



Handbuch zu Kraft und Drehmoment (F/T)

Einleitung

Dieses Handbuch ist eine Zusammenstellung mehrerer modularer Handbuchabschnitte für ein F/T-Sensorsystem. Die modularen Handbuchabschnitte sind in der folgenden Reihenfolge angeordnet und enthalten die folgenden Informationen:

A. Einleitung

Dieser Abschnitt enthält Kontaktinformationen zur Erreichbarkeit eines ATI-Vertreters, allgemeine Sicherheitshinweise sowie Verkaufsbedingungen. Die ATI-Dokumentennummer für diesen modularen Handbuchabschnitt lautet: 9620-05-A-Einleitung.

B. Sensor

Dieser Abschnitt enthält Informationen zum mechanischen Gehäuse des Sensors. Der Inhalt umfasst eine Produktübersicht, Installationsanweisungen, Betriebsinformationen, Hinweise zur vorbeugenden Wartung, Richtlinien zur Fehlerbehebung sowie technische Daten. Die ATI-Dokumentennummer für diesen Abschnitt des modularen Handbuchs lautet: 9620-05-B-XX (XX = Modellbezeichnung des Sensors).

C. Version der Kommunikationsschnittstelle

Dieser Abschnitt enthält Informationen zu den elektrischen und softwaretechnischen Merkmalen einer bestimmten Version der Kommunikationsschnittstelle. Beispiele für Versionen der Kommunikationsschnittstelle sind EtherCAT, Ethernet und RS422. Dieser Abschnitt enthält außerdem Informationen zu den Kabeln. Die ATI-Dokumentennummer für diesen modularen Handbuchabschnitt lautet: 9620-05-C-XX (XX = Version der Kommunikationsschnittstelle).

D. Kundenspezifische Anwendung

Dieser Abschnitt enthält zusätzliche Informationen, die erforderlich sind, damit das Sensorsystem in einer kundenspezifischen Anwendung funktioniert. Die ATI-Dokumentennummer für diesen modularen Handbuchabschnitt lautet: 9620-05-D-XX (XX = kundenspezifische Anwendung).

Technische Produkte für die Produktivität in der Robotik

Pinnacle Park • 1031 Goodworth Drive • Apex, NC 27539 USA • Tel.: +1.919.772.0115 • www.ati.novanta.com

A. Einleitung

Bei Fragen zu einem bestimmten Modell wenden Sie sich bitte an ATI Industrial Automation.



WARNUNG: Verwenden Sie ATI-Produkte ausschließlich für vom Hersteller zugelassene Anwendungen. Der Einsatz von ATI-Produkten in anderen als den vom Hersteller vorgesehenen Anwendungen kann zu Schäden an Geräten und Verletzungen von Personen



VORSICHT: Dieses Handbuch beschreibt die Funktion, den Einsatzbereich und die Sicherheitshinweise zu diesem Produkt. Dieses Handbuch muss vor jedem Versuch, das Produkt zu installieren oder in Betrieb zu nehmen, gelesen und verstanden werden, da es

Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen sind Eigentum von ATI Industrial Automation, Inc. (ATI) und dürfen ohne vorherige schriftliche Genehmigung von ATI weder ganz noch teilweise vervielfältigt werden. Die hierin enthaltenen Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Dieses Handbuch wird regelmäßig überarbeitet, um Änderungen am Produkt zu berücksichtigen und einzubeziehen.

Die hierin enthaltenen Informationen sind vertraulich und ausschließlich den Kunden und autorisierten Vertretern von ATI Industrial Automation vorbehalten. Sie dürfen ohne vorherige schriftliche Zustimmung von ATI nicht an Dritte weitergegeben werden. Es wird keine Gewährleistung, einschließlich stillschweigender Gewährleistungen, hinsichtlich der Richtigkeit dieses Dokuments oder der Eignung dieses Geräts für eine bestimmte Anwendung übernommen. ATI Industrial Automation haftet nicht für etwaige Fehler in diesem Dokument oder für dadurch verursachte Neben- oder Folgeschäden. ATI Industrial Automation behält sich außerdem das Recht vor, jederzeit und ohne vorherige Ankündigung Änderungen an diesem Handbuch vorzunehmen.

ATI übernimmt keine Verantwortung für Fehler oder Auslassungen in diesem

Dokument. Copyright (2022) by ATI Industrial Automation. Alle Rechte vorbehalten.

Hinweis:

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

1. Seriennummer, zum Beispiel: FT01234
2. Modell, zum Beispiel: Axial30-M125
3. Kalibrierung, zum Beispiel: SI-800-50 oder SI-2000-125
4. Genaue und vollständige Beschreibung der Frage oder des Problems
5. Informationen zu Computer und Software, zum Beispiel: Betriebssystem, PC-Typ, Treiber und Anwendungssoftware

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

Wenden Sie sich bei Bedarf bitte an einen ATI-Mitarbeiter, um Unterstützung zu erhalten:

Vertrieb, Service und Informationen zu ATI-Produkten:

ATI Industrial Automation

1031 Goodworth Drive

Apex, NC 27539 USA

www.ati-ia.com

Tel.: +1 919 772 0115

Fax: +1.919.772.8259

Anwendungstechnik

Tel.: +1 919 772 0115, Durchwahl 511

Fax: +1.919.772.8259

E-Mail: ft.support@novanta.com

1. Sicherheit

Der Abschnitt „Sicherheit“ enthält allgemeine Sicherheitsrichtlinien für den Umgang mit diesem Produkt, Erläuterungen zu den in diesem Handbuch enthaltenen Hinweisen sowie Sicherheitsvorkehrungen, die für das Produkt gelten. Produktspezifische Hinweise sind in den entsprechenden Abschnitten dieses Handbuchs (sofern zutreffend) integriert.

1.1 Erläuterung der Hinweise

Diese Hinweise werden in allen ATI-Handbüchern verwendet und beziehen sich nicht speziell auf dieses Produkt. Der Anwender sollte alle Hinweise des Roboterherstellers und/oder der Hersteller anderer in der Anlage verwendeter Komponenten beachten.



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 Sicherheitshinweise und die Methode zur Vermeidung der Situation.



WARNING: Hinweis auf Informationen oder Anweisungen, deren Nichtbeachtung zu Tod oder schweren Verletzungen führen könnte. Der Hinweis enthält Informationen über die Art der gefährlichen Situation, die Folgen einer Nichtbeachtung der Gefahrenwarnung und die



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 Nichtvermeidung der Gefahr und die Vorgehensweise zur Vermeidung

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

1.2 Allgemeine Sicherheitshinweise

Der Kunde sollte sicherstellen, dass der ausgewählte Sensor für die während des Betriebs zu erwartenden maximalen Lasten und Drehmomente ausgelegt ist. Da statische Kräfte geringer sind als die dynamischen Kräfte, die durch die Beschleunigung oder Abbremsung des Roboters entstehen, ist auf die vom Roboter verursachten dynamischen Belastungen zu achten.

2.Verkaufsbedingungen

Die folgenden Allgemeinen Geschäftsbedingungen stellen eine Ergänzung zu den Allgemeinen Geschäftsbedingungen von ATI dar und enthalten einen Teil davon, die bei ATI hinterlegt sind und auf Anfrage erhältlich sind.

ATI garantiert dem Käufer, dass die im Rahmen dieses Vertrags erworbenen robotergestützten Werkzeugwechsler bei normalem Gebrauch für einen Zeitraum von drei (3) Jahren ab Versanddatum frei von Material- und Verarbeitungsfehlern sind. Die Gewährleistungsfrist für Reparaturen, die im Rahmen einer Rücksendegenehmigung (RMA) durchgeführt werden, entspricht der Dauer der ursprünglichen Gewährleistung oder beträgt neunzig (90) Tage ab dem Versanddatum des reparierten Produkts, je nachdem, welcher Zeitraum länger ist.

ATI übernimmt im Rahmen dieser Garantie keine Haftung, es sei denn: (a) ATI wird innerhalb von dreißig (30) Tagen, nachdem der Käufer den Mangel entdeckt hat, und in jedem Fall spätestens am letzten Tag der Garantiefrist schriftlich über den geltend gemachten Mangel und dessen Beschreibung informiert; und (b) der mangelhafte Artikel geht spätestens zehn (10) Tage nach dem letzten Tag der Garantiefrist bei ATI ein. Die gesamte Haftung von ATI und der einzige Rechtsbehelf des Käufers im Rahmen dieser Garantie beschränken sich nach Wahl von ATI auf die Reparatur oder den Austausch des defekten Teils oder Artikels oder, nach Wahl von ATI, auf die Rückerstattung des für den Artikel gezahlten Preises. Die vorstehende Garantie gilt nicht für Mängel oder Ausfälle, die auf unsachgemäße Installation, Bedienung, Wartung oder Reparatur durch andere Personen als ATI zurückzuführen sind.

ATI haftet in keinem Fall für zufällige, Folge- oder besondere Schäden jeglicher Art, selbst wenn ATI auf die Möglichkeit solcher Schäden hingewiesen wurde. Die Gesamthaftung von ATI übersteigt in keinem Fall den vom Käufer für den Gegenstand, der Gegenstand der Reklamation oder Streitigkeit ist, gezahlten Betrag. ATI übernimmt keinerlei Haftung für den Ausfall von Geräten oder anderen Gegenständen, die nicht von ATI geliefert wurden.

Klagen gegen ATI, gleich welcher Art, die sich aus den im Rahmen dieses Vertrags gelieferten Produkten oder erbrachten Dienstleistungen ergeben oder in irgendeiner Weise damit zusammenhängen, dürfen nicht später als ein (1) Jahr nach Entstehen des Klagegrundes erhoben werden.

Keine Zusicherung oder Vereinbarung, die die hierin enthaltenen Gewährleistungs- und Haftungsbeschränkungsbestimmungen abändert oder erweitert, ist von ATI genehmigt und darf nicht als von ATI genehmigt angesehen werden, es sei denn, sie liegt in schriftlicher Form vor und ist von einem leitenden Angestellten von ATI unterzeichnet.

Sofern nicht anderweitig schriftlich von ATI vereinbart, sind und bleiben alle Entwürfe, Zeichnungen, Daten, Erfindungen, Software und sonstige Technologien, die von ATI im Rahmen der Bereitstellung von Produkten und Dienstleistungen gemäß diesem Vertrag erstellt oder entwickelt wurden, sowie alle damit verbundenen Rechte gemäß Patentrecht, Urheberrecht oder sonstigen Gesetzen zum Schutz geistigen Eigentums Eigentum von ATI. Der Verkauf von Produkten oder Dienstleistungen im Rahmen dieses Vertrags beinhaltet keine ausdrückliche oder stillschweigende Lizenz unter Patenten, Urheberrechten oder anderen Rechten an geistigem Eigentum, die ATI gehören oder von ATI kontrolliert werden, sei es in Bezug auf die verkauften Produkte oder sonstige Angelegenheiten, mit Ausnahme der nachstehend ausdrücklich gewährten Lizenz.

Im Rahmen der Lieferung von Produkten und der Erbringung von Dienstleistungen gemäß diesem Vertrag kann ATI dem Käufer vertrauliche und geschützte Informationen von ATI bereitstellen oder offenlegen, die sich auf die Konstruktion, den Betrieb oder andere Aspekte der Produkte von ATI beziehen. Im Verhältnis zwischen ATI und dem Käufer verbleibt das Eigentum an diesen Informationen, einschließlich, aber nicht beschränkt auf jegliche Computersoftware, die dem Käufer von ATI zur Verfügung gestellt wird, bei ATI, und diese Informationen werden dem Käufer lediglich zur Nutzung im Rahmen des Betriebs der von ATI im Rahmen dieses Vertrags gelieferten Produkte im internen Geschäftsbetrieb des Käufers lizenziert.

Ohne die vorherige schriftliche Genehmigung von ATI darf der Käufer diese Informationen nicht für andere Zwecke verwenden oder sie an Dritte weitergeben oder diesen anderweitig zugänglich machen. Der Käufer verpflichtet sich, alle angemessenen Vorkehrungen zu treffen, um eine unbefugte Nutzung oder Offenlegung dieser Informationen zu verhindern.

Der Käufer haftet im Rahmen dieser Vereinbarung nicht für die Offenlegung oder Nutzung von Informationen, die: (a) zum Zeitpunkt des Erhalts von ATI bereits öffentlich zugänglich sind; (b) danach veröffentlicht werden oder auf andere Weise ohne Verschulden des Käufers öffentlich zugänglich werden; (c) sich bereits vor dem Erhalt von ATI

*Handbuch, F/T-Sensor,
Einführungsdokument Nr. 9620-05-A-*

im Besitz des Käufers befanden; (d) vom Käufer rechtmäßig von einem Dritten erworben wurden, der zur Offenlegung berechtigt ist; oder (f) aufgrund einer gerichtlichen Anordnung oder einer Anordnung einer anderen staatlichen Behörde offengelegt werden müssen, vorausgesetzt, dass der Käufer ATI im Hinblick auf solche erforderlichen Offenlegungen vorab darüber in Kenntnis setzt und alle rechtlich verfügbaren Mittel einsetzt, um die Vertraulichkeit dieser Informationen zu wahren.



Sano74 F/T-Sensor-Handbuch



Dokument-Nr.: 9620-05-B-Sano74

Technische Produkte für die Produktivität in der Robotik

Pinnacle Park • 1031 Goodworth Drive • Apex, NC 27539 • 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 vervielfältigt werden. Die hierin enthaltenen Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden und sind nicht als Verpflichtung seitens ATI Industrial Automation, Inc. auszulegen. 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.

ATI F/T-Sensorsysteme gelten als Komponenten bzw. Halbfertigprodukte, die für den Einsatz in größeren Systemen, Geräten oder Fertigprodukten vorgesehen sind.

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 den Tod darstellt, und (selbst wenn eine solche Zustimmung erteilt wird) ATI von allen Ansprüchen, Verlusten, Haftungsansprüchen 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.

Hinweis:

Bitte lesen Sie die Bedienungsanleitung, bevor Sie den Kundendienst anrufen, und halten Sie folgende Informationen bereit:

1. Seriennummer, zum Beispiel: FT01234.
2. Sensormodell, zum Beispiel: Sano74.
3. Kalibrierung, zum Beispiel: SI-130-10.
4. Genaue und vollständige Beschreibung der Frage oder des Problems.
5. Informationen zu Computer und Software (Betriebssystem, PC-Typ, Treiber, Anwendungssoftware und weitere relevante Informationen zur Konfiguration der Anwendung).

Halten Sie sich beim Anruf möglichst in der Nähe des F/T Systems auf (sofern möglich)

Wenden Sie sich bei Bedarf bitte an einen ATI-Mitarbeiter, um Unterstützung zu erhalten:

Vertrieb, Service und Informationen zu ATI-Produkten:

ATI Industrial Automation, ein Unternehmen der Novanta-Gruppe

1031 Goodworth Drive,

Apex, NC 27539, USA

Tel.: +1 919-772-0115 • Fax: +1 919-772-8259 • www.ati-ia.com

Anwendungstechnik

E-Mail: ft.support@novanta.com

Support rund um die Uhr: +1 855 ATI-IA 00 (+1 855-284-4200)

Inhaltsverzeichnis

Glossar	B-4
1. Sicherheit.....	B-6
1.1 Erläuterung der Meldungen	B-6
1.2 Allgemeine Sicherheitshinweise	B-6
1.3 Sicherheits -Vorsichtsmaßnahmen	B-7
2. Produktübersicht	B-8
3. Installation	B-9
3.1 Schnittstelle Platten	B-10
3.2 Einbau des Sensors	B-11
3.3 F/T-Genauigkeitsprüfung	B-14
3.4 IMU-Genauigkeitsprüfung	B-15
3.5 Verfahren zur dynamischen Kalibrierung der IMU	B-15
3.5.1 Dynamische Kalibrierung des Beschleunigungssensors	B-15
3.5.2 Dynamische Kalibrierung des Gyroskops	B-16
3.5.3 Speichern einer Kalibrierung	B-16
3.6 Erkennen von Empfindlichkeitsänderungen	B-17
4. Bedienung	B-18
4.1 Umgebungsbedingungen für den Sensor	B-18
4.2 Offset	B-18
4.3 Überwachungsbedingungen	B-18
4.4 Verhalten der LED „ “	B-18
5. Wartung.....	B-19
5.1 Regelmäßige Inspektion	B-19
5.2 Regelmäßige Kalibrierung der F/T-Messbereiche.....	B-19
6. Fehlerbehebung	B-20
6.1 Grundlegende Hinweise zur Fehlerbehebung	B-21
7. Technische Daten	B-24
8. Zeichnungen	B-24
9. Verkaufsbedingungen	B-25

Glossar

Begriff	Definition
Beschleunigungsmesser	Ein Bauteil in den Sano-Sensoren von ATI, das die Beschleunigung misst. Die Sano-Sensoren von ATI verwenden einen Beschleunigungsmesser auf Basis eines mikroelektromechanischen Systems (MEMS).
Bias	Die Bias-Einstellung dient dazu, die Auswirkungen der Schwerkraft (Werkzeuggewicht) oder anderer einwirkender Kräfte zu eliminieren. Bei Verwendung der Bias-Funktion erfasst die Software Daten zu den Kräften und Drehmomenten, die derzeit auf den Sensor einwirken, und nutzt diese Messwerte als Referenz für zukünftige Messwerte. Von den zukünftigen Messwerten wird dieser Referenzwert abgezogen, bevor sie übertragen werden. Die Bias-Einstellung wird auch als „Nullstellen“ oder „Tarieren“ des Sensors bezeichnet.
Kalibrierung	Definiert einen bestimmten Mess- oder Erfassungsbereich für einen bestimmten Sensor. Die Kalibrierung ist zudem der Vorgang, bei dem die Rohantwort eines Messwandlers auf Belastungen gemessen und Daten erstellt werden, die zur Umwandlung der Antwort in Kräfte und Drehmomente verwendet werden.
Komplexe Belastung	Jede Belastung, die nicht ausschließlich in einer Achse erfolgt.
Versionen der Kommunikationsschnittstelle	Der Software-Standard, den das Kundengerät verwendet, um Funktionen auf den Sensor anzuwenden und damit der Sensor Daten übermittelt, zum Beispiel: EtherCAT, RS422 und Ethernet.
Koordinatensystem	Siehe „Ursprung des Erfassungsreferenzrahmens“.
Cube-Methode	Ein Verfahren zur dynamischen Kalibrierung von Beschleunigungssensoren, bei dem der Endbenutzer ein Gerät in vier bis sechs unterschiedlichen Positionen ausrichtet und das Gerät in jeder Position mindestens eine Sekunde lang hält.
Datenrate	Wie schnell Daten über ein Netzwerk ausgegeben werden können.
Kraft	Eine Kraft ist eine Stoß- oder Zugwirkung auf einen Körper, die durch eine Wechselwirkung mit einem anderen Körper verursacht wird. $\text{Kraft} = \text{Masse} \times \text{Beschleunigung}$.
FS	Full-Scale (Vollbereich) bezieht sich auf die Grenzen eines bestimmten Kalibrierungs- oder Messbereichs.
F/T	Kraft/Drehmoment.
F_{xy}	Der resultierende Kraftvektor, bestehend aus den Komponenten F_x und F_y .
g	Die G-Kraft oder das Gravitationskraftäquivalent ist eine massenspezifische Kraft, ausgedrückt in Einheiten der Standardschwerkraft ausgedrückt wird.
Gyroskop	Ein Bauteil in den Sano-Sensoren von ATI, das die Ausrichtung und die Winkelgeschwindigkeit misst. Die Sano-Sensoren von ATI verwenden ein MEMS-Gyroskop (Micro Electronic Mechanical System).
Hysterese	Eine Quelle für Messfehler, die durch die Nachwirkungen zuvor angewandten Belastungen.
Schnittstellenplatte	Eine separate Platte, mit der der Sensor an einer anderen Oberfläche befestigt wird. Schnittstellenplatten werden häufig verwendet, wenn das Lochbild des Sensors nicht mit dem Lochbild des Roboterarms oder der kundenspezifischen Vorrichtung übereinstimmt. Die Schnittstellenplatte verfügt über zwei Lochbilder, eines auf jeder Seite der Platte. Eine Seite ist für den Sensor vorgesehen. Die andere Seite ist für den Roboterarm oder die kundenspezifische Vorrichtung vorgesehen.
IMU	Eine Trägheitsmesseinheit (IMU) ist ein Gerät, das Beschleunigung und Winkelgeschwindigkeit (gyroskopische Daten) erfasst.

Schutzart (IP2X)	Der Sensor verfügt über die Schutzart IP2X, die verhindert, dass Fremdkörper mit einer Größe von weniger als 0,49 Zoll oder 12,5 mm, in das Gerät einzudringen. Der Endnutzer sollte den Sensor vor dem Eindringen von Wasser oder anderen Flüssigkeiten schützen.
Master-Gerät	Ein vom Kunden bereitgestelltes Gerät wie beispielsweise ein PC, ein Roboter oder eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS), das mit einer bestimmten Kommunikationsschnittstelle kompatibel ist.

Begriff	Definition
Messunsicherheit	Die „Messunsicherheit“, häufig auch als „Genauigkeit“ bezeichnet, ist der Fehler im ungünstigsten Fall zwischen dem Messwert und der tatsächlichen Last. Die Messunsicherheit wird als Prozentsatz des vollen Messbereichs für ein bestimmtes Sensormodell und eine bestimmte Kalibrierungsgröße angegeben. Dieser Wert berücksichtigt mehrere Fehlerquellen. Der Prozentsatz der Messunsicherheit ist im Kalibrierungszertifikat des Sensors aufgeführt.
Mechanische Kopplung	Wenn ein externes Objekt, wie z. B. ein kundeneigenes Werkzeug oder eine Vorrichtung, die Oberfläche eines Sensors zwischen der Befestigungsseite und der Werkzeugseite des Sensors berührt.
Nicht zutreffend	Nicht zutreffend
Überlast	Der Zustand, bei dem auf den Messwandler eine höhere Last wirkt, als er messen kann. Dies führt zu einer Sättigung.
Teilenummer	Teilenummer
Stromzyklus	Wenn ein Benutzer die Stromversorgung eines Geräts unterbricht und anschließend wiederherstellt.
Auflösung	Die kleinste messbare Änderung der Last. Die Auflösung ist in der Regel wesentlich kleiner als die Genauigkeit.
Abtastrate	Wie schnell die analogen Messdaten vom ADC in digitale Messwerte umgewandelt werden.
Sättigung	Der Zustand, in dem der Messwandler oder die Datenerfassungshardware einer Last oder einem Signal ausgesetzt ist, das außerhalb seines Messbereichs liegt.
Ursprung des Messbezugssystems	Der Punkt auf dem Sensor, von dem aus alle F/T- und IMU-Daten gemessen werden.
Sensor	Die Komponente, die eine erfasste Belastung in elektrische Signale umwandelt.
Sensorsystem (oder Konfiguration)	Die gesamte Baugruppe, bestehend aus einem Sensorkörper und einer Systemschnittstelle zur Umwandlung von Kraft- und Drehmomentsignalen in eine bestimmte Kommunikationsschnittstelle bzw. ein bestimmtes Kommunikationsprotokoll.
Werkzeugadapterplatte (oder TAP)	Die Oberflächenkomponente, mit der das Werkzeug des Kunden an der Werkzeugseite (Messseite) des Sensors befestigt wird.
Drehmoment	Die Ausübung einer Kraft über einen Hebel oder Dreharm, die eine Drehbewegung auslöst. Beispielsweise übt ein Anwender ein Drehmoment auf eine Schraube aus, um diese zu drehen. Drehmoment = Kraft × Länge des Dreharms.
T _{xy}	Der resultierende Drehmomentenvektor, der sich aus den Komponenten T _x und T _y zusammensetzt.

1. Sicherheit

Der Abschnitt „Sicherheit“ enthält allgemeine Sicherheitshinweise zum Umgang mit diesem Produkt, Erläuterungen zu den in dieser Anleitung enthaltenen Hinweisen sowie Sicherheitsvorkehrungen, die für das Produkt gelten. Produktspezifische Hinweise sind in den entsprechenden Abschnitten dieser Anleitung (sofern zutreffend) integriert.

1.1 Erläuterung der Hinweise

Diese Hinweise werden in allen ATI-Handbüchern verwendet und beziehen sich nicht speziell auf dieses Produkt. Der Anwender 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 Nichtvermeidung der Gefahr 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 Nichtvermeidung der Gefahr sowie die



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

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

1.2 Allgemeine Sicherheitshinweise

Der Kunde sollte sicherstellen, dass der Sensor für die während des Betriebs zu erwartende maximale Belastung und das maximale Drehmoment ausgelegt ist. Da statische Kräfte geringer sind als die dynamischen Kräfte, die durch die Beschleunigung oder Verzögerung des Roboters entstehen, ist auf die vom Roboter verursachten dynamischen Belastungen zu achten.

1.3 Sicherheitsvorkehrungen



ACHTUNG: Eine Veränderung oder Demontage des Sensors kann zu Schäden führen und zum Erlöschen der Garantie führen. Verwenden Sie die mitgelieferten Lochkreise auf der Befestigungs- und Werkzeugseite des Sensors, um den Sensor am Roboter und die Kundenwerkzeuge am Sensor zu befestigen.



VORSICHT: Das Herumstochern in den Öffnungen des Sensors führt zu Schäden am Gerät. Vermeiden Sie es, in die Öffnungen des Sensors zu stochern.



VORSICHT: Überlasten Sie den Sensor nicht. Das Überschreiten der einachsigen Überlastwerte des Sensors führt zu irreparablen Schäden.



ACHTUNG: Der Sensor sollte während des Transports vor Stößen und Stoßbelastungen geschützt werden, die die Nennbereiche überschreiten, da diese die Leistungsfähigkeit des Sensors beeinträchtigen können. Weitere Informationen zu den Nennbereichen finden Sie in [Abschnitt 7 – Technische](#)

2. Produktübersicht

Der Kraft-/Drehmomentsensor (F/T) Sano74 ist für den Einsatz in der chirurgischen Robotik vorgesehen und eignet sich ideal für orthopädische Anwendungen wie handgeführte Roboternavigation sowie kraftgesteuertes Schneiden oder Bohren. Der Sano74 misst sechs Kraft- und Drehmomentkomponenten ($F_x \setminus F_y \setminus F_z \setminus T_x \setminus T_y \setminus T_z$). Eine integrierte Trägheitsmesseinheit (IMU) liefert dreiachsiges Beschleunigungs- und Winkelgeschwindigkeitsmessungen. Der Sensor überträgt diese Daten an ein Gerät wie beispielsweise einen PC, einen Roboter oder eine SPS. Weitere Informationen zur Kommunikationsschnittstelle finden Sie im entsprechenden Handbuch in [Tabelle 2.1](#). Die Produktspezifikationen finden Sie in [Abschnitt 7 – Technische Daten](#).

