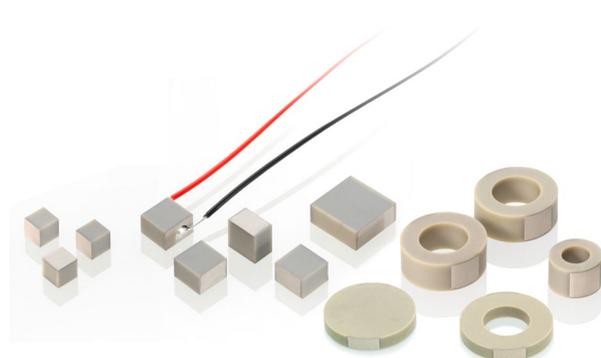


PZ265D
PL0xx/PDxxx Piezoaktor
Benutzerhandbuch

Version: 1.1.0

Datum: 27.09.2021



Dieses Dokument beschreibt die folgenden Produkte:

- **PL022 / PL033 / PL055 / PL088**
PICMA® Chip Miniatur-Multilayer-Piezoaktoren
- **PD161**
Runde PICMA® Chip Miniatur-Multilayer-Piezoaktoren
- **PD050 / PD080 / PD120 / PD150 / PD160**
Runde PICMA® Chip Miniatur-Multilayer-Piezoaktoren mit Innenbohrung



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[®]

Die von PI gehaltenen Patente finden Sie in unserer Patentliste:

<https://www.physikinstrumente.de/de/ueber-pi/patente>

© 2021 PI Ceramic GmbH, Lederhose, Deutschland. Die Texte, Bilder und Zeichnungen dieses Handbuchs sind urheberrechtlich geschützt. PI Ceramic GmbH behält insoweit sämtliche Rechte vor. Die Verwendung dieser Texte, Bilder und Zeichnungen ist nur auszugsweise und nur unter Angabe der Quelle erlaubt.

Originalbetriebsanleitung

Erstdruck: 27.09.2021

Dokumentnummer: PZ265D, CBo, Version 1.1.0

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	Gültigkeit für Sonderprodukte	1
1.3	Symbole und Kennzeichnungen	1
1.4	Abbildungen	2
1.5	Mitgeltende Dokumente	2
1.6	Handbücher herunterladen.....	3
2	Sicherheit	5
2.1	Bestimmungsgemäße Verwendung	5
2.2	Allgemeine Sicherheitshinweise.....	5
2.3	Organisatorische Maßnahmen.....	7
3	Produktbeschreibung	9
3.1	Modellübersicht	9
3.2	Produktansicht	10
3.3	Produktbeschriftung.....	11
3.4	Lieferumfang	12
3.5	Geeignete Elektronik	12
3.6	Optionales Zubehör	12
3.7	Technische Ausstattung	13
4	Auspacken	15
5	Installation	17
5.1	Allgemeine Hinweise zur Installation	17
5.2	Piezoaktor mit Anschlusslitzen verbinden (nur Modelle ohne Litzen).....	21
5.2.1	Anschlusslitzen an Piezoaktor anlöten (nur Modelle ohne Litzen)	22
5.2.2	Anschlusslitzen an Piezoaktor ankleben (nur Modelle ohne Litzen).....	24
5.3	PL0xx/PDxxx befestigen.....	26
5.4	Vorspannung aufbringen	27
5.5	Last einleiten	28
5.6	PL0xx/PDxxx an Elektronik anschließen	29
6	Inbetriebnahme und Betrieb	31
6.1	Allgemeine Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb.....	31
6.2	Betriebsparameter ermitteln	35

6.2.1	Übersicht begrenzender Faktoren.....	36
6.2.2	Effektive Masse berechnen	37
6.2.3	Maximale Betriebsfrequenz des belasteten Piezoaktors berechnen.....	37
6.2.4	Im dynamischen Betrieb auftretende Kräfte berechnen	38
6.2.5	Strombedarf für Sinusbetrieb berechnen	39
6.3	PL0xx/PDxxx betreiben.....	39
6.4	PL0xx/PDxxx entladen	40
6.5	PL0xx/PDxxx kurzschließen	41
7	Wartung	43
7.1	Allgemeine Hinweise zur Wartung.....	43
7.2	PL0xx/PDxxx reinigen	43
8	Störungsbehebung	45
9	Kundendienst	47
10	Technische Daten	49
10.1	Spezifikationen	49
10.1.1	Datentabelle	49
10.1.2	Bemessungsdaten.....	50
10.1.3	Druck-/Zugbelastbarkeit und Vorspannung	52
10.1.4	Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen	52
10.2	Abmessungen	53
11	Entsorgung	55
12	EU-Konformitätserklärung	57

1 Über dieses Dokument

In diesem Kapitel

Ziel und Zielgruppe dieses Benutzerhandbuchs	1
Gültigkeit für Sonderprodukte.....	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 PL0xx/PDxxx (x steht für die verschiedenen Modelle (S. 9)).

Grundsätzliches Wissen über Antriebstechnologien und geeignete Sicherheitsmaßnahmen wird vorausgesetzt.

1.2 Gültigkeit für Sonderprodukte

Dieses Benutzerhandbuch gilt auch für Sonderprodukte folgender Produktlinien, sofern in deren Begleitdokumentation nichts anderes angegeben ist:

- PICMA® Chip Aktoren
- Runde PICMA® Chip Aktoren

Die Produktlinie ist auf dem Lieferschein des Sonderprodukts angegeben.

Die Eigenschaften von Sonderprodukten können von den Angaben in diesem Handbuch abweichen.

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

1.3 Symbole und Kennzeichnungen

In diesem Benutzerhandbuch werden folgende Symbole und Kennzeichnungen verwendet:

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



Allgemeines Gefahrensymbol

- 1.
- 2.

Handlung mit mehreren Schritten, deren Reihenfolge eingehalten werden muss



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)

1.4 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.

1.5 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-503 Piezoverstärkermodul	PZ62E User Manual
E-504 Piezoverstärkermodul	PZ62E User Manual
E-505 Piezoverstärkermodul	PZ62E User Manual
E-506 Piezo-Ladungsverstärker	PZ62E User Manual

Produkt	Dokument
E-610 Piezoverstärker / Servocontroller	PZ72E User Manual
	PZ70E User Manual
E-617 Hochleistungs-Piezoverstärker	PZ201E User Manual
E-618 Hochleistungs-Piezoverstärker / Servocontroller	PZ221E User Manual
E-663 Piezoverstärker	PZ69E User Manual
E-831 Piezoverstärkermodul	PZ191E User Manual
	PZ235E User Manual
E-836 Kompakter Piezoverstärker / OEM-Modul	PZ250D Benutzerhandbuch

1.6 Handbücher herunterladen

INFORMATION

Wenn ein Handbuch fehlt oder Probleme beim Herunterladen auftreten:

- Wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 47).

Handbücher herunterladen

1. Öffnen Sie die Website **www.pi.de**.
2. Suchen Sie auf der Website nach der Produktnummer (z. B. PL055) oder der Produktfamilie (z. B. PICMA® Chip).
3. Klicken Sie auf das entsprechende Produkt, um die Produktdetailseite zu öffnen.
4. Klicken Sie auf den Tab **Downloads**.
Die Handbücher werden unter **Dokumentation** angezeigt. Software-Handbücher werden unter **Allgemeine Software-Dokumentation** angezeigt.
5. Klicken Sie auf das gewünschte Handbuch und füllen Sie das Anfrageformular aus.
Der Download-Link wird Ihnen an die eingegebene E-Mail-Adresse gesendet.

2 Sicherheit

In diesem Kapitel

Bestimmungsgemäße Verwendung.....	5
Allgemeine Sicherheitshinweise	5
Organisatorische Maßnahmen	7

2.1 Bestimmungsgemäße Verwendung

Der PLOxx/PDxxx ist für die Verwendung in einer Umgebung vorgesehen, die frei von Schmutz, Öl und Schmiermitteln ist.

Entsprechend seiner Bauart ist der PLOxx/PDxxx für die Integration in ein mechanisches System und für folgende Anwendungen vorgesehen:

- Positionierung von Lasten
- Dynamische Positionierung
- Schwingungsdämpfung
- Krafterzeugung

Der Betreiber ist für die normgerechte Einbindung des PLOxx/PDxxx in das Gesamtsystem verantwortlich.

Die Bewegung des PLOxx/PDxxx erfolgt in einer Achse. Bei der Montage ohne Vorspannung ist auf die Einhaltung der maximalen Zugbelastungsgrenzen (S. 52) zu achten.

Zur Ansteuerung des PLOxx/PDxxx ist eine Elektronik erforderlich, die die benötigten Betriebsspannungen bereitstellt. Die Elektronik ist nicht im Lieferumfang des PLOxx/PDxxx enthalten. Wir empfehlen die Verwendung einer geeigneten Elektronik (S. 12) von PI.

2.2 Allgemeine Sicherheitshinweise

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

- Benutzen Sie den PLOxx/PDxxx 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 PLOxx/PDxxx verantwortlich.

Im Piezoaktor PL0xx/PDxxx 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 PL0xx/PDxxx kann zu leichten Verletzungen durch Stromschlag führen.

- Berühren Sie den Piezoaktor nur, wenn er entladen (S. 40) ist.
- Tragen Sie beim Umgang mit dem Piezoaktor puderfreie Nitril- oder Latexhandschuhe.
- Halten Sie den Piezoaktor kurzgeschlossen (S. 41), wenn er nicht an der Elektronik angeschlossen ist.

Das System, in das der Piezoaktor eingebaut ist (z. B. Gehäuse oder umgebende Mechanik), muss an einen Schutzleiter angeschlossen werden. Bei fehlendem oder nicht ordnungsgemäß angeschlossenem Schutzleiter kann das Berühren des Systems, in das der Piezoaktor eingebaut wurde, im Fehlerfall zu leichten Verletzungen durch Stromschlag führen.

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

Während des Betriebs steht der Piezoaktor unter Spannungen bis 100 V. Das Berühren des Piezoaktors kann zu leichten Verletzungen durch Stromschlag führen.

- Berühren Sie den Piezoaktor **nicht** während des Betriebs.
- Isolieren Sie den Piezoaktor vor Inbetriebnahme elektrisch gegen die umgebende Mechanik zum Schutz gegen direktes oder indirektes Berühren spannungsführender Teile. Beachten Sie dabei die im Hinblick auf die Betriebsspannung erforderlichen Luft- und Kriechstrecken sowie die für Ihre Anwendung jeweils geltenden Normen.

Mechanische Kräfte können den PL0xx/PDxxx beschädigen.

