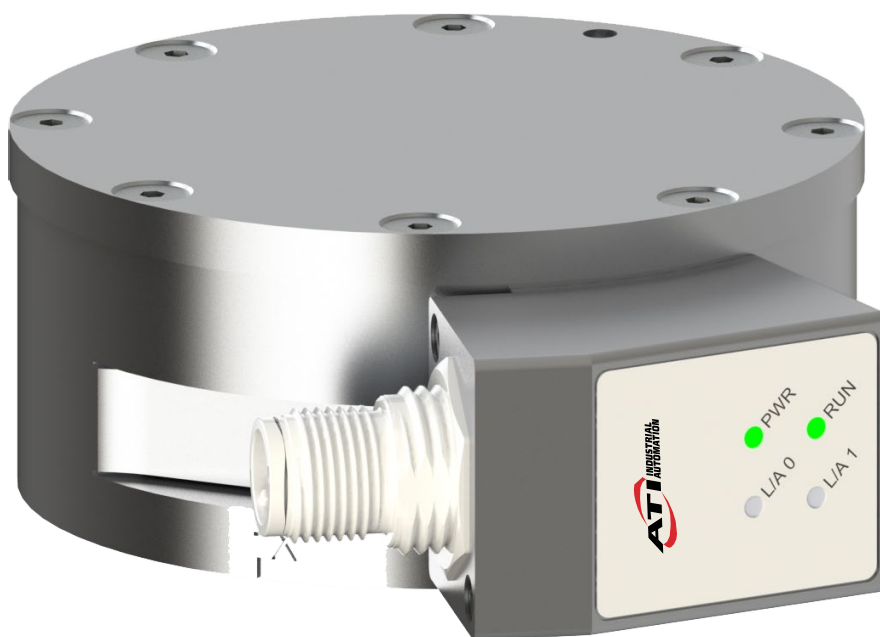




A Novanta Company

Handbuch

EtherCAT Generation 3 (ECAT3) Kraft- /Drehmoment-Schnittstelle



Dokument-Nr.: 9620-05-EtherCAT3-de

Technische Produkte für die Produktivität in der Robotik

Pinnacle Park • 1031 Goodworth Drive • Apex, NC 27539 USA • Tel.: +1 919-772-0115 • Fax: +1 919-772-8259 • www.ati-ia.com

Vorwort

Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen sind Eigentum von ATI Industrial Automation, Inc. und dürfen ohne vorherige schriftliche Genehmigung von ATI Industrial Automation, Inc. weder ganz noch teilweise reproduziert werden. Die hierin enthaltenen Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden und sind nicht als Verpflichtung seitens ATI Industrial Automation, Inc. zu verstehen. Dieses Handbuch wird regelmäßig überarbeitet, um Änderungen am F/T-System zu berücksichtigen und einzubeziehen.

ATI Industrial Automation, Inc. übernimmt keine Haftung für Fehler oder Auslassungen in diesem Dokument.

Copyright © (2026) by ATI Industrial Automation, Inc., Apex, North Carolina, USA. Alle Rechte vorbehalten. Veröffentlicht in den USA.

Da die Produkte von ATI Industrial Automation, Inc. (ATI) für den Einsatz in Roboter- und/oder automatisierten Maschinen vorgesehen sind, rät ATI von der Verwendung seiner Produkte in Anwendungen ab, in denen ein Ausfall oder eine Fehlfunktion einer ATI-Komponente oder eines ATI-Systems eine Lebensgefahr darstellt oder Verletzungen wahrscheinlich macht. Jeder, der ATI-Komponenten in einem potenziell lebensbedrohlichen System verwendet oder einbaut, muss die vorherige Zustimmung von ATI einholen, nachdem er ATI versichert hat, dass eine Fehlfunktion der ATI-Komponente keine direkte oder indirekte Gefahr für Verletzungen oder Tod darstellt, und (selbst wenn eine solche Zustimmung erteilt wird) ATI von allen Ansprüchen, Verlusten, Haftungen und damit verbundenen Kosten freistellen, die sich aus Verletzungen oder Todesfällen infolge der Verwendung von ATI-Komponenten ergeben.

Alle Markenzeichen sind Eigentum ihrer jeweiligen Inhaber.

Windows™ ist eine eingetragene Marke der Microsoft Corporation.

Hinweis

Bitte lesen Sie das Handbuch, bevor Sie den Kundendienst anrufen, und halten Sie folgende Informationen bereit:

1. Seriennummer; zum Beispiel FT01234.
2. Messumformermodell; zum Beispiel Nano17, Gamma, Theta.
3. Kalibrierung; zum Beispiel US-15-50, SI-65-6.
4. Genaue und vollständige Beschreibung der Frage oder des Problems
5. Informationen zu Computer und Software (Betriebssystem, PC-Typ, Treiber, Anwendungssoftware und andere relevante Informationen zur Konfiguration)

Halten Sie sich beim Anruf möglichst in der Nähe des F/T-Systems auf.

Wenden Sie sich bei Bedarf bitte an einen ATI-Mitarbeiter:

Vertrieb, Service und Informationen zu ATI-Produkten:

ATI Industrial Automation (ein Unternehmen von Novanta)

1031 Goodworth Drive Apex, NC
27539 USA

www.ati-ia.com

Tel.: +1 919-772-0115

Fax: +1 919-772-8259

Anwendungstechnik

E-Mail: ft.support@novanta.com

24/7-Support: +1 855 ATI-IA 00 (+1 855-284-4200)

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	2
Glossar.....	5
1. Sicherheit	6
1.1 Erläuterung der Benachrichtigungen.....	6
1.2 Allgemeine Sicherheitshinweise	6
1.3 Sicherheitsvorkehrungen	7
2. Produktübersicht.....	8
2.1 Systemübersicht	9
3. Installation.....	12
3.1 Anschluss eines Standard-Messwertgebersystems	13
3.2 Anschluss eines Mini- oder Nano-Wandlers	15
4. Betrieb der EtherCAT-Bus-Schnittstelle.....	17
4.1 F/T-Rohdatenausgabe.....	17
4.2 Abtastrate.....	17
4.3 Schwellenwertüberwachung	17
4.4 Filterung	18
4.5 Werkzeugtransformation	19
4.6 PDO-Schnittstelle (Process Data Object)	20
4.7 EtherCAT-Dictionary-Objekte (SDO-Daten).....	21
4.7.1 Objekt 0x2020: Werkzeugtransformation.....	21
4.7.2 Objekt 0x2021: Kalibrierung	22
4.7.3 Objekt 0x2023: Konsole über EtherCAT.....	24
4.7.4 Objekt 0x2060: Zustandsüberwachung	24
4.7.5 Objekt 0x2080: Diagnosewerte.....	25
4.7.6 Objekt 0x2090: Version.....	25
4.7.7 Objekt 0x6000: Daten lesen	25
4.7.7.1 Umrechnung von Kraft-/Drehmomentwerten in Einheiten	26
4.7.8 Objekt 0x6010: Statuscode	27
4.7.9 Objekt 0x6020: Abtastzähler	27
4.7.10 Objekt 0x6030: Messdaten	27
4.7.11 Objekt 0x6050: IMU-Daten	28
4.7.12 Verfahren zur Überprüfung der IMU-Genauigkeit	28
4.7.13 Objekt 0x7010: Steuercodes	29
4.8 LED-Funktionen	31
5. Bedienung der Konsole	32
5.1 Abfragebefehle: „s“ oder „c“	33

5.2	Befehl „Set“	34
5.2.1	Zählwerte pro Kraft/Drehmoment in FT-Werten	38
5.3	IMU-Daten	38
5.3.1	Konfiguration von Beschleunigungsmesser und Gyroskop	38
5.3.2	Streaming von IMU-Daten	38
5.3.3	Verfahren zur Überprüfung der IMU-Genauigkeit	39
6.	Fehlerbehebung	40
6.1	Fehler bei Kraft- und Drehmomentmesswerten	40
6.2	Systemstatus-Code	41
6.3	Rauschunterdrückung	42
6.3.1	Mechanische Schwingungen	42
6.3.2	Elektrische Störungen	42
6.4	Genauigkeitsprüfung	42
7.	Technische Daten	44
7.1	Lager- und Betriebsbedingungen	44
7.2	Elektrische Daten	44
7.2.1	Passende Steckverbinder	44
7.3	Anschlussbelegung	45
7.3.1	Splitterbox	45
7.3.2	ECAT3 CEB	46
8.	Zeichnungen	47

Glossar

Begriff	Definition
Beschleunigungsmesser	Ein in den Varo-Sensoren von ATI integriertes Gerät, das die Beschleunigung misst. Die Varo-Sensoren von ATI verwenden einen Beschleunigungsmesser auf Basis eines mikroelektromechanischen Systems (MEMS).
ADC	Analog-Digital-Wandler
CEB	Die Kommunikationselektronikbox ist eine Komponente der ATI Network RS422/485-Kraft-/Drehmomentsysteme, in der zusätzliche Elektronik für die Stromversorgung oder erweiterte Netzwerkfunktionen untergebracht ist
CoE	CANopen über EtherCAT, das bevorzugte Embedded-Protokoll zur Konfiguration von EtherCAT-Geräten. Wird innerhalb von SDO zur Kodierung der Konfigurationsdaten verwendet.
DINT	Ein Datentyp, der eine vorzeichenbehaftete Ganzzahl mit 32 Bit darstellt.
EtherCAT	Ein Feldbus für die industrielle Automatisierung.
FoE	Dateizugriff über EtherCAT, das bevorzugte Embedded-Protokoll zum Hochladen neuer Firmware auf EtherCAT-Geräte.
F/T	Kraft/Drehmoment.
F/T-Wandler	Wandelt Kraft und Drehmoment in ein elektrisches Signal um.
g	G-Kraft oder das Äquivalent der Schwerkraft ist eine massenspezifische Kraft, ausgedrückt in Einheiten der Standardschwerkraft.
Gyroskop	Ein in den Varo-Sensoren von ATI integriertes Bauteil, das die Ausrichtung und die Winkelgeschwindigkeit misst. Die Varo-Sensoren von ATI verwenden ein MEMS-Gyroskop (Micro Electronic Mechanical System).
IMU	Eine Inertial Measurement Unit (IMU) ist ein Gerät, das Beschleunigung und Winkelgeschwindigkeit (gyroskopische Daten) erfasst.
MAP	Die Montageadapterplatte (MAP) ist die Wandlerplatte, die an der festen Oberfläche oder am Roboterarm befestigt wird.
PDO	Process Data Object, ein Protokoll zum zyklischen Lesen und Schreiben von Echtzeit-Prozessinformationen.
SDO	Service Data Object, ein Protokoll zum azyklischen Lesen und Schreiben von Konfigurationsinformationen.
STG	Dehnungsmessstreifen
TAP	Die Werkzeugadapterplatte (TAP) ist die Oberfläche des Messwandlers, die an der zu messenden Last befestigt wird.
Messwandler	Der Messwandler ist die Komponente, die die erfasste Last in elektrische Signale umwandelt.
UDINT	Ein Datentyp, der eine vorzeichenlose Ganzzahl mit 32 Bit darstellt.
UINT	Ein Datentyp, der eine vorzeichenlose Ganzzahl mit 16 Bit darstellt.
USINT	Ein Datentyp, der eine vorzeichenlose Ganzzahl mit 8 Bit darstellt.

1. Sicherheit

Der Abschnitt „Sicherheit“ enthält allgemeine Sicherheitshinweise für die Verwendung dieses Produkts, Erläuterungen zu den in dieser Anleitung enthaltenen Hinweisen sowie Sicherheitsvorkehrungen, die für das Produkt gelten. Produktspezifische Hinweise sind (sofern zutreffend) in den entsprechenden Abschnitten dieser Anleitung enthalten.

1.1 Erläuterung der Hinweise

Diese Hinweise werden in allen ATI-Handbüchern verwendet und sind nicht spezifisch für dieses Produkt. Der Benutzer sollte alle Hinweise des Roboterherstellers und/oder der Hersteller anderer bei der Installation verwendet werden.



GEFAHR: Hinweis auf Informationen oder Anweisungen, deren Nichtbeachtung zum Tod oder zu schweren Verletzungen führt. Der Hinweis enthält Informationen über die Art der gefährlichen Situation, die Folgen einer Nichtbeachtung der Gefahrenhinweise und die Methode zur Vermeidung der Situation.



WARNUNG: Hinweis auf Informationen oder Anweisungen, deren Nichtbeachtung zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen kann. Der Hinweis enthält Informationen über die Art der gefährlichen Situation, die Folgen einer Nichtbeachtung der Gefahrenabwehr sowie die Methode zur Vermeidung der Situation.



VORSICHT: Hinweis auf Informationen oder Anweisungen, deren Nichtbeachtung zu mittelschweren Verletzungen führen oder Schäden an Geräten verursachen kann. Der Hinweis enthält Informationen über die Art der gefährlichen Situation, die Folgen einer Nichtbeachtung der Gefahr und die Methode zur Vermeidung der Situation.

HINWEIS: Hinweis auf spezifische Informationen oder Anweisungen zur Wartung, zum Betrieb, zur Installation oder zur Einrichtung des Produkts, deren Nichtbeachtung zu Schäden am Gerät führen kann. Der Hinweis kann unter anderem folgende Punkte hervorheben: spezifische Schmierfetttypen, bewährte Betriebsverfahren und Wartungstipps.

1.2 Allgemeine Sicherheitshinweise

Der Kunde sollte sicherstellen, dass der ausgewählte Messwandler für die während des Betriebs zu erwartenden maximalen Lasten und Momente ausgelegt ist. Siehe das Handbuch [zum Abschnitt „ATI F/T-Messwandler“](#) oder wenden Sie sich an ATI Industrial

Automatisierung zur Unterstützung. Besondere Aufmerksamkeit sollte den dynamischen Belastungen gewidmet werden, die durch die Beschleunigung und Verzögerung des Roboters verursacht werden. Diese Kräfte können in Situationen mit hoher Beschleunigung oder Verzögerung ein Vielfaches der statischen Kräfte betragen.

1.3 Sicherheitshinweise



VORSICHT: Entfernen Sie keine Befestigungselemente und zerlegen Sie keine Messwandler ohne eine abnehmbare Montageadapterplatte. Dazu gehören Nano-, Mini-, IP-zertifizierte und einige Omega-Messwandler. Dies führt zu irreparablen Schäden am Messwandler und zum Erlöschen der Garantie. Lassen Sie alle Befestigungselemente an Ort und Stelle und zerlegen Sie den Messwandler nicht.



VORSICHT: Führen Sie keine Sonden in Öffnungen des Wandlers ein. Dies beschädigt das Gerät.



VORSICHT: Üben Sie keine übermäßige Kraft auf den Messwandler aus. Der Messwandler ist ein empfindliches Gerät und kann durch Krafteinwirkung, die die einachsigen Überlastwerte des Messwandlers überschreitet, beschädigt werden und irreparable Schäden davontragen. Kleine Nano- und Mini-Messwandler können bei der Installation leicht überlastet werden. Die spezifischen Überlastwerte für den Messwandler finden Sie im Handbuch [9620-05-Transducer Section](#).

