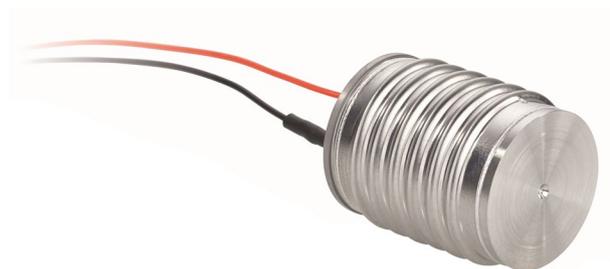


PZ266D
P-88x.x5 Piezoaktor
Benutzerhandbuch

Version: 1.1.0

Datum: 27.09.2021



Dieses Dokument beschreibt die folgenden Produkte:

- **P-885.55**
Gekapselter PICMA® Piezoaktor, 14 µm
Stellweg, OD 11,2 mm × L 22,5 mm,
Anschlusslitzen
- **P-885.95**
Gekapselter PICMA® Piezoaktor, 30 µm
Stellweg, OD 11,2 mm × L 40,5 mm,
Anschlusslitzen
- **P-888.55**
Gekapselter PICMA® Piezoaktor, 14 µm
Stellweg, OD 18,6 mm × L 22,5 mm,
Anschlusslitzen



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: PZ266D, 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.....	10
3.4	Lieferumfang	11
3.5	Geeignete Elektronik	11
3.6	Optionales Zubehör.....	12
3.7	Technische Ausstattung	12
4	Auspacken	13
5	Installation	15
5.1	Allgemeine Hinweise zur Installation	15
5.2	P-88x.x5 befestigen	19
5.3	Last einleiten	20
5.4	P-88x.x5 an Elektronik anschließen.....	21
6	Inbetriebnahme und Betrieb	23
6.1	Allgemeine Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb.....	23
6.2	Betriebsparameter ermitteln	26
6.2.1	Übersicht begrenzender Faktoren.....	26
6.2.2	Effektive Masse berechnen	27
6.2.3	Maximale Betriebsfrequenz des belasteten Piezoaktors berechnen.....	27
6.2.4	Im dynamischen Betrieb auftretende Kräfte berechnen	28
6.2.5	Strombedarf für Sinusbetrieb berechnen	29

6.3	P-88x.x5 betreiben	29
6.4	P-88x.x5 entladen.....	30
6.5	P-88x.x5 kurzschließen	31
7	Wartung	33
7.1	Allgemeine Hinweise zur Wartung	33
7.2	P-88x.x5 reinigen	33
8	Störungsbehebung	35
9	Kundendienst	37
10	Technische Daten	39
10.1	Spezifikationen	39
10.1.1	Datentabelle	39
10.1.2	Bemessungsdaten.....	40
10.1.3	Druck-/Zugbelastbarkeit und Vorspannung	41
10.1.4	Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen	41
10.2	Abmessungen	42
11	Altgerät entsorgen	43
12	EU-Konformitätserklärung	45

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.x5 (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 Produktlinie "Gekapselte PICMA® Stack Piezoaktoren", 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. 37).

Handbücher herunterladen

1. Öffnen Sie die Website **www.pi.de**.
2. Suchen Sie auf der Website nach der Produktnummer (z. B. P-885) 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.x5 ist für die Verwendung in einer Umgebung vorgesehen, in der Spritzwasser oder Öl vorkommt oder eine dauerhaft hohe Luftfeuchtigkeit herrscht.

Entsprechend seiner Bauart ist der P-88x.x5 für die Integration in ein mechanisches System und für folgende Anwendungen vorgesehen:

- Positionierung von Lasten
- Schwingungsdämpfung
- Krafterzeugung

Folgende Anwendungen sind nur nach Rücksprache mit dem Kundendienst (S. 37) zulässig:

- Dynamische Positionierung
- Vollständiges Eintauchen in eine Flüssigkeit

Der Betreiber ist für die normgerechte Einbindung des P-88x.x5 in das Gesamtsystem verantwortlich.

Die Bewegung des P-88x.x5 erfolgt in einer Achse. Bei der Montage ohne Vorspannung sind Zugbelastungen (S. 41) zu vermeiden.

Zur Ansteuerung des P-88x.x5 ist eine Elektronik erforderlich, die die benötigten Betriebsspannungen bereitstellt. Die Elektronik ist nicht im Lieferumfang des P-88x.x5 enthalten. Wir empfehlen die Verwendung einer geeigneten Elektronik (S. 11) von PI.

2.2 Allgemeine Sicherheitshinweise

Der P-88x.x5 ist nach dem Stand der Technik und den anerkannten sicherheitstechnischen Regeln gebaut. Bei unsachgemäßer Verwendung des P-88x.x5 können Benutzer gefährdet werden und/oder Schäden am P-88x.x5 entstehen.

- Benutzen Sie den P-88x.x5 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.x5 verantwortlich.

