

Servo- & Schrittmotorsteuerungen



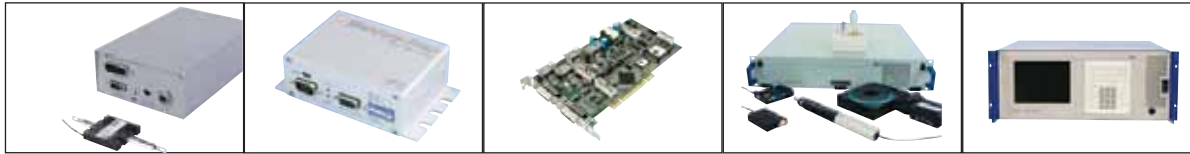
Modellübersicht: Motorsteuerungen

Für DC-Servo und Schrittmotoren, Piezomotoren und Hybridsysteme

PI bietet eine breite Auswahl an Steuerungen von Präzisions-Mikropositioniersystemen: Für klassische Schrittmotoren, keramische Linearmotoren und hybride Antriebe, die klassische Motortechnologie mit Piezoaktoren kombinieren, bis hin zur Handhabung von komplexen 6-Achsen-Bewegungen der parallelkinematischen Hexapoden. Standard-Automatisierungscontroller steuern bis zu 18 Achsen, in kundenspezifischen Steuerungen wurden bereits für bis zu 273 Achsen verwirklicht.

Modelle	Beschreibung	Achsen	Geeignete Motortypen	PC Interfaces	Seite
C-184 C-185	Treiberelektronik für PLine® Ultraschall-Piezolinearmotoren	1	PLine® Ultraschall-Piezomotoren	–	1-36
C-663	Mercury™ Step Schrittmotorsteuerung, kompakt, vernetzbar, preisgünstig	1, bis 16**	2-Phasen-Schrittmotor	RS-232, USB	4-112
C-863	Mercury™ Servocontroller, kompakt, vernetzbar, preisgünstig	1, bis 16**	DC-Servomotor	USB, RS-232	4-114
C-843	PCI-Motorsteuerkarte mit integrierten Servoverstärkern, PWM-Ausgänge	2, 4	DC-Servomotor, Tauchspulantrieb (Voice-Coil)	PCI Bus	4-120
C-848	DC-Motorsteuerung für 2 / 4 Achsen, 19 Zoll-Rack, integrierte Servoverstärker, PWM-Ausgänge	2, 4	DC-Servomotor	RS-232, TCP/IP	4-122
C-880	Automatisierungs-Controller, große Auswahl an Zubehör: I/O-Karten, Photometer, manuelle Bedieneinheit	4 - 18	DC-Servomotor, Piezoantrieb, Tauchspulantrieb (Voice-Coil)	RS-232, TCP/IP	4-124
C-702	Hybrid-Controller für simultane Ansteuerung von geregeltm DC-Servomotor und Piezoaktor	2	DC-Servomotor (PWM) mit integriertem Piezoantrieb	TCP/IP, RS-232, VGA, Keyboard	4-118
C-867	Controller für positionsgeregelte PLine® Hochgeschwindigkeits-Piezomotoren, vernetzbar	1 bis 16**	PLine® Ultraschall-Piezomotor	USB, RS-232	4-116
E-861	Controller für NEXACT® Piezoschreitantriebe und Positioniersysteme, vernetzbar	1 bis 16**	NEXACT® Piezoschreit-antriebe	USB, RS-232	1-20

**vernetzbar, über eine einzige Schnittstelle kommandierbar



C-184, C-185 PLine®
Treiberelektronik

C-663 Schrittmotorcontroller,
C-863 Servomotor-Controller

C-843 PCI- Motorsteuerkarte

C-848 DC-Motorsteuerung

C-880 Automatisierungs-
Controller



C-702 Hybrid-Controller

C-867 Controller für
Ultraschall-Piezomotoren

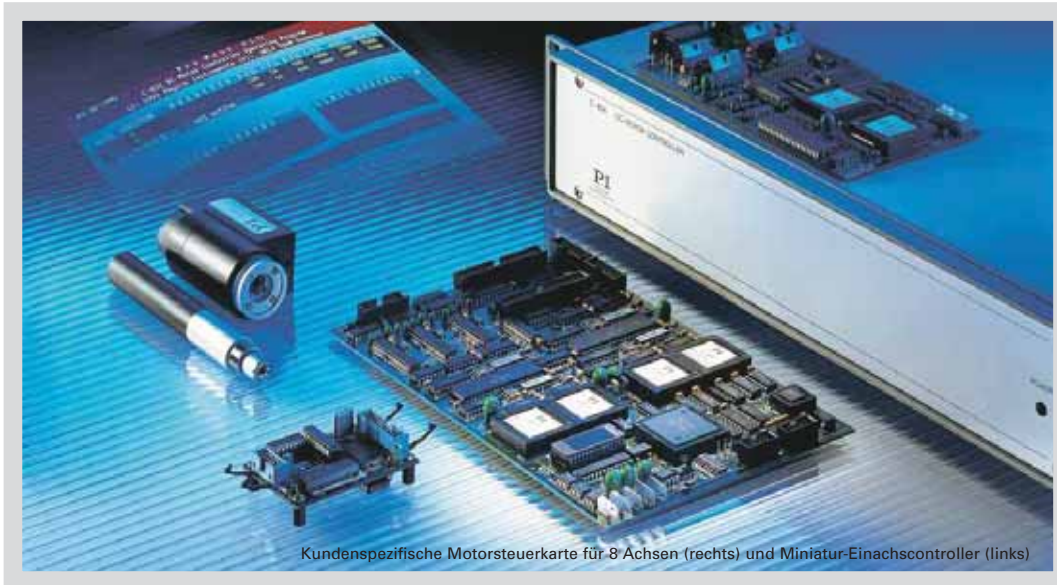
E-861 Controller für NEXACT®
Piezoschreitantriebe

Hexapod Controller für paral-
lelkinematische 6-Achsen-
systeme; RS-232, TCP/IP,
IEEE 488; optionales Display &
Keyboard; s. S. 4-3 ff

Steuerungen für Piezo Nanopositioniersysteme s. S. 2-99 ff

Zubehör s. S. 4-126

Motorsteuerungen für Mikropositioniersysteme



Kundenspezifische Motorsteuerkarte für 8 Achsen (rechts) und Miniatur-Einachscontroller (links)

PI bietet eine Reihe von Motor- und Ablaufsteuerungen für Präzisionsstellsysteme an. Kompakte Einachscontroller für Servo-, Schritt- und Piezomotoren sind ebenso erhältlich wie Steuerungen für komplexe Hexapod-Parallelkinematiken mit sechs Freiheitsgraden. Sondersysteme umfassen z.B. Controller für bis zu 273 Achsen. PI bietet auch innovative Hybrid-Controller an, die hochdynamisch Motor- und Piezoauslenkung über einen gemeinsamen Regelkreis steuern.

Positions- und Ablaufsteuerung: Systemlösungen von PI

Die hier gezeigten Motorsteuerungen sind speziell auf Mikrostellensysteme von PI abgestimmt. Mit diesen Mechaniken und der umfangreichen Software arbeiten sie im Plug-and-Play-Betrieb, alle notwendigen Kabel sind im System bereits enthalten. Einige Controller bieten die Möglichkeit der Vernetzung von bis zu 16 Achsen und mehr für einfache Skalierbarkeit. Neben den Standardsys-

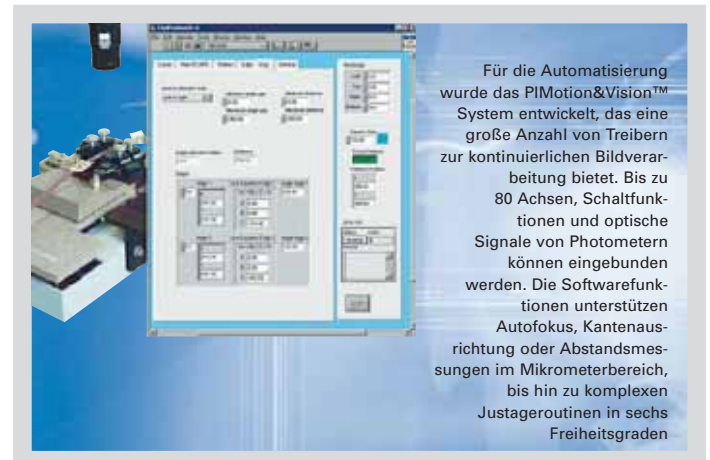
temen stehen Sondersysteme für mehrere Hundert Achsen zur Verfügung.

Integrierte Treiber

Alle Motorsteuerungen von PI sind mit integrierten Servoverstärkern bzw. Treibern ausgerüstet, um den Systemaufbau zu erleichtern und die Kosten zu reduzieren. Die DC-Motorsteuerungen bieten darüber hinaus PWM-Ausgänge, um externe Verstärker oder die integrierten ActiveDrive™ Verstärker der direkt getriebenen Stellische von PI (z.B. M-511.PD) zu bedienen.

Motorsteuerungen von PI

- Auswahl verschiedener Steuerungskonzepte
- Schrittmotorsteuerungen
- DC-Motorsteuerungen
- Steuerungen für Hybridantriebe mit klassischen DC-Servomotoren und Piezoaktoren
- Voice-Coil-Steuerungen
- Steuerungen für keramische Ultraschall-Piezoantriebe
- Steuerungen für PiezoWalk® Piezoschreitrantriebe (s. S. 1-3 ff)
- Hexapod-Steuerungen mit sechs Freiheitsgraden
- Automatisierungs-Controller
- Sondersteuerungen für bis zu 273 Kanäle



Für die Automatisierung wurde das PIMotion&Vision™ System entwickelt, das eine große Anzahl von Treibern zur kontinuierlichen Bildverarbeitung bietet. Bis zu 80 Achsen, Schaltfunktionen und optische Signale von Photometern können eingebunden werden. Die Softwarefunktionen unterstützen Autofokus, Kantenausrichtung oder Abstandsmessungen im Mikrometerbereich, bis hin zu komplexen Justageroutinen in sechs Freiheitsgraden

Linearantriebe & Aktoren

Nanostelltechnik / Piezoelektronik

Nanomesstechnik

Mikrostelltechnik

Hexapoden,
Parallelkinematiken

Linearversteller

Horizontalachsen (X)

Vertikalachsen (Z)

Mehrachsig

Rotations- u. Kippversteller

Zubehör

Servo- & Schrittmotorsteuerungen

Einkanalig

Hybrid

Mehrkanalig

Grundlagen der
Mikrostelltechnik

Index

C-663 Mercury™ Step Controller

1-Achsen-Schrittmotor-Controller – kompakt und vernetzbar



C-663 Mercury™ Step Schrittmotorsteuerung für besonders kostengünstige Positionierlösungen

- Flexibel und preisgünstig
- Stand-Alone-Betrieb
- Daisy-Chain-Vernetzbarkeit für Mehrachsenbetrieb
- Vernetzbar und kompatibel mit Mercury™ DC-Motorcontroller
- Joystick für manuelle Bedienung
- Nichtflüchtiger Makrospeicher
- Parameteränderung im Betrieb

Die Mercury™ Step Schrittmotorsteuerung von PI ist eine preisgünstige und einfach zu integrierende Einachsensteuerung für 2-Phasen-Schrittmotoren. Sie zeichnet sich aus durch einen sehr günstigen Preis bei hoher Flexibilität und Leistungsfähigkeit für Aufgaben wie Automatisierung

Anwendungsbeispiele

- Flexible Automatisierung
- Handling
- Qualitätskontrolle
- Testausrüstung
- Photonikanwendungen
- Faserpositionierung

und Handling. Durch die schnelle Vernetzbarkeit ist

der C-663 ideal für den Betrieb von Ein- und Mehrachsen-Mikropositioniersystemen geeignet. Der C-663 ergänzt den erfolgreichen C-863 Mercury™ DC-Motorcontroller.

Die 16-fache Interpolation im Mikroschrittbetrieb (6400 Schritte/U mit Schrittmotoren von PI) sorgt für einen vibrationsarmen Motorlauf bei guter Positionsauflösung.

Mehrachsenbetrieb von DC- und Schrittmotoren

Der Mercury™ Step Schrittmotorcontroller hat eine

gemeinsame Programmiersprache mit dem bewährten Mercury™ DC-Motorcontroller. Bis zu 16 Mercury™ (für DC- und Schrittmotoren) können vernetzt und über denselben Computer betrieben werden. Mercury™ Netzwerke sind flexibel und auch zu einem späteren Zeitpunkt erweiterbar.

Flexible Automatisierung

Der C-663 unterstützt Aufgaben bei Automatisierung und Handling durch eine Reihe von Merkmalen. Mit der leicht verständlichen Programmiersprache können Makros und zusammengesetzte Befehle im nichtflüchtigen Speicher gespeichert werden.

Zur leichten Synchronisation von Bewegungsabläufen mit internen oder externen Ereignissen dienen jeweils vier I/O-Leitungen. Als manuelle Bedienungshilfe kann ein Joystick angeschlossen werden.

Ein programmierbares „Auto-start“ Makro ermöglicht den Stand-Alone-Betrieb: Auch ohne externe Kommunikation erfolgt die automatische Ausführung interner Befehlsabläufe beim Einschalten.

Benutzerfreundlich: Umfangreiche Software und zwei Schnittstellen

Der Mercury™ Step hat eine USB-Schnittstelle zum bequemen Datenaustausch mit Laptop oder PC. Alternativ erleichtert eine RS-232 Schnittstelle die Einbindung in industrielle Anwendungen.

Die mitgelieferte Software ermöglicht den gleichzeitigen Betrieb mehrerer Controller. LabVIEW™-Treiber und Windows DLLs erleichtern Programmierern die Einbindung des Systems in eigene Anwendungen. Der Mercury™ Step ist

Bestellinformation

- C-663.10**
Mercury™ Step Schrittmotor Controller, 1 Kanal, mit Weitbereichsnetzteil (24 V)
- C-819.20**
Analoger Joystick für Mercury™ Controller, 2 Achsen
- C-819.20Y**
Y-Kabel für 2 Controller an C-819.20
- C-170.IO**
I/O-Kabel, 2 m, offene Enden
- C-170.PB**
Pushbutton Box mit 4 Tasten und 4 LEDs

auch mit dem Befehlssatz des PI-General Command Set (GCS) über eine DLL ansteuerbar. Mit GCS können unterschiedliche PI Controller wie Piezosteuerungen und Servocontroller mit minimalem Programmieraufwand vernetzt werden.

