Der Teleskop Drive Master TDM v.2.2 von Fa. MEADE

Ein Praxistest von Andy Bender

Der Traum eines jeden Astrofotografen ist eine perfekt funktionierende Nachführung an seiner Montierung ohne oder mit minimalstem periodischem Fehler. Bis dato galt dies als unrealistisch da alle mechanischen Komponenten einer Montierung (Schnecke und Schneckenrad) Fehler beinhalten, welche sich summarisch zu den uns bekannten periodischen Fehler bei Montierungen aufaddieren. Manch ein Amateurastronom ist froh wenn seine Montierung einen annähernd sinusartigen Verlauf des periodischen Fehlers aufweist und dieser in Summe kleiner 10 Bogensekunden ist.
Laut der Fa. MEADE Instruments Europe GmbH ist dieser Traum nun zur greifbaren Realität geworden da man nun in der Lage ist mit einem Zusatzgerät all diese Fehler an seiner Montierungen zu eliminieren!

Der **T**elescope **D**rive **M**aster TDM v.2.2 von Meade ermöglicht nun die Minimierung des periodischen und aperiodischen Fehlers einer elektronisch angetriebenen Montierung mit Autoguideranschluss ohne die Verwendung eines Autoguiders, laut Herstellerangaben, auf kleiner eine Bogensekunde in p-v Amplitude! Alleine diese Tatsache machte neugierig und sollte anhand verschiedener, dafür geeignete Montierungen geprüft werden.

Die Fa. MEADE Instruments Europe GmbH stellte mir freundlicherweise einen TDM Version 2.2 welcher nun auch Autoguiderfähig ist, inklusive Adaptionen für eine Losmandy G11 – Gemini und eine Skywatcher HEQ-5 Montierung (alte Version schwarze Baureihe) zur Verfügung.

1.) Einführung:

Der TDM, früher bekannt als PEC-Watcher wurde in Ungarn durch Attila Màdai entwickelt und wurde seit Winter 2007 über seine Fa. MDA-TelesCoop Llc kommerziell vertrieben. Der TDM ist als Stand alone konzipiert, womit am auch im Feld keinen PC zum betreiben des TDM an der Montierung benötigt wird. Alleine ein 12V Anschluss wird zum Betrieb des TDM v2.2 benötigt, auch der Stromverbrauch mit 0,11-0,17A ist als gering einzustufen. Fa. MEADE Instruments Europe GmbH übernahm alle weltweiten Marketing, Verkaufs- und den Vertriebsrechte des Telescope Drive Master kurz TDM. Die TDM Version 2.2 ist die zweite auf dem Markt und unterstützt nun auch den Einsatz eines Autoguiders.
Der Listenpreis des TDM v.2.2 wird bei MEADE mit EUR 1.349,- und die Adaptionen für die HEQ-5 mit EUR 269,- und der Losmandy G11 mit EUR 315,- angegeben.

Der TDM wird von MEADE in zwei Päckchen geliefert, wobei der TDM, Heidenhain Encoder , Strom- und Anschlusskabel in einem und die Adaption an die Montierung in einem zweiten Päckchen untergebracht sind.

Der TDM besteht im Wesentlichen aus drei Teilen:

- Der Heidenhain Encoder
- Der TDM v2.2 mit entsprechenden Anschlusskabel
- Der Adaption an die Montierung

Abbildung 1: Heidenhain Encoder
Abbildung 2: TDM v2.2 mit entsprechenden Anschlusskabel
Abbildung 3: Spindel und Halterung für Montierung Skywatcher HEQ-5
Abbildung 4: Spindel und Halterung für Losmandy G11

Der TDM bildet einen Regelkreis an der Montierung, wobei der Heidenhain Encoder in Echtzeit Unregelmäßigkeiten in der Bewegung der RA-Achse mit einer minimalen Auflösung von 1/8 Bogensekunden aufnimmt und diese an den TDM weiterleitet. Der TDM gibt dann an den RA-Schrittmotor entsprechende Steuersignale zur Korrektur weiter. Zusätzlich bietet der TDM die Möglichkeit auch die Messsignale über einen PC am TDM Monitor, welcher kostenfrei downloadbar ist, darzustellen.

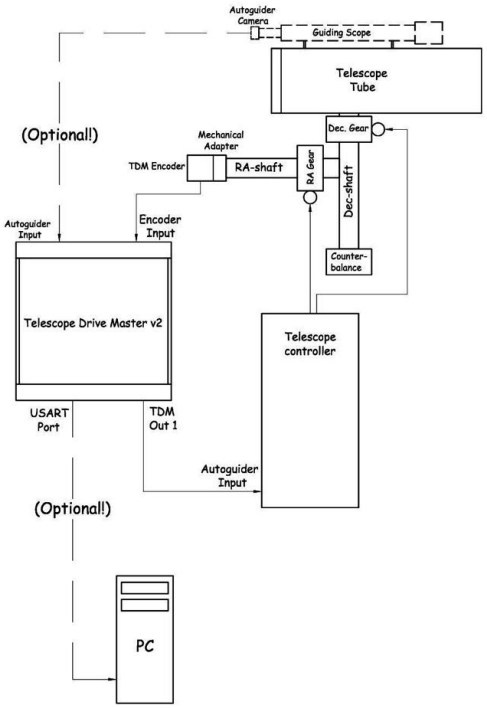


Abbildung 5: Anschluss des TDM am Teleskop

Der TDM ist theoretisch für alle Montierungen mit elektrischem RA-Antrieb und Autoguider Eingang geeignet. Aufgrund der Mindeststabilität einer Montierung und des Verkaufspreises des TDM werden Adaptionen erst ab der Montierungsklasse Skywatcher HEQ-5 aufwärts sinnvoll und somit auch angeboten. Eine Liste der zurzeit adaptierbaren Montierungen und Autoguider ist im sep. Kasten ersichtlich.

2.) Testaufbau für den TDM v.2.2 an der HEQ-5 und der G11

Für den Test des TDM wurden zwei Montierungen ausgewählt, wobei man sich für die kleinste, noch zulässige Montierung, der Skywatcher HEQ-5 (alte Bauweise schwarz) und der Mittelklasse Montierung Losmandy G11 Gemini (neue Version) entschied. Die alte Baureihe der Skywatcher Montierung HEQ-5 hatte noch keinen Autoguider Port, wobei hier ein separater Autoguider SBIG ST-4 Eingang in die Handsteuerbox nachgerüstet wurde.