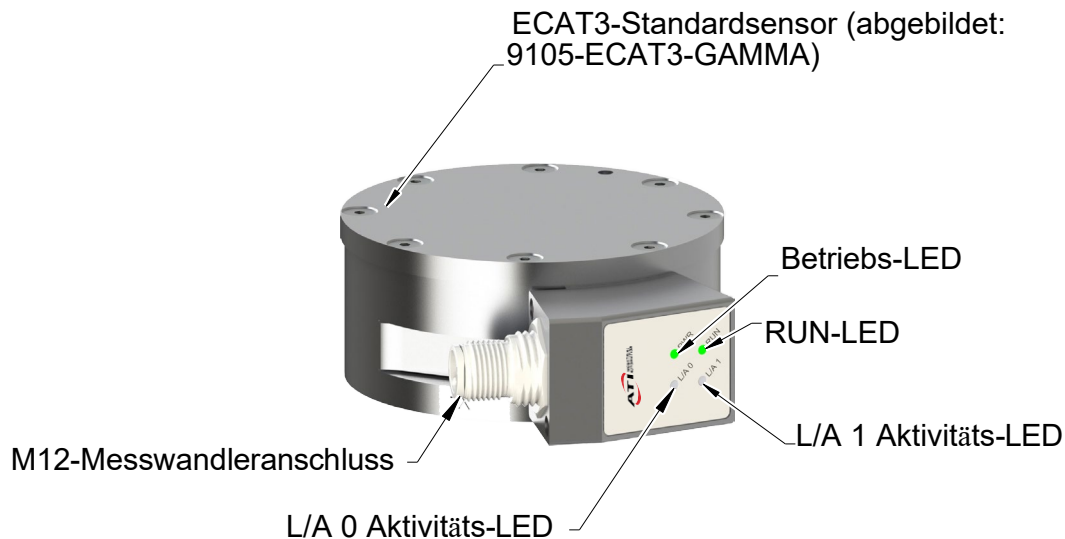
2. Produktübersicht

Das EtherCAT-Kraft-/Drehmomentsensorsystem der dritten Generation (ECAT3) misst sechs Kraft- und Drehmomentkomponenten (Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz) und überträgt die Daten nahtlos an Geräte, die den EtherCAT-Feldbus nutzen. Integrierte Signalaufbereitung, Datenerfassung und eine EtherCAT-Schnittstelle mit zwei Ports sind in einem kleinen, robusten Gehäuse untergebracht.

ATI-Sensoren mit EtherCAT3-Schnittstelle bieten folgende Funktionen:

- Der EtherCAT-Anschluss mit zwei Ports ermöglicht die Verkettung mehrerer Geräte
- Aufgelöste Kraft- und Drehmomentdaten mit einer Aktualisierungsrate von 8 kHz
- Konsolenbefehle sind entweder über das EtherCAT-Netzwerk oder über eine serielle Verbindung verfügbar. (siehe [Abschnitt 4.7.3 – Objekt 0x2023: Konsole über EtherCAT](#) und [Abschnitt 5 – Konsolenbetrieb](#))
- Einstellbare digitale Tiefpassfilter
- Bis zu drei verschiedene Kalibrierungen (Messbereiche) können gespeichert und ausgewählt werden (siehe [Abschnitt 4.7.2 – Objekt 0x2021: Kalibrierung](#))
- Werkzeugtransformation programmierbar über EtherCAT (siehe [Abschnitt 4.5 – Werkzeugtransformation](#)) oder Konsolenbefehle (siehe [Abschnitt 5.2 – Cal-Befehl](#))
- Funktionen zur Zustandsüberwachung. (siehe [Abschnitt 4.3 – Schwellenwertüberwachung](#) und [Abschnitt 5.2 – Cal-Befehl](#))
- LED-Anzeige für Betriebsstatus, RUN-Status, Verbindung/Aktivität an Port 0, Verbindung/Aktivität an Port 1 (weitere Informationen finden Sie in [Abschnitt 4.8 – LED-Funktionen](#))

Abbildung 2.1 – EtherCAT3-Sensor



2.1 Systemübersicht

Die Standard-ECAT3-Systemangebote von ATI lassen sich in zwei Gruppen einteilen: Standard-Transducer, die ausschließlich über EtherCAT kommunizieren, und Standard-Transducer, die über EtherCAT und eine Konsole über eine serielle Verbindung kommunizieren. Die Komponenten für jede dieser Konfigurationen sind in [Tabelle 2.1](#) unten aufgeführt.

Tabelle 2.1 – ECAT3-Systemkomponenten		
Bild	Beschreibung	Teilenummer
Standard-Messumformer, der nur über EtherCAT kommuniziert		
	Standard-Messumformer	9105-ECAT3-SensorModel
	Messumformer-Kabel	9105-C-MA12F1-MA12M1-01-1.0 9105-C-MA12F1-MA12M1-01-5.0 9105-C-MA12F1-MA12M1-01-10.0
	Splitterbox	9105-GEN3-SPLIT-001
	Stromversorgung	9105-NETPS-UNIV (Empfohlen)
	M12 auf RJ45 Ethernet-Adapter	9105-C-R08F1-MD04M1-01-0.2 (x2) (Standard) ¹
Standard-Transducer für die Kommunikation über EtherCAT und die Konsole über serielle Schnittstelle		
	Standard-Messumformer	9105-ECAT3-SensorModel
	Messumformer-Kabel	9105-C-MA12F1-MA12M1-01-1.0 9105-C-MA12F1-MA12M1-01-5.0 9105-C-MA12F1-MA12M1-01-10.0
	Splitterbox	9105-GEN3-SPLIT-001
	Strom- und serielles Kabel	9105-CF-MTS-DB9-5
	M12 auf RJ45 Ethernet-Adapter	9105-C-R08F1-MD04M1-01-0,2 (x2) (Standard) ¹
Hinweis:		
1. Weitere Kabellängen sind erhältlich.		

Tabelle 2.1 – ECAT3-Systemkomponenten		
Abbildung	Beschreibung	Teilenummer
Mini- oder Nano-Wandler mit EtherCAT-Kommunikation		
	Wandler mit integriertem Kabel	9105-TW-SensorModel
	ECAT3 Kommunikationselektronikbox (CEB)	9105-ECAT3-CEB-001
	Stromversorgung	9105-NETPS-UNIV (Empfohlen)
	M12 auf RJ45 Ethernet-Adapter	9105-C-R08F1-MD04M1-01-0.2 (Standard) ¹
Mini- oder Nano-Messwandler, der über serielle Schnittstelle mit EtherCAT und Konsole kommuniziert		
	Transducer mit integriertem Kabel	9105-TW-SensorModel
	ECAT3 Kommunikationselektronikbox (CEB)	9105-ECAT3-CEB-001
	Strom- und serielles Kabel	9105-CF-MTS-DB9-5
	M12 auf RJ45 Ethernet-Adapter	9105-C-R08F1-MD04M1-01-0.2 (x2) (Standard) ¹
Hinweis:		
1. Zusätzliche Kabellängen erhältlich.		

- **ECAT3 F/T-Messwandler:** Wandelt Kraft- und Drehmomentbelastungen in elektrische Signale um und überträgt diese über das Messwandlerkabel. Die ECAT3-Sensoren von ATI senden digitale Signale. Weitere Informationen finden Sie im Handbuch zum F/T-Messwandler (9620-05, Abschnitt „Messwandler“).
- **Messwandlerkabel:** Versorgt den Messwandler mit Strom und überträgt die Dehnungsmessstreifendaten des Messwandlers. Messwandler mit integrierter Elektronik werden an eine Verteilerbox angeschlossen. Es kann jedes DeviceNet-kompatible Kabel mit den richtigen M12-Micro-Steckern (männlich/weiblich) verwendet werden, jedoch sind Messwandler ohne IP-Schutzart nicht mit rechtwinkligen Steckern kompatibel. ATI Industrial Automation liefert zu jedem ECAT3 F/T-System ein hochflexibles Messwandlerkabel in Roboterqualität mit.
- **Splitterbox:** Teilt das Messwandlerkabel in Anschlüsse für EtherCAT-Port 0, EtherCAT-Port 1 sowie Stromversorgung/RS485 auf. Die Splitterbox ist für jede Anwendung mit einem Standard-Messwandler erforderlich.
- **ECAT3 CEB:** verarbeitet die Kraft- und Drehmomentmesswerte des Sensors und überträgt sie an die Anwendergeräte. Die ECAT3 CEB (9105-ECAT3-CEB-001) ist speziell für Kunden vorgesehen, die einen Sensor der Nano- oder Mini-Serie verwenden
- **Stromkabel:** versorgt den Messwandler über die Splitterbox mit Strom.
- **Kommunikationskabel:** überträgt Signale über EtherCAT.
- **Software, Kalibrierungsunterlagen und Handbücher von ATI Industrial Automation** (einschließlich dieses Handbuchs). Diese Informationen finden Sie auf der ATI-Website (<https://www.ati-ia.com/Products/ft/sensors.aspx>) oder werden Ihnen nach dem Kauf des Systems per E-Mail zugesandt.
- Weitere optionale Komponenten sind:
 - Netzteil, das an eine 100–240-V-Wechselstromsteckdose (50–60 Hz) angeschlossen wird und den Sensor über eine Verteilerbox mit Strom versorgt
 - Netzteil, das zusätzlich einen DB9-Stecker für den seriellen Anschluss enthält
 - M12-zu-RJ45-Ethernet-Kabeladapter
 - Transducerkabel in Roboterqualität in verschiedenen Längen

3. Installation



WARNUNG: Die Durchführung von Wartungs- oder Reparaturarbeiten am Sensor, während Stromkreise (z. B. Strom, Wasser und Luft) unter Spannung stehen, kann zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen. Entladen Sie alle unter Spannung stehenden Stromkreise und vergewissern Sie sich, dass diese gemäß den Sicherheitsvorschriften und -richtlinien des Kunden spannungsfrei sind.



ACHTUNG: Die Verwendung von Befestigungselementen, die die Tiefe der Kundenschnittstelle überschreiten, führt dazu, dass das Sensorgehäuse durchbohrt wird, die Elektronik beschädigt wird und die Garantie erlischt. Weitere Informationen finden Sie in den Kundenzeichnungen.



VORSICHT: Auf Befestigungselemente aufgetragene Schraubensicherung darf nicht mehr als einmal verwendet werden. Befestigungselemente könnten sich lösen und Schäden an der Anlage verursachen. Tragen Sie bei der Wiederverwendung von Befestigungselementen stets neue Schraubensicherung auf.



VORSICHT: Vermeiden Sie Schäden am Sensor durch elektrostatische Entladungen. Stellen Sie sicher, dass beim Umgang mit dem Sensor oder den an den Sensor angeschlossenen Kabeln die richtigen Erdungsmaßnahmen befolgt werden. Die Nichtbeachtung der richtigen Erdungsmaßnahmen kann zu Schäden am Sensor führen.



VORSICHT: Üben Sie bei der Installation keine übermäßige Kraft auf den Sensor und den Kabelstecker aus, da dies zu Schäden an den Steckern führen kann. Richten Sie bei der Installation die Nut am Sensor und am Kabelstecker aus, um eine übermäßige Krafteinwirkung auf die Stecker zu vermeiden.

Der folgende Abschnitt enthält Informationen zur Installation des EtherCAT3 F/T-Sensorsystems. Die Installation des Messwandlers am Roboter oder einem anderen Gerät wird im Handbuch ([9620-05-Transducer Section](#)) behandelt.

3.1 Anschluss eines Standard-Wandlersystems



ACHTUNG: Die Splitterbox sollte über mindestens eine der beiden Befestigungslaschen geerdet werden. Verbinden Sie den Abschirmungsstift des Netzkabels mit der Erde und dem Minuspol (-) des Netzteils, um ein optimales Rauschverhalten zu erzielen.

Das Angebot an ECAT3-Standardwandlern von ATI umfasst die Gamma-, Delta- und Omega-Serien. Der folgende Prozess beschreibt, wie das ECAT3-System angeschlossen wird.

Benötigtes Zubehör:

- Wandler (9105-ECAT3-SENSORMODEL)
- Wandlerkabel (9105-C-MA12F1-MA12M1-01-X)
- Splitterbox (9105-GEN3-SPLIT-001)
- (2) M12-zu-RJ45-Ethernet-Adapter (9105-C-R08F1-MD04M1-01-0.2)
- (2) Standard-RJ45-Ethernet-Kabel (vom Kunden bereitzustellen)
- Stromversorgung: Nur ECAT: 9105-NETPS-UNIV
Seriell und ECAT: 9105-CF-MTS-DB9-LENGTH

1. Schließen Sie den Wandler mit dem Wandlerkabel an die Splitterbox an.
 - a. Richten Sie die M12-Buchse des Wandlerkabels auf den M12-Stecker des Wandlers aus. Verwenden Sie den Schlüssel, um sicherzustellen, dass die Stifte korrekt ausgerichtet sind. Detaillierte Informationen zur Pinbelegung finden Sie in [Abschnitt 8 – Technische Daten](#).
 - b. Ziehen Sie die Kabelhülse im Uhrzeigersinn fest, um den Stecker mit 0,8 Nm bis 1,0 Nm zu sichern.
 - c. Richten Sie den M12-Stecker des Wandlerkabels auf die M12-Buchse der Verteilerbox aus. Die Verteilerbox sollte deutlich mit „Transducer“ beschriftet sein, um die korrekte Platzierung zu erkennen (siehe [Abbildung 3.1](#)). Detaillierte Informationen zur Pinbelegung der Verteilerbox finden Sie in [Abschnitt 8 – Technische Daten](#).

