

F/T Controller für Kraft-/ Moment-Sensorsystem FTS

Installations- und Bedienungsanleitung



Impressum

Urheberrecht:

Diese Anleitung bleibt urheberrechtlich Eigentum der SCHUNK GmbH & Co. KG. Sie wird nur unseren Kunden und den Betreibern unserer Produkte mitgeliefert und ist Bestandteil des Produktes. Ohne unsere ausdrückliche Genehmigung dürfen diese Unterlagen weder vervielfältigt noch dritten Personen, insbesondere Wettbewerbsfirmen, zugänglich gemacht werden.

Technische Änderungen:

Änderungen im Sinne technischer Verbesserungen sind uns vorbehalten.

Dokumentennummer: 0389624

Auflage: 01.01 | 06.07.2016 | de

© SCHUNK GmbH & Co. KG

Alle Rechte vorbehalten

Sehr geehrter Kunde,

wir gratulieren zu Ihrer Entscheidung für SCHUNK. Damit haben Sie sich für höchste Präzision, hervorragende Qualität und besten Service entschieden.

Sie erhöhen die Prozesssicherheit in Ihrer Fertigung und erzielen beste Bearbeitungsergebnisse – für die Zufriedenheit Ihrer Kunden.

SCHUNK-Produkte werden Sie begeistern.

Unsere ausführlichen Montage- und Betriebshinweise unterstützen Sie dabei.

Sie haben Fragen? Wir sind auch nach Ihrem Kauf jederzeit für Sie da.

Mit freundlichen Grüßen

Ihre SCHUNK GmbH & Co. KG

Spann- und Greiftechnik

Bahnhofstr. 106 – 134

D-74348 Lauffen/Neckar

Tel. +49-7133-103-0

Fax +49-7133-103-2399

info@de.schunk.com

www.schunk.com



Reg. No. 003496 QM08



Reg. No. 003496 QM08

Inhaltsverzeichnis

Begriffserklärung.....	7
1 Sicherheit.....	8
1.1 Allgemein.....	8
1.2 Erläuterung der Warnhinweise.....	8
1.3 Vorsichtsmaßnahmen.....	9
2 Erste Schritte.....	10
2.1 Einleitung.....	10
2.2 Auspacken.....	10
2.3 Beschreibung der Systemkomponenten.....	11
2.3.1 Sensor.....	11
2.3.2 F/T Controller.....	12
2.3.3 F/T-Befehle.....	14
2.3.4 Adapterplatten.....	14
2.4 Anschluss der Systemkomponenten.....	15
2.4.1 Anschluss des Sensorkabels.....	15
2.4.2 Anschluss des seriellen Ports.....	17
2.4.3 Verwendung von HyperTerminal in Windows 9X/NT/2000/XP für die serielle Kommunikation.....	18
2.4.4 Netzkabelanschluss.....	19
2.5 Test des F/T-Systems.....	20
2.5.1 Einschalten des F/T Controllers.....	20
2.5.2 Warmstart, ^W.....	20
2.5.3 ASCII-Ausgabe des Kraftvektors (serieller Port) und Bias.....	21
2.5.4 Verwendung des Zip-Makros beim Start, ZC.....	21
2.5.5 Verwendung des ATIFTSA Demo-Programms.....	22
3 Installation.....	23
3.1 Einleitung.....	23
3.2 Installation von Sensor und Verkabelung.....	23
3.3 Installation des F/T Controllers.....	23
4 Funktionsbeschreibung.....	24
4.1 Einleitung.....	24
4.2 Elektronik-Hardware.....	24
4.3 Software-Übersicht.....	25
4.4 Beschreibung der Mechanik.....	26
5 Befehle.....	28
5.1 Befehlsübersicht und -protokoll.....	28

5.2	Befehle zur Konfiguration der Kommunikation	33
5.2.1	Fehler-Flag.....	34
5.2.2	Modus der Kommunikationsdaten (CD A, CD B)	35
5.2.3	Prüfsumme der Kommunikationsdaten (CD E, CD U).....	36
5.2.4	Typ der Kommunikationsdaten (CD D, CD H, CD R).....	37
5.2.5	Weitere Befehle zur Konfiguration der Kommunikation (CB d, CF d, CL b, CV h)	39
5.3	Anforderungsbefehle	45
5.3.1	Befehle zur Datenanforderung (QR, ^T, QS, QT)	45
5.4	Sensorbefehle.....	47
5.4.1	Sensor-Bias (SB, SU, SZ).....	47
5.4.2	Sensor-Peaks (SP b, SC)	49
5.4.3	Weitere Sensorbefehle	51
5.5	Digitale E/A-Befehle	56
5.5.1	E/A-Verifizierung (ID, OD h)	56
5.5.2	Befehle zur Kraftüberwachung (MC s, MD d, ML, MH b, MV h)	59
5.6	Befehle für Werkzeug-Koordinatensysteme	66
5.6.1	Auswahl, Auflistung und Löschen von Werkzeug-Koordinatensystemen (TF d, TL, TD d).....	67
5.6.2	Erstellen eines Werkzeug-Koordinatensystems (TC d, s, x, y, z, R, P, Y).....	69
5.6.3	Sensor des Werkzeug-Koordinatensystems (TT)	71
5.7	Weitere F/T-Befehle	72
5.7.1	Start-Pufferspeicher für Zip-Makro erstellen (ZC 0, "s")	72
5.7.2	Warmstart (^W)	73
5.7.3	<XON> und <XOFF> (^Q, ^S)	74
5.7.4	Laufzeitspeicherdaten ablegen und neu laden (RS, RL)	74
5.7.5	Kommentarbefehl (%)	75
5.7.6	Befehl HELP (Hilfe)	76
6	Serielle und digitale E/A	77
6.1	Pin-Belegung der seriellen und digitalen E/A.....	77
6.1.1	Pin-Belegung der seriellen E/A	77
6.1.2	Pin-Belegung der digitalen E/A	78
6.2	Beschreibung der seriellen E/A	79
6.3	Beschreibung der digitalen E/A.....	79
6.3.1	Typische Eingangs- und Ausgangsanschlüsse	79
6.3.2	Überwachungsbedingungen	80
6.3.3	Zeitdiagramm für digitale E/A.....	82
6.3.4	Leitung für Funktionsbereitschaft („Health“)	84

6.3.5	Bias-Leitung	84
6.4	Serielle und digitale E/A – Elektrische Eigenschaften	85
6.4.1	Serielle E/A – Elektrische Eigenschaften	85
6.4.2	Digitale E/A – Elektrische Eigenschaften	86
7	Analogausgang	87
7.1	Einleitung	87
7.2	Beschreibung des Analogausgangs	87
7.2.1	Pin-Belegung des Analog-Ports	88
7.2.2	Pin-Belegung des älteren Analog-Ports	90
7.2.3	Funktion des Analogausgangs	90
7.2.4	Filterung der Analogausgangssignale	91
7.2.5	Fähigkeit des Analogausgangs zur Aussteuerung	91
8	Leitfaden zur Störungsbeseitigung	92
8.1	Einführung	92
8.2	Fragen und Antworten	93
8.2.1	Kommunikation	93
8.2.2	Fehler bei Kraft- und Momentenmesswerten	93
8.3	Fehlermeldungen	95
9	Weiterführende Themen	100
9.1	Fehlersuche (Diagnose)	100
9.1.1	Funktionen zur Fehlersuche	100
9.1.2	Erkennung von Änderungen der Empfindlichkeit	100
9.2	Geplante Wartung	101
9.2.1	Regelmäßige Inspektion	101
9.2.2	Regelmäßige Kalibrierung	101
9.3	Hinweise zur Auflösung	102
9.4	Erzielung eines optimalen seriellen Kommunikationsdurchsatzes	102
9.4.1	Durchsatzwerte im Binär-Modus	103
9.4.2	Durchsatzwerte im ASCII-Modus	104
9.4.3	Verzögerungen beim Empfang	105
9.5	Verzögerung der analogen Ausgabe	105
10	Konformitätserklärung	106
11	Anhang A – Allgemeine Spezifikationen	107
11.1	Umgebungsbedingungen	107
11.2	Allgemeine Spezifikationen	107
11.2.1	Elektrische Anforderungen	107
11.2.2	Lager- und Betriebstemperaturen	108

11.3 Mechanische Zeichnung der MUX-Box	109
11.4 Mechanische Zeichnung des F/T Controllers	110
11.5 Zeichnung für 9105-CA-U-xxx Analogkabel	111
12 Anhang B – Hinweise zu Doppelkalibrierungen	112
12.1 F/T-Sensoren mit Controller mit Doppelkalibrierung	112
13 Anhang C – Vergleich mit dem Vorgängermodell des F/T Controllers	114
13.1 Teilenummern	114
13.2 Physische Unterschiede.....	114
13.3 Unterschiede bei den E/A.....	115

Begriffserklärung

Begriffe	Bedingungen
Auflösung	Die kleinste messbare Änderung einer Last. Ist für gewöhnlich deutlich kleiner als die Genauigkeit.
F/T	Kraft und (Dreh)moment (Force/Torque).
FS	Full-Scale (Skalenendwert).
Fxy	Der aus den Komponenten Fx und Fy resultierende Kraftvektor.
Genauigkeit	Siehe Messunsicherheit.
Hysterese	Eine Messquelle, die aus der verzögerten Wirkung zuvor angewandter Belastungen resultiert.
Koordinatensystem	Siehe <i>Koordinatenursprung</i> .
Koordinatenursprung	Die Stelle am Sensor, von der aus alle Kraft- und Momentwerte gemessen werden. Wird auch als <i>Koordinatensystem</i> bezeichnet.
MAP	Die Montageadapterplatte (MAP) ist die Sensorplatte, die an der fixierten Oberfläche oder am Roboterarm befestigt wird.
Maximale Einachs-Überlast	Die maximale reine Belastung (keine zusammengesetzte Belastung), die der Sensor ohne Beschädigung übersteht.
Messunsicherheit	Die auf dem Kalibrierzertifikat angegebene, maximal zu erwartende Messabweichung.
MUX-Box	Bei Sensoren, die zu klein sind, um die Sensorelektronik darin unterbringen, befindet sich die Elektronik in einer MUX-Box (Multiplexer-Box).
Quantisierung	Prozess zur Konvertierung eines kontinuierlich variablen Sensorsignals in Digitalwerte. Dieses Verfahren wird in der Regel bei der Beschreibung des Übergangs von einem digitalen Wert zum nächsten verwendet.
Sensorsystem	Die aus allen Komponenten, vom Sensor bis hin zur Steuerung, bestehende Baugruppe.
Sensor	Der Sensor wandelt die gemessene Last in elektrische Signale um.
Sättigung	Zustand, in dem der Sensor einer Belastung außerhalb des Messbereichs unterliegt.
TAP	Die Werkzeugadapterplatte (TAP) ist die Fläche des Sensors, die an der zu messenden Last befestigt wird.
Tool-Transformation	Methode zur mathematischen Verschiebung des Messkoordinatensystems mit dem Ziel, den Ursprung zu verschieben und/oder die Achsen zu drehen.
Txy	Der aus den Komponenten Tx und Ty resultierende Momentenvektor.
Überlast	Zustand, in dem eine höhere Last auf den Sensor einwirkt als dieser messen kann. Es kommt zu einer Sättigung.
Zusammengesetzte Belastung	Eine Last, die nicht nur auf eine Achse einwirkt.

1 Sicherheit

1.1 Allgemein

Der Kunde muss sicherstellen, dass der gewählte Sensor auf die während des Betriebs zu erwartenden maximalen Lasten und Momente ausgelegt ist. Informationen hierzu enthalten die Sensor-Spezifikationen im F/T Sensor-Handbuch oder an den SCHUNK-Ansprechpartner wenden. Insbesondere auf dynamische Lasten achten, die bei der Beschleunigung und Verzögerung des Roboters entstehen. In Fällen starker Beschleunigung bzw. Verzögerung können diese Kräfte die Werte statischer Kräfte um ein Vielfaches übertreffen.

1.2 Erläuterung der Warnhinweise

Die hier aufgeführten Warnmeldungen sind spezifisch für die in diesem Handbuch beschriebenen Produkte. Es wird erwartet, dass der Anwender alle Warnhinweise des Roboterherstellers bzw. der Hersteller anderer für die Installationen verwendeten Komponenten befolgt.

	! GEFAHR Gefahren für Personen! Nichtbeachtung führt sicher zu irreversiblen Verletzungen bis hin zum Tod.
	! VORSICHT Gefahren für Personen! Nichtbeachtung kann zu leichten Verletzungen führen.
	! WARNUNG Gefahren für Personen! Nichtbeachtung kann zu irreversiblen Verletzungen bis hin zum Tod führen.
	ACHTUNG Sachschaden! Informationen zur Vermeidung von Sachschäden.

1.3 Vorsichtsmaßnahmen

	ACHTUNG Nicht versuchen, den Sensor zu zerlegen. Dabei wird die Sensorik beschädigt.
	ACHTUNG Keine Öffnungen im Sensor manipulieren. Dabei wird die Sensorik beschädigt.
	ACHTUNG Darauf achten, dass bei Handhabung bzw. Installation des Sensors keine übermäßigen Kräfte oder Momentenbelastungen auf das Gerät einwirken. Die kleine Nano-Serie neigt bei rauer Handhabung schnell zu Überlastung und könnte beschädigt werden.

2 Erste Schritte

2.1 Einleitung

Dieser Abschnitt beinhaltet Anweisungen zur Einrichtung des F/T-Systems. Der abschließende Einbau wird im Kapitel [\(☞ 3, Seite 23\)](#) beschrieben. Nach der Einrichtung des Systems wird ein Test zur Überprüfung des ordnungsgemäßen Betriebs durchgeführt. Details zu den verwendeten Befehlen, siehe [\(☞ 5, Seite 28\)](#).

HINWEIS

Dem Kraft-/Momentsensor, der in den Controller geladenen Kalibriermatrix und der MUX-Box, sofern anwendbar, wurden bei der Systemkalibrierung übereinstimmende Seriennummern zugewiesen. Wenn die Ihrem F/T-System zugewiesenen Seriennummern nicht übereinstimmen, gibt das System falsche Kraft- und Momentwerte aus.

- Keine Komponenten unterschiedlicher Systeme mischen.

2.2 Auspacken

- Versandkiste und die Komponenten auf Transportschäden prüfen. Jegliche Schäden sind sofort SCHUNK zu melden.
- Lieferung anhand der Packliste auf Vollständigkeit prüfen.
- Ein F/T-System beinhaltet folgende Standardkomponenten:
 - Sensor
 - Sensorkabel (für T Sensoren)
 - MUX-Box (nur für TW Sensoren)
 - MUX-Kabel (nur für TW Sensoren)
 - F/T Controller
 - Netzkabel
 - CD mit Software, Kalibrierdokumenten und Handbüchern
- Optionale Komponenten:
 - MUX-Box und MUX-Kabel (für Sensoren, die eine externe Elektronik erfordern, z. B. TW Sensoren)
 - Analogausgangskabel

2.3 Beschreibung der Systemkomponenten

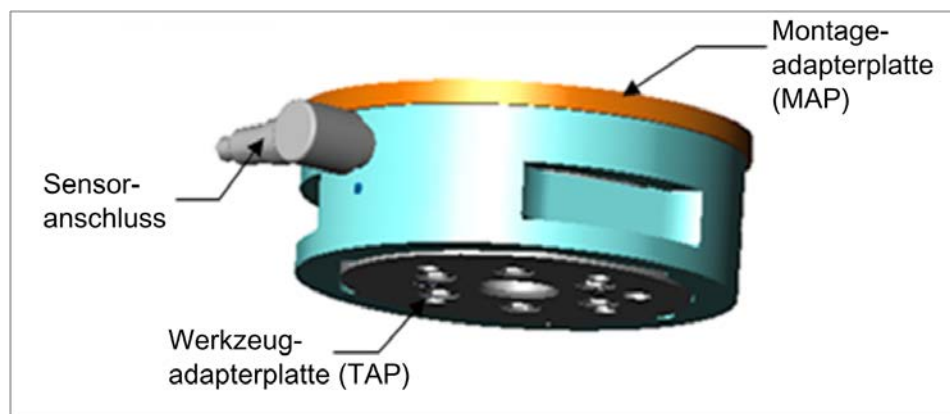
2.3.1 Sensor

Der Sensor ist ein kompakter und robuster, monolithischer Messkörper zur Umwandlung von Kraft- und Momentwerten in analoge Dehnmessstreifensignale für den F/T Controller. Der Sensor wird in der Regel zwischen einem Roboter und einem Roboter-Effektor (Greifer o.Ä.) eingesetzt. Nachfolgende Abbildung zeigt den Sensor mit einem Standard-Werkzeugadapter.

- Falls das System mit der Option für Doppelkalibrierung (Dual Gain Calibration) ausgestattet ist, siehe ([☞ 12, Seite 112](#)) für Hinweise zur Auswahl der einzelnen Kalibrierungen.

Für weitere Informationen siehe:

- ([☞ 11, Seite 107](#)) (z.B. Auflösung, Gewicht) für mechanische Zeichnungen
- ([☞ 12, Seite 112](#))
- ([☞ 13, Seite 114](#))
- ([☞ 3, Seite 23](#)) – Installation für Hinweise zur Montage und Kabelführung

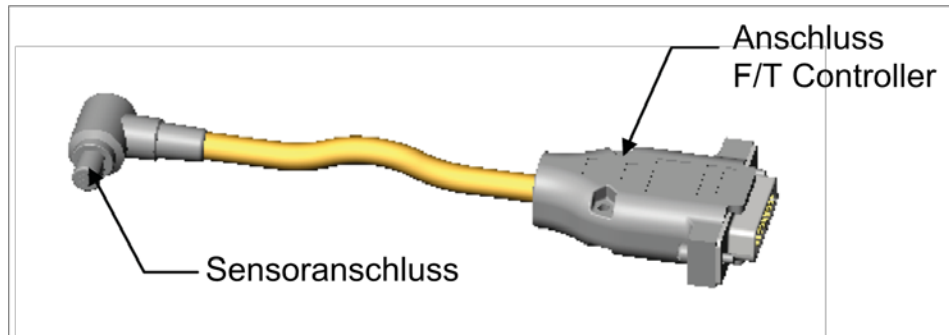


Sensor

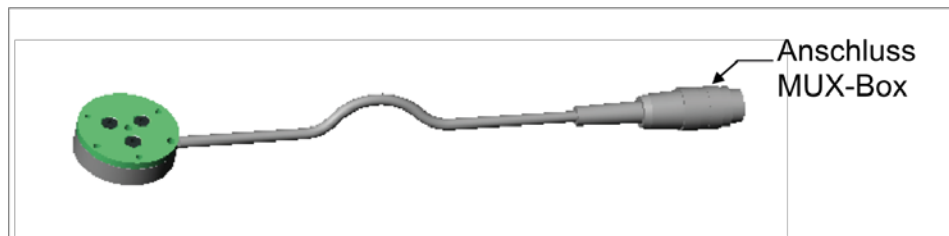
HINWEIS

Durch die Verwendung widerstandsfähiger Materialien mit hochwertiger Silizium-Dehnmessstreifen ist der Sensor für hohe Überlastung ausgelegt.

Das hochflexible Sensorkabel ist elektrisch geschirmt, um die Signalintegrität zwischen Sensor (oder MUX-Box) und F/T Controller aufrechtzuerhalten. Ein Kabelende ist mit einem vergossenen Stecker zum Anschluss an den Sensor bzw. an die MUX-Box versehen. Der 15-polige D-Sub-Stecker am anderen Kabelende dient zum Anschluss an den F/T Controller (siehe nachfolgende Abbildungen).



Sensorkabel



Integriertes Sensorkabel

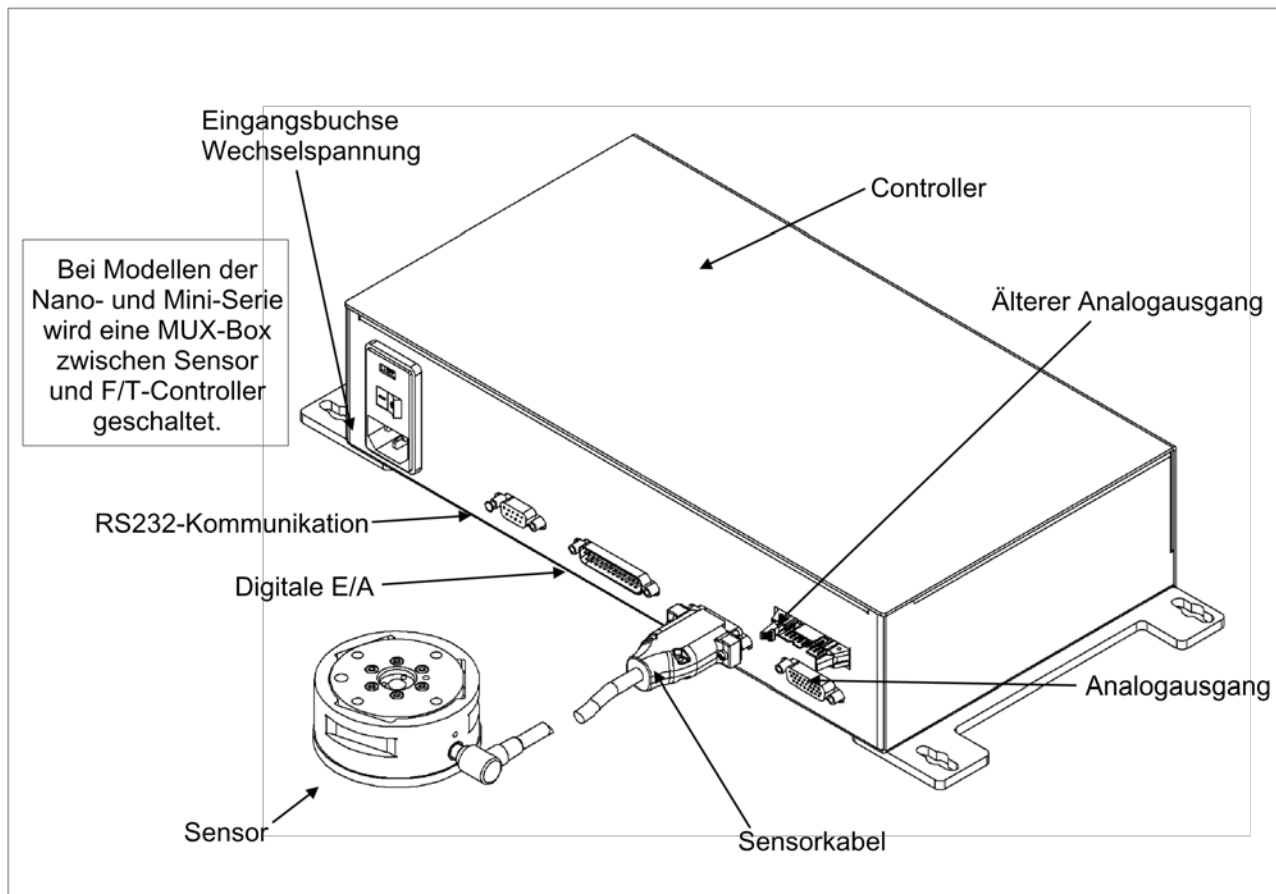
Für weitere, nicht in diesem Abschnitt enthaltene Informationen zur Kabelführung, siehe [\(☞ 3, Seite 23\)](#).

2.3.2 F/T Controller

Die Hauptfunktion des F/T Controller besteht darin, Dehnmessstreifen Daten (im Folgenden als DMS-Daten bezeichnet) in kartesische Kraft-/Moment-Komponenten umzuwandeln. Die Kommunikation kann über die seriellen E/A, die digitalen E/A oder den optionalen Analogausgang erfolgen.

Der F/T Controller muss in einem Bereich installiert werden, in dem die Einhaltung der Grenzwerte für die Betriebstemperatur gewährleistet ist ([\(☞ 11, Seite 107\)](#)). Er ist für den Einsatz im Innenbereich in einer statischen und vibrationsfreien Umgebung ausgelegt und kann in beliebiger Ausrichtung montiert werden. Der Controller eignet sich für den Einsatz in Umgebungen ohne kondensierende Feuchtigkeit.

Die Spannungsversorgung des F/T Controllers erfolgt über den IEC-320 Netzanschluss am Gerät. Die von Schunk gelieferten Stromkabel erfüllen die UL- und CE-Anforderungen. Benutzerseitig bereitgestellte Kabel müssen diese Anforderungen ebenfalls erfüllen. Der F/T Controller erfordert einen korrekten Anschluss der Schutzterde (PE) des Kabels.



F/T Controller

- AC-Netzanschluss – Die Spannungsversorgung zum Controller erfolgt über den branchenüblichen IEC-320 Netzanschluss (Nennwerte siehe [☞ 11.2.1, Seite 107](#)).
- RS-232 – Dies ist der serielle RS232 E/A-Anschluss des Controllers (für Details siehe [☞ 2.4.2, Seite 17](#) und [☞ 6, Seite 77](#)).
- Digitale E/A – Diese optoentkoppelten Anschlüsse dienen zur Kommunikation mit Industriegeräten (für Details siehe [☞ 6, Seite 77](#)).
- Sensor – Die Verbindung mit dem Sensor oder der MUX-Box von SCHUNK erfolgt über ein Kabel.
- Analogausgang – Ausgabe der Kraft/Momenten - Daten in Form analoger Spannungswerte (für Details siehe [☞ 7, Seite 87](#)).
- Älterer Analogausgang – Ausgabe der Kraft/Momenten - Daten in Form analoger Spannungswerte über einen mit älteren Modellen des F/T Controllers kompatiblen Anschluss. *Nicht für neue Designs verwenden.*

Für weitere Informationen siehe:

- [☞ 4, Seite 24](#). Hier findet sich ein entsprechendes Flussdiagramm.
- [☞ 6, Seite 77](#) und [☞ 7, Seite 87](#) für die elektrischen Spezifikationen und die Stiftbelegungen der Stecker.
- [☞ 11, Seite 107](#). Hier sind die Abmessungen des Controller-Gehäuses und der MUX-Box angegeben.

2.3.3 F/T-Befehle

Der F/T Controller ermöglicht dem Benutzer die Ausgabe von Befehlen zur Steuerung des F/T-Systems. F/T-Befehle werden über den seriellen Port eingegeben.

Für weitere Informationen siehe:

- ([👉 4, Seite 24](#)) Hier findet sich ein entsprechendes Flussdiagramm.
- ([👉 5, Seite 28](#)) Hier sind die Befehle des F/T Controllers beschrieben.

2.3.4 Adapterplatten

Der Sensor wird mit einem Standard-Montageadapter zur mechanischen Befestigung des Sensors geliefert. Der Sensor verfügt auch über einen Standard-Werkzeugadapter mit ISO 9409-1-kompatibler Adapterplatte zur Befestigung Ihres Werkzeugs an Sensoren der Modellreihen Gamma, Delta und Theta.

