

**MS207D**  
**H-820 Hexapod-Mikroroboter**  
**Benutzerhandbuch**

Version: 2.5.0

Datum: 16.08.2024



**Dieses Dokument beschreibt das folgende Produkt:**

- **H-820.D2**  
Hexapod-Mikroroboter, Basismodell, 20 kg Belastbarkeit, 20 mm/s Geschwindigkeit, D-Sub-Stecker



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

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

Hinweise zu Markennamen und Warenzeichen Dritter:

BiSS ist ein Warenzeichen der iC-Haus GmbH.

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

Originalbetriebsanleitung

Erstdruck: 16.08.2024

Dokumentnummer: MS207D, BRo, EWEI, ASt, Version 2.5.0

Änderungen vorbehalten. Dieses Handbuch verliert seine Gültigkeit mit Erscheinen einer neuen Revision. Die jeweils aktuelle Revision ist auf unserer Website zum Herunterladen (S. 2) verfügbar.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Über dieses Dokument</b>	<b>1</b>
1.1	Ziel und Zielgruppe dieses Benutzerhandbuchs.....	1
1.2	Symbole und Kennzeichnungen .....	1
1.3	Abbildungen .....	2
1.4	Mitgeltende Dokumente .....	2
1.5	Handbücher herunterladen.....	2
<b>2</b>	<b>Sicherheit</b>	<b>5</b>
2.1	Bestimmungsgemäße Verwendung .....	5
2.2	Allgemeine Sicherheitshinweise.....	5
2.3	Organisatorische Maßnahmen.....	5
<b>3</b>	<b>Produktbeschreibung</b>	<b>7</b>
3.1	Produktansicht .....	7
3.2	Technische Ausstattung .....	7
3.2.1	Beine .....	7
3.2.2	Referenzschalter und Endschalter.....	8
3.2.3	Steuerung .....	8
3.2.4	Bewegung.....	8
3.2.5	ID-Chip .....	12
3.3	Lieferumfang .....	12
3.4	Optionales Zubehör.....	13
3.5	Geeignete Controller .....	14
<b>4</b>	<b>Auspacken</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Installation</b>	<b>17</b>
5.1	Allgemeine Hinweise zur Installation .....	17
5.2	Zulässige Posen ermitteln.....	18
5.3	Hexapod erden .....	18
5.4	Hexapod auf Unterlage befestigen.....	19
5.5	Last auf Hexapod befestigen .....	20
5.6	Optional: Koordinatenwürfel entfernen .....	22
5.7	Hexapod an Controller anschließen .....	22
<b>6</b>	<b>Inbetriebnahme</b>	<b>25</b>
6.1	Allgemeine Hinweise zur Inbetriebnahme .....	25

6.2	Hexapod-System in Betrieb nehmen.....	26
<b>7</b>	<b>Wartung</b>	<b>27</b>
7.1	Wartungsfahrt durchführen .....	27
7.2	Hexapod reinigen .....	28
7.3	Hexapod für den Transport verpacken .....	28
<b>8</b>	<b>Störungsbehebung</b>	<b>31</b>
<b>9</b>	<b>Kundendienst</b>	<b>35</b>
<b>10</b>	<b>Technische Daten</b>	<b>37</b>
10.1	Spezifikationen .....	37
10.1.1	Datentabelle .....	37
10.1.2	Spezifikationen Datenübertragungs- und Stromversorgungskabel .....	39
10.2	Bemessungsdaten .....	41
10.3	Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen .....	41
10.4	Abmessungen .....	42
10.5	Pinbelegung.....	43
10.5.1	Anschluss zur Stromversorgung .....	43
10.5.2	Anschluss zur Datenübertragung .....	43
<b>11</b>	<b>Altgerät entsorgen</b>	<b>45</b>
<b>12</b>	<b>Glossar</b>	<b>47</b>
<b>13</b>	<b>Anhang</b>	<b>51</b>
13.1	Erläuterungen zum Testprotokoll.....	51
13.2	Europäische Konformitätserklärungen .....	52

# 1 Über dieses Dokument

## 1.1 Ziel und Zielgruppe dieses Benutzerhandbuchs

Dieses Benutzerhandbuch enthält die erforderlichen Informationen für die bestimmungsgemäße Verwendung des H-820.

Grundsätzliches Wissen zu geregelten Systemen, zu Konzepten der Bewegungssteuerung und zu geeigneten Sicherheitsmaßnahmen wird vorausgesetzt.

## 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**

RS-232



#### **Bedeutung**

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

Auf dem Produkt angebrachtes Warnzeichen, das auf ausführliche Informationen in diesem Handbuch verweist.

## 1.3 Abbildungen

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

## 1.4 Mitgeltende Dokumente

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

Gerät / Programm	Dokumentnummer	Dokumentinhalt
Controller C-887.5xx	MS247EK	Kurzanleitung für Hexapod-Systeme
	MS244D	Benutzerhandbuch
	C887T0011	EtherCAT-Interface der Controller-Serie C-887.53
	C887T0007	Koordinatensysteme für Hexapod-Mikroroboter
	C887T0021	Bewegungen des Hexapods. Position und Orientierung im Raum, Drehpunkt.
PIVirtualMove	SM163E	Zulässige Posen des Hexapods durch Simulation ermitteln
PC-Software aus dem Lieferumfang des Controllers	Diverse	Siehe Benutzerhandbuch des Controllers C-887.5xx.

## 1.5 Handbücher herunterladen

### **INFORMATION**

Wenn ein Handbuch fehlt oder Probleme beim Herunterladen auftreten:

- Wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 35).

### **Handbücher herunterladen**

1. Öffnen Sie die Website [www.pi.de](http://www.pi.de).
2. Suchen Sie auf der Website nach der Produktnummer (z. B. H-820).
3. Um die Produktdetailseite zu öffnen, wählen Sie in den Suchergebnissen das Produkt.

4. Wählen Sie **Downloads**.

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

5. Wählen Sie für das gewünschte Handbuch **HINZUFÜGEN** und dann **ANFORDERN**.

6. Füllen Sie das Anfrageformular aus und wählen Sie **ANFRAGE SENDEN**.

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



## 2 Sicherheit

### 2.1 Bestimmungsgemäße Verwendung

Der Hexapod-Mikroroboter (kurz: „Hexapod“) ist ein Laborgerät im Sinne der DIN EN 61010-1. Er ist für die Verwendung in Innenräumen und in einer Umgebung gebaut, die frei von Schmutz, Öl und Schmiermitteln ist.

Entsprechend seiner Bauform ist der Hexapod für die Positionierung, Justierung und Verschiebung von Lasten in sechs Achsen bei verschiedenen Geschwindigkeiten vorgesehen.

Die bestimmungsgemäße Verwendung des Hexapods ist nur in Verbindung mit einem geeigneten Controller von PI möglich (S. 13), der alle Bewegungen des Hexapods koordiniert.

### 2.2 Allgemeine Sicherheitshinweise

Der H-820 ist nach dem Stand der Technik und den anerkannten sicherheitstechnischen Regeln gebaut. Bei unsachgemäßer Verwendung des H-820 können Benutzer gefährdet werden und/oder Schäden am H-820 entstehen.

- Benutzen Sie den H-820 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 H-820 verantwortlich.

### 2.3 Organisatorische Maßnahmen

#### Benutzerhandbuch

- Halten Sie dieses Benutzerhandbuch ständig am H-820 verfügbar. Die aktuellen Versionen der Benutzerhandbücher stehen auf unserer Website zum Herunterladen (S. 2) bereit.
- Fügen Sie alle vom Hersteller bereitgestellten Informationen, z. B. Ergänzungen und Technical Notes, zum Benutzerhandbuch hinzu.
- Wenn Sie den H-820 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 H-820 nur, nachdem Sie dieses Benutzerhandbuch gelesen und verstanden haben.

### **Personalqualifikation**

Nur autorisiertes und entsprechend qualifiziertes Personal darf den H-820 installieren, in Betrieb nehmen, bedienen, warten und reinigen.

## 3 Produktbeschreibung

### 3.1 Produktansicht

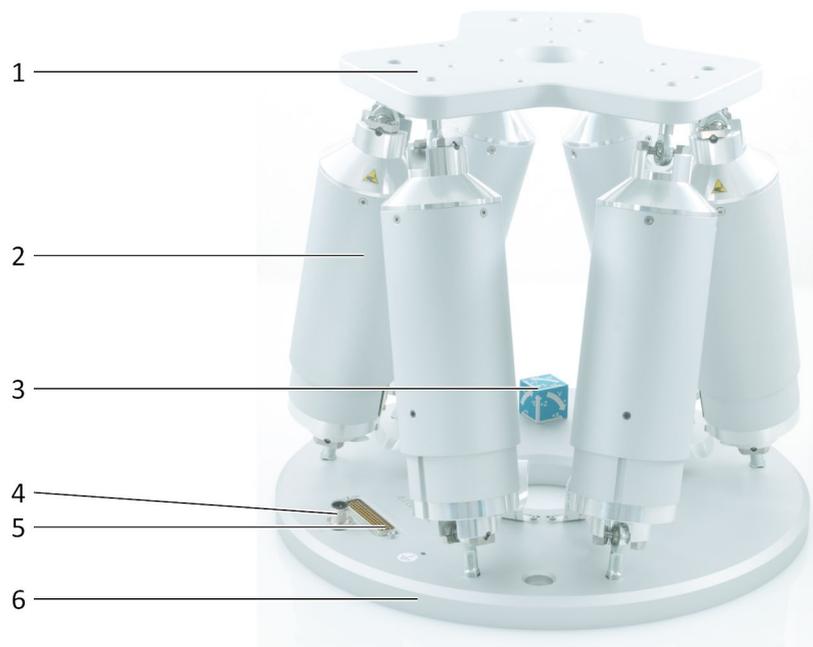


Abbildung 1: Elemente des H-820

- 1 Bewegungsplattform
- 2 Bein
- 3 Koordinatenwürfel
- 4 Einbaustecker für Stromversorgungskabel
- 5 Einbaustecker für Datenübertragungskabel
- 6 Grundplatte

## 3.2 Technische Ausstattung

### 3.2.1 Beine

Der Hexapod hat sechs längenveränderliche Beine. Jedes Bein führt lineare Bewegungen durch. Jeder Satz von Einstellungen der sechs Beine definiert eine Position der Bewegungsplattform in sechs Freiheitsgraden (drei Translationsachsen und drei Rotationsachsen).

