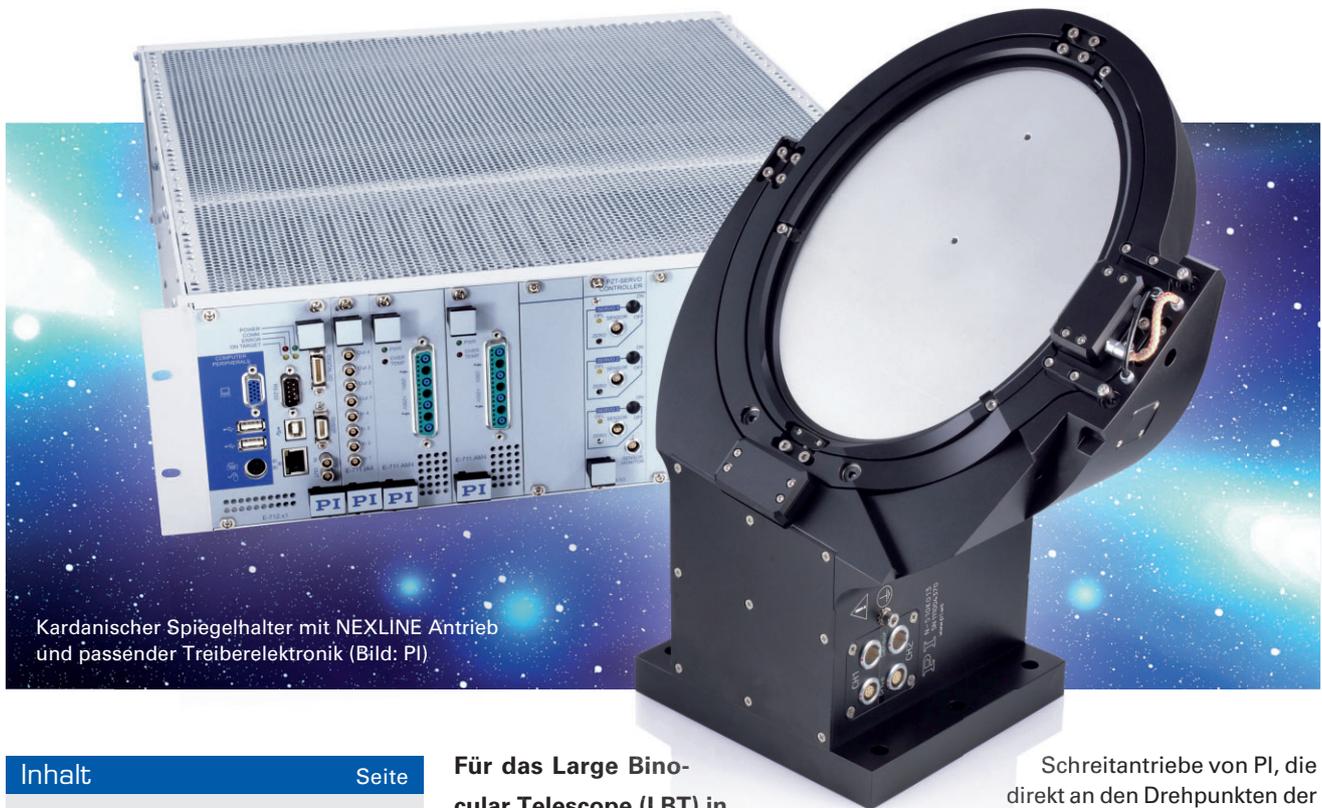


## Spiegelhalter für das Large Binocular Telescope

# Kardanischer Optikhalter mit NEXLINE®-Antrieben für die astronomische Interferometrie



Kardanischer Spiegelhalter mit NEXLINE Antrieb und passender Treiberelektronik (Bild: PI)

Inhalt	Seite
Spiegelhalter für das Large Binocular Telescope	1 – 2
Präzise und stabile Mikroskopische M-687 mit Direktantrieb	2
Fließbandproduktion im Vakuum	3
C-872: Universaltreiber für PILine®	4
N-664: für Schrittweiten im Nanometerbereich	5
Miniatur-Piezoverstärkermodul für individuelle Mehrachsenansteuerung	5
E-712: Mit „Grips“ zum Millionstel Millimeter	6
PICMA® Bender Biegeaktoren	7
Erweiterung Geschäftsleitung bei PI	8

**Für das Large Binocular Telescope (LBT) in Arizona entwickelte das Max-Planck-Institut für Astronomie (MPIA) in Heidelberg alternative Kippplattformen für dichroitische Spiegel in einem kritischen Strahlengang.**

Klassische kinematische Spiegelhalter mit Standardaktoren konnten unter den beschränkten Platzverhältnissen nicht die nötige Stabilität, Resonanzfrequenz und Auflösung erreichen. Das neuartige Design nutzt piezoelektrische NEXLINE®

Schreitrantriebe von PI, die direkt an den Drehpunkten der Kippachsen wirken. Das Ergebnis ist ein Kippspiegelsystem, dessen Resonanzfrequenz mit 125 Hz mehr als viermal so hoch liegt als bei herkömmlichen Spiegelhaltern. Die Auflösung beträgt 0,3 Bogensekunden (geregelt), die Positionsstabilität ist besser als 0,15 Bogensekunden.