Die Montageadapterplatte (MAP) des Sensors wird an einer starren Halterung oder einem Roboter befestigt. Die Werkzeugadapterplatte (TAP) wird am kundenseitigen Werkzeug befestigt. Die spezifischen Lochbilder und Abmessungen für MAP und TAP finden Sie in [Abschnitt 8 – Zeichnungen](#). Falls der Sensor nicht das gleiche Lochbild wie die Montage- oder Werkzeugseite aufweist, lesen Sie bitte [Abschnitt 3.1 – Schnittstellenplatten](#).

Vor der Installation müssen Endanwender die Abdeckplatte entfernen, die die internen Bauteile während der Lagerung und des Transports schützt. Der Kunde stellt die Kabel bereit und schließt sie an die Anschlüsse auf der Hauptplatine des Sensors an. Ein Schlitz an der Seite des Gehäuses ermöglicht die Sicht auf die Kommunikations- und Status-LEDs auf der Hauptplatine. Durch die Mitte des Sensors verläuft eine 20-mm-Bohrung zur Kabeldurchführung und zur Erleichterung der Integration. Weitere Informationen zu den Anschlüssen und LEDs finden Sie im entsprechenden Handbuch in [Tabelle 2.1](#).

Abbildung 2.1 – Sano74 F/T-Sensor

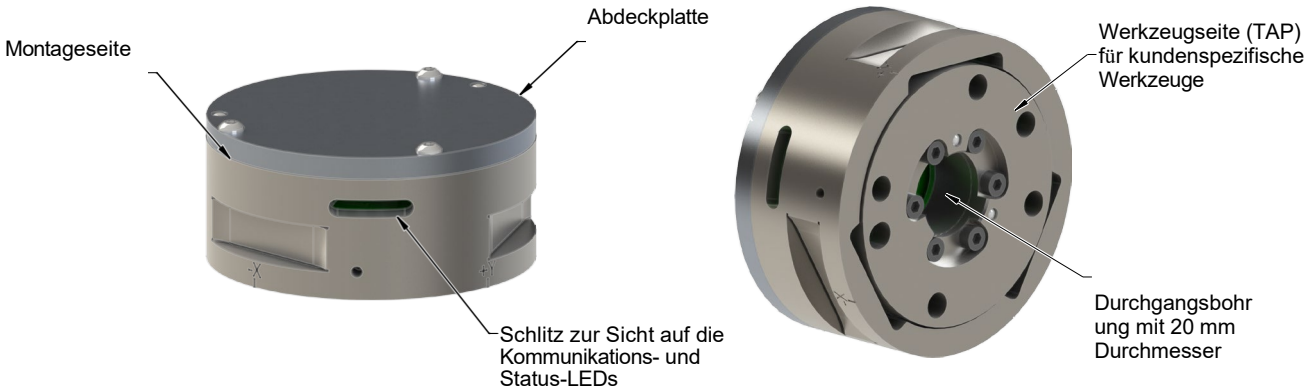


Tabelle 2.1 – Sano-Kommunikationshandbücher

Sensor-Modell Art.-Nr.	Kommunikationstyp	ATI-Handbuch
9105-ECAT3-SANO74-M12	EtherCAT	9620-05-C-EtherCAT3 Sano

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 den Sensor und vergewissern Sie sich, dass alle unter Spannung stehenden Stromkreise gemäß den Sicherheitsvorschriften und -



VORSICHT: Sorgen Sie für einen ausreichenden Überspannungsschutz, um Schäden am Sensor zu vermeiden. Der Kunde sollte den Sensor keinen ESD-Spannungen aussetzen, die außerhalb des Bereichs



ACHTUNG: Um elektrische Störungen bei Anwendungen in der Nähe zu vermeiden, minimieren Sie den vom Sensor zum Host-System, in dem die EMV-Filterung erfolgt, so gering wie möglich zu



ACHTUNG: 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



ACHTUNG: Eine Modifizierung oder Demontage des Sensors kann zu Schäden führen und zum Erlöschen der Garantie führen. Verwenden Sie das mitgelieferte Befestigungslochbild und das mitgelieferte Werkzeug-Befestigungslochbild, um den Sensor am Roboter und die kundenseitigen Werkzeuge am Sensor zu befestigen (siehe [Kundenzeichnung](#)).

3.1 Anschlussplatten

Die Befestigungsseite des Sensors wird an einer Oberfläche wie dem Roboterarm angebracht, und die Werkzeugadapterplatte (TAP) des Sensors wird am kundeneigenen Werkzeug befestigt. Falls der Endnutzer eigene Schnittstellenplatten bereitstellen möchte, sind die folgenden Konstruktionsrichtlinien und die Sano74-Zeichnung zu beachten (siehe [Abschnitt 8 – Zeichnungen](#)).



VORSICHT: Eine falsche Montage der Schnittstellenplatten kann dazu führen, dass der F/T-Sensor nicht ordnungsgemäß funktioniert.



VORSICHT: Das Kundenwerkzeug darf nur die Werkzeug-Schnittstellenplatte berühren. Berührt das Kundenwerkzeug einen anderen Teil des Sensors, kann es Lasten nicht ordnungsgemäß erfassen.

Wenn der Endanwender eine Schnittstellenplatte selbst entwirft und fertigt, sollte er folgende Punkte beachten:

- Die Schnittstellenplatte sollte Befestigungslöcher für Schrauben sowie einen Passstift und einen Vorsprung zur genauen Positionierung am Roboter aufweisen.
- Die Dicke der Schnittstellenplatte muss einen ausreichenden Gewindeeingriff für die Befestigungselemente gewährleisten.
- Die Befestigungselemente dürfen die interne Elektronik des Sensors nicht beeinträchtigen. Für Gewinde Informationen zu Tiefe, Befestigungsmustern und weiteren Details finden Sie in [Abschnitt 8 – Zeichnungen](#)
- Verwenden Sie keine Passstifte, die die Längenvorgaben überschreiten und verhindern, dass die Schnittstellenplatte bündig mit dem Roboter abschließt. Befestigungselemente, die die Längenvorgaben überschreiten, verursachen einen Spalt zwischen den Kontaktflächen und führen zu Beschädigungen.
- Die Schnittstellenplatte muss mindestens so stabil sein wie der Sensor, damit die auf den Sensor einwirkenden maximalen Kraft- und Drehmomentwerte die Schnittstellenplatte nicht verformen. Die entsprechenden Kraft- und Drehmomentwerte finden Sie in [Abschnitt 7 – Technische Daten](#).
- Die Schnittstellenplatte muss eine ebene und parallele Montagefläche für den Sensor bieten.

3.2 Einbau des Sensors

Benötigtes Material:

- Sauberes Tuch
- Loctite 222® Schraubensicherungsmittel
- Loctite 242® Gewindesicherung
- Loctite 7649® oder ein gleichwertiges Gewindesicherungsmittel/Grundierung
- Drehmomentschlüssel

Benötigte

Teile:

- (8x) Befestigungsschrauben, Sensor am Roboter:
 - Sano74-M12: M3
- (4x) Befestigungsschrauben, Sensor an Werkzeug
 - Sano74-M12: M6
- (Optional) 8-poliges Flachbandkabel. Siehe [Tabelle 3.1](#).
- (Optional) 6-poliges Flachbandkabel. Siehe [Tabelle 3.1](#).
- (optional) 8-poliges SM-Steckerkabel. Siehe [Tabelle 3.1](#).

Benötigte

Werkzeuge:

- Inbusschlüssel.
 - Sano74-M12: 2-mm-, 2,5-mm- und 5-mm-Inbusschlüssel
- Drehmomentschlüssel



VORSICHT: Wenden Sie bei der Installation keine übermäßige Kraft auf den Sensor und den Stecker an, da dies zu Schäden führen kann.



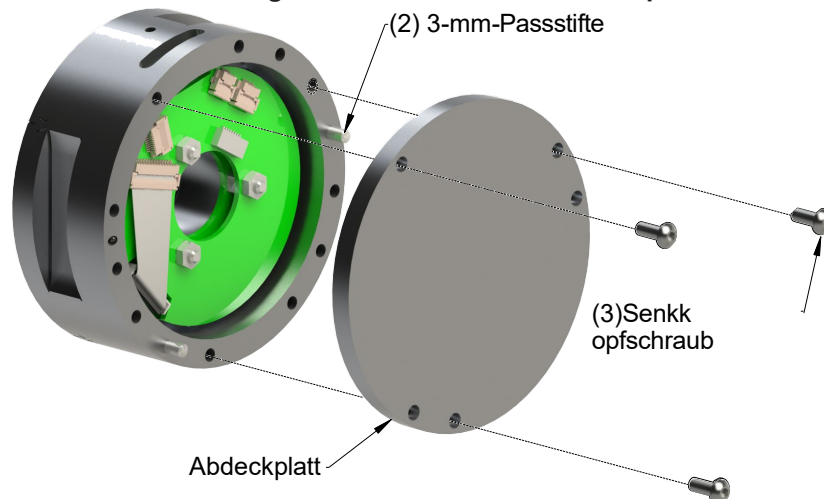
ACHTUNG: Die Verwendung von Befestigungselementen, die die Tiefe der Kundenschnittstelle überschreiten, führt dazu, dass das Sensorgehäuse durchbohrt wird, die Elektronik beschädigt wird und die Garantie erlischt.



ACHTUNG: Auf Befestigungselemente aufgetragene Schraubensicherung darf nicht mehr als einmal verwendet werden. Befestigungselemente könnten sich lösen und Geräteschäden verursachen. Tragen Sie bei der Wiederverwendung

1. Entfernen Sie die Abdeckplatte:
 - a. Entfernen Sie die (3) M3-Innensechskantschrauben mit einem 2-mm-Sechskantschlüssel.
 - b. Heben Sie die Abdeckplatte vom Sensor ab.

Abbildung 3.1 – Abnehmen der Abdeckplatte



2. Schließen Sie die vom Kunden bereitgestellten Kabel gemäß [Tabelle 3.1](#) an die Steckverbinder an. Siehe [Abbildung 3.2S](#), um die Position der Steckverbinder zu ermitteln.

Abbildung 3.2 – Sano74-Sensoranschlüsse

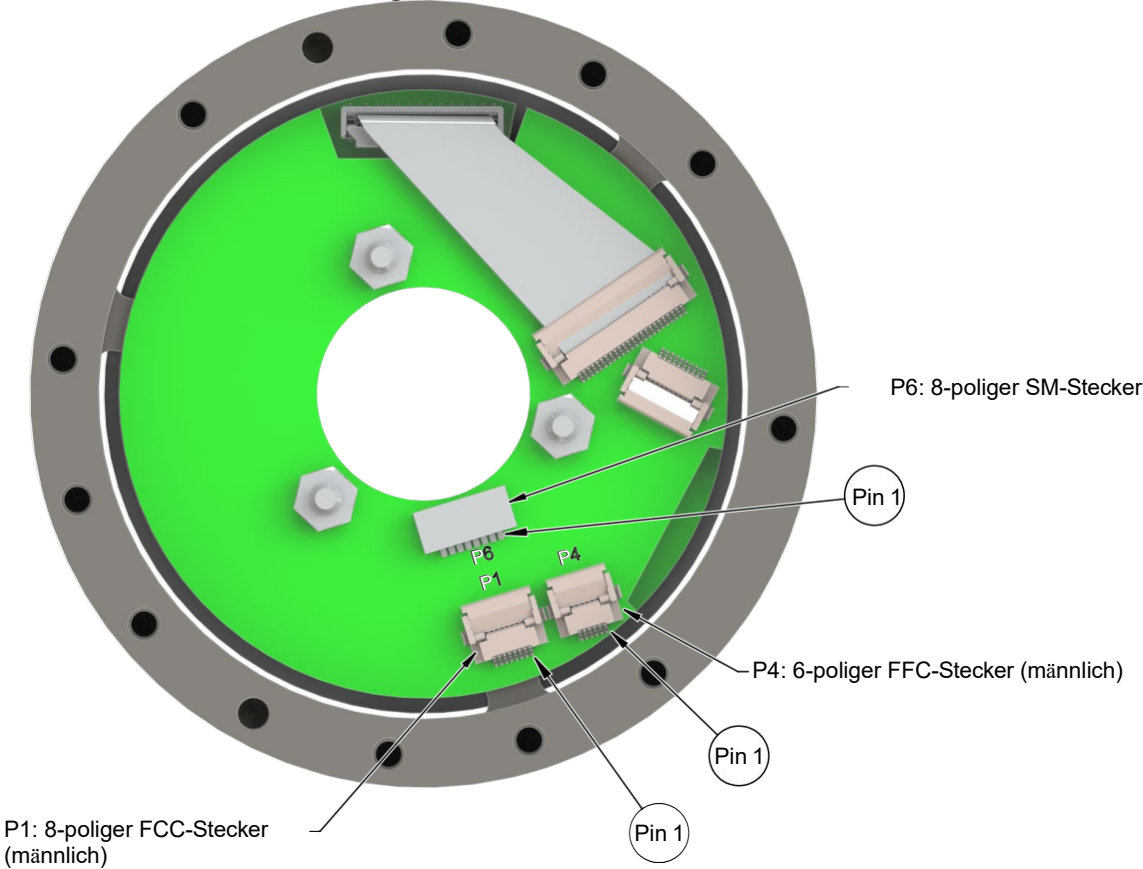


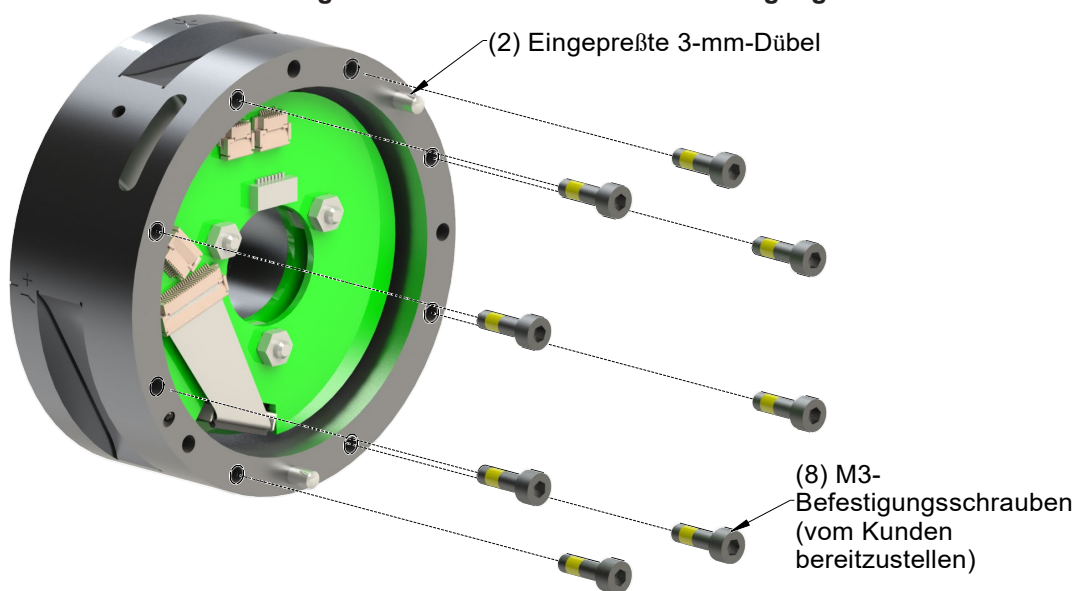
Tabelle 3.1 – Pinbelegung und Signale der Anschlüsse					
P1: 8-poliger FFC-Stecker (Stecker)		P4: 6-poliger FFC-Stecker (männlich)		P6: 8-poliger SM-Stecker	
Pin-Nummer	Signal	Pin-Nummer	Signal	Pin-Nummer	Signal
1	SL0_VP	1	SL0_VP_Fused	1	SL0_VP
2	RS485 +	2	TX1 +	2	RS485 +
3	RS485 –	3	TX1 –	3	RS485 –
4	TX0 +	4	RX1 +	4	TX0 +
5	TX0 –	5	RX1 -	5	TX0 –
6	RX0 +	6	SL0_Masse	6	RX0 +
7	RX0 -	k. A.	k. A.	7	RX0 –
8	SL0_Boden	k. A.	k. A.	8	SL0_Erdung

3. Reinigen Sie die Montageflächen mit einem sauberen Tuch.

HINWEIS: Die Montagefläche des Kunden sollte über (2) 3-mm-Löcher zur Positionierung der Passstifte auf der MAP-Seite des Sensors verfügen.

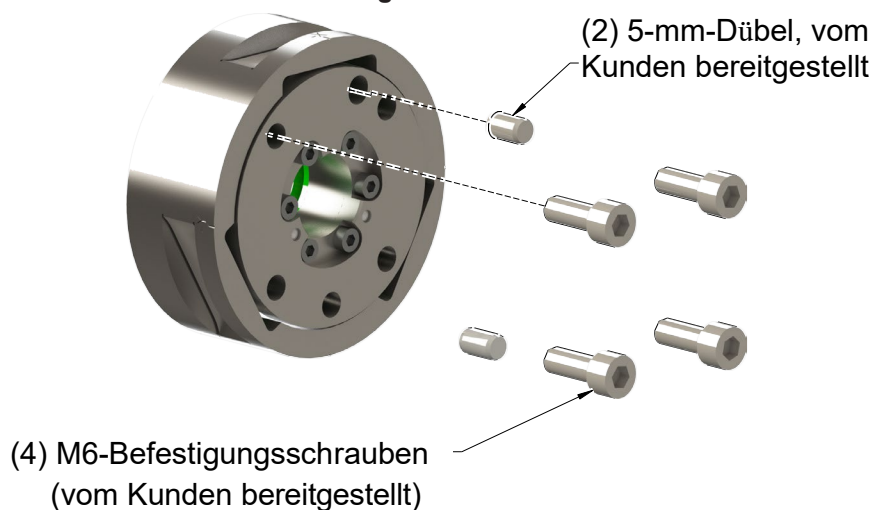
4. Befestigen Sie die Befestigungsseite des Sensors an der Schnittstelle des Kunden. Siehe [Abbildung 3.3](#).
 - a. Richten Sie den Sensor mithilfe von (2) eingedrückten 3-mm-Passstiften an der Kundenschnittstelle aus
 - b. Tragen Sie die Gewindesicherung Loctite 222 und Loctite 7649 (oder ein gleichwertiges Produkt) auf die Gewinde der (8) vom Kunden vom Kunden bereitgestellten Befestigungsschrauben zwischen Sensor und Roboter auf.
 - c. Ziehen Sie die Befestigungselemente mit einem Inbusschlüssel auf 15 in-lb (1,7 Nm) an.

Abbildung 3.3 – Einbau des Sensors: Befestigungsseite



5. Befestigen Sie das Werkzeug des Kunden am TAP des Sensors. Siehe [Abbildung 3.4](#).
 - a. Richten Sie den Sensor mithilfe von (2) vom Kunden bereitgestellten 5-mm-Dübeln auf das Kundenwerkzeug aus
 - a. Tragen Sie die Gewindesicherung Loctite 242 und Loctite 7649 (oder ein gleichwertiges Produkt) auf die Gewinde der (4) vom Kunden vom Kunden bereitgestellten Befestigungsschrauben zwischen Sensor und Werkzeug auf.
 - b. Ziehen Sie die Befestigungselemente mit einem Sechskantschlüssel auf 60 in-lb (6,8 Nm) fest.

Abbildung 3.4 – Einbau des Sensors: TAP



6. Richten Sie die Software für die Kommunikationsschnittstelle des Sensors ein. Beachten Sie dazu das entsprechende Handbuch in [Tabelle 2.1](#)
7. Führen Sie die Genauigkeitsprüfungen in [Abschnitt 3.3 – F/T-Genauigkeitsprüfung](#) und [Abschnitt 3.4 – IMU-Genauigkeitsprüfung](#) durch
8. Den Normalbetrieb sicher aufnehmen.

3.3 F/T-Genauigkeitsprüfung

Führen Sie die folgenden Verfahren nach der Erstinstallation des Sensors am Roboter sowie einmal jährlich im Rahmen der Wartung durch.

HINWEIS: Die Masse auf der Werkzeugseite kann dem Gewicht des in der Anwendung

1. Befestigen Sie eine feste Masse an der Werkzeugseite des F/T-Sensors:
 - a. Entfernen Sie Kabel, die eine Brücke zwischen der Befestigungsseite und der Werkzeugseite des Sensors bilden.
2. Schalten Sie den Sensor ein. Warten Sie 30 Minuten, bis er sich eingewärmt hat. Minimieren Sie externe Temperaturschwankungen auf ein Minimum.

HINWEIS: Um optimale Ergebnisse zu erzielen, erstellen Sie ein Roboterprogramm, das den Sensor und die Masse nacheinander in jede der folgenden Positionen bewegt. An jeder Position sollte der Roboter eine Pause einlegen, um den Ausgangswert des Sensors

3. Bewegen Sie den Roboter so, dass sich der Sensor an den folgenden Positionen befindet:
 - a. Zeichnen Sie den Sensorausgang $F_{x,Punkt\ n}$ $F_{y,Punkt\ n}$ $F_{z,Punkt\ n}$ 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. Berechnen Sie $F_{x\ (Mittelwert)}$, $F_{y\ (Mittelwert)}$ und $F_{z\ (Mittelwert)}$:
 - a. Verwenden Sie 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:

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

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

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

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

6. Die berechneten Werkzeugmassen für alle (6) Punkte sollten voneinander um weniger als das Doppelte der schlechtesten Genauigkeitsangabe des Sensors.
 - Beispiel: Die Nenngenaugkeit des Sano74-Sensors beträgt 2 % des Messbereichs auf allen Achsen. Bei einem F_x -Messbereich von 130 N und einem 400 N F_z -Messbereich betragen die zulässigen Fehler für jeden einzelnen Datenpunkt jeweils $\pm 2,6 \text{ N } F_{xy}$ und jeweils $\pm 8 \text{ N } F_z$. Da F_z die größere Toleranz aufweist, könnte ein Datenpunkt + 8 N und ein anderer Datenpunkt - 8 N betragen, was einen Gesamtfehlerbereich (Max-Min) von 16 N ergibt.
 - Zudem sollte der Werkzeugwert innerhalb von 16 N von den Ergebnissen dieses Tests liegen, der mit einem neuen Sensor durchgeführt wurde.
7. Sollte dieser Test fehlschlagen, sollte der Sensor zur Diagnose oder Neukalibrierung an ATI zurückgesandt werden.

3.4 IMU-Genauigkeitsprüfung

Die IMU des Sensors verfügt über eine integrierte Genauigkeitsprüfung, die die Ausgangssignale des Beschleunigungssensors überwacht. Der Endnutzer kann die Ergebnisse der Prüfung anhand des Statuscodes des Sensors ablesen. Die Bits und die Beschreibung der

Zu den gemeldeten Ergebnissen siehe das Handbuch zum Kommunikationsprotokoll in [Tabelle 2.1](#). Um die Genauigkeit zu verbessern, führen Sie eine dynamische Kalibrierung durch.

3.5 Verfahren zur dynamischen Kalibrierung der IMU

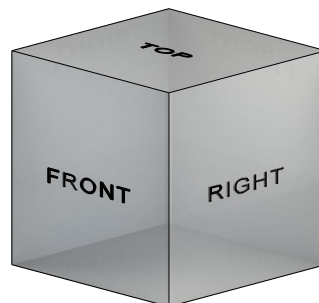
Die IMU-Hardware des Sensors erfordert, dass die Nullpunktabweichungen für jede Achse gelegentlich aktualisiert werden. Der Beschleunigungssensor sollte im Ruhezustand ausschließlich die Schwerkraft melden; jede Abweichung davon entspricht der Nullpunktabweichung. Ebenso sollte das Gyroskop im Ruhezustand für die Winkelgeschwindigkeit auf jeder Achse ausschließlich den Wert Null melden. Diese Nullpunktabweichungen sind zeitabhängig und berücksichtigen sowohl die Temperatureigenschaften der Sensorhardware als auch andere zeitabhängige Effekte. Die Nullpunktabweichungen können über einen dynamischen Kalibrierungsprozess eingestellt werden, der auf dem Sensor aktiv ist.

3.5.1 Dynamische Kalibrierung des Beschleunigungssensors

Da sich der Sensor während des Betriebs in verschiedene Ausrichtungen bewegt, kalibriert sich der Beschleunigungssensor automatisch, da die Bewegungen entlang jeder Sensorachse zumindest teilweise mit dem Schwerkraftvektor ausgerichtet sind. Befindet sich der Sensor während des Betriebs eher in einer statischen Position, sollte der Benutzer die folgende Kalibrierung durchführen:

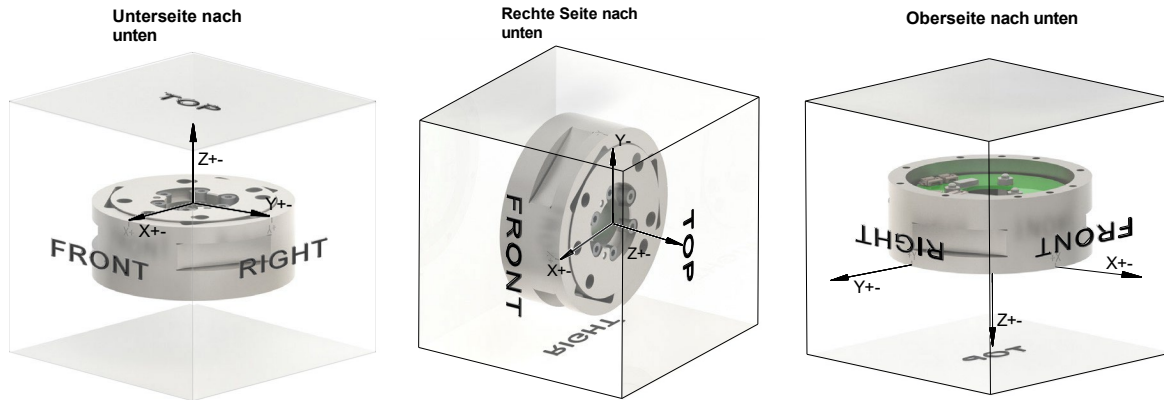
1. Stellen Sie sich den Sensor als einen Standardwürfel mit sechs Seiten vor: Vorderseite, Rückseite, linke Seite, rechte Seite, Oberseite und Unterseite.