Im Piezoaktor P-88x.x5 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.x5 kann zu leichten Verletzungen durch Stromschlag führen.

- Berühren Sie die Anschlusslitzen nur, wenn der Piezoaktor entladen (S. 30) ist.
- Halten Sie den Piezoaktor kurzgeschlossen (S. 31), wenn er nicht an der Elektronik angeschlossen ist.
- Zerlegen Sie den Piezoaktor **nicht**.

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.

Mechanische Kräfte können den P-88x.x5 beschädigen.

- Vermeiden Sie Stöße, die auf den P-88x.x5 einwirken.
- Lassen Sie den P-88x.x5 **nicht** fallen.
- Vermeiden Sie Drehmomente und Querkräfte am P-88x.x5.
- Verwenden Sie bei der Installation keine metallischen Werkzeuge.
- Überschreiten Sie **nicht** die maximal zulässigen Belastungen gemäß den Spezifikationen (S. 39).
- Überschreiten Sie **nicht** die maximale Druck-/Zugbelastbarkeit (S. 41).

Wenn der Piezoaktor im Vakuum eingesetzt wird, muss auf entsprechende Sauberkeit geachtet werden. Bei PI werden alle Teile vor dem Zusammenbau gereinigt. Während der Montage und Kalibration wird mit puderfreien Handschuhen gearbeitet. Danach wird der Piezoaktor noch einmal per Wischreinigung gesäubert und in vakuumtaugliche Folie eingeschweißt.

- Tragen Sie beim Umgang mit dem Piezoaktor puderfreie Nitril- oder Latexhandschuhe.
- Wenn notwendig, säubern Sie den Piezoaktor per Wischreinigung nach dem Auspacken.

2.3 Organisatorische Maßnahmen

Benutzerhandbuch

- Halten Sie dieses Benutzerhandbuch ständig am P-88x.x5 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.x5 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.x5 nur, nachdem Sie dieses Benutzerhandbuch gelesen und verstanden haben.

Personalqualifikation

Nur autorisiertes und entsprechend qualifiziertes Personal darf den P-88x.x5 installieren, in Betrieb nehmen, bedienen, warten und reinigen.

3 Produktbeschreibung

In diesem Kapitel

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

3.1 Modellübersicht

Gekapselte PICMA® Stack Multilayer-Piezoaktoren mit Inertgasfüllung

Modell	Beschreibung
P-885.55	Gekapselter PICMA® Piezoaktor, 14 µm Stellweg, OD 11,2 mm × L 22,5 mm, Anschlusslitzen
P-885.95	Gekapselter PICMA® Piezoaktor, 30 µm Stellweg, OD 11,2 mm × L 40,5 mm, Anschlusslitzen
P-888.55	Gekapselter PICMA® Piezoaktor, 14 µm Stellweg, OD 18,6 mm × L 22,5 mm, Anschlusslitzen

3.2 Produktansicht

Die Abbildung ist exemplarisch und kann von Ihrem Modell abweichen.

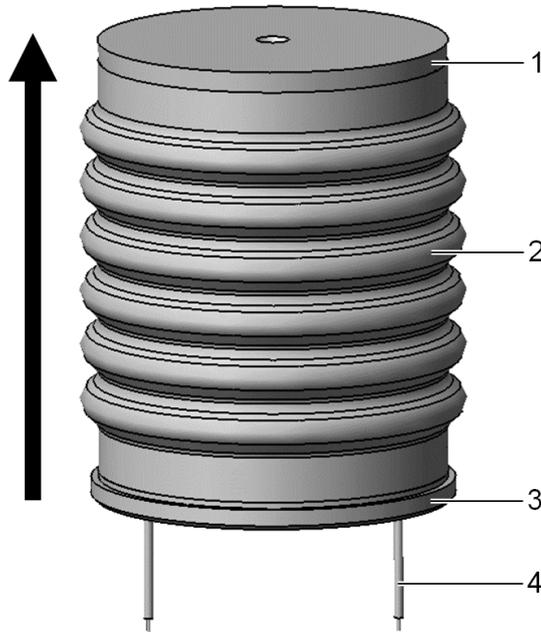


Abbildung 1: Exemplarische Produktansicht: P-88x.x5

- 1: Kopfstück aus Edelstahl
 - 2: Metallbalg
 - 3: Fußstück aus Edelstahl
 - 4: Anschlusslitze:
Rote Litze: Spannungsanschluss (+)
Schwarze Litze: Anschluss für Masse (-)
- Pfeil: Ausdehnungsrichtung des Piezoaktors beim Anlegen einer positiven Spannung.
Kopfstück (1), Metallbalg (2) und Fußstück (3) bilden zusammen das Gehäuse aus Edelstahl.