Die NEXLINE® Piezoantriebe kombinieren große Stellwege mit hoher Steifigkeit und hoher Auflösung, die besser als 0,1 nm liegt.

Fortsetzung auf Seite 2



Fortsetzung von Seite 1

Piezokeramische Klemm- und Scherelemente wirken auf einen bewegten Läufer, an den das zu bewegende Objekt angekoppelt wird. Es ist eine beliebig kleine Positionsauflösung möglich, die nur von der Stabilität des Steuerungsspannungssignals abhängt. Während der Läufer im Vollschritt-Betrieb mit maximaler Geschwindigkeit über größere Strecken bewegt werden kann, ermöglicht der Nanoschritt-Betrieb die gleichförmige Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit. Im spannungslosen Zustand bieten die Antriebe maximale Haltekraft mit Nanometer-Stabilität, unabhängig von ihrer Position.

## Über das Max-Planck-Institut für Astronomie (MPIA):

Die Astronomie ist eine der ältesten Naturwissenschaften – und gleichzeitig eine der modernsten. Das beweist das Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg. Dort entschlüsseln Forscher die Rätsel des Universums mit Hightech-Geräten, bauen trickreiche Zusatzgeräte und Detektoren für Teleskope und Satelliten, die das Licht aus kosmischen Quellen nach allen Regeln der physikalischen Kunst untersuchen. Zu den Objekten wissenschaft-

licher Neugierde zählen etwa junge Sterne und die Geburt von Planetensystemen. „Ist die Erde der einzige belebte Ort im Weltall?“, so lautet eine der brennenden Fragen der Forschung. Aber auch in den Tiefen von Raum und Zeit sind die Max-Planck-Astronomen unterwegs, untersuchen aktive Galaxien und Quasare, um sich ein Bild von Beginn und Entwicklung des heute so reich strukturierten Universums zu machen.

## Präzise und stabile Mikroskopietische M-687 mit Direktantrieb

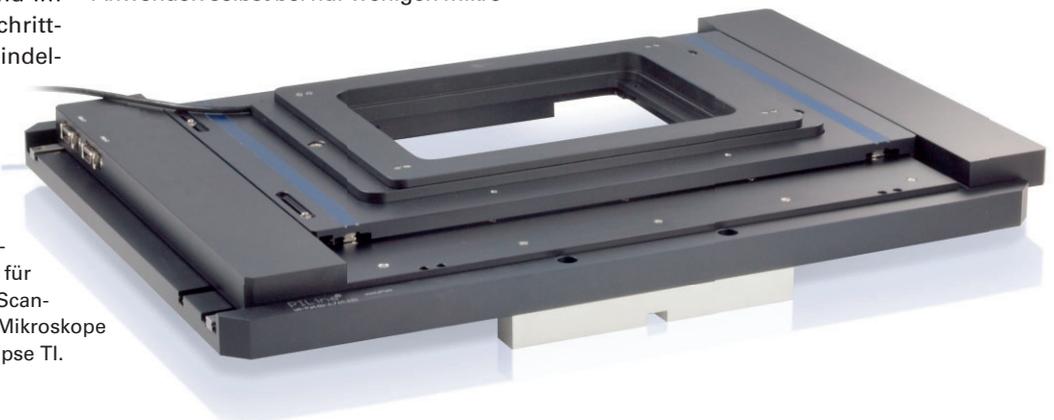
**Mit dem M-687 bietet PI ein schnelles, hochpräzises XY-Stellsystem, das für Anwendungen mit inversen Mikroskopen optimiert wurde.**

Der Kreuztisch M-687 ermöglicht Stellwege bis 100 x 75 mm, die große freie Apertur bis zu 160 x 100 mm kann Probenhalter oder auch Proben-Z-Scansysteme aufnehmen. Derzeit verfügbar sind Versionen für die inversen Mikroskope der Olympus IX2 Serie und für Nikon Eclipse TI. Als Antrieb wirkt ein PLine® piezokeramischer Linearmotor, der im Versteller integriert ist und im Gegensatz zu angeflanschten Schritt- oder DC-Motoren mit großem Spindel-

