

Vibrationssensor basierend auf MEMS Sensorik

Schnittstelle: PROFIsafe/PROFINET

Modell NVT / S3



- **Berührungsloses, verschleißfreies MEMS Sensorsystem**
- **Anzahl Messachsen: 2**
- **max. Frequenzbereich: 0,05 ... 60 Hz**
- **Messbereich: ± 2 g**
- **Besonderheiten:**
 - ◆ **RMS Mittelung**
 - ◆ **PEAK - Funktion**
 - ◆ **zusätzlich PROFINET Standard Übertragung ("grauer Kanal")**

**Zertifiziert nach
EN ISO 13849: PLd**

Aufbau

Das Sensorsystem ist als Komponente für den Einsatz beispielsweise in Windkraftanlagen zur Messung und Auswertung von Schwingungen im Turmkopf vorgesehen. Erfassung von dynamischen Beschleunigungen mittels MEMS-Sensoren (Micro-Electro-Mechanical-System) mit anschließender Digitalisierung durch Controller.

Das Gerät besteht aus einem Beschleunigungssensor, einer Controllereinheit und der Ausgangsschnittstelle PROFIsafe über PROFINET für die Beschleunigungsdaten.

Durch die hohe Widerstandsfähigkeit gegen Vibration und Schock - auch weit über den Messbereich hinaus - ist der Sensor für den Einsatz in Bereichen mit rauen Umweltbedingungen geeignet.

Der elektrische Anschluss erfolgt über drei Stecker.

5 Leuchtdioden erleichtern die Inbetriebnahme und die Diagnose.

Funktionsweise

MEMS Sensoren sind integrierte Schaltkreise, die in Silizium-Bulk-Mikromechanik Technologie gefertigt werden. Sie haben eine hohe Lebensdauer und sind sehr robust.

Die vom Beschleunigungssensor gelieferten Messwerte werden nach der Ermittlung des Gleichanteils und einer Skalierung den Filtereinheiten zur Verfügung gestellt. Es gibt bis zu sechs Filter. Der Gleichanteil entsteht durch nicht exakt horizontalen Einbau, so dass ein Anteil des Erdgravitationsfeldes mitgemessen würde. Der aufgrund des Gleichanteils entstehende Offset in der Vibrationswertmesskurve (Verschiebung des Nullpunktes) wird rechnerisch ermittelt (Verteilung der positiven und negativen Messwerte um den Nullpunkt) und subtrahiert. Innerhalb von ca. 30 - 40 Sekunden wird der reine Wechselanteil ausgegeben. Die Berechnung findet permanent statt. Diese Funktion ist ab Werk abschaltbar.

Die Filtereinheiten sind einzeln in der Filtercharakteristik zur Frequenzselektion werksprogrammierbar (Hoch- oder Tiefpass oder Bandpass). Sie können den zwei horizontalen Achsen zugeordnet werden (in der Regel x und y genannt) oder der Vektorsumme.

Die dann zu Verfügung stehenden Ausgangssignale der Filter werden verwendet für:

- ◆ Ausgabe PROFIsafe über PROFINET Protokoll
- ◆ zusätzliche Ausgabe über PROFINET Standardprotokoll
- ◆ Berechnung von Momentan- oder RMS Ausgabe sowie Peak- oder Integralwert Ausgabe

Profinet-Interface nach IEC 61158 / 61784 bzw. PNO-Spezifikation Order No. 2.712 und 2.722, Version 2.3, integriert.

Unterstützt werden die Realtime Klassen 1 und 3, d.h. Real Time (RT) und Isochronous Real Time (IRT) sowie die Anforderungen der Conformance Class C. Durch den integrierten 2-fach Switch lassen sich die TWK-PROFINET-Sensoren in Stern-, Baum- und Linien-Netzwerktopologien einsetzen.

Das PROFIsafe Protokoll ist gemäß Profisafe Profile for Safety Technologie Version 2.4 (PNO Order No. 3.192) ausgelegt.

Die ausführliche Beschreibung der Integration in ein PROFINET-Netzwerk befindet sich im Handbuch NVT14588.

PROFINET Eigenschaften

- Real Time (RT) und Isochronous Real Time (IRT)
- Gerätetausch ohne Wechselmedium oder Programmiergerät
- Priorisierter Hochlauf (Fast Start Up)
- Medienredundanz möglich
- Firmwareupdate über Profinet

Beschreibung

Allgemein

Der Vibrationssensor misst in einem Frequenzspektrum von 0,05 bis 60 Hz in zwei Achsen. Diese Achsen sind horizontal zur Montageplatte. Dieses Spektrum kann in maximal 6 Frequenzbereiche eingeteilt werden. Die Frequenzbereiche - also Frequenzunter- und -obergrenze - werden ab Werk eingestellt. Alle einwirkenden Beschleunigungswerte innerhalb der jeweiligen Frequenzfenster werden erfasst und als digitaler Wert über PROFIsafe über PROFINET ausgegeben.

Die Messachse ist x und y (teilweise auch y und z genannt) oder die Vektorsumme $\sqrt{(x^2+y^2)}$, gebildet aus x und y.

Als Ausgabewert kann der momentane Beschleunigungswert herangezogen werden (Momentanwert) oder ein gemittelter Wert der Beschleunigung (RMS Mittelung mit bestimmter Zeitkonstante, z.B. 30 s) oder ein PEAK-Wert. Der Peak-Wert kann bei Bedarf in einem bestimmten Rhythmus und mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit dekrementiert werden.

Der Sensor ist für horizontalen Einbau ausgelegt. Bei einem Schrägeinbau von mehr als 15° wird eine Fehlermeldung ausgegeben ("Einbaulage nicht korrekt").

Filtereigenschaften

Nach der Gleichanteilentfernung (GAE) wird im NVT eine digitale Vorfilterung vorgenommen, um höherfrequente Störvibrationen (> ~95 Hz) weitgehend zu unterdrücken, da sie aufgrund der höheren Frequenzen vergleichsweise große Amplituden aufweisen (FIR Filter kleiner Ordnung).