3.3 Produktbeschriftung

Jeder P-88x.x5 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-885.55	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.x5
PI	Herstellerlogo
1 Stueck	Menge
Country of origin: Germany	Herkunftsland
WWW.PICERAMIC.COM	Herstelleradresse (Website)

3.4 Lieferumfang

Produktnummer	Beschreibung
P-88x.x5	Piezoaktor gemäß Bestellung (S. 9)
PZ264EK	Kurzanleitung für PICMA® Multilayer-Piezoaktoren

3.5 Geeignete Elektronik

Für den Betrieb eines P-88x.x5 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. 37).
- Berechnen Sie vor der Auswahl einer Elektronik den Strombedarf der Anwendung (S. 29).

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 P-88x.x5 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. 37).

3.7 Technische Ausstattung

PICMA® Piezoaktoren

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.

Gekapselte PICMA® Stack Piezoaktoren

Gekapselte PICMA® Stack Aktoren sind von Inertgas umgeben und verfügen über ein Gehäuse aus Edelstahl. Sie können auch dann verwendet werden, wenn Öl, Spritzwasser oder dauerhaft hohe Luftfeuchtigkeit die Applikationsumgebung bestimmen.

4 Auspacken

INFORMATION

Wenn der Piezoaktor im Vakuum eingesetzt wird, muss auf entsprechende Sauberkeit geachtet werden. Bei PI werden alle Teile vor dem Zusammenbau gereinigt. Während der Montage und Kalibration wird mit puderfreien Handschuhen gearbeitet. Danach wird der Piezoaktor noch einmal per Wischreinigung gesäubert und in vakuumtaugliche Folie eingeschweißt.

- Tragen Sie beim Umgang mit dem Piezoaktor puderfreie Nitril- oder Latexhandschuhe.
- Wenn notwendig, säubern Sie den Piezoaktor per Wischreinigung nach dem Auspacken.

1. Packen Sie den P-88x.x5 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. 37).
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.....	15
P-88x.x5 befestigen.....	19
Last einleiten.....	20
P-88x.x5 an Elektronik anschließen	21

5.1 Allgemeine Hinweise zur Installation

VORSICHT



Gefährliche Spannung und Restladung auf Piezoaktoren!

Im Piezoaktor P-88x.x5 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.x5 kann zu leichten Verletzungen durch Stromschlag führen.

- Berühren Sie die Anschlusslitzen nur, wenn der Piezoaktor entladen (S. 30) ist.
- Halten Sie den Piezoaktor kurzgeschlossen (S. 31), wenn er nicht an der Elektronik angeschlossen ist.
- Zerlegen Sie den Piezoaktor **nicht**.

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, verdrillen Sie die Anschlusslitzen miteinander.
- 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. 30).

HINWEIS**Kurzschluss durch vollständiges Eintauchen in eine Flüssigkeit!**

Das vollständige Eintauchen des P-88x.x5 in eine Flüssigkeit kann zu einem Kurzschluss an den Anschlusslitzen führen. Ein Kurzschluss kann den P-88x.x5 sowie die daran angeschlossene Elektronik zerstören.

- Vermeiden Sie das Eintauchen der Anschlusslitzen in Flüssigkeiten. Wenn Ihre Anwendung das vollständige Eintauchen des P-88x.x5 in eine Flüssigkeit vorsieht, kontaktieren Sie unseren Kundendienst (S. 37).

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. 41).

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

Drehmomente, Querkräfte und zu hohe Lasten können den Piezoaktor zerstören.

- Überschreiten Sie **nicht** die maximale Druck-/Zugbelastbarkeit (S. 41).
- 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**Beschädigung des Piezoaktors durch seitliches Festklemmen!**

Seitliches Festklemmen des Gehäuses führt zur Verformung des Metallbalgs des Piezoaktors und beeinträchtigt dessen Bewegung. Der Piezoaktor kann durch seitliches Festklemmen des Gehäuses beschädigt werden.

- Klemmen Sie das Gehäuse des Piezoaktors seitlich **nicht** fest.

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

Unzulässige Kräfte an den Anschlusslitzen können den Piezoaktor beschädigen.

- Vermeiden Sie Zugbelastungen an den Anschlusslitzen des Piezoaktors.

HINWEIS**Erwärmung des P-88x.x5 während des Betriebs!**

Die während des Betriebs des P-88x.x5 abgegebene Wärme kann Ihre Anwendung beeinträchtigen.

- Installieren Sie den P-88x.x5 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. 37).