Lieferumfang

Jeder Mercury™ Step wird mit Weitbereichsnetzteil, RS-232 Kabel, USB-Kabel, Daisy-Chain Netzwerkkabel und umfangreicher Software ausgeliefert.



Mercury™ Step Controller mit M-403.62S Präzisions-Linearversteller

Technische Daten

Modell	C-663.10
Funktion	Schrittmotorsteuerung, „Stand-Alone“-Betrieb
Antriebsarten	2-Phasen-Schrittmotor
Kanäle	1
Bewegung und Regler	
Trajektorienprofile	Trapez, Punkt-zu-Punkt
Mikroschrittauflösung	1/16 Vollschritt
Endschalter	2 x TTL, programmierbar
Referenzschalter	1 x TTL, programmierbar
Motorbremse	1 x TTL, programmierbar
Elektrische Eigenschaften	
Betriebsspannung	15 bis 30 V
Strombegrenzung/Motorphase	1000 mA
Schnittstellen und Bedienung	
Schnittstelle/Kommunikation	USB, RS-232 (Busarchitektur)
Motoranschluss	Sub-D 15 (w)
Controllernetzwerk	Bis zu 16 Einheiten* an einer Schnittstelle
I/O-Leitungen	4 analoge/digitale Eingänge, 4 digitale Ausgänge
Befehlssatz	Mercury™ Command Set, GCS
Bedienersoftware	MMC Run, PIMikroMove®
Softwaretreiber	GCS (PI General Command Set)-DLL, LabVIEW-Treiber, native Mercury™ DLL
Unterstützte Funktionen	Start-Up Makro
Manuelle Bedienhilfe	Joystick, Y-Kabel für 2-D-Bewegungen, Pushbutton Box
Umgebung	
Betriebstemperaturbereich	0 bis 50 °C
Masse	0,3 kg
Abmessungen	130 x 76 x 40 mm ³

*16 Einheiten mit USB; mit RS-232 Ausgang 6 Einheiten

Linearantriebe & Aktoren

Nanostelltechnik / Piezoelektronik

Nanomesstechnik

Mikrostelltechnik

Hexapoden,
Parallelkinematiken

Linearversteller

Horizontalachsen (X)

Vertikalachsen (Z)

Mehrachsig

Rotations- u. Kippversteller

Zubehör

**Servo- & Schrittmotor-
steuerungen**

Einkanalig

Hybrid

Mehrkanalig

Grundlagen der
Mikrostelltechnik

Index

C-863 Mercury™ Servocontroller

1-Achsen-DC-Servomotor-Controller – kompakt und vernetzbar



Der C-863 Mercury™ DC-Motor Controller bietet neben USB- und RS-232-Schnittstelle auch einen Eingang für inkrementelle Encoder mit bis zu 20 MHz Bandbreite

- Flexibel und preisgünstig
- Servocontroller für DC-Motoren bis 30 W
- Hochgeschwindigkeits-Encodereingang bis 20 MHz
- Makroprogrammierbar für Stand-Alone-Betrieb
- Daisy-Chain-Vernetzbarkeit für bis zu 16 Achsen
- Nichtflüchtiger EEPROM für Makros und Parameter
- Digitale Ein-/Ausgänge (TTL)
- Steuersignal für Motorbremse
- Schnittstellen: RS-232 und USB
- Optionaler Joystick für manuelle Bedienung
- Kompatibel mit allen PI Mikropositionierern

Die Mercury™ DC-Motorsteuerung der neuesten Generation ist noch leistungsfähiger und vielseitiger als ihre Vorgänger. Sie verfügt über eine zusätzliche USB-Schnittstelle zum bequemen Datenaustausch mit Laptop oder PC. Alternativ ermöglicht eine RS-232 Schnittstelle die Einbindung in industrielle

Anwendungen. Durch den kompakten Aufbau und die integrierte Endstufe ist er ideal für den Betrieb von leistungsfähigen, preisgünstigen Mikropositioniersystemen geeignet.

Flexible Automatisierung

Mercury™ Systeme unterstützen Aufgaben bei Automatisierung und Handling durch eine Reihe von Merkmalen. So können beispielsweise Makros und zusammengesetzte Befehle im nichtflüchtigen Speicher abgelegt werden.

Ein programmierbares „Auto-start“ Makro ermöglicht den Stand-Alone-Betrieb ohne externe Kommunikation. Beim Einschalten erfolgt die automa-

tische Ausführung interner Befehlsabläufe.

Zur leichten Synchronisation von Bewegungsabläufen mit internen oder externen Ereignissen dienen jeweils vier I/O-Leitungen.

Mehrachsenbetrieb von DC- und Schrittmotoren

Bis zu 16 Mercury™ (für DC und Schrittmotoren) können vernetzt und über dieselbe Schnittstelle betrieben werden.

Mercury™ Netzwerke sind flexibel und auch zu einem späteren Zeitpunkt erweiterbar.

Leicht verständliche Programmierung

Alle Servo- und Schrittmotorcontroller der Mercury™ Familie sind mit dem Befehlssatz des PI-General Command Set (GCS) ansteuerbar. GCS ermöglicht den gemeinsamen Betrieb unterschiedlicher PI Controller wie Piezosteuerungen und Motorcontroller mit minimalem Programmieraufwand. Zusätzlich kann der C-863 auch mit dem nativen Kommandosatz angesteuert werden, der für frühere Mercury™ Controller entwickelt wurde.

Preiswerter durch integrierte Endstufen und PWM-Ausgänge

Alle von PI angebotenen Mikrostellensysteme mit DC-Motoren können ohne Zusatzverstärker betrieben werden, wodurch sich die Systemkosten und der Verkabelungsaufwand verringern. Leistungsausgänge und PWM-Steuereleitungen mit TTL-Pegeln stehen parallel auf dem Motorstecker zur Verfügung. Die integrierte Endstufe versorgt Systeme mit Getriebemotoren direkt mit Leistung.

Bestellinformation

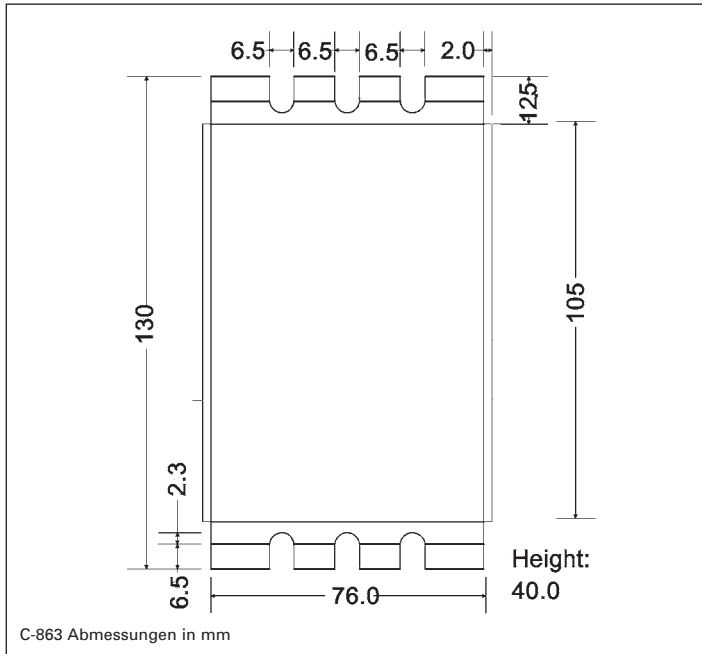
- C-863.10**
Mercury™ DC-Motor Controller, 1 Kanal, mit Weitbereichsnetzteil
- C-819.20**
Analoger Joystick für Mercury™ Controller, für 2 Achsen
- C-819.20Y**
Y-Kabel für 2 Controller an C-819.20
- C-170.PB**
I/O-Kabel, 2m, offene Enden
- C-170.PB**
Pushbutton Box mit 4 Tasten und 4 LED's

Lieferumfang

Jeder Controller wird mit einem Weitbereichsnetzteil, einem RS-232 Kabel, einem Daisy-Chain Netzwerkkabel und umfangreicher Software ausgeliefert.

Anwendungsbeispiele

- Faserpositionierung
- Automatisierung
- Photonik / Integrierte Optik
- Qualitätssicherung
- Testausrüstung



Technische Daten

Modell	C-863.10
Funktion	DC-Motorsteuerung, servogeregelt, 1 Kanal
Bewegung und Regler	
Reglertyp	P-I-D-Regler, Parameteränderung im Betrieb
Trajektorienprofile	Trapez, Punkt-zu-Punkt
Encodereingang	A/B Quadratur TTL-Pegel, einseitig geerdet oder differenziell gem. RS-422; 20 MHz
Blockiererkennung	Automatischer Motorstopp bei Überschreitung eines programmierbaren Positionsfehlers
Eingang Endschalter	2 x TTL (Pull-Up/Pull-Down, programmierbar)
Eingang Referenzschalter	1 x TTL
Motorbremse	1 x TTL, per Software schaltbar
Elektrische Eigenschaften	
Ausgangsleistung	max. 30 Watt (PWM)
Ausgangsspannung	0 bis 15 V
Stromaufnahme	80 mA + Motorstrom (max. 3 A)
Schnittstellen und Bedienung	
Schnittstelle / Kommunikation	USB, RS-232 (9-pol. [m] D-Sub)
Motoranschluss	D-Sub Stecker 15-pol (f)
Controllernetzwerk	Bis zu 16 Einheiten an einer Schnittstelle
I/O Leitungen	4 analoge/digitale Eingänge, 4 digitale Ausgänge (TTL)
Befehlssatz	Mercury Command Set, GCS (über DLL)
Bedienersoftware	PIMikroMove®, MMCRun
Softwaretreiber	GCS (PI General Command Set)-DLL, LabVIEW Treiber, native Mercury™ DLL
Besondere Funktionen	Start-Up Makro; interne Sicherheitsschaltung; Watchdog Timer
Manuelle Bedienhilfen (optional)	Pushbutton Box, Joystick (für 2 Achsen), Y-Kabel für 2-D-Bewegungen
Umgebung	
Betriebsspannung	15 bis 30 V im Lieferumfang: Externes Netzteil 15 V / 2 A
Betriebstemperaturbereich	+5 bis +50 °C
Masse	0,3 kg
Abmessungen	130 x 76 x 40 mm

Linearantriebe & Aktoren

Nanostechnik / Piezoelektronik

Nanomesstechnik

Mikrostelltechnik

Hexapoden,
Parallelkinematiken

Linearversteller

Horizontalachsen (X)

Vertikalachsen (Z)

Mehrachsig

Rotations- u. Kippversteller

Zubehör

**Servo- & Schrittmotor-
steuerungen**

Einkanalig

Hybrid

Mehrkanalig

Grundlagen der
Mikrostelltechnik

Index

C-867 Controller für PLine® Piezolinearantriebe Komplettgerät für Hochgeschwindigkeits-Ultraschall-Piezomotoren



C-867 Piezomotor Controller und äußerst flacher M-664 Positionierer mit integriertem keramischen PLine® Linearantrieb

- **Optimiert für PLine® Ultraschall-Piezolinearmotoren**
- **Breitbandige Encodeingänge ermöglichen hohe Geschwindigkeit und Auflösung**
- **PID-Regelung mit dynamischer Parameterumschaltung**
- **Integrierter Piezomotor-Leistungstreiber**
- **USB, RS-232 und analoge Schnittstellen (z. B. für Joystick)**
- **4 + 4 programmierbare TTL-Ein/Ausgänge für flexible Automatisierung**
- **Datenrekorder**
- **Daisy-Chain Vernetzbarkeit für bis zu 16 Achsen**
- **Leistungsfähige Makroprogrammiersprache, u. a. für Stand-Alone Betrieb**
- **Umfangreicher Softwaresupport, LabVIEW, DLL, ...**

Der C-867 Controller wurde speziell für geregelte Positioniersysteme mit PLine® Piezolinearmotor-Antrieben entwickelt. In das kompakte Gehäuse wurde neben den Komponenten zur Regelung und Kommunikation auch die Trei-

berelektronik für die piezokeramischen Motoren integriert.

Der Controller kann über einen Host-PC angesteuert werden. Die Kommunikation erfolgt dabei über eine USB oder RS-232 Schnittstelle. Alternativ zur Computersteuerung kann der Controller im autonomen Betrieb auch zuvor programmierte Makro-Befehle ausführen sowie manuell per Joystick oder Pushbutton Box bedient werden.

Hochspezialisierter PID-Regler

Der C-867 basiert auf einem hochspezialisierten DSP (Digital Signal Processor), der die

PID-Positionsregelung der Motoren durchführt. Piezolinearmotoren besitzen typische Bewegungseigenschaften, die ein abgestimmtes Regelverhalten erfordern. Daher schaltet der Controller automatisch zwischen Parametern für den dynamischen Betrieb und den statischen Betrieb um, für ein optimiertes Einschwingverhalten von wenigen 10 Millisekunden. Der breitbandige Encodeingang unterstützt mit einer Grenzfrequenz von 50 MHz die hohen Beschleunigungen und Geschwindigkeiten, durch die sich PLine® Antriebe auszeichnen, auch bei hohen Auflösungen.

Kompaktsystem mit integriertem Treiber

Zur Reduktion der Anzahl von Komponenten in einem PLine® Positioniersystem werden die Piezomotortreiber in die Controller integriert. Daher stehen verschiedene Controllervarianten abhängig vom anzutreibenden Piezomotor zur Verfügung. Beispielsweise enthält die Ausführung C-867.161 bereits die Treiberelektronik für die Ansteuerung des M-663 (s. S. 4-28) Mikrolinearverstellers.

Für die optimale Systemperformance werden die integrierten Treiber vor der Auslieferung auf die angeschlossenen Antriebe abgestimmt.

Software / Programmierung

Neben den Programmen zur Konfiguration, Inbetriebnahme und Systemoptimierung und für den Betrieb werden umfangreiche LabVIEW Treiber und DLL-Bibliotheken mitgeliefert.

