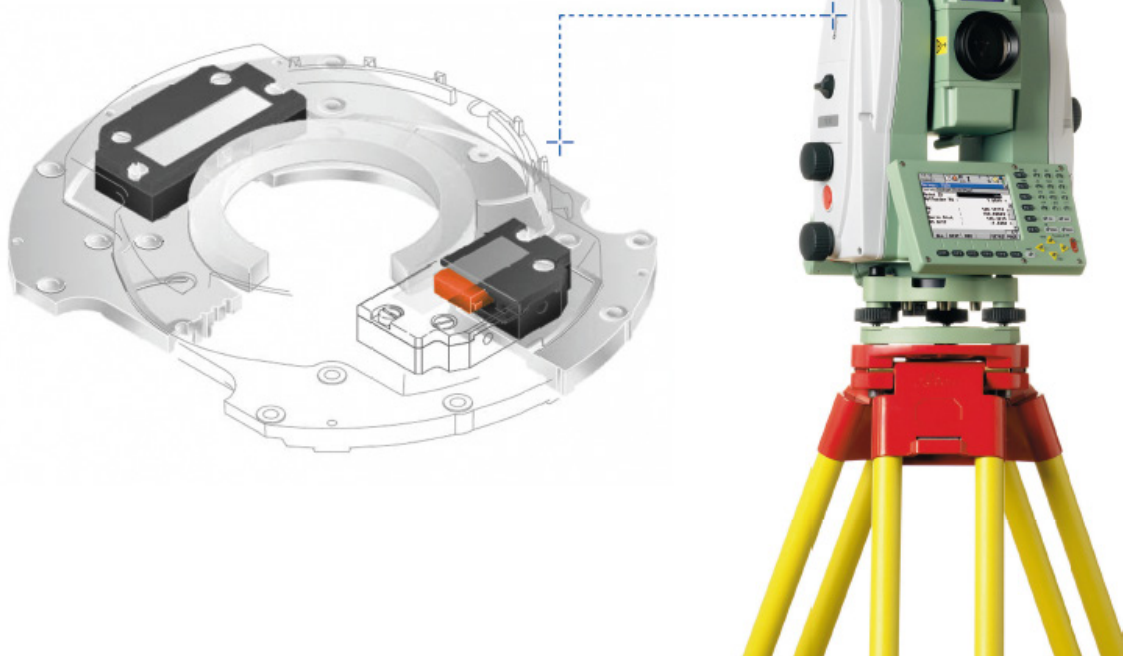


Technischer Fortschritt mit Piezo-Ultraschallmotoren

Präzise, schnell, energiesparend und kompakt



Die Wahl des passenden Antriebssystems kann ein entscheidendes Kriterium sein, um sich von Mitbewerbern abzuheben. Zahlreiche Faktoren beeinflussen die Wahl: der zur Verfügung stehende Einbauplatz, die benötigten Geschwindigkeiten und Beschleunigungen sowie die erforderliche Positioniergenauigkeit, der Energieverbrauch und nicht zuletzt die Zuverlässigkeit der gewählten Motorisierung. Wenn die Anforderungen steigen, können heute Piezo-Ultraschallmotoren als zuverlässige, praxiserichte und preisgünstige Alternative zur klassischen Gleichstrom oder Schrittmotor/Spindelkombination verwendet werden.

PILine[®] Piezo-Ultraschallmotoren von Physik Instrumente (PI) arbeiten nach einem einfachen Prinzip und zeichnen sich durch eine kompakte Form, höhere Antriebs- und Haltekräfte und extrem hohe Geschwindigkeiten und Beschleunigungen aus. Die Qualität und Lebensdauer von PILINE[®] Ultraschallmotoren basieren auf vier Jahrzehnten an Erfahrung mit Piezo-Antriebstechnologie.

PI bietet verschiedene Integrationsstufen für PILINE[®] Ultraschallmotoren an und gewährleistet somit eine hohe Flexibilität für seine Kunden. Die Vorteile der Integrationsmöglichkeiten werden am Beispiel der neuesten in der Geodäsie eingesetzten Totalstation der Leica Geosystems AG dargestellt.

