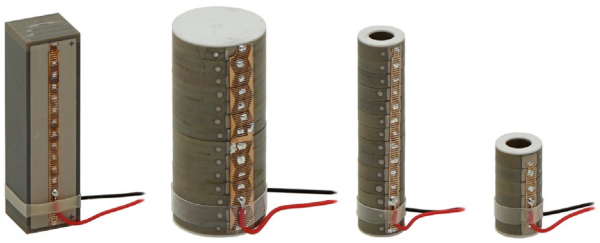
PZ259D

P-88x/P-08x Piezoaktor

Benutzerhandbuch

Version: 1.1.0 Datum: 27.09.2021



Dieses Dokument beschreibt die folgenden Produkte:

- **P-882 – P-888**
  PICMA® Stack Multilayer-Piezoaktoren
- **P-080**
  PICMA® Stack Multilayer-Ringaktoren mit Innenbohrung
- **P-088**
  PICMA® Stack Multilayer-Piezoaktoren, runder Querschnitt

PI Ceramic GmbH, Lindenstraße, 07589 Lederhose, Deutschland
Tel. +49 36604 882-0, Fax +49 36604 882-4109, E-Mail info@piceramic.de, www.piceramic.de

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®, PInano®, 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: PZ259D, 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 ... 11
3.3 Produktbeschriftung ... 11
3.4 Lieferumfang ... 12
3.5 Geeignete Elektronik ... 12
3.6 Optionales Zubehör ... 13
3.7 Technische Ausstattung ... 13

4 Auspacken 15

5 Installation 17

5.1 Allgemeine Hinweise zur Installation ... 17
5.2 Anschlusslitzen an Piezoaktor anlöten (nur Modelle ohne Litzen) ... 22
5.3 P-88x/P-08x befestigen ... 26
5.4 Vorspannung aufbringen ... 26
5.5 Last einleiten ... 27
5.6 P-88x/P-08x an Elektronik anschließen ... 28

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 ... 35
6.2.2 Effektive Masse berechnen ... 36
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 38
6.3 P-88x/P-08x betreiben 39
6.4 P-88x/P-08x entladen 39
6.5 P-88x/P-08x kurzschließen 40

7 Wartung 41

7.1 Allgemeine Hinweise zur Wartung 41
7.2 P-88x/P-08x reinigen 41

8 Störungsbehebung 43

9 Kundendienst 45

10 Technische Daten 47

10.1 Spezifikationen 47
10.1.1 Datentabelle 47
10.1.2 Bemessungsdaten 50
10.1.3 Druck-/Zugbelastbarkeit und Vorspannung 51
10.1.4 Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen 52
10.2 Abmessungen 53

11 Entsorgung 57

12 EU-Konformitätserklärung 59

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 P-88x/P-08x (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 der Produktlinien PICMA® Stack Piezoaktoren und PICMA® Stack Ringaktoren, sofern in deren Begleitdokumentation nichts anderes angegeben ist.

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. 45).

Handbücher herunterladen

1. Öffnen Sie die Website **www.pi.de**.
2. Suchen Sie auf der Website nach der Produktnummer (z. B. P-882) oder der Produktfamilie (z. B. PICMA® Stack).
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 P-88x/P-08x ist für die Verwendung in einer Umgebung vorgesehen, die frei von Schmutz, Öl und Schmiermitteln ist.

Entsprechend seiner Bauart ist der P-88x/P-08x 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 P-88x/P-08x in das Gesamtsystem verantwortlich.

Die Bewegung des P-88x/P-08x erfolgt in einer Achse. Bei der Montage ohne Vorspannung ist auf die Einhaltung der maximalen Zugbelastungsgrenzen (S. 51) zu achten.

Zur Ansteuerung des P-88x/P-08x ist eine Elektronik erforderlich, die die benötigten Betriebsspannungen bereitstellt. Die Elektronik ist nicht im Lieferumfang des P-88x/P-08x enthalten. Wir empfehlen die Verwendung einer geeigneten Elektronik (S. 12) von PI.

2.2 Allgemeine Sicherheitshinweise

Der P-88x/P-08x ist nach dem Stand der Technik und den anerkannten sicherheitstechnischen Regeln gebaut. Bei unsachgemäßer Verwendung des P-88x/P-08x können Benutzer gefährdet werden und/oder Schäden am P-88x/P-08x entstehen.

- ➢ Benutzen Sie den P-88x/P-08x 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-88x/P-08x verantwortlich.

Im Piezoaktor P-88x/P-08x 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-88x/P-08x kann zu leichten Verletzungen durch Stromschlag führen.

- Berühren Sie den Piezoaktor nur, wenn er entladen (S. 39) ist.
- Tragen Sie beim Umgang mit dem Piezoaktor puderfreie Nitril- oder Latexhandschuhe.
- Halten Sie den Piezoaktor kurzgeschlossen (S. 40), 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 120 V (Modelle P-88x) bzw. 100 V (Modelle P-08x). 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 P-88x/P-08x beschädigen.

- Vermeiden Sie Stöße, die auf den P-88x/P-08x einwirken.
- Lassen Sie den P-88x/P-08x **nicht** fallen.
- Vermeiden Sie Drehmomente und Querkräfte am P-88x/P-08x.
- Verwenden Sie bei der Installation keine metallischen Werkzeuge.
- Überschreiten Sie **nicht** die maximal zulässigen Belastungen gemäß den Spezifikationen (S. 47).
- Überschreiten Sie **nicht** die maximale Druck-/Zugbelastbarkeit (S. 51).

2.3 Organisatorische Maßnahmen

Benutzerhandbuch

- Halten Sie dieses Benutzerhandbuch ständig am P-88x/P-08x 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-88x/P-08x 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 P-88x/P-08x nur, nachdem Sie dieses Benutzerhandbuch gelesen und verstanden haben.

Personalqualifikation

Nur autorisiertes und entsprechend qualifiziertes Personal darf den P-88x/P-08x installieren, in Betrieb nehmen, bedienen, warten und reinigen.

3 Produktbeschreibung

In diesem Kapitel

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

3.1 Modellübersicht

PICMA® Stack Multilayer-Piezoaktoren

Modell	Beschreibung
P-882.11	PICMA® Piezoaktor, 6,5 µm Stellweg, 3 mm × 2 mm × 9 mm, Anschlusslitzen
P-882.31	PICMA® Piezoaktor, 11 µm Stellweg, 3 mm × 2 mm × 13,5 mm, Anschlusslitzen
P-882.51	PICMA® Piezoaktor, 15 µm Stellweg, 3 mm × 2 mm × 18 mm, Anschlusslitzen
P-883.11	PICMA® Piezoaktor, 6,5 µm Stellweg, 3 mm × 3 mm × 9 mm, Anschlusslitzen
P-883.31	PICMA® Piezoaktor, 11 µm Stellweg, 3 mm × 3 mm × 13,5 mm, Anschlusslitzen
P-883.51	PICMA® Piezoaktor, 15 µm Stellweg, 3 mm × 3 mm × 18 mm, Anschlusslitzen
P-885.11	PICMA® Piezoaktor, 6,5 µm Stellweg, 5 mm × 5 mm × 9 mm, Anschlusslitzen
P-885.31	PICMA® Piezoaktor, 11 µm Stellweg, 5 mm × 5 mm × 13,5 mm, Anschlusslitzen
P-885.51	PICMA® Piezoaktor, 15 µm Stellweg, 5 mm × 5 mm × 18 mm, Anschlusslitzen
P-885.91	PICMA® Piezoaktor, 32 µm Stellweg, 5 mm × 5 mm × 36 mm, Anschlusslitzen
P-887.31	PICMA® Piezoaktor, 11 µm Stellweg, 7 mm × 7 mm × 13,5 mm, Anschlusslitzen
P-887.51	PICMA® Piezoaktor, 15 µm Stellweg, 7 mm × 7 mm × 18 mm, Anschlusslitzen