Die Bedienersoftware PIMikroMove® bietet über das PITuningTool die Möglichkeit, die Systemperformance zu opti-

Bestellinformation

C-867.161
Piezomotorcontroller / Treiber, vernetzbar, für PLine® Systeme mit P-661 Motoren

C-867.164
Piezomotorcontroller / Treiber, vernetzbar, für PLine® Systeme mit P-664 Motoren

C-867.D64
Piezomotorcontroller / Treiber, vernetzbar, für PLine® Systeme mit RodDrive M-674 Antrieben

Zubehör:

C-819.20
Analoger Joystick, 2 Achsen

C-819.20Y
Y-Kabel für 2 Controller an C-819.20

C-170.PB
Pushbutton Box mit 4 Tasten und 4 LEDs

Sonderausführungen auf Anfrage!

mieren. Grafische Anzeigen spiegeln das Systemverhalten wider und erleichtern so die Einstellungen.

Vorteile von PLine® Mikrostellsystemen

Positioniersysteme, die mit keramischen Ultraschallantrieben der PLine® Serie ausgestattet sind, bieten einige Vorteile gegenüber Verstellern mit klassischen Antrieben:

- **Kompaktere Abmessungen**
- **Selbsthemmung im Ruhezustand / keine Halteströme**
- **Höhere Beschleunigungen bis 5 g**
- **Höhere Geschwindigkeiten bis 500 mm/s**
- **Keine Wellen, Zahnräder oder andere Verschleißteile**
- **Keine Schmierstoffe**
- **Nichtmagnetisches und vakuumtaugliches Funktionsprinzip**

Anwendungsbeispiele

- **Biotechnologie**
- **Faserpositionierung**
- **Automatisierung**
- **Photonik / Integrierte Optik**
- **Qualitätssicherung**
- **Testausrüstung**

Technische Daten

Modell	C-867.161	C-867.164	C-867.D64
Funktion	Controller / Treiber für PILine® Piezomotoren / Systeme	Controller / Treiber für PILine® Piezomotoren / Systeme	Controller / Treiber für PILine® Piezomotoren / Systeme
Antriebsarten	PILine® P-661 Motoren	PILine® P-664 Motoren	PILine® RodDrive M-674, 2 x P-664
Kanäle	1	1	1
Bewegung und Regler			
Reglertyp	Programmierbare PID V-ff Filter, Parameteränderung im Betrieb	Programmierbare PID V-ff Filter, Parameteränderung im Betrieb	Programmierbare PID V-ff Filter, Parameteränderung im Betrieb
Trajektorienprofile	Trapez	Trapez	Trapez
Encodereingang	A/B differenzielle Signale, 50 x 10 ⁶ Impulse/s	A/B differenzielle Signale, 50 x 10 ⁶ Impulse/s	A/B differenzielle Signale, 50 x 10 ⁶ Impulse/s
Blockiererkennung	Motorstopp, Regelung deaktiv, bei Überschreitung eines programmierbaren Positionsfehlers	Motorstopp, Regelung deaktiv, bei Überschreitung eines programmierbaren Positionsfehlers	Motorstopp, Regelung deaktiv, bei Überschreitung eines programmierbaren Positionsfehlers
Endschalter	2 programmierbare TTL-Leitungen	2 programmierbare TTL-Leitungen	2 programmierbare TTL-Leitungen
Referenzschalter	1 programmierbare TTL-Leitung (aktiv High/Low)	1 programmierbare TTL-Leitung (aktiv High/Low)	1 programmierbare TTL-Leitung (aktiv High/Low)
Elektrische Eigenschaften			
Ausgangsleistung	5 W	10 W	15 W
Ausgangsspannung	120 V _{pp} , 42 V _{rms}	168 V _{pp} , 60 V _{rms}	190 V _{pp} , 67 V _{rms}
Schnittstellen und Bedienung			
Schnittstelle / Kommunikation	USB, RS-232	USB, RS-232	USB, RS-232
Motoranschluss	MDR14	MDR14	MDR14
Controllernetzwerk	Bis zu 16 Einheiten an einer Schnittstelle	Bis zu 16 Einheiten an einer Schnittstelle	Bis zu 16 Einheiten an einer Schnittstelle
I/O Leitungen	4 analoge/digitale Eingänge, 4 digitale Ausgänge auf Mini DIN 9-pol. digital: TTL analog: 0 bis 5 V	4 analoge/digitale Eingänge, 4 digitale Ausgänge auf Mini DIN 9-pol. digital: TTL analog: 0 bis 5 V	4 analoge/digitale Eingänge, 4 digitale Ausgänge auf Mini DIN 9-pol. digital: TTL analog: 0 bis 5 V
Befehlssatz	PI General Command Set (GCS)	PI General Command Set (GCS)	PI General Command Set (GCS)
Bedienersoftware	PIMikroMove®	PIMikroMove®	PIMikroMove®
Softwaretreiber	GCS-DLL, LabVIEW-Treiber	GCS-DLL, LabVIEW-Treiber	GCS-DLL, LabVIEW-Treiber
Unterstützte Funktionen	Start-Up Makro, Makro, Datenrecorder zur Aufnahme von Betriebsgrößen wie Motorspannung, Geschwindigkeit, Position oder Positionsfehler	Start-Up Makro, Makro, Datenrecorder zur Aufnahme von Betriebsgrößen wie Motorspannung, Geschwindigkeit, Position oder Positionsfehler	Start-Up Makro, Makro, Datenrecorder zur Aufnahme von Betriebsgrößen wie Motorspannung, Geschwindigkeit, Position oder Positionsfehler
Manuelle Bedienhilfe	Pushbutton Box, Joystick (für 2 Achsen), Y-Kabel für 2-D-Bewegungen	Pushbutton Box, Joystick (für 2 Achsen), Y-Kabel für 2-D-Bewegungen	Pushbutton Box, Joystick (für 2 Achsen), Y-Kabel für 2-D-Bewegungen
Umgebung			
Betriebsspannung	12 VDC von externem Netzteil (im Lieferumfang)	12 VDC von externem Netzteil (im Lieferumfang)	12 VDC von externem Netzteil (im Lieferumfang)
Stromaufnahme	300 mA ohne Motor	300 mA ohne Motor	300 mA ohne Motor
Betriebstemperaturbereich	+5 bis +40 °C	+5 bis +40 °C	+5 bis +40 °C
Masse	950 g	950 g	950 g
Abmessungen	174 x 104 x 63 mm (ohne Erdungsanschluss, GummifüÙe) 182 x 104 x 74 mm	174 x 104 x 63 mm (ohne Erdungsanschluss, GummifüÙe) 182 x 104 x 74 mm	174 x 104 x 63 mm (ohne Erdungsanschluss, GummifüÙe) 182 x 104 x 74 mm

Linearantriebe & Aktoren

Nanostelltechnik / Piezoelektronik

Nanomesstechnik

Mikrostelltechnik

Hexapoden,
Parallelkinematiken

Linearversteller

Horizontalachsen (X)

Vertikalachsen (Z)

Mehrachsig

Rotations- u. Kippversteller

Zubehör

Servo- & Schrittmotorsteuerungen

Einkanalig

Hybrid

Mehrkanalig

Grundlagen der
Mikrostelltechnik

Index

C-702 Hybridsystem-Controller

Nanometergenaue Positionierung bei hohen Geschwindigkeiten



C-702 Hybrid-Controller

- Endstufen und Regler für den gleichzeitigen Betrieb von Motor und Piezo
- Zwei Kanäle
- Abtastrate 10 kHz
- Piezoauflösung 24 Bit
- Schneller serieller Bus für inkrementellen, hochauflösenden Sensor
- Echtzeit-Betriebssystem
- Schnittstellen: TCP/IP Ethernet, RS-232, VGA, Keyboard

Der digitale Hybridcontroller C-702 bietet eine äußerst leistungsfähige Lösung zur Steuerung der Nanopositioniersysteme M-511.HD (s. S. 4-46) und M-714 (s. S. 4-62). Diese basieren auf dem innovativen Konzept des Hybridantriebes, der Motor und Piezoaktork zu einem einzigen hochauflösenden Sensor regelt. Das Ergebnis ist ein Nanopositioniersystem, das hohe Lasten exakt über einen Bewegungsprofil über lange Strecken von mehreren Millimetern bewegt und mit Nanometergenauigkeit positioniert.

Leistungsfähige Regelung für komplexe Antriebstechnologie

Das optimierte Zusammenwirken von Piezo- und motorisierter Aktork als ein Bewegungssystem erfordert sowohl eine extrem schnelle Sensorauswertung als auch mächtige Regelalgorithmen. Daher besitzt der 2-Kanal Digitalcontroller C-702 für den Betrieb von hybriden Systemen einen fortschrittlichen Rechnerkern mit Echtzeit-Betriebssystem, der in der Lage ist die Informationen ohne Latenzzeit auszuwerten und Berechnungen schnellstmöglich durchzuführen. Die Piezoendstufe besitzt hochauflösende 24-Bit D/A-Wandler, die die hohe Positionsauflösung der integrierten Piezosysteme voll unterstützen. Das neue, breitbandige SSI-Interface für den optischen Linearencoder erlaubt Geschwindigkeiten bis zu 300 mm/s bei einer Auflösung von 2 nm.

Externe Sensorsignale, z. B. von einem Interferometer, können über ein SSI Interface zur Regelung verwendet werden (spezielle Verkabelung erforderlich).

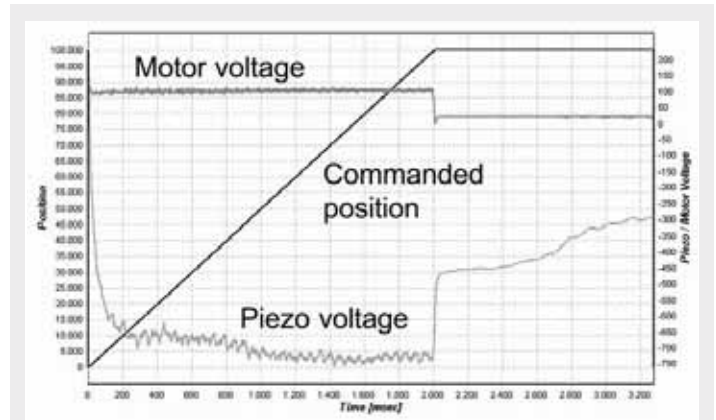
Ein Bewegungssystem – ein Controller

Das PI Hybridsystem kombiniert Motor und Piezoaktork zu einem einzigen Bewegungssystem. Motor und Piezoaktork wirken dabei jederzeit zusammen. Stick-Slip-Effekte beim Anfahren oder Umkehrspiele können so kompensiert werden. Im dynamischen Betrieb wird eine hohe Konstanz der Geschwindigkeit und eine

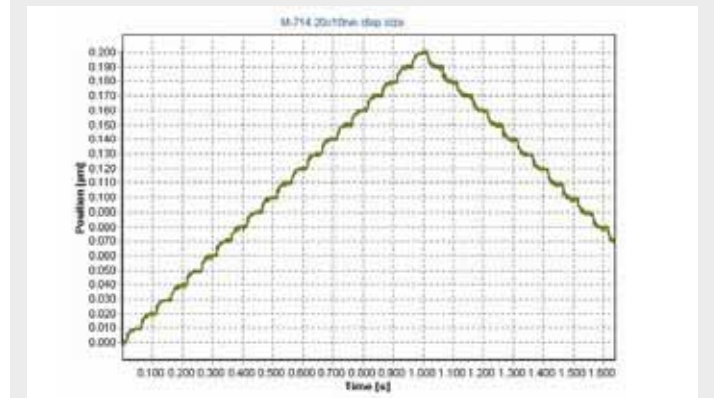
Bestellinformation

C-702.00
Hochpräziser Hybrid-Controller, 2 Kanäle

hohe Bahntreue erreicht. Im Positionierbetrieb erfolgt das Einschwingen auf die Position binnen weniger Millisekunden, und kleinste Schritte im Bereich der Sensorauflösung werden zuverlässig ausgeführt. Der hierfür erforderliche Regelalgorithmus ist komplex, die Positionsinformationen müssen bei Geschwindigkeiten von 100 mm/s und mehr extrem schnell übermittelt und verrechnet werden.



