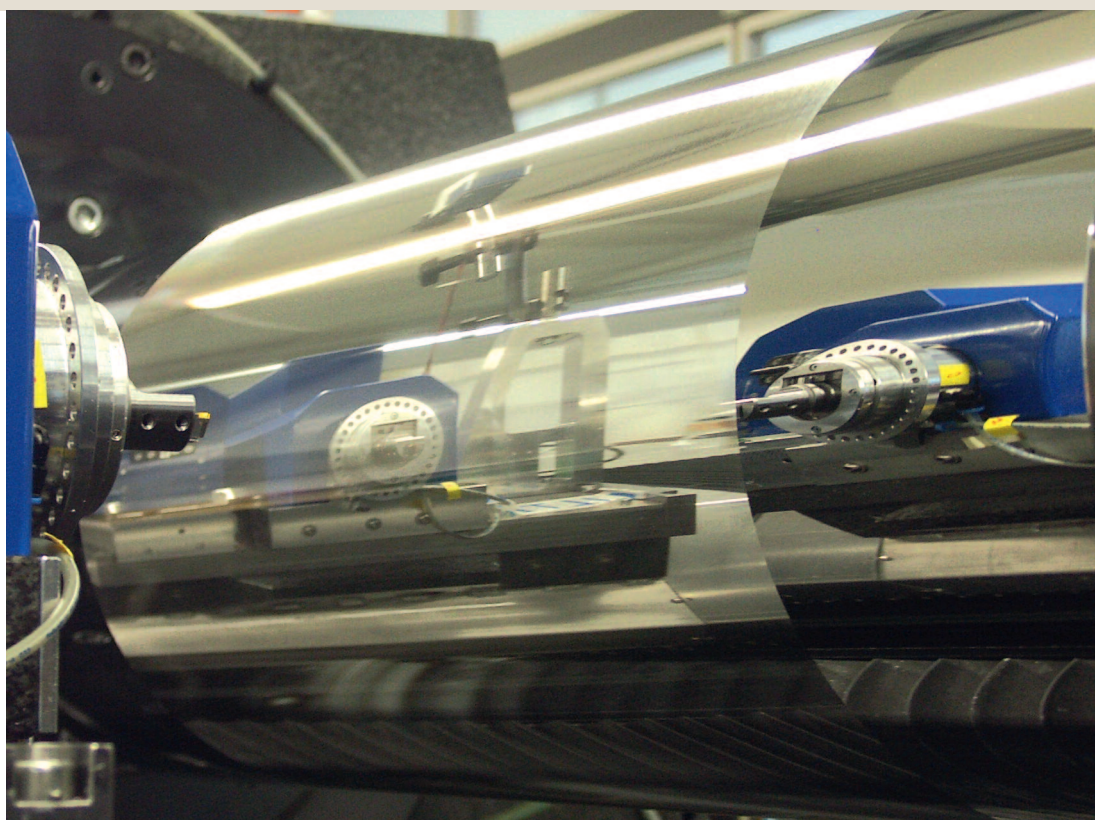


# Serienmäßig mit Sub- $\mu\text{m}$ -Genauigkeit

Für eine mechanische Bearbeitung mit höchster Geometriegenauigkeit und **OBERFLÄCHENGÜTE** sind Ultrapräzisionsmaschinen das Mittel der Wahl. Die Unterschiede zu konventionellen Bearbeitungszentren sind allerdings beträchtlich.

**Bild 1. Bearbeitung einer Prägewalze (Nickelphosphor) mit einer »LT Ultra DTM2300«**



## KURT HASKIC UND KAI SCHMIDT

Typische Anwendungen von Ultrapräzisions- (UP-)Maschinen sind die Ultrapräzisions- und die Mikrozerspanung. Beide Bereiche weisen einige Schnittmengen auf und können oft mit den gleichen Maschinen abgedeckt werden. Während bei der Mikrozerspanung laut Definition ein funktionales Element im Mikrometerbereich liegen muss (1 bis 1000  $\mu\text{m}$ ), zum Beispiel ein Gesamtmaß oder ein Geometriemerkmal auf dem Werkstück, wird jedoch keine Definition hinsichtlich der Genauigkeit oder der optischen Oberflächenqualität getroffen. Die UP-Bearbeitung beschäftigt sich hingegen mit der Fertigung von Bauteilen mit extremer Genauigkeit bei hoher optischer Oberflächengüte. Hierbei können das Maß und die Strukturdimensionen eben-