Anschließend werden im nachgeschalteten Controller die einzelnen Frequenzbänder über weitere digitale Filter realisiert.

Es kann ab Werk gewählt werden:

- Tschebyscheff-Filter 8. bis 11. Ordnung realisiert (11. Ordnung im unteren Frequenzbereich, 8. Ordnung im oberen).
- Butterworth-Filter 2. Ordnung
- andere Filter auf Wunsch

Die Tschebyscheff-Filter hoher Ordnung sorgen für eine vergleichsweise scharfe Frequenzseparierung, haben aber den Nachteil einer höheren Gruppenlaufzeit t_V . Sie ist grob definiert durch: $t_V \approx 1/(f_o^2) + 16$ msec. (mit f_o = Frequenzobergrenze + 16 ms aufgrund der Vorfilterung).

Die Butterworth-Filter kleiner Ordnung können wegen der kürzeren Gruppenlaufzeit für Regelungszwecke - beispielsweise in Windkraftanlagen - eingesetzt werden. Einwirkende Beschleunigung und der ausgegebene Momentanwert liegen zeitlich nah beieinander.

Die maximale untere Frequenzgrenze der zu messenden Vibrationen liegt bei 0,05Hz. Diese wird durch die Gleichanteilentfernung (GAE) bestimmt. Die obere liegt bei 60 Hz.

Der Gleichanteil - im Allgemeinen verursacht durch Achsenneigung bei Schrägeinbau - wird durch eine vor der Filterung durchgeführte Mittelwertbildung herausgerechnet. Dadurch liegt die untere Grenzfrequenz - unabhängig vom Filter - bei etwa 0,05 Hz. Die Gleichanteilunterdrückung kann ab Werk abgeschaltet werden.

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen Beispiele eines möglichen Frequenzverlaufes bei Tschebyscheff Filtern (entsprechende Diagramme für Butterworth Filter folgen). Die Ausgangswerte des Filters sind vorzeichenbehaftet.

Filterkennlinien (beispielhaft) - Tschebyscheff

Verlauf Ampl. vs f

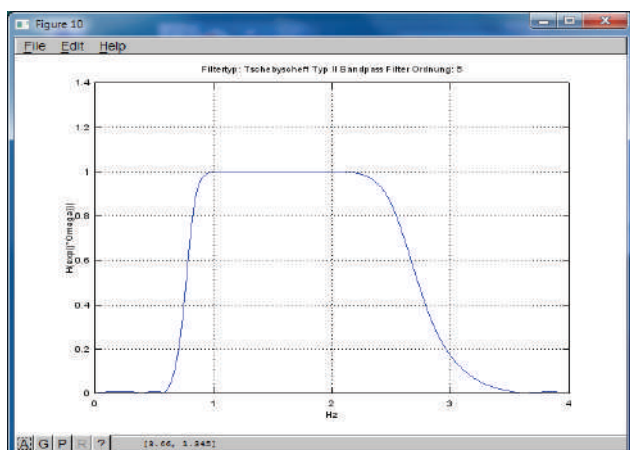


Abb. 1: Beispiel Bandpass $f_{gu} = 0,8$ Hz, $f_{go} = 2,5$ Hz

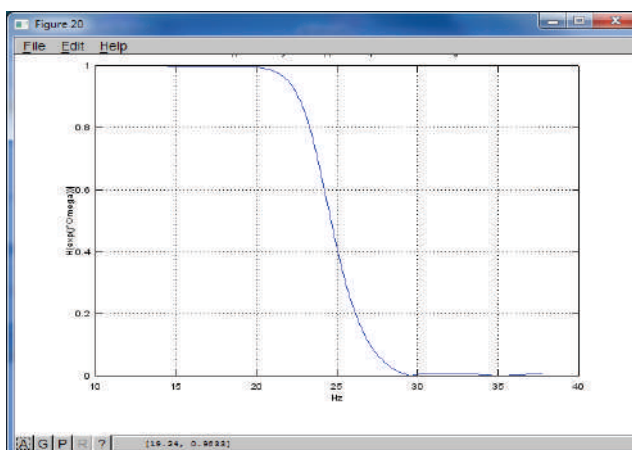


Abb. 2: Beispiel Tiefpass $f_{go} = 23$ Hz

Filterkennlinien (beispielhaft) - Tschebyscheff

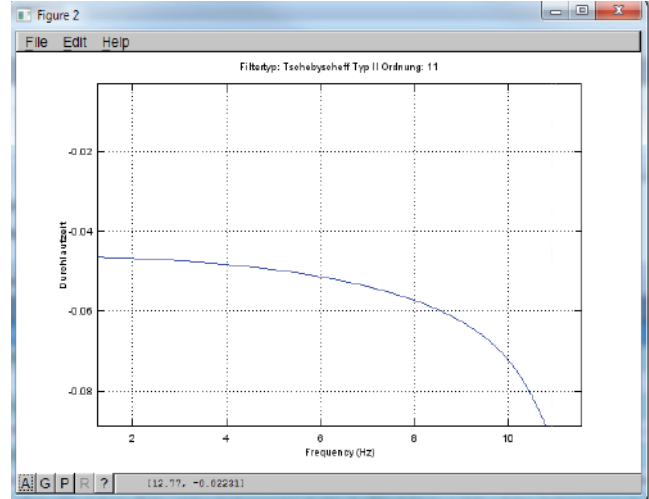
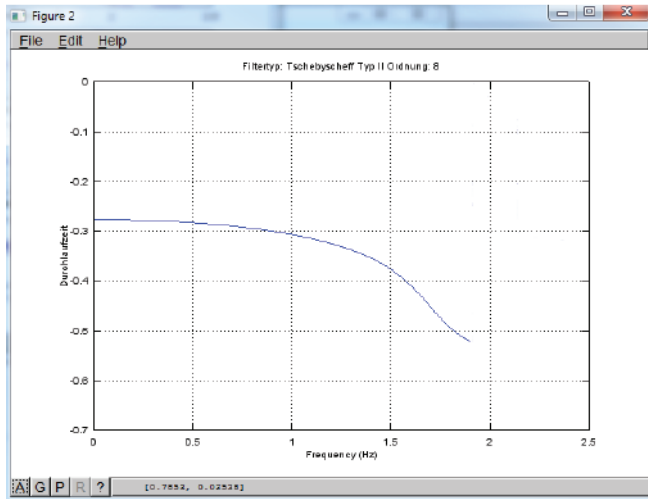
Verlauf t_v vs f

Aufgetragen ist die Zeitverzögerung in Sekunden (y-Achse) über der angelegten Frequenz f (x-Achse). Die unterschiedlichen Diagramme gelten für unterschiedliche Frequenzobergrenzen f_0 eines Filters (f_0 wird werkseitig eingestellt → Durchlassverhalten eines Filters → Low-pass - High-pass - Band-pass).