Modell	Beschreibung
P-887.91	PICMA® Piezoaktor, 32 µm Stellweg, 7 mm × 7 mm × 36 mm, Anschlusslitzen
P-888.31	PICMA® Piezoaktor, 11 µm Stellweg, 10 mm × 10 mm × 13,5 mm, Anschlusslitzen
P-888.51	PICMA® Piezoaktor, 15 µm Stellweg, 10 mm × 10 mm × 18 mm, Anschlusslitzen
P-888.91	PICMA® Piezoaktor, 32 µm Stellweg, 10 mm × 10 mm × 36 mm, Anschlusslitzen

PICMA® Stack Multilayer-Ringaktoren mit Innenbohrung

Modell	Beschreibung
P-080.311	PICMA® Stack Multilayer-Ringaktor mit Innenbohrung, 5,5 µm Stellweg, OD 8 mm × ID 4,5 mm × L 8,5 mm, Anschlusslitzen
P-080.341	PICMA® Stack Multilayer-Ringaktor mit Innenbohrung, 11 µm Stellweg, OD 8 mm × ID 4,5 mm × L 16 mm, Anschlusslitzen
P-080.391	PICMA® Stack Multilayer-Ringaktor mit Innenbohrung, 25 µm Stellweg, OD 8 mm × ID 4,5 mm × L 36 mm, Anschlusslitzen

PICMA® Stack Multilayer-Piezoaktoren, runder Querschnitt

Modell	Beschreibung
P-088.721	PICMA® Stack Multilayer-Piezoaktor, runder Querschnitt, 14 µm Stellweg, OD 16 mm × L 16 mm, Anschlusslitzen
P-088.741	PICMA® Stack Multilayer-Piezoaktor, runder Querschnitt, 32 µm Stellweg, OD 16 mm × L 36 mm, Anschlusslitzen
P-088.781	PICMA® Stack Multilayer-Piezoaktor, runder Querschnitt, 70 µm Stellweg, OD 16 mm × L 77 mm, Anschlusslitzen

Alle Modelle sind optional mit lötbaren Kontakten erhältlich. Die Produktnummer der Modelle mit lötbaren Kontakten endet mit der Ziffer 0 (z. B. P-882.10).

3.2 Produktansicht

Die Abbildung ist exemplarisch und kann von Ihrem Modell abweichen.

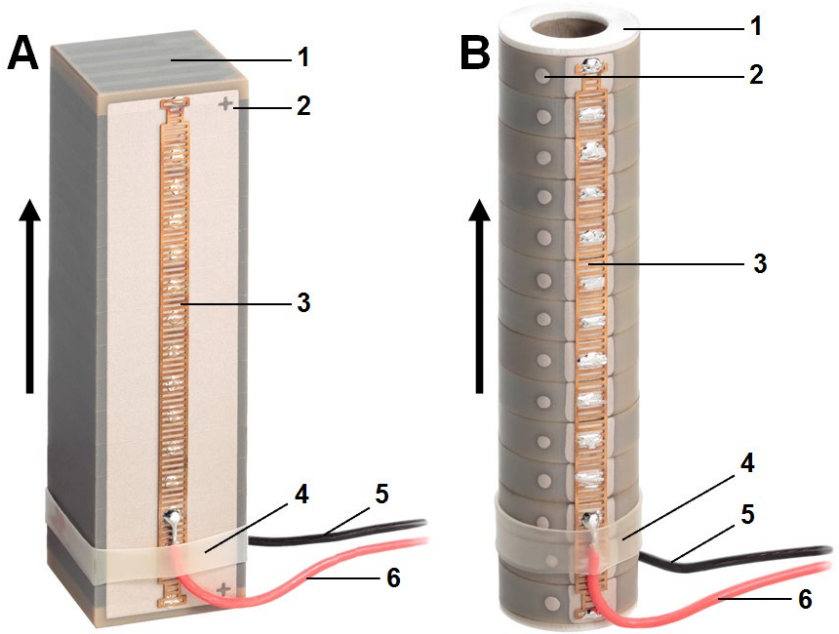


Abbildung 1: Exemplarische Produktansicht: P-88x (A) und P-080 (B)

1 Keramikendfläche (passive PZT-Keramik)
2 Markierung für Pluspol
3 Kontaktierungsstreifen
4 Schrumpfschlauch (Zugentlastung der Anschlusslitzen)
5 Schwarze Litze: Anschluss für Masse (-)
6 Rote Litze: Spannungsanschluss (+)

Die Pfeile in der Abbildung kennzeichnen die Ausdehnungsrichtung des Piezoaktors beim Anlegen einer positiven Spannung.

3.3 Produktbeschriftung

Jeder P-88x/P-08x 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)

Beschriftung	Beschreibung
P-885.51	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 P-88x/P-08x
PI	Herstellerlogo
1 Stueck	Menge
Country of origin: Germany	Herkunftsland
WWW.PICERAMIC.COM	Herstelleradresse (Website)

3.4 Lieferumfang

Produktnummer	Beschreibung
P-88x/P-08x	Piezoaktor gemäß Bestellung (S. 9)
PZ264EK	Kurzanleitung für PICMA® Multilayer-Piezoaktoren

3.5 Geeignete Elektronik

Für den Betrieb eines P-88x/P-08x 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. 45).
- Berechnen Sie vor der Auswahl einer Elektronik den Strombedarf der Anwendung (S. 38).

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
Das Kabel P-890.xx dient zum Anschluss des P-88x/P-08x an einen Niedervolt-Piezoverstärker. Das Kabel wird aktorseitig angelötet. Stecker: LEMO FFS.00.250.CTCE24, koaxial Kabel: RG 178 (Teflon)	

➢ Wenden Sie sich bei Bestellungen an den Kundendienst (S. 45).

3.7 Technische Ausstattung

PICMA® Piezoaktoren

P-88x/P-08x 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 P-88x/P-08x 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 "P-88x/P-08x reinigen" (S. 41).

1. Packen Sie den P-88x/P-08x 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. 45).
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
Anschlusslitzen an Piezoaktor anlöten (nur Modelle ohne Litzen) 22
P-88x/P-08x befestigen 26
Vorspannung aufbringen 26
Last einleiten 27
P-88x/P-08x an Elektronik anschließen 28

5.1 Allgemeine Hinweise zur Installation

VORSICHT

Gefährliche Spannung und Restladung auf Piezoaktoren!
Im Piezoaktor P-88x/P-08x 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-88x/P-08x kann zu leichten Verletzungen durch Stromschlag führen.

- Berühren Sie den Piezoaktor nur, wenn er entladen (S. 39) ist.
- Tragen Sie beim Umgang mit dem Piezoaktor puderfreie Nitril- oder Latexhandschuhe.
- Halten Sie den Piezoaktor kurzgeschlossen (S. 40), 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. 39).

