

PZ245D P-2x5 Piezoaktor Benutzerhandbuch

Version: 1.1.2

Datum: 23.01.2024



Dieses Dokument beschreibt die folgenden Produkte:

- **P-225**
Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor
P-225.10/.20/.40/.80: ohne Sensor
P-225.10V/.20V/.40V/.80V: ohne Sensor;
Hochtemperaturbereich und Hochvakuum
P-225.1S/.2S/.4S/.8S: mit Sensor
P-225.1SV/.2SV/.4SV/.8SV: mit Sensor;
Hochtemperaturbereich und Hochvakuum
- **P-235**
Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor
P-235.10/.20/.40/.80/.90: ohne Sensor
P-235.10V/.20V/.40V/.80V/.90V: ohne Sensor;
Hochtemperaturbereich und Hochvakuum
P-235.1S/.2S/.4S/.8S/.9S: mit Sensor
P-235.1SV/.2SV/.4SV/.8SV/.9SV: mit Sensor;
Hochtemperaturbereich und Hochvakuum



Die folgenden aufgeführten Firmennamen oder Marken sind eingetragene Warenzeichen der Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG:

PI®, NanoCube®, PICMA®, PIFOC®, PILine®, NEXLINE®, PiezoWalk®, PicoCube®, PiezoMove®, PIMikroMove®, NEXACT®, Picoactuator®, Plnano®, NEXSHIFT®, PITOUCH®, PIMag®, PIHera, Q-Motion®

© 2024 Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Deutschland. Die Texte, Bilder und Zeichnungen dieses Handbuchs sind urheberrechtlich geschützt. Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG behält insoweit sämtliche Rechte vor. Die Verwendung dieser Texte, Bilder und Zeichnungen ist nur auszugsweise und nur unter Angabe der Quelle erlaubt.

Originalbetriebsanleitung

Erstdruck: 23.01.2024

Dokumentnummer: PZ245D, CBo / KSch, Version 1.1.2

Änderungen vorbehalten. Dieses Handbuch verliert seine Gültigkeit mit Erscheinen einer neuen Revision. Die jeweils aktuelle Revision ist auf unserer Website zum Herunterladen (S. 3) verfügbar.

Inhalt

1	Über dieses Dokument	1
1.1	Ziel und Zielgruppe dieses Benutzerhandbuchs.....	1
1.2	Symbole und Kennzeichnungen	1
1.3	Abbildungen	2
1.4	Mitgeltende Dokumente	2
1.5	Handbücher herunterladen.....	3
2	Sicherheit	5
2.1	Bestimmungsgemäße Verwendung	5
2.2	Allgemeine Sicherheitshinweise.....	5
2.3	Organisatorische Maßnahmen.....	6
3	Produktbeschreibung	7
3.1	Modellübersicht	7
3.2	Produktansicht	10
3.2.1	Überblick.....	10
3.2.2	Produktbeschriftung.....	11
3.3	Lieferumfang	12
3.4	Geeignete Elektronik	12
3.5	Optionales Zubehör.....	13
3.6	Technische Ausstattung	15
3.6.1	PICA Piezoaktoren	15
3.6.2	Dehnmessstreifen-Sensoren (DMS-Sensoren)	15
4	Auspacken	17
5	Installation	19
5.1	Allgemeine Hinweise zur Installation	19
5.2	P-2x5 an Schutzleiter anschließen.....	22
5.3	P-2x5 befestigen	23
5.4	Optional: Kopfstück befestigen	24
5.5	Last befestigen	25
5.6	Optional: Spülluft anschließen	25
6	Inbetriebnahme und Betrieb	27
6.1	Allgemeine Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb.....	27
6.2	Betriebsparameter ermitteln	30

6.2.1	Übersicht begrenzender Faktoren.....	30
6.2.2	Effektive Masse berechnen	31
6.2.3	Maximale Betriebsfrequenz des belasteten Piezoaktors berechnen.....	31
6.2.4	Im dynamischen Betrieb auftretende Kräfte berechnen	32
6.2.5	Strombedarf für Sinusbetrieb berechnen	32
6.3	P-2x5 betreiben	33
6.4	P-2x5 entladen.....	34
7	Wartung	35
7.1	Allgemeine Hinweise zur Wartung	35
7.2	P-2x5 reinigen.....	35
8	Störungsbehebung	37
9	Kundendienst	39
10	Technische Daten	41
10.1	Spezifikationen	41
10.1.1	Datentabelle	41
10.1.2	Bemessungsdaten.....	46
10.1.3	Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen	47
10.2	Abmessungen	48
10.2.1	Piezoaktor P-2x5	48
10.2.2	P-2x5 mit Option P-177.50 (Temperatursensor und Spülluftanschluss)	49
10.2.3	P-2x5 mit Option P-706.00 (wassergeschütztes Gehäuse).....	49
10.2.4	Flachkopfstück P-176.F25.....	49
10.2.5	Vakuumdurchführung für Hochvolt-Piezoaktoren	50
10.2.6	Vakuumdurchführungen für Sensoren	51
10.3	Pinbelegung.....	52
10.3.1	Spannungsanschluss	52
10.3.2	Anschluss des Positionssensors	52
10.3.3	Anschluss des Temperatursensors	52
11	Altgerät entsorgen	53
12	Europäische Konformitätserklärungen	55

1 Über dieses Dokument

In diesem Kapitel

Ziel und Zielgruppe dieses Benutzerhandbuchs	1
Symbole und Kennzeichnungen.....	1
Abbildungen.....	2
Mitgeltende Dokumente	2
Handbücher herunterladen	3

1.1 Ziel und Zielgruppe dieses Benutzerhandbuchs

Dieses Benutzerhandbuch enthält die erforderlichen Informationen für die bestimmungsgemäße Verwendung des P-2x5 ("x" steht für die verschiedenen Modelle (S. 7)).

Grundsätzliches Wissen über Regelungstechnik, Antriebstechnologien und geeignete Sicherheitsmaßnahmen wird vorausgesetzt.

Die aktuellen Versionen der Benutzerhandbücher stehen auf unserer Website zum Herunterladen (S. 3) bereit.

1.2 Symbole und Kennzeichnungen

In diesem Benutzerhandbuch werden folgende Symbole und Kennzeichnungen verwendet:

GEFAHR



Unmittelbar drohende Gefahr

Bei Nichtbeachtung drohen Tod oder schwerste Verletzungen.

- Maßnahmen, um die Gefahr zu vermeiden.

VORSICHT



Gefährliche Situation

Bei Nichtbeachtung drohen leichte Verletzungen oder Sachschäden.

- Maßnahmen, um die Gefahr zu vermeiden.

HINWEIS



Gefährliche Situation

Bei Nichtbeachtung drohen Sachschäden.

- Maßnahmen, um die Gefahr zu vermeiden.

INFORMATION

Informationen zur leichteren Handhabung, Tricks, Tipps, etc.

**Symbol/
Kennzeichnung****Bedeutung**

1.

Handlung mit mehreren Schritten, deren Reihenfolge eingehalten werden muss

2.



Handlung mit einem Schritt oder mehreren Schritten, deren Reihenfolge nicht relevant ist



Aufzählung

S. 5

Querverweis auf Seite 5

RS-232

Bedienelement-Beschriftung auf dem Produkt (Beispiel: Buchse der RS-232 Schnittstelle)



Auf dem Produkt angebrachte Warnzeichen, die auf ausführliche Informationen in diesem Handbuch verweisen.



1.3 Abbildungen

Zugunsten eines besseren Verständnisses können Farbgebung, Größenverhältnisse und Detaillierungsgrad in Illustrationen von den tatsächlichen Gegebenheiten abweichen. Auch fotografische Abbildungen können abweichen und stellen keine zugesicherten Eigenschaften dar.

1.4 Mitgeltende Dokumente

Alle in dieser Dokumentation erwähnten Geräte und Programme von PI sind in separaten Handbüchern beschrieben.

Die aktuellen Versionen der Benutzerhandbücher stehen auf unserer Website zum Herunterladen (S. 3) bereit.

Produkt	Dokument
E-421.00 Hochleistungs-Piezoverstärkermodul	PZ178D Benutzerhandbuch
E-470.20 Hochleistungs-Piezoverstärker	PZ178D Benutzerhandbuch
E-471.20 Hochleistungs-Piezoverstärker	PZ178D Benutzerhandbuch
E-472.20 Hochleistungs-Piezoverstärker, 2 Kanäle	PZ178D Benutzerhandbuch
E-462.00 HVPZT-Piezoverstärker	PZ210E User Manual
E-462.OE1 HVPZT-Piezoverstärker-Modul, 10 bis 1000 V, OEM-Version	PZ210E User Manual
E-464.00 HVPZT-Piezoverstärker, 3 Kanäle	PZ176D Benutzerhandbuch

Produkt	Dokument
E-481.00 Hochleistungs-Piezoverstärker / Controller	PZ170E User Manual
E-482.00 PICA Hochleistungs-Piezoverstärker / Controller	PZ236E User Manual
E-500 Modularer Piezocontroller	PZ62E User Manual

1.5 Handbücher herunterladen

INFORMATION

Wenn ein Handbuch fehlt oder Probleme beim Herunterladen auftreten:

- Wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 39).

Handbücher herunterladen

1. Öffnen Sie die Website **www.pi.de**.
2. Suchen Sie auf der Website nach der Produktnummer (z. B. P-225).
3. Um die Produktdetailseite zu öffnen, wählen Sie in den Suchergebnissen das Produkt.
4. Wählen Sie **Downloads**.

Die Handbücher werden unter **Dokumentation** angezeigt. Softwarehandbücher werden unter **Allgemeine Software-Dokumentation** angezeigt.

5. Wählen Sie für das gewünschte Handbuch **HINZUFÜGEN** und dann **ANFORDERN**.
6. Füllen Sie das Anfrageformular aus und wählen Sie **ANFRAGE SENDEN**.

Der Download-Link wird an die eingegebene E-Mail-Adresse gesendet.

2 Sicherheit

In diesem Kapitel

Bestimmungsgemäße Verwendung.....	5
Allgemeine Sicherheitshinweise	5
Organisatorische Maßnahmen	6

2.1 Bestimmungsgemäße Verwendung

Der P-2x5 ist ein Laborgerät im Sinne der DIN EN 61010-1. Er ist für die Verwendung in Innenräumen und in einer Umgebung vorgesehen, die frei von Schmutz, Öl und Schmiermitteln ist.

Entsprechend seiner Bauart ist der P-2x5 für folgende Anwendungen vorgesehen:

- Positionierung großer Lasten; siehe "Spezifikationen" (S. 41)
- Dynamische Positionierung
- Schwingungsdämpfung
- Krafterzeugung

Die Bewegung erfolgt in einer Achse.

Die Spezifikationen des P-2x5 gelten für die Montage mit vertikaler Ausrichtung der Bewegungsachse. Die Montage mit horizontal ausgerichteter Bewegungsachse wird nicht empfohlen.

Die bestimmungsgemäße Verwendung des P-2x5 ist nur in komplett montiertem und angeschlossenem Zustand und nur in Verbindung mit geeigneter Steuer- oder Regelelektronik (S. 12) möglich, die von PI angeboten wird. Die Elektronik ist nicht im Lieferumfang des P-2x5 enthalten.

Die Elektronik muss die benötigten Betriebsspannungen bereitstellen. Außerdem muss sie in der Lage sein, die Signale der Positionssensoren auszulesen und weiterzuverarbeiten, damit die Positionsregelung einwandfrei funktioniert.

2.2 Allgemeine Sicherheitshinweise

Der P-2x5 ist nach dem Stand der Technik und den anerkannten sicherheitstechnischen Regeln gebaut. Bei unsachgemäßer Verwendung des P-2x5 können Benutzer gefährdet werden und/oder Schäden am P-2x5 entstehen.

- Benutzen Sie den P-2x5 nur bestimmungsgemäß und in technisch einwandfreiem Zustand.
- Lesen Sie das Benutzerhandbuch.
- Beseitigen Sie Störungen, die die Sicherheit beeinträchtigen können, umgehend.

Der Betreiber ist für den korrekten Einbau und Betrieb des P-2x5 verantwortlich.

Im Piezoaktor P-2x5 können Ladungen durch Temperaturschwankungen und Druckbelastungen entstehen. Nach dem Trennen von der Elektronik kann der Piezoaktor für einige Stunden aufgeladen bleiben. Das Berühren spannungsführender Teile des P-2x5 kann zum Tod durch Stromschlag oder zu schweren Verletzungen führen.

- Öffnen Sie den P-2x5 **nicht**.

