

VERGLEICH AKTUELLER MONTIERUNGEN

Harmonic Drive versus Schneckenantrieb

von DR. KAI-OLIVER DETKEN, *Grasberg*

Harmonic-Drive-Montierungen stehen bei den Amateurastronomen derzeit hoch im Kurs und haben einen regelrechten Boom ausgelöst. Der Einsatz der Spannungswellen-Getriebetechnologie verspricht ein sehr gutes Verhältnis von Gewicht und Nutzlast, wodurch dieser Montierungstyp wesentlich leichter zu transportieren ist, als herkömmliche Montierungen mit Schneckengetriebe. Dadurch ist man mobiler und in der Lage auch größere Teleskope mit aufs Feld zu nehmen. Aber sind diese neuen Modelle auch handhabungsfreundlich, exakt in der Nachführung und besitzen eine hohe Qualität? Um das herauszufinden wurde zwischen Sommer und Herbst 2024 ein Test von zwei Montierungen mit unterschiedlichen Antriebsarten durchgeführt.

Auslöser war der Umstand, dass meine 10 Jahre alte CEM60-Montierung von iOptron immer häufiger Nachführprobleme bei nicht optimaler Teleskop-Balance hatte. Denn im Gegensatz zu anderen Montierungen handelt es sich hierbei um eine „Center-balanced Equatorial Mount“, die exakt ausbalanciert werden sollte. Das wurde in der Vergangenheit nicht immer in beiden Achsen so eingehalten, ohne dass die Montierung allerdings damit Probleme hatte. Nun häuften sich aber die Fälle, in denen die Motoren ein heulendes Geräusch von sich gaben und die Montierung plötzlich stehenblieb, wenn ein Objekt zur Aus-

richtung angefahren wurde, weshalb man danach das Alignment wieder erneut durchführen durfte. Hinzu kam, dass sich, je nach Ausrichtung am Himmel, sogenannten Saturnsterne (siehe Abbildung 1) bei der Nutzung einer großen Brennweite bildeten. Zusätzlich machte sich ein schleifendes Nachführgeräusch bemerkbar. Daher wurde ein Termin mit Kai Wicker abgemacht, um die Montierung einmal grundlegend auseinanderzunehmen und den Problemen auf die Spur zu kommen.




Es wurden die DEC- und die RA-Achse getrennt voneinander begutachtet und das Fett in beiden Achsen ausgetauscht.

Zuerst ließ sich kein Fehler feststellen. Erst bei genauerem Hinsehen wurde klar, dass sich ein Scharnierstift der RA-Achse gelöst hatte. Der Stift lag im Inneren des Gehäuses und wurde wieder neu befestigt und ein Probelauf gestartet: die Schleifgeräusche waren weg und auch die Nachführung lief ohne Motorblockierung. Trotzdem war natürlich interessant, wie dies überhaupt geschehen konnte, weshalb iOptron kontaktiert wurde. Sie antworteten, dass der Scharnierstift durch eine Stellschraube gesichert ist, die sich schon mal lösen kann. Auch wurden entsprechende Bedienungsanleitungen zum Aus- und Einbau der RA-Achse geschickt. Durch diese Reparatur konnten grundsätzlich die angesprochenen Probleme gelöst werden. Trotzdem wurde noch zu viel Ausschuss bei den Aufnahmen produziert, weshalb über eine neue Montierung nachgedacht wurde.

Montierungsvergleiche Auf der einen Seite war ich mit meiner CEM60-Montierung immer sehr zufrieden gewesen. Es lag also auf der Hand den inzwischen vorhandenen Nachfolger CEM70 mit in die Betrachtung einzubeziehen. Dieses neue Modell wurde komplett überarbeitet, um wohl die ersten Kinderkrankheiten entsprechend auszumerzen. Auf der anderen Seite hatte iOptron [1] ebenfalls den Trend nach Harmonic-Drive-Montierungen erkannt und eigene Varianten auf den Markt gebracht. Für



Abb. 1: Sogenannte Saturnsterne bei der Nachführung länger belichteter Aufnahmen, Bildausschnitt eines Lightframes.

iOptron CEM70	iOptron HAE69C	Pegasus Astro NYX-101 Harmonic Drive
		
<ul style="list-style-type: none"> - Gewicht: 13,6 kg - Tragfähigkeit: bis zu 32 kg - Polsucher: iPolar (elektronisch), eingebauter Guider - Handcontroller: Go2Nova 8407 mit Heizung - GPS: 32 Kanal integriert - Nachführgenauigkeit: +/- 5 Bogensekunden - Autoguider-Schnittstelle: ST4 - Backlash: Magnetschalter halten Backlash gering 	<ul style="list-style-type: none"> - Gewicht: 8,6 kg - Tragfähigkeit: 31 kg ohne Gegengewicht - Polsucher: iPolar (optional) - Handcontroller: Go2Nova® 8409 (optional: 8411) - GPS: - - Nachführgenauigkeit: +/- 15 Bogensekunden - Autoguider-Schnittstelle: ST4 - Backlash: kein Backlash durch Harmonic Drive 	<ul style="list-style-type: none"> - Gewicht: 6,4 kg - Tragfähigkeit: bis zu 30 kg mit Gegengewicht - Polsucher: Polmaster von QHY (optional) - Handcontroller: NYX-HC (optional) - GPS: - - Nachführgenauigkeit: > 5 Bogensekunden - ST4-Autoguider-Schnittstelle - Backlash: kein Backlash durch Harmonic Drive
<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Passt genau auf vorhandenes Stativ - Ermöglicht leichtes Einnorden über iPolar - Magnetschalter schalten exakt - Sehr guter Handcontroller - Positive Erfahrungsberichte - USB3 und direkter WLAN-Anschluss - Ist auch mit Encodern in RA/DEC-Achse erhältlich 	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Geringes Gewicht - Optional besserer Handcontroller 8411 erhältlich - Passt auf Berlebach-Stativ - Amerikanischer Support 	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sehr leichte Montage - Wertiger Handcontroller aus Alu (optional) - Europäischer Support - Integriertes WLAN - Parallaxfreie oder azimutale Nutzung möglich - Hybrides Schrittmotoren- und Riemensystem
<p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wiegt gegenüber Harmonic Drive relativ viel - Sehr teuer mit Encodern auf beiden Achsen 	<p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hoher periodischer Fehler - Benötigt Stativerweiterung - WLAN nur über den Handcontroller - Kein GPS - Scheint noch einige Bugs zu besitzen (Spiel in DEC, Pol-Justage verstellt sich, trotz Encoder hoher periodischer Fehler...) 	<p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mittlerer periodischer Fehler - Benötigt Stativerweiterung - Es kann nur Handbox <u>oder</u> AG angeschlossen sein - Umständliche Handhabung - Passt nicht auf das Berlebach-Stativ - Zu kleiner Sattel für die Teleskope - Carbon-Stativ ist Vibrationsanfällig
<p>Preis: 3.350 Euro (Montierung) Preis: 5.769 Euro (EC-Variante mit RA-Encoder)</p>	<p>Preis: 4.337 Euro (Montierung) + 159 Euro (Berlebach-Adapter) + 299 Euro (iPolar)</p>	<p>Preis: 3.598 Euro (Montierung) + 289 Euro (Polmaster) + Stativadapter + Stativerweiterung</p>

Tab. 1: Vergleich dreier Montierungen mit unterschiedlichen Antriebsseigenschaften.

meine Teleskope kam aber nur eine davon in Frage: die HAE69C. Während dieser Montierungstyp früher sehr kostspielig war, haben ZWOptical [2], iOptron, Pegasus [3] und insbesondere der chinesische Hersteller Proxisky [4] die Kosten inzwischen bezahlbar gemacht. Eine weitere Option für mich war eine neue Montierung aus europäischen Gefilden, die ebenfalls in den Foren gut bewertet wurde: die Pegasus Astro NYX-101. Diese drei Montierungen kamen nach längerer Recherche in die nähere Wahl. Tabelle 1 vergleicht ihre Eigenschaften miteinander.

