

Wafer-Inspektionssystem mit paralleler Kinematik.

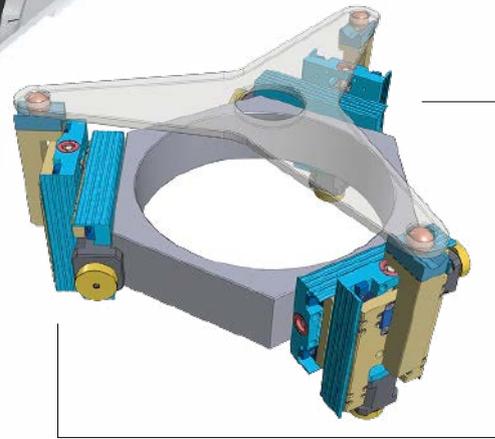


Abb. 1: Parallelkinematiken mit sechs Lineartischen binden alle sechs Freiheitsgrade ( $X, Y, Z, R_x, R_y, R_z$ ).

# Parallelkinematische Positioniersysteme nach Maß

Geht es um die hochpräzise Verstellung mehrerer Freiheitsgrade mit kleinen Verfahrwegen auf engstem Raum, führt an parallelkinematischen Konzepten in der Regel kein Weg vorbei. Als Spezialist für hochgenaue Positionierlösungen und mechatronische Baugruppen kennt Steinmeyer Mechatronik die Anforderungen der Hightech-Industrie genau und realisiert Parallelkinematiken, die zu 100 % an die kundenindividuelle Applikation angepasst sind.

Pro Bewegung ein Antrieb: Das ist der klassische Aufbau von Positioniersystemen. Sollen mehrere Bewegungen ausgeführt werden – bspw. in X-, Y- und Z-Richtung – werden einfach mehrere Linearachsen bzw. Lineartische übereinandergestapelt. Bis zu einem gewissen Punkt funktioniert das hervorragend. Kritisch wird es, wenn sehr viele Freiheitsgrade im Spiel sind. Denn dann wird der Stapel aus Achsen und Tischen relativ hoch – und damit im oberen Bereich instabil. Auch steigen Platzbedarf, Gewicht und Kosten schnell in schwindelerregende Höhen. Abhilfe schaffen parallelkinematische Konzepte. Bei Parallelkinematiken erfolgt das Zustellen einer Bewegung mittels mehrerer Antriebe, die parallel zur gleichen Zeit arbeiten. Das klingt erst einmal komplex, bietet aber entscheidende Vorteile – vor allem hinsichtlich Präzision und Bauraum, wie Dr. Alexander Bromme, Geschäftsführer von Steinmeyer Mechatronik, erklärt: „Parallelkinematische Positioniersysteme sind deutlich kompakter und steifer als klassische

Konstruktionen, bei denen jeder einzelne Freiheitsgrad mit einem separaten Antrieb realisiert wird. Dadurch können sie präziser positionieren und kommen mit weniger Bauraum aus.“ Insbesondere Anwendungen mit kleinen Verfahrwegen, hohen Genauigkeiten und vielen zu verstellenden Achsen profitieren von diesem Konzept.

## Maßgeschneiderte parallelkinematische Positioniersysteme

Beim Begriff "Parallelkinematik" erscheint den meisten wahrscheinlich ein Hexapod vor dem inneren Auge. Das verwundert nicht, schließlich sind die Sechsbener ein Klassiker und werden häufig eingesetzt. Eine Patentlösung sind sie dennoch nicht. Größtes Manko: Sie haben sechs Freiheitsgrade – und zwar immer. Eine kundenindividuelle Anpassung der Freiheitsgrade ist bei Hexapoden nicht möglich. Was also tun, wenn die Anwendung diese sechs Freiheitsgrade gar nicht benötigt? Hilfreich ist ein Blick über den Tel-

lerrand in Richtung Steinmeyer Mechatronik. Das Dresdner Unternehmen gehört zu den weltweit führenden Herstellern von hochgenauen Positionierlösungen für optische und feinmechanische Systeme und hat sich insbesondere als Spezialist für individuelle Sonderanfertigungen einen Namen gemacht. Das Credo: Das Unmögliche möglich machen und die Grenzen des Machbaren neu definieren. Parallelkinematiken bilden da keine Ausnahme. Wie auch immer die Anforderungen aussehen, Steinmeyer Mechatronik findet einen Weg. Gemeinsam mit dem Kunden entwickelt der Positionierspezialist innovative, auf die jeweilige Anwendung perfekt zugeschnittene Lösungen.

