

Patent eingereicht

Telescope Drive Master

Nachführkorrekturereinheit

Betriebsanleitung

V2.31

Mit dem Telescope Drive Master (TDM) wurde nun erstmals ein Gerät entwickelt, das die periodischen und aperiodischen Nachführfehler von Serienmontierungen korrigiert. Diese Fehler entstehen bei der Serienfertigung durch Toleranzen während des Fertigungs und Montageprozesses.

Das Gerät besteht aus zwei Einheiten:

1. Ein Hochpräzisionsdrehgeber der ohne Zwischengetriebe direkt an die Rektaszensionsachse geschraubt wird, und
2. Eine Steuerelektronikeinheit.

Funktionsprinip:

Die Steuereinheit empfängt vom Drehgeber an der RA-Achse Signale, die es mit dem eingebauten Quarz Oszillator vergleicht. Weicht die Winkelgeschwindigkeit der RA-Achse von dem Sollwert (Sternengeschwindigkeit oder durchschnittliche King-Geschwindigkeit) ab, sendet die Steuereinheit über den CCD-Eingang der Teleskopsteuerung ein Korrektursignal an das Teleskop. Auf diese Weise entsteht ein hochpräziser Regelkreis für die Drehgeschwindigkeit des Teleskops.

Vorteile des TDM

1. Reduziert die Nachführfehler der Montierung auf praktisch vernachlässigbare Werte. Das nachgeführte Objekt wird in der Regel (während 95% der Belichtungszeit) bei einer Belichtungszeit von 5-10 Minuten nicht mehr als $\pm 0,5''$ (entspricht einem absoluten Wert von $1''$) von seiner Sollposition auf dem CCD abweichen. (Die gegebenen Werte sind abhängig von der Objektposition am Himmel, dem verwendeten Montierungstyp und der Genauigkeit der Polausrichtung.)
2. Es ist normalerweise nicht notwendig ein Leitfernrohr oder einen Off-Axis guider zu verwenden.
3. Die Suche nach einem hellen Leitstern entfällt in der Regel (das vereinfacht automatische Beobachtungsprogramme außerordentlich).
4. TDM hilft bei der schnellen Datenerfassung wenn eine große Zahl von Objekten fotografiert werden soll, weil die Belichtung unmittelbar nach dem Zentrieren des Objektes gestartet werden.
5. Filter mit hoher Dichte (wie z.B. H-alpha) haben keinen Einfluss auf die Nachführgenauigkeit.
6. Die Bedienung des TDM ist außerordentlich einfach durch die automatischen Selbsttests.
7. TDM korrigiert automatisch alle Fehler der gesamten Antriebseinheit des RA-Antriebsstranges (zwischen Motor und RA-Achse), da der Drehgeber direkt ohne zusätzliche Elemente an der RA-Achse sitzt. Das bedeutet, daß der TDM ständig in Echtzeit die sehr langsame Drehbewegung der RA-Achse überprüft und Abweichungen sofort korrigiert wenn nötig.

8. TDM ist eine feldtaugliche unabhängige Einheit, die zum Betrieb weder PC noch andere externe Komponenten benötigt. Der Stromverbrauch des TDM ist mit unter 200mA auch beim netzunabhängigen Betrieb kein Problem.
9. Im TDM ist ein temperaturkompensierter, hochpräziser quarzgesteuerter Referenzsignalgeber eingebaut. Die Abweichungen der oft sehr einfach ausgeführten Quarzuhren in der Teleskopsteuerungen werden damit automatisch kompensiert.
10. Die Steuereinheit des TDM kann für verschiedenste Montierungen eingesetzt werden. Wenn Sie also die Montierung wechseln muß nur der mechanische Adaptersatz für die neue Montierung nachgekauft werden. Die TDM Grundeinheit kann weiterverwendet werden.
11. Obwohl der TDM ursprünglich als unabhängige Einheit für Belichtungszeiten bis zu 10 Minuten entwickelt wurde, ermöglicht Ihnen die vorliegende Weiterentwicklung ab TDM v2.0 die Einbindung einer CCD-Nachführsteuerung. Die hochstabile Grundgeschwindigkeit des TDM ermöglicht Ihnen dabei das Nachführen auf sehr schwache Leitsterne, was die Leitsternauswahl drastisch vereinfacht. In der Praxis werden so auch ohne hochempfindliche Guidingkameras genügend Leisterne erreichbar, da der TDM zwischen zwei Autoguiderimpulsen die Geschwindigkeit der Montierung genau regelt. So kann mit Autoguiderbelichtungszeiten von 10, 20 oder 30 sekunden gearbeitet werden, was in der Regel auch beim kleinen Gesichtsfeld eines Autoguiders zu einer ausreichenden Anzahl von Leitsternen führt.
12. Sie können mit Hilfe des TDM an Ihrem PC eine Getriebefehlerkurve direkt Ihrem Zimmer aufnehmen, ohne dafür klaren Himmel zu haben. Verbinden Sie dazu nur mit dem seriellen Kabel TDM und Computer, und starten Sie die Software „TDM-Monitor.exe“. Die Software kann hier heruntergeladen werden: www.telescopedrivemaster.com (www.bresser.de).

TDM wurde unter besonderer Berücksichtigung der einfachen Bedienbarkeit entwickelt. So können die notwendigen mechanischen Adapter an viele kommerziellen Montierungen angebracht werden, ohne daß die Montierung dazu zerlegt werden muß. Der TDM selbst ist ein "Plug-and-Play" Gerät, das selbstständig nach dem Einschalten die wichtigsten Einstellungen herausfindet. Sie benötigen zum Betrieb keinerlei besondere mechanische oder elektronische Kenntnisse.

Grenzen der „Stand alone“-Anwendung desTDM

Auch wenn der Telescope Drive Master ein hochpräzises System ist, besitzt es seine Einsatzgrenzen:

1. Um den TDM sinnvoll einsetzen zu können, muß die Montierung sehr präzise ausgerichtet sein.
2. Es gibt keine optische Rückmeldung vom Objekt an das Teleskop. Um seine Stärken ausspielen zu können muß der TDM also eine steife Montierung als Basis vorfinden, die auch in der Lage ist nötige Korrekturen ohne Fehler durchzuführen. (Insbesondere kann der TDM nicht herausfinden, ob während der Belichtung veränderte Durchbiegungen auftreten, oder die RA-Achse aufgrund schlechter Lagerqualität „eiert“)
3. TDM eignet sich nicht für die Aufnahme von Objekten mit merkbarer Eigenbewegung wie zum Beispiel Kometen oder Planetoiden nahe beim Perihel).
4. TDM kann Effekte der differentiellen Refraktion nicht ausgleichen. Aus diesem Grund sind die möglichen Belichtungszeiten von der Position des Objektes am Himmel abhängig.

Die obigen Einschränkungen stellen jedoch in der Praxis nur selten ein wirkliches Hindernis dar. Die Gründe dafür listen wir hier auf:

- Ad 1. Moderne Scheinermethoden wie das WebCam-Scheinern oder die quantitative Scheinermethode mit dem Messokular machen diese Aufgabe heute erheblich einfacher als früher. Einen Überblick der besten Methoden finden Sie auf www.telescopedrivemaster.com
- Ad 2. Es macht sicher keinen Sinn ein präzises und hochwertiges Gerät wie den TDM mit entsprechendem Preis an eine Low-cost Montierung anschließen, deren Stabilität und Qualität sich gar nicht zur Fotografie eignet. Gleichzeitig wird der Preis des TDM bei der Anschaffung einer präzisen Montierung nur einen Bruchteil des Anschaffungspreises ausmachen.
- Ad 3. Die Anzahl der Objekte mit merkbarer Eigenbewegung ist gegenüber der hohen Zahl von Objekten, die mit dem TDM erreicht werden können, vernachlässigbar.
- Ad 4. Differentielle Refraktion ist eine Fehlerquelle, die in der Regel nur bei Objekten in Erscheinung tritt, die sich nahe am Horizont befinden. Ab einer Horizontdistanz von 30-40° ist der Einfluss der differentiellen Refraktion auch bei kritischen Qualitätsanforderungen in der Regel vernachlässigbar klein. Niedrigere Objekte werden oft auch wegen der dort herrschenden Dunst –und Seeingprobleme wenig fotografiert. Der TDM wurde für Einzelbelichtungszeiten von 5 bis 10 Minuten und Brennweiten von maximal 2-3m entwickelt. Für weitergehende Anforderungen muß zusätzlich zum TDM ein Autoguider eingesetzt werden. Diese Kombination von Autoguider und TDM läßt dann aber auch für lange Belichtungszeiten keine Wünsche offen.