Jedes Bein ist mit folgenden Komponenten ausgerüstet:

- Aktor
- Referenz- und Endschalter
- Gelenke zur Anbindung an Grundplatte und Bewegungsplattform

Der Aktor enthält einen bürstenlosen DC-Motor mit inkrementellem Rotationsencoder und Spindel.

### 3.2.2 Referenzschalter und Endschalter

Der Referenzschalter eines Beins funktioniert unabhängig von den Winkelpositionen der Beinenden und von den Längen der anderen Beine.

Bei Aktivierung eines Endschalters wird die Stromversorgung des Motors ausgeschaltet, um den Hexapod vor Schäden durch Fehlfunktionen zu schützen.

### 3.2.3 Steuerung

Der Hexapod ist für den Betrieb mit einem geeigneten Controller von PI (S. 13) vorgesehen. Mit dem Controller können Bewegungen für einzelne Achsen, für Kombinationen von Achsen oder für alle sechs Achsen gleichzeitig in einem einzigen Bewegungsbefehl kommandiert werden.

Der Controller berechnet aus den vorgegebenen Zielpositionen für die Translations- und Rotationsachsen die Einstellungen für die einzelnen Beine. Die Geschwindigkeiten und Beschleunigungen der Beine werden so berechnet, dass alle Beine zur selben Zeit starten und stoppen.

Wenn der Hexapod mit inkrementellen Encodern ausgestattet ist, muss er nach dem Einschalten oder dem Neustart des Controllers eine Referenzierungsfahrt absolvieren, bei der jedes Bein seinen Referenzschalter anfährt. Nach der Referenzierungsfahrt befindet sich die Bewegungsplattform in der Referenzposition und kann zu absoluten Zielpositionen kommandiert werden.

Für einen Hexapod mit absolut messenden Sensoren ist keine Referenzierungsfahrt erforderlich.

Weitere Informationen finden Sie im Benutzerhandbuch des Controllers.

### 3.2.4 Bewegung

Die Plattform bewegt sich entlang der Translationsachsen und um die Rotationsachsen.

Die Translationsachsen werden mit X, Y und Z bezeichnet.

Die Rotationsachsen können folgende Bezeichnungen haben:

Verwendung	Rotation um X	Rotation um Y	Rotation um Z
Controller, PIHexapodEmulator, PIVirtualMove, Handbücher Wenn vorhanden: Koordinatenwürfel	U	V	W

Verwendung	Rotation um X	Rotation um Y	Rotation um Z
Datentabelle des Hexapods	$\theta X$	$\theta Y$	$\theta Z$
Messprotokoll des Hexapods, Abbildungen des Koordinatensystems	A A (rot X)	B B (rot Y)	C C (rot Z)

Mit dem Controller können eigene Koordinatensysteme definiert und anstelle des werkseitig voreingestellten Koordinatensystems verwendet werden.

Werkseitige und benutzerdefinierte Koordinatensysteme sind immer rechtshändige Systeme. Die Umwandlung eines rechtshändigen Systems in ein linkshändiges System ist **nicht** möglich.

Nachfolgend wird das Verhalten des Hexapods mit dem werkseitig voreingestellten Koordinatensystem beschrieben. Die Arbeit mit benutzerdefinierten Koordinatensystemen ist im Benutzerhandbuch C887T0007 beschrieben.

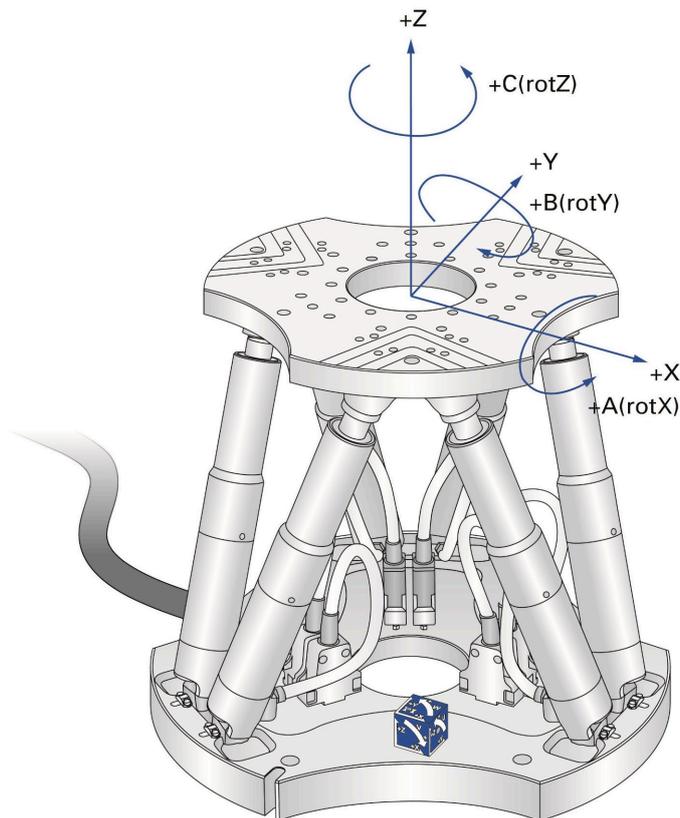


Abbildung 2: Koordinatensystem eines Hexapods. Das Koordinatensystem ist zur besseren Übersicht oberhalb der Plattform dargestellt.

### Translation

Translationen werden im raumfesten Koordinatensystem beschrieben. Die Translationsachsen X, Y und Z treffen sich im Ursprung des Koordinatensystems (0,0,0). Weitere Informationen finden Sie im Glossar (S. 47).

## Rotation

Rotationen erfolgen um die Rotationsachsen U, V und W. Die Rotationsachsen treffen sich im Drehpunkt (auch „Pivotpunkt“). Die Rotationsachsen und damit auch der Drehpunkt bewegen sich immer zusammen mit der Plattform des Hexapods (siehe auch das untenstehende Beispiel zu aufeinanderfolgenden Rotationen).

Eine beliebige Rotation im Raum wird aus den Einzelrotationen in der Reihenfolge  $U > V > W$  berechnet.

Weitere Informationen zum Drehpunkt finden Sie im Glossar (S. 47).

### INFORMATION

Die Maßzeichnung (S. 42) enthält Folgendes:

- Ausrichtung des werkseitigen Koordinatensystems
- Lage des werkseitigen Drehpunkts

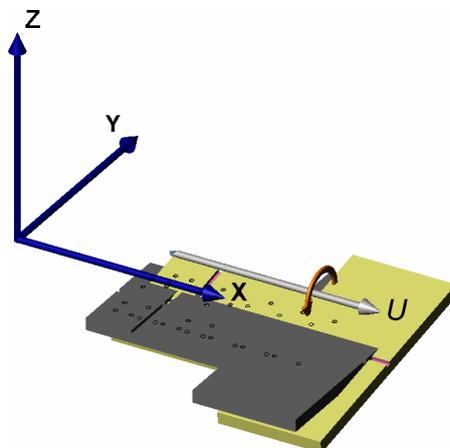
### Beispiel: Aufeinanderfolgende Rotationen

Für eine übersichtlichere Darstellung sind die Abbildungen wie folgt angepasst:

- Runde Plattform durch T-förmige Plattform ersetzt
- Koordinatensystem versetzt dargestellt
- Drehpunkt in der oberen linken Ecke der Plattform

1. Die U-Achse wird zur Position 10 kommandiert.

Die Rotation um die U-Achse verkippt die Rotationsachsen V und W.

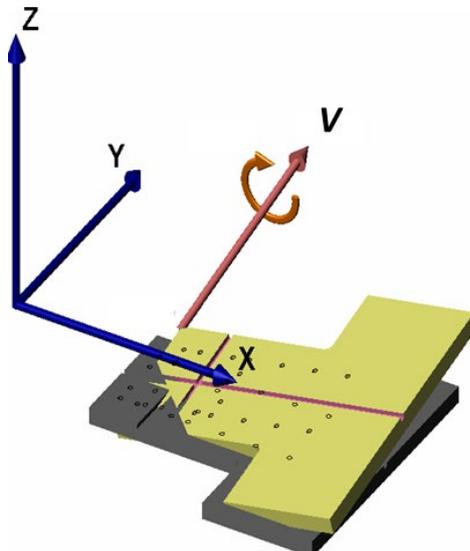


- Plattform in Referenzposition
- Plattformposition:  $U = 10$  (U parallel zur raumfesten X-Achse)

2. Die V-Achse wird zur Position  $-10$  kommandiert.

Die Rotation erfolgt um die bei der vorangegangenen Rotation verkippte Rotationsachse V.

Die Rotation um die V-Achse verkippt die Rotationsachsen U und W.

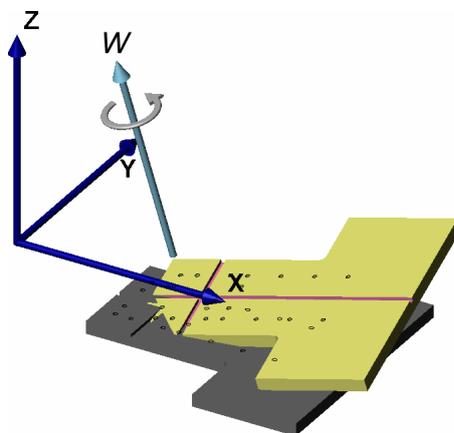


- Plattform in Referenzposition
- Plattformposition:  $U = 10, V = -10$  (U und V parallel zur Plattformebene)

3. Die W-Achse wird zur Position  $10$  kommandiert.

Die Rotation erfolgt um die bei den vorangegangenen Rotationen verkippte Rotationsachse W. Die W-Achse ist immer senkrecht zur Plattformebene.

Die Rotation um die W-Achse verkippt die Rotationsachsen U und V.



- Plattform in Referenzposition
- Plattformposition:  $U = 10, V = -10, W = 10$  (U und V parallel zur Plattformebene, W senkrecht zur Plattformebene)

Weitere Daten zu den Stellwegen finden Sie im Abschnitt "Spezifikationen" (S. 37).

### 3.2.5 ID-Chip

Der Hexapod enthält einen ID-Chip, auf dem der Hexapodtyp, die Seriennummer und das Herstellungsdatum gespeichert sind. Die Daten werden beim Einschalten oder Neustart des Controllers vom ID-Chip geladen. In Abhängigkeit von den geladenen Daten behält der Controller die aktuelle Konfiguration bei oder installiert eine neue Konfiguration.