PILine[®] Ultraschallmotoren eignen sich für eine Vielzahl weiterer Anwendungen, bei denen ebenfalls eine geringe Größe, hohe Geschwindigkeit, große Zuverlässigkeit und Energieeffizienz entscheidende Faktoren sind.

Piezo-Ultraschallmotoren: präzise, schnell, energiesparend und kompakt

Das Prinzip eines Piezo-Ultraschallmotors bietet große Zuverlässigkeit, denn der Motor besteht nur aus einer Piezokeramik, einer Feder und einem Kopplungselement.

Die mit einigen 100 kHz hochfrequent schwingende Keramik wird tangential gegen den Läufer vorgespannt und erzeugt durch ihre Schwingung einen Vorschub, der so den beweglichen Teil eines mechanischen Aufbaus antreibt. Dabei können sowohl Drehbewegungen als auch lineare Bewegungen erzeugt werden (Abb. 1).

Jeder Schwingungszyklus bewegt den Läufer um einige Nanometer; insgesamt ergibt sich so eine gleichmäßige, präzise Bewegung mit unbegrenztem Stellbereich.

Piezo-Ultraschallmotoren sind besonders kompakte, zuverlässige und wartungsfreie Antriebe, die selbsthemmend im Ruhezustand und von Natur aus nichtmagnetisch und vakuumkompatibel sind.

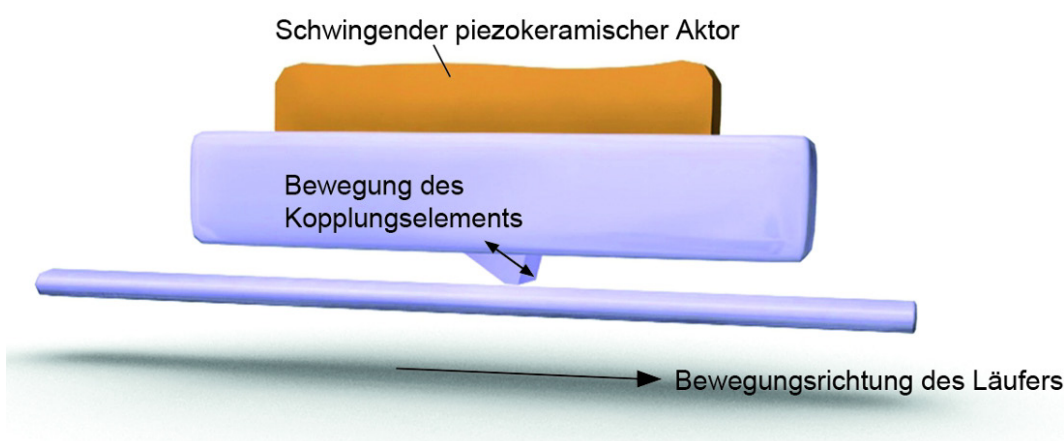


Abb. 1 Effektiv und einfach lassen sich mit Piezo-Ultraschallmotoren lineare Bewegungen realisieren

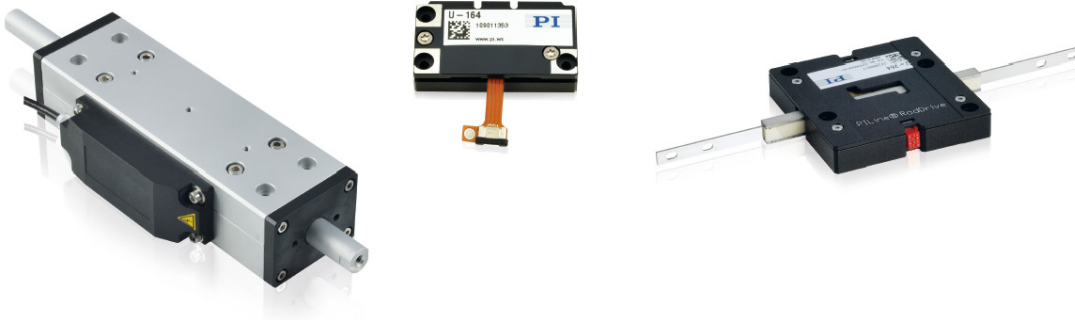


Abb. 2 Piezo-Ultraschallantriebe werden in verschiedenen Integrationsstufen angeboten (von links): positionsgeregelter, geführter Linearaktor, OEM-Motor und RodDrive Antrieb. Dadurch lassen sie sich gut an die jeweilige Applikation anpassen