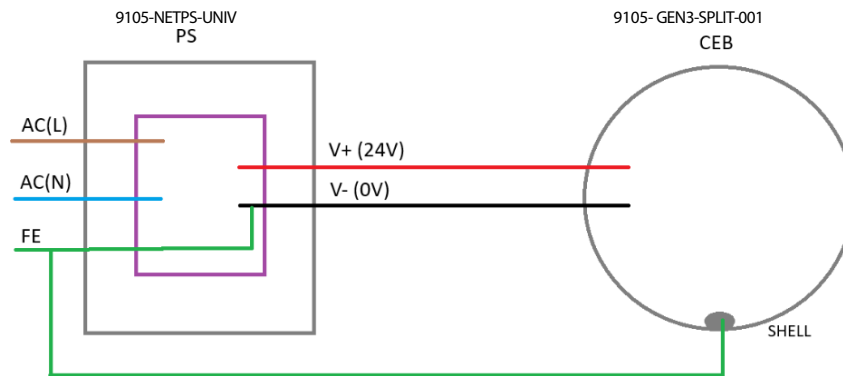
Abbildung 3.1 – Splitterbox



- d. Ziehen Sie die Hülse im Uhrzeigersinn fest, um den Stecker mit einem empfohlenen Drehmoment von 0,8 Nm bis 1,0 Nm zu sichern.
2. Schließen Sie den EtherCAT-Port 0 an:
 - a. Suchen Sie den EtherCAT-Port 0 (ECAT0 auf dem Etikett) an der Splitterbox. Siehe [Abbildung 3.1](#).
 - b. Schließen Sie den M12-zu-RJ45-Adapter an die Verteilerbox an. Ziehen Sie die Hülse mit dem empfohlenen Drehmoment von 0,8 Nm bis 1,0 Nm fest an, um den Stecker zu sichern.
 - c. Schließen Sie ein Standard-RJ45-Kabel (kundenseitig bereitgestellt) an den Adapter an.
 - d. Stecken Sie das andere Ende des RJ45-Kabels in das EtherCAT-Gerät des Kunden.
 3. EtherCAT-Port 1 anschließen:
 - a. Suchen Sie den EtherCAT-Anschluss 1 (ECAT1 auf dem Etikett) an der Splitterbox. Siehe [Abbildung 3.1](#).
 - b. Schließen Sie den M12-zu-RJ45-Adapter an die Splitterbox an. Ziehen Sie die Hülse fest an, um den Stecker mit einem empfohlenen Drehmoment von 0,8 Nm bis 1,0 Nm zu sichern.
 - c. Schließen Sie ein handelsübliches RJ45-Kabel (vom Kunden bereitzustellen) an den Adapter an.
 - d. Stecken Sie das andere Ende des RJ45-Kabels in das EtherCAT-Gerät des Kunden.

4. Schließen Sie die Stromversorgung an die Splitterbox an
 - a. Suchen Sie den Stromeingang an der Splitterbox. Siehe [Abbildung 3.1](#).
 - b. Schließen Sie das Stromversorgungskabel an den Anschluss der Splitterbox an.
 - c. Schließen Sie das Netzteil an die Stromquelle des Kunden an.
 - d. *Optional:* Bei Verwendung des 9105-CF-MTS-DB9-X stecken Sie den seriellen DB9-Stecker in das Kundengerät.
 - e. Erdung des Netzteils:
 - Bei Verwendung des von ATI gelieferten Netzteils (9105-NETPS-UNIV) ist die Funktionserde bereits mit dem V- (DC-Masse-)Ausgang verbunden.
 - i. Um optimale Ergebnisse hinsichtlich der Störunterdrückung zu erzielen, erden Sie die Splitterbox über nur eine Befestigungslasche an denselben Erdungspunkt wie das NetPS-Netzteil.
 - Bei Verwendung eines eigenen Gleichstromnetzteils:
 - i. Schließen Sie den Gleichstrom (-) gemäß der folgenden Abbildung an die Wechselstrom-Erdung an.

Abbildung 3.2 – Schaltplan der Stromversorgung



- ii. Um optimale Rauschunterdrückungsergebnisse zu erzielen, erden Sie die Splitterbox über nur eine Befestigungslasche am selben Erdungspunkt wie den DC (-)-Anschluss.

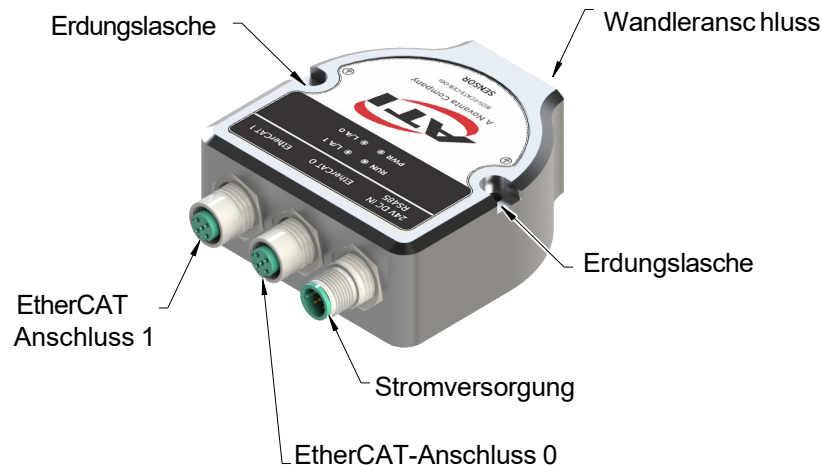
3.2 Anschluss eines Mini- oder Nano-Wandlers

ATI bietet eine Auswahl kleinerer Wandler an, für die die Verwendung der ECAT3 Communications Electronics Box (CEB) erforderlich ist, die eine zusätzliche Elektronikplatine enthält. Zu diesen Sensoren gehören die Nano-Serie und die Mini-Serie. Diese Sensoren werden mit einem angeschlossenen Wandlerkabel geliefert.

Benötigtes Zubehör:

- ECAT3 CEB (9105-ECAT3-CEB-001)
- (2) M12-zu-RJ45-Ethernet-Adapter (9105-C-R08F1-MD04M1-01-0.2)
- (2) Standard-RJ45-Ethernet-Kabel (vom Kunden bereitzustellen)
- Stromversorgung: Nur ECAT: 9105-NETPS-UNIV
Seriell und ECAT: 9105-CF-MTS-DB9-LENGTH

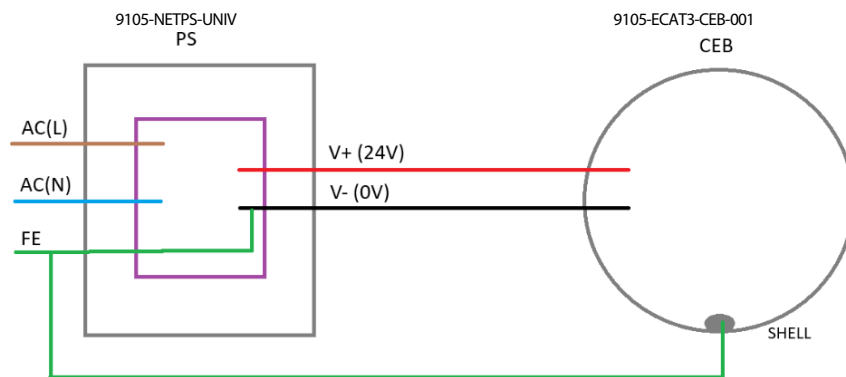
Abbildung 3.3 – ECAT3 CEB-Eingänge



1. Schließen Sie das Messwertgeberkabel an den ECAT3 CEB an.
 - a. Richten Sie den M12-Stecker des Messwertgeberkabels auf die M12-Buchse am EC AT3 CEB aus.
 - b. Ziehen Sie die Kabelhülse im Uhrzeigersinn fest, um den Stecker mit einem empfohlenen Drehmoment von 0,7 Nm zu sichern.
2. Schließen Sie den EtherCAT-Port 0 an:
 - a. Suchen Sie den EtherCAT-Port 0 (ECAT0 auf dem Etikett) am ECAT3 CEB. Siehe [Abbildung 3.2](#).
 - b. Schließen Sie den M12-zu-RJ45-Adapter an den CEB an. Ziehen Sie die Hülse fest an, um den Stecker mit einem empfohlenen Drehmoment von 0,8 Nm bis 1,0 Nm zu sichern.
 - c. Schließen Sie ein Standard-RJ45-Kabel (kundenseitig bereitgestellt) an den Adapter an.
 - d. Stecken Sie das andere Ende des RJ45-Kabels in das EtherCAT-Gerät des Kunden.
3. EtherCAT-Port 1 anschließen:
 - a. Suchen Sie den EtherCAT-Anschluss 1 (ECAT1 auf dem Etikett) am CEB. Siehe [Abbildung 3.2](#).
 - b. Schließen Sie den M12-zu-RJ45-Adapter an das CEB an. Ziehen Sie die Hülse fest an, um den Stecker mit einem empfohlenen Drehmoment von 0,8 Nm bis 1,0 Nm zu sichern.
 - c. Schließen Sie ein handelsübliches RJ45-Kabel (vom Kunden bereitzustellen) an den Adapter an.
 - d. Stecken Sie das andere Ende des RJ45-Kabels in das EtherCAT-Gerät des Kunden.

4. Schließen Sie die Stromversorgung an CEB an
 - a. Suchen Sie den Stromeingang an der Splitterbox. Siehe [Abbildung 3.2](#).
 - b. Schließen Sie das Stromversorgungskabel an das CEB an.
 - c. Schließen Sie das Netzteil an die Stromquelle des Kunden an.
 - d. *Optional:* Bei Verwendung des 9105-CF-MTS-DB9-X stecken Sie den seriellen DB9-Stecker in das Kundengerät.
 - e. Erdung des Netzteils:
 - Bei Verwendung des von ATI gelieferten Netzteils (9105-NETPS-UNIV) ist die Funktionserde bereits mit dem V-Ausgang (DC-Masse) verbunden.
 - i. Um optimale Ergebnisse hinsichtlich der Störunterdrückung zu erzielen, erden Sie das CEB über nur eine Befestigungslasche an denselben Erdungspunkt wie das Netzteil.
 - Bei Verwendung eines eigenen Gleichstromnetzteils:
 - i. Schließen Sie den Gleichstrom (-) gemäß der folgenden Abbildung an die Wechselstrom-Erdung an.

Abbildung 3.4 – Schaltplan für die Stromversorgung



- ii. Um optimale Störunterdrückungsergebnisse zu erzielen, erden Sie das CEB über nur eine Befestigungslasche am gleichen Erdungspunkt wie den DC (-)-Anschluss.

4. Betrieb der EtherCAT-Bus-Schnittstelle

Der folgende Abschnitt enthält Informationen, die für den Betrieb des EtherCAT-Sensors mit Software erforderlich sind. Die Kommunikation mit dem EtherCAT-Sensor setzt Kenntnisse der EtherCAT-Standards und der Funktionsweise voraus.

Die EtherCAT-Bus-Schnittstelle ermöglicht dem Benutzer:

- Kraft-/Drehmomentdaten auslesen
- Auslesen von Dehnungsmessstreifen-Daten und Statusinformationen
- Werkzeugtransformation konfigurieren
- Überwachungsbedingungen festlegen
- Trennfrequenz des Tiefpassfilters einstellen
- Voreinstellung des Messwandlers
- Festlegen, welche Kalibrierung aktiv ist
- Eine Kalibrierung als aktiv auswählen
- Aktuelle Kalibrierungsinformationen auslesen Matrix, Seriennummer usw.
- Firmware-Version auslesen

4.1 F/T-Rohdatenausgabe

Die F/T-Datenausgabe vom Sensor an die EtherCAT-Schnittstelle erfolgt in Zählwerten. Der Benutzer muss den Wert von Zählwerten in Einheiten umrechnen (siehe [Abschnitt 4.7.7.1 – Umrechnung von Kraft-/Drehmoment-Zählwerten in Einheiten](#)).

4.2 Abtast rate

Die Firmware führt standardmäßig eine interne Abtastung mit 1000 Hz durch. Diese Rate kann vom Benutzer konfiguriert werden. Siehe [Abschnitt 4.7.11 – Objekt 0x7010: Steuercodes](#) und [Abschnitt 5.2 – Cal-Befehl](#).

4.3 Schwellenwertüberwachung

Das EtherCAT3 FT-System ermöglicht es dem Benutzer, Schwellenwerte zu konfigurieren. Um einen Schwellenwert zu aktivieren, müssen zunächst die entsprechenden Werte aus [Abschnitt 4.7.4 – Objekt 0x2060: Monitor Condition](#) geschrieben werden; anschließend muss das diesem Schwellenwert entsprechende Bit in der „Monitor Condition Enable Bitmap“ in [Abschnitt 4.7.11 – Objekt 0x7010: Control Codes](#) gesetzt werden.

Die Software unterstützt derzeit eine Überwachungsbedingung.

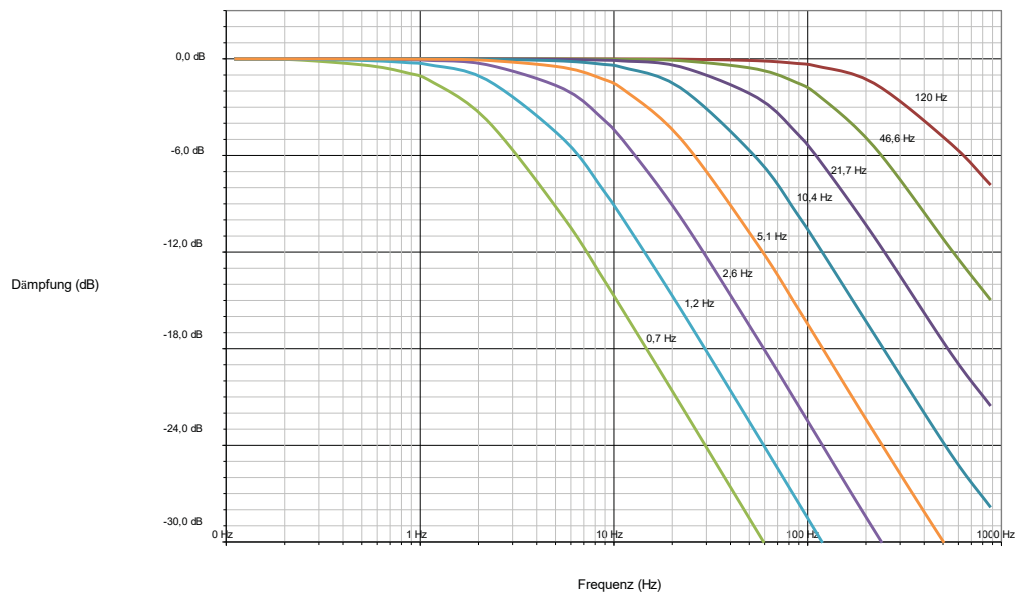
4.4 Filterung

Das Feld „Filter Selection“ in [Abschnitt 4.7.11 – Objekt 0x7010: Control Codes](#) steuert den Koeffizienten, der im internen IIR-Filter verwendet wird. Die Grenzfrequenz hängt von der internen Abtastrate ab, die in [Abschnitt 4.2 – Sample Rate](#) definiert ist. Die relativen Grenzfrequenzen für verschiedene Werte dieses Koeffizienten sind:

Tabelle 4.1 – Filterung		
Koeffizient	Grenzfrequenz (Prozent der internen Abtastrate)	Frequenz ¹
0	Kein Filter	15,9 kHz
1	11,97 %	120 Hz
2	4,66 %	46,6 Hz
3	2,17 %	21,7 Hz
4	1,04 %	10,4 Hz
5	0,51 %	5,1 Hz
6	0,26 %	2,6 Hz
7	0,12 %	1,2 Hz
8	0,07 %	0,7 Hz

Anmerkung:
1. Die Werte werden auf Basis einer ADC-Rate von 1 kHz angezeigt, was die Standardeinstellung für ATI ECAT3-Sensoren ist.