HINWEIS

Zerstörung des Piezoaktors durch zu hohe Lasten!

Zu hohe Lasten können den P-88x/P-08x zerstören.

- ➢ Überschreiten Sie **nicht** die maximale Druck-/Zugbelastbarkeit (S. 51).

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. 51).

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 P-88x/P-08x während des Betriebs!
Die während des Betriebs des P-88x/P-08x abgegebene Wärme kann Ihre Anwendung beeinträchtigen.

- Installieren Sie den P-88x/P-08x 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. 45).

Vermeidung von Montagefehlern

Piezoaktoren dürfen nur axial belastet werden. Darüber hinaus sollten Piezoaktoren zur Vermeidung von Zugspannungen mechanisch vorgespannt (S. 26) werden. Die nachfolgenden Abbildungen sollen Ihnen helfen, Montagefehler zu vermeiden.

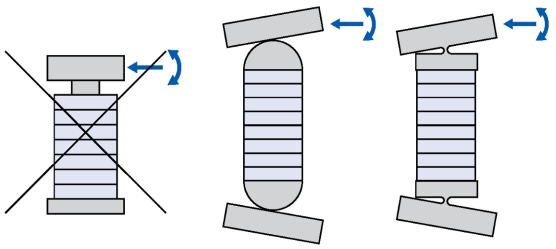


Abbildung 2: Vermeiden von Querkräften und Momenten

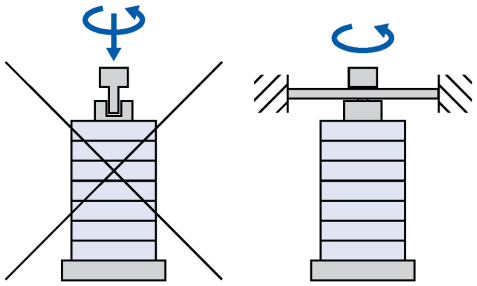


Abbildung 3: Vermeiden von Drehmomenten

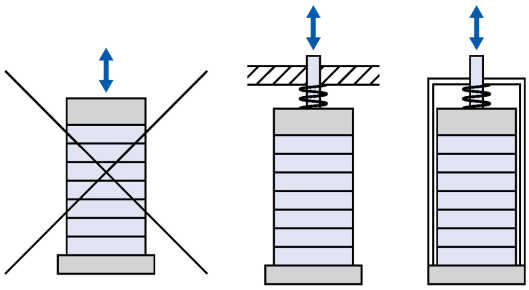


Abbildung 4: Vermeiden von Zugspannungen durch mechanische Vorspannung

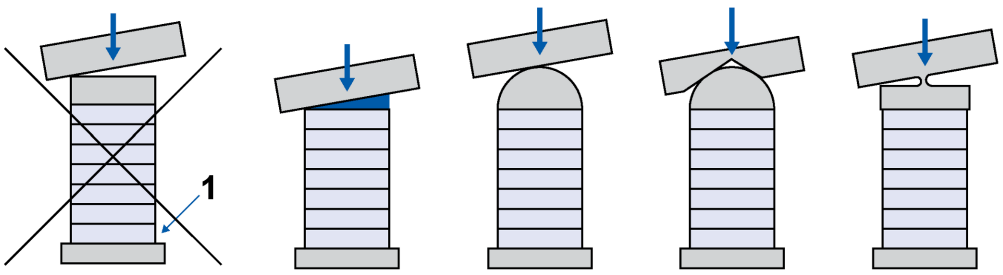


Abbildung 5: Vermeiden einer inhomogenen Lasteinleitung (1: Zugspannungen)

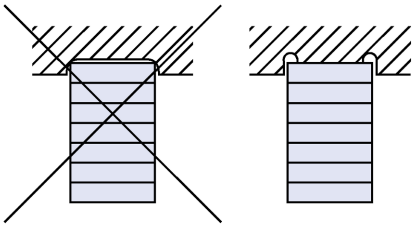


Abbildung 6: Vollflächiger Kontakt des Piezoaktors

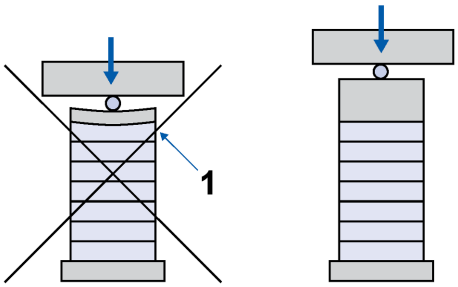


Abbildung 7: Richtiges Dimensionieren der Endstücke bei punktförmigem Kontakt (1: Zugspannungen)

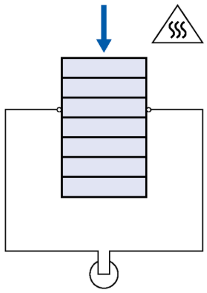


Abbildung 8: Mechanische oder thermische Belastungen laden den Piezoaktor elektrisch auf. Montage nur in kurzgeschlossenem Zustand.

5.2 Anschlusslitzen an Piezoaktor anlöten (nur Modelle ohne Litzen)

Dieser Abschnitt beschreibt das Anlöten von Anschlusslitzen an die Modelle ohne Anschlusslitzen. Sofern es Ihre Anwendung erlaubt, empfehlen wir die Verwendung von Modellen, die bereits über Anschlusslitzen verfügen.

HINWEIS

Zerstörung des Piezoaktors durch falsches Löten!

Lange und wiederholte Lötvorgänge können zur Ablegierung der Termination-Schicht führen, die den Kontakt zwischen den Innenelektroden und den Kontaktierungsstreifen des Piezoaktors herstellt. Durch die Ablegierung der Termination-Schicht wird der Piezoaktor zerstört. Außerdem kann die Piezokeramik bei durchgehender Erwärmung über die Curie-Temperatur hinaus durch Depolarisation beschädigt werden.

- ➢ Wählen Sie die Löttemperatur nur so hoch wie notwendig (max. 350 °C).
- ➢ Stellen Sie sicher, dass die Lötdauer 1 bis 2 Sekunden **nicht** überschreitet.
- ➢ Verwenden Sie die jeweilige Lötstelle nur einmal zum Anlöten einer Anschlusslitze.

Wenn Sie den Lötvorgang wiederholen müssen:

1. Lassen Sie die Lötstelle abkühlen.
2. Löten Sie die Anschlusslitze von der Lötstelle ab.
3. Verwenden Sie eine andere (vorverzinnte) Lötstelle zum erneuten Anlöten der Anschlusslitze.

HINWEIS

Schäden durch mechanische Belastung der Lötverbindung!

Mechanische Belastungen (z. B. Scherkräfte) an der Lötverbindung können zu Schäden am Piezoaktor führen.

- ➢ Sorgen Sie bei bewegten Litzen für eine Zugentlastung über Schrumpfschläuche.
- ➢ Löten Sie die Litzen so an, dass die Entfernung zwischen der Lötstelle und der fest eingespannten Seite des Piezoaktors möglichst gering ist. Dies verringert mechanische Belastungen insbesondere während des dynamischen Betriebs.