Für den einfachen Austausch sind die Konfigurationsdaten aller Standard-Hexapoden werkseitig auf jedem Standard-Controller gespeichert (z. B. Geometriedaten und Regelungsparameter). Die Konfigurationsdaten für kundenspezifische Hexapoden sind nur dann auf dem Controller gespeichert, wenn Hexapod und Controller zusammen ausgeliefert werden, oder wenn PI vor der Auslieferung des Controllers entsprechend informiert wurde.

Weitere Informationen und Anwendungshinweise finden Sie in der Dokumentation des Controllers.

## 3.3 Lieferumfang

Bestellnummer	Komponenten
H-820	Hexapod gemäß Ihrer Bestellung
Verpackung, bestehend aus:	
Innerer und äußerer Karton Polster aus Schaumstoff und Wellpappe Palette	
Dokumentation, bestehend aus:	
H820T0001	Anleitung zum Auspacken des Hexapods
MS247EK	Kurzanleitung für Hexapod-Systeme
Schraubensätze und Werkzeug:	
000034605	Montagezubehör: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 6 Zylinderschrauben M6x30 ISO 4762</li> <li>▪ 1 Sechskantschlüssel 5,0 DIN 911</li> </ul>
000077312	Doppelmaulschlüssel 10 x 13 mm DIN 895
000036450	Zubehör zum Anschluss an das Erdungssystem: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1 Flachkopfschraube mit Kreuzschlitz M4x8 ISO 7045</li> <li>▪ 2 Unterlegscheiben Form A-4,3 DIN 7090</li> <li>▪ 2 Sicherungsscheiben Schnorr Ø 4 mm N0110</li> </ul>

Beachten Sie, dass die Anschlusskabel zur Verbindung des H-820 mit der Elektronik separat bestellt werden müssen.

### 3.4 Optionales Zubehör

Bestellnummer	Datenübertragungskabel, verfügbare Längen
C-815.82D02	Datenübertragungskabel für Hexapoden, schleppkettentauglich, HD D-Sub 78 m/w, 2 m
C-815.82D03	Datenübertragungskabel für Hexapoden, schleppkettentauglich, HD D-Sub 78 m/w, 3 m
C-815.82D05	Datenübertragungskabel für Hexapoden, schleppkettentauglich, HD D-Sub 78 m/w, 5 m
C-815.82D07	Datenübertragungskabel für Hexapoden, schleppkettentauglich, HD D-Sub 78 m/w, 7,5 m
C-815.82D10	Datenübertragungskabel für Hexapoden, schleppkettentauglich, HD D-Sub 78 m/w, 10 m
C-815.82D20	Datenübertragungskabel für Hexapoden, schleppkettentauglich, HD D-Sub 78 m/w, 20 m

Bestellnummer	Stromversorgungskabel, verfügbare Längen
C-815.82P02A	Stromversorgungskabel für Hexapoden, schleppkettentauglich, M12 m/w abgewinkelt, 2 m
C-815.82P03A	Stromversorgungskabel für Hexapoden, schleppkettentauglich, M12 m/w abgewinkelt, 3 m
C-815.82P05A	Stromversorgungskabel für Hexapoden, schleppkettentauglich, M12 m/w abgewinkelt, 5 m
C-815.82P07A	Stromversorgungskabel für Hexapoden, schleppkettentauglich, M12 m/w abgewinkelt, 7,5 m
C-815.82P10A	Stromversorgungskabel für Hexapoden, schleppkettentauglich, M12 m/w abgewinkelt, 10 m
C-815.82P20A	Stromversorgungskabel für Hexapoden, schleppkettentauglich, M12 m/w abgewinkelt, 20 m

Wenden Sie sich für Bestellungen an den Kundendienst (S. 35).

### 3.5 Geeignete Controller

Modell	Bezeichnung
C-887.52	6-Achs-Controller für Hexapoden, TCP/IP, RS-232, Tischgerät, inkl. Ansteuerung von zwei Zusatzachsen
C-887.521	6-Achs-Controller für Hexapoden, TCP/IP, RS-232, Tischgerät, inkl. Ansteuerung von zwei Zusatzachsen, Analogeingänge
C-887.522	6-Achs-Controller für Hexapoden, TCP/IP, RS-232, Tischgerät, inkl. Ansteuerung von zwei Zusatzachsen, Motion Stop
C-887.523	6-Achs-Controller für Hexapoden, TCP/IP, RS-232, Tischgerät, inkl. Ansteuerung von zwei Zusatzachsen, Motion Stop, Analogeingänge
C-887.53	6-Achs-Controller für Hexapoden, TCP/IP, RS-232, Tischgerät, inkl. Ansteuerung von zwei Zusatzachsen, EtherCAT-Schnittstelle
C-887.531	6-Achs-Controller für Hexapoden, TCP/IP, RS-232, Tischgerät, inkl. Ansteuerung von zwei Zusatzachsen, EtherCAT-Schnittstelle, Analogeingänge
C-887.532	6-Achs-Controller für Hexapoden, TCP/IP, RS-232, Tischgerät, inkl. Ansteuerung von zwei Zusatzachsen, EtherCAT-Schnittstelle, Motion Stop
C-887.533	6-Achs-Controller für Hexapoden, TCP/IP, RS-232, Tischgerät, inkl. Ansteuerung von zwei Zusatzachsen, EtherCAT-Schnittstelle, Motion Stop, Analogeingänge

Wenden Sie sich für Bestellungen an den Kundendienst (S. 35).

## 4 Auspacken

Der Hexapod wird in einer speziellen Verpackung mit angepassten Schaumstoffeinsätzen geliefert.

### HINWEIS



#### Unzulässige mechanische Belastung!

Unzulässige mechanische Belastung kann den Hexapod beschädigen.

- Versenden Sie den Hexapod nur in der Originalverpackung.
- Halten Sie den Hexapod nur an der Grundplatte.

#### Hexapod auspacken

- Gehen Sie vor wie in H820T0001 (im Lieferumfang (S. 12)) beschrieben.

#### Verpackung aufbewahren

- Bewahren Sie das **komplette** Verpackungsmaterial für den Fall auf, dass das Produkt später transportiert werden muss.



## 5 Installation

### 5.1 Allgemeine Hinweise zur Installation

Der Hexapod kann in beliebiger Orientierung montiert werden.

#### HINWEIS



#### Unzulässige mechanische Belastung und Kollisionen!

Unzulässige mechanische Belastung und Kollisionen zwischen Hexapod, zu bewegender Last und Umgebung können den Hexapod beschädigen.

- Halten Sie den Hexapod nur an der Grundplatte.
- Ermitteln Sie mit dem Simulationsprogramm PIVirtualMove vor der ersten Installation von Hexapod und Last die zulässigen Posen. Für die Definition einer zulässigen Pose siehe "Zulässige Posen ermitteln" (S. 18).
- Wiederholen Sie die Ermittlung der zulässigen Posen, wenn Sie den Hexapod-Typ wechseln und vor jeder Änderung von Einbaulage, zu bewegender Last, externen Kräften und Momenten oder verwendetem Koordinatensystem.
- Wenn Sie ein eigenes Koordinatensystem definieren und anstelle des werkseitig eingestellten Koordinatensystems verwenden: Beachten Sie, dass das Simulationsprogramm PIVirtualMove bei der Verwendung benutzerdefinierter Koordinatensysteme engere Stellwegsgrenzen berechnet als der Controller. Wenn Sie das Kommandieren von Posen vermeiden wollen, die außerhalb der von PIVirtualMove berechneten Stellwegsgrenzen liegen:
  - Ermitteln Sie mit dem Controller durch Abfragen mit dem Befehl `TRA?`, ob Posen kommandiert werden können, die außerhalb der von PIVirtualMove berechneten Stellwegsgrenzen liegen.
  - Wenn notwendig, setzen Sie im Controller mit den Befehlen `NLM` und `PLM` Verfahrbereichsgrenzen entsprechend den von PIVirtualMove berechneten Stellwegsgrenzen.
- Stellen Sie bei der Installation des Hexapods und der Last sicher, dass der tatsächliche Systemaufbau dem Systemaufbau entspricht, für den Sie im Simulationsprogramm PIVirtualMove die zulässigen Posen ermittelt haben.
- Vermeiden Sie bei der Installation hohe Kräfte und Momente auf die Bewegungsplattform.
- Sorgen Sie für eine unterbrechungsfreie Stromversorgung, um eine ungewollte Deaktivierung des Hexapod-Systems und daraus resultierende ungewollte Positionsänderungen des Hexapods zu vermeiden.
- Stellen Sie sicher, dass im Arbeitsraum des Hexapods keine Kollisionen zwischen Hexapod, zu bewegender Last und Umgebung möglich sind.

## 5.2 Zulässige Posen ermitteln

Um Schäden am Hexapod zu vermeiden, dürfen nur zulässige Posen kommandiert werden. Für die Ermittlung zulässiger Posen gemäß der folgenden Definition ist das Simulationsprogramm PIVirtualMove vorgesehen:

Eine Pose ist zulässig, wenn sie mit dem verwendeten Systemaufbau (Einbaulage des Hexapods, zu bewegendes Last, externe Kräfte und Momente) und dem verwendeten Koordinatensystem von allen der sechs Achsen X, Y, Z, U, V, W erreicht werden kann **und** die zulässige Belastung der Beine **nicht** überschritten wird.

### Werkzeug und Zubehör

- PC mit Windows-Betriebssystem, auf dem das Simulationsprogramm PIVirtualMove installiert ist.

### Zulässige Posen des Hexapods ermitteln

- Folgen Sie den Anweisungen im PIVirtualMove-Handbuch (SM163E).

### **INFORMATION**

Das Simulationsprogramm PIVirtualMove berechnet die zulässigen Posen auf Basis der maximalen Nutzlast des Hexapods (= Grenzwert bei eingeschaltetem Servomodus). Die maximale Haltekraft bei ausgeschaltetem Servomodus basiert auf der Selbsthemmung der Aktoren in den Hexapod-Beinen und fällt geringer aus als die maximale Nutzlast.