Der Montageadapter besteht aus:

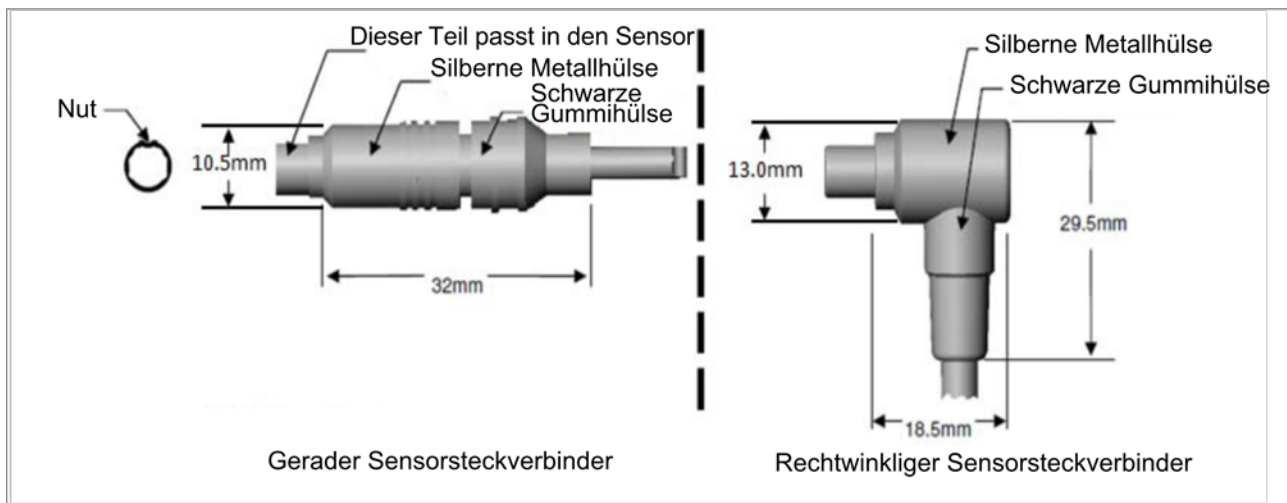
- Montageadapterplatte
- Montageschrauben

Für weitere Informationen siehe:

- ([👉 3, Seite 23](#))
- ([👉 11, Seite 107](#))

2.4 Anschluss der Systemkomponenten

2.4.1 Anschluss des Sensorkabels



Ausführungen von Push-Lock-Sensorsteckern

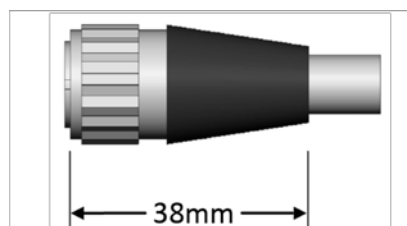
Normalerweise verwendet der Kraft/Momenten - Sensor entweder einen speziellen 12-poligen Push-Lock-Sensorstecker oder einen 16-poligen Twist-Lock-Stecker (siehe Abbildung *Optionaler CT Stecker*). Hiervon ausgenommen sind die Kraft/Momenten - Sensor der Nano- und Mini-Serie, da diese mit integrierten Kabeln ausgestattet sind.

Anschluss des **Push-Lock-Sensorsteckers**:

- Stecker leicht in den Anschluss am Sensor einführen.
Nicht drücken.
- Nut am Stecker mit dem Keil am Anschluss ausrichten, indem der Stecker gedreht und dabei ein wenig in den Anschluss hineingeschoben wird. Sobald die Nut ausgerichtet ist, lässt sich der Stecker merklich tiefer in den Anschluss einführen.
- Schwarze Gummihülse nach vorne schieben, bis der Stecker mit einem Klick im Anschluss einrastet.

HINWEIS

Die Abmessungen dienen lediglich Referenzzwecken.



Optionaler CT Stecker

Push-Lock-Sensorstecker

Trennung des Push-Lock-Sensorsteckers vom Sensoranschluss:

- 1 An der silbernen Metallhülse am Sensorstecker ziehen, bis sich dieser löst.

Twist-Lock-Stecker

Anschluss des Twist-Lock-Sensorsteckers:

- 1 Nuten der jeweiligen Stecker aufeinander ausrichten.
- 2 Stecker vorsichtig zusammenschieben und die Hülle des Kabelsteckers im Uhrzeigersinn drehen, bis sie fest sitzt. Keine übermäßige Kraft ausüben.

Trennung des Twist-Lock-Sensorsteckers:

- 1 Hülle des Kabelsteckers gegen den Uhrzeigersinn drehen, bis sie sich löst.
- 2 Hülle des Kabelsteckers vom Sensor abziehen.

Verbindungskabel zwischen Sensor und Controller

- 1 Den 15-poligen D-Sub-Stecker mit dem Sensoranschluss am F/T Controller verbinden.
- 2 Bei Bedarf die Schrauben am Stecker festziehen, um eine formschlüssige Verbindung zu erhalten.



ACHTUNG

Die Kabel an den Sensoren der Nano- und Mini-Serie sind fest installiert und können nicht vom Sensor gelöst werden.

- Nicht versuchen, diese Sensoren zu zerlegen, da es ansonsten zu Schäden kommt und die Garantie erlischt.



ACHTUNG

Größere Sensoren sind mit abnehmbaren Kabeln ausgestattet. Nicht versuchen, diese Sensorkabel durch Ziehen am Kabel selbst oder an der schwarzen Steckerhülse zu lösen, da dies zu Schäden am System führen kann.

- Zum Trennen dieser Stecker an der Metallhülse des Kabelsteckers ziehen.

HINWEIS

Zu den Sensoren passende Kabel sorgen für eine formschlüssige Verbindung, um selbst bei starken Bewegungen ein Lösen zu verhindern. Der Push-Lock-Kabelstecker verfügt über vier Schnappverriegelungen, die in einer Nut am Sensorstecker einrasten.

2.4.2 Anschluss des seriellen Ports

Die nachstehenden Anweisungen beziehen sich auf den Anschluss eines seriellen Geräts (PC, HyperTerminal in Windows, RS232-Terminal, usw.) zur Kommunikation mit dem F/T Controller. Der F/T Controller wird werkseitig mit einer von zwei möglichen Konfigurationen für den seriellen Port geliefert. Die Konfiguration wird jeweils durch die Modellnummer des F/T Controllers bestimmt.

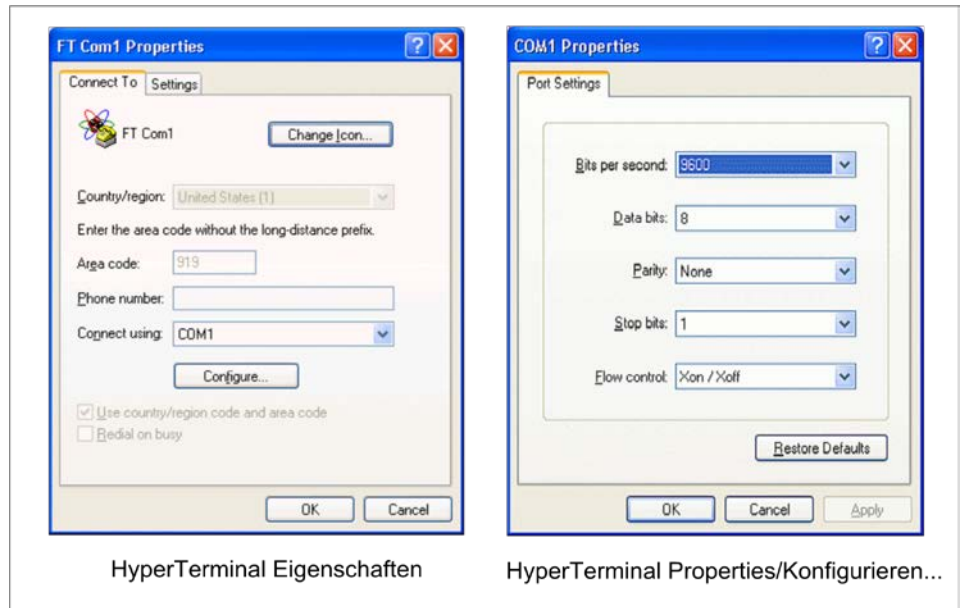
- Das serielle Gerät ist vom Benutzer bereitzustellen.
- Der Benutzer muss ein serielles Anschlusskabel mit einem 9-poligen D-Sub-Stecker an einem Ende zum Anschluss an den F/T Controller sowie einem Stecker zum Anschluss an das serielle Gerät am anderen Ende bereitstellen.
- Siehe ([👉 6, Seite 77](#)) für die Pin-Belegung des seriellen Ports am F/T Controller (Hinweise zum Anschluss siehe nachfolgende Tabelle).
- Beachten, dass bei Ausführungen vom Typ 9105-CON des F/T Controllers (gesonderte Bestellung erforderlich) das Übertragungssignal auf Pin 3 und das Empfangssignal auf Pin 2 gelegt wird.

RS232-Standardanschlüsse für seriellen Port

	Standard-F/T Controller (9105-CTL)	Benutzerseitiger PC, Roboter oder RS232-Terminal
Geräteanschluss	9-poliger D-Sub-Stecker	9-poliger D-Sub-Stecker
Passender Kabelanschluss	9-polige D-Sub-Buchse	9-polige D-Sub-Buchse
Erdungssignal	Pin 5	Pin 5
F/T Übertragungssignal	Pin 2	Pin 2
F/T Empfangssignal	Pin 3	Pin 3

- Attribute für das serielle Gerät: 8-Bit-Übertragung, keine Parität, ein Stopp-Bit.
- Mit Hilfe des CB-Befehls eine Baudrate am F/T Controller wählen, die mit der Baudrate des seriellen Geräts übereinstimmt. Die Baudrate ist werkseitig auf 9600 voreingestellt (für Details zur Anzeige der aktuellen Baudrate siehe den CS-Befehl in ([👉 5, Seite 28](#))).

2.4.3 Verwendung von HyperTerminal in Windows 9X/NT/2000/XP für die serielle Kommunikation



Beispielkonfiguration für Microsoft® HyperTerminal

HyperTerminal ist im Startmenü unter „Programme / Zubehör / Kommunikation“ zu finden.

Hinweis

Ggf. muss das Programm vom Windows Setup aus installiert werden. HyperTerminal befindet sich unter den Kommunikationsoptionen.

Datei Hyperterm.exe ausführen, um eine neue Verbindung herzustellen, und den verwendeten COM-Port wählen.

Beispiel:

Verbindung herstellen über: *COM1* (bzw. bei einigen Versionen über *Direct to Com 1*). Die folgenden Port-Einstellungen wählen, um die Kommunikation mit der werkseitigen Konfiguration des Controllers herzustellen:

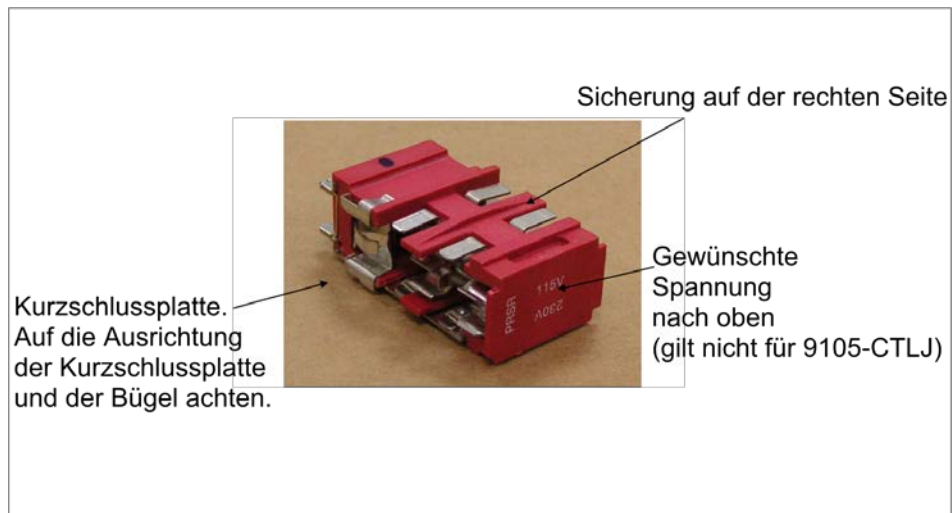
- Bits pro Sekunde: 9600
- Datenbits: 8
- Parität: Keine
- Stopp-Bits: 1
- Flusssteuerung: Xon/Xoff

2.4.4 Netzkabelanschluss

Vergewissern, dass die Einstellung für die Eingangsspannung auf den Standort abgestimmt ist (dies gilt nicht für das Modell 9105-CTLJ, das nur mit einer Spannung von 100 VAC betrieben werden kann).

Einstellung der Eingangsspannung ändern

- 1 Netzschalter auf AUS stellen.
- 2 Netzkabel vom F/T Controller abziehen.



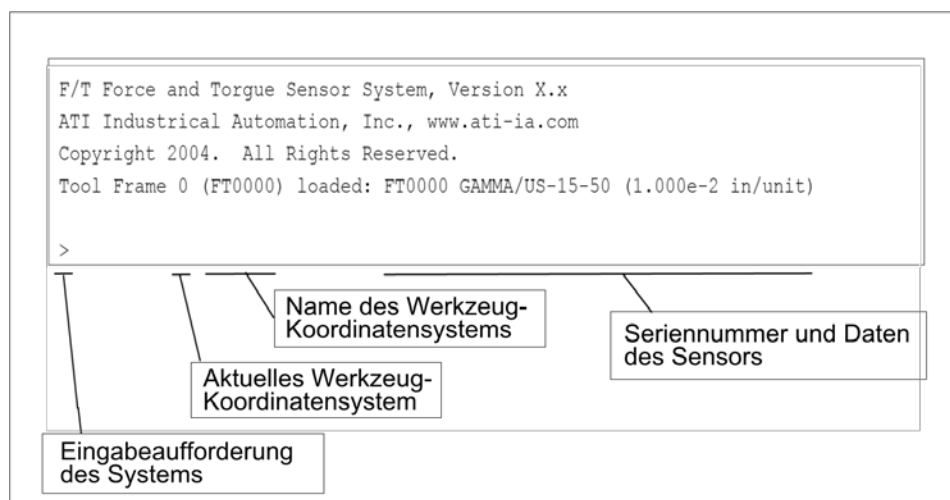
Spannungswahl am Sicherungsmodul

- 3 Mit einem kleinen Schraubendreher die Zugangstür zum Spannungseingangsmodul öffnen das Spannungswahlmodul herausziehen. Bei korrekter Konfiguration steht die Angabe der gewünschten Eingangsspannung oben, die Sicherung befindet sich auf der rechten Seite und die Kurzschlussplatte hinten links.

2.5 Test des F/T-Systems

2.5.1 Einschalten des F/T Controllers

- 1 Wenn das F/T-System angeschlossen ist, wie in ([☞ 2.4, Seite 15](#)) beschrieben, den Netzschalter auf EIN stellen.
 - ⇒ Die Power-LED schaltet sich ein und leuchtet grün.
 - ⇒ Die System-LED blinkt grün.
 - ⇒ Eine der acht Input- oder Output-LEDs blinkt vorübergehend, um die gewählte Baudrate anzuzeigen (für weitere Informationen siehe CS-Befehl in ([☞ 5, Seite 28](#))).



Kopfzeilenmeldung und Eingabeaufforderung

- ⇒ Das serielle Gerät zeigt eine Meldung in der Kopfzeile an.
- ⇒ Unter der Kopfzeilenmeldung erscheint das Symbol zur Eingabeaufforderung „>“.

HINWEIS

- <CR> steht für einen Zeilenumbruch (Enter).
- Vom Benutzer eingegebene Befehle werden in Fettdruck angezeigt.
- Bei Störungen, die elektrischen Anschlüsse prüfen; siehe ([☞ 8, Seite 92](#)) und ([☞ 5, Seite 28](#)).
- Befehle können wahlweise in Klein- oder Großbuchstaben eingegeben werden.

2.5.2 Warmstart, ^W

- 1 Auf die Eingabeaufforderung hin das Zeichen <Strg-W> eingeben (Bei Eingabe des Zeichens W die <Strg>-Taste gedrückt halten).
 - ⇒ Das F/T-System wird zurückgesetzt, und der Bildschirm zeigt die Kopfzeilenmeldung und die Eingabeaufforderung an.

2.5.3 ASCII-Ausgabe des Kraftvektors (serieller Port) und Bias

- 1 Auf die Eingabeaufforderung hin **CD A<CR>** eingeben.
⇒ Damit wird das Ausgabeformat ASCII gewählt.
- 2 Auf die Eingabeaufforderung hin **CD R<CR>** eingeben.
⇒ Damit wird die Ausgabe von aufgelösten Kraft-/Momentdaten anstelle von DMS-Daten gewählt.
- 3 Auf die Eingabeaufforderung hin **QS<CR>** eingeben.
⇒ Damit beginnt die kontinuierliche Ausgabe der aufgelösten Daten. Frontplatte des Sensors berühren und darauf achten, wie sich die Kraft-/Momentwerte ändern. Weitere Informationen hierzu enthält die Sensorzeichnung im Handbuch für den F/T-Sensor. Dort findet sich das Koordinatensystem zur Lokalisierung der X-, Y- und Z-Achsenausrichtung am Sensor.
- 4 **SB<CR>** eingeben.
⇒ Die Datenausgabe wird gestoppt und die Eingabeaufforderung erscheint.
⇒ Auf die aufgelösten Daten wurde ein Bias angewandt.
- 5 Erneut den Befehl **QS<CR>** eingeben.
⇒ Die Werte der aufgelösten Kraft-/Momentdaten sollte nahe Null sein.
- 6 **<CR>** eingeben.
⇒ Die Datenausgabe wird gestoppt und die Eingabeaufforderung erscheint.

2.5.4 Verwendung des Zip-Makros beim Start, ZC

- 1 **ZC 0, "CD R; QS"<CR>** eingeben.
⇒ Die Befehle zwischen doppelten Anführungsstrichen im Start-Makro werden gespeichert.
- 2 Strg-W eingeben oder die Spannungsversorgung aus- und wiedereinschalten um das System zurückzusetzen.
⇒ Die Befehle werden am Ende der Kopfzeilenmeldung ausgeführt.
- 3 **<CR>** eingeben, um die Ausgabe zu stoppen.
⇒ Die Eingabeaufforderung erscheint.
- 4 **ZC 0, ""<CR>** eingeben.
⇒ Das Start-Makro wird gelöscht.
- 5 F/T-System zurücksetzen.
⇒ Die Kopfzeilenmeldung und die Eingabeaufforderung erscheinen, ohne dass Befehle ausgeführt werden.

2.5.5 Verwendung des ATIFTSA Demo-Programms

- Die mit Ihrem System gelieferte CD beinhaltet ein Demo-Programm, das Daten anzeigen und erfassen kann.
- Dieses Demo-Programm verwendet die serielle RS232-Verbindung, die zuvor eingerichtet wurde. Das Demo-Programm wird nicht ausgeführt, wenn der COM-Port des Computers noch von einem anderen Programm wie z. B. HyperTerminal verwendet wird. Vor Ausführung des Demo-Programms vergewissern, dass kein anderes Programm mehr auf dem COM-Port läuft.
- Wenn die CD in den Computer eingelegt wird, erscheint automatisch der Begrüßungsbildschirm des Demo-Programms. Installationsanweisungen befolgen und das Programm starten.
- Das Demo-Programm kann auch im Internet heruntergeladen werden: <http://ati-ia.com> - Produktbereich *Multi-Axis Force/Torque Sensor* - *Software Download*.

3 Installation

3.1 Einleitung

Die ordnungsgemäße Installation des Sensors, der Verkabelung, des F/T Controllers und der MUX-Box (sofern erforderlich) ist unverzichtbar für einen störungsfreien Betrieb.

3.2 Installation von Sensor und Verkabelung

Hinweise zur Installation enthält die Betriebsanleitung zum F/T-Sensor.

3.3 Installation des F/T Controllers

Siehe ([👉 2.3.3, Seite 14](#)) für Hinweise zur Installation des F/T-Controllers.

4 Funktionsbeschreibung

4.1 Einleitung

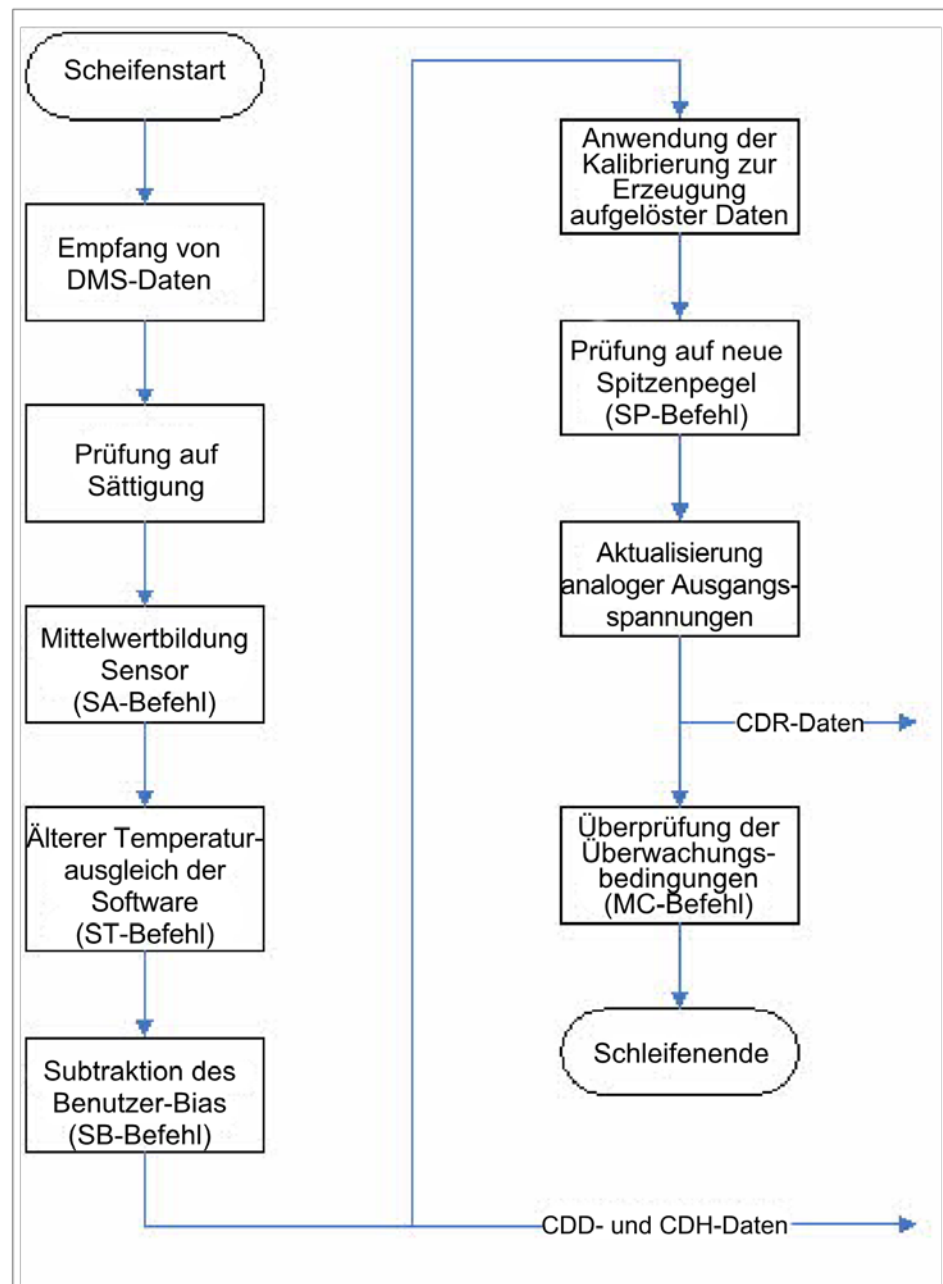
Dieser Abschnitt beinhaltet eine Funktionsübersicht des F/T-Systems. Das F/T-System besteht aus drei Bestandteilen: **Elektrik, Steuerungssoftware und Mechanik.**

- Abschnitt ([👉 4.2, Seite 24](#)) beinhaltet eine Kurzbeschreibung der elektronischen Hardware.
- Abschnitt ([👉 4.3, Seite 25](#)) enthält ein Flussdiagramm, das die Funktionsweise der Software erläutert.
- Abschnitt ([👉 4.4, Seite 26](#)) enthält eine mechanische Beschreibung.

4.2 Elektronik-Hardware

Der F/T Controller speist die Sensorelektronik mit Spannung und Signalen und liest die Ausgabesignale des Sensors. Diese Ausgabesignale werden anschließend in aufgelöste Kraft- und Momentwerte konvertiert.

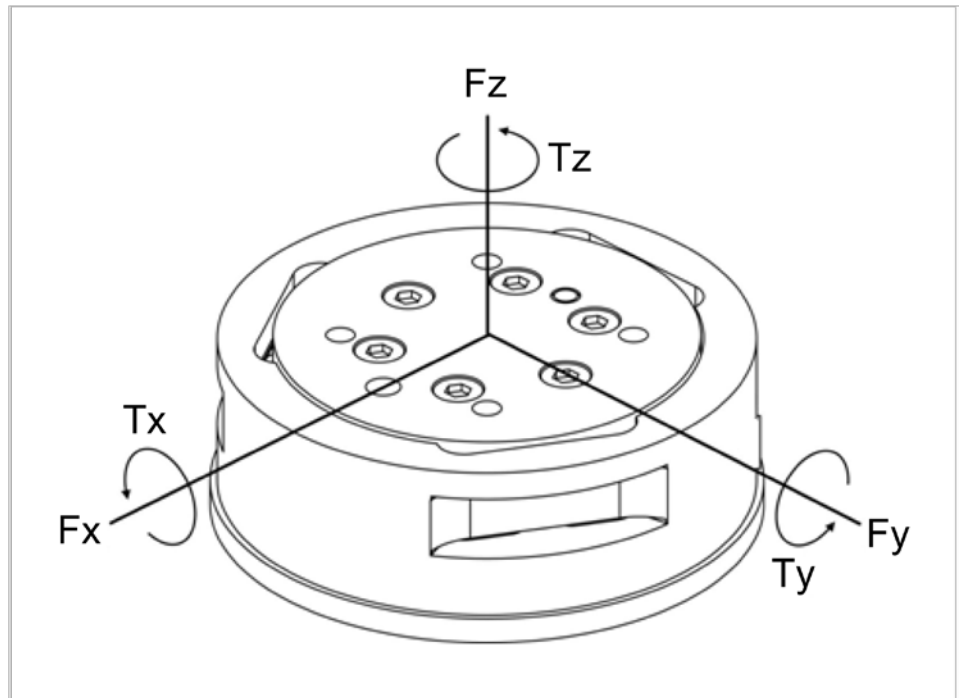
4.3 Software-Übersicht



Datenflussdiagramm des F/T Controllers

4.4 Beschreibung der Mechanik

Die Eigenschaften von Kräften wurden erstmals von Newton in seinem dritten Bewegungsgesetz formuliert: *Zu jeder Wirkung gibt es eine gleich große, aber entgegengesetzt gerichtete Gegenwirkung; oder bei der Wechselwirkung zwischen zwei Körpern erzeugt jede Aktion gleichzeitig eine gleich große Reaktion.* Der Sensor reagiert auf einwirkende Kräfte und Momente gemäß dem dritten Newtonschen Gesetz.



Auf den Sensor einwirkender Kraft- und Momentvektor

Die auf den Sensor einwirkende Kraft verformt drei symmetrisch angeordnete Träger gemäß dem Hookeschen Gesetz:

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

σ = auf den Träger einwirkende Druckbelastung (σ ist proportional zur Kraft)

E = Elastizitätsmodul der Achse

ϵ = auf den Träger einwirkende Spannung

HINWEIS

Der Sensor weist eine monolithische Struktur auf. Die Träger werden maschinell aus einem festen Metallkörper gefertigt. Dies verringert die Hysterese und erhöht die Stärke und Wiederholbarkeit der Struktur.