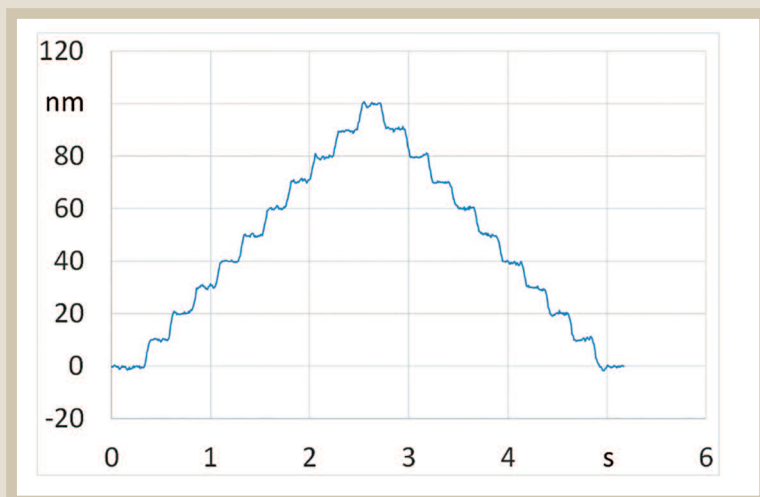
falls im Mikrometerbereich liegen, allerdings auch bei Dimensionen von mehreren Quadratmetern.

## Maschinenbau am Puls der Zeit

Die Maschinen für die UP- und Mikrozerspanung unterscheiden sich teils erheblich von konventionellen und Hochpräzisions-(HP-)Maschinen, wobei letztere

### > KONTAKT

HERSTELLER  
**LT Ultra-Precision Technology GmbH**  
 88634 Herdwangen-Schönach  
 Tel. +49 7552 40599-0  
 Fax +49 7552 40599-50  
[www.lt-ultra.de](http://www.lt-ultra.de)



**Bild 2. Treppenstufentest der X-Achse einer MMC-900H-Ultrapräzisionsfräsmaschine von LT Ultra**

oft auf den Grundlagen konventioneller Maschinen beruhen. Diese Merkmale von UP-Maschinen sind erforderlich, um die hohen Anforderungen an Präzision und optischer Oberflächenqualität erfüllen zu können.

Viele Innovationen aus konventionellen Zerspanungsmaschinen, wie vollautomatische Werkzeugvermessung- und -wechsel sowie der vollautomatische Werkstückwechsel, setzen sich auch in UP-Anlagen immer mehr durch. Diese Zusatzoptionen erlauben einen Automatisierungsgrad auf einem vergleichbaren Niveau wie bei modernen Bearbeitungszentren, was vor allem für die automatisierte Großserienfertigung im Mehrschichtbetrieb von Relevanz ist. Somit lässt sich auch bei UP-Maschinen der Personalaufwand teilweise drastisch reduzieren, sodass ein Maschinenbediener mehrere Anlagen betreuen kann.

### Basisaufbau von UP-Maschinen

Angefangen beim Basismaterial verfügen alle UP-Maschinen über einen Grundkörper aus Granit im Gegensatz zu den Stahl-/Guss- oder mittlerweile auch Leichtbaukonstruktionen konventioneller Maschinen. Der Werkstoff Granit hat hierbei mehrere Vorteile: Einerseits sind die schwingungsdämpfenden Eigenschaften mit Gussmaterialien vergleichbar, aber zusätzlich ist auch der Wärmeausdehnungskoeffizient erheblich geringer. Dies erlaubt eine langzeitstabile Fertigung bei hoher Positionstreuung, da der Einfluss von Umgebungseinflüssen wie Temperaturschwankungen und Vibrationen erheblich geringer ausfällt.

Geeignete Lagerungen und Antriebe sind die nächste Stufe auf dem Weg zu einer UP-Anlage. Hierbei haben sich über die letzten Jahrzehnte aerostatische und hydrostatische Lagerungen bewährt. Bei diesen Lagerungsarten befindet sich im Spalt zwischen den Lagerkörpern ein Film aus Luft (aerostatisch) oder Öl (hydrostatisch). In beiden Fällen handelt es sich technisch gesehen um Fluide, die unterschiedliche Viskositäten aufweisen. Die höhere Viskosität von Ölen erlaubt hierbei bei gleichem Bauraum eine wesentlich höhere Steifigkeit. Allerdings sind höhere Gleitgeschwindigkeiten, bedingt durch die zunehmende Reibung, mit einem erhöhten Kraftaufwand und erhöhter Wärmeentwicklung verbunden. Deswegen haben sich bei schnell drehenden Spindeln vor allem Luftlagertechniken durchgesetzt, während die höchsten Steifigkeitswerte praktisch nur mit hydrostatischen Lagern realisierbar sind. Ergänzt werden die Lagerungen durch Lineardirektantriebe oder – im rotativen Fall – durch Torque-Motoren.