Wem kann der TDM empfohlen werden, beziehungsweise wer kann den TDM gewinnbringend einsetzen?

1. TDM ideal für Astrofotografen, die einfach und unkompliziert eine große Anzahl von Aufnahmen pro Nacht in verschiedensten Teilen des Himmels machen wollen. (zum Beispiel Supernovaüberwachung, Kometen/Kleinplanetensuche, Fotometrie von Veränderlichen etc.)
2. Amateurastronomen, die eine große Zahl kurz belichteter Bilder von einem Objekt aufnehmen wollen, die dann im Rechner weiterverarbeitet werden.
3. Astronomen, die einen dauerhaften Aufstellungsplatz für ihr Gerät besitzen, und dieses fest aufgestellte Gerät gut ausgerichtet haben.
4. TDM ist sehr hilfreich für den Betrieb eines ferngesteuerten Teleskopsystems, bei dem bis jetzt die Suche nach geeigneten Leitsternen schwierig war, oder noch manuell durchgeführt werden musste.
5. Für Astroteisende, die zu ihrer Ausrüstung nicht noch zusätzlich ein Leitrohr mit Nachführccd mit auf die Exkursion nehmen wollen, insbesondere dann wenn die Ausrüstung mit Hand zum Beobachtungsort getragen werden muß bzw. im Fluggepäck Platz finden soll. Voraussetzung ist allerdings die Bereitschaft, das Gerät sauber auszurichten.
6. Für Fotografen, die bei einer CCD-Kamera mit eingebautem Nachführchip einen Schmalbandfilter einsetzen (z.B. H-Alpha). Da der Nachführchip ebenfalls durch das Filter blickt, reduziert sich die Helligkeit der Leitsterne drastisch – das kann durch die hohe Nachführtreue des TDM mit längeren Autoguider-Integrationszeiten ausgeglichen werden.

7. Wenn Sie einen sehr kleinen Nachführchip an einem kleinen Leitfernrohr einsetzen, der mit seinem kleinen Gesichtsfeld keinen hellen Leitstern sieht, haben Sie wieder die Möglichkeit mit dem TDM die Integrationszeiten heraufzusetzen, ohne die Qualität der Sternabbildung zu gefährden.
8. TDM bildet zusammen mit einer Seeinkorrekturereinheit wie der AO-7/AO-8 das „dream Team“ für hochauflösende Astrofotografie: TDM beseitigt alle Fehler mit großer Amplitude, und die AO-X-Einheit korrigiert die Restfehler die hauptsächlich durch atmosphärische Störungen und mechanische Durchbiegungen verursacht werden!
9. Alle, die mit einem netzunabhängigen Setup arbeiten müssen, und deswegen nicht beliebig Strom zur Verfügung haben, sind mit der Kombination TDM (unter 200mA Stromverbrauch bei 12V) und DSLR in der Lage mit Batterien mittlerer Größe schöne Bilder zu machen, die sonst nur mit Nachführkamera möglich wären.
10. Alle, die mit den Getriebefehlern ihrer Mittelklassemontierung unzufrieden sind, aber nicht viele tausend Euro für eine Spitzenmontierung ausgeben wollen.

Einsatzgebiete, bei denen der TDM einen Nachführaufbau mit separater CCD nicht ersetzen kann

1. Wenn Sie Einzelaufnahmen mit sehr langer Belichtungszeit machen wollen (z.B. 45-60 Minuten oder länger). Solche Belichtungen können sinnvoll sein, wenn Sie mit langen Brennweiten unter sehr dunklem Himmel arbeiten.
2. Wenn Sie Objekte mit merkbarer Eigenbewegung ablichten wollen, wie z.B. Kometen oder Kleinplaneten.
3. Wenn Sie nicht in der Lage sind, eine gute Polausrichtung der Montierung zu erreichen (bzw. nicht genügend Zeit dafür haben), oder wenn die Teile des Teleskopaufbaus nicht genügend starr zueinander montiert werden können (z.B. Tubusdurchbiegungen, Verkippungen der Kamera während der Belichtung etc.). Im letzteren Fall ist allerdings der Gesamtaufbau nicht fototauglich.

Es sollte aber angemerkt werden, daß auch in den aufgeführten Fällen die erheblich größere Leitsternauswahl durch mögliche lange Integrationszeiten des Autoguiders auch hier eine erhebliche Hilfe darstellen.

In welcher Kombination kann der TDM nicht eingesetzt werden?

Der TDM (ab Version 2.0) unterstützt den Einsatz eines Autoguiders. Dadurch, daß der Lauf der Montierung zwischen zwei Impulsen des Autoguiders vom TDM stabil gehalten wird, kann die Integrationszeit des Autoguiders sehr lang sein, was eine große Leitsternauswahl zur Folge hat. Es gibt allerdings zwei Ausnahmen:

1. Wenn Sie den Standard-ST4-Ausgang des TDM verwenden wollen (TDN Out 2) überträgt der TDM nur die Korrekturimpulse des Autoguiders für Rektaszension, nicht für Deklination. Der LX200 Ausgang überträgt alle Korrekturimpulse für alle Achsen.

2. Der TDM kann nicht eingesetzt werden, wenn ein zweiter Regelmechanismus im System ist, der seine Korrektursignale nicht über die CCD-Schnittstelle, sondern über z.B. eine serielle Schnittstelle sendet (z.B. Guiding per Webcam über den PC).

Falls Sie den Autoguider nicht einsetzen wollen, so wird dringend empfohlen den Autoguider auch aus dem TDM Eingang auszustecken. Verschiedene Autoguide lassen die Steuerausgänge auch bei ausgeschaltetem Gerät in einem undefinierten Zustand, was zu großen Problemen führen kann.

Warum ist TDM besser als PEC-Korrektur?

1. Obwohl die Mehrheit der qualitativ höherwertigen Montierungen mit der Möglichkeit versehen sind, periodische Fehler aufzuzeichnen und dann automatisch zu korrigieren, hält sich der praktische Nutzen dieser Fehlerkorrektur in Grenzen: Die Höhe und Gestalt des periodischen Getriebefehlers ändert sich mit Beladung, Position des Objektes am Himmel, Umgebungstemperatur und anderen Variablen. Will man das Optimum aus der Korrektur des periodischen Fehlers herausholen, muß beim Wechsel des Himmelsausschnitts ein neuer Lernzyklus gemacht werden, was mindestens so lange dauert wie eine Schneckenumdrehung der Montierung.
2. PEC (Automatische Korrektur der periodischen Fehler) ist nur in der Lage (wie der Name schon sagt) die periodischen Anteile der Getriebefehler zu kompensieren, vor allem den Fehler, den das Schneckengetriebe verursacht. Es gibt allerdings eine Reihe von Fehlern, die sich nicht wiederholen weil sie z.B. durch Schmutz im Getriebe oder einen kleinen Grat auf einem Schnecken Zahn verursacht werden. Vor allem bei einfachen Montierungen fernöstlicher Produktion ist der Anteil der nichtperiodischen Fehler am Gesamtfehler sehr groß. Diese Fehler werden von der PEC-Software alle nicht erkannt und nicht korrigiert.
3. Da das PEC kein System ist, das aufgrund einer aktuellen Zustandsmeldung geregelt wird, sondern nur eine gespeicherte Folge von Korrekturimpulsen abspult, kann es auch periodische Fehler dann nicht korrigieren, wenn deren Periode größer ist als die Erfassungszeit des PEC (in der Regel eine Schneckenwellenumdrehung). Die Antriebskette generiert jedoch durch das Zusammenspiel der verschiedenen Getriebearten auch länger periodische Fehler (Sogenannte Harmonische Fehler). Deshalb ändert sich der Verlauf der Fehlerkurve nach mehreren Schneckenumläufen gegenüber dem „Normal“ der gemessenen Schneckenumdrehung.