- Vermeiden Sie Stöße, die auf den PL0xx/PDxxx einwirken.
- Lassen Sie den PL0xx/PDxxx **nicht** fallen.
- Vermeiden Sie Drehmomente und Querkräfte am PL0xx/PDxxx.
- Verwenden Sie bei der Installation keine metallischen Werkzeuge.
- Überschreiten Sie **nicht** die maximal zulässigen Belastungen gemäß den Spezifikationen (S. 49).
- Überschreiten Sie **nicht** die maximale Druck-/Zugbelastbarkeit (S. 52).

2.3 Organisatorische Maßnahmen

Benutzerhandbuch

- Halten Sie dieses Benutzerhandbuch ständig am PLOxx/PDxxx 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 PLOxx/PDxxx 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 leichten Verletzungen und zu Sachschäden führen.
- Installieren und bedienen Sie den PLOxx/PDxxx nur, nachdem Sie dieses Benutzerhandbuch gelesen und verstanden haben.

Personalqualifikation

Nur autorisiertes und entsprechend qualifiziertes Personal darf den PLOxx/PDxxx installieren, in Betrieb nehmen, bedienen, warten und reinigen.

3 Produktbeschreibung

In diesem Kapitel

Modellübersicht.....	9
Produktansicht.....	10
Produktbeschriftung.....	11
Lieferumfang.....	12
Geeignete Elektronik.....	12
Optionales Zubehör.....	12
Technische Ausstattung.....	13

3.1 Modellübersicht

PICMA® Chip Miniatur-Multilayer-Piezoaktoren

Modell	Beschreibung
PL022.31	PICMA® Chip Miniatur-Piezoaktor, 2,2 µm Stellweg, 2 mm × 2 mm × 2 mm, Anschlusslitzen
PL033.31	PICMA® Chip Miniatur-Piezoaktor, 2,2 µm Stellweg, 3 mm × 3 mm × 2 mm, Anschlusslitzen
PL055.31	PICMA® Chip Miniatur-Piezoaktor, 2,2 µm Stellweg, 5 mm × 5 mm × 2 mm, Anschlusslitzen
PL088.31	PICMA® Chip Miniatur-Piezoaktor, 2,2 µm Stellweg, 10 mm × 10 mm × 2 mm, Anschlusslitzen

Runde PICMA® Chip Miniatur-Multilayer-Piezoaktoren

Modell	Beschreibung
PD161.31	Runder PICMA® Chip Miniatur-Piezoaktor, 2,3 µm Stellweg, OD 16 mm × TH 2,5 mm, Anschlusslitzen

Runde PICMA® Chip Miniatur-Multilayer-Piezoaktoren mit Innenbohrung

Modell	Beschreibung
PD050.31	Runder PICMA® Chip Miniatur-Piezoaktor mit Innenbohrung, 2,0 µm Stellweg, OD 5 mm × ID 2,5 mm × TH 2,5 mm, Anschlusslitzen
PD080.31	Runder PICMA® Chip Miniatur-Piezoaktor mit Innenbohrung, 2,0 µm Stellweg, OD 8 mm × ID 4,5 mm × TH 2,5 mm, Anschlusslitzen

Modell	Beschreibung
PD120.31	Runder PICMA® Chip Miniatur-Piezoaktor mit Innenbohrung, 2,0 µm Stellweg, OD 12 mm x ID 6 mm x TH 2,5 mm, Anschlusslitzen
PD150.31	Runder PICMA® Chip Miniatur-Piezoaktor mit Innenbohrung, 1,8 µm Stellweg, OD 15 mm x ID 9 mm x TH 2 mm, Anschlusslitzen
PD160.31	Runder PICMA® Chip Miniatur-Piezoaktor mit Innenbohrung, 2,0 µm Stellweg, OD 16 mm x ID 8 mm x TH 2,5 mm, Anschlusslitzen

Alle Modelle sind optional mit lötbaren Kontakten erhältlich. Die Produktnummer der Modelle mit lötbaren Kontakten endet mit der Ziffer 0 (z. B. PL022.30 oder PD050.30).

3.2 Produktansicht

Die Abbildungen sind exemplarisch und können von Ihrem Modell abweichen. Die Modelle mit Anschlusslitzen (nicht abgebildet) verfügen an der positiven Elektrode (+) über eine rote Litze und an der negativen Elektrode (-) über eine schwarze Litze.

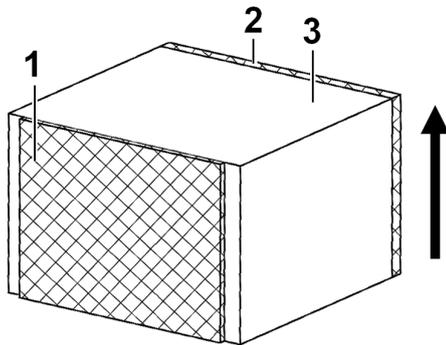


Abbildung 1: PL0xx: Exemplarische Produktansicht

- 1: Positive Elektrode: Spannungsanschluss (+)
Die positive Elektrode bedeckt nicht die gesamte Seitenfläche.
- 2: Negative Elektrode: Anschluss für Masse (-)
Die negative Elektrode bedeckt die gesamte Seitenfläche.
- 3: Keramikendfläche (passives PZT)
- Pfeil: Ausdehnungsrichtung des Piezoaktors beim Anlegen einer positiven Spannung

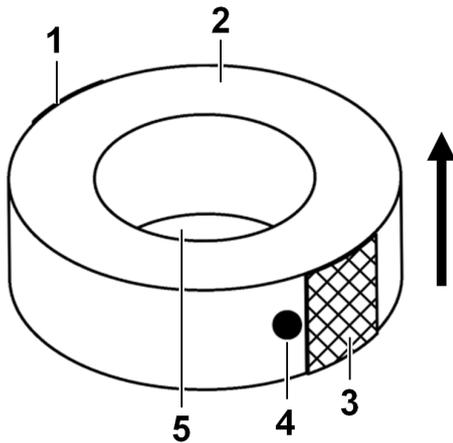


Abbildung 2: PDxxx: Exemplarische Produktansicht eines Modells mit Innenbohrung

- 1: Negative Elektrode: Anschluss für Masse (-)
- 2: Keramikendfläche (passives PZT)
- 3: Positive Elektrode: Spannungsanschluss (+)
- 4: Punkt zur Kennzeichnung der positiven Elektrode
- 5: Innenbohrung (modellabhängig)
- Pfeil: Ausdehnungsrichtung des Piezoaktors beim Anlegen einer positiven Spannung

3.3 Produktbeschriftung

Jeder PLOxx/PDxxx wird vor Auslieferung in einen ESD-Schutzbeutel vakuumverpackt, der während des Transports die Aufladung des Piezoaktors verhindert. Größere Aktoren werden zusätzlich in Röhrchen verpackt, um sie vor Bruch zu schützen.

Auf jedem ESD-Schutzbeutel ist ein Aufkleber mit folgenden Informationen angebracht:

Beschriftung	Beschreibung
	DataMatrix-Code (Beispiel; enthält die verkürzte Chargennummer und die Produktnummer)
PL055.30	Produktnummer (Beispiel), die Stellen nach dem Punkt kennzeichnen das Modell Bei Sonderprodukten besteht die Produktnummer aus einer neunstelligen Zahl (ohne Kennzeichnung des Modells).
16CEP0653128979	Chargennummer (Beispiel), individuell für jeden PLOxx/PDxxx
PI	Herstellerlogo
1 Stueck	Menge
Country of origin: Germany	Herkunftsland
WWW.PICERAMIC.COM	Herstelleradresse (Website)

3.4 Lieferumfang

Produktnummer	Beschreibung
PL0xx/PDxxx	Piezoaktor gemäß Bestellung (S. 9)
PZ264EK	Kurzanleitung für ungehauste und gekapselte PICMA® Piezoaktoren

3.5 Geeignete Elektronik

Für den Betrieb eines PL0xx/PDxxx benötigen Sie eine Elektronik. Die Auswahl des Geräts hängt von der Anwendung ab. Die folgende Tabelle listet die geeigneten Geräte auf.

Produktnummer	Beschreibung
E-503	Piezoverstärkermodul (für Piezocontrollersystem E-500)
E-504	Piezoverstärkermodul (für Piezocontrollersystem E-500)
E-505	Piezoverstärkermodul (für Piezocontrollersystem E-500)
E-506	Piezo-Ladungsverstärker (für Piezocontrollersystem E-500)
E-610	Piezoverstärker / Servocontroller
E-617	Hochleistungs-Piezoverstärker
E-618	Hochleistungs-Piezoverstärker / Servocontroller
E-663	Piezoverstärker
E-831	Piezoverstärkermodul
E-836	Kompakter Piezoverstärker / OEM-Modul

- Wenden Sie sich bei Bestellungen an den Kundendienst (S. 47).
- Berechnen Sie vor der Auswahl einer Elektronik den Strombedarf der Anwendung (S. 39).

3.6 Optionales Zubehör

Produktnummer	Beschreibung
P-890.10	Kabel für Piezospannung, LEMO-Stecker/offenes Ende, 1 m
P-890.20	Kabel für Piezospannung, LEMO-Stecker/offenes Ende, 5 m
<p>Das Kabel P-890.xx dient zum Anschluss des PL0xx/PDxxx an einen Niedervolt-Piezoverstärker. Das Kabel wird aktorseitig angelötet. Stecker: LEMO FFS.00.250.CTCE24, koaxial Kabel: RG 178 (Teflon)</p>	

- Wenden Sie sich bei Bestellungen an den Kundendienst (S. 47).

3.7 Technische Ausstattung

PICMA® Piezoaktoren

PL0xx/PDxxx sind PICMA® Multilayer-Piezoaktoren für statische und dynamische Anwendungen. PICMA® Aktoren sind vollkeramisch isoliert und daher konventionellen Aktoren in Leistung und Lebensdauer weit überlegen. Der monolithische Piezokeramikblock ist durch die keramische Isolierschicht vor Luftfeuchtigkeit und gegen Ausfälle durch erhöhten Leckstrom geschützt. Auch unter extremen Umgebungsbedingungen wird so eine besonders hohe Zuverlässigkeit erreicht.

4 Auspacken

HINWEIS



Zerstörung des Piezoaktors durch Verunreinigungen!

Verunreinigungen auf der Oberfläche des PL0xx/PDxxx können während des Betriebs zur Zerstörung des Piezoaktors durch elektrische Überschläge führen.

