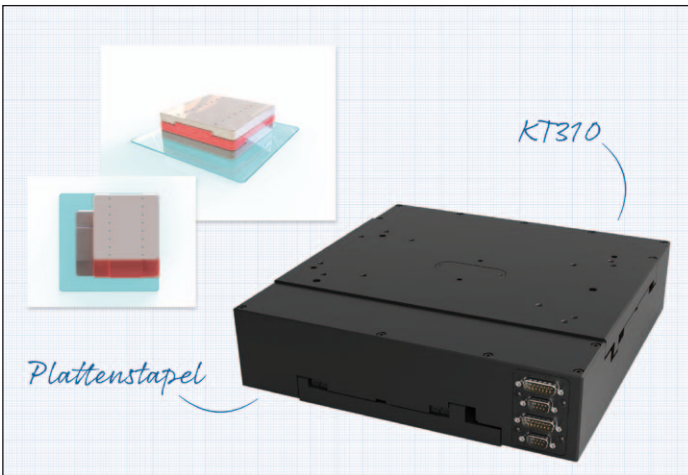


Eine kleine Technikphilosophie zu Kreuztischen

Quadratisch, praktisch, gut – oder doch lieber Pyramide?



Der KT310DC mit monolithischer Mittelplatte und mittigen Messsystemen

Die Steinmeyer Mechatronik GmbH verfügt über Erfahrung aus 25 Jahren Entwicklung und Fertigung von hochgenauen XY-Tischen, auch Kreuztische genannt. Diese erreichen teilweise Genauigkeitswerte, die sonst eigentlich nur bei Luftlagersystemen möglich sind. Der Hersteller aus Dresden ist somit führend, was Innovation, Know-how und Qualität von XY-Systemen betrifft. Elger Matthes, Entwicklungsleiter von Steinmeyer Mechatronik, erläutert verschiedene Konzepte und zeigt die erreichbaren Parameter auf.

Das Hauptziel in der Entwicklungsarbeit von Positionierlösungen ist es grundsätzlich, ein wiederholgenaues System zu konstruieren. Bevorzugt eignet sich hier bei der Fertigung von Kreuztischen Aluminiumguss als Strukturmaterial. Schließlich ergibt sich die notwendige Biegesteifigkeit in erster Linie aus der Plattenhöhe – und nur untergeordnet aus dem E-Modul des Materials. Für magnetfreie Systeme kommt jedoch auch Titan zum Einsatz.

Antriebssysteme

Als Antriebssystem kommen je nach Anforderung der Anwendung

Autor:

Elger Matthes,
Entwicklungsleiter bei
Steinmeyer Mechatronik

unterschiedliche Typen in Frage: Entweder ein geschliffener Kugelgewindtrieb mit SM-Motor, DC-Motor oder AC-Servo (abhängig von Last und Anwendungsfall), ein elektrodynamischer Linearmotor, der je nach Dynamik- und Ebenheitsforderung eisenlos oder eisenbehaftet ist oder Piezomotoren vom Typ Piezo-Legs oder Nanomotion. Darüber hinaus lässt sich die Genauigkeit durch hochpräzise Feedback-Systeme (Messsysteme bzw. Linear-Encoder) erhöhen, ergänzt durch lineare oder Polynomkompensation der systematischen Fehler.

Genauigkeit

Als Feedback-System wird in den meisten Fällen auf inkrementelle Maßstäbe aus Stahl oder Zerodur bzw. Zeromet gesetzt. Während dies für eine Genauigkeit im einstelligen Mikrometerbereich ausreichend ist, ist es bei Genauigkeitsforderungen unter einem Mikrometer sinnvoll, interferometrisches Positionsfeedback zu verwenden.

Bei kostengünstigen Systemen ohne Messsystem, lässt sich nur eine Präzision im zweistelligen Mikrometerbereich erreichen, die auf einfachere Steuerung und das fehlende Messsystems zurückzuführen ist.

Bei den Controllern handelt es sich entweder um einfache 24-V-Systeme mit Punkt-zu-Punkt Regelung und USB-Anschluss oder um dyna-

misch interpolierende Systeme mit 2-D-Bahnsteuerung und Fehlerkompensation mit industrietauglichen 600 V und Busanbindung. Die optimale Wahl ist abhängig von Genauigkeits- und Dynamikerwartungen sowie dem beim Kunden vorhandenen übergeordneten System.