Abbildung 3.5 – Würfelmethode



2. Richten Sie den Sensor so aus, dass er auf einer Fläche des Würfels aufliegt, zum Beispiel: Beginnen Sie mit dem Sensor so, dass die Oberseite nach oben und die Unterseite nach unten zeigt.
3. Halten Sie das Gerät mindestens eine Sekunde lang stabil in dieser Ausrichtung.
4. Fahren Sie mit den übrigen Seiten des Würfels fort, zum Beispiel: Richten Sie den Sensor als Nächstes so aus, dass die rechte Seite des Würfels nach unten zeigt.

Abbildung 3.6 – Beispiel für Kalibrierungsbewegungen



5. Überprüfen Sie den Genauigkeitsstatus:
 - a. Überwachen Sie die Genauigkeit des Beschleunigungssensors anhand des Statuscodes. Beachten Sie dazu das entsprechende Handbuch in [Tabelle 2.1](#).
 - b. Wenn der Genauigkeitsstatuscode „hoch“ anzeigt, ist der Kalibrierungsvorgang abgeschlossen.
6. Speichern Sie die Kalibrierung mit dem Befehl „**IMU Calibrate Save**“ im Speicher des Sensors. Beachten Sie das entsprechende Handbuch in [Tabelle 2.1](#).

HINWEIS: Beachten Sie bei den Kalibrierungsbewegungen folgende Punkte:

- Es müssen nicht alle sechs Seiten des Würfels verwendet werden. Sollte eine der Ausrichtungen schwer zu erreichen sein, reichen vier oder fünf Ausrichtungen aus.
- Die Ausrichtungen müssen nicht perfekt auf die Würfelseiten ausgerichtet sein. Wichtig ist, dass der Sensor in vier bis sechs unterschiedlichen Ausrichtungen positioniert wird.

3.5.2 Dynamische Kalibrierung des Gyroskops

Der Sensor führt automatisch eine dynamische Kalibrierung des Gyroskops durch, sobald er eingeschaltet ist und sich zwei bis drei Sekunden lang im Ruhezustand befindet.

Um die Nullpunktabweichungen zu überprüfen, vergewissern Sie sich, dass die gemeldeten Werte gleich Null sind, wenn der Sensor nicht in Bewegung ist.

3.5.3 Speichern einer Kalibrierung

Damit der Sensor die dynamischen Kalibrierungen bei einem Stromausfall nicht verliert, speichern Sie die Kalibrierung im Speicher der Software. Weitere Informationen finden Sie im entsprechenden Kommunikationshandbuch, auf das in [Tabelle 2.1](#) verwiesen wird.

3.6 Erkennen von Empfindlichkeitsänderungen

Die Empfindlichkeitsprüfung des Sensors kann auch dazu verwendet werden, den Zustand des Sano-Sensors zu beurteilen. Legen Sie dem Sensor bekannte Lasten an und überprüfen Sie, ob die Systemausgabe mit den bekannten Lasten übereinstimmt. An einem an einem Roboterarm montierten Sensor kann beispielsweise ein Endeffektor angebracht sein. Verwenden Sie das folgende Verfahren, um einen Empfindlichkeitswert festzulegen:

1. Wenn der Endeffektor bewegliche Teile aufweist, müssen diese in eine bekannte Position gebracht werden.
2. Bringen Sie den Roboterarm in eine Ausrichtung, in der die Schwerkraftbelastung durch den Endeffektor auf mehrere Sensorausgangsachsen wirken kann.
3. Notieren Sie die Ausgangswerte.
4. Positionieren Sie den Roboterarm so, dass eine weitere Last aufgebracht wird, die diesmal dazu führt, dass sich die Ausgangswerte deutlich von den vorherigen Werten entfernen.
5. Notieren Sie den zweiten Satz von Ausgangswerten.
6. Ermitteln Sie die Differenzen zwischen dem ersten und dem zweiten Satz von Messwerten.
7. Verwenden Sie die Differenzen als Empfindlichkeitswert.

Auch wenn die Empfindlichkeitswerte von Probensatz zu Probensatz variieren, können diese Werte zur Erkennung grober Fehler herangezogen werden. Dabei können entweder die aufbereiteten Ausgangssignale oder die rohen Sensorspannungen verwendet werden (für alle Schritte dieses Verfahrens muss dieselbe Größe verwendet werden).

4. Betrieb

Informationen, die allgemein für alle Sano74-Sensoren gelten, finden Sie im folgenden Abschnitt. Spezifische Informationen zum Kommunikationsprotokoll des Sensors, wie z. B. Abtastrate, LEDs und Betriebsbefehle, entnehmen Sie bitte dem entsprechenden Handbuch in [Tabelle 2.1](#).

4.1 Sensorumgebung

HINWEIS: Sensoren können auf außergewöhnlich starke und sich ändernde elektromagnetische Felder reagieren, wie sie beispielsweise von Magnetresonanztomographen

Der Sensor verfügt über die Schutzart IP2X, die verhindert, dass Fremdkörper mit einer Größe von weniger als 0,49 Zoll oder 12,5 mm in das Gerät gelangen. Der Endnutzer sollte den Sensor vor dem Eindringen von Wasser oder anderen Flüssigkeiten schützen. Bei versehentlichem Kontakt, wie z. B. leichtem Besprühen mit den folgenden Chemikalien, sollte der Sano74-Sensor weiterhin funktionieren und seine Kalibrierungsgenauigkeit beibehalten:

- Cidex
- Hypochloritlösung
- Wasserstoffperoxid-Lösung
- 70 %iger Isopropylalkohol
- Asepti-HB-Lösung
- Enzol-Lösung

Weitere Umgebungsspezifikationen wie Betriebs- und Lagertemperatur finden Sie in [Abschnitt 7 – Technische Daten](#).

4.2 Bias

Die Nullabgleichfunktion ist nützlich, um die Auswirkungen der Schwerkraft (Werkzeuggewicht) oder anderer einwirkender Kräfte zu eliminieren. Bei Verwendung der Nullabgleichfunktion erfasst die Software Daten zu den Kräften und Drehmomenten, die aktuell auf den Sensor einwirken, und verwendet diese Messwerte als Referenz für zukünftige Messwerte. Von zukünftigen Messwerten wird dieser Referenzwert abgezogen, bevor sie übertragen werden. Die Nullabgleichfunktion wird auch als „Nullstellen“ oder „Tarieren“ des Sensors bezeichnet. Informationen zur Verwendung dieser Funktion finden Sie im entsprechenden Kommunikationshandbuch, auf das in [Tabelle 2.1](#) verwiesen wird.

4.3 Überwachungsbedingungen

Während des Betriebs überwacht die Firmware die Hardware. Informationen zu Statuscodes, Überwachungszuständen und Diagnosedaten: Siehe das entsprechende Kommunikationshandbuch, auf das in [Tabelle 2.1](#) verwiesen wird.

4.4 LED-Verhalten

Während des Betriebs sind die LEDs auf der Hauptplatine des Sensors durch einen Schlitz im Gehäuse des Sano74-Sensors sichtbar. Informationen hierzu finden Sie im entsprechenden Handbuch, auf das in [Tabelle 2.1](#) verwiesen wird.

5. Wartung

5.1 Regelmäßige Inspektion

Obwohl der Sano-Sensor die Schutzart IP2X aufweist, sollten Sie verhindern, dass sich Schmutz und Staub auf oder im Sensor ansammeln. Reinigen Sie die Oberfläche des Sensors mit Isopropylalkohol.

5.2 Regelmäßige Kalibrierung der F/T-Messbereiche

Zur Aufrechterhaltung der Rückverfolgbarkeit auf nationale Normen ist eine regelmäßige Kalibrierung des Sensors und seiner Elektronik erforderlich. Die Messbereiche können vor Ort nicht kalibriert werden. Um den Sensor zur Neukalibrierung an ATI zurückzusenden, wenden Sie sich bitte an einen ATI-Kundenbetreuer oder an ati-rma-admin@novanta.com, um eine Rücksendegenehmigung (RMA) für die Neukalibrierung zu beantragen. ATI empfiehlt jährliche Genauigkeitsprüfungen (siehe [Abschnitt 3.3 – F/T-Genauigkeitsprüfung](#)). Wenn der Sensor die Leistungsanforderungen der Anwenderanwendung nicht erfüllt und die Genauigkeitsprüfung nicht besteht, senden Sie den Sensor zur Neukalibrierung an ATI zurück.

6. Fehlerbehebung

Dieser Abschnitt enthält Lösungen für einige Probleme, die bei der Einrichtung und Verwendung des Sensors auftreten können. Bei Fragen und Unterstützung bei der Fehlerbehebung im Zusammenhang mit der Software lesen Sie bitte das entsprechende Kommunikationshandbuch, auf das in *der Tabelle* verwiesen wird [2.1](#).

Die Informationen in diesem Abschnitt sollten viele Fragen beantworten, die in der Praxis auftreten können. Der Kundenservice steht für Anwender, die Fragen oder Bedenken 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: Sano74.
3. Kalibrierung, zum Beispiel: SI-130-10.
4. Genaue und vollständige Beschreibung der Frage oder des Problems
5. Informationen zu Computer und Software (Betriebssystem, PC-Typ, Treiber, Anwendungssoftware und weitere relevante Informationen zur Konfiguration der

Für weitere Informationen zur Fehlerbehebung oder um mit einem Kundendienstmitarbeiter zu sprechen, wenden Sie sich bitte an ATI:

Vertrieb, Service und Informationen zu ATI-Produkten:

ATI Industrial Automation

1031 Goodworth Drive

Apex, NC 27539 USA

Tel.: +1 919-772-0115 • Fax: +1 919-772-8259 • www.ati-ia.com

Anwendungstechnik

E-Mail: ft.support@novanta.com

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

6.1 Grundlegende Hinweise zur Fehlerbehebung

Im folgenden Abschnitt sind typische Symptome für ungenaue Daten und Fehler aufgeführt. Für jedes Symptom werden Ursachen und geeignete Lösungen vorgeschlagen.

Symptom: Rauschen – Sprünge der Drehmomentmesswerte von mehr als 0,05 % des Skalenendwerts.

Ursache: Störsignale können durch mechanische Schwingungen und elektrische Störungen verursacht werden, die möglicherweise auf eine schlechte Erdung zurückzuführen sind. Elektrische Störungen können auch von einem Gerät mit hoher Störaussendung, wie beispielsweise einem Motor, ausgehen.

Lösung: Stellen Sie sicher, dass die Gleichstromversorgungsspannung für den Sano-Sensor kaum oder gar keine Störsignale enthält. Erden Sie den Sensor, indem Sie die Abschirmung des Kabels mit Masse verbinden. In den meisten Konfigurationen ist 0 V ebenfalls mit Masse verbunden. Schließen Sie den Roboter oder andere Vorrichtung an dieselbe Masse.

Stellen Sie sicher, dass die Sensorkabel keine anderen Kabel kreuzen oder sich in unmittelbarer Nähe zu anderen Geräten befinden, die elektrisches Rauschen erzeugen könnten.

Vermeiden Sie Quellen mechanischer Geräusche. Ist dies nicht möglich, wenden Sie einen Filter auf die Daten an, wie im entsprechenden Kommunikationshandbuch beschrieben, auf das in [Tabelle 2.1](#) verwiesen wird.

Ursache: Geräusche können auch auf einen Ausfall von Komponenten innerhalb des Systems hinweisen.

Lösung: Überprüfen Sie den Statuscode des Sensors; beachten Sie dazu das in [Tabelle 2.1](#) verlinkte Kommunikationshandbuch.

Führen Sie eine Genauigkeitsprüfung durch; siehe [Abschnitt 3.3 – F/T-Genauigkeitsprüfung](#) oder [Abschnitt 4.5: Wie beurteile ich die Genauigkeit des Sensors?](#) im ATI-Dokument „Häufig gestellte Fragen (FAQ)“ unter: https://www.atia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf.

Um den Sensor zur Überprüfung an ATI zurückzusenden, wenden Sie sich an ATI, um eine Rücksendegenehmigung (RMA) zu erhalten; siehe [Abschnitt 5.2 – Regelmäßige Kalibrierung der F/T-Messbereiche](#).

Symptom: Drift – wenn die Kraft- und Drehmomentdaten nach dem Entfernen einer Last weiter ansteigen oder abfallen.

Ursache: Eine gewisse Drift aufgrund von Temperaturänderungen ist normal. Im Vergleich zur X- und Y-Achse lässt sich die Drift auf der Z-Achse leichter beobachten.

Lösung: Lassen Sie den Sensor etwa dreißig Minuten lang aufwärmen, bis er sich im Gleichgewichtszustand mit der Luft und anderen Objekten befindet, die den Sensor berühren.

Verwenden Sie den Bias-Befehl, um die Messwerte wieder auf Null zurückzusetzen. Führen Sie den Bias regelmäßig durch.

Verwenden Sie einen Isolator zwischen dem Sensor und Werkzeugen oder Vorrichtungen, die eine andere Temperatur aufweisen. Vermeiden Sie die Entstehung eines Temperaturgradienten über den Sensor hinweg. Schützen Sie den Sensor vor übermäßiger Luftströmung.

Weitere Informationen dazu, wie Sie eine Drift aufgrund von Temperaturänderungen vermeiden können, finden Sie im folgenden ATI-Dokument:

<https://www.ati-ia.com/Library/Documents/DriftExplanation.pdf>.

Symptom: Hysterese – Wenn der Sensor aus einem Null- oder Vorspannungszu- stand belastet und anschließend die Belastung entfernt wird, kehrt der Sensorausgang nicht sofort auf Null zurück.	Ursache: Mechanische Kopplung oder ein interner Fehler können eine Hysterese verursachen, die außerhalb des für den Sensor spezifizierten und zulässigen Bereichs der Messunsicherheit (Fehler) liegt. Lösung: Stellen Sie sicher, dass der Sensor ordnungsgemäß installiert ist, die Befestigungselemente fest angezogen sind und die kundenseitigen Vorrichtungen gemäß Abschnitt 3 – Installation – sicher angebracht sind. Verwenden Sie den Befehl „bias“, um die Messwerte wieder auf Null zurückzusetzen.
Symptom: Die anfänglichen F/T- sind ungleich Null, obwohl keine Last anliegt.	Normal. Versetzen Sie den Sensor in den Nullpunkt, um alle F/T-Werte wieder auf Null zu bringen.
Symptom: Der Sensor liefert keine genauen F/T-Daten.	Ursache: Der Sensor befindet sich möglicherweise in einem Fehlerzustand. Lösung: Überprüfen Sie den Statuscode des Sensors. Informationen zum Auslesen und zu interpretieren, lesen Sie bitte das entsprechende Kommunikationshandbuch, auf das in Tabelle 2.1 verwiesen wird. Wenn keine Fehlerbits gesetzt sind, fahren Sie mit der Fehlerbehebung fort. Ursache: Der Sensor ist nicht ordnungsgemäß installiert oder nicht auf einer ebenen, festen Untergrund montiert. Lösung: Stellen Sie sicher, dass der Sensor gemäß Abschnitt 3 – Installation Ursache: Die Befestigungselemente sind nicht ordnungsgemäß gesichert. Lösung: Stellen Sie sicher, dass die Befestigungselemente gemäß den Montageanweisungen in Abschnitt 3.2 – Einbau des Sensors – befestigt sind. Wenn die Befestigungselemente vom Kunden bereitgestellt werden, dürfen keine zu langen Befestigungselemente verwendet werden. Die maximale Eindringtiefe der Befestigungselemente in den Sensor entnehmen Sie bitte der Sensorzeichnung. Bei der Auswahl der Befestigungselemente: Verwenden Sie hochwertige, hochfeste Schrauben oder Bolzen und stellen Sie sicher, dass Materialart, Kopfform und Festigkeitsklasse der Befestigungselemente für die jeweilige Anwendung geeignet sind. Ursache: Mechanische Kopplung – ein fremder Gegenstand, wie z. B. ein kundenseitiges Werkzeug oder eine Versorgungsleitung, berührt die Oberfläche des Sensors zwischen der Befestigungsseite und der Werkzeugeite. Lösung: Entfernen Sie alle Fremdkörper zwischen der Werkzeugeite und der Schnittstellenplatte. Achten Sie auf eine ordnungsgemäße Kabelführung bei Kabeln und Schläuchen; verlegen Sie diese nicht zu straff zwischen

der Befestigungs- und der Werkzeugseite des Sensors.

Alles, was mit Oberflächen wie der Durchgangsbohrung im Sensor oder den Schnittstellenplatten auf beiden Seiten des Sensors in Kontakt kommt, verursacht Belastungen oder Bewegungen, die zu ungenauen F/T-Daten führen können.

Symptom: Die F/T-Werte entsprechen nicht den erwarteten Werten, zum Beispiel: Die F/T-Werte schwanken, liegen jedoch über einer bekannte angelegte Last.

Ursache: Der Sensor befindet sich möglicherweise in einem Modus, in dem er Messdaten

anstelle von F/T-Daten übermittelt.

Lösung: Messdaten stehen nicht in einem 1:1-Verhältnis zu den F/T-Achsen-Daten. Zeigen Sie F/T-Daten anstelle von Messdaten an; beachten Sie dazu das entsprechende Kommunikationshandbuch, auf das in [Tabelle 2.1](#) verwiesen wird.

Ursache: Der Sensor gibt Daten in Zählwerten aus. Der Benutzer muss die Zählwerte in Kalibrierereinheiten umrechnen.

Lösung: Die Zählwerte müssen durch die Werte „Counts per Force“ (CpF) oder „Counts per Torque“ (CpT) geteilt werden, um sie in Kalibrierungseinheiten wie N und Nm umzurechnen.

Zusätzlich zu CpF und CpT können die Werte je nach Kommunikationsprotokoll durch einen 16-Bit-Skalierungsfaktor weiter skaliert werden. 16-Bit-Zählwerte müssen durch (CpF oder CpT ÷ 16-Bit-Skalierungsfaktor) geteilt werden, um sie in Kalibrierungseinheiten umzurechnen.

Ursache: Wenn die F/T-Messwerte in Kalibrierungseinheiten umgerechnet wurden und den Kalibrierungsbereich des Sensors gemäß [Abschnitt 7 – Technische Daten](#) – überschreiten, sind die gemeldeten Werte ungenau und der Sensor ist möglicherweise überlastet.

Lösung: Überprüfen Sie den Statuscode. Informationen zum Ablesen und Interpretieren des Statuscodes des Sensors finden Sie im entsprechenden Kommunikationshandbuch, auf das in [Tabelle 2.1](#) verwiesen wird.

Demontieren Sie den Sensor. Unsachgemäße Montageverfahren können zu hohen Belastungen des Sensors führen.

Wenn Fehler wie „F/T außerhalb des Bereichs“, „Messgerät außerhalb des Bereichs“ oder „Messgerät defekt“ weiterhin auftreten, ist der Sensor wahrscheinlich aufgrund einer Überlastung dauerhaft beschädigt

7. Technische Daten

Einige Anforderungen und technische Daten für den Sano74-Sensor werden in den folgenden Abschnitten behandelt. Weitere Informationen finden Sie in der Kundenzeichnung.

Tabelle 7.1 – Technische Daten des Sano74				
Parameter	Wert			
Gewicht ¹	0,2 kg			
Stromversorgung	24 V (Nennspannung) (12 V bis 30 V)			
Lagertemperatur	0 bis +85 °C			
Betriebstemperatur	0 bis +70 °C			
Relative Luftfeuchtigkeit	<95 %, nicht kondensierend			
Vibrationsfestigkeit	Bis zu 20 G _{rms} für 20 Minuten			
Kalibrierung ²	SI-130-12			
Messunsicherheit	1,5 % in jeder Kraft- oder Drehmomentachse			
Ermüdungslebensdauer (innerhalb des Messbereichs)	10.000.000 vollständig reservierte Zyklen			
Auflösung	Fxy	Fz	Txy	Tz
	0,015 N	0,0325 N	0,000715 Nm	0,000525 Nm
Messbereich ²	130 N	400 N	12 Nm	
Erweiterter Messbereich ³	130 N	400 N	20 Nm	
Einachsige Überlast	1200 N	4100 N	67 Nm	69 Nm
Temperaturbedingte Offset-Drift ⁴	0,2 N/°C	0,6 N/°C	0,015 Nm/°C	
Hinweise:				
1. Dieses Gewicht versteht sich ohne die Abdeckplatte, die am Sensor mitgeliefert und vor der Installation entfernt wird.				
2. Der F/T-Sensor muss gemäß dem Standard-Kalibrierungsverfahren von ATI auf die folgenden Messbereiche kalibriert werden.				
3. Der F/T-Sensor kann innerhalb des erweiterten Messbereichs bis zu 250.000 Zyklen sicher betrieben werden.				
4. Die Offset-Drift darf diese Werte im Temperaturbereich von +15 °C bis +85 °C bei keiner Änderung der Umgebungstemperatur um 5 °C oder mehr.				

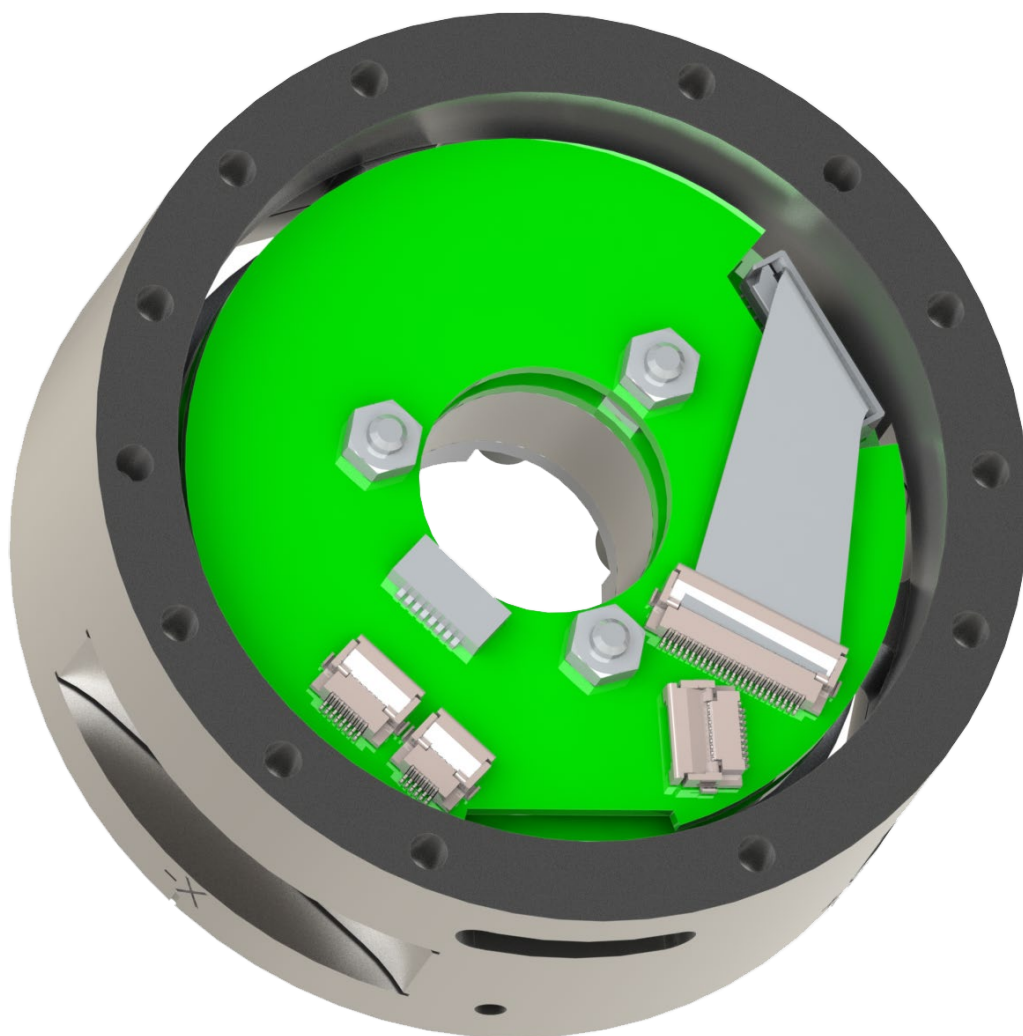
Tabelle 7.2 – IMU-Spezifikationen				
Parameter	Wert			
IMU-Hersteller und Teilenummer	CEVA VNO085			
Messbereich des Beschleunigungssensors	$\pm 16 \text{ g}$			
Verbundsensor	Kalibrierung	Messung	Leistungske nnzahl	Wert
Rotationsvektor	Nennwert	Dynamisch	Rotationsfehler	3,5 °
		Statisch	Rotationsfehler	2,0 °
Rotationsvektor beim Gaming	Nennwert	Dynamisch	Kursabweichung	2,5 °
		Statisch	Kursunabhängiger Fehler	1,5 °
		Dynamisch	Kursdrift	0,5 °/min
Geomagnetischer Rotationsvektor	Nennwert	Dynamisch	Rotationsfehler	4,5 °
		Statischer	Rotationsfehler	3,0 °
Schwerkraft	Nennwert	Statisch	Winkelfehler	1,5 °
Lineare Beschleunigung	Nennwert	Dynamisch	Genauigkeit	0,35 m/s ²
Beschleunigungsmesser	Nennwert	Dynamische	Genauigkeit	0,3 m/s ²
Gyroskop	Nennwert	Dynamische	Genauigkeit	3,1 °/s
Magnetometer	Entweder	Dynamisch	Genauigkeit	1,4 μT

8. Zeichnungen

Zeichnungen sind auf der [ATI-Website](#) verfügbar oder können bei einem ATI-Vertreter angefordert werden.



EtherCAT3 Sano F/T-Sensor – Handbuch



Dokument-Nr.: 9620-05-C-EtherCAT3 Sano

Technische Produkte für die Produktivität in der Robotik

Pinnacle Park • 1031 Goodworth Drive • Apex, NC 27539 USA • +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 vervielfältigt 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 © (2025) ATI Industrial Automation, Inc., Apex, North Carolina, USA. Alle Rechte vorbehalten.
Veröffentlicht in den USA.

ATI-Kraft-/Drehmomentsensorsysteme gelten als Komponenten bzw. Halbfertigprodukte, die für den Einsatz in größeren Systemen, Geräten oder Fertigprodukten vorgesehen sind.

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 den Tod darstellt, und (selbst wenn eine solche Zustimmung erteilt wird) ATI von allen Ansprüchen, Verlusten, Haftungsansprüchen 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. EtherCAT® ist ein eingetragenes Markenzeichen und eine patentierte Technologie, die von der Beckhoff Automation GmbH, Deutschland, lizenziert wird.