Alle drei Montierungen haben nach den Datenblättern ihre entsprechenden Vorteile. Die CEM70 ist inzwischen, wenn man den Vorgänger CEM60 mitbetrachtet, seit 2014 auf dem Markt und daher etabliert. Der Handcontroller war schon immer einer der Handhabungsfreundlichsten am Markt und die Nachführgenauigkeit und Tragfähigkeit wurden nochmals leicht verbessert. Ein integrier-

tes GPS-Modul findet automatisch den Standort der Montierung und trägt diese Daten mit der aktuellen Uhrzeit ein. Neu ist ein elektronischer Polsucher, der die visuelle Ausrichtung nicht mehr ermöglicht, aber durch den Einsatz eines Computers genauer sein soll. Dadurch entfallen auf jeden Fall irgendwelche Halsverrenkungen, da bequem am Rechner die Polausrichtung umgesetzt werden kann (eine nähere Beschreibung erfolgt später). In der Variante CEM70G besitzt die Montierung auch noch ein integriertes WLAN-Modul, worüber man sie direkt ansteuern kann, und USB3-Schnittstellen, so dass die Verkabelung der Kamera mit Zubehör einfacher erfolgen kann. Alternativ ist die Montierung auch mit Encodern verfügbar, was auch bereits bei der CEM60 möglich war. Der Unterschied ist, dass dies nun in zwei Achsen ermöglicht wird, zu einem allerdings auch recht hohen Preis. Eine abgespeckte Encoder-Variante auf der RA-Achse ist günstiger, steuert aber na-

türlich dann nur auf dieser Achse nach. Vorteilhaft ist, dass man damit ohne Autoguiding auskommt, wenn die Montierung perfekt eingenordet ist.

Grundsätzlich ist dies aus meiner Sicht nur notwendig, wenn man die Montierung fest in einer Sternwarte einsetzen möchte und daher in meinem Fall unnötig. Bei Encodern in beiden Achsen muss die Einnordung hingegen nicht ganz so perfekt sein. Aber der hohe Preis (> 7.000 Euro) kann durch ein Autoguiding, welches mobil in den meisten Fällen sowieso zum Einsatz kommt, entsprechend kompensiert werden. Abschließend ist noch das Gewicht zu bewerten, welches mit 13,6 kg um 1,1 kg schwerer ausfällt, als bei einer CEM60-Montierung. Dafür kann sie nun bis zu 32 kg tragen (vorher waren es 27 kg). Da man die CEM60 bisher ohne Gegengewichte, aber mit Teleskop und Stativ in einem Stück nach draußen transportieren konnte, dürfte das geringe Mehrgewicht auch nicht so stark auffallen.

Die iOptron HAE69C wiegt hingegen nur 8,6 kg und schafft fast die gleiche Last mit 31 kg. Man ist daher eindeutig mobiler unterwegs. Und da die Sternfreunde im Allgemeinen auch nicht jünger werden, kommt das der Bandscheibe erheblich zugute. Mit Sicherheit ein wichtiger Grund, warum diese Montierungsarten gerade so beliebt sind. Im Gegensatz zu anderen Harmonic-Drive-Montierungen wird diese auch mit einem Handcontroller geliefert, was ich persönlich wichtig finde. Allerdings wurde auf das GPS-Modul verzichtet. Eine Nachfrage bei iOptron ergab, dass man dieses nicht mehr benötigen würde, weil man die Standortinformationen leicht über die App „Commander Lite“ auf seinem Smartphone übertragen kann. Eine nicht ganz nachvollziehbare Ausrede, da man auch eine CEM70G mit dieser App steuern kann. Und auch nicht ganz praktikabel, wenn man nicht vorhaben sollte die Montierung mittels Computer anzusteu-

ern. Die WLAN-Ansteuerung kann übrigens nur über den Handcontroller erfolgen, so dass dieser immer mitgenommen werden muss. Auch der elektronische Polsucher ist nur optional erhältlich. Man geht wohl einfach davon aus, dass der Besitzer einer solchen Montierung sowieso auf Plate-Solving und Lösungen wie die ASIair, N.I.N.A. oder KStars setzt. Immerhin kann man den Polsucher nachrüsten. Die Nachführgenauigkeit ist entgegen einer traditionellen Schneckenantriebsmontierung im Datenblatt wesentlich schlechter angegeben, was an der Antriebsart liegt. Des Weiteren wird aufgrund der kompakteren Bauweise wohl in den meisten Fällen eine Stativerweiterung notwendig werden. Diese baut man unter die Montierung, damit die aufgesattelten Teleskope nicht an die Stativbeine stoßen können. Allerdings kann so eine Zusatzausrüstung auch qualitative Probleme verursachen. Das erfuhr ich von einem anderen Stern-

freund, der keine runden Sterne mit der kleineren HAE43C-Montierung mit seiner Ausrüstung hinbekam, bis er die Stativerweiterung des Herstellers wegließ. Relativ neu auf dem Montierungsmarkt tummelt sich PegasusAstro. Die griechische Firma ist bisher hauptsächlich durch ihre USB-Control-Hubs aufgefallen, die gerne verwendet werden, um die Verkabelung und Ansteuerung von USB-Geräten zu erleichtern. Mit der NYX-101 hat man eine Montierung auf den Markt gebracht, die nur 6,4 kg wiegt und mit Gegengewicht ebenfalls 30 kg tragen soll. Bis 20 kg ist aber auch letzteres nicht notwendig. Auch hier ist eigentlich kein Handcontroller vorgesehen gewesen, wurde aber nachträglich entwickelt und kann daher optional dazu bestellt werden. Geliefert werden kann dazu auch ein leichtes Alustativ, das nur auf 2 kg kommt, aber ein Celestron C11-Teleskop tragen soll. Als weiteres Feature kann zwischen parallaktischem oder azimutalem Modus gewählt werden. Durch einen Sensor zur Messung des Luftdrucks zur Refraktionskorrektur soll die Montierung genauer arbeiten als herkömmliche Harmonic Drives. Hinzu kommt, dass es sich bei der Antriebsart um ein hybrides Schrittmotoren- und Riemensystem handelt. Daher wird die Nachführgenauigkeit im Datenblatt ähnlich gut wie bei der CEM70 angegeben. Das WLAN ist integriert und benötigt keinen Handcontroller. Da auf jeden Fall eine Harmonic-Drive-Variante ausprobiert werden sollte, entschied ich mich aufgrund der Lieferbarkeit erst einmal für die Pegasus Astro NYX-101.