Ausgangssignale des Hybrid-Controllers C-702 während einer Positionierung. Motor und Piezoaktork werden gleichzeitig angesteuert, wodurch die Vorteile beider Antriebe genutzt werden



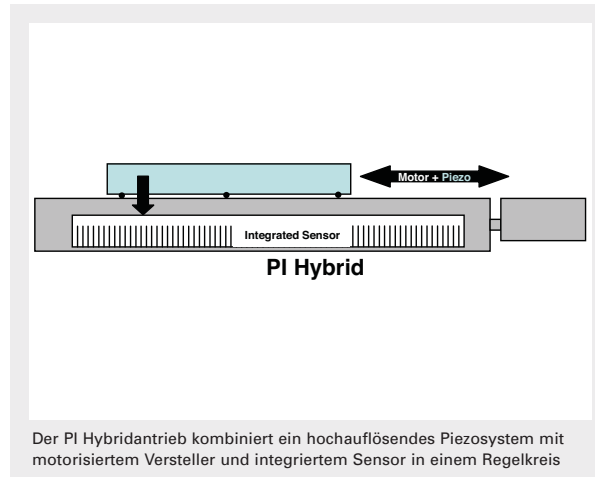
10-nm-Schritte mit einem M-714, angesteuert mit einem C-702 Digitalcontroller, interferometrisch vermessen

Anwendungsbeispiele

- Oberflächeninspektion
- Mikroskopie
- Lasertechnologie
- Interferometrie
- Metrologie



Die Hybrid-Familie: M-714 Z-Verstärker, M-511 Verstärker und C-702 Controller (v. v. i. UZ)



Der PI Hybridantrieb kombiniert ein hochauflösendes Piezosystem mit motorisiertem Verstärker und integriertem Sensor in einem Regelkreis

Technische Daten

Modell	C-702.00
Funktion	Controller für Hybrid-Verstärker
Antriebsarten	DC-Motor (PWM) und Piezoaktuatorik
Kanäle	2
Bewegung und Regler	
Reglertyp	PID V-ff Filter, Notchfilter, Hystereseeinstellung (Motorantrieb); P-I + Notchfilter (Piezoantrieb)
Samplerate Regelung	10 kHz
Trajektorienprofile	Trapez, S-Kurve
Prozessor	32-bit Intel Celeron
Positionierbereich	32 Bit
Endschalter	2 Leitungen pro Achse
Referenzschalter	1 Leitung pro Achse
Motorbremse	per Software konfigurierbar
Elektrische Eigenschaften	
Betriebsspannung	24 VDC (über M-500.PS Weitbereichsnetzteil*)
Ausgangsleistung/Kanal	PWM: 19,5 kHz, 10 Bit Auflösung
Piezospaltung	±36 V (24 Bit Auflösung)
Leistungsaufnahme	< 25 W
Schnittstellen und Bedienung	
Schnittstelle/Kommunikation	TCP/IP, RS-232, VGA, Keyboard
Motoranschluss	D-Sub Stecker 26-pin**
Encodereingang	Serielle SSI Schnittstelle für inkrementellen Encoder
Controllernetzwerk	via TCP/IP
I/O Leitungen	8 TTL Eingänge, 8 TTL Ausgänge
Befehlssatz	ASCII Format, PI General Command Set
Bedienersoftware	PIMikroMove®
Softwaretreiber	GCS (PI General Command Set)-DLL, LabVIEW™-Treiber
Unterstützte Funktionen	Autostart Makro, Makroprogrammierung
Umgebung	
Betriebstemperaturbereich	+10 bis +50 °C
Masse	1,35 kg
Abmessungen	130 x 205 x 76 mm

*M-500.PS: Weitbereichsnetzteil, 100 bis 250 VAC, 50 bis 60 Hz

**D-Sub 26 enthält Anschlüsse für Motor, Piezo, Referenz- und Endschalter und Sensor
Interner Kühlkörper mit sehr leisem Lüfter

Linearantriebe & Aktoren

Nanostelltechnik / Piezoelektronik

Nanomesstechnik

Mikrostelltechnik

Hexapoden,
Parallelkinematiken

Linearverstärker

Horizontalachsen (X)

Vertikalachsen (Z)

Mehrachsig

Rotations- u. Kippverstärker

Zubehör

Servo- & Schrittmotor-
steuerungen

Einkanalig

Hybrid

Mehrkanalig

Grundlagen der
Mikrostelltechnik

Index

C-843 DC-Servomotor Controller

PCI-Motorsteuerkarte für 2 / 4 Achsen mit integrierten Servoverstärkern



C-843.41 PCI-Motorsteuerkarte mit M-110.DG Mikrolineartisch, M-235.5DG DC-Mikro Linearaktuator, M-511.DD Lineartisch mit schnellem Direktantrieb und M-501.1DG Hubtisch. Alle hier aufgeführten Systeme können direkt von der C-843 Karte ohne externe Verstärker betrieben werden.

- 2- und 4-Achsenausführungen
- Kostengünstig: Integrierte Servoverstärker
- PWM-Ausgänge für Hochleistungsmotoren
- Trapez, S-Kurve, Geschwindigkeitsprofil
- 32 kSamples RAM für Hochgeschwindigkeits-Buffer Betrieb
- 16 I/O-Leitungen für flexible Automatisierung
- Schnelle PCI Kommunikation, 120 µs für einmal Position lesen
- Umfangreicher Softwaresupport
- General Command Set (GCS) kompatibel

Die neue C-843 PCI-Motorsteuerkarte ist ein flexibler Servomotorcontroller für Präzisions-Positionieranwendungen in Industrie und Forschung.

On-Board Servoverstärker

Im Gegensatz zu den meisten PCI-Controllern verfügt die C-843 Karte über integrierte Linearservoverstärker für den Betrieb von PI-Positioniersystemen mit DC-Getriebemotoren.

Die Ausgänge können individuell per Softwarebefehl auch in den PWM-Modus (Pulsweitenmodulation) umgeschaltet werden. Damit lassen sich z.B. die schnellen, direktgetriebenen PI-Stellsysteme mit integrierten ActiveDrive™ Verstär-

kern steuern. In jedem Fall wird kein externer Verstärker benötigt, was Systemkosten spart und den Aufbau vereinfacht.

Leistungsfähige PID-Regelung

Die C-843 ist mit einem schnellen 32-Bit DSP (Digital Signal Processor) ausgerüstet, der die PID-Positionsregelung aller Achsen durchführt. Er ermöglicht die Programmierung von Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Verzögerung usw. individuell für jede Achse, wobei alle Parameter zu jedem Zeitpunkt geändert werden können. Die schnellen Zähler können einseitig geerdete und differenzielle Encoder mit einer Bandbreite von bis zu 5 MHz auslesen.

I/O-Leitungen für flexible Automatisierung

Neben 3 TTL-Leitungen für End- und Referenzschalter und einer Motorbremsensteuerleitung pro Achse stehen insgesamt 16 weitere TTL-Eingänge und -Ausgänge für flexible Automatisierungsaufgaben zur Verfügung.

Hochgeschwindigkeits-Buffer Betrieb

Der integrierte 32 kSample Speicher erlaubt das schnelle Aufzeichnen und Schreiben transienter Daten von bis zu vier unabhängigen Systemvariablen, wie z.B. Position, Geschwindigkeit oder interne Registerinhalte. Die Datenaufnahme erfolgt zu ganzzahligen Vielfachen der Regelzyklus-Frequenz. Das ermöglicht die Überwachung des Bewegungssystems wie auch das Ablegen maßgeschneiderter Bahnprofile.

Software / Programmierung

Die Kommandostruktur des umfangreichen Befehlssatzes basiert auf dem General Command Set (GCS). Dieser Befehlssatz wurde von PI entwickelt, um den gemeinsamen Betrieb unterschiedlicher Geräte mit minimalem Programmieraufwand zu ermöglichen. Er ist auch bei verschiedenen Piezocontrollern und bei allen neuen PI-Motorsteuerungen implementiert.

Zur Kommunikation mit der Karte werden Datenpakete per Speicherzugriff übertragen. Eine Interrupt-Leitung teilt dem PC mit, wenn eine programmierte Kondition auftritt, z.B. ein Encoderindex-Impuls. Für Systemprogrammierer bietet die C-843 auch einen Direktzugriff auf den DSP.

Neben vielen Software-Tools wie z.B. LabView™ Treibern

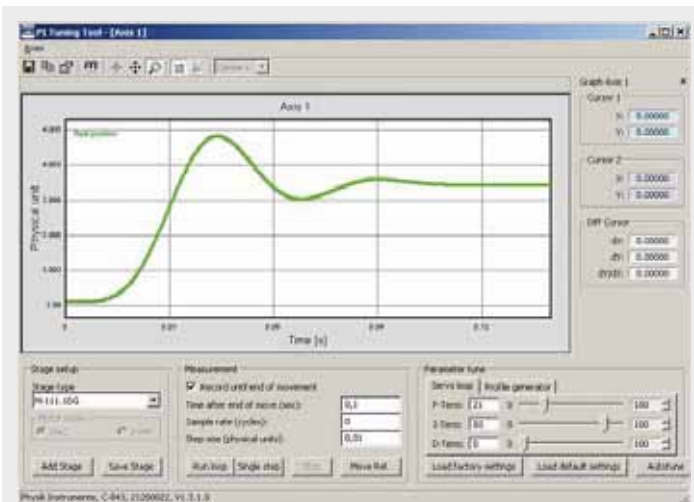
Bestellinformation

- C-843.21**
PCI-Motorsteuerkarte mit integrierten Servoverstärkern, 2-Achsen
- C-843.41**
PCI-Motorsteuerkarte mit integrierten Servoverstärkern, 4-Achsen
- C-843.JS**
Joystick und PCI-Schnittstellenkarte für C-843

und DLL Bibliotheken, ist auch das benutzerfreundliche PIMikroMove® im Lieferumfang enthalten. Es ermöglicht einen einfachen Betrieb der Positioniersysteme und enthält Funktionen wie das Tuning Tool, eine Joystick Ansteuerung, Terminal und einen Makro-Editor.

Stage	Ik	Target	Step size	Position	HALT	State	Velocity	Servo
1	M-275.500	0.000000	0.100000	0.000000	HALT	on target	75.000000	✓
2	M-605.200	100.0000	0.1000	100.0000	HALT	unreferenced	25.000000	✓
3	M-611 PD	56.00000	1.0000	56.0000	HALT	on target	62.500000	✓
4	M-116.100	0.000000	0.010000	0.000000	HALT	on target	1.000000	✓

PIMicroMove® Tabellarische Darstellung von vier angeschlossenen Mikropositionierern mit Bedienelementen und Statusanzeige.



Das Tuning Tool, das in PIMicroMove® integriert ist, stellt einen geregelten Schritt dar. Verschiedene Steuerelemente ermöglichen die Optimierung der PID Parameter und damit des Regelverhaltens.

Linearantriebe & Aktoren

Nanostelltechnik / Piezoelektronik

Nanomesstechnik

Mikrostelltechnik

Hexapoden,
Parallelkinematiken

Linearverstärker

Horizontalachsen (X)

Vertikalachsen (Z)

Mehrachsig

Rotations- u. Kippverstärker

Zubehör

Servo- & Schrittmotor-
steuerungen

Einkanalig

Hybrid

Mehrkanalig

Grundlagen der
Mikrostelltechnik

Index

Technische Daten

Modell	C-843
Funktion	PCI-Motorsteuerkarte, 32-Bit, Versorgung über 3,3 V und 5 V PCI-Bus
Achsen	2 (C-843.21) / 4 (C-843.41)
Reglertyp	Programmierbare 32-Bit-PID V-ff Filter, Parameteränderung im Betrieb
Profile	Trapez, S-Kurve, Geschwindigkeitsprofil
Ausgangsleistung / Auflösung	Analog 6 Watt/Kanal (Versorgung direkt vom PC-Netzteil), 12-Bit D/A Wandler, 10-Bit Ausgänge für PWM-Treiber, 24,5 kHz
Strombegrenzung	500 mA per Kanal (kurzschlussfest)
Enkodereingang	A/B TTL-Pegel differenziell gem. RS-422, 5 x 10 ⁶ Impulse/s
Blockiererkennung	Motorstopp, Regelung deaktiv, bei Überschreitung eines programmierbaren Positionsfehlers
Endschalter	Je 2 programmierbare TTL-Leitungen pro Achse (aktiv High/Low)
Referenzschalter	Je 1 programmierbare TTL-Leitung pro Achse (aktiv High/Low)
I/O-Kanäle	8 TTL-Eingänge, 8 TTL-Ausgänge
Motoranschlüsse	15-pol. (w) Sub-D je Kanal (2 auf der Karte, 2 auf separatem Winkel bei C-843.41)
Schnittstelle / Kommunikation	PCI-Bus
Befehlssatz	PI General Command Set

C-848 DC-Servomotor Controller DC-Motorsteuerung für 2 / 4 Achsen



C-848.43 DC-Servomotorsteuerung mit verschiedenen Mikrostellsystemen:
M-112.2DG Miniaturtranslationstisch; M-232.17 DC-Mike, M-062.DG Rotationstisch
M-235.5DG Hochleistungslinearaktor.

- **Simultaner Betrieb von bis zu 4 DC-Servomotoren oder Tauchspulantrieben**
- **Leistungsfähige Makroprogrammiersprache**
- **16 I/O-Leitungen für flexible Automatisierung**
- **Elektronische Getriebefunktion**
- **Umfangreicher Softwaresupport**
- **RS-232 und optionale TCP/IP-Schnittstelle**

Der C-848 Controller ist eine flexible Servomotorsteuerung für Präzisionspositionieranwendungen in Industrie und Forschung.

Flexibilität, Multiprozessor-Architektur

Der Controller basiert auf einer zweifach-Prozessor Struktur, die die Flexibilität bietet, die heute in präzisen Fertigungsprozessen erwartet wird.

Alle Bewegungssequenzen werden von einem speziellen Motion-Control Prozessor gesteuert und überwacht. Die CPU übernimmt die Kommunikation mit der Schnittstelle, die Verwaltung der schachtelbaren Makroprogramme und bedient die I/O-Leitungen. Alle gängigen Inkrementalmesssysteme, wie z. B. Interferometer, Linear-

enkoder oder Rotationsenkoder mit TTL-Ausgängen können zur Positionsrückmeldung angeschlossen werden. Pro Achse stehen 3 TTL-Leitungen für End- und Referenzschalter und insgesamt 16 weitere TTL-Eingänge für flexible Automatisierungsaufgaben zur Verfügung.

Darüber hinaus verfügt der C-848 über eine Reihe anderer wichtiger Funktionen:

- **Linearinterpolation zweier Achsen**
- **Profilgenerator für Trapez- und S-Kurven**
- **Elektronische Getriebefunktion**
- **Referenzschaltererkennung in Echtzeit und Endschalter-Fehlerbehandlungsroutinen**

Integrierte Servoverstärker / -PWM-Ausgang

Die integrierten, rauscharmen Linearservoverstärker erlauben den Betrieb aller PI-Mikrostellsysteme mit DC-Getriebemotoren. Alternativ kann der Controller auch im PWM-Modus (Pulsweitenmodulation) betrieben werden. Damit lassen sich die schnellen, direktgetriebenen PI-Stellsysteme mit ActiveDrive™ Verstärkern steuern. In jedem Fall wird kein externer Verstärker benötigt, was Systemkosten spart und den Aufbau vereinfacht.

Einheitlicher Befehlssatz: GCS

Die Kommandostruktur des umfangreichen Befehlssatzes basiert auf dem General Command Set (GCS). Dieser Befehlssatz wurde von PI entwickelt, um den gemeinsamen Betrieb unterschiedlicher Geräte mit minimalem Programmieraufwand zu ermöglichen. Er ist bei Nanopositioniercontrollern, Piezomotorsteuerungen und bei Motorsteuerungen implementiert.

Software / Programmierung

Neben den Programmen zur Konfiguration, Inbetriebnahme und Systemoptimierung und für den Betrieb werden umfangreiche LabVIEW Treiber und DLL-Bibliotheken mitgeliefert.