Vermeidung von Montagefehlern

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

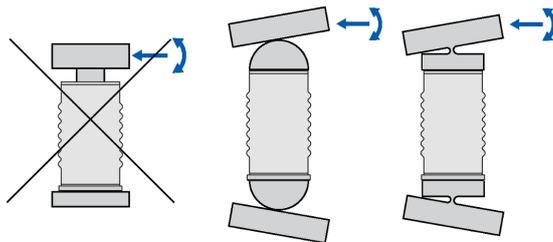


Abbildung 2: Vermeiden von Querkräften und Momenten

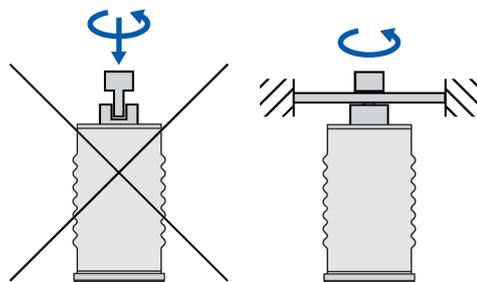


Abbildung 3: Vermeiden von Drehmomenten

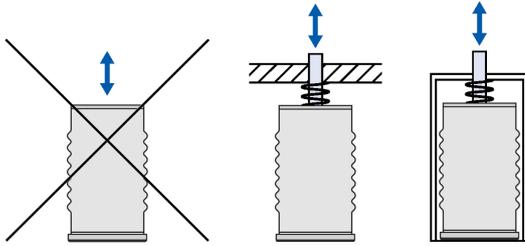


Abbildung 4: Vermeiden von Zugspannungen durch mechanische Vorspannung

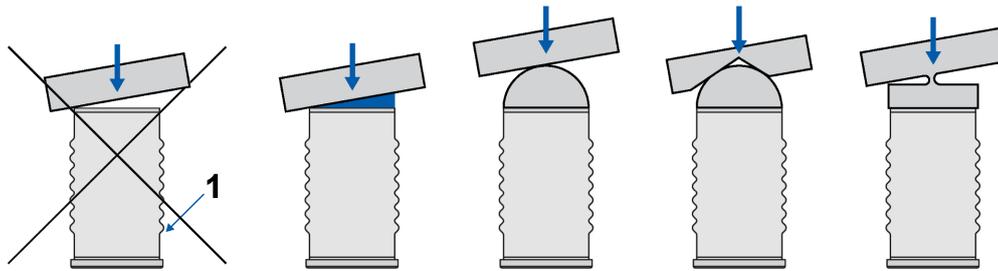


Abbildung 5: Vermeiden einer inhomogenen Lasteinleitung (1: Zugspannungen)

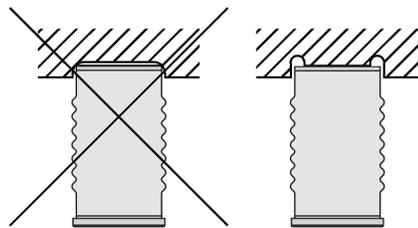


Abbildung 6: Vollflächiger Kontakt des Piezoaktors

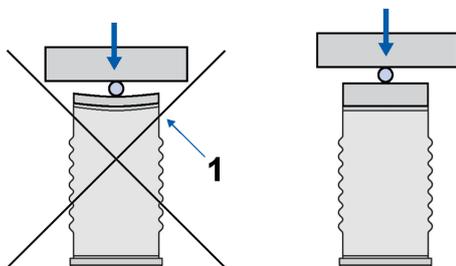


Abbildung 7: Richtiges Dimensionieren der Endstücke bei punktförmigem Kontakt (1: Zugspannungen)

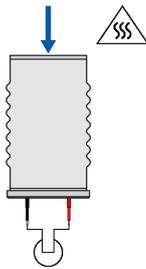


Abbildung 8: Mechanische oder thermische Belastungen laden den Piezoaktor elektrisch auf.
Montage nur in kurzgeschlossenem Zustand.

5.2 P-88x.x5 befestigen

P-88x.x5 Piezoaktoren werden auf Oberflächen aus Metall oder Keramik geklebt.

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 15).
- ✓ Der P-88x.x5 ist entladen (S. 30) und kurzgeschlossen (S. 31).
- ✓ Sie haben die Benutzerinformationen des Herstellers des Klebstoffs gelesen und verstanden.
- ✓ Die Oberfläche, auf die der Piezoaktor geklebt wird, verfügt über zwei Bohrungen ($\varnothing \geq 1,5$ mm) zur Durchführung der Anschlusslitzen des Piezoaktors. Den Abstand zwischen den Anschlusslitzen siehe "Abmessungen" (S. 42).

Werkzeug und Zubehör

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

P-88x.x5 befestigen

1. Kleben Sie den Piezoaktor auf die Oberfläche:
 - Tragen Sie eine möglichst dünne Klebeschicht auf, und führen Sie die Anschlusslitzen des Piezoaktors durch die Bohrungen in der Oberfläche hindurch, so dass die Litzen nicht zwischen Aktor und Oberfläche geraten.
 - Halten Sie bei der Aushärtung den für den Piezoaktor spezifizierten Betriebstemperaturbereich (S. 41) ein.
 - Beachten Sie die Temperaturexpansionskoeffizienten der beteiligten Materialien.
2. Drücken Sie den Piezoaktor an, bis der Klebstoff ausgehärtet ist.

5.3 Last einleiten

Die mechanische Ankopplung des P-88x.x5 an eine Last kann je nach Anwendung auf verschiedene Arten erfolgen:

- Einkleben des Piezoaktors (S. 19) 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.x5 an eine Last finden Sie im Abschnitt "Allgemeine Hinweise zur Installation" (S. 17).