Bei fehlendem oder nicht ordnungsgemäß angeschlossenem Schutzleiter können im Falle eines Fehlers oder Defekts gefährliche Berührungsspannungen am P-2x5 entstehen. Wenn Berührungsspannungen vorhanden sind, kann das Berühren des P-2x5 zum Tod durch Stromschlag oder zu schweren Verletzungen führen.

- Schließen Sie den P-2x5 vor Inbetriebnahme an einen Schutzleiter an (S. 22).
- Entfernen Sie den Schutzleiter **nicht** während des Betriebs.
- Wenn der Schutzleiter vorübergehend entfernt werden muss (z. B. bei Umbauten), schließen Sie den P-2x5 vor erneuter Inbetriebnahme wieder an den Schutzleiter an.

Mechanische Kräfte können den P-2x5 beschädigen oder dejustieren.

- Vermeiden Sie Stöße, die auf den P-2x5 einwirken.
- Lassen Sie den P-2x5 **nicht** fallen.
- Vermeiden Sie Drehmomente, Biegekräfte und Querkräfte am Kopfstück des P-2x5.
- Überschreiten Sie **nicht** die maximal zulässigen Belastungen (S. 41).

2.3 Organisatorische Maßnahmen

Benutzerhandbuch

- Halten Sie dieses Benutzerhandbuch ständig am P-2x5 verfügbar. Die aktuellen Versionen der Benutzerhandbücher stehen auf unserer Website zum Herunterladen (S. 3) bereit.
- Fügen Sie alle vom Hersteller bereitgestellten Informationen, z. B. Ergänzungen und Technical Notes, zum Benutzerhandbuch hinzu.
- Wenn Sie den P-2x5 an Dritte weitergeben, fügen Sie dieses Handbuch und alle sonstigen vom Hersteller bereitgestellten Informationen bei.
- Führen Sie Arbeiten grundsätzlich anhand des vollständigen Benutzerhandbuchs durch. Fehlende Informationen aufgrund eines unvollständigen Benutzerhandbuchs können zu schweren oder tödlichen Verletzungen sowie zu Sachschäden führen.
- Installieren und bedienen Sie den P-2x5 nur, nachdem Sie dieses Benutzerhandbuch gelesen und verstanden haben.

Personalqualifikation

Nur autorisiertes und entsprechend qualifiziertes Personal darf den P-2x5 installieren, in Betrieb nehmen, bedienen, warten und reinigen.

3 Produktbeschreibung

In diesem Kapitel

Modellübersicht.....	7
Produktansicht.....	10
Lieferumfang.....	12
Geeignete Elektronik	12
Optionales Zubehör	13
Technische Ausstattung.....	15

3.1 Modellübersicht

INFORMATION

Für die Piezoaktoren P-2x5 sind optionale Ausstattungen erhältlich, die bereits bei der Fertigung des P-2x5 integriert werden müssen (S. 13). Wenn ein Piezoaktor P-2x5 mit diesen Optionen bestellt wird, erhält er eine kundenspezifische Produktnummer (beginnt mit "P-2x5K").

Dieses Handbuch gilt auch für alle Piezoaktoren, die aufgrund integrierter Optionen eine kundenspezifische Produktnummer haben.

Piezoaktoren ohne Sensor

Modell	Beschreibung
P-225.10	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 15 µm, 1000 V, 12500 N
P-225.20	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 30 µm, 1000 V, 12500 N
P-225.40	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 60 µm, 1000 V, 12500 N
P-225.80	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 120 µm, 1000 V, 12500 N
P-235.10	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 15 µm, 1000 V, 30000 N
P-235.20	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 30 µm, 1000 V, 30000 N
P-235.40	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 60 µm, 1000 V, 30000 N
P-235.80	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 120 µm, 1000 V, 30000 N
P-235.90	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 180 µm, 1000 V, 30000 N

Piezoaktoren ohne Sensor, geeignet für Hochtemperaturbereich und Hochvakuum

Modell	Beschreibung
P-225.10V	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 15 µm, 1000 V, 12500 N, Hochtemperatur / Vakuum
P-225.20V	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 30 µm, 1000 V, 12500 N, Hochtemperatur / Vakuum
P-225.40V	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 60 µm, 1000 V, 12500 N, Hochtemperatur / Vakuum
P-225.80V	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 120 µm, 1000 V, 12500 N, Hochtemperatur / Vakuum
P-235.10V	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 15 µm, 1000 V, 30000 N, Hochtemperatur / Vakuum
P-235.20V	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 30 µm, 1000 V, 30000 N, Hochtemperatur / Vakuum
P-235.40V	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 60 µm, 1000 V, 30000 N, Hochtemperatur / Vakuum
P-235.80V	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 120 µm, 1000 V, 30000 N, Hochtemperatur / Vakuum
P-235.90V	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 180 µm, 1000 V, 30000 N, Hochtemperatur / Vakuum

Piezoaktoren mit Positionssensor

Modell	Beschreibung
P-225.1S	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 15 µm, 1000 V, 12500 N, DMS
P-225.2S	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 30 µm, 1000 V, 12500 N, DMS
P-225.4S	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 60 µm, 1000 V, 12500 N, DMS
P-225.8S	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 120 µm, 1000 V, 12500 N, DMS
P-235.1S	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 15 µm, 1000 V, 30000 N, DMS
P-235.2S	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 30 µm, 1000 V, 30000 N, DMS
P-235.4S	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 60 µm, 1000 V, 30000 N, DMS
P-235.8S	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 120 µm, 1000 V, 30000 N, DMS
P-235.9S	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 180 µm, 1000 V, 30000 N, DMS

Piezoaktoren mit Positionssensor, geeignet für Hochtemperaturbereich und Hochvakuum

Modell	Beschreibung
P-225.1SV	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 15 µm, 1000 V, 12500 N, DMS, Hochtemperatur / Vakuum
P-225.2SV	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 30 µm, 1000 V, 12500 N, DMS, Hochtemperatur / Vakuum
P-225.4SV	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 60 µm, 1000 V, 12500 N, DMS, Hochtemperatur / Vakuum
P-225.8SV	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 120 µm, 1000 V, 12500 N, DMS, Hochtemperatur / Vakuum
P-235.1SV	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 15 µm, 1000 V, 30000 N, DMS, Hochtemperatur / Vakuum
P-235.2SV	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 30 µm, 1000 V, 30000 N, DMS, Hochtemperatur / Vakuum
P-235.4SV	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 60 µm, 1000 V, 30000 N, DMS, Hochtemperatur / Vakuum
P-235.8SV	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 120 µm, 1000 V, 30000 N, DMS, Hochtemperatur / Vakuum
P-235.9SV	Vorgespannter Hochlast-Piezoaktor, 180 µm, 1000 V, 30000 N, DMS, Hochtemperatur / Vakuum

3.2 Produktansicht

3.2.1 Überblick

Die Abbildung ist exemplarisch und kann von Ihrem Modell abweichen.



Abbildung 1: Exemplarische Produktansicht

- 1 Gehäuse, bestehend aus:
 - 1a: Fußstück mit Schlüsselfläche
 - 1b: Gehäuserohr
 Hier nicht abgebildet: optionale Ein- und Ausgänge für Spülluft, optionaler Wasserschutz
 - 2 Kopfstück mit Schlüsselfläche und Innengewinde M8
 - 3 Kabelabgang für Piezospannung
Hier nicht abgebildet: Kabelabgänge für Sensoren
 - 4 Schutzleiteranschluss
- Pfeil: Positive Bewegungsrichtung des Kopfstücks

3.2.2 Produktbeschriftung

Beschriftung	Beschreibung
	DataMatrix-Code (Beispiel; enthält die Seriennummer)
P-225.80	Produktnummer (Beispiel), die Stellen nach dem Punkt kennzeichnen das Modell
123456789	Seriennummer (Beispiel), individuell für jeden P-2x5 Bedeutung der Stellen (Zählung von links): 1 = interne Information 2 und 3 = Herstellungsjahr 4 bis 9 = fortlaufende Nummer
	Herstellerlogo
	Warnzeichen "Handbuch beachten!"
	Altgeräteentsorgung (S. 53)
Country of origin: Germany	Herkunftsland
WWW.PI.WS	Herstelleradresse (Website)
	Konformitätszeichen CE
	Schutzleitersymbol, kennzeichnet den Schutzleiteranschluss des P-2x5 (S. 22)



Abbildung 2: P-2x5: Warnzeichen "DANGER" auf Spannungsanschluss (mit aufgestecktem Kurzschlussstecker): Hinweis auf Stromschlaggefahr (S. 5)

3.3 Lieferumfang

Produktnr.	Beschreibung
P-2x5	Piezoaktor gemäß Bestellung (S. 7)
000036450	Schraubensatz M4 Schutzterde, bestehend aus: 1 Flachkopfschraube mit Kreuzschlitz M4x8, ISO 7045 2 Sicherungsscheiben 2 Unterlegscheiben
P-202.01	Kurzschlussstecker für Hochvolt-Piezoaktoren
PZ246EK	Kurzanleitung "PICA Piezoaktoren 1000 V"

3.4 Geeignete Elektronik

Für den Betrieb eines P-2x5 benötigen Sie eine Elektronik. Die Auswahl des Geräts hängt von der Anwendung ab. Die folgende Tabelle listet die geeigneten Geräte auf.

Produktnr.	Beschreibung
E-421.00	Hochleistungs-Piezoverstärker-Modul, ohne Gehäuse, 1 Kanal, 1100 V Spannungshub, 550 W, integriertes Netzteil
E-470.20	Hochleistungs-Piezoverstärker, 1 Kanal, 1100 V Spannungshub, 550 W, Tischgerät
E-471.20	Hochleistungs-Piezoverstärker, 1 Kanal, 1100 V Spannungshub, 550 W, 19", vorbereitet für Servocontroller und Display / PC-Schnittstelle
E-472.20	2-Kanal-Hochleistungs-Piezoverstärker, 1100 V Spannungshub, 550 W, 19"
E-462.00	HVPZT-Piezoverstärker, 10 bis 1000 V, Tischgerät
E-462.OE1	HVPZT-Piezoverstärker-Modul, 10 bis 1000 V, OEM-Version
E-464.00	HVPZT-Piezoverstärker, 3 Kanäle, 1100 V Spannungshub, Tischgerät
E-481.00	PICA Hochleistungs-Piezoverstärker / Controller mit Energierückgewinnung, 1100 V Spannungshub, 2000 W, 19"
E-482.00	PICA Hochleistungs-Piezoverstärker / Controller mit Energierückgewinnung, 1050 V, 6 A, 19"

Produktnr.	Beschreibung
E-500	Modularer Piezocontroller (Konfigurationsbeispiel) Hochvolt-Piezoverstärker für PICA HVPZT, 3 Kanäle, mit Rechnerschnittstelle und Display, bestehend aus: 1 × E-500.00 19"-Gehäuse für modulares Piezocontrollersystem, 1 bis 3 Kanäle 3 × E-508.00 HVPZT-Piezoverstärkermodul, 3 bis 1100 V, 1 Kanal 1 × E-518.I3 Schnittstellenmodul, 3 Kanäle, TCP/IP-, USB- und RS-232-Schnittstellen Optional als Hochvolt-Verstärker / Servocontroller zusätzlich mit: 1 × E-509.S3 Sensor- / Servocontroller-Modul, Dehnmessstreifen-Sensoren, 3 Kanäle

- Wenden Sie sich bei Bestellungen an den Kundendienst (S. 39).
- Berechnen Sie vor der Auswahl einer Elektronik den Strombedarf der Anwendung (S. 32).

3.5 Optionales Zubehör

Die Optionen P-177.50 und P-706.00 müssen aus fertigungstechnischen Gründen zusammen mit dem Piezoaktor P-2x5 bestellt werden. Piezoaktoren, die mit diesen Optionen ausgestattet sind, haben eine kundenspezifische Produktnummer (beginnt mit "P-2x5K").