Zur Kommunikation stehen sowohl eine RS-232- als auch eine optionale TCP/IP-Schnittstelle zur Verfügung; ein manueller Betrieb mit dem C-819.10 Joystick ist ebenfalls möglich.

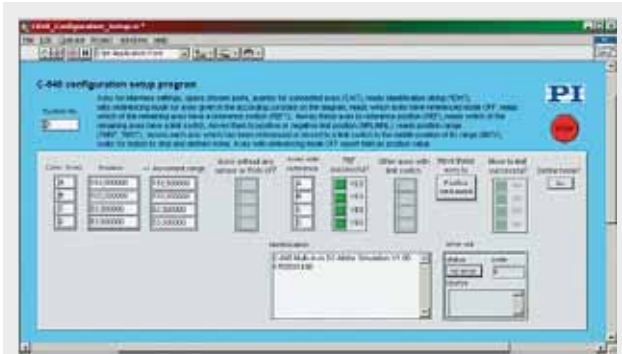
Der C-848 Controller kann auch im Stand-Alone-Modus betrieben und direkt programmiert werden. Anschlüsse für eine Computertastatur und einen Monitor sind vorhanden.

Bestellinformation

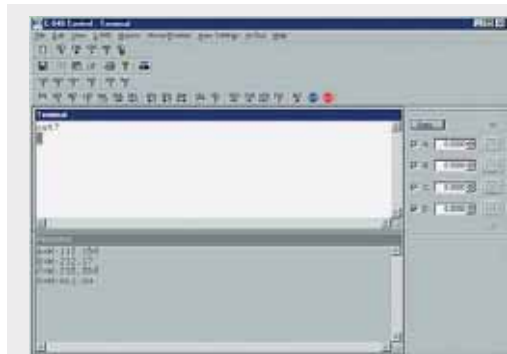
C-848.23
DC-Motor Controller, 2 Kanäle,
19-Zoll-Gehäuse, RS-232

C-848.43
DC-Motor Controller, 4 Kanäle,
19-Zoll-Gehäuse, RS-232

Zubehör
C-819.10
Analog Joystick



Software zur einfachen Konfiguration des C-848 Systems



C-848 Control Software, Terminalfenster

Technische Daten

Modell	C-848.43	C-848.23
Funktion	DC-Servomotorsteuerung	DC-Servomotorsteuerung
Antriebsarten	DC-Motoren Voice-Coil Linearantriebe	DC-Motoren Voice-Coil Linearantriebe
Kanäle	4	2
Bewegung und Regler		
Reglertyp	Programmierbare 32-Bit-PID V-ff Filter, 100 µs/aktive Achse; Parameteränderung im Betrieb	
Trajektorienprofile	Lineare Interpolation, Trapez, S-Kurven, elektronische Getriebefunktion	
Prozessor	Dual Prozessor: CPU 133 MHz und Motion Chip, 2,5 kHz Servo Update Rate	
Encodereingang	A/B, TTL-Pegel, differenziell, 5 MHz	
Blockiererkennung	Motorstopp, Regelung deaktiv, bei Überschreitung eines programmierbaren Positionsfehlers	
Endschalter	je 2 TTL, programmierbare Softlimits pro Achse	
Referenzschalter	je 1 TTL-Positionserfassung in Echtzeit pro Achse	
Motorbremse	TTL-Pegel, per Software konfigurierbar	
Elektrische Eigenschaften		
Betriebsspannung	Weitbereichsnetzteil 100 bis 240 VAC, 50 bis 60 Hz	
Ausgangsleistung/Kanal	Analoge H-Brücke ±12 V, 5 W/Kanal, 12-Bit D/A-Wandler, 10-Bit Ausgänge für PWM-Treiber, 24,5 kHz	
Ausgangsspannung/Kanal	± 10,5 V analog; TTL/Pegel im PWM-Betrieb für SIGN und MAGN	
Strombegrenzung	1 A pro Kanal max. (kurzschlussfest)	
Schnittstellen und Bedienung		
Schnittstelle/Kommunikation	RS-232 Standard, Kabel inklusive	RS-232 Standard, Kabel inklusive
Motoranschluss	D-Sub Stecker 15-polig	
Controllernetzwerk	via TCP/IP Option	
I/O-Leitungen	8 TTL-Eingänge, 8 TTL-Ausgänge	
Befehlssatz	PI GCS (General Command Set)	
Bedienersoftware	C-848 Control Betriebsprogramm, PIMikroMove®	
Softwaretreiber	LabView Treiber, Bibliotheken für C, Pascal, BASIC für Windows	
Unterstützte Funktionen	Autostart Makro, Makroprogrammierung Monitor und Keyboard/Anschluss Steuerausgang für Motorbremse	
Manuelle Bedienhilfe	Joystick via Controller oder Host PC	
Umgebung		
Betriebstemperaturbereich	+10 °C bis +50 °C	+10 °C bis +50 °C
Masse	8,2 kg	8,4 kg
Abmessungen	447 x 450 x 90 mm (19-Zollgehäuse)	447 x 450 x 90 mm (19-Zollgehäuse)

Linearantriebe & Aktoren

Nanostelltechnik / Piezoelektronik

Nanomesstechnik

Mikrostelltechnik

Hexapoden,
Parallelkinematiken

Linearversteller

Horizontalachsen (X)

Vertikalachsen (Z)

Mehrachsig

Rotations- u. Kippversteller

Zubehör

Servo- & Schrittmotor- steuerungen

Einkanalig

Hybrid

Mehrkanalig

Grundlagen der
Mikrostelltechnik

Index

C-880 Automatisierungs-Controller Flexibles, modulares System für bis zu 18 Achsen



- **Integration von bis zu 18 Achsen: Piezoaktoren, Servomotoren, Tauchspulantriebe**
- **Plug-and-Play-Konfiguration**
- **Große Auswahl an Zubehör: I/O-Karten, Photometer, manuelle Bedieneinheit**
- **RS-232 und optionale TCP/IP-Schnittstelle**
- **Umfangreicher Softwaresupport**

Der C-880 Automatisierungscontroller ist ein modulares und extrem flexibles System für komplexe Mehrachsen-Positionier- und Automatisierungsaufgaben. Er wurde für Anwendungen wie z.B. die Fertigung faseroptischer Komponenten und Biotechnologie-Anwendungen entwickelt.

Der Controller basiert auf einem robusten Industrie-PC, der die Flexibilität bietet, die

heute im Prototypenbau und in flexiblen Fertigungsprozessen erwartet wird.

Verschiedene Grundauführungen und Erweiterungen sind verfügbar, um Nanopositioniersysteme mit bis zu 18 Achsen steuern zu können. Dabei können Servomotoren, Voice-Coil-Antriebe und Piezoaktoren miteinander kombiniert werden. Als Option stehen Photometerkarten, eine Relaiskarte eine integrierte Tastatur- / Bildschirmkombination und eine manuelle Bedieneinheit zur Auswahl.

Einheitlicher Befehlssatz: GCS

Die Kommandostruktur des umfangreichen Befehlssatzes basiert auf dem General Command Set (GCS). Dieser Befehlssatz wurde von PI entwickelt, um den gemeinsamen Betrieb unterschiedlicher Geräte mit minimalem Program-

Konfigurationsbeispiel für die Faserpositionierung.
Hintergrund: C-880.00D ausgerüstet mit F-206.iRU IR-Photometerkarte, 2 x C-842.43 Servomotorsteuerkarte und E-760.3Si Piezocontrollerkarte.
Vordergrund links: M-511.DD Präzisionslineartisch mit 0,1 µm Linearencoder zum schnellen Zustellen bzw. Beladen / Entladen; F-131.3SD Hybrid-Faserpositioniersystem, 15 mm Stellweg in XYZ und 1 nm Auflösung. Rechts: M-501.1PD Präzisionshubtisch mit 0,008 µm Encoderauflösung; M-061.PD Rotationstisch und F-210 Faserrrotator

mieraufwand zu ermöglichen. Er ist bei Nanopositioniercontrollern, Piezomotorsteuerungen und bei Motorsteuerungen implementiert.

Software / Programmierung

Neben den Programmen zur Konfiguration, Inbetriebnahme, Systemoptimierung und für den Betrieb werden umfangreiche LabVIEW Treiber und DLL-Bibliotheken mitgeliefert.

Zubehör für flexible Automatisierung

Folgende Optionen sind für Automatisierungsaufgaben verfügbar:

- **C-880.TCP**
TCP/IP-Schnittstellenkarte für den Betrieb eines oder mehrerer C-880 von einem PC.
- **C-880.R8**
Relaiskarte zum Schalten von bis zu 8 Kanälen. Durch die hohe Schaltleistung von 1 A/24 V können Lasten wie z.B. Pneumatikventile, Magnete, Relais usw. direkt gesteuert werden.
- **F-206.MC6**
Interaktive manuelle Bedieneinheit. Diese Option erlaubt die einfache manuelle Kontrolle von bis zu 6 motori-

Bestellinformation

- C-880.00**
Automatisierungs-Controller, Chassis mit Netzteil, RS-232 Schnittstelle
- C-880.00D**
Automatisierungs-Controller, Chassis mit Netzteil, RS-232 Schnittstelle mit Fronttastatur und LCD-Monitor

Optionen:

- C-842.23**
DC-Motor-Controller, 2 Kanäle, ISA-Bus
- C-842.43**
DC-Motor-Controller, 4 Kanäle, ISA-Bus
- E-760.3Si**
NanoCube® Piezo-Controller, ISA-Bus-Karte, Photodetektor im infraroten Bereich
- E-760.3SV**
NanoCube® Piezo Controller, ISA-Bus-Karte, Photodetektor im visuellen Bereich

Zubehör:

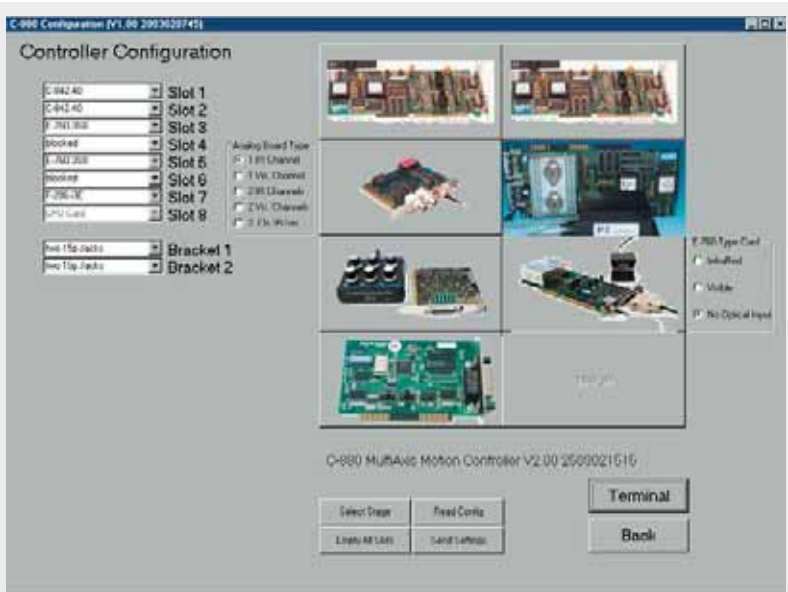
- C-880.TCP**
TCP/IP-Schnittstellenkarte
- F-206.iiU**
Photometerkarte, IR-Bereich, 2 Kanäle
- F-206.VVU**
Photometerkarte, sichtbarer Bereich, 2 Kanäle
- F-206.MC6**
Manuelle Bedieneinheit für 6 Kanäle
- C-880.R8**
Schaltkarte für 8 Relais

sierten Achsen im System über Drehknöpfe mit programmierbarer Schrittweite.

- **F-206.iiU / F-206.VVU**
Photometer- bzw. A/D-Karten. Diese Karten sind mit Photodioden und Verstärkern für sichtbares bzw. infrarotes Licht ausgerüstet. Beide Karten verfügen über integrierte 12-Bit A/D-Wandler, die über eine BNC-Buchse von außen zugänglich sind.

Anwendungsbeispiele

- **Biotechnologie**
- **Faserpositionierung**
- **Automatisierung**
- **Halbleitertest**
- **Mikromontage**
- **Photonik / Integrierte Optik**
- **Qualitätssicherung**



C-880 Konfigurations-Software ermöglicht die problemlose Erweiterung des Systems

Linearantriebe & Aktoren

Nanostelltechnik / Piezoelektronik

Nanomesstechnik

Mikrostelltechnik

Hexapoden,
Parallelkinematiken

Linearversteller

Horizontalachsen (X)

Vertikalachsen (Z)

Mehrachsig

Rotations- u. Kippversteller

Zubehör

Servo- & Schrittmotor-
steuerungen

Einkanlig

Hybrid

Mehrkanaig

Grundlagen der
Mikrostelltechnik

Index

Technische Daten

Modell	C-880.00	C-880.00D
Funktion	Mehrachsen Automatisierungs-Controller	Mehrachsen Automatisierungs-Controller mit Fronttastatur und LCD-Anzeige
Antriebsarten	mit C-842.23/C-842.43: Servomotoren und Tauchspulantriebe mit E-760.3S0: Piezoantriebe	
Kanäle	Bis zu 18 Achsen, (Servomotoren oder Tauchspulantriebe), max. 6 Piezoachsen	
Bewegung und Regler		
Reglertyp	C-842.23/C-842.43: Programmierbare 32-Bit-PID V-ff Filter, 100 µs/aktive Achse; Parameteränderung im Betrieb E-760: P-I analog mit Notchfilter	
Trajektorienprofile	Lineare Interpolation, Trapez, S-Kurven, elektronische Getriebefunktion	
Prozessor	CPU 133 MHz C-842.23/C-842.43: Motion Chip, 2,5 kHz Servo Update Rate E-760: DSP	
Elektrische Eigenschaften		
Betriebsspannung	100 bis 250 VAC, 50 / 60 Hz	
Ausgangsleistung / Kanal	C-842.23/C-842.43: Analoge H-Brücke ±12 V, 5 W/Kanal, 12-Bit D/A-Wandler, 10-Bit Ausgänge für PWM-Treiber, 24,5 kHz E-760: Max. 9 W, Dauer 3 W	
Ausgangsspannung / Kanal	C-842.23/C-842.43: analog: ±10,5 V analog PWM: TTL für SIGN und MAGN E-760: -20 bis +120 V	
Strombegrenzung	C-842.23/C-842.43: 1 A max. (kurzschlussfest) E-760: 90 mA max., Dauerbetrieb 30 mA	
Schnittstellen und Bedienung		
Schnittstelle / Kommunikation	RS-232 Standard, Kabel inklusive; TCP/IP optional (C-880.TCP)	
Motoranschluss	D-Sub Stecker 15-pin, Piezoanschluss D-Sub Stecker 25-pin	
Controllernetzwerk	über TCP/IP Option	
I/O-Leitungen	C-842.23/C-842.43: 8 TTL Eingänge, 8 TTL Ausgänge C-880.R8: 8 Kanäle, 60 W max., 24 V / Kanal, 1 A / Kanal	
Befehlssatz	PI General Command Set (GCS), ASCII-Kommunikation	
Bedienersoftware	PIMikroMove®	
Softwaretreiber	GCS-DLL, LabVIEW-Treiber	
Unterstützte Funktionen	Autostart Makro, Makroprogrammierung, Monitor und Keyboard/Anschluss, Steuerausgang für Motorbremse, Ansteuerung von Hochleistungsrelais, Auslesen von analogen Schnittstellenkarten (Photometerkarten)	
Manuelle Bedienhilfe	Manuelle Bedienhilfe F-206.MC6 (optional)	
Umgebung		
Betriebstemperaturbereich	+10 °C bis +50 °C	
Abmessungen	19-Zoll-Gehäuse, 450 mm x 460 mm x 180 mm	

Zubehör

C-819.10 Joystick

Analoger Joystick für C-848 Motorcontroller

Der 819.10 Joystick kann zum Betrieb des C-848 an den PC-Gameport angeschlossen werden.



