

# Bedienungsanleitung

## PowerFlex MTS-4S Microcontroller Teleskopsteuerung für Montierungen mit Schrittmotoren in 2 Achsen Features: Programmierbar, High-Speed, Mikroschritt Software-Version 2.00

### **1. Vorwort und Einführung**

Vielen Dank, dass Sie sich zur Anschaffung unserer Teleskopsteuerung entschlossen haben. Eine Investition, die Sie bestimmt nicht bereuen werden. Denn die PowerFlex MTS-4S ist eine universell verwendbare Teleskopsteuerung, die speziell für anspruchsvolle Amateurastronomen entwickelt wurde. Aber auch viele Profis nutzen das Vorgängermodell, die MTS-3, schon lange Zeit wegen ihrer Vielseitigkeit und Funktionalität.

Durch die neue Software-Version 2.00 erhält die MTS-4S zusätzlich zur MTS-3 noch mehr Leistung und Möglichkeiten. Mit der MTS-4S können Sie praktisch jede Montierung mit Schrittmotoren nachführen, angefangen von der kleinen Reisemontierung bis hin zur schweren stationären Montierung.

Durch die in weiten Grenzen programmierbaren Parameter und die wählbaren Standardeinstellungen ist die schnelle Anpassung an die Montierungen namhafter Hersteller als auch besonders an Eigenkonstruktionen problemlos möglich. Dabei bietet die MTS-4S noch eine Reihe von Möglichkeiten, wie PC-Interface, Display, DE-Spielausgleich, Schneckenfehlerkorrektur, Phasenstromregelung, Mikroschrittbetrieb, die preislich vergleichbare Geräte anderer Hersteller nicht haben.

Trotz aller Möglichkeiten bleibt die MTS-4S ein Gerät, das leicht und intuitiv zu bedienen ist, sowohl vom Astronomie-Einsteiger, als auch vom erfahrenen Benutzer. Grundsätzlich gilt: Sie können alle Möglichkeiten der MTS-4S nutzen, aber Sie müssen es nicht. Die MTS-4S wird betriebsfertig geliefert, so dass Sie sofort loslegen können. Lesen Sie dazu das Kapitel "Erste Inbetriebnahme".

Wenn Sie von den erweiterten Funktionen der MTS-4S Gebrauch machen möchten, können Sie alle Einzelheiten in den entsprechenden Kapiteln genau nachlesen.

Mit der neuen MTS-4S Version 2.00 hat sich einiges - wenn auch nicht grundsätzlich - im Vergleich mit den älteren Versionen der MTS-3 geändert. Mehr dazu lesen Sie bitte in Kapitel 4.

Die Bedienungsanleitung sollte den Grossteil aller Fragen beantworten, wenngleich manches Detail nicht an jeder relevanten Stelle wiederholt beschrieben wird, um den Umfang der Anleitung nicht zu sprengen. Dennoch ist die Anleitung recht lang geworden. Dadurch sollten Sie sich aber nicht irritieren lassen, denn für die normale Benutzung brauchen Sie sich wirklich nur Weniges davon zu merken.

Für offene Fragen steht Ihnen unsere Hotline (Tel. 09261 53853) zur Verfügung.

Wir wünschen Ihnen hiermit viel Erfolg mit Ihrer neuen MTS-4S, und würden uns über ein positives Feedback und eine Weiterempfehlung an Ihre Sternfreunde sehr freuen.

**Boxdörfer Elektronik**

**Zum Gries 7**

**96317 Kronach**

**Tel: 09261 53853 Fax: 09261 53853**

## **2. Inhaltsverzeichnis**

|   |    |
|---|----|
| 1. Vorwort und Einführung .....                                     | 1  |
| 2. Inhaltsverzeichnis.....  | 2  |
| 3. Erste Inbetriebnahme .....                                       | 4  |
| 4. Neuigkeiten der MTS-4S Version 2.00.....                         | 5  |
| 5. Grundsätzliches zur Bedienung.....                               | 6  |
| Tasten und Schalter .....   | 6  |
| Bedienungsweise.....  | 6  |
| LED-Statusanzeige.....  | 7  |
| Speichertest .....  | 7  |
| Unterspannungs-Warnung.....   | 7  |
| Temporäre Baudraten, Display-Umleitung .....                        | 8  |
| Handhabung .....  | 8  |
| Abkürzungen, Begriffe.....  | 8  |
| 6. Nachführen.....  | 9  |
| Feinkorrektur.....  | 9  |
| Schnellgang.....  | 9  |
| Drehrichtung der Schrittmotoren.....                                | 9  |
| Mond nachführen .....   | 9  |
| Sonne nachführen.....   | 9  |
| Spielausgleich DE .....   | 9  |
| PEC Periodische Fehlerkorrektur RA .....                            | 10 |
| Stoppuhr.....   | 11 |
| 7. Programmierung.....  | 11 |
| Auswahl der Montierung.....   | 11 |
| Nichtaufgeführte Montierungen .....                                 | 11 |
| Selbstdefinierte Einstellungen .....                                | 12 |
| Standard-Einstellungen (RESET).....                                 | 12 |
| Motor*Getriebe-Untersetzung (RA-M*G).....                           | 12 |
| Frequenzen direkt einstellen, Phasenstrom RA und DE einstellen..... | 13 |
| RA-Frequenzen, RA Phasenstrom.....                                  | 14 |
| DE-Frequenzen, DE Phasenstrom.....                                  | 14 |
| Lernmodus RA .....  | 14 |
| Korrekturfaktor RA.....   | 15 |
| Beschleunigung, Mikroschrittweite.....                              | 15 |
| 8. Anzeigedisplay (LC-Display).....                                 | 16 |
| 9. Funktion, schematische Darstellung .....                         | 17 |
| 10. RS-232-Interface .....  | 17 |
| Anwendungsmöglichkeiten .....                                       | 17 |
| Baudraten und Display-Umleitung .....                               | 18 |
| Kommunikationsprotokoll, Daten-/Befehlsformate .....                | 18 |
| Befehlsgruppen .....  | 19 |
| Befehlsliste/Befehlsbeschreibung.....                               | 19 |
| Display-Umleitung .....   | 21 |
| Tastensimulation .....  | 21 |
| Daten auslesen.....   | 21 |
| Positionieren, Motorbefehle.....                                    | 21 |
| Spielausgleich DE .....   | 22 |
| Parameter-Daten auslesen und laden.....                             | 22 |
| Parameterspeicher (EEPROM) .....                                    | 23 |
| 11. QBasic Beispielroutinen.....                                    | 24 |
| 12. Schrittmotoren.....   | 28 |
| Schrittmotorfunktion .....  | 28 |
| Betriebsarten .....   | 28 |
| Verschaltungsarten.....   | 29 |
| Auswahl geeigneter Typen.....                                       | 30 |
| Stromaufnahme .....   | 30 |
| Drehmoment.....   | 31 |
| Getriebe.....   | 31 |
| 13. Elektrische Anschlüsse.....                                     | 31 |
| Autoguider-Anschluss .....  | 32 |

|   |    |
|---|----|
| Hand-Kontrollbox extern .....                                 | 32 |
| RS-232 .....  | 32 |
| LC-Display .....  | 32 |
| 20-polige Stiftleiste .....                                   | 32 |
| 15-poliger Stromversorgung/Motor-Stecker .....                | 33 |
| 2-polige Stromversorgungs-Stecker .....                       | 33 |
| 5-polige Motor-Stecker (Draufsicht auf Stiftkontakte).....    | 33 |
| 14. Elektrische Kenndaten MTS-4S .....                        | 33 |
| Stromversorgung .....   | 33 |
| Batterien .....   | 33 |
| Netzgeräte .....  | 34 |
| Verpolungsschutz .....  | 34 |
| Stromverbrauch .....  | 34 |
| Überlastschutz und Motortreiber.....                          | 35 |
| Kabel und Stecker .....                                       | 35 |
| 15. Software - Details .....                                  | 36 |
| Frequenzgenauigkeit .....                                     | 36 |
| PEC Funktionsweise.....                                       | 36 |
| 16. Fehlerursachen und Fehlerbehebung .....                   | 37 |
| 17. Anwendungsbestimmungen, Gewährleistung und Garantie ..... | 38 |
| 18. Serviceleistungen.....                                    | 39 |
| Zubehör und Preise .....                                      | 39 |
| Beratung, Reparaturen.....                                    | 39 |
| Nachrüstung der MTS-4S auf MTS-4V .....                       | 39 |
| 19. Sicherheitshinweise .....                                 | 40 |
| 20. Funktions - Kurzübersicht .....                           | 40 |

### **3. Erste Inbetriebnahme**

Mit der Lieferung der MTS-4S erhalten Sie folgende Teile:

- MTS-4S Steuerung (Elektronik-/Handtasterbox)
- Anschlusskabel, passend für Vixen oder AstroPhysics-Montierungen, bestehend aus Stromzuführung 2-polig und 2 Schrittmotoranschlüssen 5-polig mit einem gemeinsamen Steckverbinder 15-polig für die MTS-4S Steuerung.

An der 20-poligen Stiftleiste an der Gehäuseunterseite können Sie - falls auch bestellt

- weiterhin anschliessen:
- Anzeige-Display mit Flachbandkabel
- Kabel für CCD-Autoguider
- RS-232-Kabel zum PC-Anschluss

Für den gleichzeitigen Anschluss mehrerer Geräte ist ein Verteilerkabel notwendig. Weiterhin benötigen Sie eine Stromquelle, üblicherweise einen Akku (z.B. Autobatterie) oder ein Netzgerät (ca. 12 Volt einstellen).

Nachdem Sie alles andere miteinander verbunden haben, stellen Sie die Stromversorgung her, indem Sie die beiden Bananenstecker (rot=PLUS, schwarz=MINUS) mit den Polen der Stromquelle verbinden. Beim Abbau sollten Sie entsprechend umgekehrt vorgehen!

Auf dem Display (falls vorhanden) sollte eine Schrift lesbar sein. Betätigen Sie dann den MODE-Taster, bis der Punkt auf der LED-Anzeige leuchtet. Damit ist das Gerät eingeschaltet. Jetzt sollte sich ein Motor durch ein pulsierendes Laufgeräusch bemerkbar machen. Dies ist der Rektaszensionsmotor. Markieren Sie dieses Kabel und benutzen Sie es fortan für den Rektaszensionsmotor. Sollten die Motorkabel vertauscht sein, Gerät abschalten und richtig einstecken. Abgeschaltet wird, indem der MODE-Taster mindestens 2.5 Sekunden lang gedrückt gehalten wird. Wenn der Punkt auf der LED-Anzeige erlischt, ist das Gerät abgeschaltet und Sie können den MODE-Taster loslassen. Wichtig ist, dass Sie die Motorstecker nicht abziehen während der Motor läuft (kann zu Störungen führen).

Dann prüfen Sie die Drehrichtung des Rektaszensionsmotors, indem Sie den FAST/SLOW-Schalter (bzw. FAST/NORM-Schalter) auf die obere Position (FAST) stellen und die rechte Taste drücken. Jetzt sollte Ihre Montierung sich im Schnellgang in Nachführrichtung drehen. Falls sie verkehrt dreht müssen Sie den Dipschalter Nr.9 in die andere Position bringen. Nachdem Sie die MTS-4S aus- und wieder eingeschaltet haben dreht der Motor richtig herum.

Wenn Sie eine Vixen-Montierung benutzen, können Sie jetzt die MTS-4S schon so zum Nachführen benutzen. Die korrekte Geschwindigkeit für andere Montierungen müssten Sie allerdings programmieren. Wie das geht lesen Sie bitte im Kapitel Programmierung/Montierungsauswahl.

Fürs erste wären noch die Dipschalter Nr.1-8 zu nennen. Sie geben der MTS-4S vor, wieviele Schritte sie zum schnellen Durchlaufen des Getriebespiels der Deklinationsachse verwenden soll. Stellen Sie diese Dipschalter auf die untere Position, wenn Sie diese Funktion nicht nutzen wollen, ansonsten lesen Sie das Kapitel Nachführen/Spielausgleich DE.

Sollte irgend etwas nicht so funktioniert haben wie erwartet, lesen Sie bitte zuerst die speziellen Kapitel sorgfältig durch, um den Grund dafür zu finden.

## **4. Neuigkeiten der MTS-4S Version 2.00**

Zentraler Bestandteil von Version 2.00 ist die Unterstützung der RS-232-Schnittstelle, die zwar bei allen älteren MTS-3 eingebaut ist, aber bisher nicht genutzt wurde.

Jetzt können Sie alle Daten abrufen und auf Ihrem PC-Monitor darstellen, eine Fernsteuerung realisieren, die Schrittmotoren direkt ansteuern und positionieren lassen, die Einstellungen auf dem PC abspeichern und die MTS-4S sekundenschnell mit vorher gespeicherten Einstellungen rekonfigurieren.

Absolut neu bei der MTS-4S ist die aktive Motorstromregelung mit bis zu 750mA/Phase und der Mikroschrittbetrieb zum Nachführen mit bis zu 1/64 Schrittweite.

Die MTS-4S kann mit einer Spannung von 10 bis 40 Volt betrieben werden.

Damit ist gleichzeitig eine extrem stromsparende und ruckelfreie Nachführung als auch eine Hochgeschwindigkeitspositionierung (mit geeigneten Schrittmotoren) möglich.

Der Frequenzbereich wurde von 1 Hz bis 5000 Hz erweitert, wobei gleichzeitig der Phasenjitter deutlich verringert wurde. Acht verschiedene Beschleunigungswerte sind nun wählbar.

Ebenso ist Fein- und Grobeinstellung der Frequenzwerte möglich.

Eine exakte Nachführfrequenz ist per Dipschalter ohne Display einstellbar.

Der Spielausgleich DE funktioniert nun auch im FAST-Mode.

Die PEC ist ein-/abschaltbar, geht nach Programmierungen nicht mehr verloren und berücksichtigt nur noch periodische Fehler.

Für die PEC muss nun anstatt der Schneckenrad-Zähnezahl die Motor\*Getriebe-Untersetzung eingegeben werden.

Sieben voreingestellte und eine selbstdefinierte Montierung sind wählbar.

Auf dem Display werden mehr Daten inklusive Schrittpositionen, Stoppuhr und Programmierhilfen angezeigt.

Eine Unterspannungs-Warnung warnt rechtzeitig vor bevorstehenden Stromausfall durch leere Akkus.

Nicht zuletzt hoffen wir, dass auch die Betriebsanleitung besser geworden ist.

In der Version 2.00 sind folgende Features nicht mehr enthalten:

Schrittmodi-Auswahl: Fest eingestellt ist Halbschritt-Betriebsart für FAST-Mode.

Kombinationen Solar/Lunar/Record-Mode werden nicht mehr unterstützt.

Die Abspeicherung der Programmierungen oder der PEC können nicht mehr durch die FAST-Stellung bzw. LEFT-Taste verhindert werden.

Die Montierungs-Auswahl per Dipschalter Nr.10 gibt es nicht mehr.

Ansonsten hat sich an der Programmiertechnik per Tastenkombinationen ausser den neuen und weggefallen Tastenkombinationen nichts grundsätzlich geändert.

Die Funktion des EIN/AUS-Schalters übernimmt nun der MODE-Taster.

## **5. Grundsätzliches zur Bedienung**

### **Tasten und Schalter**

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| MODE-Taste:                         | Nachführen ein-/ausschalten bzw. Programmier-Modi aktivieren, Daten ändern/speichern, wenn Tastenkombination beim Einschalten gedrückt.<br>Einschalten: MODE-Taste drücken, bis LED-Punkt leuchtet.<br>Ausschalten: MODE-Taste mindestens 2.5 Sekunden drücken, bis LED-Punkt erlischt. |
| FAST/SLOW-Schalter:<br>(=FAST/NORM) | Bei SLOW-Stellung wird nachgeführt, bei FAST-Stellung läuft der Motor auf Tastendruck im Schnellgang.   |
| LEFT-Taste:<br>(=LAST)              | Der RA-Motor läuft mit verminderter Frequenz entsprechend eingestelltem Korrekturfaktor oder in FAST-Stellung im Schnellgang rückwärts.   |
| RIGHT-Taste:<br>(=ENTER)            | Der RA-Motor läuft mit erhöhter Frequenz entsprechend eingestelltem Korrekturfaktor oder in FAST-Stellung im Schnellgang vorwärts.  |
| UP-Taste:                           | Der DE-Motor läuft langsam vorwärts oder in FAST-Stellung im Schnellgang vorwärts.  |
| DOWN-Taste:                         | Der DE-Motor läuft langsam rückwärts oder in FAST-Stellung im Schnellgang rückwärts.  |

### **Dipschalter 1-10**

Die Dipschalter dienen beim Programmieren der Dateneingabe. Falls für die einzelne Programmierung nicht anders angegeben, wird durch die Dipschalter ein Zahlenwert binär (als Dualzahl, nur Nullen und Einsen, wie sie Computer intern verwenden) eingestellt.