Produktnr.	Beschreibung
P-177.50	Temperatursensor PT1000 und Spülluftanschluss für PICA Hochvolt-Piezoaktoren (mit Controllern E-481 und E-482)
P-706.00	Spritzwassergeschütztes Gehäuse (IP64), für P-225 und P-235
P-176.F25	Flachkopfstück (S. 49), Kontaktfläche gehärtet und poliert, für P-225
P-203.VA	Vakuumdurchführung für Hochvolt-Piezoaktoren, bis 10^{-6} hPa, 100 °C, bestehend aus: ▪ Vakuumdurchführung LEMO SJG.0B.701.CJA.1173 ▪ Luftseitiges Kabel mit 2 LEMO-Steckern, 2 m
P-892.VA	Vakuumdurchführung DMS-Sensor, bis 10^{-6} hPa, 100 °C, bestehend aus: ▪ Vakuumdurchführung LEMO SWH.0S.304.CLLSV ▪ Luftseitiges Kabel mit 2 LEMO-Steckern, 2 m
P-899.VA	Vakuumdurchführung Temperatursensor, bis 10^{-6} hPa, 100 °C, bestehend aus: ▪ Vakuumdurchführung LEMO SWH.0S.303.CLLSV ▪ Luftseitiges Kabel mit 2 LEMO-Steckern, 2 m

Produktnr.	Beschreibung
P-203.01	Verlängerungskabel für PICA HVPZT-Aktoren, 1 m
P-203.02	Verlängerungskabel für PICA HVPZT-Aktoren, 2 m
P-203.03	Verlängerungskabel für PICA HVPZT-Aktoren, 3 m
P-203.05	Verlängerungskabel für PICA HVPZT-Aktoren, 5 m
P-203.10	Verlängerungskabel für PICA HVPZT-Aktoren, 10 m
P-203.15	Verlängerungskabel für PICA HVPZT-Aktoren, 15 m
Stecker: FGG.0B.701.CJA.1173; Kupplung: PHG.0B.701.CJL.1173	

Produktnr.	Beschreibung
P-892.01	Verlängerungskabel, für Dehnmessstreifen-Sensoren, LEMO-Stecker, 1 m
P-892.02	Verlängerungskabel, für Dehnmessstreifen-Sensoren, LEMO-Stecker, 2 m
P-892.03	Verlängerungskabel, für Dehnmessstreifen-Sensoren, LEMO-Stecker, 3 m
P-892.05	Verlängerungskabel, für Dehnmessstreifen-Sensoren, LEMO-Stecker, 5 m
P-892.10	Verlängerungskabel, für Dehnmessstreifen-Sensoren, LEMO-Stecker, 10 m
P-892.15	Verlängerungskabel, für Dehnmessstreifen-Sensoren, LEMO-Stecker, 15 m
Stecker: FFA.0S.304.CLAC32; Kupplung: PCA.0S.304.CLLC32	

Produktnr.	Beschreibung
P-899.01	Verlängerungskabel für Temperatursensor, LEMO-Stecker, 1 m
P-899.02	Verlängerungskabel für Temperatursensor, LEMO-Stecker, 2 m
P-899.03	Verlängerungskabel für Temperatursensor, LEMO-Stecker, 3 m
P-899.05	Verlängerungskabel für Temperatursensor, LEMO-Stecker, 5 m
P-899.07	Verlängerungskabel für Temperatursensor, LEMO-Stecker, 7 m
P-899.10	Verlängerungskabel für Temperatursensor, LEMO-Stecker, 10 m
P-899.15	Verlängerungskabel für Temperatursensor, LEMO-Stecker, 15 m
Stecker: FFA.0S.303.CLAC32; Kupplung: PCA.0S.303.CLLC32	

➤ Wenden Sie sich bei Bestellungen an den Kundendienst (S. 39).

3.6 Technische Ausstattung

3.6.1 PICA Piezoaktoren

P-2x5 sind vorgespannte Höchstlast-Piezoaktoren für statische und dynamische Anwendungen. Sie bieten eine Ansprechzeit im Sub-Millisekunden-Bereich und Sub-Nanometer-Auflösung.

Die Piezoaktoren bestehen aus einer reibungsfrei vorgespannten PICA Power Piezokeramik, die in ein Edelstahlgehäuse integriert ist. Durch die hohe Belastbarkeit und die interne Vorspannung sind sie ideal für Anwendungen wie die Präzisionsfertigung und die aktive Schwingungsdämpfung geeignet.

3.6.2 Dehnmessstreifen-Sensoren (DMS-Sensoren)

Dehnmessstreifen-Sensoren leiten die Positionsinformation aus ihrer Ausdehnung ab. Ein DMS-Sensor besteht aus einem elektrisch leitenden Film, dessen Widerstand sich mit der Dehnung ändert. DMS-Sensoren sind auf dem Aktor aufgebracht und messen dessen Auslenkung. Die Sensoren arbeiten in einer thermisch driftfreien Vollbrückenschaltung und sorgen damit für optimale Positionsstabilität im Nanometerbereich.

4 Auspacken

HINWEIS



Zerstörung des Piezoaktors durch zu schnelles Entladen!

Wenn der P-2x5 nicht an der Elektronik angeschlossen ist, müssen die Leitungen am Spannungsanschluss kurzgeschlossen sein, um ein Aufladen des Piezoaktors bei Temperaturschwankungen und Druckbelastungen zu vermeiden. Ungeeignetes Kurzschließen führt durch zu schnelles Entladen zu einer abrupten Kontraktion des Piezoaktors. Abrupte Kontraktion kann den Piezoaktor zerstören.

- Entfernen Sie den mitgelieferten Kurzschlussstecker nur vom Spannungsanschluss des Piezoaktors, wenn dies für Installation oder Betrieb erforderlich ist.
- Bewahren Sie den Kurzschlussstecker nach dem Entfernen in der Nähe des Piezoaktors auf. Wenn der Kurzschlussstecker entfernt worden ist, gehen Sie wie folgt vor:
 1. Entladen Sie den Piezoaktor (S. 34).
 2. Schließen Sie den mitgelieferten Kurzschlussstecker an den Spannungsanschluss des entladenen Piezoaktors an. Schließen Sie den Piezoaktor nicht auf andere Weise kurz.



Abbildung 3: Spannungsanschluss des P-2x5 mit aufgestecktem Kurzschlussstecker

- 1 Spannungsanschluss des P-2x5
- 2 Kurzschlussstecker P-202.01, im Lieferumfang

INFORMATION

Beim Umgang mit der Vakuumversion des Piezoaktors muss auf entsprechende Sauberkeit geachtet werden. Bei PI werden alle Teile vor dem Zusammenbau gereinigt. Während der Montage und Kalibration wird mit puderfreien Handschuhen gearbeitet. Danach wird der Piezoaktor noch einmal per Wischreinigung gesäubert und doppelt in vakuumtaugliche Folie eingeschweißt.

- Berühren Sie den Piezoaktor nur mit puderfreien Handschuhen.
- Wenn notwendig, säubern Sie den Piezoaktor per Wischreinigung nach dem Auspacken.

1. Packen Sie den P-2x5 vorsichtig aus.
2. Vergleichen Sie die erhaltene Lieferung mit dem Lieferumfang laut Vertrag und mit dem Lieferschein.
3. Überprüfen Sie den Inhalt auf Anzeichen von Schäden. Bei Schäden oder fehlenden Teilen wenden Sie sich sofort an unseren Kundendienst (S. 39).
4. Bewahren Sie das komplette Verpackungsmaterial auf für den Fall, dass das Produkt zurückgeschickt werden muss.

5 Installation

In diesem Kapitel

Allgemeine Hinweise zur Installation.....	19
P-2x5 an Schutzleiter anschließen	22
P-2x5 befestigen	23
Optional: Kopfstück befestigen	24
Last befestigen	25
Optional: Spülluft anschließen.....	25

5.1 Allgemeine Hinweise zur Installation

HINWEIS



Zerstörung des Piezoaktors durch zu schnelles Entladen!

Wenn der P-2x5 nicht an der Elektronik angeschlossen ist, müssen die Leitungen am Spannungsanschluss kurzgeschlossen sein, um ein Aufladen des Piezoaktors bei Temperaturschwankungen und Druckbelastungen zu vermeiden. Ungeeignetes Kurzschließen führt durch zu schnelles Entladen zu einer abrupten Kontraktion des Piezoaktors. Abrupte Kontraktion kann den Piezoaktor zerstören.

- Entfernen Sie den mitgelieferten Kurzschlussstecker nur vom Spannungsanschluss des Piezoaktors, wenn dies für Installation oder Betrieb erforderlich ist.
- Bewahren Sie den Kurzschlussstecker nach dem Entfernen in der Nähe des Piezoaktors auf.

Wenn der Kurzschlussstecker entfernt worden ist, gehen Sie wie folgt vor:

1. Entladen Sie den Piezoaktor (S. 34).
2. Schließen Sie den mitgelieferten Kurzschlussstecker an den Spannungsanschluss des entladenen Piezoaktors an. Schließen Sie den Piezoaktor nicht auf andere Weise kurz.

HINWEIS



Zerstörung des Piezoaktors durch zu hohe Lasten!

Zu hohe Lasten können den P-2x5 zerstören.

- Überschreiten Sie **nicht** die maximale Druck-/ Zugbelastbarkeit gemäß den Spezifikationen (S. 41).

HINWEIS**Zerstörung des Piezoaktors durch mechanische Überlastung!**

Drehmomente, Biegekräfte, Scherkräfte und Querkkräfte können den Piezoaktor zerstören.

- Vermeiden Sie Biegekräfte und Querkkräfte am Kopfstück des P-2x5.
- Überschreiten Sie **nicht** das maximale Drehmoment und die maximale Scherbelastung am Kopfstück gemäß den Spezifikationen (S. 41).
- Vermeiden Sie Drehmomente am Fußstück, wenn das Kopfstück fest eingespannt ist.
- Stellen Sie sicher, dass der Lastschwerpunkt des bewegten Systems auf der Bewegungsachse des Piezoaktors sitzt.
- Vermeiden Sie eine ungleichmäßige Lastverteilung durch geeignete Konstruktionen bzw. Führungselemente (z. B. Kugelkopfstücke oder Festkörpergelenksführungen).
- Beachten Sie die Angaben zur Parallelität im Abschnitt "Abmessungen" (S. 48).
- Verschrauben Sie den Piezoaktor **nicht** fest an beiden Enden.

HINWEIS**Schäden durch ungeeignete Kabel!**

Ungeeignete Kabel können Schäden am P-2x5 und an der Elektronik verursachen.

- Verwenden Sie für den Anschluss des P-2x5 an die Elektronik nur Kabel von PI.

HINWEIS**Erwärmung des P-2x5 während des Betriebs!**

Die während des Betriebs des P-2x5 abgegebene Wärme kann Ihre Anwendung beeinträchtigen.

- Installieren Sie den P-2x5 so, dass die Anwendung nicht durch die abgegebene Wärme beeinträchtigt wird.

INFORMATION

Verlängerte Kabel können die Leistung des P-2x5 beeinflussen.

- Verwenden Sie nur Verlängerungskabel von PI (S. 13).

INFORMATION

Beim Umgang mit der Vakuumversion des Piezoaktors muss auf entsprechende Sauberkeit geachtet werden.

- Berühren Sie den Piezoaktor nur mit puderfreien Handschuhen.
- Wenn notwendig, säubern Sie den Piezoaktor per Wischreinigung.

INFORMATION

Das Ausfahren des Kopfstücks entspricht der positiven Bewegungsrichtung und ist proportional zur angelegten Betriebsspannung.

Vermeidung von Montagefehlern

Piezoaktoren dürfen nur axial belastet werden. Die nachfolgenden Abbildungen sollen Ihnen helfen, Montagefehler zu vermeiden.