Welche Montierungen können mit dem TDM ausgestattet werden?

Derzeit (Januar, 2009), existieren Anbausätze für folgende Montierungen:

1. Fornax 50, 51, 100, 150
2. Synta EQ6, SkyWatcher EQ6, Orion Atlas EQ-G; EQ-6 Pro
3. Synta HEQ5, SkyWatcher HEQ5, Orion Sirius EQ-G
4. Celestron CGE
5. Astro-Physics 1200
6. Losmandy G11
7. Meade LX75
8. Meade LX200

9. Vixen GPDx

In Vorbereitung: Alt AD 5

Die Anzahl der unterstützten Montierungen steigt ständig. Sie können die aktuelle Liste hier abrufen: www.mda-telescoop.com (www.meade.de/tdm)

Kann der TDM auch an Eigenbaumontierungen installiert werden?

Ja, aber es muß natürlich für diese Montierung ein mechanischer Adapter gefertigt werden, der es erlaubt den Encoder an der RA-Achse der Montierung zu installieren. Da die Gesamtgenauigkeit des TDM entscheidend von der Präzision abhängt, mit der der Encoder installiert wird, ist es keine gute Idee den Adapter mit Geräten in Heimwerkerqualität zu fertigen. Vergessen Sie nicht: eine Bogensekunde ist ein winziger Winkel, und das TDM ist ein hochpräzises Gerät. Wir helfen hier gerne weiter, bitte senden Sie eine Mail an: tbo@meade.de

Welche Steuerungen werden vom TDM unterstützt?

Getestete Steuerungen:

1. FS2
2. SkyWatcher SynScan / SkyScan
3. Astro-Physics non-goto und goto
4. Pulsar
5. Koordinator 2000
6. MEADE Autostar II
7. Celestron Nexstar
8. Boxdoerfer MTS-3 SDI
9. Synta EQ6 non-goto hand-controller (Nach Umbau!)

Kann ich den TDM auch an anderen Steuerungen einsetzen?

Ja, aber es kann erforderlich sein, ein Kabel anzufertigen das die entsprechende Verbindung zu dieser Steuerung herstellt. Eventuell müssen zusätzlich zum richtigen Stecker und der richtigen Pinbelegung auch die Signalpotentiale angepasst werden. Wir helfen hier gerne weiter, bitte senden Sie eine Mail an: tbo@meade.de

Unterstützte und getestete Autoguider Eingänge (TDM out) (Stand Januar 2009):

1. SBIG ST-4 (SUB-D 15pin male)
2. Meade LX200 (RJ-12-6/6)
3. Koordinator 2000 (SUB-D 9pin male)
4. Astro-Physics 1200 (old non-goto version: SUB-D 9pin male, new GTO: RJ-12)

Was bedeutet Automatische Selbstkonfiguration und Automatisches Training?

Der TDM muß vom Benutzer nicht in irgend einer Weise vor dem Erstbetrieb eingestellt werden. Sie schalten die Montierung an, verbinden das Encoder-Kabel mit dem TDM und stecken das Autoguider-

Kabel in die Buchse CCD der Steuerung sowie in Autoguider Out am TDM ein. Dann stecken Sie das Stromkabel des TDM ein. Sobald der TDM startet, misst er die Drehrichtung und die Rotationsgeschwindigkeit der RA Achse und startet die Automatische Selbstkonfiguration. Sollte sich die Achse noch nicht drehen (z.B. weil das Teleskop noch nicht eingeschaltet ist), wird der TDM die Initialisierung so lange erneut starten, bis die RA-Achse mit ungefähr Sternengeschwindigkeit läuft. Dann wird der TDM einen Selbsttest durchführen. Dabei wird sich das Gesichtsfeld am Himmel um 5-10" verschieben. Während der automatischen Selbstkonfiguration bestimmt der TDM Richtung und Geschwindigkeit der Nachführbewegung in RA (dadurch ist der TDM auch auf der Südhalbkugel einsetzbar), die Orientierung der Richtungstasten in der Autoguider-Schnittstelle (Bei einer deutschen Montierung also die Lage der Ost-West Richtungstasten) und die Korrekturstärke (also die Aggressivität der Korrekturbewegung beim Auslösen eines Korrekturimpulses). Diese Werte werden im TDM abgespeichert. Wenn Sie den Standort Ihres Teleskops verändern, oder die Steuerung Ihres Teleskops aus – und wieder anschalten lädt der TDM die gespeicherten Werte und führt nur einen Positions-Reset durch statt die gesamte Initialisierungsprozedur zu starten.

Wenn Sie die Orientierung der Richtungstasten während der Beobachtung verändern (vor allem die der Ost-West-Richtungstasten) muß der TDM neu initialisiert werden (einfach ausschalten und wieder einschalten).

Der TDM ist in der Lage schnelle Richtungsänderungen zu erkennen und unterbricht während dieser schnellen Bewegungen (z.B. Positionierung eines Objekts, oder Zentrierung eines Objekts mit mehrfacher Sternengeschwindigkeit im Gesichtsfeld) die Korrektur der Nachführgeschwindigkeit. Sobald die Montierung wieder langsamer als mit doppelter Sternengeschwindigkeit läuft, nimmt der TDM die Korrekturen wieder auf.

Technische Daten

TDM Grundeinheit:	16-bit RISC Microcontroller
Systemauflösung des Drehgebers in RA:	0.125" (1/8 Bogensekunde)
Verbindungsstecker des Drehgebers:	SUB-D15 pin female
Internes Quarz Frequenznormal:	32MHz \pm 50ppm
Abtastfrequenz im Nachführbetrieb:	120 Hz
Nachführgeschwindigkeiten:	Sidereal or King Rate (wählbar)
Korrekturfrequenz:	1 Hz or 5 Hz (wählbar)
Erlaubte Abweichung (Totbereich):	\pm 0.5" or \pm 1" (Bogensekunde) (wählbar)
Auflösung der Anzeige*:	0.125" or 1" (Bogensekunde) (wählbar)
Anzeige:	LED-Zeile mit konstanter Helligkeit, 2x20-digit (Rot-Gelb) + 1x Nullpunkt (Grün)
Anzeigenbereich im 1"/digit Modus:	\pm 15" (\pm 15 digits + null)
Anzeigenbereich im 0,125"/digit Modus:	\pm 2.25" (\pm 18 digits + null)
Netzteil:	EU standard 12V Gleichstrom stabilisiert 300mA max.
Netzteil Anschlußstecker:	EU standard 2,1mm DC
CCD Autoguider input Stecker:	MEADE LX200 standard, RJ-12-6/6
TDM Ausgang Buchse, Typ-1**:	SBIG ST-4 standard, SUB-D15 pin, male
Steuerungsschalter an Ausgang 1:	long life DIL Reed Relais (w/o ohmic contact)
TDM Ausgang Buchse, Typ-2:	MEADE LX200 standard, RJ-12-6/6
Steuerungsschalter an Ausgang 1:	CMOS optical solid-state-Relais
Verwendbare Korrekturgeschwindigkeiten:	0.2x – 0.5x Sterngeschw.; max. Bereich: 0.1x-1x, aber nicht empfohlen (muß in der Teleskopsteuerung eingestellt werden, nicht im TDM)
Serielle Wartungsschnittstelle (USART):	SUB-D9 pin female
USART Protokoll:	9600 baud N81, ASCii oder hexadecimal
USART- PC Schnittstellenkabel:	SUB-D9 male-female, 1:1 pin-to-pin connected