C-819.20 2-Achsen Joystick

Motorkabel

Alle Positioniersysteme von PI werden mit passenden Motorkabeln ausgeliefert. Die folgenden Kabel können als Ersatz oder zur Verlängerung bestellt werden.

C-815.38

Motorkabel, 3 m, Sub-D 15-pol. (w) / 15-pol. (m)



C-815.38 Motorkabel

C-819.20

Analoger Joystick für Mercury™ Controller, 2 Achsen

C-819.20Y

Y-Kabel für 2 Controller an C-819.200

C-819.30

Analoger Joystick für Mercury™ Controller, 3 Achsen

C-815.83

Motorkabel, 10 m, Sub-D 15-pol. (w) / 15-pol. (m)



C-815.34 RS-232 Kabel

C-170.PB

Pushbutton Box mit 4 Tasten und 4 LEDs

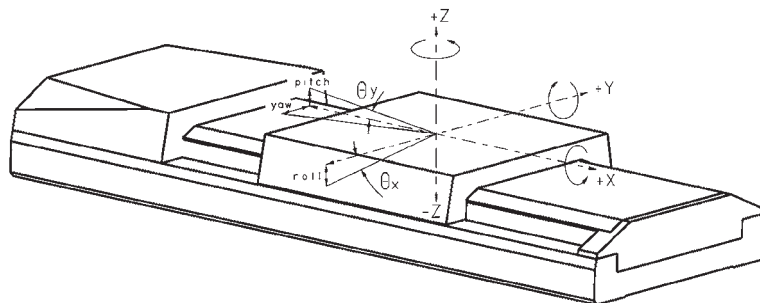
C-815.34

RS-232 Null Modem Kabel, 3 m, 9/9-pol. mit 25/9-pol. Adapter

C-815.62

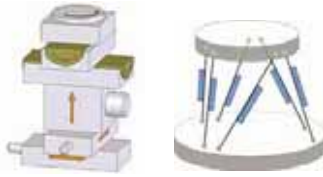
Motorkabel, 3 m, 10-pol. Flachband / 15-pol. Sub-D (m)

Grundlagen der Mikrostelltechnik



Grundlagen der Mikropositionierung

Glossar



Prinzip eines seriellen „gestapelten“ 6D-Positioniersystems im Vergleich mit dem Hexapod Parallelkinematiksystem. Vorteile wie minimierte Massenträgheit (nur eine Plattform, auf die alle 6 Aktoren parallel wirken) und der kompaktere Aufbau werden hier deutlich. Die geringere bewegte Masse ermöglicht ein wesentlich schnelleres Ansprechen als bei serieller Kinematik, außerdem entfällt das Aufsummieren der Positionierfehler, was eine höhere Wiederholbarkeit ermöglicht (s. Cosinusfehler)

Absolute Genauigkeit

Die absolute Genauigkeit ist die maximale Differenz zwischen der Sollposition und der Istposition. Die Genauigkeit wird durch Umkehrspiel, Hysterese, Drift, Nichtlinearität im Antrieb oder Messsystem, Verkippung etc. begrenzt. Die höchste Genauigkeit kann mit Direktmetrologie-Messsystemen erreicht werden. Dabei wird z. B. mit einem Interferometer oder Linearmaßstab direkt die Position der Stellplattform gemessen, so dass mechanisches Spiel innerhalb des Antriebsstrangs keinen Einfluss auf die Positionsmessung hat. Systeme mit indirekter Metrologie (z. B. Rotationsencoder) oder unregelmäßig, schrittmotorgetriebene Tische bieten deutlich schlechtere Absolutgenauigkeit. Unabhängig davon können sie trotzdem hohe Auflösungen und Wiederholbarkeiten erreichen.

Auflösung

Siehe „Rechnerische Auflösung“ und „Kleinste Schrittweite“.

Bidirektionale Wiederholbarkeit

Die Genauigkeit, mit der jede Position innerhalb des Stellbereiches nach einer beliebigen Positionsänderung erneut angefahren werden kann. Effekte wie z. B. Hysterese und Umkehrspiel wirken sich direkt auf die bidirektionale Wiederholbarkeit aus, wenn das System nicht

über Direktmetrologie verfügt (s. S. 4-132). Siehe auch „Unidirektionale Wiederholbarkeit“.

Cosinusfehler

Der Cosinusfehler ist ein akkumulativer Positionsfehler in Linearsystemen, der auftritt, wenn ein Winkelfehler zwischen dem Antrieb und der Stellplattform existiert. Der Positionsfehler errechnet sich aus dem Produkt der Positionsänderung und der Differenz zwischen 1 und dem Cosinus des Winkelfehlers.

DC-Mike / Stepper-Mike Antriebe

DC-Mikes und Stepper-Mikes sind Linearaktoren, die aus der Kombination einer Mikrometerschraube mit einem Motorantrieb bestehen. PI bietet kompakte Versionen mit Getriebemotoren sowie leistungsfähigere Varianten mit Direktantrieb und Kugelspindeln für hohe Stellkräfte an. Die meisten Modelle verfügen über nichtdrehende Kopfstücke und sind mit Endsaltern ausgerüstet. Alle Ausführungen bieten Auflösungen im Sub-Mikrometerbereich.

Definition der Linear- und Drehachsen (s. Abb.)

- X: Linearbewegung in Richtung der Positionierung
- Y: Linearbewegung senkrecht zur X-Achse

Z: Linearbewegung senkrecht zu X und Y

θ_x : Drehung um X (Rollen)

θ_y : Drehung um Y (Neigen)

θ_z : Drehung um Z (Gieren)

Flexure

Siehe „Führungssysteme“, auf Seite 4-131

Freiheitsgrad

Ein Freiheitsgrad entspricht einer aktiven Achse eines Positioniersystems. Ein XY-Positioniertisch hat zwei Freiheitsgrade, ein Hexapod sechs.

Führungsfehler

Der Führungsfehler beschreibt die Abweichungen der Stellplattform von der gewünschten Bahn senkrecht zur Stellrichtung, sowie die Verkippung um die Achsen. Bei einem Einachslineartisch sind das z. B. die unerwünschten Bewegungen in allen anderen fünf Freiheitsgraden. Für jede Translation in X treten auch lineare Komponenten in Y und Z und Verkippungen um X (θ_x , Rollen), um Y (θ_y , Neigen) und um Z (θ_z , Gieren) auf. Führungsfehler werden durch das Führungssystem, die Montage des Positioniertisches (Verspannungen) und die Last (z. B. Drehmomente) verursacht.

Führungsgenauigkeit

Siehe „Führungsfehler“

Grob- / Feinversteller

Siehe Hybrid-Antrieb S. 4-132

Hysterese

Die Hysterese ist ein Positionsfehler, der beim Umkehren der Stellrichtung auftritt. Sie kann durch reibungsbedingte Ver- und Entspannungen verursacht werden. Die Hysterese eines Positioniersystems ändert sich meist mit der Belastung, Beschleunigung und Geschwindigkeit.

Kleinste Schrittweite

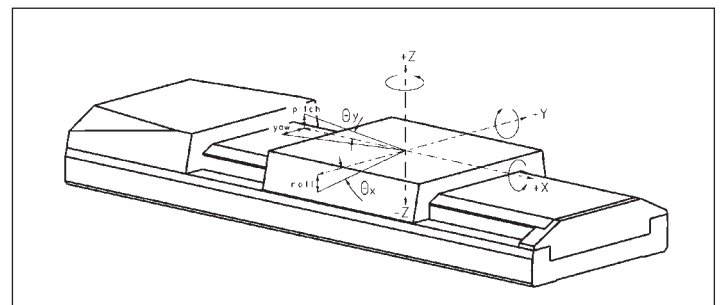
Die kleinste Bewegung, die wiederholbar durchgeführt werden kann, wird kleinste Schrittweite genannt und muss durch Messungen ermittelt werden. Sie unterscheidet sich meist stark von der "rechnerischen Auflösung", die numerisch wesentlich kleiner ausfallen kann. Wiederholbare Bewegungen im Nanometer- oder Subnanometerbereich können mit Piezostelltechnik und reibungsfreien Flexureführungen durchgeführt werden. Weitere Informationen dazu finden Sie in den Kapiteln „Piezo Systeme/Schnelle Scantische“ (S. 2-3 ff) und „Piezoaktoren/Piezokomponenten“ (S. 1-61 ff).

Maximale Druck-/Zugkraft

Maximale Kraft in Bewegungsrichtung, bei mittlerer Belastung. Einige Versteller bringen evtl. höhere Kräfte auf, was die Lebensdauer beeinträchtigen kann.

Mikropositionierung

Mikropositionierung beschreibt Bewegungen mit Sub-Mikro-



meterauflösung und Stellbereichen von einigen Millimetern bis einigen 100 mm, typischerweise motorgetrieben. Reibung in den Führungen und Lagern begrenzt die kleinste Schrittweite und Wiederholbarkeit von Mikropositioniersystemen typisch auf 0,1 µm.

Nanopositionierung

Nanopositionierung beschreibt reibungsfreie Stellsysteme mit Sub-Nanometerauflösung und Stellbereichen im Mikrometer- bis Millimeterbereich, typisch mit hochdynamischen Piezoantrieben. Nanopositioniersysteme können bereits nach wenigen Millisekunden bis auf einige Nanometer genau positionieren. Längere Stellbereiche mit Nanometergenauigkeit können mit PiezoWalk® Antrieben (siehe Kapitel „PiezoWalk® Antriebe / Aktoren“ S. 1-3 ff) oder den hybriden Systemen M-511.HD und M-714 (s. S. 4-46, 4-62) erreicht werden.

Orthogonalität

Siehe „Rechtwinkligkeit“.

Parallele Kinematik

Mehrachsiges System bei dem alle Aktoren direkt auf dieselbe bewegte Plattform wirken. Vorteile sind geringeres Massenträgheitsmoment, keine bewegten Kabel, niedrigerer Schwerpunkt, keine Akkumulation von Führungsfehler, kompakterer Aufbau. Siehe auch Serielle Kinematik.

Präzision

Präzision ist ein nicht genau definierter Begriff und wird von verschiedenen Herstellern unterschiedlich für Wiederholbarkeit, Genauigkeit oder Auflösung verwendet.

Pulsweitenmodulation (PWM)

Der PWM - Modus ist ein hocheffizienter Verstärkerbetrieb, bei dem nicht die Amplitude des

Ausgangssignales geregelt wird, sondern dessen Einschaltdauer. Siehe „Active Drive™“

Rechnerische Auflösung

Die theoretisch kleinste Bewegung, die ein Positioniersystem durchführen kann, wird rechnerische Auflösung genannt. Dieser Wert darf nicht mit der kleinsten Schrittweite verwechselt werden.

Bei indirektem Positionsmessverfahren gehen in die Berechnung der Auflösung z.B. die Werte für die Spindelsteigung, Getriebeuntersetzung, Auflösung des Motors bzw. Encoders etc. ein, sie liegt oft um Faktoren unter der kleinsten Schrittweite der Mechanik. Bei direkten Messverfahren wird die Auflösung des Sensorsystems angegeben.

In der Praxis werden Werte für die Auflösung unter 0,1 µm schon durch die Reibung der Führungen (außer z. B. Luftlager und Flexures) verhindert.

Rechtwinkligkeit

Die Rechtwinkligkeit beschreibt die Abweichung vom idealen 90° Winkel der X, Y und Z Bewegungsachsen.

Serielle Kinematik

Mehrachsiges System bei dem alle Aktoren auf eine eigene Stellplattform wirken. Vorteile sind einfacher mechanischer Aufbau und Kontrollalgorithmen. Nachteile sind schlechtere dynamische Eigenschaften, keine integrierte Parallelmetrologie möglich, Akkumulation von Führungsfehler, geringere Genauigkeit. Siehe auch „Parallele Kinematik“.

Stick-Slip-Effekt

Dieser Effekt begrenzt die kleinste Schrittweite. Er tritt beim Übergang von der Haftreibung zur Gleitreibung auf und bewirkt einen Bewegungssprung. Rei-

bungsfreie Antriebe, wie z. B. Piezoaktoren, werden vom Stick-Slip-Effekt nicht beeinträchtigt und ermöglichen deshalb Auflösungen im Sub-Nanometerbereich.

Taumelfehler

Der Taumelfehler beschreibt bei Rotationstischen das unerwünschte Verkippen um die Drehachse.