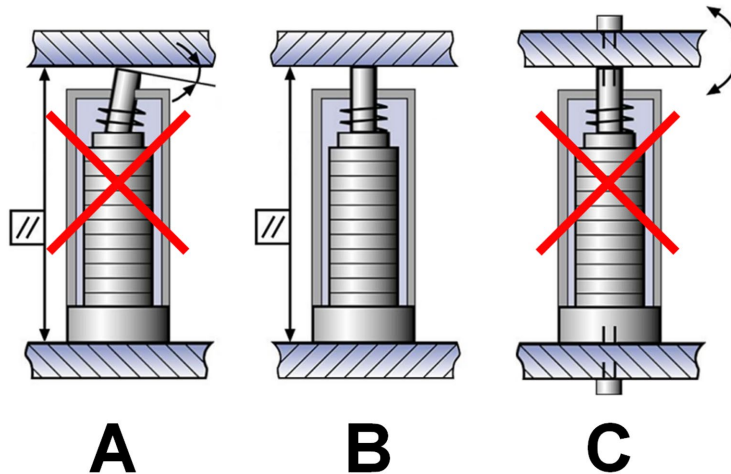


Abbildung 4: Kein festes Verschrauben an beiden Enden und keine Winkel

- A: Falsch: Winkelfehler am Kopfstück
- B: Richtig: Axiale Belastung des Aktors
- C: Falsch: Feste Verschraubung beider Enden des Aktors

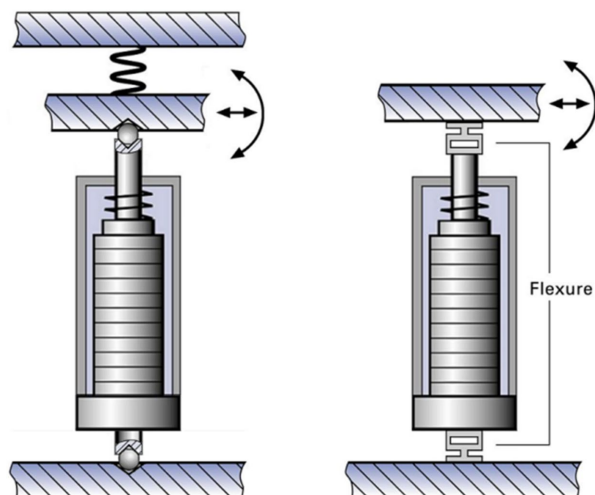


Abbildung 5: Kugelpfosten oder Festkörpergelenke (Flexures) zum Entkoppeln von lateralen Kräften und Biegekräften

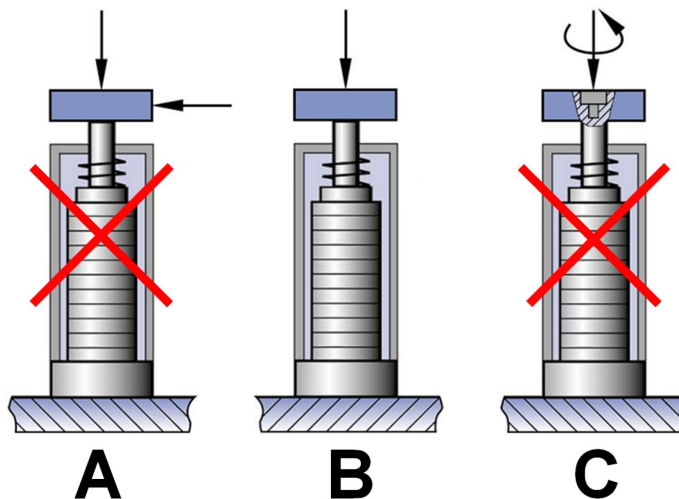


Abbildung 6: Keine lateralen Kräfte oder Drehmomente

A: Falsch: Scherkraft durch laterale Kraft

B: Richtig: Axiale Belastung des Aktors

C: Falsch: Torsion durch Drehmoment

5.2 P-2x5 an Schutzleiter anschließen

INFORMATION

- Beachten Sie die jeweils geltenden Normen für die Schutzleiterbefestigung.

INFORMATION

- Wenn in Ihrer Anwendung Vibrationen auftreten, sichern Sie die Schraubverbindung für den Schutzleiter zusätzlich auf geeignete Weise (z. B. mit leitfähigem Flüssigklebstoff) gegen selbstständiges Losdrehen.

Am P-2x5 befindet sich eine Bohrung M4 zur Schutzleiterbefestigung. Diese Bohrung ist mit dem Schutzleitersymbol $\oplus$ gekennzeichnet. Die Lage der Bohrung ist in der Produktansicht (S. 10) dargestellt.

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 19).
- ✓ Der P-2x5 ist **nicht** an der Elektronik angeschlossen.
- ✓ Der P-2x5 ist entladen (S. 34) und mit dem mitgelieferten Kurzschlussstecker (S. 12) kurzgeschlossen.

Werkzeug und Zubehör

- Geeigneter Schutzleiter: Kabelquerschnitt $\geq 0,75 \text{ mm}^2$ und Schutzleiterwiderstand $< 0,1 \Omega$ bei 25 A
- Mitgelieferter Schraubensatz M4 Schutz Erde (S. 12) für den Anschluss des Schutzleiters
- Geeigneter Schraubendreher

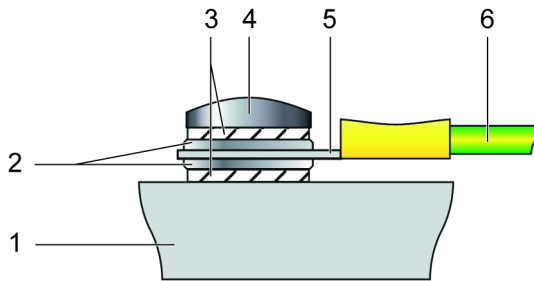


Abbildung 7: Montage des Schutzleiters (Profilansicht)

- | | |
|---|--------------------|
| 1 | Fußstück des P-2x5 |
| 2 | Unterlegscheibe |
| 3 | Sicherungsscheibe |
| 4 | Schraube |
| 5 | Kabelschuh |
| 6 | Schutzleiter |

P-2x5 an Schutzleiter anschließen

1. Wenn nötig, befestigen Sie einen geeigneten Kabelschuh am Schutzleiter.
2. Befestigen Sie den Kabelschuh des Schutzleiters mit der Schraube M4 (einschließlich der Sicherungs- und Unterlegscheiben) am Schutzleiteranschluss des P-2x5 wie in der Profilansicht dargestellt.
3. Ziehen Sie die Schraube M4 mit einem Drehmoment von 1,2 Nm bis 1,5 Nm fest.
4. Stellen Sie sicher, dass der Übergangswiderstand an allen für die Schutzleitermontage relevanten Verbindungsstellen $< 0,1 \Omega$ bei 25 A ist.

5.3 P-2x5 befestigen

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 19).
- ✓ Der P-2x5 ist **nicht** an der Elektronik angeschlossen.
- ✓ Der P-2x5 ist entladen (S. 34) und mit dem mitgelieferten Kurzschlussstecker (S. 12) kurzgeschlossen.

Werkzeug und Zubehör

- Schraube M8 von geeigneter Länge; siehe "Abmessungen" (S. 48)
- Gabelschlüssel SW 27
- Geeigneter Schraubendreher

P-2x5 befestigen

1. Fixieren Sie das Fußstück des P-2x5: Setzen Sie einen Gabelschlüssel SW 27 an den Schlüsselflächen des Fußstücks an.
2. Befestigen Sie den P-2x5 mit einer Schraube M8 auf einer geeigneten Unterlage. Verwenden Sie hierfür die Montagebohrung M8 an der Unterseite des Fußstücks; siehe "Abmessungen" (S. 48).
3. Entfernen Sie den Gabelschlüssel vom Fußstück.

5.4 Optional: Kopfstück befestigen

INFORMATION

Mit den optional erhältlichen Flach- oder Kugelkopfstücken (S. 13) lassen sich unterschiedliche mechanische Ankoppelungen an eine Last realisieren.

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 19).
- ✓ Der P-2x5 ist **nicht** an der Elektronik angeschlossen.
- ✓ Der P-2x5 ist entladen (S. 34) und mit dem mitgelieferten Kurzschlussstecker (S. 12) kurzgeschlossen.

Werkzeug und Zubehör

- Optional erhältliches Flach- oder Kugelkopfstück (S. 13)
- Gabelschlüssel zum Fixieren des Kopfstücks des P-2x5 (S. 10):
 - P-225: SW 13
 - P-235: SW 17

Flach- oder Kugelkopfstück befestigen

1. Fixieren Sie das Kopfstück des P-2x5: Setzen Sie einen passenden Gabelschlüssel an den Schlüsselflächen des Kopfstücks an.
2. Schrauben Sie das Flach- oder Kugelkopfstück mit der Hand in die Montagebohrung des Kopfstücks des P-2x5 ein.
3. Entfernen Sie den Gabelschlüssel vom Kopfstück.

5.5 Last befestigen

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 19).
- ✓ Der P-2x5 ist entladen (S. 34) und mit dem mitgelieferten Kurzschlussstecker (S. 12) kurzgeschlossen.

Werkzeug und Zubehör

- Schraube M8 von geeigneter Länge; siehe "Abmessungen" (S. 48)
- Geeigneter Schraubendreher
- Gabelschlüssel zum Fixieren des Kopfstücks des P-2x5 (S. 10):
 - P-225: SW 13
 - P-235: SW 17

Last befestigen

1. Fixieren Sie das Kopfstück des P-2x5: Setzen Sie einen passenden Gabelschlüssel an den Schlüsselflächen des Kopfstücks an.
2. Befestigen Sie die Last mit einer Schraube M8 an der Montagebohrung im Kopfstück; siehe "Abmessungen" (S. 48).
3. Entfernen Sie den Gabelschlüssel vom Kopfstück.

5.6 Optional: Spülluft anschließen

HINWEIS



Zerstörung des Piezoaktors durch zu schnelles Abkühlen!

Bei zu schnellem Abkühlen kann die resultierende thermomechanische Belastung den Piezoaktor zerstören.

- Schließen Sie Spülluft nur an den Piezoaktor an, wenn der Piezoaktor auf Raumtemperatur abgekühlt ist.

INFORMATION

Der Piezoaktor kann mit Spülluft gekühlt werden, wenn der P-2x5 mit der Option "Temperatursensor PT 1000 und Spülluftanschluss für PICA Hochvolt-Piezoaktoren" (P-177.50) bestellt wurde (S. 13).

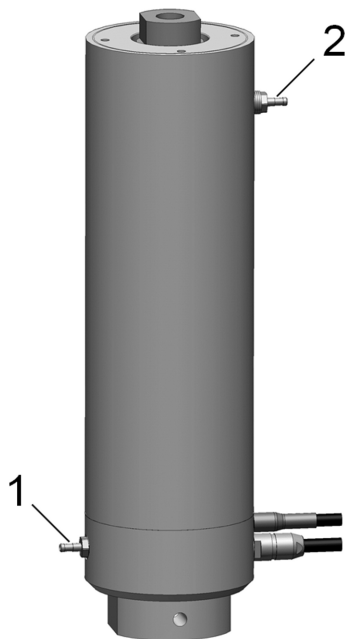


Abbildung 8: P-2x5: Spülluftanschluss bei Option P-177.50

- 1 Eingang für Spülluft, Stecknippel M3-PK-2
- 2 Ausgang für Spülluft, Stecknippel M3-PK-2

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 19).
- ✓ Der P-2x5 ist entladen (S. 34) und mit dem mitgelieferten Kurzschlussstecker (S. 12) kurzgeschlossen.

Werkzeug und Zubehör

- Schläuche für Zuführen und Abführen der Spülluft, geeignet für Stecknippel M3-PK-2
- Geeignete Spülluft:

Die Anforderungen an die Spülluftqualität können generell durch Verwendung von Druckluft nach ISO 8573-1:2010 erfüllt werden.

Partikel: Klasse 2

Feuchtigkeit: Klasse 4 (Temperatur mindestens 3 °C über dem Taupunkt)

Restölgehalt: Klasse 1 (<0,01 mg/m³, gemessen bei 1 bar und 20 °C)

Der Druck in der Spülluftzufuhr sollte zwischen 0,5 bar und 1 bar liegen.

Spülluft anschließen

1. Stellen Sie sicher, dass der Piezoaktor auf Raumtemperatur abgekühlt ist.
2. Schließen Sie die Spülluft an:
 - Stecken Sie den Schlauch für das Zuführen der Spülluft auf den entsprechenden Stecknippel am P-2x5 auf (siehe Abbildung oben).
 - Stecken Sie den Schlauch für das Abführen der Spülluft auf den entsprechenden Stecknippel am P-2x5 auf (siehe Abbildung oben).

6 Inbetriebnahme und Betrieb

In diesem Kapitel

Allgemeine Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb	27
Betriebsparameter ermitteln	30
P-2x5 betreiben	33
P-2x5 entladen	34

6.1 Allgemeine Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb

GEFAHR



Stromschlaggefahr bei fehlendem Schutzleiter!

Bei fehlendem oder nicht ordnungsgemäß angeschlossenen Schutzleiter können im Falle eines Fehlers oder Defekts gefährliche Berührungsspannungen am P-2x5 entstehen. Wenn Berührungsspannungen vorhanden sind, kann das Berühren des P-2x5 zum Tod durch Stromschlag oder zu schweren Verletzungen führen.

- Schließen Sie den P-2x5 vor Inbetriebnahme an einen Schutzleiter an (S. 22).
- Entfernen Sie den Schutzleiter **nicht** während des Betriebs.
- Wenn der Schutzleiter vorübergehend entfernt werden muss (z. B. bei Umbauten), schließen Sie den P-2x5 vor erneuter Inbetriebnahme wieder an den Schutzleiter an.

VORSICHT



Verbrennung durch heiße Oberfläche!

Im Betrieb kann sich die Oberfläche des P-2x5 erhitzen. Das Berühren des P-2x5 kann zu leichten Verletzungen durch Verbrennung führen.

