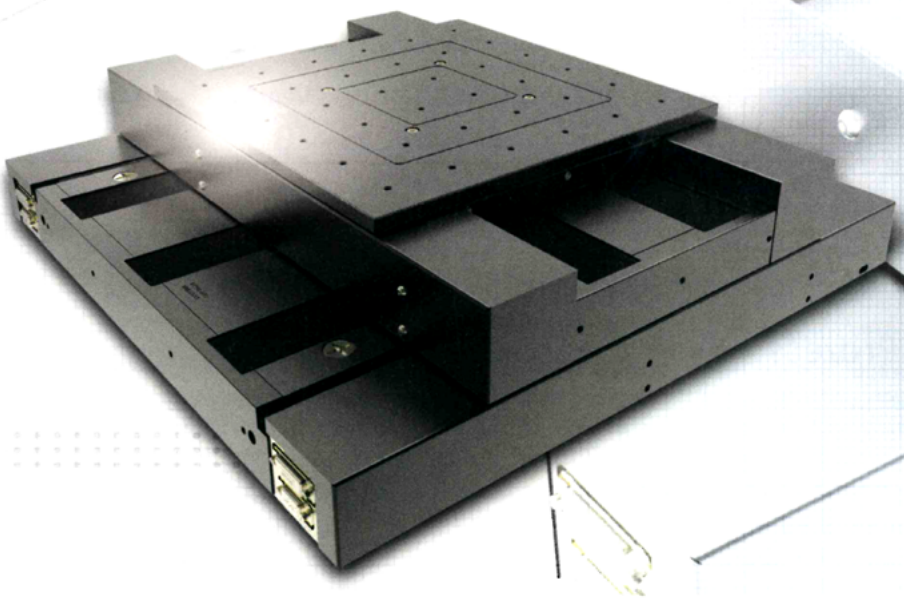


Der ultimative Messtisch

Ein neuer Kreuztisch sorgt für eine **LASTUNABHÄNGIGE** Genauigkeit von $\pm 1 \mu\text{m}$ und ermöglicht so den Bau kompakter Tischmessgeräte, die neben der Kontur und Oberfläche auch die Geometrie von Teilen vermessen können.

Bild 1. Der neue Messtisch »KT510« garantiert eine last-unabhängige Genauigkeit von $\pm 1 \mu\text{m}$. Erreicht wird dies durch konstruktive Features wie Pyramidenarchitektur sowie das patentierte Strukturinterface zur Justage



CHRISTOPH JOHN

Sollten neben Kontur und Oberflächenparametern wie Rauheit und Ebenheit auch geometrische Größen wie Länge, Abstand und Winkel gemessen werden, waren Messtechniker bis dato auf zwei unterschiedliche Geräte angewiesen: eins für die Form- und Oberflächenmessung sowie ein weiteres für die Erhebung der Koordinatendaten. Dabei bringen die meisten Form- und Oberflächenmessgeräte die wichtigsten Features für Koordinatenmessungen bereits von Haus aus mit. »Oft ist die verwendete Sensorik – egal ob optisch oder taktil – nutzbar, um auch die Gesamtgeometrie von Teilen zu vermessen, denn Gerätestruktur, Bediensoftware

und Messdatenmanagement sind in der Regel sehr weit ausgereift«, so Elger Matthes, Leiter Entwicklung und Produktmanagement bei Steinmeyer Mechatronik in Dresden. Warum ist es dann aber so schwierig, beides zusammenzubringen? Ein Blick auf die unterschiedlichen Bauweisen und Anforderungen gibt Aufschluss.

Je höher das Bauteil, desto ungenauer die Messung

Messgeräte für Form und Oberfläche sind meist als kompakte Tischgeräte ausgeführt. Zum Einsatz kommen dabei fast ausnahmslos Kreuztische (XY-Tische) aus drei gleich großen Platten, die das Werkstück horizontal unter einer festen Traverse mit Vertikalachse und dem Sensor bewegen. Diese einfache Stapelbauweise ist preiswert und für Oberflächen- und Formmessungen vollkommen ausreichend, hat aber einen für Koordinatenmessungen entscheidenden Nachteil: Wenn die Platten im Betrieb auseinanderfahren, entsteht ein Überhang. Das führt dazu, dass sie sich aufgrund der Schwerkraft positionsabhängig verbiegen und damit das zu messende Bauteil um die X- und die Y-Achse verdrehen. Diese Verdrehung

des Bauteils führt über die Sinusfunktion zu einem Messfehler in X und Y, der sich mit zunehmender Höhe des Bauteils verstärkt. Zwar versuchen die Hersteller diesem Fehlereinfluss mithilfe von Vermessung und Kompensation zu begegnen, allerdings funktioniert dies nur bei konstanter Last. Verändert

