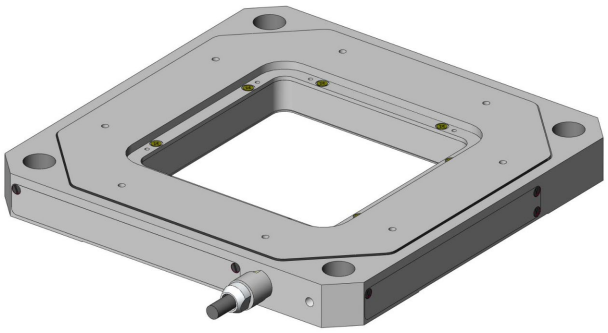
PZ244D

P-54x-Nanopositionierer

Benutzerhandbuch

Version: 1.2.0 Datum: 27.07.2020



Dieses Dokument beschreibt die folgenden Produkte:

- **P-541.2 / P-542.2**
  XY-Nanopositioniersystem mit großer Apertur
  P-541.2xx, 100 µm × 100 µm
  P-542.2xx, 200 µm × 200 µm
  P-541.2DD, 45 µm × 45 µm, Direktantrieb

- **P-541.Z**
  Nanopositionier-Hubtisch mit großer Apertur
  P-541.ZCD, 100 µm, direkte Positionsmessung
  P-541.ZSL, 100 µm
  P-541.Z0L, 150 µm

- **P-541.T**
  Nanopositionier-Hub- und Kipptisch mit großer Apertur
  P-541.TCD, 100 µm / 0,8 mrad, Parallelmetrologie
  P-541.TSL, 100 µm / 0,8 mrad
  P-541.T0L, 150 µm / 1,2 mrad

Modellspezifische Eigenschaften:

Integrierter Sensor:
Kapazitive Sensoren: 2CD, 2CL, 2DD, ZCD, TCD
DMS-Sensoren: 2SL, ZSL, TSL
Ohne Sensor: 20L, Z0L, T0L

Sensor- / Spannungsanschluss:
D-Sub 25W3 (m): 2CD, 2DD, TCD
D-Sub 7W2 (m): ZCD
LEMO: 2CL, 2SL, 20L, ZSL, Z0L, TSL, T0L

Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG, Auf der Römerstr. 1, 76228 Karlsruhe, Deutschland
Tel. +49 721 4846-0, Fax +49 721 4846-1019, E-Mail info@pi.de, www.pi.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

© 2020 Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Deutschland. Die Texte, Bilder und Zeichnungen dieses Handbuchs sind urheberrechtlich geschützt. Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG behält insoweit sämtliche Rechte vor. Die Verwendung dieser Texte, Bilder und Zeichnungen ist nur auszugsweise und nur unter Angabe der Quelle erlaubt.

Originalbetriebsanleitung
Erstdruck: 27.07.2020
Dokumentnummer: PZ244D, CBo, Version 1.2.0

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 Symbole und Kennzeichnungen ... 1
1.3 Begriffserklärung ... 2
1.4 Abbildungen ... 2
1.5 Mitgeltende Dokumente ... 3
1.6 Handbücher herunterladen ... 3

2 Sicherheit 5

2.1 Bestimmungsgemäße Verwendung ... 5
2.2 Allgemeine Sicherheitshinweise ... 5
2.3 Organisatorische Maßnahmen ... 7

3 Produktbeschreibung 9

3.1 Modellübersicht ... 9
3.2 Produktansicht ... 10
3.3 Produktbeschriftung ... 11
3.4 Lieferumfang ... 11
3.5 Geeignete Elektronik ... 12
3.6 Optionales Zubehör ... 12
3.7 Technische Ausstattung ... 13
3.7.1 PICMA® Piezoaktoren ... 13
3.7.2 Festkörpergelenksführungen ... 13
3.7.3 Positionssensoren ... 13
3.7.4 ID-Chip (nur Modelle mit D-Sub-Stecker) ... 14

4 Auspacken 15

5 Installation 17

5.1 Allgemeine Hinweise zur Installation ... 17
5.2 P-54x an Schutzleiter anschließen ... 18
5.3 P-54x befestigen ... 20
5.4 Last befestigen ... 21
5.5 P-54x an Elektronik anschließen ... 24

6 Inbetriebnahme und Betrieb 25

6.1 Allgemeine Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb ... 25
6.2 P-54x betreiben (alle Modelle außer P-541.T0L) ... 27

6.3 P-541.T0L betreiben 27
6.4 P-54x entladen 28

7 Wartung 29

7.1 Allgemeine Hinweise zur Wartung 29
7.2 P-54x reinigen 29

8 Störungsbehebung 31

9 Kundendienst 33

10 Technische Daten 35

10.1 Spezifikationen 35
10.1.1 Datentabelle 35
10.1.2 Bemessungsdaten 38
10.1.3 Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen 39
10.2 Abmessungen 40
10.3 Drehmoment für Edelstahlschrauben (A2-70) 42
10.4 Pinbelegung 42

11 Altgerät entsorgen 47

1 Über dieses Dokument

In diesem Kapitel

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

1.1 Ziel und Zielgruppe dieses Benutzerhandbuchs

Dieses Benutzerhandbuch enthält die erforderlichen Informationen für die bestimmungsgemäße Verwendung des P-54x ("x" steht für die verschiedenen Modelle (S. 9)).

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

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

1.2 Symbole und Kennzeichnungen

In diesem Benutzerhandbuch werden folgende Symbole und Kennzeichnungen verwendet:

VORSICHT

Gefährliche Situation
Bei Nichtbeachtung drohen leichte Verletzungen.

➢ Maßnahmen, um die Gefahr zu vermeiden.

HINWEIS

Gefährliche Situation
Bei Nichtbeachtung drohen Sachschäden.

➢ Maßnahmen, um die Gefahr zu vermeiden.

INFORMATION

Informationen zur leichteren Handhabung, Tricks, Tipps, etc.

Symbol/ Kennzeichnung	Bedeutung
1. 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)
	Auf dem Produkt angebrachte Warnzeichen, die auf ausführliche Informationen in diesem Handbuch verweisen.

1.3 Begriffserklärung

Begriff	Erklärung
Positionierer	Elektrisch angetriebene Mechanik (hier: P-54x) mit einer oder mehreren Bewegungsachsen
Elektronik	Piezoverstärker oder Piezocontroller, der die Betriebsspannung für Positionierer oder Piezoaktoren liefert
Piezoverstärker	Elektronik ohne Sensorauswertung für ungeregelten Betrieb von Positionierern und Piezoaktoren
Piezocontroller	Elektronik mit Sensorauswertung für geregelten Betrieb von Positionierern und Piezoaktoren

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.

Produkt	Dokument
E-503 Piezoverstärkermodul	PZ62E User Manual
E-505 Piezoverstärkermodul	
E-610 Piezoverstärker / Servocontroller (OEM-Modul)	PZ70E User Manual PZ72E User Manual
E-621 Piezoverstärker / Servocontroller-Modul	PZ160E User Manual
E-625 Piezoservocontroller (Tischgerät)	PZ166D Benutzerhandbuch
E-663 Piezoverstärker	PZ69 User Manual
E-712 Digitaler Piezocontroller (modulares System)	PZ195E User Manual
E-727.x • E-727.xAP Digitaler Mehrkanal-Piezocontroller	E727T0005 User Manual
E-727.xF Digitaler Mehrkanal-Piezocontroller	
E-754 Digitaler Piezocontroller	E754T0001 User Manual
PIMikroMove®	SM148E Software Manual
P-5xx / P-6xx / P-7xx Piezopositioniersysteme	PZ240EK Kurzanleitung

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

1.6 Handbücher herunterladen

INFORMATION

Wenn ein Handbuch fehlt oder Probleme beim Herunterladen auftreten:

➢ Wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 33).

Handbücher herunterladen

1. Öffnen Sie die Website **www.pi.de**.
2. Suchen Sie auf der Website nach der Produktnummer (z. B. P-541) oder der Produktfamilie (z. B. Nanopositionierer).
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-54x ist ein Laborgerät im Sinne der DIN EN 61010-1. Er ist für die Verwendung in Innenräumen und in einer Umgebung vorgesehen, die frei von Schmutz, Öl und Schmiermitteln ist.

Entsprechend seiner Bauart ist der P-54x für die Feinpositionierung sowie schnelle und präzise Bewegung von kleineren Objekten vorgesehen. Die Spezifikationen des P-54x gelten für die horizontale Montage. Die Bewegung erfolgt je nach Ausführung wie folgt:

Modell	Bewegung	Achse
.2xx	in zwei Achsen horizontal	X, Y
.Zxx	in einer Achse vertikal	Z
.Txx	in einer Achse vertikal und in zwei Achsen rotatorisch	Z, θ_X, θ_Y

Die bestimmungsgemäße Verwendung des P-54x ist nur in Verbindung mit geeigneter Elektronik (S. 12) möglich, die von PI angeboten wird. Die Elektronik ist nicht im Lieferumfang des P-54x enthalten.

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

2.2 Allgemeine Sicherheitshinweise

Der P-54x ist nach dem Stand der Technik und den anerkannten sicherheitstechnischen Regeln gebaut. Bei unsachgemäßer Verwendung des P-54x können Benutzer gefährdet werden und/oder Schäden am P-54x entstehen.

- Benutzen Sie den P-54x 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-54x verantwortlich.

Der P-54x wird von Piezoaktoren angetrieben. Durch Temperaturschwankungen und Druckbelastungen können Ladungen in Piezoaktoren entstehen. Nach dem Trennen von der Elektronik können Piezoaktoren für einige Stunden aufgeladen bleiben. Das Berühren oder Kurzschließen der Kontakte im Anschlussstecker des P-54x kann zu leichten Verletzungen durch Stromschlag führen. Die Piezoaktoren können durch eine abrupte Kontraktion zerstört werden.