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 15).
- ✓ Der P-88x.x5 ist entladen (S. 30) und kurzgeschlossen (S. 31).

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.

5.4 P-88x.x5 an Elektronik anschließen

Der Piezoaktor P-88x.x5 wird je nach Elektronik an eine LEMO-Buchse, eine Klemme oder an Lötstifte angeschlossen.

Dieser Abschnitt beschreibt, wie der Piezoaktor P-88x.x5 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. 37).
- 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

Der P-88x.x5 verfügt über farblich gekennzeichnete Litzen:

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

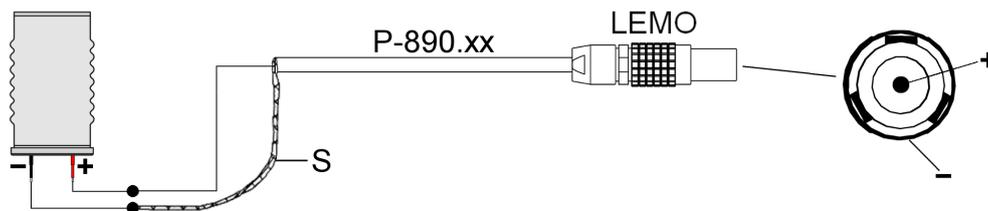


Abbildung 9: Anschluss des Piezoaktors P-88x.x5 an Koaxialkabel P-890.xx

+	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. 15).
- ✓ Sie haben das Benutzerhandbuch der verwendeten Elektronik gelesen und verstanden.
- ✓ Wenn der P-88x.x5 nicht kurzgeschlossen ist: Der P-88x.x5 ist entladen (S. 30).
- ✓ Die Elektronik ist **ausgeschaltet**.
- ✓ Die Elektronik verfügt über eine geeignete LEMO-Buchse für den Anschlussstecker des Koaxialkabels P-890.xx.

Werkzeug und Zubehör

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

P-88x.x5 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.x5 zugänglich:
 - Wenn die Anschlusslitzen des P-88x.x5 kurzgeschlossen sind, trennen Sie die Verbindung zwischen den Anschlusslitzen.
 - Entfernen Sie alle sonstigen Hilfsmittel und Bauteile, die zum Kurzschließen oder Entladen am P-88x.x5 angeschlossen sind (z. B. Entladewiderstand).
3. Löten Sie die rote Anschlusslitze des P-88x.x5 an die mit dem Innenkontakt des LEMO-Steckers verbundene Ader des Koaxialkabels an.
4. Löten Sie die schwarze Anschlusslitze des P-88x.x5 an den Kabelschirm des Koaxialkabels an.
5. Isolieren Sie die gelöteten Kabelverbindungen auf geeignete Weise.
6. Verbinden Sie den Anschlussstecker des P-88x.x5 mit dem entsprechenden Anschluss der Elektronik.

6 Inbetriebnahme und Betrieb

In diesem Kapitel

Allgemeine Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb	23
Betriebsparameter ermitteln	26
P-88x.x5 betreiben	29
P-88x.x5 entladen	30
P-88x.x5 kurzschließen	31

6.1 Allgemeine Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb

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.

HINWEIS



Zerstörung des Piezoaktors durch zu hohe Betriebsfrequenz!

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

- Wenn Ihre Anwendung den dynamischen Betrieb vorsieht, wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 37).
- Wählen Sie die Betriebsfrequenz so, dass die folgenden Bedingungen erfüllt sind:
 - Die Betriebsfrequenz des Piezoaktors beträgt maximal ein Drittel der Resonanzfrequenz.
 - Die maximale Druck-/Zugbelastbarkeit (S. 41) des Piezoaktors wird nicht überschritten.
 - Die maximal zulässige Betriebstemperatur des Piezoaktors wird nicht überschritten. Einzelheiten siehe "Übersicht begrenzender Faktoren" (S. 26).
- 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. 37).

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. 30).
- Schalten Sie vor dem Wiederanschießen des Piezoaktors die Elektronik aus.

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

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

- Wenn der P-88x.x5 nicht benutzt wird, die Elektronik aber zur Gewährleistung der Temperaturstabilität eingeschaltet bleibt, entladen Sie den P-88x.x5 (S. 30).
- Wenn möglich: Begrenzen Sie im Dauerbetrieb die maximale Betriebsspannung.
- Verringern Sie Offsetspannungen auf das Minimum.

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

Zu hohe oder falsch angeschlossene Betriebsspannung kann Schäden am P-88x.x5 verursachen.

- Überschreiten Sie **nicht** den Betriebsspannungsbereich (S. 40), für den der P-88x.x5 spezifiziert ist.
- Betreiben Sie den P-88x.x5 nur, wenn die Betriebsspannung ordnungsgemäß angeschlossen ist; siehe "P-88x.x5 an Elektronik anschließen" (S. 21).
- Falls Sie die Betriebsspannung versehentlich mit falscher Polarität angelegt haben, wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 37).