Jeder Dip-Nr. ist eine Binärstelle zugeordnet. Bei oberer Stellung (ON) ist die Binärstelle Eins, bei unter Stellung ist sie Null. Die Umrechnung in eine Dezimalzahl erfolgt durch Aufaddieren der Wertigkeiten der einzelnen Binärstellen.

|           |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Dip-Nr    | 1  | 2   | 3  | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
| ON-Wert   | 1  | 2   | 4  | 8   | 16  | 32  | 64  | 128 | 256 | 512 |
| OFF-Wert  | 0  | 0   | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| Beispiel: | ON | OFF | ON | OFF | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  |
| 901       | 1  |     | 4  |     |     |     |     | 128 | 256 | 512 |

Für die notwendige binäre Einstellung einer Dezimalzahl müssten Sie umgekehrt vorgehen: Dezimalzahl aufteilen entsprechend der Wertigkeiten der Dipschalter.

Auf dem Display wird zudem der gerade eingestellte Wert dezimal angezeigt.

Für den Nachführbetrieb haben die Dipschalter folgende Funktion:

(weiteres dazu erfahren Sie in den entsprechenden Kapiteln)

|                  |                   |
|------------------|-------------------|
| Dipschalter 1-8: | Spielausgleich DE |
| Dipschalter 9:   | Drehrichtung RA   |
| Dipschalter 10:  | Drehrichtung DE   |

### **Bedienungsweise**

Für den normalen Nachführbetrieb haben die Taster und Schalter die Funktion der manuellen Geschwindigkeitskontrolle für RA und DE, wie oben beschrieben.

Darüber hinaus werden sie aber auch benutzt, um die MTS-4S zu programmieren. Für jede Programmierung einer bestimmten Einstellung gibt es einen entsprechenden Programmier-Modus, für den eine bestimmte Tastenkombination definiert ist.

Für häufiger benötigte Einstellungen besteht die Tastenkombination aus 1 oder 2 Tasten, bei seltener benötigten Einstellungen aus 3 oder 4 Tasten.

Um diesen Programmier-Modus zu aktivieren, gehen Sie wie folgt vor:

1. Die MTS-4S ist an der Stromquelle angeschlossen und ausgeschaltet.
2. Sie drücken diese Tastenkombination und lassen sie nicht los. Drücken Sie die Tasten möglichst sicher und senkrecht, so dass nicht versehentlich ein anderer Programmier-Modus gewählt wird. Der Programmier-Modus ist jetzt noch nicht aktiviert, und falls Sie ein Display angeschlossen haben, werden die aktuellen Einstellungen angezeigt. An der LED-Anzeige sehen Sie an den oberen 4 Segmenten, welche Tasten Sie gedrückt haben.
3. Schalten Sie die MTS-4S mit dem MODE-Taster ein.
4. Lassen Sie jetzt die Tastenkombination los. Jetzt ist der Programmier-Modus aktiviert, und Sie können die Einstellungen vornehmen. Für jeden Programmier-Modus gibt es einige Besonderheiten zu beachten, die im entsprechenden Kapitel genau beschrieben sind. Die oberen 4 Segmente der LED-Anzeige kennzeichnen den gerade aktiven Programmier-Modus.
5. Der Programmier-Modus wird beendet und eventuell geänderte Einstellungen fest abgespeichert, wenn Sie mit dem MODE-Taster ausschalten (mind. 2.5 Sek. drücken).

Generell darf die Stromversorgung erst abgetrennt werden, wenn die MTS-4S ausgeschaltet ist, denn sonst hat die MTS-4S keine Möglichkeit mehr, die Einstellungen abzuspeichern. Sollte dies dennoch vorkommen, wird die PEC ungültig und Sie sollten die aktuellen Einstellungen auf Korrektheit überprüfen.

### **LED-Statusanzeige**

In der MTS-4S ist eine 7-Segment LED-Anzeige (incl. Dezimalpunkt) zur Signalisierung des momentanen Programmier-Modus und des Betriebszustands der PEC vorhanden (siehe PEC). Sie dient ausserdem zum Wiederfinden des Gerätes im Dunkeln und zur Fehleranzeige (siehe Unterspannungs-Warnung, Speicherfehler). Für die Korrekturfaktor-Programmierung hilft die LED durch Hell/Dunkel-Wechsel des Dezimalpunkts die 16 möglichen Werte zu unterscheiden.

### **Speichertest**

Sollte die LED-Anzeige nach dem Spannungsanlegen ein "F" anzeigen und in schneller Folge blinken, so liegt ein ROM-Speicherfehler vor. Die MTS-4S hält das Programm an und führt keine weiteren Funktionen mehr aus. Unterscheiden Sie diesen Zustand von einer Unterspannungs-Warnung ! Unter Umständen kann die MTS-4S (vorläufig) noch weiterbetrieben werden, wenn sich der Fehler an einer unkritischen oder für das Nachführen nicht relevanten ROM-Speicherstelle befindet. Drücken Sie zum Weiterbetrieb dazu die DOWN-Taste. Stellen Sie den Betrieb der MTS-4S ein, wenn sie sich unkontrolliert verhält. Im Falle eines Speicherfehlers sollten Sie sich mit uns in Verbindung setzen.

### **Unterspannungs-Warnung**

Wenn die LED-Anzeige während des Betriebs blinkt, so hat die Versorgungsspannung einen kritischen Wert von  $9.6 \text{ Volt} \pm 0.7 \text{ Volt}$  unterschritten. Die MTS-4S führt den Betrieb zunächst ohne Unterbrechung fort:

Die Schrittmotoren werden bis herab zu einer Spannung von ca. 6.5 Volt betrieben und der Microcontroller arbeitet korrekt weiter bis herab zu einer Spannung von ca. 6.0 Volt. Sie sollten jetzt tunlichst sofort Ihre Stromversorgung überprüfen, und falls Sie einen Bleiakku benutzen, diesen umgehend wieder aufladen, um eine Tiefentladung zu vermeiden, die das Aus für einen Bleiakku bedeuten würde.

Verlassen Sie sich nicht auf die Unterspannungs-Warnung als Prüfanzeige für Ihren Bleiakku. Wir empfehlen eine regelmässige Kontrolle durch ein Voltmeter und rechtzeitiges Nachladen.

### Temporäre Baudraten, Display-Umleitung

Wenn Sie die eingestellte Baudrate nicht kennen und auch nicht vom Display ablesen können, so gibt es die Möglichkeit aus zwei temporären Baudraten zu wählen und die Display-Umleitung einzuschalten, unabhängig von den Einstellungen. Diese Auswahl gilt nur solange die MTS-4S mit Spannung versorgt wird.

Folgendes wird ausgewählt, wenn beim Spannungsanlegen folgende Tasten gedrückt sind (Baudrate und Display-Umleitung dürfen kombiniert werden):

|           |            |                       |
|-----------|------------|-----------------------|
| LEFT:     | RIGHT:     | UP:                   |
| 9600 Baud | 57600 Baud | Display-Umleitung ein |

### Handhabung

Dank der sehr kompakten Abmessungen (119\*58\*25mm), des geringen Gewichts und der günstigen Anordnung der Schalter und Taster ist die MTS-4S selbst im Dunkeln mühelos zu bedienen. Wenn es sehr kalt ist lässt sie sich auch gut in der Jackentasche verstauen, während Sie nachführen. Hängen Sie die MTS-4S mit der Aufhängeschnur an geeigneter Stelle an Ihre Montierung, so dass sie nicht herunterfallen kann. Sie vermeiden dadurch Verschmutzung und einen möglichen Bruch des empfindlichen Schwingquarzes durch den Schock des Aufschlags, wonach die MTS-4S funktionsunfähig wäre. Weiterhin empfehlenswert ist - bei Nichtbenutzung - die Abdeckung der Stiftleiste an der Unterseite durch einen Klebestreifen. Behandeln Sie bitte Ihre MTS-4S mit der gebotenen Sorgfalt. Sie wird es Ihnen mit einer langen Nutzungsdauer danken. Dazu gehört auch die Vermeidung von Feuchtigkeitseinwirkung (ausser normaler Taubeschlag) oder einer grossen Hitzeeinwirkung. Um die Kontakte vor vorzeitigem Verschleiss zu schonen ist es empfehlenswert, wenn möglich, das Kabel an der MTS-4S zu belassen.

### Abkürzungen, Begriffe

|                  |  |
|------------------|--|
| RA               | Rektaszension, Rektaszensionsachse, Stundenachse   |
| DE               | Deklination, Deklinationsachse   |
| PEC              | Periodical Error Correction, Korrektur des periodischen Schneckenfehlers der Rektaszensionsachse   |
| Spiel            | toter Gang bei Getrieben   |
| Frequenz         | Impulse pro Sekunde, hier: immer Halbschritte pro Sekunde oder einfach Geschwindigkeit des Schrittmotors.  |
| LOW-aktiv        | Verbindung des Anschlusses mit Masse = Funktion aktiv  |
| LED              | Light Emitting Diode = Leuchtdiode   |
| Schrittsequenz   | Minimale Anzahl bzw. Folge der verschiedenen Bestromungszustände der Wicklung für eine bestimmte Schrittart (Halbschritt:8, Vollschritt:4).<br>Muss für Drehbewegung zyklisch wiederholt werden. |
| Spule/Wicklung   | Windungen aus Kupferlackdraht für Elektromagneten.<br>hier: zum Erzeugen des Drehfeldes im Schrittmotor  |
| Phase            | Wicklungsanschlüsse der Spule oder Spule selbst oder im anderen Sinn: Phase innerhalb der Schrittsequenz   |
| Schrittzahl      | Anzahl der Vollschritte für eine 360°-Drehung der Schrittmotor-Abtriebswelle   |
| Schrittwinkel    | 360°/Schrittzahl   |
| Nachführfrequenz | = Gesamtuntersetzung / 86164s<br>Beispiel: Schneckenrad=144, Getriebe=120, Motor=96 (Halbschritt) $144 * 120 * 96 / 86164s = 19.25259 \text{ Hz}$  |



## **6. Nachführen**

In den Nachführbetrieb gelangen Sie, indem Sie den MODE-Taster drücken. Während Sie dies tun, dürfen Sie gleichzeitig keine Taste drücken, sonst gelangen Sie in einen Programmiermodus.

### **Feinkorrektur**

Wenn Sie mit Ihrem Teleskop bei hoher Vergrößerung beobachten oder mit langer Brennweite Aufnahmen machen, wird es sich selbst bei stabilster Montierung und exakter Polausrichtung nicht ganz vermeiden lassen, kleine Korrekturen der Nachführgeschwindigkeit vornehmen zu müssen.

Zu diesen Zweck schalten Sie den FAST/SLOW-Schalter auf SLOW (unten) und betätigen die LEFT- oder RIGHT-Taste für eine Korrektur der Rektaszension und die UP- oder DOWN-Taste analog für Deklination.

Besonders bei Astroatnahmen sollten Sie sich vor Aufnahmebeginn die der einzelnen Taste entsprechende Korrekturrichtung gut einprägen, damit Sie später nicht versehentlich die falsche Taste drücken. Stellen Sie vorher auch den Spielausgleich DE korrekt ein.

### **Schnellgang**

Stellen Sie dazu den FAST/SLOW-Schalter auf FAST (oben). Solange Sie keine Taste drücken, führt die MTS-4S mit normaler Geschwindigkeit nach. Bei Tastendruck fährt Ihr Teleskop mit hoher Geschwindigkeit in die entsprechende Richtung.

### **Drehrichtung der Schrittmotoren**

Unabhängig von allen anderen Einstellungen wird die Drehrichtung nur durch die Dipschalter bestimmt: RA (Dip-Nr.9), DE (Dip-Nr.10), ausser wenn Sie die MTS-4S per RS-232 mit den speziellen Geschwindigkeitsbefehlen steuern.

Sie müssen richtig gesetzt sein bevor Sie den Nachführbetrieb aktivieren. Während des Nachführens ist es nicht möglich die zugeordneten Drehrichtungen umzukehren. Dazu müssten Sie die MTS-4S zwischendurch kurz ausschalten.

### **Mond nachführen**

Drücken Sie dazu die DOWN-Taste während Sie die MTS-4S einschalten. Sobald die DOWN-Taste losgelassen wird läuft die Nachführung mit der lunaren Geschwindigkeit, die aus der gespeicherten Nachführfrequenz berechnet wird.

### **Sonne nachführen**

Drücken Sie dazu die UP-Taste während Sie die MTS-4S einschalten. Sobald die UP-Taste losgelassen wird läuft die Nachführung mit der solaren Geschwindigkeit, die aus der gespeicherten Nachführfrequenz berechnet wird.

### **Spielausgleich DE**

Wenn man genau nachführen will, muss manchmal auch in Deklination korrigiert werden. Erfolgt dies abwechselnd mal in die eine und danach in die andere Richtung, so macht sich bei den meisten Montierungen das Spiel des Getriebes und der Schnecke für Deklination unangenehm bemerkbar. Es dauert oft mehrere Sekunden bis einer halben Minute bis das Spiel nach einem Richtungswechsel durchlaufen ist, und die Korrektur anspricht. Um dies zu umgehen kann Ihre MTS-4S dieses Spiel mit einer kurzzeitig hohen Geschwindigkeit durchlaufen.

Zum Einstellen des Spiels sind die Dipschalter Nr. 1-8 vorgesehen. Es kann auf maximal 1020 Halbschritte in 4er-Stufen eingestellt werden.

Die Grösse dieses Spiels muss für jede Montierung experimentell ermittelt werden.

Stellen Sie zunächst nur Nr.8 auf ON (1-7 OFF). Drücken Sie abwechselnd die UP- und die DOWN-Taste. Wenn sich das Objekt im Okular bewegt, ist das Spiel zu bereits zu gross eingestellt. Setzen Sie den Dipschalter auf OFF und den nächstkleineren auf ON.

Wiederholen Sie diese Prozedur, bis Sie gerade keine Bewegung mehr registrieren.

Um die Einstellung noch mehr zu verfeinern, schalten Sie zusätzlich den nächstkleineren Dipschalter auf ON und machen nach dem Schema weiter, bis das verbleibende Spiel auf ein akzeptables Mass reduziert ist.

Versuchen Sie nicht, das Spiel zu genau einzustellen, denn ein geringes verbleibendes Spiel ist unschädlich, eine Überkompensation wirkt sich aber negativ aus.

Es kann auch sein, dass je nach Stellung der Montierung und der Deklinationsschnecke das Spiel leicht unterschiedlich ausfällt. Stellen Sie daher vor jeder Astroaufnahme sicher, dass keine Überkompensation vorliegt.

### **PEC Periodische Fehlerkorrektur RA**

Bei vielen Montierungen erzeugt der Schneckenantrieb der Rektaszensionsachse einen mehr oder weniger grossen periodischen Fehler, hervorgerufen durch mechanische Ungenauigkeiten der Schnecke. Die Periode entspricht genau der Zeit für eine komplette Schneckenumdrehung während der Motor mit korrekter Nachführgeschwindigkeit läuft.

Zwar gibt es auch noch andere Fehlerquellen, doch ist deren Behebung zum Teil schwierig, unmöglich oder nicht sinnvoll, und daher nicht Bestandteil der MTS-4S-Funktionen.

Wenn Sie aber eine Montierung mit einer wirklich schlechten RA-Schecke besitzen, dürfen wir davon ausgehen, dass zumindest dieser periodische Fehler durch die PEC erheblich zu reduzieren ist.

Die PEC ist eine recht komplexe rechenintensive Funktion (zumindest für den Microcontroller) und erfordert ein wenig Ihr Mitdenken, wenn sie korrekt funktionieren soll. Fehlbedienung oder falsche Vorgaben führen zu Fehlern.