- Öffnen Sie den P-54x **nicht**.
- Entladen Sie vor der Installation die Piezoaktoren des Positionierers:
  Schließen Sie den Positionierer an die ausgeschaltete Elektronik von PI an, die mit einem internen Entladewiderstand ausgestattet ist.
- Ziehen Sie den Anschlussstecker **nicht** während des Betriebs von der Elektronik ab.

Bei Positionierern mit D-Sub-Stecker:

Das Berühren der Kontakte im Anschlussstecker kann zu einem elektrischen Schlag (max. 130 V DC) und zu leichten Verletzungen führen.

- Berühren Sie **nicht** die Kontakte im Anschlussstecker.
- Sichern Sie den Anschlussstecker des Positionierers mit Schrauben gegen das Abziehen von der Elektronik.

Bei fehlendem oder nicht ordnungsgemäß angeschlossenem Schutzleiter können im Falle eines Fehlers oder Defekts gefährliche Berührungsspannungen am P-54x entstehen. Wenn Berührungsspannungen vorhanden sind, kann das Berühren des P-54x zu leichten Verletzungen durch Stromschlag führen.

- Schließen Sie den P-54x vor Inbetriebnahme an einen Schutzleiter an (S. 18).
- Entfernen Sie den Schutzleiter **nicht** während des Betriebs.
- Wenn der Schutzleiter vorübergehend entfernt werden muss (z. B. bei Umbauten), schließen Sie den P-54x vor erneuter Inbetriebnahme wieder an den Schutzleiter an.

Mechanische Kräfte können den P-54x beschädigen oder dejustieren.

- Vermeiden Sie Stöße, die auf den P-54x einwirken.
- Lassen Sie den P-54x **nicht** fallen.
- Überschreiten Sie **nicht** die maximal zulässigen Belastungen gemäß den Spezifikationen (S. 35).
- Berühren Sie bei der Handhabung des P-54x keine empfindlichen Teile (z. B. Bewegungsplattform).

Der P-54x ist wartungsfrei und erreicht seine Positioniergenauigkeit durch die optimierte Abstimmung von mechanischen Komponenten und Piezoaktoren. Gelöste Schrauben führen zum Verlust der Positioniergenauigkeit.

- Lösen Sie Schrauben nur, wenn Sie durch eine Anweisung in diesem Handbuch dazu aufgefordert werden.
- Öffnen Sie den P-54x **nicht**.

2.3 Organisatorische Maßnahmen

Benutzerhandbuch

- Halten Sie dieses Benutzerhandbuch ständig am P-54x 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-54x 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-54x nur, nachdem Sie dieses Benutzerhandbuch gelesen und verstanden haben.

Personalqualifikation

Nur autorisiertes und entsprechend qualifiziertes Personal darf den P-54x installieren, in Betrieb nehmen, bedienen, warten und reinigen.

3 Produktbeschreibung

In diesem Kapitel

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

3.1 Modellübersicht

Folgende Standardversionen des P-54x sind erhältlich:

XY-Nanopositioniersystem mit großer Apertur

Modell	Beschreibung
P-541.2CD	XY-Nanopositioniersystem mit großer Apertur, 100 µm × 100 µm, Parallelkinematik, kapazitive Sensoren, D-Sub-Stecker
P-541.2CL	XY-Nanopositioniersystem mit großer Apertur, 100 µm × 100 µm, Parallelkinematik, kapazitive Sensoren, LEMO-Stecker
P-541.2SL	XY-Nanopositioniersystem mit großer Apertur, 100 µm × 100 µm, DMS-Sensoren, LEMO-Stecker
P-541.20L	XY-Nanopositioniersystem mit großer Apertur, 100 µm × 100 µm, ohne Sensoren, LEMO-Stecker
P-541.2DD	XY-Nanopositioniersystem mit großer Apertur, hochdynamischer Direktantrieb, 45 µm × 45 µm, Parallelkinematik, kapazitive Sensoren, D-Sub-Stecker
P-542.2CD	XY-Nanopositioniersystem mit großer Apertur, 200 µm × 200 µm, Parallelkinematik, kapazitive Sensoren, D-Sub-Stecker
P-542.2CL	XY-Nanopositioniersystem mit großer Apertur, 200 µm × 200 µm, Parallelkinematik, kapazitive Sensoren, LEMO-Stecker
P-542.2SL	XY-Nanopositioniersystem mit großer Apertur, 200 µm × 200 µm, DMS-Sensoren, LEMO-Stecker
P-542.20L	XY-Nanopositioniersystem mit großer Apertur, 200 µm × 200 µm, ohne Sensoren, LEMO-Stecker

Nanopositionier-Hubtisch mit großer Apertur

Modell	Beschreibung
P-541.ZCD	Nanopositionier-Hubtisch mit großer Apertur, 100 µm, direkte Positionsmessung, kapazitive Sensoren
P-541.ZSL	Nanopositionier-Hubtisch mit großer Apertur, 100 µm, DMS-Sensoren
P-541.Z0L	Nanopositionier-Hubtisch mit großer Apertur, 150 µm, ohne Sensor

Nanopositionier-Hub- und Kipptisch mit großer Apertur

Modell	Beschreibung
P-541.TCD	Nanopositionier-Hub- und Kipptisch mit großer Apertur, 100 µm / 0,8 mrad, Parallelmetrologie, kapazitive Sensoren
P-541.TSL	Nanopositionier-Hub- und Kipptisch mit großer Apertur, 100 µm / 0,8 mrad, DMS-Sensoren
P-541.T0L	Nanopositionier-Hub- und Kipptisch mit großer Apertur, 150 µm / 1,2 mrad, ohne Sensor

3.2 Produktansicht

Die Abbildung ist exemplarisch und kann von Ihrem Positionierermodell abweichen.

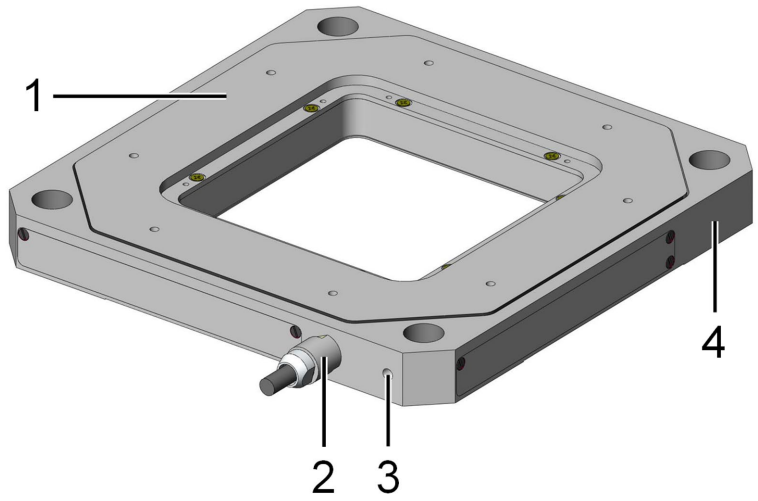


Abbildung 1: Exemplarische Produktansicht

1 Bewegungsplattform
2 Kabelabgang
3 Schutzleiteranschluss
4 Grundkörper

3.3 Produktbeschriftung

Beschriftung	Beschreibung
P-541.2SL	Produktnummer (Beispiel), die Stellen nach dem Punkt kennzeichnen das Modell
123456789	Seriennummer (Beispiel), individuell für jeden P-54x Bedeutung der Stellen (Zählung von links): 1 = interne Information 2 und 3 = Herstellungsjahr 4 bis 9 = fortlaufende Nummer
PI	Herstellerlogo
⚠	Warnzeichen "Handbuch beachten!"
	Altgeräteentsorgung (S. 47)
Country of origin: Germany	Herkunftsland
WWW.PI.WS	Herstelleradresse (Website)
CE	Konformitätszeichen CE
⏚	Schutzleitersymbol, kennzeichnet den Schutzleiteranschluss des P-54x (S. 18)
X	Positive Bewegungsrichtung der X-Achse (nur Modelle P-54x.2xx)
Y	Positive Bewegungsrichtung der Y-Achse (nur Modelle P-54x.2xx)

Abbildung 2: Warnzeichen "Restspannung" auf Anschlussstecker des P-54x

Warnzeichen "Restspannung": Hinweis auf Stromschlaggefahr (S. *5*) bei Modellen mit D-Sub-Stecker

3.4 Lieferumfang

Produktnummer	Beschreibung
P-54x	Positionierer gemäß Bestellung (S. 9)
000036450	Schraubensatz M4 Schutzerde, bestehend aus: ▪ 1 Flachkopfschraube mit Kreuzschlitz M4x8, ISO 7045 ▪ 2 Sicherungsscheiben ▪ 2 Unterlegscheiben
PZ240EK	Kurzanleitung für Piezopositioniersysteme

3.5 Geeignete Elektronik

Für den Betrieb eines P-54x benötigen Sie eine geeignete Elektronik. Die Auswahl des Geräts hängt von der Anwendung und den verfügbaren Anschlüssen ab.