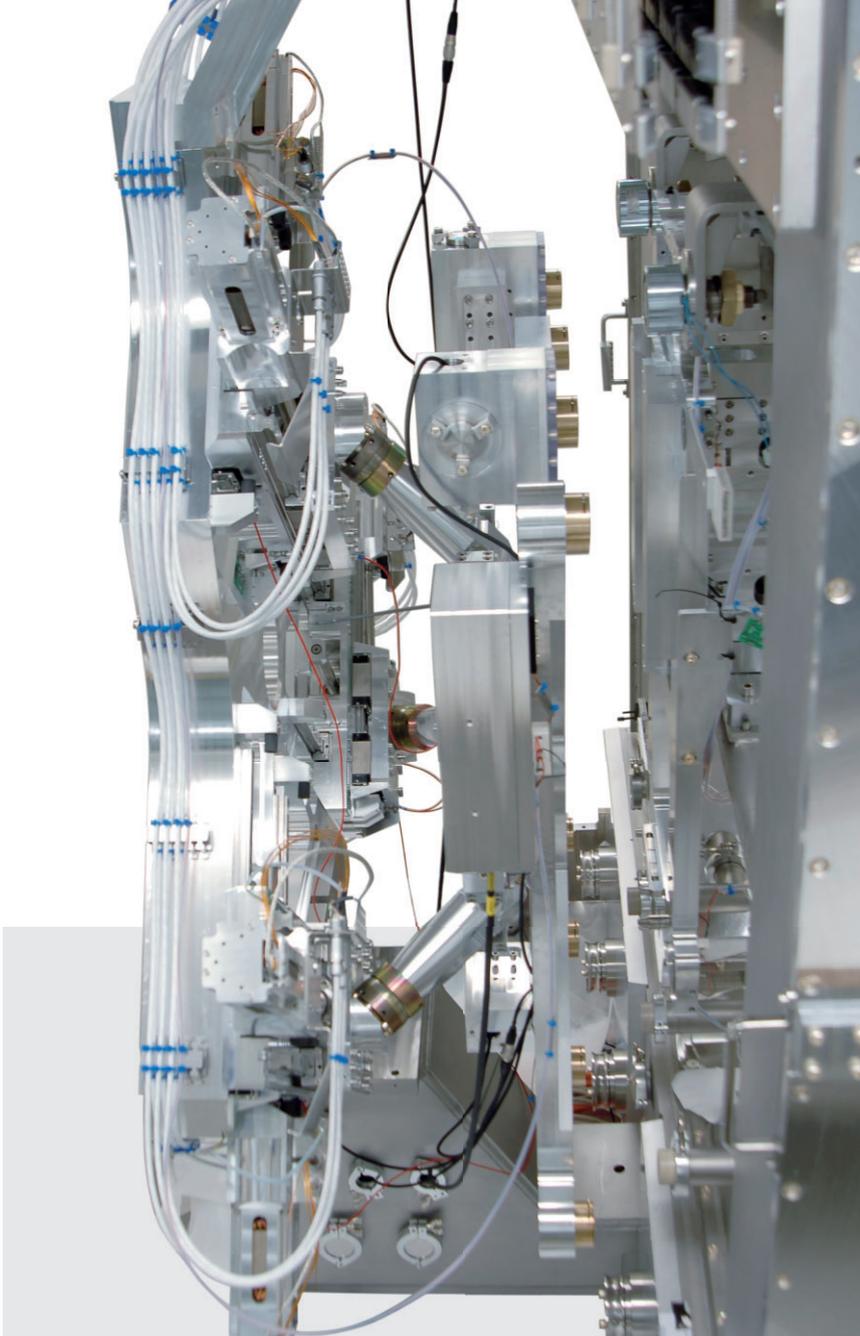
kanal keinen zusätzlichen Bauraum erfordert. Das vereinfacht die Integration unter dem Mikroskop und der Zugang zur Probe wird nicht eingeschränkt. Die PLine® Motoren übertragen die Kraft direkt auf die bewegte Plattform und halten so die Position stabil, sogar im ausgeschalteten Zustand. Sie erzeugen dabei keine zusätzliche Wärme. Die M-687 Versteller erreichen Maximalgeschwindigkeiten in Regelung von bis zu 250 mm/s. Das Einschwingverhalten ist optimiert und erfolgt innerhalb weniger Millisekunden. Umgekehrt ist auch die langsame Fahrt von Bedeutung für den Anwender: selbst bei nur wenigen Mikro-

metern pro Sekunde ist die Bewegung gleichmäßig und ohne Sprünge. Sie kann problemlos unter dem Mikroskop mit 1000facher Vergrößerung verfolgt werden.

Die Kombination von PLine® Antrieb und einem hochauflösenden Positionssensor sorgt für einen sehr steifen, hochpräzisen Tisch, der Positionen mit einer Genauigkeit unter einem Mikrometer zuverlässig wiederholt anfahren kann. Davon profitieren besonders Aufnahmetechniken wie das Tiling und Stitching, das bei ausgedehnten Proben notwendig ist.



Dynamisch und präzise: Die Kombination aus motorisiertem XY-Kreuztisch für 100 x 75 mm Stellweg und Proben-Z-Scantisch passt ohne Adapter auf inverse Mikroskope der Olympus IX2 Serie und Nikon Eclipse TI.