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. Durch die Inertgasfüllung des Piezoaktors ist die Wärmeabfuhr nach außen reduziert. Die entstandene Wärme kann den Piezoaktor insbesondere im dynamischen Betrieb überhitzen und zerstören. Die maximale Betriebstemperatur kann im Innern des Piezoaktors bereits überschritten sein, wenn die außen gemessene Temperatur noch im zulässigen Bereich liegt.

- Wenn Ihre Anwendung den dynamischen Betrieb vorsieht, wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 37).
- Passen Sie Betriebsspannung, Betriebsfrequenz und/oder Betriebsdauer so an, dass die maximale Betriebstemperatur des Piezoaktors nicht überschritten wird, siehe "Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen" (S. 41), "Bemessungsdaten" (S. 40) und "Betriebsparameter ermitteln" (S. 26).
- Kühlen Sie den Piezoaktor. Flüssigkeitskühlung ist nur unter bestimmten Voraussetzungen möglich. Wenn Flüssigkeitskühlung angewendet werden soll, wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 37).

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.x5 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.x5 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.x5.

INFORMATION

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

6.2 Betriebsparameter ermitteln

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. 39) 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. 27).

Maximale Druck-/Zugbelastbarkeit (S. 41):

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. 28).

Maximal zulässige Betriebstemperatur des Piezoaktors (S. 41):

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. 40).

Das Überhitzen des Piezoaktors kann durch folgende Maßnahmen vermieden werden:

- Kühlung: Bei Einsatz von Kühlungsmaßnahmen erhöhen sich die Grenzwerte für Betriebsfrequenz, Betriebsspannung und Betriebsdauer.
- Dynamischer Betrieb nur mit niedriger Frequenz: Die maximale Betriebstemperatur im Innern des Piezoaktors kann bereits überschritten sein, wenn die außen gemessene Temperatur noch im zulässigen Bereich liegt.

Spitzen- und Dauerausgangsstrom der verwendeten Elektronik (S. 11):

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. 29).
- Der Ausgangsstrom der Elektronik überschreitet nicht die maximale Leistungsaufnahme des Piezoaktors. Siehe "Bemessungsdaten" (S. 40).
- Das Ansteuersignal der Elektronik hat keine steilen Flanken. Siehe "Allgemeine Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb" (S. 23).

6.2.2 Effektive Masse berechnen

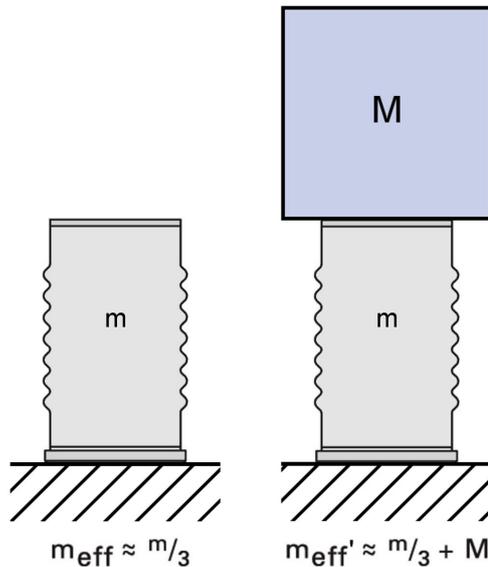


Abbildung 10: Berechnung der effektiven Masse eines einseitig eingespannten P-88x.x5 ohne Last (links) und mit zusätzlicher Last (rechts).

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. 40).

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. 39) 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. 27).

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. 27)

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. 26).
C	Kapazität des Piezoaktors [F (= As/V)]	Siehe "Datentabelle" (S. 39) für die Kleinsignalkapazität des Piezoaktors. Für Großsignalbedingungen sollte ein Sicherheitsfaktor von 70 % zur Kleinsignalkapazität addiert werden.
U_{p-p}	Betriebsspannung (Spitze-Spitze) [V]	Spannungsdifferenz zwischen positiver und negativer Spitzenspannung

6.3 P-88x.x5 betreiben

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb gelesen und verstanden (S. 23).
- ✓ Sie haben die Betriebsparameter für Ihre Anwendung ermittelt (S. 26).
- ✓ Sie haben den P-88x.x5 korrekt installiert (S. 15) und an die Elektronik angeschlossen (S. 21).
- ✓ Sie haben eine geeignete Elektronik bereitgestellt, die die benötigten Ströme liefern kann (S. 29).
- ✓ Sie haben das Benutzerhandbuch der verwendeten Elektronik gelesen und verstanden.

P-88x.x5 betreiben

- Folgen Sie für die Inbetriebnahme und den Betrieb des P-88x.x5 den Anweisungen im Handbuch der verwendeten Elektronik (S. 2).