Der TDM sollte an beiden Montierungen seine nächtliche Einsatzfähigkeit, insbesondere auch im Zusammenspiel mit einem Autoguider, der SBIG ST-4, speziell an der Losmandy G11 Gemini unter Beweis stellen.
Während des Betriebes des TDM v.2.2 an der Montierung wird einmal der periodische Fehler mittels TDM Monitor direkt vom TDM und weiterhin zeitgleich über eine Webcam und der Software K3CCD-Tools Version 1.1.7.549 am PC vom Teleskop aufgezeichnet und ausgewertet.

Der Test hat folgende Schwerpunkte:
- Einfluss des TDM auf die Montierung in Bezug auf den Periodischen Fehlers (PE)
- Untersuchung der Messergebnisse des TDM Monitor mit den Ergebnissen welche am Teleskop ermittelt werden.
- Zusammenspiel des TDM mit einem Autoguider am Teleskop

Weiterhin werden noch nächtliche Vergleichsbilder mit und ohne zusätzlichen Autoguider durchgeführt.
Die maximale Testphase in der Praxis wurde auf 8-10min beschränkt da die Belichtungszeit selten längere Zeiten zulässt.
Als optische Geräte wurden für beide Montierungen die gleichen Teleskoppaare verwendet. Für den Autoguider ST-4 von SBIG wurde eine „Russentonne“ ein Maksutov System mit f:1000mm f/10 und für die Webcam eine Philips ToUCamPCVC 740K bzw. für die Astroaufnahmen eine EOS 350Da am apochromatischen Teleskop TMB 105/650 f/6,2 verwendet. Beide Teleskope wurden parallel auf die Montierung angebracht und bringen ein Gesamtgewicht von ca. 13,8kg auf die Waage.

3.) Beschreibung des TDM v.2.2

Welche Montierung kann mit dem TDM v.2.2 betrieben werden (Stand Jan. 2009):

Fornax 50, 51, 100, 150
Synta EQ6, EQ6 Pro, HEQ-5
Skywatcher EQ6, EQ6 Pro, HEQ-5
Orion Atlas EQ-G, Sirius EQ-G
Celestron CGE
Astro-Physics 1200
Losmandy G11
Meade LXD75, Meade LX200
Vixen GP-DX

Welche Autoguider können am TDM v.2.2 verwendet werden (Stand Januar 2009)

SBIG ST-4	(SUB-D 15pin male)
Meade LX 200	(RJ-12-6/6)
Koordinator 2000	(SUB-D 9pin male)
Astro-Physics 1200	(old non goto version: SUB-D 9pin male, new goto: RJ-12)

Der TDM v.2.2 besitzt an der Vorder- und Hinterseite mehrere Anschluss-, und Einstellungsmöglichkeiten welche hier kurz beschrieben werden:

Vorderseite des TDM v.2.2:

Abbildung 6: Vorderseite TDM v.2.2

TDM OUT 1:	Anschluss des Autoguider an der Montierung. Geprüfte Autoguider welche hier unterstützt werden sind in der Anleitung beschrieben (Stand Jan09)
USART Port:	Anschluss an den PC für z.B. Auswertung der Signale über den TDM Monitor
12V Power:	Stromanschluss über mitgeliefertes 220V/12V Kabel
TDM OUT 2:	Anschluss des TDM an die Montierung mittels original ST-4 Kabel (z.B. an meine HEQ-5)

Rückseite des TDM v.2.2.

Abbildung 7: Rückseite des TDM v.2.2

RA Encoder:	Anschluss des Heidenhain Encoders an den TDM v.2.2
Jumper1 on = sidereal; off = Avg. King:	Geschwindigkeitsauswahl <40° über Horizont = King Rate; >40° über Horizont = sidereal
Jumper2 on = 1“/LED; off = 1/8“/LED:	Anzeigegenauigkeit der LEDs am TDM, wahlweise eine Bogensekunde oder 1/8 Bogensekunde pro LED
Jumper3 on = 5Hz; off = 1 Hz:	Korrekturfrequenz des TDM, ob jede Sekunde oder 5mal pro Sekunde korrigiert werden soll (Abhängig von der Montierung oder Windeinflüsse)
Jumper4 on = ±0,5“: off = ±1”	Kontrollzone, entweder alle 1 Bogensekunde oder alle 0,5 Bogensekunde (Abhängig von der Montierung oder Windeinflüsse)
Autoguider Input:	Anschluss eines Autoguiders z.B. SBIG ST-4

Technische Daten des TDM v.2.2:

TDM Kontroller Einheit:	16-bit RISC Mocrocontroller
RA Rotations Encoder System:	1/8 Bogensekunden Auflösung
Rotations Encoder Anschluss:	SUB-D15 pin Female
Interne Quarz Referenzzeit:	32MHz ± 50ppm
Beispiel Frequenz:	120 Hz
Nachführgeschwindigkeiten:	Siderial oder King Rate (Refraktion <40° über Horizont) einstellbar
Korrektur Frequenz:	1 Hz oder 5Hz (einstellbar)
Hysterese Korrektur (Totzone):	±0,5 oder 1 Bogensekunde (einstellbar)
Anzeigegenauigkeit am Display:	1/8 oder 1 Bogensekunde pro LED (einstellbar)
Anzeige:	Konstante Helligkeit 2x20 rote und gelbe LED + eine grüne LED für den Nullpunkt
Anzeigenbreite bei 1'' Modus:	±15 Bogensekunden
Anzeigenbreite bei 1/8'' Modus:	±2,25 Bogensekunden
Stromverbrauch Herstellerangaben:	maximal 300mA bei 12V
Stromverbrauch gemessene Werte:	ohne Encoder: 110mA; mit Encoder: 147mA; mit Encoder und Motoransteuerung: 143 – 168mA
Stromanschluss:	220V auf EU Standart 2,1mm DC
CCD Autoguider Eingang:	MEADE LX200 standart, RJ-12-6/6
TDM Ausgang, type 1:	SBIG ST-4 standart, SUB-D15 pin, male ACHTUNG: Hier werden keine DEC Signale verarbeitet!
Kontroll Übergange am Ausgang type 1:	long life DIL Reed relays (w/o ohmic Kontakt)
TDM Ausgang type 2:	MEADE LX200 standart, RJ-12-6/6
Kontroll Übergange am Ausgang type 2:	CMOS optical solid-state-relays
Verwendbare Nachführgeschwindigkeiten:	optimal = 0,2 – 0,5x; maximal: 0,1 – 1x Wird nicht am TDM sondern am Teleskop eingestellt!
Serieller Ausgang USART:	SUB-D9 pin female
USART Protokoll:	9600 baud N81, ASCii oder hexadezimal
USART Interface Kabel:	SUB-D9 male-female, 1:1 pin-to-pin Anschluss

4.) Adaption des TDM an die Montierung:

Zuerst muss die Adaption, bestehend aus einer Spindel und der Haltevorrichtung für den Heidenhain Encoder an die Montierung angebracht werden. Hierbei wird die Spindel anstelle des Polsuchers starr in die Polachse eingebaut. Der Heidenhain Encoder wird über die mitgelieferte Halterung am Montierungskörper fest installiert, wobei nun die Spindel exakt in den Heidenhain Encoder eingeführt wird. Somit kann der Heidenhain Encoder anhand der drehenden Spindel die Signale aufnehmen.
Wichtig ist das bei Bewegung der Polachse sich der Heidenhain Encoder NICHT mitbewegt!
Die Arbeitszeit zur Adaption des Heidenhain Encoders an die Montierung kann sich zwischen 1-3 Stunden bewegen!