- Tragen Sie beim Umgang mit dem Piezoaktor puderfreie Nitril- oder Latexhandschuhe.
- Vermeiden Sie den Kontakt des Piezoaktors zu leitfähigen Flüssigkeiten (z. B. Fingerschweiß) und leitenden Materialien (z. B. Metallstaub).
- Wenn der Piezoaktor versehentlich verunreinigt wurde, reinigen Sie ihn entsprechend den Anweisungen im Abschnitt "PL0xx/PDxxx reinigen" (S. 43).

1. Packen Sie den PL0xx/PDxxx 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. 47).
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.....	17
Piezoaktor mit Anschlusslitzen verbinden (nur Modelle ohne Litzen)	21
PL0xx/PDxxx befestigen	26
Vorspannung aufbringen	27
Last einleiten.....	28
PL0xx/PDxxx an Elektronik anschließen.....	29

5.1 Allgemeine Hinweise zur Installation

VORSICHT



Gefährliche Spannung und Restladung auf Piezoaktoren!

Im Piezoaktor PL0xx/PDxxx 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 PL0xx/PDxxx kann zu leichten Verletzungen durch Stromschlag führen.

- Berühren Sie den Piezoaktor nur, wenn er entladen (S. 40) ist.
- Tragen Sie beim Umgang mit dem Piezoaktor puderfreie Nitril- oder Latexhandschuhe.
- Halten Sie den Piezoaktor kurzgeschlossen (S. 41), wenn er nicht an der Elektronik angeschlossen ist.

HINWEIS**Zerstörung des Piezoaktors durch zu schnelles Entladen!**

Wenn der Piezoaktor nicht an der Elektronik angeschlossen ist, muss er 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.

- Sobald Sie den Piezoaktor aus der leitfähigen Originalverpackung genommen haben, schließen Sie ihn wie folgt kurz:
 - Modelle mit Anschlusslitzen: Verdrillen Sie die Anschlusslitzen des Piezoaktors miteinander.
 - Modelle ohne Anschlusslitzen: Bringen Sie ein geeignetes, leitfähiges Hilfsmittel am Piezoaktor an, das keine Kratzer auf der Oberfläche des Piezoaktors hinterlässt (z. B. leitfähiger Gummi).
- Trennen Sie die Kurzschlussverbindung des Piezoaktors nur, wenn dies für Installation oder Betrieb erforderlich ist.
- Wenn der Piezoaktor nicht kurzgeschlossen ist:
 - Sorgen Sie für einen ausreichenden Schutz gegen das Berühren spannungsführender Teile.
 - Entladen Sie den Piezoaktor vor dem erneuten Kurzschließen auf geeignete Weise (S. 40).

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

Zu hohe Lasten können den PLOxx/PDxxx zerstören.

- Überschreiten Sie **nicht** die maximale Druck-/Zugbelastbarkeit (S. 52).

HINWEIS**Beschädigung des Piezoaktors durch zu hohe Vorspannung!**

Zu hohe Vorspannung kann den Piezoaktor mechanisch depolarisieren. Depolarisation beschädigt den Piezoaktor.

- Wählen Sie die Vorspannung nur so hoch wie notwendig.
- Überschreiten Sie **nicht** die maximale Vorspannung (S. 52).

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

Drehmomente und Querkräfte können den Piezoaktor zerstören.

- Vermeiden Sie Drehmomente und Querkräfte am Piezoaktor.
- 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).
- Stellen Sie an den Endflächen des Piezoaktors einen möglichst vollflächigen Kontakt her, und wählen Sie Gegenflächen mit einer Ebenheit von wenigen Mikrometern. Geringe Unebenheiten können z. B. durch vollflächiges Verkleben ausgeglichen werden.

HINWEIS**Schäden durch Zugbelastungen an den Anschlusslitzen des Piezoaktors!**

Unzulässige Kräfte an den Anschlusslitzen (sofern vorhanden) können den Piezoaktor beschädigen.

- Vermeiden Sie Zugbelastungen an den Anschlusslitzen des Piezoaktors.

HINWEIS**Schäden durch Zerkratzen der Oberfläche des Piezoaktors!**

Die Oberfläche des Piezoaktors ist kratzempfindlich. Kratzer auf der Oberfläche können zu Schäden am Piezoaktor führen.

- Verwenden Sie bei der Installation des Piezoaktors keine metallischen Werkzeuge.
- Installieren Sie den Piezoaktor so, dass an der Keramikisolierung und den Endflächen des Piezoaktors bei der Installation und während des Betriebs keine Kratzer entstehen können.

HINWEIS**Erwärmung des PL0xx/PDxxx während des Betriebs!**

Die während des Betriebs des PL0xx/PDxxx abgegebene Wärme kann Ihre Anwendung beeinträchtigen.

- Installieren Sie den PL0xx/PDxxx so, dass die Anwendung nicht durch die abgegebene Wärme beeinträchtigt wird.

INFORMATION

Wenn der Piezoaktor in ein Gehäuse eingebaut wird, das sowohl über den Kabelschirm des Anschlusskabels des Piezoaktors als auch über einen separaten Schutzleiter geerdet ist, können Brummschleifen auftreten.

- Wenden Sie sich bei Auftreten einer Brummschleife an unseren Kundendienst (S. 47).

Vermeidung von Montagefehlern

Piezoaktoren dürfen nur axial belastet werden. Darüber hinaus sollten Piezoaktoren zur Vermeidung von Zugspannungen mechanisch vorgespannt (S. 27) werden. Die nachfolgenden Abbildungen sollen Ihnen helfen, Montagefehler zu vermeiden.

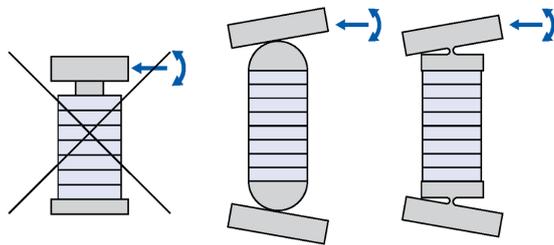


Abbildung 3: Vermeiden von Querkräften und Momenten

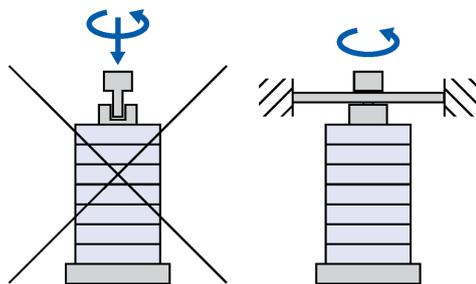


Abbildung 4: Vermeiden von Drehmomenten

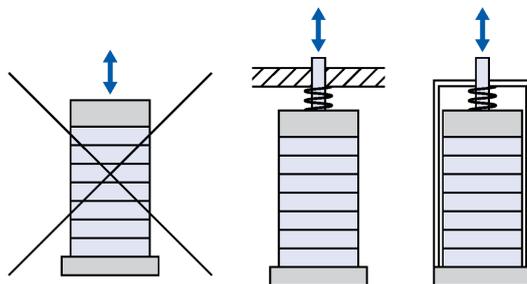


Abbildung 5: Vermeiden von Zugspannungen durch mechanische Vorspannung

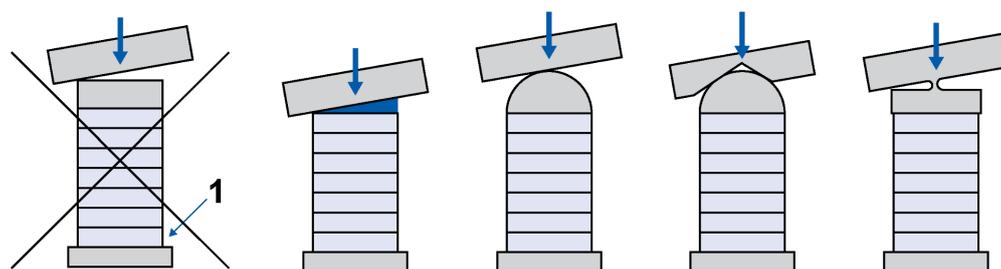


Abbildung 6: Vermeiden einer inhomogenen Lasteinleitung (1: Zugspannungen)

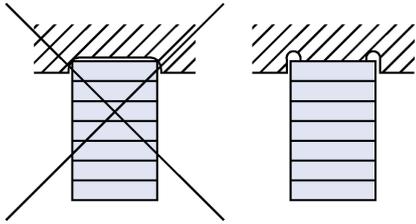


Abbildung 7: Vollflächiger Kontakt des Piezoaktors

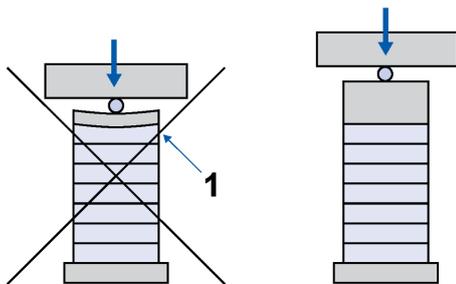


Abbildung 8: Richtiges Dimensionieren der Endstücke bei punktförmigem Kontakt (1: Zugspannungen)

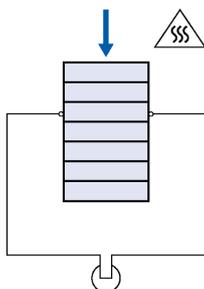


Abbildung 9: Mechanische oder thermische Belastungen laden den Piezoaktor elektrisch auf.
Montage nur in kurzgeschlossenem Zustand.

5.2 Piezoaktor mit Anschlusslitzen verbinden (nur Modelle ohne Litzen)

Die Kontaktierung der Elektroden kann auf eine der folgenden Arten erfolgen:

- Anschlusslitzen anlöten (S. 22)
- Anschlusslitzen ankleben (S. 24)

Sofern es Ihre Anwendung erlaubt, empfehlen wir die Verwendung von Modellen, die bereits über Anschlusslitzen verfügen.

5.2.1 Anschlusslitzen an Piezoaktor anlöten (nur Modelle ohne Litzen)

HINWEIS



Schäden durch Überhitzung des Piezoaktors beim Verlöten!

Die durchgehende Erwärmung des Piezoaktors über die Curie-Temperatur hinaus führt zur Depolarisation der Piezokeramik. Depolarisation kann die Piezokeramik beschädigen. Lange und wiederholte Lötvorgänge können zu Schäden an der Elektrode führen.

- Wählen Sie die Löttemperatur nur so hoch wie notwendig (max. 350 °C).
- Stellen Sie sicher, dass die Lötdauer eine Sekunde **nicht** überschreitet.
- Lassen Sie bei wiederholter Lötung die Lötstelle zwischenzeitlich abkühlen.