## Kinematische Kopplungen nach der Maxwell-Anordnung

Die parallelkinematischen Positioniersysteme basieren auf dem Prinzip kinematischer Kopplungen nach der Maxwell-Anordnung, das auch bei den Tastköpfen in der 3D-Koordinatenmesstechnik

zum Einsatz kommt. Die Maxwell-Anordnung besteht aus drei Kugeln in je einem Prisma bzw. einer V-Nut, die auf einen zentralen Schnittpunkt ausgerichtet sind. Dank der symmetrischen Anordnung ist thermische Stabilität gegeben. „Jedes Prisma bindet zwei Freiheitsgrade. Insgesamt sind also genau sechs Freiheitsgrade



**Abb. 2: Der parallelkinematische 3D-Aligner MP700-3 mit Luftlagern und Direktantrieben ermöglicht Korrekturbewegungen von  $\pm 5$  mm und  $\pm 3$  Grad.**



**Abb. 3: Kompakter parallelkinematischer Prober für MEMS (Micro-Electro-Mechanical-Systems) bestehend aus acht Lineartischen.**

gebunden. Damit ist die Maxwell-Anordnung statisch bestimmt“, so Dr. Alexander Bromme und erläutert: „Ein System ist statisch bestimmt, wenn die Anzahl der Lagerreaktionen gleich der Anzahl der möglichen Bewegungsrichtungen, sprich Freiheitsgrade, ist und jeder Bewegungsrichtung nur eine Lagerreaktion entgegenwirkt“. Für den Aufbau von Parallelkinematiken ist statische Bestimmtheit elementar, denn nur statisch bestimmte Systeme sind unbeweglich bzw. nicht verschiebbar – eine Grundvoraussetzung für eine hochpräzise Positionierung.

### Für jede Anforderung die passende Lösung

Steinmeyer Mechatronik entwickelt und produziert alle Parallelkinematiken exakt nach den Vorgaben der Kunden – vollständig montiert, ausgestattet mit der notwendigen Steuerung und getestet nach kundenindividuellen Kriterien. Je nach Applikation werden DC-, AC-, Schritt-, Linear- oder Piezomotoren eingesetzt.

Die kinematischen Entkopplungen können über klassische Gelenke, Festkörpergelenke, Dreh- und Linearführungen oder Luftlager erfolgen. Auch Lösungen für anspruchsvolle Umgebungen wie Hochvakuum, Ultra-Hochvakuum und für nichtmagnetische Baugruppen lassen sich wirtschaftlich umsetzen. Am Standort Dresden arbeiten allen Abteilungen – Entwicklung, Mechanik, Elektronik, Software, Fertigung, Montage, Messlabore, Testzentrum – vernetzt unter einem Dach. So können Synergien optimal genutzt und spezifische Kundenanforderungen schnell und unkompliziert realisiert werden. Insgesamt produzieren mehr als 100 Mitarbeiter auf einer Fertigungsfläche von über 3.900 m<sup>2</sup> Positioniersysteme im Submikrometerbereich für höchste Qualitätsanforderungen.

### Ideal für Anwendungen in der Messtechnik und Mikromontage

Parallelkinematische Positioniersysteme sind extrem präzise, dynamisch und kompakt – und damit eine Idealbesetzung für Justage- und Alignment-Aufgaben in der Messtechnik und Mikromontage. Besonders oft werden sie in der Optik-Montage eingesetzt. Ein Beispiel ist das Ausrichten von Linsen zum Verkitten oder Kleben in ihre Fassung. „Linsen werden hochpräzise gefertigt, die Anforderungen an die Fassung dagegen sind vergleichsweise gering. Alignment-Systeme mit paralleler Kinematik können die Linse in mehreren Freiheitsgraden auf den Mikrometer genau ausrichten und stellen einen perfekten Sitz sicher“, erläutert Dr. Alexander Bromme. Auch bei der Verlegung von Glasfaserkabeln sind parallelkinematische Positioniersysteme unerlässlich. Werden die einzelnen Glasfasern mit einem Durchmesser von nur einem Zehntel Millimeter an den Enden verbunden, müssen sie exakt zueinander ausgerichtet sein. Dafür werden sie nicht nur in X, Y und Z, sondern auch im Winkel perfekt positioniert. Ansonsten ist Datenverlust vorprogrammiert.

