

# Positionieren per Stick-Slip-Effekt Via Piezo-Antrieb zur Präzision

Geht es um das Positionieren jenseits des tausendstel Millimeters, so sind herkömmliche Lösungen schnell am Ende ihrer Möglichkeiten. In diesem Fall sind neue Ideen gefragt, um Schlitten in äußerst kleinen Inkrementen zu verfahren. Hier kann das Unternehmen Mechonics dienen. Die Spezialisten haben ein staunenswertes Verfahren entwickelt, um kleinste Positionsänderungen sicher sowie wiederholbar auszuführen.

Optisch arbeitende Oberflächenprüfgeräte besitzen die staunenswerte Eigenschaft, Werkstückoberflächen im Nanometerbereich abzubilden. Auf diese Weise wird die Rauheit der untersuchten Oberfläche weit exakter und schneller ermittelt, als dies mit Tastschnittgeräten je möglich wäre. Möglich machen dies unter anderem fein positionierbare Schlitten, an denen die Optik des Prüfgeräts befestigt ist.

Die Technik, die extrem präzise positionierende Schlitten ermöglicht, basiert auf der Fähigkeit von Piezokeramik, durch das Anlegen einer Spannung eine Längenänderung zu erfahren. Dies ist ein Effekt, der vielfach völlig unbekannt ist, obwohl der umgekehrte Effekt durch elektrische Feuerzeuge wohlbekannt ist. Hier wird durch Druck auf einen Piezokristall eine Spannung und somit ein Funke erzeugt, um ausströmendes Feuerzeuggas zu entzünden.

Häufig wird die Auffassung vertreten, dass zur Positionsänderung von Maschinenbauelementen ein Elektromotor, Zahnräder, Gewindespindeln, Hebel oder Riemen nötig sind. Doch sind derartige Bauelemente nicht beliebig verkleinerbar, um hochpräzise Aktoren für den Antrieb

von Optiken zu bauen. In diese Lücke ist das Unternehmen Mechonics mit seinen Komponenten für die Mikropositionierung gestoßen. Die Experten nutzen die Längenänderungseigenschaften der Piezokeramik, um leicht bauende Mimiken aller Art mit Nanometergenauigkeit zu positionieren. Dies ist möglich, da Piezo-Elemente nicht nur die staunenswerte Eigenschaft haben, durch Druck Strom zu erzeugen, sondern durch das Anlegen einer Spannung sogar zum Ausdehnen gebracht werden.

## Interessanter Aufbau

Ein Piezo-Element besteht aus einem Stapel einzelner, je rund 300 bis 500 Mikrometer dicker Keramikschichten, die durch jeweils eine leitende Schicht getrennt sind. Diese leitenden Schichten sind untereinander parallel verschaltet. Wird nun Strom durch die leitenden Schichten geleitet, so bewirkt dies, dass in den Keramikschichten ein Wachstum erfolgt, das sich auf rund 0,1 bis 0,15 Prozent der Aktorlänge addiert.

Durch die Nutzung des Piezoeffekts können kleinste Aktoren gebaut werden, um



Eine raffinierte Konstruktion sorgt dafür, dass die richtige Blockierkraft erzeugt wird, um den Schlitten zu bewegen.

beispielsweise Laserstrahlen exakt zu positionieren oder Oberflächen in kleinsten Schritten abzufotografieren. Den Kern dieser staunenswerten Technik bildet ein Piezo-Element, das eine im Durchmesser 0,7 Millimeter messende Nadel aus Hartmetall bewegt. Diese Bewegung wird wiederum auf eine Klemmbuchse aus Hartmetall übertragen, die den mitverbundenen Schlitten bewegt.

Damit dies klappt, wurde auf einen Trick zurückgegriffen, der den physikalischen Effekt der Trägheit von Massen ausnutzt: Die vom Piezo-Element bewegte Nadel wird bei der Vorwärtsbewegung vergleichsweise langsam bewegt, hingegen wird die Nadel beim Zurückziehen so rasch zurückgezogen, dass die zwischen der Nadel und der Klemmbuchse wirkende Reibkraft überwunden wird. Dadurch wird die Verbindung zwischen Nadel und Klemmbuchse gelöst, wodurch der Schlitten stehenbleibt und lediglich die Nadel zurückgezogen wird. Wird dieser Vorgang in einer Sekunde genügend oft wiederholt, kann ein Schlitten durchaus einen Weg von rund 1,5 Millimeter pro Sekunde zurücklegen.

