kabel, die später ins Gehäuse führen, nach demselben Standard mit Kabelverschraubungen versehen werden. Alle Teile wie Schrauben, Dichtungsrahmen, Deckel usw. sind als Ersatzteile einzeln bestellbar. Das Gehäuse hat daher einen stolzen Preis (rund 300 Euro), und es ist relativ schwer.

### Die Kuppel

Die Kuppel bereitete mir am meisten Kopfzerbrechen, die Suche war sehr zeitaufwändig. Zumeist sind All-Sky-Kameras mit Acrylglaskuppel ausgestattet. Prinzipiell nicht schlecht, doch wollte ich neben bestmöglicher Transparenz auch größtmögliche Witterungsbeständigkeit. Aus Gesprächen mit Personen, die All-Sky-Kameras schon einige Jahre in Wüstenregionen im Einsatz haben, erfuhr ich, dass Sand und Wind eine Acrylglaskuppel schnell abschleifen und diese dann matt wird. Die Lebensdauer beträgt oft nur 1,5 Jahre. Sie ist zwar billig, aber der Tausch wiederum nicht. Glas sei deutlich besser, wurde mir gesagt. Doch woher eine Glaskuppel bekommen? Fündig geworden bin ich schlussendlich bei Kanal-Inspektionskameras von Wöhler [3]. Diese Kuppeln

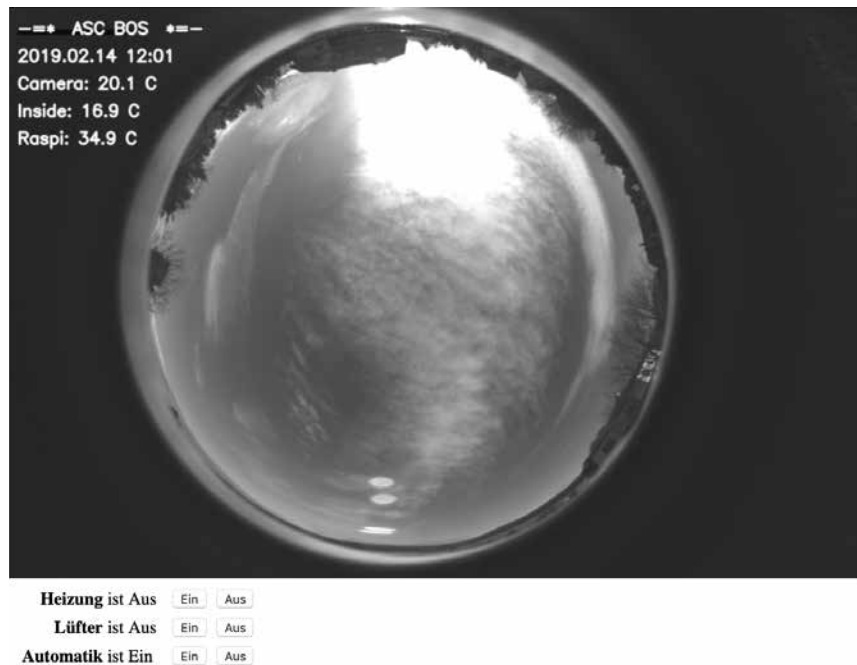


5 Die Wetterüberwachungsseite mit Bild der All-Sky-Kamera und den Daten des AAG Cloud Watchers

6 Die Weboberfläche, über die sich Lüftung, Heizung und die Automatik steuern lassen

sind aufgrund ihres Einsatzzwecks klein, widerstandsfähig und sowohl in Acryl- als auch in Glasversionen verfügbar. Die Glaskuppel bewegt sich preislich bei ca. 77 Euro, nahezu dem 5- bis 6-fachen der Acrylglasversion. Sie hat einen stabilen Metallkranz mit Gewinde und lässt sich mit der passenden Mutter wunderbar verschrauben. Diese musste ich allerdings anfertigen lassen, da Gewindesteigung zu Durchmesser nicht Standard ist. Im Fall eines Kuppeltausches wird die Kuppel aus dem Deckel geschraubt, die Neue eingeschraubt und außen um den Metallkranz mit Silikon abgedichtet (Abb. 3).