Hinweis:

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

1. Seriennummer, zum Beispiel: FT01234.
2. Modell, zum Beispiel: Sano74.
3. Kalibrierung, zum Beispiel: SI-130-10.
4. Genaue und vollständige Beschreibung der Frage oder des Problems.
Informationen zum Statuscode finden Sie in [Abschnitt 5.2.8 – Objekt 0x6010: Statuscode](#).
5. Informationen zum Computer und zur Software, zum Beispiel: Betriebssystem, PC-Typ, Treiber und Anwendungssoftware.

Halten Sie sich beim Anruf (wenn möglich) 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 der Novanta-Gruppe
1031 Goodworth Drive,
Apex, NC 27539, USA
Tel.: +1 919-772-0115 • Fax: +1 919-772-8259 • www.ati-ia.com

Anwendungstechnik
E-Mail: ft.support@novanta.com

Support rund um die Uhr: +1 855 ATI-IA 00 (+1 855-284-4200)

Inhaltsverzeichnis

Glossar	C-5
1. Sicherheit.....	C-7
1.1 Erläuterung der Benachrichtigungen	C-7
1.2 Allgemeine Sicherheitshinweise	C-7
1.3 Sicherheitsmaßnahmen	C-8
2. Produktübersicht	C-9
3. Installation	C-10
3.1 Pinbelegung für den EtherCAT- und den Stromanschluss	C-10
3.2 Herstellen der Kommunikation mit dem EtherCAT-Sano-Sensor	C-12
3.3 Einrichtung der RS485-Kommunikationsschnittstelle	C-12
4. Betrieb	C-15
4.1 LED-Selbsttestsequenz	C-15
4.2 LED-Anzeige im Normalbetrieb	C-16
4.2.1 Status-LED	C-16
4.2.2 Betriebs-LED	C-16
4.2.3 EtherCAT-L/A-LEDs (Link/Activity): L/A 0 und L/A 1	C-16
4.3 F/T-Abtaste	C-17
4.3.1 Abtaste im Vergleich zur Datenrate	C-17
4.4 Tiefpass-Filter	C-17
5. EtherCAT-Bus-Schnittstelle	C-18
5.1 PDO-Schnittstelle	C-18
5.2 EtherCAT-Dictionary-Objekte (SDO-Daten), ATI-spezifisch	C-18
5.2.1 Objekt 0x2020: Werkzeugtransformation	C-19
5.2.2 Objekt 0x2021: Kalibrierung	C-19
5.2.3 Objekt 0x2023: Konsole über EtherCAT	C-22
5.2.4 Objekt 0x2060: Überwachungsbedingungen	C-22
5.2.5 Objekt 0x2080: Diagnosewerte	C-23
5.2.6 Objekt 0x2090: Version	C-24
5.2.7 Objekt 0x6000: Daten auslesen	C-24
5.2.8 Objekt 0x6010: Statuscode	C-24
5.2.9 Objekt 0x6020: Abtastzähler	C-24
5.2.10 Objekt 0x6030: Messdaten	C-24
5.2.11 Objekt 0x6050: IMU-Daten	C-25
5.2.12 Verfahren zur Überprüfung der IMU-Genauigkeit	C-25

5.2.13	Objekt 0x7010: Steuercodes	C-26
5.2.13.1	IMU-Beschleunigungsmesser und Gyroskop	C-27
5.2.14	EtherCAT-Kommunikationsobjekte	C-28
5.2.14.1	Objekt 0x1000: Gerätetyp	C-28
5.2.14.2	Objekt 0x1008: Gerätename	C-28
5.2.14.3	Objekt 0x1018: Identität	C-29
5.2.14.4	Nicht verwendete EtherCAT-Objekte	C-30
5.3	Umrechnung von F/T-Daten von Zählwerten in Einheiten	C-30
6.	Konsolenbefehle über die serielle Schnittstelle	C-31
6.1	Zusammenfassung der Befehle	C-31
6.2	Operanden für den Befehl „Query“ (C oder S)	C-33
6.2.1	Umrechnung von Zählwerten pro Kraft/Drehmoment in F/T-Werte mit Einheiten	C-34
6.3	Befehl „Set“	C-35
6.4	IMU-Daten	C-39
6.4.1	Konfiguration von Beschleunigungsmesser und Gyroskop	C-39
6.4.2	Streaming von IMU-Daten	C-39
6.4.3	Verfahren zur Überprüfung der IMU-Genauigkeit	C-41
6.5	Erweiterter Lastbereich	C-42
7.	Fehlerbehebung	C-43
7.1	LED-Fehler	C-43
7.2	Statuscode	C-44
7.2.3.1	Statuscode: Kraft/Drehmoment außerhalb des zulässigen Bereichs	C-46
7.3	Grundlegende Hinweise zur Fehlerbehebung	C-47
7.4	Geräuschreduzierung	C-51
7.4.1	Mechanische Schwingungen	C-51
7.4.2	Elektrische Störungen	C-51
8.	Technische Daten	C-52
8.1	Technische Daten zur elektrischen	C-52
9.	Verkaufsbedingungen	C-53

Glossar

Begriff	Definition
Beschleunigungssensor	Ein Bauteil in den Sano-Sensoren von ATI, das die Beschleunigung misst. Die Sano-Sensoren von ATI verwenden einen Beschleunigungsmesser auf Basis eines mikroelektromechanischen Systems (MEMS).
ADC	Analog-Digital-Wandler.
Bias	Der Bias wird auch als „Nullstellen“ oder „Tarieren“ des Sensors bezeichnet. Das Biasing ist nützlich, um die Auswirkungen der Schwerkraft (Werkzeuggewicht) oder anderer einwirkender Kräfte zu eliminieren. Bei Verwendung der Bias-Funktion erfasst die Software Daten zu den Kräften und Drehmomenten, die derzeit auf den Sensor einwirken, und verwendet diese Messwerte als Referenz für zukünftige Messwerte. Von den zukünftigen Messwerten wird dieser Referenzwert abgezogen, bevor sie übertragen werden.
BOOL	Ein boolescher Datentyp, der die Werte TRUE oder FALSE annehmen kann.
Kalibrierung	Definiert einen bestimmten Mess- oder Erfassungsbereich für einen bestimmten Sensor. Die Kalibrierung ist zudem der Vorgang, bei dem die Rohantwort eines Messwandlers auf Belastungen gemessen und Daten erstellt werden, die zur Umwandlung der Antwort in Kräfte und Drehmomente verwendet werden.
CoE	CANopen über EtherCAT ist das bevorzugte Embedded-Protokoll zur Konfiguration von EtherCAT-Geräten. Wird innerhalb von SDO zur Kodierung der Konfigurationsdaten verwendet.
Komplexe Belastung	Jede Belastung, die nicht ausschließlich auf eine Achse wirkt. Eine komplexe Belastung kann den Messbereich in einer bestimmten Achse verringern.
Koordinatensystem	Siehe Ursprungspunkt.
Datenrate	Wie schnell Daten über ein Netzwerk ausgegeben werden können. Weitere Informationen finden Sie unter Abschnitt 4.3.1 – Abtaste im Vergleich zur Datenrate .
DINT	Vorzeichenbehaftete doppelte Ganzzahl (32 Bit)
DPS	Grad pro Sekunde. Dies ist die vom IMU-Gyroskop verwendete Maßeinheit.
EEPROM	Elektrisch löschbarer, programmierbarer Nur-Lese-Speicher – eine Art nichtflüchtiger Speicher, der in die Sensorelektronik integriert ist.
EtherCAT	Ein Feldbus für die industrielle Automatisierung. Manchmal wird er als ECAT abgekürzt.
EtherCAT3 oder ECAT3	Die EtherCAT-Schnittstelle der dritten Generation von ATI für Kraft- und Drehmomentsysteme.
Kraft	Eine Kraft ist eine Druck- oder Zugwirkung auf ein Objekt, die durch eine Wechselwirkung mit einem anderen Objekt verursacht wird. $\text{Kraft} = \text{Masse} \times \text{Beschleunigung}$
FS	„Full-Scale“ bezieht sich auf die Grenzen eines bestimmten Kalibrierungs- oder Messbereichs.
F/T	Kraft/Drehmoment.
F_{xy}	Der resultierende Kraftvektor, bestehend aus den Komponenten F_x und F_y .
g	Die G-Kraft oder das Äquivalent der Schwerkraft ist eine massenspezifische Kraft, ausgedrückt in Einheiten der Standardschwerkraft.
Gyroskop	Ein Bauteil in den Sano-Sensoren von ATI, das die Ausrichtung und die Winkelgeschwindigkeit misst. Die Sano-Sensoren von ATI verwenden ein MEMS-Gyroskop (Micro Electronic Mechanical System).
Hysterese	Eine Ursache für Messfehler, die durch die Nachwirkungen zuvor ausgeübter Belastungen verursacht wird.
IMU	Eine Inertialmesseinheit (IMU) ist ein Gerät, das Beschleunigung und Winkelgeschwindigkeit (gyroskopische Daten) erfasst.
INT	Vorzeichenbehaftete Ganzzahl (16 Bit)

Schnittstellenplatte	Eine separate Platte, mit der der Sensor an einer anderen Oberfläche befestigt wird. Schnittstellenplatten werden häufig verwendet, wenn das Lochbild des Sensors nicht mit dem Lochbild des Roboterarms oder der kundenspezifischen Vorrichtung übereinstimmt. Die Schnittstellenplatte verfügt über zwei Lochbilder, eines auf jeder Seite der Platte. Eine Seite ist für den Sensor vorgesehen, die andere Seite für den Roboterarm oder die kundenspezifische Vorrichtung.
ISR	Interrupt-Serviceroutine

Begriff	Definition
Master-Gerät	Ein vom Kunden bereitgestelltes Gerät wie beispielsweise ein PC, ein Roboter oder eine programmierbare speicherprogrammierbare Steuerung (SPS), das mit einer bestimmten Kommunikationsschnittstelle kompatibel ist.
Messunsicherheit	Die „Messunsicherheit“, die gemeinhin als „Genauigkeit“ bezeichnet wird, ist der Fehler im ungünstigsten Fall zwischen dem Messwert und der tatsächlichen Last. Die Messunsicherheit wird als Prozentsatz des vollen Messbereichs für ein bestimmtes Sensormodell und eine bestimmte Kalibrierungsgröße angegeben. Dieser Wert berücksichtigt mehrere Fehlerquellen. Der Prozentsatz der Messunsicherheit ist im Kalibrierzertifikat des Sensors aufgeführt. Weitere Informationen finden Sie in <i>Abschnitt 2.2: Messunsicherheit</i> im Dokument „Häufig gestellte Fragen“ (FAQ) unter: https://www.ati-ia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf .
Mechanische Kopplung	Wenn ein externes Objekt, wie z. B. ein kundeneigenes Werkzeug oder eine Vorrichtung, die Oberfläche eines Sensors zwischen der Befestigungsseite und der Werkzeugseite des Sensors berührt.
Nicht zutreffend	Nicht zutreffend
Überlast	Der Zustand, bei dem auf den Messwandler eine größere Last wirkt, als er messen kann. Eine Überlastung führt zur Sättigung.
PDO	Process Data Object, ein Protokoll zum zyklischen Lesen und Schreiben von Echtzeit-Prozessinformationen.
P/N	Teilenummer
Herkunftsort	Der Punkt am Sensor, an dem alle Kräfte und Drehmomente gemessen werden.
Stromzyklus	Wenn ein Benutzer die Stromversorgung eines Geräts unterbricht und anschließend wiederherstellt.
Q-(Zahlen-)Format	Eine Methode zur Darstellung von Bruchzahlen. Dieses Format wird zur Ausgabe von IMU-Daten verwendet.
Auflösung	Die kleinste messbare Änderung der Belastung. Die Auflösung ist in der Regel wesentlich kleiner als die Genauigkeit.
Abtastrate	Wie schnell die analogen Messdaten vom ADC in digitale Abtastwerte umgewandelt werden.
Sättigung	Der Zustand, bei dem der Sensor oder die Datenerfassungshardware einer Last oder einem Signal ausgesetzt ist, das außerhalb seines Messbereichs liegt.
SDO	Service Data Object, ein Protokoll zum azyklischen Lesen und Schreiben von Konfigurationsinformationen .
Sensor	Die Komponente, die eine erfasste Last in elektrische Signale umwandelt.
Sensorsystem (oder Konfiguration)	Die gesamte Baugruppe, bestehend aus einem Sensorkörper und einer Systemschnittstelle zur Umwandlung Kraft- und Drehmomentsignale in eine bestimmte Kommunikationsschnittstelle bzw. ein bestimmtes Kommunikationsprotokoll umzuwandeln.
SINT	Vorzeichenbehaftete kurze Ganzzahl (8 Bit)
Statusbit	Eine vom ATI-F/T-Sensor gesendete Computerdateneinheit.
STRING _n	Zeichenkette aus <i>n</i> Zeichen, die <i>n</i> Bytes belegt, zum Beispiel: String(8) ist ein Datentyp für Zeichen, der 8 Bytes belegt.
Drehmoment	Die Ausübung einer Kraft über einen Hebel oder Dreharm, die eine Drehbewegung auslöst. Beispielsweise übt ein Benutzer ein Drehmoment auf eine Schraube aus, um sie zu drehen. Drehmoment = Kraft × Länge des Hebelarms

T_{xy}	Der resultierende Drehmomentvektor, bestehend aus den Komponenten T_x und T_y .
UDINT	Ein (32)-Bit-Datentyp, der eine vorzeichenlose Ganzzahl darstellt.
<i>UINTn</i>	Ein (<i>n</i>)-Bit-Datentyp, der eine vorzeichenlose Ganzzahl darstellt, wobei <i>n</i> die Anzahl der Bits ist.
USINT	Ein (8)-Bit-Datentyp, der eine vorzeichenlose Ganzzahl darstellt.

1. Sicherheit

Der Abschnitt „Sicherheit“ beschreibt allgemeine Sicherheitsrichtlinien, die bei der Verwendung dieses Produkts zu beachten sind, Erläuterungen zu den in diesem Handbuch enthaltenen Hinweisen sowie Sicherheitsvorkehrungen, die für das Produkt gelten. Produktspezifische Hinweise sind in den entsprechenden Abschnitten dieses Handbuchs (sofern zutreffend) eingebettet.

1.1 Erläuterung der Hinweise

Diese Hinweise werden in allen ATI-Handbüchern verwendet und beziehen sich nicht speziell auf dieses Produkt. Der Anwender sollte alle Hinweise des Roboterherstellers und/oder der Hersteller anderer Komponenten beachten die 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 Nichtvermeidung der Gefahr und die Methode zur Vermeidung der Situation.



WARNUNG: Hinweis auf Informationen oder Anweisungen, deren Nichtbeachtung zu Tod oder schweren Verletzungen führen könnte. Der Hinweis enthält Informationen über die Art der gefährlichen Situation, die Folgen einer Nichtvermeidung der Gefahr sowie die



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 Nichtvermeidung der Gefahr und die Methode zur Vermeidung der

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

1.2 Allgemeine Sicherheitshinweise

Der Kunde sollte sicherstellen, dass der ausgewählte Sensor für die während des Betriebs zu erwartenden maximalen Lasten und Drehmomente ausgelegt ist. Da statische Kräfte geringer sind als die dynamischen Kräfte, die durch die Beschleunigung oder Verzögerung des Roboters entstehen, ist auf die vom Roboter verursachten dynamischen Belastungen zu achten.

1.3 Sicherheitshinweise



VORSICHT: Das Modifizieren oder Zerlegen des Sensors kann zu Schäden führen und zum Erlöschen der Garantie führen.



ACHTUNG: Das Einführen von Gegenständen in die Öffnungen des Sensors führt zu Schäden am Messgerät. Vermeiden Sie es, Gegenstände in die Öffnungen des Sensors einzuführen.



ACHTUNG: Überlasten Sie den Sensor nicht. Das Überschreiten der einachsigen Überlastwerte des Sensors führt zu irreparablen Schäden.



VORSICHT: Der Sensor sollte während des Transports vor Stößen und Stoßbelastungen geschützt werden, die die Nennbereiche überschreiten, da diese die Leistungsfähigkeit des Sensors beeinträchtigen können. Weitere Informationen zu den

2. Produktübersicht

Der EtherCAT3 Sano Kraft-/Drehmomentsensor (F/T) ist für den Einsatz in der chirurgischen Robotik vorgesehen und eignet sich ideal für orthopädische Anwendungen wie handgeführte Roboternavigation sowie kraftgesteuertes Schneiden oder Bohren. Der Sano misst sechs Kraft- und Drehmomentkomponenten ($F_x \setminus F_y \setminus F_z \setminus T_x \setminus T_y \setminus T_z$). Eine integrierte Inertialmesseinheit (IMU) liefert dreiachsige Beschleunigungs- und Winkelgeschwindigkeitsmessungen. Kundengeräte können F/T- und IMU-Daten über den EtherCAT-Feldbus empfangen (siehe [Abschnitt 5 – EtherCAT-Bus-Schnittstelle](#)). Zur Nutzung von EtherCAT benötigt der Anwender eine

Software-Schnittstelle und ein Gerät, wie beispielsweise einen PC, einen Roboter oder eine SPS, das mit EtherCAT kompatibel ist. Kostenlose,

Für Nutzer mit einem Windows®-Betriebssystem steht online Software zum Herunterladen zur Verfügung, beispielsweise TwinCAT®.

Kunden können entweder die beiden (2) Flat-Flex-Kabel-Stecker (FFC) oder den einzelnen Draht-zu-Draht-Stecker (SM) verwenden.

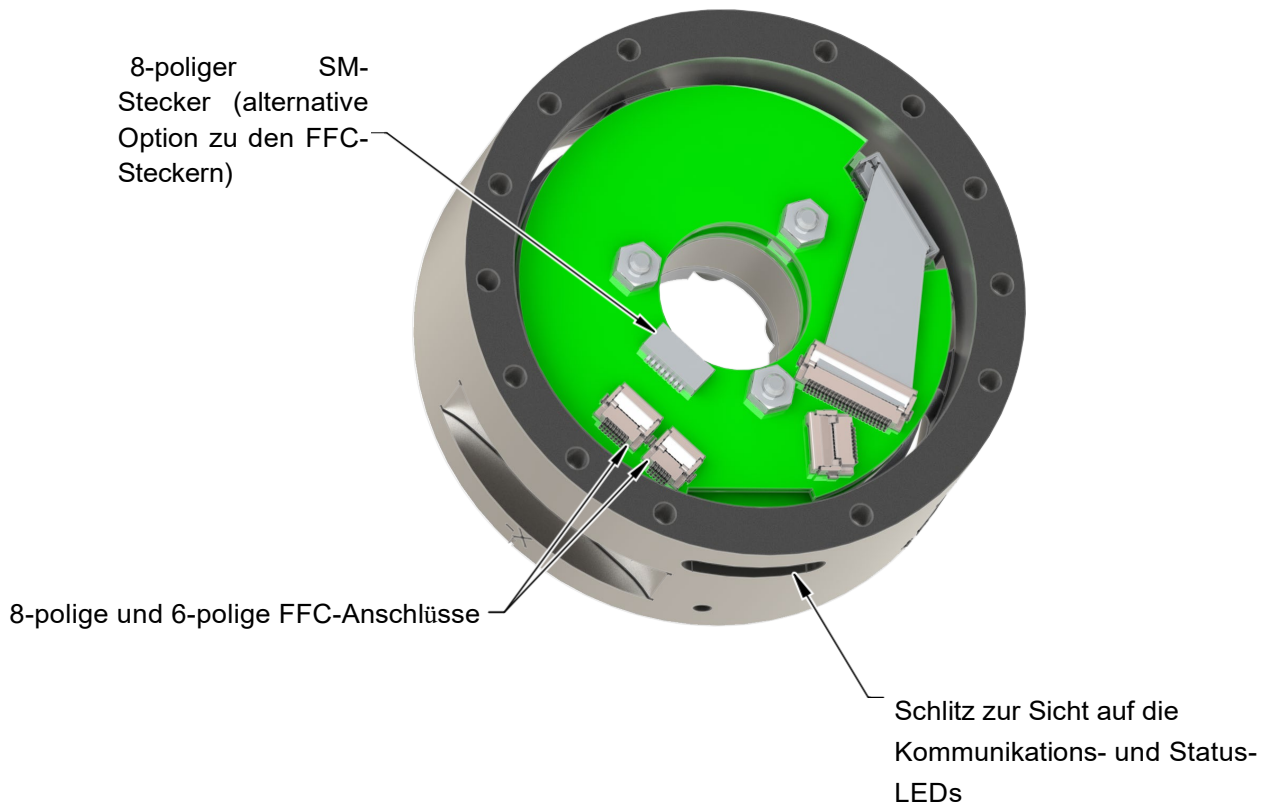
Der Sano-Sensor verfügt über Power-Through- und EtherCAT-Anschlüsse, sodass Netzwerkgeräte als Daisy-Chain konfiguriert werden können.

Dieses Handbuch behandelt die folgenden Themen:

- Elektrische Spezifikationen und Informationen zur Pinbelegung der Steckverbinder
- Betrieb (LEDs, Filterraten und Abtastraten)
- EtherCAT-Dictionary-Objekte

Weitere Informationen zu den Sensoren, wie z. B. zur Montage an einem Roboter, zum Betrieb und zur allgemeinen Fehlerbehebung, finden Sie das Handbuch [9620-05-B-Sano74](#).

Abbildung 2.1 – Sano74 F/T-Sensor



3. Installation

Spezifische Anweisungen zur Montage des Sano74-Sensors in die Kundenanwendung finden Sie im Handbuch [9620-05-B-Sano74](#).



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



VORSICHT: Sorgen Sie für einen ausreichenden Überspannungsschutz, um Schäden am Sensor zu vermeiden. Der Kunde sollte den Sensor keinen ESD-Spannungen aussetzen, die außerhalb des Bereichs



ACHTUNG: Um elektrische Störungen bei in der Nähe befindlichen Anwendungen zu vermeiden, sollte der Abstand vom Sensor zum Host-System, in dem die EMV-Filterung erfolgt, so kurz wie möglich.



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 Erdungsvorschriften befolgt werden. Die Nichtbeachtung der



ACHTUNG: Eine Änderung oder Demontage des Sensors kann zu Schäden führen und zum Erlöschen der Garantie führen. Verwenden Sie das mitgelieferte Befestigungslochmuster und das mitgelieferte Werkzeugseitige Befestigungslochmuster, um den Sensor am Roboter und die kundenseitige Werkzeughalterung am Sensor zu befestigen (siehe Kundenzeichnung).



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

3.1 Pinbelegung für den EtherCAT- und den Stromanschluss



ACHTUNG: Stellen Sie sicher, dass die Kabelabschirmung ordnungsgemäß geerdet ist. Eine unsachgemäße Abschirmung der Kabel kann zu Kommunikationsfehlern und zum Ausfall der Sensoren führen

Die Pinbelegungen und Beschreibungen der Anschlüsse finden Sie im folgenden Abschnitt. Der Sensor benötigt die folgende Stromversorgung:

Tabelle 3.1 – Stromversorgung ¹			
Stromquelle	Spannung		
	Minimal	Nennwert	Maximal
Gleichstrom	12 V	24 V	30 V
Hinweise:			
1. Der Eingang des Netzteils ist gegen Verpolung geschützt. Wenn die Strom- und Masseanschlüsse am Netzteil verpolt angeschlossen werden, verhindert der Verpolungsschutz, dass der falsch verdrahtete Eingang den Sensor beschädigt oder einschaltet.			

Kunden können entweder die (2) FFC-Stecker oder den einzelnen SM-Stecker verwenden. Die Signale und die entsprechenden Pin-Nummern sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Abbildung 3.1 – Anschlüsse des Sano74-Sensors

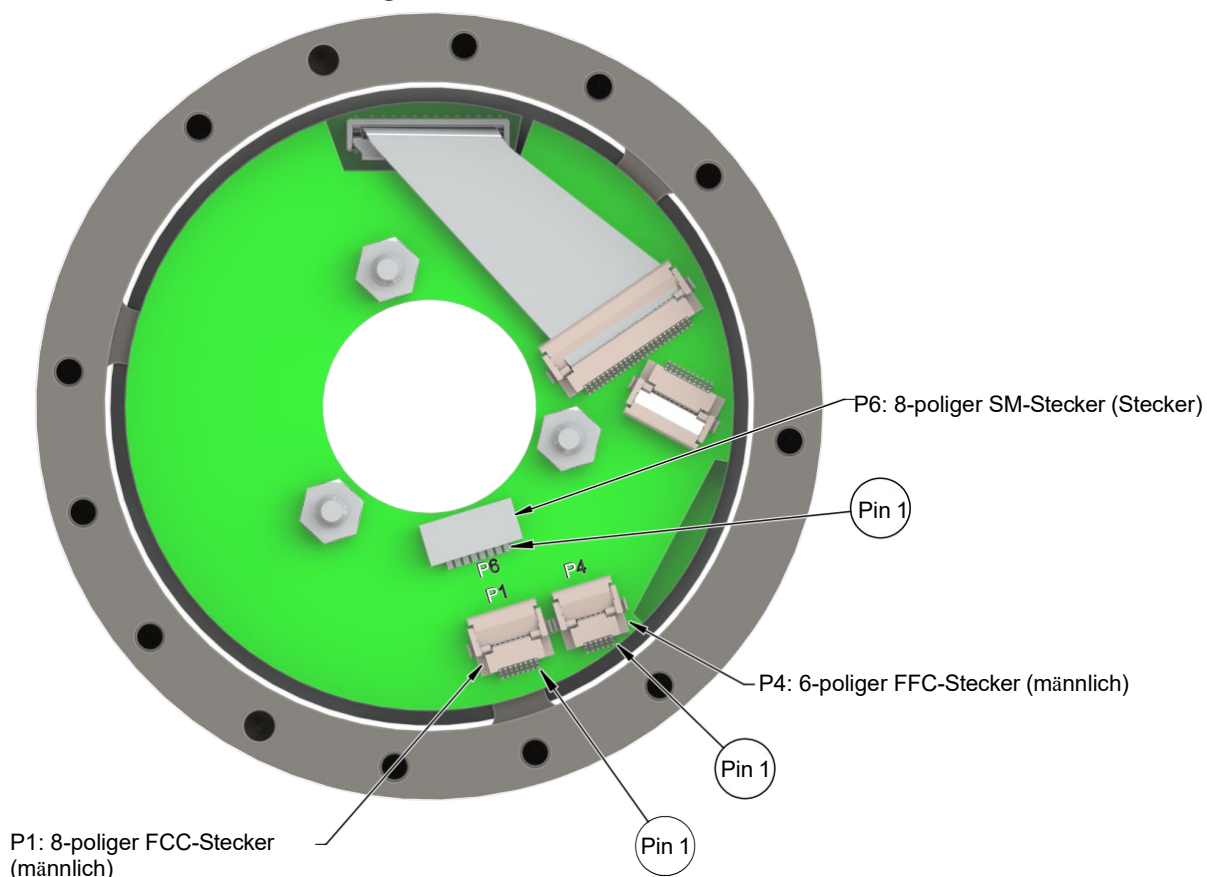


Tabelle 3.2 – Pinbelegung und Signale der Anschlüsse

P1: 8-poliger FFC-Stecker (Stecker)		P4: 6-poliger FFC-Stecker (männlich)		P6: 8-poliger SM-Stecker	
Pin-Nummer	Signal	Pin-Nummer	Signal	PIN-Nummer	Signal
1	SL0_VP	1	SL0_VP_Fused	1	SL0_VP
2	RS485 +	2	TX1 +	2	RS485 +
3	RS485 –	3	TX1 –	3	RS485 –
4	TX0 +	4	RX1 +	4	TX0 +
5	TX0 –	5	RX1 -	5	TX0 –
6	RX0 +	6	SL0_Masse	6	RX0 +
7	RX0 -	k. A.	k. A.	7	RX0 –
8	SL0_Masse	k. A.	k. A.	8	SL0_Masse

3.2 Herstellen der Kommunikation mit dem EtherCAT-Sano-Sensor

Die folgenden Schritte führen den Benutzer durch die Initialisierung der Kommunikation zwischen dem EtherCAT-Sano-Sensor und dem EtherCAT-Master-Gerät des Kunden. Beziehen Sie sich stets auf das Softwarehandbuch des EtherCAT-Master-Geräts, um die für die jeweilige Anwendung am besten geeigneten Anweisungen zu erhalten. Bei Verwendung eines PCs ist sicherzustellen, dass die Netzwerkkarte des PCs mit der EtherCAT-Kommunikation unter Verwendung der EtherCAT-Master-Software des Kunden kompatibel ist.