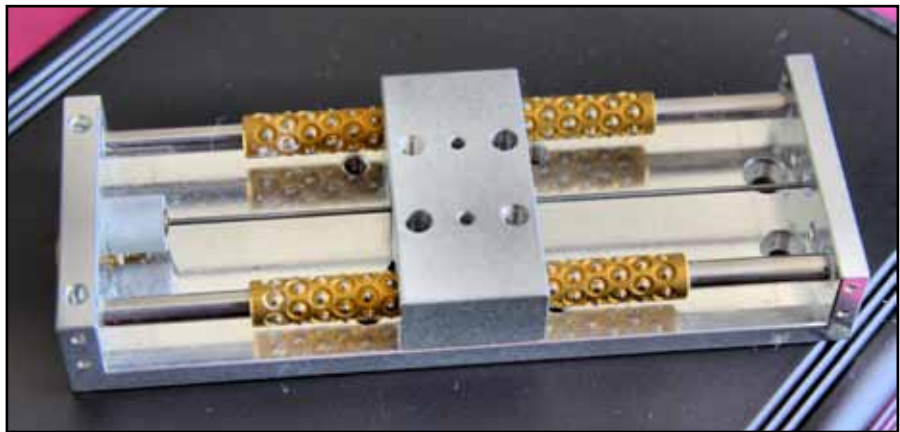
Die Strecke, die die Nadel pro Hub zurücklegt, kann sehr einfach durch das Anlegen einer bestimmten Spannung festgelegt werden. Grundsätzlich gilt: je höher die Spannung, desto größer die Ausdehnung des Piezo-Elements, desto größer demnach auch die zurückgelegte Strecke der Nadel. Die Aktoren von Mechonics arbeiten alle im Niederspannungsbereich, sie sind demnach völlig



Aktoren von Mechonics sind in der Lage, über mehrere Millimeter Positionen im Nanometerbereich anzufahren. Das Modell »DSP50«, beispielsweise verfügt über einen Weg von zehn Millimeter und besitzt eine Klemmkraft von 15 Newton.

ungefährlich zu betreiben. Wird beispielsweise eine Spannung von 50 Volt in das Piezo-Element eingeleitet, so erfährt das Element eine Ausdehnung von 500 bis 600 Nanometer. Erfolgt die Einleitung dieser Spannung über einen Zeitraum von 200 bis 300 Millisekunden, so wird die Klemmkraft zwischen Nadel und Klemmbuchse nicht überwunden, weshalb der Schlitten eine Bewegung um den genannten Betrag durch das Wachsen des Piezo-Elements ausführt.

Bemerkenswert ist, dass das Piezo-Element die einmal eingeleiteten Ladungsträger – ähnlich wie ein Kondensator – speichert, weshalb die erfolgte Ausdehnung auch nach dem Abschalten der Spannungsquelle erhalten bleibt. Auf diese Weise können selbst tonnenschwere Bauteile ohne weitere Energiezufuhr auf Dauer angehoben werden. Werden die Ladungsträger über eine geeignete Elektronik wieder aus dem Piezo-Element



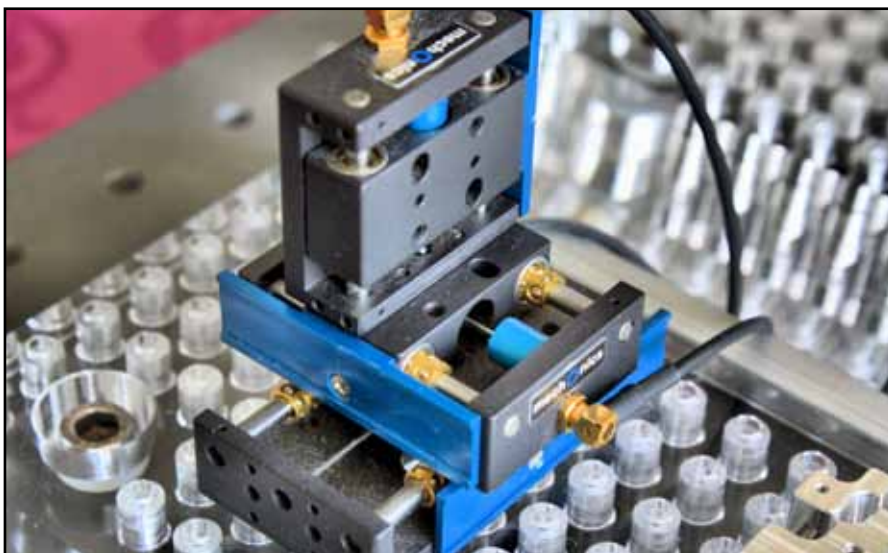
Die mittig angeordnete Nadel aus Hartmetall sorgt für die Übertragung der Piezo-Bewegung auf den Schlitten.

ausgeleitet, so schrumpft das Element und nimmt die ursprünglich vorhandene Ausdehnung wieder ein.

Erfolgt die Ausleitung der Ladungsträger langsam, so wird die Klemmbuchse mit dem Schlitten wieder in die ursprüngliche

Position zurückbewegt. Wird die Nadel jedoch in nur 10 bis 15 Nanosekunden zurückgezogen, so wird die Klemmkraft zwischen Nadel und Klemmung überwunden und die Nadel wird alleine zurückgezogen. Der Schlitten bleibt somit an der durch die erste Bewegung eingenommenen Position stehen. Die Arbeitsweise der Aktoren von Mechonics entspricht somit dem Trick, durch rasches Zurückziehen ein Tischtuch vom Tisch herunterzunehmen, ohne die darauf stehenden Gläser zu beschädigen.