Grob kann berechnet werden: $t_v = \sim 1/(f_0^*2) + 16$ msec. mit f_0 = Frequenzobergrenze (+16 ms wg. Vorfilterung)

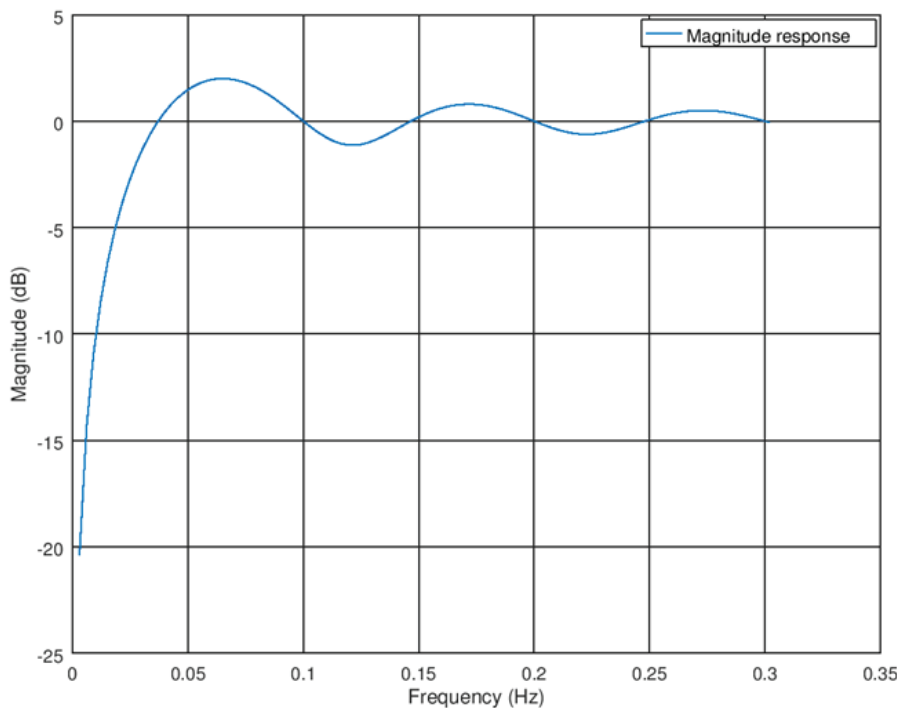
Filtereinstellung 0,1 Hz bis 1,5 Hz

Filtereinstellung 0,1 Hz bis 10 Hz



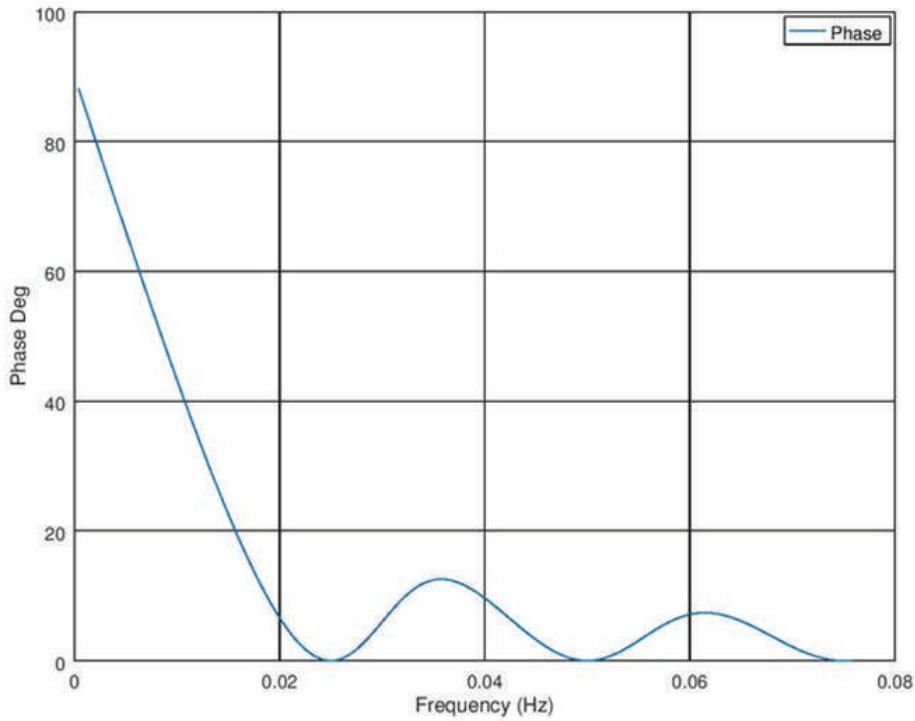
Filterkennlinien 0,05 - 5 Hz mit GAE, Vorfilter, Butterworth bis 5 Hz