Abbildung 4.1 – Filterdämpfung bei einer Abtastrate von 1 kHz



4.5 Werkzeug-T sformation

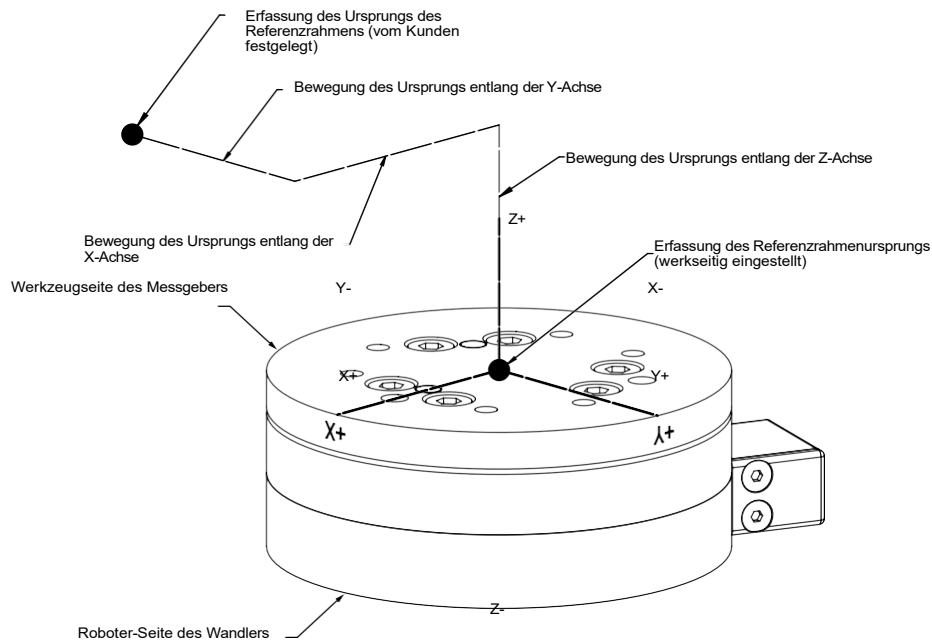
Um eine Werkzeugtransformation zu aktivieren, schreiben Sie zunächst die entsprechenden Transformationskoeffizienten aus [Abschnitt 4.7.1 – Objekt 0x2020: Werkzeugtransformation](#) und setzen Sie dann die Bits „Tool Transform Index Selection“ in [Abschnitt 4.7.11 – Objekt 0x7010: Steuercodes](#), um diesen Zustand zu aktivieren. Die Software unterstützt eine Werkzeugtransformation.

Die Werkzeugtransaktionsfunktion ermöglicht die Messung von Kräften und Drehmomenten an einem anderen Referenzpunkt als dem Ursprungspunkt des Sensors. Werden innerhalb einer bestimmten Werkzeugtransformation sowohl Drehungen als auch Verschiebungen angegeben, werden zunächst die Verschiebungen in der Reihenfolge DX, DY, DZ und anschließend die Drehungen in der Reihenfolge RX, RY, RZ ausgeführt.

- Verschiebung DX, DY und DZ: Die Verschiebung entlang jeder Achse wird in der Abstandskomponente der Drehmomenteinheiten der Kalibrierung gemessen. Wenn der Sensor also auf Newtonmeter als Drehmomenteinheit kalibriert wurde, wird die Verschiebung in Metern gemessen.
- Drehungen RX, RY und RZ: Die Drehung um jede Achse in Radianten.

Die Verschiebung ermöglicht es dem Kunden, den Ursprung des Erfassungsreferenzrahmens entlang der X-, Y- und Z-Achsen zu verschieben. Die Verschiebung sollte berechnet und die Werte sollten vor der Drehung eingegeben werden. Die Verschiebung wird in Einheiten gemessen, die entweder als Nm oder in-lbs festgelegt sind.

Abbildung 4.2 – Verschiebung des Ursprungs des Erfassungsreferenzrahmens



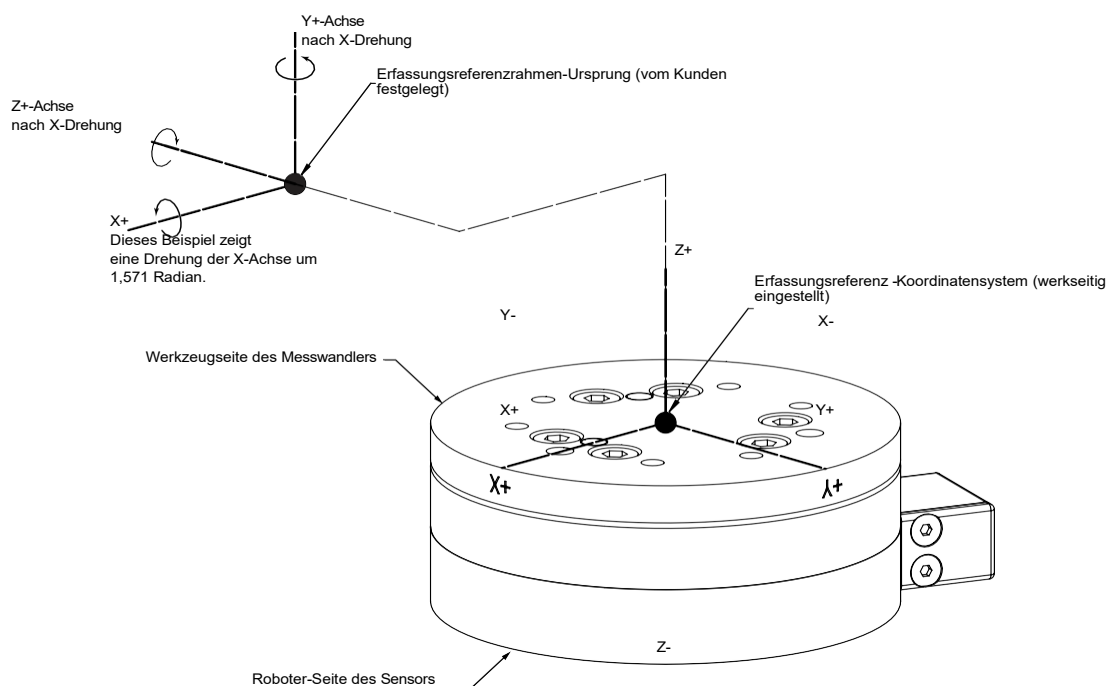
Mit der Drehung kann der Kunde die Achsen drehen, während der Ursprung des Koordinatensystems beibehalten wird. [Abbildung 4.3](#) zeigt die Drehrichtung um die Achse. Die Drehung wird in Radianen gemessen.

Wenn ein Wert für RX, RY oder RZ eingegeben wird, ergibt sich Folgendes:

- Der Wert „RX“ dreht Y und Z um X in die angegebene Richtung (siehe [Abbildung 4.3](#)).
- Der RY-Wert dreht X und Z um Y in der gezeigten Richtung.
- Der RZ-Wert dreht X und Y um Z in der gezeigten Richtung.

Bei einer Werkzeugtransformation ist die Reihenfolge der Drehungen entscheidend. Die Drehung um die X-Achse erfolgt zuerst, gefolgt von der Drehung um die Y-Achse (in ihrer neuen Ausrichtung) und schließlich um die Z-Achse. Daher MÜSSEN Drehungen in dieser Reihenfolge angegeben werden.

Abbildung 4.3 – Rotation des Referenzrahmens



4.6 Prozessdatenobjekt (PDO)-Schnittstelle

Die PDO-Schnittstelle dient zum Datenaustausch in Echtzeit mit dem F/T-Sensor.

- TxPDO-Zuordnung / Ausgabedaten
Das TxPDO kombiniert [Objekt 0x6000: Lesedaten](#), [Objekt 0x6010: Statuscode](#), [Objekt 0x6020: Abtastzähler](#) und [Objekt 0x6050: IMU-Daten](#).
- RxPDO-Zuordnung / Eingangsdaten
Die RxPDO-Zuordnung besteht aus [Objekt 0x7010: Steuercodes](#).

4.7 EtherCAT-Dictionary-Objekte (SDO-Daten)

Die SDO-Daten dienen zur Konfiguration des Sensors und zum Auslesen der Herstellungs- und Kalibrierungsdaten. In diesem Abschnitt sind die für den EtherCAT F/T-Sensor spezifischen Dictionary-Objekte sowie einige Objekte aufgeführt, die Bestandteil des von der EtherCAT® Technology Group definierten Standards sind. Die in diesem Abschnitt behandelten Dictionary-Objekte finden Sie in der ECAT AXIA ESI-Datei (ATI-Teilenummer 9030-05-1021), die auf der ATI-Webseite [unter https://www.ati-ia.com/Products/ft/software/axia_software.aspx](https://www.ati-ia.com/Products/ft/software/axia_software.aspx) zum Download bereitsteht.

4.7.1 Objekt 0x2020: Transformation des „-Tools

Dieses beschreibbare Objekt enthält die folgenden 32-Bit-Felder mit vorzeichenbehafteten Ganzzahlen:

Tabelle 4.2 – Werkzeugtransformation		
Subindex	Name	Beschreibung
0x01	Dx	Die Verschiebung entlang der x-Achse in Einheiten von 0,01 Kalibrierungslängeneinheiten. Wenn beispielsweise die Abstandskomponente des Drehmoments in Metern angegeben wird, entspricht ein Dx-Wert von 100 einem Meter.
0x02	Dy	Die Verschiebung entlang der y-Achse, in Einheiten von 0,01 Kalibrierungslängeneinheiten.
0x03	Dz	Die Verschiebung entlang der z-Achse in Einheiten von 0,01 Kalibrierungslängeneinheiten.
0x04	Rx	Die Drehung um die X-Achse, in Einheiten von 0,1 Grad, z. B. entspricht ein Rx-Wert von 900 = 90 Grad.
0x05	Ry	Die Drehung um die Y-Achse, in Einheiten von 0,1 Grad.
0x06	Rz	Die Drehung um die Z-Achse, in Einheiten von 0,1 Grad.
0x07	ttDistUnits	0=Zoll, 1=Fuß, 2=mm, 3=cm, 4=m
0x08	ttAngUnits	0=Grad, 1=Radian
0x09	Commit	Zum Senden des Befehls verwenden.

4.7.2 Objekt 0x2021: Kalibrierung des „“

Dieses Objekt ermöglicht es dem Benutzer, die aktuell aktive Kalibrierung anzuzeigen, wie sie im Feld „Kalibrierungsauswahl“ in [Abschnitt 4.7.11 – Objekt 0x7010: Steuercodes](#) definiert ist. Das Kalibrierungsobjekt enthält die folgenden Felder:

Tabelle 4.3 – Kalibrierung				
Unterindex	Name	Typ	Beschreibung	
0x01	FT-Seriennummer	STRING(8)	Die FT-Seriennummer, z. B. „FT01234“.	
0x02	Kalibrierungs-Teilenummer	STRING(30)	Die Kalibrierungs-Teilenummer, z. B. „SI-120-95“.	
0x03	Kalibrierungsfamilie	STRING(8)	Lautet immer „ECAT“	
0x04	Kalibrierungszeit	STRING(30)	Das Datum, an dem der Sensor kalibriert wurde	
0x05-0x28	Interne Matrix	STRING(16)	Interne Kalibrierungsmatrix	
0x29	Kraft-Einheiten	USINT8	Wert	Einheit
			0	Lbf
			1	N
			2	Klbf
			3	kN
			4	kg
0x2a	Drehmomenteinheiten	USINT8	Wert	Einheit
			0	Lbf-in
			1	Lbf-ft
			2	N-m
			3	N-mm
			4	kg-cm
0x2b	Max. Fx-Zählwerte	DINT	Der maximale Nennwert für diese Achse, in Zählwerten.	
	Max. Fy-Zählwerte			
	Max. Fz-Zählwerte			
	Max. Tx-Zählungen			
	Max. Ty-Zählwerte			
	Max. Tz-Zählwerte			
0x31	Zählwerte pro Kraft	DINT	Die Kalibrierungszählwerte pro Krafteinheit.	
0x32	Zählwerte pro Drehmoment	DINT	Die Kalibrierungswerte pro Drehmomenteinheit.	
0x33-0x3a	Interne Daten	UINT16	Interne Daten	
0x3b-0x40	Interne Daten	DINT	Interne Daten	
0x41	Maximaler Messbereich	DINT	Jede Messwertdehnung auf dieser Stufe und darüber gilt als außerhalb des Bereichs.	
0x42	Minimaler Messbereich		Jede Messdehnung auf diesem Niveau und darunter gilt als außerhalb des Bereichs.	
0x43	Spitzenlasten, positiv Fx	DINT	Höchste positive Kraftbelastung aller Zeiten in der x-Achse	
0x44	Spitzenlasten positiv Fy		Höchste positive Kraftbelastung aller Zeiten in der y-Achse	
0x45	Spitzenlasten positiv Fz		Höchste positive Kraftbelastung aller Zeiten in der z-Achse	
0x46	Spitzenlasten positiv Tx		Höchster positiver Drehmomentwert aller Zeiten in der x-Achse	
0x47	Spitzenlasten, positiv, Drehmoment		Höchster positiver Drehmomentwert aller Zeiten in der y-Achse	
0x48	Spitzenlasten positives Drehmoment Tz		Höchste positive Drehmomentbelastung aller Zeiten in der z-Achse	

Tabelle 4.3 – Kalibrierung			
Unterindex	Name	Typ	Beschreibung
0x49	Spitzenlasten Negativer Fx	DINT	Allzeit-Spitzenwert der negativen Kraftbelastung in der x-Achse
0x4a	Spitzenbelastungen negative Fy		Negative Spitzenkraftbelastung aller Zeiten in der y-Achse
0x4b	Spitzenbelastungen negative Fz		Negative Spitzenkraftbelastung aller Zeiten in der z-Achse
0x4c	Spitzenbelastungen – negativ		Allzeit-Spitzenwert der negativen Drehmomentbelastung in der x-Achse
0x4d	Spitzenlasten negativ Ty		Allzeit-Spitzenwert der negativen Drehmomentbelastung in der y-Achse
0x4e	Spitzenbelastungen negatives Drehmoment		Allzeit-Spitzenwert der negativen Drehmomentbelastung auf der y-Achse
0x4f	Maximaler Messwert (Warnung)	DINT	Jede Dehnung dieses Niveaus nähert sich der maximalen Bereichsgrenze.
0x50	Warnung bei minimalem Messwert		Jede Dehnung dieses Niveaus nähert sich der unteren Bereichsgrenze.
0x51	Haltezeit	UINT	Speichert die Zeit in ADC-Ticks nach der Erkennung eines Überlaufs bei der Messgerät Korrektur, eines Messgerät werts außerhalb des Messbereichs, einer Unterbrechung der Messgerätverbindung oder eines FT-Werts außerhalb des Messbereichs.
0x52	Interne Kalibrierungsdaten	Float	Interne Kalibrierungsdaten

4.7.3 Objekt 0x2023: -Konsole über EtherCAT

Dieses Objekt ermöglicht es dem Benutzer, Konsolenbefehle einzugeben und Antworten auszulesen, ohne auf eine serielle Schnittstelle umschalten zu müssen. Eine vollständige Liste der Konsolenbefehle finden Sie in [Tabelle 5.1](#).