An den Trägern sind Halbleiter-Dehnmessstreifen angebracht, die als dehnungsempfindliche Widerstände zu betrachten sind. Der Widerstand des Dehnmessstreifens ändert sich wie folgt in Abhängigkeit der einwirkenden Spannungsbelastung:

$$\Delta R = S_a \cdot R_o \cdot \epsilon$$

ΔR = Änderung des Widerstands des Dehnmessstreifens

S_a = K-Faktor des Dehnmessstreifens

R_o = Widerstand des unbelasteten Dehnmessstreifens

ϵ = auf den Dehnmessstreifen einwirkende Spannung

Die unter [\(☞ 4.2, Seite 24\)](#) beschriebene Ausrüstung misst die Änderung des Widerstands. Dieser Wert wird von der unter [\(☞ 4.3, Seite 25\)](#) beschriebenen Software in Kraft- und Momentwerte umgewandelt.

5 Befehle

5.1 Befehlsübersicht und -protokoll

Die meisten Befehle bestehen aus einem bis drei ASCII-Zeichen. Alle Befehle können wahlweise in Groß- oder Kleinschreibung eingegeben werden. Durch Aus- und Wiedereinschalten der Spannungsversorgung bzw. durch einen Reset wird das F/T-System auf die Standardeinstellungen zurückgesetzt. Die Tabelle *Befehlsübersicht* beinhaltet eine Kurzübersicht über alle in dieser Anleitung beschriebenen Befehle. Die Tabelle *Nomenklatur* erläutert die in der Tabelle *Befehlsübersicht* und in diesem Abschnitt verwendete Nomenklatur.

Befehlsübersicht

BEFEHLE ZUR KONFIGURATION DER KOMMUNIKATION	
Modus der Kommunikationsdaten	
CD A	Konfiguration der Kommunikation auf Ausgabe von ASCII-Daten (Standard)
CD B	Konfiguration der Kommunikation auf Ausgabe von Binärdaten
Prüfsumme der Kommunikation	
CD E	Prüfsumme am Ende der binären Kommunikation
CD U	Keine Prüfsumme am Ende der binären Kommunikation (Standard)
Typ der Kommunikationsdaten	
CD D	Konfiguration der Kommunikation auf Ausgabe von Dehnmessstreifendaten im Dezimalformat
CD H	Konfiguration der Kommunikation auf Ausgabe von Dehnmessstreifendaten im Hexadezimalformat
CD R	Konfiguration der Kommunikation auf Ausgabe aufgelöster Kraft-/Momentwerte (Standard)
Andere Befehle zur Konfiguration der Kommunikation	
CB <i>d</i>	Änderungen der seriellen RS232-Baudrate (<i>d</i> = neue Baudrate)
CE <i>b</i>	Anzeige einer Fehlermeldung an der Frontseite während eines Fehlerzustands (<i>b</i> =1; Standard)
CS <i>b</i>	Anzeige der Baudrate an der Frontseite während des Einschaltvorgangs (<i>b</i> =1; Standard)
CL <i>b</i>	Aktivierung des Zeilenvorschubs <LF> mit <CR> (<i>b</i> =1; Standard) oder Deaktivierung der Ausgabe von <LF> (<i>b</i> =0)
CV <i>h</i>	Auswahl von Komponenten von F/T-Werten zur Verarbeitung (Fr,Fx,Fy,Fz,Tr,Tx,Ty,Tz)
CR <i>d</i>	Einstellung des analogen Ausgangsspannungsbereichs auf ±5V oder ±10V (<i>d</i> =5; Standard)

ANFORDERUNG VON DATENABFRAGEN	
Anforderung von F/T- und DMS-Daten	
QR	Anforderung der Ausgabe eines Datensatz in der vorgewählten Kommunikationskonfiguration
^T	Ausgabe eines Einzeldatensatzes mit minimierten Handshake; ähnlich QR
QS	Anforderung der Ausgabe eines Datenstrom im vorgewählten Typ und Modus
QT	Anforderung der Ausgabe eines Datensatzes der resultierenden Achsen Fr und Tr
SENSORBEFEHLE	
Sensor-Bias	
SB	Führt einen Sensor-Bias durch. Speichert die Bias-Messwerte in einem 3-stufigen Puffer.
SU	Entfernt einen Sensor-Bias. Löscht den letzten Bias-Befehl aus dem Puffer.
SZ	Löscht alle zuvor gespeicherten Bias-Befehle aus dem Puffer.
Sensor-Peaks (siehe QP-Befehl)	
QP	Peak-Abfrage: Anzeige der erfassten maximalen und minimalen F/T-Werte (siehe SP)
SP <i>b</i>	Erfassung der max. und min. F/T-Werte: Start (<i>b</i> =1) oder Stopp (<i>b</i> =0; Standard)
SC	Löschen der max. und min. F/T-Werte durch Laden hoher Mindest- und Höchstwerte
Weitere Sensorbefehle	
CB <i>d</i>	Steuerung der automatischen SF-Optimierung für RS232-Ausgang (<i>d</i> =0; Standard)
SA <i>d</i>	Bildung eines gleitenden Durchschnitts von <i>d</i> Sensordatensätzen (<i>d</i> =0; Standard)
SF <i>d</i>	Sensorabtastfrequenz: Ermöglicht bei Verwendung von CF eine Optimierung für schnellere Ausgabe.
SM <i>b</i>	Sensorüberwachung: Deaktiviert (<i>b</i> =0) die Fehlermeldung bei Sensorfehlern (Sättigung, getrennter Sensor, usw.) oder aktiviert sie (<i>b</i> =1; Standard).
SR <i>b</i>	Aktivierung der Fehlermeldung für Sensorspannungsschutz (<i>b</i> =1; Standard)

DIGITALE E/A-BEFEHLE	
E/A-Verifizierung	
ID	Liest und zeigt den Status aller digitalen Eingangsleitungen an.
OD h	Legt den Status aller digitalen Ausgänge gemäß Spezifizierung durch die Hexadezimalzahl h fest.
Befehle zur Kraftüberwachung	
MC s	Erstellt eine Aussage zur Kraftüberwachung s .
MD d	Löscht eine Aussage zur Kraftüberwachung d .
MH b	Setzt den Handshake-Modus für Überwachung auf b ($b=0$; Standard – Handshake erforderlich).
ML	Listet alle gespeicherten Aussagen zur Kraftüberwachung auf.
MV h	Wählt die Achsen für die resultierenden Komponenten Fr und Tr.

BEFEHLE FÜR WERKZEUG-KOORDINATENSYSTEME	
TD d	Löscht das Werkzeug-Koordinatensystem ($d=1, 2$ oder 3).
TC d,s,x,y,z,R,P,Y	Erstellt einen neuen Werkzeugrahmen durch Änderung des Koordinatensystems ($d=0..3$; s = Name; x, y , und z = Translation entlang der X-, Y- und Z-Achse; R, P , und Y = Drehung um die X-, Y- und Z-Achse).
TF d	Wählt eine Kalibriermatrix aus der Liste der Werkzeug-Koordinatensysteme ($d=0, 1, 2$ oder 3).
TL	Listet die verfügbaren Werkzeug-Koordinatensysteme auf.
TT d	Zeigt die Sensorseriennummer für das Werkzeug-Koordinatensystem d an.
TU	Zeigt die Skalierung der Distanzeinheiten für Momentwerte an.

VERSCHIEDENE BEFEHLE	
^W	Warmstart. Setzt das System zurück. Identische Wirkung wie das Betätigen der Resettaste.
^Q, ^S	XON und XOFF.
ZC 0, "s"	Erstellt einen Pufferspeicher mit Befehlen, s , die beim Einschalten oder Rücksetzen des Systems ausgeführt werden.
RS	Legt Werte aus dem Laufzeitspeicher im permanenten Speicher (Festspeicher) ab.
RL	Lädt Werte aus dem permanenten Speicher wieder in den Laufzeitspeicher.
% s	Kommentarbefehl. Die Eingabe s wird ignoriert.
HELP	Zeigt eine Übersicht aller verfügbaren Befehle an.

Nomenklatur-Tabelle

Format	ASCII Dezimalcode	Beschreibung
<CR>	13	Zeilenumbruch
<LF>	10	Zeilenvorschub
<SP>	32	Leerschritt (SPace)
<ACK>	6	Bestätigung (ACKnowledge)
^Q	17	X-on
^S	19	X-off
^T	20	Kürzel für QR-Befehl
<NAK>	21	Negative Bestätigung (Negative AcKnowledgement)
^W	23	Warmstart
<error>	—	Fehler-Flag, siehe (☞ 5.2, Seite 33)
<i>d</i>	—	Steht für eine Dezimalzahl.
<i>h</i>	—	Steht für ein Hexadezimalzeichen (0 bis F).
<i>b</i>	—	Steht für eine Binärzahl (0 oder 1).
<i>s</i>	—	Steht für eine alphanumerische Zeichenfolge.
<i>a</i>	—	Steht für ein alphabetisches Zeichen.
^	—	Steuerzeichen-Präfix

Wenn ein Befehl empfangen wird, antwortet der F/T Controller mit dem Steuerzeichen <ACK> (Dezimalzahl 6), wenn der Befehl gültig ist, bzw. mit dem Steuerzeichen <NAK> (Dezimalzahl 21), wenn der Befehl nicht gültig ist. Bei Sendung von <NAK> folgen eine Fehlermeldung mit zwei <CR><LF> und die Systemeingabeaufforderung „>“. Bei einem gültigen Befehl zur Datenübertragung durch den Controller werden die Daten als nächstes gesendet. <ACK><CR><LF>„>“ (Systemeingabeaufforderung) wird gesendet als Hinweis, dass der Befehl ausgeführt ist. Die Steuerzeichen sind an einem RS232 Standard-Terminal normalerweise **nicht** sichtbar. Die Übertragung von <LF> kann mit dem CL-Befehl, der am Ende von [\(5.2, Seite 33\)](#) beschrieben wird, unterbunden werden.

Befehle können wahlweise in Groß- und Kleinschreibung eingegeben werden, und Leerschritte zwischen Parametern werden vom F/T Controller ignoriert.

Vom seriellen Port gesendete Zeichen werden zurückgesendet. An das F/T-System gesendete Befehle müssen mit einem <CR> enden. Ein <LF> darf nicht gesendet werden.

Beispiel für einen gültigen Befehl:

```
Benutzer:  CD D<CR>
Antwort:   CD D<CR><LF>      (Das erste <ACK>
                             <ACK><ACK><CR>< bestätigt die Gültigkeit und das
                             LF>                zweite <ACK> die
                             >                Implementierung des
                                           Befehls.)
```

Beispiel für einen ungültigen Befehl:

```
Benutzer:  XYZ<CR>
Antwort:   XYZ<CR><LF>
           <NAK>E114 Illegal com-
           mand<CR><LF>
           <CR><LF>
           >
```

5.2 Befehle zur Konfiguration der Kommunikation

Der F/T Controller gibt Datentypen über den seriellen RS232-Port aus: DMS-Rohdaten im Hexadezimalformat, DMS-Rohdaten im dezimalen Ganzzahlformat und aufgelöste Kraft-/Momentdaten im dezimalen Ganzzahlformat. Als Ausgabemodi für die Daten stehen ASCII oder Binär zur Auswahl. Die Länge (in Bytes) eines ausgegebenen Datensatzes ist vom Datentyp und Ausgabemodus abhängig. Ein Datensatz ist definiert als ein einzelner Satz an DMS-Messwerten oder aufgelösten Kraft-/Momentwerten. *SG0* steht für die DMS-Messbrücke 0, *SG1* steht für die DMS-Messbrücke 1, usw. *Low* und *high* beziehen sich auf nieder- und höherwertige Datenbytes.

Aufgelöste Kraft-/Momentdaten werden als dezimale Ganzzahl ausgegeben. Der Wert einer Kraft- oder Momenteinheit variiert je nach Modell und Kalibrierung. Siehe CD R-Befehl in [\(☞ 5.2.4, Seite 37\)](#) für weitere Informationen.

Die Befehle für Kommunikationsdaten (CD) legen Ausgabemodus und Typ der Daten fest. Die Standardeinstellungen beim Einschalten oder Rücksetzen lauten ASCII für den Ausgabemodus und aufgelöste Kraftdaten für den Datentyp. Der Ausgabemodus und den Datentyp kann geändert werden, indem der entsprechende Befehl eingegeben wird. Der neue Modus bzw. Typ bleibt aktiv, bis eine andere Einstellung gewählt oder das System zurückgesetzt wird.

5.2.1 Fehler-Flag

In den folgenden Befehlsbeschreibungen steht `<error>` für den Sensorfehler-Flag, der vom F/T Controller ausgegeben wird. Der Fehler-Flag `<error>` (auch als „Fehlermerker“ bezeichnet) kann zwischen 0 und 16 liegen. Er stellt die numerische Summe der nachstehenden Fehlercodes dar (ein Code von 0 bedeutet, dass keiner dieser Fehler anliegt):

1: Sättigung eines Dehnmessstreifens. Im Gegensatz zu den Fehlercodes E100 bis E150 kann dieser Code nicht durch den SM-Befehl maskiert werden.

2: Sensorfehler. Dieser Fehler tritt auf, wenn der Sensoranschluss eine zu hohe DMS-Belastung meldet, oder wenn Anzeichen für einen getrennten Sensor bzw. ein beschädigtes Sensorkabel vorliegen. Im Gegensatz zu Fehlercode 150 kann dieser Code nicht durch den SM-Befehl maskiert werden.

4: Kabelschutzfehler. Dieser Fehler wird gemeldet, wenn ein zu hoher Versorgungsstrom über den Sensoranschluss fließt oder wenn Anzeichen für eine Beschädigung des Sensors bzw. des Sensorkabels vorliegen. Dieser Code kann nicht durch den SM-Befehl maskiert werden.

8: Gleichstromversorgung. Dieser Fehler wird gemeldet, wenn externe Geräte zuviel Strom vom F/T Controller aufnehmen oder ein interner Fehler des F/T Controllers vorliegt.

Im Falle eines Sensorfehlers geschieht Folgendes:

- Die Leitung zur Ausgabe des Systemzustands über die digitalen E/A wird ausgeschaltet.
- Die Farbe der System-LED an der Frontseite des Controllers wechselt auf Rot.
- Sofern nicht deaktiviert, führt die Datenausgabe über den seriellen Port zu einer Fehlermeldung, die solange wiederholt wird, bis der Fehler behoben ist.
- Der Fehler-Flag `<error>` wird auf den entsprechend Wert ungleich Null gesetzt.
- Wenn CE aktiviert ist (Standard), wird der Fehlercode an der Frontseite angezeigt, sofern nicht vorher die Anzeige der Baudrate erscheint.

Der Fehler-Flag `<error>` wird je nach gewähltem Datenmodus im ASCII- oder Binär-Format übertragen.

5.2.2 Modus der Kommunikationsdaten (CD A, CD B)

Die Ausgabe kann im ASCII- oder Binär-Modus erfolgen. Der ASCII-Modus hat den Vorteil, dass die Daten in lesbaren Zeichen ausgegeben werden, bietet aber auf Grund der größeren Anzahl Bytes in jedem Datensatz eine niedrigere Ausgaberate. Der Binär-Modus hat den Vorteil einer höheren Ausgaberate, da weniger Bytes für die Übertragung der Informationen benötigt werden; allerdings können die Daten erst nach weiterer Verarbeitung gelesen werden. Die folgenden Befehle legen den Datenmodus fest:

CD A Datenausgabe im ASCII-Modus

Dieser Befehl wählt den Ausgabemodus ASCII (Standard). Die Ausgabe aller Daten, die auf Datenanforderungsbefehle hin übertragen werden, erfolgt im Modus ASCII. XON/XOFF Software-Handshaking wird unterstützt.

Format des Befehls CD A:

Benutzer: CD A<CR>
Antwort: CD A<CR><LF>
 <ACK><ACK><CR><LF>
 >

CD B Datenausgabe im Binär-Modus

Dieser Befehl wählt den Ausgabemodus Binär. Die Ausgabe aller Daten, die auf Datenanforderungsbefehle hin übertragen werden, erfolgt im Modus Binär. XON/XOFF Software-Handshaking wird *nicht* unterstützt.

Format des Befehls CD B:

Benutzer: CD B<CR>
Antwort: CD B<CR><LF>
 <ACK><ACK><CR><LF>
 >

HINWEIS

Wenn sich der Controller im binären Ausgabemodus (CD B) befindet, erfolgen alle numerischen Ausgaben im Binärformat. Dies gilt nicht nur für Ausgabedaten, sondern auch für Fehlermeldungen. In ASCII-Modus (CD A) erfolgen alle numerischen Ausgaben in lesbaren Zeichen.

5.2.3 Prüfsumme der Kommunikationsdaten (CD E, CD U)

Aan Kraft-/Momentdaten oder DMS-Daten, die im binären Modus übertragen werden, kann eine Prüfsumme angehängt werden (siehe die Befehle CD B, CD D, CD H und CD R). Anhand einer Prüfsumme können die Daten auf Übertragungsfehler geprüft werden. Durch Anhängen einer Prüfsumme wird die Datenübertragung geringfügig verzögert.

CD E Befehl Datenprüfsumme aktivieren

Hängt eine Prüfsumme an das Ende eines Dehnmessstreifen- oder F/T-Binärdatensatzes an. Die Prüfsumme umfasst bei serieller Ausgabe acht Bits. Die Berechnung erfolgt, indem jeder gesendete Wert addiert wird, einschließlich des Fehlerbytes (das den Wert 0 hat, wenn weder eine Sättigung noch ein Fehler vorliegt), und anschließend das höherwertige Byte für die serielle Ausgabe entfernt wird. Die ASCII-Dezimaldaten für das Beispiel lauten 1, 9771, 72584, -38574, 13334, 251, -27493, wobei der Fehler-Flag eine Sättigung des Sensors anzeigt. Das Präfix 0x weist auf eine Hexadezimalzahl hin. Serielle Ausgabedaten werden wie folgt in höchst- und niedrigstwertige Bytes konvertiert:

Konvertierungstabelle für serielle Ausgabedaten

Zahl		Byte 3	Byte 2	Byte 1
72583 0x011B88	=	1 0x01	27 0x1B	136 0x88
251 0x0000FB	=	0 0x00	0 0x00	251 0xFB
-27493 0xFF949B	=	255 0x55	148 0x94	155 0x9B

Serielle F/T-Binärausgabe mit Prüfsumme für ASCII 1, 9771, 72584, -38574, 13334, 251, -27493:

<0> <0><38><43> <1><27><136> <255><105><82> <0><52><22>
<0><0><251> <255><148><155> <35>

1+0+38+43+1+27+136+255+105+82+0+52+22+0+0+251+255+148+155
= 1571 = 0x0623

Entfernen des höchstwertigen Bytes von 0x0623 – es verbleibt $23_{16} = 35_{10}$

CD U Befehl Datenprüfsumme deaktivieren

Das Senden einer Prüfsumme wird eingestellt. Dieser Befehl entspricht der Standardeinstellung.

5.2.4 Typ der Kommunikationsdaten (CD D, CD H, CD R)

Für die Ausgabe über den seriellen Port können DMS-Daten oder aufgelöste Kraftdaten gewählt werden (Der analoge Port gibt grundsätzlich aufgelöste Daten aus). Die folgenden Befehle legen die Art der Ausgabe fest:

CD D Anzeige von DMS-Daten im Dezimalformat

Legt die Ausgabe in Form von DMS-Rohdaten in Dezimalformat fest. Ausgegeben werden sechs DMS-Messwerte im Bereich von jeweils zwischen -32768 und 32767.

Format des Befehls CD D:

```
Benutzer:  CD D<CR>
Antwort:   CD D<CR><LF>
           <ACK><ACK><CR><LF>
           >
```

Im ASCII-Modus besteht ein Datensatz aus 45 Bytes für sechs DMS-Werte mit aktiviertem Zeilenvorschub. Das erste Byte ist der Fehler-Flag (0, 1, usw.), gefolgt von einem Komma und den DMS-Daten, die rechtsbündig in sechs Feldern zu sechs kommasetrennten Bytes angezeigt werden. Die abschließenden Bytes sind <CR><LF>. <LF> wird nicht übertragen, sofern durch den CL-Befehl deaktiviert.

Im Binär-Modus umfasst jeder Datensatz 13 Bytes für sechs DMS-Werte und bei deaktivierter Prüfsumme (siehe die Befehle CD U und CD E). Das erste Byte ist der Fehler-Flag, gefolgt von den sechs DMS-Werten, die jeweils aus zwei Bytes bestehen, wobei das höherwertige Byte zuerst übertragen wird.

Datenformat eines DMS-Rohdatenatzes im ASCII- und Binär-Modus:

```
ASCII:      X, XXXXXX, XXXXXX, XXXXXX, XXXXXX, XXXXX
            X, XXXXXX<CR><LF>

Binär:      <error><SG0 high><SG0 low><SG1
            high><SG1 low><SG2 high><SG2
            low><SG3 high><SG3 low><SG4
            high><SG4 low><SG5 high><SG5 low>
```

CD H Anzeige von DMS-Daten im Hexadezimalformat

Legt die Ausgabe in Form von DMS-Rohdaten in Hexadezimalformat fest. Ausgegeben werden sechs DMS-Werte.

Format des Befehls CD H:

Benutzer: CD H<CR>

Antwort: CD H<CR><LF>
<ACK><ACK><CR><LF>
>

Das Datenformat ähnelt dem des Befehls CD D, außer dass jedes Feld nur vier anstatt sechs Bytes enthält.

CD R Anzeige aufgelöster Daten

Legt die Ausgabe aufgelöster Kraftdaten fest; Standard. Die Ausgabe von Kraft-/Momentwerten erfolgt in Zählschritten. Die einzelnen Zählungswerte sind in *Anhang A – Allgemeine Spezifikationen* angegeben.

Format des Befehls CD R:

Benutzer: CD R<CR>

Antwort: CD R<CR><LF>
<ACK><ACK><CR><LF>
>

HINWEIS

Kraft- und Momentwerte werden in Zählschritten angegeben. Zählschritte sind Ganzzahlwerte, die so festgelegt sind, dass ein Zählschritt sich der idealen Auflösung des F/T-Systems annähert. Die Verwendung von Ganzzahlen anstelle von reellen Zahlen beschleunigt die Ausgabe. Beispiel: Ein Sensor des Typs US-30-100 weist 40 Zählschritte pro Pfund auf. Eine Kraftausgabe von 128 Zählschritten käme einer Last von 3,20 Pfund gleich.

$$3,20 \text{ Pfund} = 128 \text{ Zählschritte} \div 40 \text{ Zählschritte/Pfund}$$

Im ASCII-Modus umfasst ein Datensatz 57 Bytes, wenn die Ausgabe aus sechs Kraft-/Momentkomponenten besteht; siehe den Befehl CV h in [\(5.2.5, Seite 39\)](#). Das erste Byte ist der Fehler-Flag, gefolgt von einem Komma und den Kraft-/Momentdaten in der Reihenfolge Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz. Die abschließenden Bytes sind <CR><LF>. <LF> wird nicht übertragen, sofern durch den CL-Befehl deaktiviert.

Im Binär-Modus umfasst jeder Datensatz 19 Bytes, wenn die Prüfsumme deaktiviert ist und die Ausgabe aus sechs Kraft-/Momentkomponenten besteht; siehe den Befehl CV h. Das erste Byte ist der Fehler-Flag, gefolgt von den sechs Kraft-/Momentwerten. Jeder Wert umfasst drei Bytes, wobei das höherwertige Byte zuerst übertragen wird.

Datenformat eines aufgelösten Kraftdatensatzes im ASCII- und Binär-Modus:

ASCII: X,XXXXXXXX,XXXXXXXX,XXXXXXXX,XXXXXX
XX,XXXXXXXX, XXXXXXXX<CR><LF>

Binär: <error><Fx high><Fx middle><Fx
low><Fy high><Fy middle><Fy low><Fz
high><Fz middle><Fz low><Tx
high><Tx middle><Tx low><Ty
high><Ty middle><Ty low><Tz
high><Tz middle><Tz low>

5.2.5 Weitere Befehle zur Konfiguration der Kommunikation (CB d, CF d, CL b, CV h)

CB d Änderung der Baudrate

Ermöglicht die Einstellungen einer neuen RS232-Baudrate. Beachten, dass dieser Befehl sofort wirksam wird und eine Umstellung der Baudrate am angeschlossenen Geräten erfordert, damit die Kommunikation fortgesetzt werden kann.

Gültige Baudraten-Einstellungen: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600 und 115200. Damit diese Änderung permanent wirksam bleibt, muss nach Änderung der Baudrate ein RS-Befehl ausgegeben werden (Vor Ausgabe des RS-Befehls vergewissern, dass das Gerät mit dem F/T Controller kommuniziert).

d = neue Baudrate

Format des Befehls CB *d*:

Benutzer: CB 19200

Antwort: CB 19200<CR><LF>
<ACK>Setting baud (Die Baudrate wurde vo-
rate to 19200 rübergehend geändert.)
<CR><LF>
<ACK><CR><LF>
>

An diesem Punkt muss die Baudrate des angeschlossenen Geräts auf die neue Baudrate (in diesem Beispiel 19.200) umgestellt werden, damit die Kommunikation fortgeführt werden kann. Damit die neue Baudrate des F/T-Controllers permanent eingestellt bleibt, muss der Benutzer wie folgt einen RS-Befehl ausführen:

Benutzer: RS<CR>

Antwort: RS<CR><LF> (Die neuen Einstel-
<ACK> lungen sind jetzt
ACK><CR><LF> permanent gespei-
> chert.)

Wenn ein Wert für d ausgelassen wird, gibt das System den aktuellen Wert von d an.

Format des Befehls CB:

Benutzer: CB<CR>

Antwort: CB<CR><LF>
<ACK>Baud rate = 19200<CR><LF>
<ACK><CR><LF>
>

CS bKonfiguration zur Anzeige der Baudrate

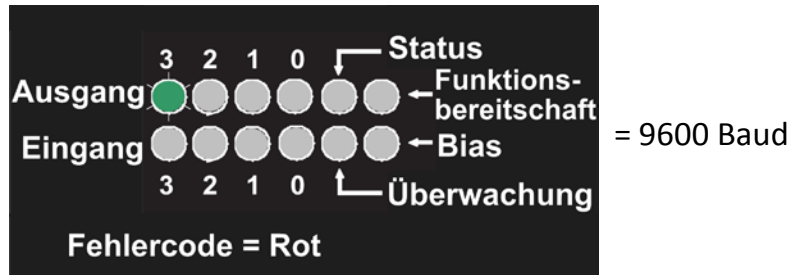
Die Einstellung für den CS-Befehl kann durch Ausführung des RS-Befehls im Festspeicher abgelegt werden.

Aktiviert bzw. deaktiviert die Anzeige der aktuellen Baudrate an der Frontseite des F/T Controllers beim Einschalten. Wenn diese Option aktiviert ist, erscheint die Baudrate beim Einschalten bzw. Rücksetzen des Controllers mehrere Sekunden lang auf der frontseitigen Anzeige. Die Anzeige der Baudrate erfolgt in Form einer grün blinkenden LED. Für Hinweise zur Entschlüsselung siehe die Tabelle *Entschlüsselung der Baudraten-Anzeige*. Wenn die Anzeige der Baudrate abgeschlossen ist, zeigen die LEDs an der Frontseite die aktuellen Ein- und Ausgangsbits der digitalen E/A an. Wenn diese Option deaktiviert ist, erscheinen die aktuellen Ein- und Ausgangsbits der digitalen E/A beim Einschalten auf der frontseitigen Anzeige.