Zum ersten Mal wurde eine Parallelkinematik von PI miCos in einen vollautomatisierten Produktionsprozess integriert. (Foto: PI miCos)

und hoher Encoderauflösung. Für die notwendige Dynamik sorgen ebenfalls speziell für diese Anwendung entwickelte dreiphasige Servomotoren. Auch eine vakuumtaugliche Haltebremse wurde neu konstruiert, da die am Markt verfügbaren Lösungen im Hinblick auf Materialeigenschaften und Verlustleistungen den Anforderungen dieser Anwendung nicht genügten. Für die Software zur Steuerung der Sandwichbestückung sowie die Integration der Messwerte von Sensorik und Kameras übernahm PI miCos ebenso die Verantwortung wie für die Überwachung der Greifermagnete. Damit bewies das mittelständige Unternehmen, dass es durchaus den Anforderungen für komplexe multidisziplinäre Hightech Projekte gewachsen ist.



## PI miCos

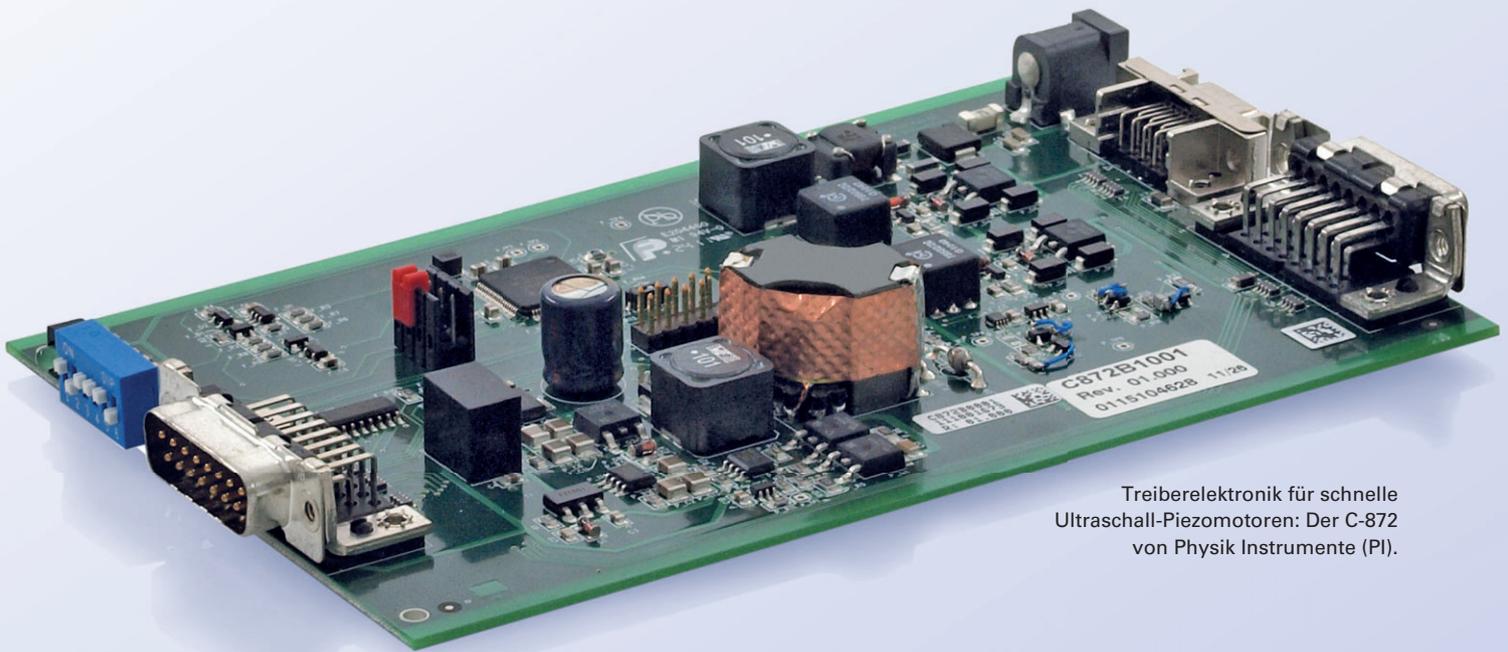
Die miCos GmbH wurde 1990 in Eschbach bei Freiburg gegründet und gehört heute als PI miCos zur PI-Gruppe. Mit aktuell über 50 Mitarbeitern entwickelt, fertigt und vertreibt das Breisgauer Unternehmen weltweit innovative Systeme und Komponenten für hochpräzise Positionieranwendungen. Einen Schwerpunkt bildet dabei die optische Messtechnik in Forschung und Industrie. Hierfür bietet PI miCos neben einem umfangreichen Standardprogramm auch kundenspezifische Systemlösungen mit mehreren Achsen an. Ein breitgefächertes Applikations-Know-how ist der Garant für die Umsetzung technisch anspruchsvoller Lösungen. Flexible Positioniersysteme für Ultrahochvakuum-Anwendungen liefern dafür ebenso ein Beispiel wie parallelkinematische Hexapoden mit sechs Freiheitsgraden mit Linearmotoren und Luftlager.