4a.) Adaption des TDM v2.2 an die H-EQ5 Montierung:

Die Spindel wird direkt in die Polachse geschraubt, wobei dann der Heidenhain Encoder direkt an die Adaptionsplatte befestigt werden kann. Im Unterschied zu der im Internet dargestellten Variante kann die der Heidenhain Encoders nun direkt über 4 Schrauben an der Frontplatte angeschraubt werden. Die Halteplatte muß fest auf den RA-Ring der H-EQ5 angebracht werden damit sich der Heidenhain Encoder während des Betriebes nicht selbst bewegt!
Da meine HEQ-5 einen selbsterstellten ST-4 Eingang in der Handsteuerbox besitzt, können die Signale des TDM über das mitgelieferte Kabel (Autoguider) nicht verarbeitet werden da dieses nur LX200 Protokoll oder TTL Signale weiterleitet. Abhilfe schafft das original ST-4 Autoguider Kabel, welches somit die Signalweitergabe vom TDM an die Montierung übernimmt. Nachteil hierbei ist nun das somit die HEQ-5 nicht

zusammen mit dem TDM und dem Autoguider geprüft werden kann. Der Test bezieht sich bei der HEQ5 somit auf den Einsatz des TDM im Vergleich zur ST-4.

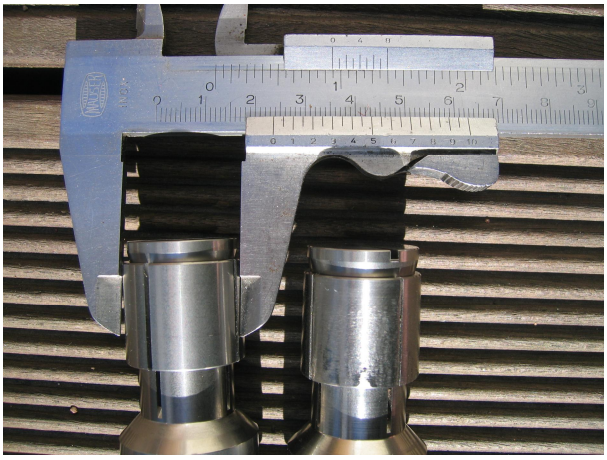
Abbildung 8-13 Anbau des Heidenhain Encoders an die Skywatcher H-EQ5 Montierung

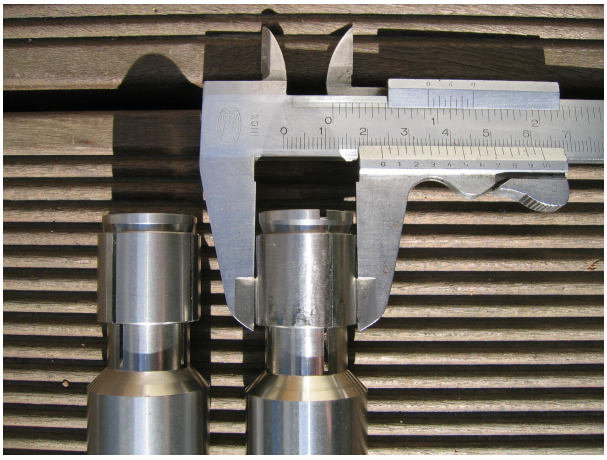
4b.) Adaption des TDM v2.2 an die Losmandy G11 Gemini Montierung

Prinzipiell gilt für die G11 das gleiche wie bei der HEQ-5 Montierung. Leider war beim Einbau der Spindel der lichte Durchmesser der Polachse meiner G11 beim Einbau um 0,5mm zu klein! Erst als die Spindel vorsichtigst auf Passmaß abgefeilt wurde, ließ sich der Heidenhain Encoder an die G11 adaptieren.
Die Losmandy G11 Gemini kann, im Gegensatz zu meiner HEQ-5 die LX200 oder TTL Signale aus dem TDM verarbeiten, was somit den Einsatz des TDM zugleich mit dem Autoguider SBIG ST-4 ermöglicht.

LOSMANDY
G-11

LOSMANDY
G-11





LOSMANDY
G-11

LOSMANDY
G-11

HEIDENHAIN

LOSMANDY
G-11

Abbildung 14-21: Adaption des Heidenhain Encoders an die Losmandy G11 Gemini Montierung, incl. Zusätzlicher Anpassung der Spindel an den Polachsenschaft

5.) Der TDM an der HEQ-5

Bevor der TDM am nächtlichen Himmel getestet wird kann der Einfluss auch am Tage mittels dem Programm „TDM Monitor“, welches man kostenlos im Internet downloaden kann, bequem im Zimmer geprüft werden. Somit kann man seinen Periodischen Fehler (PE) mit und ohne Betrieb des TDM aufnehmen! Hierzu wird der TDM zusätzlich an einem Computer angeschlossen und man kann den Periodischen Fehler mit und ohne TDM an seiner Montierung aufnehmen. Die Grafik zeigt den PE der HEQ-5 alleine mit einem Wert von ca. ±13 Bogensekunden, anschließend wird der TDM mit an die Montierung angeschlossen und man erkennt sofort an der Kurve das dieser den PE der Montierung drastisch auf ±2 Bogensekunden minimiert!