Elektronik	Anschluss*	Kanäle**
E-505 Piezoverstärkermodul	LEMO	1
E-610 Piezoverstärker / Servocontroller (OEM-Modul)	LEMO	1
E-503 Piezoverstärkermodul	LEMO	3
E-663 Piezoverstärker***	LEMO	3
E-621 Piezoverstärker / Servocontroller-Modul	D-Sub 7W2	1
E-625 Piezoservocontroller (Tischgerät)	D-Sub 7W2	1
E-754 Digitaler Piezocontroller	D-Sub 7W2	1
E-727.x • E-727.xAP Digitaler Mehrkanal-Piezocontroller	D-Sub 25W3	3
E-727.xF Digitaler Mehrkanal-Piezocontroller	D-Sub 25W3	3
E-712 Digitaler Piezocontroller (modulares System)	D-Sub 25W3	3/6

* In einigen Fällen sind zum Anschließen Adapterkabel (S. 12) erforderlich.
** Bei Verwendung einkanaliger Elektroniken ist pro Bewegungsachse eine Elektronik erforderlich.
*** Nur für P-541.T0L

3.6 Optionales Zubehör

Adapterkabel LEMO (Mechanik) auf D-Sub (Elektronik)

Produktnummer	Beschreibung
P-895.1LDC	Adapterkabel LEMO auf D-Sub 7W2 (m) für piezoaktorische Nanopositioniersysteme mit kapazitiven Sensoren, 1 Kanal, Länge: 0,3 m.
P-895.3LDC	Adapterkabel LEMO auf D-Sub 25W3 (m) für piezoaktorische Nanopositioniersysteme mit kapazitiven Sensoren, 3 Kanäle, Länge: 0,3 m.

Adapterkabel D-Sub (Mechanik) auf LEMO (Elektronik)

Produktnummer	Beschreibung
P-895.1DLC	Adapterkabel D-Sub 7W2 (f) auf LEMO für piezoaktorische Nanopositioniersysteme mit kapazitiven Sensoren, 1 Kanal, Länge: 0,3 m.
P-895.3DLC	Adapterkabel D-Sub 25W3 (f) auf LEMO für piezoaktorische Nanopositioniersysteme mit kapazitiven Sensoren, 3 Kanäle, Länge: 0,3 m.

Adapterkabel D-Sub (Mechanik) auf D-Sub (Elektronik)

Produktnummer	Beschreibung
P-895.2D1DDC*	Adapterkabel D-Sub 25W3 (f) und D-Sub 7W2 (f) auf D-Sub 25W3 (m) für piezoaktorische Nanopositioniersysteme mit kapazitiven Sensoren, 3 Kanäle, Länge: 0,3 m.
P-895.2DDC	Adapterkabel 2× D-Sub 7W2 (f) auf D-Sub 25W3 (m) für piezoaktorische Nanopositioniersysteme mit kapazitiven Sensoren, 2 Kanäle, Länge: 0,3 m.
P-895.3DDC	Adapterkabel 3× D-Sub 7W2 (f) auf D-Sub 25W3 (m) für piezoaktorische Nanopositioniersysteme mit kapazitiven Sensoren, 3 Kanäle, Länge: 0,3 m.

* 2 Kanäle an D-Sub 25W3 (f) und 1 Kanal an D-Sub 7W2 (f) verfügbar.

➢ Wenden Sie sich bei Bestellungen an den Kundendienst (S. 33).

3.7 Technische Ausstattung

3.7.1 PICMA® Piezoaktoren

P-54x-Positionierer werden von PICMA® Piezoaktoren angetrieben. 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. Im Gegensatz zu motorischen Antrieben gibt es keine rotierenden oder reibenden Teile. Die Piezoaktoren sind dadurch spiel-, wartungs- und verschleißfrei.

3.7.2 Festkörpergelenksführungen

P-54x-Positionierer verfügen über Festkörpergelenksführungen (Flexures) für reibungsfreie Bewegung und hohe Führungsgenauigkeiten.

Ein Flexure ist ein haft- und gleitreibungsfreies Element, das auf der elastischen Deformation (Biegung) eines Festkörpers (z. B. Stahl) basiert und völlig ohne rollende oder gleitende Teile auskommt. Flexureelemente zeigen eine hohe Steifigkeit und Belastbarkeit. Festkörpergelenksführungen sind wartungs- und verschleißfrei. Sie sind 100 % vakuumkompatibel, arbeiten in einem weiten Temperaturbereich und benötigen keinerlei Schmierstoffe.

3.7.3 Positionssensoren

Für den positionsgeregelten Betrieb ist der P-54x je nach Modell (S. 9) mit kapazitiven Sensoren oder Dehnmessstreifen-Sensoren ausgestattet.

Kapazitive Sensoren

Kapazitive Sensoren messen die Position unmittelbar an der Bewegungsplattform (Direktmetrologie) und arbeiten berührungslos. Weder Reibung noch Hysterese beeinträchtigen die Bewegung, wodurch in Kombination mit der hohen Positionsauflösung ausgezeichnete Linearitätswerte erreicht werden. Kapazitive Sensoren erreichen in Verbindung mit geeigneter Elektronik die beste Auflösung, Stabilität und Bandbreite.

Dehnmessstreifen-Sensoren (DMS-Sensoren)

Dehnmessstreifen-Sensoren leiten die Positionsinformation aus ihrer Ausdehnung ab. Sie werden an einer geeigneten Stelle im Antriebsstrang angebracht und messen dort die Auslenkung des bewegten Teils des Positionierers gegen den Grundkörper. Diese Art der Positionsmessung erfolgt mit Kontakt und indirekt, da die Position der Bewegungsplattform aus einer Messung an Hebel, Führung oder Piezostapel abgeleitet wird.

Die Sensoren arbeiten in einer thermisch driftfreien Vollbrückenschaltung und sorgen damit für optimale Positionsstabilität im Nanometerbereich.

3.7.4 ID-Chip (nur Modelle mit D-Sub-Stecker)

Im D-Sub-Stecker des P-54x befindet sich ein ID-Chip. Wenn der P-54x werkseitig mit einer digitalen Elektronik kalibriert wird, werden die Kalibrationsdaten zusammen mit spezifischen Produktinformationen auf dem ID-Chip gespeichert. Beim Einschalten lesen digitale Elektroniken die Daten vom ID-Chip des angeschlossenen P-54x. Ein P-54x, dessen ID-Chip die Kalibrationsdaten enthält, kann deshalb ohne Neukalibration an eine beliebige geeignete digitale Elektronik angeschlossen werden.

Weitere Informationen über den ID-Chip finden Sie im Handbuch des verwendeten Controllers.

4 Auspacken

HINWEIS

Mechanische Überlastung durch falsche Handhabung!
Unzulässige mechanische Belastung der Bewegungsplattform des P-54x kann zu Schäden an den Piezoaktoren, Sensoren und Festkörpergelenken des P-54x sowie zu Genauigkeitsverlusten führen.

- ➢ Berühren Sie bei der Handhabung des P-54x keine empfindlichen Teile (z. B. Bewegungsplattform).

1. Packen Sie den P-54x 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. 33).
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
P-54x an Schutzleiter anschließen 18
P-54x befestigen 20
Last befestigen 21
P-54x an Elektronik anschließen 24

5.1 Allgemeine Hinweise zur Installation

VORSICHT

Gefährliche Spannung und Restladung auf Piezoaktoren!

Der P-54x wird von Piezoaktoren angetrieben. Durch Temperaturschwankungen und Druckbelastungen können Ladungen in Piezoaktoren entstehen. Nach dem Trennen von der Elektronik können Piezoaktoren für einige Stunden aufgeladen bleiben. Das Berühren oder Kurzschließen der Kontakte im Anschlussstecker des P-54x kann zu leichten Verletzungen durch Stromschlag führen. Die Piezoaktoren können durch eine abrupte Kontraktion zerstört werden.

- ➢ Öffnen Sie den P-54x **nicht**.
- ➢ Entladen Sie vor der Installation die Piezoaktoren des Positionierers:
  Schließen Sie den Positionierer an die ausgeschaltete Elektronik von PI an, die mit einem internen Entladewiderstand ausgestattet ist.
- ➢ Ziehen Sie den Anschlussstecker **nicht** während des Betriebs von der Elektronik ab.

Bei Positionierern mit D-Sub-Stecker:

Das Berühren der Kontakte im Anschlussstecker kann zu einem elektrischen Schlag (max. 130 V DC) und zu leichten Verletzungen führen.

- ➢ Berühren Sie **nicht** die Kontakte im Anschlussstecker.
- ➢ Sichern Sie den Anschlussstecker des Positionierers mit Schrauben gegen das Abziehen von der Elektronik.

HINWEIS

Mechanische Überlastung durch falsche Handhabung!

Unzulässige mechanische Belastung der Bewegungsplattform des P-54x kann zu Schäden an den Piezoaktoren, Sensoren und Festkörpergelenken des P-54x sowie zu Genauigkeitsverlusten führen.

- ➢ Berühren Sie bei der Handhabung des P-54x keine empfindlichen Teile (z. B. Bewegungsplattform).

HINWEIS

Schäden durch ungeeignete Kabel!

Ungeeignete Kabel können Schäden am P-54x und an der Elektronik verursachen.

- Verwenden Sie für den Anschluss des P-54x an die Elektronik nur Kabel von PI.

HINWEIS

Schäden durch fehlerhafte Montage!

Eine fehlerhafte Montage des P-54x oder falsch befestigte Teile können den P-54x beschädigen.

- Verwenden Sie zur Befestigung des P-54x und von Lasten nur die dafür vorgesehenen Bohrungen oder Gewinde.
- Installieren Sie den P-54x so, dass sich die Plattform mit den daran befestigten Teilen innerhalb des gesamten Stellwegs frei bewegen kann.

HINWEIS

Schäden durch falsch angezogene Schrauben!

Falsch angezogene Schrauben können Schäden verursachen.

- Halten Sie bei der Installation den für die verwendeten Schrauben angegebenen Drehmomentbereich (S. 42) ein.

INFORMATION

Verlängerte Kabel können die Positioniergenauigkeit des P-54x verringern oder die Sensorauswertung durch die Elektronik beeinträchtigen.

- Verlängern Sie die Kabel **nicht**. Wenn Sie längere Kabel benötigen, wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 33).

5.2 P-54x an Schutzleiter anschließen

INFORMATION

Bei P-54x-Positionierern mit D-Sub-Stecker können Brummschleifen auftreten, wenn der Positionierer über seinen Schutzleiteranschluss und zusätzlich über den Schirm des Anschlusskabels für die Elektronik geerdet ist.