Das Harmonic-Drive-Prinzip Aber wie funktioniert ein solcher Antrieb überhaupt und warum ist dieser für Montierungen im Einsatz? Die ersten Wellgetriebe in Serienproduktion stellte in den 1950er Jahren die Harmonic Drive SE aus Limburg unter dem Produktnamen bzw. der eingetragenen Mar-

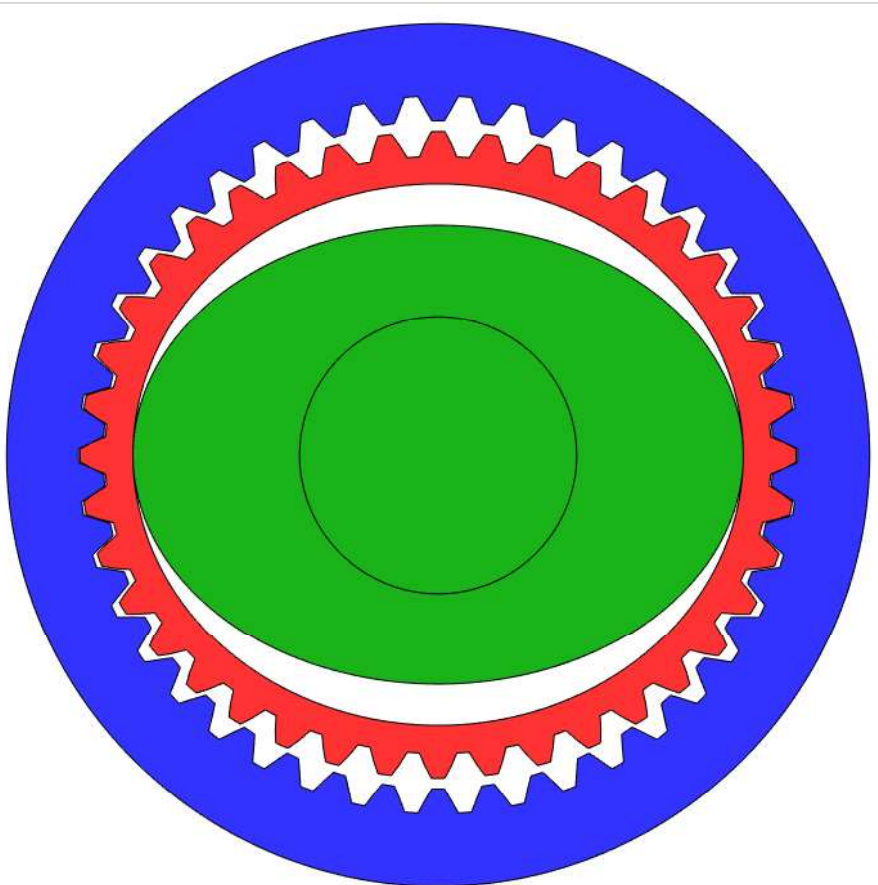


Abb. 2: Das Harmonic-Drive-Prinzip [6].



Abb. 3: Pegasus NYX-101 mit C11-Teleskop und dem PoleMaster von QHY.

ke Harmonic Drive her [5]. Das Prinzip wurde ursprünglich im Jahr 1955 von Clarence Walton Musser im Auftrag der NASA entwickelt. Anwendungen sind in der Robotik, Medizintechnik sowie in der Luft- und Raumfahrt zu finden. Beispiele in der Raumfahrt sind das Mondfahrzeug des Apollo-Raumfahrtprogramms und die Marssonden Spirit und Opportunity. Und neuerdings auch im Astronomie-Bereich bei Nachführmontierungen.

Das Harmonic-Drive-Prinzip besteht aus einem Spannungswellengetriebe, d.h. aus einem Getriebe mit einem elastischen Übertragungselement, welches sich durch hohe Übersetzung und Steifigkeit auszeichnet. Es besteht dabei aus drei Elementen, wie die Abbildung 2 zeigt:

- Wave Generator (grün): Eine elliptische Stahlscheibe mit aufgeschrumpftem speziellem Wälzlager, dessen dünne Laufringe ebenfalls verformbar sind, dient als Antrieb des Getriebes.
- Flex Spline mit Außenverzahnung (rot): Diese zylindrische Stahlbüchse ist ebenfalls verformbar und dient als Antrieb des Gewindes.
- Circular Spline mit Innenverzahnung (blau): Dieser zylindrische Außenring ist starr. Seine Außenzähne greifen mit denen der Flex Spline ineinander.

Die Außenverzahnung der Stahlbüchse hat weniger Zähne als die Innenverzahnung

des Außenrings. Häufig beträgt diese Differenz zwei Zähne. Somit vollführen Flex Spline und Circular Spline bei jeder Umdrehung eine Relativbewegung um zwei Zähne. Das Zusammenspiel sieht dabei wie folgt aus: die angetriebene elliptische Scheibe verformt die dünnwandige Stahlbüchse über den ebenfalls verformten Außenring des Kugellagers. Dadurch greift die Außenverzahnung der Stahlbüchse im Bereich der großen Ellipsenachse in die Innenverzahnung des Außenrings. Hält man den Außenring fest, bleibt bei einer Umdrehung der Antriebsscheibe die Stahl-

büchse (der Abtrieb) entsprechend der geringeren Zahl der Zähne gegenüber dem Außenring zurück. Das heißt, der Abtrieb dreht sich entgegengesetzt zum Antrieb und wesentlich langsamer als dieser. Durch die hohen Zähnezahlen der feinen Verzahnungen erhält man sehr große Untersetzungen. Zusätzlich beteiligen sich nur ca. 30 % der Zähne an der Kraftübertragung. Zusammen mit dem hohen Untersetzungsverhältnis ist das Wellgetriebe torsionssteif und nach Herstellerangabe langfristig spielfrei. Je nach Ausführung ist die Positioniergenauigkeit besser als 30 Bogensekunden. Das Getriebe ist kompakt und wartungsfrei.