- Kühlen Sie den P-2x5 z. B. mit Spülluft (S. 25) so, dass die Temperatur seiner Oberfläche 65 °C **nicht** übersteigt.
- Wenn eine ausreichende Kühlung nicht möglich ist: Stellen Sie sicher, dass der heiße P-2x5 **nicht** berührt werden kann.
- Wenn eine ausreichende Kühlung und ein Berührschutz nicht möglich sind: Kennzeichnen Sie den Gefahrenbereich gemäß den gesetzlichen Vorschriften.

HINWEIS**Zerstörung des Piezoaktors durch elektrische Überschlüsse!**

Der Einsatz des P-2x5 in Umgebungen, die die elektrische Leitfähigkeit erhöhen, kann zur Zerstörung des Piezoaktors durch elektrische Überschlüsse führen. Elektrische Überschlüsse können durch Feuchtigkeit, hohe Luftfeuchtigkeit, Flüssigkeiten und leitende Materialien (z. B. Metallstaub) hervorgerufen werden. Darüber hinaus können in bestimmten Luftdruckbereichen aufgrund der erhöhten Leitfähigkeit der Luft elektrische Überschlüsse auftreten.

- Vermeiden Sie den Betrieb des P-2x5 in Umgebungen, die die elektrische Leitfähigkeit erhöhen können.
- Betreiben Sie den P-2x5 nur innerhalb der zulässigen Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen (S. 47).
- Bei Einsatz im Vakuum unter 100 hPa:
Betreiben Sie den P-2x5 **nicht** während des Evakuierens oder Belüftens.

HINWEIS**Zerstörung des Piezoaktors durch dynamische Kräfte!**

Während des dynamischen Betriebs können dynamische Kräfte entstehen, die die Vorspannung des Piezoaktors aufheben. Durch den Betrieb ohne Vorspannung kann der Aktor zerstört werden.

- Überschreiten Sie **nicht** die maximale Druck-/ Zugbelastbarkeit gemäß den Spezifikationen (S. 41).
- Beachten Sie die Hinweise in "Betriebsparameter ermitteln" (S. 30).

HINWEIS**Zerstörung des Piezoaktors durch zu hohe Betriebsfrequenz!**

Eine zu hohe Betriebsfrequenz kann den Piezoaktor zerstören.

- Wählen Sie die Betriebsfrequenz so, dass die folgenden Bedingungen erfüllt sind:
 - Die Betriebsfrequenz beträgt maximal ein Drittel der Resonanzfrequenz:
 - Maximale Betriebsfrequenz des unbelasteten Piezoaktors siehe "Bemessungsdaten" (S. 46).
 - Maximale Betriebsfrequenz des belasteten Piezoaktors siehe "Maximale Betriebsfrequenz des belasteten Piezoaktors berechnen" (S. 31).
 - Die im Betrieb auftretenden dynamischen Kräfte überschreiten **nicht** die maximale Druck-/Zugbelastbarkeit des Piezoaktors. Siehe "Im dynamischen Betrieb auftretende Kräfte berechnen" (S. 32) und "Spezifikationen" (S. 41).

HINWEIS**Verringerte Lebensdauer des Piezoaktors durch dauerhaft hohe Spannung!**

Das dauerhafte Anlegen einer hohen statischen Spannung an Piezoaktoren führt zu einer erheblichen Verringerung der Lebensdauer der Piezokeramik.

- Wenn der P-2x5 nicht benutzt wird, die Elektronik aber zur Gewährleistung der Temperaturstabilität eingeschaltet bleibt, entladen Sie den P-2x5 (S. 34).
- Wenn möglich: Begrenzen Sie im Dauerbetrieb die maximale Betriebsspannung auf 750 V.

HINWEIS**Zu hohe oder falsch angeschlossene Betriebsspannung!**

Zu hohe oder falsch angeschlossene Betriebsspannung kann Schäden am P-2x5 verursachen.

- Verwenden Sie nur Controller/Treiber und Originalzubehör von PI für den Betrieb des P-2x5.
- Überschreiten Sie **nicht** den Betriebsspannungsbereich (S. 46), der für den P-2x5 spezifiziert ist.
- Betreiben Sie den P-2x5 nur, wenn die Betriebsspannung ordnungsgemäß angeschlossen ist; siehe "Pinbelegung" (S. 52).

HINWEIS**Zerstörung des Piezoaktors durch Überhitzen!**

Überhitzen kann den Piezoaktor zerstören.

- Kühlen Sie den Piezoaktor z. B. mit Spülluft (S. 25).
- Überwachen Sie die Temperatur des Piezoaktors mit einem Temperatursensor (S. 13).
- Passen Sie Betriebsspannung, Betriebsfrequenz und/oder Betriebsdauer so an, dass die maximale Betriebstemperatur des Piezoaktors nicht überschritten wird, siehe "Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen" (S. 47), "Bemessungsdaten" (S. 46) und "Betriebsparameter ermitteln" (S. 30).

HINWEIS**Unkontrollierte Schwingungen!**

Schwingungen können den P-2x5 irreparabel beschädigen. Schwingungen machen sich durch ein Summen bemerkbar und können folgende Ursachen haben:

- Wechselnde Last und/oder Dynamik erfordert die Anpassung der Regelparameter.
- Der P-2x5 wird nahe seiner Resonanzfrequenz oder mit zu hoher Betriebsfrequenz betrieben.

Wenn Sie Schwingungen bemerken:

- Schalten Sie im geregelten Betrieb den Servomodus sofort aus.
- Stoppen Sie im ungeregelten Betrieb sofort den P-2x5.

INFORMATION

Das Ausfahren des Kopfstücks entspricht der positiven Bewegungsrichtung und ist proportional zur angelegten Betriebsspannung.

6.2 Betriebsparameter ermitteln

6.2.1 Übersicht begrenzender Faktoren

Begrenzende Faktoren für den Betrieb des Piezoaktors:

- Resonanzfrequenz:

Die Betriebsfrequenz darf ein Drittel der Resonanzfrequenz des Piezoaktors **nicht** überschreiten:

- Maximale Betriebsfrequenz des unbelasteten Piezoaktors siehe "Bemessungsdaten" (S. 46).
- Maximale Betriebsfrequenz des belasteten Piezoaktors siehe "Maximale Betriebsfrequenz des belasteten Piezoaktors berechnen" (S. 31).

- Maximale Druck-/Zugbelastbarkeit (S. 41):

Die Masse der zu bewegenden Last und die Betriebsfrequenz des Piezoaktors müssen so gewählt werden, dass die im Betrieb auftretenden dynamischen Kräfte die maximale Druck-/Zugbelastbarkeit des Piezoaktors nicht überschreiten. Siehe "Im dynamischen Betrieb auftretende Kräfte berechnen" (S. 32).

- Maximal zulässige Betriebstemperatur des Piezoaktors (S. 47):

Je größer Betriebsfrequenz, Betriebsspannung (Spitze-Spitze) und Kapazität des Piezoaktors sind, umso größer ist die im Piezoaktor erzeugte thermische Leistung. Betriebsfrequenz, Betriebsspannung und Betriebsdauer müssen so gewählt werden, dass die maximal zulässige Betriebstemperatur des Piezoaktors **nicht** überschritten wird. Für die maximal zulässige Betriebsfrequenz ohne Kühlung siehe Spalte B der Tabelle in "Bemessungsdaten" (S. 46).

Bei Einsatz von Kühlungsmaßnahmen (S. 25) erhöhen sich die Grenzwerte für Betriebsfrequenz, Betriebsspannung und Betriebsdauer. Durch Einsatz eines Temperatursensors (S. 13) kann das Überhitzen des Piezoaktors vermieden werden.

Spitzen- und Dauerausgangsstrom der verwendeten Elektronik (S. 12):

Die verwendete Elektronik muss so gewählt werden, dass sie die folgenden Voraussetzungen erfüllt:

- Die Elektronik kann die benötigten Ströme bereitstellen. Siehe "Strombedarf für Sinusbetrieb berechnen" (S. 32).
- Der Ausgangsstrom der Elektronik überschreitet nicht die maximale Leistungsaufnahme des Piezoaktors. Siehe "Bemessungsdaten" (S. 46).

6.2.2 Effektive Masse berechnen

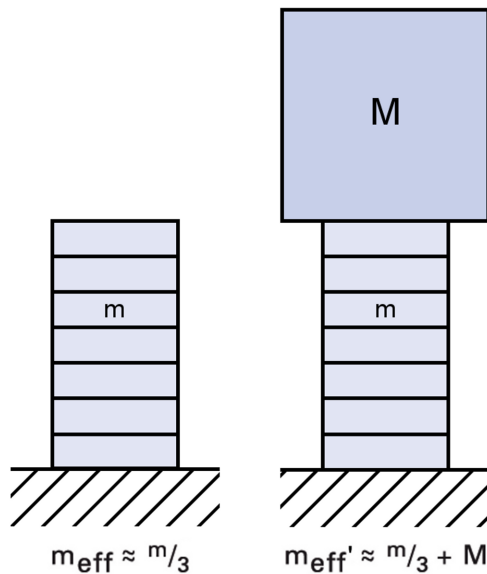


Abbildung 9: Berechnung der effektiven Masse eines einseitig eingespannten Piezostapelaktors ohne Last (links) und mit zusätzlicher Last (rechts).

1. Entnehmen Sie die Masse m Ihres Piezoaktors der Datentabelle (S. 41).
2. Ermitteln Sie die zusätzliche Last M .
3. Berechnen Sie die effektive Masse m_{eff} des unbelasteten Piezoaktors und m_{eff}' des belasteten Piezoaktors mit den Formeln in der Abbildung oben.

6.2.3 Maximale Betriebsfrequenz des belasteten Piezoaktors berechnen

INFORMATION

In der nachfolgenden Berechnung wird die maximal zulässige Betriebstemperatur des Piezoaktors **nicht** berücksichtigt. Beim Betrieb ohne Kühlung wird die maximale Betriebstemperatur möglicherweise bereits überschritten, wenn die Betriebsfrequenz noch unterhalb des nachfolgend berechneten Grenzwerts liegt.

- Für die maximal zulässige Betriebsfrequenz ohne Kühlung siehe Spalte B der Tabelle in "Bemessungsdaten" (S. 46).

1. Berechnen Sie die Resonanzfrequenz des belasteten Piezoaktors mit folgender Formel:

$$f_0' = f_0 \sqrt{\frac{m_{\text{eff}}}{m_{\text{eff}}'}}$$

f_0' = Resonanzfrequenz des belasteten Piezoaktors [Hz]

f_0 = Resonanzfrequenz des unbelasteten Piezoaktors [Hz]; siehe "Datentabelle" (S. 41).

m_{eff} = effektive Masse; ca. 1/3 der Masse des Piezoaktors [kg]

m_{eff}' = effektive Masse m_{eff} + zusätzliche Last M [kg]

Siehe auch "Effektive Masse berechnen" (S. 31).

2. Berechnen Sie die maximale Betriebsfrequenz des belasteten Piezoaktors mit folgender Formel:

$$f_{\text{max}} = f_0'/3$$

f_{max} = maximale Betriebsfrequenz des belasteten Piezoaktors [Hz]

f_0' = Resonanzfrequenz des belasteten Piezoaktors [Hz]

6.2.4 Im dynamischen Betrieb auftretende Kräfte berechnen

- Berechnen Sie die dynamischen Kräfte, die bei Sinusbetrieb mit der Frequenz f auf den Piezoaktor wirken, mit folgender Formel:

$$F_{\text{dyn}} \approx \pm 4\pi^2 \cdot m_{\text{eff}}' \left(\frac{\Delta L}{2} \right) f^2$$

F_{dyn} = dynamische Kraft [N]

m_{eff}' = effektive Masse m_{eff} (ca. 1/3 der Masse des Piezoaktors) + zusätzliche Last M [kg], siehe auch "Effektive Masse berechnen" (S. 31)

ΔL = Auslenkung in der Anwendung (Spitze-Spitze) [m]

f = Frequenz [Hz]

Beispiel: Die dynamischen Kräfte bei 1000 Hz, 2 μm Auslenkung (Spitze-Spitze) und 1 kg effektiver Masse betragen ungefähr ± 40 N.