Bauart und Polarität der Elektroden

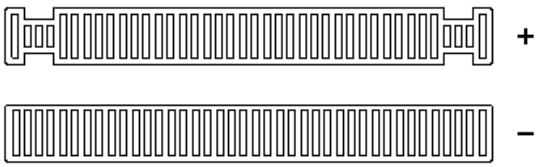


Abbildung 9: Standardelektroden (Beispielansicht der Kontaktierungsstreifen)

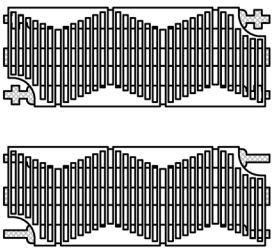


Abbildung 10: Sonderelektroden für hohe Ströme (Beispielansicht der Kontaktierungsstreifen)

Die positive Elektrode ist durch ein Pluszeichen oder einen Punkt neben der Elektrode gekennzeichnet.

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

Kontaktierung der Elektroden

In Abhängigkeit von ihrer Bauart werden die Elektroden über spezielle Lötpunkte oder Lotstreifen kontaktiert.

Kontaktierung von Standardelektroden

Mit Ausnahme der äußeren Lötpunkte an der oberen oder unteren keramischen Endfläche des Piezoaktors (S. 11) sind alle vorverzinnten Lötpunkte der positiven und negativen Elektrode für das Anlöten von Anschlusslitzen verwendbar.

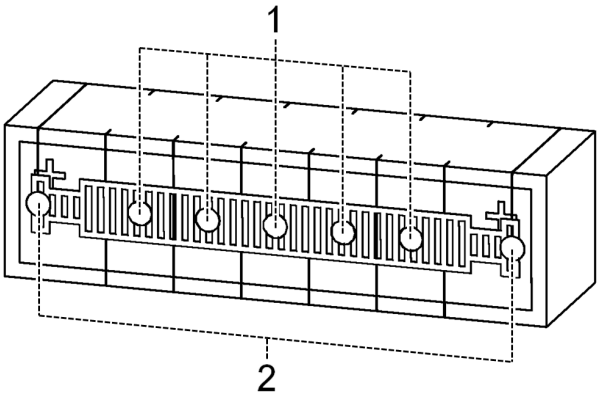


Abbildung 11: Vorverzinnte Lötpunkte der positiven Elektrode (Beispiel: P-885)

1 Für das Anlöten von Anschlusslitzen geeignete Lötpunkte der Elektrode
2 Für das Anlöten von Anschlusslitzen **nicht** geeignete Lötpunkte der Elektrode

Kontaktierung von Sonderelektroden

Die Elektroden bestimmter Sonderprodukte sind in der Mitte mit einem Lotstreifen ausgestattet, an den Anschlusslitzen angelötet werden können.

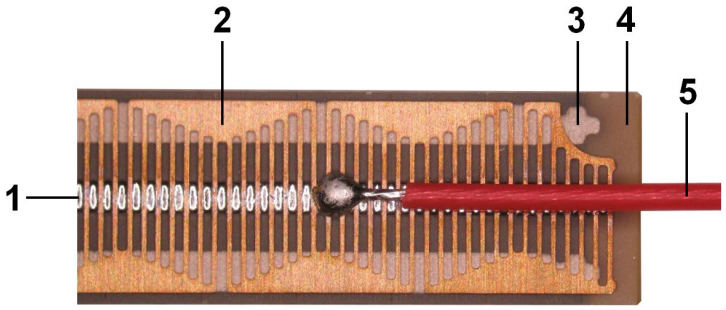


Abbildung 12: Beispielansicht einer Sonderelektrode (Ausschnitt) mit an Lotstreifen angelöteter Anschlusslitze

1 Lotstreifen
2 Kontaktierungsstreifen
3 Termination-Schicht
4 Keramik
5 Anschlusslitze

Zugentlastung der Anschlusslitzen

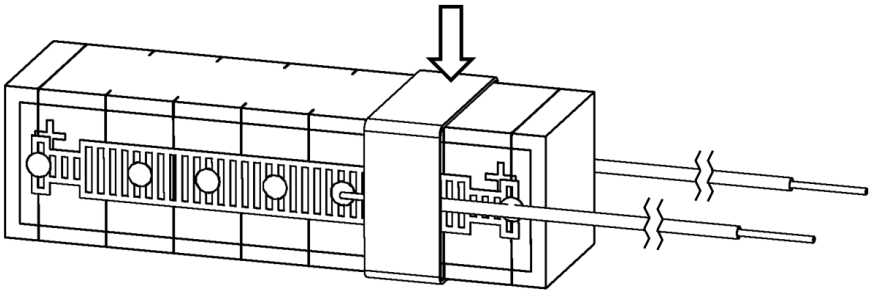


Abbildung 13: Schrumpfschlauch (siehe Pfeil) als Zugentlastung der Anschlusslitzen (Beispiel: P-885)

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 17).
- ✓ Der P-88x/P-08x ist entladen (S. 39) und kurzgeschlossen (S. 40).

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:

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 1 bis 2 Sekunden an das verzinnte Ende der Litze, so dass das Lötzinn fließt und nach dem Verlöten eine flache oder punktförmige Lötverbindung entsteht.

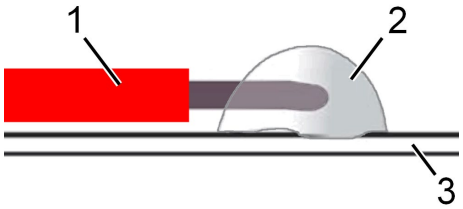


Abbildung 14: Lötverbindung [2] von Litze [1] und Elektrode [3]

6. Wiederholen Sie die Schritte 1 bis 5 für die zweite Anschlusslitze.
7. Entfernen Sie Flussmittelrückstände entsprechend den Anweisungen im Abschnitt "P-88x/P-08x reinigen" (S. 41).
8. Bringen Sie einen geeigneten Schrumpfschlauch an der Lötverbindung an, um die Zugentlastung der Anschlusslitzen sicherzustellen.

5.3 P-88x/P-08x befestigen

P-88x/P-08x Piezoaktoren werden auf Oberflächen aus Metall oder Keramik geklebt.

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 17).
- ✓ Der P-88x/P-08x ist entladen (S. 39) und kurzgeschlossen (S. 40).
- ✓ 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)

P-88x/P-08x 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 Temperaturausdehnungskoeffizienten 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 P-88x/P-08x ist entladen (S. 39) und kurzgeschlossen (S. 40).

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 (S. 47) des Piezoaktors. Dadurch soll der Auslenkungsverlust gering gehalten werden. Wenn die Steifigkeit der Vorspannfeder gleich der Aktorsteifigkeit ist, halbiert sich die freie Auslenkung.

- Bei hochdynamischen Anwendungen:
  Die Resonanzfrequenz der Vorspannfeder liegt über der Resonanzfrequenz (S. 47) des Piezoaktors.

Vorspannung aufbringen

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

5.5 Last einleiten

Die mechanische Ankopplung des P-88x/P-08x 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 P-88x/P-08x 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 P-88x/P-08x ist entladen (S. 39) und kurzgeschlossen (S. 40).

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 P-88x/P-08x an Elektronik anschließen

Der Piezoaktor P-88x/P-08x wird je nach Elektronik an eine LEMO-Buchse, eine Klemme oder an Lötstifte angeschlossen.