Piezo-Ultraschallmotoren eignen sich zudem für Geschwindigkeiten bis etwa 0,5 m/s und hohe Beschleunigungen. Sie erschließen sich somit viele Anwendungsbereiche, da sie oft ein zuverlässiger und preisgünstiger Ersatz für klassische Motor-Spindel-Kombinationen sind.

PI bietet mit der PLine® Serie eine breite Palette an Positioniersystemen mit Piezo-Ultraschallmotoren, die in verschiedene Integrationsstufen für kundenspezifische Anforderungen angeboten werden. So sind PLine® Ultraschallmotoren sowohl als OEM Komponenten als auch Präzisionsversteller mit und ohne Positionsregelung erhältlich.

Weiterhin entwickelt und fertigt PI alle Piezokeramik-Komponenten im Haus, so dass die Flexibilität für kundenspezifische Ansprüche an den Ultraschallmotor gewährleistet ist. Die Qualität und Lebensdauer von PLine® Motoren basieren auf vier Jahrzehnten an Erfahrung mit Piezo-Antriebstechnologie und bieten somit außergewöhnliche Präzision und Verlässlichkeit.

PLine® Integrationsstufe

PLine® Ultraschallmotoren sind in verschiedenen Produktklassen integriert (Abb. 2). OEM Motoren besitzen den niedrigsten Grad der Integration und bedingen einigen Aufwand für den Einbau. Motor und Läufer in der erforderlichen Länge müssen in den mechanischen Aufbau integriert werden.

Für den Betrieb sind eine geeignete Vorspannung des Kopplungselements gegen den Läufer und Führungsmechanismen erforderlich. Ist ein positionsgeregelter Betrieb erwünscht, muss noch ein geeigneter Sensor integriert werden. RodDrive Antriebe ersetzen direkt DC- oder Schrittmotor und Gewindespindel oder magnetische Linearmotoren, die als klassische Antriebselemente in Mikropositionierern oder Handlingsystemen eingesetzt werden. Lineare Positioniersysteme bilden die höchste Stufe der Integration. Hier ist der Piezo-Ultraschallmotor Teil eines Präzisionsverstellers, wobei zur Positionsregelung direktmessende Linearencoder verwendet werden.

Für die unterschiedlichen Integrationsstufen stehen entsprechende Treiberelektroniken und Servocontroller ebenfalls zur Verfügung.

Geodätische Totalstation einer neuen Generation

Die im Folgenden beschriebene Anwendung liefert ein typisches Beispiel für eine kundenspezifische Applikation von PI Line® Ultraschallmotoren. Totalstationen der Leica Geosystems AG sind tragbare Vermessungsinstrumente, die in der Geodäsie eingesetzt werden.

Die Messoptik der Totalstation wird jeweils durch einen Antrieb sowohl vertikal als auch horizontal bewegt. Diese Antriebe galt es zu verbessern. Unter anderem sollten höhere Geschwindigkeiten, kürzere Positionierzeiten und eine sehr hohe Positioniergenauigkeit bei der Bewegung der Messoptik erreicht werden.

Gegen eine klassische Lösung mit getriebeunteretzten Gleichstrommotoren sprachen deren typische Schwachstellen, wie Verschleiß der mechanischen Komponenten oder die Geräuschentwicklung im 24-h-Einsatz für Überwachungsmessungen in Wohnvierteln oder Innenstadtlagen.