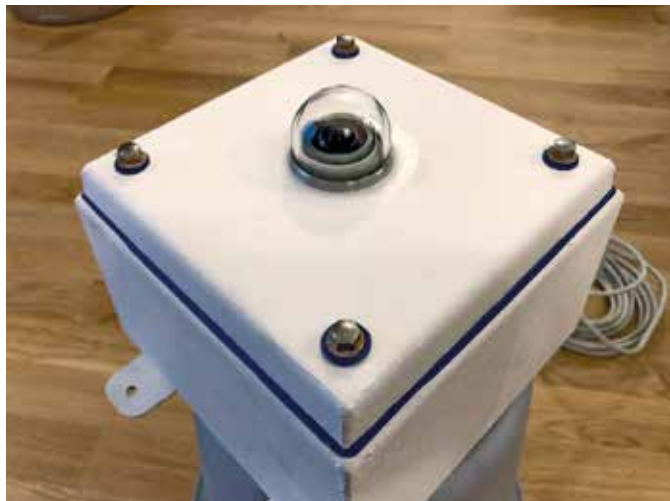
Da die Kuppel das Fenster zum Himmel darstellt und das Wetter nicht immer Sonnenschein verspricht, war eine Beheizung ebenso Thema. Dafür wurde ein Ringheizelement aus einem Widerstandsdraht auf einem Rundrohr (bei 5 V rund 4 W Heizleistung, Länge ca. 10 cm) konstruiert, das sich zwischen Objektiv und Kuppel einschieben lässt und per Software ein- und ausschaltbar ist. Es zeigte sich, dass sich durch das abgedichtete Gehäuse und die darin laufenden Geräte (Kamera, Raspberry-Computer) selbst bei  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  Außentemperatur die Innentemperatur bei  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$  bewegt und ein Beheizen der Kuppel selten notwendig war. Insgesamt dreimal nach Schneefällen und einmal wegen Vereisung der Kuppel musste die Heizung im Winter aktiviert werden. 30 Minuten später war das System frei und die Innentemperatur um einige Grade angehoben.



### Stromversorgung, Steuerung und Datentransfer

Wie bereits erwähnt, war eine der Anforderungen, so wenig Zuleitungen wie möglich zum Gehäuse und von der Kabellänge ausreichend Reichweite zu haben (mindestens 10 m, idealerweise 30 m). Und es galt, alle Geräte, also All-Sky-Kamera, Raspberry, Kuppelheizung und Lüfter (der sich automatisch bei einer Gehäuseinnentemperatur über  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  einschaltet und bei Unterschreiten dieses Wertes wieder abschaltet) zu betreiben. Die Lösung für dieses Problem war ein PoE-System (Stromversorgung über Ethernet-Kabel) mit Injektoren (eine Art Wandler, der das Ethernet-Signal für lange Kabellängen tauglich macht [4], Abb. 4). Je länger die Zuleitung, umso höher muss die

Spannung sein, um am Raspberry stabile 5 V zu haben, da sonst ein Neustart schon beim Hochfahren des Rasperrys erfolgt. In diesem Fall waren es 24 V bei 30 m Zuleitung zu einem 5-V-Regler bei bis zu 5 A. Zur Steuerung wurde das Programm selbst geschrieben. Die Kamera arbeitet vollautomatisch, regelt Belichtungszeit und dergleichen eigenständig, macht alle 5 Minuten ein Bild und lädt dieses direkt via FTP (Datei-Übertragungs-Protokoll) zur Wetterüberwachungsseite der Sternwarte (Abb. 5). Über eine gesonderte in PHP (das ist eine spezielle Programmiersprache) programmierte grafische Benutzeroberfläche, die über einen Webbrowser gesteuert wird (Abb. 6), kann die Lüfterautomatik ein- bzw. ausgeschaltet und die Heizung ge-



7 Die fertig lackierte All-Sky-Kamera

8 Links das unlackierte Blech, rechts das lackierte

steuert werden. Zusätzlich werden die Temperatur des Raspberry, der Kamera sowie die Gehäuseinnenraumtemperatur ausgelesen und in jedes Bild eingebildet. Für den Fall eines Kameraausfalls oder Fehlfunktion (z.B. schwarzes Bild) sorgt eine automatische Routine für einen Neustart des gesamten Systems (bis dato aber nicht vorgekommen). Sollte man wirklich einmal ein aktuelles All-Sky-Bild in Vollaufklärung haben wollen (z.B. hübsche Wolkenstimmung, All-Sky-Milchstraßenbild), kann dies jederzeit per Klick auf das Vorschaubild in voller Auflösung abgerufen werden.