HINWEIS



Schäden durch mechanische Belastung der Lötverbindung!

Mechanische Belastung der Lötverbindung durch bewegte Anschlusslitzen kann zu Schäden am Piezoaktor führen.

- Vermeiden Sie Zugbelastungen und Scherkräfte an den Lötverbindungen.

INFORMATION

Die Kennzeichnung der Elektroden ist in der Produktansicht (S. 10) angegeben.

- Verwenden Sie für den Spannungsanschluss (+) eine rote Litze.
- Verwenden Sie für Masse (-) eine schwarze Litze.

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 17).
- ✓ Der PLOxx/PDxxx ist entladen (S. 40) und kurzgeschlossen (S. 41).

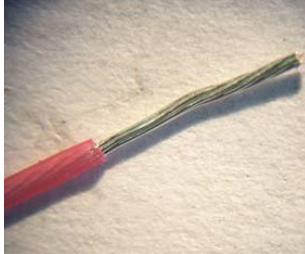
Werkzeug und Zubehör

- Geeignete Anschlusslitzen, die die einschlägigen Normen für die Anwendungsbedingungen erfüllen
- Geeigneter Lötkolben
- Geeignetes Lötzinn: Sn 95,5, Ag 3,8, Cu 0,7
- Geeignetes Flussmittel gemäß einer der folgenden Normen:
 - DIN EN 29454, Teil 1, Kategorie 1.1.3 oder 1.2.3
 - ANSI J-STD-004, Flussmitteltyp ROL0
- Geeignete Kabelwerkzeuge

Anschlusslitzen an Piezoaktor anlöten (nur Modelle ohne Litzen)

1. Bereiten Sie die Litze entsprechend den nachfolgenden Abbildungen vor:

Verdrillen



Verzinnen



Kürzen auf 2 mm



2. Bringen Sie das Flussmittel auf das verzinnte Ende der Litze und die vorgesehene Lötstelle der Elektrode auf.
3. Halten Sie die Litze flach mit dem verzinnten Ende an die Lötstelle.
4. Beschichten Sie die Lötspitze des LötKolbens mit einer geringen Menge an Lötzinn.
5. Halten Sie die Lötspitze des LötKolbens an der Lötstelle für maximal eine Sekunde an das verzinnte Ende der Litze, so dass das Lötzinn fließt und nach dem Verlöten eine flache oder punktförmige Lötverbindung entsteht.

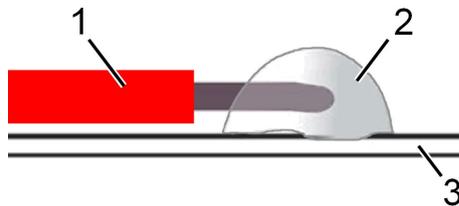


Abbildung 10: Lötverbindung [2] von Litze [1] und Elektrode [3]

6. Wiederholen Sie die Schritte 1 bis 5 für die zweite Anschlusslitze.
7. Entfernen Sie Flussmittelrückstände entsprechend den Anweisungen im Abschnitt "PLOxx/PDxxx reinigen" (S. 43).

5.2.2 Anschlusslitzen an Piezoaktor ankleben (nur Modelle ohne Litzen)

VORSICHT



Stromschlaggefahr durch Ablösen der Litzen vom Piezoaktor!

Bei Verwendung ungeeigneter Klebstoffe oder unsachgemäßer Klebung kann die Klebeverbindung insbesondere bei mechanischer Belastung versagen, so dass sich Litzen vom Aktor ablösen. Wenn sich während des Betriebs Litzen vom Piezoaktor lösen, kann das Berühren der Litzen oder anderer leitfähiger Teile, die in Kontakt mit den abgelösten Litzen geraten, zu leichten Verletzungen durch Stromschlag führen.

- Verwenden Sie nur geeignete Klebstoffe (z. B. elektrisch leitfähiger, silbergefüllter Epoxidharzklebstoff) zum Ankleben der Litzen an den Piezoaktor.
- Verwenden Sie nur geeignete Anschlusslitzen, die die einschlägigen Normen für die Anwendungsbedingungen erfüllen.
- Stellen Sie sicher, dass die Klebeflächen, trocken, staubfrei und fettfrei sind.
- Vermeiden Sie mechanische Belastungen an den Klebeverbindungen.
- Wenn sich während des Betriebs Litzen ablösen, schalten Sie die Elektronik sofort aus.

HINWEIS



Schäden durch mechanische Belastung der Klebeverbindung!

Mechanische Belastung der Klebeverbindung durch bewegte Anschlusslitzen kann zu Schäden am Piezoaktor führen.

- Vermeiden Sie Zugbelastungen und Scherkräfte an den Klebeverbindungen.

HINWEIS



Kurzschlusschäden durch unsachgemäßes Verkleben!

Durch unsachgemäßes Verkleben (z. B. ungünstige Ausbreitung des elektrisch leitfähigen Klebstoffs) können der Piezoaktor und die angeschlossene Elektronik durch Kurzschluss beschädigt werden.

- Stellen Sie beim Aufkleben der Anschlusslitzen auf die Elektroden jeweils sicher, dass der Klebstoff zu keinem Zeitpunkt über die Klebestelle hinausfließt.

INFORMATION

Zur optimalen elektrischen Kontaktierung wird die Verwendung folgender Materialien empfohlen:

- Versilberte Litzen
- Elektrisch leitfähiger, silbergefüllter Epoxidharzklebstoff

INFORMATION

Die Kennzeichnung der Elektroden ist in der Produktansicht (S. 10) angegeben.

- Verwenden Sie für den Spannungsanschluss (+) eine rote Litze.
- Verwenden Sie für Masse (-) eine schwarze Litze.

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 17).
- ✓ Der PL0xx/PDxxx ist entladen (S. 40) und kurzgeschlossen (S. 41).
- ✓ Sie haben die Benutzerinformationen des Herstellers des Klebstoffs gelesen und verstanden.

Werkzeug und Zubehör

- Geeignete Anschlusslitzen, die die einschlägigen Normen für die Anwendungsbedingungen erfüllen
- Elektrisch leitfähiger, silbergefüllter Epoxidharzklebstoff
- Geeignete Kabelwerkzeuge

Anschlusslitzen an Piezoaktor ankleben (nur Modelle ohne Litzen)

1. Wenn notwendig, reinigen Sie die Klebeflächen, so dass sie trocken, staubfrei und fettfrei sind.
2. Entfernen Sie die Isolierung am zu verklebenden Ende der Litze und kürzen Sie das abisolierte Ende auf eine Länge von 2 mm.
3. Kleben Sie die unverdrillte Anschlusslitze so auf die Elektrode, dass der Klebstoff zu keinem Zeitpunkt über die Klebestelle hinausfließt:
 - a) Tragen Sie eine möglichst dünne Klebeschicht auf die vorgesehene Klebestelle der Elektrode auf.
 - b) Tragen Sie eine geringe Menge Klebstoff auf das abisolierte Ende der Litze auf.
 - c) Halten Sie die Litze in der gewünschten Ausrichtung an die Klebestelle und fixieren Sie die Litze.
4. Wiederholen Sie die Schritte 2 und 3 für die zweite Anschlusslitze.
5. Warten Sie, bis der Klebstoff vollständig ausgehärtet ist.

5.3 PL0xx/PDxxx befestigen

PL0xx/PDxxx Piezoaktoren werden auf Oberflächen aus Metall oder Keramik geklebt.

VORSICHT



Stromschlag- und Kurzschlussgefahr durch falsches Aufkleben des Piezoaktors!

Die Elektroden des Piezoaktors reichen bis zu den Keramikendflächen. Wenn der Piezoaktor ohne Isolierung der Elektroden auf eine leitfähige Oberfläche geklebt wird, kann die Oberfläche während des Betriebs unter Spannung stehen. Das Berühren der Oberfläche oder damit verbundener leitfähiger Teile kann zu leichten Verletzungen durch Stromschlag führen. Die Elektronik kann durch Kurzschluss beschädigt werden.

- Wenn der Piezoaktor auf eine leitfähige Oberfläche geklebt werden soll, isolieren Sie die Oberfläche von den Elektroden des Piezoaktors durch geeignete Maßnahmen:
 - Aufbringung einer nicht leitfähigen Trennschicht auf die Oberfläche
 - Anbringung von Freischnitten an der Oberfläche im gesamten Bereich der Elektroden

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 17).
- ✓ Der PL0xx/PDxxx ist entladen (S. 40) und kurzgeschlossen (S. 41).
- ✓ Sie haben die Benutzerinformationen des Herstellers des Klebstoffs gelesen und verstanden.

Werkzeug und Zubehör

- Ebene Oberfläche, die trocken, staubfrei und fettfrei ist
- Geeigneter Klebstoff (z. B. kalthärtender Epoxidharzklebstoff)

PL0xx/PDxxx befestigen

1. Kleben Sie den Piezoaktor auf die Oberfläche:
 - Tragen Sie eine möglichst dünne Klebeschicht auf.
 - Halten Sie bei der Aushärtung den für den Piezoaktor spezifizierten Betriebstemperaturbereich (S. 52) ein.
 - Beachten Sie die Temperatúrausdehnungskoeffizienten der beteiligten Materialien.
2. Drücken Sie den Piezoaktor an, bis der Klebstoff ausgehärtet ist.

5.4 Vorspannung aufbringen

Die Zugbelastbarkeit von Piezoaktoren ist relativ gering. Daher wird empfohlen, die Piezoaktoren in der Anwendung entweder extern im mechanischen Aufbau oder intern in einem Gehäuse mechanisch vorzuspannen.

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 17).
- ✓ Der PLOxx/PDxxx ist entladen (S. 40) und kurzgeschlossen (S. 41).

Werkzeug und Zubehör

- Bei Einbau in ein Gehäuse: Geeignetes Gehäuse
- Geeignete Führungselemente
- Bei Erzeugung der Vorspannung mit einer Feder:

Geeignete Vorspannfeder mit folgenden Eigenschaften:

- Die Steifigkeit der Vorspannfeder beträgt höchstens 10 % der Steifigkeit des Piezoaktors. Dadurch soll der Auslenkungsverlust gering gehalten werden. Wenn die Steifigkeit der Vorspannfeder gleich der Aktorsteifigkeit ist, halbiert sich die freie Auslenkung.

Die Steifigkeit des Piezoaktors kann wie folgt berechnet werden:

$$k_A = \frac{F_{max}}{\Delta L_0}$$

k_A Aktorsteifigkeit

F_{max} Blockierkraft*

ΔL_0 Nominalauslenkung*

* Siehe Datentabelle (S. 49).