1. Schließen Sie den Sensor an die EtherCAT- und Stromkabel an (siehe [Abschnitt 3.1 – Pinbelegung für den EtherCAT- und Stromanschluss](#) sowie das Handbuch [9620-05-B-Sano74](#)).
2. Importieren Sie die **ECAT3-Sano-ESI-Datei (ATI-Teilenummer 9031-05-1100)**, die Sie auf der ATI-Website finden.
 - Die konkreten Schritte zum Importieren der ESI-Datei variieren je nach der jeweiligen EtherCAT-Master-Software und -Hardware, die dem Kunden zur Verfügung stehen.
3. Konfigurieren Sie das EtherCAT-Master-Gerät für die Kommunikation mit dem EtherCAT-Sensor.
4. Lesen Sie in der Software für den EtherCAT-Master die Kalibrierdaten beim Systemstart mithilfe eines SDO-Lesevorgangs auf Objekt 0x2021, dem Kalibrierungsobjekt, aus (siehe [Abschnitt 5.2.2 – Objekt 0x2021: Kalibrierung](#)).

3.3 Einrichtung der RS485-Kommunikationsschnittstelle

Der RS485-Sano-Sensor ist ein serielles Gerät, das programmgesteuert mit der Anwendung des Benutzers verwendet wird.

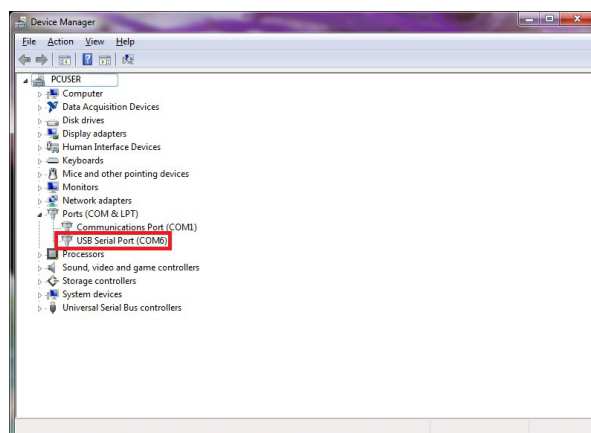
Wenn der Sensor über ein Kabel an ein Gerät des Kunden, beispielsweise einen PC oder einen Roboter, angeschlossen wird, weist der Computer dem Sensor einen COM-Anschluss zu. Anschließend kann der Benutzer über eine Konsole auf dem Computer mit dem Sensor kommunizieren. Kostenlose Konsolen-Software wie beispielsweise PuTTY ist online verfügbar. Die Befehle werden in [Abschnitt 5 – Serielle Befehle](#) behandelt.

Weitere Anweisungen zur Einrichtung einer Konsole wie PuTTY finden Sie in der folgenden Anleitung:

1. Falls das Gerät des Kunden nicht über einen seriellen RS485-Anschluss verfügt, verwenden Sie ein serielles Gerät eines Drittanbieters, um den Anschluss hinzuzufügen.
2. Schließen Sie das RS485-Kabel von der Sensorkonfiguration an den seriellen RS485-Anschluss an.
3. Ermitteln Sie den COM-Anschluss, der dem Sano-Sensorgerät zugewiesen ist. Dies kann über den Geräte-Manager erfolgen.

HINWEIS: Der Name des Geräts kann je nach Bezeichnung des RS485-Anschlusses des PCs oder des RS485-Geräts eines Drittanbieters variieren.

Abbildung 3.2 – Geräte-Manager, Anschlusszuordnung

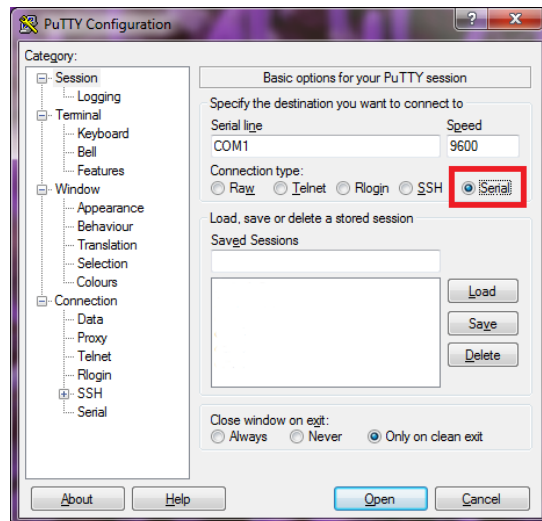


4. Öffnen Sie die Konsole, zum Beispiel: PuTTY. Es öffnet sich ein Fenster, in dem der Benutzer die Konfiguration für die Sitzung festlegen kann.

5. Konfiguration
festlegen:

- a. Wählen Sie unter „**Verbindungstyp**“ das Optionsfeld „**Seriell**“ aus.

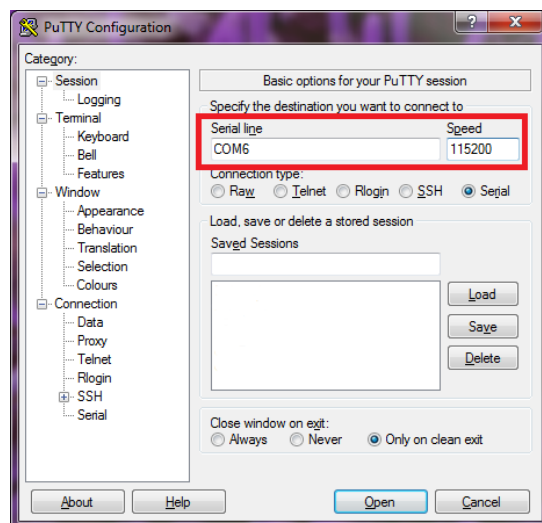
Abbildung 3.3 – Verbindungstyp auf „Seriell“ einstellen



- b. Geben Sie im Feld „**Serielle Leitung**“ den in Schritt 3 zugewiesenen COM-Port ein.
- c. Geben Sie im Feld „**Geschwindigkeit**“ die Standard-Baudrate von 115200 oder die Baudrate ein, auf die der Benutzer den RS485-Sano-Sensor eingestellt hat: siehe [Abschnitt 5.3 – Operanden „CAL“ oder „SET“](#).

HINWEIS: Wenn die in der Konsolenkonfiguration eingestellte Baudrate nicht mit der am RS485-Sano-Sensor eingestellten Baudrate übereinstimmt, wird das Konsolen-Terminalfenster zwar geöffnet, es können jedoch keine Befehle gesendet werden. Die

Abbildung 3.4 – COM-Port und Baudrate einstellen

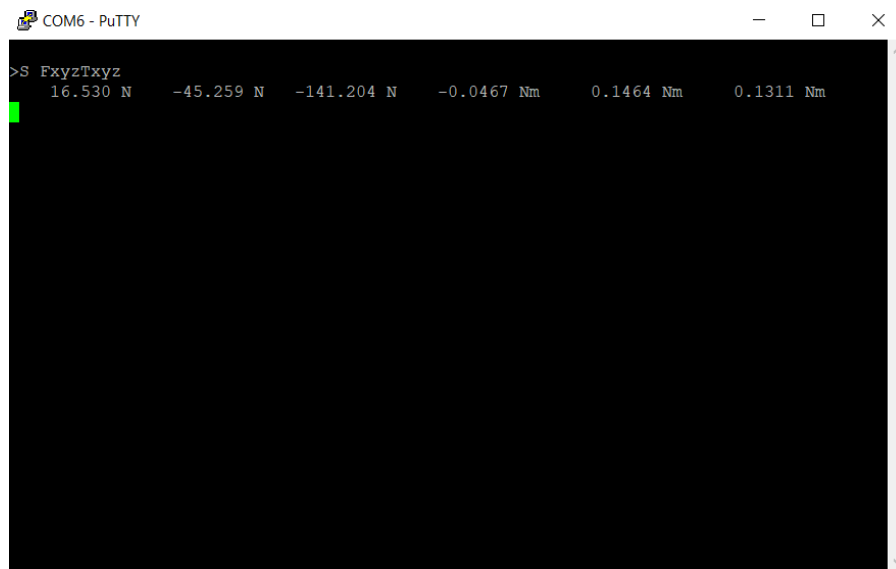


- d. Wählen Sie „**Öffnen**“.

- e. Sobald sich ein Terminal-Fenster geöffnet hat, kann der Benutzer mit der Eingabe von Befehlen beginnen.
- f. Nachdem ein serieller Befehl in die Konsole eingegeben wurde, drücken Sie die (Enter)-Taste, um den Befehl zu senden.

HINWEIS: Bei der Eingabe von Befehlen wird die Groß-/Kleinschreibung nicht

Abbildung 3.5 – PuTTY-Terminalfenster



4. Bedienung

Allgemeine Informationen zum Betrieb des Sensors finden Sie auch im Handbuch [9620-05-B-Sano74](#).

4.1 LED-Selbsttestsequenz

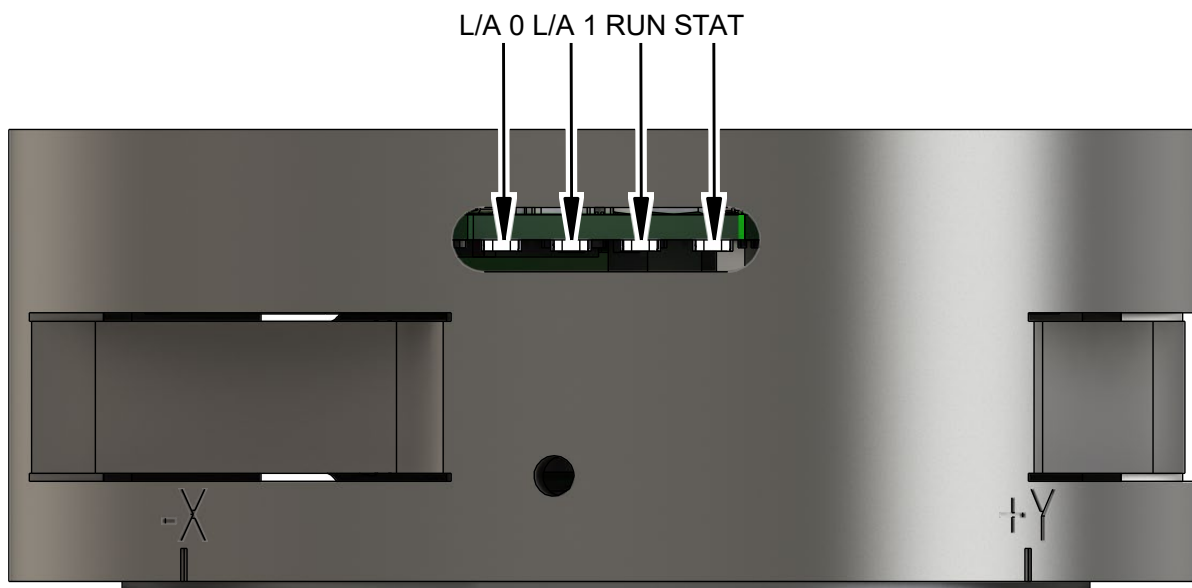
Der EtherCAT-Sano-Sensor verfügt über vier LEDs:

- (2) EtherCAT-Verbindung/Aktivität (L/A): L/A 0 und L/A 1
- (1) Betrieb
- (1) Status

Wenn der Benutzer die Stromversorgung einschaltet, führt der Sensor einen Selbsttest durch, bei dem die LEDs unter der Firmware- nacheinander aufleuchten.

Tabelle 4.1 – LED-Selbsttestsequenz			
Reihenfolge	LED	Farbe	Dauer
0	Alle	Beim Einschalten kann es für einige Millisekunden zu vorübergehenden Störungen kommen.	
1	Alle	Aus	Bei jedem Schritt der Sequenz leuchtet die LED etwa eine Sekunde lang in der jeweiligen Farbe.
2	L/A 0	Grün	
3	L/A 1	Grün	
4	Lauf	Rot	
5	Status	Rot	
6	Status	Grün	
7	Status	Blau	
8	Alle	Aus	

Abbildung 4.1 – LEDs am Sensor



4.2 LED Normalbetrieb

4.2.1 Status-LED

Eine LED signalisiert den Betriebszustand des Sensors wie folgt:

Tabelle 4.2 – Status-LED		
LED-Farbe	Zustand	Beschreibung
Aus	Keine Stromversorgung	Der Sensor wird nicht mit Strom versorgt.
Grün	Normalbetrieb	Die Elektronik des Sensors funktioniert und kommuniziert.
Orange ¹	F/T außerhalb des Messbereichs	Die an den Sensor angelegten Kräfte und Drehmomente überschreiten die im Handbuch 9620-05-B-Sano74 angegebenen Bereiche.
Schnell blinkend rot	Kommunikationsfehler	Der Sensor kann keine Daten über das Kommunikationsprotokoll übertragen.
Langsames Blinken (rot)	Kalibrierungsfehler	Die Kalibrierung wurde nicht im EEPROM gespeichert.
Rot (leuchtet dauerhaft)	Fehler-Statuscode	Weitere Informationen zu den Fehlercodes finden Sie in Tabelle 7.2 .
Hinweis:		
1. Orange bedeutet, dass sowohl die grüne als auch die rote LED leuchten.		

4.2.2 Betriebs-LED

Eine LED zeigt den EtherCAT-Betriebszustand wie folgt an:

Tabelle 4.3 – Betriebs-LED		
LED-Farbe	Zustand	Beschreibung
Aus	Keine Stromversorgung	Der Sensor wird nicht mit Strom versorgt oder befindet sich im reinen seriellen Modus.
Grün, blinkend	Vor dem Betrieb	Definiert in dem von der EtherCAT®-Technologiegruppe.
Einmaliges Grünblinken	Sicherer Betrieb	
Grün leuchtend	Betriebsbereit	
Rot	Fehler	Zeigt einen vom Sensor gemeldeten Fehler an. Die Anzeige bleibt fünf Sekunden lang nach einem Fehler.

4.2.3 EtherCAT-L/A-LEDs (Link/Activity): L/A 0 und L/A 1

Zwei LEDs zeigen den Kommunikationsstatus jedes EtherCAT-Ports wie folgt an:

Tabelle 4.4 – L/A 0 und L/A 1

LED-Farbe	Zustand	Beschreibung
Aus	Keine Stromversorgung oder keine Verbindungsaktivität	Entweder hat innerhalb von 5 Sekunden keine Verbindungsaktivität stattgefunden oder der Sensor wird nicht mit Strom versorgt.
Grün	Verbindungsaktivität	Leuchtet nach einer Verbindungstätigkeit fünf Sekunden lang grün. LA0 leuchtet bei jeder Aktivität in der ECAT-Verbindung 0 oder bei jeder Konsolenaktivität im reinen seriellen Modus auf. LA1 leuchtet bei jeder Aktivität in der ECAT-Verbindung 1 auf.

4.3 F/T-Abtastrate

Der Benutzer kann die Abtastrate einstellen, um zu steuern, wie schnell der ADC die Messdaten im Sensor abtastet.

Die gerundeten und genauen Abtastraten sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 4.5 – Abtastrate					
Gerundete Abtastrate	0,5 kHz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Genaue Abtastrate	488 Hz	976 Hz	1953 Hz	3906 Hz	7812 Hz

4.3.1 Abtastrate im Vergleich zur Datenrate

Die Abtastrate gibt an, wie schnell analoge Messdaten vom ADC in digitale Abtastwerte umgewandelt werden. Analog dazu gibt die Datenrate an, wie schnell F/T- und IMU-Daten über das Netzwerk ausgegeben werden können.

Manchmal wird die Datenrate auch als Kommunikationsrate oder Netzwerk-Datenübertragungsrate bezeichnet; TwinCAT beispielsweise bezeichnet sie als Zykluszeit.

HINWEIS: Die IMU-Daten können mit einer maximalen Rate von 400 Hz übertragen werden. Liegt die Gesamtdatenrate über 400 Hz, meldet der Sensor denselben IMU-Messwert für mehrere Datenpakete hintereinander.

Ist die Datenrate höher als die Abtastrate, sieht der Kunde über das Netzwerk doppelte Messwerte, bis intern der nächste Messwert ausgelesen wird. Eine höhere Datenrate kann sinnvoll sein, damit der Sensor Daten mit derselben Rate sendet, mit der andere Geräte im System des Kunden Daten ausgeben. Beispiel: Wenn ein diskretes E/A-Gerät im selben Netzwerk wie der Sano-Sensor Daten mit 7.000 Hz ausgibt, möchte der Kunde möglicherweise, dass der Sano-Sensor ebenfalls Daten mit 7.000 Hz an das Netzwerk überträgt, auch wenn der Sensor intern nicht unbedingt mit dieser Rate abtastet.

Ist die Abtastrate höher als die Datenrate, erhält der Kunde nicht die Daten jedes einzelnen internen Abtastwerts über das Netzwerk. Alle aktivierten Filter arbeiten jedoch auf Basis der höheren internen Abtastrate, sodass der Sensor höherfrequente Störquellen besser herausfiltert, als wenn der Filter mit einer niedrigeren Datenrate arbeiten würde.

4.4 Tiefpassfilter

Die Standardauswahl beim Einschalten ist „keine Filterung“. Benutzer können die Filtereinstellung konfigurieren, um das Signalrauschen zu reduzieren. In der folgenden Tabelle ist die normierte Grenzfrequenz (bei einer Abtastrate von 1 Hz) für einen Filterkoeffizienten aufgeführt. Die Anstiegszeit gibt an, wie lange das System bei einem bestimmten Filterkoeffizienten benötigt, um 90 % des endgültigen Abtastwerts auszugeben.

Tabelle 4.6 – Tiefpassfilterung		
Filterkoeffizient	Grenzfrequenz (Prozent der ADC-Abtastrate)	Anstiegszeit (Abtastwerte)
0	keine	1
1	11,97 %	3
2	4,66 %	8
3	2,17 %	16
4	1,04 %	34
5	0,51 %	69
6	0,26 %	140
7	0,12 %	280
8	0,07 %	561

5. EtherCAT-Bus-Schnittstelle

Die EtherCAT-Bus-Schnittstelle ermöglicht es dem Benutzer, folgende Aktionen durchzuführen:

- Aktuelle Kalibrierungsdaten und Seriennummer auslesen
- Auslesen der Firmware-Version
- F/T- und IMU-Daten auslesen
- Auslesen von Dehnungsmessstreifen-Daten und Statusinformationen
- Einstellen der Grenzfrequenz des Tiefpassfilters
- Den Sensor voreinstellen
- Ändern der Abtastrate
- Zustand des Sensors überwachen

5.1 PDO-Schnittstelle

Die PDO-Schnittstelle tauscht Daten in Echtzeit mit dem F/T-Sensor aus.

- a. TxPDO-Zuordnung / Ausgabedaten
Das TxPDO kombiniert *Objekt 0x6000: Daten lesen*, *Objekt 0x6010: Statuscode*, *Objekt 0x6020: Abtastzähler* und *Objekt 0x6050: IMU-Daten*.
- b. RxPDO-Zuordnung / Eingangsdaten
Die RxPDO-Zuordnung besteht aus *Objekt 0x7010: Steuercodes*.

5.2 EtherCAT-Dictionary-Objekte (SDO-Daten), ATI-spezifisch

Die SDO-Daten dienen zur Konfiguration des Sensors sowie zum Auslesen der Herstellungs- und Kalibrierungsdaten. In diesem Abschnitt werden die für den EtherCAT-F/T-Sensor spezifischen Dictionary-Objekte sowie einige Objekte aufgeführt, die ein obligatorischer Bestandteil des von der EtherCAT® Technology Group definierten Standards sind. Die in diesem Abschnitt behandelten Dictionary-Objekte finden Sie in der **ECAT Sano ESI-Datei (ATI-Teilenummer 9031-05-1100)**, die auf der ATI-Webseite zum Download bereitsteht: https://www.ati-ia.com/Products/ft/software/Sano74_software.aspx.

Bei der Verwendung bestimmter Wörterbuchobjekte muss der Benutzer unter Umständen einen Code von einer Hexadezimalzahl in eine Binärzahl umwandeln (siehe *Abschnitt 5.2.14 – Interpretation von Hexadezimalausgaben*).

5.2.1 Objekt 0x2020: Werkzeugumwandlung

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

Tabelle 5.1 – Objektindex (hex) 0x2020: Werkzeugtransformation				
Unterindex	Name	Typ	Beschreibung	
0x01	Dx	STRING(16)	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	USINT	Wert	Einheit
			0	in
			1	ft
			2	mm
			3	cm
			4	m
0x08	ttAngUnits		Wert	Einheit
			0	Grad
			1	Radiant
0x09	Ausführen		Zum Senden des Befehls verwenden.	

5.2.2 Objekt 0x2021: Kalibrierung

Dieses schreibgeschützte Objekt enthält Informationen über die derzeit aktive Kalibrierung, die über das Feld „Kalibrierungsauswahl“ in [Abschnitt 5.2.13 – Objekt 0x7010: Steuercodes](#) – ausgewählt wurde. Dieses Objekt enthält die folgenden Felder:

Tabelle 5.2 – Objektindex (hex) 0x2021: Kalibrierung				
Unterindex		Name	Typ	Beschreibung
1.	01	FT-Seriennummer	STRING(8)	Die F/T-Seriennummer, z. B. „FT01234“. ¹

Hinweise:

1. Dieses Feld identifiziert einen einzelnen Sensor. Ein Sensor kann mehr als eine FTxxxxx-Kalibrierungsseriennummer haben; jede F/T-Kalibrierungsseriennummer identifiziert eine separate Kalibrierung. Keine zwei Sensoren haben dieselbe F/T-Kalibrierungsseriennummer.
2. Dieses Feld identifiziert die Kalibrierung. Informationen zu den Messbereichen finden Sie im Handbuch [9620-05-B-Sano74](#) Handbuch.
3. Beim Einschalten zeichnet der Sensor die an einer beliebigen Achse erfassten Spitzenwerte auf. Wenn der Sensor Spitzenwerte erfasst, die über den werkseitigen ATI-Standardwerten liegen, wurde der Sensor über den vorgesehenen, kalibrierten Messbereich hinaus belastet.

Tabelle 5.2 – Objektindex (hex) 0x2021: Kalibrierung					
Unterindex		Name	Typ	Beschreibung	
2.	02	Kalibrierungs-Teilenummer	STRING(30)	Die Kalibrierungs-Teilenummer z. B. „SI-130-13.4“. ²	
3.	03	Kalibrierungsfamilie	STRING(8)	Zeigt immer „ECAT“ an.	
4.	04	Kalibrierungszeit	STRING(30)	Das Datum, an dem der Sensor kalibriert wurde.	
5. bis 40.	05 bis 28	Reserviert	Reserviert		
41	29	Streitkräfte	USINT	Wert	Einheit
				0	Lbf
				1	N
				2	Klbf
				3	kN
				4	kg
42.	2A	Drehmomenteinheiten	USINT	Wert	Einheit
				0	lbf-in
				1	lbf-ft
				2	Nm
				3	Nmm
				4	kgf·cm
				5	kNm
43.	2B	Max. Fx-Zählwerte	DINT	Der maximale Nennwert für diese Achse, in Zählwerten.	
44.	2C	Max. Fy-Zählwerte			
45.	2D	Max. Fz-Zählwerte			
46.	2E	Max. Anzahl der Übertragungen			
47.	2F	Max. Typanzahl			
48.	30	Maximale Anzahl von Tz			
49.	31	Zählungen pro Kraft	DINT	Die Kalibrierungszählwerte pro Krafteinheit.	
50.	32	Zählwerte pro Drehmoment	DINT	Die Kalibrierung erfolgt in Zählimpulsen pro Drehmomenteinheit.	
51. bis 66.	33 bis 42	Reserviert	Reserviert		
Hinweise:					
1. Dieses Feld identifiziert einen einzelnen Sensor. Ein Sensor kann mehr als eine FTxxxx-Kalibrierungsseriennummer haben; jede F/T-Kalibrierungsseriennummer identifiziert eine separate Kalibrierung. Keine zwei Sensoren haben dieselbe F/T-Kalibrierungsseriennummer.					
2. Dieses Feld gibt die Kalibrierung an. Informationen zu den Messbereichen finden Sie im Handbuch 9620-05-B-Sano74 Handbuch.					
3. Beim Einschalten zeichnet der Sensor die an einer beliebigen Achse erfassten Spitzenwerte auf. Wenn der Sensor historische Spitzenwerte erfasst, die über den werkseitigen ATI-Standardwerten liegen, wurde der Sensor über den vorgesehenen kalibrierten Messbereich hinaus belastet.					