Verwenden Sie daher die PEC nur, wenn:

- Sie mit der PEC-Funktion vertraut sind.
- die RA-Schnecke einen eindeutigen periodischen Fehler hat.
- die Nachführfrequenz stimmt.
- die Motor\*Getriebe-Untersetzung korrekt programmiert ist.

Sind diese Voraussetzungen erfüllt, können Sie die PEC-Tabelle aufnehmen. Gehen Sie wie folgt vor:

1. Richten Sie Ihr Teleskop auf einen Stern aus, und zentrieren Sie ihn im Fadenkreuzokular. Verwenden Sie dafür den normalen Nachführmodus.
2. Der SLOW/FAST-Schalter muss auf SLOW-Position stehen.
3. Die MTS-4S ist ausgeschaltet.
4. Drücken Sie die LEFT-Taste und schalten Sie die MTS-4S mit der MODE-Taste ein. Lassen Sie dann die LEFT-Taste los.
5. Sie haben jetzt 10 Sekunden Zeit bevor der PEC-Record-Modus startet. Währenddessen sollten Sie den Stern wieder auf dem Fadenkreuz haben. Führen Sie nun in RA möglichst exakt nach, solange die LED-Anzeige von 0 beginnend bis 31 zählt (hexadezimale Darstellung: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A b c d E F 0. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. A. b. c. d. E. F.)

Ein Neustart der Aufnahme ist durch kurzes Schalten auf FAST und zurück auf SLOW solange möglich, bis die Prozedur beendet ist und die LED-Anzeige 3 waagrechte Balken zeigt. Fortan ist die PEC aktiv, und korrigiert die Nachführfrequenz in kurzen periodischen Abständen selbständig ohne Ihr Zutun.

Ist die PEC aktiv, können Sie die MTS-4S bedienen wie sonst auch.

Die PEC wird ungültig, wenn einer der folgenden Umstände eintritt:

-Sie starten den PEC-Record-Modus, und brechen ihn vor Beenden ab.

-Die Stromversorgung ist ausgefallen während die MTS-4S ON war.

-Die RA-Schnecke wurde manuell verdreht oder nicht geklemmt.

-Die Motor\*Getriebe-Untersetzung wurde verändert.

-Der Stellung des RA-Motors entspricht nicht den Schritimpulsen der MTS-4S. Dieser Fall tritt z.B. auf bei Überlast, Blockieren, Motor nicht/falsch angeschlossen, Stehenbleiben bei zu hoher FAST-Frequenz. Sollte dies der Fall sein, deaktivieren Sie die PEC, falls sie dies noch nicht ist, oder nehmen Sie eine neue PEC-Tabelle auf.

Der momentane Zustand der PEC wird durch die LED-Anzeige signalisiert:

|                                    |  |          |
|------------------------------------|--|----------|
| 1 waagrechter Balken               | PEC-Tabelle nicht aufgenommen bzw. ungültig  | invalid  |
| 2 waagrechte Balken                | PEC-Tabelle gültig, PEC deaktiviert  | disabled |
| 3 waagrechte Balken                | PEC-Tabelle gültig, PEC aktiviert  | enabled  |
| 32 hexadezimale Werte von 0 bis F. | PEC-Aufnahme läuft gerade. Wechsel der LED signalisiert, dass gerade eine Tabellen-Position xx von insgesamt 32 gespeichert wurde. | PECxx    |

Sie können die PEC deaktivieren oder aktivieren (falls gültig), wenn sie den PEC-Record-Modus starten und ihn innerhalb von 10 Sekunden beenden. Die PEC-Tabelle wird in diesem Fall nicht verändert. Berücksichtigen Sie dabei die 2.5 Sekunden-Abschaltverzögerung beim Betätigen des MODE-Tasters.

## **Stoppuhr**

Wenn Sie ein Display angeschlossen haben, können Sie z.B. die Belichtungszeit einer Aufnahme messen. Um die Stoppuhr anzuhalten, müssen Sie auf FAST stellen. Umschalten auf SLOW setzt den Sekundenzähler auf Null und startet die Stoppuhr.

## **7. Programmierung**

### **Auswahl der Montierung**

Für die häufigsten Montierungen können Sie alle Montierungs-spezifischen Einstellungen auf einmal aus einer Tabelle abrufen.

Vergleichen Sie die RA-Frequenz und Motor\*Getriebe-Untersetzung mit den Daten Ihrer Montierung.

Halten Sie die Tastenkombination UP-DOWN-RIGHT gedrückt und schalten Sie auf ON. Lassen Sie die Tasten jetzt los. Stellen Sie die Ihrer Montierung entsprechenden Dipschalter (1,2,3) ein, und schalten dann auf OFF. Hiermit sind alle Einstellungen programmiert.

### **Nichtaufgeführte Montierungen**

Sollte Ihre Montierung nicht in der Tabelle enthalten sein, können Sie noch die anderen Möglichkeiten der Programmierung, wie Frequenzen direkt einstellen, Lernmodus und Motor\*Getriebe-Untersetzung benutzen.

| Montierung   | Dip-ON | RA-M*G  | RA-SLOW   | RA-FAST  | DE-SLOW   | DE-FAST  |
|--------------|--------|---------|-----------|----------|-----------|----------|
| Vixen1       | ---    | 96*120  | 19.252588 | 308.0414 | 19.252588 | 308.0414 |
| Vixen2       | 1--    | 96*300  | 48.131470 | 385.0518 | 48.131470 | 385.0518 |
| AstroPhysics | -2-    | 96*150  | 32.087647 | 513.4023 | 32.087647 | 513.4023 |
| Losmandy     | 12-    | 96*150  | 60.164338 | 481.3147 | 60.164338 | 481.3147 |
| Astrotec1    | --3    | 400*100 | 46.423100 | 742.7696 | 46.423100 | 742.7696 |
| Astrotec2    | 1-3    | 400*100 | 92.846200 | 1485.539 | 92.846200 | 1485.539 |
| Takahashi    | -23    | 96*375  | 100.27389 | 802.1911 | 100.27389 | 802.1911 |
| User-defined | 123    |         |           |          |           |          |

### Selbstdefinierte Einstellungen

Sie können alle aktuellen Montierungs-spezifischen Einstellung fest abspeichern. Sie können dann nicht mehr versehentlich verstellt werden, auch nicht durch Zurücksetzen (RESET) aller Einstellungen.

Dazu ist beim Einschalten die Tastenkombination UP-DOWN-LEFT zu drücken.

Zum Wiederabrufen dieser Einstellungen setzen Sie die Dipschalter 1,2,3 auf ON und gehen genauso vor wie bei der Auswahl der Montierung.

### Standard-Einstellungen (RESET)

Die MTS-4S wird bereits fertig mit folgenden Einstellungen geliefert:

|                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| Montierung:        | Vixen1              |
| Korrekturfaktor:   | 1.5                 |
| Beschleunigung:    | 0                   |
| Mikroschritt       | 1/2                 |
| Phasenstrom RA, DE | 250mA               |
| PEC:               | ungültig (disabled) |
| Baudrate:          | 9600                |
| Displayumleitung:  | aus                 |

Sollten Sie - wie auch immer - Ihre MTS-4S so verstellt haben, so dass etwas nicht mehr funktioniert, können Sie diese Standard-Einstellung durch die Tastenkombination UP-DOWN-LEFT-RIGHT beim Einschalten abrufen.

### Motor\*Getriebe-Untersetzung (RA-M\*G)

Für die korrekte Funktion der PEC muss der MTS-4S bekannt sein, wieviele Halbschritte des Schrittmotors für eine komplette Umdrehung der RA-Schnecke notwendig sind.

Dies entspricht den Halbschritten des Schrittmotors pro Umdrehung der Motorachse multipliziert mit der Getriebe-Untersetzung. Wenn Sie die PEC benutzen wollen, müssen Sie diese 2 Zahlen mit den Dipschaltern einprogrammieren (-> siehe Kapitel Dipschalter), falls Sie keine Standard-Montierung gewählt haben.

Gehen Sie wie folgt vor:

1. Besorgen Sie sich diese Zahlen (Montierungs-Handbuch).
2. Diese Zahlen dürfen nicht identisch sein (wieso wird weiter unten beschrieben). Wenn doch, halbieren Sie die eine und verdoppeln die andere, wichtig ist nur, dass das Produkt gleich bleibt. Rechnen Sie beide Zahlen in Binärzahlen um.
3. Stellen Sie die eine Binärzahl an den Dipschaltern 1-10 ein.
4. Drücken Sie die Tastenkombination UP-LEFT-RIGHT beim Einschalten.
5. Stellen Sie die andere Binärzahl an den Dipschaltern 1-10 ein.
6. Schalten Sie die MTS-4S aus. Hiermit ist die Programmierung beendet.

Wenn Sie ein Display angeschlossen haben, können Sie die Programmierung verfolgen, bzw. die aktuellen Einstellungen kontrollieren. Angezeigt wird weiterhin die aus aktueller Nachführfrequenz und Motor\*Getriebe-Untersetzung ableitbare Schnecken-Getriebe-Untersetzung. Sollte dieser Wert vom tatsächlichen abweichen, stimmt entweder die Motor\*Getriebe-Untersetzung oder die Nachführfrequenz noch nicht ganz.

Wenn nun die Motor\*Getriebe-Untersetzung korrekt programmiert ist, haben Sie die Möglichkeit durch die weitere Eingabe der Untersetzung des Schnecken-Getriebes (Zähnezahl des Schneckenrades bei eingängiger Schnecke) die Nachführfrequenz exakt zu programmieren.

Dies ist besonders nützlich, wenn Sie kein Display besitzen und schnell eine genaue Nachführfrequenz einstellen wollen.

Gehen Sie wie folgt vor:

1. Rechnen Sie diese Zahl in eine Binärzahl um.
3. Stellen Sie die diese Binärzahl an den Dipschaltern 1-10 ein.
4. Drücken Sie die Tastenkombination UP-LEFT-RIGHT beim Einschalten.  
Ändern Sie die Dipschalter-Einstellung jetzt nicht mehr!
5. Schalten Sie die MTS-4S aus. Hiermit ist die Programmierung beendet.

### **Frequenzen direkt einstellen, Phasenstrom RA und DE einstellen**

Für beide Achsen können Sie hiermit sowohl die SLOW-Frequenz als auch die FAST-Frequenz quasi stufenlos einstellen und auch direkt kontrollieren. Wenn ein Display angeschlossen ist wird auch der aktuelle Frequenzwert genau angezeigt. Gleichzeitig können Sie den Phasenstrom des jeweiligen Schrittmotors mit den Dipschaltern Nr. 1 bis 7 binär einstellen. Der Phasenstrom in Milliampere (mA) ergibt sich aus der Binärzahl multipliziert mit 10. Der Phasenstrom wird auf einen Maximalwert von 750mA begrenzt. Diese Phasenstromeinstellung funktioniert nur, wenn der Dipschalter Nr. 8 auf ON steht. Ansonsten wird der aktuelle Wert beibehalten.

Sie haben die Wahl, ob Sie die Frequenzen in feinen Schritten oder in groben Schritten verstellen wollen.

Mit einer Taste wird die Frequenz erniedrigt, mit der gegenüber liegenden Taste wird sie erhöht. Wenn Sie die Taste längere Zeit gedrückt halten wird die Frequenz immer schneller erhöht/erniedrigt.

|       |                          |                                     |
|-------|--------------------------|-------------------------------------|
|       | Änderung/Tastendruck     | SLOW/FAST-Schalter beim Einschalten |
| Fein: | $1/100000 * \text{freq}$ | SLOW                                |
| Grob: | $1/1000 * \text{freq}$   | FAST                                |

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Beim Ausschalten Taste gedrückt:       | nicht speichern, alte Werte erhalten |
| Beim Ausschalten keine Taste gedrückt: | speichern, alte Werte überschreiben  |

Wenn Sie einen der beiden Programmiermodi dann aktiviert haben, hängt es vom SLOW/FAST-Schalter ab, ob die SLOW- oder die FAST-Frequenz bei Tastendruck verändert werden kann. Sie können beliebig SLOW und FAST umschalten und beide Frequenzen verändern. Stellen Sie die Frequenzen erst grob und dann fein ein.

Stören Sie sich nicht daran, dass das Display eine höhere Genauigkeit anzeigt, als Sie einstellen können. 1/100000-Genauigkeit ist mehr als ausreichend. Der Frequenzbereich reicht für SLOW von 1 Hz bis 1000 Hz , für FAST von 15 Hz bis 5000 Hz.

Wundern Sie sich nicht, wenn Ihr Schrittmotor ab einer gewissen Frequenz stehenbleibt bzw. keine Kraft mehr hat. Stellen Sie die FAST-Frequenz also nur so hoch ein, dass er sicher läuft. Beachten Sie auch den Einfluss der Beschleunigungseinstellung.

Beachten Sie, dass je nach eingestellter Mikroschrittweite die möglichen SLOW-Frequenzen auf einen Maximalwert begrenzt sind, unabhängig von den Werten, die Sie einstellen (->Mikroschrittweite).

### **RA-Frequenzen, RA Phasenstrom**

Halten Sie die Tastenkombination LEFT-RIGHT beim Einschalten gedrückt. Jetzt können Sie die RA-Frequenzen verändern, mit UP erhöhen und mit DOWN erniedrigen.

Der Deklinationsmotor bleibt abgeschaltet und reagiert nicht auf UP und DOWN.

Der RA-Motor verhält sich wie beim Nachführen und reagiert ganz normal auf LEFT und RIGHT. Um die FAST-Frequenz zu kontrollieren, können Sie die LEFT- oder die RIGHT-Taste betätigen.

Wenn der Dippschalter Nr.8 auf ON ist wird gleichzeitig der Phasenstrom RA durch die Dipschalter Nr. 1 - 7 bestimmt.

Wenn Sie dann die Frequenzen und/oder den Phasenstrom RA eingestellt haben, können Sie die MTS-4S ausschalten. Dabei werden beide Frequenzen und der Phasenstrom RA abgespeichert, falls Sie keine Taste drücken.

### **DE-Frequenzen, DE Phasenstrom**

Halten Sie die Tastenkombination UP-DOWN beim Einschalten gedrückt. Jetzt können Sie die DE-Frequenzen verändern, mit RIGHT erhöhen und mit LEFT erniedrigen.

Der Rektaszensionsmotor läuft dabei mit Nachführgeschwindigkeit, reagiert aber nicht auf LEFT und RIGHT.

Der DE-Motor verhält sich wie beim Nachführen und reagiert ganz normal auf UP und DOWN. Um die Frequenzen zu kontrollieren, können Sie die UP- oder die DOWN-Taste betätigen.

Wenn der Dippschalter Nr.8 auf ON ist wird gleichzeitig der Phasenstrom DE durch die Dipschalter Nr. 1 - 7 bestimmt.

Wenn Sie dann die Frequenzen und/oder den Phasenstrom DE eingestellt haben, können Sie die MTS-4S ausschalten. Dabei werden beide Frequenzen und der Phasenstrom DE abgespeichert, falls Sie keine Taste drücken.

### **Lernmodus RA**

Hiermit haben Sie die Möglichkeit die RA-Nachführfrequenz immer genauer einzustellen während Sie nachführen. Speziell für diesen Modus ist der Korrekturfaktor auf 2.0 (Maximalwert) gesetzt, unabhängig von der Einstellung. Der DE-Motor verhält sich wie beim Nachführen. Die PEC wird nicht berücksichtigt.

Es kann ratsam sein die RA-Nachführfrequenz bereits vorher mit der RA-Frequenzen-Direkteinstellung zumindest grob einzustellen. Eine bereits exakt eingestellte Frequenz können Sie aber durch den Lernmodus nicht verbessern. Dennoch kann es sinnvoll sein, den Lernmodus z.B. zum Nachführen von Mond oder Kometen zu benutzen.