- Bei hochdynamischen Anwendungen:
Die Resonanzfrequenz der Vorspannfeder liegt über der Resonanzfrequenz (S. 49) des Piezoaktors.

Vorspannung aufbringen

- Bringen Sie die Vorspannung achsennah im Kernquerschnitt des Piezoaktors auf.

5.5 Last einleiten

Die mechanische Ankopplung des PL0xx/PDxxx an eine Last kann je nach Anwendung auf verschiedene Arten erfolgen:

- Einkleben des Piezoaktors (S. 26) in die zu bewegende Mechanik oder ein Festkörpergelenk
- Verwendung eines Kugelkopfstücks:
 - Aufkleben eines gehärteten Kugelkopfstücks mit Punktkontakt zu einer ebenen Gegenfläche
 - Aufkleben eines gehärteten Kugelkopfstücks mit Ringkontakt zu einer Kalotte

INFORMATION

Abbildungen zur Ankopplung des PL0xx/PDxxx an eine Last finden Sie im Abschnitt "Allgemeine Hinweise zur Installation" (S. 20).

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 17).
- ✓ Der PL0xx/PDxxx ist entladen (S. 40) und kurzgeschlossen (S. 41).

Werkzeug und Zubehör

- Geeigneter Klebstoff (z. B. kalthärtender Epoxidharzklebstoff)
- Bei Verwendung eines Kugelkopfstücks: Geeignetes Kugelkopfstück
- Bei Verwendung eines Festkörpergelenks: Geeignetes Festkörpergelenk

Last einleiten

- Leiten Sie die Last homogen ein.

Wenn die Ankopplung des Piezoaktors in einer Frästasche erfolgt:

- Stellen Sie sicher, dass an der Endfläche des Piezoaktors vollflächiger Kontakt besteht. Wählen Sie dazu die Abmessungen der Frästasche entsprechend oder bringen Sie in der Frästasche Freischnitte an.

Wenn eine Punktlast auf das Endstück des Piezoaktors einwirkt:

- Dimensionieren Sie das Endstück so, dass seine Dicke der halben Querschnittsabmessung entspricht, um Zugspannungen am Piezoaktor zu vermeiden.

5.6 PL0xx/PDxxx an Elektronik anschließen

Der Piezoaktor PL0xx/PDxxx wird je nach Elektronik an eine LEMO-Buchse, eine Klemme oder an Lötstifte angeschlossen.

Dieser Abschnitt beschreibt, wie der Piezoaktor PL0xx/PDxxx mit dem Koaxialkabel P-890.xx an eine Elektronik mit LEMO-Koaxialbuchse angeschlossen wird.

- Für den Anschluss an Elektroniken mit anderen LEMO-Steckverbindern kontaktieren Sie unseren Kundendienst (S. 47).
- Wenn Sie anstelle des Koaxialkabels P-890.xx ein selbstgefertigtes Anschlusskabel verwenden, beachten Sie die einschlägigen Normen sowie die Montagehinweise des Herstellers des verwendeten Anschlusssteckers.
- Für den Anschluss an Klemmen oder Lötstifte siehe das Handbuch der jeweils verwendeten Elektronik (S. 2).

INFORMATION

Die Modelle mit Anschlusslitzen verfügen über farblich gekennzeichnete Litzen:

- Rote Litze: Spannungsanschluss (+)
- Schwarze Litze: Masse (-)

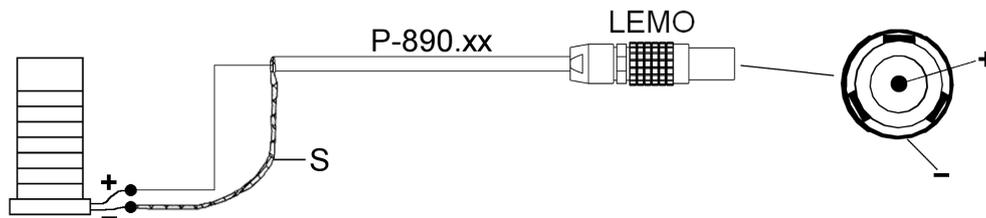


Abbildung 11: Anschluss des Piezoaktors PL0xx/PDxxx an Koaxialkabel P-890.xx

+	Am Piezoaktor (links): Rote Litze für Spannungsanschluss Am LEMO-Stecker (rechts): Innenkontakt für Spannungsanschluss
-	Am Piezoaktor (links): Schwarze Litze für Masse Am LEMO-Stecker (rechts): Steckergehäuse
S	Kabelschirm
LEMO	LEMO-Koaxialstecker FFS.00.250.CTCE24

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 17).
- ✓ Sie haben das Benutzerhandbuch der verwendeten Elektronik gelesen und verstanden.
- ✓ Wenn der PL0xx/PDxxx nicht kurzgeschlossen ist: Der PL0xx/PDxxx ist entladen (S. 40).
- ✓ Die Elektronik ist **ausgeschaltet**.
- ✓ Die Elektronik verfügt über eine geeignete LEMO-Buchse für den Anschlussstecker des Koaxialkabels P-890.xx.
- ✓ Modelle ohne Anschlusslitzen: Sie haben eine rote Anschlusslitze an die positive Elektrode (+) und eine schwarze Anschlusslitze an die negative Elektrode (-) des PL0xx/PDxxx angelötet (S. 22) oder angeklebt (S. 24).

Werkzeug und Zubehör

- Koaxialkabel P-890.xx (S. 12), LEMO auf offenes Ende (separat bestellbar)
- Geeigneter Lötkolben
- Geeignetes Lötzinn
- Geeignete Kabelwerkzeuge

PL0xx/PDxxx an Elektronik anschließen

1. Wenn notwendig, kürzen Sie die Ader und den Kabelschirm des Koaxialkabels auf die jeweils erforderliche Länge.
2. Machen Sie die Anschlusslitzen des PL0xx/PDxxx zugänglich:
 - Wenn die Anschlusslitzen des PL0xx/PDxxx kurzgeschlossen sind, trennen Sie die Verbindung zwischen den Anschlusslitzen.
 - Entfernen Sie alle sonstigen Hilfsmittel und Bauteile, die zum Kurzschließen oder Entladen am PL0xx/PDxxx angeschlossen sind (z. B. leitfähiger Gummi oder Entladewiderstand).
3. Löten Sie die rote Anschlusslitze des PL0xx/PDxxx an die mit dem Innenkontakt des LEMO-Steckers verbundene Ader des Koaxialkabels an.
4. Löten Sie die schwarze Anschlusslitze des PL0xx/PDxxx an den Kabelschirm des Koaxialkabels an.
5. Isolieren Sie die gelöteten Kabelverbindungen auf geeignete Weise.
6. Verbinden Sie den Anschlussstecker des PL0xx/PDxxx mit dem entsprechenden Anschluss der Elektronik.

6 Inbetriebnahme und Betrieb

In diesem Kapitel

Allgemeine Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb	31
Betriebsparameter ermitteln	35
PL0xx/PDxxx betreiben	39
PL0xx/PDxxx entladen.....	40
PL0xx/PDxxx kurzschließen.....	41

6.1 Allgemeine Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb

VORSICHT



Gefährliche Spannung auf Piezoaktoren während des Betriebs!

Während des Betriebs steht der Piezoaktor unter Spannungen bis 100 V. Das Berühren des Piezoaktors kann zu leichten Verletzungen durch Stromschlag führen.

- Berühren Sie den Piezoaktor **nicht** während des Betriebs.
- Isolieren Sie den Piezoaktor vor Inbetriebnahme elektrisch gegen die umgebende Mechanik zum Schutz gegen direktes oder indirektes Berühren spannungsführender Teile. Beachten Sie dabei die im Hinblick auf die Betriebsspannung erforderlichen Luft- und Kriechstrecken sowie die für Ihre Anwendung jeweils geltenden Normen.

VORSICHT



Stromschlaggefahr bei fehlendem Schutzleiter!

Das System, in das der Piezoaktor eingebaut ist (z. B. Gehäuse oder umgebende Mechanik), muss an einen Schutzleiter angeschlossen werden. Bei fehlendem oder nicht ordnungsgemäß angeschlossenem Schutzleiter kann das Berühren des Systems, in das der Piezoaktor eingebaut wurde, im Fehlerfall zu leichten Verletzungen durch Stromschlag führen.

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

VORSICHT**Verbrennung durch heiße Oberfläche!**

Im Betrieb kann sich die Oberfläche des PLOxx/PDxxx und seine Umgebung erhitzen. Das Berühren des PLOxx/PDxxx und der Teile in seiner Umgebung kann zu leichten Verletzungen durch Verbrennung führen.

- Kühlen Sie den PLOxx/PDxxx, so dass die Temperatur seiner Oberfläche und der Teile in seiner Umgebung 65 °C **nicht** übersteigt. Verwenden Sie zur Kühlung **keine** Flüssigkeiten. Wenn Flüssigkeitskühlung angewendet werden soll, wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 47).
- Wenn eine ausreichende Kühlung nicht möglich ist: Stellen Sie sicher, dass der heiße PLOxx/PDxxx und die Teile in seiner Umgebung **nicht** berührt werden können.
- Wenn eine ausreichende Kühlung und ein Berührschutz nicht möglich sind: Kennzeichnen Sie den Gefahrenbereich gemäß den gesetzlichen Vorschriften.

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

Der Einsatz des PLOxx/PDxxx in Umgebungen, die die elektrische Leitfähigkeit erhöhen, kann zur Zerstörung des Piezoaktors durch elektrische Überschläge führen. Elektrische Überschläge können durch Feuchtigkeit, hohe Luftfeuchtigkeit, Flüssigkeiten und leitende Materialien (z. B. Metallstaub) hervorgerufen werden.

- Vermeiden Sie den Betrieb des PLOxx/PDxxx in Umgebungen, die die elektrische Leitfähigkeit erhöhen können.
- Betreiben Sie den PLOxx/PDxxx nur innerhalb der zulässigen Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen (S. 52).
- Vermeiden Sie den Kontakt des Piezoaktors mit Flüssigkeiten. Wenn Flüssigkeitskühlung angewendet werden soll, wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 47).
- Schützen Sie den Piezoaktor vor Feuchtigkeit durch hermetische Versiegelung oder Zufuhr trockener Luft.
- Wenn der PLOxx/PDxxx in einer speziellen Gasatmosphäre betrieben werden soll, wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 47).

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 (S. 52).
- Beachten Sie die Hinweise in "Betriebsparameter ermitteln" (S. 35).