### Testbetrieb und Erkenntnisse

Für den neunmonatigen Testbetrieb war die Hoffnung, jedes mögliche Wetter zu erleben. Hitze, tagelanger Regen, Wolkenbrüche, Schnee, Sturm, klirrende Kälte. Gleich vorweg: die Kamera hat all dies gemeistert und funktionierte einwandfrei. Einen Punkt möchte ich aber illustrativ herausgreifen, um den Bau und die gewonnenen Erkenntnisse zu beschreiben.

An heißen Sommertagen bei Temperaturen bis zu 38 °C zeigten Vorversuche, dass die Innentemperatur im Gehäuse schnell auf bis zu 70 °C anstieg. Der Lüfter konnte die Temperatur um gute 8 °C senken, dennoch galt es, die Hitzeeinstrahlung zu minimieren und ein Aufheizen des Gehäuses zu verhindern. Die dahingehenden Maßnahmen waren zweistufig. Einerseits eine Art Sonnenschirm für das Gehäuse anzubringen, andererseits den Reflexionsgrad zu erhö-

hen und die Wärmeaufnahme zu senken. Der Sonnenschirm ist ein Blech (30 cm x 30 cm) mit einer Aussparung für die Kuppel, das auf den Schrauben aufliegt. Klingt einfach, bringt aber durch die Beschattung des Gehäuses einiges an Wärmereduzierung. Auch kann der Wind alles umstreichen und so zusätzlich Wärme abführen.

Die zweite Maßnahme war das Lackieren der kompletten Oberfläche inklusive der Beschattungsplatte. Gesucht war ein Lack, der neben einem hohen Reflexionsgrad auch kühlende Eigenschaften hat. Tatsächlich fand sich Derartiges (COOL-DRY von Sistec Coatings, [5]). Dieser wird zur Lackierung von Blechdächern verwendet, aber auch bei Kühltransportern

oder Wohnmobilen. Laut Hersteller soll die Oberfläche nur wenige Grade wärmer werden als die Umgebungstemperatur. Mit diesem Lack wurden das Gehäuse und die Beschattungsplatte lackiert und in ein elegantes Weiß gehüllt (Abb. 7). Den Herstellerangaben zu glauben, war die eine Sache, das „kontrollierte“ Austesten musste folgen. Zu Testzwecken blieb ein Blechstück unlackiert, ein zweites wurde identisch zu den Gehäuseteilen lackiert (Abb. 8). Anschließend wurden beide Musterstücke eine Stunde lang mit einer Infrarotlampe bestrahlt und regelmäßig die Oberflächentemperatur mittels Laser-Thermometer gemessen. Die Ergebnisse waren überraschend positiv. Natürlich ist dieser einfache Versuchsaufbau weder eine Klimakammer



9 Messung der Temperatur beider Blechstücke mittels Laserthermometer

noch Ähnliches, aber der Temperaturunterschied beider Blechoberflächen betrug im Mittel 16 °C (Abb. 9).

### Fazit

Zusammenfassend lässt sich das Projektergebnis als überaus zufriedenstellend bewerten, die Kamera läuft einschließlich der Testbetriebszeit nun seit mehr als 1 ¾ Jahren absolut zuverlässig und ohne Probleme. Unser letztes Bild ist der astronomische Beweis: ein schöner Nachthimmel (Abb. 10).

### Weblinks (Stand Dezember 2019):

- [1] Arecont-Vision-Objektiv: <https://sales.arecontvision.com/product/Lenses/MPL1.55>
- [2] Rittal-Schaltschrank-Hygienic-Design: [www.rittal.com/at-de/product/show/variantdetail.action?categoryPath=/PG0001/PG0002SCHRANK1/PG0125SCHRANK1/PRO0130SCHRANK&productID=1671600](http://www.rittal.com/at-de/product/show/variantdetail.action?categoryPath=/PG0001/PG0002SCHRANK1/PG0125SCHRANK1/PRO0130SCHRANK&productID=1671600)
- [3] Glaskuppel der Fa. Wöhler: [www.woehler.de/shop/glaskuppel.html](http://www.woehler.de/shop/glaskuppel.html)
- [4] PoE-Injektor: <https://www.conrad.at/de/p/tp-link-tl-poe2412g-poe-injektor-10-100-1000-mbit-s-ieee-802-3af-12-95-w-1926762.html>
- [5] COOLDRY-Dachbeschichtungsfarbe: [www.sistec-coatings.de/de/produkte/cooldry.html](http://www.sistec-coatings.de/de/produkte/cooldry.html)



10 Unser Ziel: der Nachthimmel präsentiert sich prächtig.