Und damit kommen wir zu den Vorteilen einer solchen auf Harmonic-Drive basierenden Montierung: Es fällt praktisch kein Verschleiß mehr an, es müssen keine Fette erneuert werden und sie sind durch die hohen Untersetzungsverhältnisse sehr leistungsfähig, bei gleichzeitig geringem Gewicht. Das heißt, sie sind wartungsfrei und lassen sich leichter transportieren. Damit können auf Reisen oder im mobilen Einsatz größere Teleskope genutzt werden. Beispielsweise

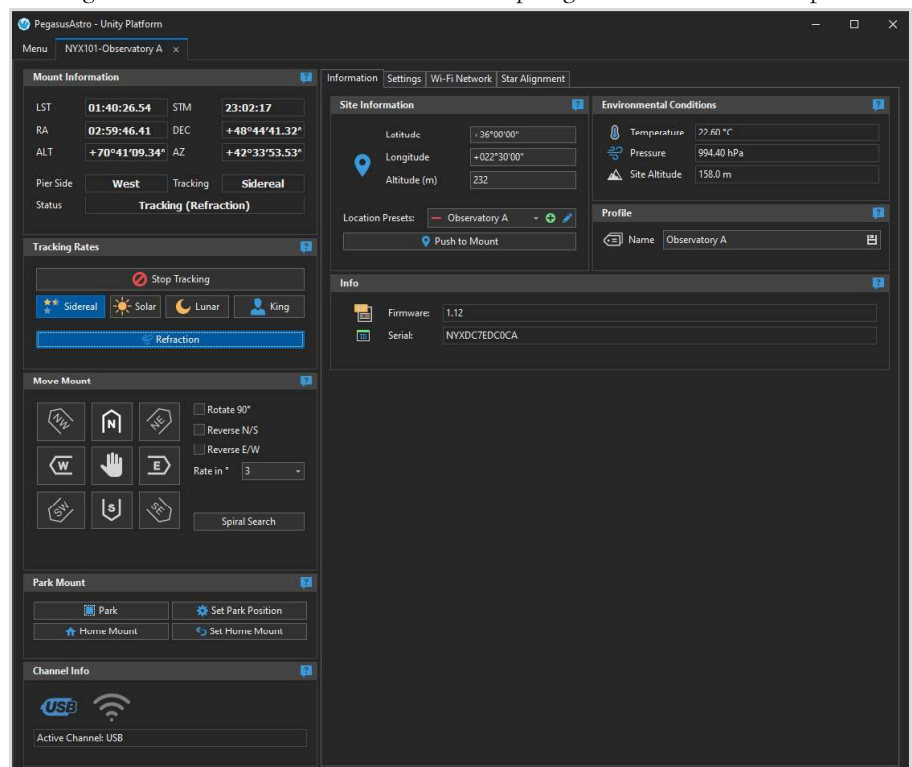


Abb. 4: Unity-Plattform von Pegasus für die NYX-101-Montierung.

kann meine mobile Montierung GEM28 mit Schneckenantrieb von iOptron eine Nutzlast von 12,7 kg tragen, bei einem Eigengewicht von 4,5 kg. Eine AM3-Montierung von ZWOptical wiegt hingegen 3,9 kg und kann ohne Gegengewicht 8 kg sowie mit Gegengewicht ebenfalls 13 kg tragen. Das mag auf den ersten Blick kein großer Unterschied sein, aber wenn man ohne Gegengewicht auskommen sollte, muss erheblich weniger zum Aufstellort getragen werden. Einziger Nachteil sind bislang die Kosten und der periodische Fehler gewesen. Die AM3-Montierung kommt beispielsweise auf einen periodischen Fehler von ± 15 Bogensekunden, während die GEM28 auf ± 10 Bogensekunden kommt. Der stark gesunkene Preis und die Kompaktheit haben viele Astrofotografen aber dazu verleitet eine Harmonic-Drive-Montierung zu kaufen. Denn im mobilen Einsatz oder im Flugzeug zählt jedes Kilogramm. Allerdings fehlt diesen Montierungen oftmals das klassische Leitrohr, die Handsteuerung, der Polsucher oder eine ST4-Schnittstelle.

Test der Pegasus NYX-101 Aufgrund der vielen guten Berichte zu Harmonic-Drive-Montierungen hatte ich mir die Pegasus NYX-101 (siehe Abbildung 3) von Teleskop-Service Ransburg [7] zum Test kommen lassen, mit einer erheblich längeren Rückgabedauer. Denn so ein Test hängt natürlich viel vom Wetter ab und kann dann schon mal 4-6 Wochen dauern. Es wurde dazu noch das leichte 2kg-Alustativ mitgeliefert sowie der PoleMaster von QHY, der einen elektronischen Polsucher beinhaltet. Denn dieser ist nicht standardmäßig enthalten, sondern ist nur optional vorgesehen. Somit konnte dieser auch gleich in den Test einbezogen werden, da ich bisher noch keine Erfahrung mit elektronischen Polsuchern machen konnte. Da die CEM70G-Montierung die iPolar-Variante von iOptron mit an Bord hatte, wird

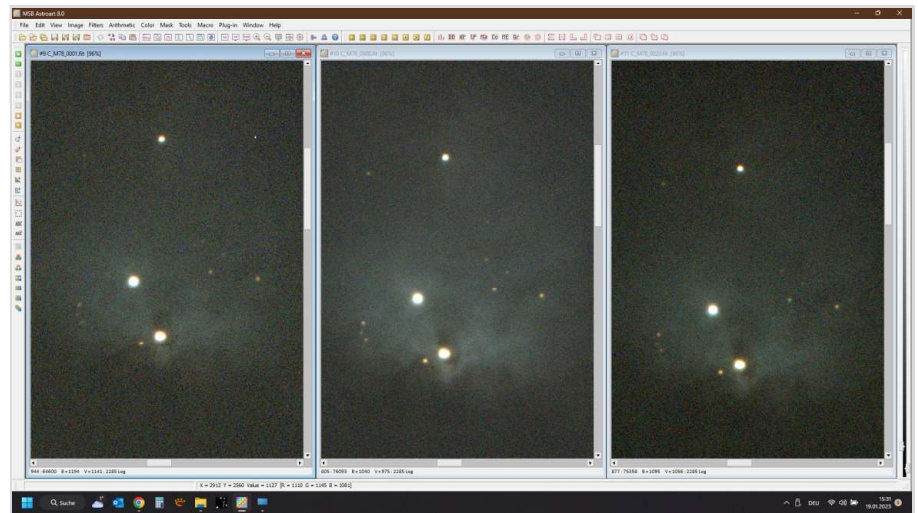


Abb. 5: 5min-Belichtung mit 10" Meade ACF mit Reducer, 2 m Brennweite, Kamera ASI2600MC [8].

es an späterer Stelle auch einen kurzen Vergleich beider Lösungen geben.