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

Eine zu hohe Betriebsfrequenz kann zu einer thermischen und mechanischen Überlastung führen, die den Piezoaktor zerstört.

- Wählen Sie die Betriebsfrequenz so, dass die folgenden Bedingungen erfüllt sind:
 - Die Betriebsfrequenz des Piezoaktors beträgt maximal ein Drittel der Resonanzfrequenz. Die Resonanzfrequenz gemäß Datentabelle (S. 49) bezieht sich auf den beidseitig freien Betrieb ohne Last. In einer Anordnung mit einseitiger Einspannung muss der Wert halbiert werden. Für belastete, einseitig eingespannte Piezoaktoren siehe "Maximale Betriebsfrequenz des belasteten Piezoaktors berechnen" (S. 37).
 - Die im Betrieb auftretenden dynamischen Kräfte überschreiten **nicht** die maximale Druck-/Zugbelastbarkeit des Piezoaktors (siehe "Im dynamischen Betrieb auftretende Kräfte berechnen" (S. 38) und "Druck-/Zugbelastbarkeit und Vorspannung" (S. 52)).
- Reduzieren Sie bei hohen Betriebsfrequenzen die Spannung, um die Erwärmung des Piezoaktors zu minimieren.
- Wenn Ihre Anwendung den beidseitig freien Betrieb des Piezoaktors vorsieht, wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 47).

HINWEIS**Schäden durch steile Flanken im Ansteuersignal!**

Steile Flanken im Ansteuersignal können bei fehlender Vorspannung des Piezoaktors starke dynamische Kräfte auslösen, die den Piezoaktor beschädigen. Steile Flanken können z. B. beim Einschalten von digitalen Funktionsgeneratoren auftreten.

- Vermeiden Sie steile Flanken im Ansteuersignal bei Aktoren mit geringer Vorspannung.

HINWEIS**Schäden durch Wiederanschießen eines aufgeladenen Piezoaktors!**

Wenn das Anschlusskabel des Piezoaktors während des Betriebs von der Elektronik abgezogen wird, kann der Piezoaktor aufgeladen bleiben. Beim Wiederanschießen eines aufgeladenen Piezoaktors an die noch laufende Elektronik kann ein mechanischer Impuls entstehen, der den Piezoaktor beschädigt.

- Ziehen Sie das Anschlusskabel des Piezoaktors während des Betriebs **nicht** von der Elektronik ab.

Wenn das Anschlusskabel des Piezoaktors während des Betriebs versehentlich von der Elektronik abgezogen wurde:

- Entladen Sie den Piezoaktor vor dem erneuten Anschließen auf geeignete Weise (S. 40).
- Schalten Sie vor dem Wiederanschießen des Piezoaktors die Elektronik aus.

HINWEIS**Verringerte Lebensdauer durch dauerhaft hohe Spannung und hohe Luftfeuchtigkeit!**

Das dauerhafte Anlegen einer hohen statischen Spannung an Piezoaktoren führt zu einer erheblichen Verringerung der Lebensdauer der Piezokeramik. Dies gilt insbesondere für den Betrieb in feuchter Umgebung.

- Wenn der PLOxx/PDxxx nicht benutzt wird, die Elektronik aber zur Gewährleistung der Temperaturstabilität eingeschaltet bleibt: Stellen Sie an der Elektronik die Piezospaltung auf 0 V ein.
- Wenn möglich: Begrenzen Sie im Dauerbetrieb die maximale Betriebsspannung.
- Verringern Sie Offsetspannungen auf das Minimum.
- Schützen Sie den Piezoaktor vor Feuchtigkeit durch hermetische Versiegelung oder Zufuhr trockener Luft.
- Stellen Sie sicher, dass die Luftfeuchtigkeit in der Umgebung des PLOxx/PDxxx die relative Luftfeuchte gemäß dem Abschnitt "Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen" (S. 52) nicht überschreitet.

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

Zu hohe oder falsch angeschlossene Betriebsspannung kann Schäden am PLOxx/PDxxx verursachen.

- Überschreiten Sie **nicht** den Betriebsspannungsbereich (S. 50), für den der PLOxx/PDxxx spezifiziert ist.
- Betreiben Sie den PLOxx/PDxxx nur, wenn die Betriebsspannung ordnungsgemäß angeschlossen ist; siehe "PLOxx/PDxxx an Elektronik anschließen" (S. 29).
- Falls Sie die Betriebsspannung versehentlich mit falscher Polarität angelegt haben, wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 47).

HINWEIS**Zerstörung des Piezoaktors durch Überhitzen!**

Während des Betriebs des Piezoaktors entstehen aufgrund ferroelektrischer Polarisationsvorgänge in der Piezokeramik dielektrische Verluste, die in Wärmeenergie umgewandelt werden. Die entstandene Wärme kann den Piezoaktor insbesondere im dynamischen Betrieb überhitzen und zerstören.

- Passen Sie Betriebsspannung, Betriebsfrequenz und/oder Betriebsdauer so an, dass die maximale Betriebstemperatur des Piezoaktors nicht überschritten wird, siehe "Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen" (S. 52), "Bemessungsdaten" (S. 50) und "Betriebsparameter ermitteln" (S. 35).
- Kühlen Sie den Piezoaktor. Verwenden Sie zur Kühlung **keine** Flüssigkeiten. Wenn Flüssigkeitskühlung angewendet werden soll, wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 47).

HINWEIS**Zerstörung des Piezoaktors durch zu schnelles Abkühlen oder Erwärmen!**

Zu schnelles Abkühlen oder Erwärmen führt zu einer thermomechanischen Belastung, die den Piezoaktor zerstören kann.

- Lassen Sie den Piezoaktor langsam abkühlen oder erwärmen.

HINWEIS**Unkontrollierte Schwingungen!**

Schwingungen können den PLOxx/PDxxx 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 PLOxx/PDxxx wird nahe seiner Resonanzfrequenz betrieben.

Wenn Sie Schwingungen bemerken:

- Schalten Sie im geregelten Betrieb den Servomodus sofort aus.
- Stoppen Sie im ungeregelten Betrieb sofort den PLOxx/PDxxx.

INFORMATION

Die positive Bewegungsrichtung (S. 10) entspricht der Ausdehnungsrichtung des Piezoaktors beim Anlegen einer positiven Spannung.

6.2 Betriebsparameter ermitteln

INFORMATION

Für die Ermittlung der Betriebsparameter wird vorausgesetzt, dass der Piezoaktor einseitig eingespannt ist.

- Wenn Sie die Betriebsparameter für den beidseitig freien Betrieb des Piezoaktors benötigen, wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 47).

6.2.1 Übersicht begrenzender Faktoren

Begrenzende Faktoren für den Betrieb des Piezoaktors:

Resonanzfrequenz:

Anhand der Resonanzfrequenz des Piezoaktors wird die Betriebsfrequenz berechnet, die ein Drittel der Resonanzfrequenz **nicht** überschreiten darf. Die Resonanzfrequenz gemäß Datentabelle (S. 49) bezieht sich auf den beidseitig freien Betrieb ohne Last. In einer Anordnung mit einseitiger Einspannung muss der Wert halbiert werden.

Für **belastete**, einseitig eingespannte Piezoaktoren siehe "Maximale Betriebsfrequenz des belasteten Piezoaktors berechnen" (S. 37).

Maximale Druck-/Zugbelastbarkeit (S. 52):

Die Masse der zu bewegenden Last, die Vorspannung 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. 38).

Maximal zulässige Betriebstemperatur des Piezoaktors (S. 52):

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. 50).

Bei Einsatz von Kühlungsmaßnahmen erhöhen sich die Grenzwerte für Betriebsfrequenz, Betriebsspannung und Betriebsdauer.

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. 39).
- Der Ausgangsstrom der Elektronik überschreitet nicht die maximale Leistungsaufnahme des Piezoaktors. Siehe "Bemessungsdaten" (S. 50).

6.2.2 Effektive Masse berechnen

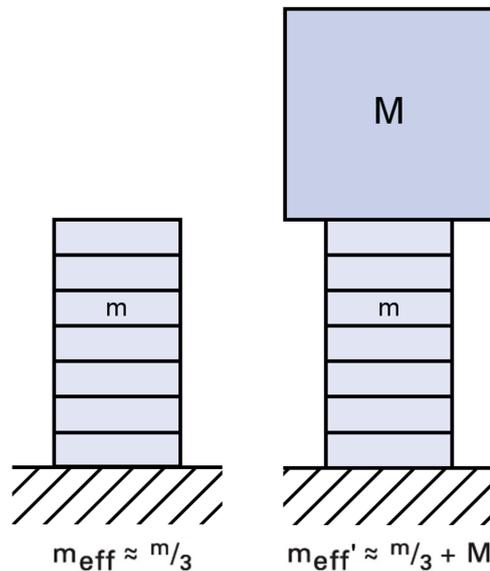


Abbildung 12: Berechnung der effektiven Masse eines einseitig eingespannten Piezostapelaktors ohne Last (links) und mit zusätzlicher Last (rechts).

1. Ermitteln Sie die Masse m Ihres Piezoaktors.
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. 50).

1. Berechnen Sie die Resonanzfrequenz des belasteten, einseitig eingespannten 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]: Die Resonanzfrequenz gemäß Datentabelle (S. 49) gilt für den beidseitig freien Betrieb. In einer Anordnung mit einseitiger Einspannung muss der Wert halbiert werden.

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. 37).

2. Berechnen Sie die maximale Betriebsfrequenz des belasteten, einseitig eingespannten 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 einseitig eingespannten 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. 37)

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:

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

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

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

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. 36).
C	Kapazität des Piezoaktors [F (= As/V)]	Siehe "Datentabelle" (S. 49) 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 PL0xx/PDxxx betreiben

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb gelesen und verstanden (S. 31).
- ✓ Sie haben die Betriebsparameter für Ihre Anwendung ermittelt (S. 35).
- ✓ Sie haben den PL0xx/PDxxx korrekt installiert (S. 17) und an die Elektronik angeschlossen (S. 29).
- ✓ Sie haben eine geeignete Elektronik bereitgestellt, die die benötigten Ströme liefern kann (S. 39).
- ✓ Sie haben das Benutzerhandbuch der verwendeten Elektronik gelesen und verstanden.

PL0xx/PDxxx betreiben

- Folgen Sie für die Inbetriebnahme und den Betrieb des PL0xx/PDxxx den Anweisungen im Handbuch der verwendeten Elektronik (S. 2).