> KONTAKT

HERSTELLER
Steinmeyer Mechatronik GmbH
 D-01259 Dresden
 Tel. +49 351 88585-0
 info@steinmeyer-mechatronik.de
 www.steinmeyer-mechatronik.de

Bilder: Steinmeyer Mechatronik

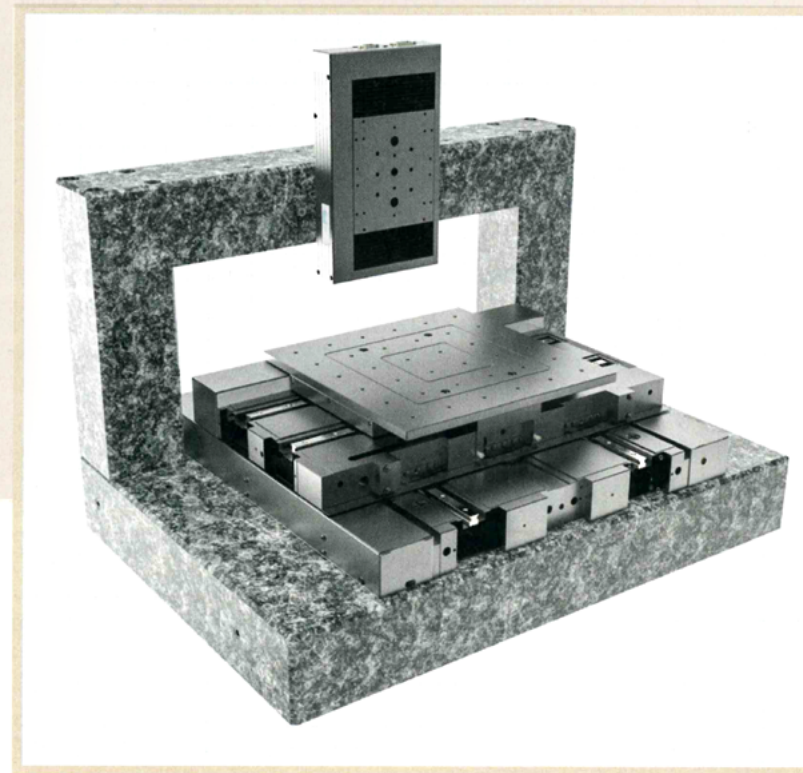


Bild 2. Der KT510 erfüllt alle Anforderungen für eine hochpräzise Positionierung von variablen Lasten und ermöglicht so den Bau kompakter Messapparate, die sowohl Kontur und Oberfläche als auch Geometrien mit einer Genauigkeit im Sub- μm -Bereich vermessen können

sich die Last, verändert sich auch die Durchbiegung beim Verfahren und damit der eventuell zu kompensierende Fehler in bekannter Messhöhe. Das Resultat ist ein ungenaues, von der Teilemasse abhängiges Messergebnis.

Kontur- und Oberflächenmessgeräte fit machen

Herkömmliche Koordinatenmessgeräte umgehen diese Problematik durch eine Gantry-Bauweise, wobei oft nur eine Seite in Kombination mit Luftlagern angetrieben wird. Im Gegensatz zur Kreuztisch-Plattenarchitektur wird bei Gantrys nicht das zu messende Objekt zu verfahren, sondern der Messkopf. Da nur der Messkopf bewegt wird, dessen Gewicht immer gleich ist, stellen Lastvariationen keine Schwierigkeit dar. Allerdings sind diese Systeme nicht nur technisch äußerst anspruchsvoll, sondern auch eine überaus kostspielige und platzintensive Investition. Bei großen und schweren Messobjekten mag das angemessen sein. »Nun sind aber die von der Stückzahl am meisten gefertigten Teile eher kleinerer Natur – und mit der Kleinheit steigt nicht selten die Herstellungspräzision«, macht Matthes deutlich. »Für diese vielen hochpräzisen Teile ist ein Tischgerät mit $200 \times 200 \times 200 \text{ mm}$ Messvolumen vollkommen ausreichend. Warum also nicht die Grundstruktur der Tischgeräte für die Form- und Oberflächenmessung nutzen und diese zu kleinen Koordinatenmessgeräten aufrüsten?« Ein Gerät für alle Messaufgaben – das wäre für die Anwender ein echter Gewinn. Doch bisher scheiterten derartige Projekte am Messtisch, denn keins der auf dem Markt verfügbaren Modelle konnte den geforderten

Kriterien hinsichtlich Präzision, Steifigkeit und Last-unabhängigkeit gerecht werden.