Die folgenden Felder sind in der Konsole über EtherCAT verfügbar:

Tabelle 4.4 – Diagnosewerte			
Unterindex	Name	Typ	Beschreibung
0x01	Befehl	STRING(100)	An die Konsole zu sendender Befehl.
0x02	Antwort	STRING(100)	Letzte an die Konsole ausgegebene Zeile.
0x03	Commit	UINT16	Geben Sie „1“ ein, um den Befehl auszuführen.
Hinweis:			
1. Siehe Abschnitt 4.2 – Abtastrate für die Abtastrate des Dehnungsmessstreifens.			

4.7.4 Objekt 0x2060: Überwachungsbedingung „ „

Dieses vom Benutzer beschreibbare Objekt ermöglicht es dem Benutzer, eine Achse, einen Schwellenwert und eine Richtung zu konfigurieren, um diese kontinuierlich anhand der aktuellen F/T-Daten zu bewerten. Wenn eine aktivierte Bedingung wahr wird, wird der Monitorausgang aktiv und bleibt aktiv, bis er durch Setzen des Bits „Reset Monitor Condition“ in [Abschnitt 4.7.11 – Objekt 0x7010: Steuercodes](#) zurückgesetzt wird, das ebenfalls in die TxPDO-Daten abgebildet ist.

Die folgenden Felder sind in der Überwachungsbedingung verfügbar:

Tabelle 4.5 – Monitorbedingung			
Subindex	Name	Typ	Beschreibung
0x01	Schwellenwert	DINT	Der Schwellenwert, mit dem verglichen werden soll, in Zählwerten.
0x02	Achse	USINT	Wert
			0
			1
			2
			3
			4
			5
0x03	CompareGreaterThan	BOOL	Wenn TRUE (1): Die Überwachungsbedingung ist wahr, wenn der ausgewählte Achsenwert größer als der ausgewählte Schwellenwert ist. Wenn FALSE (0), ist die Überwachungsbedingung wahr, wenn der ausgewählte Achsenwert kleiner als der ausgewählte Schwellenwert ist.
0x04	Commit	UINT16	Schreiben Sie „123“, um einen Befehl zu bestätigen.

4.7.5 Objekt 0x2080: Diagnosewerte

Dieses schreibgeschützte Objekt bietet Zugriff auf Diagnosewerte. Diese Werte können bei der Fehlerbehebung im System hilfreich sein.

Die folgenden Felder sind im Objekt „Diagnosewerte“ verfügbar:

Tabelle 4.6 – Diagnosewerte					
Unterindex	Name	Typ	Beschreibung	Grenzwerte	Abtastrate
0x01	Versorgungsspannungserkennung	UINT16	Die Versorgungsspannung * 10.	12 V bis 32 V	Hintergrund Schleife ¹
0x02	Temperatur in °C * 10	INT16	Interne Sensortemperatur in Grad Celsius * 10.	-5 °C bis 70 °C	Hintergrundschleife. ¹
0x03	Statusmeldung	STRING (40)	Aktuelle Fehlermeldung mit höchster Priorität.	N/A	N/A
Hinweis: 1. Siehe Abschnitt 4.2 – Abtastrate für die Abtastrate des Dehnungsmessstreifens.					

4.7.6 Objekt 0x2090: Version

Dieses schreibgeschützte Objekt liefert Informationen zur Firmware-Version.

Die folgenden Felder sind im Versionsobjekt verfügbar:

Tabelle 4.7 – Version			
Subindex	Name	Typ	Beschreibung
0x01	Hauptindex	UINT16	Hauptversion
0x02	Nebenversion	UINT16	Nebenversion
0x03	Revision	UINT16	Revision
0x04	Bootloader-Version	UINT32	Bootloader-Version
0x05	Sensor-Hardware-Version	UINT16	Sensor-Hardware-Version
0x06	sensorInstrument	UINT16	Interne Fertigungsdaten

4.7.7 Objekt 0x6000: -Lesedaten

Dieses schreibgeschützte Objekt repräsentiert die aktuellen Kraft-/Drehmoment- oder Messdaten. Es wird in die TxPDO-Eingangsdaten abgebildet.

Die folgenden Felder sind in den Lesedaten enthalten:

Tabelle 4.8 – Lesedaten			
Subindex	Name	Typ	Beschreibung
0x01	Fx/Gage0	DINT	Wenn das Bit „Gage Data“ in Abschnitt 4.7.11 – Objekt 0x7010: Steuercodes gesetzt ist, enthalten diese Felder die 16-Bit-Messdaten. Ist das „Gage Data“-Bit gelöscht, enthalten diese Felder die 32-Bit-F/T-Ergebnisdaten in Zählwerten.
0x02	Fy/Gage1		
0x03	Fz/Gage2		
0x04	Tx/Gage3		
0x05	Ty/Gage4		
0x06	Tz/Gage5		

4.7.7.1 Umrechnung von Kraft-/Drehmoment- Zählwerten in Einheiten

Die Daten im Register für dieses Objekt sind als Zählwerte angegeben. Daher müssen die F/T-Zählwerte in einen Wert in Einheiten umgerechnet werden.

Um die SDO-Zählwerte in Einheiten umzurechnen, führen Sie die folgenden Schritte aus:

1. Lesen Sie das Register „Counts per Force SDO“ () aus (siehe [Abschnitt 4.7.2 – Objekt 0x2021: Kalibrierung](#), Subindex 0x31).
2. Lesen Sie das Register „Counts per Torque SDO“ () aus (siehe [Abschnitt 4.7.2 – Objekt 0x2021: Kalibrierung](#), Subindex 0x32).
3. Überprüfen Sie die Krafteinheiten (siehe [Abschnitt 4.7.2 – Objekt 0x2021: Kalibrierungs](#)-Subindex 0x29).
4. Überprüfen Sie die Einheiten des Drehmoments (siehe [Abschnitt 4.7.2 – Objekt 0x2021: Kalibrierungs](#)-Subindex 0x2a).
5. Lesen Sie die F/T-Zählwerte für die Kraft aus (siehe [Abschnitt 4.7.7 – Objekt 0x6000: Daten lesen](#)).
6. Lesen Sie die F/T-Zählwerte für das Drehmoment aus (siehe [Abschnitt 4.7.7 – Objekt 0x6000: Daten lesen](#)).
7. Rechnen Sie die Zählwerte in Einheiten um.
 - a. Für die Kraft dividieren Sie das Register aus Schritt 5 durch das Register aus Schritt 1.
 - b. Für das Drehmoment dividieren Sie das Register aus Schritt 6 durch das Register aus Schritt 2. Beispiel: Ein Benutzer möchte die F/T-Zählwerte für Fx und Tx in Einheiten.

Zunächst liest der Benutzer die Register für die entsprechenden SDO-Unterindizes aus und findet Folgendes:

Tabelle 4.9 – Beispiel für Register für SDO-Subindizes			
SDO	Subindex	Register	Beschreibung ¹
0x2021	0x31	1.000.000	Anzahl pro Kraft
0x2021	0x32	1.000.000	Zählwerte pro Drehmoment
0x2021	0x29	1	Die Krafteinheiten sind Lbf.
0x2021	0x2a	2	Die Drehmomenteinheiten sind Lbf-ft.
0x6000	0x01	5.214.777	Fx-Daten in Rohwerten
0x6000	0x04	4.214.777	Tx-Daten in Rohwerten
Hinweis:			
1. Die Beschreibung ist nicht in der EtherCAT-Benutzeroberfläche enthalten, wird aber in dieser Tabelle als Referenz bereitgestellt.			

Anschließend rechnet der Benutzer die Zählwerte für Fx und Tx in Einheiten um.

Für Fx: $5.214.777 \text{ Impulse} \div 1.000.000 \text{ N/Impuls} = 5,21 \text{ N}$

Für Tx: $4.214.777 \text{ Zählwerte} \div 1.000.000 \text{ Nm/Zählwert} = 4,21 \text{ Nm}$

4.7.8 Objekt 0x6010: Statuscode „“

Dieses Objekt enthält einen einzelnen DINT-Wert (am Subindex 0), der das Bitmuster des Statuscodes anzeigt. Siehe [Abschnitt 6.2 – Systemstatuscode](#).

4.7.9 Objekt 0x6020: -Abtastzähler

Dieses Objekt enthält unter dem Subindex 0 eine einzelne 32-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen, die bei jedem Auslesen einer F/T-Probe (einem vollständigen Satz von Messdaten) um eins erhöht wird.

4.7.10 Objekt 0x6030: Messdaten

Dieses Objekt enthält acht 32-Bit-Ganzzahlen ohne Vorzeichen, die die neuesten 24-Bit-Rohmessdaten für die Messgeräte 0 bis 7 darstellen.

Tabelle 4.10 – Messdaten			
Subindex	Name	Typ	Beschreibung
0x01	Gage0	DINT	Diese Felder enthalten die 32-Bit-Messdaten.
0x02	Gage1		
0x03	Messgerät2		
0x04	Messgerät3		
0x05	Gage4		
0x06	Messgerät 5		
0x07	Gage6		
0x08	Gage7		

4.7.11 Objekt 0x6050: IMU-Daten von „ „

Dieses schreibgeschützte Objekt enthält sechs vorzeichenbehaftete 16-Bit-Ganzzahlen, die die aktuellen Daten des Beschleunigungssensors und des Gyroskops enthalten.

Aus den Zählwerten lassen sich die aufgelösten Daten mithilfe der folgenden Formel extrahieren:

$$\text{Resolved data} = \text{counts} \times 2^{-q}$$

wobei q der Q-Punkt dieser Daten ist.

Tabelle 4.11 – Objektindex (hex) 0x6030: Unverarbeitete, unverzerrte Messdaten			
Subindex	Name	Typ	Beschreibung
0x01	CalAccelX	INT16	Diese Felder enthalten die rohen 16-Bit-Beschleunigungsmesserdaten in Zählwerten. Qpoint = 8, skaliertes Wert in m/s^2 .
0x02	CalAccelY		
0x03	CalAccelZ		
0x04	CalGyroX	INT16	Diese Felder enthalten die rohen 16-Bit-Gyroskopdaten in Zählwerten. Qpoint = 9, skaliertes Wert in rad/s .
0x05	CalGyroY		
0x06	CalGyroZ		

4.7.12 Verfahren zur Überprüfung der IMU-Genauigkeit

Die IMU verfügt über eine integrierte Genauigkeitsprüfung, die die Ausgabe des Beschleunigungssensors überwacht. Die Genauigkeit des Beschleunigungssensors wird dem Endbenutzer anhand der folgenden Definitionen gemeldet:

Tabelle 4.12 – Genauigkeitsbits des IMU-Beschleunigungssensors			
Status-Bit 18	Status-Bit 17	Dezimalwert	Beschreibung
0	0	0	Unzuverlässig
0	1	1	Geringe Genauigkeit
1	0	2	Genauigkeit: Mittel
1	1	3	Genauigkeit: Hoch

Die Bits 17 und 18 des Statuscodes geben die Genauigkeit des Beschleunigungssensors an. Weitere Informationen finden Sie in [Abschnitt 6.2 – Statuscode](#).

Während der Endanwender die für eine Anwendung erforderliche genaue Leistungsgenauigkeit festlegen muss, entsprechen die Angaben im Datenblatt dem Betrieb des Sensors bei hoher Genauigkeit. Liegt der aktuell gemeldete Genauigkeitsstatus unter dem vom Endanwender gewünschten Niveau, ist eine Kalibrierung. Der Vorgang kann gemäß der Anleitung im Handbuch [zum ATI-F/T-Wandler](#) durchgeführt werden.

4.7.13 Objekt 0x7010: Steuercodes für den

Dieses Objekt, das zur Echtzeitsteuerung des F/T-Systems in das RxPDO abgebildet wird, enthält folgende Felder:

Tabelle 4.13 – Steuercodes					
Subindex	Name	Typ	Beschreibung		
0x01	Steuerung 1	DINT	Bit	Funktion	
			0	1 = Vorspannung entsprechend der aktuellen Last einstellen. 0 = Zuletzt eingestellte Vorspannung verwenden.	
			1	1 = Status der Überwachungsbedingung löschen. 0 = Status der Überwachungsbedingung unverändert lassen	
			2	1 = Offset löschen 0 = Bias unverändert lassen	
			3	1 = Messgeräte 0–5 in PDO ausgeben 0 = Ausgang F/T in PDO	
			4-7	Filterauswahl	
			8–11	Kalibrierungsauswahl: 0 = Kalibrierung 0 1 = Kalibrierung 1 2 = Kalibrierung 2 Alle anderen Werte sind reserviert.	
			12-15	ADC-Abtastrate: 0 = 500 Hz 1 = 1000 Hz (Standard) 2 = 2000 Hz 3 = 4000 Hz 4 = 8000 Hz Alle anderen Werte sind reserviert	
			16	IMU-Kalibrierung gespeichert.	
			17–19	Reserviert	
			20–23	Auswahl der Verstärkung des IMU-Beschleunigungssensors. Siehe Abschnitt 4.7.13.1 – IMU-Beschleunigungssensor und Gyroskop	
				Wert	Verstärkung
				0	Zuletzt eingestellter Verstärkungswert ¹
				1	2 g
				2	4 g
				3	8 g
24–27	Auswahl der IMU-Gyroskop-Verstärkung. Siehe Abschnitt 4.7.13.1 – IMU-Beschleunigungsmesser und Gyroskop				
	Wert	Verstärkung			
	5	2000 DPS			
28–31	Reserviert				

Tabelle 4.13 – Steuercodes				
Unterindex	Name	Typ	Beschreibung	
0x02	Steuerung 2	DINT	Bit	Funktion
			0	Überprüfung des Monitorzustands 0 aktivieren
			1–30	Reserviert
			31	Steuerung des simulierten Fehlers
Hinweis:				
1. Nach dem Ändern des Werkzeugtransformationsindexes wird empfohlen, die Steuerungscode für einen Zeitraum von 500 Millisekunden nicht zu aktualisieren, damit der Sensor die Transformation vollständig anwenden kann.				

4.7.13.1 IMU- -Beschleunigungsmesser und Gyroskop

HINWEIS: Vor dem Streamen oder Einrichten von IMU-Daten muss der Benutzer eine IMU-Kalibrierung durchführen, wie im [Handbuch „9620-05 – Abschnitt Sensoren“](#) beschrieben.

Der Beschleunigungsmesser und das Gyroskop der Sano74-IMU können über die Bits 20–27 konfiguriert werden. Dem Benutzer stehen die folgenden sechs in [Tabelle 4.14](#) aufgeführten Kombinationen zur Verfügung. Jede andere Kombination der Verstärkungsauswahl für Beschleunigungsmesser und Gyroskop führt zu einem Fehler.