Gleichanteilfernung (GAE) - Magnitude

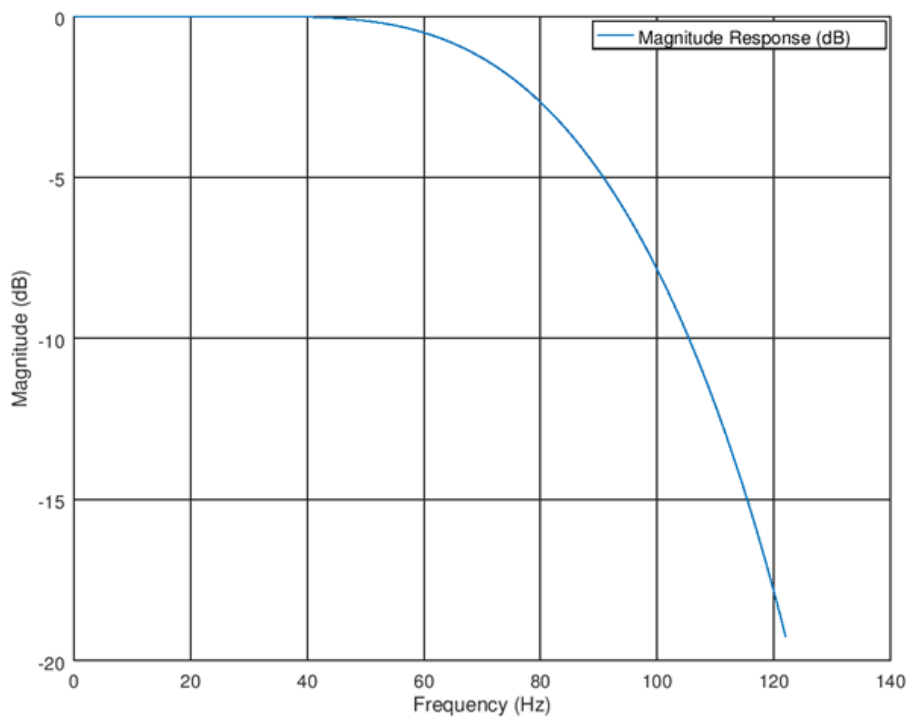


Filterkennlinien 0,05 - 5 Hz mit GAE, Vorfilter, Butterworth bis 5 Hz

Gleichanteilentfernung (GAE) - Phase



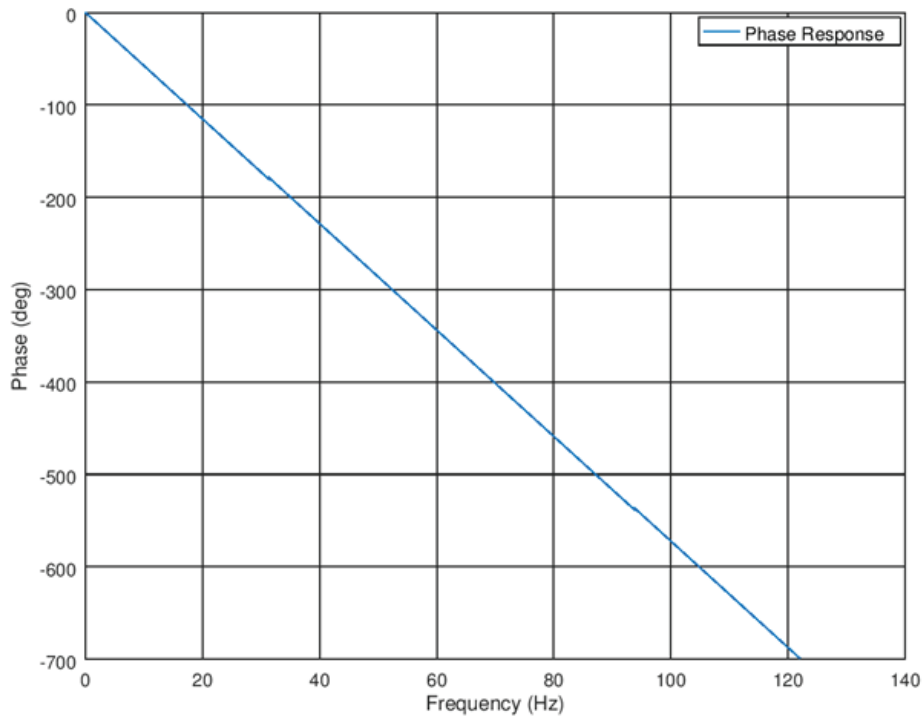
Vorfilter - Magnitude



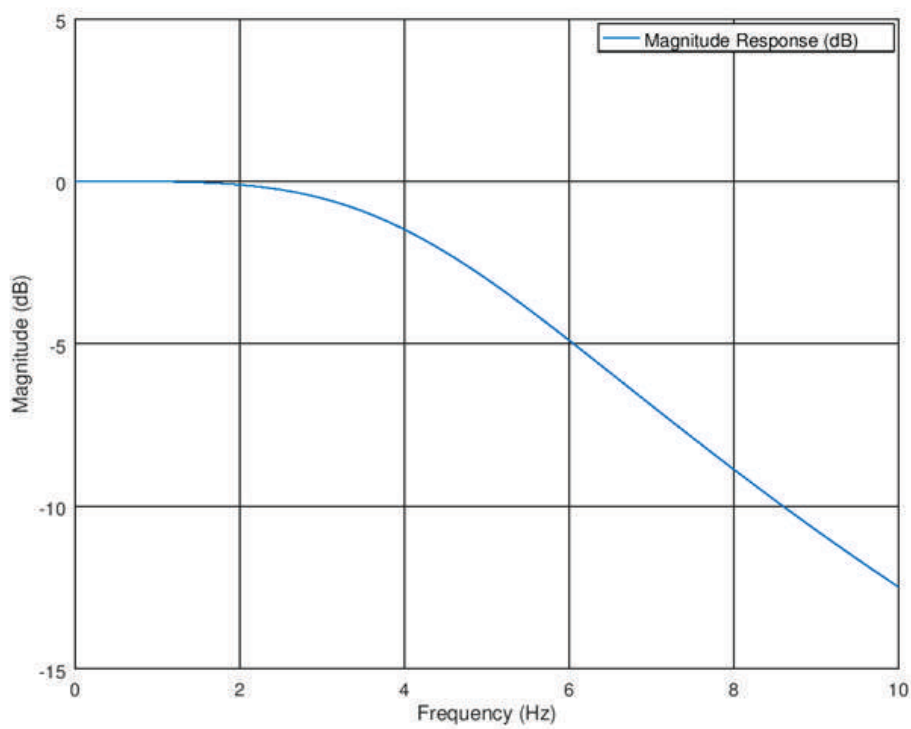
Vibrationssensor NVT / S3

Filterkennlinien 0,05 - 5 Hz mit GAE, Vorfilter, Butterworth bis 5 Hz

Vorfilter - Phase

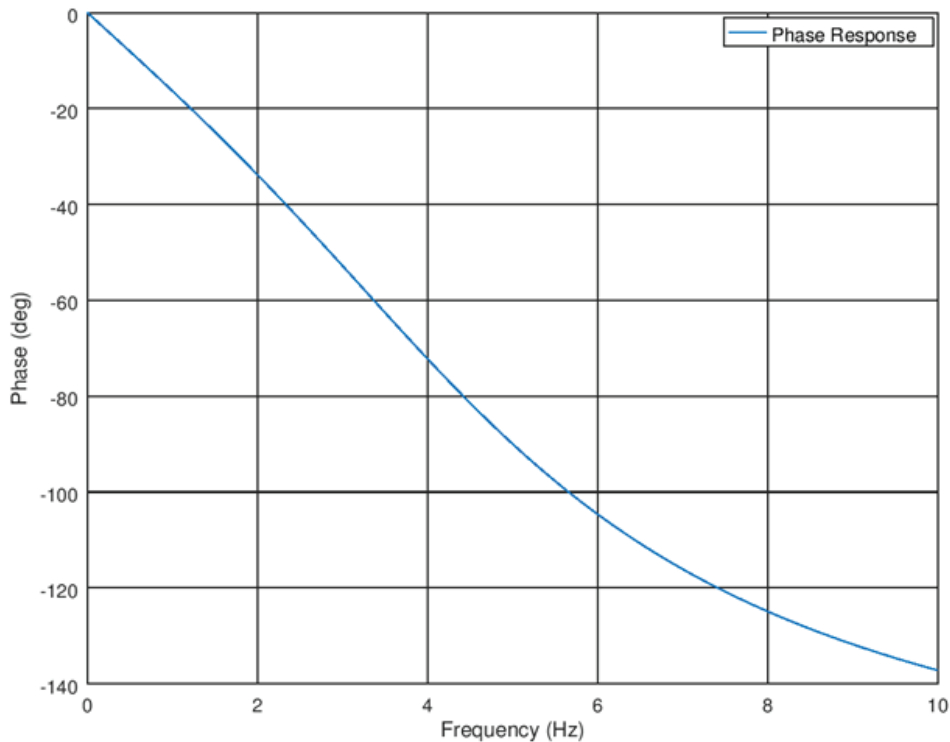