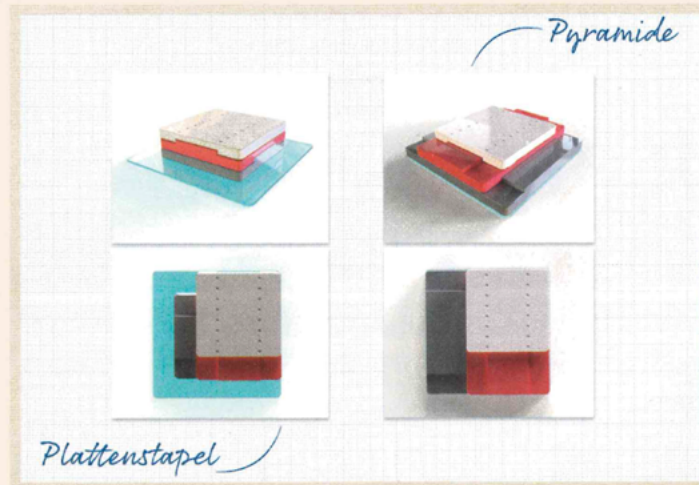


Bild 3. Der Platzbedarf im ausgefahrenen Zustand ist bei der Plattenbauweise (links) genauso hoch wie bei der Pyramidenarchitektur (rechts)

Bild 4. Verfahrere, durch Last von 150 N und 200 mm Überhang verbogener Kreuztisch. Oben: klassische Stapelbauweise, unten: der neue KT510 mit Pyramidenarchitektur. Wie unschwer zu erkennen ist, verformt sich der KT510 sehr viel weniger, statt 66 µm nur noch 5 µm. Das ist eine Verbesserung um den Faktor 13

Hohe Unempfindlichkeit gegen Lastvariation

Mit dem KT510 hat Steinmeyer Mechatronik jetzt die passende Lösung (Bild 1). Dank seiner Pyramidenarchitektur bietet das XY-Positioniersystem eine lastunabhängige Genauigkeit von $\pm 1 \mu\text{m}$ (kompensiert), auch bei bewegtem Messobjekt. Selbst wenn auf Leichtgewichte, die nur wenige Gramm auf die Waage bringen, schwerere Teile von bis zu 30 kg folgen, wird der Ablauf des Tisches von der Last nicht beeinflusst (Bild 2). Damit erfüllt der KT510 alle Anforderungen für eine hochpräzise Positionierung von variablen Lasten und ermöglicht so den Bau kompakter Messapparate, die sowohl Kontur und Oberfläche als auch Geometrien mit einer Genauigkeit im Sub-µm-Bereich vermessen können.

Höchste Präzision durch maximale Steifigkeit

Die hohe Messgenauigkeit des KT510 ist das Ergebnis seiner besonderen Konstruktion. Der Pyramidenaufbau – große massive Grundplatte, darüber eine kleinere Mittelplatte und eine noch kleinere Oberplatte – macht das System enorm steif (Bild 3). Unter Last verformt sich der Tisch beim Verfahren faktisch nicht. Dazu tragen auch das optimierte Verhältnis von Längs- und Seitenabstand der Führungswagen sowie die richtigen Proportionen von Führungsstärke und Plattendicke bei. Ziel war es, die Führungswagen so wenig wie möglich in den überhängenden Bereich der Tischplatten fahren zu lassen. Auch ein Verbiegen der Grundplatte sowie die Auswirkungen des Bimetall-Effekts bei Temperaturänderungen galt es zu vermeiden. »Natürlich möchte man eine maximal große, steife Führung haben – schließlich ist sie der nachgiebigste Bestandteil der gesamten Konstruktion –, doch eine Überdimensionierung schafft mehr Probleme, als sie löst«, erläutert Matthes. »Die Herausforderung war daher, die Vielzahl an Einflussfaktoren in ein Gleichgewicht zu bringen und das Optimum zu erreichen.« Aufwendige FEM-Simulationen waren hier der Schlüssel zum Erfolg. Eine entscheidende Rolle spielte dabei auch das Material. Aluminium ist zwar um den Faktor 3 leichter und biegsamer als Stahl. Da die Dicke aber mit der dritten Potenz in die Steifigkeit gegen Verbiegen eingeht, hat eine geringfügig dickere Aluminiumplatte gegenüber Stahl in puncto Steifigkeit klar die Nase vorn – und das bei geringerem Gewicht.