Die Konstruktion

Bei der Konstruktion eines Präzisionspositioniersystems gilt es, gewisse allgemeine Grundregeln zu beachten. So darf das Führungsverhältnis nicht unter 1,5:1 (Länge zu Breite) betragen. Zudem sollte das Abbésche Prinzip soweit wie möglich eingehalten werden: Der Maßstab sollte möglichst mittig und so nah wie möglich zum positionierenden Objekt liegen.

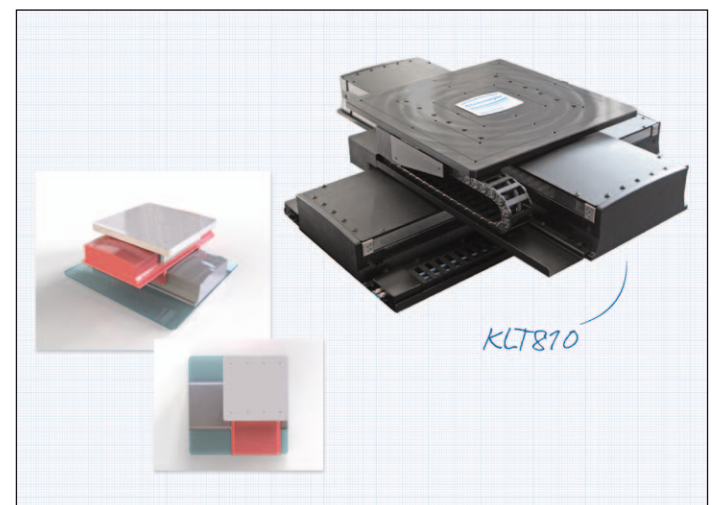
Eine mittige Maßstabsmontage ist bei Durchlichtsystemen kaum realisierbar. Einen Kompromiss stellen zwei seitlich montierte Maßstäbe dar, die zu einem virtuellen mittigen Maßstab verrechnet werden. Je nach Position der Querachse ist auch ein seitlicher virtuell verschiebbarer Maßstab möglich.

Antriebe und Anschläge, insbesondere bei hochdynamischen Systemen, sollten im Masseschwerpunkt liegen. Dies führt meistens ebenfalls zu mittigem Antrieb, wo sich eigentlich schon das Messsystem befindet. Die Kompromisslösung ist hierbei

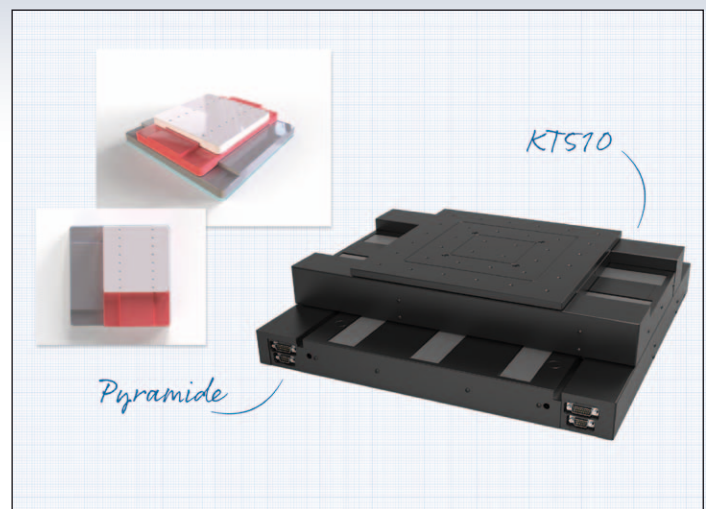
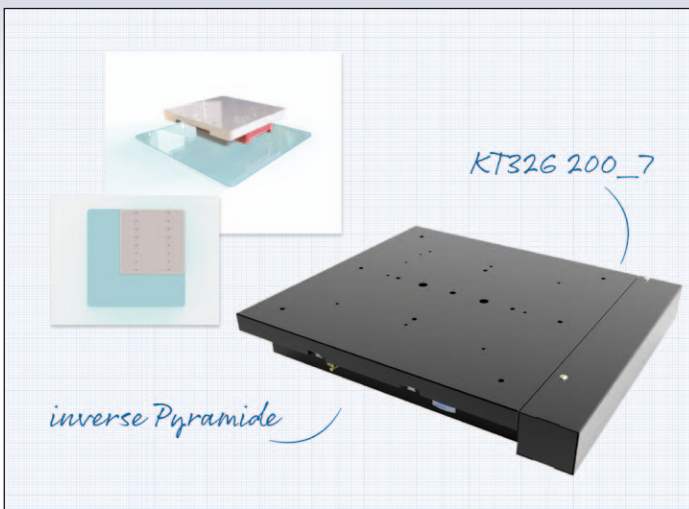
eine steife Führung oder zwei seitlich parallel geschaltete Antriebe, was jedoch nur bei Linearmotoren oder Piezomotoren praktikabel ist.