Um den Lernmodus optimal einzusetzen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Suchen Sie sich einen Stern (möglichst hochstehend und äquatornah) aus und versuchen ihn im Fadenkreuzokular einzustellen.
2. Aktivieren Sie dann den Lernmodus indem Sie die Tastenkombination UP-RIGHT beim Einschalten gedrückt halten.
3. Lassen Sie die Nachführung einige Sekunden laufen und versuchen Sie dann den Stern mit Tastenbetätigungen in die Fadenkreuzmitte zu bringen.
4. Wenn der Stern genau in der Fadenkreuzmitte ist, schalten Sie kurz auf FAST und dann auf SLOW. Hiermit wird der Lernvorgang gestartet. Dies können Sie so oft wiederholen, wie es nötig ist.
5. Lassen Sie jetzt SLOW eingestellt und versuchen Sie den Stern in der Fadenkreuzmitte zu halten. Sollte dies nicht möglich sein, war die Ausgangsfrequenz zu niedrig. Starten Sie in diesem Fall den Lernvorgang erneut und betätigen Sie die RIGHT-Taste um die Frequenz zu erhöhen und machen Sie bei Punkt 4 weiter.
6. Je länger Sie nachführen, desto genauer wird die Nachführfrequenz. Empfehlenswert wäre die Dauer einer Schneckenumdrehung (um einen periodischen Fehler auszuschliessen) oder einem Vielfachen davon. Wenn Ihnen die Nachführgenauigkeit gut genug erscheint, können Sie die erlernte Nachführfrequenz durch Ausschalten abspeichern, wenn der Stern in der Fadenkreuzmitte ist.

### **Korrekturfaktor RA**

Der Korrekturfaktor RA gibt an, um wieviel sich die Nachführfrequenz im SLOW-Modus durch Betätigung der RIGHT-Taste erhöht, bzw. durch Betätigung der LEFT-Taste verringert (2.0 minus Korrekturfaktor RA). Es sind 16 verschiedene Einstellungen von 1.0625 bis 2.0000 möglich. Sie können den voreingestellten Wert von 1.5000 verändern, indem Sie die RIGHT-Taste beim Einschalten gedrückt halten. Durch Drücken der UP-Taste erhöht sich der Wert, durch Drücken der DOWN-Taste wird er verringert. Die möglichen Werte können durch den Hell/Dunkel-Wechsel des Dezimalpunkts der LED-Anzeige voneinander unterschieden werden.

Gleichzeitig kann mit der LEFT- und der RIGHT-Taste die Einstellung kontrolliert werden, oder falls ein Display angeschlossen ist, direkt abgelesen werden.

Durch Abschalten wird der eingestellte Korrekturfaktor RA gespeichert.

### **Beschleunigung, Mikroschrittweite**

Um die Schrittmotoren für den Schnellgang oder zum Positionieren ohne Schrittverlust oder gar Stehenbleiben auf eine hohe Geschwindigkeit zu bringen, benutzt die MTS-4S eine Rampensteuerung. Dabei werden die Motoren allmählich beschleunigt bzw. abgebremst.

Für eine möglichst ruckelfreie Nachführung können Sie die Schrittweite der Schrittmotoren je nach Bedarf programmieren.

Beschleunigung und Mikroschrittweite gelten für beide Schrittmotoren gemeinsam und können nur in einer Programmierung zusammen programmiert werden.

Die Grösse der Beschleunigung können Sie in 8 wählbaren Stufen programmieren. Hierfür stellen Sie die Binärwerte für 0 (klein) bis 7 (gross) an den Dipschaltern 1-3 ein.

Die Mikroschrittweite wird an den Dipschaltern 4-6 eingestellt. Alle anderen Dipschalter werden ignoriert.

Je nach eingestellter Mikroschrittweite kommt es zu einer Verringerung der maximal möglichen SLOW-Frequenz, um den Microcontroller nicht zu überlasten.

Die Mikroschrittrate wird dabei intern auf maximal 2000Hz begrenzt, unabhängig von den Werten, die Sie einstellen. Wählen Sie daher die Mikroschrittweite nicht feiner als dies in der Tabelle für die eingestellte Frequenz möglich ist. Für nicht speziell Mikroschritt-geeignete Schrittmotoren bringt eine feinere Mikroschrittweite als 1/8 oder 1/16 keine deutliche Verbesserung mehr.

| Mikroschrittweite | Dipschalter ON | max. SLOW-Frequenz (bezogen auf Halbschritte) |         |        |         |        |
|-------------------|----------------|---|---------|--------|---------|--------|
|                   |                | DE  | RA 1.25 | RA 1.5 | RA 1.75 | RA 2.0 |
| 1/2               | ---            | 1000  | 1000    | 1000   | 1000    | 1000   |
| 1/4               | 4--            | 1000  | 800     | 666.66 | 571.42  | 500    |
| 1/8               | -5-            | 500   | 400     | 333.33 | 285.71  | 250    |
| 1/16              | 45-            | 250   | 200     | 166.66 | 142.85  | 125    |
| 1/32              | --6            | 125   | 100     | 83.33  | 71.42   | 62.5   |
| 1/64              | 4-6 , -56, 456 | 62.5  | 50      | 41.66  | 35.71   | 31.25  |

Diese Werte werden einprogrammiert indem Sie die Tastenkombination DOWN-RIGHT beim Einschalten gedrückt halten, loslassen und dann ausschalten. Sie sollten auf jeden Fall testen ob die Schrittmotoren die gewählte Beschleunigung mitmachen. Beachten Sie auch für die Mikroschrittweite die Frequenzbegrenzung.

## **8. Anzeigedisplay (LC-Display)**

An der MTS-4S ist als Zubehör auch eine digitale Anzeige anschliessbar. Es handelt sich dabei um ein alphanumerisches Flüssigkristall-Display (LCD) mit zwei Zeilen zu je 16 Zeichen. Es ist dazu vorgesehen, die MTS-4S leichter, schneller, sicherer und genauer zu programmieren und alle aktuellen Einstellungen anzuzeigen. Grundsätzlich ist die MTS-4S aber auch ohne Display programmierbar.

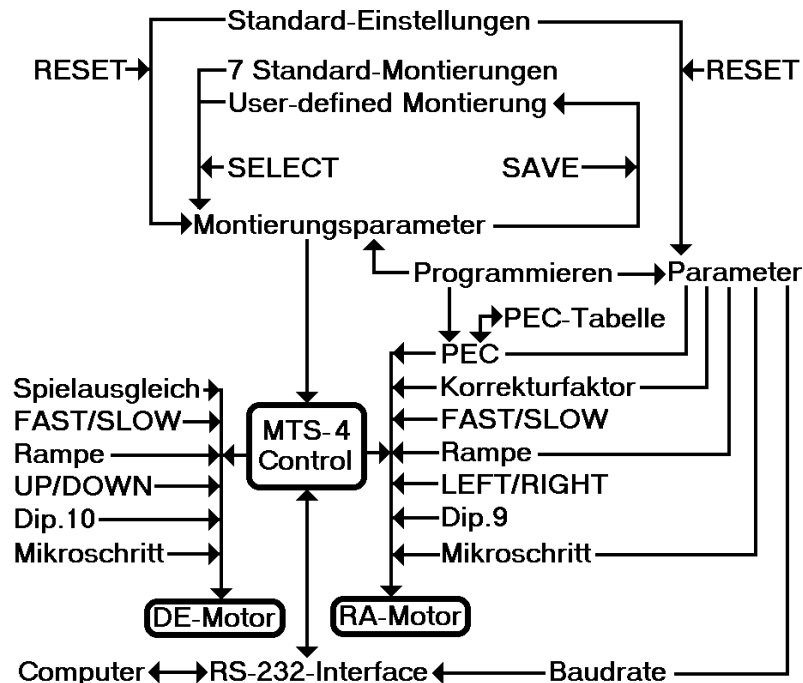
Darüber hinaus zeigt das Display im Nachführmodus an:

- Grösse des eingestellten Spielausgleichs DE
- Schrittposition RA
- Schrittposition DE
- Zustand der PEC im Aufnahme-Modus
- Sekundenstand der Stoppuhr

Das Display befindet sich in einem separatem Gehäuse und wird über ein Flachbandkabel an die Stiftleiste der MTS-4S angeschlossen. Das Display muss vor Anlegen der Betriebsspannung an die MTS-4S eingesteckt sein.



## 9. Funktion, schematische Darstellung



## 10. RS-232-Interface

Mit der Version 2.00 unterstützt die MTS-4S, wie die MTS-3 erstmals den seriellen Anschluss eines Personal Computers über die RS-232-Schnittstelle.

Hiermit eröffnen sich für Sie eine Menge interessanter Möglichkeiten, die mit den Vorgänger-Versionen nicht möglich waren.

Übrigens können auch alle älteren MTS-3 mit einer Nachrüstung auf die Version 2.00 die RS-232 nutzen.

### **Anwendungsmöglichkeiten**

1. In einfachsten Fall können Sie mit Ihrem PC auf dem Monitor das LC-Display simulieren. Das dafür notwendige kleine QBASIC-Terminalprogramm ist als Listing in der Anleitung enthalten. Sie bekommen alles angezeigt, was auf dem LC-Display auch angezeigt wird. Somit können Sie die MTS-4S ebenso einfach wie mit dem separaten LC-Display programmieren.
2. Sie können die Bedienung der MTS-4S komplett über Ihren PC vornehmen, alle Taster, Schalter und Dipschalter per Befehl setzen und zurück setzen. Damit können Sie Ihre MTS-4S aus der Ferne bedienen.
3. Sämtliche Tasten- und Schalterstellungen, Systemzeit sowie Schrittpositionen für RA und DE können beliebig ausgelesen und auf dem PC angezeigt, ausgewertet oder gespeichert werden.
4. Sie können den Parameterspeicher der MTS-4S sowohl einzeln als auch komplett auslesen und zurückspeichern. Hiermit besteht die Möglichkeit die eingestellten Parameter der MTS-4S zu sichern und in Sekundenschnelle die MTS-4S komplett - z.B. für verschiedene Montierungen - zu rekonfigurieren. Mit dem Parameterspeicher haben Sie auch Zugriff auf die PEC-Daten für spezielle Auswertungen.
5. Die enthaltenen Befehle für schnelles Positionieren (5000Hz), FAST und SLOW-Geschwindigkeit setzen, erlauben es Ihnen, auf Ihrem PC eine Teleskopsteuerung nach Ihren Vorstellungen zu realisieren.

Den Möglichkeiten sind hier kaum Grenzen gesetzt. Anfängen von kleinen Funktionserweiterungen bis hin zu einer komfortablen automatischen Objekt-Positionierung oder kompletten vollautomatischen Beobachtungs-programmen ist alles drin.

6. Sie können die Möglichkeiten 1 bis 5 alle zusammen gleichzeitig nutzen.

7. Sie dürfen die MTS-4S auch für "nicht-astronomische Aufgaben" zweckentfremden.

### **Baudraten und Display-Umleitung**

Für die Kommunikation mit dem PC steht Ihnen eine Auswahl verschiedener Baudraten zur Verfügung. Die Baudrate des PCs und der MTS-4S müssen dabei identisch sein. Benutzen Sie hohe Baudraten, wenn Sie schnell viel Daten übertragen müssen, und niedrige, wenn Sie eine möglichst hohe Sicherheit anstreben und/oder eine sehr lange Kabelverbindung haben.

Weiterhin besteht die Möglichkeit die Display-Umleitung auf die RS-232 so einzustellen, dass sie ohne weiteren Befehl sofort aktiv ist. Dies könnte z.B. sinnvoll sein, wenn Sie ein Extra-LC-Display an die RS-232 anschliessen möchten.

Zum Programmieren der Baudraten und Display-Umleitung halten Sie beim Einschalten die Tastenkombination LEFT-RIGHT-DOWN gedrückt. Die Dipschalter 1-3 bestimmen die Baudrate, Dipschalter 4 die Display-Umleitung, alle anderen werden ignoriert.

|          |      |       |       |       |        |      |      |       |
|----------|------|-------|-------|-------|--------|------|------|-------|
| Baudrate | 9600 | 19200 | 28800 | 38400 | 0(aus) | 2400 | 4800 | 57600 |
| Dip ON   | ---  | 1--   | -2-   | 12-   | --3    | 1-3  | -23  | 123   |

|            |                       |
|------------|-----------------------|
| Dip 4 OFF: | Display-Umleitung aus |
| Dip 4 ON:  | Display-Umleitung ein |

Die übrigen Parameter sind: 8 Datenbits, 1 Stopbit, keine Parität und kein Handshaking.

Wenn Sie die Dipschalter entsprechend eingestellt haben, schalten Sie zum Abspeichern die MTS-4S aus. Die neuen Einstellungen werden von der MTS-4S erst nach einem Neustart beim Anlegen der Versorgungsspannung benutzt. Solange gelten noch die alten Einstellungen.

### **Kommunikationsprotokoll, Daten-/Befehlsformate**

Für die fehlerfreie Kommunikation zwischen MTS-4S und PC ist ein spezielles Protokoll definiert, das es erlaubt Daten und Befehle an die MTS-4S zu senden und Daten von der MTS-4S zu empfangen.

Als Befehle sind Ein-Byte-Binär-codes für eine bestimmte Funktion definiert. Nach dem Empfang dieses Binär-codes führt die MTS-4S den entsprechenden Befehl aus.

Einige Befehle benötigen zu ihrer Ausführung zusätzliche Daten. Diese Daten müssen vor Senden des Befehl-codes in einen 4 Byte fassenden Datenpuffer der MTS-4S geladen werden. Grundsätzlich bestehen diese Daten befehlsabhängig immer aus einer 4-Byte Binär-Integerzahl (long) oder einer 4-Byte Binär-Fliesskommazahl (IEEE single precision float).

Damit die MTS-4S Daten von Befehl-codes unterscheiden kann, gibt es 2 spezielle Befehle, die jeweils ein Halbbyte (nibble) im Befehl-code codieren und in den Datenpuffer laden. Um den Datenpuffer mit 4 Bytes Daten zu laden sind also immer 8 Bytes an die MTS-4S zu senden.

Die Übertragung beginnt immer mit dem höchstwertigen Halbbyte und endet mit dem niederwertigsten Halbbyte. Wie dies genau aussieht, können Sie bei den Befehlsbeschreibungen und QBASIC-Routinen nachlesen.

Einige Befehle liefern Daten an den PC zurück, und zwar befehlsabhängig immer ein Byte oder 4 komplette Bytes (long). Diese Daten werden in ihrer Binärform gesendet, wobei im Fall von 4 Bytes das höchstwertige Byte zuerst kommt, und zuletzt das niederwertigste Byte.

### Befehlsgruppen

Der Befehlssatz ist unterteilt nach mehreren Gruppen von Befehlen:

|                   |   |
|-------------------|---|
| -Steuerbefehle:   | Display, Tasten ein/aus, reset                    |
| -Lesebefehle:     | Position, Datenpuffer, Zeit, Tasten, Dips., ready |
| -Motorbefehle:    | Positionieren, Geschwindigkeit, Start, Stop, Aus  |
| -Speicherbefehle: | Parameterspeicher lesen/schreiben                 |

Je nach Befehlsgruppe gibt es Besonderheiten zu beachten:

-Einige Befehle benötigen Daten. Diese müssen vorher in den Datenpuffer geladen worden sein.

-Einige Befehle senden Daten. Ein neuer Befehl darf erst nach Empfang aller Daten gegeben werden. Ausserdem muss die Display-Umleitung abgeschaltet sein.

-Einige Befehle benötigen eine längere Ausführungszeit. Währenddessen darf kein weiterer Befehl mit längerer Ausführungszeit gegeben werden. ready-Befehl abfragen !

-Einige Befehle sind nicht in jedem Betriebsmodus möglich.

-die Speicherbefehle brauchen aus Sicherheitsgründen eine Freigabe durch einen Schlüsselcode.

Die Befehls-Besonderheiten sind bei der einzelnen Beschreibung vermerkt.