Hauptfilter Butterworth 2. Ordnung - Magnitude



Filterkennlinien 0,05 - 5 Hz mit GAE, Vorfilter, Butterworth bis 5 Hz

Hauptfilter Butterworth 2. Ordnung - Phase



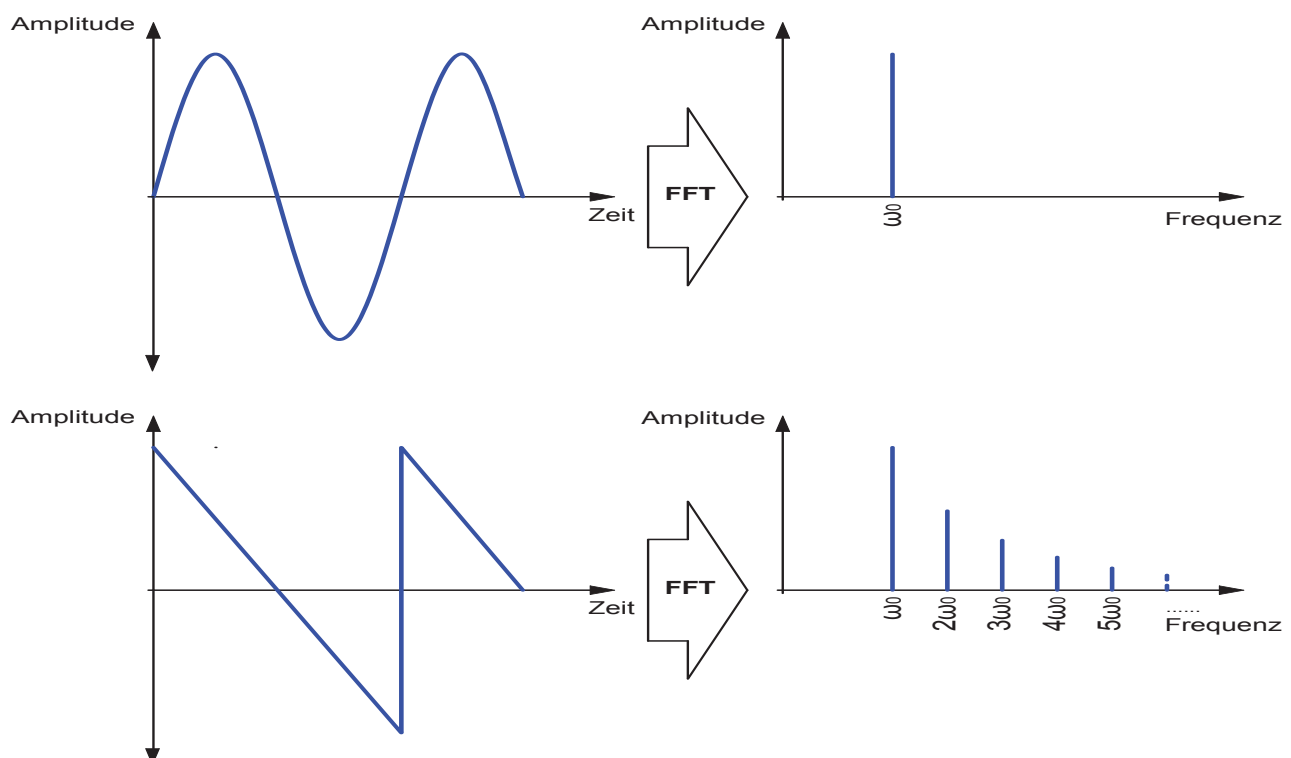
Frequenzanalyse über Fourier Transformation (FFT)

In Vorbereitung

In Vorbereitung ist die Ausgabe des Frequenzspektrums des Beschleunigungs-Messsignals über die PROFINET Schnittstelle. Dieses Spektrum wird über eine Fourieranalyse des Beschleunigungs-Momentanwertes errechnet "FFT".