Alle Teile kamen gut verpackt bei mir an. Die Qualität kann dabei als sehr hochwertig beschrieben werden. Alle Komponenten machten einen soliden Eindruck. Allerdings wurde eine Anleitung vermisst. Da es aktuell noch keinen Adapter für mein Berlebach-Stativ von Pegasus gab, wurde die NYX-101 parallel zu meiner noch bestehenden CEM60-Montierung (zum Entsetzen meiner Frau) im Wohnzimmer aufgebaut. Das hatte schon mal den Vorteil, dass man beide Montierungen bei gutem Wetter parallel nutzen konnte. Eine Handbox wurde nicht mitgeliefert, da diese zu diesem Zeitpunkt nicht vorrätig war, weshalb die Montierung mittels iPad-Tablet bedient werden musste. An dem vorhandenen ST4-Anschluss hätte sie angeschlossen werden können, denn es gibt leider keine separate Schnittstelle für sie. Daher muss man sich entscheiden, ob man die Handsteuerung nutzen möchte oder das Autoguiding. Eine nicht sehr praktikable Lösung wie ich finde. Wahrscheinlich hat sich der Hersteller gedacht, dass die Handsteuerung sowieso nur bei visueller Beobachtung zum Einsatz kommen wird. Da diese aber nun sowieso nicht vorhanden war, mussten alle Angaben über das Tablet vorgenommen werden. Dafür wird

es mit dem integrierten WLAN mit der Montierung verbunden. Leider hat man dadurch aber keinen gleichzeitigen Internet-Zugang mehr, so dass man bei einem nächtlichen Einsatz ggf. hin- und herschalten muss. Zudem gestaltet sich die Eingabe neuer Objekte nicht sehr handhabungsfreundlich. Möchte man beispielsweise NGC 6888 anfahren, kann man die Zahl nicht eingeben, sondern muss durch den gesamten NGC-Katalog von 1 bis 6888 scrollen. Auch diese Vorgehensweise scheint der Hersteller nicht eingeplant zu haben. Die Montierung wurde nun auf das Alustativ gesetzt und der elektronische Polsucher verbunden. Dabei fiel auf, dass die Stativbeine sehr weit auseinanderstehen, da man die Stabilität aufgrund des geringen Gewichts nicht anders herstellen kann. Das nahm nicht nur viel Platz im Wohnzimmer ein, sondern machte es auch schwierig mit dem Stativ durch die Terrassentür zu kommen. Schließlich will man nicht immer alle Teile neu zusammenbauen, wenn es draußen mal wieder schön ist, sondern einsatzbereit loslegen.

Dann kam die erste Nacht und das Celestron C11 wurde auf die Montierung gesetzt, was statisch keinerlei Probleme machte. Es war nur ein bisschen fummelig, weil der Sattel für die Teleskopschiene wesentlich kleiner war, als bei meiner



Abb. 6: Montierungen iOptron CEM70 und CEM60 im direkten Größenvergleich [10].

bisherigen Montierung. Ein Gegengewicht war nicht notwendig, da die NYX-101 ja ohne bis zu 20 kg tragen kann, so dass nur 8,4 kg ohne Teleskopgewicht nach draußen getragen werden musste. Bei meiner CEM60 waren das immerhin 22 kg mit dem Berlebach-Stativ. Die Montierung wurde eingeschaltet und die Einnordung über den PoleMaster von QHY vorgenommen (die Handhabung wird später beschrieben). Nun wurde über das One-Star-Alignment am Tablet der erste Stern angefahren, wobei es hier keine Vorschläge gab, wie man das bei iOptron gewohnt war. Leider wurde aber kein Stern im Sucher angezeigt, da die Einnordung in der ersten Nacht wohl nicht ausreichend gut war. Das iPad-Tablet als Handsteuerungersatz zu nehmen war auch nicht zufriedenstellend, denn es gab z.B. keine Rotlichtdarstellung der App und durch das automatische Drehen des Bildschirms änderten sich die Steuerungstasten permanent. Dann setzte die Nachführung auf einmal aus und ließ sich nicht mehr einschalten. Die erste Nacht ging daher ohne Bildergebnisse zu Ende, da ich nach einigen Stunden lieber die gewohnte CEM60-Montierung laufen ließ, um wenigstens ein Bildresultat zu

bekommen.

In der zweiten Nacht lag das One-Star-Alignment erneut deutlich neben dem angefahrenen Stern. Außerdem stimmte die Uhrzeit der Montierung noch nicht. Nur über den Laptop über die Unity-Plattform-Software (siehe Abbildung 4) war eine manuelle Eingabe möglich. Allerdings wurden die GPS-Koordinaten mit der richtigen Uhrzeit nur vom iPad übernommen und nicht über die Laptop-Anwendung. So musste mit zwei Applikationen hantiert werden, was der Benutzerfreundlichkeit nicht entgegenkam. Zusätzlich kam es vor, dass das Tracking eines Sterns plötzlich von der Montierung ausgeschaltet wurde, so dass er wieder aus der Nachführung glitt. Als endlich alles eingestellt werden konnte, gestaltete sich die manuelle Fokussierung schwierig. Denn das Alustativ vibrierte stark dabei, was eine ruhige Fokussierung unmöglich machte. Leichte Stative haben also auch gewisse Nachteile. In diesem Fall hätte man dies nur durch einen Motor-Focuser kompensieren können. Ein weiterer Handhabungsnachteil war, dass man wieder die Montierung in die Home-Position fahren musste, wenn ein One-Star-Alignment nicht erfolgreich

war. Das war zum einen umständlich und zum anderen machte dies eine Ausrichtung an mehreren Sternen über diese Art unmöglich. Es konnten daher wieder keine Bildergebnisse erzielt werden.

In der dritten Nacht wurde das C11-Teleskop gegen das kleinere RedCat71 mit geringerer Brennweite von 350 mm ausgetauscht, um den Schwierigkeitsgrad zu verringern. Die Einnordung klappte nun einwandfrei und relativ schnell. Danach konnte ein Stern angefahren und ein neues Objekt angesteuert werden, bevor ein neues Problem auftauchte: das Autoguiding über die M-GENV4 ließ sich nicht aktivieren. Die Montierung besitzt zwar eine ST4-Schnittstelle, aber es konnten keine Guiding-Kurven von der M-GENV3 generiert werden. Nach einem Neustart gab es zwar welche, die aber sehr schlechte Werte besaßen und danach ganz zusammenbrachen. Zu viele Nachführaussetzer ließen den Schluss aufkommen, dass die ST4-Schnittstelle vom Hersteller nicht getestet wurde und man der Meinung war, dass das Autoguiding sowieso mittels PHD2-Guiding über die USB-Schnittstelle laufen wird. Auch in der vierten Nacht konnten die Probleme nicht gelöst werden. Im Gegenteil, es kamen noch neue hinzu. So schien auch das One-Star-Alignment nicht korrekt funktioniert zu haben, da die neue Position des Sterns nicht übernommen und das eingestellte Objekt nicht getroffen wurde. Da das Autoguiding nach wie vor nicht lief, wurde eine Testaufnahme mit 3 min Belichtungszeit erstellt, die aber starke Sternstrichspuren erzeugte, obwohl „King“ als Nachführung ausgewählt wurde (siehe Abbildung 4). Dieser Modus wurde entwickelt von Pegasus, um die atmosphärische Refraktion bei der Nachführtrate zu berücksichtigen und soll daher am genauesten nachführen. Aufgrund der ernüchternden Ergebnisse wurde der Hersteller wegen der ST4-Schnittstelle und der M-GENV3 abschließend kontaktiert.



Abb. 7: CEM70G-Montierung von iOptron auf Berlebach-Planet-Stativ und Celestron C11-Teleskop.

Der Support antwortet daraufhin, dass es keine Erfahrung mit der M-GENV3 gibt und damit anscheinend auch nicht mit der Nutzung der ST4-Schnittstelle. Es wurde von der Verwendung eines Leitrohrs abgeraten, da Harmonic-Drive-Montierungen besser mit kurzen Belichtungszeiten von 1 Sekunde klarkommen würden, die mit einem Off-Axis-Guider (OAG) und Fehlerkompensationsalgorithmus wie PPEC in PHD2 besser laufen.