Gegen eine Lösung mit magnetischem Direktantrieb sprach das Fehlen des bei Präzisionsmessungen erforderlichen, mechanischen Haltemoments, das im mobilen Einsatz nicht energieeffizient erzeugt werden kann. Im Vergleich dazu bietet ein Direktantrieb mit Piezo-Ultraschallmotor hohe Zuverlässigkeit, ist wartungsfrei, arbeitet bei Umgebungstemperaturen zwischen $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ und ist beinahe geräuschlos. Zudem ist er selbsthemmend, d. h. er erzeugt auch im stromlosen Zustand hohe Haltekräfte.

Die Wahl des Antriebs fiel somit auf einen Direktantrieb von PI, der piezokeramische Motoren verwendet und durch seine kompakte Bauform platzsparend eingebaut werden kann (Abb. 3).

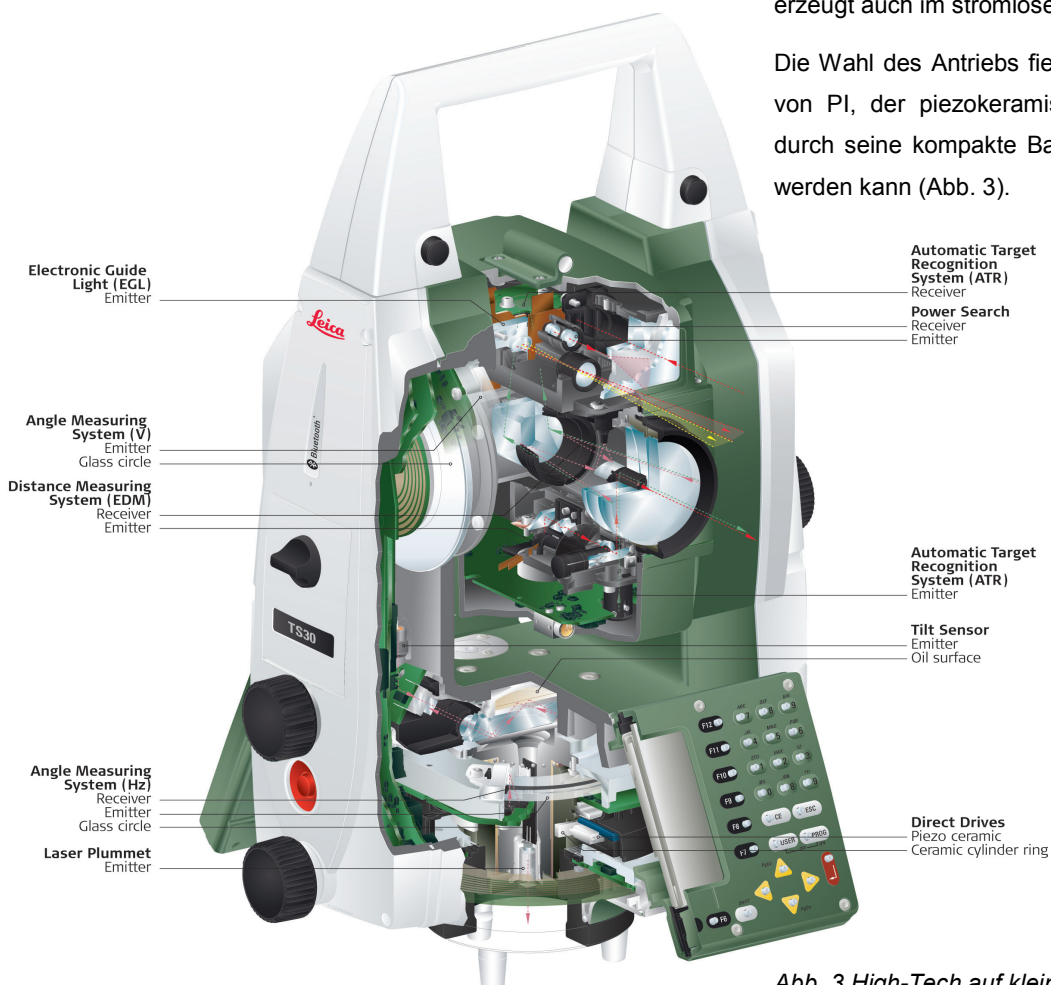


Abb. 3 High-Tech auf kleinstem Volumen: Das Schnittbild durch die Totalstation zeigt den eingeschränkten Bauraum, der für die Antriebe zu Verfügung steht (Bild: Leica Geosystems AG, Schweiz)

Die Drehbewegungen des Direktantriebs werden durch jeweils zwei Ultraschallmotoren erzeugt, die tangential gegen einen ringförmigen Läufer vorgespannt sind (Abb. 4).