6.4 PLOxx/PDxxx entladen

Der PLOxx/PDxxx muss in folgenden Fällen entladen werden:

- Wenn sich der PLOxx/PDxxx durch thermische oder mechanische Belastung versehentlich aufgeladen hat
- Wenn ein aufgeladener PLOxx/PDxxx kurzgeschlossen (S. 41) werden soll
- Wenn das Anschlusskabel des PLOxx/PDxxx während des Betriebs versehentlich von der Elektronik abgezogen wird

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 17).

Werkzeug und Zubehör

Wenn der PLOxx/PDxxx nicht an der Elektronik angeschlossen ist:

- Nur für PLOxx/PDxxx **ohne** Anschlussstecker (Auslieferungszustand):
 - Entladewiderstand von 10 k Ω (nicht im Lieferumfang), dessen berührbare Teile für den Betriebsspannungsbereich (S. 50) des Aktors ausreichend isoliert sind
- Nur für PLOxx/PDxxx **mit** Anschlussstecker (S. 29):
 - Elektronik (S. 12) von PI

An der Elektronik angeschlossenen PLOxx/PDxxx entladen

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

PLOxx/PDxxx entladen, der nicht an der Elektronik angeschlossen ist

Wenn der PLOxx/PDxxx **nicht** über einen Anschlussstecker verfügt:

1. Wenn notwendig, lassen Sie den PLOxx/PDxxx abkühlen.
2. Sorgen Sie für einen ausreichenden Schutz gegen das Berühren spannungsführender Teile.
3. Schließen Sie die Elektroden des PLOxx/PDxxx mindestens für einige Sekunden mit einem **Entladewiderstand von 10 k Ω** kurz.

Wenn der PLOxx/PDxxx über einen Anschlussstecker verfügt:

- Schließen Sie den Spannungsanschluss des PLOxx/PDxxx mindestens für einige Sekunden an die **ausgeschaltete** Elektronik von PI an, die über einen internen Entladewiderstand verfügt.

6.5 PLOxx/PDxxx kurzschließen

Der PLOxx/PDxxx muss vor der Demontage (z. B. vor Reinigung und Transport des PLOxx/PDxxx) sowie bei Umbauten entladen (S. 40) und kurzgeschlossen werden.

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 17).
- ✓ Sie haben den PLOxx/PDxxx entladen und von der Elektronik getrennt.

Werkzeug und Zubehör

- Wenn am Piezoaktor keine offenen Anschlusslitzen zugänglich sind: Geeignetes, leitfähiges Hilfsmittel zum Kurzschließen des Piezoaktors, das keine Kratzer auf der Oberfläche des Piezoaktors hinterlässt (z. B. leitfähiger Gummi)

PLOxx/PDxxx kurzschließen

- Wenn am PLOxx/PDxxx offene Anschlusslitzen zugänglich sind: Verdrillen Sie die Litzen des **entladenen** Piezoaktors miteinander.
- Wenn am PLOxx/PDxxx keine offenen Anschlusslitzen zugänglich sind:
 - a) Wenn notwendig, lassen Sie den PLOxx/PDxxx abkühlen.
 - b) Bringen Sie ein geeignetes, leitfähiges Hilfsmittel am **entladenen** Piezoaktor an, das keine Kratzer auf der Oberfläche des Piezoaktors hinterlässt (z. B. leitfähiger Gummi).

7 Wartung

In diesem Kapitel

Allgemeine Hinweise zur Wartung	43
PL0xx/PDxxx reinigen	43

7.1 Allgemeine Hinweise zur Wartung

Der PL0xx/PDxxx ist wartungsfrei.

7.2 PL0xx/PDxxx reinigen

HINWEIS



Zerstörung des Piezoaktors durch elektrische Überschläge!

Beim Kontakt mit Flüssigkeiten kann der Piezoaktor durch elektrische Überschläge zerstört werden.

Vor dem Reinigen des PL0xx/PDxxx:

- Stellen Sie sicher, dass der PL0xx/PDxxx entladen (S. 40) und kurzgeschlossen (S. 41) ist.

Nach dem Reinigen des PL0xx/PDxxx:

- Trocknen Sie den PL0xx/PDxxx vollständig in einem Trockenschrank (empfohlene Dauer: 30 Minuten bei 40 °C).

HINWEIS



Schäden durch ungeeignete Reinigungsmittel!

Einige Reinigungsmittel können zu Schäden am PL0xx/PDxxx führen.

- Verwenden Sie zur Reinigung **kein** Aceton und **kein** Wasser.

Voraussetzungen

- ✓ Der PL0xx/PDxxx ist entladen (S. 40) und kurzgeschlossen (S. 41).
- ✓ Der PL0xx/PDxxx ist von der Elektronik getrennt.

PL0xx/PDxxx reinigen

- Berühren Sie den Piezoaktor nur mit puderfreien Nitril- oder Latexhandschuhen.
- Wenn notwendig, reinigen Sie die Oberflächen des PL0xx/PDxxx mit einem fusselfreien Tuch, das leicht mit einem milden Lösungsmittel (z. B. Isopropanol oder Ethanol) angefeuchtet wurde.

- Bei Reinigung im Ultraschallbad:
 - Reduzieren Sie den Energieeintrag auf das notwendige Minimum.
 - Verwenden Sie als Reinigungsflüssigkeit nur Isopropanol oder Ethanol.
 - Halten Sie eine Reinigungsdauer von 5 Minuten ein.
- Trocknen Sie den PL0xx/PDxxx nach dem Reinigen vollständig in einem Trockenschrank (empfohlene Dauer: 30 Minuten bei 40 °C).

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 (S. 52).
	Piezoaktor ist wegen Überhitzung oder Verpolung depolarisiert	➤ Wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 47).
Piezoaktor bewegt sich bei steigender Spannung entgegen der angegebenen Richtung	Verpolung des Piezoaktors	➤ Wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 47).

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. 47).

9 Kundendienst

Sie erreichen PI Ceramic telefonisch unter +49 36604 882-0 oder per E-Mail unter folgenden Adressen:

- Bei allgemeinen Fragen oder Bestellungen:
info@piceramic.de
- Bei technischen Problemen oder Störungen:
service@piceramic.de

- Geben Sie bei Fragen zu Ihrem Produkt folgende Informationen an:
 - Produkt- und Seriennummern von allen betreffenden Produkten
 - Firmwareversion der Elektronik (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

In diesem Kapitel

Spezifikationen.....	49
Abmessungen.....	53

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

10.1 Spezifikationen

10.1.1 Datentabelle

PICMA® Chip Multilayer-Piezoaktoren

	PL022.3x	PL033.3x	PL055.3x	PL088.3x	Einheit	Toleranz
Kantenlänge (A)	2 ±0,10	3 ±0,10	5 ±0,15	10 ±0,20	mm	
Kantenlänge (B)	2 ±0,10	3 ±0,10	5 ±0,15	10 ±0,20	mm	
Höhe (TH)	2 ±0,10	2 ±0,10	2 ±0,10	2 ±0,10	mm	
Stellweg*	2,2	2,2	2,2	2,2	µm	±20 %
Blockierkraft**	>120	>300	>500	>2000	N	
Elektrische Kapazität***	25	75	250	1100	nF	±20 %
Axiale Resonanzfrequenz****	>600	>600	>600	>600	kHz	
Piezokeramik	PIC252	PIC252	PIC252	PIC252		
Betriebsspannungsbereich	-20 bis 100	-20 bis 100	-20 bis 100	-20 bis 100	V	
Betriebstemperaturbereich	-40 bis 150	-40 bis 150	-40 bis 150	-40 bis 150	°C	
Empfohlene Vorspannung für den dynamischen Betrieb	15	15	15	15	MPa	
Maximale Vorspannung für konstante Kraftausübung	30	30	30	30	MPa	
Empfohlene Elektroniken	E-610, E-617, E-831, E-836	E-610, E-617, E-831, E-836	E-610, E-617, E-831, E-836	E-610, E-617, E-831, E-836		

Standardanschlüsse: PL0xx.31: PTFE-isolierte Anschlusslitzen, UHV-kompatibel, 100 mm, AWG 32, Ø 0,49 mm; PL0xx.30: lötbare Kontakte

* Bei 0 bis 100 V. Die Werte beziehen sich auf das freie Bauelement und können sich im verklebten Zustand reduzieren.

** Bei 0 bis 100 V

*** Gemessen bei 1 V_{pp}, 1 kHz, RT

**** Gemessen bei 1 V_{pp}, unbelastet, beidseitig frei. Bei einseitiger Einspannung halbiert sich der Wert. Laterale Resonanzfrequenzen können je nach Einbausituation unterhalb der axialen Resonanzfrequenzen liegen.

Sonderausführungen auf Anfrage.

PICMA® Chip Multilayer-Piezoaktoren mit und ohne Innenbohrung

	PD050.3x	PD080.3x	PD120.3x	PD150.3x	PD160.3x	PD161.3x	Einheit	Toleranz
Außendurchmesser (OD)	5 ±0,2	8 ±0,3	12 ±0,4	15 ±0,3	16 ±0,5	16 ±0,5	mm	
Innendurchmesser (ID)	2,5 ±0,15	4,5 ±0,15	6 ±0,2	9 ±0,15	8 ±0,25	–	mm	
Höhe (TH)	2,5 ±0,05	2,5 ±0,05	2,5 ±0,05	2 ±0,05	2,5 ±0,05	2,5 ±0,05	mm	
Stellweg*	1,8	2	2	1,8	2	2,3	µm	±20 %
Blockierkraft**	>400	>1000	>2500	>3300	>4400	>6000	N	
Elektrische Kapazität***	110	300	900	1000	1700	2400	nF	±20 %
Axiale Resonanzfrequenz****	>500	>500	>500	>600	>500	>500	kHz	
Piezokeramik	PIC252	PIC252	PIC252	PIC252	PIC252	PIC252		
Betriebsspannungsbereich	-20 bis 100	V						
Betriebstemperaturbereich	-40 bis 150	°C						
Empfohlene Vorspannung für den dynamischen Betrieb	15	15	15	15	15	15	MPa	
Maximale Vorspannung für konstante Kraftausübung	30	30	30	30	30	30	MPa	
Empfohlene Elektroniken	E-610, E-617, E-831, E-836	E-610, E-617, E-831, E-836	E-610, E-617, E-831, E-836	E-610, E-617, E-831, E-836	E-610, E-617, E-831, E-836	E-610, E-617, E-831, E-836		

Standardanschlüsse: PDxxx.31: PTFE-isolierte Anschlusslitzen, UHV-kompatibel, 100 mm, AWG 32, Ø 0,49 mm; PDxxx.30: lötbare Kontakte

* Bei 0 bis 100 V. Die Werte beziehen sich auf das freie Bauelement und können sich im verklebten Zustand reduzieren.