Dieser Abschnitt beschreibt, wie der Piezoaktor P-88x/P-08x 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. 45).
- ➢ 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 (-)

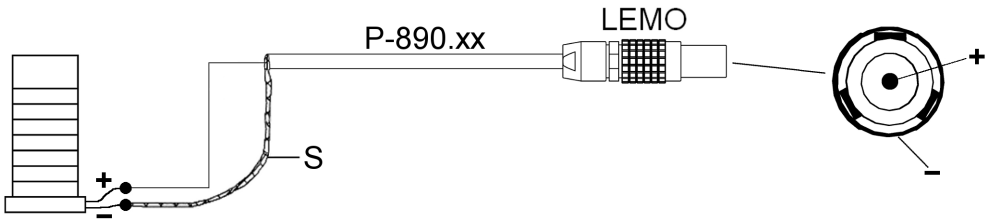


Abbildung 15: Anschluss des Piezoaktors P-88x/P-08x an Koaxialkabel P-890.xx

+	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 P-88x/P-08x nicht kurzgeschlossen ist: Der P-88x/P-08x ist entladen (S. 39).
- ✓ 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 P-88x/P-08x angelötet (S. 22).

Werkzeug und Zubehör

- Koaxialkabel P-890.xx (S. 13), LEMO auf offenes Ende (separat bestellbar)
- Geeigneter Lötkolben
- Geeignetes Lötzinn
- Geeignete Kabelwerkzeuge

P-88x/P-08x 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 P-88x/P-08x zugänglich:
   - Wenn die Anschlusslitzen des P-88x/P-08x kurzgeschlossen sind, trennen Sie die Verbindung zwischen den Anschlusslitzen.
   - Entfernen Sie alle sonstigen Hilfsmittel und Bauteile, die zum Kurzschließen oder Entladen am P-88x/P-08x angeschlossen sind (z. B. leitfähiger Gummi oder Entladewiderstand).
3. Löten Sie die rote Anschlusslitze des P-88x/P-08x an die mit dem Innenkontakt des LEMO-Steckers verbundene Ader des Koaxialkabels an.
4. Löten Sie die schwarze Anschlusslitze des P-88x/P-08x an den Kabelschirm des Koaxialkabels an.
5. Isolieren Sie die gelöteten Kabelverbindungen auf geeignete Weise.
6. Verbinden Sie den Anschlussstecker des P-88x/P-08x mit dem entsprechenden Anschluss der Elektronik.

6 Inbetriebnahme und Betrieb

In diesem Kapitel

Allgemeine Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb 31
Betriebsparameter ermitteln 35
P-88x/P-08x betreiben 39
P-88x/P-08x entladen 39
P-88x/P-08x kurzschließen 40

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 120 V (Modelle P-88x) bzw. 100 V (Modelle P-08x). 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 P-88x/P-08x und seine Umgebung erhitzen. Das Berühren des P-88x/P-08x und der Teile in seiner Umgebung kann zu leichten Verletzungen durch Verbrennung führen.

- Kühlen Sie den P-88x/P-08x, 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. 45).
- Wenn eine ausreichende Kühlung nicht möglich ist: Stellen Sie sicher, dass der heiße P-88x/P-08x 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 P-88x/P-08x 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 P-88x/P-08x in Umgebungen, die die elektrische Leitfähigkeit erhöhen können.
- Betreiben Sie den P-88x/P-08x 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. 45).
- Schützen Sie den Piezoaktor vor Feuchtigkeit durch hermetische Versiegelung oder Zufuhr trockener Luft.
- Wenn der P-88x/P-08x in einer speziellen Gasatmosphäre betrieben werden soll, wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 45).

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. 51).
- 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. 47) 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. 51)).
- ➢ 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. 45).

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 Wiederanschließen eines aufgeladenen Piezoaktors!

Wenn das Anschlusskabel des Piezoaktors während des Betriebs von der Elektronik abgezogen wird, kann der Piezoaktor aufgeladen bleiben. Beim Wiederanschließen 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. 39).
- ➢ Schalten Sie vor dem Wiederanschließen 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 P-88x/P-08x nicht benutzt wird, die Elektronik aber zur Gewährleistung der Temperaturstabilität eingeschaltet bleibt: Stellen Sie an der Elektronik die Piezospannung 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 P-88x/P-08x 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 P-88x/P-08x verursachen.

- Überschreiten Sie **nicht** den Betriebsspannungsbereich (S. 50), für den der P-88x/P-08x spezifiziert ist.
- Betreiben Sie den P-88x/P-08x nur, wenn die Betriebsspannung ordnungsgemäß angeschlossen ist; siehe "P-88x/P-08x an Elektronik anschließen" (S. 28).
- Falls Sie die Betriebsspannung versehentlich mit falscher Polarität angelegt haben, wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 45).

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. 45).

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 P-88x/P-08x 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-88x/P-08x 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 P-88x/P-08x.

INFORMATION

Die positive Bewegungsrichtung (S. 11) 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. 45).

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. 47) 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. 51):

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. 38).
- Der Ausgangsstrom der Elektronik überschreitet nicht die maximale Leistungsaufnahme des Piezoaktors. Siehe "Bemessungsdaten" (S. 50).

6.2.2 Effektive Masse berechnen

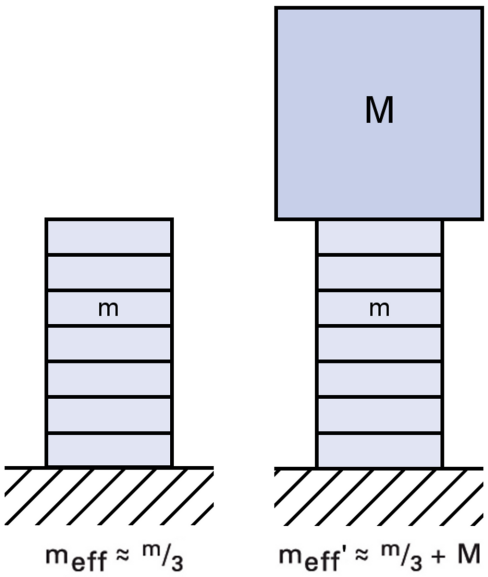


Abbildung 16: Berechnung der effektiven Masse eines einseitig eingespannten Piezostapelaktors ohne Last (links) und mit zusätzlicher Last (rechts).

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:

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

   f_0' = Resonanzfrequenz des belasteten Piezoaktors [Hz]

   f_0 = Resonanzfrequenz des unbelasteten Piezoaktors [Hz]: Die Resonanzfrequenz gemäß Datentabelle (S. 47) 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. 36).
2. Berechnen Sie die maximale Betriebsfrequenz des belasteten, einseitig eingespannten Piezoaktors mit folgender Formel:

   $f_{max} = f_0'/3$

   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:

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

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. 36)

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:

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

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

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

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. 35).
C	Kapazität des Piezoaktors [F (= As/V)]	Siehe "Datentabelle" (S. 47) für die Kleinsignalkapazität des Piezoaktors. Für Großsignalbedingungen sollte ein Sicherheitsfaktor von 70 % zur Kleinsignalkapazität addiert werden.
$U_{p\text{-}p}$	Betriebsspannung (Spitze-Spitze) [V]	Spannungsdifferenz zwischen positiver und negativer Spitzenspannung

6.3 P-88x/P-08x 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 P-88x/P-08x korrekt installiert (S. 17) und an die Elektronik angeschlossen (S. 28).
- ✓ Sie haben eine geeignete Elektronik bereitgestellt, die die benötigten Ströme liefern kann (S. 38).
- ✓ Sie haben das Benutzerhandbuch der verwendeten Elektronik gelesen und verstanden.

