

# Starke Führung für die Miniaturisierung

Um miniaturisierte Positioniersysteme in kundenspezifischen Ausführungen industriell und hochgenau herstellen zu können, bedarf es ausgeklügelter Fertigungsstrategien. Dass sich filigrane Miniaturrolltische sogar mit **KÄFIGZWANGSSTEUERUNG** ausstatten lassen, macht sie fit für hochdynamische Anwendungen.

## FRANK DEITER

**M**iniaturisierung und Systemintegration sind in vielen Industriebranchen maßgebliche Trends. Während die Kompaktheit bei Motion-Systemen in der Medizintechnik, in der Luft- und Raumfahrt oder der optischen Gerätetechnik eine unabdingbare Grundtugend darstellt, kommt in der Halbleiter- und Elektronikfertigung eine hohe Dynamik zusätzlich ins Pflichtenheft. Bei Pick-and-Place-, Testing-, Bonding-

oder Mikroskopie-Applikationen geht der Wunsch nach höherer Dynamik Hand in Hand mit steigenden Genauigkeitsansprüchen im  $\mu\text{m}$ -Bereich.

### Abspecken als zentrale Forderung

Motion-Systeme mit ihren Antriebs-, Führungs- und Messsystemen folgen diesem Trend. Während bei großen und mittleren Führungsschienen und -schlitten zahlreiche Standardprodukte verfügbar sind, lichten sich mit zunehmendem Miniaturisierungsgrad die Reihen der Anbieter. Zugleich macht die Anwendungsvielfalt mit ihren spezifischen Anforderungen individuelle Entwicklungen oder Modifikationen notwendig.

Zu den Herstellern, die sich bei miniaturisierten Linearführungen und Positioniertischen besondere Reputation aneignen konnten, gehört das im niederländischen Dedemsvaart ansässige Unternehmen PM. Wer hinter der ursprünglichen Firmenbezeich-

nung »Precisie Metaak« einen Zulieferer von Halbprodukten vermutet, liegt 56 Jahre nach der Firmengründung gründlich falsch. Das Familienunternehmen ist heute ein anerkannter Spezialist für Hochpräzisions-Linearführungen sowie -Positioniersysteme und besitzt bei miniaturisierten Produktvarianten weltweit Alleinstellungsmerkmale.

Bert Post, Vertriebsmanager von PM, gibt Einblicke in die Kompetenzen des Unternehmens: »Gut 90 Prozent des Marktes lassen sich mit Standardprodukten etablierter Hersteller lösen. Wir fokussieren uns hingegen auf hochpräzise und hochdynamische Miniatur-Positioniersysteme, die sich in dieser Form oftmals nur bei uns finden lassen.«

### Hohe Fertigungstiefe der mechanischen Komponenten

Die Lagereinheiten und Strukturbauteile gelten als das Herz der Führungen und Positioniersysteme und werden bei PM komplett gefräst, gedreht, geschliffen, gebohrt und gehärtet. 95 Prozent der mechanischen Komponenten inklusive der Lagerkäfige fertigt