Tabelle 4.14 – Zulässige IMU-Konfigurationen	
Beschleunigungssensor-Verstärkung	Gyroskop-Verstärkung
2 g	2000 DPS
4 g	2000 DPS
8 g	2000 DPS
16 g	2000 DPS

Informationen zum Streamen von IMU-Daten finden Sie in [Abschnitt 4.7.11 – Objekt 0x6050: IMU-Daten](#).

4.8 LED- -Funktionen

Der EtherCAT3 F/T verfügt über vier LEDs: EtherCAT0-Verbindungsaktivität, EtherCAT1-Verbindungsaktivität, Stromversorgung und Betrieb. Jede dieser LEDs kann ausgeschaltet, rot, grün oder sowohl rot als auch grün leuchten, was orange erscheinen kann.

Abbildung 4.4 – EtherCAT3-LEDs



Beim Einschalten durchlaufen die LEDs einmal die folgende Sequenz:

- Alle LEDs aus
- LA0-LED blinkt rot
- LA0 blinkt grün
- LA1 blinkt rot
- LA1 blinkt grün
- RUN blinkt rot
- PWR blinkt rot
- PWR blinkt grün.
- Alle LEDs aus

[Tabelle 4.12](#) gibt einen Überblick über das LED-Verhalten im Normalbetrieb.

Tabelle 4.15 – Beschreibung der ECAT3-Sensor-LED-			
LED	Bezeichnung	LED-Zustand	Beschreibung
Verbindungsaktivität 0	LA0	Aus	Keine LA0-Aktivität
		Grün	Die LED leuchtet nach jeder Aktivität an LA0 fünf Sekunden lang grün.
Link-Aktivität 1	LA1	Aus	Keine Aktivität an LA1
		Grün	Die LED leuchtet nach jeder Aktivität an LA1 fünf Sekunden lang grün.
Netzwerkstatus	RUN	Blinkt grün	Vorbereitungszustand
		Einmaliges grünes	Sicherer Betriebszustand
		Dauerhaft grün	Betriebszustand
		Rot	Fehler
ng	PWR		
		Schnell blinkendes Rot	ECAT-Kommunikationsfehler.
		Dauerhaft orange (rot und grün)	Fehler: Achse außerhalb des Bereichs.
		Durchgehend rot	Abschnitt 7.2 – Statuswort .

5. Konsolenbetrieb

Wenn der Sensor an die serielle Schnittstelle des Computers oder Roboters des Kunden angeschlossen ist, weist der Computer dem Sensor einen COM-Port zu. Anschließend kann der Benutzer über eine Konsole am Computer mit dem Sensor kommunizieren. Eine vollständige Liste der seriellen Befehle ist in [Tabelle 5.1](#) aufgeführt

Tabelle 5.1 – Serielle Befehle		
Befehl	Befehl mit Operanden	Beschreibung
Hilfe	h	Zeigt die Hilfe an
	H	
	?	
Schrägband	Vorspannung	Zeigt den aktuellen Bias-Status an
	Bias ein	Schaltet die Vorspannung ein
	Bias aus	Schaltet die Vorspannung aus
	Bias [Wert]	Setzt den Bias auf einen bestimmten Wert in F/T-Zählern
Spitzenwert	Spitzenwert	Zeigt die Spitzenwerte der F/T-Daten für die Laufzeit und den Gesamtzeitraum in Einheiten an.
	Spitzenwert c	Zeigt die Spitzenwerte der F/T-Daten für die Laufzeit und den Gesamtzeitraum in Zählwerten an.
	Spitzenwert zurücksetzen	Setzt die Spitzenwerte der F/T-Daten während der Laufzeit zurück.
C/S	c	Kontinuierlicher Wertefluss. Siehe 5.1.1 .
	s	Einzelner Wertestrang. Siehe 5.1.1 .
Set	set	Gibt alle Werte der Einstellungsfelder aus. Siehe Abschnitt 4.1.2 – Cal-Befehl
	set [Feld]	Gibt den Wert eines bestimmten Einstellungsfeldes aus.
	set [Feld] [Wert]	Setzt ein bestimmtes Einstellungsfeld auf den eingegebenen Wert.
	set *	Gibt Felder aus, die gegenüber den Standardeinstellungen geändert wurden.
Simerr	simerr on	Schaltet das Bit für den simulierten Fehlerstatus ein. Siehe Tabelle 7.1
	simerr off	Schaltet das simulierte Fehlerstatus-Bit ein. Siehe Tabelle 7.1
Reset	reset	Setzt den Prozessor zurück und stellt alle Parameter und Einstellungen auf ihre Standardwerte zurück.
Saveall	saveall	Schreibt alle Einstellungen in den nichtflüchtigen Speicher. Dies wird in der Regel verwendet, wenn Einstellungen aktualisiert wurden.
Status	status	Gibt einen Statusbericht zu den verschiedenen Komponenten des Sensors aus
MC	mc	Gibt alle globalen Statusinformationen zum Monitorzustand aus.
Ansicht	view	Gibt Eigenschaften des Kalibrierungsberichts aus, wie z. B. F/T-Teilenummer, Seriennummer, Einheiten, Kalibrierungsdatum und Kalibrierungsfamilie.
	view 0	Zeigt die Kalibrierungseigenschaften für Kalibrierung 0 an.
	Ansicht 1	Druckt die Kalibrierungseigenschaften für Kalibrierung 1 aus.
	Ansicht a	Druckt die Kalibrierungseigenschaften für die aktive Kalibrierung aus.
Diag	Diag	Druckt einen Diagnosebericht mit Messgerätnummer, Messwerten in Zählwerten und einer Messgerätstatusanzeige aus. Zu den Anzeigen gehören: „w“ Messgerät im Warnbereich „!“ Messgerät im Fehlerbereich „x“ Messgerät getrennt
Sysver	Sysver	Gibt die Firmware-Version aus.
WHOAMI	whoami	Gibt die Eingabequelle der Konsole aus.

Tabelle 5.1 – Serielle Befehle		
Befehl	Befehl mit Operanden	Beschreibung
IMUSAVE	(keine)	Speichert die IMU-Kalibrierungsdaten gemäß dem im Handbuch zum Abschnitt „Transducer“ beschriebenen Verfahren „ „
ACCLCAL	ACCLCAL 2g	Stellt den Messbereich des IMU-Beschleunigungssensors auf +/- 2 g und den des Gyroskops auf 2000 DPS ein. Siehe Abschnitt 5.3 – IMU-Daten
	ACCLCAL 4g	Stellt den Messbereich des IMU-Beschleunigungssensors auf +/- 4 g und den des Gyroskops auf 2000 DPS ein. Siehe Abschnitt 5.3 – IMU-Daten
	ACCLCAL 8g	Stellt den Messbereich des IMU-Beschleunigungssensors auf +/- 8 g und den des Gyroskops auf 2000 DPS ein. Siehe Abschnitt 5.3 – IMU-Daten
	ACCLCAL 16g	Stellt den Messbereich des IMU-Beschleunigungssensors auf +/- 16 g und den des Gyroskops auf 2000 DPS ein. Siehe Abschnitt 5.3 – IMU-Daten

5.1 Abfragebefehle: „s“ oder „c“

Der Abfragebefehl startet die Hochgeschwindigkeitsdatenübertragung von FT-Daten. Der Befehl „s“ gibt eine einzelne Zeile mit FT-Daten aus, die nach der Anzahl pro Kraft oder der Anzahl pro Drehmoment skaliert ist. Der Befehl „c“ gibt kontinuierliche Zeilen von FT-Daten, die erst enden, wenn der Benutzer eine andere Taste, zum Beispiel „Enter“, gedrückt hält, bis die Datenausgabe aufhört. Der Befehl „c“ gibt Daten mit der in rdtRate festgelegten Rate aus.

Im Folgenden finden Sie Beispiele für einen „S“- oder „C“-Befehl mit Spezifizierern:

1. Beispiel: S c0123

Benutzer: S c0123

Antwort: fd6b02 ff240d fe2b34 fe273d

- S: gibt eine einzelne Zeile Daten aus.
- c: Gibt Daten in Stückzahlen aus.
- 0123: Eine Zahl zwischen 0 und 6 gibt an, dass die Daten für die entsprechende Messpunktnummer ausgegeben werden sollen. So gibt 0 die Daten für Messpunkt 0 aus, und 3 gibt die Daten für Messpunkt 4 aus. In diesem Beispiel werden die Daten für die Messpunkte 1, 2, 3 und 4 ausgegeben.
- Die Daten werden standardmäßig im Hexadezimalformat angezeigt.

2. Beispiel: s >012345du

Benutzer: s >012345du

Antwort: fd6afd ff2407 fe2b2a fe272f fdb571 fec16b

- S: Ein Befehl zum Ausgeben einer einzelnen Datenzeile.
- >: gibt die Daten in einer komprimierten Ausgabe aus, die für Hochgeschwindigkeitsanwendungen vorgesehen ist.
- 012345: gibt die Daten für die entsprechenden Messgeräte Null bis sechs aus.
- D: Alle nachfolgenden Daten werden im Dezimalformat ausgegeben.
- U: Alle nachfolgenden Daten werden in Einheiten ausgegeben.

Tabelle 5.2 – Befehlsspezifizierer S oder C		
Kategorie	Spezifizierer	Beschreibung
Messgerät Nummer(n)	0123456	Gibt die aktiven ADC-Kanäle 0 bis 6 an. Rohwerte werden nur in Zählwerten ausgegeben.
Achse	XYZ	Gibt z-, y- oder z-Kraft- oder Drehmomentdaten an
	M	Gibt die Kraft- oder Drehmoment-Absolutwerte an
Kraft und/oder Drehmoment	F	Die folgenden XYZM-Daten geben die Kraft an (Standard)
	T	Die folgenden XYZM-Daten geben das Drehmoment an
Zählwerte oder Einheiten	C	Die Daten werden in Zählwerten ausgegeben
	U	Die Daten werden in Einheiten ausgegeben (Standard)
Zahlensystem	D	Daten werden im Dezimalsystem ausgegeben
	H	Daten werden im Hexadezimalformat ausgegeben, mit Ausnahme von Daten, die immer im Dezimalformat ausgegeben werden (Standard)
Format	<	Daten werden in menschenlesbarer Form mit ausgerichteten Spalten ausgegeben (Standard)
	>	Die Daten werden in komprimiertem Format ausgegeben, das für automatisierte Hochgeschwindigkeitsanwendungen vorgesehen ist.
Zusätzliche Eingaben zur Unterstützung bei der Entwicklung von kundenspezifischer Software	#	Legt einen Beispielzähler fest, der bei jeder neuen C- oder S-Zeile ausgegeben wird.
	@	Legt einen ADC-Lesezähler fest, der bei jedem ADC-Lesevorgang ausgegeben wird.
	;	Verwendet ein Komma zwischen den Feldern anstelle von Leerzeichen
	S	Legt einen 16-Bit-CRC fest.
	\$	\$ ist ein Langspezifikator-Tag, das den IMU-Spezifikator angibt. Siehe Abschnitt 5.3 – IMU-Daten
Fehlerbehebung	!	Gibt einen 32-Bit-Statuscode an. Siehe Tabelle 6.1 .

5.2 Befehl „set“

Mit dem Befehl „set“ können Benutzer bestimmte Einstellungen anzeigen oder festlegen, die in [Tabelle 5.3 – „Set“-Befehle](#) – aufgeführt sind. Im Folgenden finden Sie Beispiele für einen „set“-Befehl mit Spezifizierern:

1. Beispiel: set baud user: set
baud response: Baudrate 115200

- Durch Eingabe des Befehls „set“ mit dem Operanden „baud“ gibt der Sensor die aktuelle Baudrate aus

user: set baud 1000000
Antwort: Baudrate war 115200, jetzt 1000000
Benutzer: saveall
Antwort: Parameter in NVM-Bank 0 gespeichert
Parameter in NVM-Bank 1 gespeichert

- Durch Eingabe eines Wertes nach dem Befehl zur Einstellung der Baudrate kann der Benutzer eine neue Baudrate festlegen.
- Denken Sie daran, den Befehl „saveall“ zu senden, um sicherzustellen, dass alle Änderungen im nichtflüchtigen Speicher gespeichert werden.

2. Beispiel: set ttdx

Benutzer: set ttdx

Antwort:

Feld	Wert
----	----
ttdx	0

- Durch Eingabe des Befehls „set“ mit dem Operanden „ttdx“ gibt der Sensor den aktuellen Werkzeug-Transformationsabstand in der X-Achse aus.

Benutzer: set ttdx 1

Antwort: set ttdx 1
ttdx war „0“, jetzt „1“

Benutzer: saveall

Antwort: In NVM-Bank 0 gespeicherte Parameter
In NVM-Bank 1 gespeicherte Parameter

- Standardmäßig sind die Einheiten für die Werkzeugtransformation Millimeter für Entfernungen und Radiant für Winkel. Diese Einheiten können mit den Befehlen ttdu (Entfernungseinheiten) und ttau (Winkleinheiten) geändert werden. Siehe [Tabelle 5.3](#).
- Denken Sie daran, den Befehl „saveall“ zu senden, um sicherzustellen, dass alle Änderungen im nichtflüchtigen Speicher gespeichert werden.