Die Anzeige der Baudrate hat Priorität gegenüber der Anzeige eines Fehlercodes oder der Ein- und Ausgangsbits der digitalen E/A. In der nachstehenden Tabelle sind die frontseitigen grünen Fehler-LEDs als Felder dargestellt. Die beiden hinteren Punkte stehen für die LEDs *Status/Health/ Monitor/Bias*, die bei der Fehleranzeige nicht verwendet werden.

Entschlüsselung der Baudraten-Anzeige

Anzeige	Baudrate	Anzeige	Baudrate
■ — ..	9600	■ — ..	115.200
■ — ..	19.200	■ — ..	4800
■ — ..	38.400	■ — ..	2400
■ — ..	57.600	■ — ..	Spezial



Beispielhafte Anzeige der Baudrate

$b = 0$ Anzeige der Baudrate beim Einschalten deaktivieren

$b = 1$ Anzeige der Baudrate beim Einschalten aktivieren

Format des Befehls CS b :

Benutzer: CS 1<CR>

Antwort: CS 1<CR><LF>
 <ACK><ACK><CR><LF> (Die Anzeige der
 > Baudrate ist jetzt
 > aktiviert.)

Wenn ein Wert für b ausgelassen wird, gibt das System den aktuellen Wert von b an.

Format des Befehls CS:

Benutzer: CS<CR>

Antwort: CS<CR><LF>
 <ACK>Startup Baud Rate Display Enabled<CR><LF>
 <ACK><CR><LF>
 >

CE b Anzeige von Fehlercodes

Die Einstellung für den CE-Befehl kann durch Ausführung des RS-Befehls im Festspeicher abgelegt werden.

Aktiviert bzw. deaktiviert die Anzeige von Fehlercodes im Bereich der Anzeige der Ein- und Ausgangsbits der digitalen E/A an der Frontseite. Fehlercodes werden rot angezeigt, und die Anzeige bleibt mehrere Sekunden bestehen, selbst dann, wenn der Fehler über eine kürzere Zeit anliegt. Die Anzeige von Fehlercodes hat eine höhere Priorität als die Anzeige der Baudrate, aber eine niedrigere Priorität als die Anzeige der Ein- und Ausgangsbits der digitalen E/A. Siehe oben stehende Tabelle für Hinweise zur Entschlüsselung der Anzeige.

$b = 0$: Anzeige von Fehlercodes an der Frontseite deaktivieren.

$b = 1$: Anzeige von Fehlercodes an der Frontseite aktivieren; Standard.

Format des Befehls CE b :

Benutzer: CE 1<CR>

Antwort: CE 1<CR><LF>
<ACK><ACK><CR><LF> (Die frontseitige
> Fehleranzeige ist
> jetzt aktiviert.)

Wenn ein Wert für b ausgelassen wird, gibt das System den aktuellen Wert von b an.

Format des Befehls CE:

Benutzer: CE<CR>

Antwort: CE<CR><LF>
<ACK>Startup Error Code Display on
LEDs Enabled<CR><LF>
>

CL b Übertragung Zeilenvorschub

Aktiviert bzw. deaktiviert die Übertragung eines Zeichens für Zeilenvorschub <LF> nach jedem Zeichen für Zeilenumbruch <CR>, das vom Controller übertragen wird. Einige serielle Geräte geben für jedes empfangene <CR> ein <LF> aus. Wir empfehlen, das <LF> vom F/T Controller zu deaktivieren, damit nicht zwei <LF> auf dem Bildschirm erscheinen.

$b = 0$: Übertragung von Zeilenvorschüben deaktivieren.

$b = 1$: Übertragung von Zeilenvorschüben aktivieren; Standard.

Format des Befehls CL b :

Benutzer: CL 1<CR>

Antwort: CL 1<CR><LF>
 <ACK><ACK><CR><LF> (Der Zeilenvorschub
 > ist jetzt deakti-
 > viert.)

Wenn ein Wert für b ausgelassen wird, gibt das System den aktuellen Wert von b an.

Format des Befehls CL:

Benutzer: CL<CR>

Antwort: CL<CR><LF>
 <ACK>Line feed enabled<CR><LF>
 <ACK><CR><LF>
 >

CR d Änderung des analogen Ausgangsspannungsbereichs

Die Einstellung für den CR-Befehl kann durch Ausführung des RS-Befehls im Festspeicher abgelegt werden.

Der CR-Befehl legt den Spannungsbereich des analogen Ausgangsports fest. Damit die Einstellung permanent wirksam bleibt, muss auf diesen Befehl ein RS-Befehl folgen.

$d = 5$: Analogausgangsspannungsbereich wird auf $\pm 5V$ gesetzt.

$d = 10$: Analogausgangsspannungsbereich wird auf $\pm 10V$ gesetzt.

Format des Befehls CR d :

Benutzer: CR 5<CR>

Antwort: CR 5<CR><LF>
 <ACK><ACK><CR><LF> (Analogausgangsspan-
 > nungsbereich ist auf
 > $\pm 5V$ gesetzt.)

Wenn ein Wert für d ausgelassen wird, gibt das System die aktuelle Einstellung an.

Benutzer: CR<CR>
zer:

Antwort: CR<CR><LF>
<ACK>Analog output range $\pm 5V$ <CR><LF>
<ACK><CR><LF>
>

CV h Vektoranzeige

Dieser Befehl wählt die zu verarbeitenden Kraft-/Momentkomponenten, damit die Ausgabe vereinfacht oder beschleunigt werden kann. Der Wert h ist eine Hexadezimalzahl, wobei jedes Bit für eine Kraft- oder Momentkomponente steht. Der Wert von h wird wie folgt bestimmt:

(Bits):	7	6	5	4	3	2	1	(
Aktivierte Komponente:	Tr	Fr	Tz	Ty	Tx	Fz	Fy	)

Beispiel:

Benutzer: CV 14<CR> (Aktiviert Ty und Fz.)
Antwort: 14 hex = 00010100
binary

Format des Befehls CV h :

Benutzer: CV 14<CR>
Antwort: CV 14<CR><LF>
<ACK><ACK><CR><LF> (Aktiviert nur Ty
> und Fz.)
>

Wenn ein Wert für h ausgelassen wird, gibt das System den aktuellen Wert von h an.

Format des Befehls CV:

Benutzer: CV<CR>
Antwort: CV<CR><LF>
<ACK>14<CR><LF>
<ACK><CR><LF>
>

5.3 Anforderungsbefehle

	⚠ GEFAHR Ggrundsätzlich auf den Fehler-Flag achten. Wenn der Fehler-Flag gesetzt ist, die jeweiligen Kraft- und Momentwerte ignorieren. Der Fehler-Flag wird bei einer Sättigung gesetzt. Eine Sättigung kann zu sehr stark verfälschten Kraft- und Momentwerten führen. Wenn die Sättigung nicht überwacht und behoben wird, können angeschlossene Geräte auf Basis dieser Daten ein unberechenbares und gefährliches Verhalten entwickeln.
---	---

5.3.1 Befehle zur Datenanforderung (QR, ^T, QS, QT)

Beim Lesen von F/T-Datensätzen muss unbedingt der Fehlercode am Beginn des Datensatzes auf Anzeichen für eine DMS-Sättigung oder Sensorschäden geprüft werden.

QR Datensatz anfordern

Anforderung zur Ausgabe eines Datensatzes im vorgewählten Typ und Modus. Siehe ([☞ 5.2, Seite 33](#)).

Format des Befehls QR:

Anwender QR<CR>

Antwort: <ACK><record><CR> (<record> ist von
 <LF
 > der Einrichtung
 der Kommunikation
 abhängig;
 ([☞ 5.2, Seite 33](#))

^T Datensatz anfordern

Identisch mit QR, abgesehen davon, dass nur der Datensatz zurückgesendet wird. Wird zur beschleunigten Datenausgabe verwendet.

Format des Befehls ^T:

Anwender ^T

Antwort: <record>

QS Datensatz-Stream anfordern

Anforderung der Ausgabe eines Datensatz-Streams im zuvor gewählten Typ und Modus. ([👉 5.2, Seite 33](#)). Der Stream kann unterbrochen werden, indem ein beliebiger Befehl oder einen Zeilenumbruch <CR> eingegeben wird.

Ausgabeformat:

Anwender QS<CR>

Antwort: <ACK><record 1>
 <record 2>
 ...
 <record n>

Benutzer: <CR> (eine beliebige Eingabe stoppt die Ausgabe)

Antwort: <ACK><CR><LF>
 > (Eingabeaufforderung des Systems wegen Abschluss von QS)
 <CR><LF>

> (Eingabeaufforderung des Systems wegen Eingabe von <CR> durch den Benutzer)

QT Gesamt anfordern

Anforderung zur Ausgabe eines Datensatzes resultierender Achsen Fr und Tr im vorgewählten Typ und Modus. Kapitel "Befehle zur Konfiguration der Kommunikation" ([👉 5.2, Seite 33](#)) beachten.

Format des Befehls QT:

Anwender QT<CR>

Antwort: <ACK><record><CR> (<record> ist von der Einrichtung der Kommunikation abhängig;
 <LF>
 > [\(👉 5.2, Seite 33\)](#))

HINWEIS

QT-Ausgaben sind aufgrund interner mathematischer Beschränkungen nur für bis zu 65535 Zähler-schritte gültig.

System- und Benutzerkommunikation	Kommentare
>CD A	ASCII-Ausgang wählen.
>CD R	Aufgelösten Kraftausgabewert wählen.
>QR	Einzeldatensatz anfordern.
0, 89, 34, 76, -23, 98, -78	Aufgelöster Kraftausgabewert in ASCII-Format
>CD D	DMS-Rohwerte wählen.
>QR	Einzeldatensatz anfordern.
0, 12, 56, 1000, 345, 0, -678	DMS-Datensätze in ASCII-Format
>CD R	Aufgelösten Kraftausgabewert wählen.
>QS	Einzeldatensatz anfordern.
0, 89, 34, 76, -23, 98, -78	Aufgelöster Kraftausgabewert in ASCII-Format (Benutzer gibt <CR> zum Stoppen der Ausgabe ein)
0, 89, 34, 76, -23, 98, -78	Das System stoppt die Ausgabe und führt <CR> aus.
>	
>QT	Einzelresultatsatz anfordern.
122, 127	Resultierende Achsen Fr und Tr in ASCII-Format
>	

Beispiele für Kommunikationskonfiguration und Anforderungen

5.4 Sensorbefehle

5.4.1 Sensor-Bias (SB, SU, SZ)

Der F/T Controller kann drei verschiedene Bias- (Null-)Messwerte speichern. Die Durchführung eines Bias (auch als Vorspannung bezeichnet) ist nützlich zur Eliminierung der Effekte der Schwerkraft (Werkzeuggewicht) oder anderer Kräfte, die auf den Effektor einwirken. Wenn ein Sensor-Bias durchgeführt wird, liest der Controller die derzeit auf den Sensor einwirkenden Kraft- und Momentwerte aus und verwendet diese als Referenz für zukünftige Messwerte. Bei zukünftigen Messungen wird diese Referenz vor Übertragung der Messwerte subtrahiert.

HINWEIS

Beim Biasing darauf achten, dass die Kraft- und Momentwerte stabil sind. Die Durchführung eines Bias, während der Sensor Vibrationen, einer Beschleunigung oder Verlangsamung unterliegt, kann zu einer minderwertigen Referenz für Ihre Anwendung führen.

SB Sensor-Bias

Führt einen Sensor-Bias durch. Bias-Werte werden in einem LIFO-Pufferspeicher (Last-in-First-out) abgelegt. Bei Ausgabe eines SB-Befehls wird der aktuelle Bias-Messwert (sofern vorhanden) im Pufferspeicher abgelegt. Bei anschließender Ausgabe eines SU-Befehls (Sensor Unbias = Entfernen der Sensorvorspannung) wird der vorherige Bias-Messwert aus dem Pufferspeicher genommen und als aktueller Bias-Messwert verwendet. Auf diese Weise können bis zu drei Bias-Messwerte gespeichert werden.

Wenn ein SB-Befehl bei vollem Bias-Pufferspeicher ausgegeben wird, dann überschreibt der Bias-Messwert den jüngsten Bias. Die ersten beiden Bias-Messwerte sind nicht betroffen.

Format des Befehls SB:

Benutzer: SB<CR>
Antwort: SB<CR><LF>
 <ACK><ACK><CR><LF>
 >

SU Sensor Unbias (Sensorvorspannung entfernen)

Löscht den letzten Bias-Messwert aus dem LIFO-Pufferspeicher und verwendet, sofern vorhanden, den vorherigen Bias als aktuellen Vorspannungs-Messwert.

Format des Befehls SU:

Benutzer: SU<CR>
Antwort: SU<CR><LF>
 <ACK><ACK><CR><LF>
 >

SZ Sensor Zero bias (Sensor-Null-Bias)

Löscht alle zuvor gespeicherten Bias-Messwerte. Dieser Befehl wird beim Einschalten oder Rücksetzen ausgeführt.

Format des Befehls SZ:

Benutzer: SZ<CR>
Antwort: SZ<CR><LF>
 <ACK><ACK><CR><LF>
 >

5.4.2 Sensor-Peaks (SP b, SC)

Die nachstehenden Befehle arbeiten mit Erfassen und Löschen der maximalen und minimalen F/T-Werte.

QP Peak-Abfrage

Anforderung der Ausgabe von maximalen und minimalen aufgelösten Kraft-/Momentdaten, die durch einen SP-Befehl erfasst wurden. Die maximalen Werte sind mit -9999 und die minimalen Werte mit 9999 initialisiert. Diese initialisierte Werte erscheinen, wenn der SP-Befehl nicht aktiviert wurde, nach einem Reset der Hardware bzw. der Software oder nach Ausgabe des SC-Befehls. Während der SP-Befehl aktiviert ist, hat der QP-Befehl keine Auswirkung auf die Erfassung der maximalen oder minimalen Werte.

Format des Befehls QP:

Benutzer: QP<CR>

Antwort: <ACK><Fxmax>, <Fymax>, <Fzmax>,
<Txmax>, <Tymax>,
<Tzmax><CR><LF>
<Fxmin>, <Fymin>, <Fzmin>, <Txmin>,
<Tymin>, <Tzmin><CR><LF>
<ACK><CR><LF>
>

SP b Sensor-Peaks

b=1: Erfassung maximaler und minimaler Kraft-/Momentwerte aktivieren.

b=0: Erfassung maximaler und minimaler Kraft-/Momentwerte deaktivieren; Standard.

Bei Aktivierung des Befehls werden solange maximale und minimale F/T-Werte erfasst, bis das System zurückgesetzt oder der Befehl deaktiviert wird. Die erfassten maximalen und minimalen Werte verbleiben in einem Pufferspeicher, bis sie durch den SC-Befehl gelöscht werden oder ein Rücksetzen des Systems erfolgt. Den QP-Befehl verwenden, um die in diesem Pufferspeicher abgelegten Werte auszulesen. Dieser Puffer kann bei aktiviertem oder deaktiviertem SP-Befehl abgefragt werden.

Format des Befehls SP *b*:

Benutzer: SP 1<CR>

Antwort: SP 1<CR><LF>
<ACK><ACK><CR><LF>
>

Der aktuelle Status des SP-Befehls wird übertragen, wenn der Wert *b* ausgelassen wird.

Format des Befehls SP:

Benutzer: SP<CR>

Antwort: SP<CR><LF>
<ACK>Peak monitoring enabled<CR><LF>
<ACK><CR><LF>
>

SC Sensor-Peaks löschen

Führt eine Vorbelastung von -9999 für die maximalen und von 9999 für die minimalen Werte durch. Dieser Befehl wird bei einem Rücksetzen des Systems ausgeführt. Wenn die Überwachung der Sensor-Peaks aktiviert ist und der SC-Befehl ausgegeben wird, wird der Pufferspeicher gelöscht und es werden neue minimale und maximale Werte erfasst (die Ausgabe des SC-Befehls führt nicht zur Deaktivierung der Peak-Überwachung).

Format des Befehls SC:

Benutzer: SC<CR>

Antwort: SC<CR><LF>
<ACK><ACK><CR><LF>
>

5.4.3 Weitere Sensorbefehle

CF d Communicate Fast (Schnelle Kommunikation)

$d=0$: Automatische SF-Optimierung ist deaktiviert; Standard.

$d=1$: Automatische SF-Optimierung ist aktiviert und SF wird nach Bedarf geändert.

$d=2$: Identisch mit $d=1$. Dient zur Gewährleistung der Abwärtskompatibilität mit älteren F/T Controllern.

$d=3$: Identisch mit $d=1$. Dient zur Gewährleistung der Abwärtskompatibilität mit älteren F/T Controllern.

Der Communicate Fast-Modus passt automatisch die interne Abtastfrequenz des F/T Controllers an (SF-Befehl), um die Datenausgaberate über den seriellen RS232-Port zu maximieren. Die Anpassungen basieren auf den aktuellen Einstellungen für die Baudrate (CB-Befehl), auf der Anzahl der Ausgabevektoren (CV-Befehl) und auf der Wahl des Modus CD A oder CD B.

Format des Befehls CF d :

Benutzer: CF 1<CR>

Antwort: CF 1<CR><LF>
<ACK><ACK><CR><LF>
>

Wenn ein Wert für d ausgelassen wird, gibt das System den aktuellen Status des CF-Befehls an.

Format des Befehls CF:

Benutzer: CF<CR>

Antwort: CF<CR><LF>
<ACK>Fast mode 1 enabled<CR><LF>
<ACK><CR><LF>
>

SM b Sensorüberwachung

$b=1$: Senden einer Fehlermeldung im Falle eines Sensorfehlers aktivieren; Standard.

$b=0$: Senden einer Fehlermeldung im Falle eines Sensorfehlers deaktivieren.

Der Befehl für Sensorüberwachung hat nur Auswirkung auf die Übertragung einer Fehlermeldung, die aufgrund eines Sensorfehlers gesendet wird. Die Leitung für Fehler-Flag und die LED für Funktionsbereitschaft („Health“) sind von diesem Befehl nicht betroffen; siehe [\(5.2, Seite 33\)](#). Ursachen für den Sensorfehler können Sättigung, ein getrenntes Sensorkabel oder ein beschädigter Sensor sein. Dieser Befehl ist standardmäßig aktiviert. Wenn bei aktiviertem SM-Befehl ein Sensorfehler auftritt, wiederholt sich kontinuierlich eine Fehlermeldung, bis der Fehler behoben oder deaktiviert wird.

Format des Befehls SM b :

```
Benutzer:  SM 0<CR>
Antwort:   SM 0<CR><LF>
           <ACK><ACK><CR><LF>
           >
```

Wenn ein Wert für b ausgelassen wird, gibt das System den aktuellen Status des SM-Befehls an.

Format des Befehls SM:

```
Benutzer:  SM<CR>
Antwort:   SM<CR><LF>
           <ACK>Sensor monitoring disabled<CR><LF>
           <ACK><CR><LF>
           >
```

SF d Abtastfrequenz des Sensors

Die Abtastfrequenz legt die interne Aktualisierungsrate des F/T Controllers fest. Der F/T Controller ist werkseitig auf den höchsten Wert eingestellt. Die Einstellung der Abtastfrequenz auf einen niedrigeren Wert sollte nur von erfahrenen Benutzern vorgenommen werden. Der Parameter d kann im Bereich von 6 bis 3336 liegen.

Format des Befehls SF d :

```
Benutzer:  SF
           950<CR>

Antwort:   SF           (Abtastfrequenz auf 950 Hz geändert)
           950<CR><
           LF>

           <ACK><AC
           K><CR><L
           F>

           >
```

Wenn ein Wert für d ausgelassen wird, gibt das System den aktuellen Status des SF-Befehls an.

Format des Befehls SF:

```
Benutzer:  SF<CR>

Antwort:   SF<CR><LF>

           <ACK>2500<CR><LF>

           <ACK><CR><LF>

           >
```

SA d Sensormittelwertbildung

Bildet einen gleitenden Durchschnitt der letzten d Abtastungen von Sensordaten. Dies kann nützlich sein, um die Auswirkungen von mechanischen Vibrationen und Trägheit zu verringern. Der Parameter d muss einen Wert von 0, 2, 4, 8, 16, 32, 64 oder 128 haben. Ein Wert von 0 deaktiviert die Mittelwertbildung.

Format des Befehls SA d :

```
Benutzer:  SA 4<CR>
Antwort:   SA 4<CR><LF>
           <ACK><ACK><CR><LF>
           >
```

Wenn ein Wert für d ausgelassen wird, gibt das System den aktuellen Status des SA-Befehls an.

Format des Befehls SA:

```
Benutzer:  SA<CR>
Antwort:   SA<CR><LF>
           <ACK>Averaging filtering on Filter
           = 4<CR><LF>
           <ACK><CR><LF>
           >
```

HINWEIS

Ein gleitender Durchschnitt wird wie folgt gebildet:

- Erforderliche Anzahl an Datensätzen erfassen (2, 4, 8, 16, 32, 64, or 128).
- Mittelwert der erfassten Datensätze berechnen.
- Berechneten Mittelwert ausgeben.
- Ältesten erfassten Wert löschen und durch einen neuen Wert ersetzen.
- Wieder zu Schritt 2 gehen und fortfahren.

SR *b* Reset Sensorspannungsschutz

Die Einstellung für den SR-Befehl kann durch Ausführung des RS-Befehls im Festspeicher abgelegt werden.

Der SR-Befehl steuert die Meldung E161 für Sensorkabelfehler, die erzeugt wird, wenn eine zu hohe Leistungsaufnahme am Sensor-Port gemessen wird. Bei Messung von zuviel Strom unterbricht der der F/T Controller automatisch die Spannungsversorgung zum Sensor-Port und schaltet sie anschließend in regelmäßigen Abständen wieder ein, um festzustellen, ob der Fehler behoben ist. Wenn der Fehler weiterhin besteht, wird die Spannungsversorgung wieder unterbrochen.

Format des Befehls SR *b*:

```
Benutzer:  SR 1<CR>
Antwort:   SR 1<CR><LF>
           <ACK><ACK><CR><LF>
           >
```

Wenn ein Wert für *b* ausgelassen wird, gibt das System den aktuellen Status des SR-Befehls an.

Format des Befehls SR:

```
Benutzer:  SR<CR>
Antwort:   SR<CR><LF>
           <ACK>Sensor cable monitor: ena-
           bled<CR><LF>
           <ACK><CR><LF>
           >
```

5.5 Digitale E/A-Befehle

([👉 6, Seite 77](#)) enthält eine vollständige Beschreibung der digitalen E/A. Die in diesem Abschnitt aufgeführten Befehle werden über den seriellen Port ausgegeben und beinhalten die Verwendung der digitalen E/A.

5.5.1 E/A-Verifizierung (ID, OD h)

Die nachstehenden Befehle sind nützlich für die Überprüfung der digitalen E/A-Verbindung. Siehe ([👉 6, Seite 77](#)) für Angaben zur Stiftbelegung und die elektrischen Spezifikationen.

ID Digitale Eingänge (Input Discrete)

Liest und zeigt den Status aller digitalen Eingangsleitungen an. Bei Ausgabe des ID-Befehls werden sieben Zeichen übertragen, die für den Status der Eingangsleitungen stehen.

Format des Befehls ID:

```
Benutzer:      ID<CR>
Antwort:      ID<CR><LF>
               <ACK><I3><I2><I1><I0><sp><M><B><CR>
               <LF>
               <ACK><CR><LF>
               >
<I3>    =   Eingangsbit 3, wobei 1 = Ein und 0 = Aus
<I2>    =   Eingangsbit 2
<I1>    =   Eingangsbit 1
<I0>    =   Eingangsbit 0
<M>      =   Überwachungseingang
<B>      =   Bias-Eingang
```

System- und Benutzerkommunikation

```
System and user communications
>ID
0100 10
>
```

Kommentare

Abfrage der digitalen Eingänge.

Eingangs-Bits 3, 1 und 0 auf „Aus“,
Überwachungsleitung auf „Ein“,
Bias-Leitung auf „Aus“.

Beispiel für einen ID-Befehl

OD h Digitale Ausgänge (Output Discrete)

Legt den Status aller digitalen Ausgänge sowie der Fehler-LED an der Frontseite des F/T Controllers gemäß der Hexadezimalzahl h fest, wobei der Wert von h wie folgt bestimmt wird:

Bit	Funktion
0	Digitales E/A Ausgangsbit 0
1	Digitales E/A Ausgangsbit 1
2	Digitales E/A Ausgangsbit 2
3	Digitales E/A Ausgangsbit 3
4	Digitale E/A Statusleitung
5	System-LED an der Frontseite des Controllers (0 = grün, 1 = rot)
6	Digitale E/A Statusleitung („Health“)

Format des Befehls OD h :

Benutzer: OD 4A<CR>
 Antwort: OD 4A<CR><LF> (4A = 01001010 binär, führt zur Aktivierung
 <ACK><ACK><CR><LF> der digitalen E/A Aus-
 > gangsbits 1, 3 und der
 > digitalen E/A Statuslei-
 tung („Health“)

Wenn ein Wert für h ausgelassen wird, gibt das System den aktuellen Status der OD-Bits an.

Format des Befehls OD:

Benutzer: OD<CR>
 Antwort: OD<CR><LF>
 <ACK>011 0010<CR><LF>
 <ACK><CR><LF>

**ACHTUNG**

Die Überwachungsbedingungen und die Werkzeug-Koordinatensysteme sind in einem flüchtigen Laufzeitspeicher abgelegt. Der Laufzeitspeicher wird nach dem Rücksetzen oder Einschalten des Systems aus dem permanenten Speicher heraus geladen. RS-Befehl (Run Save) verwenden, um eine Überwachungsbedingung oder ein Werkzeug-Koordinatensystem im permanenten Speicher abzulegen.

Nicht im permanenten Speicher abgelegte Änderungen gehen verloren.

- Schriftliche Kopie der Überwachungsbedingungen und Werkzeug-Koordinatensysteme für den Fall anlegen, dass die Daten versehentlich gelöscht werden oder das System abstürzt.

HINWEIS

Wenn die Leitung für den Funktionszustand („Health“) der digitalen E/A ausgeschaltet (d.h. nicht stromführend) ist, liegt ein Fehler an. Beispiele für Fehler sind eine durchgebrannte Sicherung, DMS-Sättigung, ein getrennter Sensor, abgeschaltetes System, usw. Wenn kein Fehler anliegt, ist die Leitung für Funktionszustand („Health“) eingeschaltet (d.h. stromführend).

**ACHTUNG**

Wenn der OD-Befehl (Output Discrete, Digitale Ausgänge) zum Ausschalten der Leitung für Funktionszustand („Health“) verwendet wird, darauf achten, die Leitung wieder einzuschalten, bevor sie zur Prüfung auf Systemfehler verwendet wird.

5.5.2 Befehle zur Kraftüberwachung (MC s, MD d, ML, MH b, MV h)



ACHTUNG

Die Anzeige des Funktionszustands immer überwachen. Die Überwachungsausgänge ignorieren, wenn ein Fehler anliegt. Ein Fehlerzustand wird durch Sättigung verursacht. Eine Sättigung kann zu sehr stark verfälschten Kraft- und Momentwerten führen. Wenn die Sättigung nicht überwacht und behoben wird, können angeschlossene Geräte auf Basis dieser Daten ein unberechenbares und gefährliches Verhalten entwickeln.