Doch so einfach es sich liest – es sind viele Faktoren zu berücksichtigen, um den Betrieb eines Piezo-Aktors sicher und zuverlässig zu gestalten. So ist beispielsweise die Kaltverschweißung zu berücksichtigen. Dieses Phänomen tritt auf, wenn die Nadelgeschwindigkeit sehr hoch ausfällt und ist bei bestimmten Materialpaarungen zu beobachten. Diese sind folglich für einen Piezo-Trägheits-Antrieb ungeeignet. Hartmetall für die Nadel sowie die Klemmbuchse haben sich als optimale Wahl herausgestellt, das Problem zu beseitigen. Da ein Stromstoß von 50 Volt ein



Der Mechonics-Baukasten »MS30« erlaubt die Kombination mehrerer Aktoren, um Bewegungen in allen drei Achsen umzusetzen.

## ERLEBEN SIE FASZINATION RAUMFAHRT UND WELTRAUMFORSCHUNG



Deutsche Raumfahrt-Ausstellung  
Morgenröthe-Rautenkranz e.V.

Bahnhofstraße 4  
08262 Muldenhammer

Tel. 037465/2538  
Fax 037465/2549

Raumfahrt@t-online.de  
www.deutsche-raumfahrt-ausstellung.de

Geöffnet täglich von 10.00 - 17.00 Uhr





**Der Piezo-Aktor »MS 15« besitzt kleinste Abmessungen. Dennoch ist ein Verfahrenweg von mehreren Millimetern gegeben.**

Piezo-Element um rund 500 Nanometer anwachsen lässt, kann mit einer Frequenz von 3.000 Herz der Schlitten des Aktors um circa 1,5 Millimeter bewegt werden.

Voraussetzung ist ein entsprechendes Steuergerät von Mechnics, das dafür sorgt, dass sich eine kurze Ladezeit mit einer langen Entladezeit abwechselt. Soll der Schlitten in die Gegenrichtung fahren, so muss hingegen die Entladezeit kurz und die Ladezeit lang sein. Nur so kann jeweils die Klemmkraft überwunden beziehungsweise beibehalten werden, damit der Schlitten die einmal eingenommene Position beibehält, beziehungsweise sich weiterbewegt.

Sind feinere oder größere Schritte gewünscht, so kann dies durch das Ändern der Spannung geschehen, mit der das Piezo-Element beaufschlagt wird. Eine geringere Spannung führt zu kleineren Schritten, eine größere Spannung hingegen vergrößert die Ausdehnung des Aktors, weshalb daher der Schlitten einen größeren Weg zurücklegt.

Obwohl die Bewegung eines Piezo-Aktors sehr feinfühlig erfolgt, ist es nicht möglich, den Schlitten auf ein Nanometer genau zu positionieren. Streuungen

von fünf bis zehn Prozent pro Schritt sind systembedingt zu berücksichtigen. Dies bedeutet, dass bei den erwähnten 3.000 Schritten, die für eine Strecke von 1,5 Millimeter nötig sind, ein Fehler von rund 0,1 Millimeter möglich ist. Dies ist für viele Anwendungen jedoch völlig unkritisch, da vielfach die nanometerfeine Schrittweite Maßstab für die Funktionalität eines Geräts ist. Wird dennoch eine hohe Wiederholgenauigkeit gewünscht, so sind von Mechnics hochgenaue Wegmeßsysteme für ausgewählte Aktoren zu bekommen.

### Vielseitig einsetzbar

Die Aktoren von Mechnics fallen durch eine sehr hohe Zuverlässigkeit auf: der Hersteller gibt eine Standzeit von rund 60 Kilometer an. Es sind sogar spezielle Tieftemperatur-Aktoren zu bekommen, die nahe des absoluten Nullpunkts bei rund 4,2 Kelvin noch einwandfrei funktionieren. Der Star des Unternehmens ist jedoch das Modell »DSP50«, das über eine Klemmkraft von 15 N verfügt und zudem eine Wiederholgenauigkeit von einem Nanometer realisieren kann.

Diese für derartige Aktoren verhältnismäßig große Klemmkraft kommt durch den Einbau mehrerer Piezo-Elemente zustande, deren Nadeln durch mehrere Klemmbuchsen hindurchführen. Damit können beispielsweise Oberflächenprüfgeräte entwickelt werden, deren Hochleistungsoptik aus Gewichtsgründen diese Klemmkraft zwingend benötigen.



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



**Zur besonders genauen Positionserfassung gibt es von Mechnics auch Aktoren mit dem einbaubaren Wegmeßsystem »PS 30«.**

## Ein Lotse für Industrietechnik

Welt der Fertigung –  
mehr muss man nicht lesen



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