Umkehrspiel

Der Positionierfehler, der bei einer Richtungsänderung auftritt, wird Umkehrspiel genannt. Er wird durch Spiel im Antriebsstrang, z. B. in Lagern oder Getrieben, und durch Reibung der Führungen verursacht. Im Gegensatz zur Hysterese kann Umkehrspiel in positionsgeregelten Systemen zur Instabilität führen, da es für eine Totzeit im Regelkreis sorgt. Einige Motorcontroller verfügen über eine automatische Umkehrspielkompensation, die bei jeder Richtungsumkehr den geschätzten Wert des Spiels zur Positionsvorgabe addiert. Der Erfolg ist begrenzt, weil das Spiel keine Konstante ist, sondern von Temperatur, Beschleunigung, Belastung, Spindelposition, Stellrichtung, Abnutzung usw. abhängt.

Der Einfluss des Umkehrspiels wird durch Verwendung eines direkten Positionsmessverfahrens ausgeschlossen.

Unidirektionale Wiederholbarkeit

Die Genauigkeit, mit der jede Position innerhalb des Positionierbereichs nach einer beliebigen Positionsänderung aus der gleichen Richtung wieder angefahren werden kann. Weil Hysterese und Umkehrspiel nur einen geringen Einfluss auf die unidirektionale Wiederholbarkeit haben, ist dieser Wert meist deutlich besser als die „Bidirektionale Wiederholbarkeit“.

Linearantriebe & Aktoren

Nanostelltechnik / Piezoelektronik

Nanomesstechnik

Mikrostelltechnik

Hexapoden,
Parallelkinematiken

Linearversteller

Horizontalachsen (X)

Vertikalachsen (Z)

Mehrachsig

Rotations- u. Kippversteller

Zubehör

Servo- & Schrittmotor-
steuerungen

Einkanalig

Hybrid

Mehrkanalig

Grundlagen der
Mikrostelltechnik

Index

Motoren & Antriebe

Linearantriebe

Piezoantrieb

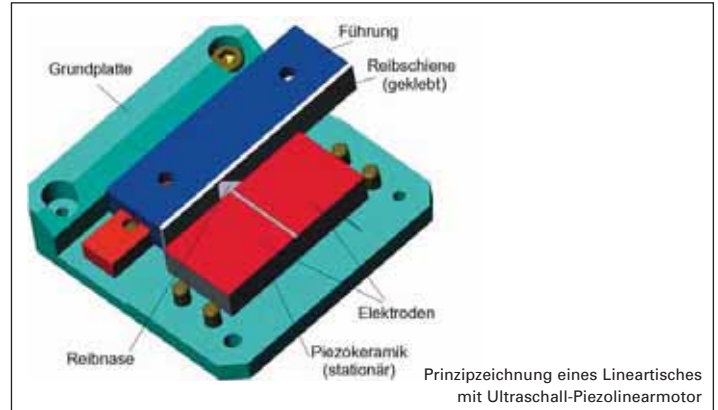
Hier muss zwischen klassischen Piezoaktoren für den direkten Antrieb und Piezolinearantrieben unterschieden werden.

Piezoaktoren ermöglichen Auflösungen von unter einem Nanometer. Für verschiedene Mikropositioniertische sind zusätzliche Piezofeinantriebe verfügbar. Alternativ zu dieser seriellen Konfiguration werden sie zu Hybridantrieben kombiniert, bei denen eine gemeinsame Regelschleife für Motor und Piezoaktor verwendet wird (s. S. 4-132). Piezoaktoren können extrem hohe Beschleunigungen von mehreren Tausend g übertragen und sind reibungs- und umkehrspielfrei. Ihr Stellweg ist in der Regel auf unter einen Millimeter begrenzt. Mehr dazu finden Sie in den Kapiteln „Piezoaktoren / Piezokomponenten“ „Piezo Systeme / Schnelle Scantische“ und im Tutorium: „Grundlagen der Nanostelltechnik“.

Piezolinearantriebe erlauben prinzipiell unbegrenzte Stellwege. Sie wirken direkt ohne Zwischenelemente wie Spindeln oder Getriebe und sind umkehrspielfrei. Außerdem erzeugen sie weder Magnetfelder noch werden sie von diesen beeinflusst. PI bietet zwei verschiedenen Typen an: (Hochgeschwindigkeits-) Ultraschallmotoren und PiezoWalk® Piezoschreitrantriebe für hohe Stellkräfte und hohe Auflösung, die zum Aufbau von Nanostellsystemen mit langem Stellbereich verwendet werden (s. PiezoWalk® Antriebe / Aktoren, S. 1-3).

Ultraschall-Piezolinearmotoren

Der Antrieb besteht aus einem Stator, der den piezokeramischen Oszillator enthält und einem Läufer (Reibschiene), an dem der bewegte Teil eines Schlittens befestigt wird. Ultraschallmotoren von PI ermöglichen Geschwindigkeiten bis zu 500 mm / s sowie Auflösungen von ca. 0,1 µm in Regelung. Sie



sind extrem kompakt, selbsthemmend und besitzen eine Lebensdauer von über 20.000 Stunden. PI setzt diese Piezomotoren z. B. in den Miniaturtischen der Serien M-661, M-662, M-663 und M-664, sowie in XY-Kreuztischen wie dem M-686 ein.

Voice-Coil Linearantriebe (Tauchspulantrieb)

Diese reibungsfreien magnetischen Linearantriebe werden durch hohe Dynamik, aber relativ geringe Haltekräfte charakterisiert.

Sie kommen besonders bei Scananwendungen mit Stellwegen von einigen Millimetern bis Zentimetern zum Einsatz. Um eine Position stabil zuhalten, muss der Voice-Coil, wie jeder magnetische Linearantrieb, in Regelung betrieben und bestromt werden, was zu einer Erwärmung führt. PI bietet Tauchspulantriebe im Standardsystem V-106 sowie verschiedenen kundenspezifischen Systemen an.

Klassische Antriebssysteme

DC-Motoren mit ActiveDrive™

DC-Motorantriebe haben verschiedene Vorteile wie z. B. gute dynamische Eigenschaften mit einem weiten Regelbereich, hohes Drehmoment bei geringen Drehzahlen, geringe Wärmeentwicklung und Vibrationsarmut bei hoher Positionsauflösung. Die Kosten für einen leistungsfähigen linearen Verstärker sind jedoch üblicherweise höher als bei Schrittmotoren.

Das ActiveDrive™ System reduziert diesen Aufwand erheblich, indem ein im PWM-Modus (Pulsweitenmodulation) getriebener Servoverstärker mit im Motorgehäuse integriert ist. Dieses Konzept hat viele Vorteile:

- Höherer Wirkungsgrad durch Ausschaltung von Leistungsverlusten zwischen Verstärker und Motor
- Geringere Kosten, kompakterer Aufbau und höhere Zuverlässigkeit, weil kein extern verkabelter Verstärker benötigt wird
- Vermeidung von Störstrahlung, weil Verstärker und Motor zusammen in einem geschirmten Gehäuse montiert sind

Zur Positionserfassung werden optische Linear- und Rotationsencoder eingesetzt.

DC-Motor / Servomotor

Ein Gleichstrommotor mit Positionserfassung wird als Servomotor bezeichnet. Typisch für

DC-Servomotoren sind der gleichmäßige, schwingungsfreie Betrieb, ein weiter Geschwindigkeitsbereich und hohe Drehmomente bei geringer Geschwindigkeit. Um die Eigenschaften bestmöglich zu nutzen, benötigt man eine Motorsteuerung mit PID-Regelung (proportional, integral und differentiell) und geeigneten Filtern. Der Servomotor bietet viele Vorteile wie gute Dynamik, schnelles Ansprechen, hohe Momente bei kleinen Drehzahlen, geringe Wärmeentwicklung und wenig Vibration. Die Anschaffungskosten sind meist höher als für Schrittmotoren.

DC-Getriebemotorantriebe

Vorteile von DC-Getriebemotoren sind z. B. hohe Auflösung,

kompakter Aufbau und geringer Leistungsbedarf bei hohem Drehmoment. Sie können direkt von PC-Karten ohne Zusatzverstärker getrieben werden. PI setzt verschiedene Typen mit 2 bis 3 Watt Leistung und optischen Rotationsencodern (bis zu 4.000 Impulse / Umdrehung) ein. Bei den meisten Ausführungen sind die Getriebe zur Vermeidung von Umkehrspiel vorgespannt.

Schrittmotorantriebe

Im Gegensatz zu DC Motoren nehmen Schrittmotoren nur diskrete Positionen innerhalb einer Umdrehung ein. Da diese Schritte einen konstanten Abstand haben, kann über deren Anzahl eine Position kommandiert werden, ohne dass ein

Positionssensor erforderlich ist. Schrittmotoren haben eine hohe Lebensdauer und sind im Vergleich zu DC-Motoren besonders bei Anwendungen mit geringerer Dynamik und im Vakuum gut geeignet. Wenn

die Position gehalten werden soll, müssen Schrittmotoren permanent bestromt werden, was ein Positionszittern zwischen den Schritten und die Erzeugung von Wärme zur Folge haben kann. PI verwen-

det laufruhige, kostengünstige 2-Phasenmotoren im Mikroschrittbetrieb, bei dem die diskreten Schrittweiten elektronisch interpoliert werden.

Antriebs Elemente

Gewindespindeln

Mit Gewindespindeln können sehr hohe Auflösungen und ein gleichmäßiger Lauf erreicht werden. Ein Gewindespindeltrieb besteht aus einer motorgetriebenen Spindel, deren Mutter mit dem Schlitten des Verstelltisches verbunden ist. Durch Federvorspannung der Mutter kann das Umkehrspiel minimiert werden. Sie weisen dadurch eine höhere Reibung als Kugelumlaufspindeln auf, wodurch sie einerseits selbsthemmend sind, was sich andererseits auf die Geschwindigkeit, Antriebsleistung und Lebensdauer auswirkt. Typische Gewindesteigungen liegen zwischen 0,4 und 0,5 mm / Um-

drehung, bis zu 1 mm / Umdrehung für längere Stellwege.

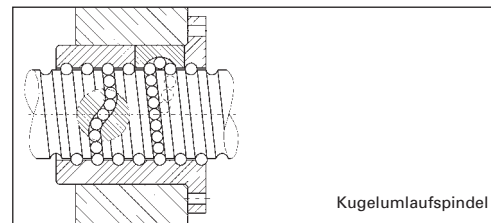
Kugelumlaufspindeln

Kugelumlaufspindeln sind deutlich reibungsärmer als Gewindespindeln, weil hier statt der Gleitreibung die wesentlich geringere Rollreibung genutzt wird.

Ein Kugelspindeltrieb besteht aus einer motorgetriebenen Spindel, deren Mutter mit dem Schlitten des Verstelltisches verbunden ist. Zwischen der Mutter (Kugelgehäuse) und der Spindel laufen Kugeln in einem geschlossenen Kreislauf. Durch geeignetes Abstimmen von Kugeldurchmesser und Profil der Gewingänge zwischen Spin-

del und Mutter kann das Umkehrspiel minimiert werden. Kugelumlaufspindeln sind nicht selbsthemmend, aber sehr effizient und ermöglichen hohe Geschwindigkeiten und Standzeiten im Dauerbetrieb. PI setzt Gewindesteigungen von 0,5, 1 und 2 mm / Umdrehung ein.

Der Spindeltyp ist im jeweiligen Datenblatt vermerkt.



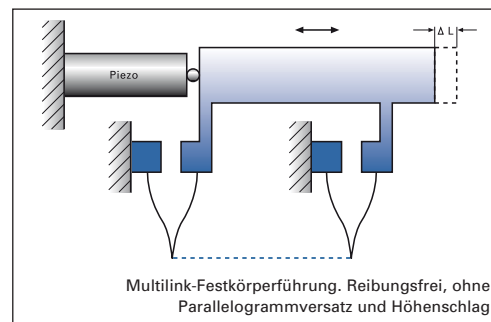
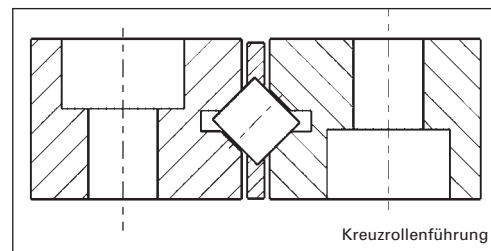
Führungssysteme

Kreuzrollenlager

Bei Kreuzrollenlagern wird der Punktkontakt der Kugeln in Kugellagern durch den Linienkontakt gehärteter Rollen ersetzt. Sie sind dadurch wesentlich steifer und kommen mit geringerer Vorspannung aus, was die Reibung reduziert und einen gleichmäßigeren Lauf ermöglicht. Kreuzrollenlager zeichnen sich darüber hinaus durch hohe Führungsgenauigkeit und Tragfähigkeit aus. Die Tische der Serien M-126, M-405/M-410/M-415 und M-105/M-106 sind mit Kreuzrollenlagern ausgerüstet.

den Millimeterbereich Anwendung. 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. Weitere Vorteile sind hohe Steifigkeit, Belastbarkeit und Verschleißfreiheit. Flexures sind außerdem wartungsfrei und unempfindlich gegenüber Schockbelastungen und Vibrationen.

Sie können aus nichtmagnetischen Materialien gefertigt werden und benötigen weder Schmiermittel noch andere Betriebsstoffe; deshalb arbeiten sie – im Gegensatz zu den eben-



Linearantriebe & Aktoren

Nanostelltechnik / Piezoelektronik

Nanomesstechnik

Mikrostelltechnik

Hexapoden,
Parallelkinematiken

Linearversteller

Horizontalachsen (X)

Vertikalachsen (Z)

Mehrachsig

Rotations- u. Kippversteller

Zubehör

Servo- & Schrittmotor-
steuerungen

Einkanalig

Hybrid

Mehrkanalig

Grundlagen der
Mikrostelltechnik

Index

falls reibungsfreien Luftlagern – auch problemlos im Vakuum.

Mit Flexures lassen sich hervorragende Führungsgenauigkeiten erzielen – je nach Aufwand und Fertigungsgenauigkeit bis in den Nanometerbereich oder darunter. PI bietet eine große Auswahl piezotriebener Nanopositioniersysteme mit Flexureführungen an (s. Kapitel „Piezo Systeme / Schnelle Scantische“ s. S. 2-3).