Der F/T Controller kann auf die Überwachung von Grenzwerten für Kraft- und Momentwerte programmiert werden. Die Grenzwerte werden mit dem MC-Befehl in Form von Aussagen (so genannten Überwachungsbedingungen) programmiert und in einem nicht-flüchtigen Speicher abgelegt. Die Befehle MD und ML dienen zum Löschen bzw. Auflisten der gespeicherten Überwachungsbedingung(en).

Die digitalen E/A werden verwendet, um die zu scannende(n) Überwachungsbedingung(en) auszuwählen und die gültig gewordenen programmierten Grenzwerte anzuzeigen, ([☞ 6, Seite 77](#)).

Der F/T Controller kann insgesamt bis zu 32 Überwachungsbedingungen speichern.

MC s Überwachungsbedingung erstellen (Monitor Create)

Die Einstellung für den MC-Befehl kann durch Ausführung des RS-Befehls im Festspeicher abgelegt werden.

Erzeugt eine Überwachungsbedingung s. Die Überwachungsbedingung setzt sich wie folgt zusammen:

- Eingangscode
- Grenzwertbedingung
- Ausgangscode

Eingangs- und Ausgangscodes bestehen aus einem 4-Bit-Binärcode (z. B. 0101) und nutzen die digitalen E/A-Leitungen;

([☞ 6, Seite 77](#)). Führende Nullen sind für die Ausgangs- oder Eingangs-codes nicht erforderlich (d.h. 0101 ist identisch mit 101). Der Eingangscode identifiziert die zu scannende Überwachungsbedingung. Der Ausgangscode dient dazu festzustellen, welche Überwachungsbedingungen während des Scan-Vorgangs wahr geworden sind.

Der Grenzwert ist eine Aussage, die drei Komponenten umfasst:

- 1 Kraft- oder Momentkomponente: Fr, Fx, Fy, Fz, Tr, Tx, Ty, Tz (siehe MV-Befehl für Hinweise zu Fr und Tr).
- 2 Zeichen für „größer als“ oder „kleiner als“: >, <
- 3 Grenzwert in Zähler-schritten; ([🔗 12, Seite 112](#)).

Eine Bedingung gilt als wahr, wenn sie zum Scannen ausgewählt wurde und die gemessenen Kraft- und Momentwerte die Grenzwertbedingungen erfüllen.

Format des Befehls MC s:

Benutzer: MC 1001/FZ>123/0101<CR>

Antwort: MC 1001/FZ>123/0101<CR><LF>
<ACK><ACK><CR><LF>
>

wobei:

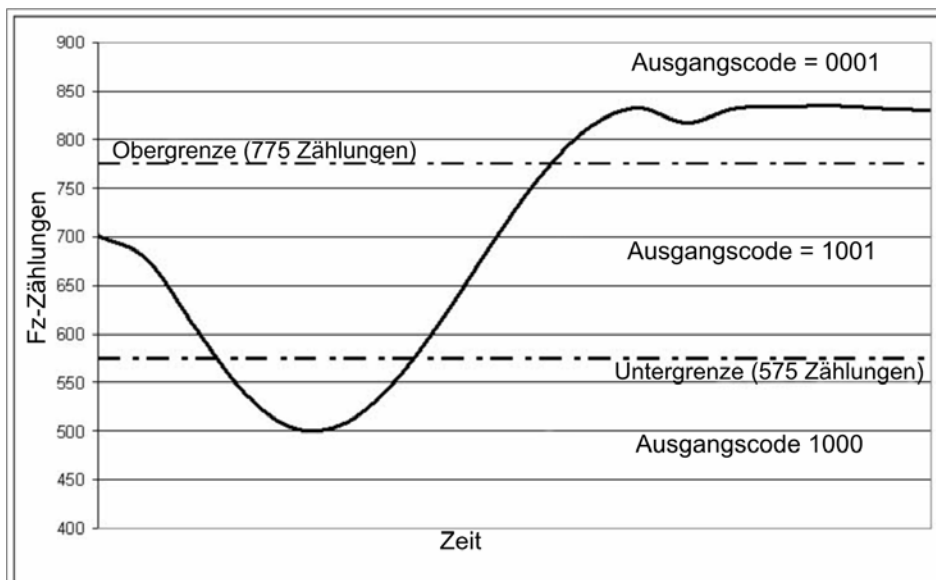
- MC ist der auf die Eingabeaufforderung hin eingetippte Befehl.
- 1001 ist der Eingangscode (um Bedingung zu aktivieren, sende E/A).
- FZ>123 ist die Grenzwertbedingung (wenn Fz größer ist als 123, dann ist diese Aussage wahr).
- 0101 ist der Ausgangscode (wird an die digitalen E/A gesendet, wenn die Grenzwertbedingung wahr ist).

Es ist einfach, mithilfe der Überwachungsbedingungen zu prüfen, ob Kraft- oder Momentwerte über- bzw. unterhalb eines voreinstellbaren Werts liegen. Überwachungsbedingungen können kombiniert werden, um verschiedene komplexe Zustände zu überprüfen.

Beispiel: Der Kraftsensor soll darauf geprüft werden, ob Fz (die Kraft entlang der Z-Achse) mehr als 575, aber weniger als 775 Zähler-schritte beträgt. Für die Implementierung müssen folgende Überwachungsbedingungen geschrieben werden:

MC 1101/FZ<775/1000

MC 1101/FZ>575/0001



Beispiel zur Korrelation des Ausgangscodes mit Zählschritten für die Überwachungsbedingung

Das Diagramm zeigt den auf dem Wert von Fz basierenden Ausgangscode. Es kann bestimmt werden, wann Fz zwischen 775 und 575 Zählschritten beträgt, indem der Eingangscode 1101 gesendet und auf den Ausgangscode 1001 gewartet wird. Der Ausgangscode 1000 bedeutet, dass Fz unterhalb der Untergrenze liegt; ein Ausgangscode von 0001 bedeutet, dass Fz oberhalb der Obergrenze liegt.

Jeder neu erstellten Überwachungsbedingung wird eine Aussagennummer zu gewiesen. Diese Aussagennummern können mit dem ML-Befehl abgerufen werden. Bei Eingabe einer ungültigen Überwachungsbedingung erscheint eine Fehlermeldung, und der Überwachungsbedingung wird keine Aussagennummer zugeordnet. Zur permanenten Speicherung von Änderungen der Überwachungsbedingungen muss der RS-Befehl verwendet werden.



ACHTUNG

Nicht vergessen, den RS-Befehl (Run Save) zu verwenden, um neue Überwachungsbedingungen im permanenten Speicher abzulegen.

MD d Überwachungsbedingung löschen (Monitor Delete)

Die Einstellung für den MD-Befehl kann durch Ausführung des RS-Befehls im Festspeicher abgelegt werden.

Löscht die Überwachungsbedingung, wobei *d* für die Aussagennummer von 1 bis 32 steht. Mit dem ML-Befehl wird die Aussagennummer ermittelt, die der Überwachungsbedingung zugeordnet ist, die gelöscht werden soll. MD * löscht *alle* gespeicherten Aussagen. Bei Verwendung von MD * wird eine Bestätigung erforderlich, dass alle Überwachungsbedingungen gelöscht werden sollen.

Format des Befehls MD *d*:

Benutzer: MD 3<CR> (Löscht Überwachungsbedingung 3.)

Antwort: MD 3<CR><LF>
<ACK><ACK><CR><LF>
>

System- und Benutzerkommunikation	Kommentare
>Mc 0001/Fy>245/0101	Neue Überwachungsbedingung
>mc 1/FY>245/101	Diese Überwachungsbedingung ist mit der ersten Aussage identisch.
>Mc 0111/Tx<789/1111	Dritte Überwachungsbedingung.
>ML	Hinweis: Bei Befehlen wird nicht zwischen Groß- und Kleinschreibung unterschieden. Alle Überwachungsbedingungen auflisten.
1) 0001/Fy>245/0101 2) 0001/Fy>245/0101	
3) 0111/Tx<789/1111	
>RS	Überwachungsbedingungen permanent speichern.
>MD *	Alle Überwachungsbedingungen löschen.
Delete all monitor conditions (Y/N)? Y	Bestätigung des Befehls.
>ml	
E129 No Monitor conditions (s)	Alle Überwachungsbedingungen auflisten.
>	Reaktion auf keine Bedingungen.

Beispiel zum Erstellen, Löschen und Auflisten von Überwachungsbedingungen

ML Überwachungsbedingungen auflisten (Monitor List)

Listet alle gespeicherten Überwachungsbedingungen (1 bis 32) einschließlich der jeweiligen Aussagennummern auf. Wenn keine Überwachungsbedingungen gespeichert sind, erscheint eine Fehlermeldung mit der Angabe, dass keine Überwachungsbedingungen existieren.

Format des Befehls ML:

Benutzer: ML<CR>

Antwort: ML<CR><LF>

```
<ACK>1)<monitor condi-  
tion><sp>..  
<sp>2)<monitor condi-  
tion>
```

(Die Liste setzt sich fort, bis alle Überwachungsbedingungen angezeigt werden.)

```
<ACK><CR><LF>
```

```
>
```

MH b Modus Überwachungs-Handshake (Monitor Handshake)

b=0: Handshaking für digitalen Überwachungseingang erforderlich; Standard.

b=1: Ausführung der Funktion für Überwachungsbedingungen ohne Handshake möglich.

Standardmäßig erfordert die Funktion für Überwachungsbedingungen, dass die digitale Eingangsleitung für Überwachung die Einsatzbereitschaft der Eingangsbedingung anzeigt. Sobald die Anzeige erfolgt ist, kann die Verarbeitung der Funktion für Überwachungsbedingungen beginnen. Wenn der Modus für Überwachungsbedingungen ohne Handshake aktiviert ist, dann wird der digitale E/A Eingangscode umgehend verarbeitet, unabhängig vom Status der Überwachungseingangsleitung.

Format des Befehls MH 1:

```
Benutzer:  MH 1<CR>
Antwort:   MH 1<CR><LF>
           <ACK><ACK><CR><LF>
           >
```

Wenn ein Wert für *b* ausgelassen wird, gibt das System den aktuellen Status des MH-Befehls an.

Format des Befehls MH:

```
Benutzer:  MH<CR>
Antwort:   MH<CR><LF>
           <ACK>Handshake-less Monitor Enabled
           <CR><LF>
           <ACK><CR><LF>
           >
```

MV h Vektorüberwachung (Monitor Vectors)

Wählt die einzelnen Achsen, die bei der Berechnung der resultierenden Vektoren F_r und T_r verwendet werden. Der resultierende Vektor ist die Quadratwurzel der Summe der Quadrate der gewählten Vektoren. Der Vektor F_r wird anhand der aktivierten Kraftachsen berechnet. Der Vektor T_r wird anhand der aktivierten Momentachsen berechnet. (Der QT-Befehl führt zur Ausgabe der aktuellen F_r - und T_r -Werte.)

Der Wert h ist eine Hexadezimalzahl, wobei jedes Bit für eine Kraft- oder Momentkomponente steht. Der Wert von h wird wie folgt bestimmt:

(Bits):	7	6	5	4	3	2	1	0
Aktivierte	0	0	Tz	Ty	Tx	Fz	Fy	Fx
Komponente:								

Beispiel:

Format des Befehls MV h :

Benutzer: MV 37<CR> (Aktiviert Tz, Ty und Fz, Fy, Fx.)

Antwort: 37 hex = 00110111
binary

Wenn ein Wert für h ausgelassen wird, gibt das System den aktuellen Wert von h an.

Format des Befehls MV h :

Benutzer: MV <CR>

Antwort: MV <CR><LF>
<ACK>37<CR><LF>
<ACK><CR><LF>

5.6 Befehle für Werkzeug-Koordinatensysteme

Die Standard-Kalibriermatrix löst Kraft- und Momentwerte in Bezug auf den Ursprung des Sensors auf. Mittels Tool-Transformationen können direkt die Kräfte und Momente gemessen werden, die an einem anderen Punkt als dem Ursprung des Sensors wirksam sind. Tool-Transformationen sind insbesondere dann hilfreich, wenn dieser Punkt als Kontaktpunkt zwischen dem Robotereffektor (Werkzeug) und dem bearbeiteten Objekt gewählt wird. Bei der Tool-Transformation kann das Koordinatensystem auch gedreht werden, um aufgelöste Kraft-/Momentkomponenten mit den natürlichen Achsen der aufgabenspezifischen Geometrie abzugleichen.

Der F/T Controller ermöglicht die Speicherung von bis zu vier Kalibriermatrizen. Werkseitig wird die Original-Kalibriermatrix installiert. Diese entspricht der Kalibrierung mit den Ausrichtungen für die X-, Y, und Z-Achse, die in den Sensorzeichnungen im F/T Sensorhandbuch, Abschnitt *F/T-Sensor – Installations-, Betriebs- und Spezifikationsanleitung* angegeben sind. Diese werkseitige Kalibriermatrix ist als Werkzeug-Koordinatensystem 0 gespeichert. Diese kalibrierte Ausrichtung kann geändert werden (Drehung oder Translation), indem mit dem TC-Befehl zu einer anderen Kalibriermatrix gewechselt wird. Mit dem TD-Befehl kann eines der Werkzeug-Koordinatensysteme gelöscht werden. Der RS-Befehl muss verwendet werden, um Änderungen an Werkzeug-Koordinatensystemem im Festspeicher abzulegen. Anderenfalls gehen die Änderungen bei einem Reset der Software oder der Hardware verloren.

HINWEIS

Mit einem F/T Controller können mehrere Sensoren genutzt werden. In bestimmten Sonderfällen ist die Speicherung mehrerer werkseitiger Kalibriermatrizen in einem F/T Controller möglich. Dank dieser Funktion kann ein F/T Controller 1-4 Sensoren steuern, allerdings nicht gleichzeitig. Mit dem TF-Befehl (Tool Frame) kann zwischen den einzelnen Matrizen gewechselt werden. Weitere Informationen sind von SCHUNK erhältlich.

HINWEIS

Alle Betriebsspezifikationen des Sensors beziehen sich ausschließlich auf den werkseitigen Koordinatenursprung. Hierzu zählen der Messbereich, die Auflösung und die Genauigkeit des Sensors. Die Betriebsspezifikationen des Sensors an einem kundenseitig angewandten Ursprung unterscheiden sich von den Spezifikationen am werkseitigen Ursprung.

5.6.1 Auswahl, Auflistung und Löschen von Werkzeug-Koordinatensystemen (TF d, TL, TD d)

TF d Auswahl eines Werkzeug-Koordinatensystems

Die Einstellung für den TF-Befehl kann durch Ausführung des RS-Befehls im Festspeicher abgelegt werden.

Dieser Befehl wählt ein Werkzeug-Koordinatensystem im Laufzeitspeicher, $d = 0, 1, 2$ oder 3 . Die Original-Kalibriermatrix ist unter Position 0 gespeichert. Wenn das gewählte Koordinatensystem nach einem Software- oder Hardware-Reset neu gestartet werden soll, nach Auswahl des Werkzeug-Koordinatensystems einen RS-Befehl senden.

Format des Befehls TF d :

Benutzer: TF 1<CR>

Antwort: TF 1<CR><LF>

<ACK><ACK><CR><LF> (Werkzeug-
> Koordinatensystem 1 gewählt)
>

Wenn ein Wert für d ausgelassen wird, gibt das System den aktuellen Status des TF-Befehls an.

Format des Befehls TF:

Benutzer: TF<CR>

Antwort: TF<CR><LF>

<ACK>1) TEST1 , 0, 100, 0, 0, 0,
900<CR><LF>

<ACK><CR><LF>

>

Als erstes wird die Nummer des Werkzeug-Koordinatensystems „1“ angezeigt, als zweites der Name und als zuletzt die Werte für Translation und Rotation; siehe TD-Befehl.

HINWEIS

Bei Wahl eines neuen Werkzeug-Koordinatensystems werden etwaige Bias-Punkte geändert. Dies kann dazu führen, dass die Ausgabedaten fehlerhaft erscheinen, falls Ausgabedaten relativ zu einem vor der Auswahl des Werkzeug-Koordinatensystems durchgeführten Bias erwartet werden.

TL Werkzeug-Koordinatensysteme auflisten

Dieser Befehl listet die vier verfügbaren Werkzeug-Koordinatensysteme auf. Die Auflistung umfasst einen aus sechs Zeichen bestehenden Namen und sechs Ganzzahlen, die für Rotations- und Translationscodes zur Änderung der Original-Kalibriermatrix stehen.

Format des Befehls TL:

Benutzer: TL<CR>

Antwort: TL<CR><LF> (Anzeige von Beispielwerten)

<ACK>0) 0, 0, 0, 0, 0, 0<CR><LF>

FT0000 ,

1) TEST1 , 0, 100, 0, 0, 0, 900 <CR><LF>

2) 0, 0, 0, 0, 0, 0<CR><LF>

3) 0, 0, 0, 0, 0, 0<CR><LF>

<ACK><CR><LF>

>

TD d Speichern eines Werkzeug-Koordinatensystems

Die Einstellung für den TD-Befehl kann durch Ausführung des RS-Befehls im Festspeicher abgelegt werden.

Dieser Befehl löscht ein Werkzeug-Koordinatensystem aus dem Laufzeitspeicher, $d = 1, 2$ oder 3 . Den RS-Befehl verwenden, um die Daten aus dem Laufzeitspeicher im Festspeicher abzulegen. Es kann auch $d = *$ (Sternchen) angegeben werden, um alle Werkzeug-Koordinatensysteme außer der unter Position 0 gespeicherten Kalibriermatrix zu löschen. Bei Verwendung von „TD *“ erscheint folgende Frage: „Delete all tool frames (Y/N)?“ (Alle Werkzeug-Koordinatensysteme löschen (J/N)?). Es kann weder das Werkzeug-Koordinatensystem 0 noch das derzeit verwendete Werkzeug-Koordinatensystem gelöscht werden.

Format des Befehls TD d :

Benutzer: TD 1<CR>

Antwort: TD 1<CR><LF> (Werkzeug-Koordinatensystem 1 löschen)

<ACK><ACK><CR><LF>

>

5.6.2 Erstellen eines Werkzeug-Koordinatensystems (TC d, s, x, y, z, R, P, Y)

(TC d, s, x, y, z, R, P, Y) Erstellen eines Werkzeug-Koordinatensystems

Die Einstellung für den TC-Befehl kann durch Ausführung des RS-Befehls im Festspeicher abgelegt werden.

Ermöglicht die Verschiebung und/oder Drehung des Referenz-Koordinatensystems des Sensors, indem die Offset-Werte vom derzeit gewählten Koordinatensystem aus spezifiziert werden. Der Parameter *d* (1, 2 oder 3) steht für die Position, unter der die neu erstellte Kalibriermatrix gespeichert werden soll (den RS-Befehl verwenden, um sie vom Laufzeitspeicher in den Festspeicher zu übertragen). Die Matrix kann nicht unter der Position für Werkzeug-Koordinatensystem 0 gespeichert werden, da hier die werkseitige Kalibrierung gespeichert und diesbezügliche Änderungen nur im Werk möglich sind. Wenn versucht wird, eine neu erstellte Kalibriermatrix unter der Position für Werkzeug-Koordinatensystem 0 zu speichern, erhalten man eine Fehlermeldung. Es kann auch kein neues Werkzeug-Koordinatensystem unter der derzeit gewählten Position erstellt werden (Wenn versucht wird, eine neue Kalibriermatrix für Werkzeug-Koordinatensystem 1 zu erstellen, darf das aktuelle Werkzeug-Koordinatensystem nicht 1 lauten. Stattdessen muss 0, 2 oder 3 gewählt sein, sofern definiert). Das neu erstellte Werkzeug-Koordinatensystem wird aus dem derzeit gewählten Werkzeug-Koordinatensystem heraus angelegt.

Die Zeichenfolge *s* stellt einen Namen dar, der diesem Werkzeug-Koordinatensystem zugeordnet ist und 1-6 Zeichen umfasst.

Die Ganzzahlen *x*, *y* und *z* stehen für die Translationsabstände entlang der einzelnen Achsen. Um Werte für diese Zahlen abzuleiten, den Ist-Abstand durch den Tool-Transformations-Faktor dividieren. Der Tool-Transformations-Faktor für die Sensorkalibrierung ist im *F/T-Sensorhandbuch, Sensor-Abschnitt, F/T-Sensor – Installations-Betriebs- und Spezifikationsanleitung* und in der Tabelle *CON Kalibrierspezifikationen* für das Sensormodell angegeben. Der Faktor kann auch anhand dieser Formel ermittelt werden:

$$\text{Tool-Transformations-Faktor} = \frac{\text{Kraftzählungswert}}{\text{Momentzählungswert}} \div 100$$

Beispiel: Der Wert für die Translation eines metrischen Nano17 Koordinatensystems um 0,8 mm würde wie folgt lauten:

$$\frac{0,8 \text{ mm}}{0,05 \text{ mm/Einheit}} = 16 \text{ Einheiten}$$

Die Ganzzahlen R, P und Y (Rollen, Neigen und Gieren) stehen für eine Drehung von 1/10 Grad um die X-, Y- bzw. Z-Achse (bei P = 100 beispielsweise wird das Koordinatensystem um 10° um die Y-Achse gedreht). Bei einer Tool-Transformation spielt die Reihenfolge der Drehungen eine Rolle. Zunächst erfolgt die Drehung um die X-Achse, gefolgt von der Drehung um die Y-Achse (in der neuen Ausrichtung) und schließlich von der Drehung um die Z-Achse. Deshalb **müssen** die gewünschten Drehungen in dieser Reihenfolge angegeben werden. die Rechte-Hand-Regel anwenden, um die positive und negative Drehung zu ermitteln. Beispiel für die Anwendung der Rechte-Hand-Regel: Wenn Ihr Daumen entlang der positiven Achse zeigt, um die eine Drehung erfolgen soll, dann weisen Ihre Finger in die positive Drehrichtung.

Beispiel: Wir möchten den Ursprung unseres Gamma-Sensors (US-Einheiten) um -1 Zoll in der Richtung der X-Achse und um 6 Zoll in Richtung der Z-Achse verschieben. Wir möchten außerdem eine Drehung von -90° um die X-Achse und anschließend von 5,3° um die Z-Achse vornehmen. Wir speichern diese Kalibrierung unter der Position von Werkzeug-Koordinatensystem 2 und nennen sie STORE2.

Format des Befehls TC d, s, x, y, z, R, P, Y:

Benutzer: TC 2, STORE2, -100, 0, 600, -900, 0, 53<CR>

Antwort: TC 2, STORE2, -100, 0, 600, -900, 0, 53<CR><LF>

<ACK><ACK><CR><LF>

>



ACHTUNG

Nicht vergessen, den RS-Befehl (Run Save) zu verwenden, um neue Werkzeug-Koordinatensysteme im permanenten Speicher abzulegen.

5.6.3 Sensor des Werkzeug-Koordinatensystems (TT)

TT Sensor des Werkzeug-Koordinatensystems (Tool frame Transducer)

Zeigt die Seriennummer des Sensors an, auf dem das derzeit gewählte Werkzeug-Koordinatensystem basiert. Dieser Befehl ist nützlich zur Nachverfolgung des Ursprungs eines gegebenen Werkzeug-Koordinatensystems.

Format des Befehls TT:

Benutzer: TT<CR>

Antwort: TT<CR><LF>

<ACK>FT1 (Werkzeug-Koordinatensystem für den
234<CR><LF> Sensor FT1234)

<ACK><CR>
><LF>

>

5.7 Weitere F/T-Befehle

5.7.1 Start-Pufferspeicher für Zip-Makro erstellen (ZC 0, "s")

ZC 0, "s" Zip-Makro erstellen

Erstellt einen Pufferspeicher mit Befehlen, s, die beim Einschalten oder Rücksetzen des Systems nacheinander ausgeführt werden. Die Befehle müssen durch Semikolon getrennt sein. Die Pufferdaten werden im permanenten Speicher abgelegt (der RS-Befehl ist nicht erforderlich).

Format des Befehls ZC 0,"s":

```
Benutzer:  ZC 0, "SA4;SB"<CR>
Antwort:   ZC 0, "SA4;SB"<CR><LF>
           <ACK><ACK><CR><LF>
           >
```

Wenn der ZC-Befehl ohne Parameter verwendet wird, wird der Start-Pufferspeicher angezeigt.

Format des Befehls ZC:

```
Benutzer:  ZC<CR>
Antwort:   ZC<CR><LF>
           <ACK> SA 4;SB;<CR><LF>
           <ACK><CR><LF>
           >
```

Zum Löschen des Pufferspeichers, eine leere Befehlszeichenfolge eingeben: ZC 0,""<CR>

5.7.2 Warmstart (^W)

^W (Strg-W) Warmstart

Setzt das System zurück. Identische Wirkung wie das Betätigen der Resettaste. Beim Start erscheint eine Kopfzeilenmeldung, die folgende Bestandteile umfasst:

- Position und Name des derzeit gewählten Werkzeug-Koordinatensystems
- Seriennummer des zum Werkzeug-Koordinatensystem gehörenden Sensors
- Sensormodell, Kalibrierung und Distanzeinheiten des Werkzeug-Koordinatensystems
- Firmware-Version des F/T Controllers
- Copyright-Hinweis

Beispiel: Werkzeug-Koordinatensystem 1 ist geladen. Es basiert auf einem US-15-50 kalibrierten Gamma-Sensor, Seriennummer FT1234. Der Name von Werkzeug-Koordinatensystem 1 lautet „JOB012“. Der F/T Controller verfügt über die Firmware-Version 7.3. Das Copyright wurde 2004 vergeben.

Eingabe durch den Benutzer: ^W

<CR><LF>

<XON><CR><LF>

F/T Force and Torque Sensor System, Version 7.3

ATI Industrial Automation, Inc., www.ati-ia.com

Copyright 2004. All Rights Reserved.

Tool Frame 1 (JOB012) loaded: FT1234 GAM-MA/US-15-50 (1.000e-2 in/unit)<CR><LF>

<CR><LF>

>

5.7.3 <XON> und <XOFF> (^Q, ^S)

Der Software-Handshake (<XON>/<XOFF>) ist für die gesamte ASCII-Kommunikation mit Ausnahme von Binär-Kommunikation implementiert.

- ^Q <XON>

- ^S <XOFF>

Beim Einschalten oder Rücksetzen des Systems ignoriert der F/T Controller jegliche zuvor empfangenen <XOFF> Signale und beginnt mit der Übertragung von Daten. Der F/T Controller überträgt außerdem ein <XON>, um jegliche zuvor übertragene <XOFF> zu löschen, damit der Empfang von Daten möglich wird.

5.7.4 Laufzeitspeicherdaten ablegen und neu laden (RS, RL)

Der RS-Befehl legt im Laufzeitspeicher (auch als Arbeitsspeicher bezeichnet) vorgenommene Änderungen im Festpeicher ab. Wenn nach einer Änderung des Werkzeug-Koordinatensystems kein RS-Befehl ausgeführt wird, gehen die Änderungen im Falle eines Software- oder Hardware-Resets verloren.

RS Laufzeitspeicherdaten im Festspeicher ablegen

Der RS-Befehl legt Daten zu im Laufzeitspeicher (Arbeitsspeicher) durchgeführten Löscho- oder Einfügevorgängen im Festspeicher ab. Wenn nach einer Änderung des Werkzeug-Koordinatensystems kein RS-Befehl ausgeführt wird, gehen die Änderungen im Falle eines Software- oder Hardware-Resets verloren.