*: Die Anzeige für den Winkelfehler zeigt den aktuellen gemessenen Fehler bei einer Auslesefrequenz von 120 Hz an. Der reale Fehler ist der Erwartungswert (= Durchschnitt) der Gaussverteilung, die über einen bestimmten Zeitraum ermittelt wurde. Dadurch kann es passieren, daß LEDs aufleuchten, wenn der gemessene Wert nahe am Ansprechwert der Anzeige liegt, obwohl der tatsächliche Wert unter dem Ansprechwert der LED liegt (vor allem wenn die Anzeige mit einer Auflösung von 1/8" betrieben wird). Das heißt jedoch nicht, daß die tatsächliche Abweichung über den oben beschriebenen Schranken liegt. Wenn die grüne LED in der Mitte leuchtet, befindet sich der tatsächliche Fehler innerhalb der beschriebenen Grenzen, egal welche roten oder gelben LEDs neben der grünen aufleuchten.

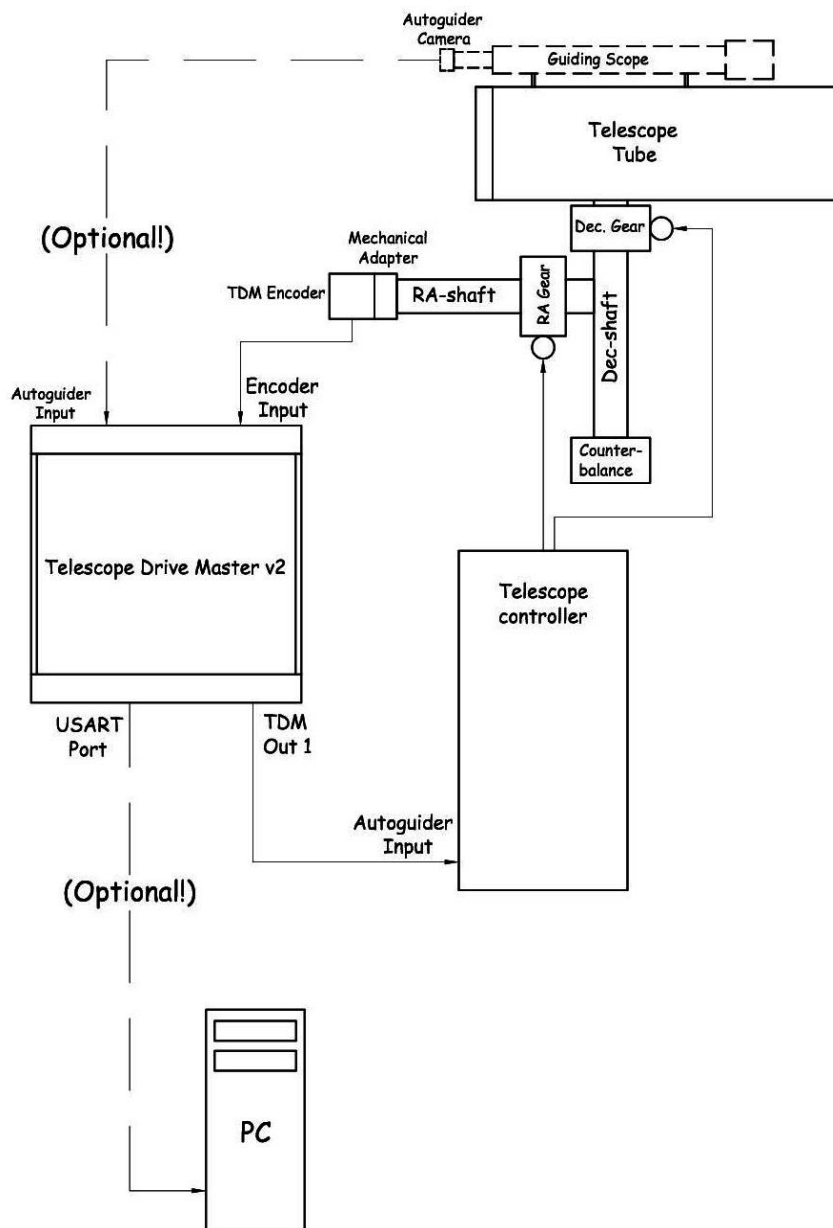
** : Kann nicht zusammen mit dem Autoguider-CCD Eingang verwendet werden – Autoguiderkorrekturen in DEC werden nicht übertragen.

TDM wird in der EU unter Verwendung von ROHS kompatiblen bleifreien Technologien hergestellt.

Installation des Telescope Drive Master

Lieferumfang der TDM Grundeinheit:

3. Präzisionsdrehgeber (Heidenhain) mit Kabel
4. TDM Grundeinheit (Schwarzes Gehäuse)
5. 230VAC/12VDC Netzteil
6. Verbindungskabel zur Steuerung (für MEADE LX200 und SBIG ST-4 Stecker)
7. Serielles Kabel für die USART Schnittstelle
8. Betriebsanleitung (lesen Sie gerade)



Anmerkungen zu der Skizze oben: Sie könnten statt der "TDM Out 1"-Schnittstelle die "TDM Out 2" verwenden, die einen SBIG ST-4 Standard Autoguider Eingang bietet. Es ist aber ganz wichtig, daß dann der SBIG ST-4 Standard Ausgang (TDM Out 2) nur die Autoguider-Korrektursignale in RA überträgt, nicht Korrekturen in DEC. Wir empfehlen deshalb die Verwendung des Ausgangs TDM Out 1.

Eine serielle Verbindung zwischen Ihrem PC und dem TDM ist nur dann erforderlich, wenn Sie die Korrekturen oder Werte des TDM auslesen und /oder abspeichern wollen. Das ist eine gute Möglichkeit das Nachführverhalten Ihres Teleskopes im Zimmer zu vermessen (Periodische und Aperiodische Fehler), statt klare Nächte für diesen Zweck zu verschwenden. In diesem Fall installieren Sie bitte das Programm "TDM Monitor" zusammen mit der runtime Umgebung oder das "COM Port Toolkit" auf Ihrem PC. Beide Programme finden Sie auf der beiliegenden CD. Bitte starten Sie D:\TDM Monitor\Install TDM monitor\setup.exe (wobei hier D: der Laufwerksbuchstabe Ihres CD-Laufwerks ist. (Siehe auch TDM Monitor Guide.txt auf der beschriebenen CD ROM.)

Im Prinzip bedeutet die Installation des TDM eigentlich vor allem, daß der Drehgeber am Ende der RA-Achse der Montierung angebracht wird. Da das Aussehen der mechanischen Teile natürlich stark von der verwendeten Montierung abhängt, weicht dieser Teil der Inbetriebnahme je nach Montierung stark ab. Diesen Schritt erklären die Teilanleitungen, in denen die Installation der Anbauteile für die verschiedenen Montierungen beschrieben werden. Allen gemeinsam ist das Ziel: den Ansatz für den Encoder zu einem spielfreien, steifen integralen Teil der Montierung zu machen. Dieser Teil darf also weder „wackeln“, noch gegenüber der RA-Achse „einern“ oder Spiel haben. Darüber hinaus müssen die Kabel verbunden und das Netzteil auf 12V eingestellt und eingesteckt werden. Sie finden die Teilanleitungen für die verschiedenen Montierungstypen im Anhang oder unter www.telescopedrivemaster.com (www.meade.de/tdm).