Durch diese Rückantwort ließ ich weitere Tests aus, denn ich nutze keinen OAG, sondern immer die Leitrohrtechnik. Es war auch frustrierend genug gewesen, dass man in vier Nächten keinerlei Ergebnisse erzielen konnte. Trotzdem kann man mit der Pegasus NYX-101 gute Ergebnisse erzielen, wie ein Thread des Forums astronomie.de zeigte [8]. Dort wurde eine 5-Minuten-Belichtung mit 2 m Brennweite gezeigt, in denen die Sterne sehr gut nachgeführt wurden. Der

Anwender stellte dabei fest, dass die Nachführung ähnlich gut lief, wie bei seiner vorherigen CEM60-Montierung. Er war daher mit der Montierung sehr zufrieden, obwohl er auch andere Schwächen aufdeckt. Grundsätzlich kann man festhalten, dass dieser Montierungstyp auf Plate-Solving-Lösungen getrimmt wurde und nicht auf die Nutzung von Handsteuerung und Polsucher.

Test der iOptron CEM70G Daher ging die Pegasus NYX-101 wieder zum Händler zurück und eine weitere zum Testen wurde bei Teleskop-Service Ransburg [7] geordert. Geplant war die HAE69 von iOptron kommen zu lassen – nur leider war diese zu diesem Zeitpunkt nicht lieferbar. Zudem gab es die erste Einschätzung des YouTubers Dark Sky Greek, der in einem Review die Montierung gegen seine bisherige CEM70 verglich [9]. Im Praxistest wurden von ihm einige Schwächen offenbart, wie ein hohes DEC-Spiel, eine nicht ausreichend gute Einnordung und ein großer periodischer Fehler trotz RA-Encoder. Er kam aufgrund seines persönlichen Fazits zu dem Schluss, dass er bei

seiner CEM70 bleiben und auf verbesserte Harmonic-Drive-Versionen warten wird. Daher wollte ich dem Nachfolger meiner CEM60 als erstes eine Chance geben. Abbildung 6 zeigt beide Montierungen im direkten Größenvergleich. Man sieht daran, dass das Grundprinzip erhalten geblieben ist, aber die CEM70 noch etwas größer, solider und schwerer ist. Die Verarbeitung hat nochmals positiv zugelegt und der visuelle Polsucher wurde gegen einen elektrischen getauscht. Neu an den Magnetschaltern ist, dass man sie jetzt exakt schalten kann (ein/aus). Das war früher durch die Drehschalter so nicht möglich. Bei der Lieferung ist keine Gebrauchsanleitung mehr vorhanden. Bedienungsanleitungen werden aber von iOptron im ausreichenden Maße auf der Herstellerseite elektronisch zur Verfügung gestellt. Vorteilhaft war, dass man die Montierung direkt auf das Berlebach-Stativ aufsetzen konnte, so dass eine solide Plattform zur Verfügung stand.

In der ersten Nacht ging die Einnordung über den elektronischen Polsucher iPolar sehr schnell, im Gegensatz zu den vorherigen Versuchen mit dem PoleMaster.



Abb. 8: Beispielbild des Kleinen Hantelnebels (M 76), nachgeführt mit der Montierung CEM70G.

Die Montierungsbasis bot zudem ein einfaches Justieren der Azimut-/Alt-Schrauben an (siehe Abbildung 6). Die USB3-Treiber wurden automatisch installiert und funktionierten sogar noch unter Windows 7. Danach wurde das gewohnte One-Star-Alignment durchgeführt, dass die Sterne Deneb oder Vega sofort fand und mittig im Sucher anzeigte. Die Guiding-Werte lagen bei $< 3,5$ arcsec (RA/DEC), während die Autoguiding-Werte bei $< 0,5$ (RA/DEC) lagen. Es kamen runde Sterne bei allen Aufnahmen heraus, ohne jeglichen Ausschuss. Es funktionierte damit alles auf Anhieb – ein Traum!

Ein weiterer positiver Nebeneffekt war, dass man die gekühlte Astrokamera direkt am Teleskopsattel anschließen konnte. Dadurch entfiel ein weiteres Netzteil, da sich die Kamera den Strom ohne Kabelsalat direkt von der Montierung holte. Das USB3-Kabel wurde vom Teleskopsattel direkt mit dem Laptop verbunden, wodurch alle relevanten Systeme (z.B. Kamera, Auto-Focuser) miteinander verbunden waren. Das Kabelmanagement wurde dadurch wesentlich einfacher. Die M-GENV3 lief an der ST4-Schnittstelle die ganze Nacht ohne Störung durch, bei gleichzeitig hoher Genauigkeit. Störungen im Guiding konnten nicht beobachtet werden. Es wurden mehrere Objekte ausgesucht für die Testaufnahmen. Ein Beispiel zeigt die Abbildung 8 mit dem Kleinen Hantelnebel (Messier 76). Dieser wird zu Unrecht weniger aufgenommen, da man dafür bereits eine höhere Brennweite benötigt. Daher kam dieses Objekt gerade recht, um die Nachführleistung beurteilen zu können. Mit einer Brennweite von 1.764 mm wurde dieses Objekt mit einem Celestron C11-Teleskop und dem Reducer Starizona 0.63x SCT-CORRECTOR-IV aufgenommen. Es wurden 64 Aufnahmen á 5 min belichtet und zu einem Gesamtergebnis vereint. So entstand eine 5,5 Stunden Gesamtbelichtung. Die Sterne blieben bei allen

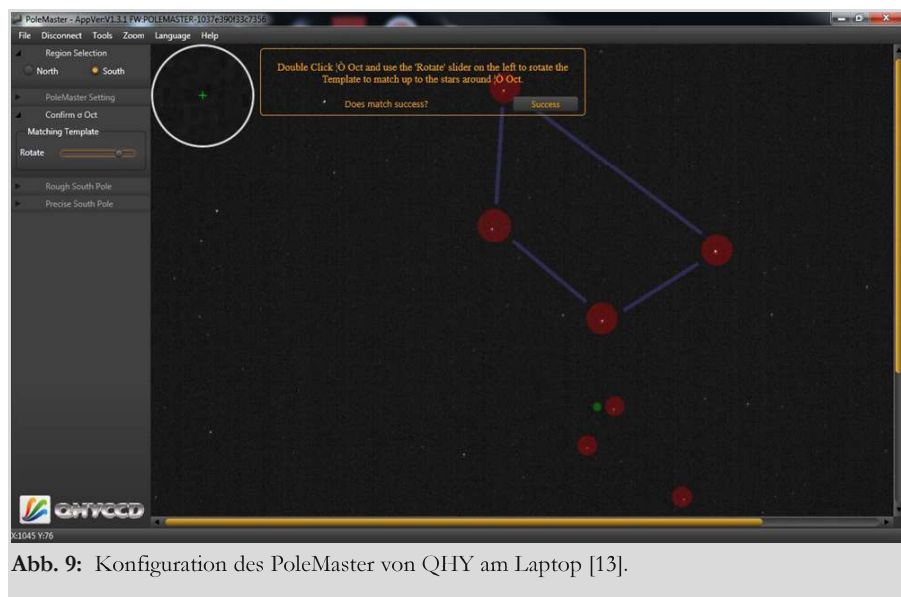


Abb. 9: Konfiguration des PoleMaster von QHY am Laptop [13].