## Fließbandproduktion im Vakuum

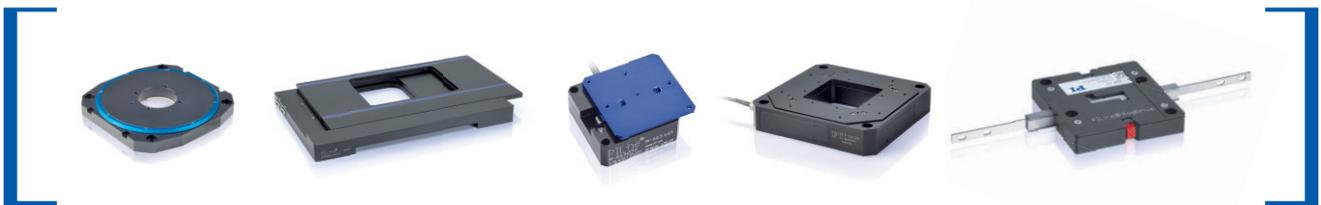
Eine besondere Herausforderung für die Eschbacher Ingenieure von PI miCos war eine Fließbandproduktion unter Vakuum mit  $10^{-6}$  mbar. Es galt eine vollautomatisierte Sandwichbestückung eines Trägers mit einer Präzisionsfolie und eines rückseitigen Gegenhalters in den Produktionsdurchlauf zu integrieren. Dabei muss die  $1 \text{ m}^2$  große Folie mit einer Genauigkeit von  $\pm 20 \mu\text{m}$  zum Träger positioniert werden. Da die Position des Trägers variiert, kam für die Bestückung, die nicht länger als 10 Sekunden dauern

durfte, nur ein Positioniersystem mit sechs Freiheitsgraden infrage. Für die gewünschten Verfahrenswege von 50 mm in Bestückungsrichtung und 20 mm quer dazu empfahl sich aufgrund ihrer geringen Bauhöhe eine SpaceFab aus Eschbach.

Das für diesen Anwendungsfall entwickelte System kann ohne weiteres Lasten von 100 kg schwingungsarm, schnell und sehr präzise bewegen. Den Schlüssel dazu liefert eine ausgeklügelte Kombination aus Mechanik, Spindelsteigung



Treiberelektronik für schnelle  
Ultraschall-Piezomotoren: Der C-872  
von Physik Instrumente (PI).



### Positionierantriebe schnell und effizient

## Universaltrieber für Ultraschall-Piezomotoren

Die PLine-Serie umfasst Ultraschall-Piezomotoren für verschiedene Leistungsklassen, die vom Nutzer selbst in Verstellereinheiten integriert werden können. Für den Betrieb von Ultraschall-Piezomotoren ist eine Elektronik erforderlich, die die hochfrequente Wechselspannung erzeugt, um den piezokeramischen Aktor zu Schwingungen anzuregen.

Die universelle Treiberelektronik C-872 ist für das gesamte Spektrum an PLine Antrieben geeignet. Eine neuartige Leistungsübertragung beugt der Wärmeentwicklung in der Elektronik vor und

justiert die Betriebsfrequenz optimal. Der Antrieb arbeitet so mit höchster Effizienz. Die Ansteuerung erfolgt über eine analoge Schnittstelle im Bereich zwischen  $\pm 10$  V.

Antriebssysteme, die auf Ultraschall-Piezomotoren basieren, bieten im Vergleich zu klassischen Motor-Spindel-Systemen Vorteile sowohl in der Dynamik als auch in der Geschwindigkeit, im Start-Stopp-Verhalten und im Bauraum. Sie gelten auch als Alternative zu magnetischen Linearmotoren, wenn z.B. die Zielposition stabil gehalten werden muss, ohne dass der Antrieb bestromt wird oder unter starken magnetischen Feldern.

## Hochauflösendes Positioniersystem für Schrittweiten im Nanometerbereich

# Perfekt abgestimmte Präzision

**Mit dem neuen Lineartisch N-664 ist es PI gelungen, ein weiteres wegweisendes Piezopositioniersystem der Referenzklasse zu entwickeln.**

Im N-664 ersetzt ein NEXACT® Piezolineartrieb die üblichen Schritt- oder DC-Servomotoren, wodurch eine Positionsauflösung von weit unter einem Nanometer möglich ist. Darauf abgestimmt ist der neuartige optische Linearencoder PIONe mit einer Auflösung von 0,5 nm, wodurch wiederholbar inkrementelle Bewegungen von 2 nm erzielt

werden. Der N-664 ist mit präzisen, belastbaren Kreuzrollenlager aus Edelstahl ausgestattet. Sie geben dem Mikrolineartisch die nötige Belastbarkeit und Führungsgenauigkeit für einen dynamischen Betrieb mit Höchstgeschwindigkeiten von 10 mm/s. Der Linearencoder PIONe arbeitet nach einem interferometrischen Messprinzip und kann so trotz hoher Geschwindigkeiten sehr präzise Messergebnisse im Sub-Nanometerbereich liefern.

Der NEXACT® Antrieb ist als direkter Linearantrieb frei von Präzisionsverlusten und kann die Position im ausge-

schalteten Zustand stabil halten. Der Antrieb muss dann nicht bestromt werden und erwärmt sich nicht.