### Befehlsliste/Befehlsbeschreibung

| Abkürzungen | Bedeutung                       |
|-------------|---------------------------------|
| RD1         | liefert 1 Byte zurück           |
| RDL4        | liefert 4 Bytes als long zurück |
| WRL4        | erwartet 4 Bytes als long       |
| WRF4        | erwartet 4 Bytes als float      |
| BUSY        | längere Ausführungszeit         |
| TR          | nur im Nachführmodus möglich    |
| OFF         | nur in OFF-Position möglich     |
| X,x         | undefiniert                     |
| -           | keine Beschränkung              |

| Befehlsname    | Hex-Code | Funktion  | Besonderheiten |
|----------------|----------|---|----------------|
| loadhighnibble | 8XH      | oberes Halbbyte X in Datenpuffer laden                                  | -              |
| loaddownnibble | 9XH      | unteres Halbbyte X in Datenpuffer laden, setzt Zeiger auf nächstes Byte | -              |
| displayon      | A0H      | Display-Umleitung ein   | -              |
| displayoff     | A1H      | Display-Umleitung aus   | -              |
| ready          | A2H      | liefert 0, wenn letzter Befehl beendet ist, sonst letzten Befehlscode   | RD1            |

|                |     |  |                  |
|----------------|-----|--|------------------|
| resetbuffer    | A3H | setzt Zeiger auf erstes Byte von Datenpuffer.<br>Ermöglicht Freigabe von readEEprom/<br>writeEEprom, wenn ein bestimmter<br>Schlüsselcode im Datenpuffer ist | (WRL4)           |
| upon           | A4H | setzt UP-Taste   | -                |
| upoff          | A5H | löst UP-Taste  | -                |
| downon         | A6H | setzt DOWN-Taste   | -                |
| downoff        | A7H | löst DOWN-Taste  | -                |
| lefton         | A8H | setzt LEFT-Taste   | -                |
| leftoff        | A9H | löst LEFT-Taste  | -                |
| righton        | AAH | setzt RIGHT-Taste  | -                |
| rightoff       | ABH | löst RIGHT-Taste   | -                |
| modeon         | ACH | setzt MODE-Taste   | -                |
| modeoff        | ADH | löst MODE-Taste  | -                |
| onon           | AEH | setzt ON   | -                |
| onoff          | AFH | setzt OFF  | -                |
| faston         | B0H | setzt FAST   | -                |
| fastoff        | B1H | setzt SLOW   | -                |
| nottracking    | B2H | für Nachführmodus sind Motoren anfangs<br>ausgeschaltet  | OFF              |
| readswitch     | B3H | liefert alle Schalter/Tasten in 1 Byte codiert:<br>X,MODE,ON,FAST,UP,DOWN,LEFT,RIGHT<br>gesetztes Bit=Taste/Schalter ein                                     | RD1              |
| readswitchtime | B4H | liefert 1. Byte wie readswitch + 3 Bytes<br>Systemzeit in 1/100 Sekunden seit<br>Spannungsanlegen  | RDL4             |
| readtime       | B5H | liefert 1. Byte=0 + 3 Bytes Systemzeit in 1/100<br>Sekunden seit Spannungsanlegen  | RDL4             |
| readbuffer     | B6H | liefert aktuellen Datenpuffer  | RDL4             |
| readRA         | B7H | liefert aktuelle RA-Position   | RDL4             |
| readDE         | B8H | liefert aktuelle DE-Position   | RDL4             |
| readdip        | B9H | liefert aktuelle Dipschalter-Stellung [0,1023]   | RDL4             |
| writedip       | BAH | ersetzt Dipschalter-Stellung durch Datenpuffer<br>[0,1023],bis readdip erneut aufgerufen wird  | WRL4             |
| writeaccel     | BBH | setzt Beschleunigung auf Datenpuffer [0,7],darf<br>nicht während Schnellgang gesetzt werden.   | WRL4             |
| writeRApos     | BCH | startet Positionierung RA mit Zielposition<br>Datenpuffer oder aktualisiert Zielposition   | WRL4,<br>BUSY,TR |
| writeDEpos     | BDH | startet Positionierung DE mit Zielposition<br>Datenpuffer oder aktualisiert Zielposition   | WRL4,<br>BUSY,TR |
| writeRALimit   | BEH | aktualisiert FAST-Frequenz RA<br>durch Datenpuffer [15.0,5000.0]   | WRF4,<br>BUSY,TR |
| writeDELimit   | BFH | aktualisiert FAST-Frequenz DE<br>durch Datenpuffer [15.0,5000.0]   | WRF4,<br>BUSY,TR |
| writeRASlow    | C0H | aktualisiert SLOW-Frequenz RA<br>durch Datenpuffer [ $\pm 1.0, \pm 1000.0$ ]   | WRF4,<br>BUSY,TR |
| writeDESlow    | C1H | aktualisiert SLOW-Frequenz DE<br>durch Datenpuffer [ $\pm 1.0, \pm 1000.0$ ]   | WRF4,<br>BUSY,TR |
| pecon          | C2H | schaltet PEC ein   | BUSY,TR          |

|             |     |  |                                |
|-------------|-----|--|--------------------------------|
| pecoff      | C3H | schaltet PEC aus   | BUSY,TR                        |
| pecrec      | C4H | startet PEC-Record neu   | BUSY,TR                        |
| RAtack      | C5H | startet SLOW RA-Motor  | BUSY,TR                        |
| RAstop      | C6H | hält RA-Motor an   | BUSY,TR                        |
| RApowerdown | C7H | schaltet RA-Motor (Strom) aus  | BUSY,TR                        |
| DEtrack     | C8H | startet SLOW DE-Motor  | BUSY,TR                        |
| DEstop      | C9H | hält DE-Motor an   | BUSY,TR                        |
| DEpowerdown | CAH | schaltet DE-Motor (Strom) aus  | BUSY,TR                        |
| readEEprom  | CBH | liefert Parameterspeicher-Daten an Adresse<br>Datenpuffer: [adr,x] als [adr,data].<br>Schlüsselcode muss vorher gesetzt sein, sonst<br>wird readEEprom nicht ausgeführt. | BUSY,<br>OFF,<br>WRL4,<br>RDL4 |
| writeEEprom | CCH | schreibt Parameterspeicher-Daten an Adresse<br>Datenpuffer: [adr,data], Schlüsselcode muss<br>vorher gesetzt sein, sonst wird writeEEprom<br>nicht ausgeführt.           | BUSY,<br>OFF,<br>WRL4          |

### Display-Umleitung

Mit dem Befehl displayon wird die Display-Umleitung eingeschaltet, sollte sie noch nicht fest als Einstellung programmiert sein. Alle Daten, die die MTS-4S danach sendet müssen durch ein Programm, das den Befehlssatz des LC-Display versteht, als Anzeige auf dem Monitor umgesetzt werden. Rufen Sie keine anderen Daten ab, wenn die Display-Umleitung eingeschaltet ist. Der Befehl displayoff schaltet die Display-Umleitung wieder aus.

### Tastensimulation

Die Befehle, die Tasten/Schalter setzen oder lösen bewirken dasselbe, wie wenn Sie die MTS-4S manuell bedienen. Ist ein Taster/Schalter durch einen Befehl gesetzt, kann dieser nur durch den komplementären Befehl wieder gelöst werden. Für die Befehle writedip/readdip gilt dasselbe. Befehle für Tasten/Schalter sind in jedem Betriebsmodus erlaubt.

Taster und Schalter sind LOW-aktiv. Ein gesetzter Taster/Schalter treibt gleichzeitig den korrespondierenden Anschlusspin an der Stiftleiste auf LOW-Pegel.

### Daten auslesen

Die Befehle, die Daten lesen, sind in jedem Betriebsmodus erlaubt (ausser readEEprom). readRA und readDE liefern die aktuelle Position der Schrittmotoren in Halbschritten. Wenn Sie die MTS-4S einschalten, enthält die RA-Position immer die letzte RA-Position reduziert auf das Intervall  $\pm\text{Motor} \cdot \text{Getriebe}$  (wegen PEC): RA-Position modulo Motor\*Getriebe. Die DE-Position ist anfangs immer Null.

Bei der Ausführung von Befehlen mit längerer Ausführungszeit (BUSY-Befehle) sollte der ready-Befehl vorher so oft abgefragt werden, bis er eine Null liefert. Der Datenpuffer-Inhalt besteht immer aus den zuletzt geschriebenen oder gelesenen Daten. Der Datenpuffer bleibt ansonsten erhalten. Mit dem Befehl readbuffer können die zuletzt gesendeten (4-Byte) Daten überprüft, oder die zuletzt empfangenen (4-Byte) Daten nochmals abgerufen werden.

### Positionieren, Motorbefehle

Die Befehle writeRApos und writeDEpos veranlassen die MTS-4S selbständig inklusive Beschleunigen und Bremsen den gewählten Zielpunkt in Halbschritten punktgenau anzufahren und dann anzuhalten.

Der PC kann durch zyklisches Abfragen von readRA/readDE feststellen, wann der Zielpunkt erreicht ist. Während der Motor einen Zielpunkt anfährt darf jederzeit ein neuer Zielpunkt vorgegeben werden oder die Maximalgeschwindigkeit durch writeRALimit/writeDELimit verändert werden, oder bereits eine neue SLOW-Frequenz eingestellt werden.

Die Positionierung wird beendet bzw. abgebrochen:

- wenn der Zielpunkt erreicht ist
- durch RAtack, RAstop (DEtrack, DEstop)
- durch Tastendruck von LEFT, RIGHT (UP, DOWN)

Die Befehle RApowerdown, DEpowerdown, writeaccel oder das Ausschalten sollten nur im Stillstand oder SLOW-Modus verwendet werden, da durch den plötzlichen Stopp sonst Schritte verloren gehen könnten.

Das Nachführen einer Achse wird beendet:

- durch die Befehle RAstop (DEstop)
- durch die Befehle RApowerdown (DEpowerdown), welche zusätzlich den Motorstrom abschalten und die MTS-4S in einen Power-SAVE Standby-Modus schalten.

Das Nachführen einer Achse bzw. der SLOW-Modus wird gestartet:

- durch die Befehle RAtack (DEtrack)
- durch Tastendruck von LEFT, RIGHT (UP, DOWN)

Im übrigen wird der Motorstrom nach einem Stillstand(=Frequenz 0.0) von 2.56 Sekunden abgeschaltet. Ändert sich die Frequenz z.B. durch Tastendruck/-loslassen, wird er automatisch wieder eingeschaltet.

Die Funktionen beider Achsen arbeiten völlig unabhängig voneinander, analog zu der manuellen Bedienung, die jederzeit parallel zu den Motorbefehlen erfolgen kann.

### **Spielausgleich DE**

Der Spielausgleich DE wird auch beim Positionieren berücksichtigt. Dadurch wird eine Zielvorgabe bei Richtungswechsel automatisch um den eingestellten Betrag des Spiels korrigiert. Dies sollten Sie bei der Positions-Vorgabe und Positions-Abfrage berücksichtigen.

Andernfalls ist der Spielausgleich ist durch writedip(0) abzuschalten.

### **Parameter-Daten auslesen und laden**

Die Befehle readEEprom und writeEEprom lesen Daten aus dem Parameterspeicher bzw. schreiben Daten zurück in den Parameterspeicher. Diese Befehle können nur ausgeführt werden:

- im ausgeschalteten Zustand (OFF-Position)
- wenn sie zuvor durch folgenden Schlüsselcode freigegeben wurden:

Laden des Hex-Wertes 12345678H in den Datenpuffer und anschliessendem resetbuffer-Befehl (A3H). Wird der resetbuffer-Befehl mit anderen Daten ausgeführt, werden readEEprom und writeEEprom wieder gesperrt.

Der Parameterspeicher (EEprom) ist wortweise (16 Bit) organisiert, und belegt insgesamt 130 Bytes. Ein Lese- oder Schreibzugriff ist nur wortweise und nur auf geraden Adressen möglich. readEEprom erwartet die Adresse im Datenpuffer und liefert Adresse und Daten zurück. writeEEprom erwartet die Adresse und Daten im Datenpuffer und liefert nichts zurück:

|        |                           |                            |                            |
|--------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
|        | readEEProm<br>Datenpuffer | readEEProm<br>Rückgabewert | writeEEProm<br>Datenpuffer |
| 1.Byte | High(Adresse)             | High(Adresse)              | High(Adresse)              |
| 2.Byte | Low(Adresse)              | Low(Adresse)               | Low(Adresse)               |
| 3.Byte | undefiniert               | High(Daten)                | High(Daten)                |
| 4.Byte | undefiniert               | Low(Daten)                 | Low(Daten)                 |

Durch das spezielle Format können Adressen und Daten zusammen als long-Wert behandelt werden. Dadurch wird das Lesen, Aktualisieren und Zurückladen einzelner Parameter vereinfacht. Ein Rückgabewert von readEEProm kann direkt als Eingabewert von writeEEProm dienen.

### Parameterspeicher (EEPROM)

Grösse: 130 Bytes      Organisation: 65 \* 16 Bits

Byte-Reihenfolge: big endian (höchstwertiges Byte an unterer Adresse, niederwertigstes Byte an oberer Adresse)

Ebenfalls benutzt von 68xxx (Macintosh, Amiga, Atari)

Anmerkung: 80x86 benutzt little endian (umgekehrte Reihenfolge!)

zu beachten: MTS-4S benutzt intern spezielles Format mit anderer Position von Vorzeichen und Exponent.

float format single precision (32bit):

|         |   |
|---------|---|
| MTS-4S: | Exponent:8 , Sign:1 , Mantissa: 23 + hidden bit |
|         | EEEEEEEE SMMMMMMM MMMMMMMM MMMMMMMM             |
| IEEE:   | Sign:1 , Exponent:8 , Mantissa: 23 + hidden bit |
|         | SEEEEEEE EMMMMMMM MMMMMMMM MMMMMMMM             |

| Adresse | Typ      | Parameter  | RESET-Inhalt                    |
|---------|----------|--|---------------------------------|
| 0       | long     | Motor*Getriebe   | 11520L                          |
| 4       | float    | DE-SLOW  | 19.252588                       |
| 8       | float    | DE-FAST  | 308.0414                        |
| 12      | float    | RA-SLOW  | 19.252588                       |
| 16      | float    | RA-FAST  | 308.252588                      |
| 20      | long     | User-Motor*Getriebe  | -                               |
| 24      | float    | User-DE-SLOW   | -                               |
| 28      | float    | User-DE-FAST   | -                               |
| 32      | float    | User-RA-SLOW   | -                               |
| 36      | float    | User-RA-FAST   | -                               |
| 40      | float    | Korrekturfaktor  | 1.5000000                       |
| 44      | long     | RA-Position modulo<br>Motor*Getriebe   | 0L                              |
| 48      | long     | reserviert   | 0L                              |
| 52      | bitfield | pecactive 0:1<br>pecvalid 1:1<br>mountselect 2:3<br>baudrate 5:3<br>display 8:1<br>acceleration 9:3<br>stepsize 12:3 | 0<br>0<br>0<br>0<br>0<br>0<br>0 |
| 54      | short    | Stoppuhr   | 0                               |

|     |         |                |                |
|-----|---------|----------------|----------------|
| 56  | int[32] | PECTABLE       | 0[32]          |
| 120 | long    | PECBASE        | 0L             |
| 124 | long    | PECDIFF        | 0L             |
| 128 | byte    | DE-Phasenstrom | 50<br>(=250mA) |
| 129 | byte    | RA-Phasenstrom | 50<br>(=250mA) |

## 11. QBasic Beispielroutinen

```

DECLARE FUNCTION receiveLONG ()
DECLARE SUB sendLONG (daten&)
DECLARE SUB sendFLOAT (freq!)
DECLARE SUB delay (sec!)