- Wenden Sie sich bei Auftreten einer Brummschleife an unseren Kundendienst (S. 33).

INFORMATION

- Beachten Sie die jeweils geltenden Normen für die Schutzleiterbefestigung.

Der P-54x hat eine Bohrung M4 für die Befestigung des Schutzleiters. Diese Bohrung ist mit dem Schutzleitersymbol ⏚ gekennzeichnet. Die genaue Lage der Bohrung siehe "Abmessungen" (S. 40).

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 17).
- ✓ Der P-54x ist **nicht** an der Elektronik angeschlossen.

Werkzeug und Zubehör

- Geeigneter Schutzleiter: Kabelquerschnitt ≥0,75 mm²
- Mitgelieferter Schraubensatz M4 Schutzerde (S. 11) für den Anschluss des Schutzleiters
- Geeigneter Schraubendreher

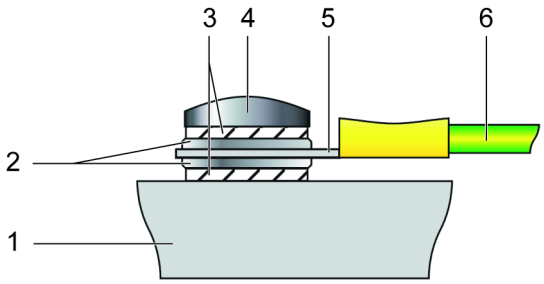


Abbildung 3: Montage des Schutzleiters (Profilansicht)

1 Grundkörper des P-54x
2 Unterlegscheibe
3 Sicherungsscheibe
4 Schraube
5 Kabelschuh
6 Schutzleiter

P-54x an Schutzleiter anschließen

1. Wenn nötig, befestigen Sie einen geeigneten Kabelschuh am Schutzleiter.
2. Befestigen Sie den Kabelschuh des Schutzleiters mit der Schraube M4 (einschließlich der Sicherungs- und Unterlegscheiben) am Schutzleiteranschluss des P-54x wie in der Profilansicht dargestellt.
3. Ziehen Sie die Schraube M4 mit einem Drehmoment von 1,2 Nm bis 1,5 Nm fest.
4. Stellen Sie sicher, dass der Übergangswiderstand an allen für die Schutzleitermontage relevanten Verbindungsstellen <0,1 Ω bei 25 A ist.

5.3 P-54x befestigen

HINWEIS

Verspannen des P-54x durch Montage auf unebenen Flächen!
Die Montage des P-54x auf unebener Oberfläche kann den P-54x verspannen. Ein Verspannen verringert die Genauigkeit.

- ➢ Befestigen Sie den P-54x auf ebener Oberfläche. Die empfohlene Ebenheit der Oberfläche beträgt ≤20 µm.
- ➢ Bei Anwendungen mit großen Temperaturschwankungen:
  Befestigen Sie den P-54x nur auf Oberflächen, die dieselben oder ähnliche Wärmeausdehnungseigenschaften wie der P-54x besitzen (z. B. Oberflächen aus Aluminium).

HINWEIS

Zugbelastung bei vertikaler Montage!
Bei vertikaler Montage des P-54x kann in bestimmten Ausrichtungen eine Zugbelastung entstehen, die die Vorspannung des Piezoaktors verringert und den Piezoaktor zerstört.

- ➢ Wenn Sie den P-54x vertikal montieren wollen, wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 33).

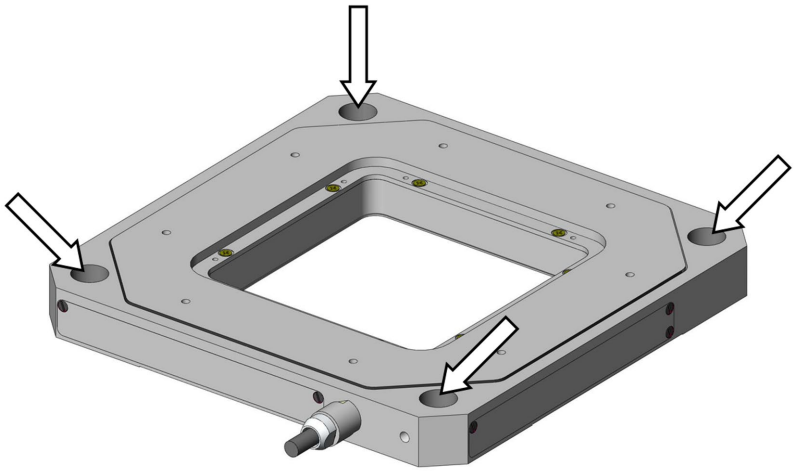


Abbildung 4: Montagebohrungen im Grundkörper

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 17).
- ✓ Sie haben eine geeignete Oberfläche zur Befestigung des P-54x bereitgestellt:
  - – Die Oberfläche verfügt über vier geeignete Gewindebohrungen für die Montageschrauben (siehe "Abmessungen" (S. 40)).
  - – Die Ebenheit der Oberfläche ist ≤20 µm.

– Bei Anwendungen mit großen Temperaturschwankungen: Die Oberfläche besitzt möglichst dieselben Wärmeausdehnungseigenschaften wie der P-54x (z. B. Oberfläche aus Aluminium).

Werkzeug und Zubehör

- Schrauben von geeigneter Größe und Länge (siehe "Abmessungen" (S. 40))
- Geeigneter Schraubendreher

P-54x befestigen

1. Richten Sie den P-54x so aus, dass sich die Montagebohrungen im Grundkörper (siehe Abbildung) mit den entsprechenden Bohrungen in der Oberfläche überdecken.
2. Befestigen Sie den P-54x mit den Schrauben:
   a) Führen Sie in jede Bohrung eine Schraube ein.
   b) Ziehen Sie die Schrauben fest. Halten Sie dabei den angegebenen Drehmomentbereich (S. 42) ein.
3. Überprüfen Sie den festen Sitz des P-54x auf der Oberfläche.

5.4 Last befestigen

HINWEIS

Mechanische Überlastung der Bewegungsplattform!
Hohe Drehmomente beim Befestigen der Last sowie hohe Lasten können die Bewegungsplattform des P-54x überlasten. Eine mechanische Überlastung kann zu Schäden an den Piezoaktoren, Sensoren und Festkörpergelenken des P-54x sowie zu Genauigkeitsverlusten führen.

- ➢ Vermeiden Sie Drehmomente >1 Nm an der Bewegungsplattform.
- ➢ Überschreiten Sie **nicht** die maximal zulässigen Belastungen gemäß den Spezifikationen (S. 35).
- ➢ Fixieren Sie die Last beim Festziehen (bzw. Lösen) der Schrauben, und halten Sie den für die Schrauben angegebenen Drehmomentbereich (S. 42) ein.

HINWEIS

Verspannen des P-54x durch Befestigen von Lasten mit unebener Kontaktfläche!
Das Befestigen von Lasten mit unebener Kontaktfläche kann den P-54x verspannen. Ein Verspannen verringert die Genauigkeit.

- ➢ Befestigen Sie auf dem P-54x nur Lasten, deren Kontaktfläche zur Bewegungsplattform des Positionierers eine Ebenheit von mindestens 20 µm besitzt.
- ➢ Bei Anwendungen mit großen Temperaturschwankungen:
  Befestigen Sie auf dem P-54x nur Lasten, die dieselben oder ähnliche Wärmeausdehnungseigenschaften wie der P-54x besitzen (z. B. Lasten aus Aluminium).

HINWEIS

Lastschwerpunkt an ungeeigneter Position!

Wenn der Schwerpunkt der Last weit außerhalb der Bewegungsplattform liegt (z. B. hohe Aufbauten und lange Hebel), kann der P-54x insbesondere im dynamischen Betrieb durch hohe Belastung der Festkörpergelenksführungen, hohe Drehmomente und Schwingungen beschädigt werden.

- ➢ Wenn der Schwerpunkt der zu befestigenden Last weit oberhalb oder seitlich der Bewegungsplattform liegt, passen Sie vor Inbetriebnahme die Controllereinstellungen an oder wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 33).

HINWEIS

Zu lange Schrauben!

Zu tief eingebrachte Schrauben können den P-54x beschädigen.

- ➢ Beachten Sie die Tiefe der Montagebohrungen in der Bewegungsplattform (S. 40).
- ➢ Verwenden Sie nur Schrauben mit der richtigen Länge für die entsprechenden Montagebohrungen.

INFORMATION

Die positive Bewegungsrichtung ist mit Pfeilen in der Maßzeichnung (S. 40) angegeben.

Lastschwerpunkt an optimaler Position:

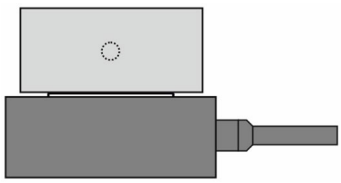


Abbildung 5: Exemplarische Darstellung einer optimal platzierten Last

Lastschwerpunkt an ungeeigneter Position:

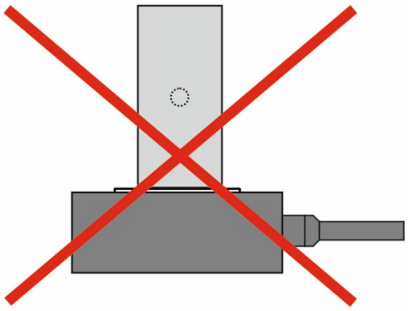


Abbildung 6: Hoher Aufbau und Lastschwerpunkt weit oberhalb der Bewegungsplattform

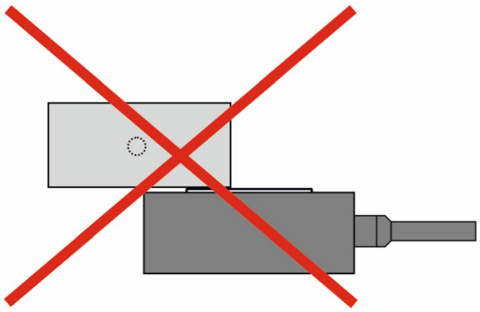


Abbildung 7: Langer Hebel und Lastschwerpunkt seitlich der Bewegungsplattform

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 17).
- ✓ Der P-54x ist **nicht** an der Elektronik angeschlossen.