6.2.5 Strombedarf für Sinusbetrieb berechnen

- Berechnen Sie den Dauerstrombedarf für den Sinusbetrieb mit folgender Formel:

$$I_a \approx f \cdot C \cdot U_{\text{p-p}}$$

- Berechnen Sie den Spitzenstrombedarf für den Sinusbetrieb mit folgender Formel:

$$I_{\text{max}} \approx f \cdot \pi \cdot C \cdot U_{\text{p-p}}$$

Variable	Beschreibung	Hinweise
I_a	Erforderlicher Dauerstrom des Verstärkers (Source / Sink) [A]	Es ist entscheidend, dass das Netzteil genügend Strom liefern kann.
I_{max}	Erforderlicher Spitzenstrom des Verstärkers (Source / Sink) [A]	Der zur Verfügung gestellte Spitzenstrom hängt von der internen Speicherkapazität des Verstärkers ab.
f	Betriebsfrequenz [Hz]	Details zur Betriebsfrequenz siehe "Übersicht begrenzender Faktoren" (S. 30).
C	Kapazität des Piezoaktors [F (= As/V)]	Siehe "Datentabelle" (S. 41) für die Kleinsignalkapazität des Piezoaktors. Für Großsignalbedingungen sollte ein Sicherheitsfaktor von 70 % zur Kleinsignalkapazität addiert werden.
U_{p-p}	Betriebsspannung (Spitze-Spitze) [V]	Spannungsdifferenz zwischen positiver und negativer Spitzenspannung

6.3 P-2x5 betreiben

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb gelesen und verstanden (S. 27).
- ✓ Sie haben die Betriebsparameter für Ihre Anwendung ermittelt (S. 30).
- ✓ Sie haben den P-2x5 korrekt installiert (S. 19).
- ✓ Sie haben eine geeignete Elektronik bereitgestellt, die die benötigten Ströme liefern kann (S. 32).
- ✓ Sie haben das Benutzerhandbuch der verwendeten Elektronik gelesen und verstanden.

P-2x5 betreiben

- Folgen Sie für das Anschließen, die Inbetriebnahme und den Betrieb des P-2x5 den Anleitungen im Handbuch der verwendeten Elektronik (S. 12).

6.4 P-2x5 entladen

Der P-2x5 muss in folgenden Fällen entladen werden:

- Wenn der P-2x5 nicht benutzt wird, die Elektronik aber zur Gewährleistung der Temperaturstabilität eingeschaltet bleibt
- Vor Demontage (z. B. vor Reinigung und Transport des P-2x5) sowie bei Umbauten
- Wenn der P-2x5 mit dem mitgelieferten Kurzschlussstecker (S. 12) kurzgeschlossen werden soll

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 19).

Werkzeug und Zubehör

- Elektronik von PI (S. 12)

An der Elektronik angeschlossenen P-2x5 entladen

Im geregelten Betrieb:

1. Schalten Sie an der Elektronik den Servomodus aus.
2. Stellen Sie an der Elektronik die Piezospannung auf 0 V ein.

Im ungeregelten Betrieb:

- Stellen Sie an der Elektronik die Piezospannung auf 0 V ein.

P-2x5 entladen, der nicht an der Elektronik angeschlossen ist

- Schließen Sie den Spannungsanschluss des Piezoaktors an die ausgeschaltete Elektronik von PI an.

7 Wartung

In diesem Kapitel

Allgemeine Hinweise zur Wartung	35
P-2x5 reinigen	35

7.1 Allgemeine Hinweise zur Wartung

Der P-2x5 ist wartungsfrei.

7.2 P-2x5 reinigen

HINWEIS



Zerstörung des Piezoaktors durch elektrische Überschläge!

Das Eindringen von Flüssigkeit in das Gehäuse des Piezoaktors kann zur Zerstörung des Piezoaktors durch elektrische Überschläge führen.

Vor dem Reinigen des P-2x5:

1. Entladen Sie den P-2x5 (S. 34).
2. Trennen Sie den Spannungsanschluss des P-2x5 von der Elektronik.
3. Verbinden Sie den Spannungsanschluss des P-2x5 mit dem mitgelieferten Kurzschlussstecker (S. 17).

HINWEIS



Schäden durch Ultraschallreinigung!

Ultraschallreinigung kann den P-2x5 beschädigen.

- Führen Sie keine Ultraschallreinigung durch.

Voraussetzungen

- ✓ Der P-2x5 ist **nicht** an der Elektronik angeschlossen.
- ✓ Der P-2x5 ist entladen (S. 34) und mit dem mitgelieferten Kurzschlussstecker (S. 12) kurzgeschlossen.

P-2x5 reinigen

Nur wenn der Piezoaktor **nicht** im Vakuum eingesetzt wird:

- Wenn notwendig, reinigen Sie die Oberflächen des P-2x5 mit einem Tuch, das leicht mit einem milden Reinigungs- oder Desinfektionsmittel (z. B. Isopropanol) angefeuchtet wurde.

Wenn der Piezoaktor im Vakuum eingesetzt wird:

- Berühren Sie den Piezoaktor nur mit puderfreien Handschuhen.
- Wenn notwendig, säubern Sie den Piezoaktor per Wischreinigung.

8 Störungsbehebung

Störung	Mögliche Ursachen	Behebung
Keine oder eingeschränkte Bewegung	Kabel nicht korrekt angeschlossen	➤ Prüfen Sie die Kabelanschlüsse.
	Zu hohe Last	➤ Überschreiten Sie nicht die maximale Druck-/ Zugbelastbarkeit gemäß den Spezifikationen (S. 41).
	Elektronik E-481 oder E-482 von PI hat wegen Überhitzung des Piezoaktors den Spannungsausgang deaktiviert	Wenn der Piezoaktor mit der Option "Temperatursensor PT1000 und Spülluftanschluss für PICA Hochvolt-Piezoaktoren" ausgestattet ist (S. 13), werten die Elektroniken E-481 und E-482 das Signal des Temperatursensors aus. 1. Schalten Sie die Elektronik ab. 2. Warten Sie einige Minuten, bis sich der Piezoaktor ausreichend abgekühlt hat. 3. Schalten Sie die Elektronik wieder ein. Vorbeugende Maßnahmen: ➤ Verringern Sie Betriebsspannung, Betriebsfrequenz und/oder Betriebsdauer. ➤ Kühlen Sie den Piezoaktor.
	Nullpunktverschiebung des Positionssensors aus folgenden Gründen: ▪ Belastung in Bewegungsrichtung ▪ Umgebungs-/ Betriebstemperatur des Piezoaktors liegt weit ober- oder unterhalb der Kalibrationstemperatur (21 °C bis 24 °C)	➤ Führen Sie einen Nullpunktgleich des Sensors durch (siehe Benutzerhandbuch der verwendeten Elektronik).
	Piezoaktor ist wegen Überhitzung depolarisiert	➤ Wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 39).

Störung	Mögliche Ursachen	Behebung
Verringerte Genauigkeit	P-2x5 oder Controller wurde ausgetauscht	➤ Führen Sie eine Neukalibrierung der Achsauslenkung durch (siehe Controller-Handbuch) oder wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 39).
	Achsen wurden beim Anschließen vertauscht	Bei kalibrierten Systemen: ➤ Beachten Sie beim Anschließen mehrerer Piezoaktoren an einen Mehrkanal-Controller die Zuordnung der Achsen. Diese Zuordnung geht aus Aufklebern auf den Geräten hervor.
Piezoaktor beginnt zu schwingen oder positioniert ungenau	Regelparameter falsch eingestellt, da z. B. die Last geändert wurde	1. Schalten Sie den Servomodus der betreffenden Achsen unverzüglich aus. 2. Prüfen Sie die Einstellungen der Regelparameter am Controller. 3. Passen Sie die Regelparameter am Controller entsprechend der Laständerung an.
	Betrieb mit zu hoher Frequenz	➤ Betreiben Sie den Piezoaktor mit maximal einem Drittel der Resonanzfrequenz. - Maximale Betriebsfrequenz des unbelasteten Piezoaktors siehe "Bemessungsdaten" (S. 46). - Maximale Betriebsfrequenz des belasteten Piezoaktors siehe "Maximale Betriebsfrequenz des belasteten Piezoaktors berechnen" (S. 31).

Wenn die Störung Ihres Systems nicht in der Tabelle angeführt ist oder wenn sie nicht wie beschrieben behoben werden kann, kontaktieren Sie unseren Kundendienst (S. 39).

9 Kundendienst

Wenden Sie sich bei Fragen und Bestellungen an Ihre PI-Vertretung oder schreiben Sie uns eine E-Mail (service@pi.de).

- Geben Sie bei Fragen zu Ihrem System folgende Systeminformationen an:
 - Produkt- und Seriennummern von allen Produkten im System
 - Firmwareversion des Controllers (sofern vorhanden)
 - Version des Treibers oder der Software (sofern vorhanden)
 - PC-Betriebssystem (sofern vorhanden)
- Wenn möglich: Fertigen Sie Fotografien oder Videoaufnahmen Ihres Systems an, die Sie unserem Kundendienst auf Anfrage senden können.

Die aktuellen Versionen der Benutzerhandbücher stehen auf unserer Website zum Herunterladen (S. 3) bereit.

10 Technische Daten

Änderungen vorbehalten. Die aktuellen Produktspezifikationen finden Sie auf der Seite des Produkts unter www.pi.de (<https://www.pi.de>).

In diesem Kapitel

Spezifikationen.....	41
Abmessungen.....	48
Pinbelegung	52

10.1 Spezifikationen

10.1.1 Datentabelle

Bewegen	Einheit	Toleranz	P-225.10	P-225.1S	P-225.2S	P-225.40	P-225.4S	P-225.80	P-225.8S	P-225.8SV
Aktive Achsen			Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Stellweg in Z	µm			15	30		60		120	120
Stellweg in Z, ungeregelt	µm	±20 %	15	15	30	60	60	120	120	120
Linearitätsabweichung in Z	%	typ.		0,2	0,2		0,2		0,2	0,2

Positionieren	Einheit	Toleranz	P-225.10	P-225.1S	P-225.2S	P-225.40	P-225.4S	P-225.80	P-225.8S	P-225.8SV
Integrierter Sensor				DMS, direkte Positions messung	DMS, direkte Positions messung		DMS, direkte Positions messung		DMS, direkte Positions messung	DMS, direkte Positions messung
Systemauflösung in Z	nm			0,3	0,6		1,2		2,4	2,4
Auflösung in Z, ungeregelt	nm	typ.	0,15	0,15	0,3	0,6	0,6	1,2	1,2	1,2

Antriebs-eigenschaften	Einheit	Toleranz	P-225.10	P-225.1S	P-225.2S	P-225.40	P-225.4S	P-225.80	P-225.8S	P-225.8SV
Betriebsspannung	V		0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000
Antriebstyp			PICA	PICA	PICA	PICA	PICA	PICA	PICA	PICA
Aktortyp			Linear-aktor	Linear-aktor	Linear-aktor	Linear-aktor	Linear-aktor	Linear-aktor	Linear-aktor	Linear-aktor
Elektrische Kapazität in Z	nF	±20 %	320	320	630	1300	1300	2600	2600	2600

Mechanische Eigenschaften	Einheit	Toleranz	P-225.10	P-225.1S	P-225.2S	P-225.40	P-225.4S	P-225.80	P-225.8S	P-225.8SV
Steifigkeit in Z	N/μm	±20 %	480	480	330	200	200	110	110	110
Resonanzfrequenz in Z, unbelastet	kHz	±20 %	14	14	10	7	7	4	4	4
Zulässige Druckkraft in Y	N	max.	255	255	125	84	84	73	73	73
Zulässige Druckkraft in Z	N	max.	12500	12500	12500	12500	12500	12500	12500	12500
Zulässige Zugkraft in Z	N	max.	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Zulässiges Moment in ΘZ	N·m	max.	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Gesamtmasse	g	±5 %	410	410	470	610	610	900	900	900
Material			Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl

Anschlüsse und Umgebung	Einheit	Toleranz	P-225.10	P-225.1S	P-225.2S	P-225.40	P-225.4S	P-225.80	P-225.8S	P-225.8SV
Betriebs-temperaturbereich	° C		-40 bis 80	-40 bis 80	-40 bis 80	-40 bis 80	-40 bis 80	-40 bis 80	-40 bis 80	-40 bis 80
Anschluss			LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT
Sensoranschluss				LEMO für Dehn-mess-streifen	LEMO für Dehn-mess-streifen		LEMO für Dehn-mess-streifen		LEMO für Dehn-mess-streifen	LEMO für Dehn-mess-streifen
Kabellänge	m		1	1	1	1	1	1	1	1
Empfohlene Controller / Treiber			E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, , E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, , E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, , E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, , E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, , E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, , E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, , E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, , E-482, E-508
Vakuumklasse	hPa									10 ⁻⁶

Maximale Betriebsfrequenz kurzzeitig: Maximale Betriebsfrequenz ohne Last und ohne Berücksichtigung thermischer Aspekte.

Steifigkeit in Z: Statische Großsignalsteifigkeit; dynamische Kleinsignalsteifigkeit ca. 50 % höher.