```

**Beispiel1:** 'Beispiel für Dipschalter, Taster, Zeit und Position auslesen

```
Baudrate& = 9600
```

```
GOSUB initport 'COM2 öffnen
```

```
CLS
```

```
DO
```

```
LOCATE 1, 1
```

```
PRINT #1, CHR$(&HB4); : x& = receiveLONG 'readswitchtime
```

```
tasten& = x& \ &H1000000
```

```
IF tasten& AND 1 THEN PRINT "RIGHT" ELSE PRINT " "
```

```
IF tasten& AND 2 THEN PRINT "LEFT" ELSE PRINT " "
```

```
IF tasten& AND 4 THEN PRINT "DOWN" ELSE PRINT " "
```

```
IF tasten& AND 8 THEN PRINT "UP" ELSE PRINT " "
```

```
IF tasten& AND 16 THEN PRINT "FAST" ELSE PRINT "SLOW"
```

```
IF tasten& AND 32 THEN PRINT "ON " ELSE PRINT "OFF"
```

```
PRINT "Zeit: "; x& AND &HFFFFFF
```

```
PRINT #1, CHR$(&HB9); : PRINT "Dip: "; receiveLONG 'readDip
```

```
PRINT #1, CHR$(&HB7); : PRINT "RA: "; receiveLONG 'readRA
```

```
PRINT #1, CHR$(&HB8); : PRINT "DE: "; receiveLONG 'readDE
```

```
LOOP WHILE INKEY$ = ""
```

```
END
```

**Beispiel2:** 'Positionieren: Motoren fahren endlos 1500 Schritte hin und zurück

```
Baudrate& = 9600
```

```
GOSUB initport 'COM2 öffnen
```

```
sendLONG (3)
```

```
PRINT #1, CHR$(&HBB); 'writeaccel
```

```
GOSUB waitready
```

```
sendFLOAT (500)
```

```
PRINT #1, CHR$(&HBE); 'writeRALimit
```

```
GOSUB waitready
```

```
sendFLOAT (500)
```

```
PRINT #1, CHR$(&HBF); 'writeDELimit
```



```

DO
  GOSUB waitready
  sendlong (1500)
  PRINT #1, CHR$(&HBD); 'writeDEpos
  delay (2)
  GOSUB waitready
  sendlong (1500)
  PRINT #1, CHR$(&HBC); 'writeRApos
  delay (2)
  GOSUB waitready
  sendlong (0)
  PRINT #1, CHR$(&HBD); 'writeDEpos
  delay (2)
  GOSUB waitready
  sendlong (0)
  PRINT #1, CHR$(&HBC); 'writeRApos
  delay (2)
LOOP WHILE INKEY$ = ""
END

```

### Beispiel3:

'Programm für die Emulation eines Dotmatrixdisplays wie es für  
'die SINUS-II / PowerFlex MTS-3 / MTS-4S Teleskopsteuerung verwendet wird.

Baudrate& = 9600

GOSUB initport 'COM2 öffnen

Display:

CLS

maxspalte% = 16 : maxzeile% = 2 'Displaygrösse

zeile% = 0 : spalte% = 0 'Cursor auf 0,0 (links oben)

rs% = 1 'druckbares Zeichen ein

PRINT #1, CHR\$(&HA0); 'Display-Umleitung einschalten

DO

IF INKEY\$ <> "" THEN PRINT #1, CHR\$(&HA1); :CLOSE: END

IF LOC(1) > 0 THEN 'Falls Byte empfangen->ausdrucken

c\$ = INPUT\$(1, 1)

c% = ASC(c\$)

IF c% = 255 THEN '255 geht immer einem Steuerbefehl voraus

rs% = 0 'nächstes Byte ist Steuerbefehl

ELSE

GOSUB LCD 'Zeichen ausgeben oder Steuerbefehl ausführen

END IF

END IF

LOOP

END

LCD:

```
IF rs% = 0 THEN          'Steuerbefehle
  IF c% >= 128 THEN
    IF c% >= 192 THEN zeile% = 1 ELSE zeile% = 0
    spalte% = c% AND &H3F  'dd set
  ELSEIF c% >= 64 THEN   'cg set unused
  ELSEIF c% >= 32 THEN   'function set unused
  ELSEIF c% >= 16 THEN   'shift unused
  ELSEIF c% >= 8 THEN    'displaycontrol unused
  ELSEIF c% >= 4 THEN    'entrymodeset unused
  ELSEIF c% >= 2 THEN
    zeile% = 0: spalte% = 0  'home
  ELSEIF c% >= 1 THEN
    CLS : zeile% = 0: spalte% = 0  'clear
  END IF
  rs% = 1  'druckbares Zeichen ein
  RETURN
END IF
'Druckbare Zeichen
LOCATE zeile% + 1, spalte% + 1
IF spalte% < maxspalte% AND zeile% < maxzeile% THEN PRINT c$
spalte% = spalte% + 1
IF spalte% >= &H50 THEN spalte% = 0
RETURN
```

#### Beispiel4:

'Beispiel für Parameter auslesen/zurückspeichern

Baudrate& = 9600

GOSUB initport 'COM2 öffnen

sendlong(&H12345678) 'Freigabecode

PRINT #1, CHR\$(&HA3); 'resetbuffer als EEPROMenable

DIM eeprom&(64) 'Array für Parameter

FOR i& = 0 TO 63 '64 Worte

sendlong(i& \* 2 \* 65536) 'Adresse senden

PRINT #1, CHR\$(&HCB); 'readEEPROM

eeprom&(i&) = receivelong& 'Adresse, Daten empfangen und speichern

PRINT i&, eeprom&(i&) AND 65535 'Adresse, Daten anzeigen

NEXT

STOP 'Hier halten, F5 für Rückspeichern

FOR i& = 0 TO 63 '64 Worte

sendlong(eeprom&(i&)) 'Adresse, Daten aus Array senden

PRINT #1, CHR\$(&HCC); 'writeEEPROM

GOSUB waitready

NEXT

END

```

waitready:
DO
  PRINT #1, CHR$(&HA2);      'ready?
  LOOP UNTIL ASC(INPUT$(1, 1)) = 0
RETURN

initport:
OPEN "COM2:2400,N,8,1,CD0,CS0,DS0,OP0,RS,TB2048,RB20480" FOR
RANDOM AS 1
  IF Baudrate& <> 2400 THEN
                                'gilt nur für IBM-Kompatible
    OUT &H2F8 + 3, 128          'Baudrateneingabe ein
    OUT &H2F8 + 0, 115200 \ Baudrate&  'Baudrate low byte
    OUT &H2F8 + 1, 0           'Baudrate high byte
    OUT &H2F8 + 3, 3          '8 Bit + 1 Stopbit und Baudrateneingabe aus
  END IF
RETURN

SUB delay (sec)
exittime = TIMER + sec
WHILE TIMER < exittime
WEND
END SUB

FUNCTION receivelong&
  daten$ = "1234"
  FOR i% = 4 TO 1 STEP -1
    MID$(daten$, i%, 1) = INPUT$(1, 1)
  NEXT
  receivelong& = CVL(daten$)
END FUNCTION

SUB sendfloat (freq!)
  daten$ = MKS$(freq!)
  FOR i% = 4 TO 1 STEP -1
    byte% = ASC(MID$(daten$, i%, 1))
    nibblehigh% = (byte% \ 16) + &H80
    nibblelow% = (byte% AND 15) + &H90
    PRINT #1, CHR$(nibblehigh%); CHR$(nibblelow%);
  NEXT
END SUB

SUB sendlong (daten&)
  daten$ = MKL$(daten&)
  FOR i% = 4 TO 1 STEP -1
    byte% = ASC(MID$(daten$, i%, 1))
    nibblehigh% = (byte% \ 16) + &H80
    nibblelow% = (byte% AND 15) + &H90
    PRINT #1, CHR$(nibblehigh%); CHR$(nibblelow%);
  NEXT
END SUB

```

## **12. Schrittmotoren**

Dieses Kapitel soll das Thema Schrittmotor nur in Grundzügen erläutern. Es wendet sich in erster Linie an den Montierungs-Selbstbauer. Es ist nicht schwierig mit der MTS-4S und einem Schrittmotor eine funktionsfähige Nachführung zu konstruieren. Allerdings ist doch einiges zu beachten, wenn es gilt den optimalen Schrittmotor passend für MTS-4S und Montierung zu finden. Dies ist besonders wichtig, wenn erhöhte Anforderungen an die Nachführung gestellt werden, wie schwere Montierung und hohe Geschwindigkeit. Weiterreichende Informationen erhalten Sie in der Fachliteratur und den Broschüren und Datenblättern der Hersteller. Auf Wunsch kann Ihnen eine Liste von Schrittmotorherstellern und Bezugsquellen zugesandt werden.

### **Schrittmotorfunktion**

Der Schrittmotor zeichnet sich dadurch aus, dass er ohne weiteren Regelaufwand den Schrittpulsen der Ansteuerelektronik exakt mit der Ausführung einer definierten Drehbewegung ("ein Schritt") folgt. Er ist somit gut geeignet, wenn es auf sehr niedrige als auch hohe Drehgeschwindigkeiten mit exakter Frequenz ankommt. Es gibt sehr viele Ausführung von Schrittmotoren. Sie unterscheiden sich hauptsächlich in:

- 2-Phasen oder 5-Phasen
- Schrittzahl/Umdrehung (üblich 24,48,100,200,400)
- Phasenwiderstand und -Induktivität
- bipolar und unipolar
- Anzahl der Anschlüsse/Wicklungen
- Stromaufnahme, Leistung und Temperaturfestigkeit
- Bauart/Bauform, Magnetmaterial
- Abtriebswelle, Kugellager, Gleitlager
- Grösse und Gewicht
- Drehmoment und Resonanzverhalten
- Selbsthaltungsmoment und Mikroschritteignung
- Trägheitsmoment und Beschleunigungsvermögen
- erzielbare Geschwindigkeit
- Preis und Verfügbarkeit

Das **Grundfunktionsprinzip** ist aber bei allen Schrittmotoren gleich:

Zwei (bei 2-Phasen) feste Spulen (Stator) erzeugen ein magnetisches Drehfeld (gesteuert von der Elektronik), indem sich ein Rotor bestehend aus Permanentmagneten zwangsläufig dem Drehfeld folgend mitdreht. Die hohen Schrittzahlen werden dabei durch eine besondere geometrische Ausführung von Stator und Rotor und einer speziellen Magnetisierung des Rotors mit vielen Polpaaren erzielt.

### **Betriebsarten**

Schrittmotoren können in verschiedenen Betriebsarten angesteuert werden. Die Unterschiede bestehen in der Kurvenform des Stromverlaufs der einzelnen Wicklungen, der damit erzielbaren Schrittauflösung und der dazu notwendigen Steuerelektronik:

-Vollschritt:

Beide Wicklungen werden für Schrittsequenz im gegenseitigen Wechsel umgepolt. Beide Wicklung werden gleich stark bestromt. Schrittzahl entspricht Nominalwert.

-Wellensteuerung:

Abart des Vollschritt, bei der jeweils nur eine Wicklung bestromt wird. Schrittzahl entspricht Nominalwert.

-Halbschritt:

Abwechselnd werden beide Wicklungen und nur eine Wicklung bestromt. Erlaubt Verdoppelung der Nominalschrittzahl. Günstiger gegenüber Vollschritt hinsichtlich Schrittauflösung, Resonanzen, Geschwindigkeit und Stromverbrauch.

Wird von MTS-4S für den FAST-Mode verwendet mit Stromabsenkung bei 2-Phasenbestromung für konstantes Drehmoment. Mit der PWM-Phasenstromregelung, einer hohen Versorgungsspannung und geeigneten Schrittmotoren kann eine sehr hohe Geschwindigkeit erzielt werden.

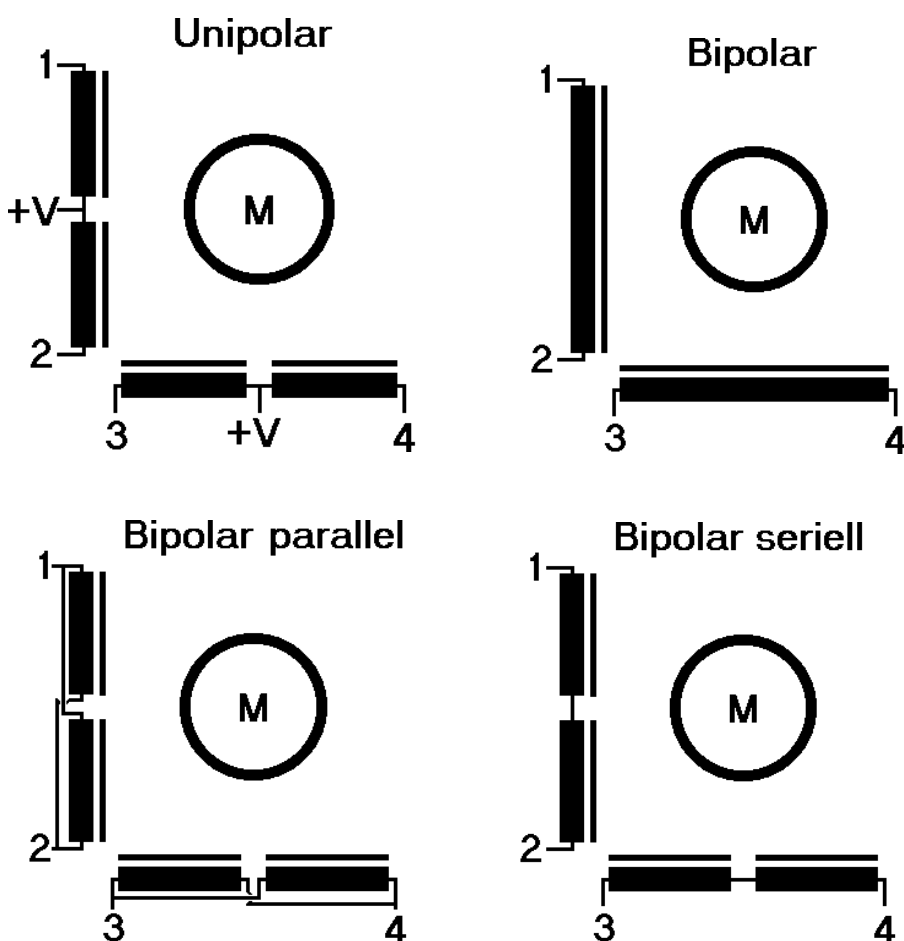
-Mikroschritt:

Der Stromverlauf in beiden Wicklungen wird einer Sinus- bzw. Cosinusform mit mehr oder weniger Stufen angenähert. Erlaubt noch feinere Schrittauflösung und weniger Resonanzen, erfordert aber eine aufwendigere Ansteuerelektronik und für optimalen Betrieb Mikroschritt-geeignete Schrittmotoren.

Wird von der MTS-4S für den SLOW-Mode verwendet. Dies erlaubt eine ruckelfreie, effiziente stromsparende Nachführung. Mit geeigneten Schrittmotoren kann eine extrem niedrige Nachführfrequenz gewählt werden.

### Verschaltungsarten

Es gibt für Schrittmotoren 4 mögliche Arten der Verschaltung:



Welche Art der Verschaltung möglich ist, hängt ab von der Anzahl der Anschlussdrähte des Schrittmotors und der Treiberart der Steuerelektronik. Die MTS-4S verwendet Bipolar-Treiber mit PWM-Stromregelung (Pulsweitenmodulation), so dass alle Arten von 2-Phasen-Schrittmotoren angeschlossen werden können. Die speziell unipolaren Schrittmotoren mit 6 Anschlussdrähten können ebenfalls bipolar betrieben werden, wenn die Mittenanschlüsse nicht kontaktiert werden.

### **Auswahl geeigneter Typen**

Als wichtigste Grundgrösse sollte das erforderliche Drehmoment zum Drehen der Schnecke ermittelt werden. Als zweites muss man sich entscheiden, wie hoch die Nachführfrequenz sein soll. Für kleine Reisemontierungen z.B. mit denen nur kurz brennweitig beobachtet oder fotografiert wird, reicht eine niedrige Frequenz, vielleicht um die 10Hz-Mikroschritt oder niedriger. Im anderen Extremfall wäre für eine schwingungsfreie Nachführung eine Frequenz um die 50Hz-Mikroschritt oder höher anzustreben. Generell sollte aber getestet werden, wie eine spezielle Montierung auf die Vibrationen des Schrittmotors bei einer bestimmten Frequenz reagiert. Als nächste Entscheidung steht die Wahl der FAST-Frequenz für schnelles Positionieren an. Man muss sich im Klaren darüber sein, dass man hier an physikalische Grenzen stösst: Das Bewegen einer schweren Montierung erfordert nun mal einen gewissen Kraftaufwand, und die Leistungsabgabe der MTS-4S ist beschränkt.

Grundsätzlich muss angemerkt werden, dass hohes Drehmoment und hohe Geschwindigkeit gegensätzliche Anforderungen sind. Wenn Sie also eine wirklich hohe FAST-Frequenz benötigen, müssen Sie alle Fakten gegeneinander abwägen und eine Kompromisslösung suchen.

Es gibt z.B. Schrittmotoren, die bei niedriger Frequenz und niedriger Stromaufnahme ein sehr grosses Drehmoment haben, aber schon bei einigen 100 Hz deutlich an Drehmoment verlieren.

Hier zeigen sich auch ganz deutlich die Unterschiede zwischen einem billigen "Restposten"-Schrittmotor, der schon bei 500Hz stehenbleibt und einem hochwertigen schnellaufenden Scheibenmagnet-Schrittmotor, der bis zu mehreren Kilohertz betrieben werden kann.