### **INFORMATION**

Die Belastung der Hexapod-Beine variiert in Abhängigkeit von folgenden Faktoren:

- Aktivierungszustand des Servomodus im Controller
- Einbaulage des Hexapods
- Zu bewegendes Last: Masse und Position des Massenschwerpunkts auf der Bewegungsplattform
- An der Bewegungsplattform angreifende Kräfte und Momente
- Von der Bewegungsplattform im Betrieb anzufahrende Posen (Translations- und Rotationskoordinaten)

## 5.3 Hexapod erden

Der Hexapod ist nicht über das Stromversorgungskabel geerdet. Wenn eine Funktionserdung zum Potentialausgleich erforderlich ist:

1. Schließen Sie die Grundplatte an das Erdungssystem an:
  - Verwenden Sie zum Anschließen das mitgelieferte Zubehör (S. 12) und die mit dem Symbol für den Erdanschluss gekennzeichnete Bohrung M4 (S. 42).

2. Schließen Sie die Bewegungsplattform an das Erdungssystem an:
  - Verwenden Sie zum Anschließen eine der Montagebohrungen in der Bewegungsplattform (S. 42).  
oder
  - Wenn die Bewegungsplattform und die Last leitend miteinander verbunden sind, schließen Sie die Last an das Erdungssystem an.

## 5.4 Hexapod auf Unterlage befestigen

### HINWEIS



#### Unzulässige mechanische Belastung!

Unzulässige mechanische Belastung kann den Hexapod beschädigen.

- Halten Sie den Hexapod nur an der Grundplatte.

### HINWEIS



#### Verspannen der Grundplatte!

Ungeeignete Montage kann die Grundplatte verspannen. Ein Verspannen der Grundplatte verringert die Genauigkeit.

- Montieren Sie den Hexapod auf ebener Grundfläche. Die empfohlene Ebenheit der Grundfläche beträgt 300 µm.

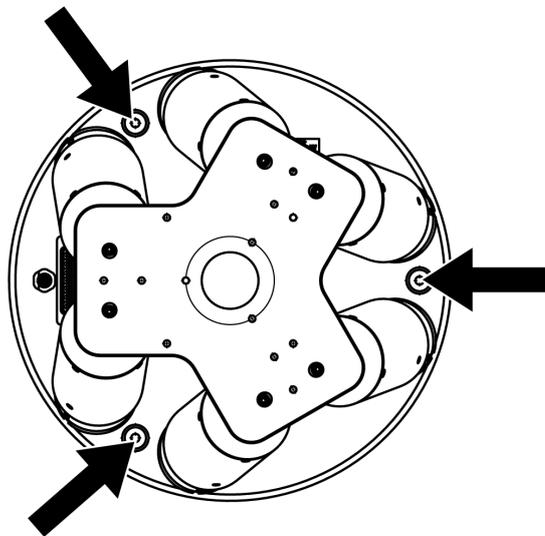


Abbildung 3: Montagebohrungen in der Grundplatte

### Voraussetzungen

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

### Werkzeug und Zubehör

- Sechskantschlüssel 5,0 und drei der mitgelieferten Schrauben (S. 12).

### Hexapod befestigen

1. Bringen Sie in die Unterlage drei Gewindebohrungen M6 für die Montage mit Schrauben M6x30 ein.  
  
Die Anordnung der Montagebohrungen in der Grundplatte des Hexapods können Sie der Maßzeichnung (S. 42) und der entsprechenden Abbildung entnehmen.
2. Befestigen Sie den Hexapod an den drei Montagebohrungen in der Grundplatte mit den mitgelieferten Schrauben M6x30.

## 5.5 Last auf Hexapod befestigen

### HINWEIS



#### Unzulässige mechanische Belastung und Kollisionen!

Unzulässige mechanische Belastung und Kollisionen zwischen Hexapod, zu bewegender Last und Umgebung können den Hexapod beschädigen.

- Stellen Sie bei der Installation des Hexapods und der Last sicher, dass der tatsächliche Systemaufbau dem Systemaufbau entspricht, für den Sie im Simulationsprogramm PIVirtualMove die zulässigen Posen ermittelt haben
- Vermeiden Sie bei der Installation hohe Kräfte und Momente auf die Bewegungsplattform.
- Stellen Sie sicher, dass im Arbeitsraum des Hexapods keine Kollisionen zwischen Hexapod, zu bewegender Last und Umgebung möglich sind.

### HINWEIS



#### Zu lange Schrauben!

Zu tief eingebrachte Schrauben können den Hexapod beschädigen.

- Beachten Sie bei der Wahl der Schraubenlänge die Dicke der Bewegungsplattform bzw. die Tiefe der Montagebohrungen (S. 42) zusammen mit der zu montierenden Last.
- Verwenden Sie nur Schrauben, die nach dem Einschrauben nicht unter der Bewegungsplattform herausragen.
- Befestigen Sie den Hexapod und die Last nur an den dafür vorgesehenen Montagevorrichtungen (Bohrungen).

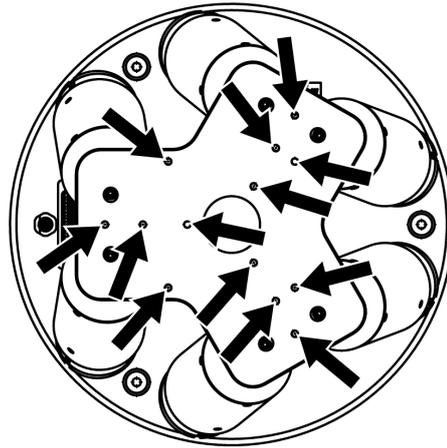


Abbildung 4: Montagebohrungen M6 in der Bewegungsplattform

### Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Installation gelesen und verstanden (S. 17).
- ✓ Sie haben die zulässigen Posen des Hexapods ermittelt (S. 18).
- ✓ Sie haben die Last und die Umgebung des Hexapods so gestaltet, dass die zulässige Belastung des Hexapods eingehalten wird und keine Kollisionen auftreten können.

### Werkzeug und Zubehör

- Mindestens drei Schrauben M6 geeigneter Länge
- Geeignetes Werkzeug zur Befestigung der Schrauben

### Last befestigen

1. Richten Sie die Last so aus, dass mindestens drei Montagebohrungen in der Bewegungsplattform für die Befestigung verwendet werden können.  
Die Anordnung der Montagebohrungen in der Bewegungsplattform des Hexapods können Sie der Maßzeichnung (S. 42) und der entsprechenden Abbildung entnehmen.
2. Befestigen Sie die Last mit den Schrauben an den ausgewählten Montagebohrungen in der Bewegungsplattform.

## 5.6 Optional: Koordinatenwürfel entfernen

Sie können den Koordinatenwürfel von der Grundplatte des Hexapods entfernen.

### Werkzeug und Zubehör

- Sechskant-Schraubendreher SW 2,0

### Koordinatenwürfel entfernen

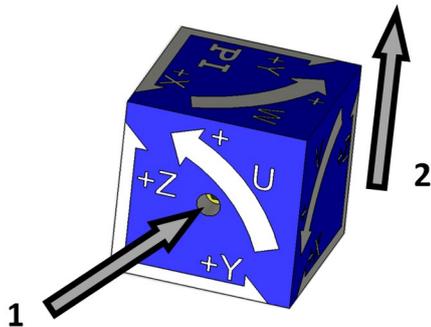


Abbildung 5: Koordinatenwürfel entfernen

1. Lösen Sie den Gewindestift M4x8.
2. Ziehen Sie den Koordinatenwürfel nach oben von der Grundplatte weg.

## 5.7 Hexapod an Controller anschließen

### Voraussetzungen

- ✓ Der Controller ist **ausgeschaltet**, d.h. der Ein-/Ausschalter befindet sich in der Stellung .

### Werkzeug und Zubehör

- Datenübertragungskabel und Stromversorgungskabel, erhältlich als Zubehör (S. 13)

### Hexapod an Controller anschließen

- Verbinden Sie Hexapod und Controller miteinander:
  - Achten Sie auf die Zuordnung, die durch die Beschriftung von Buchsen, Steckern und Kabeln vorgegeben ist.
  - Beachten Sie die mechanische Kodierung von Steckern und Buchsen.
  - Wenden Sie keine Gewalt an.

- Sichern Sie die Steckverbindungen mit den integrierten Schrauben gegen unbeabsichtigtes Abziehen.

**Standardverkabelung**

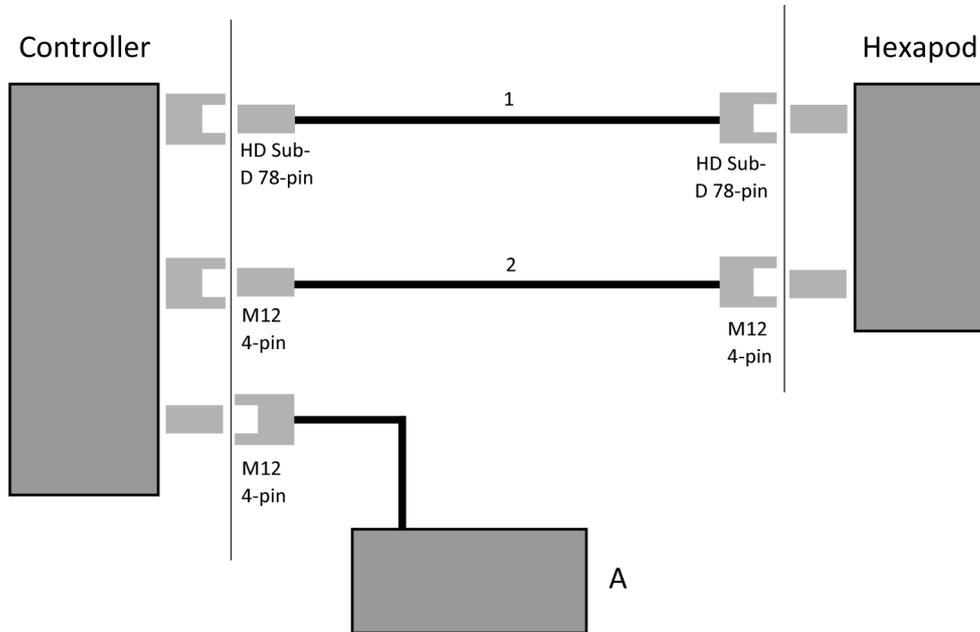


Abbildung 6: Anschlussschema

	Einbaustecker / Stecker, männlich
	Buchse / Kupplung, weiblich
Controller	Siehe "Geeignete Controller (S. 13)"
Hexapod	H-820.D2
A	Netzteil aus dem Lieferumfang des Controllers, Ausgang 24 V DC
1	Datenübertragungskabel
2	Stromversorgungskabel



## 6 Inbetriebnahme

### 6.1 Allgemeine Hinweise zur Inbetriebnahme

#### VORSICHT



##### Quetschgefahr durch bewegte Teile!

Zwischen den bewegten Teilen des Hexapods und einem feststehenden Teil oder Hindernis besteht die Gefahr von leichten Verletzungen durch Quetschung.