Werkzeug und Zubehör

- Schrauben von geeigneter Größe und Länge (S. 40)
- Geeigneter Schraubendreher

Last befestigen

1. Richten Sie die Last so auf dem P-54x aus, dass sich die Montagebohrungen in Last und Bewegungsplattform überdecken.
2. Fixieren Sie die Last, so dass sie sich beim Festziehen der Schrauben nicht bewegen kann.
3. Befestigen Sie die Last mit den Schrauben an den dafür vorgesehenen Montagebohrungen (S. 40). Überschreiten Sie beim Festziehen der Schrauben nicht die maximalen Drehmomente:
   - Maximales Drehmoment an der Bewegungsplattform: 1 Nm
   - Drehmomentbereich (S. 42) für die Schrauben
4. Überprüfen Sie den festen Sitz der Last auf der Bewegungsplattform.

5.5 P-54x an Elektronik anschließen

INFORMATION

➢ Achten Sie beim Anschließen auf die Zuordnung, die durch die Beschriftung von Buchsen, Steckern und Kabeln vorgegeben ist.

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 17).
- ✓ Sie haben eine geeignete Elektronik (S. 12) installiert.
- ✓ Sie haben das Benutzerhandbuch der Elektronik gelesen und verstanden.
- ✓ Die Elektronik ist ausgeschaltet.

Werkzeug und Zubehör

- Wenn für Ihr System vorgesehen: Adapterkabel (S. 12)

P-54x an Elektronik anschließen

1. Wenn Adapterkabel vorgesehen sind, schließen Sie das Adapterkabel an den P-54x an.
2. Verbinden Sie alle Anschlussstecker des P-54x (oder des angeschlossenen Adapterkabels) mit der entsprechenden Anschlussbuchse der Elektronik (siehe Benutzerhandbuch der Elektronik).
3. Wenn möglich, sichern Sie die Steckverbindung gegen unbeabsichtigtes Abziehen.

6 Inbetriebnahme und Betrieb

In diesem Kapitel

Allgemeine Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb 25
P-54x betreiben (alle Modelle außer P-541.T0L) 27
P-541.T0L betreiben 27
P-54x entladen 28

6.1 Allgemeine Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb

VORSICHT

Stromschlaggefahr bei fehlendem Schutzleiter!
Bei fehlendem oder nicht ordnungsgemäß angeschlossenem Schutzleiter können im Falle eines Fehlers oder Defekts gefährliche Berührungsspannungen am P-54x entstehen. Wenn Berührungsspannungen vorhanden sind, kann das Berühren des P-54x zu leichten Verletzungen durch Stromschlag führen.

- Schließen Sie den P-54x vor Inbetriebnahme an einen Schutzleiter an (S. 18).
- Entfernen Sie den Schutzleiter **nicht** während des Betriebs.
- Wenn der Schutzleiter vorübergehend entfernt werden muss (z. B. bei Umbauten), schließen Sie den P-54x vor erneuter Inbetriebnahme wieder an den Schutzleiter an.

HINWEIS

Zerstörung des Piezoaktors durch elektrische Überschläge!
Der Einsatz des P-54x 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. Darüber hinaus können in bestimmten Luftdruckbereichen aufgrund der erhöhten Leitfähigkeit der Luft elektrische Überschläge auftreten.

- Vermeiden Sie den Betrieb des P-54x in Umgebungen, die die elektrische Leitfähigkeit erhöhen können.
- Betreiben Sie den P-54x nur innerhalb der zulässigen Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen (S. 39).

HINWEIS

Verringerte Lebensdauer 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-54x nicht benutzt wird, die Elektronik aber zur Gewährleistung der Temperaturstabilität eingeschaltet bleibt, entladen Sie den P-54x (S. 28).

HINWEIS

Zu hohe oder falsch angeschlossene Betriebsspannung!

Zu hohe oder falsch angeschlossene Betriebsspannung kann Schäden am P-54x verursachen.

- ➢ Verwenden Sie nur Controller/Treiber und Originalzubehör von PI für den Betrieb des P-54x.
- ➢ Überschreiten Sie **nicht** den Betriebsspannungsbereich (S. 38), für den der P-54x spezifiziert ist.
- ➢ Betreiben Sie den P-54x nur, wenn die Betriebsspannung ordnungsgemäß angeschlossen ist; siehe "Pinbelegung" (S. 42).

HINWEIS

Unkontrollierte Schwingungen!

Schwingungen können den P-54x 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-54x 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-54x.

INFORMATION

Die Bewegungsrichtungen des P-54x sind in der Produktansicht (S. 10) angegeben.

INFORMATION

Systeme werden werkseitig kalibriert, um optimale Positioniergenauigkeit zu erzielen. Ein Austausch der Systemkomponenten führt bei Verwendung von Positionierern, deren ID-Chip (S. 14) keine Kalibrationsdaten enthält, oder bei Verwendung von LEMO-Steckern zu einer Verringerung der Positioniergenauigkeit.

- ➢ Beachten Sie beim Anschließen des Positionierers die Zuordnung der Bewegungsachsen zu den Controllerkanälen, die auf dem Kalibrieretikett des Controllers angegeben ist.

Wenn die Positioniergenauigkeit nach dem Austausch von P-54x oder Controller verringert ist:

- ➢ Führen Sie eine Neukalibrierung der Achsenauslenkung durch (siehe Controller-Handbuch) oder wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 33).

INFORMATION

Schall und Schwingungen (z. B. Trittschall, Stöße) können sich auf den P-54x übertragen und die Leistungsmerkmale hinsichtlich der Positionsstabilität beeinträchtigen.

➢ Vermeiden Sie die Übertragung von Schall und Schwingungen während des Betriebs des P-54x.

6.2 P-54x betreiben (alle Modelle außer P-541.T0L)

➢ Folgen Sie für die Inbetriebnahme und den Betrieb des P-54x den Anweisungen im Handbuch der verwendeten Elektronik (S. 12).

6.3 P-541.T0L betreiben

INFORMATION

Um seitliches Auswandern der Rotationsachse X oder Y zu verhindern, muss die Ausgangsspannung der Elektronik auf den Kanälen 1, 2 und 3 im entsprechenden Verhältnis zueinander geändert werden. Einzelheiten und Beispiele finden Sie in der nachfolgenden Anleitung.

Voraussetzungen

✓ Sie haben den P-541.T0L korrekt installiert (S. 17) und an die Elektronik angeschlossen (S. 24).

Werkzeug und Zubehör

- Geeignete Elektronik (S. 12)

P-541.T0L mit Elektronik E-663 in Betrieb nehmen

1. Steuern Sie Kippbewegungen der Achse X wie folgt:
   a) Stellen Sie die Ausgangsspannung von Kanal 1, Kanal 2 und Kanal 3 an der Elektronik auf 50 V DC ein, um die Piezoaktoren des P-541.T0L in die Mittelstellung zu bringen.
   b) Ändern Sie die Ausgangsspannung von Kanal 2 und Kanal 3 jeweils gegenläufig zueinander um den gleichen Betrag. Lassen Sie hierbei die Ausgangsspannung von Kanal 1 unverändert bei 50 V DC.

   Beispiel: Wenn Sie auf Kanal 2 die Spannung von 50 V DC auf 70 V DC erhöhen, müssen Sie gleichzeitig die Spannung auf Kanal 3 von 50 V DC auf 30 V DC verringern.
2. Steuern Sie Kippbewegungen der Achse Y wie folgt:
   a) Stellen Sie die Ausgangsspannung von Kanal 1, Kanal 2 und Kanal 3 an der Elektronik auf 50 V DC ein, um die Piezoaktoren des P-541.T0L in die Mittelstellung zu bringen.

b) Ändern Sie die Ausgangsspannung von Kanal 2 und Kanal 3 gegenläufig zur Ausgangsspannung von Kanal 1. Die Spannungsänderung auf Kanal 2 und Kanal 3 darf dabei nur halb so groß sein wie die Spannungsänderung auf Kanal 1.

Beispiel: Wenn Sie auf Kanal 2 und Kanal 3 die Spannung von 50 V DC auf 70 V DC erhöhen, müssen Sie gleichzeitig auf Kanal 1 die Spannung von 50 V DC auf 10 V DC verringern.

6.4 P-54x entladen

Der P-54x muss in folgenden Fällen entladen werden:

- Vor der Installation
- Wenn der P-54x nicht benutzt wird, die Elektronik aber zur Gewährleistung der Temperaturstabilität eingeschaltet bleibt
- Vor Demontage (z. B. vor Reinigung und Transport des P-54x sowie bei Umbauten)

Der P-54x wird über den internen Entladewiderstand der Elektronik von PI entladen.

An der Elektronik angeschlossenen Positionierer entladen

Im geregelten Betrieb:

1. Schalten Sie am Controller den Servomodus aus.
2. Stellen Sie am Controller die Piezospannung auf 0 V ein.

Im ungeregelten Betrieb:

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

Positionierer entladen, der nicht an der Elektronik angeschlossenen ist

➢ Schließen Sie den Positionierer an die ausgeschaltete Elektronik von PI an.

7 Wartung

In diesem Kapitel

Allgemeine Hinweise zur Wartung 29
P-54x reinigen 29

7.1 Allgemeine Hinweise zur Wartung

HINWEIS

Dejustage durch Lösen von Schrauben!

Der P-54x ist wartungsfrei und erreicht seine Positioniergenauigkeit durch die optimierte Abstimmung von mechanischen Komponenten und Piezoaktoren. Gelöste Schrauben führen zum Verlust der Positioniergenauigkeit.