Lightframes rund – es kam zu keinerlei Ausschüssen. Als Fazit konnte gezogen werden, dass die CEM70G zwar ein bisschen schwerer ist, als die CEM60, aber immer noch mit Teleskop und Stativ tragbar blieb. Dafür machte sie qualitativ einen noch besseren Eindruck. Die Motoren schienen lauter als bei der CEM60 zu sein, was an der größeren Dimensionierung liegen mag. Durch die Kraftreserven musste das Teleskop zudem nicht immer exakt ausbalanciert werden. Die Magnetschalter schalteten exakt und hielten den Backlash-Fehler gegen Null. Es gab daher keine Nachteile auszumachen. Auch nicht in der Handhabung, da sowohl die Handsteuerung genutzt werden konnte, als auch eine direkte WLAN-Anbindung der Montierung möglich war. Durch die App „Commander Lite“ auf dem Smartphone konnte so die Montierung gesteuert oder alternativ mit GPS-Informationen versorgt werden.

PoleMaster versus iPolar Bleibt noch die Handhabung des elektronischen Polsuchers zu klären. Grundsätzlich wird von mir eigentlich ein visueller Polsucher bevorzugt, da ich im Feld keinen Laptop für die Einnordung anschließen möchte. Denn mobil wird ausschließlich mit einer DSLR-Kamera fotografiert, die mittels M-GENV3 angesteuert wird. Von daher

war ich eher skeptisch, ob dies nicht eine weitere Komplexität schaffen würde. Dies schien sich bei der Nutzung des PoleMaster von QHY auch zu bewahrheiten. Denn die erste Einnordung damit dauerte ein paar Stunden, war nicht unbedingt selbsterklärend durch die Anleitung und kompliziert. Das lag zum einen an der sehr knappen Bedienungsanleitung und zum anderen an der fehlenden Plate-Solving-Unterstützung. Erst beim Stöbern auf YouTube kam man nach einiger Zeit hinter die Logik. Der Stern Polaris wird nämlich nicht automatisch erkannt, sondern muss durch eine Prozedur erst ermittelt werden. Das heißt, man muss durch die Live-Aufnahme der Kamera zuerst Polaris bestimmen, was beim ersten Mal nicht so einfach ist. Wenn man sich nicht sicher ist, ob man Polaris erkannt hat, wird vom Hersteller empfohlen ein Bild von der Aufnahme abzuspeichern und in ein Plate-Solving-Programm einzulesen. Danach sollte Polaris mit einem Doppelklick bestätigt werden und es erscheint ein sog. Overlay mit verschiedenen Kreisen, das mit den Nachbarsternen von Polaris in Deckung gebracht werden müssen. Anschließend soll man sich einen hellen Stern in der Nähe von Polaris heraussuchen und diesen ebenfalls mit einem Doppelklick bestätigen. Nun wird die Montierung um

ca. 15 Grad mittels Handsteuerung gedreht, um die mechanische Drehachse zu bestimmen. Danach soll der helle Stern wieder bestätigt werden und der Vorgang wird noch zweimal wiederholt. Es taucht nun ein grüner Kreis mit dem hellen Stern auf dem Bildschirm auf. Der Mittelpunkt des Kreises ist die Stelle, an der sich nach Ansicht der Anwendung nun das Zentrum der Drehung befindet (siehe Abbildung 9). Der helle Stern muss sich nun um eine Kreisbahn um Polaris drehen. Wenn das der Fall ist, muss das wieder bestätigt werden. Wenn nicht, muss die Prozedur wiederholt werden. Danach wird Polaris erneut bestätigt und das Overlay der Kreise überprüft. Es wird nun die Montierung durch Verstellen der Azimut- und Höheneinstellschrauben an dem kleinen grünen Kreis ausgerichtet. Anschließend wird auf „Start Monitor“ geklickt, um die Feinausrichtung umzusetzen. Diese ist erreicht, wenn der kleine grüne Kreis mit dem kleinen roten Kreis aufeinander ausgerichtet ist. Gelingt die Gesamtprozedur nicht, muss man sie komplett wiederholen. Das war der Grund, warum in der ersten Nacht der Alignment-Stern nicht gefunden werden konnte, da die Einnor-

dung mittels PoleMaster von mir nicht korrekt durchgeführt wurde. Im Laufe der Zeit wurde durch mehr Übung die Einnordung schneller, so dass man hiermit auch zum Ziel kam. Aber man merkt an der Beschreibung schon, dass hier einige Schritte durchlaufen werden müssen, um eine Polausrichtung hinzubekommen.

Der elektronische Polsucher iPolar basiert hingegen auf einer Plate-Solving-Technik. Das heißt, der Stern Polaris wird direkt erkannt und die Verschiebung zur Polachse sofort auf dem Laptop durch das Kreuz und den Kreis dargestellt (siehe Abbildung 10). Bei der ersten Nutzung muss noch ein Dunkelbild angefertigt werden, um das Rauschen zu minimieren und die Sternerkennungsrate zu verbessern. Dieses kann anschließend immer wieder verwendet werden. Das angezeigte Kreuz zeigt im Übrigen das Kamerazentrum an, während der rote Kreis den virtuellen Pol darstellt. Danach muss das Kreuz nur mit dem Kreis in Deckung gebracht werden. Nähert man sich dem Kreis, wird automatisch eine Vergrößerung angezeigt (siehe Abbildung 11), um diesen Vorgang noch komfortabler zu gestalten. Wenn beides deckungs-

gleich übereinanderliegt werden Kreuz und Kreis grün dargestellt.

Mittels der Justage-Schrauben der CEM70G-Montierung ist der gesamte Vorgang genauso schnell umsetzbar, wie mit einem visuellen Polsucher. Nur muss dafür keine Kopfverrenkung mehr vorgenommen werden, um durch den Polsucher zu blicken, da man bequem auf den Laptop blicken kann. Kameratreiber müssen ebenfalls nicht installiert werden, wie beim PoleMaster, sondern nur das Programm selbst, welches die gesamte Nachtsession mitlaufen kann, um die Polausrichtung kontinuierlich zu monitorieren. Denn die einzelne USB3-Verbindung an der Montierung kann neben der Kamera und dem Autofocuser auch das iPolar weiter ansteuern bzw. im Auge behalten. Das war beim PoleMaster mit dem Pegasus NYX-101 nicht möglich, da man entweder den elektronischen Polsucher oder die Aufnahmesoftware nutzen konnte. Das liegt wahrscheinlich daran, dass die Pegasus-Montierung den Polsucher nur als optionalen Bestandteil sieht und bei der CEM70G-Montierung dieser bereits integriert verbaut wurde und zum Gesamtkonzept gehört. Ein Vergleich beider Polsucher wurde auch in dem YouTube-Video von Astrozeugs [12] vorgenommen. Hier kommt der Autor zu den gleichen Schlüssen und bevorzugt klar die iPolar-Lösung von iOptron. Katja Seidel beschreibt auf ihrer Webseite ebenfalls den iPolar, was ebenfalls lesenswert ist [11]. Hieraus sind auch die Abbildungen der iPolar-Applikation entnommen worden.