Der N-664 Mikrostelltisch schafft nachweislich eine inkrementelle Bewegung von 2 nm.

## Kostengünstig und kompakt:

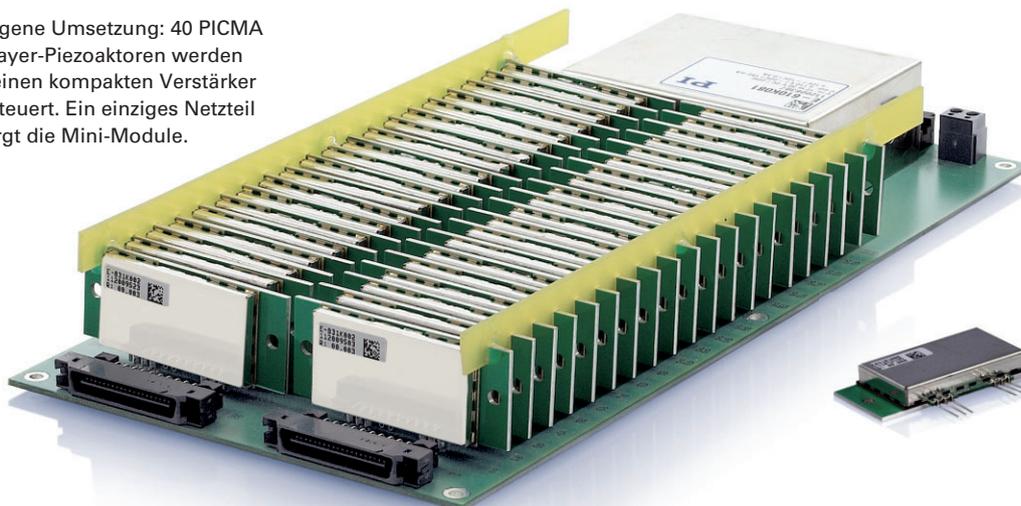
# Miniatur-Piezoverstärkermodul für individuelle Mehrachsenansteuerung

Noch kleiner, leistungsstärker und dynamischer: Das E-831.05 Piezoverstärkermodul für Piezospannungen von -30 bis 130 V bietet mit einem Spitzenstrom bis 250 mA und einer Bandbreite bis 15 kHz mehr als bisherige Miniaturmodule. Davon profitieren OEM-Kunden, die

PICMA® Multilayer-Piezoaktoren in großen Stückzahlen einsetzen. Abmessungen von nur 60 x 28 x 6 mm erlauben, den Miniverstärker dicht beim Aktor anzubringen, was beispielsweise für den Einsatz in der aktiven Schwingungsdämpfung oder anderen Adaptronikan-

wendungen ideal ist. Passend zu den Mini-Modulen bietet PI kompakte DC/DC-Wandler zur Spannungsversorgung für bis zu drei Verstärker an. Diese werden je nach Anwendungsfall individuell angepasst und auf für den Kunden geringsten Integrationsaufwand optimiert.

Gelungene Umsetzung: 40 PICMA Multilayer-Piezoaktoren werden über einen kompakten Verstärker angesteuert. Ein einziges Netzteil versorgt die Mini-Module.



Klein und noch kleiner: Das neue E-831.05 Piezoverstärkermodul.

## E-712: Mit „Grips“ zum Millionstel Millimeter

# Digitalcontroller für piezobasierte Nanopositioniersysteme

Grundlage für eine hohe Positioniergenauigkeit piezobasierter Nanopositioniersysteme ist das perfekte Zusammenspiel mechanischer und elektronischer Komponenten. Die Auslenkung der Piezokeramik beim Anlegen einer Spannung

ist grundsätzlich nicht linear. Eine entsprechende Regelelektronik kann Hysterese und Drifteffekte durch den Vergleich der Sollposition mit der von einem Sensor ermittelten Istposition ausregeln. Dabei bestimmt nicht der Aktor, sondern

der wesentlich linearere Sensor die Genauigkeit des Systems. Das modulare digitale Controllersystem E-712 ist für die Nanostelltechnik mit piezokeramischen Aktoren oder PiezoWalk® Motoren das wohl leistungsfähigste Gerät.



Piezobasierte Mehrachsensysteme für die präzise Positionierung bis in den Schwerlastbereich.

## Piezoaktoren

### Hohe Genauigkeit und Dynamik

Piezoaktoren wandeln elektrische Energie direkt in mechanische und umgekehrt. Dabei können typischerweise Stellwege bis zu etwa einem Millimeter bei Auflösungen bis hinunter in den Nanometerbereich und hoher Dynamik mit Frequenzen bis zu mehreren Kilohertz erreicht werden. Da die Bewegung auf kristallinen

Effekten beruht, gibt es keine rotierenden oder reibenden Teile; Piezoaktoren sind dadurch wartungs- und verschleißfrei und da keine Schmierung notwendig ist, auch für Vakuum geeignet. Sie können große Lasten bewegen, lassen sich auch durch starke Magnetfelder nicht beeinträchtigen und bauen sehr kompakt.