P-88x/P-08x betreiben

- ➢ Folgen Sie für die Inbetriebnahme und den Betrieb des P-88x/P-08x den Anweisungen im Handbuch der verwendeten Elektronik (S. 2).

6.4 P-88x/P-08x entladen

Der P-88x/P-08x muss in folgenden Fällen entladen werden:

- Wenn sich der P-88x/P-08x durch thermische oder mechanische Belastung versehentlich aufgeladen hat
- Wenn ein aufgeladener P-88x/P-08x kurzgeschlossen (S. 40) werden soll
- Wenn das Anschlusskabel des P-88x/P-08x 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 P-88x/P-08x nicht an der Elektronik angeschlossen ist:

- Nur für P-88x/P-08x **ohne** Anschlussstecker (Auslieferungszustand):
  - Entladewiderstand von 10 kΩ (nicht im Lieferumfang), dessen berührbare Teile für den Betriebsspannungsbereich (S. 50) des Aktors ausreichend isoliert sind
- Nur für P-88x/P-08x **mit** Anschlussstecker (S. 28):
  - Elektronik (S. 12) von PI

An der Elektronik angeschlossenen P-88x/P-08x entladen

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

P-88x/P-08x entladen, der nicht an der Elektronik angeschlossen ist

Wenn der P-88x/P-08x **nicht** über einen Anschlussstecker verfügt:

1. Wenn notwendig, lassen Sie den P-88x/P-08x abkühlen.
2. Sorgen Sie für einen ausreichenden Schutz gegen das Berühren spannungsführender Teile.
3. Schließen Sie die Elektroden des P-88x/P-08x mindestens für einige Sekunden mit einem **Entladewiderstand von 10 kΩ** kurz.

Wenn der P-88x/P-08x über einen Anschlussstecker verfügt:

➢ Schließen Sie den Spannungsanschluss des P-88x/P-08x mindestens für einige Sekunden an die **ausgeschaltete** Elektronik von PI an, die über einen internen Entladewiderstand verfügt.

6.5 P-88x/P-08x kurzschließen

Der P-88x/P-08x muss vor der Demontage (z. B. vor Reinigung und Transport des P-88x/P-08x) sowie bei Umbauten entladen (S. 39) und kurzgeschlossen werden.

Voraussetzungen

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

✓ Sie haben den P-88x/P-08x 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)

P-88x/P-08x kurzschließen

➢ Wenn am P-88x/P-08x offene Anschlusslitzen zugänglich sind:
Verdrillen Sie die Litzen des **entladenen** Piezoaktors miteinander.

➢ Wenn am P-88x/P-08x keine offenen Anschlusslitzen zugänglich sind:

a) Wenn notwendig, lassen Sie den P-88x/P-08x 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 41
P-88x/P-08x reinigen..... 41

7.1 Allgemeine Hinweise zur Wartung

Der P-88x/P-08x ist wartungsfrei.

7.2 P-88x/P-08x reinigen

HINWEIS

Zerstörung des Piezoaktors durch elektrische Überschläge!
Beim Kontakt mit Flüssigkeiten kann der Piezoaktor durch elektrische Überschläge zerstört werden.
Vor dem Reinigen des P-88x/P-08x:

- ➢ Stellen Sie sicher, dass der P-88x/P-08x entladen (S. 39) und kurzgeschlossen (S. 40) ist.

Nach dem Reinigen des P-88x/P-08x:

- ➢ Trocknen Sie den P-88x/P-08x vollständig in einem Trockenschrank (empfohlene Dauer: 30 Minuten bei 40 °C).

HINWEIS

Schäden durch ungeeignete Reinigungsmittel!
Einige Reinigungsmittel können zu Schäden am P-88x/P-08x führen.

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

Voraussetzungen

- ✓ Der P-88x/P-08x ist entladen (S. 39) und kurzgeschlossen (S. 40).
- ✓ Der P-88x/P-08x ist von der Elektronik getrennt.

P-88x/P-08x reinigen

- ➢ Berühren Sie den Piezoaktor nur mit puderfreien Nitril- oder Latexhandschuhen.
- ➢ Wenn notwendig, reinigen Sie die Oberflächen des P-88x/P-08x 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 P-88x/P-08x 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. 51).
	Piezoaktor ist wegen Überhitzung oder Verpolung depolarisiert	➢ Wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 45).
Piezoaktor bewegt sich bei steigender Spannung entgegen der angegebenen Richtung	Verpolung des Piezoaktors	➢ Wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 45).

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. 45).

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..... 47
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® Stack Multilayer-Piezoaktoren

	P-882.11	P-882.31	P-882.51	P-883.11	P-883.31	P-883.51	P-885.11	P-885.31	Einheit
Abmessungen A × B × L	3 × 2 × 9	3 × 2 × 13,5	3 × 2 × 18	3 × 3 × 9	3 × 3 × 13,5	3 × 3 × 18	5 × 5 × 9	5 × 5 × 13,5	mm
Nominalstellweg	6,5	11	15*	6,5	11	15*	6,5	11	µm
Max. Stellweg	8	13	18*	8	13	18*	8	13	µm
Blockierkraft	190	210	210	290	310	310	800	870	N
Steifigkeit	24	16	12	36	24	18	100	67	N/µm
Elektrische Kapazität	0,15	0,27	0,31	0,21	0,35	0,48	0,6	1,1	µF
Resonanzfrequenz	135	90	70	135	90	70	135	90	kHz
Empfohlene Elektroniken	E-503, E-504, E-505, E-506, E-610, E-617, E-831, E-836	E-503, E-504, E-505, E-506, E-610, E-617, E-831, E-836	E-503, E-504, E-505, E-506, E-610, E-617, E-831, E-836	E-503, E-504, E-505, E-506, E-610, E-617, E-831, E-836	E-503, E-504, E-505, E-506, E-610, E-617, E-831, E-836	E-503, E-504, E-505, E-506, E-610, E-617, E-831, E-836	E-503, E-504, E-505, E-506, E-610, E-617, E-831, E-836	E-503, E-504, E-505, E-506, E-610, E-617, E-831, E-836	

	P-885.51	P-885.91	P-887.31	P-887.51	P-887.91	P-888.31	P-888.51	P-888.91	Einheit
Abmessungen A × B × L	5 × 5 × 18	5 × 5 × 36	7 × 7 × 13,5	7 × 7 × 18	7 × 7 × 36	10 × 10 × 13,5	10 × 10 × 18	10 × 10 × 36	mm
Nominalstellweg	15*	32*	11	15*	32*	11	15*	32*	µm
Max. Stellweg	18*	38*	13	18*	38*	13	18*	38*	µm
Blockierkraft	900	950	1700	1750	1850	3500	3600	3800	N
Steifigkeit	50	25	130	100	50	267	200	100	N/µm
Elektrische Kapazität	1,5	3,1	2,2	3,1	6,4	4,3	6	13	µF
Resonanzfrequenz	70	40	90	70	40	90	70	40	kHz
Empfohlene Elektroniken	E-503, E-504, E-505, E-506, E-610, E-617, E-831, E-836	E-503, E-504, E-505, E-506, E-610, E-617, E-831, E-836	E-503, E-504, E-505, E-506, E-610, E-617, E-831, E-836	E-503, E-504, E-505, E-506, E-610, E-617, E-831, E-836	E-503, E-504, E-505, E-506, E-610, E-617, E-831, E-836	E-503, E-504, E-505, E-506, E-610, E-617, E-831, E-836	E-503, E-504, E-505, E-506, E-610, E-617, E-831, E-836	E-503, E-504, E-505, E-506, E-610, E-617, E-831, E-836	

Nominalstellweg: Bei 0 bis 100 V, Toleranz ±20 %, * ±10 %.