- ➢ Lösen Sie Schrauben nur, wenn Sie durch eine Anweisung in diesem Handbuch dazu aufgefordert werden.
- ➢ Öffnen Sie den P-54x **nicht**.

7.2 P-54x reinigen

HINWEIS

Schäden durch Ultraschallreinigung!

Ultraschallreinigung kann den P-54x beschädigen.

- ➢ Führen Sie keine Ultraschallreinigung durch.

Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die Piezoaktoren des P-54x entladen (S. 28).
- ✓ Sie haben den P-54x von der Elektronik getrennt.

P-54x reinigen

- ➢ Reinigen Sie die Oberflächen des P-54x mit einem Tuch, das mit einem milden Reinigungs- oder Desinfektionsmittel (z. B. Isopropanol) angefeuchtet wurde.

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 maximal zulässigen Belastungen gemäß den Spezifikationen (S. 35).
	Nullpunktverschiebung des Sensors aus folgenden Gründen: ▪ Belastung in Bewegungsrichtung ▪ Umgebungs-/ Betriebstemperatur des Positionierers liegt weit ober- oder unterhalb der Kalibrationstemperatur (21 °C bis 24 °C)	➢ Führen Sie einen Nullpunktabgleich des Sensors durch (siehe Controller-Handbuch).
Verringerte Genauigkeit	Verspannung des Grundkörpers oder der Bewegungsplattform	➢ Montieren Sie den P-54x nur auf Oberflächen mit folgenden Eigenschaften: – Ebenheit von mindestens 20 µm – Die Wärmeausdehnungseigenschaften ähneln denjenigen des P-54x (z. B. Oberfläche aus Aluminium). ➢ Befestigen Sie auf dem P-54x nur Lasten mit folgenden Eigenschaften: – Die Kontaktfläche der Last besitzt eine Ebenheit von mindestens 20 µm. – Die Wärmeausdehnungseigenschaften ähneln denjenigen des P-54x (z. B. Last aus Aluminium).
	P-54x oder Controller wurde ausgetauscht	Bei Verwendung von Positionierern, deren ID-Chip (S. 14) keine Kalibrationsdaten enthält, oder bei Verwendung von LEMO-Steckern ist nach dem Austausch von P-54x oder Controller eine Neukalibrierung der Achsenauslenkung erforderlich. ➢ Führen Sie eine Neukalibrierung der Achsenauslenkung durch (siehe Controller-Handbuch) oder wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 33).

Störung	Mögliche Ursachen	Behebung
	Achsen wurden beim Anschließen vertauscht (nur bei LEMO-Steckern)	➢ Beachten Sie beim Anschließen des Positionierers an den Controller die Zuordnung der Achsen. Diese Zuordnung geht aus Aufklebern auf den Geräten hervor.
Positionierer beginnt zu schwingen oder positioniert ungenau	Regelparameter falsch eingestellt, da z. B. die Last geändert wurde	1. Schalten Sie den Servomodus der betreffenden Bewegungsachsen unverzüglich aus. 2. Prüfen Sie die Einstellungen der Regelparameter am Controller. 3. Passen Sie die Regelparameter am Controller entsprechend der Laständerung an.
	Ungeregelter Betrieb nahe der Resonanzfrequenz	➢ Betreiben Sie den Positionierer im ungeregelten Betrieb nur mit einer Frequenz, die unterhalb der Resonanzfrequenz liegt.

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. 33).

9 Kundendienst

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

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

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

10 Technische Daten

In diesem Kapitel

Spezifikationen 35
Abmessungen 40
Drehmoment für Edelstahlschrauben (A2-70) 42
Pinbelegung 42

10.1 Spezifikationen

10.1.1 Datentabelle

	P-541.2CD / P-541.2CL	P-542.2CD / P-542.2CL	P-541.2DD	P-541.2SL	P-542.2SL	P-541.20L / P-542.20L	Einheit	Toleranz
Aktive Achsen	X, Y	X, Y	X, Y	X, Y	X, Y	X, Y		
Bewegung und Positionieren								
Integrierter Sensor	Kapazitiv	Kapazitiv	Kapazitiv	DMS	DMS	–		
Stellweg bei -20 bis +120 V, ungeregelt	150 µm × 150 µm	250 µm × 250 µm	60 µm × 60 µm	150 µm × 150 µm	250 µm × 250 µm	Siehe P-541.2CD / P-542.2CD		+20 % / -0 %
Stellweg, geregelt	100 µm × 100 µm	200 µm × 200 µm	45 µm × 45 µm	100 µm × 100 µm	200 µm × 200 µm	–		
Auflösung, ungeregelt / geregelt	0,2 / 0,3	0,4 / 0,7	0,1 / 0,3	0,2 / 2,5	0,4 / 4	ungeregelt 0,2 / 0,4	nm	typ.
Linearitätsabweichung	0,03	0,03	0,03*	0,2	0,2	–	%	typ.
Wiederholgenauigkeit	<5	<5	<5	<10	<10	–	nm	typ.
Neigen	<5	<5	<3	<5	<5	<5	µrad	typ.
Gieren	<10	<10	<3	<10	<10	<10	µrad	typ.
Mechanische Eigenschaften								
Steifigkeit in Bewegungsrichtung	0,47	0,4	10	0,47	0,4	0,47 / 0,4	N/µm	±20 %
Resonanzfrequenz, unbelastet	255	230	1550	255	230	255 / 230	Hz	±20 %
Resonanzfrequenz, belastet, 100 g	200	190	–	200	190	200 / 190	Hz	±20 %
Resonanzfrequenz, belastet, 200 g	180	–	1230	180	–	180 / –	Hz	±20 %
Resonanzfrequenz, belastet, 300 g	150	145	–	150	145	150 / 145	Hz	±20 %
Druck- / Zugbelastbarkeit in Stellrichtung	100 / 30	100 / 30	100 / 30	100 / 30	100 / 30	100 / 30	N	max.
Belastbarkeit	20	20	20	20	20	20	N	max.

	P-541.2CD / P-541.2CL	P-542.2CD / P-542.2CL	P-541.2DD	P-541.2SL	P-542.2SL	P-541.20L / P-542.20L	Einheit	Toleranz
Antriebseigenschaften								
Piezokeramik	PICMA® P-885	PICMA® P-885	PICMA® P-885	PICMA® P-885	PICMA® P-885	PICMA® P-885		
Elektrische Kapazität je Achse	4,2	7,5	9	4,2	7,5	4,2 / 7,5	µF	±20 %
Anschlüsse und Umgebung								
ID-Chip-Funktionalität	P-541.2CD	P-542.2CD	Ja	–	–	–		
Betriebstemperaturbereich	-20 bis 80	-20 bis 80	-20 bis 80	-20 bis 80	-20 bis 80	-20 bis 80	°C	
Material	Aluminium	Aluminium	Aluminium	Aluminium	Aluminium	Aluminium		
Masse	0,75	0,75	0,75	0,73	0,73	0,7	kg	±5 %
Kabellänge	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	m	±10 mm
Sensor- / Spannungsanschluss	CD-Versionen: D-Sub 25W3 (m) CL-Versionen: LEMO	CD-Versionen: D-Sub 25W3 (m) CL-Versionen: LEMO	D-Sub 25W3 (m)	LEMO	LEMO	LEMO (ohne Sensor)		
Empfohlene Elektroniken	E-503, E-505, E-621, E-712, E-727	E-503, E-505, E-621, E-712, E-727	E-503, E-505, E-621, E-712, E-727	E-503, E-505, E-621, E-712, E-727	E-503, E-505, E-621, E-712, E-727	E-503, E-505, E-621, E-712, E-727		

* Mit Digitalcontroller. Mit Analogcontrollern kann die Linearitätsabweichung für direkt getriebene Positionierer typ. bis 0,1 % betragen.

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

Alle Angaben beziehen sich auf Raumtemperatur (22 °C ±3 °C).

	P-541.ZCD	P-541.TCD*	P-541.ZSL	P-541.TSL*	P-541.Z0L	P-541.T0L*	Einheit	Toleranz
Aktive Achsen	Z	Z, θ_X, θ_Y	Z	Z, θ_X, θ_Y	Z	Z, θ_X, θ_Y		
Bewegung und Positionieren								
Integrierter Sensor	Kapazitiv	Kapazitiv	DMS	DMS	–	–		
Stellweg Z bei -20 bis 120 V, ungeregelt	150	150	150	150	150	150	µm	+20 % / -0 %
Kippwinkel θ_X, θ_Y bei -20 bis 120 V, ungeregelt	–	±0,6	–	±0,6	–	±0,6	mrad	+20 % / -0 %
Stellweg Z, geregelt	100	100	100	100	–	–	µm	
Kippwinkel θ_X, θ_Y, geregelt	–	±0,4	-	±0,4	–	–	mrad	
Auflösung Z, ungeregelt	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	nm	typ.
Auflösung θ_X, θ_Y, ungeregelt	–	0,02	–	0,02	–	0,02	µrad	typ.
Auflösung Z, geregelt	0,5	0,5	2,5	2,5	–	–	nm	typ.
Auflösung θ_X, θ_Y, geregelt	–	0,08	–	0,25	–	–	µrad	typ.
Linearitätsabweichung Z, θ_X, θ_Y	0,03	0,03	0,2	0,2	–	–	%	typ.
Wiederholgenauigkeit Z	<2	<2	<10	<10	–	–	nm	typ.