Tabelle 5.3 – Set-Befehle				
Feld	Lesen/Bearbeiten	Beispiel	Datentyp	Beschreibung
SerialNum	Lesen	FT00123	STRING(8)	Kalibrierte F/T-Seriennummer
partNum	Lesen	Nr. 4	STRING(30)	Kalibrierungs-Teilenummer
calFamily	Lesen	ENET	STRING(8)	Kalibrierungsfamilie
CalTime	Lesen	01.01.1970 00:00	STRING(30)	Datum und Uhrzeit, zu denen der Sensor kalibriert wurde
max0	Lesen	2147483647	32-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	Maximaler Nennkraftwert in Zählwerten für diese Achse.
max1				Maximaler Nenn-Drehmomentwert in Zählwerten für diese Achse.
max2				
max3				
max4				
max5				
Kraft-Einheiten	Lesen	1	8-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	Krafteinheiten. 0=Lbf, 1=N, 2=Klbf, 3=kN, 4=kg
Drehmomenteinheiten		2		Drehmomenteinheiten. 0=Lbf-in, 1=Lbf-ft, 2=Nm, 3=Nmm, 4=kg-cm, 5=kN-m
cpf	Lesen	100000	32-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	Kalibrierungszählwerte pro Krafteinheit.
cpt		100000		Kalibrierungsimpulse pro Drehmomenteinheit.
peakPos0	Lesen	2395927	32-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	Spitzenlasten positiv. Historische Spitzenwerte für positive Kraft- und Drehmomentlasten in F/T-Zählwerten
peakPos1		624576		
peakPos2		35521		
peakPos3		721632		
peakPos4		159210		
peakPos5		74910		
PeakNeg0	Lesen	-988570	32-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	Spitzenbelastungen negativ. Historische Spitzenwerte für negative Kraft- und Drehmomentbelastungen in F/T
PeakNeg1		-2008525		
PeakNeg2		-9148784		
PeakNeg3		-46851		
PeakNeg4		-12383		
PeakNeg5		0		

Tabelle 5.3 – Set-Befehle				
Feld	Lesen/Bearbeiten	Beispiel	Datentyp	Beschreibung
sensorHwVer	Lesen	0	16-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	Aktuelle Version der Sensor-Hardware
sensorInstr		1		Interne Fertigungsdaten
paramWrites		4		Anzahl der Schreibvorgänge des Sensors in den NVM
adcRate	Lesen und Bearbeiten	1000 (Standard)	16-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	ADC-Rate in Hz. Muss 500, 1000 (Standard), 2000, 4000 oder 8000 betragen.
rdtRate		40		RDT-Übertragungsrate im seriellen Endlosmodus in Hz. Dieser Wert kann zwischen 1 und der ADC-Rate liegen.
filTc		0 (Standard)		(IIR-)Filtercode Diese Einstellung ändert den Parameter, der die Datenfilterung bestimmt.
calib		1	8-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	Drei zu verwendende Kalibrierungen. Entweder 0, 1 oder 2.
location		Prüfstand	STRING(40)	Zeigt den physischen Standort an.
hwRev	Lesen	04	16-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	Hardware-Revisionsnummer
ttdu	Lesen und Bearbeiten	0	8-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	Einheiten für Werkzeug-Transformationsabstand 0=Zoll, 1=Fuß, 2=mm, 3=cm, 4=m
ttau		0		Werkzeug-Transformationswinkleinheiten. 0=Grad, 1=Radian
ttdx	Lesen und bearbeiten	0 (Standard)	Float	Werkzeug-Transformationsabstände
ttdy		0 (Standard)		
ttdz		0 (Standard)		
ttrx		0 (Standard)		Werkzeug-Transformations-Drehwinkel
ttry		0 (Standard)		
ttrz		0 (Standard)		
baud	Lesen und Bearbeiten	115200 (Standard)	32-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	UART-Baudrate. Muss zwischen 300 und 3M liegen. Alle Baudraten sind vorübergehend, bis der Befehl „saveall“ gesendet wird.
msg		0	8-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	0=nur angeforderte Meldungen ausgeben 1=alle Meldungen ausgeben
serial	Lesen	0		0= EtherCAT und seriell 1=Nur-Seriell-Modus.

Tabelle 5.3 – Einstellbefehle				
Feld	Lesen/Bearbeiten	Beispiel	Datentyp	Beschreibung
mcEnabled	Lesen und bearbeiten	1	8-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	1 = aktiviert, 0 = deaktiviert. Globale Überwachungsbedingungen aktiviert oder deaktiviert.
mcOutMomen		1		0: Momentane Überwachungsbedingungen. Der gültige Ausgabecode ist nur aktiv, solange der Schwellenwert erreicht ist. Wenn sich die Bedingungen ändern und der Schwellenwert nicht , wird der Ausgangscode nicht mehr angezeigt. 1: Rastend: Der gültige Ausgangscode bleibt aktiv, nachdem ein Schwellenwert erreicht wurde, auch wenn sich die Bedingungen ändern und der Schwellenwert nur kurzzeitig erreicht wurde.
mcOutDelay		20		Verzögerung bei globalen Überwachungsbedingungen. Wie lange die Überwachungsbedingung nach dem Auslösen gehalten wird. Dieser Wert wird in Zehntelsekunden angezeigt.
mcAndCodes		1		0: Verwendet die bitweise UND-Verknüpfung. Wenn alle festgelegten Schwellenwertbedingungen erfüllt sind, löst die Überwachungsbedingung aus. 1: Verwendet die bitweise ODER-Verknüpfung. Wenn eine der festgelegten Schwellenbedingungen erfüllt ist, löst die Überwachungsbedingung aus.

5.2.1 Zählwerte pro Kraft/Drehmoment zu FT-Werten

Um die tatsächlichen Kraft- und Drehmomentwerte zu erhalten, muss jeder Kraftwert durch den Faktor „Zählwerte pro Kraft“ (cpf) und jeder Drehmomentwert durch den Faktor „Zählwerte pro Drehmoment“ (cpt) dividiert werden. Die cpf- und cpt-Faktoren können mithilfe der Set-Befehle ermittelt werden. Siehe [Abschnitt 5.2 – Set-Befehl](#). Beispiel: Wenn eine Kalibrierung 1.000.000 Zählwerte pro N angibt und der Fz-Wert 4.500.000 Zählwerte angibt, beträgt die auf die Z-Achse ausgeübte Kraft 4,5 N.

5.3 IMU- sdaten

5.3.1 Konfiguration von Beschleunigungsmesser und Gyroskop

Der Beschleunigungsmesser und das Gyroskop der Sano74-IMU können mit dem Befehl „`acclcal`“ konfiguriert werden (siehe [Tabelle 5.1](#)). Dem Benutzer stehen die folgenden sechs Kombinationen zur Verfügung:

- `acclcal 2g`: Stellt den Messbereich des Beschleunigungssensors auf +/- 2g und den des Gyroskops auf 2000 DPS ein
- `acclcal 4g`: Stellt den Messbereich des Beschleunigungssensors auf +/- 4 g und den des Gyroskops auf 2000 DPS ein
- `acclcal 8g`: Stellt den Messbereich des Beschleunigungssensors auf +/- 8 g und den des Gyroskops auf 2000 DPS ein
- `acclcal 16g`: Stellt den Messbereich des Beschleunigungssensors auf +/- 16 g und den des Gyroskops auf 2000 DPS ein

5.3.2 Streaming von IMU-Daten

Die IMU-Daten von Beschleunigungsmesser und Gyroskop werden über C/S-Befehle unter Verwendung von Langspezifizierern gestreamt. Die Leistung des Beschleunigungsmessers beträgt 0,3 m/s, die des Gyroskops 3,1 dps. Nach einem Spezifizierer-Tag \$ aus [Tabelle 5.2](#) beschreiben Langspezifizierer die zu streamenden IMU-Daten. Zur Steuerung des Datentyps können zusätzliche Modifikatoren verwendet werden. Siehe [Tabelle 5.5 – IMU-Spezifizierer](#) für IMU-Datenstromoptionen.

Tabelle 5.4 – IMU-Spezifizierer					
Spezifizierer	Name	Modifikatoren ¹	Einheiten	Typ	Achsen
\$A	Beschleunigungsmesser	C	Zählwerte	16-Bit	XYZ
		U	m/s ²		
\$G	Gyro	C	Zählwerte		
		U	Radian/s		
\$LA	Lineare Beschleunigung	C	Zählwerte		
		U	m/s ²		
\$GV	Schwerkraftvektor	C	Zählwerte		
		U	m/s ²		
\$AV	Winkelgeschwindigkeit	C	Zählwerte		
		U	Radian/s		
\$ACL	Genauigkeitsstufe der linearen Beschleunigung ²	Bits 76	0: Unzuverlässig 1: Geringe Genauigkeit 2: Mittlere Genauigkeit 3: Hohe Genauigkeit	8-Bit	N/A
	Genauigkeitsstufe des Beschleunigungssensors ²	Bits 54			
	Genauigkeitsstufe des Gyroskops ²	Bits 32			
\$US	Mikrosekundenzähler	Keine	Zählwerte	32-Bit	N/A
\$HDR	Sende 0x1234 zur Paketsynchronisation	Keine	N/A	16-Bit	N/A
\$TW	Zweiwege-Kommunikation im kontinuierlichen Modus aktivieren	N/A: Keine Daten zurückgegeben			

Hinweise:

- Modifikatoren
C: Gibt die rohen IMU-Daten aus.
U: Gibt die kalibrierten IMU-Daten aus. Wenn ein Feld Modifikatoren zulässt, aber kein Modifikator vorhanden ist, werden standardmäßig die kalibrierten IMU-Daten ausgegeben.
- Siehe [Abschnitt 5.3.3 – Verfahren zur Überprüfung der IMU-Genauigkeit](#).

Beispiele:

1. Beschleunigungsmesser

user: s \$xyz

Antwort: s \$xyz
-0,527 0,488 -9,965

- Durch Eingabe des Befehls *s* mit dem Operanden *\$xyz* gibt der Sensor die Beschleunigungsdaten in der X-, Y- und Z-Achse aus.
- Die Werte werden standardmäßig in kalibrierten IMU-Daten ausgegeben.

2. Gyroskop

Benutzer: s \$gxyz

Antwort: s \$gxy
-0,004 -0,111 -0,045

- Durch Eingabe des Befehls *s* mit dem Operanden *\$gxyz* gibt der Sensor die Gyroskopdaten in der X-, Y- und Z-Achse aus.
- Die Werte werden standardmäßig als kalibrierte IMU-Daten ausgegeben.

5.3.3 IMU-Genauigkeit Prüfverfahren

Die IMU verfügt über eine integrierte Genauigkeitsprüfung, die die Ausgabe des Beschleunigungssensors überwacht. Die Genauigkeit des Beschleunigungssensors wird dem Endnutzer anhand der folgenden Definitionen mitgeteilt:

Tabelle 5.5 – Genauigkeitsbits des IMU-Beschleunigungssensors		
Beschreibung	Bit	Dezimal
Unzuverlässig	76	0
Genauigkeit Niedrig	54	1
Genauigkeit Mittel	32	2
Genauigkeit Hoch	10	3

Weitere Informationen finden Sie in den Bits 17 und 18 von [Abschnitt 6.2 – Systemstatus-Code](#)

Zwar muss der Endanwender die für eine Anwendung erforderliche Leistungsgenauigkeit festlegen, doch entsprechen die Angaben im Datenblatt dem Betrieb des Sensors bei hoher Genauigkeit. Liegt die aktuell gemeldete Genauigkeit unter dem vom Endanwender gewünschten Niveau, kann eine Kalibrierung gemäß der Anleitung im [Handbuch zum Messumformer](#) durchgeführt werden.

6. Fehlerbehebung

Dieser Abschnitt enthält Antworten auf einige Fragen, die bei der Einrichtung und Verwendung des EtherCAT-Sensors auftreten können. Die Frage oder das Problem wird aufgeführt, gefolgt von der entsprechenden Antwort oder Lösung. Zur besseren Übersicht sind sie in Kategorien unterteilt.

Die Informationen in diesem Abschnitt sollten viele Fragen beantworten, die in der Praxis auftreten können. Der Kundendienst steht Anwendern zur Verfügung, die Probleme oder Fragen haben, die in den Handbüchern behandelt werden.

Hinweis

Bitte lesen Sie das Handbuch, bevor Sie den Kundendienst anrufen. Halten Sie vor dem Anruf folgende Informationen bereit:

1. Seriennummer; zum Beispiel FT01234)
2. Sensormodell; zum Beispiel Nano17, Gamma, Theta.
3. Kalibrierung; zum Beispiel US-15-50, SI-65-6.
4. Genaue und vollständige Beschreibung der Frage oder des Problems. Halten Sie sich nach Möglichkeit in der Nähe des F/T-Systems auf, wenn Sie anrufen.

So erreichen Sie uns

ATI Industrial Automation (ein Unternehmen von Novanta)

1031 Goodworth Drive Apex, NC

27539 USA

www.ati-ia.com

Tel.: +1 919-772-0115

Fax: +1 919-772-8259

Anwendungstechnik

E-Mail: ft.support@novanta.com

24/7-Support: +1 855 ATI-IA 00 (+1 855-284-4200)

6.1 Fehler bei Kraft- und Drehmomentmesswerten

Falsche Daten von den Dehnungsmessstreifen des Aufnehmers können zu Fehlern bei den Kraft-/Drehmomentmesswerten führen. Diese Fehler können Probleme mit der Vorspannung und Genauigkeit des Aufnehmers zur Folge haben. In der folgenden Tabelle sind die grundlegenden Ursachen für falsche Daten aufgeführt und beschrieben. Verwenden Sie diese Tabelle als Leitfaden zur Fehlerbehebung.

Frage/Problem	Antwort/Lösung
Rauschen	Sprünge in den Rohmesswerten der Dehnungsmessstreifen (bei unbelastetem Messwandler) von mehr als 250 Counts gelten als abnormal. Störsignale können durch mechanische Schwingungen und elektrische Störungen verursacht werden, möglicherweise aufgrund einer schlechten Erdung. Sie können auch auf einen Bauteilausfall innerhalb des Systems hinweisen. Stellen Sie sicher, dass die Gleichstromversorgungsspannung für den EtherCAT-Sensor kaum oder gar keine Störsignale enthält.
Drift	Nachdem eine Last entfernt oder aufgebracht wurde, stabilisiert sich der Rohwert des Dehnungsmessstreifens nicht, sondern steigt oder sinkt weiter an. Dies lässt sich im Modus „Resolved Data“ unter Verwendung des Befehls „Bias“ leichter beobachten. Drift wird durch Temperaturänderungen, mechanische Kopplung oder interne Fehler verursacht. Eine mechanische Kopplung entsteht, wenn eine physische Verbindung zwischen der Werkzeugplatte und dem Sensorkörper hergestellt wird (z. B. durch Späne zwischen der Werkzeugadapterplatte und dem Sensorkörper). Eine gewisse mechanische Kopplung ist normal, wie z. B. bei Schläuchen und Kabeln, die an einem Werkzeug befestigt sind.
Hysterese	Wenn der Messwandler belastet und anschließend entlastet wird, kehren die Messwerte nicht schnell und vollständig zu ihren ursprünglichen Werten zurück. Hysterese wird durch mechanische Kopplung (erläutert im Abschnitt „Drift“) oder einen internen Fehler verursacht.
Der Sensor liefert unerwartete Werte.	Führen Sie eine Genauigkeitsprüfung durch. Siehe Abschnitt 7.6 – Genauigkeitsprüfung . Wenn die Symptome weiterhin bestehen, wenden Sie sich an den ATI-Kundendienst unter ft.support@novanta.com .

6.2 System- -Statuscode

Der ECAT3 F/T führt während des Betriebs zahlreiche Diagnosetests durch und meldet die Ergebnisse in einem 32-Bit-Systemstatuscode. Jeder F/T-Datensatz enthält diesen Systemstatuscode. Die Bitmuster aller vorliegenden Fehlerzustände werden miteinander verknüpft (OR-Verknüpfung), um den Systemstatuscode zu bilden. Liegt ein Fehlerzustand vor, wird Bit 31 des Systemstatuscodes gesetzt.

Bit 16 wird gesetzt, wenn eine Bedingung gespeichert wurde. Dieses Bit weist nicht auf einen Systemfehler hin. Der Systemstatuscode sollte lauten:

0x00000000, wenn keine Fehler vorliegen und keine Condition-Anweisungen verletzt wurden
0x80010000, wenn keine Fehler vorliegen und eine Condition-Anweisung verletzt wurde.