Tabelle 5.2 – Objektindex (hex) 0x2021: Kalibrierung				
Unterindex		Name	Typ	Beschreibung
67.	43	PeakLoadsPosFx ³	DINT	Spitzenlasten ³ Positiv. Anzahl der höchsten positiven F/T-Lasten aller Zeiten.
68.	44	PeakLoadsPosFy ³		
69.	45	SpitzenlastenPosFz ³		
70.	46	SpitzenlastenPosTx ³		
71.	47	PeakLoadsPosTy ³		
72.	48	PeakLoadsPosTz ³		
73.	49	SpitzenlastenNegFx ³	DINT	Spitzenlasten ³ Negativ. Historische Spitzenwerte der negativen F/T-Lasten in Stückzahlen.
74.	4A	PeakLoadsNegFy ³		
75.	4B	SpitzenlastenNegFz ³		
76.	4C	SpitzenlastenNegTx ³		
77.	4D	SpitzenlastenNegTy ³		
78.	4E	PeakLoadsNegTz ³		
79. bis 106.	4F bis 6A	Reserviert		
107	6B	Max. Anzahl von Fx-Zählern ER	UINT32	Erweiterter Bereichswert für Fx in FT-Zählwerten
108	6C	Max. Fy-Zählwerte (ER)		Erweiterter Bereichswert für Fy in FT-Zählwerten
109	6D	Max. Fz-Zählwerte (ER)		Erweiterter Bereichswert für Fz in FT-Zählwerten
110	6E	Max. Tx-Zählwerte ER		Erweiterter Bereichswert für Tx in FT-Zählwerten
111	6F	Maximale Ty-Zählwerte ER		Erweiterter Bereichswert für Ty in FT-Zählwerten
112	70	Max. Tz-Zählwerte (ER)		Erweiterter Bereichswert für Tz in FT-Zählwerten
113	71	ftOorCountMr		Anzahl der Fälle, in denen das Gerät den normalen Erfassungsbereich überschritten hat.
114	72	ftOorCountEr	Anzahl der Fälle, in denen das Gerät den erweiterten Erfassungsbereich überschritten hat.	
Hinweise:				
1. Dieses Feld identifiziert einen einzelnen Sensor. Ein Sensor kann mehr als eine FTxxxx-Kalibrierungsseriennummer haben; jede F/T-Kalibrierungsseriennummer identifiziert eine separate Kalibrierung. Keine zwei Sensoren haben dieselbe F/T-Kalibrierungsseriennummer. 2. Dieses Feld identifiziert die Kalibrierung. Informationen zu den Messbereichen finden Sie im Handbuch 9620-05-B-Sano74 Handbuch. 3. Beim Einschalten zeichnet der Sensor die auf einer beliebigen Achse erfassten Spitzenwerte auf. Wenn der Sensor historische Spitzenwerte erfasst, die über den werkseitigen ATI-Standardwerten liegen, wurde der Sensor über den vorgesehenen kalibrierten Messbereich hinaus belastet.				

5.2.3 Objekt 0x2023: Konsole über EtherCAT

Dieses Objekt ermöglicht die Kommunikation des Systems mit einer seriellen Konsolen-Schnittstelle. Informationen zu Befehlen für die serielle Konsole beziehen Sie sich auf [Abschnitt 6 – Konsolenbefehle über die serielle Schnittstelle](#).

Tabelle 5.3 – Objektindex (hex) 0x2080: Diagnosewerte			
Unterindex	Name	Typ	Beschreibung
0x01	Befehl	STRING(100)	Ein Befehl wird an die Konsole gesendet.
0x02	Antwort	STRING(100)	Eine Antwort wird auf der Konsole ausgegeben.
0x03	Commit	UNIT16	Geben Sie „1“ ein, um den Befehl zu aktivieren.

5.2.4 Objekt 0x2060: Überwachungsbedingungen

Dieses Lese- und Schreibobjekt konfiguriert eine Achse, einen Schwellenwert und eine Richtung, um diese kontinuierlich anhand der aktuellen F/T-Daten zu bewerten. Aktivieren und setzen Sie die Überwachungsbedingung in [Objekt 0x7010: Steuercodes](#) zurück. Wenn eine Überwachungsbedingung eintritt, wird Statusbit 16 gesetzt ([Abschnitt 5.2.8 – Objekt 0x6010: Statuscode](#)). In diesem Objekt stehen die folgenden Felder zur Verfügung:

Tabelle 5.4 – Objektindex (hex) 0x2080: Diagnosewerte				
Unterindex	Name	Typ	Beschreibung	
0x01	Schwellenwert	DINT	Der F/T-Schwellenwert, mit dem verglichen werden soll, in Zählwerten.	
0x02	Achse	USINT	Wert	Achse
			0	Fx
			1	Fy
			2	Fz
			3	Tx
			4	Ty
			5	Tz
0x03	CompareGreaterThan	BOOL	Wenn TRUE, ist die Überwachungsbedingung wahr, wenn der ausgewählte Achsenwert größer als der ausgewählte Schwellenwert ist. Ist der Wert FALSE, ist die Überwachungsbedingung wahr, wenn der Wert der ausgewählten Achse kleiner als der ausgewählte Schwellenwert ist.	
0x04	Übernehmen	UNIT16	Geben Sie hier „123“ ein, um die Änderungen zu übernehmen	

5.2.5 Objekt 0x2080: Diagnosewerte

Dieses schreibgeschützte Objekt liefert Diagnoseinformationen. In diesem Objekt stehen die folgenden Felder zur Verfügung:

Tabelle 5.5 – Objektindex (hex) 0x2080: Diagnosewerte			
Unterindex	Name	Typ	Beschreibung
0x01	Versorgungsspannung	UINT16	Die Spannung der externen Stromversorgung, multipliziert mit 10.
0x02	Leiterplattentemperatur	INT16	Die Temperatur der Sensorplatine in °C, multipliziert mit 10.
0x03	Statusmeldung	STRING(40)	Eine Fehlermeldung mit Prioritätsstatuscode (siehe Tabelle 5.6)
0x04	TAP-Temperatur	INT16	Die TAP-Temperatur in °C × 10.
0x05	Temperatur auf der Montageseite	INT16	Die Temperatur auf der Einbauseite in °C × 10.

Tritt ein Fehler auf, wird im SDO-0x2080-Subindex 0x03 eine Textmeldung angezeigt. Wenn mehr als eine

Tritt ein Fehler auf, wird die Fehlermeldung mit der höchsten Priorität aus der folgenden Tabelle angezeigt.

Tabelle 5.6 – Fehler in den Diagnosedaten – Statusmeldung	
Priorität	Text der Fehlermeldungen
1	Versorgungsspannung außerhalb des zulässigen Bereichs
2	Messgerätemperatur außerhalb des zulässigen Bereichs
3	Fehler bei der Kalibrierungsprüfsumme
4	Messgerät(e) getrennt: <Liste>
5	Messgerät(e) außerhalb des Messbereichs: <Liste>
6	F/T außerhalb des Messbereichs
7	Hardware- oder Stapelfehler
8	Simulierter Fehler
9	Monitorzustand 0
10	Fehler (nicht näher bezeichnet)
11	Keine Statuscode-Fehler

5.2.6 Objekt 0x2090: Version

Dieses schreibgeschützte Objekt enthält Informationen zur Firmware-Version. In diesem Objekt stehen die folgenden Felder zur Verfügung:

Tabelle 5.7 – Objektindex (hex) 0x2090: Version			
Unterindex	Name	Typ	Beschreibung
0x01	Hauptindex	UINT16	Hauptversion
0x02	Nebenversion	UINT16	Nebenversion
0x03	Revision	UINT16	Revision
0x04	Bootloader-Version	UINT32	Bootloader-Version
0x05	sensorHwVer	UINT16	Sensor-Hardware-Version
0x06	sensorInstrument	UINT16	Interne Fertigungsdaten

5.2.7 Objekt 0x6000: Daten lesen

Dieses schreibgeschützte Objekt repräsentiert die aktuellen Kraft- und Drehmomentdaten und wird in die TxPDO-Eingangsdaten abgebildet. In diesem Objekt sind die folgenden Felder vorhanden:

Tabelle 5.8 – Objektindex (hex) 0x6000: Daten lesen			
Unterindex	Name	Typ	Beschreibung
0x01	Fx	DINT	Diese Felder enthalten die 32-Bit-F/T aufgelösten Daten in Zählwerten. Damit die Kraftdaten in Einheiten vorliegen, dividieren Sie die Kraftzählwerte durch die Zählwerte pro Kraftfeld aus dem Kalibrierungsobjekts. Damit die Drehmomentdaten in Einheiten vorliegen, dividieren Sie die Drehmoment-Zählwerte durch die Zählwerte pro Drehmomentfeld aus dem Kalibrierungsobjekt.
0x02	Fy		
0x03	Fz		
0x04	Tx		
0x05	Ty		
0x06	Tz		

5.2.8 Objekt 0x6010: Statuscode

Dieses Objekt enthält einen einzelnen DINT-Wert (am Subindex 0). Siehe [Abschnitt 7.2 – Statuscode](#).

5.2.9 Objekt 0x6020: Abtastzähler

Dieses Objekt enthält unter dem Subindex 0 eine einzelne 32-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen (UDINT), die sich bei jedem Einlesen eines vollständigen Satzes von Messdaten um eins erhöht. Diese Zahl läuft von 4 294 967 295 ($2^{32} - 1$) auf 0 zurück, ohne dass dabei ein Fehler gemeldet wird. Der Messwertzähler wird beim Einschalten auf Null zurückgesetzt.

5.2.10 Objekt 0x6030: Messdaten

Dieses schreibgeschützte Objekt liest die neuesten Rohmessdaten aus.

Tabelle 5.9 – Objektindex (hex) 0x6030: Unverfälschte Rohmessdaten			
Unterindex	Name	Typ	Beschreibung
0x01	Messgerät 0	DINT	Diese Felder enthalten die 32-Bit-Messdaten.
0x02	Messgerät 1		
0x03	Messgerät 2		
0x04	Messgerät		

	3		
0x05	Messgerät 4		
0x06	Messgerät 5		
0x07	Messgerät 6		
0x08	Messgerät 7		

5.2.11 Objekt 0x6050: IMU-Daten

Dieses schreibgeschützte Objekt enthält sechs 16-Bit-Ganzzahlen mit Vorzeichen, die die aktuellen Beschleunigungs- und Gyroskopdaten 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 5.10 – Objektindex (hex) 0x6030: Rohdaten ohne Abgleich			
Subindex	Name	Typ	Beschreibung
0x01	CalAccelX	INT16	Diese Felder enthalten die rohen 16-Bit-Beschleunigungssensordaten 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		

5.2.12 Verfahren zur Überprüfung der IMU-Genauigkeit

Die IMU verfügt über eine integrierte Genauigkeitsprüfung, die die Ausgangssignale des Beschleunigungssensors und Gyroskops überwacht. Die entsprechenden Ausgänge sind in [Tabelle 5.11](#) beschrieben.

Tabelle 5.11 – Bitbelegung für die IMU-Genauigkeit	
Beschreibung	Bits
Genauigkeitsstufe der linearen Beschleunigung	76
Genauigkeitsstufe des Beschleunigungssensors	54
Genauigkeitsstufe des Gyroskops	32

Die Genauigkeit der IMU-Daten wird dem Endnutzer anhand der folgenden Definitionen mitgeteilt:

Tabelle 5.12 – Maske für die IMU-Genauigkeitsstufe		
Beschreibung	Binärwert	Dezimalwert
Unzuverlässig	00	0
Geringe Genauigkeit	01	1
Genauigkeit: Mittel	10	2
Genauigkeit: Hoch	11	3

Zwar muss der Endanwender entscheiden, welche genaue Messgenauigkeit für eine Anwendung erforderlich ist, doch entsprechen die Angaben im Datenblatt dem Betrieb des Sensors bei hoher Messgenauigkeit. Liegt die aktuell angezeigte Messgenauigkeit unter dem vom Endanwender gewünschten Niveau, kann eine Kalibrierung gemäß der Anleitung im Handbuch [9620-05-B-Sano74](#) durchgeführt werden.

Anhand von [Tabelle 5.11](#) und [Tabelle 5.12](#) kann der Benutzer den Binär-Ausgang mit einem Genauigkeitsgrad abgleichen. Beträgt der Binär-Ausgang beispielsweise 0010 0100, bedeutet dies, dass der lineare Beschleunigungssensor (00) unzuverlässig ist, der Beschleunigungssensor (10) eine mittlere Genauigkeit aufweist und das Gyroskop (01) eine geringe Genauigkeit hat.

5.2.13 Objekt 0x7010: Steuercodes

Dieses Objekt wird zur Echtzeitsteuerung des F/T-Systems in das RxPDO abgebildet.

Tabelle 5.13 – Objektindex (hex) 0x7010: Steuercodes				
Unterindex	Name	Typ	Beschreibung	
			Bit	Funktion
0x01	Steuerung1	DINT	0	1 = Offset (Tara) gegen aktuelle Last einstellen 0 = Vorwert unverändert lassen ¹
			1	Monitorzustand 0 löschen: 1 = Löschen 0 = Unverändert lassen
			2	1 = Vorspannung zurücksetzen 0 = Verzerrung unverändert lassen
			3	1 = Messwerte 0–5 auf PDO ausgeben 0 = F/T in PDO ausgeben
			4–7	Filterauswahl. Siehe Abschnitt 4.4 – Tiefpassfilter
			8–11	Aktive Kalibrierung: 0 = Kalibrierung in Steckplatz 0 verwenden 1 = Kalibrierung in Steckplatz 1 verwenden 2 = Kalibrierung in Steckplatz 2 verwenden Alle anderen Werte sind reserviert.
			12–15	Abtastrate: 0 = 500 Hz 1 = 1000 Hz 2 = 2000 Hz 3 = 4000 Hz 4 = 8000 Hz Alle anderen Werte sind reserviert.
			16	IMU-Kalibrierungsspeicherfunktion: Nachdem der Benutzer die Kalibrierung wie in Abschnitt 3.5 beschrieben – „ Verfahren zur dynamischen Kalibrierung der IMU “ des Handbuch 169620-05-B-Sano74 abgeschlossen hat , müssen die dynamischen Kalibrierungen im Speicher gespeichert werden, damit sie bleibt auch nach dem Ein- und Ausschalten erhalten. Der Befehl wird bei jeder steigende Flanke dieses Bits
			17–19	Reserviert
				Auswahl der Verstärkung des IMU-Beschleunigungssensors. Siehe Abschnitt 5.2.13.1 – IMU-Beschleunigungssensor und Gyroskop
			Wert	Verstärkung

			20–23	0	Zuletzt eingestellter Verstärkungswert ¹
				1	2 g
				2	4 g
				3	8 g
				4	16 g

Tabelle 5.13 – Objektindex (hex) 0x7010: Steuercodes					
Unterindex	Name	Typ	Beschreibung		
0x01	Steuerung 1	DINT	24–27	Auswahl der IMU-Gyroskop-Verstärkung. Dieser Wert bleibt auf 5 gesetzt, da 2000 Grad pro Sekunde (DPS) die einzig zulässige Verstärkungsauswahl für das Gyroskop ist. Siehe Abschnitt 5.2.13.1 – IMU-Beschleunigungsmesser und Gyroskop	
				Wert	Verstärkung
				5	2000 DPS
			28–31	Reserviert	
			Bit	Funktion	
0x02	Steuerung 2	DINT	0	Überprüfung von Monitorzustand 0 aktivieren	
			1–30	Reserviert	
			31	Steuerung des simulierten Fehlers	

Hinweise:

- Die 0 steht für einen Standardwert, der bei jeder Festlegung einer neuen Verstärkung zurückgesetzt wird. Wenn der Benutzer beispielsweise die Verstärkung des Beschleunigungssensors auf 2 g einstellt, steht die 0 dann für 2 g, bis die Verstärkung erneut geändert wird.

5.2.13.1 IMU-Beschleunigungsmesser und Gyroskop

HINWEIS: Vor dem Streamen oder Einrichten von IMU-Daten muss der Benutzer eine IMU-Kalibrierung durchführen, wie in [Abschnitt 3.5 – „IMU-Dynamik-Kalibrierungsverfahren“](#) des

Der Beschleunigungsmesser und das Gyroskop der Sano74-IMU können über die Bits 20–27 konfiguriert werden. Dem Benutzer stehen die folgenden vier in [Tabelle 5.14](#) aufgeführten Kombinationen zur Verfügung. Jede andere Kombination der Verstärkungsauswahl für Beschleunigungsmesser und Gyroskop führt zu einem Fehler.

Tabelle 5.14 – Zulässige IMU-Konfigurationen	
Verstärkung des Beschleunigungssensors	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 5.2.11 – Objekt 0x6050: IMU-Daten](#).

5.2.14 EtherCAT-Kommunikationsobjekte

Die Struktur dieser 0x1000-Objekte wird von der EtherCAT Technology Group definiert. ATI nutzt nicht alle Felder.

5.2.14.1 Objekt 0x1000: Gerätetyp

Dieses schreibgeschützte Objekt beschreibt den Typ des EtherCAT-Geräts.

Tabelle 5.15 – Objektindex (hex) 0x1000: Gerätetyp			
Typ	Beschreibung	Standardwert (hex)	Standardwert (dezimal)
UDINT	Die EtherCAT-Gerätekategorie, unter der das ATI EtherCAT Sano eingeordnet ist.	0x00000192	402

5.2.14.2 Objekt 0x1008: Gerätename

Dieses schreibgeschützte Objekt beschreibt den Namen des Geräts. Die EtherCAT®Technology Group definiert die Struktur dieses Objekts, lässt dessen Verwendung jedoch optional. ATI programmiert einen Standardnamen ein, der sich jedoch ändern kann. ATI bietet Unterstützung für Anwender, die dieses Feld ändern möchten. Manchmal möchten Anwender dieses Feld ändern, um den ATI-Sensor als Teil ihres Systems zu kennzeichnen.

Tabelle 5.16 – Objektindex (hex) 0x1008: Gerätename		
Typ	Beschreibung	Standardwert (Zeichenkette)
STRING	Der Name des Geräts als Zeichenfolge, die nicht mit einem Null-Zeichen endet. Nicht zur Produktidentifikation verwenden. ¹	„ATI Sano74 F/T-Sensor“
Hinweis:		
Da sich dieses Feld ändern kann, darf es nicht zur Produktidentifikation verwendet werden. Informationen zu Feldern, die zur Produktidentifikation verwendet werden können, finden Sie in Abschnitt 5.2.14.3 – Objekt 0x1018: Identität.		

5.2.14.3 Objekt 0x1018: Identität

Dieses schreibgeschützte Objekt enthält Informationen über das angeschlossene EtherCAT-Gerät (in diesem Fall den ATI EtherCAT Sano-Sensor). Die EtherCAT®Technology Group definiert die Struktur dieses Objekts, und ATI legt die Werte für jedes ATI-Produkt fest. ATI bietet Unterstützung für Anwender, die dieses Feld ändern möchten. Manchmal möchten Anwender dieses Feld ändern, um den ATI-Sensor als Teil ihres Systems mit ihrem eigenen Markenzeichen zu versehen.

Tabelle 5.17 – Objektindex (hex) 0x1018: Identitätsobjekt					
Subindex (hex)	Name	Funktionalität	Typ	Standardwert (hex)	Standardwert (dezimal)
0x01	Hersteller-ID	Diese Hersteller-ID wird von der EtherCAT®Technology Group eindeutig an ATI vergeben. ¹	UDINT	0x00000732	1842
0x02	Produktcode	Diese Artikelnummer wird von ATI eindeutig den EtherCAT-Sensoren von Sano zugewiesen. ²	UDINT	0x26483053	642265171
0x03	Revisionsnummer	Dieses Feld kann sich ändern und sollte nicht zu Identifikationszwecken verwendet werden. ³	UDINT	k. A.	
0x04	Seriennummer	Dieses Feld kann sich ändern und sollte nicht zu Identifikationszwecken verwendet werden. ⁴			
Hinweis:					
1. Da sich dieses Feld bei ATI-Produkten nicht ändert, verwenden Sie zur Produktidentifikation die Hersteller-ID. 2. Bei EtherCAT-Sensoren von Sano ändert sich dieses Feld nicht und kann zur Produktidentifikation verwendet werden. 3. Informationen zur Identifizierung eines Sensormodells und der Kalibrierungsgröße finden Sie in Abschnitt 5.2.2 – Objekt 0x2021: Kalibrierung, Unterindex 0x02 (Kalibrierungs-Teilenummer). 4. Informationen zur Identifizierung eines einzelnen Sensors finden Sie in Abschnitt 5.2.2 – Objekt 0x2021: Kalibrierung, Unterindex 0x01 (F/T-Seriell).					

5.2.14.4 Nicht verwendete EtherCAT-Objekte

Die EtherCAT®-Technologiegruppe definiert die Struktur dieser Objekte, lässt ihre Verwendung jedoch optional. Derzeit verwendet ATI diese Felder nicht. Stattdessen sind die Informationen in [Abschnitt 5.2 – EtherCAT-Dictionary-Objekte \(SDO-Daten\)](#), *ATI-spezifisch*, enthalten. Welche ATI-Objekte herangezogen werden sollten, entnehmen Sie bitte der folgenden Tabelle:

Tabelle 5.18 – Nicht verwendete EtherCAT-Objekte					
Objekt index (Hex)	Objekt name	Typ	Querverweis auf den ATI-spezifischen Bereichsobjekten	Standardwert (hex)	Standardwert (dezimal)
0x1001	Fehler register	USINT	Informationen zur Überwachung des F/T-Sensors-Statuscodes finden Sie in Abschnitt 5.2.8 – Objekt 0x6010: Statuscode .	0x00	0
0x1009	Hardware-Version	STRING	Informationen zur Anzeige der Hardware-Version des F/T-Sensors finden Sie in Abschnitt 5.2.6 – Objekt 0x2090: Version .	k. A.	
0x100A	Software-Version	STRING	Informationen zur Anzeige der Sensor-Softwareversion finden Sie in Abschnitt 5.2.6 – Objekt 0x2090: Version .		

5.3 Umrechnung von F/T-Daten von Zählwerten in Einheiten

Teilen Sie nach dem Empfang jeder Echtzeit-PDO-Abtastung die Zählwerte für Kraft und Drehmoment durch die Werte für „Zählwerte pro Kraft“ und „Zählwerte pro Drehmoment“ aus [Abschnitt 5.2.2 – Objekt 0x2021: Kalibrierung](#), um die F/T-Einheitenwerte zu berechnen.

Wichtige Hinweise zu den Einheiten:

- Endbenutzer können die F/T-Einheiten im Kalibrierungsobjekt auswählen und einstellen.
- Bei unterschiedlichen Einheiten kann die Software des EtherCAT-Master-Geräts die Werte für „Zählwerte pro Kraft“ und „Zählwerte pro Drehmoment“ so anpassen, dass die resultierenden Einheiten den vom Endbenutzer gewünschten Einheiten entsprechen.

Beispielsweise gibt die Kalibrierung 1.000.000 Zählwerte pro Newton (N) aus. Um den Ausgangswert in

Zählwerte pro Pfund Kraft (lbf) – gehen Sie wie folgt vor:

$$\frac{1,000,000 \text{ counts}}{1 \text{ N}} \times \frac{4.448222 \text{ N}}{1 \text{ lbf}} = 4,448,222 \text{ counts/lbf}$$

6. Konsolenbefehle über serielle Schnittstelle

Mit diesen Konsolenbefehlen können Sie den Status und die Parameter des Sensors anzeigen sowie Einstellungen anpassen. Informationen zur Einrichtung einer seriellen Konsole finden Sie in [Abschnitt 3.2 – Einrichtung der RS485-Kommunikationsschnittstelle](#).