	P-541.ZCD	P-541.TCD*	P-541.ZSL	P-541.TSL*	P-541.Z0L	P-541.T0L*	Einheit	Toleranz
Wiederholgenauigkeit θ_X, θ_Y	–	0,01	–	0,05	–	–	µrad	typ.
Verkippung θ_X, θ_Y (Bewegung in Z)	±15	±15	±15	±15	±15	±15	µrad	typ.
Mechanische Eigenschaften								
Steifigkeit Z	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	N/µm	±20 %
Resonanzfrequenz Z, unbelastet	410	410	410	410	410	410	Hz	±20 %
Resonanzfrequenz θ_X, θ_Y, unbelastet	–	330	–	330	–	330	Hz	±20 %
Resonanzfrequenz Z, 200 g	250	250	250	250	250	250	Hz	±20 %
Resonanzfrequenz θ_X, θ_Y, 200 g	–	270	–	270	–	270	Hz	±20 %
Druck- / Zugbelastbarkeit	50 / 20	50 / 20	50 / 20	50 / 20	50 / 20	50 / 20	N	max.
Antriebseigenschaften								
Keramiktyp	PICMA® P-885	PICMA® P-885	PICMA® P-885	PICMA® P-885	PICMA® P-885	PICMA® P-885		
Elektrische Kapazität	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	µF	±20 %
Anschlüsse und Umgebung								
Betriebstemperaturbereich	20 bis 80	20 bis 80	20 bis 80	20 bis 80	20 bis 80	20 bis 80	°C	
Material	Aluminium	Aluminium	Aluminium	Aluminium	Aluminium	Aluminium		
Masse	750	750	730	730	700	700	g	±5 %
Kabellänge	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	m	±10 mm
Sensoranschluss	D-SUB 7W2 (m)	D-SUB 25W3 (m)	LEMO	3 × LEMO	–	–		
Spannungsanschluss	D-SUB 7W2 (m)	D-SUB 25W3 (m)	LEMO	3 × LEMO	LEMO	3 × LEMO		
Empfohlene Elektroniken	E-503, E-505, E-610, E-621, E-625, E-712, E-727, E-754	E-503, E-505, E-610, E-621, E-625, E-712, E-727, E-754	E-503, E-505, E-610, E-621, E-625, E-712, E-727, E-754	E-503, E-505, E-610, E-621, E-625, E-712, E-727, E-754	E-503, E-505, E-610, E-621, E-625, E-712, E-727, E-754	E-503, E-505, E-610, E-621, E-625, E-712, E-727, E-754		

* Parallelkinematisches Design: Die maximalen Auslenkungen für die translatorische Bewegung und die Kippbewegungen können nicht gleichzeitig erreicht werden.

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

Alle Angaben beziehen sich auf Raumtemperatur (22 °C ±3 °C).

10.1.2 Bemessungsdaten

P-54x-Positionierer sind für folgende Betriebsgrößen ausgelegt:

Modell	Maximale Betriebsspannung	Maximale Betriebsfrequenz (unbelastet)[1]	Maximale Leistungsaufnahme[2]
P-541.2DD	-20 bis 120 V	517 Hz	25 W
P-541.2CD P-541.2CL P-541.2SL P-541.20L	-20 bis 120 V	85 Hz	12 W
P-542.2CD P-542.2CL P-542.2SL P-542.20L	-20 bis 120 V	77 Hz	20 W
P-541.ZCD P-541.ZSL P-541.Z0L	-20 bis 120 V	136 Hz	19 W
P-541.TCD P-541.TSL P-541.T0L	-20 bis 120 V	136 Hz	19 W

[1] Um einen stabilen Betrieb zu gewährleisten, wurde die maximale Betriebsfrequenz als ungefähr ein Drittel der mechanischen Resonanzfrequenz definiert.

[2] Die Wärme, die während des dynamischen Betriebs durch den Piezoaktor erzeugt wird, begrenzt den Wert für die maximale Leistungsaufnahme.

Details finden Sie auf folgender Website:
https://www.physikinstrumente.de/de/technologie/piezotechnologie/eigenschaften-piezoaktoren/ansteuerverhalten/

10.1.3 Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen

Folgende Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen sind für den P-54x zu beachten:

Einsatzbereich	Nur zur Verwendung in Innenräumen
Maximale Höhe	2000 m
Luftdruck	1100 hPa bis 0,1 hPa
Relative Luftfeuchte	Höchste relative Luftfeuchte 80 % für Temperaturen bis 31 °C Linear abnehmend bis 50 % relativer Luftfeuchte bei 40 °C
Betriebstemperatur	-20 °C bis 80 °C
Lagertemperatur	-20 °C bis 80 °C
Transporttemperatur	-25 °C bis 85 °C
Überspannungskategorie	II
Schutzklasse	I
Verschmutzungsgrad	1
Schutzart gemäß IEC 60529	IP20