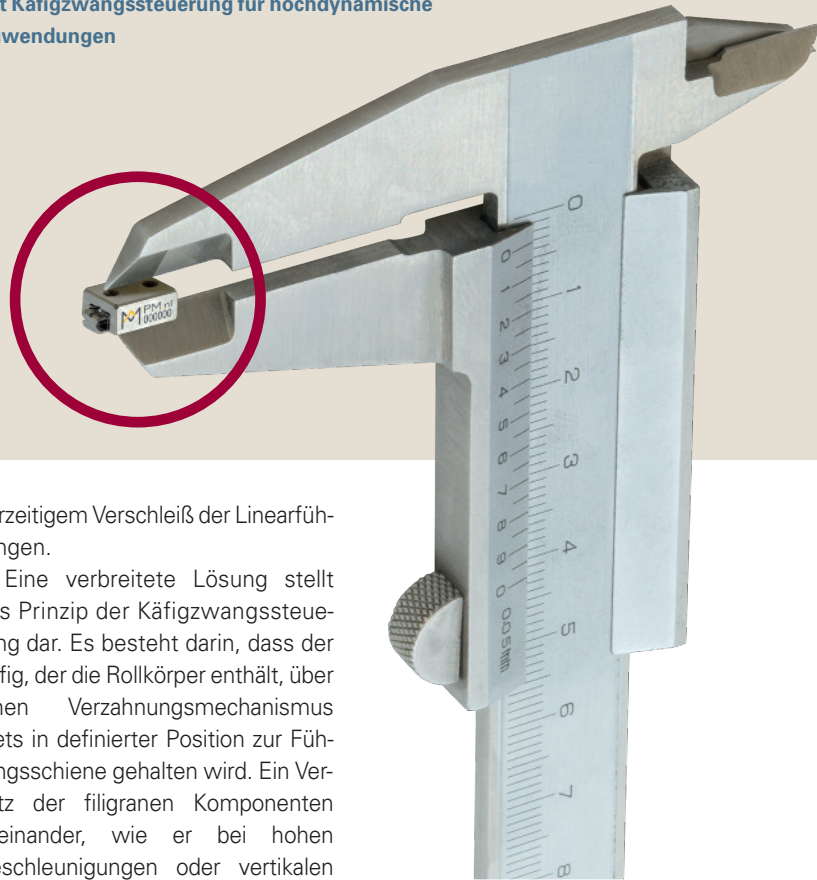
**Bild 1. Linearführung mit integrierter Käfigzwangssteuerung: Bei den mechanischen Komponenten verfügt PM über eine Fertigungstiefe von 95 Prozent**



## > KONTAKT

HERSTELLER  
**PM B.V.**  
 NL-Dedemsvaart  
 Tel. +31 523 612258  
 info@PM.nl  
[www.PM.nl](http://www.PM.nl)

**Bild 2. Kleiner ist keiner: Miniaturrolltisch ›MSR‹ mit Käfigzangssteuerung für hochdynamische Anwendungen**



das Unternehmen selbst (**Bild 1**). Gewindespindeln, Piezoantriebe und Sensoren werden von externen Lieferanten bezogen. Sollen die Führungen unter kritischen Umweltbedingungen zum Einsatz kommen, werden auch Keramikkomponenten verbaut. Diese zeichnen sich durch eine besonders hohe Verschleißfestigkeit und Steifigkeit aus.

Ohnehin schon Spezialist bei Miniaturschlitten und -führungen, geht der Anteil von Katalogware bei PM stetig zurück, wie Post darlegt: »Heute werden nur noch zu 50 Prozent Standardprodukte geordert. Die meisten Kunden wünschen produktspezifische Anpassungen, beispielsweise in Bezug auf die Befestigungs- und Bohrmuster für Interface-Parts, Sensoren, Piezoantriebe und Encoder.«

Wie klein und doch leistungsfähig die Miniaturrolltische sein können, veranschaulicht Post anhand des konkurrenzlos kleinen Miniaturrolltischs ›MSR‹ (**Bild 2**). Die kleinste Variante weist eine Länge von 8 mm und einen Hub von 5 mm auf, bei einer Breite von 5,5 und einer Höhe von 3,2 mm. Selbst bei dieser Baugröße wird eine hohe Tragfähigkeit von 191 N erreicht. Möglich wird dies durch ein besonderes Käfig-Design sowie eine Integration der Rollen in Kreuz-Anordnung. Durch eine Vergrößerung der Kontaktflächen und eine spielfreie Bauweise vermag selbst dieser Winzling Großes zu leisten: Erreicht werden Beschleunigungen bis zu  $200 \text{ m/s}^2$  und Verfahrgeschwindigkeiten bis zu 2 m/s.