Linearkugellager

Diese Kugellager kommen z. B. in den Miniaturtischen der Serien M-110, M-111 und M-112 zum Einsatz. Die Kugeln laufen in einem Messingkäfig und sind gegenüber den gehärteten Präzisionsführungswellen vorgespannt. Um Spielfreiheit und geringe Reibung zu ermöglichen, müssen exakte Toleranzen zwischen Führung und Lager eingehalten werden.

Kugelumlauflager

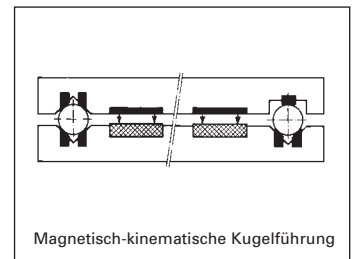
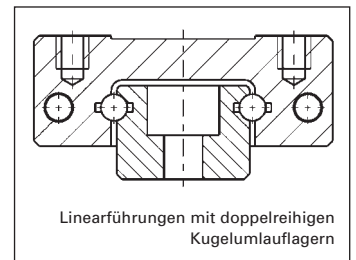
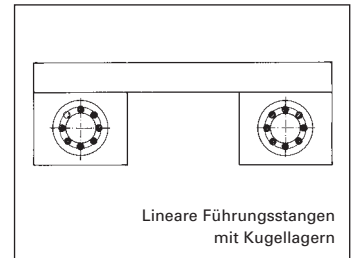
Die Tische der Serien M-505, M-511, 521, 531 und M-605 sind mit Doppelkugelumlaufagern ausgerüstet. Diese Lager zeichnen sich bei entsprechend sorgfältiger Montage durch eine vorteilhafte Kombination aus hoher Belastbarkeit, Lebensdauer, Wartungsfreiheit und Führungsgenauigkeit aus. Der bewegliche Teil der Tische wird von vier vorgespannten Kugelumlaufschuhen, die auf zwei Führungsschienen laufen, getragen. Jeder Lagerschuh beinhaltet zwei unabhängige Reihen umlaufender Kugeln. Kugelumlauflager sind unempfindlich gegen das Wandern der Wälzlager, das bei Kreuzrollenlagern auftreten kann, wenn kleine Bereiche häufig abgescannt werden.

Magnetisch-kinematische Kugelführungen

Die magnetisch-kinematischen Führungen der Lineartische

M-011 und M-014 nutzen die hohe Konstanz der im Tisch integrierten magnetischen Vorspannung für eine extrem ebene und gleichförmige Bewegung. Der Aufbau mit zwei unterschiedlichen Linearlagern sorgt für eine außergewöhnlich hohe Führungsgenauigkeit und Ablaufebenheit im Bereich von 0,1 bis 0,2 μm . Dabei übernimmt nur eines der Lager (V-Nut) die Längsführung, während das andere (U-Nut) lediglich tragende Funktion hat. Im Gegensatz zu Tischen mit konventionellen Kugel- oder Rollenlagern können bei dieser Konstruktion Winkelfehler zwischen den beiden Lagern keine Verspannungen verursachen.

Mit den optionalen Piezoantrieben lassen sich Auflösungen von 5 nm realisieren.



Hybride Antriebe

Klassische Kombinationen

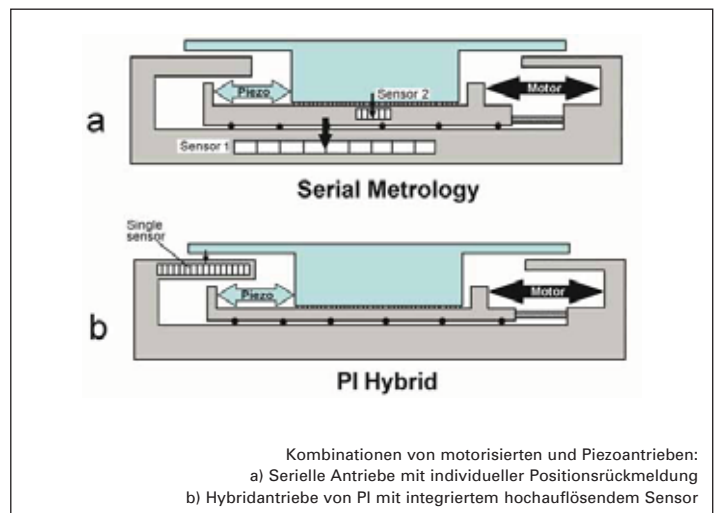
Kombinationen verschiedener Antriebsarten bezeichnet man als Hybridantriebe. Für die Mikrostelltechnik hat PI gestapelte Systeme aus piezotriebenen und motorisierten oder manuellen Verstellern realisiert. Die Motor-Spindelkombination liefert lange Stellwege und der zusätzliche Piezofeinantrieb die Nanometergenauigkeit und schnelles Ansprechverhalten. Beispielsweise bietet PI ein hochauflösendes System zur Faserkopplung an, das einen 6-Achsen-Mikropositionierer (F-206) mit einem Mehrachsen-Piezosystem (P-611 Nano-Cube®) kombiniert.

Die Regelung bei solchen gestapelten Systemen arbeitet

unabhängig voneinander über separate Positionssensoren, und der Piezo tritt erst in Aktion, wenn der Motor hält. Die Positioniergenauigkeit (nicht die Auflösung) eines solchen Aufbaus wird von der Präzision des motorisierten Systems bestimmt.

Neuartiges Hybridkonzept

Die Hybridsteltische M-511.HD und M-714 verfolgen ein anderes Konzept. Hier liefert ein nanometergenauer Linearenencoder die Positionsrückmeldung über den gesamten Stellweg. Der Piezoantrieb ist in den Motor-Spindelaufbau integriert und beide Antriebsarten werden simultan angesteuert. Dadurch werden Reibungseffekte beim Anfahren



Kombinationen von motorisierten und Piezoantrieben:
a) Serielle Antriebe mit individueller Positionsrückmeldung
b) Hybridantriebe von PI mit integriertem hochauflösendem Sensor

überwunden (Stick-Slip), und eine gleichmäßige Bewegung mit extrem konstanter Geschwindigkeit realisiert. Hybridversteller sind daher be-

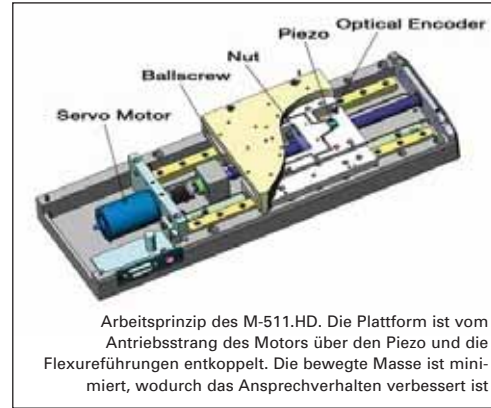
sonders gut geeignet für Anwendungen, in denen die Position hochgenau ausgewertet und wieder angefahren werden muss, oder für Oberflächen-

inspektion und Messtechnik, wenn eine Zielposition nanometergenau erreicht werden soll.

In der Ausführung ist die bewegte Plattform des Hybridischen über reibungsfreie Festkörpergelenke und hochsteife Piezoaktoren entkoppelt. Der Piezo korrigiert die Positionsfehler aus dem motorisierten Antriebsstrang und sorgt dafür, dass die Nanometer des

Sensors ausgeschöpft werden können.

Die Regelalgorithmen betrachten Motor- und Piezosystem als eine Antriebseinheit und gleichen die tatsächliche Bewegung mit einer berechneten Trajektorie ab.



Metrologie

Direkte Metrologie

Kontaktlose optische Linearencoder messen die Istposition mit höchster Genauigkeit direkt an der bewegten Plattform (Direktmetrologie). Dadurch werden Fehler im Antriebsstrang wie z.B. mechanisches Spiel und elastische Deformation nicht berücksichtigt.

Indirekte Metrologie

Positionssensor-Konfiguration, bei der die Bewegung der Plattform indirekt bestimmt wird. Der Sensor ist meist im Antriebsstrang integriert. Vorteil hier ist die vereinfachte Anbringung des Sensors. Umkehrspiel und mechanisches Spiel beeinflussen allerdings das Messergebnis.

Parallele Metrologie

Positionssensor-Konfiguration für mehrachsige parallel-kinematische Systeme, bei dem alle Sensoren die Position zwischen der Grundplatte und der bewegten Plattform messen. Wesentlich ist, dass alle Bewegungsabweichungen von der vorgegebenen Bahn erkannt werden und ausgeglichen werden können. Das bedeutet, dass das Positionsübersprechen aller Achsen kompensiert werden kann (Active Trajectory

Control). Nachteil ist die Komplexität der Kontrollalgorithmen.

Positionsmessung mit Rotationsencoder

Ein Rotationsencoder, auch Inkrementalgeber oder Drehgeber genannt, ist an einer sich drehenden Stelle im Antriebsstrang implementiert, z.B. der Motorwelle. Zur relativen Positionsbestimmung zählt der Controller die Encodersignale, die sog. Impulse. Um die absolute Position zu messen, muss der Versteller zu einem End- oder Referenzschalter gefahren werden. Bei den meisten Controllern ist dieser Vorgang, das sog. Referenzieren, automatisiert.

Positionsmessung mit Linearencoder

Optische Linearencoder messen die Istposition direkt (Direktmetrologie) und schalten so den Einfluss von Fehlern im Antrieb wie z.B. Nichtlinearität, Umkehrspiel oder elastischer Deformation aus.

Serielle Metrologie

Positionssensor-Konfiguration für mehrachsige Systeme, bei dem einige Sensoren die Position zwischen zwei beweg-

ten Plattformen messen. Vorteile sind die einfache Integration in ein seriellkinematisches System und ein einfaches Regelkonzept. Nachteile sind Führungsfehler beim Positionsübersprechen der dazwischen liegenden Plattformen.

Linearantriebe & Aktoren

Nanostelltechnik / Piezoelektronik

Nanomesstechnik

Mikrostelltechnik

Hexapoden,
Parallelkinematiken

Linearversteller

Horizontalachsen (X)

Vertikalachsen (Z)

Mehrachsig

Rotations- u. Kippversteller

Zubehör

Servo- & Schrittmotor-
steuerungen

Einkanalig

Hybrid

Mehrkanalig

**Grundlagen der
Mikrostelltechnik**

Index

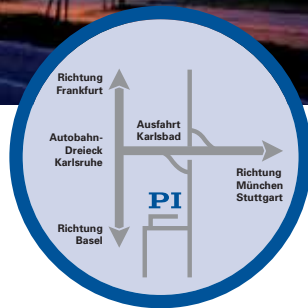
Alle Wege führen zu PI

PI Karlsruhe



Im Einzugsbereich der Flughäfen Frankfurt, Stuttgart und Straßburg, liegt PI verkehrsgünstig, nahe dem Autobahndreieck Karlsruhe, direkt an der A8, Ausfahrt Karlsbad.

www.pi.ws

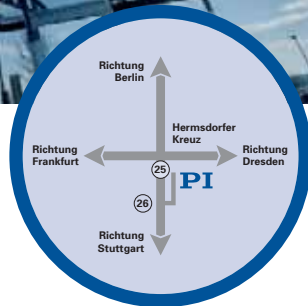


PI Ceramic Lederhose



Einfach und schnell erreichbar liegt PI Ceramic direkt am Verkehrsknotenpunkt „Hermisdorfer Kreuz“ der A9 und der A4. Nur wenige Minuten von den Anschlussstellen Nr. 25 und Nr. 26 entfernt.

www.piceramic.de



Hauptsitze

DEUTSCHLAND

Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG
Auf der Römerstr. 1
76228 Karlsruhe
Tel: +49 (721) 4846-0
Fax: +49 (721) 4846-100
info@pi.ws · www.pi.ws

PI Ceramic GmbH
Lindenstr.
07589 Lederhose
Tel: +49 (36604) 882-0
Fax: +49 (36604) 882-25
info@piceramic.de
www.piceramic.de

Niederlassungen

USA (Ost) & KANADA

PI (Physik Instrumente) L.P.
16 Albert St.
Auburn, MA 01501
Tel: +1 (508) 832 3456
Fax: +1 (508) 832 0506
info@pi-usa.us
www.pi-usa.us

USA (West) & MEXIKO

PI (Physik Instrumente) L.P.
5420 Trabuco Rd., Suite 100
Irvine, CA 92620
Tel: +1 (949) 679 9191
Fax: +1 (949) 679 9292
info@pi-usa.us
www.pi-usa.us

JAPAN

PI Japan Co., Ltd.
Akebono-cho 2-38-5
Tachikawa-shi
Tokyo 190
Tel: +81 (42) 526 7300
Fax: +81 (42) 526 7301
info@pi-japan.jp
www.pi-japan.jp

PI Japan Co., Ltd.
Hanahara Dai-ni-Building, #703
4-11-27 Nishinakajima,
Yodogawa-ku, Osaka-shi
Osaka 532
Tel: +81 (6) 6304 5605
Fax: +81 (6) 6304 5606
info@pi-japan.jp
www.pi-japan.jp

CHINA

Physik Instrumente (PI Shanghai) Co., Ltd.
Building No. 7-301
Longdong Avenue 3000
201203 Shanghai, China
Tel: +86 (21) 687 900 08
Fax: +86 (21) 687 900 98
info@pi-china.cn
www.pi-china.cn

UK & IRLAND

PI (Physik Instrumente) Ltd.
Lambda House
Batford Mill
Harpenden, Hertfordshire
AL5 5BZ
Tel: +44 (1582) 711 650
Fax: +44 (1582) 712 084
uk@pi.ws
www.physikinstrumente.co.uk

FRANKREICH

PI France S.A.S.
32 rue Delizy
93694 Pantin Cedex
Tel: +33 (1) 57 14 07 10
Fax: +33 (1) 41 71 18 98
info@pifrance.fr
www.pifrance.fr

ITALIEN

Physik Instrumente (PI) S.r.l.
Via G. Marconi, 28
20091 Bresso (MI)
Tel: +39 (02) 665 011 01
Fax: +39 (02) 873 859 16
info@pionline.it
www.pionline.it