Diese Information kann für die Analyse der Blatt- und Turm-Schwingungen herangezogen werden.

Zwei einfache Beispiele einer solchen FFT Analyse sind im Nachfolgenden dargestellt.



Technische Daten

Eingangsdaten *

- 2 Byte Statuswort
- 5x2 Byte Nutzdaten

Ausgangsdaten *

- 2 Byte Steuerwort

* Aus Sicht der Steuerung

Elektrische Daten

- Sensorsystem: MEMS Beschleunigungssensor
- Anzahl Frequenzbänder: maximal 6 (Voreingestellt ab Werk)
- Meßbereich: ± 2 g für jede Achse (Höhere Werte auf Anfrage)
- Abtastfrequenz: 120 bis 800 Hz, abhängig von der Einstellung des Frequenzbandes der Filter
- Auflösung: 4096 digit / g ($9,81 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ g}$)
- Betriebsspannungsbereich: + 9 bis + 36 VDC
- Leistungsaufnahme: < 3 W
- Stromaufnahme: ca. 90 mA bei 24 VDC
- maximale Neigung gegen Horizont: $\sim 15^\circ$ (bei $> 15^\circ$ wird eine Fehlermeldung übermittelt: 0x1190)
- Vorzeichen Daten: Siehe Zeichnung bezüglich Achsenlage und Vorzeichen der Beschleunigungsrichtung
- Elektrischer Anschluss: 3 x Stecker M12 oder 3 x Kabel (1 x Versorgung und 2 x PROFINET)

Umgebungsdaten

- Arbeitstemperaturbereich: - 40 °C bis + 70 °C
- Widerstandsfähigkeit gegen Schock: 200 m/s² / 5 ms, nach DIN EN 60068-2-27
- Widerstandsfähigkeit gegen Vibration: 100 m/s² bei 10 Hz ... 2000 Hz nach DIN EN 60068-2-6
- Schutzart (DIN 40 050) IP 67 Steckeranschluss
IP 69K Gehäuse (Option)
- EMV:
(für Spannungsversorgung und PROFINET sind geschirmte Leitungen zu verwenden) EN 61000-6-4 Störaussendung
EN 61000-6-2 Störfestigkeit
EN 61000-4-2 (ESD)
EN 61000-4-4 (Burst)
EN 61000-6-3 (Emission)
- Gehäusematerial: Aluminium (siehe Einbauzeichnung)
- Masse: 0,4 kg

PROFINET Daten

- MAC Adresse: 88:A9:A7:BX:XX:XX
Die jeweils aktuelle MAC Adresse befindet sich auf dem Typenschild.
- Übertragungstechnik: 100 Base-TX
- Übertragungsrage: 10 / 100 MBit/s
- Leitungslänge: max. 100 m (zwischen zwei Teilnehmern)
- Minimaler Sendetakt: 250 μ s

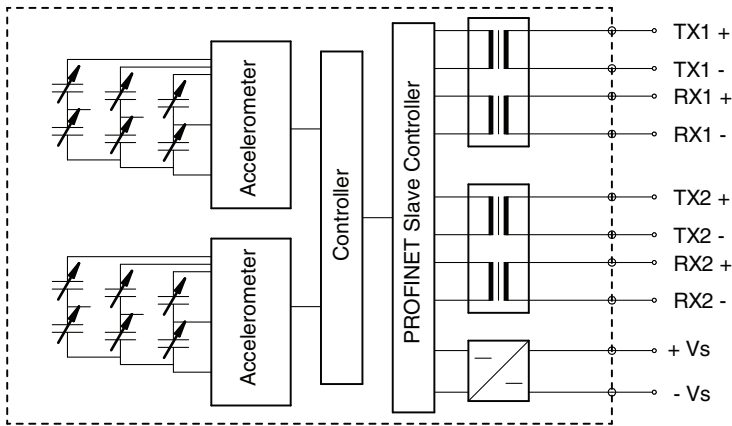
Safety relevante Daten

- Nach DIN EN ISO 13849-1: (zertifiziert) MTTF_d = 100 Jahre (220 Jahre berechnet)
DC = 97 %
Kategorie 2
Performance Level D
- Maximale Gebrauchsdauer: 20 Jahre
- Zertifikatsnummer: 44 799 13172913 (TÜV NORD CERT GmbH)

Vibrationssensor NVT / S3

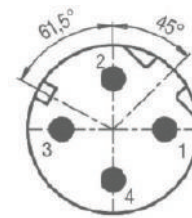
Technische Daten

Prinzipschaltbild NVT



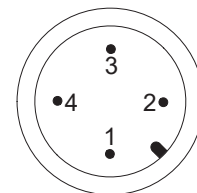
Anschlussbelegung PROFINET M12-Stecker / Kabelausgang
(Port 1 und Port 2)

PIN	1	2	3	4
Signal	TX+	RX+	TX-	RX-
Farbe*	gelb	weiß	orange	blau



Anschlussbelegung Versorgung M12-Stecker / Kabelausgang

PIN	1	2	3	4
Signal	+ UB (+ 24 VDC)	—	- UB (0 VDC)	—
Farbe	weiß	—	braun	—



Blick auf die pins

Diagnose-LEDs

UB (VS)	Link1 (L1)	Link2 (L2)	Status (NS)	Beschreibung
grün	grün	grün	grün/rot	
an				Betriebsspannung vorhanden
	an			Netzwerkverbindung hergestellt
		an		Netzwerkverbindung hergestellt
			grün	Data exchange, Gerät in Betrieb und o.k.
			grün blinken	Netzwerkverbindung o.k. aber keine Verbindung zu einem PROFINET Controller
			rot langsam blinken	Firmware-Download-Modus
			rot blinken	Zu hohe Störbeschleunigungen oder falsche Einbauposition
			rot schnell blinken	Geräte-Fehler
			rot	Verbindung zum PROFINET Controller abgebrochen