## Nanometer-Positioniergenauigkeit

Digitale Controller nehmen durch adaptive Algorithmen gezielt Einfluss auf alle Bewegungsparameter und ermöglichen den Einsatz beliebiger Korrekturmodelle z.B. für die der Linearitätsabweichungen der Sensoren. So erreicht man bei Positionieranwendungen Linearitätswerte unter 0,001 %, was bei einem Stellweg von 100  $\mu\text{m}$  einer Genauigkeit unter einem Nanometer entspricht.

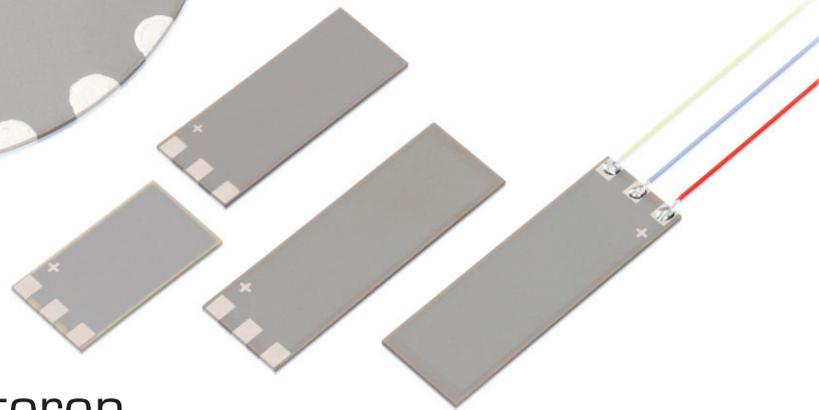
## Dynamische Linearisierung

Digitale Technik minimiert Phasenverschiebungen und Bahnfehler bei dynamisch-periodischen Anwendungen. Dies ist insbesondere wichtig bei Scanning-Anwendungen und wenn die Bahnkurve oder die Synchronisierung mit einem anderen Prozess eingehalten werden muss. Die optionale Dynamische Digitale Linearisierung (DDL) reduziert bei periodischen Bahnprofilen Fehler zwischen Soll- und Istposition auf praktisch nicht mehr messbare Werte, die dynamische Linearität und effektiv nutzbare Bandbreite verbessern sich um bis zu drei Größenordnungen.

## Advanced Piezo Control

Das Advanced Piezo Control dämpft eine Resonanzfrequenz bis ca. 1 kHz aktiv, im Gegensatz zu klassischen PID-Reglern mit Notchfilter. Die Folge davon sind schnelle Einschwingzeiten, ein erheblich besseres Störverhalten und bessere Phasentreue. Allerdings nur, wenn das mechanische System deutlich getrennte Eigenfrequenzen hat.

PICMA® Biegeaktoren  
in verschiedenen Konturen  
und Abmessungen. (Foto: PIC)



**Beste Zuverlässigkeit und kleinste Abmessungen  
machen sie ideal für den Einsatz in der Medizintechnik**

## PICMA® Bender Biegeaktoren von PI Ceramic können flexibel angepasst werden

Durch eine neuartige Fertigungstechnologie sind Multilayer-Biegeaktoren in nahezu beliebigen Konturen und Abmessungen in großen Stückzahlen fertigbar. So sind auch ungewöhnliche Formen, wie abgeschrägte Kanten und Innenbohrungen mit vollständiger keramischer Isolierung möglich. Der Piezoaktor ist vor Luftfeuchtigkeit geschützt und verfügt über eine hohe Isolationsfestigkeit, wodurch die Lebensdauer gegenüber herkömmlich polymerisolierten Aktoren deutlich erhöht ist. Die Höhe der aktiven Schichten ist variabel ab einer Mindest-

höhe von 15 µm, so dass sogar mit Ansteuerspannungen von nur 10 V gearbeitet werden kann. PICMA® Bender können so auch in kleinsten Abmessungen von wenigen Millimetern hergestellt werden, z.B. mit 4 x 10 mm Kantenlänge.

Durch ihre Flexibilität in Größe und Ansteuerspannung eignen sich die PICMA® Biegeaktoren ideal für die Versorgung mobiler Geräte, wie beispielsweise Hörhilfen. Hier wirkt das Piezoelement als akusto-mechanischer Wandler, die Schallübertragung erfolgt dabei z.B. über Knochenleitung. Neben einer angemess-

senen Preisgestaltung bei kundenspezifischen Ausführungen bietet PIC eine optimale Betreuung vom Prototypen bis hin zur späteren Serienfertigung.

### Über PIC:

Seit 1992 entwickelt und produziert PI Ceramic (PIC) piezokeramische Materialien und Bauelemente für Standard- und OEM-Lösungen: Piezokomponenten, Ultraschallwandler, Aktoren und Systemlösungen. Unter anderem stammt die für ihre Zuverlässigkeit ausgezeichnete PICMA® Multilayer Aktortechnologie aus dem Hause PIC. PI Ceramic, ein Tochterunternehmen der Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG, hat seinen Sitz in Lederhose, Thüringen.