# Motek



**Internationale  
Fachmesse für Produktions-  
und Montageautomatisierung**

**08.-11. OKT. 2018  
STUTTGART**

### Digitale Transformation unlimited.

Die 37. Motek präsentiert System-Kompetenz und Prozess-Knowhow für Anlagenbau, Sondermaschinen und Roboter-Integration in Bestform! Industrie 4.0 für die Praxis in Produktion und Montage.

- ☞ Montageanlagen und Grundsysteme
- ☞ Handhabungstechnik
- ☞ Prozesstechnik zum Fügen, Bearbeiten, Prüfen und Kennzeichnen
- ☞ Komponenten für den Sondermaschinenbau
- ☞ Software und Dienstleistungen



[www.motek-messe.de](http://www.motek-messe.de)



Veranstalter: P. E. SCHALL GmbH & Co. KG

**SCHALL**  
MESSEN FÜR MÄRKTE

+49 (0) 7025 9206-0

[motek@schall-messen.de](mailto:motek@schall-messen.de)



**Bild 3. Ultrapräzisionsfräsmaschine MMC-600H für das 5-Achs-Simultanfräsen**

steuerung ohne zusätzliche Servos oder FPGAs. Zusätzlich müssen die hohen Auflösungen über Messbereiche von teilweise mehreren Metern berücksichtigt werden, weswegen gängige Maschinensteuerungen hinsichtlich der Positionsregelung an ihre Grenzen stoßen.

Selbst die besten mechanischen Antriebe weisen allerdings periodische Fehler auf und verfügen über teilweise erhebliches Umkehrspiel. Ein System, bestehend aus aerostatisch/hydrostatischer Lagerung, Lineardirektantrieb und hochauflösenden Glasmaßstäben, verfügt hingegen über fast kein messbares (Interferometer oder kapazitiv) Umkehrspiel und ist frei von Stick-Slip-Effekten (**Bild 2**). Bei modernen Glasmaßstäben sind mittlerweile Auflösungen von bis zu 9 nm möglich. Solche werden in Maschinen von LT Ultra verbaut.

Spindeln für die UP-Bearbeitung, seien es Werkstückspindeln beim Drehen oder hochdrehende Frässpindeln, sind fast immer aerostatisch gelagert und verfügen über einen Torque-Antrieb. Bei hohen Lasten, beispielsweise bei der Bearbeitung von Prägewalzen (**Bild 1**), deren Masse mehrere Tonnen betragen kann, werden hydrostatische Lagerungen eingesetzt. Mit diesen Spindellösungen ist eine Error-Motion von bis zu 20 nm realisierbar. Diese Lagerungen sind ebenfalls verschleißfrei, und es bedarf im Regelfall keiner Wartung oder dem Tausch mechanischer Komponenten.

### Zusammenspiel von Hard- und Software

An die Taktraten der Regelungen werden ebenfalls hohe Anforderungen gestellt. Die Anlagen von LT Ultra laufen je nach Anwendung mit einem Servo-Cycle von bis zu 14 kHz direkt über die Maschinen-

Auflösung und Genauigkeit der Positionierung nutzt jedoch wenig, wenn die entsprechende Wegplanung vom CAM-System nicht bereitgestellt werden kann. Konventionelle CAM-Systeme haben vor allem bei mehrachsigen Anwendungen wie der 5-Achs-Simultanbearbeitung oft Probleme mit der genauen Wegplanung (**Bild 3**). Der Stützpunkteabstand ist meistens zu groß, und die Genauigkeit der Kalkulation reicht oft nicht aus. Hierbei sind speziell für die UP- und Mikrobearbeitung angepasste Softwarelösungen erforderlich, die eine Wegplanung im nm-Bereich erlauben.