Gesamtfazit Nach dem Test der CEM70G war für mich der Entschluss klar, dass ich erst einmal keine weitere Harmonic-Drive-Montierung testen werde. Denn die CEM70G hat für mich keine Nachteile offenbart. Anscheinend wurde das sehr gute Konzept der CEM60, auf dem alle nachfolgenden Center-balanced-Equatorial-Mount-Ge-



Abb. 10: Konfiguration des iPolar von iOptron am Laptop [11].

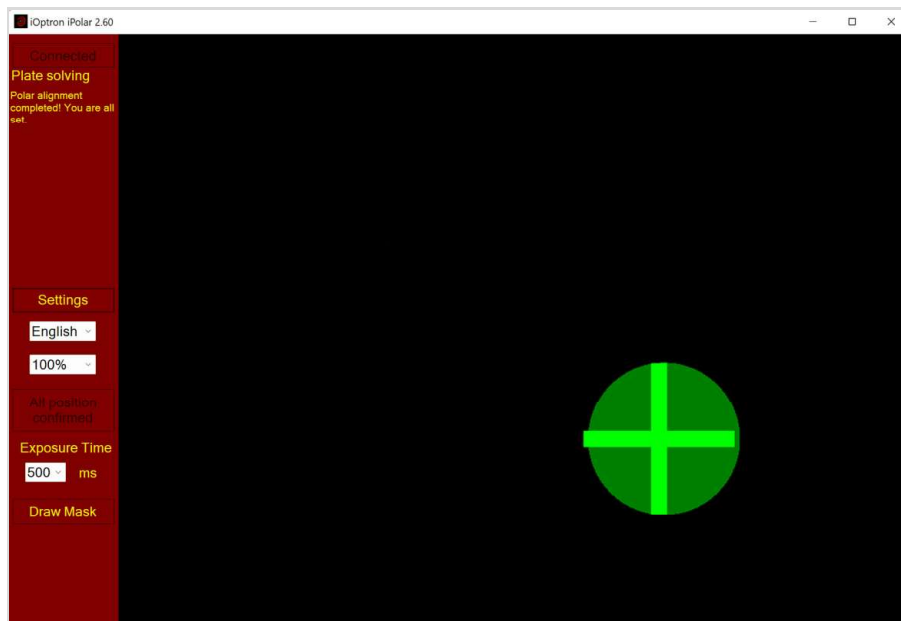


Abb. 11: Endausrichtung der iPolar von iOptron [11].

räte von iOptron basieren, noch weiter verbessert und auch die mechanischen Nachteile beseitigt. Einzig das Gewicht wurde dadurch leicht erhöht, was aber die Transportabilität nicht verschlechterte. Hinzu kommt, dass die neuen Harmonic-Drive-Montierungen (ZWOptical AM5, iOptron HAE69, Pegasus NYX-101, Proxisky UMi17) nicht alle die gleiche Qualität zu haben scheinen. Zudem tauchen neue Montierungshersteller am Markt auf, die anscheinend zu wenig Erfahrung mit bedienungsfreundlichen Konzepten haben oder sich schlichtweg nicht mehr an den traditionellen Goto-Steuerungen orientieren. Man geht einfach davon aus, dass man mittels ASiAir oder anderer kompakter Computer-Ansteuerungen keinen Polsucher und Handsteuerung beim Anwender mehr benötigt. Daher ist ein Polsucher meistens nicht vorgesehen und eine GPS-Integration ist ebenfalls nicht vorhanden, da man von einer Smartphone-Ansteuerung ausgeht. Das ist aus meiner Sicht etwas zu einseitig gedacht, da man bei rein visueller Beobachtung eine Handsteuerung schon gut gebrauchen könnte. Der Hersteller iOptron bietet diese daher auch nach wie vor bei seinen Harmonic-Drive-Montierungen an, während andere

Hersteller keine haben oder diese nur optional im Programm haben.

Was auch noch nicht optimal ist bei Harmonic-Drive-Montierungen ist die Nachführgenauigkeit. Diese liegt bisher bei schlechteren Werten, als bei herkömmlichen Schneckenantrieben. Und das Autoguiding muss diese Art der etwas rauerer Nachführung auch beherrschen, was andere Parameter-einstellungen beinhaltet. Eine schnelle Reaktion des Autoguiders ist auf jeden Fall eine wichtige Voraussetzung dabei. Wenn man also viel Wert auf einen leichten Transport

der Montierung legt und darauf angewiesen ist aufs Feld zu fahren, macht eine Harmonic-Drive-Montierung sicherlich Sinn. Für Sternwarten oder den mobilen Standort des eigenen Gartens ist dieses Kriterium nicht ausschlaggebend. Hier sollte Genauigkeit vor Transportfähigkeit gehen, weshalb man hier immer noch getrost zu den Schneckenantrieben greifen sollte. Diese sind zudem ausgereifter und bieten bisher ein besseres Gesamtkonzept was die Handhabung angeht. Was sich später durchsetzen wird, wird sich zeigen. Aus meiner Sicht wird es ein nebeneinander geben, da beide Montierungskonzepte ihre Vor- und Nachteile besitzen.

Literaturhinweise

- [1] Herstellerseite von iOptron: <https://www.ioptron.com>
- [2] Herstellerseite von ZWOptical: <https://www.zwoastro.com>
- [3] Herstellerseite von Proxisky: <https://www.proxisky.com>
- [4] Herstellerseite von PegasusAstro: <https://www.pegasusastro.com>
- [5] Herstellerseite von Harmonic Drive SE: <https://harmonicdrive.de>
- [6] Harmonic-Drive-Prinzip, Wikipedia: https://de.wikipedia.org/wiki/Harmonic_Drive
- [7] Homepage von Teleskop-Service Ransburg: <https://www.teleskop-express.de>
- [8] Stefan Lilge: https://forum.astronomie.de/media/nyx_m78-5min-jpg.53176/
- [9] Dark Sky Greek: iOptron HAE69C Montierungsreview auf YouTube vom 18. Juni 2024: <https://www.youtube.com/watch?v=9P37xXVRCvA>
- [10] <https://forum.astronomie.de/threads/neue-montierung-cem70.288297/>
- [11] Homepage von Katja Seidel: iOptron iPolar – was taugt der elektronische Polsucher: <https://nacht-lichter.de/ipolar>
- [12] Astrozeugs: QHY Polemaster vs iOptron iPolar - Welcher elektr. Polsucher ist besser? <https://www.youtube.com/watch?v=SrUrJ7HF7Ts>
- [13] Homepage von David Lloyd-Jones: <https://www.davidlloydjones.com/polemaster.html>