Weil das Drehmoment von Schrittmotoren zu höheren Frequenzen hin je nach Typ mehr oder weniger stark abnimmt, sollten Sie auf jeden Fall die von den Herstellern erstellten Diagramme mit dem Drehmomentkurven studieren und vergleichen.

### **Stromaufnahme**

Die wichtigste Grundgrösse ist die Stromaufnahme des Schrittmotors. Die MTS-4S erlaubt einen maximalen Phasenstrom von 750mA/Phase im Dauerbetrieb mit 2 Schrittmotoren. Durch die PWM-Phasenstromregelung wird der Phasenstrom des Schrittmotors automatisch auf den eingestellten Wert begrenzt, unabhängig vom Wicklungswiderstand des Schrittmotors. Wichtig ist, dass der Schrittmotor bei dem eingestellten Phasenstrom ein ausreichendes Drehmoment liefert.

Schrittmotoren mit einer deutlich höheren Nennstromaufnahme als 1 bis 2 Ampere und Phasenwiderständen unter 1 bis 2 Ohm sind weniger gut geeignet. Optimale Leistungen bringen Schrittmotoren mit ca. 2 bis 10 Ohm Phasenwiderstand.

Schrittmotoren mit wesentlich höheren Phasenwiderständen können an der MTS-4S ebenfalls problemlos betrieben werden, wobei zu beachten ist, dass hier die

Versorgungsspannung und der Phasenwiderstand den maximal möglichen Phasenstrom nach  $I=U/R$  begrenzen.

Für den Mikroschrittbetrieb sollte der Phasenstrom deshalb kleiner gewählt werden.

Wählen Sie den Phasenstrom auch nicht höher als den Nennstrom des Schrittmotors, um ihn nicht (thermisch) zu überlasten.

Generell gilt, dass eine hohe Versorgungsspannung eine höhere FAST-Frequenz ermöglicht. Andererseits bringt eine niedrige Versorgungsspannung bessere Ergebnisse für den Mikroschrittbetrieb mit der SLOW-Frequenz.

Für die meisten Fälle ist eine Versorgungsspannung von 12 Volt ausreichend.

### **Drehmoment**

Das Drehmoment zum Drehen der Schnecke kann relativ einfach ermittelt werden. Befestigen Sie dazu an der waagrecht ausgerichteten Schneckenachse den Handdrehknopf und wickeln Sie um diesen eine Schnur einige Male fest herum, so dass sie nicht abrutschen kann. An das andere Ende der Schnur hängen Sie freischwebend einen Eimer. Füllen Sie nun den Eimer langsam mit Wasser, bis die Schnecke sich zu drehen beginnt. Wiegen Sie dann die Masse des Eimers samt Wasser.

Berechnen Sie nun :  $\text{Drehmoment} = \text{Masse}[\text{kg}] * 9.81 \text{ N/kg} * \text{Knopfradius}[\text{m}]$

Bei der Prozedur sollten Sie erschwerende Bedingungen, die im Betrieb vorkommen können mit berücksichtigen, wie z.B. ungleichmässig belastete Montierung, zähe Lagerschmierung bei Kälte. Das Drehmoment DS, das der Schrittmotor aufbringen muss beträgt dann:

$\text{DS} = \text{Drehmoment} * \text{Getriebeuntersetzung} / \text{Getriebewirkungsgrad}$

Beispiel:  $\text{DS} = 0.5 \text{ Nm} * 1/50 / 0.7 = 0.014 \text{ Nm} = 1.4 \text{ Ncm}$

### **Getriebe**

Zwischen Schnecke und Motor muss (in den allermeisten Fällen) noch ein Getriebe geschaltet werden, damit das notwendige Drehmoment erreicht wird, und damit man einen brauchbaren Wert für die Nachführfrequenz erhält. Das Getriebe könnte aus einer Zahnradstufe bestehen und/oder einem fertig gelagerten Getriebeblock. Als Ausführungen wären Stirnzahnradgetriebe, Planetengetriebe oder Schneckengetriebe (weniger gut wegen schlechtem Wirkungsgrad) geeignet. Für die Berechnung muss ausserdem die Belastbarkeit und der Wirkungsgrad (ca. 90% pro Zahnradstufe) beachtet werden.

Viele Hersteller bieten zu Ihren Schrittmotoren passende Getriebe montiert oder unmontiert in mehreren Ausführungen und mit Standard-Untersetzungen an.

Dies wären z.B. 1:9 1:12 1:24 1:48 1:90 oder 1:12.5 1:25 1:50 1:100.

## **13. Elektrische Anschlüsse**

Schliessen Sie nur die dafür vorgesehenen Kabel und Geräte an. Berühren Sie besonders die Kontakte nicht, um eine elektrostatische Entladung, die zur Beschädigung der Elektronik führen kann, zu vermeiden. Zu starker elektrostatischer Aufladung führen vor allem Kunststoffteppichböden in Innenräumen, Synthetikfaser-Kleidung und Gummischuhsohlen. Vermeiden Sie all dieses, wenn Sie an den Anschlüssen hantieren. Im Freien ist mit elektrostatischer Aufladung normalerweise nicht zu rechnen.

Die MTS-4S verfügt neben dem Anschluss für 2 Schrittmotoren und Stromversorgung noch Anschlussmöglichkeiten weiterer Geräte oder Zubehör:

#### **Autoguider-Anschluss**

Sämtliche auf dem Markt befindlichen CCD-Autoguider-Nachführsysteme der Firmen SBIG (ST-x), Meade(Pictor), OES u.a. können mit der MTS-4S ohne Umbau verbunden werden. Für die genannten Firmen sind anschlussfertige Kabel lieferbar. Sonderkabel sind auf Anfrage ebenfalls lieferbar.

#### **Hand-Kontrollbox extern**

Zur parallelen Bedienung besteht die Möglichkeit extern auch eine weitere Hand-Kontrollbox anzuschliessen. Zu diesem Zweck sind die Anschlüsse der Taster und Schalter an der Stiftleiste zugänglich.

#### **RS-232**

Für die serielle Kommunikation verfügt die MTS-4S über die Anschlüsse Txd, Rxd und Gnd. Die Verbindung zum PC erfolgt über ein Adapterkabel und einem Standard 9-poligem D-Sub-Kabel und eventuell einem 9->25 Adapterstecker. Dabei werden Txd und Rxd von PC und MTS-4S kreuzweise miteinander verbunden.

#### **LC-Display**

Das LC-Display wird mit einem Flachbandkabel mit der MTS-4S verbunden, wobei 3 Datenleitungen für die serielle Übertragung sowie Vcc und Gnd kontaktiert sind.

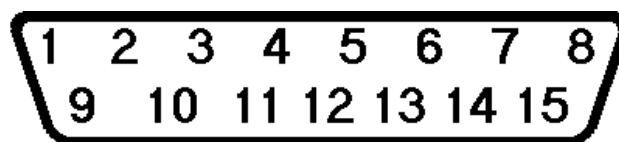
#### **20-polige Stiftleiste**

An alle Anschlüsse, ausser Rxd dürfen keine externen Spannungen angelegt werden. Die Signaleingänge RIGHT,LEFT,DOWN,FAST,UP,MODE dürfen nur gegen Gnd geschaltet werden (Open Collector, Open Drain, Optokoppler, Relais oder Dioden verwenden! )



|    |    |                 |                 |
|----|----|-----------------|-----------------|
| 1  | 2  | 1: LCD clock    | 11: Gnd(0V)     |
| 3  | 4  | 2: LCD enable   | 12: UP          |
| 5  | 6  | 3: Gnd(0V)      | 13: P32reserved |
| 7  | 8  | 4: LCD data/rs  | 14: Gnd(0V)     |
| 9  | 10 | 5: Vcc(+5V)     | 15: LEFT        |
| 11 | 12 | 6: Rxd          | 16: MODE        |
| 13 | 14 | 7: Gnd(0V)      | 17: Gnd(0V)     |
| 15 | 16 | 8: Txd          | 18: RIGHT       |
| 17 | 18 | 9: DOWN         | 19: FAST        |
| 19 | 20 | 10: P23reserved | 20: Gnd(0V)     |

#### 15-poliger Stromversorgung/Motor-Stecker



- |                              |               |
|------------------------------|---------------|
| 1: RA Phase 1                | 5: DE Phase 4 |
| 2: RA Phase 2                | 6: DE Phase 3 |
| 3: RA Phase 3                | 7: DE Phase 2 |
| 4: RA Phase 4                | 8: DE Phase 1 |
| 9,10,11: Versorgungsspannung |               |
| 12: nicht belegt             |               |
| 13,14,15: Masse              |               |

#### 2-polige Stromversorgungs-Stecker

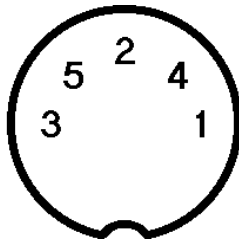
Litze roter Streifen = Bananenstecker rot = Vdd(PLUS, Versorgungsspannung)

Litze schwarz = Bananenstecker schwarz = Gnd (MINUS, Masse)

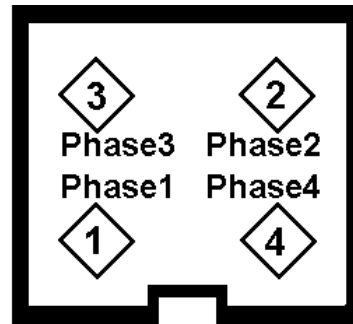
#### 5-polige Motor-Stecker (Draufsicht auf Stiftkontakte)

Als Alternative zu den 5-poligen DIN-Motor-Steckern bieten wir auch eine 4-polige Kabelbuchse an. Dafür muss an dem Motorgehäuse auch der passende Gerätestecker montiert werden (als Zubehör erhältlich). Für die Montage können die vorhandenen Bohrungen verwendet werden und lediglich 4 Litzen sind anzulöten.

Der Vorteil dieser Verbindung liegt in der wesentlich höheren Kontaktsicherheit, der kompakten Ausführung als Winkelstecker (37x23x16mm), Anschraubmöglichkeit durch Zentralschraube und wasserdichte Kabelverschraubung und Abdichtung.



- 1: Phase 4
- 2: nicht kontaktiert
- 3: Phase 1
- 4: Phase 2
- 5: Phase 3



## 14. Elektrische Kenndaten MTS-4S

### **Stromversorgung**

| Grenzwerte: | minimal | empfohlen    | maximal |
|-------------|---------|--------------|---------|
| Spannung:   | 8 Volt  | 10 - 24 Volt | 40 Volt |

### **Batterien**

In Frage kommen: Bleiakku ("Autobatterie"), NiCd-Akku, NiMH-Akku oder (nicht) -wiederaufladbare Alkali-Mangan-Batterien. Für eine ausreichend lange Stromversorgung sollten Sie unbedingt den Stromverbrauch bei der Bemessung der Kapazität beachten.

Formel:  $t=C/I$  (t:Zeit[h], C:Kapazität[Ah], I:Stromverbrauch[A])

Die Formel gilt allerdings nur näherungsweise, da die exakte Kapazität (nicht die aufgedruckte!) vom Ladungszustand, Alter, Temperatur und Entnahmestrom abhängt. Beachten Sie deshalb die Herstellerangaben von Akku und Ladegerät. Kontrollieren Sie auch regelmässig die Spannung, um die 10 Volt Mindestspannung nicht zu unterschreiten, und um eine Tiefentladung (falls Bleiakku) zu vermeiden.

### **Netzgeräte**

In Frage kommen Netzgeräte mit fester oder regelbarer Ausgangsspannung. Achten Sie unbedingt auf ausreichende Stromabgabe und eine stabilisierte Ausgangsspannung. In dieser Hinsicht sind die häufig anzutreffenden Steckernetzteile überfordert und daher nicht geeignet. Sehr sinnvoll ist auch eine Strombegrenzung. Bei regelbaren Netzteilen ist zu beachten, dass die Spannungsgrenzwerte der MTS-4S nicht versehentlich überschritten werden dürfen.

### **Verpolungsschutz**

Die MTS-4S besitzt einen optimierten MOSFET-Verpolungsschutz, der im Gegensatz zu den üblichen Dioden nur noch einen geringen (stromabhängigen) Spannungsverlust aufweist, und damit die Verlustleistung minimiert.

Der Spannungsverlust beträgt bei 1 Ampere ca. 0.055 Volt. Sollte die MTS-4S versehentlich mit falscher Polung angeschlossen werden, so schaltet sie einfach nicht ein. Dabei ist keine Beschädigung zu befürchten.

### **Stromverbrauch**

Der Stromverbrauch ist abhängig von der Versorgungsspannung, dem Betriebsmodus, den eingestellten Phasenströmen und den Schrittmotoren.

Durch die PWM-Phasenstromregelung und dem PWM-Schaltregler für die interne 5Volt Spannungsversorgung ergibt sich eine in etwa konstante Leistungsaufnahme (abgesehen von internen Verlustleistungen), d.h. bei höherer Versorgungsspannung ist die Stromaufnahme niedriger als bei kleinerer Versorgungsspannung.

Beispiel:

Schrittmotor escap P520-004, Phasenwiderstand 4.5Ohm, Phasenstrom 750mA, Leistung P=3.375 Watt, Nachführbetrieb bei 1/32 Mikroschritt, Frequenz 20Hz (bezogen auf Halbschritt)

|                | Strom bei 12V | Strom bei 18V | Strom bei 24V | Strom bei 30V |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Elektronik OFF | 35mA          | 24mA          | 21mA          | 19mA          |
| Elektronik ON  | 67mA - 89 mA  | 53mA - 72 mA  | 46mA - 63 mA  | 42mA - 57mA   |
| Schrittmotor   | 273mA         | 170mA         | 125mA         | 96mA          |

Bei Betrieb von 2 Schrittmotoren erhöht sich der Stromverbrauch entsprechend.

Bei höheren Frequenzen im FAST-Mode kann der Schrittmotor je nach Last an der Abtriebswelle ein Mehrfaches an Leistung aufnehmen.

Es ist empfehlenswert für die Dimensionierung der Akkukapazität den durchschnittlichen Stromverbrauch mit einem Amperemeter zu messen.

## **Überlastschutz und Motortreiber**

Die MTS-4S verwendet integrierte H-Brücken-PWM-Motortreiber vom Typ 2 \* UDN 2916LB (Allegro) zum bipolaren Betrieb von 2 Schrittmotoren. Durch die Phasenstromregelung ist der Phasenstrom beim Betrieb eines Schrittmotors auf maximal 750mA begrenzt. Bei extrem niederohmigen Schrittmotoren oder einem Kurzschluss der Phasenanschlüsse kann ein unzulässig hoher Strom auftreten. In solch einem Fall werden die Motortreiber sofort abgeschaltet und die MTS-4S macht einen Hardware-RESET, der zum Abbruch des momentanen Betriebsmodus und zum Neustart der Software führt. Dies führt auch zum Verlust der PEC-Information.

Die Treiber enthalten ausserdem eine thermische Schutzabschaltung, die ab einer Chiptemperatur von ca. 170°C anspricht. Das Abschalten durch den Überlastschutz ist allein dazu bestimmt, die MTS-4S vor dauerhaften Schaden zu bewahren und ist kein erlaubter Betriebszustand. Eine Überlast kann eintreten, wenn:

- die Motoren einen zu niedrigen Phasenwiderstand haben.
- ein Kurzschluss in Steuerung, Stecker, Kabel oder Motor vorliegt.

Der Überlastschutz spricht an bei Überlast zwischen allen Phasen untereinander und der Versorgungsspannung, aber nicht zwischen den Phasen und dem Masseanschluss. Ein Kurzschluss zwischen Masse und einer Phase wird den Treiber höchstwahrscheinlich zerstören. Seien Sie also entsprechend vorsichtig.