Bei der Konstruktion eines XY-Systems treten ebenfalls besondere Herausforderungen auf. Zum einen sind dies bewegte elektrische Elemente, wie Messsystem, Endschafter oder Antriebe. Hierbei wird entweder ein XY-System als ein an der Mittelplatte gespiegeltes System aufgebaut. In diesem Fall können alle elektrischen Elemente auf Ober- und Unterseite der Mittelplatte untergebracht werden. Der Vorteil ist, dass alle Kabel nur in eine Richtung bewegt werden müssen. Oder man verwendet gleiche, gestapelte Systeme. Diese verfügen über eine weniger komplexe Mittelplatte und bestehen aus zwei gleichen Systemen. Diese Lösung ist einfacher zu konstruieren und zu fertigen. Der Nachteil hierbei ist, dass sich die oberen elektrischen Anschlüsse in zwei Richtungen bewegen. Bei größeren Wegen ist daher eine Kabelführung notwendig. Da sich der Kunde oft stehende elektrische Anschlüsse in der Grundplatte wünscht, ist in vielen Fällen ohnehin eine Kabelführung notwendig.

Eine weitere Herausforderung bei der Konstruktion ist es, dass Vorspannkkräfte bei Kreuzrollen



Die Kreuzarchitektur – wie hier beim KLT810-DLM – lässt sich einfach realisieren und ergibt sich durch ein gekreuztes Übereinanderschrauben von Lineartischen



Spitzname „Zuckertüte“: Der Mikroskopisch KT326SM mit umgekehrter Pyramidenarchitektur

Der KT510SM mit Pyramidenarchitektur für lastunabhängige Genauigkeit

die Mittelplatte in zwei Richtungen verbiegen können. Es wird gerne auf Kreuzführungen zurückgegriffen, da diese die Rollkörper – ähnlich einem Teleskop – mit der halben Verschiebung der Schlittenplatte mitbewegen. Zudem ist das Führungsausrichten, die zufälligen Fehler von Kreuztischen, mit nur 0,3 µm von allen Führungssystemen mit Wälzkörpern am geringsten. Ein Problem dieser Lösung ist jedoch, dass das Führungssystem vorgespannt und diese Vorspannung immer durch die gesamte Platte geleitet werden muss. Im Falle der Mittelplatte stört die Vorspannung der einen Richtung also die Ebenheit der anderen Richtung. Hierbei können nur entsprechend dicke Mittelplatten helfen.

Verbiegung

Das Verbiegen der unteren Schlittenplatte durch flächiges Aufschrauben der oberen Grundplatte stellt ebenfalls ein eventuelles Problem dar. Werden zwei nicht vollständig ebene Platten verschraubt, stellt sich eine gemeinsame Verbiegung dieser Platten ein. Folglich müssen die verschraubten Flächen Ebenheitstoleranzen haben, die der Führungsaufgabe entsprechen. So lässt sich die höchste Steifigkeit des Gesamtsystems realisieren. Alternativ werden die Platten nur in drei Punkten miteinander verschraubt, was ausschließt, dass sich die Platten gegenseitig beeinflussen. Da hierbei keine flächige Auflage mehr gegeben ist, vermindert sich jedoch die Steifigkeit des Gesamtsystems. Einen guten Kompromiss stellt die Vierpunktverschraubung dar. Und schließlich ist das Verbiegen der Platten bei Verfahren durch Lastverlagerung ein Aspekt, den es bei der Konstruktion

von XY-Kreuztischen zu betrachten gilt. Denn bei gewöhnlichen Kreuztischarchitekturen werden die Platten durch die Verlagerung des Schwerpunktes aus bewegten Platten und Nutzlast der Belastung verbogen. Das führt zu positions- und lastabhängigen Nick- und Rollfehlern, welche die Genauigkeit stark beeinflussen. Dies lässt sich nur durch eine pyramidenartige Architektur unterbinden.