### Linearaktoren mit Piezomotor

## Keramische Antriebe für höhere Genauigkeit

In den Linearaktoren der Serie N-381 ersetzen Piezoschreitantriebe die üblichen Schritt- oder DC-Motoren. Als direkter Linearantrieb ist der Schreitantrieb frei von Präzisionsverlusten durch die Umwandlung von Rotations- in lineare Bewegung. Der N-381 ist 10 mm/s schnell, erreicht Auflösungen von 20 Nanometer, die Positionsmessung erfolgt über einen integrierten Linearen-

coder. Die Position wird im ausgeschalteten Zustand stabil geklemmt, sie driftet und oszilliert nicht. Die Klemmkraft beträgt 15 N. Der Antrieb muss in der Zielposition nicht bestromt werden und erwärmt sich nicht. Das Antriebsprinzip des Piezo-Schreitmotors ermöglicht darüber hinaus sehr hohe Auflösungen innerhalb eines Schreitzyklus. Ungeregelt können so Bewegungen im Bereich

eines Nanometers und darunter aufgelöst werden. PI bietet ebenfalls die zum Linearaktor passende Steuerung an.

Der N-381 Linearaktor mit NEXACT® Piezoschreitantrieb vereint dynamische Bewegung und hohe Positionsauflösung in einer kompakten Bauform.





Von links nach rechts:  
Herr Dr. Schittenhelm, Herr Dr. Spanner, Herr Spanner, Herr Ludwig

### Erweiterung der Geschäftsleitung bei PI

## Kontinuität auf mehrere Schultern verteilt

Zum 01. April hat PI neue Geschäftsführer berufen. Norbert Ludwig, Dr. Peter Schittenhelm und Markus Spanner bilden nun zusammen mit Dr. Karl Spanner, der den Vorsitz der Geschäftsleitung übernimmt, ein vierköpfiges Gremium, das künftig gemeinsam die Geschicke des Unternehmens lenken wird.

Die kaufmännische Leitung der gesamten PI Gruppe ist bei Herrn Markus Spanner, der ein Wirtschaftsstudium absolviert und einige Zeit in Asien verbracht hat, in den besten Händen. Herr Ludwig übernimmt hauptverantwortlich den Bereich Vertrieb und Marketing und Herr Dr. Schittenhelm das Ressort Operations. Beide besitzen einen Hochschulabschluss in Physik und somit das Rüstzeug, die Marktanforderungen zu verstehen und technische Lösungen zur Umsetzung zu bringen.

## Hauptsitze

### DEUTSCHLAND

**Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG**  
Auf der Römerstr. 1  
76228 Karlsruhe/Palmbach  
Tel. +49 (721) 4846-0  
Fax +49 (721) 4846-1019  
info@pi.ws  
www.pi.ws

**PI miCos GmbH**  
Freiburger Str. 30  
79427 Eschbach  
Tel. +49 (7634) 5057-0  
Fax +49 (7634) 5057-99  
info@pimicos.de  
www.pimicos.de

### PI Ceramic GmbH

Lindenstr.  
07589 Lederhose  
Tel. +49 (36604) 882-0  
Fax +49 (36604) 882-4109  
info@piceramic.de  
www.piceramic.de

## Niederlassungen

### USA (Ost) & KANADA

**PI (Physik Instrumente) L.P.**  
Auburn, MA 01501  
info@pi-usa.us  
www.pi-usa.us

### USA (West) & MEXIKO

**PI (Physik Instrumente) L.P.**  
Irvine, CA 92620  
info@pi-usa.us  
www.pi-usa.us

### JAPAN

**PI Japan Co., Ltd.**  
Tachikawa  
info@pi-japan.jp  
www.pi-japan.jp

**PI Japan Co., Ltd.**  
Osaka  
info@pi-japan.jp  
www.pi-japan.jp

### ENGLAND & IRLAND

**PI (Physik Instrumente) Ltd.**  
Cranfield, Bedford  
uk@pi.ws  
www.physikinstrumente.co.uk

### ITALIEN

**Physik Instrumente (PI) S. r. l.**  
Bresso  
info@pionline.it  
www.pionline.it

### FRANKREICH

**PI France S.A.S.**  
Montrouge  
info.france@pi.ws  
www.pifrance.fr

### CHINA

**Physik Instrumente (PI Shanghai) Co., Ltd.**  
Shanghai, China  
info@pi-china.cn  
www.pi-china.cn

### SÜDOSTASIEN

**PI (Physik Instrumente) Singapore LLP**  
Singapore  
info-sg@pi.ws  
www.pi-singapore.sg  
For ID / MY / PH / SG / TH

### KOREA

**PI Korea Ltd.**  
Seoul  
info-kr@pi.ws  
www.pi-korea.us

# ACTUATOR 12

International Conference and Exhibition  
on New Actuators and Drive Systems

**Bremen, Germany, 18–20 June 2012**

**Call for Participants**



[www.actuator.de](http://www.actuator.de)