Format des Befehls RS:

Benutzer: RS<CR>

Antwort: RS<CR><L (Laufzeitspeicherdaten werden im
F> Festspeicher abgelegt)

<ACK><ACK>
<CR><L
F>

>

**ACHTUNG**

Neue Überwachungsbedingungen und die Werkzeug-Koordinatensysteme sind in einem flüchtigen Laufzeitspeicher abgelegt. Der Laufzeitspeicher wird nach dem Rücksetzen oder Einschalten des Systems aus dem permanenten Speicher heraus geladen. Den RS-Befehl (Run Save) verwenden, um eine Überwachungsbedingung oder ein Werkzeug-Koordinatensystem im permanenten Speicher abzulegen. Nicht im permanenten Speicher abgelegte Änderungen gehen verloren. Eine schriftliche Kopie der Überwachungsbedingungen und Werkzeug-Koordinatensysteme für den Fall anlegen, dass die Daten versehentlich gelöscht werden oder das System abstürzt.

5.7.5 Kommentarbefehl (%)

Jede Eingabezeile, die mit einem Prozentzeichen (%) beginnt, wird ignoriert. Dieser Befehl ist nützlich für Kommentardateien zu Befehlen.

Format des Befehls %:

Benutzer: % This is a com-
 ment<CR>

Antwort: % This is a com- (ignoriert)
 ment<CR><LF>

<ACK><ACK><CR><LF>
>

>

5.7.6 Befehl HELP (Hilfe)

Der Hilfe-Befehl listet eine Übersicht über die verfügbaren Befehle auf. Die Auflistung wird regelmäßig unterbrochen, damit der Benutzer die Eingabe fortsetzen oder die Auflistung stoppen kann. Die Hilfe-Liste ist über die Befehle „HELP“, „H“ and „?“ verfügbar.

Format des Befehls HELP:

Benutzer: HELP<CR>

Antwort: HELP<CR><LF><ACK>

[x] - Optional Argument;
x|y - x or y are valid arguments<CR><LF>

Communication Data Mode Commands<CR><LF>

CD A CD Express data in human-readable numbers<CR><LF>

CD B CD Binary: Express data in machine-readable numbers<CR><LF>

. . .
. . .

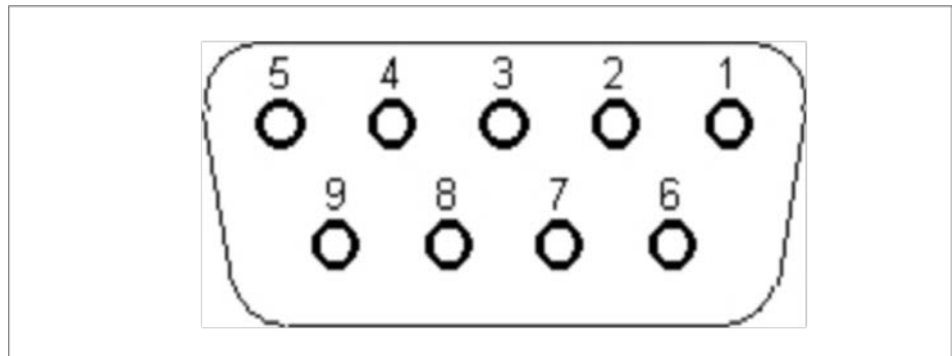
Hit ENTER, the space bar, or C to continue, anything else to stop:

6 Serielle und digitale E/A

6.1 Pin-Belegung der seriellen und digitalen E/A

6.1.1 Pin-Belegung der seriellen E/A

Der serielle RS232-Port ist als 9-polige D-Sub-Buchse in 3-Leiter-Technik ausgeführt.



Serieller E/A-Port von der Rückseite des F/T Controllers aus gesehen

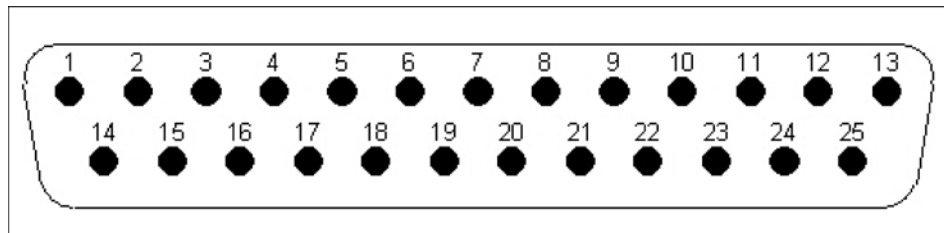
Pin-Belegung der seriellen RS232 E/A-Buchse

Pin	Signal
1	N/A
2	Senden
3	Empfangen
4	Reserviert
5	Masse
6	N/A
7	N/A
8	N/A
9	N/A

N/A = Nicht angeschlossen

6.1.2 Pin-Belegung der digitalen E/A

Der digitale E/A-Port ist als 25-poliger D-Sub-Stecker ausgeführt.



Digitaler E/A-Port von der Rückseite des F/T Controllers aus gesehen

Pin	Signal	Beschreibung
1	+ Eingangsbit 0	
14	- Eingangsbit 0	
2	+ Eingangsbit 1	Eingangsleitungen werden als Nybble gelesen zur Anzeige,
15	- Eingangsbit 1	welche Überwachungsbedingung(en) gescannt werden soll(en).
3	+ Eingangsbit 2	Die Eingangsleitungen werden nur gelesen, wenn die
16	- Eingangsbit 2	Überwachungsleitung von LOW auf HIGH gesetzt wird.
4	+ Eingangsbit 3	
17	- Eingangsbit 3	
5	+ Ausgangsbit 0	
18	- Ausgangsbit 0	
6	+ Ausgangsbit 1	Die Ausgangsleitungen stellen ein Nybble dar zur Anzeige,
19	- Ausgangsbit 1	welche Überwachungsbedingung(en) ausgelöst wurde(n).
7	+ Ausgangsbit 2	Die Ausgangsleitungen sind nur gültig, wenn die Statusleitung
20	- Ausgangsbit 2	auf HIGH gesetzt ist.
8	+ Ausgangsbit 3	
21	- Ausgangsbit 3	
9	+ Überwachung	Zeigt an, dass die Eingangsleitungen eingerichtet sind, und beginnt
22	- Überwachung	mit dem Scannen der Überwachungsbedingung(en).
10	+ Status	Zeigt an, dass die Ausgangsleitungen eingerichtet sind und
23	- Status	(eine) Überwachungsbedingung(en) ausgelöst wurde(n).
11	+ Bias	Bei Auftreten einer steigenden Flanke (Übergang von LOW zu HIGH)
24	- Bias	wird ein Bias-Befehl ausgeführt.
12	+ Health	Fehlerleitung. Die Leitung ist normalerweise auf HIGH gesetzt
25	- Health	und wechselt zu LOW, wenn ein Fehler auftritt. Umgekehrte Funktionsweise
13	Reserviert	wie bei der Health-LED.

6.2 Beschreibung der seriellen E/A

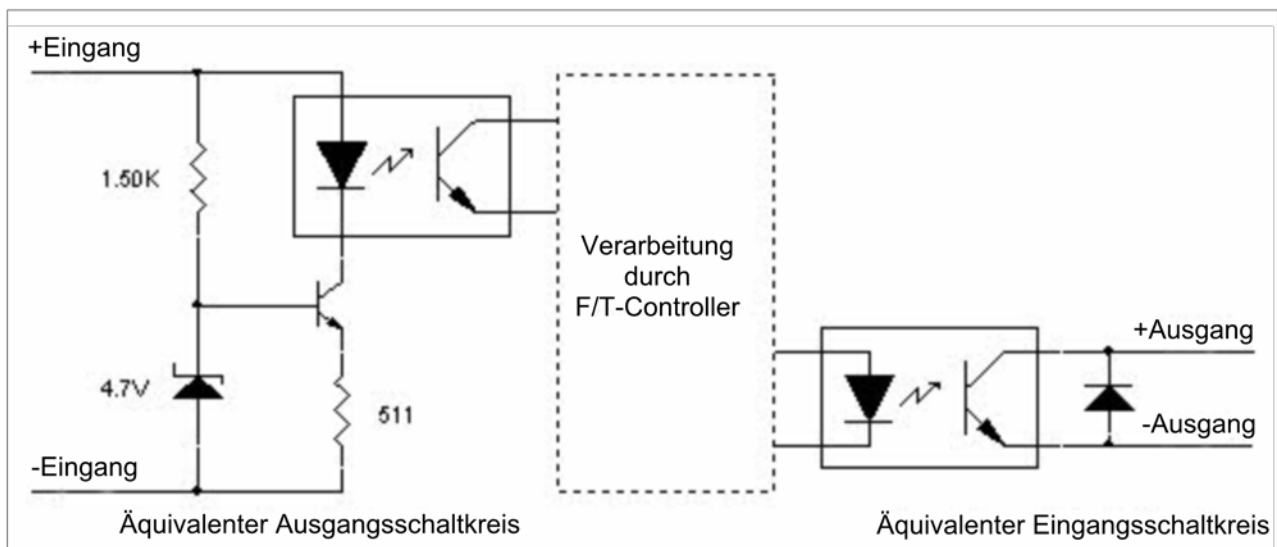
Der serielle E/A-Port verwendet das RS232-Format mit 8-Bit-Übertragung, ohne Parität, mit einem Stopp-Bit und wählbarer Baudrate (1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600 und 115200). Siehe [\(2, Seite 10\)](#) für Beispiele zum Anschluss des seriellen Ports.

6.3 Beschreibung der digitalen E/A

Die digitalen E/A-Signale sind optoentkoppelt und erfordern eine externe Spannungsversorgung. Ausgangssignale sind intern durch Dioden zur Unterdrückung von Spannungsspitzen geschützt. Nachstehend sind typische Ein- und Ausgangsanschlüsse mit Zeitdiagramm dargestellt.

Der digitale E/A-Port hat drei Hauptfunktionen: Überwachungsbedingungen, Leitung für Funktionsbereitschaft („Health“) und Bias-Leitung. Diese Funktionen werden im weiteren Verlauf des Abschnitts beschrieben.

6.3.1 Typische Eingangs- und Ausgangsanschlüsse



Digitales E/A-Schaltschema

6.3.2 Überwachungsbedingungen

Die digitalen E/A arbeiten zur Anzeige von Kraft-/Momentgrenzwerten mit den Überwachungsbedingungen, die in [\(☞ 5.5.2, Seite 59\)](#) beschrieben sind. Auf diese Weise wird die Programmierung erheblich vereinfacht. Zur Nutzung der Überwachung muss der Benutzer einen Handshake mit den digitalen E/A-Leitungen für Eingabe, Ausgabe, Status und Überwachung ausführen.

Der Benutzer muss außerdem jederzeit die Leitung zur Anzeige der Funktionsbereitschaft [\(☞ 6.3.4, Seite 84\)](#) überwachen. Die Umschaltung dieser Leitung auf LOW weist darauf hin, dass ein Fehler vorliegt und die Gefahr einer Beschädigung des Sensors besteht.

Die **Eingangs**leitungen ermöglichen die Auswahl der zu scannenden Überwachungsbedingungen.

Die **Ausgangs**leitungen zeigen an, welche Überwachungsbedingungen ausgelöst wurden.

Die **Überwachungs**leitung weist den F/T Controller an, diejenigen Überwachungsbedingungen zu scannen, deren Eingangscode mit den Eingangsleitungen übereinstimmt.

Die **Status**leitung gibt an, dass eine oder mehrere Überwachungsbedingungen ausgelöst wurden. Wenn die Statusleitung aktiviert wird, befindet sich ein gültiger Ausgangscode auf den Ausgangsleitungen.

Digitalen E/A zum Scannen auf ausgelöste Überwachungsbedingungen verwenden:

Überwachungsbedingungen eingeben. Hierzu die in [\(☞ 5.5, Seite 56\)](#) aufgeführten Befehle verwenden.

Eingangscode der Überwachungsbedingung(en), die gescannt werden soll(en), an die Eingangsleitungen anlegen. Siehe hierzu die Stiftbelegung in der Tabelle *Stiftbelegung des digitalen E/A-Steckers*.

Überwachungsleitung auf LOW setzen, falls sie auf HIGH gesetzt ist. Falls die Statusleitung auf HIGH gesetzt ist, warten Sie, bis die Leitung auf LOW wechselt.

Überwachungsleitung auf HIGH setzen, um anzuzeigen, dass ein gültiger Eingangscode vorliegt. Die Eingangsleitungen werden ausgelesen, nachdem die steigende Flanke der Überwachungsleitung registriert wurde. Siehe das Zeitdiagramm in der Abbildung *Zeitdiagramm für digitale E/A*.

Während die Überwachungsleitung auf HIGH gesetzt ist, werden die gewählten Überwachungsbedingungen auf wahre Bedingungen gescannt. Wird eine Bedingung wahr, dann wird der Ausgangscode dieser Überwachungsbedingung an die Ausgangsleitung der digitalen E/A angelegt. Bei Auslösung mehrerer Ausgangscodes gibt das F/T-System die logische OR-Bedingung der ausgelösten Ausgangscodes aus.

Beispiel: Es werden drei Ausgangscodes ausgelöst: 0010, 1000, 1100

0010

1000

v 1100

1110

(„V“ ist das mathematische Symbol für die logische OR-Bedingung.) Der Code 1110 wird an die digitalen Ausgangsleitungen gesendet.

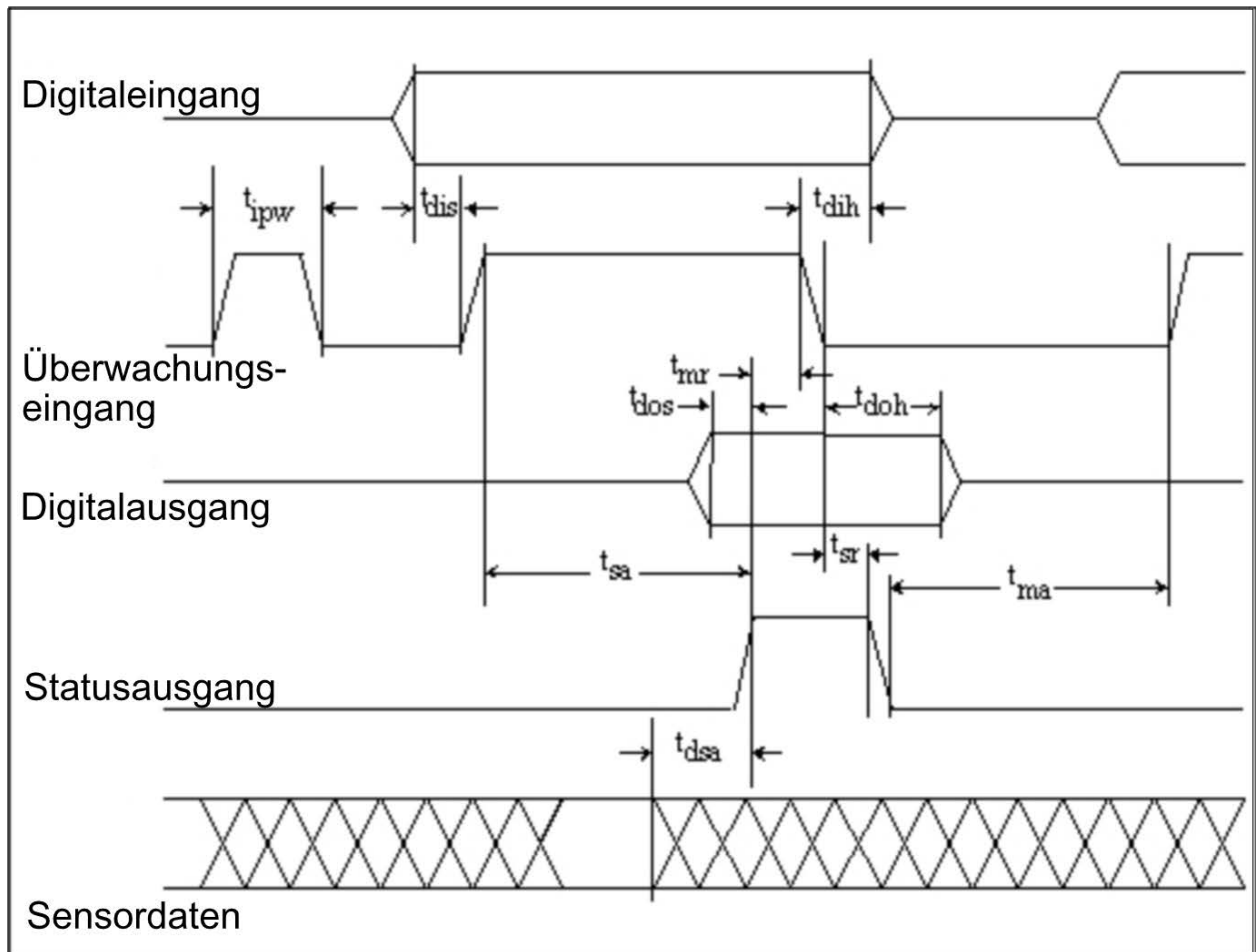
Sobald der Ausgangscode anliegt, aktiviert das System die Statusleitung. **Die Überwachungsbedingungen werden nicht mehr gescannt**, solange die Statusleitung aktiv ist.

Nach Auslesen des Ausgangscodes muss die Überwachungsleitung auf LOW gesetzt werden.

Wenn das F/T-System feststellt, dass die Überwachungsleitung auf LOW gesetzt ist, löscht es den Ausgangscode vom digitalen E/A-Port und setzt die Statusleitung auf LOW.

Schritte *b* bis *j* so oft wie erforderlich wiederholen.

6.3.3 Zeitdiagramm für digitale E/A



Zeitdiagramm für digitale E/A

Zeitmerkmale für digitale E/A

Symbol	Parameter	Hinweise	Min.	Max.	Einheiten
t_{dis}	Einrichtung digitaler Eingang	Nicht von Befehlen betroffen	0,00		ms
t_{sa}	Überwachungsaktivierung zu Statusaktivierung	1 Überwachungsbedingung	0,03	$1/SF+0,09$	ms
		32 Überwachungsbedingungen	0,10	$1/SF+0,09$	ms
t_{dsa}	Sensordaten zu Statusaktivierung	1 Überwachungsbedingung	0,40	$1/SF+0,5$	ms
		32 Überwachungsbedingungen	0,46	$1/SF+0,5$	ms
t_{dos}	Einrichtung digitaler Ausgang	Nicht von Befehlen betroffen	0,00	0,01	ms
t_{mr}	Statusaktivierung zu Überwachungsfreigabe	Nicht von Befehlen betroffen	0,00		ms
t_{dih}	Stopp digitaler Eingang	Nicht von Befehlen betroffen	0,00		ms
t_{sr}	Überwachungsfreigabe zu Statusfreigabe	1 Überwachungsbedingung	0,03	0,08	ms
		32 Überwachungsbedingungen	0,03	0,13	ms
t_{doh}	Stopp digitaler Ausgang	Nicht von Befehlen betroffen	0,00	$1/SF$	ms
t_{ma}	Statusfreigabe zu Überwachungsaktivierung	Nicht von Befehlen betroffen	0,00		ms
t_{ipw}	Ignorierte Pulsbreite	Nicht von Befehlen betroffen	0,00	$1/SF \times 0,9 + 0,08$	ms

HINWEIS

- Die Signale werden am digitalen E/A-Stecker gemessen.
- $1/SF$ ist der reziproke Wert der aktuellen Abtastfrequenz (siehe SF-Befehl)

6.3.4 Leitung für Funktionsbereitschaft („Health“)

Diese Leitung wird in Verbindung mit der Health-LED an der Frontseite des F/T-Controllers verwendet. Im normalen Betriebszustand des F/T-Systems ist die Health-Leitung geschlossen und die *System*-LED an der Frontseite blinkt grün. Bei einem Fehler im F/T-System, wie z. B. Sättigung, wird die Health-Leitung geöffnet und die *System*-LED an der Frontseite blinkt rot. Die Geschwindigkeit, mit der die *System*-LED blinkt, ist nur ein Hinweis auf die Verarbeitungslast des Systems.

6.3.5 Bias-Leitung

Diese Leitung dient zur Durchführung eines Bias im F/T-System. Die Funktionsweise ist identisch mit der Ausführung des SB-Befehls. Ein Bias erfolgt bei einem Übergang von LOW auf HIGH. Das Entfernen eines Bias über die digitalen E/A ist nicht vorgesehen.

Eine gängige Anwendung wäre beispielsweise die Durchführung eines Bias am aufgelösten Kraftvektor unmittelbar vor der Auswertung der Kraft- und Momentwerte. Der Bias eliminiert Drift und sorgt für die Genauigkeit der Kraft- und Momentwerte.

6.4 Serielle und digitale E/A – Elektrische Eigenschaften

6.4.1 Serielle E/A – Elektrische Eigenschaften

Absolute Maximalnennwerte

Eingangsleitungen (Empfangen)

$$V_i = \pm 30V$$

n

Kurzschlussdauer der Ausgangsleitungen (Senden)

$$t = \infty$$

Serielle E/A – Elektrische Eigenschaften

Parameter	Bedingungen	Min.	Typ.	Max.	Einheiten
Ausgangsspannungshub	3 kΩ Last	±5	±9		V
Ausgangs-Kurzschlussstrom			±10	±60	mA
Eingangsspannungsbereich		-30		+30	V
Eingangsspannungsgrenzwert LOW	TA = 25 °C	0,6	1,5		V
Eingangsspannungsgrenzwert HIGH	TA = 25 °C		1,7	2,4	V
Eingangs-Hysteresis		0,2	0,5	1,0	V
Eingangswiderstand		3	5	7	kΩ

6.4.2 Digitale E/A – Elektrische Eigenschaften

Absolute Maximalnennwerte

Eingangsleitungen (Eingangsbits 0, 1, 2, 3, Überwachung und Bias)

$$V_{in} = -24,0 \text{ V bis } 26,5 \text{ V}$$

$$I_{in} = -85,0 \text{ mA bis } 65,0 \text{ mA}$$

Ausgangsleitungen (Ausgangsbits 0, 1, 2, 3, Status und Health)

$$V_{ce} = -7,0 \text{ V bis } 55,0 \text{ V}$$

$$I_c = 50,0 \text{ mA}$$



ACHTUNG

Die absoluten Maximalnennwerte nicht überschreiten.
Es besteht die Gefahr bleibender Schäden am F/T Controller.

Digitale E/A – Elektrische Eigenschaften

Parameter	Bedingungen	Min.	Typ.	Max.	Einheiten
Eingangsspannungsbereich	Benutzers. Versorgungsspannung	10,0		24,0	V
Eingangsspannungsgrenzwert LOW	$I_{in} \leq 1,1 \text{ mA}$		1,6		V
Eingangsspannungsgrenzwert HIGH	$I_{in} \geq 1,1 \text{ mA}$		1,7		V
Ausgangsspannungsbereich		10,0		24,0	V
Ausgangsstromverlust					
Ausgangskollektorstrom	$V=10 \text{ V}, R_L=1,0 \text{ k}\Omega$		11,2		mA
	$V=24 \text{ V}, R_L=1,0 \text{ k}\Omega$		20,9		mA

7 Analogausgang

7.1 Einleitung

Der Analogausgang ermöglicht dem Benutzer die Ausgabe von F/T-Daten durch den F/T Controller mit höherer Geschwindigkeit als über den seriellen RS232 Standard-Port. Die sechs Ausgänge der analogen Schnittstelle geben grundsätzlich aufgelöste F/T-Werte aus; DMS-Rohdaten können nicht über den Analogausgang gesendet werden.

7.2 Beschreibung des Analogausgangs

Der Analogausgangs-Port liefert analoge Spannungen, die Sensordaten entsprechen. Die ausgegebenen Spannungen stehen für aufgelöste Datenstreams; die Funktionsweise ist ähnlich wie die des **QS**-Befehls. Die 26-polige, D-Sub-Buchse bietet je nach Einstellung des **CR**-Befehls einen Spannungsbereich von $\pm 5V$ oder $\pm 10V$. Wir empfehlen, für die Anschlüsse an den analogen Port verdrehte Leiterpaare zu verwenden, um potenzielle analoge Störgeräusche (Rauschen) zu reduzieren.

Wenn der Analogausgang zum Auslesen der Kraft- und Momentwerte genutzt wird, wird außerdem empfohlen, zumindest die Health-Leitung der digitalen E/A ([6.3.4, Seite 84](#)) zu überwachen, um etwaige Fehler im F/T-System zu erkennen.



ACHTUNG

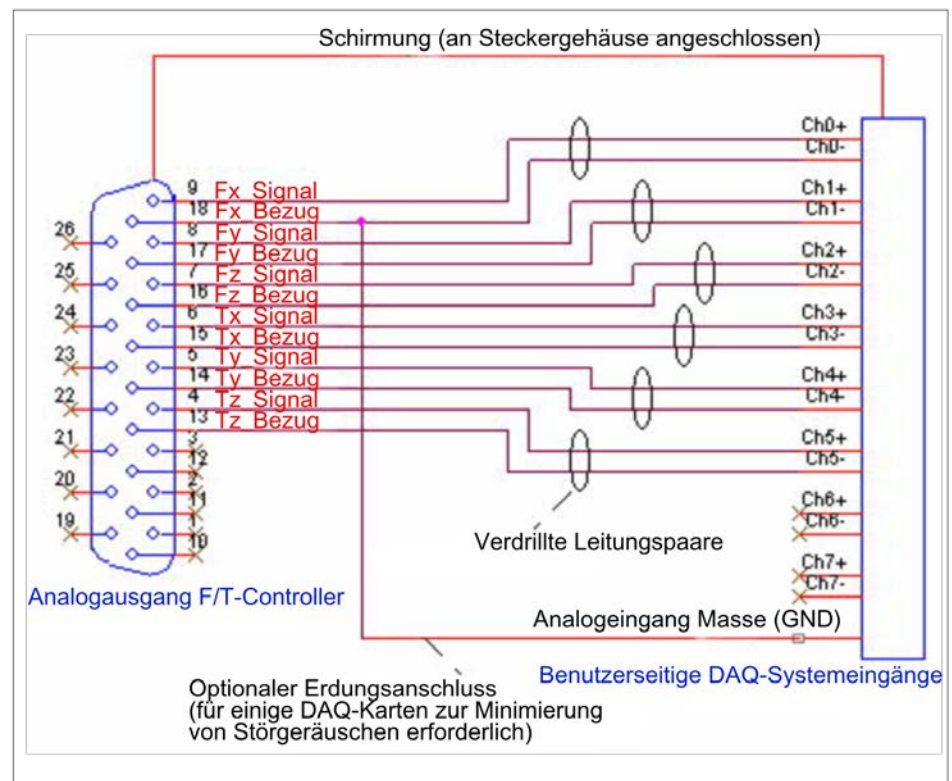
Immer die Anzeige des Funktionszustands und die Analogausgänge auf Fehler überwachen. Ein Fehlerzustand wird durch Sättigung verursacht. Eine Sättigung kann zu sehr stark verfälschten Kraft- und Momentwerten führen. Wenn die Sättigung nicht überwacht und behoben wird, können angeschlossene Geräte auf Basis dieser Daten ein unberechenbares und gefährliches Verhalten entwickeln.