** Bei 0 bis 100 V

*** Gemessen bei 1 V_{pp}, 1 kHz, RT

**** Gemessen bei 1 V_{pp}, unbelastet, beidseitig frei. Bei einseitiger Einspannung halbiert sich der Wert. Laterale Resonanzfrequenzen können je nach Einbausituation unterhalb der axialen liegen.

Sonderausführungen auf Anfrage.

10.1.2 Bemessungsdaten

PLOxx/PDxxx Piezoaktoren sind für die Betriebsgrößen in der nachfolgenden Tabelle ausgelegt.

Zusatzinformationen zur Bemessungstabelle

- Maximale Betriebsfrequenz ohne Last und ohne Berücksichtigung thermischer Aspekte, Spalte A:

Die Werte gelten für einseitig eingespannte Piezoaktoren und sind wie folgt berechnet: Ein Drittel der Resonanzfrequenz des unbelasteten Piezoaktors (beidseitig freier Betrieb) geteilt durch zwei.

- Maximale Betriebsfrequenz ohne Last, mit Berücksichtigung thermischer Aspekte, Spalte B:

Um ein Überschreiten der maximal zulässigen Betriebstemperatur zu vermeiden, darf bei einer Betriebsspannung von **120 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.

- Maximale Leistungsaufnahme:

Leistungsaufnahme des unbelasteten, ungekühlten Piezoaktors, der bei einer Betriebsspannung von **120 V Spitze-Spitze** mit der Betriebsfrequenz aus Spalte B dieser Tabelle betrieben wird.

Piezoaktor*	Maximaler Betriebsspannungsbereich 	Maximale Betriebsfrequenz ohne Last		Maximale Leistungsaufnahme mit Berücksichtigung thermischer Aspekte 
		A: ohne Berücksichtigung thermischer Aspekte 	B: mit Berücksichtigung thermischer Aspekte 	
PL022.3x	-20 V bis 100 V	100 kHz	290 Hz	0,1 W
PL033.3x	-20 V bis 100 V	100 kHz	130 Hz	0,2 W
PL055.3x	-20 V bis 100 V	100 kHz	80 Hz	0,4 W
PL088.3x	-20 V bis 100 V	100 kHz	40 Hz	0,8 W
PD050.3x	-20 V bis 100 V	83,3 kHz	160 Hz	0,3 W
PD080.3x	-20 V bis 100 V	83,3 kHz	100 Hz	0,6 W
PD120.3x	-20 V bis 100 V	83,3 kHz	50 Hz	0,9 W
PD150.3x	-20 V bis 100 V	100 kHz	50 Hz	1,0 W
PD160.3x	-20 V bis 100 V	83,3 kHz	40 Hz	1,3 W
PD161.3x	-20 V bis 100 V	83,3 kHz	30 Hz	1,4 W

* Der Buchstabe x in der Produktnummer des Piezoaktors steht für das Modell:

1: Modelle mit Anschlusslitzen

0: Modelle ohne Anschlusslitzen

10.1.3 Druck-/Zugbelastbarkeit und Vorspannung

Piezokeramik hält einem Druck von bis zu 250 MPa stand, beginnt jedoch bereits bei wesentlich niedrigeren Druckbelastungen zu depolarisieren. Da gestapelte Piezoaktoren zudem aus unterschiedlichen Materialien (Piezokeramik, metallische Elektroden) gefertigt sind, hängt die mechanische Belastbarkeit nicht allein von der Festigkeit des keramischen Materials ab. Zusätzliche Parameter wie Schlankheitsgrad, Durchbiegung, Verkipfung und Homogenität der Kraftereinleitung müssen berücksichtigt werden.

Die Zugbelastbarkeit von Piezoaktoren beträgt nur etwa 5 bis 10 % der Druckbelastbarkeit. Daher wird empfohlen, die Aktoren mechanisch vorzuspannen. Die Vorspannung sollte nur so hoch wie notwendig gewählt werden.

Druck-/Zugbelastbarkeit und Vorspannung des PL0xx/PDxxx

Art der mechanischen Spannung	PL0xx/PDxxx*
Maximale Druckbelastbarkeit	30 MPa
Maximale Zugbelastbarkeit ohne Vorspannung	2 MPa**
Empfohlene Vorspannung für den dynamischen Betrieb	15 MPa
Maximale Vorspannung für konstante Kraftausübung	30 MPa

* 1 MPa entspricht einem Druck von 1 N pro Quadratmillimeter Grundfläche des Piezoaktors. Abmessungen siehe Datentabelle (S. 49).

** Abhängig von der Festigkeit der Klebeverbindungen (S. 26)

10.1.4 Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen

Folgende Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen sind für den PL0xx/PDxxx zu beachten:

Einsatzbereich	Nur zur Verwendung in Innenräumen
Luftdruck	500 hPa bis 1500 hPa ➤ Wenn Sie den PL0xx/PDxxx außerhalb des angegebenen Luftdruckbereichs betreiben möchten, kontaktieren Sie unseren Kundendienst (S. 47).
Relative Luftfeuchte	Höchste relative Luftfeuchte 55 % Dauerbetrieb mit hoher statischer Spannung in feuchter Umgebung führt zu einer erheblichen Verringerung der Lebensdauer des Piezoaktors. ➤ Wenn Sie den PL0xx/PDxxx bei einer relativen Luftfeuchte von mehr als 55 % betreiben möchten, kontaktieren Sie unseren Kundendienst (S. 47). ➤ Beachten Sie die Hinweise zur Lebensdauer, die wie folgt eingesehen werden können: – Abschnitt "Allgemeine Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb" (S. 31) – Internetseite von PI Ceramic (www.piceramic.de/piezo-technologie/picma.html)
Betriebstemperatur	-40 °C bis 150 °C
Lagertemperatur	-40 °C bis 80 °C

Transporttemperatur	-40 °C bis 80 °C
Überspannungskategorie	II
Verschmutzungsgrad	1

Der PL0xx/PDxxx ist für den Einbau in Geräte vorgesehen, die folgende Klassifizierungen erfüllen:

Schutzklasse	I
Schutzart gemäß IEC 60529	IP20

10.2 Abmessungen

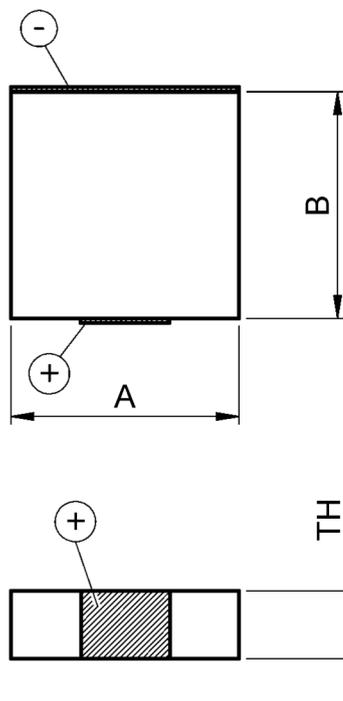


Abbildung 13: PL0xx: Abmessungen

Modell	Länge A	Länge B	Höhe TH	Einheit
PL022.3x	2 (±0,10)	2 (±0,10)	2 (±0,10)	mm
PL033.3x	3 (±0,10)	3 (±0,10)	2 (±0,10)	mm
PL055.3x	5 (±0,15)	5 (±0,15)	2 (±0,10)	mm
PL088.3x	10 (±0,20)	10 (±0,20)	2 (±0,10)	mm

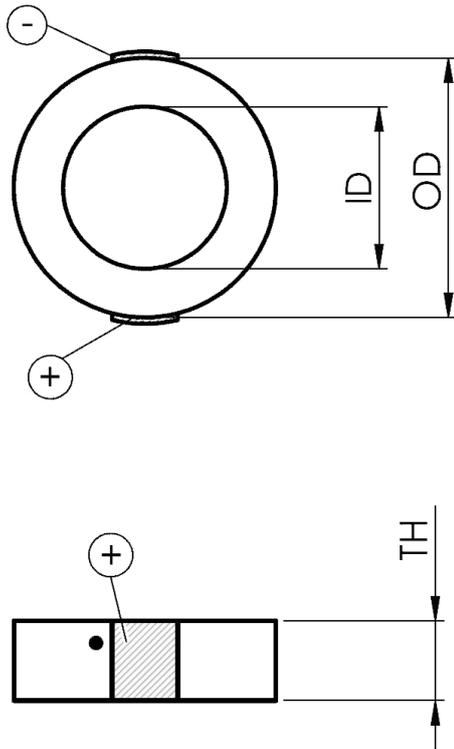


Abbildung 14: PDxxx: Abmessungen (Endflächen des Piezoaktors geläppt)

Modell	Außendurchmesser OD	Innendurchmesser ID	Höhe TH	Einheit
PD050.3x	5 (±0,2)	2,5 (±0,15)	2,5 (±0,05)	mm
PD080.3x	8 (±0,3)	4,5 (±0,15)	2,5 (±0,05)	mm
PD120.3x	12 (±0,4)	6 (±0,2)	2,5 (±0,05)	mm
PD150.3x	15 (±0,3)	9 (±0,15)	2 (±0,05)	mm
PD160.3x	16 (±0,5)	8 (±0,25)	2,5 (±0,05)	mm
PD161.3x	16 (±0,5)	–	2,5 (±0,05)	mm

11 Entsorgung

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

Beachten Sie bei der Entsorgung die internationalen, nationalen und regionalen Richtlinien.

Um der Produktverantwortung als Hersteller gerecht zu werden, übernimmt die PI Ceramic GmbH kostenfrei die umweltgerechte Entsorgung eines PI-Produkts, sofern es nach dem 13. August 2005 in Verkehr gebracht wurde.

Falls Sie ein zu entsorgendes Produkt von PI Ceramic besitzen, können Sie es versandkostenfrei an folgende Adresse senden:

PI Ceramic GmbH
Lindenstraße
D-07589 Lederhose



12 EU-Konformitätserklärung

Für den PLOxx/PDxxx wurde eine EU-Konformitätserklärung gemäß den folgenden europäischen Richtlinien ausgestellt:

RoHS-Richtlinie

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

RoHS: EN 50581 oder EN IEC 63000

Wenn ein elektrisches Betriebsmittel für den Einbau in ein anderes elektrisches Betriebsmittel vorgesehen ist: Der Betreiber ist für die normgerechte Einbindung des elektrischen Betriebsmittels in das Gesamtsystem verantwortlich.