6.4 P-88x.x5 entladen

Der P-88x.x5 muss in folgenden Fällen entladen werden:

- Wenn der P-88x.x5 nicht benutzt wird, die Elektronik aber zur Gewährleistung der Temperaturstabilität eingeschaltet bleibt
- Wenn sich der P-88x.x5 durch thermische oder mechanische Belastung versehentlich aufgeladen hat
- Wenn das Anschlusskabel des P-88x.x5 während des Betriebs versehentlich von der Elektronik abgezogen wird

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 15).
- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb gelesen und verstanden (S. 23).

Werkzeug und Zubehör

Wenn der P-88x.x5 nicht an der Elektronik angeschlossen ist:

- Nur für P-88x.x5 **ohne** Anschlussstecker (Auslieferungszustand):
 - Entladewiderstand von 10 k Ω (nicht im Lieferumfang), dessen berührbare Teile für den Betriebsspannungsbereich (S. 40) des Aktors ausreichend isoliert sind
- Nur für P-88x.x5 **mit** Anschlussstecker (S. 21):
 - Elektronik (S. 11) von PI oder geeigneter Kurzschlussstecker (auf Anfrage erhältlich)

An der Elektronik angeschlossenen P-88x.x5 entladen

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

P-88x.x5 entladen, der nicht an der Elektronik angeschlossen ist

Wenn der P-88x.x5 **nicht** über einen Anschlussstecker verfügt:

1. Sorgen Sie für einen ausreichenden Schutz gegen das Berühren spannungsführender Teile.
2. Schließen Sie die Anschlusslitzen des P-88x.x5 mindestens für einige Sekunden mit einem **Entladewiderstand von 10 k Ω** kurz.

Wenn der P-88x.x5 über einen Anschlussstecker (S. 21) verfügt:

- Schließen Sie den Spannungsanschluss des P-88x.x5 mindestens für einige Sekunden an die ausgeschaltete Elektronik von PI an, die über einen internen Entladewiderstand verfügt.
- Alternativ: Schließen Sie an den Spannungsanschluss des P-88x.x5 mindestens für einige Sekunden einen geeigneten Kurzschlussstecker mit eingebautem Entladewiderstand an.

6.5 P-88x.x5 kurzschließen

Der P-88x.x5 muss vor der Demontage (z. B. vor Reinigung und Transport des P-88x.x5) sowie bei Umbauten entladen (S. 30) und kurzgeschlossen werden.

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 15).
- ✓ Sie haben den P-88x.x5 entladen (S. 30) und von der Elektronik getrennt.

Werkzeug und Zubehör

- Nur für P-88x.x5 **ohne** Anschlussstecker (Auslieferungszustand):
 - Geeignete Kurzschlussklemme (auf Anfrage erhältlich)
- Nur für P-88x.x5 **mit** Anschlussstecker (S. 21):
 - Geeigneter Kurzschlussstecker (auf Anfrage erhältlich)

P-88x.x5 kurzschließen

Wenn der P-88x.x5 **nicht** über einen Anschlussstecker verfügt:

- Schließen Sie die Anschlusslitzen des **entladenen** P-88x.x5 durch Anschluss einer geeigneten Kurzschlussklemme oder Verdrillen der Anschlusslitzen kurz.

Wenn der P-88x.x5 über einen Anschlussstecker (S. 21) verfügt:

- Schließen Sie an den Spannungsanschluss des P-88x.x5 einen geeigneten Kurzschlussstecker mit eingebautem Entladewiderstand an.

7 Wartung

In diesem Kapitel

Allgemeine Hinweise zur Wartung	33
P-88x.x5 reinigen	33

7.1 Allgemeine Hinweise zur Wartung

Der P-88x.x5 ist wartungsfrei.

7.2 P-88x.x5 reinigen

Voraussetzungen

- ✓ Der P-88x.x5 ist entladen (S. 30) und kurzgeschlossen (S. 31).
- ✓ Der P-88x.x5 ist von der Elektronik getrennt.

P-88x.x5 reinigen

- Bei Einsatz im Vakuum: Berühren Sie den Piezoaktor nur mit puderfreien Nitril- oder Latexhandschuhen.
- Reinigen Sie den Piezoaktor je nach Anwendung wie folgt:
 - a) Reinigung mit fusselfreiem Tuch (nur bei Einsatz außerhalb des Vakuums):
 - Reinigen Sie die Oberflächen des P-88x.x5 mit einem fusselfreien Tuch, das leicht mit einem milden Lösungsmittel (z. B. Isopropanol) angefeuchtet wurde.
 - b) 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.x5 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. 41).
	Piezoaktor ist wegen Überhitzung oder Verpolung depolarisiert	➤ Wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 37).
Piezoaktor bewegt sich bei steigender Spannung entgegen der angegebenen Richtung	Verpolung des Piezoaktors	➤ Wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 37).

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. 37).