Maximaler Stellweg: Bei 0 bis 120 V, Toleranz ±20 %, * ±10 %.

Blockierkraft: Bei 0 bis 120 V.

Elektrische Kapazität: Gemessen bei 1 V_{pp}, 1 kHz, RT, Toleranz ±20 %.

Resonanzfrequenz: Gemessen bei 1 V_{pp}, unbelastet, beidseitig frei. Bei einseitiger Einspannung halbiert sich der Wert, Toleranz ±20 %.

Piezokeramik: PIC252.

Standardanschlüsse: P-882, P-883: PTFE-isolierte Anschlusslitzen, UHV-kompatibel, 100 mm, AWG 32, Ø 0,49 mm. P-885, P-887, P-888: PTFE-isolierte Anschlusslitzen, UHV-kompatibel, 100 mm, AWG 30, Ø 0,61 mm. Optional mit lötbaren Kontakten ohne Litzen erhältlich, dazu die letzte Ziffer der Produktnummer in 0 ändern (z. B. P-882.10).

Betriebsspannungsbereich: -20 bis 120 V.

Betriebstemperaturbereich: -40 bis 150 °C.

Empfohlene Vorspannung für den dynamischen Betrieb: 15 MPa.

Maximale Vorspannung für konstante Kraftausübung: 30 MPa.

Sonderausführungen und andere Spezifikationen auf Anfrage.

PICMA® Stack Multilayer-Ringaktoren mit Innenbohrung

	P-080.311	P-080.341	P-080.391	Einheit
Abmessungen OD × ID × L	8 × 4,5 × 8,5	8 × 4,5 × 16	8 × 4,5 × 36	mm
Nominalstellweg	5,5 ±20 %	11 ±20 %	25 ±10 %	µm
Blockierkraft	800	825	850	N
Steifigkeit	145	75	34	N/µm
Elektrische Kapazität	0,86	1,7	4,0	µF
Resonanzfrequenz	135 ±20 %	85 ±20 %	40 ±20 %	kHz
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	

Alle Angaben bei 0 bis 100 V.

Axiale Resonanzfrequenz: Gemessen bei 1 V_{pp}, unbelastet, beidseitig frei. Bei einseitiger Einspannung halbiert sich der Wert.

Elektrische Kapazität: Gemessen bei 1 V_{pp}, 1 kHz, RT, Toleranz ±20 %.

Piezokeramik: PIC252. Keramikendflächen aus Al_2O_3.

Standardanschlüsse: PTFE-isolierte Anschlusslitzen, UHV-kompatibel, 100 mm, AWG 30, Ø 0,61 mm. Optional mit lötbaren Kontakten ohne Litzen erhältlich, dazu die letzte Ziffer der Produktnummer in 0 ändern (z. B. P-080.310).

Betriebsspannungsbereich: -20 bis 100 V.

Betriebstemperaturbereich: -40 bis 150 °C.

Empfohlene Vorspannung für den dynamischen Betrieb: 15 MPa.

Maximale Vorspannung für konstante Kraftausübung: 30 MPa.

Sonderausführungen auf Anfrage.

PICMA® Stack Multilayer-Piezoaktor, runder Querschnitt

	P-088.721	P-088.741	P-088.781	Einheit	Toleranz
Abmessungen OD × L	16 × 16	16 × 36	16 × 77	mm	
Nominalstellweg	14	32	70	µm	-10 % / +20 %
Blockierkraft	7500	7500	7500	N	
Steifigkeit	535	235	105	N/µm	
Elektrische Kapazität	13	30	68	µF	±20 %
Resonanzfrequenz	68	35	17	kHz	±20 %
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		

Nominalstellweg, Blockierkraft und Steifigkeit bei 0 bis 100 V.

Axiale Resonanzfrequenz: Gemessen bei 1 V_{pp}, unbelastet, beidseitig frei. Bei einseitiger Einspannung halbiert sich der Wert.

Elektrische Kapazität: Gemessen bei 1 V_{pp}, 1 kHz, RT.

Piezokeramik: PIC252. Keramikendflächen aus Al_2O_3.

Standardanschlüsse: PTFE-isolierte Anschlusslitzen, UHV-kompatibel, 100 mm, AWG 28, Ø 0,69 mm. Optional mit lötbaren Kontakten ohne Litzen erhältlich, dazu die letzte Ziffer der Produktnummer in 0 ändern (z. B. P-088.720).

Betriebsspannungsbereich: -20 bis 100 V.

Betriebstemperaturbereich: -40 bis 150 °C.

Empfohlene Vorspannung für den dynamischen Betrieb: 15 MPa.

Maximale Vorspannung für konstante Kraftausübung: 30 MPa.

Sonderausführungen auf Anfrage.

10.1.2 Bemessungsdaten

P-88x/P-08x Piezoaktoren sind für die Betriebsgrößen in der nachfolgenden Tabelle ausgelegt.

Zusatzinformationen zur Bemessungsdatentabelle

- 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 **140 V Spitze-Spitze** (Modelle P-88x) oder **120 V Spitze-Spitze** (Modelle P-08x) 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 **140 V Spitze-Spitze** (Modelle P-88x) oder **120 V Spitze-Spitze** (Modelle P-08x) mit der Betriebsfrequenz aus Spalte B dieser Tabelle betrieben wird.

Piezoaktor*	Maximaler Betriebs-spannungsbereich	Maximale Betriebsfrequenz ohne Last		Maximale Leistungsaufnahme
		A: ohne Berücksichtigung thermischer Aspekte	B: mit Berücksichtigung thermischer Aspekte	mit Berücksichtigung thermischer Aspekte
P-882.1x	-20 V bis 120 V	22,5 kHz	200 Hz	0,8 W
P-882.3x	-20 V bis 120 V	15 kHz	190 Hz	1,1 W
P-882.5x	-20 V bis 120 V	11,7 kHz	180 Hz	1,5 W
P-883.1x	-20 V bis 120 V	22,5 kHz	170 Hz	0,9 W
P-883.3x	-20 V bis 120 V	15 kHz	160 Hz	1,5 W
P-883.5x	-20 V bis 120 V	11,7 kHz	150 Hz	1,9 W
P-885.1x	-20 V bis 120 V	22,5 kHz	100 Hz	1,6 W
P-885.3x	-20 V bis 120 V	15 kHz	90 Hz	2,6 W
P-885.5x	-20 V bis 120 V	11,7 kHz	80 Hz	3,1 W
P-885.9x	-20 V bis 120 V	6,7 kHz	75 Hz	6,1 W