6.1 Übersicht über die Befehle

Tabelle 6.1 – Konsolenbefehle			
Befehl	Operanden	Beschreibung	Benutzer Lesen/Schreiben
HELP	(keine)	Dieser Befehl gibt eine Liste der wichtigsten Befehle und die Softwareversion aus.	Lesen
H			
MAN			
?			
BIAS	(keine)	Gibt den aktuellen Bias-Status des Sensors aus.	Lesen
	auf	Aktiviert die Bias-Funktion und setzt den F/T-Ausgang auf 0.	Schreiben
	aus	Schaltet die Bias-Funktion aus und löscht das Bias-Bit.	
	Werte	Schaltet die Bias-Funktion mit vom Benutzer definierten Werten ein.	
PEAK	(keine)	Gibt den höchsten und den niedrigsten F/T-Wert in Einheiten aus, die während einer Laufzeit und seit dem letzten „Peak Reset“-Befehl aufgetreten sind.	Lesen
	C	Gibt den höchsten und den niedrigsten F/T-Wert in Zählwerten aus, die während der Laufzeit und seit dem letzten Befehl zum Zurücksetzen des Spitzenwerts aufgetreten sind.	Lesen
	RESET	Setzt die aktuellen F/T-Werte auf die Standardwerte zurück.	Schreiben
C	(keine)	Ein Abfragebefehl löst die Hochgeschwindigkeitsübertragung von F/T-Daten aus. Dieser Befehl gibt kontinuierlich Zeilen mit F/T-Daten in Einheiten aus, bis der Endbenutzer eine andere Taste, beispielsweise die Eingabetaste, drückt. Die Daten werden mit der in „rdtRate“ festgelegten Rate ausgegeben.	Lesen
	Abschnitt 6.2 – Operanden für den Abfragebefehl (C oder S)	Gibt benutzerdefinierte Mess-, F/T- oder IMU-Daten im kontinuierlichen Modus aus.	Lesen
	(keine)	Ein Abfragebefehl startet die Hochgeschwindigkeitsübertragung von F/T-Daten. Dieser Befehl gibt eine einzelne Zeile mit F/T-Daten in Einheiten aus.	Lesen

S	<i>Abschnitt 6.2 – Operanden für den Abfragebefehl (C oder S)</i>	Gibt benutzerdefinierte Messdaten, F/T- oder IMU-Daten in einer einzigen Zeile aus.	Lesen
SET	(keine)	Gibt alle Einstellungen oder Werte aus. Siehe <i>Abschnitt 6.3 – Befehl „Set“</i>	Lesen
	[Feldname]	Gibt den vom Benutzer eingegebenen Wert für ein bestimmtes Feld aus.	Lesen
	[Feldname] [Wert]	Setzt ein bestimmtes Einstellungsfeld auf den eingegebenen Wert.	Schreiben

Tabelle 6.1 – Konsolenbefehle

Befehl	Operanden	Beschreibung	Benutzer Lesen/Schreiben
SIMERR	(keine)	Gibt an, ob die simulierte Fehlerfunktion aktiviert oder deaktiviert ist. Dieser Befehl bezieht sich auf Bit 28 aus Tabelle 7.2 . Der Befehl zur simulierten Fehlerausgabe ist nützlich für Kunden, die ihre Fehlerbehandlungsroutinen testen müssen. Wenn ein simulierter Fehler auftritt, leuchtet die „rote“ Status-LED auf; siehe Abschnitt 4.2.1 – Status-LED .	Lesen
	EIN	Schaltet die simulierte Fehlerfunktion ein.	Schreiben
	AUS	Schaltet die simulierte Fehlerfunktion aus.	Schreiben
RESET	(keine)	Setzt den Prozessor oder die MCU des Sensors zurück. Gibt einen Statusbericht des Prozessors aus.	Lesen /Schreiben
SAVEALL	(keine)	Dieser Befehl speichert alle Parameter und Werte im Speicher des Sensors (NVM).	Schreiben
STATUS	(keine)	Dieser Befehl gibt einen Bericht über den aktuellen Zustand der Sensor-Hardware aus. Sollte ein zugrunde liegendes Problem im Sensor vorliegt, kann der Endbenutzer diese Informationen zur Fehlerbehebung an ATI weiterleiten.	Lesen
VIEW	(keine)	Der Befehl „view calibration“ gibt alle Eigenschaften des Sensors aus: Kalibrierbereich, Einheiten, Datum und Produktfamilie.	Lesen
	0	Gibt die Eigenschaften für Kalibrierung 0 aus.	
	1	Gibt die Eigenschaften für Kalibrierung 1 aus.	
	2	Druckt die Eigenschaften für Kalibrierung 2 aus	
	A	Zeigt die Eigenschaften der aktiven Kalibrierung an.	
DIAG	(keine)	Gibt einen Diagnosebericht aus, der F/T-Messwerte in Einheiten, Messgerätanzeigen, Statuscode, Temperatur, Informationen zur aktiven Kalibrierung, die aktuelle Baudrate, den aktuellen Filter, die aktuelle Abtastrate sowie persistente Spitzenwerte enthält.	Lesen
SYSVER	(keine)	Gibt die Firmware-Version aus.	Lesen
WHOAMI	(keine)	Gibt die Eingabequelle der Konsole aus.	Lesen
IMUSave	(keine)	Speichert die IMU-Kalibrierungsdaten gemäß der im Handbuch 9620-05-B-Sano74 beschriebenen Vorgehensweise	Schreiben
ACCLCAL	2g	Stellt den Messbereich des IMU-Beschleunigungssensors auf +/- 2 g und den des Gyroskops auf 2000 DPS ein. Siehe Abschnitt 6.4 – IMU-Daten	Schrei
	4g	Stellt den Messbereich des IMU-Beschleunigungssensors auf +/- 4 g und den des Gyroskops auf 2000 DPS ein	

	8 g	Stellt den Messbereich des IMU-Beschleunigungssensors auf +/- 8 g und den des Gyroskops auf 2000 DPS ein	ben
	16 g	Stellt den Messbereich des IMU-Beschleunigungssensors auf +/- 16 g und den des Gyroskops auf 2000 DPS ein	
MC	(keine)	Gibt alle Monitorzustände aus.	Lesen

6.2 Operanden für den Befehl „Query“ (C oder S)

Die Art der vom Abfragebefehl gemeldeten Daten kann mithilfe von Operanden angepasst werden. Diese Funktion ist nützlich für Anwender, die ein eigenes Programm entwickeln möchten, um die Daten in einer externen Datei zu speichern oder die Daten in grafischer Form, z. B. als Diagramme, darzustellen. Eine Liste der Operanden finden Sie in der folgenden Tabelle.

Wird ein Abfragebefehl ohne Operanden ausgegeben, werden die Operanden des vorherigen Abfragebefehls für die Datenausgabe verwendet. Der Standardbezeichner beim Einschalten lautet wie folgt: FXYZTXYZ.

Tabelle 6.2 – Operanden für die Abfragebefehle		
Kategorie	Operand	Anmerkungen
Messgerät Nummer(n)	0	Messwerte werden ausschließlich in Zählwerten ausgegeben.
	1	
	2	
	3	
	4	Es können alle Messgeräte-Nummern oder auch nur eine einzige Messgeräte-Nummer angegeben werden.
	5	
	6	
	7	
Achse	x	Der Benutzer kann wählen, ob er Kraft- und Drehmomentdaten in der x-, y- oder z-Achse anzeigen möchte. Der Ausgabewert kann in F/T-Zählwerten oder in technischen Einheiten angezeigt werden. Zählwerte werden durch Skalierung oder durch Division des Zählwerts durch die Felder „cpf“ oder „cpt“ in Tabelle 5.3 – Einstellbefehle in Einheiten umgerechnet.
	y	
	z	
Kraft und/oder Drehmoment	f	Die XYZM-Kraftdaten werden angezeigt.
	t	Die XYZM-Drehmomentdaten werden angezeigt.
Temperatur	i	Gibt die Temperatur auf der Sensormontageseite an. Wird in Grad Celsius angezeigt.
	j	Gibt die Temperatur auf der Werkzeugseite des Sensors an. Wird in Grad Celsius angezeigt.
Größe	m	Kraft- oder Drehmomentdaten werden als Betrag der Vektorkomponenten entlang der x-, y- und z-Achse angezeigt. Der Ausgabewert kann in F/T-Zählwerten oder technischen Einheiten angezeigt werden. Zählwerte werden durch Skalierung oder Division des Zählwerts durch die Felder „cpf“ oder „cpt“ in Tabelle 5.3 – Einstellbefehle in Einheiten umgerechnet.
Zählwerte oder Einheiten	c	Die XYZM-Daten werden in Zählwerten angezeigt.
	u	Die XYZM-Daten werden in den ausgewählten Benutzereinheiten angezeigt, zum Beispiel: N oder Nm. Einheiten sind die Standardeinstellung.
Zahlensystem	h	Die Daten werden als Hexadezimalzahl angezeigt. Alle Daten, die in Einheiten ausgegeben werden, werden standardmäßig immer als Dezimalzahl angezeigt.
	d	Die Daten werden als Dezimalzahl angezeigt.
Format	>	Die Daten werden in einer formatierten, für Menschen lesbaren Ausgabe dargestellt, zum Beispiel in Spaltenanordnung. > ist die Standardeinstellung.
	<	Die Daten werden in einer komprimierten Ausgabe dargestellt, die keine führenden Nullen, nachgestellten Nullen oder unnötige Leerzeichen enthält. Diese Ausgabe ist für

		Hochgeschwindigkeitsanwendungen vorgesehen, die in einer automatisierten Umgebung eingesetzt werden.
Zusätzliche Eingaben zur Unterstützung bei der Entwicklung eines Software-Programms	s	Diese Eingabe gibt einen CRC an.
	#	Diese Eingabe gibt einen Abtastzähler an, der jedes Mal erhöht wird, eine C- oder S-Zeile ausgegeben wird.
	@	Diese Eingabe gibt einen ADC-Lesezähler an, der bei jedem , wenn der ADC ausgelesen wird.
	\$	\$ ist ein Long-Spezifizierer-Tag, das den IMU-Spezifizierer angibt. Siehe Abschnitt 6.4 – IMU-Daten
Fehlerbehebung	!	Dieser Befehl gibt den 32-Bit-Statuscode an. Siehe Tabelle 7.2

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

1. C XTY wird wie folgt interpretiert:

user: c xty

Antwort: 0,001 N 0,0009 Nm

- a. Das „C“ ist ein Befehl zur Ausgabe fortlaufender Datenzeilen.
- b. Das X gibt an, dass F_x ausgegeben werden soll, da „force“ die Standardeinstellung ist.
- c. Das T gibt an, dass von nun an Drehmomente ausgegeben werden sollen, sobald ein x, y, z oder m (in dieser Zeile).
- d. Das „Y“ gibt an, dass T_y ausgegeben werden soll.

2. C TXY wird wie folgt interpretiert:

Benutzer: c txy

Antwort: 0,0009 Nm 0,0009 Nm

- a. Das C ist ein Befehl zur Ausgabe fortlaufender Datenzeilen.
- b. Das T legt fest, dass von nun an Drehmomente ausgegeben werden, sobald ein x, y, z oder m erkannt wird. (in dieser Zeile).
- c. Das X gibt an, dass T_x ausgegeben werden soll.
- d. Das Y gibt die Ausgabe von T_y an.

3. S D0123 wird wie folgt interpretiert:

Benutzer: s d01234567

Antwort: 246123 245592 246707 246029

- a. „S“ ist ein Befehl zum Ausgeben einer einzelnen Datenzeile.
- b. Der Buchstabe „D“ gibt an, dass die rohen ADC-Werte in Dezimalzahlen ausgegeben werden sollen.
- c. Eine Zahl zwischen 0 und 7 gibt an, dass die Daten für die entsprechende Messgerätnummer ausgegeben werden sollen. Beispielsweise gibt die 0 an, dass Daten für Messgerät 0 ausgegeben werden sollen, und die 3 gibt an, dass Daten für Messgerät 3 ausgegeben werden sollen.

4. „S CDFXYZTXYZ“ wird wie folgt interpretiert:

Benutzer: s cdfxyztxyz

Antwort: 961 959 963 960 966 965

- a. „S“ ist ein Befehl zur Ausgabe einer einzelnen Datenzeile.
- b. Die Befehle C und D legen fest, dass x-, y-, z- oder m-FT-Daten in Dezimalzahlen ausgegeben werden.
- c. Das F gibt an, dass Drehmomente ausgegeben werden sollen, sobald von nun an ein X, Y, Z oder M (in dieser Zeile).
- d. Das T legt fest, dass die Drehmomente ausgegeben werden, sobald von nun an ein X, Y, Z oder M (in dieser Zeile).

Einheiten

Um die tatsächlichen Kraft- und Drehmomentwerte zu erhalten, muss jeder Kraftwert durch den Faktor „Counts per Force“ (cpf) und jeder Drehmomentwert durch den Faktor „Counts per Torque“ (cpt) dividiert werden. Die cpf- und cpt-Faktoren können mithilfe des SET-Befehls abgerufen werden („[Tabelle 6.3 – SET-Befehle](#)“).

Beispiel: Wenn bei einer Kalibrierung 1.000.000 Zählwerte pro N angegeben werden und F_z 4.500.000 Zählwerte anzeigt, beträgt die in der Z-Achse ausgeübte Kraft 4,5 N.

6.3 Set-Befehl

Mit dem Set-Befehl können Benutzer bestimmte Einstellungen anzeigen oder festlegen, die in [Tabelle 6.3 – Set-Befehle](#) aufgeführt sind. Im Folgenden finden Sie Beispiele für einen Set-Befehl mit Spezifizierern:

1. Beispiel: set baud

user: set baud

response: baud

115200

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

Benutzer: set baud 1000000

Antwort: baud betrug 115200, jetzt 1000000

Benutzer: saveall

Antwort: Parameter in NVM-Bank 0
gespeichert. Parameter in NVM-
Bank 1 gespeichert.

- Durch Eingabe eines Werts 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: ttdx-

Benutzer festlegen:

ttdx-Antwort

festlegen:

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

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

Benutzer: set ttdx 1

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

Benutzer: saveall

Antwort: Parameter in NVM-Bank 0
gespeichert Parameter in NVM-
Bank 1 gespeichert

- Standardmäßig sind die Einheiten für Werkzeugtransformationen Millimeter für Entfernungen und Radiant für Winkel. Diese Einheiten können mit den Befehlen „ttdu“ (Entfernungseinheiten) und „ttau“ (Winkleinheiten) geändert werden. Siehe [Tabelle 6.3](#).
- Denken Sie daran, den Befehl „saveall“ auszuführen, um sicherzustellen, dass alle Änderungen im nichtflüchtigen Speicher gespeichert werden.

Tabelle 6.3 – Befehle zum Festlegen				
Feld	Lesen/Bearbeiten	Beispiel	Datentyp	Beschreibung
SerialNum	Lesen	FT00123	STRING(8)	Kalibrierte F/T-Seriennummer
partNum	Lesen	Num-4	STRING(30)	Kalibrierungs-Teilenummer
calFamily	Lesen	ENET	STRING(8)	Liest immer „ENET“
CalTime	Lesen	01.01.1970 00:00	STRING(30)	Der Datums- und Zeitsensor wurde kalibriert
max0				Maximaler Nennkraftwert in
max1				

max2	Lesen	2147483647	32-Bit- Ganzzahl ohne Vorzeichen	Zählwerten für diese Achse.
max3				Maximaler Nenn- Drehmomentwert in Zählwerten für diese Achse.
max4				
max5				

Tabelle 6.3 – Einstellbefehle				
Feld	Lesen/Bearbeiten	Beispiel	Datentyp	Beschreibung
maxer0	Lesen	2147483647	32-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	Erweiterter Nennwert der maximalen Nennkraft in Zählwerten für diese Achse. Dieser Wert ist auf eine begrenzte Anzahl von Zyklen beschränkt. Siehe Abschnitt 6.5 – Erweiterter Lastbereich
maxer1				
maxer2				
maxer3				
maxer4				
maxer5				Erweiterter Nenn-Maximalwert für das Drehmoment in Zählimpulsen für diese Achse. Dieser Wert ist auf eine begrenzte Anzahl von Zyklen beschränkt. Siehe Abschnitt 6.5 – Erweiterter Lastbereich
forceUnits	Lesen	1	8-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	Krafteinheiten. 0=Lbf, 1=N, 2=Klbf, 3=kN, 4=Kg
Drehmoment-Einheiten		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	Kalibrierungsimpulse pro Krafteinheit.
cpt		100000		Kalibrierungsimpulse pro Drehmomenteinheit.
peakPos0	Lesen	2395927	32-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	Spitzenlasten (positiv). Historische Spitzenwerte für positive Kraft- und Drehmomentbelastungen 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-Einheiten
PeakNeg1		-2008525		
PeakNeg2		-9148784		
PeakNeg3		-46851		
PeakNeg4		-12383		
PeakNeg5		0		
sensorHwVer	Lesen	0	16-Bit-Ganzzahl	Aktuelle Version der Sensor-Hardware
sensorInstr		1		Interne Fertigungsdaten

paramWrites		4	ohne Vorzeichen	Anzahl der Schreibvorgänge, bei denen der Sensor die Parameter in den NVM geschrieben hat
-------------	--	---	--------------------	--

Tabelle 6.3 – Einstellbefehle					
Feld	Lesen/Bearbeiten	Beispiel	Datentyp	Beschreibung	
adcRate	Lesen und Bearbeiten	1000 (Standard)	16-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	ADC-Rate in Hz: 1000, 2000, 4000, 8000, 16000.	
rdtRate		40		RDT-Übertragungsrate 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.	
Standort		Prüfstand	STRING(40)	Zeigt den physischen Standort an.	
hwRev	Lesen	04	16-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	Hardware-Revisionsnummer	
ttdu	Lesen und Bearbeiten	2	8-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	Einheiten für Werkzeug-Transformationsabstand:	
				Wert	Einheit
				0	in
				1	Fuß
				2	mm
				3	cm
				4	m
ttau	1	8-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	Einheiten für den Werkzeug-Transformationswinkel:		
			Wert	Einheit	
			0	Grad	
			1	Radiant	
ttdx	Lesen und bearbeiten	0 (Standard)	Float	Werkzeug-Transformationsabstände	
ttdy		0 (Standard)			
ttdz		0 (Standard)			
ttrx		0 (Standard)		Drehwinkel der Werkzeugtransformation	
ttry		0 (Standard)			
ttrz		0 (Standard)			
baud	Lesen und	115200 (Standard)	32-Bit-Ganzzahl ohne Vorzeichen	UART-Baudrate. Muss zwischen 300 und 3M liegen. Alle Baudraten sind vorübergehend gültig, bis der Befehl „saveall“ gesendet	

	Bearb eiten		n	wird.
msg		1	8-Bit- Ganzzahl ohne Vorzeich e n	0 = Nur angeforderte Meldungen ausgeben 1 = Alle Meldungen ausgeben
serial	Lesen	0		0 = Ethernet und seriell 1 = Nur- Seriell-Modus.

Tabelle 6.3 – 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 mehr erfüllt ist, wird der Ausgangscode nicht mehr angezeigt. 1: Verriegelnd: Der gültige Ausgabecode bleibt aktiv, nachdem ein Schwellenwert erreicht wurde, auch wenn sich die Bedingungen ändern und der Schwellenwert nur kurzzeitig erreicht wurde.
mcOutDelay		20		Globale Verzögerung für momentane 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, wird die Überwachungsbedingung ausgelöst. 1: Verwendet die bitweise ODER-Verknüpfung. Wenn mindestens eine der festgelegten Schwellenwertbedingungen erfüllt ist, wird die Überwachungsbedingung ausgelöst.

6.4 IMU- Daten

HINWEIS: Vor dem Streaming oder der Einrichtung von IMU-Daten muss der Benutzer eine IMU-Kalibrierung gemäß den Anweisungen im Handbuch [9620-05-B-Sano74](#) durchführen

6.4.1 Konfiguration von Beschleunigungsmesser und Gyroskop

Der Beschleunigungsmesser und das Gyroskop der Sano74-IMU können mit dem Befehl „`acclcal`“ konfiguriert werden (siehe [Tabelle 6.1](#)). Dem Benutzer stehen die folgenden vier Kombinationen zur Verfügung:

- `acclcal 2g`: Stellt den Messbereich des Beschleunigungssensors auf +/- 2 g 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

6.4.2 Streaming von IMU-Daten

Die IMU-Daten von Beschleunigungsmesser und Gyroskop werden über C/S-Befehle unter Verwendung von Long-Spezifizierern gestreamt. Nach einem Spezifizierer-Tag \$ aus [Tabelle 6.2](#) beschreiben Long-Spezifizierer die zu streamenden IMU-Daten. Zusätzliche Modifikatoren können verwendet werden, um den Datentyp zu steuern. Siehe [Tabelle 6.5 – IMU-Spezifizierer](#) für Optionen zum Streamen von IMU-Daten.

Tabelle 6.4 – IMU-Spezifikatoren					
Spezifikator	Name	Modifikatoren ¹	Einheiten	Typ	Achsen
\$A	Beschleunigungsmesser	C	Zählwerte	16 Bit	XYZ
		U	m/s ²		
\$G	Gyroskop	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	k. A.
	Genauigkeitsstufe des Beschleunigungssensors ²	Bits 54			
	Genauigkeitsstufe des Gyroskops ²	Bits 32			
US-Dollar	Mikrosekunden-Zähler (us)	Keine	Zählwerte	32-Bit	k. A.
\$HDR	Sende 0x1234 zur Paketsynchronisation	Keine	k. A.	16 Bit	k. A.
\$TW	Zweiwege-Kommunikation im kontinuierlichen Modus aktivieren	N/A: Es wurden keine Daten zurückgegeben			

Hinweise:

1. Modifikatoren

C: Gibt die IMU-Rohdaten aus.

U: Gibt die kalibrierten IMU-Daten aus. Wenn ein Feld Modifikatoren zulässt, aber kein Modifikator vorhanden ist, werden standardmäßig IMU-Daten standardmäßig ausgegeben.

2. Siehe [Abschnitt 6.4.3 – Verfahren zur Überprüfung der IMU-Genauigkeit](#).

Beispiele:

1. Beschleunigungssensor

Benutzer: *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 X-, Y- und Z-Achse aus.
- Standardmäßig werden die Werte als kalibrierte 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 auf den X-, Y- und Z-Achse aus.
- Die Werte werden standardmäßig in den kalibrierten IMU-Daten ausgegeben.

6.4.3 Verfahren zur Überprüfung der IMU-Genauigkeit

Die IMU verfügt über eine integrierte Genauigkeitsprüfung, die die Ausgangssignale des Beschleunigungssensors und des Gyroskops überwacht. Die Genauigkeit der IMU-Daten wird dem Endbenutzer anhand der folgenden Definitionen mitgeteilt:

Tabelle 6.5 – Maske für die IMU-Genauigkeitsstufe		
Beschreibung	Binärwert	Dezimalwert
Unzuverlässig	00	0
Geringe Genauigkeit	01	1
Genauigkeit: Mittel	10	2
Genauigkeit: Hoch	11	3

Zwar muss der Endanwender entscheiden, welche genaue Leistungsgenauigkeit für eine Anwendung erforderlich ist, 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 ein Kalibrierungsvorgang durchgeführt werden, wie er im Abschnitt „IMU Dynamic Calibration Procedure“ des Handbuchs [9620-05-B-Sano74](#) beschrieben ist.

Um den ausgegebenen Genauigkeitswert korrekt zu interpretieren, muss der Anwender den hexadezimalen Wert in einen binären Wert umrechnen.

1. Beispiel: Genauigkeitsstufen

Benutzer: `s $acl`

Antwort: `s $acl`
`24`

- Durch Eingabe des Befehls „s“ mit dem Operanden „\$acl“ gibt der Sensor die Genauigkeitsstufen des Beschleunigungssensors und des Gyroskops aus.
- Die Daten werden im Hexadezimalformat ausgegeben. Der Benutzer muss die hexadezimale Ausgabe in Binärcode umwandeln, um die Genauigkeitsstufe abzulesen. In diesem Beispiel würde 24 in Binärcode zu 0010 0100 umgewandelt werden.
- Anhand von [Tabelle 6.5](#) kann der Benutzer die binäre Ausgabe einer Genauigkeitsstufe zuordnen. In diesem Beispiel würde 0010 0100 bedeuten, dass der lineare Beschleunigungssensor (00) unzuverlässig ist, der Beschleunigungssensor (10) eine mittlere Genauigkeit aufweist und das Gyroskop (01) eine geringe Genauigkeit hat.

6.5 Erweiterter Lastbereich

Die Sano-Sensoren von ATI verfügen über eine erweiterte Belastungsbereichsfunktion, die es dem Anwender ermöglicht, die kalibrierte Nennlast des Sensors innerhalb des angegebenen erweiterten Belastungsbereichs für bis zu 250.000 Zyklen zu überschreiten.

Der konkrete erweiterte Bereich ist in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 6.6 – Kalibrierung und erweiterter Messbereich		
Achse	Kalibrierbereich	Erweiterter Bereich
F_x	130 N	130 N
F_y	130 N	130 N
F_z	400 N	400 N
T_x	12 Nm	20 Nm
T_y	12 Nm	20 Nm
T_z	12 Nm	20 Nm

Es steht ein Zähler zur Verfügung, um zu erfassen, wie viele Zyklen der Sensor innerhalb dieses erweiterten Lastbereichs betrieben wurde. Der Zähler erfasst jedes Mal, wenn das Gerät den normalen Kalibrierbereich überschreitet, sowie jedes Mal, wenn das Gerät den erweiterten Messbereich überschreitet.

Dieser Zähler heißt „FtOorCountMr“ für den normalen Kalibrierungsbereich und „FtOorCountEr“ für den erweiterten Bereich. Durch die Ausführung des Befehls „set ft“ wird der Gesamtzählerwert für jeden Bereich ausgegeben. Beispiel:

Benutzer: `set ft`

Antwort:

<i>Feld</i>	<i>Wert</i>
-----	-----
<i>ftOorCountMr</i>	5910
<i>ftOorCountEr</i>	0

Die gleichen Felder und die entsprechenden Werte finden sich in der Antwort auf den Statusbefehl. Für EtherCAT-Anwender sind diese Zähler im Objekt 0x2021 verfügbar. Siehe [Abschnitt 5.2.2 – Objekt 0x2021: Kalibrierung](#).

Der erweiterte Lastbereich bietet der Anwenderanwendung zwar Flexibilität, es kann jedoch nicht garantiert werden, dass Daten, die während des Betriebs des Sensors im erweiterten Lastbereich übertragen werden, die Genauigkeitsspezifikationen erfüllen.

7. Fehlerbehebung

Dieser Abschnitt enthält Lösungen für einige Probleme, die bei der Einrichtung und Verwendung des Sensors auftreten können. Weitere Anleitungen zur Fehlerbehebung finden Sie im Handbuch [9620-05-B-Sano74](#).

Hinweis:

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

1. Seriennummer, zum Beispiel: FT01234
2. Sensormodell, zum Beispiel: Sano74
3. Kalibrierung, zum Beispiel: SI-130-10
4. Genaue und vollständige Beschreibung der Frage oder des Problems.
Informationen zum Statuscode finden Sie in [Abschnitt 5.2.8 – Objekt 0x6010: Statuscode](#).
5. Informationen zu Computer und Software, zum Beispiel: Betriebssystem, PC-Typ, Treiber und Anwendungssoftware.

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

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

ATI Industrial Automation

1031 Goodworth Drive

Apex, NC 27539 USA

Tel.: +1 919-772-0115 • Fax: +1 919-772-8259 • www.ati-ia.com

Anwendungstechnik

E-Mail: ft.support@novanta.com

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

7.1 LED-Fehler

Tabelle 7.1 – LED-Fehler	
Symptom	Behebung
Die Status-LED leuchtet nach der (20) Sekunden langen Einschaltphase weiterhin rot.	Überprüfen Sie die Anschlüsse des Sensorkabels. Vergewissern Sie sich, dass das Sensorkabel nicht beschädigt ist. Möglicherweise liegt ein interner Fehler im Sensor vor. Überprüfen Sie den Statuscode (siehe Tabelle 7.2).
Die Status-LED leuchtet in den ersten (20) Sekunden nach dem Einschaltvorgang und leuchtet anschließend grün.	Normal.
Die EtherCAT-Verbindungs-/Aktivitäts-LEDs leuchten weder grün noch blinken nicht grün.	Überprüfen Sie die Anschlüsse des Sensors und der EtherCAT-Kabel. Stellen Sie sicher, dass das EtherCAT-Master-Gerät über die richtige ECAT-ESI-Datei verfügt.
Die EtherCAT-Verbindungs-/Aktivitäts-LEDs leuchten nicht (keine Aktivität und der Sensor wird mit Strom versorgt).	Stellen Sie sicher, dass der richtige Port (am EtherCAT-Master oder am Knoten) aktiviert ist und die Kommunikation zulässt.