Sollten Sie die Adapter für eine bestimmte Montierung selbst herstellen, übernimmt Meade Europe keinerlei Garantie für das fehlerfreie Funktionieren des Systems!

Der Gebrauch des TDM

Sie finden eine Zeile mit LEDs in dem schwarzen Gehäuse. Diese LED-Zeile zeigt Ihnen den gegenwärtigen Nachführfehler der RA-Achse in Bezug auf das interne Frequenznormal des TDM an. Die mittlere LED dieser Zeile ist grün; immer wenn diese grüne LED leuchtet (unabhängig von anderen LEDs) ist die momentane Nachführgeschwindigkeit besser als die voreingestellte Schranke ($\pm 0.5''$ oder $\pm 1''$, je nach Stellung des Schalters 4, siehe mehr dazu weiter unten im Text). Links und rechts der grünen LED befindet sich eine Reihe von je 20 LEDs in den Farben Rot und Gelb. Eine LED bedeutet dabei ein Messschritt. Die Auflösung dieser Anzeigenzeile kann mit dem Schalter 2 verändert werden: $1''$ pro LED oder $1/8''$ ($0,125''$) pro LED.

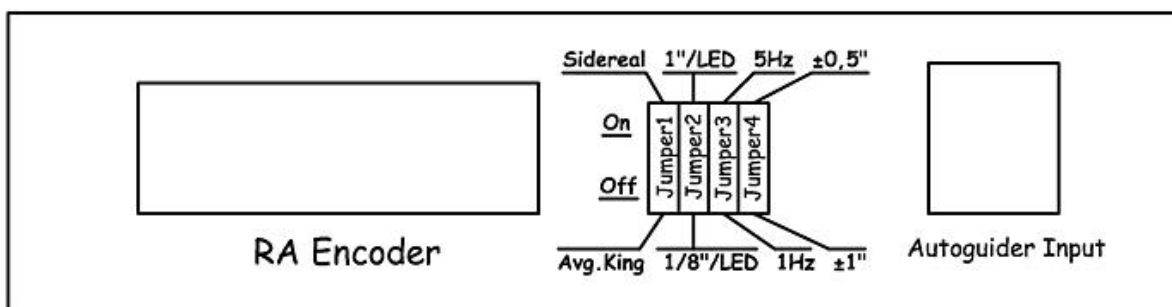
Nach dem Anschalten des TDM (durch Verbinden mit dem Netzteil) durchläuft der TDM in den ersten Sekunden einen Selbsttest. (Das ist zugleich eine Test der LED-Anzeige: Sie sehen zwei Lichtpunkte, die sich symmetrisch von innen nach außen durch die beiden Hälften der LED Zeile bewegen und dann zur Mitte zurückkehren. Die Gesamthelligkeit der LED-Zeile ist konstant – je mehr LEDs also leuchten, desto schwächer wird die Helligkeit einer einzelnen LED sein.

Nach dem Einschalten wird automatisch ein Selbsttest gestartet, der typischerweise zwischen 4-5 Sekunden lang läuft. (Die genaue Zeitdauer des Tests hängt von den mechanischen Gegebenheiten der Montierung und Teleskopsteuerung ab). Der Test geschieht vollständig automatisch, Sie müssen nur warten bis er beendet ist.

1. Am Anfang der Initialisierung stellt der TDM die Drehrichtung der RA-Achse fest. Diese Richtung wird im folgenden vom TDM als richtig vorausgesetzt. Sollten Sie aus Versehen bei Ihrer Steuerung den Schalter für den Betrieb auf der Nordbzw. Südhalbkugel falsch gestellt haben, so wird der TDM diesen Fehler also nicht bemerken, obwohl die Montierung dann natürlich in die falsche Richtung läuft. (Der Beobachter ist also für die richtige Einstellung der Drehrichtung der Montierung selbst verantwortlich). Während dieses Tests wird eine einzelne LED (Rot oder Gelb je nach Drehrichtung) konstant leuchten und die Achsendrehung wird auf der LED-Zeile mit einer Auflösung von 1"LED angezeigt. Der Test ist beendet, wenn die 10. LED leuchtet. (Sollte die Nachführung nicht eingeschaltet sein, oder die momentane Geschwindigkeit um mehr als $\pm 20\%$ von der Sollgeschwindigkeit abweichen, wird der TDM diesen Initialisierungsschritt wiederholen. Ist das Spiel in RA zu groß, kann es sein, daß dieser Initialisierungsschritt öfter wiederholt wird.
2. Als zweiter Initialisierungsschritt überprüft der TDM die Wirkung der Korrekturtasten auf die Bewegung des Teleskops. Zuerst wird der Schalter „Nach Osten“ aktiviert. Während dieses Tests leuchten zwei LEDs am Rand der Zeile (Rot oder Gelb, je nach Drehrichtung) und die Drehung der Achse wird mit einer Auflösung von 1"/LED angezeigt. Der Test ist abgeschlossen, wenn die 5te LED leuchtet. Ist das Ergebnis des Tests nicht zufriedenstellend, führt der TDM den Test in die andere Richtung erneut durch. TDM vermisst die Korrekturgeschwindigkeit des Autoguider-Eingangs, der in der Teleskopsteuerung eingestellt ist. Ein Erfahrungswert ist dabei, daß das Optimum für die Korrekturrate oft bei 5"/sek (0.33x Sterngeschwindigkeit) liegt. Liegt der Korrekturwert außerhalb des zulässigen Bereichs (0.1x – 1x), speichert der TDM den Wert und geht zum nächsten Test über. Das kann zum Beispiel dann der Fall sein, wenn das Autoguider Kabel nicht in die Steuerung eingesteckt ist.
3. Im nächste Schritt überprüft der TDM die anderen Korrekturbewegungen der Autoguider Schnittstelle der Teleskopsteuerung. Während dieses Test leuchten drei LEDs am Rand (Rot oder Gelb, je nach Drehrichtung) und die Drehrichtung wird mit einer Auflösung von 1"/LED auf der Zeile angezeigt. Der Test ist abgeschlossen, wenn die fünfte LED leuchtet. Die Änderung der Nachführgeschwindigkeit muß gegenüber dem vorigen Test in entgegengesetzter Richtung verlaufen. Ist das Ergebnis des Tests nicht zufriedenstellend kann der TDM diesen Fehler nicht durch andere Messungen korrigieren, und der gesamte Selbsttest wird neu gestartet. Der TDM misst die Korrekturgeschwindigkeit der Teleskopsteuerung, der oft bei 5"/sec (0.33x Sterngeschwindigkeit) liegt. Befindet sich der Wert für diese Korrekturgeschwindigkeit außerhalb des zulässigen Wertebereichs (0.1x – 1x Sterngeschwindigkeit), fährt der TDM mit der nächsten Phase der Initialisierung fort, und speichert den gemessenen Wert (z.B. 0, wenn das Autoguider-Kabel nicht in die Teleskopsteuerung eingesteckt ist). Die anderen Vorgänge bei diesem Teil des Tests stimmen mit dem vorherigen Teil überein.