Die Auflösung des Systems wird nur vom Rauschen des Verstärkers und der Messtechnik begrenzt, da PI-Piezoaktoren reibungsfrei arbeiten.

Im Dauerbetrieb sollte die Betriebsspannung 750 V nicht überschreiten.

Bewegen	Einheit	Toleranz	P-235.10	P-235.10V	P-235.1S	P-235.1SV	P-235.20	P-235.20V	P-235.2S	P-235.2SV
Aktive Achsen			Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Stellweg in Z	μm				15	15			30	30
Stellweg in Z, ungeregelt	μm	±20 %	15	15	15	15	30	30	30	30
Linearitätsabweichung in Z	%	typ.			0,2	0,2			0,2	0,2

Positionieren	Einheit	Toleranz	P-235.10	P-235.10V	P-235.1S	P-235.1SV	P-235.20	P-235.20V	P-235.2S	P-235.2SV
Integrierter Sensor					DMS, direkte Positions messung	DMS, direkte Positions messung			DMS, direkte Positions messung	DMS, direkte Positions messung
Systemauflösung in Z	nm				0,3	0,3			0,6	0,6
Auflösung in Z, ungeregelt	nm	typ.	0,15	0,15	0,15	0,15	0,3	0,3	0,3	0,3

Antriebs- eigenschaften	Einheit	Toleranz	P-235.10	P-235.10V	P-235.1S	P-235.1SV	P-235.20	P-235.20V	P-235.2S	P-235.2SV
Betriebsspannung	V		0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000
Antriebstyp			PICA	PICA	PICA	PICA	PICA	PICA	PICA	PICA
Aktortyp			Linear- aktor	Linear- aktor	Linear- aktor	Linear- aktor	Linear- aktor	Linear- aktor	Linear- aktor	Linear- aktor
Elektrische Kapazität in Z	nF	±20 %	550	550	550	550	1100	1100	1100	1100

Mechanische Eigenschaften	Einheit	Toleranz	P-235.10	P-235.10V	P-235.1S	P-235.1SV	P-235.20	P-235.20V	P-235.2S	P-235.2SV
Steifigkeit in Z	N/μm	±20 %	860	860	860	860	600	600	600	600
Resonanzfrequenz in Z, unbelastet	kHz	±20 %	14	14	14	14	10	10	10	10
Zulässige Druckkraft in Y	N	max.	707	707	707	707	420	420	420	420
Zulässige Druckkraft in Z	N	max.	30000	30000	30000	30000	30000	30000	30000	30000
Zulässige Zugkraft in Z	N	max.	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
Zulässiges Moment in θZ	N·m	max.	2	2	2	2	2	2	2	2
Gesamtmasse	g	±5 %	580	580	580	580	690	690	690	690
Material			Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl

Anschlüsse und Umgebung	Einheit	Toleranz	P-235.10	P-235.10V	P-235.1S	P-235.1SV	P-235.20	P-235.20V	P-235.2S	P-235.2SV
Betriebs- temperaturbereich	° C		-40 bis 80	-40 bis 100	-40 bis 80	-40 bis 100	-40 bis 80	-40 bis 100	-40 bis 80	-40 bis 100
Anschluss			LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT
Sensoranschluss					LEMO für Dehn- mess- streifen	LEMO für Dehn- mess- streifen			LEMO für Dehn- mess- streifen	LEMO für Dehn- mess- streifen
Kabellänge	m		1	1,5	1	1,5	1	1,5	1	1,5
Empfohlene Controller / Treiber			E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508

Anschlüsse und Umgebung	Einheit	Toleranz	P-235.10	P-235.10V	P-235.1S	P-235.1SV	P-235.20	P-235.20V	P-235.2S	P-235.2SV
Vakuumklasse	hPa			10 ⁻⁶		10 ⁻⁶		10 ⁻⁶		10 ⁻⁶

Bewegen	Einheit	Toleranz	P-235.40	P-235.40V	P-235.4S	P-235.4SV	P-235.80	P-235.80V	P-235.8S	P-235.8SV
Aktive Achsen			Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Stellweg in Z	µm				60	60			120	120
Stellweg in Z, ungeregelt	µm	±20 %	60	60	60	60	120	120	120	120
Linearitätsabweichung in Z	%	typ.			0,2	0,2			0,2	0,2

Positionieren	Einheit	Toleranz	P-235.40	P-235.40V	P-235.4S	P-235.4SV	P-235.80	P-235.80V	P-235.8S	P-235.8SV
Integrierter Sensor					DMS, direkte Positions-messung	DMS, direkte Positions-messung			DMS, direkte Positions-messung	DMS, direkte Positions-messung
Systemauflösung in Z	nm				1,2	1,2			2,4	2,4
Auflösung in Z, ungeregelt	nm	typ.	0,6	0,6	0,6	0,6	1,2	1,2	1,2	1,2

Antriebs-eigenschaften	Einheit	Toleranz	P-235.40	P-235.40V	P-235.4S	P-235.4SV	P-235.80	P-235.80V	P-235.8S	P-235.8SV
Betriebsspannung	V		0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000
Antriebstyp			PICA	PICA	PICA	PICA	PICA	PICA	PICA	PICA
Aktortyp			Linear-aktor	Linear-aktor	Linear-aktor	Linear-aktor	Linear-aktor	Linear-aktor	Linear-aktor	Linear-aktor
Elektrische Kapazität in Z	nF	±20 %	2400	2400	2400	2400	5100	5100	5100	5100

Mechanische Eigenschaften	Einheit	Toleranz	P-235.40	P-235.40V	P-235.4S	P-235.4SV	P-235.80	P-235.80V	P-235.8S	P-235.8SV
Steifigkeit in Z	N/µm	±20 %	380	380	380	380	210	210	210	210
Resonanzfrequenz in Z, unbelastet	kHz	±20 %	7	7	7	7	4	4	4	4
Zulässige Druckkraft in Y	N	max.	232	232	232	232	147	147	147	147
Zulässige Druckkraft in Z	N	max.	30000	30000	30000	30000	30000	30000	30000	30000
Zulässige Zugkraft in Z	N	max.	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
Zulässiges Moment in θZ	N·m	max.	2	2	2	2	2	2	2	2
Gesamtmasse	g	±5 %	940	940	940	940	1400	1400	1400	1400
Material			Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl

Anschlüsse und Umgebung	Einheit	Toleranz	P-235.40	P-235.40V	P-235.4S	P-235.4SV	P-235.80	P-235.80V	P-235.8S	P-235.8SV
Betriebs-temperaturbereich	° C		-40 bis 80	-40 bis 100	-40 bis 80	-40 bis 100	-40 bis 80	-40 bis 100	-40 bis 80	-40 bis 100
Anschluss			LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT
Sensoranschluss					LEMO für Dehn-mess-streifen	LEMO für Dehn-mess-streifen			LEMO für Dehn-mess-streifen	LEMO für Dehn-mess-streifen
Kabellänge	m		1	1,5	1	1,5	1	1,5	1	1,5
Empfohlene Controller / Treiber			E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508
Vakuumklasse	hPa			10 ⁻⁶		10 ⁻⁶		10 ⁻⁶		10 ⁻⁶

Bewegen	Einheit	Toleranz	P-235.90	P-235.90V	P-235.9S	P-235.9SV
Aktive Achsen			Z	Z	Z	Z
Stellweg in Z	µm				180	180
Stellweg in Z, ungeregelt	µm	±20 %	180	180	180	180
Linearitätsabweichung in Z	%	typ.			0,2	0,2

Positionieren	Einheit	Toleranz	P-235.90	P-235.90V	P-235.9S	P-235.9SV
Integrierter Sensor					DMS, direkte Positionsmessung	DMS, direkte Positionsmessung
Systemauflösung in Z	nm				3,6	3,6
Auflösung in Z, ungeregelt	nm	typ.	1,8	1,8	1,8	1,8

Antriebs-eigenschaften	Einheit	Toleranz	P-235.90	P-235.90V	P-235.9S	P-235.9SV
Betriebsspannung	V		0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000	0 bis 1000
Antriebstyp			PICA	PICA	PICA	PICA
Aktortyp			Linear-aktor	Linear-aktor	Linear-aktor	Linear-aktor
Elektrische Kapazität in Z	nF	±20 %	7800	7800	7800	7800

Mechanische Eigenschaften	Einheit	Toleranz	P-235.90	P-235.90V	P-235.9S	P-235.9SV
Steifigkeit in Z	N/µm	±20 %	150	150	150	150
Resonanzfrequenz in Z, unbelastet	kHz	±20 %	2,8	2,8	2,8	2,8
Zulässige Druckkraft in Y	N	max.	147	147	147	147

Zulässige Druckkraft in Z	N	max.	30000	30000	30000	30000
Zulässige Zugkraft in Z	N	max.	3500	3500	3500	3500
Zulässiges Moment in θZ	N·m	max.	2	2	2	2
Gesamtmasse	g	±5 %	1900	1900	1900	1900
Material			Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl

Anschlüsse und Umgebung	Einheit	Toleranz	P-235.90	P-235.90V	P-235.9S	P-235.9SV
Betriebs-temperaturbereich	° C		-40 bis 80	-40 bis 100	-40 bis 80	-40 bis 100
Anschluss			LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT	LEMO HV-PZT
Sensoranschluss					LEMO für Dehn-mess-streifen	LEMO für Dehn-mess-streifen
Kabellänge	m		1	1,5	1	1,5
Empfohlene Controller / Treiber			E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508	E-462, E-464, E-470 • E-472 • E-421, E-481, E-482, E-508
Vakuumklasse	hPa			10 ⁻⁶		10 ⁻⁶

Maximale Betriebsfrequenz kurzzeitig: Maximale Betriebsfrequenz ohne Last und ohne Berücksichtigung thermischer Aspekte.

Steifigkeit in Z: Statische Großsignalsteifigkeit; dynamische Kleinsignalsteifigkeit ca. 50 % höher.

Die Auflösung des Systems wird nur vom Rauschen des Verstärkers und der Messtechnik begrenzt, da PI-Piezoaktoren reibungsfrei arbeiten.

Im Dauerbetrieb sollte die Betriebsspannung 750 V nicht überschreiten.

10.1.2 Bemessungsdaten

P-2x5 Piezoaktoren sind für die Betriebsgrößen in der nachfolgenden Tabelle ausgelegt.

Die zulässigen Maximalwerte beziehen sich auf den Betrieb mit einem Sinussignal. Falls Sie den Piezoaktor mit einem Rechtecksignal bei hoher Frequenz betreiben wollen, wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 39).

Zusatzinformationen zur Bemessungstabelle

- Maximale Betriebsfrequenz ohne Last und ohne Berücksichtigung thermischer Aspekte, Spalte A:
Der Wert entspricht ungefähr einem Drittel der Resonanzfrequenz des unbelasteten Piezoaktors. Weitere Beschränkungen siehe "Übersicht begrenzender Faktoren" (S. 30).
- Maximale Betriebsfrequenz ohne Last, mit Berücksichtigung thermischer Aspekte, Spalte B:
Um ein Überschreiten der maximal zulässigen Betriebstemperatur zu vermeiden, darf bei einer Betriebsspannung von **1000 V Spitze-Spitze** der unbelastete, **ungekühlte** Piezoaktor maximal mit dieser Betriebsfrequenz betrieben werden. Bei kleineren Amplituden der Betriebsspannung und/oder Einsatz von Kühlungsmaßnahmen sind höhere Betriebsfrequenzen möglich. Weitere Beschränkungen siehe "Übersicht begrenzender Faktoren" (S. 30).
- Maximale Leistungsaufnahme:

Der Wert entspricht der Leistungsaufnahme des unbelasteten, ungekühlten Piezoaktors, der bei einer Betriebsspannung von **1000 V Spitze-Spitze** mit der Betriebsfrequenz aus Spalte B dieser Tabelle betrieben wird.

Piezoaktor*	Maximaler Betriebsspannungsbereich	Maximale Betriebsfrequenz ohne Last		Maximale Leistungsaufnahme
		A: ohne Berücksichtigung thermischer Aspekte	B: mit Berücksichtigung thermischer Aspekte	
				
P-225.1x	0 V bis 1000 V	4,7 kHz	10 Hz	20 W
P-225.2x	0 V bis 1000 V	3,3 kHz	9 Hz	36 W
P-225.4x	0 V bis 1000 V	2,3 kHz	8 Hz	65 W
P-225.8x	0 V bis 1000 V	1,3 kHz	7 Hz	116 W
P-235.1x	0 V bis 1000 V	4,7 kHz	8 Hz	28 W
P-235.2x	0 V bis 1000 V	3,3 kHz	7 Hz	46 W
P-235.4x	0 V bis 1000 V	2,3 kHz	6 Hz	84 W
P-235.8x	0 V bis 1000 V	1,3 kHz	5 Hz	161 W
P-235.9x	0 V bis 1000 V	0,93 kHz	4,5 Hz	220 W

* Der Buchstabe x in der Produktnummer des Piezoaktors steht für die verschiedenen Modelle (S. 7).