Jeder andere Code bedeutet, dass ein schwerwiegender Fehler vorliegt. Mögliche Fehler und Bit-Zuordnungen sind in [Tabelle 8.1](#) aufgeführt.

Tabelle 6.1 – Statuscode						
Bit	Bitmuster	Beschreibung				Zeigt einen Fehler an?
0	00000001	Messwert außerhalb des zulässigen Bereichs. Dieses Bit ist gesetzt, wenn der Messwert außerhalb des erwarteten Bereichs von -5 bis 70 °C liegt.				Ja
1	00000002	Versorgungsspannung außerhalb des Bereichs. Dieses Bit ist aktiv, wenn der gemessene Wert der Versorgungsspannung außerhalb des erwarteten Bereichs von 12 V bis 32 V liegt.				Ja
2	00000004	Defektes Messgerät. Dieses Bit ist aktiv, wenn ein Messgerät den positiven Skalenendwert anzeigt. Dies deutet darauf hin, dass die elektrische Verbindung zum Messgerät unterbrochen oder getrennt ist.				Ja
3	00000008	Beschäftigungsbit. Die Firmware führt eine oder mehrere der folgenden Aktivitäten aus, die die F/T-Daten vorübergehend beeinträchtigen können: 1. Eine Änderung an Objekt 0x2021 übernehmen 2. Änderung der verwendeten Kalibrierung 3. Überlauf einer beliebigen ADC-Interrupt-Service-Routine (ISR) 4. Änderung der ADC-Abtastrate 5. Änderung der Filterzeitkonstante 6. Schreiben in den Flash-Speicher				Nein
4	00000010	Reserviert				Ja.
5	00000020	Allgemeines Fehlerbit. Dieses Bit zeigt an, dass ein interner Fehler aufgetreten ist.				Ja.
6-15	0000FFC0	Reserviert				Ja.
16	00010000	Monitor-Zustand 0 Ausgang				Nein
17-18	00060000	Status-Bit 18	Statusbit 17	Dezimalwert	Beschreibung	Nein
		0	0	0	Unzuverlässig	
		0	1	1	Geringe Genauigkeit	
		1	0	2	Genauigkeit: Mittel	
		1	1	3	Genauigkeit Hoch	
19	00080000	IMU nicht vorhanden				Ja
20–25	07FE0000	Reserviert				Ja
26	04000000	Warnung: Messwert außerhalb des Bereichs. Dieses Bit ist aktiv, wenn der Messwert außerhalb des Bereichs von gageMinRangeWarn bis gageMaxRangeWarn liegt.				Nein
27	08000000	Messwert außerhalb des Bereichs. Dieses Bit ist aktiv, wenn der Messwert außerhalb des Bereichs von gageMinRange bis gageMaxRange liegt.				Ja.

Tabelle 6.1 – Statuscode			
Bit	Bitmuster	Beschreibung	Zeigt einen Fehler an?
28	10000000	Simulierter Fehler. Dieses Bit spiegelt das Steuerbit für simulierte Fehler in Objekt 0x7010: Steuercodes wider. Dies dient zum Testen der Fehlerbehandlung durch den Benutzer	Nein
29	20000000	Fehler in der Kalibrierungs-Prüfsumme. Dieses Bit ist aktiv, wenn die Kalibrierungen beim Auslesen aus dem EEPROM keine gültige Prüfsumme aufweisen.	Ja
30	40000000	F/T außerhalb des Bereichs. Dieses Bit ist aktiv, wenn ein Kraft-/Drehmoment-Messwert außerhalb des Bereichs liegt oder mathematisch gesättigt ist.	Ja
31	80000000	Fehler: Dieses Bit ist immer dann aktiv, wenn ein anderer Statuscode gesetzt ist, der einen Fehler anzeigt.	Ja

6.3 Geräuschreduzierung

6.3.1 Mechanische Schwingungen

In vielen Fällen handelt es sich bei wahrgenommenen Geräuschen tatsächlich um reale Schwankungen der Kraft und/oder des Drehmoments, die durch Schwingungen im Werkzeug oder im Roboterarm verursacht werden. Das ECAT3 F/T-System bietet digitale Tiefpassfilter, die Frequenzen oberhalb einer bestimmten Schwelle dämpfen können. Sollte dies nicht ausreichen, fügen Sie der Anwendungssoftware einen digitalen Filter hinzu.

6.3.2 Elektrische Störungen

Wenn Sie Störungen durch Motoren oder andere geräuschverursachende Geräte feststellen, überprüfen Sie die Erdungsanschlüsse des ECAT3 F/T. Wenn eine ausreichende Erdung nicht möglich ist oder das Rauschen nicht reduziert, ziehen Sie die Verwendung der digitalen Tiefpassfilter des ECAT3 F/T in Betracht. Vergewissern Sie sich, dass ein Netzteil der Klasse 1 mit Erdungsanschluss verwendet wird.

6.4 Genauigkeitsprüfung

Führen Sie die folgenden Schritte nach der Erstinstallation des Sensors am Roboter sowie einmal jährlich zu Wartungszwecken durch.

HINWEIS: Die Masse auf der Werkzeugseite kann dem Gewicht des in der Anwendung verwendeten Werkzeugs entsprechen.

1. Befestigen Sie eine feste Masse an der Werkzeugseite des F/T-Sensors:
 - a. Entfernen Sie Kabel, die eine Brücke zwischen der Sensorhalterung und der Werkzeugseite bilden.
2. Schalten Sie den Sensor ein. Lassen Sie ihn 30 Minuten lang aufwärmen. Minimieren Sie externe Quellen für Temperaturschwankungen.

HINWEIS: Für optimale Ergebnisse erstellen Sie ein Roboterprogramm, das den Sensor und die Masse nacheinander in jede der folgenden Positionen bewegt. An jeder Position sollte der Roboter anhalten, um den Ausgang des Sensors aufzuzeichnen. Vermeiden Sie es, den Roboter im Jog-Modus zu betreiben und zwischen den einzelnen Positionen mehrere Minuten zu warten.

3. Bewegen Sie den Roboter so, dass sich der Sensor an den folgenden Positionen befindet:
 - a. Zeichne die Sensorausgabe $F_{x,\text{Punkt}}$ $F_{y,\text{Punkt}}$ $F_{z,\text{Punkt}}$ an jedem Punkt ohne Vorspannung auf.
 - Punkt 1: +Z nach oben
 - Punkt 2: +X nach oben
 - Punkt 3: +Y nach oben
 - Punkt 4: -X nach oben
 - Punkt 5: -Y nach oben
 - Punkt 6: -Z nach oben

4. Berechne F_x , Mittelwert¹, F_y , Mittelwert² und F_z , Mittelwert³:

- a. Verwende die folgenden Gleichungen, um die Berechnungen durchzuführen:

$$F_{x,average} = \frac{F_{x,point\ 1} + F_{x,point\ 2} + \dots + F_{x,point\ 6}}{6}$$

$$F_{y,average} = \frac{F_{y,point\ 1} + F_{y,point\ 2} + \dots + F_{y,point\ 6}}{6}$$

$$F_{z,average} = \frac{F_{z,point\ 1} + F_{z,point\ 2} + \dots + F_{z,point\ 6}}{6}$$

5. Führen Sie für jeden der 6 Punkte die folgende Berechnung durch:

$$F_x = F_{x,point\ n} - F_{x,average}$$

$$F_y = F_{y,point\ n} - F_{y,average}$$

$$F_z = F_{z,point\ n} - F_{z,average}$$

$$\text{Tooling Mass} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$$

Die berechneten Werkzeugmassen für alle (6) Punkte sollten voneinander um weniger als das Doppelte der schlechtesten Genauigkeitsklasse des Sensors abweichen.

- Beispiel: Die Nenngenauigkeit des Sensors Axia80-M20 beträgt 2 % des Messbereichs auf allen Achsen. Bei einem Messbereich von 500 N für F_{xy} und 900 N für F_z betragen die zulässigen Fehler für jeden einzelnen Datenpunkt ± 10 N für F_{xy} und ± 18 N für F_z . Da F_z die größere Toleranz aufweist, könnte ein Datenpunkt +18 N und ein anderer Datenpunkt -18 N betragen, was einen Gesamtfehler (Max-Min) von 36 N ergibt.
- Außerdem sollte die Werkzeugmasse innerhalb von 36 N der Ergebnisse dieses Tests liegen, wenn dieser mit einem neuen Sensor durchgeführt wurde.

6. Wenn dieser Test fehlschlägt, sollte der Sensor zur Diagnose oder Neukalibrierung an ATI zurückgesandt werden.

7. Technische Daten

In diesem Abschnitt werden die spezifischen Spezifikationen für die EtherCAT-Sensorschnittstelle behandelt. Die Spezifikationen für die verschiedenen EtherCAT-Sensormodelle, wie z. B. Gewicht, Abmessungen sowie Betriebs- und Lagertemperatur, sind im Handbuch „9620-05-Transducer Section“ aufgeführt.

7.1 Lager- und Betriebsbedingungen

Tabelle 7.1 – Temperatur		
Komponente	Lagertemperatur, °C	Betriebstemperatur, °C
EtherCAT3-Elektronik	-40 bis +100	-20 bis +70
ECAT3 CEB	-40 bis +100	-20 bis +70

7.2 Elektrische Spezifikationen

Tabelle 7.2 – Stromversorgung		
Stromquelle ¹	Spannung	Maximale Leistungsaufnahme
Gleichstromanschluss	min. 12 V bis max. 30 V	3,0 W
Hinweise:		
1. Der Stromversorgungseingang des EtherCAT3-Sensors ist gegen Verpolung geschützt.		

7.2.1 Gegenstecker

Tabelle 7.3 – Mechanische Spezifikationen der Gegenstecker			
Stecker	Gegenstecker	Empfohlenes Drehmoment	Maximales Drehmoment
Standard-Messwandler	M12 5-polig, Stecker	0,8 Nm bis 1,0 Nm	3,0 Nm
Splitterbox-Eingang: Wandlerkabel	M12 5-polig Buchse	0,8 Nm bis 1,0 Nm	3,0 Nm
Splitterbox-Ausgang: ECAT0	M12 D-kodiert, 4-poliger Stecker	0,8 Nm bis 1,0 Nm	3,0 Nm
Ausgang der Splitterbox: ECAT1	M12 D-kodiert, 4-poliger Stecker	0,8 Nm bis 1,0 Nm	3,0 Nm
Splitterbox-Stromversorgung / RS485	M12 5-polig Buchse	0,8 Nm bis 1,0 Nm	3,0 Nm

7.3 Anschlussbelegung

7.3.1 Splitterbox

Die Pinbelegung für die Splitterbox (9105-GEN3-SPLIT-001) ist unten aufgeführt.

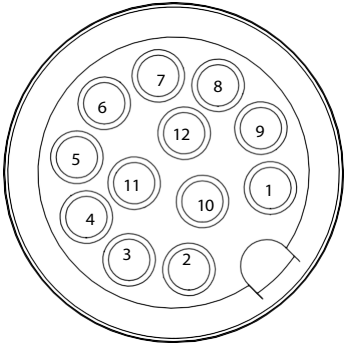
Tabelle 7.4 – Stecker des Wandlerkabels der Splitterbox		
Stecker	Pin	Belegung
	1	ECAT-OUT TX+
	2	ECAT-OUT TX-
	3	ECAT-OUT RX+
	4	ECAT-OUT RX-
	5	RS485-
	6	RS485+
	7	V- (GND)
	8	V+
	9	ECAT-IN TX+
	10	ECAT IN TX-
	11	ECATIN RX+
	12	ECAT IN RX-
	Gehäuse	Ablauf

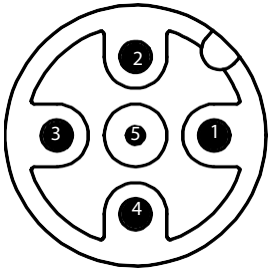
Tabelle 7.5 – Strom-/RS485-Anschluss der Splitterbox		
Anschluss	Pin	Aufgabe
	1	Ablauf
	2	V+
	3	V- (GND)
	4	RS485+
	5	RS485-

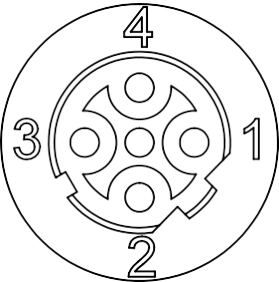
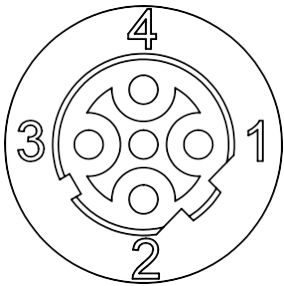
Tabelle 7.6 – Splitterbox ECAT-Port 0-Anschluss		
Anschluss	Pin	Belegung
	1	ECAT-IN TX+
	2	ECAT-IN RX+
	3	ECAT-IN TX-
	4	ECAT-IN RX-

Tabelle 7.7 – Splitterbox ECAT-Anschluss 1		
Anschluss	Pin	Belegung
	1	ECAT-OUT TX+
	2	ECAT-OUT RX+
	3	ECAT-OUT TX-
	4	ECAT-OUT RX-

7.3.2 ECAT3 CEB

Die Pinbelegung für den ECAT3 CEB (9105-ECAT3-CEB-001) ist unten aufgeführt.

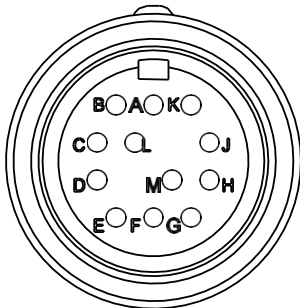
Tabelle 7.8 – ECAT3 CEB-Wandleranschluss		
Stecker	Pin	Belegung
	B	G4
	C	G5
	D	G2
	E	G3
	F	G0
	G	G1
	J	-VSG
	K	+VSG

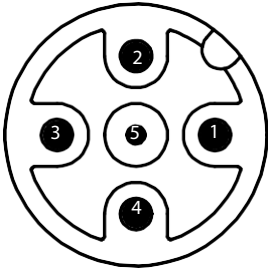
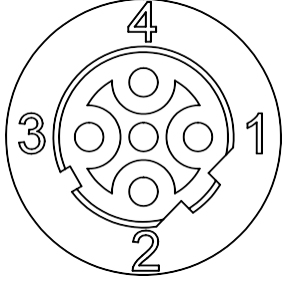
Tabelle 7.9 – ECAT3 CEB-Strom-/RS485-Anschluss		
Stecker	Pin	Belegung
	1	Ablauf
	2	V+
	3	V- (GND)
	4	RS485+
	5	RS485-

Tabelle 7.10 – ECAT3 CEB ECAT-Port 0/ECAT-Port 1-Anschluss		
Anschluss	Pin	Belegung
	1	ECAT-IN TX+
	2	ECAT-IN RX+
	3	ECAT-IN TX-
	4	ECAT-IN RX-

8. Zeichnungen

Zeichnungen sind auf der [ATI-Website](#) oder bei einem ATI-Vertreter erhältlich.