4. Die vierte Phase der Initialisierung kann je nach Ablauf der vorherigen drei Phasen unterschiedlich verlaufen:
 - a. PED-Modus (Periodic Error Display mode – Anzeige des Fehlers): Wenn weder das Ost, noch das West-Relais eine korrigierende Wirkung zeigen, dann leuchten für e Sekunde am Rand 4 LEDs (Rot oder Gelb, je nach Drehrichtung) s of the display (red or yellow, depending on turning direction). Dadurch wird angezeigt, daß der Test mit einem Fehler beendet wurde. In diesem Fall ist die wahrscheinlichste Ursache des Fehlers ein nicht oder fehlerhaft verbundenes Autoguiderkabel (oder Kontaktprobleme der Autoguiderbuchse in der Teleskopsteuerung. Teleskope werden oft in feuchter Umgebung verwendet – Tau – was mit der Zeit zur Oxidierung der Kontakte in den Buchsen und Steckern der Steuerung führen kann). Trotz des Fehlers wird der TDM den Test abschließen und den Nachführfehler der Montierung anzeigen. (Sollte man nicht in der schönen Lage sein eine Montierung mit $\pm 2.5''$ Gesamtschneckenfehler sein eigen zu nennen, ist es ab diesem Punkt zweckmäßig, die Auflösung der Anzeige mit dem Schalter 2 auf $\pm 1''$ /LED einzustellen.
 - b. TDM Modus (Telescope Drive Master Steuermodus): Wenn beide Korrekturausgänge aktiv sind, und die Korrekturgeschwindigkeit im erlaubten Wertebereich liegt, leuchten am Rand der LED-Zeile fünf LED (Rot oder Gelb, je nach Drehrichtung). So wird angezeigt, daß die Initialisierung des TDM erfolgreich abgeschlossen wurde (Die Gesamtdauer der Initialisierung und des Selbsttests liegt bei ungefähr 5 Sekunden. Da die genaue Länge von den Gegebenheiten der Montierung und Steuerung abhängt, kann keine genaue Zeitangabe gemacht werden).
5. TDM-Steuerbetrieb: Nach erfolgreichem Abschluß des Selbsttests aktiviert sich der TDM und regelt die Nachführgeschwindigkeit wenn nötig nach.

An der Frontseite des TDM erkennen Sie eine Reihe von sogenannten DIL (Dual in Line) Schaltern (oft auch Jumper genannt), die es Ihnen ermöglichen eine Feinabstimmung des TDM-Betriebs vorzunehmen. Die Schalter ändern die Einstellungen sofort, es muß also nicht nach Änderung einer Schaltereinstellung der TDM erneut gestartet werden.



Eingangsseite des TDM mit Wahlschaltern 1

Schalter1: Wahlschalter für die Nachführgeschwindigkeit (AUS: King Rate – 1436.47 Minuten/Tag; AN: Sterngeschwindigkeit – 1436.07 Minuten/Tag). In der vorliegenden TDM-Version bedeutet „King Rate“ Durchschnittliche King Rate, nicht die Positionsabhängige „echte“ King Rate.

Schalter 2: Wahlschalter für die Auflösung der LED- Anzeigenzeile (AUS: 1/8" bzw 0.125"/LED; AN: 1"/LED). Der gesamte Anzeigebereich im hochauflösenden Modus beträgt $\pm 2.25''$ ($\pm 18 \times 1/8''$), was für den TDM Regelbetrieb empfohlen wird; Oder $\pm 15''$ ($\pm 15 \times 1''$) was für den PED Modus empfohlen wird. Bitte beachten Sie, daß der TDM den Nachführfehler sofort nach Abschluß der Initialisierung anzeigt. Der angezeigte Nachführfehler, der auch an der USART-Schnittstelle ausgegeben wird, wird im Allgemeinen NICHT symmetrisch zur grünen Nullstellung sein, sondern von den Messwerten während der Initialisierung abhängen.

Schalter 3: Wahlschalter für die Korrekturfrequenz (AUS: 1 Hz –eine Korrektur pro Sekunde; AN: 5 Hz – fünf Korrekturen pro Sekunde). Die empfohlene Einstellung hängt von der Größe und Masse der Montierung, der Steifigkeit des Teleskop/Montierungssystemes, dem vorhandenen Spiel und der Windgeschwindigkeit ab. (Siehe die Tipps für Fortgeschrittene unten)

Schalter 4: Wahlschalter für den zulässigen Totbereich der Regelung (AUS: $\pm 1''$; AN: $\pm 0.5''$). TDM hält den Nachführfehler innerhalb dieser eingestellten Schranken (immer in Relation zum eingebauten Frequenznormal). Überschreitet der Nachführfehler den eingestellten Toleranzbereich, steuert der TDM mittels der eingebauten Relais gegen. Die empfohlene Einstellung hängt von praktischen Faktoren wie das mechanische Ansprechverhalten der Montierung, Stabilität und Windgeschwindigkeit ab. (Siehe die Tipps für Fortgeschrittene unten) Bitte beachten Sie: Die Aggressivität der Korrekturbewegungen (Schnelligkeit der Korrekturbewegung) kann nicht am TDM, sondern nur an der Teleskopsteuerung eingestellt werden.

TDM Betrieb während Positionierschwenks

TDM geht während des Regelbetriebs davon aus, daß die Geschwindigkeit der RA-Achse um nicht mehr als ± 5 Bogensekunden/Sekunde von der Sollgeschwindigkeit abweicht. Wird diese Abweichung größer als der Wert von 5"/Sekunde oder die Nachführgeschwindigkeit überschreitet den Wert von 2x Sterngeschwindigkeit (oder King-Rate), führt der TDM einen Reset durch, und prüft die Geschwindigkeit jede Sekunde. Das ist insbesondere dann der Fall, wenn ein Objekt mittels der schnellen Pfeiltasten im Gesichtsfeld des Teleskops zentriert wird, oder ein neues Objekt mit hoher Geschwindigkeit anpositioniert wird. Am Ende der Positionierung, sobald die RA-Geschwindigkeit unter den Wert von 2x Sterngeschwindigkeit sinkt, nimmt der TDM den Regelbetrieb wieder auf. Dadurch ist es natürlich nicht möglich, das Objekt langsamer als mit 2-facher Sterngeschwindigkeit anzufahren, da der TDM diese langsamen Korrekturen als Fehler sehen wird und gegensteuert. (Während des Hochgeschwindigkeitsbetriebes werden die Steuerrelais in einen geschützten Modus versetzt, damit der TDM keine Probleme bei der Schrittberechnung der Teleskopmotortreiber verursacht). Nach dem Neustart an der neuen Objektposition wird kein Selbsttest durchgeführt, nur der Regelbetrieb wird von der neuen Nullposition aus wieder aufgenommen. Bitte beachten Sie: Selbsttests werden nur dann durchgeführt, wenn der TDM aus – und wieder angeschaltet wird.

Der Gebrauch des TDM in Verbindung mit einem Autoquider (Nur TDM v2 oder höher)

Obwohl der TDM ursprünglich als Standalone-Gerät vor allem für den Betrieb an ferngesteuerten Teleskopen mit typischen Belichtungszeiten von 5-10 Minuten entwickelt wurde, unterstützt der TDM ab der Version 2,0 auch den Einsatz zusätzlicher Autoquider, was längere Belichtungszeiten ermöglicht. Sie haben damit die Möglichkeit ohne helle Leitsterne zu arbeiten, und Sie sind in der Lage, mit einem weniger empfindlichen (und damit auch mit nicht gekühlten, stromsparenden) Nachführkameras erstklassig nachgeführte Bilder zu erhalten. Während der langen

Integrationszeiten der Nachführkamera wird der TDM zwischen den Korrekturbewegungen der Nachführkamera für einen sauberen, gleichmässigen Lauf der Montierung sorgen. Damit rücken auch bei kleinen Nachführoptiken Leitsterne bis zur 10. Größenklasse in den Bereich der akzeptablen Genauigkeit. Solche Leitsterne sind auch bei kleinen Nachführchips im Gesichtsfeld eines Off-Axis Guiders praktisch immer sichtbar, und können nun aufgrund der möglichen Integrationszeiten von 10, 20 30 Sekunden oder länger erfolgreich als Leitstern verwendet werden. Die kürzestmögliche Integrationszeit für die Nachführkamera beträgt dabei 2 Sekunden: In der Praxis können damit alle Sterne im Gesichtsfeld als Leitsterne dienen.

Sie finden den Eingang für den Autoguideranschluß zusammen mit dem Encodereingang an der „Eingang“-Seite des TDM neben den Wahlschaltern („Jumper“). TDM unterstützt den MEADE LX200 standard (RJ-12) Autoguider Stecker als Eingang und sowohl der MEADE LX200 als auch der SBIG ST-4 Standardstecker können auf der „Ausgang“-Seite verwendet werden, um die Verbindung zwischen dem TDM Ausgang und dem Autoguider Eingang der Teleskopsteuerung herzustellen (Siehe technische Daten).