Die Architektur

Als „Architektur“ eines XY-Systems kommen prinzipiell vier Grundkonzepte in Frage:

1. **Plattenstapel**
(„Ritter-Sport-Architektur“: quadratisch, praktisch, gut)
2. **gekreuzte Linearachsen**
(„Kreuzarchitektur“)
3. **Inverse Pyramide**
(„Zuckertüte“)
4. **Pyramide**
(„Pyramidenarchitektur“)

Die meisten XY-Tische sind nach dem Prinzip des Plattenstapels, manchmal auch „Ritter-Sport-Architektur“ genannt, aufgebaut. Sie verfügen über eine besonders kompakte, quadratische Konstruktionsweise und erfüllen die Erwartungen an einen Kreuztisch.

Allerdings fahren sie im Betrieb auseinander und nehmen dann um den Fahrweg in zwei Dimensionen mehr Platz in Anspruch. Das Überhängen der massiven Platten führt zu einer Verbiegung, wodurch sich die Genauigkeit reduziert. Da im Sinne der Konstruktionsregeln die Führungen länger sein müssen als im seitlichen Abstand, befindet sich an den Seiten der einzelnen Fahrrichtungen ungenutztes Mate-

rial. Dieses macht den Tisch vergleichsweise schwer, bringt jedoch keinen Nutzen und sorgt lediglich dafür, dass sich der Kreuztisch beim Verfahren zusätzlich verbiegt. Hierdurch ergibt sich eine starke positionsabhängigkeit der Verbiegung und damit der Präzision.

Gekreuzte Linearachsen

Die Kreuzarchitektur lässt sich einfach realisieren und ergibt sich durch ein gekreuztes Übereinander-schrauben von Lineartischen. Die Fahrt erfolgt in eine Richtung über den mittleren Footprint. In dieser Richtung muss entsprechend Platz vorgehalten werden. Der Vorteil sind die weniger massiven Platten, womit sich Überhängen und somit Verbiegungen und Einflüsse auf die Präzision reduzieren. Da bei gekreuzten Einzeltischen seitlich füllendes Material fehlt, fällt die Verbiegung geringer aus. Der gewonnene Platz lässt sich für die Kabelführung der oberen Achse nutzen. Dies führt zu einer geringeren positionsabhängigkeit der Verbiegung und somit zu einer höheren Präzision.

Inverse Pyramide

Mikroskopische sind in der Regel als inverse Pyramide, in ihrer Form einer „Zuckertüte“ ähnelnd, aufgebaut. Gegenüber anderen Architekturen ist diese besonders kompakt, flach und leicht. Die Antriebe lassen sich einfach unter den überhängenden Platten verstecken, was gerade für mobile Geräte vorteilhaft ist. Für Anwendungen, bei denen die Lastenleitung grundsätzlich mittig stattfindet, beispielsweise bei Härteprüftischen, ist diese Architektur ausreichend. Wie bei der Plattenstapelarchitektur fahren hierbei jedoch die Platten auseinander und

nehmen dann um den Fahrweg in zwei Dimensionen zusätzlichen Platz in Anspruch. Somit ergeben sich bei der inversen Pyramide vergleichbare Nachteile wie bei der Plattenstapel-Architektur.

Pyramidenaufbau

Die vierte Architektur ist der strikte Pyramidenaufbau, der besonders durch sein großes Erscheinungsbild gekennzeichnet ist und somit nicht den üblichen Erwartungen an einen Kreuztisch entspricht. Der Vorteil dieser Lösung ist, dass die Platten im Betrieb nicht auseinanderfahren, sodass der Tisch immer denselben Platz in Anspruch nimmt. Das flächige Abstützen der unteren Platte an der Grundstruktur bildet eine sehr steife Basis für das Gesamtsystem. Zudem befindet sich an den Seiten kein ungenutztes oder überhängendes Material. Die Führungswagen laufen grundsätzlich vollständig auf mit Metall unterstützter Schiene und das Führungsverhältnis wird immer eingehalten. Auf diese Weise zeichnet sich die Pyramidenarchitektur mit hervorragenden Genauigkeitswerten und extrem geringen Abweichungen beim Verfahren und bei unterschiedlicher Last aus.

Fazit

Jede der hier vorgestellten Kreuztisch-Lösungen bringen ihre eigenen Vor- und Nachteile mit. Am Ende entscheiden die Anforderungen der jeweiligen Anwendung darüber, welche Bauweise sich im speziellen Fall am besten eignet.

■ Steinmeyer Mechatronik
www.steinmeyer-
mechatronik.de