7.2 Statuscode

Tabelle 7.2 – Objektindex (hex) 0x6010: Statuscode							
Bit -Nr.	Bitmuster	Status	Beschreibung				Fehler?
0	00000001	Temperatur des Messgeräts außerhalb des zulässigen Bereichs	Dieses Bit ist aktiv (High), wenn die Temperatur außerhalb des Bereichs -5 bis 70 °C liegt.				Ja
1	00000002	Versorgungsspannung außerhalb des Bereichs	Dieses Bit ist aktiv (High), wenn die Eingangsspannung außerhalb des Bereichs von 12 V bis 30 V liegt.				Ja
2	00000004	Messgerät defekt	Dieses Bit ist aktiv (High), wenn ein Messgerät einen positiven Vollausschlag anzeigt, was darauf hindeutet, dass die elektrische Verbindung zu einem Messgerät unterbrochen oder getrennt ist. ¹				Ja
3	00000008	Beschäftigt	Der Sensor führt eine (1) oder mehrere der folgenden Aktivitäten durch, die die F/T-Daten vorübergehend beeinflussen können: • Eine Änderung an Objekt 0x2021 übernehmen: Kalibrierung • Änderung der Filterzeitkonstante • Änderung der verwendeten Kalibrierung • Änderung der ADC-Abtastrate • Schreiben in den Flash-Speicher • Jeder ADC-ISR-Überlauf				Ja
4	00000010	Reserviert					Nein
5	00000020	Häufiger Fehler	Der Mikrocontroller des Sensors hat einen Fehler auf Systemebene festgestellt. Der Fehler sollte nach einem Neustart behoben sein. Sollte das Problem weiterhin bestehen, wenden Sie sich bitte an ATI, um Unterstützung zu erhalten.				Ja
6-14	00007FC0	Reserviert					Nr.
15	00008000	F/T außerhalb des Bereichs – erweiterte Nennwerte	Kraft/Drehmoment außerhalb des erweiterten Nennbereichs. Dieses Bit wird gesetzt, wenn ein Kraft-/Drehmoment-Messwert außerhalb des erweiterten Lastbereichs liegt, basierend auf den Einstellungen von SET MAXER0 bis MAXER5.				Ja
16	00010000	Ausgang „Überwachungszustand 0“	Die Messdaten entsprechen nicht der in Abschnitt 5.2.4 – Objekt 0x2060: Überwachungsbedingungen, festgelegten Bedingung nicht .				Ja
17–18	00060000	IMU Genauigkeit des Beschleunigungssensors	Statusbit 18	Statusbit 17	Dezimalwert	Beschreibung	Ja
			0	0	0	Unzuverlässig	
			0	1	1	Geringe Genauigkeit	
			1	0	2	Genauigkeit: Mittel	
			1	1	3	Genauigkeit: Hoch	

19	00080000	IMU nicht vorhanden	Es ist keine IMU vorhanden oder die Zuverlässigkeit des IMU-Beschleunigungssensors ist nicht mindestens mittelmäßig	Ja
20–25	07FE0000	Reserviert		Nein
26	04000000	Warnung „Messwert außerhalb des Bereichs“	Dieses Bit ist aktiv, wenn während der letzten Haltezeit, die normalerweise 32 Abtastwerte beträgt, ein Warnbereich des Dehnungsmessstreifens (gageMinRangeWarn bis gageMaxRangeWarn) überschritten wurde.	Ja
Hinweis: 1. Weitere Informationen zur Fehlerbehebung finden Sie in Abschnitt 7 – Fehlerbehebung . 2. Nach 32 Abtastperioden wird dieses Bit zurückgesetzt, sobald der Fehlerzustand behoben ist und sich die Daten normalisiert haben. 3. „Kraft/Drehmoment außerhalb des Messbereichs“ entspricht dem, was in früheren Handbüchern zu Kraft-/Drehmomentsensoren als Sättigung bezeichnet wurde.				

Tabelle 7.2 – Objektindex (hex) 0x6010: Statuscode

Bit -Nr.	Bitmuster	Status	Beschreibung	Fehler?
27	08000000	Messwert außerhalb des Messbereichs	Das Bit ist aktiv, wenn in einer der letzten 32 Abtastungen der Betriebsbereich des Dehnungsmessstreifen-Ausgangs überschritten wurde.	Ja
28	10000000	Simulierter Fehler	Dieses Bit spiegelt das Bit „Simulierter Fehler – Steuerung“ in Abschnitt 5.2.13 – Objekt 0x7010: Steuercodes . Es kann zum Testen der Fehlerbehandlung durch den Benutzer verwendet werden.	Ja
29	20000000	Fehler bei der Kalibrierungs-Prüfsumme	Dieses Bit wird gesetzt, wenn die aktive Kalibrierung eine ungültige Prüfsumme aufweist.	Ja
30	40000000	Kraft-/Drehmomentausgang des Bereichs ²	Dieses Bit wird gesetzt, sobald ein Kraft-/Drehmoment-Messwert den kalibrierten Bereich überschreitet oder mathematisch gesättigt ist. Diese Überprüfung erfolgt vor der digitalen Filterung stattfindet. ¹	Ja
31	80000000	Fehler	Dieses Bit wird gesetzt, sobald ein Statuscode-Bit gesetzt ist, das einen Fehler anzeigt.	Ja

Hinweis:

1. Weitere Informationen zur Fehlerbehebung finden Sie in [Abschnitt 7 – Fehlerbehebung](#).
2. Nach 32 Abtastperioden wird dieses Bit zurückgesetzt, sobald der Fehlerzustand behoben ist und sich die Daten normalisiert haben.
3. „Kraft/Drehmoment außerhalb des Messbereichs“ ist vergleichbar mit dem, was in früheren Handbüchern zu F/T-Sensoren als Sättigung bezeichnet wurde.

Das Bitmuster kann abweichen, wenn mehr als ein Fehler vorliegt. Wenn der Statuscode beispielsweise 80000005, muss der Benutzer die Hexadezimalzahl in eine Binärzahl umwandeln.

Verwenden Sie einen kostenlosen Online-Rechner, um die Hexadezimalzahl in eine Binärzahl umzuwandeln:

Hex	8	0	0	0	0	0	0	5
Binär	1000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0101

Die Binärzahl hat insgesamt 32 Bits. Das niedrigstwertige Bit befindet sich am rechten Ende der folgenden Tabelle. „1“

bedeutet, dass das Bit gesetzt ist. „0“ bedeutet, dass das Bit nicht gesetzt ist.

Binärzahl	1	0	0	0	0	0	00 0000 000	0	0000 0000 00	0	0	0	0	1	0	1
Bit-Position	31	30	29	28	27	26	25 bis 17	16	15 bis 6	5	4	3	2	1	0	

In diesem Beispiel sind also die Bits 0, 2 und 31 gesetzt. Gemäß der vorstehenden Tabelle hat der Sensor einen Statuscodes „Temperatur“, „Fehler aufgrund eines defekten Messfühlers“ und „beliebiger Fehler“ (siehe [Tabelle 7.2](#)).

7.2.3.1 Statuscode „ “: Kraft/Drehmoment außerhalb des Messbereichs

Bit 30 in [Tabelle 7.2](#) wird gesetzt, wenn eine Kraft-/Drehmomentbelastung außerhalb des genauen Erfassungsbereichs des Sensors liegt (siehe Tabelle 9.1 – Messunsicherheit).

Bit 15 in [Tabelle 7.2](#) wird gesetzt, wenn eine Kraft- oder Drehmomentbelastung außerhalb des erweiterten Messbereichs des Sensors liegt. Ein Bereich erhöhter Kräfte und Drehmomente, der es dem Anwender ermöglicht, den Messbereich für spezielle und seltene Anwendungen vorübergehend zu überschreiten.

Bit 30 wird gesetzt, wenn die folgende Bedingung WAHR ist:

Der Gesamtprozentsatz des von den F/T-Achsen genutzten kalibrierten Bereichs beträgt mehr als 105 %. Siehe die folgende Gleichung.

$$\frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}}{F_{xy\text{Calibrated Range}}} + \frac{\sqrt{T_z^2}}{T_{z\text{Calibrated Range}}} \geq 105\% \text{ or } \frac{\sqrt{F_z^2}}{F_{z\text{Calibrated Range}}} + \frac{\sqrt{T_x^2 + T_y^2}}{T_{xy\text{Calibrated Range}}} \geq 105\%$$

Bit 15 wird gesetzt, wenn die folgende Bedingung WAHR ist:

Der Gesamtprozentsatz des von den F/T-Achsen genutzten erweiterten Messbereichs beträgt mehr als 105 %. Siehe die folgende Gleichung.

$$\frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}}{F_{xy\text{Extended Range}}} + \frac{\sqrt{T_z^2}}{T_{z\text{Extended Range}}} \geq 105\% \text{ or } \frac{\sqrt{F_z^2}}{F_{z\text{Extended Range}}} + \frac{\sqrt{T_x^2 + T_y^2}}{T_{xy\text{Extended Range}}} \geq 105\%$$

Wenn beispielsweise die folgenden Lasten auf einen Sano74-Sensor mit dem folgenden Kalibrierbereich:

Tabelle 7.3 – Beispiel für F/T außerhalb des Messbereichs			
Achse	Aufgebrachte Last	Kalibrierungsbereich	Erweiterter Bereich
F _x	30 N	130 N	130 N
F _y	-25 N	130 N	130 N
F _z	40 N	400 N	400 N
T _x	0,6 Nm	12 Nm	20 Nm
T _y	1,3 Nm	12 Nm	20 Nm
T _z	-6,2 Nm	12 Nm	20 Nm

Beispiel:

$$\frac{\sqrt{(30 \text{ N})^2 + (-25 \text{ N})^2}}{100} + \frac{\sqrt{(-6.2 \text{ Nm})^2}}{8} \geq 105\%$$

$$39\% + 78\% \geq 105\%$$

$$117\% \geq 105\%$$

TRUE

Dieser TRUE-Wert bedeutet, dass die F/T-Last außerhalb des Erfassungsbereichs des Sensors liegt. Daher wird Bit 30 in [Tabelle 7.2](#) gesetzt und zeigt einen Fehler an.

7.3 Grundlegende Hinweise zur Fehlerbehebung

Im folgenden Abschnitt sind die grundlegenden Anzeichen für ungenaue Daten und Systemfehler aufgeführt. Für jedes Anzeichen werden Ursachen und geeignete Lösungen vorgeschlagen.

Symptom: Rauschen – Sprünge bei den F/T-Messwerten von mehr als 0,05 % des Skalenendwert.

Ursache: Rauschen kann durch mechanische Schwingungen und elektrische Störungen verursacht werden, die möglicherweise auf eine schlechte Erdung zurückzuführen sind. Elektrische Störungen können auch von einem Gerät mit hohem Rauschpegel, wie z. B. einem Motor, ausgehen.

Lösung: Stellen Sie sicher, dass die Gleichstromversorgungsspannung für den Sano-Sensor kaum oder gar kein Rauschen enthält. Erden Sie den Sensor, indem Sie die Abschirmung des Kabels mit Masse verbinden. In den meisten Konfigurationen, 0 V ist ebenfalls mit der Masse verbunden. Schließen Sie den Roboter oder andere Vorrichtung an dieselbe Masse an.

Stellen Sie sicher, dass sich die Sensorkabel nicht mit anderen Kabeln kreuzen. Achten Sie darauf, dass sich die Sensorkabel nicht in unmittelbarer Nähe anderer Geräte befinden, die elektrisches Rauschen erzeugen könnten.

Vermeiden Sie Quellen mechanischer Störgeräusche. Ist dies nicht möglich, filtern Sie die Daten wie in [Abschnitt 4.4 – Tiefpassfilter](#) beschrieben. Weitere Informationen zu Störgeräuschen finden Sie in [Abschnitt 7.4 – Reduzierung von Störgeräuschen](#).

Ursache: Störsignale können auch auf einen Komponentenausfall innerhalb des Systems hinweisen.

Lösung: Überprüfen Sie den Statuscode des Sensors; siehe [Abschnitt 5.2.8 – Objekt 0x6010: Statuscode](#).

Führen Sie eine Genauigkeitsprüfung durch, wie im Handbuch [9620-05-B-Sano74](#) oder in [Abschnitt 4.5: „Wie bewerte ich die Genauigkeit und den Zustand des Sensors?“](#) im Dokument „Häufig gestellte Fragen (FAQ) ATI“ beschrieben unter: https://www.ati-ia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf.

Wenn der Sensor die Genauigkeitsprüfung nicht besteht, senden Sie ihn zur Überprüfung an ATI zurück. Wenden Sie sich unter ati-rma-admin@novanta.com an ATI, um eine Rücksendegenehmigung (RMA) zu erhalten.

Symptom: Drift – wenn die F/T-Daten nach dem Entfernen einer Last weiter ansteigen oder abfallen.

Ursache: Eine gewisse Drift aufgrund von Temperaturänderungen ist normal. Im Vergleich zur X- und Y-Achse lässt sich eine Drift in der Z-Achse leichter beobachten.

Lösung: Lassen Sie den Sensor etwa dreißig Minuten lang aufwärmen, bis er sich im Gleichgewichtszustand befindet und die Luft sowie andere Objekte den Sensor berühren. Verwenden Sie den Bias-Befehl, um die Messwerte wieder auf Null zu setzen. Führen Sie den Bias regelmäßig durch.

Verwenden Sie einen Isolator zwischen dem Sensor und allen Werkzeugen oder Vorrichtungen, die eine andere Temperatur aufweisen. Vermeiden Sie Temperaturgradienten über den Sensor hinweg. Schützen Sie den Sensor vor übermäßiger Luftströmung.

Weitere Informationen dazu, wie Sie eine Drift aufgrund von Temperaturänderungen vermeiden können, finden Sie im folgenden ATI-Dokument:

<https://www.ati-ia.com/Library/Documents/DriftExplanation.pdf>

Symptom: Hysterese — Wenn der Sensor aus einem Null- oder Vorspannungszu- stand belastet wird und anschließend die Belastung entfernt wird, kehrt der Sensorausgang nicht sofort auf Null zurück.	Ursache: Mechanische Kopplung oder ein interner Fehler können eine Hysterese verursachen, die außerhalb des für den Sensor spezifizierten und zulässigen Bereichs der Messunsicherheit (Fehler) liegt. Lösung: Stellen Sie sicher, dass der Sensor ordnungsgemäß installiert ist, die Befestigungselemente fest angezogen sind und die kundenseitigen Vorrichtungen sicher montiert sind; beachten Sie dazu den <i>Abschnitt</i> „Installation“ im Handbuch 9620-05-B-Sano74 . Verwenden Sie den Bias-Befehl, um die Messwerte wieder auf Null zurückzusetzen.
Symptom: Objekt 0x6010: Statuscode; Bit 1 – Die Versorgungss- pannung liegt außerhalb des zulässigen Bereichs.	Ursache: Liegt die Versorgungsspannung außerhalb des zulässigen Bereichs, ist das Bit aktiv, was auf einen möglichen Systemfehler oder -ausfall hinweist. Lösung: Schalten Sie das System aus und wieder ein. Stellen Sie sicher, dass die Versorgungsspannung gemäß Abschnitt 8 – Technische Daten .
Symptom: Objekt 0x6010: Statuscode; Bit 3 – Busy-Bit	Ursache: Solange der Sensor beschäftigt ist, ist das „Busy Bit“ auf ON = 1 gesetzt. Der Sensor ist gerade damit beschäftigt, eine Änderung vorzunehmen, z. B. eine Änderung der ADC-Rate, einen Filter oder eine aktive Kalibrierung.
	Lösung: Warten Sie nach dem Vornehmen von Änderungen, bis das Busy-Bit auf OFF = 0 ist. Lesen Sie dann Daten aus oder nehmen Sie weitere Änderungen vor.
Symptom: Objekt 0x6010: Statuscode; Bit 2, 26, 27 oder 30 – außerhalb des zulässigen Bereichs	Ursache: Der Sano-Sensor wurde möglicherweise überlastet, sodass sich die Messgeräte nun im gesättigten Zustand befinden. Lösung: Entfernen Sie die anliegenden Lasten. Wenn die Fehler weiterhin bestehen, setzen Sie die Fehlersuche fort. Demontieren Sie den Sensor. Unsachgemäße Montageverfahren können zu hohen Belastungen des Sensors führen. Wenn Fehler wie „F/T außerhalb des Messbereichs“, „Messgerät außerhalb des Messbereichs“ oder „Messgerät defekt“ weiterhin auftreten, ist der Sensor wahrscheinlich durch Überlastung dauerhaft beschädigt. Führen Sie eine Genauigkeitsprüfung durch (siehe 9620-05-B-Sano74) oder lesen Sie Abschnitt 4.5: „Wie bewerte ich die Genauigkeit und den Zustand des Sensors?“ im ATI-Dokument „Häufig gestellte Fragen“ (FAQ) unter: https://www.ati-ia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf . Wenn der Sensor die Genauigkeitsprüfung nicht besteht, senden Sie ihn zur Überprüfung an ATI zurück. Wenden Sie sich unter ati-rma-

admin@novanta.com an ATI, um eine
Rücksendegenehmigung (RMA) zu erhalten.

Symptom: *Objekt*
0x6010: Statuscode;
Bit 17 oder 18—
Die
Genauigkeit
der IMU ist
nicht hoch.

Ursache: Die Nullpunktabweichungen der IMU-Hardware sind nicht korrekt
eingestellt.

Lösung: Führen Sie das Verfahren zur dynamischen Kalibrierung
der IMU durch, das
im Handbuch *9620-05-B-Sano74* *beschriebenen Verfahren*
zur dynamischen Kalibrierung der IMU.

Symptom: Der Sensor und/oder EtherCAT-Programm reagiert nicht.

Ursache: Der Sensor verfügt über eine unzureichende Stromversorgung.

Lösung: Stellen Sie sicher, dass die Stromversorgung den in [Abschnitt 8 – Technische Daten](#).

Stellen Sie sicher, dass die Kabel unbeschädigt sind und gemäß dem *Abschnitt „Installation“* im Handbuch [9620-05-B-Sano74](#) korrekt verlegt wurden.

Ursache: Die ESI-Datei der Software ist nicht ordnungsgemäß installiert oder nicht auf dem neuesten Stand.

Lösung: ATI bietet mehrere EtherCAT-Produkte an, die unterschiedliche ESI-Dateien verwenden. Laden Sie die neueste EtherCAT-Sano-ESI-Datei von der ATI-Website herunter. Laden Sie diese ESI-Datei in den EtherCAT-Master. Die Vorgehensweise zum Herunterladen der Datei hängt vom jeweiligen Master ab. ESI-Dateien werden auch als als .XML-Dateien oder Gerätebeschreibungsdateien bezeichnet. Weitere Informationen finden Sie in [Abschnitt 5.3 – Umwandlung von F/T-Daten von Zählwerten in Einheiten](#).

Ursache: Hardware von Drittanbietern ist nicht mit EtherCAT kompatibel.

Lösung: Stellen Sie sicher, dass der Roboter/die SPS/der PC als EtherCAT-Master fungiert. Verwenden Sie EtherCAT-Verteiler zur Signalaufteilung, da Standard-Ethernet-Switches mit EtherCAT nicht kompatibel sind. Wenn das Master-Gerät über mehrere Anschlüsse verfügt, stellen Sie sicher, dass der Sensor an den richtigen Anschluss angeschlossen ist. Einige PC-EtherCAT-Master erfordern die Installation spezieller Treiber an den richtigen Anschluss anschließen, damit das System ordnungsgemäß mit EtherCAT arbeiten kann.

Ursache: Der Sensor weist einen Hardware- oder Softwarefehler auf.

Lösung: Beobachten Sie die LEDs des Sano-Sensors; siehe [Abschnitt 4.2 – LED-Betrieb im Normalzustand](#).

Symptom: Der Sensor ist angeschlossen, überträgt keine Daten

Ursache: Die Geräte des Benutzers sind nicht mit der Echtzeit-EtherCAT-Kommunikation.

Lösung: Stellen Sie sicher, dass das Sensorsystem mit der Echtzeit-EtherCAT-Kommunikation.

Ursache: Die Verbindung vom Gerät des Anwenders zum Sensor ist unterbrochen.

Lösung: Versuchen Sie eine direkte Verbindung vom EtherCAT-Gerät des Anwenders zum Sano-Sensor. Standard-Ethernet-Netzwerk-Switches können in EtherCAT-Systemen nicht verwendet werden. Verwenden Sie bei Bedarf anstelle von Ethernet-Switches ein EtherCAT-Verbindungsgerät.

Ursache: Am Sensor ist ein Hardware- oder Softwarefehler aufgetreten.

Lösung: Beobachten Sie die LEDs des Sano-Sensors; siehe [Abschnitt 4.2 – LED-Betrieb im Normalzustand](#).

Symptom: Der Sensor liefert keine korrekten F/T-Daten.

Ursache: Der Sensor wurde möglicherweise über seine Kalibrierungsgrenzen hinaus überlastet.

Die Kalibrierungsgrenzen finden Sie im Handbuch [9620-05-B-Sano74](#).

Lösung: Überprüfen Sie den Statuscode. Die Fehlerbits, die sich auf eine Überlastung beziehen, sind:

2, 26, 27 und 30. Siehe Lösung für [das Symptom – Objekt 0x6010: Statuscode; Bit 2, 26, 27 oder 30 – Außerhalb des Bereichs](#).

Ursache: Die Konfiguration des Sensorsystems ist nicht korrekt eingerichtet.

Lösung: Überprüfen Sie, ob die Installation korrekt ist; lesen Sie dazu [Abschnitt 3 – Installation](#) oder wenden Sie sich an ATI, um Unterstützung zu erhalten.

Ursache: Der Sensor ist nicht ordnungsgemäß installiert, zum Beispiel: Es wurden ungeeignete Befestigungselemente verwendet oder der Sensor nicht auf einer ebenen, stabilen Oberfläche montiert ist.

Lösung: Stellen Sie sicher, dass der Sensor korrekt installiert ist; beachten Sie dazu die [Abschnitte „Installation“](#) und [„Fehlerbehebung“](#) im Handbuch [9620-05-B-Sano74](#).

Ursache: Mechanische Kopplung – ein fremder Gegenstand, wie z. B. ein kundeneigenes Werkzeug oder eine Vorrichtung, berührt die Oberfläche des Sensors zwischen der Befestigungsseite und der Werkzeugseite.

Lösung: Entfernen Sie alle Fremdkörper zwischen der Werkzeugseite und der Schnittstellenplatte. Achten Sie auf eine ordnungsgemäße Kabelführung bei Kabeln und Schläuchen; verlegen Sie diese nicht zu straff zwischen der Befestigungs- und der Werkzeugseite des Sensors.

Alles, was mit Oberflächen wie der Durchgangsbohrung im Sensor oder den Abdeckplatten auf beiden Seiten des Sensors in Kontakt kommt, verursacht eine Belastung oder Bewegung, die zu ungenauen F/T-Daten führen kann.

Symptom: Die Werte stimmen nicht

mit den erwarteten Werten überein, zum Beispiel: Die F/T-Werte schwanken, sind aber sind höher als eine bekannte angelegte Last.

Ursache: Der Benutzer betrachtet möglicherweise Messdaten anstelle von F/T-Daten.

Lösung: *Objekt 0x6030: „Gage Data“* gibt Dehnungsmessstreifen-Daten aus. Die Gage-Daten stehen nicht in einer 1:1-Korrelation zu den F/T-Achsen-Daten. Um F/T-Daten anzuzeigen, siehe *Objekt 0x6000: „Reading Data“*.

Ursache: Der Sensor gibt Daten in Zählwerten aus. Die Zählwerte müssen durch die Werte „Zählwerte pro Kraft“ (CpF) oder „Zählwerte pro Drehmoment“ (CpT) geteilt werden, um sie in Kalibrierungseinheiten (wie N und Nm) umzurechnen.

Lösung: Überprüfen Sie, ob der Benutzer oder die Software des Benutzers die F/T-Werte skaliert, um sie in Einheiten umzurechnen. Verwenden Sie die Werte „CpF“ und „CpT“, um die Rohwerte für Kraft und Drehmoment in Einheiten umzurechnen. Die Werte für „CpF“ und „CpT“ finden Sie in *Abschnitt 5.2.2 – Objekt 0x2021: Kalibrierung*.

Ursache: Wenn die rohen F/T-Werte bereits in Einheiten umgerechnet wurden und die Werte hoch oder unsinnig sind, überprüfen Sie, ob der Sensor sich nicht in einem der folgenden Zustände befindet: Sättigung, Messgerät außerhalb des Messbereichs oder F/T außerhalb des Messbereichs.

Überprüfen Sie den Statuscode des Sensors; siehe *Abschnitt 5.2.8 – Objekt 0x6010: Statuscode*.

Lösung: Wenn die Werte den Kalibrierungsbereich des ATI-Sensors gemäß dem Handbuch *9620-05-B-Sano74* überschreiten, sind die gemeldeten Werte falsch. Weitere Informationen finden Sie in *Abschnitt 2.1: Messbereich und Überlastgrenzen* im ATI-Dokument „Häufig gestellte Fragen (FAQ)“ unter: https://www.atia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf.

Symptom: Die anfänglichen F/T-Werte sind ungleich Null, obwohl keine Last anliegt.

Normal. Versetzen Sie den Sensor in einen Bias-Zustand, um alle F/T-Werte wieder auf Null zu bringen.

7.4 Rauschunterdrückung

7.4.1 Mechanische Schwingungen

In vielen Fällen handelt es sich bei dem wahrgenommenen Geräusch tatsächlich um eine reale Schwankung der Kraft und/oder des Drehmoments, die durch Schwingungen im Werkzeug oder im Roboterarm verursacht wird. Der Sano-Sensor verfügt über digitale Tiefpassfilter, die Frequenzen oberhalb eines bestimmten Schwellenwerts dämpfen können. Reichen digitale Tiefpassfilter nicht aus, kann der Anwendungssoftware ein digitaler Filter hinzugefügt werden.

7.4.2 Elektrische Störungen

Um die Auswirkungen elektrischer Störungen auf den Sensor zu verringern, gehen Sie wie folgt vor:

- Wenn Störungen durch Motoren oder andere geräuschverursachende Geräte festgestellt werden, überprüfen Sie die Masseanschlüsse des Sensors.
- Wenn eine ausreichende Erdung nicht möglich ist oder das Rauschen nicht reduziert, sollten Sie den Einsatz der digitalen Tiefpassfilter des Sensors in Betracht ziehen.
- Stellen Sie sicher, dass es sich um eine Stromversorgung der Klasse 1 handelt, die über einen Erdungsanschluss verfügt.

8. Technische Daten

Die Anforderungen an die EtherCAT-Sensorschnittstelle werden in den folgenden Abschnitten behandelt. Die technischen Daten der ATI-F/T-Sensormodelle finden Sie im Handbuch [9620-05-B-Sano74](#).

8.1 Elektrische Spezifikationen

Tabelle 8.1 – Stromversorgung ¹			
Stromquelle	Spannung		
	Minimum	Nennwert	Maximal
Gleichstrom	12 V	24 V	30 V
Hinweise: 1. Der Eingang des Netzteils ist gegen Verpolung geschützt. Wenn die Strom- und Masseanschlüsse am Netzteil verpolt angeschlossen werden, verhindert der Verpolungsschutz, dass der falsch verdrahtete Eingang den Sensor beschädigt oder einschaltet.			