Bei konventionellen Drehprozessen wird auf das Wuchten meist kein Wert gelegt – eine Ausrichtung auf Rundlauf ist ausreichend. Beim UP-Drehen ist es jedoch erforderlich, dass das Werkstück so gut wie möglich ausgewuchtet ist. Typischerweise werden Beschleunigungssensoren an der Spindel montiert, und die Messwerte werden mithilfe eines Triggers der entsprechenden Winkelposition zugewiesen. Nach einer Messung wird dem Benutzer mitgeteilt, wo zusätzliche Massen anzubringen sind, beispielsweise in Form von Madenschrauben in einem Bohrbild an der Spannvorrichtung oder an einem Flansch. Dies erfordert jedoch zusätzliche Messtechnik und deren Integration in die Maschine. Je nach Achsanordnung ist zum Beispiel bei Drehmaschinen von LT Ultra alternativ auch ein Wuchten, basierend auf einer Auswertung der Achsregelung, möglich, wodurch zusätzliche Sensoriken und Messverstärker überflüssig sind.



**Bild 4. Ultrapräzisionsdrehmaschine »MTC-650«**



### Diamant als Schneidstoff

Bei der UP- und Mikrozerspanung von Buntmetallen oder NiP (Nickelphosphor) kommen hauptsächlich monokristalline Diamantwerkzeuge (MKDs) und bei der Mikrozerspanung auch VHM-Werkzeuge zum Einsatz. Die besten optischen Oberflächen

hinsichtlich Rauheit und Formtreue lassen sich mit MKDs erzielen. Diamant, als härtester konventioneller Werkstoff, lässt sich unter Berücksichtigung von Kristallebene und -richtung hervorragend schleifen und polieren. Somit lassen sich extrem kleine Schneidkantenradien von teilweise unter 50 nm herstellen. Bei beschichteten VHM-Werkzeugen, wie sie in der konventionellen Zerspanung eingesetzt werden, liegen im Gegensatz dazu teilweise Schneidkantenradien von mehreren Mikrometern vor, was das Erreichen optischer Oberflächen ( $S_a < 10 \text{ nm}$ ) praktisch verhindert.

Die hohe Standzeit von Diamantwerkzeugen ermöglicht ebenfalls eine Bearbeitung von großflächigen Werkstücken. Durch die Vielzahl von Kundenanfragen hat LT Ultra seine derzeit größte Drehmaschine, die bisher nur als Sondermaschine produziert wurde, ins Standardsortiment aufgenommen. Mit der »MTC 650« lassen sich Werkstücke mit Durchmessern von bis zu 800 mm (optional bis zu 1000 mm) und einem Gewicht bis zu 200 kg in UP-Genauigkeit bearbeiten (**Bild 4**). Ergänzt werden kann die Maschine durch eine Reihe von Optionen, um den Automatisierungsgrad zu erhöhen und Prozesse zu vereinfachen.

Zusätzlich zum UP-Drehen, -Fräsen und Mikrofräsen bietet LT Ultra auch UP-Maschinen zum Schleifen und Polieren an. Hierbei werden oft kunststoffgebundene Diamantschleifscheiben mit verschiedenen Körnungsgrößen eingesetzt. Vor allem bei

technischen Gläsern hat sich ein UP-Maschinen-aufbau auch beim Schleifen bewährt. Im Vergleich zu konventionellen Maschinen unter gleichen Prozessbedingungen konnten hierbei die SSD-Werte (Sub-Surface Damage, Tiefenschädigungen), bedingt durch den Schleifprozess, auf Anlagen von LT Ultra um ein Vielfaches reduziert werden. Dies verringert den Aufwand des späteren Polierens erheblich, was dem Produzenten Zeit spart. Zusätzlich wird auch das Risiko einer späteren Formabweichung im folgenden Polierschritt minimiert.

Die Maschinen und Anlagen von LT Ultra sind das Produkt einer stetigen Weiterentwicklung und basieren auf über 20 Jahren Erfahrung im Bereich der UP-Maschinen und der -Bearbeitung. Neben einem breiten Spektrum an Maschinen bietet LT Ultra auch eine Lohnfertigung von UP- beziehungsweise mikrobearbeiteten Teilen an. ■ MI110548

### AUTOREN

Dr. KURT HASKIC ist im Bereich F&E bei LT Ultra-Precision Technology tätig; kurt.haskic@lt-ultra.com

Dr. KAI SCHMIDT ist ebenfalls im Bereich F&E bei LT Ultra-Precision Technology in Herdwangen-Schönach tätig; kai.schmidt@lt-ultra.com