- Halten Sie Ihre Finger von Bereichen fern, in denen sie von bewegten Teilen erfasst werden können.

#### HINWEIS



##### Falsche Konfiguration des Controllers!

Die vom Controller verwendeten Konfigurationsdaten (z. B. Geometriedaten und Regelparameter) müssen auf den Hexapod abgestimmt sein. Bei Verwendung falscher Konfigurationsdaten kann der Hexapod durch unkontrollierte Bewegungen oder Kollisionen beschädigt werden.

Eine Anpassung der Konfigurationsdaten findet beim Einschalten oder Neustart des Controllers anhand der vom ID-Chip geladenen Daten statt.

- Nachdem Sie die Kommunikation über TCP/IP oder RS-232 hergestellt haben, senden Sie den Befehl `CST?`. Die Antwort zeigt an, auf welchen Hexapod der Controller abgestimmt ist.
- Betreiben Sie den Hexapod nur mit einem Controller, dessen Konfigurationsdaten auf den Hexapod abgestimmt sind.

#### HINWEIS



##### Schäden durch Kollisionen!

Kollisionen können den Hexapod, die zu bewegende Last und die Umgebung beschädigen.

- Stellen Sie sicher, dass im Arbeitsraum des Hexapods keine Kollisionen zwischen Hexapod, zu bewegender Last und Umgebung möglich sind.
- Platzieren Sie keine Gegenstände in Bereichen, in denen sie von bewegten Teilen erfasst werden können.
- Kommandieren Sie nur zulässige Posen. Für die Definition einer zulässigen Pose siehe "Zulässige Posen ermitteln" (S. 18).
- Halten Sie bei einer Fehlfunktion des Controllers die Bewegung sofort an.

## 6.2 Hexapod-System in Betrieb nehmen

### Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die allgemeinen Hinweise zur Inbetriebnahme gelesen und verstanden (S. 25).
- ✓ Sie haben den Hexapod korrekt installiert, d. h. entsprechend den Anweisungen in "Installation" (S. 17) den Hexapod auf einer Unterlage befestigt, die Last auf dem Hexapod befestigt und den Hexapod am Controller angeschlossen.
- ✓ Sie haben das Benutzerhandbuch des Controllers gelesen und verstanden.

### Zubehör

- PC mit geeigneter Software (siehe Benutzerhandbuch des Controllers)

### Hexapod-System in Betrieb nehmen

1. Nehmen Sie den Controller in Betrieb (siehe Benutzerhandbuch des Controllers).
2. Steuern Sie einige Bewegungszyklen zum Test (siehe Benutzerhandbuch des Controllers).

## 7 Wartung

PI bietet für all seine Produkte eine Auswahl an Rundum-Serviceleistungen, von denen viele dafür konzipiert wurden, die Lebensdauer und Betriebszeit zu erhöhen:

- Remote-Setup des Systems: Ein Experte stellt sicher, dass Ihr System optimiert wird und perfekt läuft.
- Return-to-Base-Programme zur vorbeugenden Wartung: Proaktive Verifizierung des Zustandes und der Leistung Ihres Systems.
- Kundentraining: Stellt sicher, dass das System über die gesamte Lebensdauer optimal läuft.

Wenden Sie sich an Ihre PI Vertretung, wenn Sie mehr über die umfassenden Servicevorteile erfahren möchten.

### HINWEIS



#### Schäden durch falsche Wartung!

Der Hexapod kann durch falsche Wartung dejustiert werden. Dadurch können sich die Spezifikationen ändern (S. 37).

- Lösen Sie Schrauben nur entsprechend den Anleitungen in diesem Handbuch.

Abhängig von den Einsatzbedingungen und der Einsatzdauer des Hexapods sind die folgenden Wartungsmaßnahmen erforderlich.

### 7.1 Wartungsfahrt durchführen

Häufige Bewegungen über einen eingeschränkten Stellweg können dazu führen, dass das Schmiermittel auf der Antriebsspindel ungleichmäßig verteilt ist.

- Führen Sie in regelmäßigen Abständen eine Wartungsfahrt über den gesamten Stellweg durch (siehe Benutzerhandbuch des Controllers). Je öfter Bewegungen über einen eingeschränkten Stellweg durchgeführt werden, desto kürzer muss der zeitliche Abstand der Wartungsfahrten sein.

## 7.2

### Hexapod reinigen

#### Voraussetzungen

- ✓ Sie haben die Kabel für Datenübertragung und Stromversorgung vom Hexapod entfernt.

#### Hexapod reinigen

- Wenn notwendig, reinigen Sie die Oberflächen des Hexapods mit einem Tuch, das leicht mit einem milden Reinigungs- oder Desinfektionsmittel angefeuchtet wurde.

## 7.3 Hexapod für den Transport verpacken

### HINWEIS



#### Unzulässige mechanische Belastung!

Unzulässige mechanische Belastung kann den Hexapod beschädigen.

- Versenden Sie den Hexapod nur in der Originalverpackung.
- Halten Sie den Hexapod nur an der Grundplatte.

### HINWEIS



#### Schäden durch Anwendung hoher Kräfte!

Hexapod-Beine mit Direktantrieb können im Fehlerfall vorsichtig von Hand bewegt werden. Blockierte Beine können durch Gewaltanwendung beschädigt werden.

- Wenn ein oder mehrere Beine des Hexapods blockiert sind, bewegen Sie den Hexapod **nicht** von Hand.
- Wenn Sie den Hexapod von Hand bewegen, vermeiden Sie die Anwendung hoher Kräfte.

#### Zubehör

- Originalverpackung (S. 12)

#### Hexapod deinstallieren

1. Kommandieren Sie eine Bewegung des Hexapods zur Transportposition:  
 $X = Y = Z = U = V = W = 0$
2. Deinstallieren Sie das Hexapod-System:
  - a) Entfernen Sie die Last von der Bewegungsplattform des Hexapods.
  - b) Schalten Sie den Controller aus.

- c) Entfernen Sie das Datenübertragungskabel und das Stromversorgungskabel vom Controller.
- d) Lösen Sie alle Verbindungen zwischen den fest am Hexapod installierten Kabeln und dem verwendeten Kabelsatz, und entfernen Sie die Kabel aus allen Befestigungen (z. B. Steckerhalter).
- e) Entfernen Sie den Hexapod von der Unterlage.

#### **Hexapod verpacken**

- Gehen Sie vor wie in H820T0001 (im Lieferumfang (S. 12)) beschrieben.



## 8 Störungsbehebung

Störung: Unerwartetes Verhalten des Hexapods	
Mögliche Ursachen	Maßnahmen zur Behebung
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kabel defekt</li> <li>▪ Pin verbogen</li> <li>▪ Steck- oder Lötverbindung gelöst</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Überprüfen Sie Datenübertragungs- und Stromversorgungskabel.</li> <li>➤ Ersetzen Sie die Kabel durch Kabel gleichen Typs und testen Sie die Funktion des Hexapods.</li> <li>➤ Wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 35).</li> </ul>

Störung: Hexapod erreicht nicht die spezifizierte Wiederholgenauigkeit	
Mögliche Ursachen	Maßnahmen zur Behebung
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verspannte Bewegungsplattform</li> <li>▪ Verspannte Grundplatte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Montieren Sie den Hexapod auf einer ebenen Grundfläche (S. 19).</li> <li>➤ Montieren Sie nur Lasten mit einer ebenen Grundfläche.  Die empfohlene Ebenheit der Grundfläche beträgt 300 µm.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mangelschmierung aufgrund kleiner Bewegungen über einen langen Zeitraum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Führen Sie eine Wartungsfahrt über den gesamten Stellweg durch (S. 27).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Äußere Störeinflüsse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Stellen Sie sicher, dass keine Schwingungen auf das System übertragen werden.</li> <li>➤ Stellen Sie sicher, dass keine Kräfte, zum Beispiel auch durch geschleppte Kabel, die Bewegung der Deckplatte beeinträchtigen.</li> <li>➤ Stellen Sie sicher, dass sich das System in einem thermischen Gleichgewicht befindet.</li> </ul>

Störung: Ablaufgenauigkeit ist schlecht	
Mögliche Ursachen	Maßnahmen zur Behebung
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unpassende Regelungsparameter für Anwendung</li> <li>▪ Systemverhalten hat sich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Führen Sie eine Parametertuning durch.</li> <li>➤ Wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 35).</li> </ul>

Störung: Ablaufgenauigkeit ist schlecht	
Mögliche Ursachen	Maßnahmen zur Behebung
verändert durch zunehmende Leichtgängigkeit	

Störung: Hexapod bewegt sich nicht	
Mögliche Ursachen	Maßnahmen zur Behebung
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fremdkörper ist in die Antriebsspindel geraten</li> <li>▪ Motor defekt</li> <li>▪ Sensor defekt</li> <li>▪ Gelenk gebrochen oder blockiert</li> <li>▪ Last zu groß</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Führen Sie einen Beintest durch (siehe Benutzerhandbuch des Controllers). Führen Sie den Beintest in der Referenzposition durch, sofern die Störung nicht in maximaler oder minimaler Auslenkung der Plattform in Z auftritt.</li> <li>➤ Wenden Sie sich an unseren Kundendienst (S. 35).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mechanik wird nicht mit Spannung versorgt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Überprüfen Sie das Stromversorgungskabel.</li> <li>➤ Übersprüfen Sie, falls vorhanden, das Netzteil der Mechanik.</li> <li>➤ Überprüfen Sie das Power-Good-Signal des Hexapods. Optionen:                         <ul style="list-style-type: none"> <li>– Öffnen Sie in PIMikroMove® das Fenster <b>Diagnostic Information</b> über den Menüeintrag <b>C-887 &gt; Show diagnostic information...</b></li> <li>– Senden Sie den Befehl <code>DIA?</code></li> </ul> </li> </ul> <p>Bedeutung der angezeigten Informationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1 (Hexapod powered):                         <ul style="list-style-type: none"> <li>– = 1 - Stromversorgung für die Antriebe des Hexapods vorhanden</li> <li>– = 0 - Stromversorgung für die Antriebe des Hexapods unterbrochen</li> </ul> </li> <li>▪ 2 (Controller E-Stop activated):                         <ul style="list-style-type: none"> <li>– = 1 - 24-V-Ausgang des Controllers C-887.5xx ist aktiviert</li> <li>– = 0 - 24-V- Ausgang des Controllers C-887.5xx ist deaktiviert</li> </ul> </li> <li>▪ 3 (Temperature):                         <ul style="list-style-type: none"> <li>– = &lt;Temperaturwert&gt;</li> </ul> </li> <li>▪ 4 (Faulty point in waveform):                         <ul style="list-style-type: none"> <li>– = 1 - Fehlerhafter Punkt in Kurvenform</li> </ul> </li> </ul>