### Wiederholbarkeit der Position von $\pm 0,75$ $\mu$ m

Was Parallelkinematiken in der Praxis leisten können, wird am Ausrichtprozess einer 60 x 60 cm Druckschablone deutlich. Die Anforderungen sahen folgendermaßen aus: XY-Verstellbereich von  $\pm 10$  mm, Phi-Verstellbereich von  $\pm 1^\circ$ , Wiederholgenauigkeit besser  $\pm 2$   $\mu$ m, Verfahrzeit unter einer Sekunde, Lebensdauer von zehn Millionen Zyklen in zehn Jahren, ein wartungsfreier 24/7-Betrieb – und das alles in einer Industrieumgebung mit hoher Partikelbelastung. „Ein Aufbau mit klassisch übereinander gestapelten Tischen wäre sehr groß, schwer und teuer geworden und stellte damit keine sinnvolle Option dar“, so Dr. Alexander Bromme. Die Lösung: ein parallelkinematisches 3-DOF-Positioniersystem mit Luftlagern und Direktantrieben. Dieses erfüllt die Kundenvorgaben hinsichtlich Präzision, Geschwindigkeit, Verschleiß und Lebensdauer optimal und ist gleichzeitig extrem kompakt gebaut. Die Wiederholbarkeit der Position liegt bei  $\pm 0,75$   $\mu$ m ( $\pm 3$  Sigma).

### Unschlagbar in puncto Präzision und Kompaktheit

Trotz aller Vorteile (viele Freiheitsgrade, kleine Verfahrwege, höchste Präzision, beengter Bauraum) stehen Anwender parallelkinematischen Positioniersystemen teilweise skeptisch gegenüber. Das hängt mit der Funktionsweise und dem damit verbundenen höheren Steuerungsaufwand zusammen. „Bei einem herkömmlichen XYZ-System ist sofort nachvollziehbar, welche Achse welche Bewegung ausführt. Bei einem parallelkinematischen System ist dies nicht der Fall, da dort mehrere Aktuatoren an der Ausführung einer Bewegung beteiligt sind. Die Steuerung ist nicht intuitiv“, so Dr. Alexander Bromme. Abschrecken lassen sollte sich davon allerdings niemand. Zum einen versorgen Hersteller von Parallelkinematiken wie Steinmeyer Mechatronik ihre Kunden mit den erforderlichen Software-Modulen, sodass die Bedienung zum Kinderspiel wird. Zum anderen sind die Mehrwerte hinsichtlich Präzision und Kompaktheit einfach unschlagbar.

### Fazit

Zusammenfassend lässt sich festhalten: Parallelkinematiken sind nicht für jede Anwendung geeignet. Ist jedoch eine hochpräzise Verstellung mehrerer Freiheitsgrade mit kleinen Verfahrwegen auf engstem Raum gefordert, sind parallelkinematische Konzepte das Mittel der Wahl. Steinmeyer Mechatronik ist Spezialist für kundenspezifische Lösungen und verfügt über ein umfassendes Know-how im Bereich Parallelkinematik. Auf Basis ihrer technologischen Expertise, ihrem tiefen Anwendungswissen und ihrer langjährigen Erfahrung realisieren die Dresdner innovative und hochperformante parallelkinematische Positioniersysteme – oft auch in Fällen, die andere für unlösbar halten.

### AUTOR

#### Elger Matthes

Entwicklung und Produktmanagement,  
Steinmeyer Mechatronik

### KONTAKT

#### Dr. Alexander Bromme

Steinmeyer Mechatronik GmbH, Dresden  
Tel.: +49 351 88585-0  
mechatronik@steinmeyer.com  
www.steinmeyer-mechatronik.de