Piezoaktor*	Maximaler Betriebs-spannungsbereich	Maximale Betriebsfrequenz ohne Last		Maximale Leistungsaufnahme
		A: ohne Berücksichtigung thermischer Aspekte	B: mit Berücksichtigung thermischer Aspekte	mit Berücksichtigung thermischer Aspekte
P-887.3x	-20 V bis 120 V	15 kHz	60 Hz	3,5 W
P-887.5x	-20 V bis 120 V	11,7 kHz	55 Hz	4,5 W
P-887.9x	-20 V bis 120 V	6,7 kHz	50 Hz	8,4 W
P-888.3x	-20 V bis 120 V	15 kHz	40 Hz	4,5 W
P-888.5x	-20 V bis 120 V	11,7 kHz	38 Hz	6,0 W
P-888.9x	-20 V bis 120 V	6,7 kHz	35 Hz	11,9 W
P-080.31x	-20 V bis 100 V	26,7 kHz	110 Hz	1,8 W
P-080.34x	-20 V bis 100 V	14,2 kHz	105 Hz	3,4 W
P-080.39x	-20 V bis 100 V	6,7 kHz	100 Hz	7,7 W
P-088.72x	-20 V bis 100 V	11,4 kHz	30 Hz	8,3 W
P-088.74x	-20 V bis 100 V	5,9 kHz	25 Hz	16,2 W
P-088.78x	-20 V bis 100 V	2,9 kHz	25 Hz	34,6 W

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

1: Modelle mit Anschlusslitzen (z. B. P-882.11)

0: Modelle ohne Anschlusslitzen (z. B. P-882.10)

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, Verkippung und Homogenität der Krafteinleitung 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 P-88x/P-08x

Art der mechanischen Spannung	P-88x/P-08x*
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. 47).

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

10.1.4 Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen

Folgende Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen sind für den P-88x/P-08x zu beachten:

Einsatzbereich	Nur zur Verwendung in Innenräumen
Luftdruck	500 hPa bis 1500 hPa ➢ Wenn Sie den P-88x/P-08x außerhalb des angegebenen Luftdruckbereichs betreiben möchten, kontaktieren Sie unseren Kundendienst (S. 45).
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 P-88x/P-08x bei einer relativen Luftfeuchte von mehr als 55 % betreiben möchten, kontaktieren Sie unseren Kundendienst (S. 45). ➢ 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 P-88x/P-08x ist für den Einbau in Geräte vorgesehen, die folgende Klassifizierungen erfüllen:

Schutzklasse	I
Schutzart gemäß IEC 60529	IP20

10.2 Abmessungen

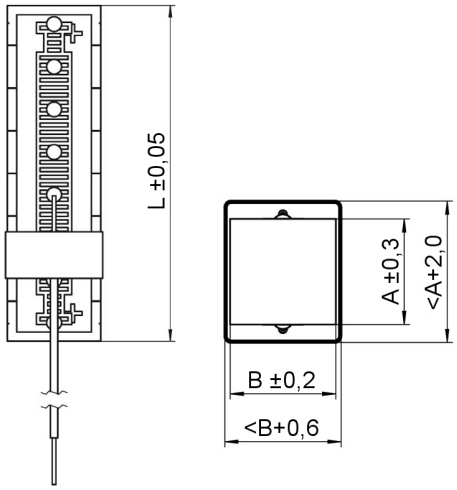


Abbildung 17: P-88x: Abmessungen

Modell	A	B	L	Einheit
P-882.11	3	2	9	mm
P-882.31	3	2	13,5	mm
P-882.51	3	2	18	mm
P-883.11	3	3	9	mm
P-883.31	3	3	13,5	mm
P-883.51	3	3	18	mm
P-885.11	5	5	9	mm
P-885.31	5	5	13,5	mm
P-885.51	5	5	18	mm
P-885.91	5	5	36	mm
P-887.31	7	7	13,5	mm
P-887.51	7	7	18	mm
P-887.91	7	7	36	mm
P-888.31	10	10	13,5	mm
P-888.51	10	10	18	mm
P-888.91	10	10	36	mm

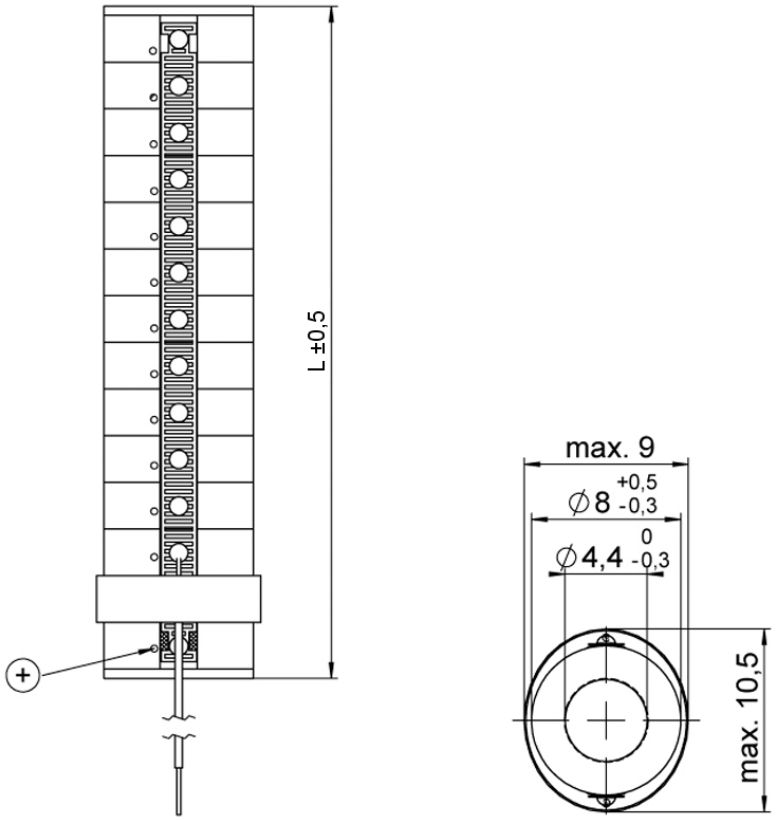


Abbildung 18: P-080: Abmessungen

Modell P-080.311: L = 8,5 mm; Modell P-080.341: L = 16 mm; Modell P-080.391: L = 36 mm

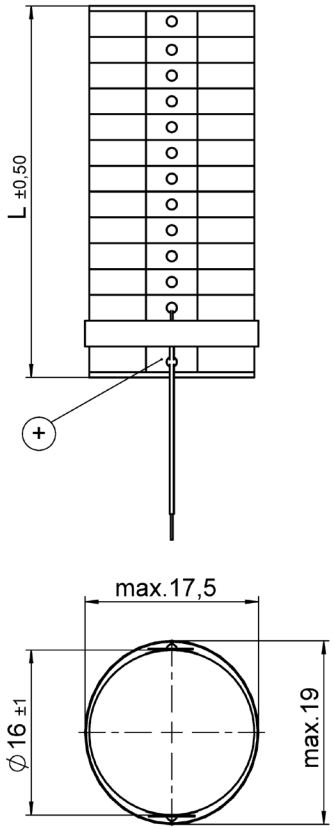


Abbildung 19: P-088: Abmessungen

Modell P-088.721: L = 16 mm; Modell P-088.741: L = 36 mm; Modell P-088.781: L = 77 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 P-88x/P-08x 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.