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.....	39
Abmessungen.....	42

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

	P-885.55	P-885.95	P-888.55	Einheit
Abmessungen OD × L	11,2 mm × 22,5 mm	11,2 mm × 40,5 mm	18,6 mm × 22,5 mm	
Nominalstellweg	14	30	14	µm
Maximaler Stellweg	17	36	17	µm
Blockierkraft	850	900	3400	N
Steifigkeit	50	25	200	N/µm
Kapazität	1,5	3,1	6,0	µF
Resonanzfrequenz	60	35	60	kHz
Masse	6,5	11,6	20,0	g
Empfohlene Elektronik	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: Bei 0 bis 100 V, Toleranz ±10 %.

Maximaler Stellweg: Bei 0 bis 120 V, Toleranz ±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: PTFE-isolierte Anschlusslitzen, UHV-kompatibel, 100 mm, AWG 30, Ø 0,61 mm.

Betriebsspannungsbereich: -20 bis 120 V.

Betriebstemperaturbereich: -40 bis 150 °C.

Der Betriebstemperaturbereich gilt **nicht** für den dynamischen Betrieb. Wenn Ihre Anwendung den dynamischen Betrieb vorsieht, kontaktieren Sie unseren Kundendienst (S. 37).

10.1.2 Bemessungsdaten

P-88x.x5 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 **140 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 **140 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	
P-885.55	-20 V bis 120 V	5 kHz	200 Hz	5 W
P-885.95	-20 V bis 120 V	5 kHz	200 Hz	10 W
P-888.55	-20 V bis 120 V	5 kHz	200 Hz	22 W

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.

Zugbelastungen können den Piezoaktor beschädigen und sind zu vermeiden. Zur Reduzierung von Zugbelastungen während des Betriebs wird empfohlen, die Aktoren mechanisch vorzuspannen. Die Vorspannung sollte nur so hoch wie notwendig gewählt werden.

Druck-/Zugbelastbarkeit und Vorspannung des P-88x.x5

Art der mechanischen Spannung	P-88x.x5*
Maximale Druckbelastbarkeit	10 MPa
Maximale Zugbelastbarkeit ohne Vorspannung	Keine
Empfohlene Vorspannung für den dynamischen Betrieb**	5 MPa
Maximale Vorspannung für konstante Kraftausübung	10 MPa

* 1 MPa entspricht einem Druck von 1 N pro Quadratmillimeter Grundfläche des Piezoaktors (siehe "Abmessungen" (S. 42)).

** Wenn Ihre Anwendung den dynamischen Betrieb vorsieht, wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 37).

10.1.4 Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen

Folgende Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen sind für den P-88x.x5 zu beachten:

Einsatzbereich	Nur zur Verwendung in Innenräumen
Luftdruck	10 ⁻⁹ hPa bis 1500 hPa
Relative Luftfeuchte	0 bis 100 %
Betriebstemperatur	-40 °C bis 150 °C Die Betriebstemperatur gilt nicht für den dynamischen Betrieb. ➤ Wenn Ihre Anwendung den dynamischen Betrieb vorsieht, kontaktieren Sie unseren Kundendienst (S. 37).
Lagertemperatur	-40 °C bis 80 °C
Transporttemperatur	-40 °C bis 80 °C
Maximale Ausheiztemperatur (bei Einsatz im Vakuum)	150 °C
Überspannungskategorie	II
Verschmutzungsgrad	1

Der P-88x.x5 ist für den Einbau in Geräte vorgesehen, die folgende Klassifizierungen erfüllen:

Schutzklasse	I
Schutzart gemäß IEC 60529	IP20

10.2 Abmessungen

Abmessungen in mm

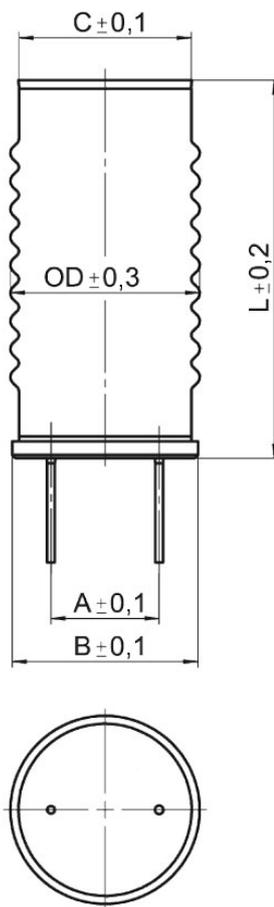


Abbildung 11: P-88x.x5: Abmessungen

	A	B	C	OD	L
P-885.55	6,4 mm	11 mm	10,25 mm	11,2 mm	22,5 mm
P-885.95	6,4 mm	11 mm	10,25 mm	11,2 mm	40,5 mm
P-888.55	12 mm	17,5 mm	16,85 mm	18,6 mm	22,5 mm

11 Altgerät entsorgen

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

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

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

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

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



12 EU-Konformitätserklärung

Für den P-88x.x5 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.