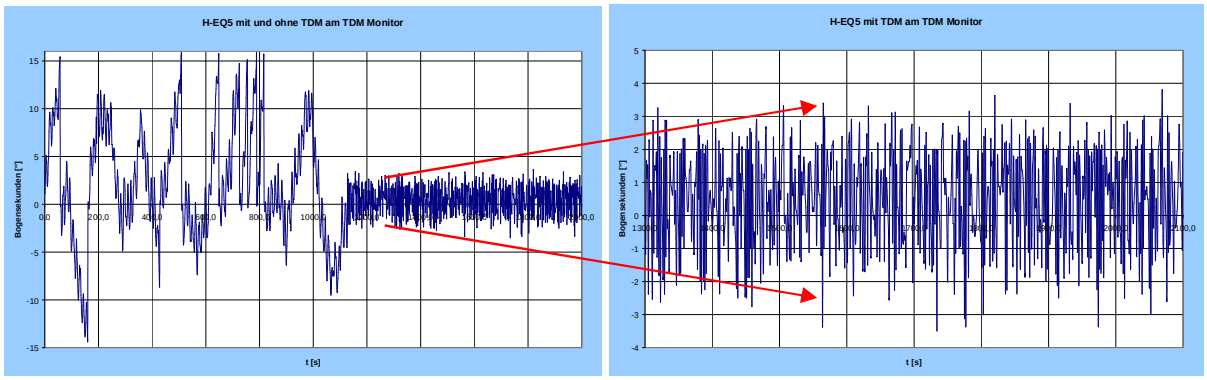


Abbildung 22-23: Aufnahme des PE an der HEQ-5 ohne und mit Betrieb des TDM

5a) Praxistest des TDM am nächtlichen Himmel an der HEQ-5:

Aufgrund der Tatsache dass der TDM anstelle des Polsuchers in der Rektaszensionachse eingebaut ist, muss somit zwangsläufig das Teleskop indirekt eingenordet werden. Eine mögliche variante ist die Methode nach Scheiner, welche sich mittels Webcam und virtuellem Fadenkreuz über K3CCDTools relativ einfach (ca. 2h) bewerkstelligen lässt. Wer es noch komfortabler möchte kann sich auch die genauen Korrekturdaten am Bildschirm mittels des Programms WCS oder EQAlign anzeigen lassen.

Scheiner-Methode (nördliche Halbkugel) mit Fadenkreuz Okular oder Programm K3CCDTools + Webcam
(Bernd Koch – Astrofotografie, Springer Verlag 1994, SPIN 10727840, Kapitel 5.2.1 Scheiner Methode S.183)

Für das Azimut: Stern im Süden

Stern wandert:	mit Zenitprisma	ohne Zenitprisma
nach oben	Südende → Westen	Südende → Osten
nach unten	Südende → Osten	Südende → Westen

Für die Polhöhe a) Stern im Osten

Stern wandert:	mit Zenitprisma	ohne Zenitprisma
nach oben	Polhöhe → absenken	Polhöhe → anheben
nach unten	Polhöhe → anheben	Polhöhe → absenken

Für die Polhöhe b) Stern im Westen

Stern wandert:	mit Zenitprisma	ohne Zenitprisma
nach oben	Polhöhe → anheben	Polhöhe → absenken
nach unten	Polhöhe → absenken	Polhöhe → anheben

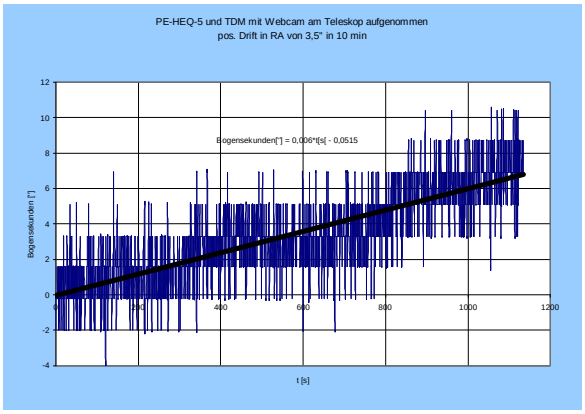
Die exakte Einnordung des Teleskops ist beim Betrieb des TDM extrem wichtig da hier keinerlei Korrekturen vom TDM durchgeführt werden! Das heißt eine Drift sowohl in RA als auch in Dec ist bei ungenauer Einnordung des Teleskops möglich und macht jede Langzeit Astrofotografie zu nichte!

Leider machte bei der HEQ-5 die Höhenverstellung der Polachse aufgrund des angebauten TDM etwas Probleme, diese ließ sich leider nur knapp eine ¾ Umdrehung verstellen, was bei einem Ortswechsel nördlich oder südlich eventuell Probleme bereiten kann.

Abbildung 24: Polhöhenverstellung mit TDM an der HEQ-5

Beim Betrieb der HEQ-5 wurde der PE (mit und ohne TDM) sowohl mittels Webcam als auch über den TDM Monitor aufgezeichnet. Als Testobjekt wurden z.B. der Stern Aldebaran im Sternbild Stier und der Stern Algenib im Pegasus ausgewählt welche beide fast die gleiche Deklination mit ca. +15° besitzen. Die Temperaturen bei den Messungen lag bei +3 bis –3°C bei nahezu100% Luftfeuchte. Bei den Messungen kam es zu keinerlei elektronischen Problemen beim TDM.
Es zeigte sich das die gelieferten Daten des TDM Monitor denen der Realität gut korrespondieren. Die Messgenauigkeit der Webcamdaten liegt bei ca. ± 1 Bogensekunde. Allerdings konnte bei den Aufzeichnungen an der Webcam ein leichtes voraneilen der RA-Daten um ca. 3,5 Bogensekunden in 10min festegestellt werden, was beim TDM Monitor nicht ersichtlich ist!
Eine Variation der Jumper 3, Eingriffsempfindlichkeit zu je 5Hz oder 1Hz, und Jumper 4, Empfindlichkeit der Steuerung zu jeweils ±0,5 oder ±1 Bogensekunde beim TDM brachte bei der HEQ-5 die besten Ergebnisse bei der Einstellung Jumper 3 auf 1Hz (Stellung = off) und Jumper 4 auf 1 Bogensekunde (Stellung = off).

Der durchschnittliche PE der HEQ-5 konnte in der Praxis mit dem TDM von ± 13 Bogensekunden auf ± 2 Bogensekunden gesenkt werden!



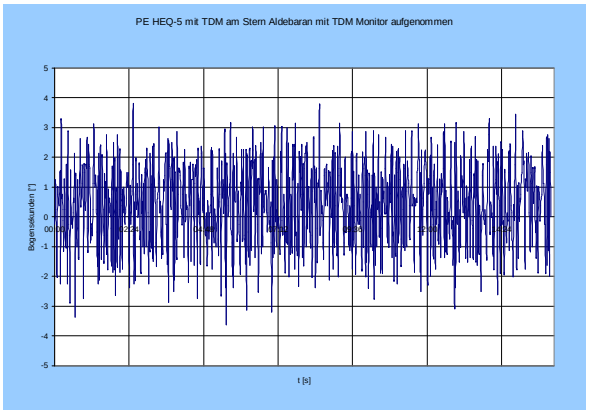
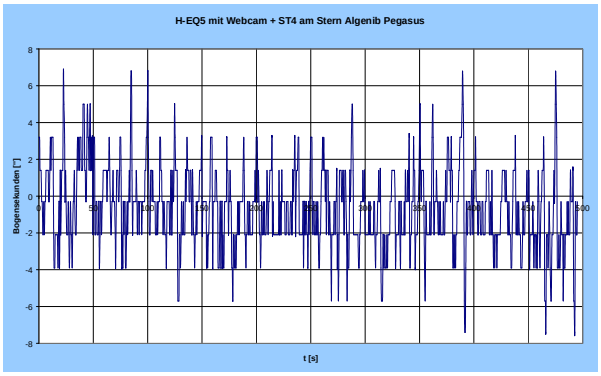


Abbildung 25-26: 16min am Stern Aldebaran – Stier bei der HEQ-5 mit Webcam am Teleskop (links) und TDM (rechts) am TDM Monitor aufgenommen. Es zeigt sich ein pos. Drift in RA von 3,5 Bogensekunden in 10min bei der HEQ-5 mit dem TDM.