Profilschienen statt Kreuzrollen

Statt Kreuzrollen kommen beim KT510 Profilschienenführungen mit umlaufenden Rollen zur Anwendung (Bild 4). »Kreuzrollen weisen sehr gute Ablaufwerte auf und sind eigentlich das Nonplusultra für Positionierlösungen in der

Bilder: Steinmeyer Mechatronik

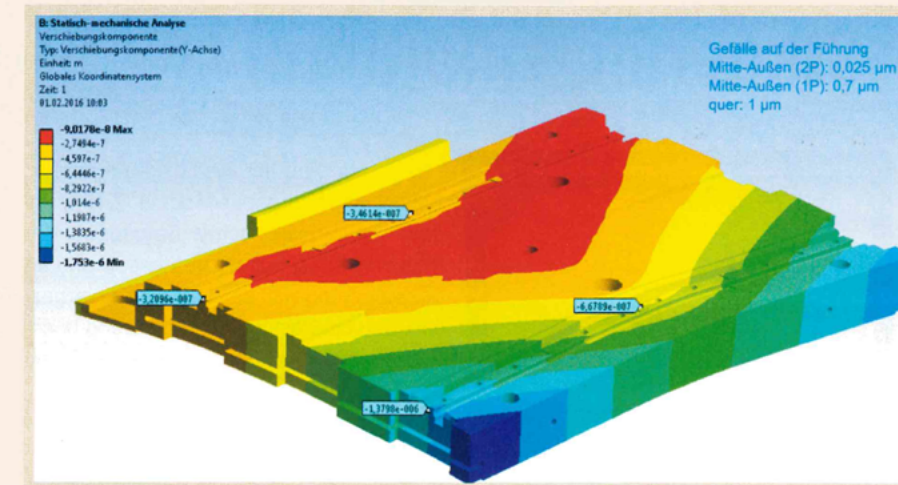
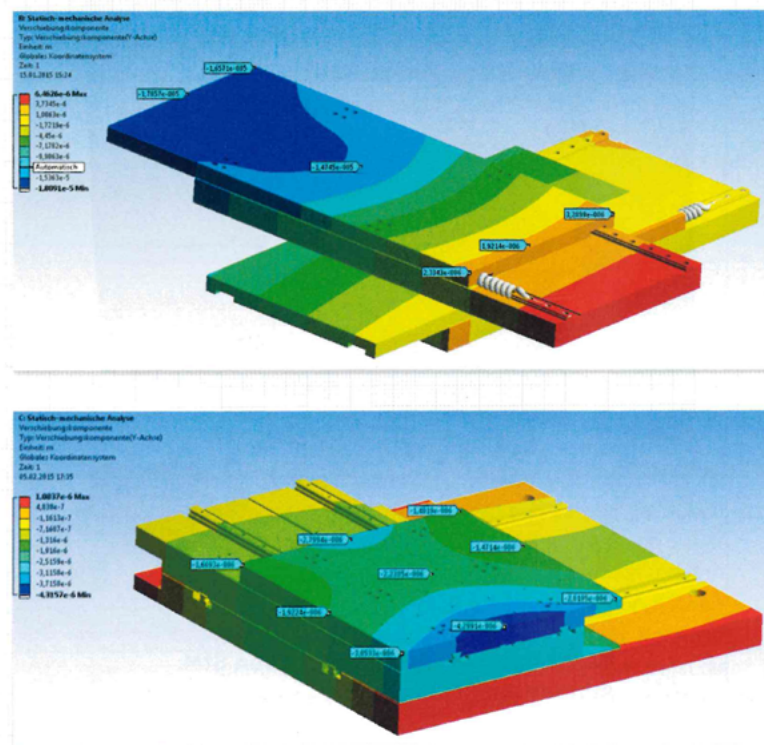


Bild 5. FEM-Rechnung der Grundplattenverbiegung bei 3+4-Abstützung, 300 N Last und vollem Verfahrweg von 200 mm