7.2.1 Pin-Belegung des Analog-Ports

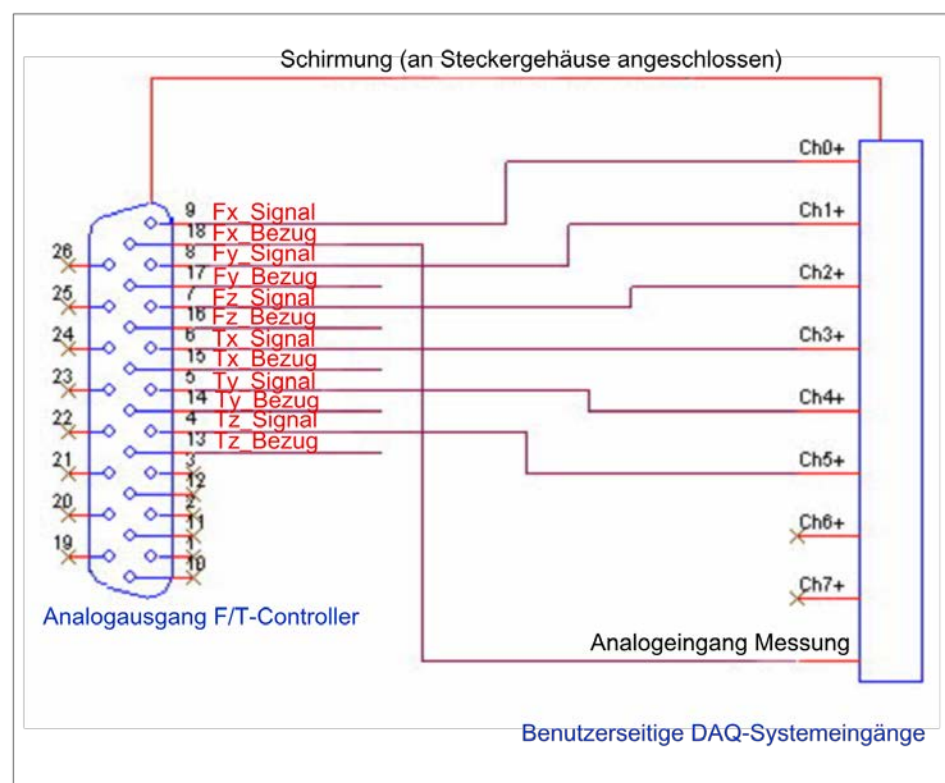
Der Analogausgangs-Port ist als, 26-polige D-Sub-Buchse mit Innengewinde-Schraubsicherungen UNC 4-40 ausgeführt. Als passendes Gegenstück ist ein, 26-poliger D-Sub-Stecker mit Außengewinde-Schraubsicherungen UNC 4-40 erforderlich. Siehe ([🔗 11.5, Seite 111](#)) für Angaben zum optionalen 9105-CA-U Kabel.

Pin-Belegung des Analog-Ports

Pin	Beschreibung	Pin	Beschreibung	Pin	Beschreibung
1	Keine Verbindung	10	Keine Verbindung	19	Keine Verbindung
2	Reserviert	11	Reserviert	20	Keine Verbindung
3	Reserviert	12	Reserviert	21	Reserviert
4	Tz-Signal	13	Tz-Bezug	22	Reserviert
5	Ty-Signal	14	Ty-Bezug	23	Reserviert
6	Tx-Signal	15	Tx-Bezug	24	Keine Verbindung
7	Fz-Signal	16	Fz-Bezug	25	Keine Verbindung
8	Fy-Signal	17	Fy-Bezug	26	Keine Verbindung
9	Fx-Signal	18	Fx-Bezug		



Differentialanschlüsse an ein Datenerfassungssystem



Unsymmetrische Anschlüsse an ein Datenerfassungssystem

7.2.2 Pin-Belegung des älteren Analog-Ports

Der ältere Analog-Port soll Benutzern älterer F/T Controller den Anschluss an dieses F/T Controller-Modell erleichtern. Wir empfehlen ausdrücklich, die Anschlüsse am Analogausgangsstecker anstatt am älteren Analoganschluss herzustellen, um die Kompatibilität mit zukünftigen Produkten zu gewährleisten.

Pin-Belegung des älteren Analog-Ports

Pin	Beschreibung	Pin	Beschreibung
1	Reserviert	2	Reserviert
3	Keine Verbindung	4	Keine Verbindung
5	Reserviert	6	Reserviert
7	Reserviert	8	Reserviert
9	Tz-Bezug	10	Tz-Signal
11	Ty-Bezug	12	Ty-Signal
13	Tx-Bezug	14	Tx-Signal
15	Fz-Bezug	16	Fz-Signal
17	Fy-Bezug	18	Fy-Signal
19	Fx-Bezug	20	Fx-Signal

7.2.3 Funktion des Analogausgangs

Die Ausgänge am Analog-Port geben dieselben Daten in Spannungswerten aus, wie sie auch bei Ausführung der Anforderungsbefehle (**QS**, **QR** und **^T**) ausgegeben werden; es handelt sich jedoch immer um aufgelöste Daten (**CD R**). Die Ausgänge sind so skaliert, dass Full-Scale-Sensordaten als Full-Scale-Analogspannungen ausgegeben werden ($\pm 5V$ für **CR 5**, $\pm 10V$ für **CR 10**). Beispiel: Wenn das F/T-System mit dem Befehl **CD R** (Anzeige aufgelöster Daten) konfiguriert wurde und die Nennlast auf die Fx-Achse ausgeübt wird, dann wird am Analogausgang Fx der Full-Scale-Spannungswert ausgegeben.

7.2.4 Filterung der Analogausgangssignale

Wie bei jeder Digital-Analog-Umwandlung müssen die Analogausgangssignale gefiltert werden, um unerwünschte Hochfrequenzschritte (Diskontinuitäten) zu beseitigen, die bei der Aktualisierung der Ausgabe auftreten. Um eine maximale Ausgabegeschwindigkeit zu gewährleisten, führt der F/T Controller keine Filterung seiner Analogausgänge durch. Je nach speziellen Anforderungen müssen Benutzer ggf. eigene Vorrichtungen zur Filterung der Ausgänge installieren.

7.2.5 Fähigkeit des Analogausgangs zur Aussteuerung

Der Analogausgang des F/T Controllers verfügt über keine speziellen Funktionen zur Aussteuerung hoher kapazitiver Lasten, z. B. bei sehr langen Kabeln. Kapazitive Lasten über 300 pF führen zu Übersteuerung. Deutlich höhere Lasten haben Schwingungen zur Folge.

8 Leitfaden zur Störungsbeseitigung

8.1 Einführung

Dieser Abschnitt beantwortet einige Fragen zu Problemen, die bei der Einrichtung und Nutzung des F/T-Systems auftreten können. In den Tabellen sind die Fragen und Probleme sowie mögliche Antworten oder Behebungsmaßnahmen aufgelistet. Zur verbesserten Übersicht sind die Fragen/Probleme nach Kategorien geordnet.

Die Informationen in diesem Abschnitt dürften die meisten der möglicherweise auftretenden Fragen beantworten. Ansonsten steht für Fragen oder Probleme im Zusammenhang mit den Angaben im Handbuch unser Kundendienst zur Verfügung.

HINWEIS

Die F/T-Handbücher lesen, bevor mit dem Kundendienst Kontakt aufgenommen wird. Im Falle eines Anrufs folgende Angaben be-reithalten:

- Seriennummer(n)
- Sensortyp (z. B. Nano17, Gamma, Theta)
- Kalibrierung (z. B. US-15-50, SI-130-10)
- Eine präzise und umfassende Beschreibung der Frage bzw. des Problems.
- Alle Informationen, die auf der F/T Seite „System Info“ (ma-nuf.htm) angezeigt werden.
- Sofern möglich, sollte während des Gesprächs mit einem Kundendienst-Mitarbeiter von SCHUNK Zugriff auf das F/T-System bestehen.

8.2 Fragen und Antworten

8.2.1 Kommunikation

Frage/Problem:	Antwort/Behebungsmaßnahme:
Bei dem Versuch, über ein seriellles Gerät mit dem F/T Controller zu kommunizieren, erscheinen willkürliche Zeichen auf dem Bildschirm.	Die Baudrate ist möglicherweise falsch eingestellt. Setup-Modus des Terminals aufrufen und die Baudrate auf 9600 einstellen. Dies entspricht der Standardeinstellung. Besteht das Problem weiterhin, die Baudraten-Einstellung prüfen, siehe (☞ 2.4, Seite 15) . Die Attribute des seriellen Geräts sind möglicherweise nicht korrekt. Die seriellen Attribute müssen wie folgt lauten: 8-Bit-Übertragung, keine Parität und 1 Stopp-Bit.
Keine Kommunikation mit dem F/T-System möglich.	Das serielle Kabel sowie das Sensor- und das Netzkabel auf korrekten Anschluss an beiden Enden überprüfen. Vergewissern, dass die Konfiguration für das serielle Kabel korrekt ist. Siehe (☞ 6.1, Seite 77) und (☞ 2.4, Seite 15) . Anhand der Netz-LED prüfen, ob der F/T Controller mit Spannung versorgt wird.
Keine Kommunikation über die digitalen E/A-Leitungen möglich.	Siehe (☞ 6, Seite 77) . Das Handshaking und die elektrischen Anschlüsse überprüfen. Zur Überprüfung der digitalen E/A-Anschlüsse die ID- und OD-Befehle verwenden.

8.2.2 Fehler bei Kraft- und Momentenmesswerten

Fehlerhafte Daten der Dehnmessstreifen im Sensor können zu Fehlern bei den Kraft-/Momentenmesswerten führen. Diese Fehler wiederum können Probleme bei der Schwellwertüberwachung, dem Sensor-Bias und der Genauigkeit zur Folge haben. Nachfolgend sind die grundlegenden Bedingungen für fehlerhafte Daten aufgeführt. Versuchen, das Problem mithilfe dieser Angaben zu beheben. In den meisten Fällen lassen sich Probleme besser während der Übertragung von DMS-Rohdaten (Befehl CD D) an ein Terminal erkennen.

Frage/Problem:	Antwort/Behebungsmaßnahme:
Sättigung	Wenn die Roh-Dezimaldaten eines Dehnmessstreifens die positiven oder negativen Höchstwerte anzeigen (nominal 32768 oder +32767 zzgl. eines Korrekturfaktors), dann ist dieser Dehnmessstreifen gesättigt. Daraufhin wird eine Fehlermeldung für Sättigung erzeugt. Die System-LED wechselt zu Rot, wenn die Sensorüberwachung aktiviert ist; die Health-Leitung an den digitalen E/A wird auf LOW gesetzt und das Bit für Überlast wird auf HIGH gesetzt. Eine Sättigung tritt auf, wenn der Sensor über den maximalen Nennbereich hinaus belastet wird oder ein elektrischer Fehler im System vorliegt. Die Fehlermeldung wiederholt sich, bis die Ursache der Sättigung behoben wird. Wenn der Befehl SM 0 gesendet wurde, erscheint keine Fehlermeldung, und die LED, die Health-Leitung und das Bit für Überlast behalten den Normalzustand bei. Sättigung kann zu sehr stark verfälschten Daten führen. Hinweis: Wenn der optionale ältere Temperatenausgleich aktiviert ist (TC 1), können DMS-Werte außerhalb des normalen Bereichs gemeldet werden.
Störgeräusche	Sprünge in den Rohmesswerten der Dehnmessstreifen (bei unbelastetem Sensor) von mehr als 80 Zählungen gelten als anormal. Störgeräusche können durch mechanische Vibrationen und elektrische Interferenzen, vermutlich infolge einer unzureichenden Erdung, ausgelöst werden. Sie können ebenfalls ein Hinweis auf einen Komponentenausfall im System sein.
Drift	Nach dem Entfernen oder Anlegen einer Last stabilisiert sich der Rohmesswert nicht, sondern steigt oder sinkt weiter. Dieses Problem lässt sich besser im aufgelösten Datenmodus unter Verwendung des Bias-Befehls (SB) analysieren. Eine Drift wird durch Temperaturänderungen, mechanische Kopplung oder interne Fehler ausgelöst. Eine mechanische Kopplung entsteht durch physischen Kontakt zwischen Werkzeugplatte und Sensorgehäuse (z. B. Kunststoff-Feilstaub). Bestimmte mechanische Kopplungen treten häufig auf, z. B. durch an einem Werkzeug befestigte Schläuche und Drähte.
Hysterese	Wenn der Sensor belastet und anschließend entlastet wird, kehren die Werte der Dehnmessstreifen nicht schnell genug und nicht vollständig zu den ursprünglichen Messwerten zurück. Hysterese entsteht durch mechanische Kopplung (Erklärung im Abschnitt „Drift“) oder interne Fehler.

8.3 Fehlermeldungen

Wenn ein Fehler auftritt, wird eine Fehlermeldung über den seriellen Port gesendet. Die Fehlermeldung umfasst folgende Bestandteile in der angegebenen Reihenfolge:

<NAK> als erstes Byte.

Ein großes „E“.

Eine Fehlernummer, bestehend aus einer dreistelligen Zahl im ASCII-Modus bzw. aus einem Byte im Binär-Modus.

Eine Fehlerbeschreibung mit einer Länge von maximal 80 Bytes.

Ein Zeilenumbruch und ein Zeilenvorschub als Hinweis, dass die Fehlermeldung hier endet. Ein Zeilenvorschub wird nicht gesendet, wenn diese Funktion mit dem CL-Befehl deaktiviert wurde.

Ein weiterer Zeilenumbruch und ein weiterer Zeilenvorschub.

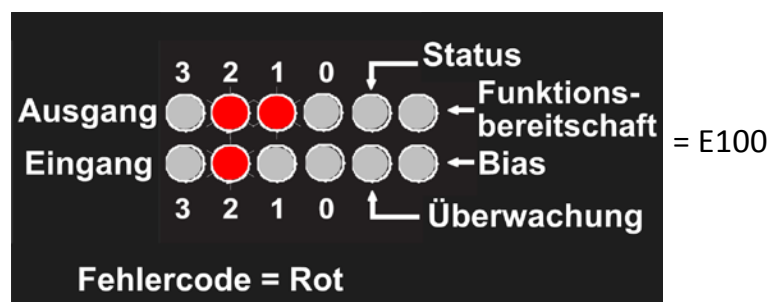
Als letztes wird die Eingabeaufforderung angezeigt.

Gleichzeitig werden etwaige schwere Fehler an der Frontseite des F/T Controllers rot in der *Error*-Gruppierung angezeigt, sofern diese Funktion aktiviert ist (siehe [5.2.1, Seite 34](#)).

System- und Benutzerkommunikation	Kommentare
>L E114 Illegal >	„L“ wurde fälschlicherweise eingegeben. Eine Fehlermeldung erscheint. Das <NAK> wird nicht angezeigt. <CR><LF> wird gesendet, gefolgt von der Eingabeaufforderung „>“.

Beispielhafte Fehlermeldung

In den nachstehenden Tabellen sind die frontseitigen roten LEDs als Felder dargestellt. Die beiden hinteren Punkte stehen für die LEDs *Status/Health/ Monitor/Bias*, die bei der Fehleranzeige nicht verwendet werden.



Beispielhafte Fehleranzeige

(siehe Tabelle *Entschlüsselung der frontseitigen Fehleranzeige*)

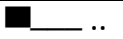
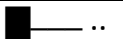
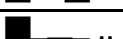
Übersicht über Fehlermeldungen

Anzeige	Fehlernr.	Fehlerbeschreibung	Anmerkung
 ..	E100	Sättigung DMS 0	Der Sensor ist überlastet oder beschädigt.
 ..	E101	Sättigung DMS 1	
 ..	E102	Sättigung DMS 2	
 ..	E103	Sättigung DMS 3	
 ..	E104	Sättigung DMS 4	
 ..	E105	Sättigung DMS 5	
 ..	E106	Sättigung DMS 6	Thermistor-Messwert bei älteren Systemen
 ..	E107	Sättigung DMS 7	nicht belegt
 ..	E108	Überlauf des Eingangspuffers	Der Benutzer sendet Daten zu schnell.
 ..	E109	Überlauf des Ausgangspuffers	
 ..	E110	Befehl zu lang	
 ..	E111	Fehler Ausgangspuffer	Interner Fehler des Controllers
 ..	E112	Ungültiger Eingangs-Port	Interner Fehler des Controllers
 ..	E113	Ungültiger Ausgangs-Port	Interner Fehler des Controllers
 ..	E114	Ungültiger Befehl	Die benutzerseitige Eingabe war ungültig.
 ..	E115	Sättigung der Kraft an der X-Achse	Die Nennlast an der angezeigten Achse ist überschritten.
 ..	E116	Sättigung der Kraft an der Y-Achse	
 ..	E117	Sättigung der Kraft an der Z-Achse	
 ..	E118	Sättigung des Moments an XYZ-Achse	
 ..	E119	Unzulässiger Operand für Überwachungsbedingung	
 ..	E120	Unzulässiges Ausgabeformat	
 ..	E121	Unzulässiger Ausgabotyp	
 ..	E122	Keine A/D-Wandlung	Interner Fehler des Controllers
 ..	E123	A/D-Wandlung läuft noch	Interner Fehler des Controllers
 ..	E124	Unzulässige Filterung	
 ..	E125	Unzulässige aufgelöste Daten	

 ..	E126	Ausgangspuffer voll	
 ..	E127	Unzulässiges Format	Format des Befehls prüfen.
 ..	E128	Wert außerhalb des Bereichs	Befehle, die einen Wert verwenden
 ..	E129	Keine Überwachungsbedingung(en)	Löschen einer Überwachungsbedingung
 ..	E130	Puffer voll	
 ..	E131	Befehl abgebrochen	
 ..	E132	Beschädigter Speicher	Interner Fehler des Controllers
 ..	E133	Unzulässiger Vektor	
 ..	E134	Falsche Antwort erhalten	
 ..	E135	Unzulässige Baudrate	Interner Fehler des Controllers
 ..	E136	Überlauf des seriellen Ports	
 ..	E137	Framing-Fehler des seriellen Ports	
 ..	E138	Keine Antwort erhalten	
 ..	E139	Option nicht installiert	
 ..	E140	Unzulässiger Wert für Mittelwertfilterung	
 ..	E141	Zeichenfolge zu lang	Befehle, die eine Zeichenfolge erfordern
 ..	E142	Überwachungsbedingung(en) voll	Laden einer neuen Überwachungsbedingung
 ..	E143	Kann Xoff nicht senden	
 ..	E144	Kann Xon nicht senden	
 ..	E145	DMA nicht bereit	Interner Fehler des Controllers
 ..	E146	DMA hat nicht gelesen	Interner Fehler des Controllers
 ..	E147	DMA nicht leer	Interner Fehler des Controllers
 ..	E148	Werkzeug-Koordinatensystem Null	Gewähltes Werkzeug-Koordinatensystem ist nicht definiert.
 ..	E149	Unzulässiger Index für Werkzeug-Koordinatensystem	
 ..	E150	Sensorfehler	Der Sensor ist getrennt oder beschädigt.
 ..	E151	-	
 ..	E152	-	

	E153	Fehler Analogausgangsbereich	
	E154	Fehler Systemuhr	Interner Fehler des Controllers
	E155	Fehler des überwachenden A/D-Wandlers	Interner Fehler des Controllers
	E156	Störgeräusche der analogen Masse prüfen	Interner Fehler des Controllers
	E157	Fehler DC-Versorgung	Interner Fehler des Controllers
	E158	Fehler Analogausgangsbereich $\pm 10V$	Interner Fehler des Controllers
	E159	Fehler Analogausgangsbereich $\pm 5V$	Interner Fehler des Controllers
	E160	Fehler Analogausgang	Interner Fehler des Controllers
	E161	Fehler Sensorkabel	Sensor oder Sensorkabel beschädigt.
	E162	Sensor-ID beschädigt	Interner Fehler des Controllers
	E163	Unzulässiger Vorgang bei Daten oder Stack	Interner Fehler des Controllers
	E164	Watchdog Timer Code xx, Anzahl Auslösungen ohne Behebung: x	Interner Fehler des Controllers

Entschlüsselung der frontseitigen Fehleranzeige (Sortierung ab der äußersten linken Spalte der Anzeige-LEDs)

Anzeige	Fehlernr.	Anzeige	Fehlernr.	Anzeige	Fehlernr.	Anzeige	Fehlernr.
	E112		E128		E104		E136
	E113		E144		E120		E152
	E114		E129		E105		E137
	E115		E145		E121		E153
	E100		E160		E106		E138
	E116		E161		E122		E154
	E101		E130		E107		E139
	E117		E146		E123		E155
	E102		E131		E108		E140
	E118		E147		E124		E156
	E103		E162		E109		E141
	E119		E163		E125		E157
			E132		E110		E142
			E148		E126		E158
			E133		E111		E143
			E149		E127		E159
			E164				
			E134				
			E150				
			E135				
			E151				

HINWEIS

Es werden nicht alle Fehlercodes angezeigt.

9 Weiterführende Themen

9.1 Fehlersuche (Diagnose)

9.1.1 Funktionen zur Fehlersuche

Der F/T Controller verfügt über Funktionen zur Fehlersuche, die schwere Fehler über den seriellen Port, die „Health“-Leitung und die System-LED an der Frontseite anzeigen. Die Anwendung des Benutzers muss diese Ausgaben überwachen. Siehe für weitere Informationen.



ACHTUNG

Wenn ein Dehnmessstreifen-Ausgang eine Sättigung oder eine anderweitige Funktionsstörung aufweist, werden alle F/T-Werte ungültig. Der Status der Dehnmessstreifen muss daher unbedingt genau beobachtet werden.

9.1.2 Erkennung von Änderungen der Empfindlichkeit

Die Empfindlichkeitsprüfung des Sensors kann auch verwendet werden, um die einwandfreie Systemfunktion zu prüfen. Dabei werden bekannte Lasten an den Sensor angelegt und die Ausgabewerte des Systems mit diesen Werten verglichen. Beispiel für einen Sensor, der an einem Roboterarm mit Effektor befestigt ist:

- 1 Wenn der Effektor über bewegliche Teile verfügt, müssen diese in eine bekannte Position gebracht werden. Richten Sie den Roboterarm so aus, dass die Gravitationslast des Effektors eine Belastung auf viele Ausgangsachsen des Sensors ausüben kann.
- 2 Die Ausgabewerte notieren.
- 3 Den Roboter so positionieren, dass eine andere Belastung ausgeübt wird, die zu Ausgabewerten führt, die weit von den vorherigen Messwerten entfernt sind.
- 4 Den zweiten Satz Ausgabewerte notieren.
- 5 Die Unterschiede zwischen dem ersten und dem zweiten Datensatz ermitteln und daraus Ihren Empfindlichkeitswert ableiten.

Selbst wenn die Werte aus den Probedatensätzen geringfügig voneinander abweichen, können sie zur Diagnose schwerer Fehler eingesetzt werden. Entweder die aufgelösten Ausgabewerte oder die Rohsensordaten verwenden (Für alle Schritte in diesem Prozess dieselbe Methode verwenden).

9.2 Geplante Wartung

9.2.1 Regelmäßige Inspektion

Bei den meisten Anwendungen müssen im Normalbetrieb keine Teile ausgetauscht werden. Bei industriellen Anwendungen, die kontinuierliche oder häufige Bewegungen der Systemverkabelung mit sich bringen, sollte regelmäßig die Kabelummantelung auf Verschleiß geprüft werden. Für diese Anwendungen wird die Implementierung der Verfahren unter ([👉 9.1, Seite 100](#)) empfohlen.

Der Sensor muss vor übermäßigem Staubaufkommen, Verschmutzung oder Feuchtigkeit geschützt werden. In Anwendungen, in denen es zu metallischen (d. h. elektrisch leitenden) Ablagerungen kommt, muss der Sensor entsprechend geschützt werden. Sensoren ohne spezifischen, werkseitig installierten Schutz sind als ungeschützt einzustufen. Partikel können die interne Struktur des Sensors blockieren und damit die Kalibrierung beeinträchtigen oder den Sensor beschädigen.

9.2.2 Regelmäßige Kalibrierung

Zur Einhaltung nationaler Richtlinien für Nachverfolgbarkeit müssen der Sensor und der F/T-Controller regelmäßig kalibriert werden. Die einschlägigen ISO-9000 Kalibrierrichtlinien beachten. SCHUNK empfiehlt eine jährliche Neukalibrierung, insbesondere für Anwendungen mit häufigen Lastzyklen des Sensors.

Wenn der Sensor neu kalibriert wird oder ein weiteren Sensor für den Einsatz mit den existierenden Controller hinzugefügt wird, muss eine neue Kalibrierdatei in den Controller geladen werden. Diese neue Kalibrierdatei FT0xxxx.dat muss in den Controller geladen werden, um genau Kraft- und Momentdaten zu erhalten. Es muss entweder das SA Demo-Programm von der CD installiert, um die neue Kalibrierdatei zu laden, oder das bereits auf dem PC installierte SA Demo-Programm verwendet werden. Die neue Kalibriermatrix befindet sich im Ordner „Calibration“ auf der CD, die dem Sensor beiliegt. Zum Laden der Kalibrierdatei wie folgt vorgehen: SA Demo-Programm starten, „File“ und anschließend „Load Calibration“ wählen. Neue Kalibrierdatei im Ordner „Calibration“ auf der CD suchen und auswählen. Die Datei wird daraufhin in den Computer geladen.

9.3 Hinweise zur Auflösung

Die Sensoren von SCHUNK weisen eine Konfiguration mit drei Messsträngen auf, die in gleichmäßigen Abständen um eine zentrale Nabe herum angeordnet und an der Außenwand des Sensors befestigt sind. Dank dieser Bauweise, bei der angewandte Lasten auf mehrere Messstränge übertragen werden, kann der Sensor seinen Messbereich an einer gegebenen Achse erweitern, wenn eine Gegenachse den Messbereich reduziert hat. (Siehe F/T-Sensorhandbuch für Informationen über zusammengesetzte Belastungen.)

Die Auflösung der einzelnen Sensorachsen ist davon abhängig, wie die angewandte Last auf die Messstränge verteilt wird. Die beste Auflösung erzielen Sie, wenn die Quantisierung der Dehnmessstreifen bei Anwendung einer Last gleichmäßig verteilt wird. Im Worst-Case-Szenario erhöht sich der digitale Wert aller betroffenen Dehnmessstreifen gleichzeitig. In der Praxis liegt das typische Szenario irgendwo zwischen diesen beiden Extremen.

F/T-Auflösungen werden als *typische Auflösung* spezifiziert, definiert als Mittelwert aus Worst- und Best-Case-Szenarien. Da beide Effekte mehrerer Dehnmessstreifen als Normalverteilung modellierbar sind, stellt dieser Wert die weithin anerkannte mittlere Auflösung dar. Diese Methode verzerrt zwar geringfügig die tatsächliche Leistung der Sensoren, resultiert jedoch in einer nahen (und stets konservativen) Schätzung.

9.4 Erzielung eines optimalen seriellen Kommunikationsdurchsatzes

Der F/T Controller ist zwar in der Lage, Sensorwerte mit Tausenden von Hertz abzutasten und zu berechnen, doch die serielle RS232-Kommunikation verfügt nicht über die erforderliche Bandbreite für die Übertragung so großer Datenmengen.

Die folgenden Tabellen beinhalten Angaben zum maximal möglichen Durchsatz über die serielle RS232-Kommunikation bei gegebener Baudrate und einer bestimmten Anzahl ausgegebener Kraft- und Momentachsenwerte. CB-Befehl zur Einstellung der Baudrate, den SF-Befehl zur Einstellung der Abtastfrequenz und den CV-Befehl zur Festlegung der Achsen für die Ausgabe verwenden.