10.2 Abmessungen

Abmessungen in mm

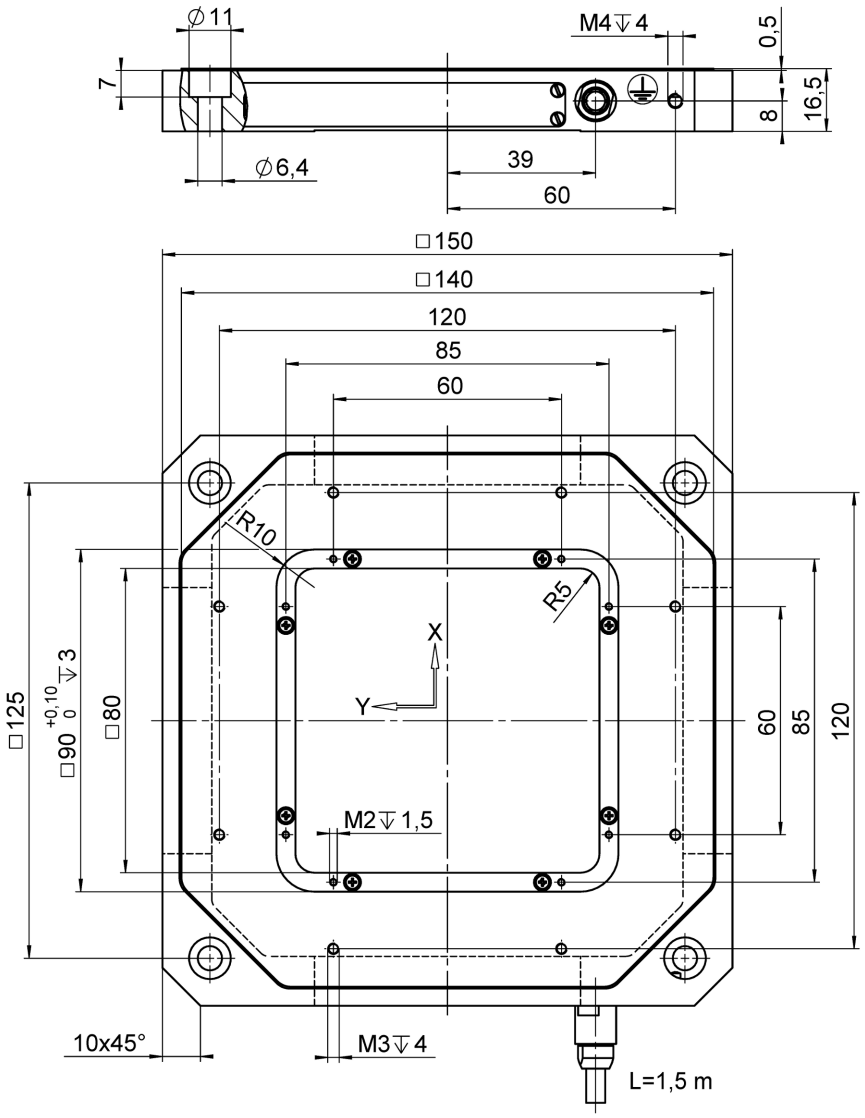


Abbildung 8: P-541.2 / P-542.2

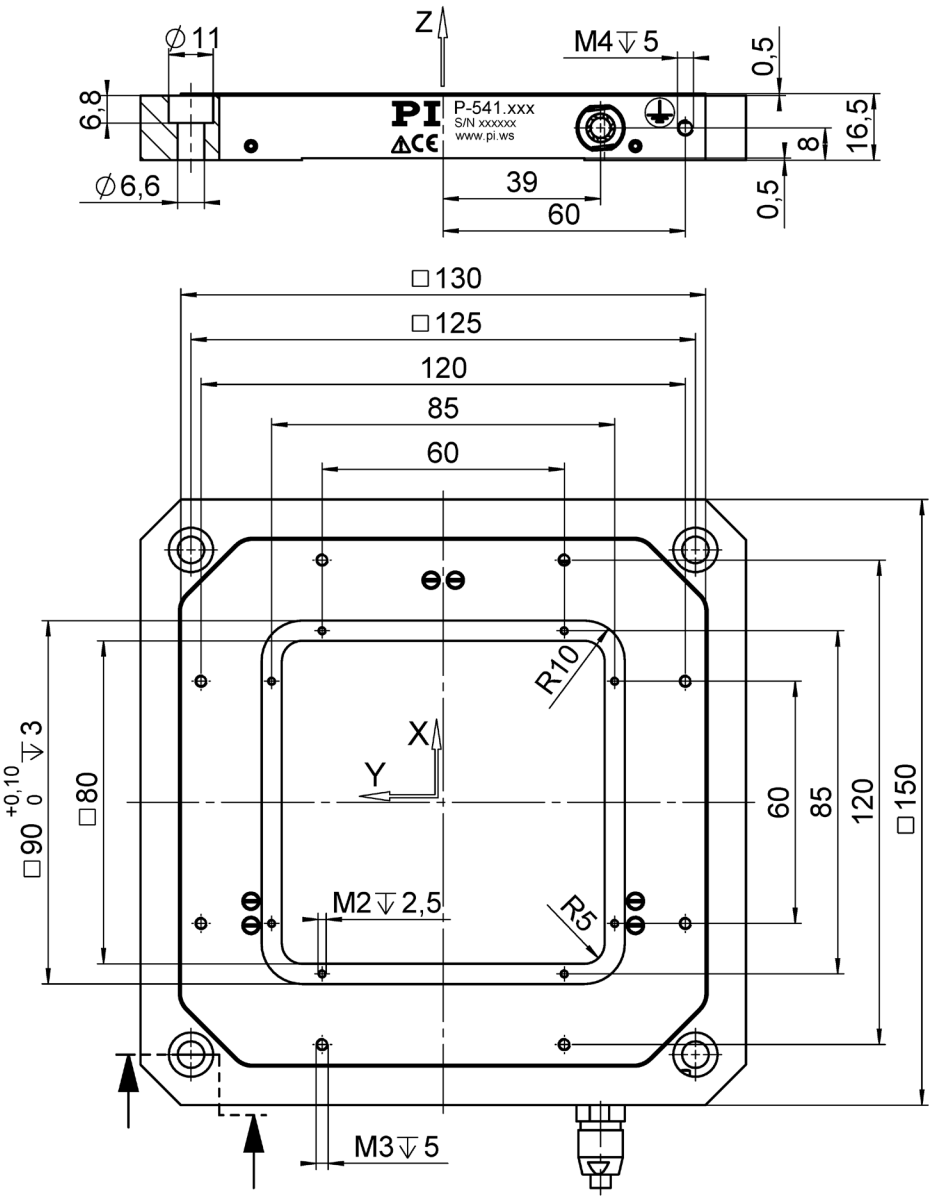


Abbildung 9: P-541.Z / P-541.T

10.3 Drehmoment für Edelstahlschrauben (A2-70)

Schraubengröße	Minimales Drehmoment	Maximales Drehmoment
M6	4 Nm	6 Nm
M5	2,5 Nm	3,5 Nm
M4	1,5 Nm	2,5 Nm
M3	0,8 Nm	1,1 Nm
M2,5	0,3 Nm	0,4 Nm
M2	0,15 Nm	0,2 Nm
M1,6	0,06 Nm	0,12 Nm

➢ Beachten Sie die für den jeweiligen Werkstoff erforderliche Einschraubtiefe gemäß VDI 2230.

10.4 Pinbelegung

D-Sub-Stecker 25W3

Nur für P-54x.2CD/.2DD/.TCD:

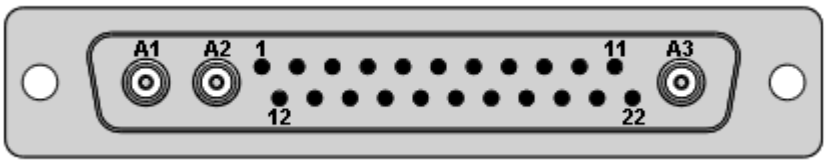


Abbildung 10: D-Sub-Stecker 25W3: Vorderseite mit Anschlüssen

Pinbelegung der Modelle P-54x.2CD/.2DD:

Pin	Signal	Funktion
A1 Innenleiter	Ausgang	Probe-Sensorsignal, Kanal 2 (unbeweglicher Teil des kapazitiven Sensors)
A1 Außenleiter	GND	Schirm von Probe-Sensorsignal, Kanal 2
A2 Innenleiter	---	(nicht verbunden)
A2 Außenleiter	---	(nicht verbunden)
A3 Innenleiter	Ausgang	Probe-Sensorsignal, Kanal 1 (unbeweglicher Teil des kapazitiven Sensors)
A3 Außenleiter	GND	Schirm von Probe-Sensorsignal, Kanal 1
1	Eingang	Target-Sensorsignal, Kanal 2 (beweglicher Teil des kapazitiven Sensors)
2	---	(nicht verbunden)
3	GND	Masse von ID-Chip
4	Bidirektional	Datenleitung für ID-Chip
5	---	(nicht verbunden)
6	---	(nicht verbunden)
7	---	(nicht verbunden)
8	---	(nicht verbunden)
9	Eingang	Piezospannung +, Kanal 2, -20 bis 120 V
10	Eingang	Piezospannung +, Kanal 1, -20 bis 120 V
11	Eingang	Target-Sensorsignal, Kanal 1 (beweglicher Teil des kapazitiven Sensors)
12	GND	Schirm von Target-Sensorsignal, Kanal 2
13	---	(nicht verbunden)
14	---	(nicht verbunden)
15	---	(nicht verbunden)
16	---	(nicht verbunden)
17	---	(nicht verbunden)
18	---	(nicht verbunden)
19	---	(nicht verbunden)
20	Eingang	Piezospannung –, Kanal 2
21	Eingang	Piezospannung –, Kanal 1
22	GND	Schirm von Target-Sensorsignal, Kanal 1

Pinbelegung der Modelle P-54x.TCD:

Pin	Signal	Funktion
A1 Innenleiter	Ausgang	Probe-Sensorsignal, Kanal 2 (unbeweglicher Teil des kapazitiven Sensors)
A1 Außenleiter	GND	Schirm von Probe-Sensorsignal, Kanal 2
A2 Innenleiter	Ausgang	Probe-Sensorsignal, Kanal 3 (unbeweglicher Teil des kapazitiven Sensors)
A2 Außenleiter	GND	Schirm von Probe-Sensorsignal, Kanal 3
A3 Innenleiter	Ausgang	Probe-Sensorsignal, Kanal 1 (unbeweglicher Teil des kapazitiven Sensors)
A3 Außenleiter	GND	Schirm von Probe-Sensorsignal, Kanal 1
1	Eingang	Target-Sensorsignal, Kanal 2 (beweglicher Teil des kapazitiven Sensors)
2	Eingang	Target-Sensorsignal, Kanal 3 (beweglicher Teil des kapazitiven Sensors)
3	GND	Masse von ID-Chip
4	Bidirektional	Datenleitung für ID-Chip
5	---	(nicht verbunden)
6	---	(nicht verbunden)
7	---	(nicht verbunden)
8	Eingang	Piezospannung +, Kanal 3
9	Eingang	Piezospannung +, Kanal 2
10	Eingang	Piezospannung +, Kanal 1
11	Eingang	Target-Sensorsignal, Kanal 1 (beweglicher Teil des kapazitiven Sensors)
12	GND	Schirm von Target-Sensorsignal, Kanal 2
13	GND	Schirm von Target-Sensorsignal, Kanal 3
14	---	(nicht verbunden)
15	---	(nicht verbunden)
16	---	(nicht verbunden)
17	---	(nicht verbunden)
18	---	(nicht verbunden)
19	Eingang	Piezospannung –, Kanal 3
20	Eingang	Piezospannung –, Kanal 2
21	Eingang	Piezospannung –, Kanal 1
22	GND	Schirm von Target-Sensorsignal, Kanal 1

D-Sub-Stecker 7W2

Nur für P-541.ZCD:

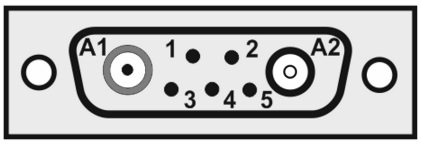


Abbildung 11: D-Sub-Stecker 7W2: Vorderseite mit Anschlüssen

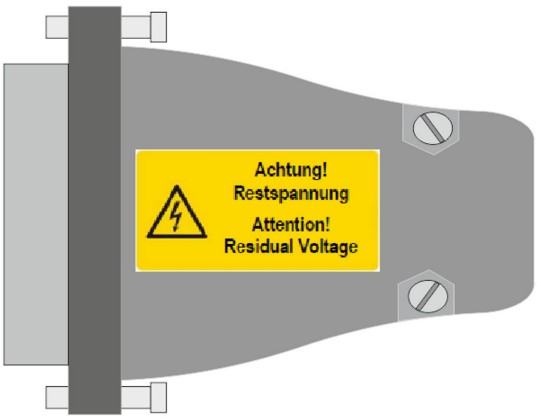


Abbildung 12: D-Sub-Stecker: Exemplarische Draufsicht

Pin	Signal	Funktion
A1	PZT	Piezospannung
A2	Probe	Probe-Sensorsignal (unbeweglicher Teil des kapazitiven Sensors)
1	Data ID-Chip	Datenleitung für ID-Chip
2	GND Target und ID-Chip	Masse von Target und ID-Chip
3	GND PZT	Masse von Piezospannung
4	---	(nicht verbunden)
5	Target	Target-Sensorsignal (beweglicher Teil des kapazitiven Sensors)
Gehäuse	---	Schirm

Lemo-Stecker

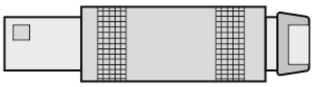


Abbildung 13: Lemo-Stecker (Seitenansicht)

Lemo-Stecker nach Modell (je ein Stecker pro Achse)

P-54x Modell	Stecker (Vorder-ansicht)	Pin	Signal	Funktion	Stecker-gehäuse
.2CL .2SL .20L .ZSL .Z0L .TSL .T0L	PZT	Innen-leiter	Eingang	Piezospannung -20 bis 120 V	Masse
.2CL	P	Innen-leiter	Ausgang	Probe-Sensorsignal (unbeweglicher Teil des kapazitiven Sensors)	Kabelschirm
.2CL	T	Innen-leiter	Eingang	Target-Sensorsignal (beweglicher Teil des kapazitiven Sensors)	Kabelschirm
.2SL .ZSL .TSL	DMS	1	Eingang	Versorgungsspannung für DMS-Sensor	Kabelschirm
		2	Ausgang	Sensorsignal 1	
		3	Ausgang	Sensorsignal 2	
		4	GND	Masse der Versorgungsspannung	

11 Altgerät entsorgen

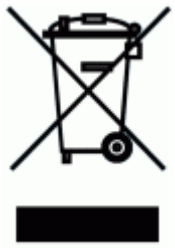
Nach geltendem EU-Recht dürfen Elektrogeräte in den Mitgliedsstaaten der EU nicht über den kommunalen Restmüll entsorgt werden.

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