Um Schwankungen der Reibungskraft zu vermeiden und eine besonders harmonische Linearbewegung zu gewährleisten, verzichten die Miniaturrolltische auf eine Umlaufführung der Rollkörper. Ein Problem bei hochdynamischen Führungen ohne Umlaufsystem stellt allerdings das sogenannte Käfigwandern dar. Der Effekt tritt auf, wenn der Kugelkäfig durch sehr hohe Beschleunigungen respektive Verzögerungen, Stick-Slip-Effekte, unzureichende Toleranzen oder Vorspannungen aus seiner ursprünglichen Position verschoben wird. Ist die Funktion auf diese Weise beeinträchtigt, kommt es in der Folge zu erhöhter Reibung, einer Verkürzung des Hubs sowie

vorzeitigem Verschleiß der Linearführungen.

Eine verbreitete Lösung stellt das Prinzip der Käfigzangssteuerung dar. Es besteht darin, dass der Käfig, der die Rollkörper enthält, über einen Verzahnungsmechanismus stets in definierter Position zur Führungsschiene gehalten wird. Ein Versatz der filigranen Komponenten zueinander, wie er bei hohen Beschleunigungen oder vertikalen Einbaulagen auftreten kann, wird auf diese Weise vermieden.

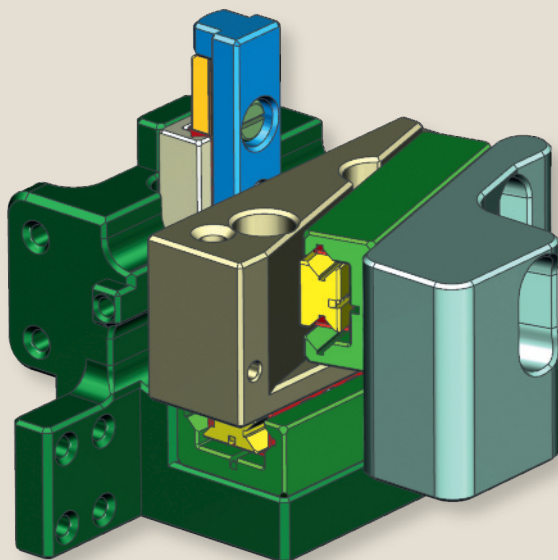
Die dynamische Tragfähigkeit bleibt somit auch bei kritischen Anwendungen erhalten. Die Besonderheit bei PM besteht darin, dass dieses Prinzip selbst bei winzigen Baugrößen realisiert werden konnte (**Bild 3**).

### Käfigzangssteuerung mit Mikroverzahnung

Die filigrane Zahnstange mit einem Modul von 0,12 und einer Zahnhöhe von 0,27 mm wird entweder im Grund der V-förmigen Führungsnut eingeklebt, oder sie wird direkt mittels elektrochemischer Bearbeitung eingebracht. Obwohl die Mikroverzahnung angesichts hoher dynamischer Belastungen als Schwachstelle angesehen werden könnte, erweist sich die Komponente auch im industriellen Langzeitbetrieb als überaus zuverlässig und robust.

**Bild 3. Innenansicht der Käfigzangssteuerung: Die Zahnstange ist im durchgehärteten Material integriert, benötigt keine Klebstoffe und ist daher sehr robust und zuverlässig**





**Bild 4. Mikromanipulator zur Waferfixierung (blaues Element): Die Kombination der Miniaturschlitten erlaubt trotz komplexer Kinematik besonders kompakte Designs**

Um die Grenzen des Systems auszuloten, unterzieht PM die Miniaturrolltische umfangreichen Langzeittests mit einer Zuladung von 20 Prozent des Maximalwerts bei maximalen Beschleunigung und Belastungen, was der Miniaturrolltisch zuverlässig bewältigt.