Es ist sehr wichtig, daß Sie wissen, daß NUR DER LX200 AUSGANG fehlerfrei mit dem Autoguider zusammenarbeitet!!! Bei Verwendung eines Autoguiders verbinden Sie also bitte sowohl Autoguider als auch Teleskopsteuerung über die LX200 Stecker mit dem TDM.

Wenn der korrekt angeschlossene TDM ausgeschaltet ist, werden die Autoguider-Korrekturen vom TDM ohne Veränderung direkt an die Teleskopsteuerung weitergegeben. Wollen Sie also den Autoguider ohne den TDM einsetzen, müssen Sie also den bereits bestehenden Aufbau nicht verändern und den TDM aus der Regelschleife entfernen (Auch wenn wir uns derzeit keinen Grund vorstellen können, den TDM nicht einzusetzen, wenn er vorhanden ist ...).

Bitte beachten: Wenn Sie den TDM ohne Autoguider einsetzen wollen, muß der Autoguider aus dem TDM ausgesteckt werden, da der ausgeschaltete Autoguider eventuell Störsignale von sich gibt, die der TDM als Steuersignale interpretieren könnte weil er nicht weiß, daß der Autoguider ausgeschaltet ist. Das könnte zu Fehlern in der richtigen Geschwindigkeit führen.

Es gibt zwei Möglichkeiten das angeschlossene System zu initialisieren (vorausgesetzt, die Teleskopsteuerung läuft bereits):

1. Schalten Sie zuerst den Autoguider an und führen Sie die Kalibrierung durch. Sobald der Autoguider aktiv nachführt, können Sie auch den TDM anschalten. Der TDM wird jetzt seinen Selbsttest durchlaufen. Während dieser Zeit blockiert der TDM die Steuersignale des Autoguiders. Nach dem Abschluß der Initialisierung ist das System einsatzbereit.
2. Sie können auch zuerst den TDM einschalten. In diesem Fall müssen Sie warten, bis der TDM vollständig initialisiert ist, und können dann den Autoguider aktivieren. TDM unterstützt den Kalibrationsprozess des Autoguiders dadurch, in dem er die Nachführfehler zwischen zwei Korrekturimpulsen in Rektaszension ausgleicht. (Bitte Beachten: Die Steuerzeit des Autoguiders muß mehr als 2 Sekunden betragen, siehe unten)

Sie können sich also die Einschaltreihenfolge aussuchen. Es muß nur vermieden werden, daß beide Geräte zur gleichen Zeit eingeschaltet werden, weil sich sonst die beiden Initialisierungsroutinen von Autoguider und TDM gegenseitig stören würden.

Wichtig: TDM setzt voraus, daß zwischen zwei Korrekturen des Autoguiders mehr als 2 Sekunden vergehen. Dadurch werden Resonanz – und Aufschaukelprobleme vermieden, die sich sonst beim gleichzeitigen Betrieb zweier Regelsysteme ergeben könnten. Es ist auch nicht besonders logisch, kurze Korrekturzeiten zu verwenden, wenn der TDM installiert ist ...

Es macht erheblich mehr Sinn die Integrationszeit des Autoguiders auf den maximale Wert zu setzen (bis zu 30 Sekunden oder sogar einer Minute) weil man so auch die schwächsten Sterne im Gesichtsfeld als Leitsterne einsetzen kann. Während dieser Integrationszeit wird der TDM das

Teleskop auf das Objekt ausgerichtet lassen, machen Sie sich darüber keine Sorgen. Sobald der TDM ein Korrektursignal in RA am Autoguidereingang feststellt, unterbricht er die eigene Regeltätigkeit und überträgt das einkommende Signal des Autoguiders (zusammen mit den Signalen für Deklination natürlich { Vorsicht – Nur bei der Verwendung des LX200 kompatiblen Ausgangs werden auch die Steuersignale für DEC übertragen, der ST-4 Ausgang überträgt nur RA}) an die Steuerung des Teleskops und behält diesen Zustand bei, so lange der Autoguiders aktiv ist. So bald der Autoguiders der Teleskopsteuerung keine Impulse mehr senden (und eine neue Belichtung beginnt), führt der TDM einen Positionsreset durch und verwendet die dabei die letzte Position nach Beendigung der Autoguiders-Korrektur als Referenz. Dann arbeitet er ganz normal weiter

Drei rote und drei gelbe LEDs um die grüne „keine Abweichung LED“ leuchten während der Autoguiders Korekturen auf um die externe Steueraktivität anzuzeigen.

Einige Tipps für Fortgeschrittene

Die mechanischen Eigenschaften bestimmter Teleskopmontierungen (sowohl was deren Konstruktion, als auch deren Herstellungsqualität betrifft) die Höhe der Korrekturgeschwindigkeit in der Teleskopsteuerung als auch die Aktivierung der Wahlschalter am TDM beeinflussen das Nachführverhalten des Teleskops.

Allgemein kann gesagt werden, daß die Kompensation der mechanischen Störungen der Getriebeverzahnungen die größte Herausforderung für eine Antriebsregelung darstellen, sei es TDM oder Autoguiders. Das ist so, weil diese Fehler Störungen mit relativ großer Amplitude in kurzer Zeit erzeugen, wie in den PE-Kurven klar ersichtlich. Der Schneckenfehler besitzt eine noch größere Amplitude, aber eine erheblich längere Periode, so daß der TDM (oder ein Autoguiders) diese langsame Abweichung viel einfacher kompensieren kann. Das bedeutet, daß es sinnvoll ist im Falle von schnellen Ausschlägen auf der Wellenlinie des Schneckenfehlers eine schnellere Korrekturrate (5Hz) und/oder eine schnellere Korrekturgeschwindigkeit (0.4x, 0.5x, maybe 1x) zu wählen. Auf der anderen Seite können allerdings viele Montierungen, bei denen die Schnecke über einen Zahnriemen mit dem Vorgetriebe/Motor verbunden ist (oder direkt an der Schneckenwelle sitzt), so schnelle und starke Korrekturen nicht sauber an die Mechanik weitergeben, so daß nur durch die Wahl einer langsamere Korrekturgeschwindigkeit (0.3x, 0.25x oder sogar 0.15x) oder eines „gutmütigeren“ Regelverhaltens von 1Hz ein wildes Überschwingen der Nachführgeschwindigkeit vermieden wird. Hier gilt: einfach ausprobieren und die beste Einstellung herausfinden. Durch die Anzeige im TDM haben Sie jederzeit eine Kontrollmöglichkeit.

Falls die Montierung mit der verwendeten Optik überlastet ist, oder die Windgeschwindigkeiten für das vorhandene Gerät zu hoch sind, kann es Sinn machen die Toleranz, aber der der TDM nachregeln soll von $\pm 0.5''$ auf $\pm 1''$ heraufzusetzen. Das wird die Genauigkeit der Nachführung etwas reduzieren, aber im die Gefahr eines Aufschwingens der Regelung mit Verlust der Aufnahme deutlich reduzieren. Das System wird viel ruhiger und gleichmässiger arbeiten.

Wenn Sie den TDM mit ausgestecktem Steuerkabel betreiben, wird der aktuelle Nachführfehler gemessen und wie beim Betrieb im PED-Modus auf der LED-Zeile dargestellt.