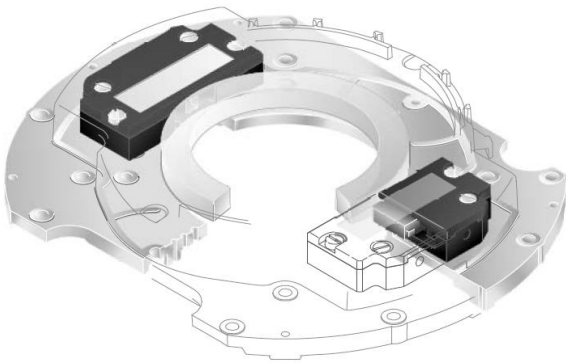


Abb. 4 Die Drehbewegungen werden durch zwei Ultraschallmotoren erzeugt, die tangential gegen einen ringförmigen Läufer vorgespannt sind. Der Läufer ist drehbar gelagert (Bild: Leica Geosystems AG)

Der Läufer ist drehbar gelagert. Durch die Vorspannung ist der Antrieb in Ruhelage geklemmt; es gibt in diesem Zustand also auch kein Positionszittern wie es bei magnetbasierten Direktantrieben zu beobachten ist. Im Betrieb schwingen dann die keramischen Piezomotoren mit Ultraschallfrequenzen. Die Schwingung führt zu einem Versatz des Kopplungselements, das zusammen mit der Vorspannung eine Vorschubbewegung für den Läufer erzeugt. Dabei werden bisher unerreichte Geschwindigkeiten von mindestens $180^\circ/\text{s}$, dem Vierfachen des bisher Üblichen, und hohe Beschleunigungen von bis zu $360^\circ/\text{s}^2$ erreicht. Der Antrieb bietet ein verbessertes Start- und Stopverhalten bei gleichzeitig hoher Auflösung und niedrigem Stromverbrauch. Zusammen mit den kurzen Positionierzeiten und der erforderlichen Positioniergenauigkeit setzt er neue Maßstäbe in der Winkel- und Distanzmessung.

Die Entwicklung der Totalstation, die TS30 (Abb. 5), bietet somit eine Winkelmessgenauigkeit von $0,5''$ (nach ISO 17123-3) und eine Distanzmessgenauigkeit von $0,6\text{mm} + 1\text{ppm}$ (nach ISO 17123-4) für Messungen auf Leica Rundprismen (GPH1P) und $2\text{mm} + 2\text{ppm}$ bei Messungen auf beliebige, natürliche Oberflächen.

Neben den Messgenauigkeiten ist die Performance der Totalstation hinsichtlich kurzer Positionier- und Messzeiten ein für den Anwender entscheidendes Kriterium. Der eingesetzte Piezo-Ultraschallmotor ermöglicht ein präzises Anfahrverhalten von Instrument und Teleskop.

Damit werden genaueste Winkel- und Distanzmessungen mit einer optimierten Automatisierung der Messprozesse kombiniert.



Abb. 5 Die neue Totalstation Leica TS30 setzt hinsichtlich Genauigkeit und Zuverlässigkeit in der Winkel- und Distanzmessung neue Maßstäbe. Dazu trägt auch die Antriebslösung bei (Bild: Leica Geosystems AG)

PILine®: Anwendungen in Hülle und Fülle

PILine® Ultraschallmotoren eignen sich für eine Vielzahl weiterer Anwendungen, bei denen ebenfalls eine geringe Größe, hohe Geschwindigkeiten und Zuverlässigkeit die entscheidenden Faktoren sind. So gibt es z. B. für das Biohandling oder die Mikroskopie Verstelleinheiten, die sich durch eine besonders flache und leicht integrierbare Bauform auszeichnen (Abb. 6).