Störung: Hexapod bewegt sich nicht	
Mögliche Ursachen	Maßnahmen zur Behebung
	Weitere Informationen siehe Benutzerhandbuch des Controllers C-887.5xx.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Servomodus wurde durch einen Fehlerfall abgeschaltet</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Senden Sie den Befehl <code>SVO?</code>, um den Aktivierungszustand des Servomodus zu prüfen.</li> <li>2. Falls SVO 0 geantwortet wird, stellen Sie sicher, dass der Fehlerfall korrigiert wurde.</li> <li>3. Aktivieren Sie den Servo durch <code>SVO X</code>.</li> </ol>
<p>Bei Controller mit Buchse <b>E-Stop</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ An <b>E-Stop</b> ist nichts angeschlossen</li> <li>▪ "Break contact" ist aktiv an <b>E-Stop</b></li> </ul> <p>In beiden Fällen ist der Ausgang <b>24 V Out 7 A</b> des Controllers deaktiviert.</p>	<p>Controller mit Buchse <b>E-Stop</b> unterstützen die "Motion Stop"-Funktionalität, mit der die Bewegung des Hexapods durch externe Geräte (Pushbuttons, Schalter) gestoppt werden kann.</p> <p>➤ Überprüfen Sie den Zustand der E-Stop-Funktion: <code>dia?</code></p> <p>1= 1 {Hexapod powered} 2= 1 {E-stop activated} 3= +33.0 {Temperature} 4= -1 {Faulty Point in Waveform}</p> <p>oder über die <b>Diagnostic Information</b> in PIMikroMove®.</p> <p>Wenn Sie die "Motion Stop"-Funktionalität <b>nicht</b> verwenden:</p> <p>➤ Stellen Sie sicher, dass der Kurzschlussstecker C887B0038 aus dem Lieferumfang des Controllers an der Buchse <b>E-Stop</b> gesteckt ist.</p> <p>Wenn Sie die "Motion Stop"-Funktionalität verwenden:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Überprüfen Sie Ihr System und vergewissern Sie sich, dass der Hexapod gefahrlos bewegt werden kann.</li> <li>2. Aktivieren Sie den Ausgang <b>24 V Out 7 A</b> mit "Make contact" (Details siehe Handbuch des Controllers). Wenn Sie die Motion-Stop-Box C-887.MSB von PI verwenden: Drücken Sie zuerst den Pilzdrucktaster, um ihn zu entriegeln, und danach die grüne Drucktaste.</li> <li>3. Schalten Sie für die Hexapodachsen den Servomodus ein. Verwenden Sie den Befehl SVO oder die entsprechenden Bedienelemente in der PC-Software. Hinweis: Eine erneute Referenzierungsfahrt ist nicht erforderlich</li> </ol>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Falsche oder fehlende Konfigurationsdaten</li> </ul>	<p>➤ Senden Sie den Befehl <code>CST?</code>. Die Antwort zeigt an, auf welchen Hexapod der Controller abgestimmt ist.</p> <p>➤ Stellen Sie mit <code>DBG? choosehexapod {Hexapodtyp}</code> den</p>

Störung: Hexapod bewegt sich nicht	
Mögliche Ursachen	Maßnahmen zur Behebung
	<p>richtigen Hexapoden ein.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Senden Sie den Befehl <code>ERR?</code>. Fehlercode „233“ in der Antwort zeigt an, dass die Konfigurationsdaten für den Hexapod auf dem Controller fehlen. Kontaktieren Sie unseren Kundendienst (S. 35), um gültige Konfigurationsdaten zu erhalten.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die Bewegungsplattform befindet sich an einer Position außerhalb der Stellwegsgrenzen. Das Kommandieren einer zulässigen Zielposition erzeugt den Fehlercode 7 ("Position out of limits").</li> <li>▪ Bei Hexapoden mit absolut messenden Encodern ist keine Referenzierungsfahrt möglich.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erstellen Sie ein KSD-Koordinatensystem, welches die kartesischen Limits nicht berücksichtigt und erweitern Sie die Bein-Verfahrwege, um wieder in einen zulässigen Bewegungsraum zu gelangen:</li> </ul> <p>Abfragen der aktuellen Limits:</p> <pre>SPA? 1 0x30 (neg) SPA? 1 0x15 (pos)</pre> <p>Die Antwort mit 1,5 multiplizieren und später diesen Wert wie unten beschrieben setzen (hier zum Beispiel 30 / -30 )</p> <pre>ksd limit z 0 ken limit spa 1 0x30 -30 2 0x30 -30 3 0x30 -30 4 0x30 -30 5 0x30 -30 6 0x30 -30 spa 1 0x15 30 2 0x15 30 3 0x15 30 4 0x15 30 5 0x15 30 6 0x15 30 svo x 1 mov z -5 oder mov z 5</pre> <p>je nachdem, in welcher Endlage der Hexapod steht (oben oder unten).</p> <pre>KEN 0</pre> <p>Wenn der Hexapod sich wieder in Richtung Mitte bewegt hat, starten Sie das System neu (<code>rbt</code>).</p>

Störung: Hexapod startet keine Referenzierungsfahrt	
Mögliche Ursachen	Maßnahmen zur Behebung
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Der Hexapod ist mit absolut messenden Encodern ausgestattet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Der Befehl <code>FRF</code> startet für Achsen mit absolut messenden Sensoren keine Referenzierungsfahrt, sondern setzt die Zielpositionen auf die aktuellen Positionswerte.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bewegungen sind generell nicht möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Überprüfen Sie, ob eine der Ursachen vorliegt, die unter "Der Hexapod bewegt sich nicht." genannt werden.</li> </ul>

Wenn die Störung Ihres Hexapods nicht in der Tabelle aufgeführt ist oder wenn sie nicht wie beschrieben behoben werden kann, kontaktieren Sie unseren Kundendienst (S. 35).

## 9 Kundendienst

Wenden Sie sich bei Fragen und Bestellungen an Ihre PI Vertretung oder schreiben Sie uns eine E-Mail (<mailto: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. 2) bereit.



## 10 Technische Daten

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

### 10.1 Spezifikationen

#### 10.1.1 Datentabelle

Bewegen	H-820.D2	Toleranz
Aktive Achsen	X   Y   Z   $\theta X$   $\theta Y$   $\theta Z$	
Stellweg in X	$\pm 50$ mm	
Stellweg in Y	$\pm 50$ mm	
Stellweg in Z	$\pm 25$ mm	
Rotationsbereich in $\theta X$	$\pm 15^\circ$	
Rotationsbereich in $\theta Y$	$\pm 15^\circ$	
Rotationsbereich in $\theta Z$	$\pm 30^\circ$	
Maximale Geschwindigkeit in X	20 mm/s	
Maximale Geschwindigkeit in Y	20 mm/s	
Maximale Geschwindigkeit in Z	20 mm/s	
Maximale Winkelgeschwindigkeit in $\theta X$	200 mrad/s	
Maximale Winkelgeschwindigkeit in $\theta Y$	200 mrad/s	
Maximale Winkelgeschwindigkeit in $\theta Z$	200 mrad/s	
Typische Geschwindigkeit in X	2 mm/s	
Typische Geschwindigkeit in Y	2 mm/s	
Typische Geschwindigkeit in Z	2 mm/s	
Typische Winkelgeschwindigkeit in $\theta X$	20 mrad/s	
Typische Winkelgeschwindigkeit in $\theta Y$	20 mrad/s	
Typische Winkelgeschwindigkeit in $\theta Z$	20 mrad/s	
<b>Positionieren</b>	<b>H-820.D2</b>	<b>Toleranz</b>
Kleinste Schrittweite in X	5 $\mu\text{m}$	typ.
Kleinste Schrittweite in Y	5 $\mu\text{m}$	typ.
Kleinste Schrittweite in Z	5 $\mu\text{m}$	typ.
Kleinste Schrittweite in $\theta X$	12,5 $\mu\text{rad}$	typ.

Positionieren	H-820.D2	Toleranz
Kleinste Schrittweite in $\theta Y$	12,5 $\mu\text{rad}$	typ.
Kleinste Schrittweite in $\theta Z$	12,5 $\mu\text{rad}$	typ.
Unidirektionale Wiederholgenauigkeit in X	$\pm 1,5 \mu\text{m}$	typ.
Unidirektionale Wiederholgenauigkeit in Y	$\pm 1,5 \mu\text{m}$	typ.
Unidirektionale Wiederholgenauigkeit in Z	$\pm 0,5 \mu\text{m}$	typ.
Unidirektionale Wiederholgenauigkeit in $\theta X$	$\pm 8 \mu\text{rad}$	typ.
Unidirektionale Wiederholgenauigkeit in $\theta Y$	$\pm 8 \mu\text{rad}$	typ.
Unidirektionale Wiederholgenauigkeit in $\theta Z$	$\pm 25 \mu\text{rad}$	typ.
Umkehrspiel in X	30 $\mu\text{m}$	typ.
Umkehrspiel in Y	30 $\mu\text{m}$	typ.
Umkehrspiel in Z	3 $\mu\text{m}$	typ.
Umkehrspiel in $\theta X$	30 $\mu\text{rad}$	typ.
Umkehrspiel in $\theta Y$	30 $\mu\text{rad}$	typ.
Umkehrspiel in $\theta Z$	300 $\mu\text{rad}$	typ.
Integrierter Sensor	Inkrementeller Rotationsencoder	

Antriebseigenschaften	H-820.D2	Toleranz
Antriebstyp	Bürstenloser DC-Motor	
Nennspannung	24 V	

Mechanische Eigenschaften	H-820.D2	Toleranz
Maximale Nutzlast, beliebige Ausrichtung	10 kg	
Maximale Nutzlast, horizontale Ausrichtung	20 kg	
Maximale Haltekraft, passiv, beliebige Ausrichtung	5 N	
Maximale Haltekraft, passiv, horizontale Ausrichtung	200 N	
Gesamtmasse	15 kg	
Material	Aluminium	

Anschlüsse und Umgebung	H-820.D2	Toleranz
Betriebstemperaturbereich	0 bis 50 °C	

<b>Anschlüsse und Umgebung</b>	<b>H-820.D2</b>	<b>Toleranz</b>
Anschluss Datenübertragung	HD D-Sub 78 (m)	
Anschluss Versorgungsspannung	M12 4-polig (m)	
Empfohlene Controller / Treiber	C-887.5x	

Anschlusskabel sind nicht im Lieferumfang enthalten und müssen separat bestellt werden.