Interessant ist nun der Vergleich des TDM zur Genauigkeit des Autoguiders SBIG ST-4. Erstaunlicherweise zeigt der Einsatz der ST-4 an der HEQ-5 keinerlei Verbesserungen des PE gegenüber dem Einsatz des TDM, allerdings wird das vorauseilen der RA eliminiert was bei längeren Belichtungszeiten den Einsatz des Autoguiders unentbehrlich macht!
Dies bedeutet tatsächlich dass man hier, bei exakter Einnordung des Teleskops, auf ein Leitrohr oder einen Off-Axis-Guider bis zu 5min verzichten und somit wertvolles Gewicht einsparen kann!



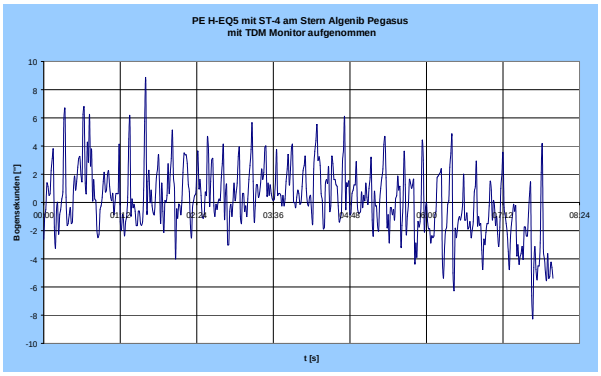


Abbildung 27-28: Aufnahme des PE an der HEQ-5 am Stern Algenib unter Verwendung des Autoguiders SBIG ST-4, mit Webcam vom Teleskop (links), Daten mittels TDM Monitor (rechts) aufgezeichnet.

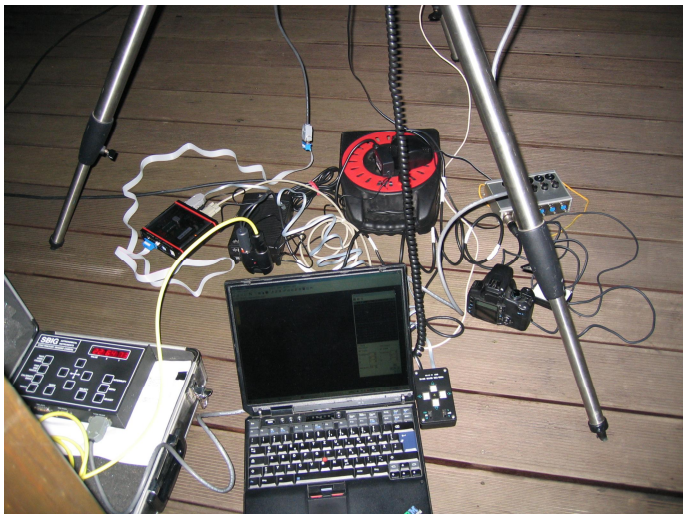


Abbildung 29-30: nächtlicher Betrieb des TDM an der HEQ-5 im Vergleich zum Autoguider SBIG ST-4
Beim nächtlichen Einsatz wurden z.B. der Orionnebel als auch der Rosettennebel aufgenommen. Positiv ist das man keinerlei Leitsterne suchen muss, nur das Objekt anpeilt und Belichtungsreihe startet!

Abbildung 31: Einzelbild Rosettennebel NGC 2244 8min Belichtung an der HEQ-5 mit TDM bei optimaler Nordausrichtung (Drift in Rektaszension!)

Abbildung 32: Rosettennebel NGC 2244 2-10min Belichtung an der HEQ-5 bearbeitetes Summenbild

Abbildung 33: M42 Orionnebel 10s bis 2min an der HEQ-5 mit TDM

6.) Der TDM an der Losmandy G11 Gemini

Der TDM sollte nun vergleichsweise auch bei einer oberen Mittelklassemontierung geprüft werden. Die Losmandy G11 Gemini unterscheidet sich von der normalen Losmandy G11 darin, dass diese mehrere Softwarekomponenten wie. Z.B. der Autoguiderfunktion etc. beinhaltet. Bei der neuen Generation der Losmandy G11 Gemini ist man in der Lage, auch LX200 Protokolle oder auch TTL Signale zu verarbeiten womit man den TDM inklusive Autoguider (hier die SBIG ST-4) zusammen betreiben kann.