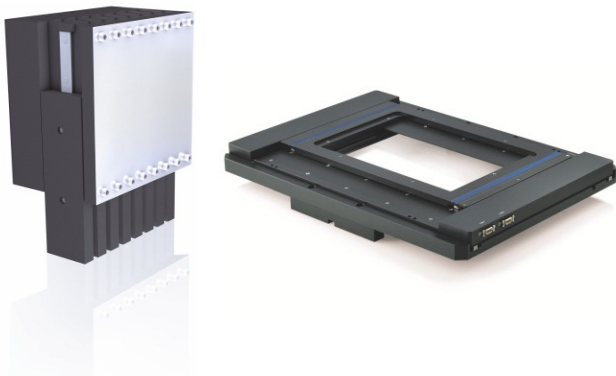


Abb. 6 Biodispenser und Mikroskopie-Kreuztisch mit ultraflachen PILine® Piezo-Ultraschallmotoren. Durch die geringe Bauhöhe sind sie einfach in den bestehenden Aufbau zu integrieren

Typische industrielle Anwendungsbeispiele reichen von der Halbleiter- und Photonikfertigung über allgemeine Handhabungsaufgaben bis hin zu mobilen oder tragbaren Geräten in der Mess- und Medizintechnik (Abb. 7).

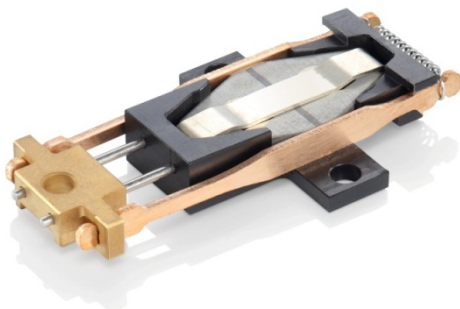


Abb. 7 Kleiner und energiesparender Ultraschallantrieb für die Integration in tragbare Mess- oder Medizinprodukte, z. B. für die Justage einer Messoptik

Da sich Piezo-Ultraschallmotoren, wie das beschriebene Anwendungsbeispiel anschaulich belegt, immer wieder neue Einsatzbereiche erschließen, darf man gespannt sein, bei welchen Applikationen sie als Nächstes dazu beitragen werden, die technische Entwicklung weiter voranzutreiben.

Autor



Dipl.-Physiker Steffen Arnold, Leiter Markt & Produkte bei Physik Instrumente (PI)

Über Physik Instrumente (PI)

In den letzten vier Jahrzehnten hat sich Physik Instrumente (PI) mit Stammsitz in Karlsruhe zum führenden Hersteller von Positioniersystemen mit Genauigkeiten im Bereich einzelner Nanometer entwickelt. Das privat geführte Unternehmen ist mit vier Sitzen in Deutschland und zehn ausländischen Vertriebs- und Serviceniederlassungen international vertreten.

Über 700 hochqualifizierte Mitarbeiter rund um die Welt versetzen die PI Gruppe in die Lage, fast jede Anforderung aus dem Bereich innovativer Präzisions-Positioniertechnik zu erfüllen. Alle Schlüsseltechnologien werden im eigenen Haus entwickelt. Dadurch kann jede Phase vom Design bis hin zur Auslieferung kontrolliert werden: die Präzisionsmechanik und Elektronik ebenso wie die Positionssensorik. Die dafür benötigten piezokeramischen Elemente werden bei der Tochterfirma PI Ceramic in Lederhose gefertigt, einem der weltweit führenden Unternehmen auf dem Gebiet aktorischer und sensorischer Piezoprodukte. Die PI miCos GmbH in Eschbach bei Freiburg ist spezialisiert auf flexible Positioniersysteme für Ultrahochvakuum-Anwendungen sowie parallelkinematische Positioniersysteme mit sechs Freiheitsgraden und Sonderanfertigungen.