## **Kabel und Stecker**

Die Kabel und die Stecker zu den Motoren und der Stromversorgung stellen die häufigste Ursache für Fehlfunktionen dar. Deshalb sollten Sie folgendes beachten:

Die Stromzuführung sollte einen guten Kontakt zur Stromquelle haben. Wacklige Krokodilklemmen und oxidierte Kontakte, die leicht einen ungewollten Stromausfall verursachen können sind wenig geeignet. Selbst kurzzeitige Spannungseinbrüche beantwortet Ihre MTS-4S mit einem Neustart, der zwar keinen Schaden anrichtet, aber zu unnötiger Unterbrechung der Nachführung und Verlust der PEC-Information führen. Für eine notwendige Kabelverlängerung sollten Sie einen ausreichenden Leiterquerschnitt wählen. Von der Verwendung von üblichen 12Volt-Kabeltrommeln mit KFZ-Zigarettenanzünderanschluss (oft auch sehr wackelig!) mit grosser Länge und kleinem Querschnitt ist gerade bei höherer Stromaufnahme abzuraten.

Benutzen Sie z.B. eine sichere Steckverbindung mit Bananensteckern und entsprechenden Buchsen. Bei geschraubten Klemmverbindungen ist zu beachten, dass sich die Kontaktschrauben nach häufiger mechanischer Beanspruchung lockern und zu Wackelkontakten führen können. Unter Umständen sind (sauber) gelötete Verbindungen besser geeignet.

Für die Motor-Stecker und -Buchsen gilt dasselbe wie oben erläutert. Ein Schrittmotor kann nur laufen, wenn alle 4 Phasen richtig kontaktiert sind. Ansonsten rührt er sich entweder überhaupt nicht, ruckelt unkontrolliert oder dreht sich kraftlos zufällig mal in die eine oder andere Richtung. Stellen Sie daher sicher, dass:

- alle Phasen nach korrektem Schema angeschlossen sind.
- der Stecker korrekt, mittig (nicht verdreht) und fest in der Buchse sitzt. Gerade die 5-poligen DIN-Stecker können leicht verdreht in 8-polige DIN-Buchsen gesteckt werden !

Notfalls überzählige Kontakte blockieren !

- die Kontakte nicht oxidiert und frei von Schmutz sind.
- die Kontaktfedern der Buchse nicht überdehnt sind, und sicheren Kontakt bieten. Notfalls mit einer Nadel zurechtbiegen !
- das Kabel unbeschädigt ist. Gerade im Freien kann es durch Tritt und/oder extreme Kälteeinwirkung zu einem Kabelbruch kommen.

## **15. Software - Details**

### **Frequenzgenauigkeit**

Die MTS-4S speichert sämtliche Frequenzwerte intern als einfach genaue Fließkommazahlen, also für diesen Zweck extrem genau. Für die Ansteuerung der Motoren werden die Frequenzwerte in Zeitintervalle zwischen 2 aufeinanderfolgenden Schritten umgerechnet.

Die zeitliche Rasterung dieser Zeitintervalle beträgt für die Nachführfrequenz 4.24 Nanosekunden, und für alle anderen Frequenzen 1.085 Mikrosekunden. Anzumerken wäre, dass sich durch die Interrupt-gesteuerte Schrittausgabe zwangsläufig bei einzelnen Schritten Verspätungen bis ca. maximal 30 Mikrosekunden ergeben können (Phasenjitter genannt), die sich aber nicht aufsummieren. Bei einer FAST-Frequenz von 5000Hz ergibt sich somit eine maximale Frequenzabstufung von 0.5425 Prozent = 27.125Hz. Es sollte Sie nicht stören, wenn die angezeigte Frequenz nicht exakt der tatsächlichen entspricht, da die MTS-4S den nächstliegenden möglichen Wert auswählt.

Bei einer Nachführfrequenz von z.B. 50Hz ergibt sich eine Frequenzabstufung von nur 0.2 ppm, also eine verschwindend kleine Grösse. Tatsächlich beträgt die Frequenzstabilität des Schwingquarzes 30 ppm. Somit beträgt die Genauigkeit der Nachführfrequenz auch 30 ppm.

### **PEC Funktionsweise**

Die PEC-Aufnahme funktioniert im Prinzip so, dass die MTS-4S die Differenz zwischen der tatsächlichen Schrittposition des RA-Motors, (in der auch alle von Ihnen gemachten Korrekturen mit LEFT und RIGHT eingehen) und der rein rechnerischen Schrittposition (ohne jegliche Korrekturen) berechnet.

Diese Differenz speichert die MTS-4S genau 32-mal während exakt einer Schneckenumdrehung in der PEC-Tabelle dauerhaft ab.

Nachdem dann exakt eine Schneckenumdrehung vollendet ist, übernimmt die PEC anhand der PEC-Tabelle die Kontrolle über die Nachführfrequenz. Dies macht die PEC so, indem sie in Abständen von einigen Sekunden aus der PEC-Tabelle durch Interpolation die Schritt-Differenz für eine zukünftige ( $t + 2$  Sekunden) Schrittposition berechnet. Um diese Differenz wird die rein rechnerische Schrittposition für ( $t + 2$  Sekunden) korrigiert.

Aus dieser korrigierten Schrittposition und der momentanen Schrittposition kann die MTS-4S (in Abständen von 2 Sekunden) eine neue Nachführfrequenz berechnen. Die Nachführung wiederholt somit ziemlich genau Ihre Korrekturen während der PEC-Aufnahme, wobei diese Korrekturen bedingt durch die nur 32 Werte der PEC-Tabelle eine gewisse natürliche Nivellierung erfahren und gleichmässiger verlaufen. Die PEC-Korrektur ist nur an die Schrittposition gekoppelt und ist somit frequenzunabhängig. Dies ermöglicht es die PEC-Tabelle ständig fest gespeichert parat zu halten und beliebig den Schnellgang oder die Positionierung benutzen zu können, ohne die PEC zu verlieren.

Wenn Sie eine PEC-Tabelle aufnehmen, sollten sich alle Korrekturen während einer Schneckenumdrehung aufaddiert normalerweise aufheben. In der Praxis wird dies kaum der Fall sein, weil andere Einflüsse ausser dem periodischen Schneckenfehler auch noch wirken. Diese Möglichkeit berücksichtigt die PEC und korrigiert wirklich nur einen periodischen Fehler, indem die restliche Differenz durch Normierung der gesamten PEC-Tabelle eliminiert wird.

Deshalb entspricht auch die gemittelte PEC-kontrollierte Nachführfrequenz während einer Schneckenumdrehung exakt der ursprünglich programmierten Nachführfrequenz.

## **16. Fehlerursachen und Fehlerbehebung**

Sollte etwas nicht so funktionieren wie erwartet, so finden Sie hier einige Hinweise. Lesen Sie dann das zugehörige Kapitel nochmals durch.

Motor kraftlos, ruckelt, falsche/zufällige Drehrichtung

Phasenstrom viel zu niedrig eingestellt. Überprüfen Sie den Motorstecker.

Eventuell liegt Wackelkontakt/Überlast/Kurzschluss vor. Sofort abschalten !

Motor pfeift

normales Verhalten, bedingt durch die PWM-Phasenstromregelung.

Motor klopft/macht grobe Schritte

Mikroschrittweite zu grob eingestellt. Schrittmotor für Mikroschrittbetrieb ungeeignet. Phasenstrom zu hoch eingestellt oder Spannung zu niedrig. Bei unipolaren Schrittmotoren dürfen die Mittenanschlüsse nicht kontaktiert sein.

Motor bleibt stehen/tönt mit hoher Frequenz

Frequenz zu hoch eingestellt. Motor ungeeignet/zu schwach. Niedrige Spannung.

Falsche Geschwindigkeit

Überprüfen Sie die Montierungsdaten.

Display zeigt nichts an

Das Display muss vor Anlegen der Versorgungsspannung eingesteckt sein, weil es anfangs nur einmal initialisiert wird.

Vielleicht ist das Kabel nicht ganz eingesteckt oder defekt.

Display zeigt extreme Werte an

Wahrscheinlich ist die MTS-4S falsch programmiert worden. Versuchen Sie einen RESET.

Steuerung reagiert nicht

Vielleicht ist die MTS-4S im falschen Betriebsmodus.

MTS-4S ausschalten und wieder einschalten.

RS-232 funktioniert nicht

Überprüfen Sie die Baudrateneinstellung, COM-Einstellung und das Befehlsprotokoll.

LED blinkt

-> Unterspannungs-Warnung, -> Speicherfehler

## **17. Anwendungsbestimmungen, Gewährleistung und Garantie**

Die MTS-4S, sowie alle daran angeschlossenen Zubehörteile oder Geräte dürfen nur unter Beachtung der in der Betriebsanleitung genannten Bedingungen betrieben werden. Für eine anderweitige Behandlung, Nutzung oder unautorisiertem Eingriff übernehmen wir keinerlei Haftung.

Für die MTS-4S und Zubehör geben wir Ihnen eine Garantie vom einem Jahr auf alle elektronischen und mechanischen Bauteile.

Ausgeschlossen sind Teile, die erkennbar einer übermässigen Beanspruchung oder unsachgemässen Behandlung unterlagen.

Wir als Hersteller sagen zu, dass unsere Geräte die beschriebenen Eigenschaften besitzen, ausführlich getestet wurden und somit ihren bestimmungsgemässen Zweck erfüllen. Sollten Sie dennoch Mängel feststellen, so bitten wir in Ihrem Interesse um möglichst baldige Kontaktaufnahme, um uns die Gelegenheit zur Nachbesserung zu geben. Ein Anspruch auf Rückgabe oder Nachbesserung besteht nicht, wenn ein festgestellter Mangel für die Funktion des Gerätes unerheblich oder eine Fehlfunktion durch entsprechende Bedienung/Behandlung vermeidbar ist. Dennoch möchten wir Sie bitten, uns solche Kleinigkeiten mitzuteilen, damit wir zukünftig die Fehler beseitigen und die MTS-4S weiter verbessern können.

## 18. Serviceleistungen

**Boxdörfer Elektronik**  
**Zum Gries 7**  
**96317 Kronach**  
**Tel: 09261 53853 Fax: 09261 53853**

### **Zubehör und Preise**

(inklusive 16% Mehrwertsteuer) **Stand: Juni 1998**

Versandkosten werden nach Aufwand berechnet (mindestens DM 11,60).

Händler, die bei uns regelmässig bestellen erhalten einen Rabatt von 10%.

|   |            |
|---|------------|
| <b>PowerFlex MTS-4S Steuerung</b>                                 | DM 810,00  |
| Standardversion inklusive Strom/Motor-Kabel und Anleitung         |            |
| <b>PowerFlex MTS-4V Steuerung (noch nicht lieferbar)</b>          | DM 1350,00 |
| Positionier-Vollversion inklusive Strom/Motor-Kabel und Anleitung |            |
| Strom/Motor-Kabel einzeln   | DM 55,00   |
| LC-Display  | DM 240,00  |
| RS-232-Kabel 1m 9-polig   | DM 35,00   |
| ST-4-Kabel 2m   | DM 35,00   |
| ST-7-Kabel 2m   | DM 35,00   |
| Pictor-Kabel (ST-x-Kabel+Adapterkabel)                            | DM 55,00   |
| Verteilerbuchse einzeln   | DM 5,00    |
| Verteilerkabel 0.5m 3-fach  | DM 35,00   |
| Upgrade auf Positionier-Vollversion MTS-4V inklusive Anleitung    | DM 600,00  |
| Anleitung einzeln (wird bei Bestellung einer MTS-4S angerechnet)  | DM 10,00   |

Sonderanfertigungen und -ausführungen sind auf Anfrage möglich. Ebenfalls können wir Ihnen für den konkreten Fall ausgewählte Schrittmotoren und Getriebe anbieten.

### **Beratung, Reparaturen**

Im Zusammenhang mit der MTS-4S können wir Ihnen eine fachkundige Beratung bieten.

Die allermeisten Fragen können am schnellsten und einfachsten am Telefon geklärt werden. Wir möchten Sie deshalb bitten zunächst diese Möglichkeit zu nutzen.

Als Hersteller sind wir in der Lage eventuell notwendige Reparaturen oder Fehlerbehebungen kostengünstig, schnell und korrekt durchzuführen. Aus Erfahrung wissen wir aber, dass bei den meisten Beanstandungen gar kein wirklicher Defekt vorlag, sondern eine Fehlbedienung oder falsches Anschliessen die Ursache war.

Deshalb bitten wir Sie, Geräte nur nach vorheriger telefonischer Rücksprache und mit ausführlicher Fehlerbeschreibung zurückzusenden.

### **Nachrüstung der MTS-4S auf MTS-4V**

Die MTS-4S ist so konstruiert, dass sie von uns zu einer Teleskopsteuerung MTS-4V zum selbständigen Positionieren auf intern gespeicherte Himmelsobjekte nachgerüstet werden kann. Dazu müssen Sie Ihre MTS-4V nach vorheriger Ankündigung an uns zurücksenden. Der Microcontroller wird ausgetauscht gegen einen neuen mit Objektdatenspeicher und anstatt der Dipschalter mit LED-Anzeige erhält die MTS-4V eine beleuchtbare 2\*16-stellige interne LCD-Anzeige. Ausserdem erhalten Sie die neue Bedienungsanleitung.



# 19. Sicherheitshinweise

Schliessen Sie die MTS-4S nur an eine geeignete Stromversorgung an, die die erlaubten Grenzwerte einhält. Ein Anschluss einer zu hohen Spannung oder gar der 230-Volt-Netzspannung wird Ihre MTS-4S mit Sicherheit zerstören und Sie setzen sich möglicherweise sogar der Lebensgefahr aus !!! Halten Sie die MTS-4S samt Anschlusskabel auch unbedingt von Kindern und anderen Unbefugten fern, denn die Bananenstecker passen nur zu gut auch in 230-Volt-Netzsteckdosen !!!

## 20. Funktions - Kurzübersicht

Um Funktion auszuwählen, Tastenkombination beim Einschalten gedrückt halten.

Um Werte zu speichern und Funktion zu beenden, einfach ausschalten.

Einschalten: MODE-Taster kurz drücken.

Ausschalten: MODE-Taster mindestens 2.5 Sekunden drücken.

| Funktion                            | Tastenkombination  | zu beachten  |
|-------------------------------------|--|--|
| Nachführen                          | keine  | LED 1 Balken:PEC aus<br>LED 2 Balken:PECaus/abrufbar<br>LED 3 Balken:PEC ein                                       |
| Sonne "                             | UP   |  |
| Mond "                              | DOWN   |  |
| PEC ein/aus                         | LEFT   | innerhalb 10 Sekunden ausschalten  |
| PEC aufnehmen                       | LEFT   | LED zeigt Tabellenposition 0-F.<br>Start durch FAST->SLOW  |
| Korrekturfaktor                     | RIGHT  | 16 Werte: 1.0625 - 2.0000<br>UP: erhöhen, DOWN: erniedr.<br>LED-Punkt abwechselnd hell/<br>dunkel bei Wertewechsel |
| Lernmodus                           | UP+RIGHT   | Start durch FAST->SLOW   |
| Beschleunigung<br>Mikroschrittweite | DOWN+RIGHT   | 8 Werte an Dipschalter Nr. 1,2,3<br>1/2 bis 1/64 an Dip. Nr. 4,5,6   |
| RA-,DE-Frequenzen<br>direkt         | Vor Einschalten:<br>SLOW: fein 1/100000<br>FAST: grob 1/1000 | Nach Einschalten:<br>SLOW: SLOW-Frequenz ändern<br>FAST: FAST-Frequenz ändern                                      |
| RA-Frequenzen<br>RA-Phasenstrom     | LEFT+RIGHT   | UP: erhöhen DOWN:erniedr.<br>Dipschalter 1-7, falls Dip. 8 ON  |
| DE-Frequenzen<br>DE-Phasenstrom     | UP+DOWN  | RIGHT:erhöhen LEFT: erniedr.<br>Dipschalter 1-7, falls Dip. 8 ON   |
| Baudrate                            | DOWN+LEFT+RIGHT  | 8 Werte an Dipschalter Nr.1,2,3<br>Display-Umleitung an Nr. 4  |
| Motor-Getriebe                      | UP+LEFT+RIGHT  | Dipschalter Nr. 1 - 10   |
| Montierungsauswahl                  | UP+DOWN+RIGHT  | Dipschalter Nr. 1,2,3  |
| Parameter sichern                   | UP+DOWN+LEFT   | user-defined Montierung  |
| RESET                               | UP+DOWN+LEFT+RIGHT   | Standardeinstellungen für alle<br>(Montierungs-)Parameter,<br>ausser user-defined Montierung                       |
| Unterspannung                       | LED blinkt   | Stromversorgung sofort<br>überprüfen !   |