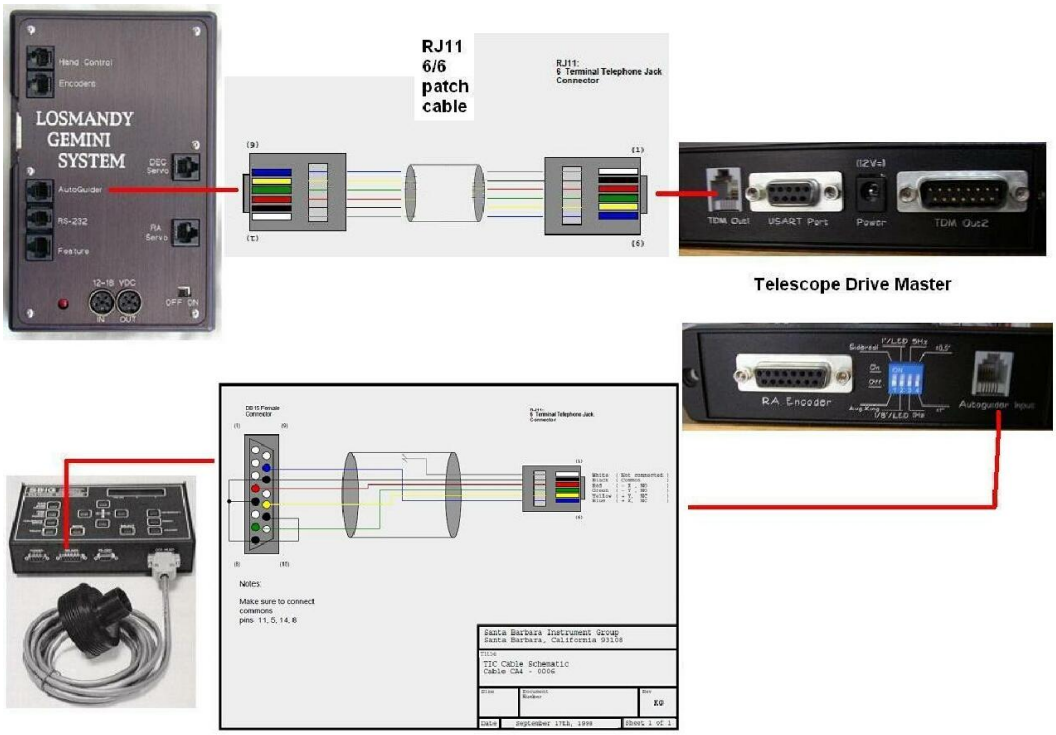


Abb. 34 Anschluss eines Autoguiders inklusive TDM an der Losmandy G11 Gemini

Wozu den TDM v.2.2 verwenden wenn man einen Autoguider besitzt?

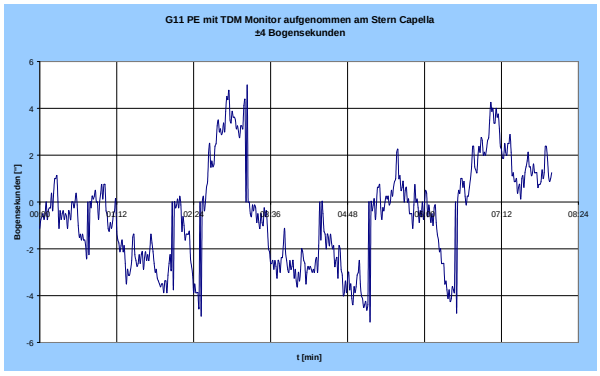
Diese Frage stellt man sich zwangsläufig und die Antwort findet man dann in der Praxis.
Der TDM bringt bei der Montierung eine so hohe Genauigkeit, dass diese bis zu 5min bei der Skywatcher HEQ-5 und 8 min bei der Losmandy G11 ohne Autoguider und somit ohne lästige Leitsternsuche perfekt laufen! Bei Belichtungen die länger dauern, werden Unregelmäßigkeiten bei der Geschwindigkeit bei der RA-Achse ersichtlich, was beim alleinigen Betrieb des TDM ohne Autoguider längliche Sterne in RA zeigt! Der Autoguider muss somit zusätzlich bei längeren Belichtungszeiten eingesetzt werden um diese RA-Drift zu kompensieren.
Natürlich ist auch bei der Losmandy G11 Gemini eine perfekte Nordausrichtung unumgänglich bevor man hier die Arbeit mit dem TDM beginnt. Allerdings ist die Losmandy G11 Gemini selbst in der Lage aus Ihren Kalibrierungsdaten die exakte Nordausrichtung zu bestimmen, womit das Einscheinern der Montierung entfällt. Allerdings ist auch diese Methode relativ zeitaufwendig und kann bis zu 2h benötigen!

6a) Einsatz des TDM am nächtlichen Himmel mit der Losmandy G11 Gemini:

Abbildung 35: Der Autor beim nächtlichen Einsatz bei der Testreihe des TDM

Zuerst sollte real geprüft werden inwieweit sich der PE der Losmandy G11 Gemini mittels des TDM verbessert. Hierzu wurde anhand des Sternes Capella und Aldebaran die Kurven mittels Webcam und parallel mit dem TDM Monitor aufgenommen. Die G11 zeigt einen PE ohne TDM von ca. ±4, welcher mit dem TDM auf ±0,75 Bogensekunden gesenkt wird. Die beste Einstellung des TDM an der G11 Gemini war die Einstellung bei Jumper 3 auf 5Hz und Jumper 4 auf 0,5 Bogensekunden.
Aber auch hier zeigt sich beim Einsatz des TDM alleine, wie bei der HEQ-5, ein pos. Drift der RA in 10min von ca. 5,5 Bogensekunden, was auch fotografisch nachgewiesen werden konnte. Der zusätzliche Einsatz des Autoguiders ist auch hier ab einer Belichtungszeit von >8min unbedingt notwendig. Allerdings sollten die Integrationszeiten des Autoguiders auf >2s eingestellt werden um Signalresonanzen mit dem TDM zu verhindern. Beim Test wurden Integrationszeiten von 2-5s bei der ST-4 verwendet.

Ermittlung des PE mit und ohne TDM an der Losmandy G11 Gemini:



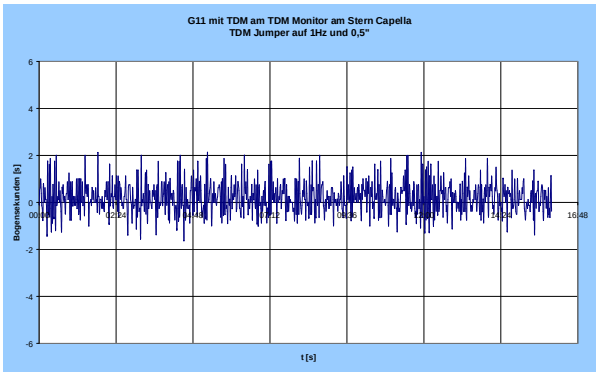
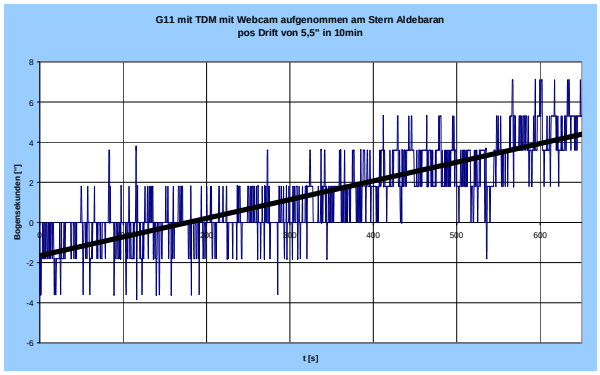