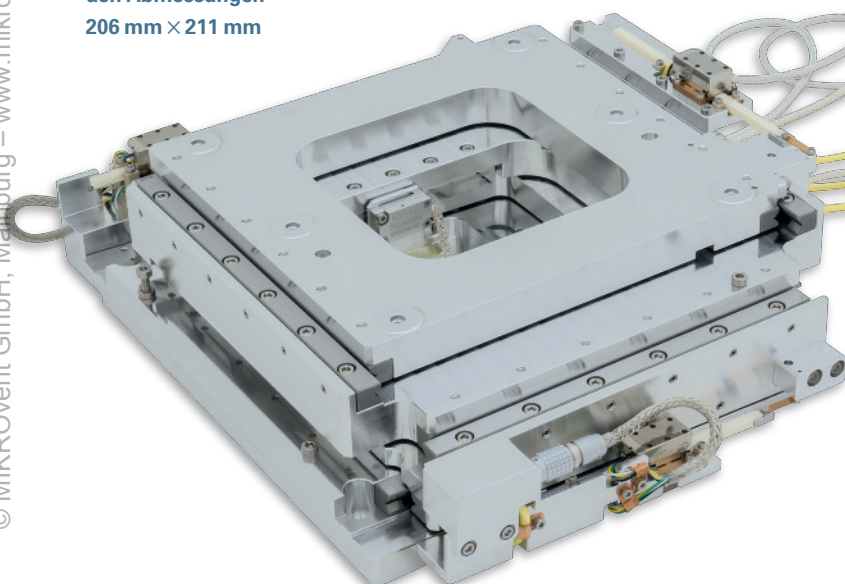
### Von der Komponente zum Subsystem

Die äußerst kompakte Bauweise des Miniaturrolltischs MSR macht sich besonders vorteilhaft bemerkbar, wenn mehrere Achsbewegungen miteinander kombiniert werden müssen. Ein Beispiel hierfür liefert eine von PM entwickelte Manipulator-Einheit (**Bild 4**). Bei dieser wird die X-Bewegung eines Miniaturschlittens so auf einen anderen umgelenkt, dass ein großes Übersetzungsverhältnis der Klemm-Achse (blau dargestellt) erreicht wird. Eine weitere Schwierigkeit bestand hierbei darin, dass es sich um eine Hochvakuum-Anwendung handelte, was Anpassungen bei der Materialauswahl nötig machte. »Viele Bewegungsrichtungen auf kleinem Raum, dafür können wir uns zahlreiche weitere

Anwendungen vorstellen«, sagt Jan Willem Ridderinkhof, Entwicklungsleiter bei PM.

Doch die Transformation vom Komponenten- zum Systemanbieter macht ein vertieftes Anwendungswissen notwendig. So erweisen sich gängige DIN-ISO-Normen als nur eingeschränkt anwendbar, wenn die Systeme anwendungsspezifisch ausgelegt werden müssen. Zu berücksichtigen sind unter anderem wechselnde Temperatureinflüsse, besondere Anforderungen an die Schmierstoffe oder die tatsächliche dynamische Belastung mit entsprechenden Kippmomenten und Torsionskräften. »Für die Auslegung der Führungsschlitten setzen wir daher auf FEM-Berechnungen, empirische Daten sowie umfangreiche Praxistests«, so Ridderinkhof. Im Ergebnis erreichen die Systeme beispielsweise eine Wiederholgenauigkeit von  $0,1\ \mu\text{m}$  und eine hohe Lebensdauer, was sie fit macht für hochgenaue optische Inspektions- und Messsysteme (**Bild 5**).

**Bild 5. Vom Komponenten- zum Systemanbieter: XYZ-Piezopositioniertisch für UHV-Anwendungen mit den Abmessungen 206 mm × 211 mm**



### Auswahl und Feintuning der Miniaturrolltische

Auch die Verfahrkräfte spielen in der Praxis eine wichtige Rolle. Ziel ist stets eine möglichst leichtgängige und zugleich gleichbleibende Kraftentwicklung, die mit  $0,15\ \text{N}$  sehr gering ausfällt. Primäre Schwachstelle eines jeden Führungsschlittens bleibt auch im Miniaturmaßstab der Verschleiß der Führungsflächen. Hier kommt es einerseits auf die spezifische Auswahl des Schmiermittels an, andererseits empfehlen sich feingeschliffene oder sogar polierte Führungsflächen. Denn nur bei genauester Abstimmung aller Komponenten lässt sich die Vorspannung so einstellen, dass auch im harten Praxiseinsatz die Spielfreiheit dauerhaft gewährleistet bleibt. ■

MI110745