Beachten, dass in den meisten Fällen eine Abtastfrequenz verwendet werden kann, die unter dem Wert in der Tabelle liegt, solange die Frequenz höher als ist der gewünschte Durchsatz. Bei Verwendung einer niedrigeren Abtastfrequenz kann der F/T Controller eine begrenzte Höhe an Verarbeitungsleistung für Aufgaben wie z. B. Überwachungsbedingungen nutzen, ohne dass der Gesamtdurchsatz spürbar beeinträchtigt wird.

9.4.1 Durchsatzwerte im Binär-Modus

Maximaler serieller Durchsatz für den Modus CD B; CD U (siehe nachfolgende Tabelle)

	Anzahl ausgegebener Achsen					
Baudrate	6	5	4	3	2	1
1200	6,3 Hz	7,5 Hz	9,1 Hz	12,0 Hz	17,0 Hz	30,0 Hz
9600	50,5 Hz	60,0 Hz	73,5 Hz	96,0 Hz	137,0 Hz	240,0 Hz
19200	100 Hz	119 Hz	147 Hz	188 Hz	270 Hz	470 Hz
38400	196 Hz	231 Hz	285 Hz	372 Hz	535 Hz	680 Hz
57600	295 Hz	350 Hz	430 Hz	650 Hz	645 Hz	675 Hz
115200	560 Hz	585 Hz	605 Hz	635 Hz	660 Hz	690 Hz

Erforderliche Abtastfrequenzen zur Erreichung der Nennwerte in oben stehender Tabelle

	Anzahl ausgegebener Achsen					
Baudrate	6	5	4	3	2	1
1200	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2500
9600	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2250
19200	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 1800
38400	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2300	SF 1400	SF 700
57600	SF 2350	SF 2200	SF 1750	SF 1050	SF 700	SF 700
115200	SF 600	SF 600	SF 650	SF 650	SF 700	SF 700

9.4.2 Durchsatzwerte im ASCII-Modus

Maximaler serieller Durchsatz für den Modus CD A; CL 1 (siehe nachfolgende Tabelle)

	Anzahl ausgegebener Achsen					
Baudrate	6	5	4	3	2	1
1200	2,1 Hz	2,5 Hz	3,1 Hz	4,1 Hz	5,8 Hz	10,0 Hz
9600	16,5 Hz	20,0 Hz	24,5 Hz	32,0 Hz	45,5 Hz	80,0 Hz
19200	33 Hz	40 Hz	49 Hz	64 Hz	91 Hz	160 Hz
38400	67 Hz	80 Hz	98 Hz	127 Hz	178 Hz	310 Hz
57600	100 Hz	120 Hz	145 Hz	185 Hz	265 Hz	470 Hz
115200	200 Hz	235 Hz	290 Hz	375 Hz	475 Hz	565 Hz

Erforderliche Abtastfrequenzen zur Erreichung der Nennwerte in oben stehender Tabelle

	Anzahl ausgegebener Achsen					
Baudrate	6	5	4	3	2	1
1200	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2500
9600	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2500
19200	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2500
38400	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2350
57600	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2500	SF 2300	SF 1250
115200	SF 1650	SF 1500	SF 1200	SF 800	SF 500	SF 600

9.4.3 Verzögerungen beim Empfang

Die Daten zur Sensorbelastung werden innerhalb von zwei Abtastperioden in die seriellen Ausgabepuffer des F/T Controllers geladen. Das Senden und Empfangen dieser Daten erfordert jedoch beträchtliche Übertragungszeit. Die Übertragungszeit ist von der gewählten Baudrate und dem gewählten Ausgabeformat (Binär oder ASCII) abhängig.

$$\text{Maximale Übertragungsverzögerung} = 2 \times \frac{1}{\text{Abtastfrequenz}} + \frac{1}{\text{Durchsatz}}$$

Die schnellste Übertragungszeit per RS232 wird erzielt, wenn der F/T Controller auf eine Abtastfrequenz von 600 Hz, Modus CD B, Modus CD U und eine Baudrate von 115.200 Baud eingestellt ist (SF 600; CD B; CD U; CB 115200). In dieser Konfiguration werden Datensätze mit einer Frequenz von 560 Hz empfangen. Für die maximale Gesamtverzögerung ergäbe sich folgender Wert:

$$\text{Maximale Übertragungsverzögerung} = 2 \times \frac{1}{600 \text{ Hz}} + \frac{1}{560 \text{ Hz}} \approx 5,12 \text{ ms}$$

9.5 Verzögerung der analogen Ausgabe

Die Einstellung der Baudrate hat keine Auswirkung auf die Ausgaberate oder Anzeigeverzögerung des Analogausgangs. Der einzige Einflussfaktor ist die Abtastfrequenz (SF-Befehl). Die Daten werden innerhalb von zwei Abtastperioden an den Analogausgängen angezeigt.

$$\text{Verzögerung der Analoganzeige} = 2 \times \frac{1}{\text{Abtastfrequenz}}$$

Bei der Standard-Abtastrate von 2500 Hz beträgt die maximale Verzögerung bis zur Anzeige am Analog-Port 800 µs.

$$\text{Verzögerung der Analoganzeige} = 2 \times \frac{1}{2500 \text{ Hz}} = 800 \text{ µs}$$

10 Konformitätserklärung

Hersteller/ Inverkehrbringer	SCHUNK GmbH & Co. KG Spann- und Greiftechnik Bahnhofstr. 106 – 134 D-74348 Lauffen/Neckar
Produktbezeichnung:	F/T Controller für Kraft-/ Moment-Sensorsystem FTS
Ident.-Nr.	0322000

Hiermit erklären wir, dass das Produkt den einschlägigen Harmonisierungsvorschriften der nachfolgend genannten Richtlinien zum Zeitpunkt der Erklärung entspricht.
Bei Veränderungen am Produkt verliert diese Erklärung ihre Gültigkeit.

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV-Richtlinie) 2014/30/EU

Angewandte harmonisierte Normen, insbesondere:

DIN EN 61326-1:2013	Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte - EMV-Anforderungen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
---------------------	---

DIN EN 61326-2:2013	Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte - EMV-Anforderungen - Teil 2: Besondere Anforderungen
---------------------	--

Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU

Angewandte harmonisierte Normen, insbesondere:

DIN EN 61010-1:2011-07	Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
------------------------	---

Bevollmächtigter zur Zusammenstellung der technischen Unterlagen:
Robert Leuthner, Adresse: siehe Adresse des Herstellers

Lauffen/Neckar, Juni 2016



i.V. Ralf Winkler;
Bereichsleitung
Entwicklung Greifsysteme

11 Anhang A – Allgemeine Spezifikationen

11.1 Umgebungsbedingungen

Das Standard-F/T-System ist für den Einsatz in gängigen Labor- oder Leichtindustrieanwendungen konzipiert. Sensoren mit Schutzart IP60 eignen sich auch für staubhaltige Umgebungen. Sensoren mit Schutzart IP65 können mit Frischwasser strahlgereinigt werden. Sensoren mit Schutzart IP68 können bis zu 10 m tief in Frischwasser eingetaucht werden.

Die Systemelektronik, wie z. B. der F/T Controller und die MUX-Box, verfügen über Schutzart IP60.

11.2 Allgemeine Spezifikationen

11.2.1 Elektrische Anforderungen

Elektrische Anforderungen

AC-Versorgung	Min.	Max.	Einheiten
100 V Eingang [†]	90	110	VAC
		0,3	A
115 V Eingang [‡]	108	132	VAC
		0,26	A
230 V Eingang [‡]	216	264	VAC
		0,13	A
Frequenz	47	63	Hz
Leistungsaufnahme		30	W

[†] Eine Eingangsspannung von 100 V ist nur für das Modell 9105-CTLJ verfügbar.

[‡] Eingangsspannungen von 115 V und 230 V sind für das Modell 9105-CTLJ nicht verfügbar.

11.2.2 Lager- und Betriebstemperaturen

Der Sensor, die MUX-Box und der Controller sind bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von bis zu 95 % (nicht kondensierend) für den Betrieb und die Lagerung bei folgenden Temperaturen geeignet:

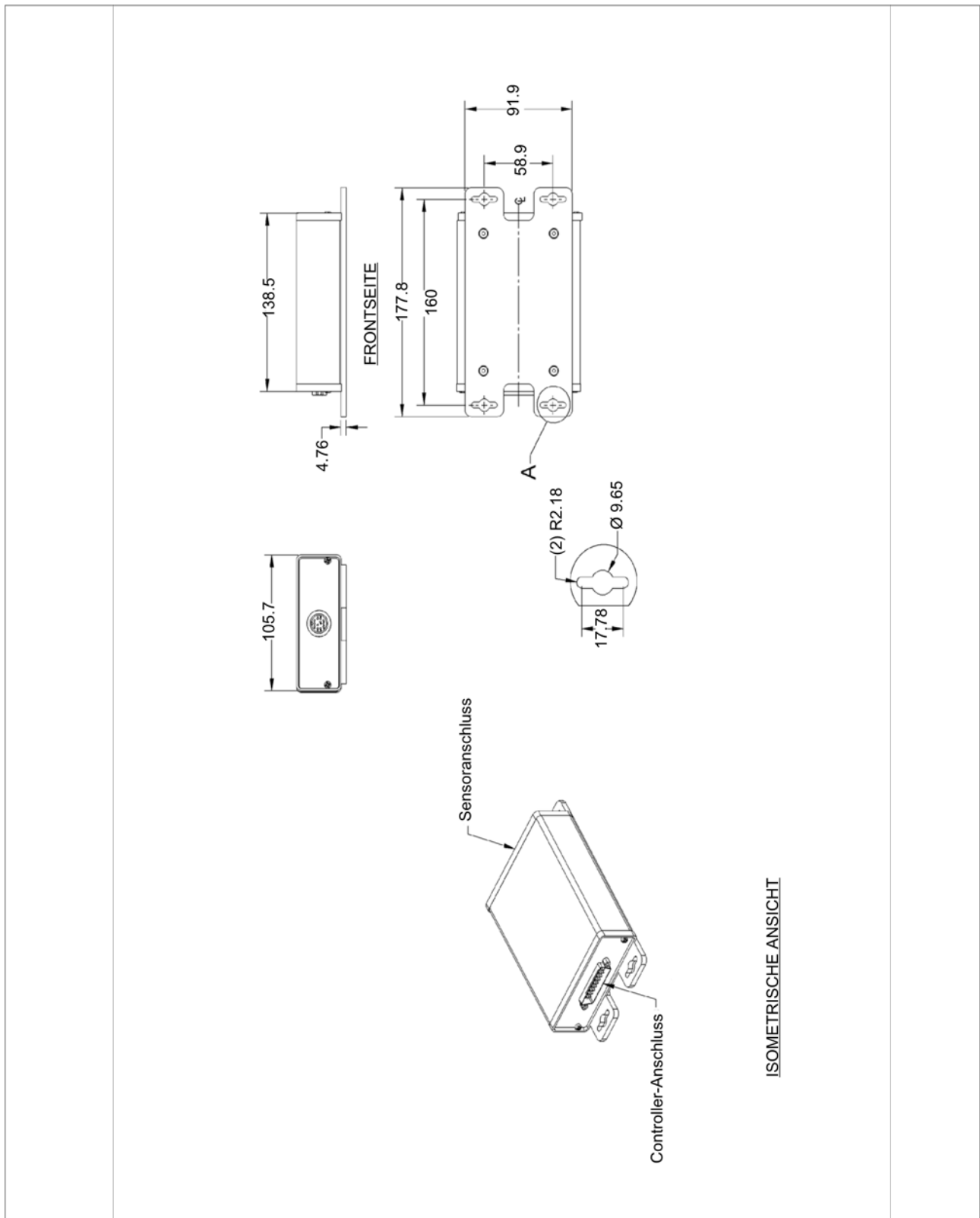
Lager- und Betriebstemperaturen

	Lagertemperatur [°C]	Betriebstemperatur [°C]
MUX-Box	-65 bis 150	0 bis 70
Controller	-40 bis 100	0 bis 55

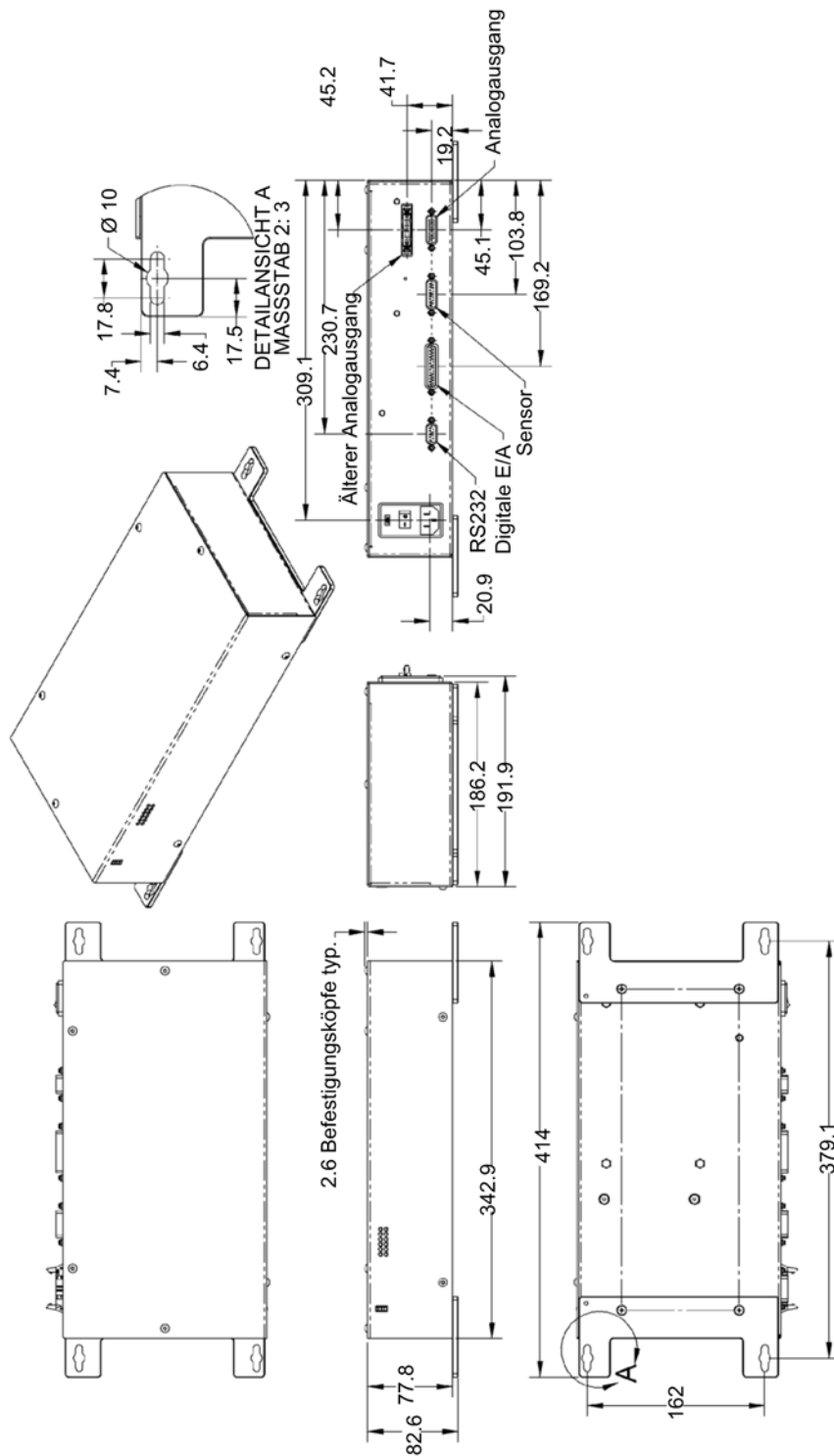
HINWEIS

Innerhalb dieser Temperaturbereiche ist gewährleistet, dass das System keine temperaturbedingten Schäden erleidet. Sie gewährleisten nicht die Beibehaltung der Genauigkeit. Hinweise zur Sensorumgebung enthält die Betriebsanleitung des Sensors.

11.3 Mechanische Zeichnung der MUX-Box



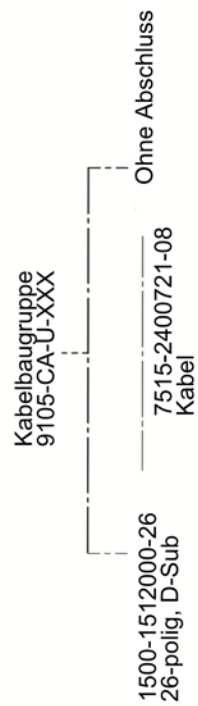
11.4 Mechanische Zeichnung des F/T Controllers



11.5 Zeichnung für 9105-CA-U-xxx Analogkabel

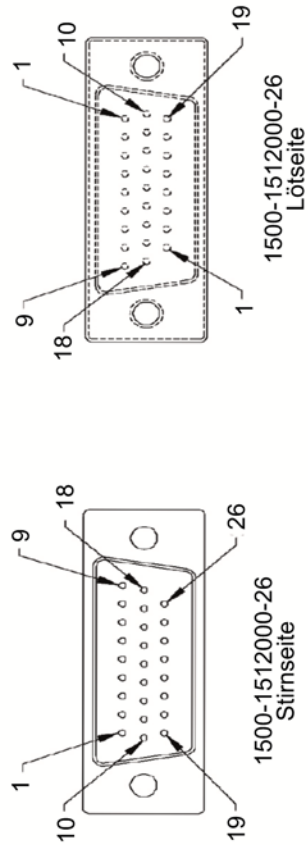
Siehe Stückliste zur Ermittlung der Kabelschnittlänge.
Beispiel: 9105-CA-U-1

Spezifizierte Kabelschnittlänge = 1 m



Mit zusätzlichen Teilen: Schrumpfschlauch

1710-0940010-03 Anz. 1
Gehäuse für 15-poligen D-Sub-Stecker



12 Anhang B – Hinweise zu Doppelkalibrierungen

12.1 F/T-Sensoren mit Controller mit Doppelkalibrierung

Die Option für Doppelkalibrierung bietet zwei Kalibrierungen in einem F/T-Sensorsystem. Das bedeutet, dass ein und dasselbe F/T-Sensorsystem mit einer Kalibrierung für niedrige Nutzlast bei hoher Auflösung verwendet und nach Bedarf auf eine Kalibrierung für höhere Nutzlast bei niedrigerer Auflösung umgestellt werden kann. Hierzu wird die gewünschte Kalibriermatrix im Controller gewählt und anschließend über den manuell betätigten Schalter an der MUX-Box die entsprechende Kalibrierung eingestellt.

Zunächst die Kommunikation mit dem Controller konfigurieren, wie in ([👉 2, Seite 10](#)) beschrieben. Beide Kalibrierungen werden werkseitig in den Controller geladen. Normalerweise wird die Standardkalibrierung mit niedriger Nutzlast/höherer Auflösung unter der Position für Werkzeug-Koordinatensystem 0 und die Kalibrierung mit höherer Nutzlast/niedrigerer Auflösung unter der Position für Werkzeug-Koordinatensystem 1 gespeichert.

Siehe ([👉 5.6, Seite 66](#)) für Hinweise zur Auswahl des Werkzeug-Koordinatensystems. In diesem Beispiel für Doppelkalibrierung wird von einem Theta-Sensor ausgegangen, bei dem eine Kalibrierung des Typs FT1122 US-200-1000 unter der Position für Werkzeug-Koordinatensystem 0 und eine Kalibrierung des Typs FT2211 US-600-3600 unter der Position für Werkzeug-Koordinatensystem 1 gespeichert ist. Dieses Beispiel startet mit der derzeit gewählten Kalibrierung für geringere Nutzlast FT1122 und mit der entsprechenden Kopfzeilenmeldung. Zur Auswahl der höheren Kalibrierung müssen die in **Fettdruck** angezeigten Befehle eingegeben werden.

System- und Benutzerkommunikation	Kommentare
F/T Force and Torque Sensor System, Version X.x	
ATI Industrial Automation, Inc., www.ati-ia.com	
Copyright 2004. All Rights Reserved.	
Tool Frame 0 (FT1122) loaded: FT1122	
>TL	
0) FT1122, 0, 0, 0, 0, 0, 0	
1) FT2211, 0, 0, 0, 0, 0, 0	
2) , 0, 0, 0, 0, 0, 0	
3) , 0, 0, 0, 0, 0, 0	
>TF1	Wählt Werkzeug-Koordinatensystem 1, die größere Kalibrierung.
>RS	Speichert TF1 im permanenten Speicher.
><ctrl-W>	Zur Anzeige des gewählten Werkzeug-Koordinatensystems das System zurücksetzen.
F/T Force and Torque Sensor System, Version X.x	
ATI Industrial Automation, Inc., www.ati-ia.com	
Copyright 2004. All Rights Reserved.	
Tool Frame 0 (FT2211) loaded: FT2211	
>	

Nun den manuell betätigten Schalter an der MUX-Box auf die Seriennummer der derzeit im Controller geladenen Kalibrierung einstellen. Dieser Vorgang kann gefahrlos bei eingeschaltetem Controller erfolgen. Wenn dieses Verfahren zum Umschalten zwischen den Kalibrierungen befolgt wird, liefert der F/T-Sensor jederzeit genaue Daten.



ACHTUNG

Stimmen die Seriennummern nicht überein, sind die ausgegebenen Kraft- und Momentdaten fehlerhaft.

13 Anhang C – Vergleich mit dem Vorgängermodell des F/T Controllers

13.1 Teilenummern

Dieser F/T Controller löst die ältere Version des F/T Controllers ab und ist vollständig kompatibel mit allen seit den frühen 1990er Jahren von SCHUNK hergestellten Sensoren. Die erste Spalte in der Tabelle *Ersatzteilenummern für ältere Versionen* beinhaltet die Teilenummer des veralteten F/T Controllers, die mittlere Spalte die Ersatzteilenummer und die rechte Spalte eine Ersatzteilenummer für „Kompatibilitätsmodus“. Das Modell mit der Ersatzteilenummer hat eine Ausgabe mit höherer Auflösung als das Modell mit der Teilenummer für Kompatibilitätsmodus und verfügt über einen branchenüblichen RS232-Anschluss (kein Null-Modem erforderlich). Das Produkt mit Kompatibilitätsmodus sollte nur in vorhandenen Anwendungen eingesetzt werden, die die niedrigere Auflösung des F/T Controllers erfordern.

Ersatzteilenummern für veraltete Versionen

Alte Teilenummer	Abgelöst von	Neues Kompatibilitätsmodell*
9105-CTRLR	9105-CTL	9105-CON
9105-CTRLR-CRS	9105-CTL-CRS	9105-CON-CRS

13.2 Physische Unterschiede

- Die F/T Controller Box ist hinsichtlich Größe und Montage mit der Vorgängerversion kompatibel. Die Box ist 1 mm länger (vor der Front- zur Rückseite gesehen).
- Die Montagebohrungen und -füße wurden verbessert. Die neuen Montagebohrungen ermöglichen den Ausbau des F/T Controllers, ohne dass die Montageschrauben vollständig entfernt werden müssen.
- Die Montagefüße sind aus nicht-leitendem Material gefertigt und sorgen für die elektrische Isolierung des F/T-Controllers von der Montagefläche.
- Die Dicke der Montagefüße wurde auf 4,8 mm (0,189") erhöht.
- Der Netzschalter befindet sich jetzt auf der Rückseite des F/T Controllers.
- Der Wahlschalter für die Eingangsspannung und die Sicherung sind jetzt oberhalb der Netzkabeldurchführung für den Benutzer zugänglich.
- Die Positionen der Steckverbinder auf der Rückseite haben sich geringfügig geändert.

13.3 Unterschiede bei den E/A

- Die neue Version 9105-CTL erfordert kein Null-Modem am seriellen Port. Das bedeutet, dass die Steckerstifte 2 und 3 im Vergleich zum älteren Gerät vertauscht sind. Geräte des Typs 9015-CON behalten die frühere Konfiguration bei.
- Die RS232-Baudrate wird jetzt über einen benutzerseitigen Befehl anstatt über die internen Schalter eingestellt. Zur Einstellung der Baudrate dient der CB-Befehl.
- Als Analogausgangs-Port dient eine hochdichte, 26-polige D-Sub-Buchse. Dieser Anschluss vereinfacht die Verbindung und ist für Schraubbolzen geeignet. Aus Gründen der Kompatibilität mit dem Vorgängermodell ist auch ein älterer 20-poliger Steckverbinder vorhanden. Dieser zweite Steckverbinder ist elektrisch mit der 26-poligen Buchse verbunden. Die beiden Anschlüsse sollten nicht gleichzeitig verwendet werden.
- Der Analogausgangs-Port ist immer aktiv und gibt nur aufgelöste Daten auf. (Die Einstellung des CA-Befehls wird ignoriert.)
- Die Frontseite wurde mit zusätzlichen LEDs ausgestattet:
 - Die LEDs *Receive* (Empfangen) und *Transmit* (Senden) leuchten auf, wenn eine Kommunikation über den RS232-Port erfolgt. Sie unterstützen die Behebung von Fehlern an RS232-Anschlüssen.
 - Die quadratische LED oben links an der Frontseite (mit *Status* bezeichnet) ersetzt die *Health*-LED am älteren Modell. Während des Betriebs des F/T Controllers leuchtet diese LED grün, um die einwandfreie Funktion des Systems anzuzeigen. Bei einem Fehlerzustand wechselt die Farbe der LED zu Rot. Die Geschwindigkeit, mit der die LED blinkt, weist lediglich auf die derzeitige Verarbeitungslast im Gerät hin und muss nicht überwacht werden.
 - Die zwölf LEDs an der Frontseite mit der Bezeichnung *Discrete I/O / Error Code* (Digitale E/A / Fehlercode) zeigen an, welche digitalen E/A-Leitungen auf HIGH gesetzt sind. Diese Anzeige ist äußerst hilfreich bei der Überprüfung der Anschlüsse zum digitalen E/A-Port.
- Alle Ausgaben, die für aufgelöste Daten oder DMS-Daten stehen, weisen Unterschiede hinsichtlich der Darstellung der Daten auf, es sei denn, die Sensordaten wurden im 12-Bit-Modus (Kompatibilitätsmodus) geladen. Die Sensordaten werden werkseitig oder mit dem FT DEMO-Programm geladen. Kalibrierungen, die ab Werk im Kompatibilitätsmodus bestellt werden,

sind in den Bestellunterlagen mit dem Suffix „C“ versehen. Dieses Suffix ist möglicherweise nicht direkt an den Ausgängen des F/T Controllers angegeben.

- Die folgenden neuen Befehle sind sowohl im normalen Modus als auch im Kompatibilitätsmodus verfügbar (siehe [4, Seite 24](#)) für Details zu den einzelnen Befehlen):
- 1 CB – Änderung der Baudrate
 - 2 CR – Änderung des analogen Ausgangsspannungsbereichs
 - 3 CS – Änderung der Baudraten-Anzeige an der Frontseite
 - 4 CE – Änderung der Fehleranzeige an der Frontseite
 - 5 CF – „Communicate Fast“ unterstützt jetzt nur die Modi 0 und 1. Die Modi 2 und 3 werden automatisch in Modus 1 umgewandelt.
 - 6 SR – Überwachung auf Spannungsfehler des Sensors
 - 7 MH – Einstellung für Überwachungs-Handshake
 - 8 TT – Seriennummer für Werkzeug-Koordinatensystem
 - 9 HELP – Anzeige der Liste verfügbarer Befehle
 - 10 % – Kommentarzeile, wird ignoriert.