10.1.3 Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen

Folgende Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen sind für den P-2x5 zu beachten:

Einsatzbereich	Nur zur Verwendung in Innenräumen	
Maximale Höhe	2000 m	
Luftdruck	Modelle P-2x5.xx: 1100 hPa bis 100 hPa	Modelle P-2x5.xxV: 1100 hPa bis 100 hPa 1 hPa bis 10 ⁻⁶ hPa
Relative Luftfeuchte	Höchste relative Luftfeuchte 80 % für Temperaturen bis 31 °C Linear abnehmend bis 50 % relativer Luftfeuchte bei 40 °C	
Betriebstemperatur	Modelle P-2x5.xx: –40 °C bis 80 °C	Modelle P-2x5.xxV: –40 °C bis 150 °C
Lagertemperatur	–20 °C bis 80 °C	
Transporttemperatur	–20 °C bis 80 °C	
Maximale Ausheiztemperatur (nur vakuumtaugliche Modelle)	Piezoaktoren P-2x5.xxV: 150 °C Vakuumdurchführungen (S. 13): 100 °C	
Überspannungskategorie	II	

Schutzklasse	I
Verschmutzungsgrad	1
Schutzart gemäß IEC 60529	IP20

10.2 Abmessungen

10.2.1 Piezoaktor P-2x5

Abmessungen in mm

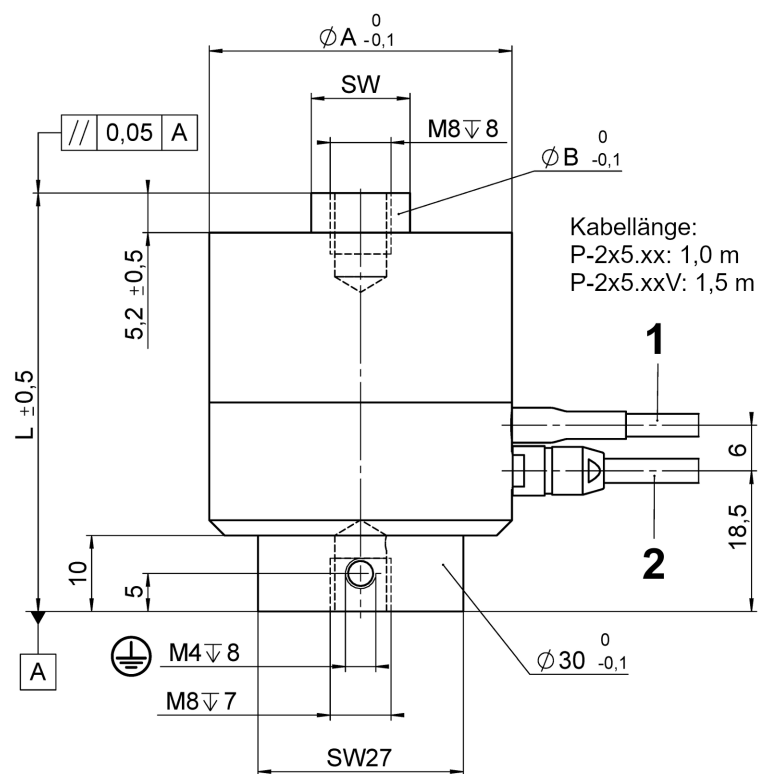


Abbildung 10: P-2x5

- 1: Sensor (nur bei Modellen mit Positionssensor und / oder mit Option P-177.50)
2: Piezo

	L [mm]	$\varnothing A$ [mm]	$\varnothing B$ [mm]	SW
P-225.1x	55	39,8	16	13
P-225.2x	68	39,8	16	13
P-225.4x	94	39,8	16	13
P-225.8x	147	39,8	16	13
P-235.1x	55	49,8	20	17
P-235.2x	68	49,8	20	17

P-235.4x	94	49,8	20	17
P-235.8x	147	49,8	20	17
P-235.9x	199	49,8	20	17

10.2.2 P-2x5 mit Option P-177.50 (Temperatursensor und Spülluftanschluss)

Wenn der P-2x5 mit der Option "Temperatursensor PT1000 und Spülluftanschluss für PICA HVPZT" (P-177.50) bestellt wurde (S. 13), sind Stecknippel M3-PK-2 für den Spülluftanschluss vorhanden.

- Position des Spüllufteingangs: Im Fußstück des Piezoaktors gegenüber dem Kabelabgang, 20 mm oberhalb der Unterkante des Fußstücks
- Position des Spülluftausgangs: Im Gehäuserohr des Piezoaktors oberhalb des Kabelabgangs; genaue Position auf Anfrage
- Kontaktieren Sie unseren Kundendienst (S. 39) für Details zur Position der Stecknippel.

10.2.3 P-2x5 mit Option P-706.00 (wassergeschütztes Gehäuse)

Die Abmessungen des P-2x5 mit wassergeschütztem Gehäuse werden auf Anfrage mitgeteilt.

- Kontaktieren Sie unseren Kundendienst (S. 39).

10.2.4 Flachkopfstück P-176.F25

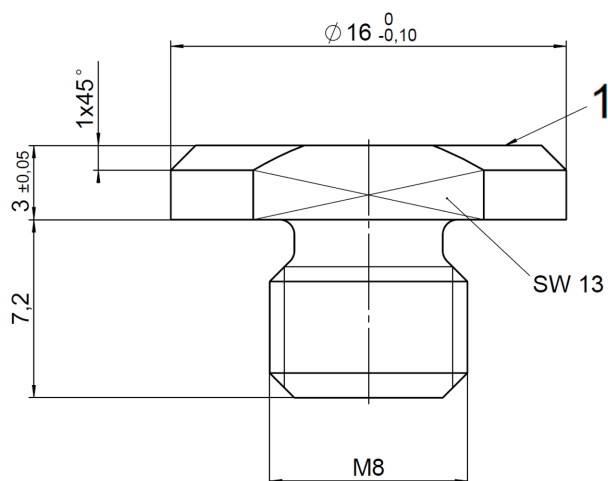


Abbildung 11: P-176.F25 (1 = Kontaktfläche gehärtet und poliert)

10.2.5 Vakuumdurchführung für Hochvolt-Piezoaktoren

LEMO SJG.0B.701.CJA.1173 (Bestandteil der Option P-203.VA für Hochvolt-Piezoaktoren)

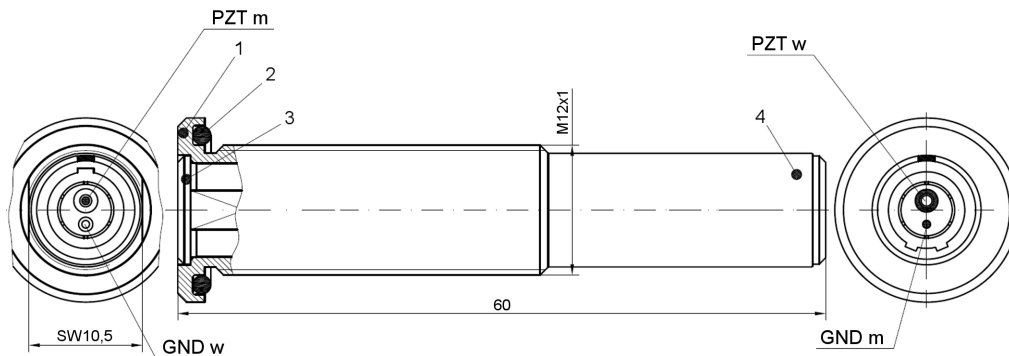


Abbildung 12: Vakuumdurchführung LEMO SJG.0B.701.CJA.1173

Benennung	Beschreibung
1	Außenkörper
2	O-Ring, Ø 12x1,5
3	LEMO-Apparatedose, "J" codiert, EGJ.0B.701.CJA, Flanschseite (Atmosphäre)
4	LEMO-Apparatedose, "G" codiert, EGG.0B.701.CJL, Vakuumseite
PZT m	Hochspannungskontakt, männlich, Vakuumseite
GND w	Weiblicher Kontakt, GND, Vakuumseite
PZT w	Hochspannungskontakt, weiblich, Flanschseite (Atmosphäre)
GND m	Männlicher Kontakt, GND, Flanschseite (Atmosphäre)

10.2.6 Vakuumdurchführungen für Sensoren

Die Abmessungen der folgenden Vakuumdurchführungen sind identisch:

- LEMO SWH.OS.304.CLLSV (Bestandteil der Option P-892.VA für DMS)
- LEMO SWH.OS.303.CLLSV (Bestandteil der Option P-899.VA für Temperatursensor)

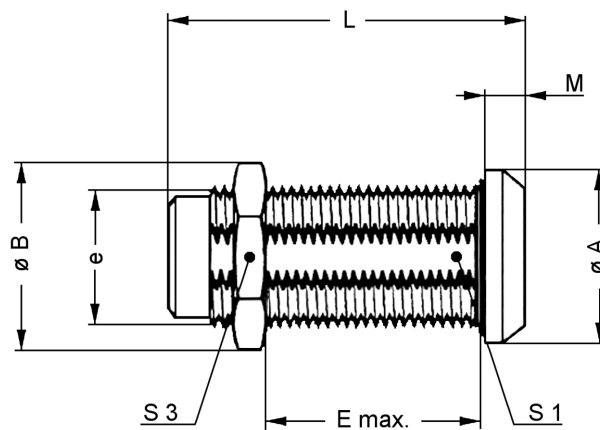


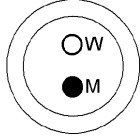
Abbildung 13: LEMO SWH.OS.30x.CLLSV

A	B	e	E	L	M	S1	S3
14 mm	13,8 mm	M10x0,75	17 mm	34 mm	2,0 mm	9,0 mm	12 mm

10.3 Pinbelegung

10.3.1 Spannungsanschluss

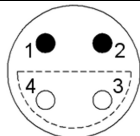
LEMO FGG.0B.701.CJA.1173

Stecker (Vorderansicht)	Pin	Signal	Funktion
	W (weiblich)	Eingang	Piezospannung 1000 V
	M (männlich)	GND	Masse

Das Steckergehäuse ist mit dem Kabelschirm verbunden.

10.3.2 Anschluss des Positionssensors

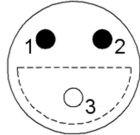
LEMO FFA.0S.304.CLA

Stecker (Vorderansicht)	Pin	Signal	Funktion
	1	Eingang	Versorgungsspannung für DMS-Sensor
	2	Ausgang	Sensorsignal 1
	3	Ausgang	Sensorsignal 2
	4	GND	Masse

Das Steckergehäuse ist mit dem Kabelschirm verbunden.

10.3.3 Anschluss des Temperatursensors

LEMO FFA.0S.303.CLA

Stecker (Vorderansicht)	Pin	Signal	Funktion
	1	Ausgang	Temp_SA
	2	Ausgang	Temp_S
	3	GND	Masse

Das Steckergehäuse ist mit dem Kabelschirm verbunden.

11 Altgerät entsorgen

Nach geltendem EU-Recht dürfen Elektrogeräte in den Mitgliedsstaaten der EU nicht über den kommunalen Restmüll entsorgt werden.

Entsorgen Sie das Altgerät unter Beachtung der internationalen, nationalen und regionalen Richtlinien.

Um der Produktverantwortung als Hersteller gerecht zu werden, übernimmt die Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG kostenfrei die umweltgerechte Entsorgung eines PI-Altgerätes, sofern es nach dem 13. August 2005 in Verkehr gebracht wurde.

Falls Sie ein solches Altgerät von PI besitzen, können Sie es versandkostenfrei an folgende Adresse senden:

Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG
Auf der Römerstr. 1
D-76228 Karlsruhe



12 Europäische Konformitätserklärungen

Für den P-2x5 wurden Konformitätserklärungen gemäß den folgenden europäischen gesetzlichen Anforderungen ausgestellt:

Niederspannungsrichtlinie

EMV-Richtlinie

RoHS-Richtlinie

Die zum Nachweis der Konformität zugrunde gelegten Normen sind nachfolgend aufgelistet.

Sicherheit (Niederspannungsrichtlinie): EN 61010-1

EMV: EN 61326-1

RoHS: EN IEC 63000