Vibrationssensor NVT / S3

Bestellbezeichnung

NVT	90	-	A	5	0	0	-	2	S3		M	T	01
-----	----	---	---	---	---	---	---	---	----	--	---	---	----

Elektrische und / oder mechanische Varianten *

01 Standard

Ausgangsschnittstelle:

T PROFIsafe über PROFINET

Elektrischer Anschluss:

M Standard Steckeranschluss: 3 Stecker M12

Mx Steckeranschl. mit reduzierter Anzahl Stecker **: x=1, x=2

Ky Standard Kabelanschluss: 3 Kabel mit Länge y (z.B. K13,5)

(andere Kabelanzahl auf Anfrage)

Profil:

S3 PROFIsafe über PROFINET - Performance Level d

Messbereich:

2 2 g = ca. 20 m/s² - Höhere Werte auf Anfrage

Anzahl Analogausgänge 0 (4) ... 20 mA:

0 → Zurzeit nicht verfügbar

Anzahl Schaltausgänge:

0 → Zurzeit nicht verfügbar

Anzahl Frequenzfilter:

5 1 bis maximal 6 → Ab Werk eingestellt (Frequenzbänder)

Gehäusematerial:

A Aluminium AlMgSi1

Bauform:

90 Bauform 90 mm

NVT Vibrationssensor NVT mit PROFIsafe über PROFINET Schnittstelle

* Die Grundauführungen laut Datenblatt tragen die Nummer 01. Abweichungen werden mit einer Varianten-Nummer gekennzeichnet und werksseitig dokumentiert.
Beispielsweise sind bestimmte Filtereinstellungen (z.B. 0,05 bis 5 Hz) immer Bestandteil einer Variantenummer.

** Anzahl der Anschlüsse:

1 = Hybrid

2 = 1x Versorgung, 1x PROFINET

3 = 1x Versorgung, 2x PROFINET

Grundsätzlich sind für die Spannungsversorgung und PROFINET geschirmte Leitungen zu verwenden.

Zubehör, Dokumentation, GSD-Datei

Zubehör (getrennt zu bestellen)

- Dokumentation auf CD
 - TWK-CD-01** CD-ROM mit Dokumentation, Gerätebeschreibungsdatei und Bitmap
- Gegenstecker gerade
 - STK4GP81** für PROFINET In/Out (Zinkdruckguß, vernickelt), IP67
 - STK4GP110** für PROFINET In/Out (Edelstahl 1.4404), IP67
 - STK4GS60** für die Versorgungsspannung (Zinkdruckguß, vernickelt), IP67
 - STK4GS104** für die Versorgungsspannung (Edelstahl 1.4404), IP67
- Gegenstecker winklig
 - STK4WP82** für PROFINET In/Out, IP67
 - STK4WS61** für die Versorgungsspannung, IP67
- Verbindungskabel
 - KABEL-xxx-114** Industrial Ethernet Datenleitung mit beidseitig angespritzten M12-Steckern D-codiert. Standardlängen: 1, 2, 3 und 5 m (xxx = Länge in Metern)
 - KABEL-xxx-118** Industrial Ethernet Datenleitung mit M12-Stecker auf RJ 45, IP 20 (xxx = Längen auf Anfrage in Metern)
 - KABEL-xxx-191** Kabel für Versorgungsspannung, PUR, Stecker angespritzt und offene Enden (xxx = Längen auf Anfrage in Metern)
 - KABEL-xxx-216** Kabel für Versorgungsspannung, mit Stecker STK4GS60 und offenen Enden (xxx = Längen auf Anfrage in Metern)
 - KABEL-xxx-217** Industrial Ethernet Kabel, schleppkettentauglich mit Stecker STK4GP81 und offenen Enden (xxx = Längen auf Anfrage in Metern)
 - KABEL-xxx-218** Industrial Ethernet Kabel, schleppkettentauglich mit Stecker STK4GP81 und RJ45 (xxx = Längen auf Anfrage in Metern)

Weitere Kabel auf Anfrage.

Dokumentation, GSD-Datei, etc.

Folgende Dokumente sowie die GSD-Datei und ein Bitmap finden Sie im Internet unter www.twk.de im Bereich Dokumentation, Modell NVT

- Datenblatt Nr. NVT14587
- Handbuch Nr. NVT14588

Auf Wunsch liefern wir Ihnen eine CD-ROM. Bitte die Artikel-Nr. TWK-CD-01 bei der Bestellung mit angeben.

Technische Daten

Elektrischer Anschluss

- PROFINET: M12-Stecker D-codiert 4-polig für Bus In / Bus Out, Buchse oder Kabelausgang über Kabelverschraubungen
- Versorgung: M12-Stecker A-codiert 4-polig, Stifte oder Kabelausgang über Kabelverschraubungen

Gegenstecker PROFINET

- Anschlussart: M12-Stecker D-codiert 4-polig
- Gehäuse: Zinkdruckguß, vernickelt
- Kontakte: Stifte, Gold
- Adernanschluß: Käfigzugfeder
- Anschlussquerschnitt: max. 0,75 mm²
- Kabeldurchmesser: 6 - 8 mm
- Schutzart: IP 67
- Bestellbezeichnung: STK4GP81

Gegenstecker Versorgung

- Anschlussart: M12-Stecker A-codiert 4-polig
- Gehäuse: Zinkdruckguß, vernickelt
- Kontakte: Buchse, Gold
- Adernanschluß: Schraubanschluss
- Anschlussquerschnitt: max. 0,75 mm²
- Kabeldurchmesser: 4-6 mm
- Schutzart: IP 67
- Bestellbezeichnung: STK4GS60