Um die hochgenaue Regelung des TDM auch gewinnbringend zu nutzen, muß während der Belichtung strikt auf einige Dinge geachtet werden. Die Kabel, die von CCD-Kamera, Tauschutzheizungen, Fadenkreuzokularen, Handkontroller etc. kommen sollten fest verlegt werden,

und nicht während der Belichtung frei herunterhängen. Das Stativ oder die Säule sollten sichtbar sein, und nach Möglichkeit von den Vibrationen, die herumlaufende Beobachter erzeugen, isoliert werden. Sie können die Sensitivität von Teleskopen gegenüber herumlaufenden Beobachtern einfach feststellen: Stellen Sie die Anzeigegenauigkeit auf 0,125" und hüpfen Sie in die Höhe. Sie werden sehen, wie der TDM versucht, die Schwingung die Sie verursacht haben, zu dämpfen.

Der der schlimmsten Feinde einer sauber laufenden TDM-gesteuerten Nachführung sind: ungenügende Polausrichtung, mechanisch unzureichende Montierung mit unsauber laufenden Kugellagern in der Rektastzensionsachse und differentielle Refraktion.

Sie können die Polausrichtung Ihrer Montierung in kurzer Zeit dramatisch durch die Verwendung von geeigneter Ausrichtsoftware verbessern (zum Beispiel mit einer Webcam und dem Drift Explorer Modul von K3CCDTool3 oder der WCS Webcam controlled Scheiner Software). Dabei wird eine Art quantitatives Scheinerverfahren angewandt. Die Einstellung des Azimuts (am Schnittpunkt Meridian/Himmelsäquator) ist mit Hilfe der Scheiner-Methode sehr einfach und sehr zuverlässig; das gilt leider nicht bei der Einstellung der Höhe, da die starke differentielle Refraktion am Ost bzw. Westhorizont das Ergebnis verfälscht. Um die Höhe einzustellen ist es zuverlässiger nach der King-Methode Bilder vom Pol zu machen. Eine ausführliche Beschreibung beider Methoden (auf englisch) finden Sie hier: www.telescopedrivemaster.com (oder www.meade.de/tdm). Außerdem raten wir dazu, die Polausrichtung bei fest aufgestellten Teleskopen von Zeit zu Zeit zu überprüfen, weil sich selbst große Säulen im Laufe der Zeit ein wenig setzen. Für den Beobachter mit transportabler Ausrüstung ist extrem wichtig, daß das Stativ nicht im Laufe der Nacht einsinkt, was aufgrund der hohen Kräfte auf den kleinen Flächen der Stativbeinenden oft passiert. Hier ist der Einsatz von Unterlegtellern obligatorisch.

1" ist ein unglaublich kleiner Winkel: es entspricht der Ausdehnung eines ein Euro Geldstücks aus einer Entfernung von ungefähr 5km! Es ist der 1/1,296,000 Bruchteil eines Vollkreises. Kleinste Schmutzpartikel auf den Oberflächen der Kugellager können die RA-Achse deutlich weiter aus der Sollposition verschieben, und auch wenn der TDM die Geschwindigkeit der Achse auf dem richtige Wert hält, so wird doch die Teleskopachse, und damit das Foto, einen merkbaren Sprung aufweisen. Falls Sie Zweifel an der sauberen Verarbeitung Ihrer Montierung haben, sollten Sie das Gerät von kundiger Seite zerlegen, reinigen und fetten lassen. Manchmal ist sogar ein Lagertausch ratsam. Ein Hinweis darauf, daß so etwas nötig sein könnte, ist der unregelmäßige Verlauf des Schneckenfehlers. Ein Vermessen des Schneckenfehlers mit dem TDM und dem kostenlosen Auswertprogramm kann hier für Klarheit schaffen. (Einige typische Schneckenfehlerkurven finden Sie auf unserer Website: www.mda-telescoop.com or www.meade.de/tdm)

Die letzte Fehlerquelle, die differentielle Refraktion können wir dadurch klein halten, in dem wir versuchen, die Aufnahmen im Bereich der „photometrischen Höhe“ anfertigen. Das ist ein Bereich von 40-50° um denHimmelspol, in dem die Effekte der atmosphärischen Störungen sehr klein sind. Zusätzlich hilft die Anpassung der Nachführgeschwindigkeit: um den Zenit herum ist es am besten die klassische Sterngeschwindigkeit zu verwenden (sidereal), bei Höhen um die 45° ist die Einstellung der King-Geschwindigkeit empfohlen (Wahlschalter 1). Gleichzeitig sollte die Fotografie am Ost, oder Westhorizont nach Möglichkeit vermieden werden. Wenn die obigen Ratschläge befolgt werden, ist es in der Regel kein Problem ohne zusätzliche Nachführung Belichtungszeiten von 5-10 Minuten punktförmig zu halten (Je nach Präzision der Polausrichtung und Brennweite des Teleskops).

USART-Serviceschnittstelle:

Wird der TDM über die serielle Schnittstelle mit dem PC verbunden, können wir eine log-datei der Überwachungszeit aufzeichnen. Der TDM übermittelt den gemessenen Nachführfehler in RA jede Sekunde an die serielle Schnittstelle. 128dec = 80hex code ist der Wert für die Nullabweichung. USART protokolliert dabei die Fehler mit einer Auflösung von 1/8" und ist in der Lage eine Gesamtabweichung von 120 Werten ($\pm 15''$) als Maximalwert auszugeben.

Sie können die entsprechende USART Utility software (COM Port Tool Kit 3.8) an folgender Adresse laden: (<http://www.compt.ru>). Die gemessenen Daten werden dabei in der Datei „compt.dat“ gesichert; diese Daten können nach einer Anpassung an den Fehlerbereich in Excel dargestellt werden.

Zusätzlich können Sie eine Hochpräzisions-Fehlerkurve direkt erzeugen, indem Sie den TDM mit dem PC verbinden. Sie brauchen dafür keine klare Nacht, sondern können die Tests im Zimmer durchführen. Laden Sie dazu von der das Programm „PE-tester.exe“ von unserer Homepage www.MDA-TelesCoop.com (www.meade.de/tdm). Durch die Beschränkung auf einen Wertebereich, der nur einen maximalen Fehler von $\pm 15''$ zulässt (siehe oben) können Sie Montierungen mit einem Schneckfehler von besser als einer halben Bogenminute P-V direkt einfach testen (Wenn Sie die Aufzeichnung starten wenn die Montierung gerade in der Mitte der Fehlerkurve läuft).

Während des Selbsttests sendet der TDM auch über USART verschiedene Informationen über den Teststatus an den PC, die in der Liste unten nachgeschlagen werden können. Die letzte Meldung des Selbsttests ist 2x FF-hexa und nach dieser Meldung started die Sicherung der Fehlerwerte. Auch nach einem Reset wird 2x FFhexa gesendet.

Eine Referenz der USART codes finden Sie auf der nächsten Seite.

USART codes:

0x hex = comment

Fx hex = FALSE (FAULT)

FF hex = Reset

00h	selftest step1 start
01h	track direction positive (North hemisphere), velocity good
02h	track direction negative (South hemisphere), velocity good

F1h	tracking too fast
F2h	tracking too slow

03h	track display start 1sec
-----	--------------------------

04h	selftest step2 start
05h	East relay direction good
06h	East relay direction wrong, East relay direction swapp and selftest step2 restart

F3h	-
F4h	East relay timeout (relay slow or not connected)
F5h	-
F6h	-

07h	selftest step3 start
08h	West relay direction good

F7h	West relay direction wrong (Impossible error! East and West relays moved same direction)
F8h	West relay timeout (relay slow or not connected)

09h	East relay return correction Start
0Ah	East relay return correction End

F9h	Weast relay timeout (relay slow or not connected)
-----	---------------------------------------------------

0Bh	-
0Ch	-
0Dh	-
0Eh	PED mode (Periodic Error Display) Start (East AND West relays wrong, probably NO guider port cable)
0Fh	TDM mode, tracking control Start

FAh	West relay wrong, East relay good (cable broken)
FBh	West relay good, East relay wrong (cable broken)
FCh	-
FDh	-
FEh	-
FFh	TDM RESET happened