Messtechnik. Allerdings sind sie aufgrund der erheblichen Vorspannkräfte in Plattenrichtung nicht ganz unproblematisch, denn die Vorspannung der einen Richtung verbiegt die Ebenheit der anderen«, so Matthes. Bei Profilschienen ist dies nicht der Fall, in puncto Welligkeit, Geradheit und Ebenheit können sie Kreuzrollen in der Regel jedoch nicht das Wasser reichen. »Wir mussten wirklich sehr lange suchen und intensiv testen, bis wir Profilschienen gefunden haben, die über ein annähernd so hochgradig wiederholbares Laufverhalten verfügen wie Kreuzrollenführungen«, berichtet der Entwicklungsleiter und ergänzt: »Auch waren in Kooperation mit dem Führungshersteller extensive FEM-Rechnungen notwendig.« Der Aufwand hat sich gelohnt. Im Vergleich zur klassischen Kreuztisch-Stapelarchitektur konnte bei den Ablaufwerten eine bis zu 13-fache Verbesserung erreicht werden. Die Nick- und Gierfehler des KT510 sind minimal und belaufen sich auf noch nicht einmal $25 \mu\text{rad}$ über die gesamte Verfahrweglänge von 200 mm. Bei kurzen Messwegen von nur 10 mm reduziert sich der mögliche Fehler gar auf unter $5 \mu\text{rad}$. Auch die anderen Genauigkeitsparameter überzeugen. So beträgt die Wiederholgenauigkeit $\pm 0,3 \mu\text{m}$, die Geradheitsabweichung $\pm 0,5 \mu\text{m}$ und die Ebenheitsabweichung $\pm 1,0 \mu\text{m}$. Angetrieben wird der KT510 durch eine Motor-Spindel-Kombination, bestehend aus einem 2-Phasen-Schrittmotor und einem Steinmeyer-Kugelgewindtrieb mit einer Steigung von 1 mm.

Ebenheitsunabhängiges Interface für die Gerätebasis

Um ein Verbiegen der hochebenen Kreuztisch-Grundplatte beim Aufschrauben auf das Gerätegestell zu verhindern, erfolgt die Integration des KT510 über eine patentierte 3+4-Punkt-Montage, die die Vorteile von Drei- und Vierpunktaufgabe vereint (Bild 5). Dabei wird der Tisch zuerst auf drei Punkten aufgesetzt, und im Anschluss werden vier weitere, extrem steife Stützen abgesenkt und in Position geklemmt. »So lässt sich der Tisch auf ein steifes, aber grob

toleriertes Gestell montieren und dabei sogar noch in drei Freiheitsgraden (Drehung in X, Y, Z) justieren, was die Fehler durch unzureichende Orthogonalität eliminiert«, hebt Matthes die Vorteile der innovativen Lösung hervor.

Weitere Features wie mittig liegende Zerodur-Maßstäbe für minimalen Abbe-Fehler, ein unaufdringliches Design ohne offen liegende Elemente sowie ein stehendes elektrisches Anschlussterminal – alle bewegten Kabel sind im Inneren des Tisches geführt und unsichtbar abgedeckt – tragen zum hohen Anwendungsnutzen des KT510 bei. Auch den Dauertest unter Last hat der neue Messtisch mit Bravour bestanden. Bei zwei Millionen Vollzyklen wurde der Versuch abgebrochen. Das entspricht einem Dauereinsatz mit typischen Messbewegungen von bis zu fünf Jahren ohne Wartung.

Den KT510 hat Steinmeyer Mechatronik speziell für Anwendungen in der Messtechnik entwickelt, bei denen sich Nick- und Gierfehler störend auswirken. Das ist beispielsweise bei der Teilevermessung oder der Aufnahme von 3D-Profilen auch an hohen Teilen der Fall. Dank seines hochsteifen Designs ermöglicht er extrem präzise Messungen auch bei variablen Lasten und bietet damit nicht nur eine ökonomische, industriell-robuste Alternative zu wesentlich empfindlicheren Luftlagersystemen, sondern hebt auch die bisher bestehenden konstruktionstechnischen Limits für den Bau kleinerer Koordinatenmessgeräte auf. Trotz des Pyramidenaufbaus ist der benötigte Footprint identisch mit dem klassischer Tische in üblicher Plattenbauweise. Ein Wechsel zur neuen – wirtschaftlich wie leistungsmäßig interessanteren – Pyramidenarchitektur ist folglich problemlos möglich. Die Lieferung erfolgt voll vermessen mit Kompensationsfile (optional gespeichert im Tisch). ■

MI110707

AUTOR

CHRISTOPH JOHN ist Konstruktionsleiter bei Steinmeyer Mechatronik in Dresden; info@steinmeyer-mechatronik.de