Abb. 36, 37 PE der Losmandy G11 Gemini ohne ±4 und mit TDM ±0,75 Bogensekunden



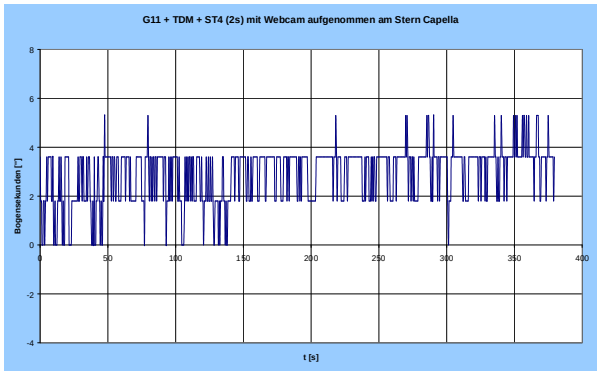


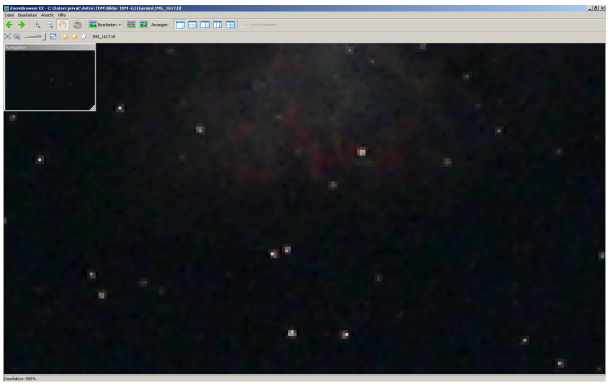
Abb. 38, 39 Pos. drift in RA mit TDM von ca. 5,5 Bogensekunden in 10min welcher durch zusätzlichen Anschluss mit einem Autoguider eliminiert wird.

Aufnahme M1 mit TDM ohne Autoguider:

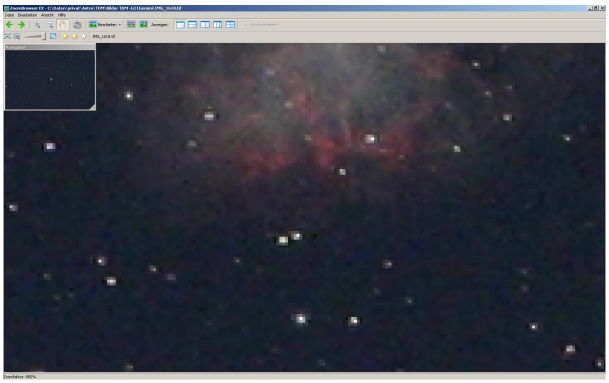
Auschnittvergrößerung mit 105/650 TMB aufgenommen.

Abb.40 Ausschnitt der Summenaufnahme 2-10min von M1 mit dem TDM

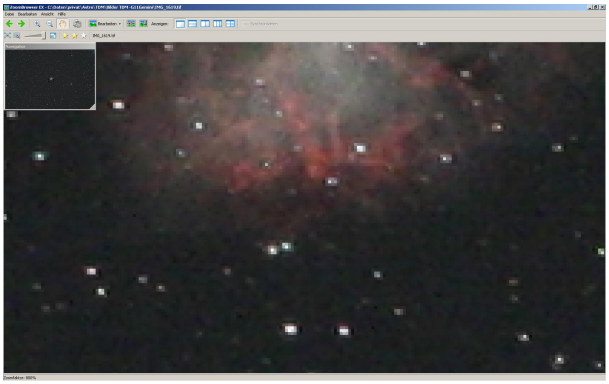
Ausschnittvergrößerung der Rohbilder der Aufnahmeserie an M1 am 105/650 TMB. (1 Pixel entspricht 1,75 Bogensekunden);
Orientierung: Horizontal Rektaszension; Vertikal, Deklination; Norden ist unten.



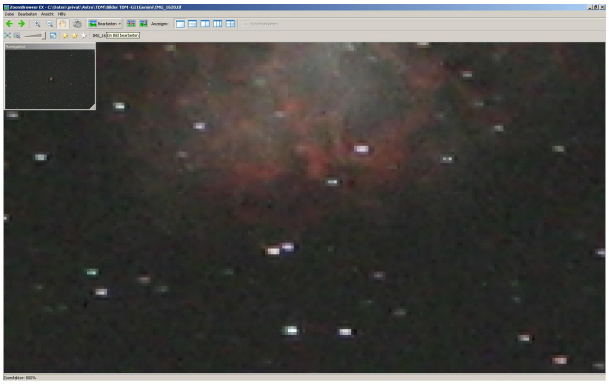
M1 2min



M1 5min



M1 8min doppelter Sterndurchmesser in RA



M1 10min 2,5facher Sterndurchmesser in RA

Abb. 41-44 Ausschnittvergrößerung der einzelnen Rohbilder von M1 wobei der Drift in RA ersichtlich wird.

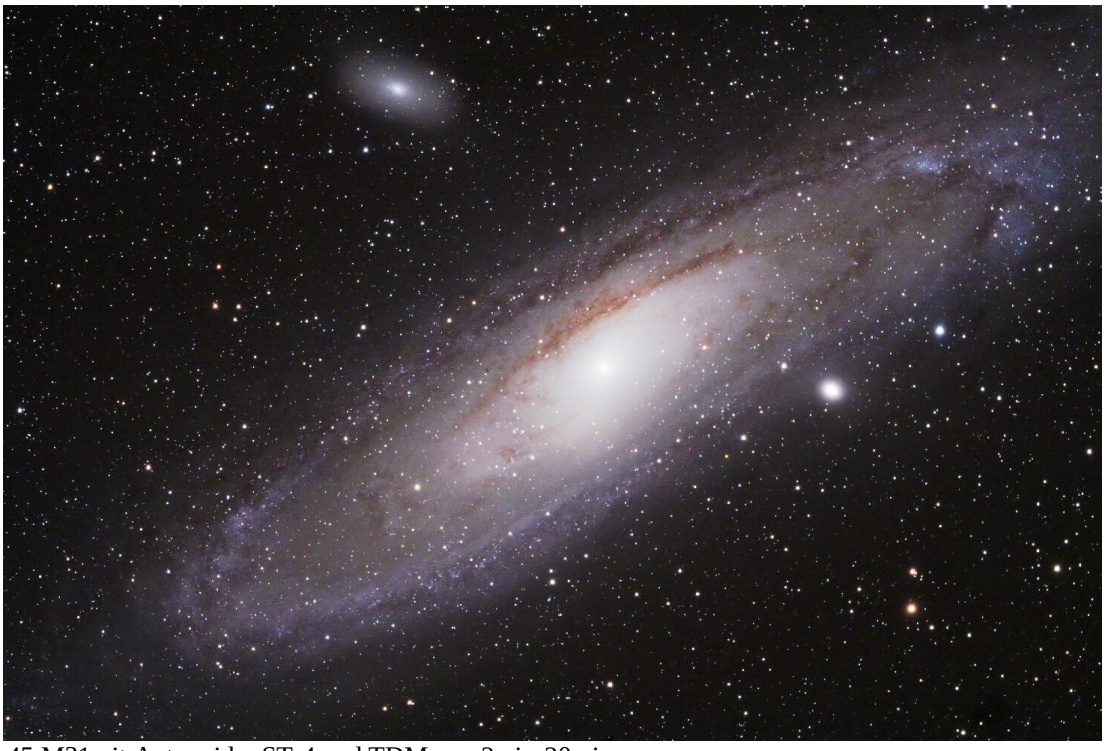


Abb. 45 M31mit Autoguider ST-4 und TDM von 2min-20min

7.) Zusammenfassung:

Der TDM von MEADE verspricht in der Anleitung eine Verringerung des Periodischen Fehlers einer Montierung unter ±0,5 Bogensekunden, dieser Wert konnte sowohl bei der G11 als auch bei der HEQ-5 nicht erreicht werden. Der PE bei der G11 lag mit TDM bei ±0,75 und bei der HEQ-5 bei ±2 Bogensekunden. Allerdings konnte der PE bei der HEQ-5 von ±13 auf ±2 und bei der Losmandy G11 Gemini von ±4 auf ±0,75 gesenkt werden was allerdings immer noch eine extreme Verbesserung des PE darstellt!
Der Umbau der Montierung auf das TDM System inklusive des Encoders dauert ca. 2h pro Montierung womit allerdings der Polsucher wegfällt! Das bedeutet, dass die Montierungen im Feldeinsatz indirekt eingenordet werden müssen, z.B. über die Methode nach Scheiner, was mindestens 2h benötigt. Eine Einnordung muss sehr exakt sein da ohne Verwendung eines Autoguiders die Deklinationsachse nicht korrigiert wird und es somit zu Abweichungen kommt die eine Astroaufnahme zu nichte macht. Wer eine stationäre Montierung besitzt hat hier einen entscheidenden Vorteil, da hier nur einmalig die Montierung eingenordet werden muss.
Bei dem Test zeigte sich ebenfalls dass auch die RA Geschwindigkeiten bei den Montierungen nicht zu 100% denen der Erdrotation entsprechen. Das bedeutet dass beim Einsatz des TDM bei ca. 8 - 10min Belichtungszeit die Sterne in RA-Richtung sichtbar in die Länge gezogen werden. Der TDM korrigiert hier nicht dieses vorauseilen der Montierung sondern glättet den periodischen Fehler. Wenn somit die Nachführgeschwindigkeit nicht optimal zur Erdrotation ist, wird diese auch nicht mit dem TDM korrigiert!
Astroaufnahmen ohne Autoguider sind mit der so gewonnenen Präzision des TDM, bei einem perfekt eingenordeten Teleskops mit dem TDM bis zu 5min bei der HEQ-5 und 8min bei der G11 ohne Probleme erreichbar. Da aber die meisten Belichtungszeiten, im Zeitalter der digitalen Photografie, nicht über 8min liegen sollte dies kein großes Problem darstellen. Bei Belichtungszeiten über 8min muss ein Autoguider zusätzlich zum TDM verwendet werden. Ein spezieller Vorteil beim Einsatz des TDM mit einem Autoguider ist das die Position des Leitstern auch bei kurzzeitiger Bewölkung nicht verloren geht!
Die Vorteile des TDM sind eigentlich nur beim Soloeinsatz ohne Autoguider ersichtlich. Beim Einsatz des TDM wird es möglich ein Objekt mit der Montierung anzufahren und ohne Leitsternpositionierung sofort mit der Belichtung zu beginnen. Gerade bei Objekten ohne nahen Leitstern, z.B. Virgohaufen ist diese Möglichkeit unbezahlbar. Auch der Wegfall eines sep. Leitrohres ist eine enorme Gewichtsreduzierung!
Bezüglich des Anschaffungspreis des TDM incl. Adapter und Encodereinheit wird sich dieses System eher bei den gehobenen mittelklasse Montierungen aufwärts etablieren. Speziell bei der HEQ-5 ist der TDM incl. Adapter fast dreimal teurer als die Montierung selbst! Bei der Losmandy G11 Gemini ist es eine Überlegung wert den TDM an die Montierung zu integrieren, vor allem wenn man seine Montierung stationär betreiben möchte!
Wünschenswert wäre eine Montierung mit integriertem TDM und Polsucher, was den Feldeinsatz sehr erleichtern würde.

8.) Vor- und Nachteile

Vorteile	Nachteile
Extreme Optimierung des PE einer Montierung	Hoher Preis
Ermittlung des PE auch ohne Stern mit TDM Monitor	Präzises Einnorden ohne Polsucher dauert bis zu 2h
Keine Leitsternsuche beim Einsatz ohne Autoguider	Fehlendes 12V Netzkabel
Einfache Handhabung des TDM während des Betriebs	Zusätzliches Kabelgewirr
Keinerlei Störungen des TDM auch bei widrigen Bedingungen	Maximale Belichtungszeit ohne Verwendung eines Autoguiders liegt bei max. 5 - 8min
Kurze Bewölkungen stören nicht den Betrieb des TDM	Eine etwaige zu schnell laufende RA-Achse wird nicht über den TDM korrigiert – Autoguider notwendig!
Kein zusätzlicher Laptop zum Betrieb notwendig	
Wegfall eines Leitrohres bei Belichtungszeiten <8min	

Surftipps:

Internetseite des Autors: http://www.astropic.de
Internetseite MEADE Instruments Europe GmbH: http://www.meade.de
Internetseite von MDA Telescoop Llc : http://www.mda-telescoop.com
Internetseite Fa. Dr. Johannes Heidenhain GmbH: http://www.heidenhain.de/de_DE/
Internet Beschreibung TDM User Guide Version 2.31:
http://www.mda-telescoop.com/index.php?option=com_content&task=view&id=54&Itemid=84
Internet Download TDM Monitor:
http://www.mda-telescoop.com/downloads/TDM_Monitor_Install.zip
Internet Seite Test HEQ-5: http://astropic.heim.at/H-EQ-5.htm

Internet Seite Losmandy G11 Gemini: http://www.losmandy.com/g-11.html
Internet SBIG ST-4: http://www.sbig.com/sbwhtmls/st4.htm
Bernd Koch – Astrofotografie, Springer Verlag 1994, SPIN 10727840, Kapitel 5.2.1 Scheiner-Methode S.183
Internetseite K3CCDTools: http://www.pk3.org/Astro/index.htm?k3ccdtools.htm (Version 1. Freeware)
Internetseite Webcam Scheinern Programm WCS: http://wcs.ruthner.at/ (30 Tage kostenfrei)
Internetseite Webcam Scheinern Programm EQAlign: http://eqalign.net/e_downloads.html (Freeware)
Internetseite Ermittlung des PE mittels Webcam: http://astropic.heim.at/Montitest.htm