Sonderausführungen auf Anfrage.

Bei der Vermessung der Positionsspezifikationen wird die typische Geschwindigkeit verwendet. Die Daten werden als Messprotokoll mit dem Produkt ausgeliefert und bei PI vorgehalten.

Die maximalen Stellwege der einzelnen Koordinaten (X, Y, Z, θX, θY, θZ) sind voneinander abhängig. Die Daten für jede Achse zeigen jeweils ihren maximalen Stellweg, wenn alle anderen Achsen auf der Nullposition des Nominalstellweges stehen und das werkseitige Koordinatensystem verwendet wird, beziehungsweise wenn der Pivotpunkt auf 0,0,0 gesetzt ist.

Technische Daten werden bei PI bei 22 ±3 °C spezifiziert. Die angegebenen Werte gelten im unbelasteten Zustand, wenn nicht anders angegeben. Teilweise sind Eigenschaften voneinander abhängig. Die Angabe "typ." kennzeichnet einen statistischen Mittelwert für eine Eigenschaft; sie gibt keinen garantierten Wert für jedes ausgelieferte Produkt an. Bei der Ausgangsprüfung eines Produkts werden nicht alle, sondern nur ausgewählte Eigenschaften geprüft. Beachten Sie, dass sich einige Produkteigenschaften mit zunehmender Betriebsdauer verschlechtern können.

### 10.1.2 Spezifikationen Datenübertragungs- und Stromversorgungskabel

Die folgende Tabelle listet die technischen Daten aller optional verfügbaren Kabelsätze auf, unabhängig davon, ob sie für die Hexapoden H-820 geeignet sind. Eine Auswahl geeigneter Kabelsätze finden Sie in "Optionales Zubehör" (S. 13).

#### Datenübertragungs- und Stromversorgungskabel

<b>Datenübertragungskabel</b>	<b>Stromversorgungskabel, einseitig abgewinkelter Stecker</b>	<b>Stromversorgungskabel, gerade Stecker</b>
Alle Hexapodtypen	H-820, H-824, H-825, H-840, H-850	H-810, H-811, H-206
C-815.82D02	C-815.82P02A	C-815.82P02E
C-815.82D03	C-815.82P03A	C-815.82P03E
C-815.82D05	C-815.82P05A	C-815.82P05E
C-815.82D07	C-815.82P07A	C-815.82P07E
C-815.82D10	C-815.82P10A	C-815.82P10E
C-815.82D20	C-815.82P20A	C-815.82P20E

Die Modelle unterscheiden sich bezüglich folgender Merkmale:

1. Kabeltyp
2. Länge
3. Steckertyp (nur Stromkabel)

In der Produktnummer sind diese Merkmale durch die Stellen nach dem C-815.82 wie folgt verschlüsselt:

Stelle nach dem C-815.82	Bedeutung	Mögliche Werte
Erste Stelle	Kabeltyp	D – Datenübertragungskabel P – Stromversorgungskabel
Zweite Stelle	Länge	02 – 2 m 03 – 3 m 05 – 5 m 07 – 7,5 m 10 – 10 m 20 – 20 m
Dritte Stelle	Steckertyp (nur Stromversorgungskabel)	A – abgewinkelter Steckverbinder E – gerader Steckverbinder

Allgemein		Einheit
Kabellänge L	2 / 3 / 5 / 7,5 / 10 / 20	m
Maximale Geschwindigkeit	3	m/s
Maximale Beschleunigung	5	m/s <sup>2</sup>
Maximale Anzahl Biegezyklen	1 Mio.	
Betriebstemperaturbereich	-10 bis +70	°C

Stromversorgungskabel, gerade Stecker		Einheit
Minimaler Biegeradius in einer Schleppkette	49	mm
Minimaler Biegeradius bei der Festinstallation	24,5	mm
Außendurchmesser	4,9	mm
Stecker	M12 m/w	

Stromversorgungskabel, abgewinkelter Stecker			Einheit
Kabellänge L	3	2 / 5 / 7,5 / 10 / 20	m
Minimaler Biegeradius in einer Schleppkette	72	94	mm
Minimaler Biegeradius bei der Festinstallation	36	57	mm
Außendurchmesser	7,2	7,5	mm
Stecker	M12 m/w		

Datenübertragungskabel		Einheit
Minimaler Biegeradius in einer Schleppkette	107	mm
Minimaler Biegeradius bei der Festinstallation	81	mm
Außendurchmesser	10,7	mm
Stecker	HD D-Sub78 m/w	

Kabellängen über 20 m erfordern zusätzliche Leistungstreiber.

## 10.2 Bemessungsdaten

Der Hexapod ist für folgende Betriebsgrößen ausgelegt:

Maximale Betriebsspannung		Maximale Betriebsfrequenz (unbelastet)		Maximale Stromaufnahme	
24 V DC		---		5 A	

## 10.3 Umgebungsbedingungen und Klassifizierungen

Verschmutzungsgrad	2
Luftdruck	1100 hPa bis 780 hPa
Transporttemperatur	-25 °C bis +85 °C
Lagertemperatur	0 °C bis 70 °C
Luftfeuchte	Höchste relative Luftfeuchte 80 % bei Temperaturen bis 31 °C, linear abnehmend bis relative Luftfeuchte 50 % bei 40 °C
Schutzart gemäß IEC 60529	IP20
Einsatzbereich	Nur zur Verwendung in Innenräumen
Maximale Höhe	2000 m

## 10.4 Abmessungen

Abmessungen in mm.

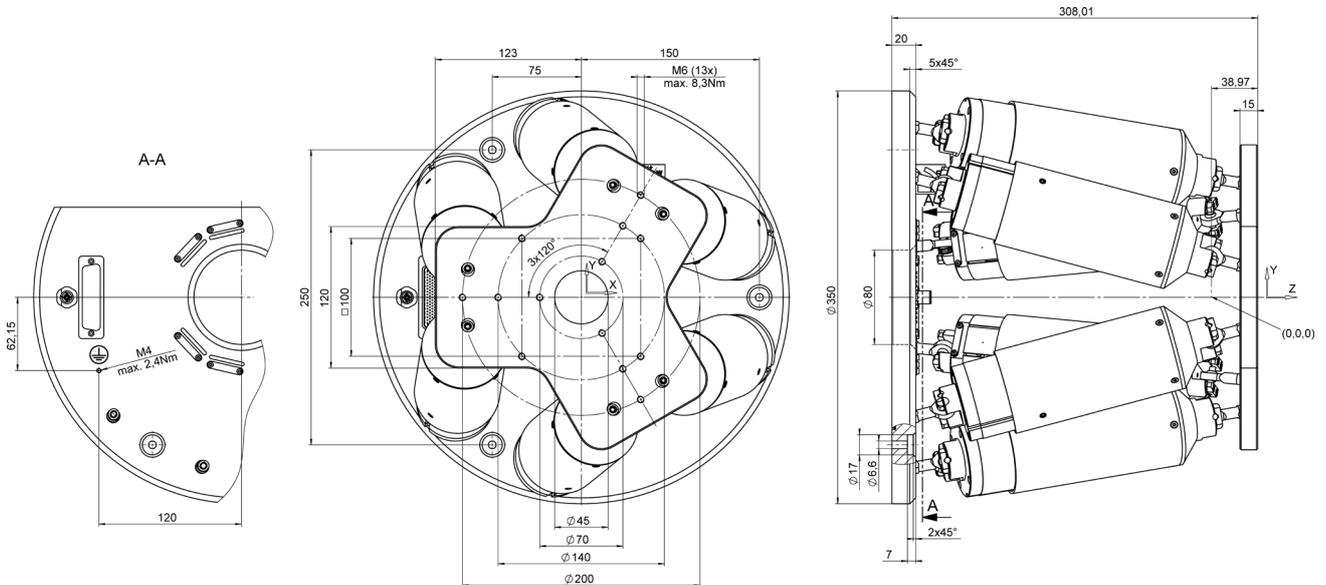


Abbildung 7: H-820.D2 Hexapod, bei Nullposition des Nominalstellweges

Wenn für Koordinatensystem und Drehpunkt die Werkseinstellungen des Controllers verwendet werden, entspricht die Abbildung des Hexapods der Position  $X=Y=Z=U=V=W=0$ .

Die (0,0,0)-Koordinaten bezeichnen den Ursprung des Koordinatensystems. Der Drehpunkt für Rotationen liegt im Ursprung des Koordinatensystems, wenn die Werkseinstellungen für Koordinatensystem und Drehpunkt verwendet werden und sich der Hexapod in der Position  $X=Y=Z=U=V=W=0$  befindet.