Vorkonfektionierte Industrial Ethernet Datenleitung

- Anschlußart: M12-Stecker D-codiert 4-polig
- Kontakte: Stifte, Gold
- Kabeltyp: PUR, halogenfrei, Profinet Typ C
- Kabelquerschnitt: 4 x 0,38 mm² (AWG 22)
- Kabeldurchmesser: 6,2 mm
- Schutzart: IP 67
- Bestellbezeichnung: KABEL-xxx-114

Kabelausgang PROFINET

- Kabeltyp: PROFINET Typ-C, 4 x 0,36 mm² (AWG22)
- Kabelmantel: PUR, Farbe: grün
- Temperaturbereich: - 40 °C bis + 70 °C
- Außendurchmesser: 6,5 mm ± 0,2 mm
- Mindestbiegeradius: 5 x d festverlegt, 10 x d frei beweglich

Kabelausgang Versorgung

- Kabeltyp: 2 x 0,75 mm²: geschirmt
- Kabelmantel: PUR, Farbe: grau
- Temperaturbereich: - 40 °C bis + 80 °C festverlegt, - 5 °C bis + 70 °C frei beweglich
- Außendurchmesser: 6 mm
- Mindestbiegeradius: 6 x d festverlegt, 15 x d frei beweglich

Weitere Stecker und Kabel: Siehe weiter oben und auf Anfrage.

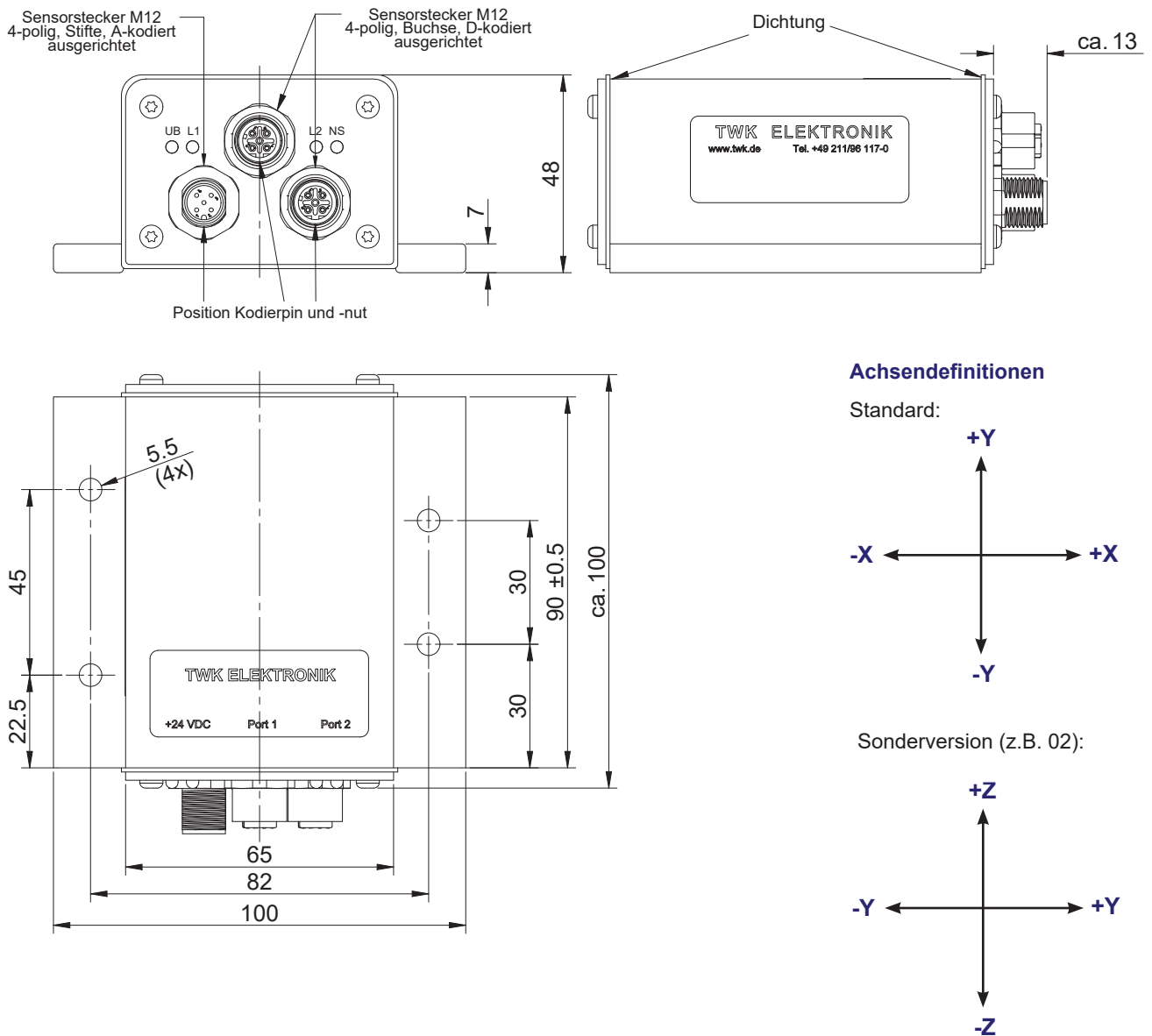
Vibrationssensor NVT / S3

Einbauzeichnungen

Version mit 3 Steckern (M)

Maße in mm

Die LED 'NS' kann auch durch 1 LED (zweifarbige rot/grün) realisiert sein.



Bei mechanischer Beschleunigung in Pfeilrichtung wird das angegebene Vorzeichen bei der entsprechenden Achse ausgegeben (signed 16 Bit:, FFFD, FFFE, FFFF, 0, 1, 2,)

Verwendete Werkstoffe

Gehäuse aus Aluminium:	AlMgSi0,5 (EN AW 6060)
Blenden aus Aluminium:	AlMg3
Gehäuse aus Edelstahl:	Auf Anfrage
Stecker:	Ms vernickelt
Dichtringe:	Silikon