## 10.5 Pinbelegung

### 10.5.1 Anschluss zur Stromversorgung

Stromversorgung über 4-poligen M12-Einbaustecker

Pin	Funktion	
1	GND	
2	GND	
3	24 V DC	
4	24 V DC	

### 10.5.2 Anschluss zur Datenübertragung

Datenübertragung zwischen Hexapod und Controller

HD D-Sub 78 Einbaustecker

Funktion	
Alle Signale: TTL	

#### Pinbelegung

Pin	Pin	Signal
1		CH1 Sign IN
	21	CH1 Ref OUT
2		nc
	22	CH1 A+ OUT
3		CH1 A- OUT
	23	GND
4		CH2 Sign IN
	24	CH2 Ref OUT
5		nc
	25	CH2 A+ OUT

Pin	Pin	Signal
40		CH1 MAGN IN
	60	CH1 LimP OUT
41		CH1 LimN OUT
	61	CH1 B+ OUT
42		CH1 B- OUT
	62	GND
43		CH2 MAGN IN
	63	CH2 LimP OUT
44		CH2 LimN OUT
	64	CH2 B+ OUT

Pin	Pin	Signal
6		CH2 A- OUT
	26	GND
7		CH3 Sign IN
	27	CH3 Ref OUT
8		nc
	28	CH3 A+ OUT
9		CH3 A- OUT
	29	GND
10		CH4 Sign IN
	30	CH4 Ref OUT
11		nc
	31	CH4 A+ OUT
12		CH4 A- OUT
	32	GND
13		CH5 Sign IN
	33	CH5 Ref OUT
14		nc
	34	CH5 A+ OUT
15		CH5 A- OUT
	35	GND
16		CH6 Sign IN
	36	CH6 Ref OUT
17		nc
	37	CH6 A+ OUT
18		CH6 A- OUT
	38	GND
19		ID Chip
	39	GND
20		24 V input

Pin	Pin	Signal
45		CH2 B- OUT
	65	GND
46		CH3 MAGN IN
	66	CH3 LimP OUT
47		CH3 LimN OUT
	67	CH3 B+ OUT
48		CH3 B- OUT
	68	GND
49		CH4 MAGN IN
	69	CH4 LimP OUT
50		CH4 LimN OUT
	70	CH4 B+ OUT
51		CH4 B- OUT
	71	GND
52		CH5 MAGN IN
	72	CH5 LimP OUT
53		CH5 LimN OUT
	73	CH5 B+ OUT
54		CH5 B- OUT
	74	GND
55		CH6 MAGN IN
	75	CH6 LimP OUT
56		CH6 LimN OUT
	76	CH6 B+ OUT
57		CH6 B- OUT
	77	GND
58		Brake/Enable drive
	78	GND
59		Power Good 24 V output

## 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 Altgeräts von PI, 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 Glossar

### **Benutzerdefinierte Koordinatensysteme**

Mit dem Controller können eigene Koordinatensysteme definiert und anstelle der werkseitig eingestellten Koordinatensysteme verwendet werden.

Die Arbeit mit benutzerdefinierten Koordinatensystemen und das Work-und-Tool-Konzept sind in der Technical Note C887T0007 beschrieben.

### **Arbeitsraum**

Die Gesamtheit aller Posen, die der Hexapod von der aktuellen Position aus anfahren kann, wird als Arbeitsraum bezeichnet.

Der Arbeitsraum kann durch folgende externe Faktoren eingeschränkt sein:

- Vorhandener Einbauraum
- Abmessungen und Position der Last

Um eine unzulässige mechanische Belastung des Hexapods zu vermeiden, müssen zusätzlich zum Arbeitsraum auch die Kräfte betrachtet werden, die an den Posen auf die Hexapod-Beine einwirken. Zulässige Posen können mit dem Simulationsprogramm PIVirtualMove berechnet werden.

### **Drehpunkt**

Der Drehpunkt beschreibt das Rotationszentrum (Schnittpunkt der Rotationsachsen U, V und W). Wenn die Werkseinstellungen für Koordinatensystem und Drehpunkt verwendet werden, liegt der Drehpunkt nach einer Referenzierungsfahrt im Ursprung des Koordinatensystems (0,0,0), siehe dazu die Maßzeichnung des Hexapods (S. 42).

Der Drehpunkt bewegt sich immer zusammen mit der Plattform.

In Abhängigkeit vom aktiven --> Betriebs-Koordinatensystem kann der Drehpunkt mit dem Befehl SPI aus dem Ursprung des Koordinatensystems heraus in X- und/oder Y- und/oder Z-Richtung verschoben werden. Der mit dem Befehl SPI verschiebbare Drehpunkt wird auch als "Pivotpunkt" bezeichnet.

### **Hexapod-System**

Die Kombination aus Hexapod, Controller, Kabeln und Netzteil(en) wird in diesem Handbuch als "Hexapod-System" bezeichnet.

**Pose**

Die räumliche Lage des Hexapods, d.h. die Kombination seiner Position und Orientierung im dreidimensionalen Raum, wird als "Pose" bezeichnet. Die Pose eines Hexapods wird durch sechs Koordinaten in Bezug auf ein rechtshändiges kartesisches Koordinatensystem definiert:

- Translationsachsen (auch als "lineare Achsen" bezeichnet): X, Y, Z
- Rotationsachsen: U, V, W

Eine Pose ist zulässig, wenn sie mit dem verwendeten Systemaufbau (Einbaulage des Hexapods, zu bewegende Last, externe Kräfte und Momente) und dem verwendeten Koordinatensystem von allen der sechs Achsen X, Y, Z, U, V, W erreicht werden kann **und** die zulässige Belastung der Beine **nicht** überschritten wird.

Zulässige Posen können mit dem Simulationsprogramm PIVirtualMove berechnet werden.

Für weitere mögliche Bezeichnungen der Achsen U, V und W siehe "Bewegung" (S. 8).

**Werkseitig voreingestelltes Koordinatensystem**

Die Achsen X, Y und Z des kartesischen Koordinatensystems sind raumfest, d.h. das Koordinatensystem bewegt sich nicht mit, wenn sich die Plattform des Hexapods bewegt. Die Achsen X, Y und Z werden auch als Translationsachsen bezeichnet.

Der Schnittpunkt der Achsen X, Y und Z des raumfesten kartesischen Koordinatensystems (0,0,0) wird als Ursprung bezeichnet.

Die Z-Achse steht senkrecht zur Grundplatte des Hexapods.

Die nachfolgenden Abbildungen des Hexapods H-810 als Beispiel verdeutlichen, dass sich das Koordinatensystem bei Bewegungen der Plattform nicht mitbewegt.

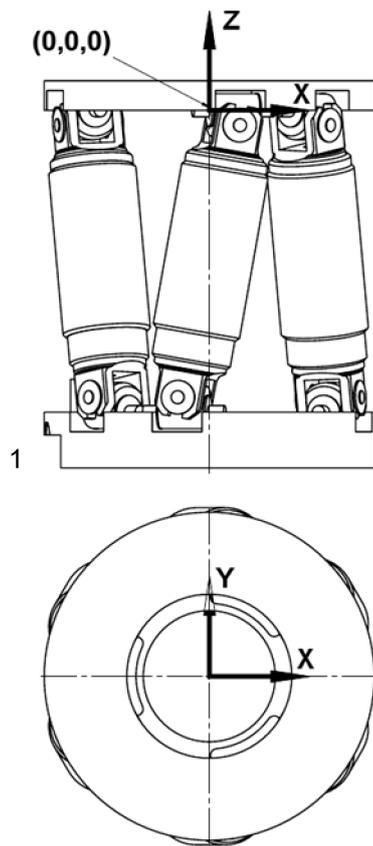


Abbildung 8: Hexapod in Referenzposition.

1 Kabelabgang

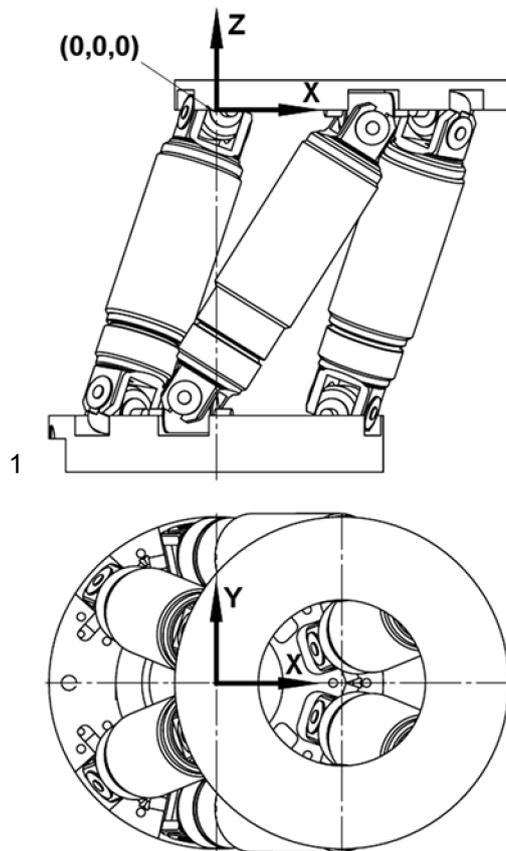


Abbildung 9: Hexapod, dessen Plattform in X bewegt wurde.

1 Kabelabgang

## 13 Anhang

### 13.1 Erläuterungen zum Testprotokoll

Der Hexapod wird vor Auslieferung auf Positioniergenauigkeit der Translationsachsen geprüft. Das Testprotokoll ist im Lieferumfang enthalten.

Die folgende Abbildung zeigt den verwendeten Testaufbau.

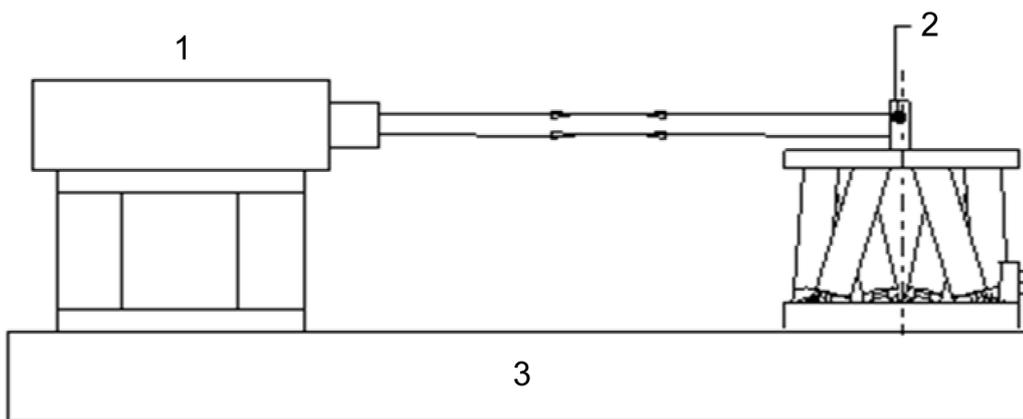


Abbildung 10: Testaufbau für die Messung der X- bzw. Y-Achse

- 1 Laser-Interferometer
- 2 Spiegel
- 3 Tisch

Die folgenden Testzyklen werden durchgeführt:

- Bewegung über den gesamten Stellweg mit mindestens 20 Messpunkten, in mindestens fünf Zyklen
- Bewegung über Teilstücke, z. B.  $\pm 1$  mm in Schritten von z. B. 100  $\mu\text{m}$

## 13.2 Europäische Konformitätserklärungen

Für den H-820 wurden Konformitätserklärungen gemäß den folgenden europäischen gesetzlichen Anforderungen ausgestellt:

EMV-Richtlinie

RoHS-Richtlinie

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

EMV: EN 61326-1

Sicherheit: EN 61010-1

RoHS: EN IEC 63000