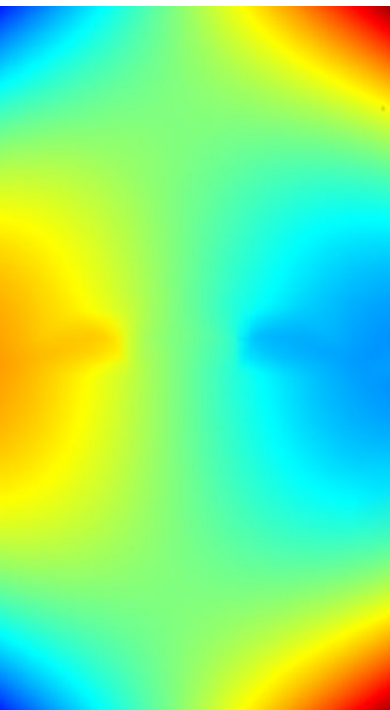




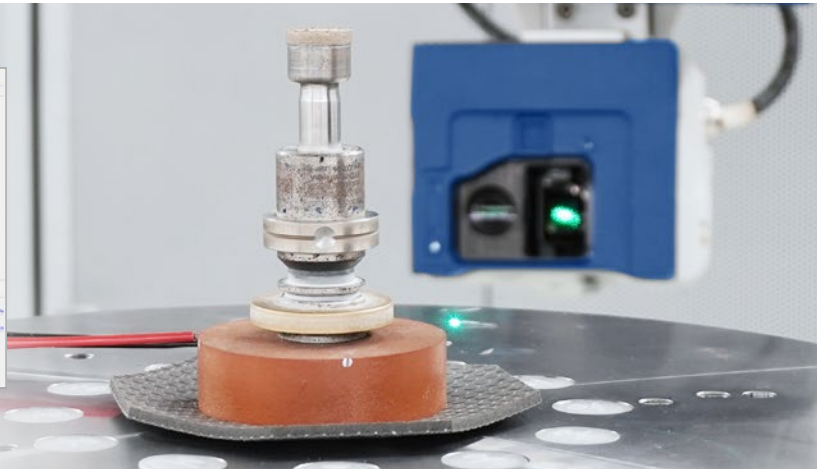
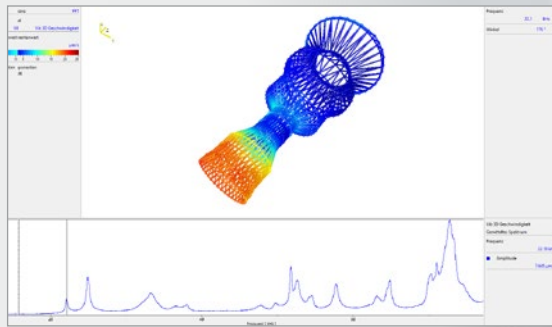
Optimierung von Schleifparametern

Kombinierte Schwingungs- und Topografiemessung

Applikationsnote

Optische Freiformflächen vereinfachen komplexe Linsensysteme und ermöglichen spezifische Funktionsweisen. Der Herstellprozess ist meist komplex, langwierig und teuer. In kleiner Lösgröße können sie effizient mittels CNC-Schleifen hergestellt werden. Durch Analyse der Maschinendynamik, der Vibrationen im Schleifprozess sowie der resultierenden Oberflächentextur können die Schleifprozessparameter optimiert werden. Hierzu soll zukünftig eine KI zum Einsatz kommen.

Messung der Resonanzfrequenzen und zugehörigen 3D-Schwingformen eines Schleifwerkzeugs bei breitbandiger Anregung im RoboVib Test Center von Polytec



Geschliffene optische Freiformflächen sind anspruchsvoll in Bezug auf Formtreue, vibrationsbedingte mittelfrequente Oberflächenfehler (müssen durch finale Politurschritte entfernbar sein) und Rauheit (einstellige nm).

Die Prozesskette von Grob- über Fein- bis Feinstschleifen unterliegt zahlreichen Einflussgrößen. Schlüsselrollen spielen hierbei das Werkzeug und dessen Ausrichtung zur Oberfläche sowie Prozessparameter wie Drehzahl, Vorschub, Zustelltiefe und, im Falle einer ultraschallunterstützten Bearbeitung, der Ultraschallfrequenz. Nur aus geeignetem Zusammenspiel resultiert eine funktionale und hochpräzise Oberfläche der Optik.

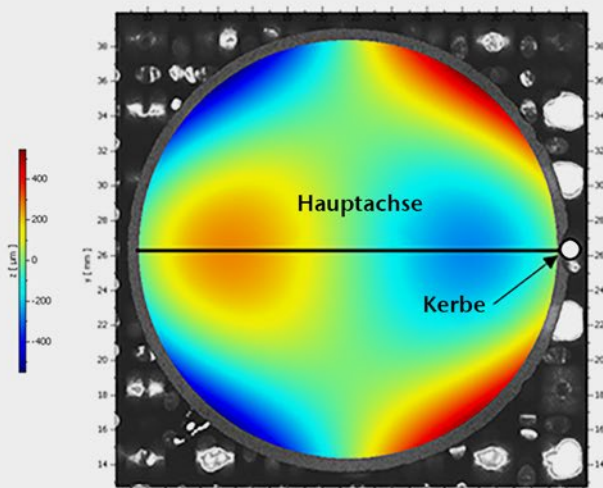
Die Optimierung dieses Schleifverfahrens ist Gegenstand aktueller Forschungen an der Ernst-Abbe-Hochschule (EAH) in Jena. Dies erfordert, die Einflussgrößen der Prozesskette zu identifizieren und zu quantifizieren – mittels optischer Messtechnik von Polytec zur berührungslosen Analyse des Schwingverhaltens und der Oberflächentextur.

Für ein tieferes Verständnis der Kinematik der Werkzeugmaschine sowie des Einflusses unterschiedlicher Prozessparameter auf die resultierende Oberfläche wurde 3D-Messtechnik zur Schwingungsuntersuchung und Topografiemessung:

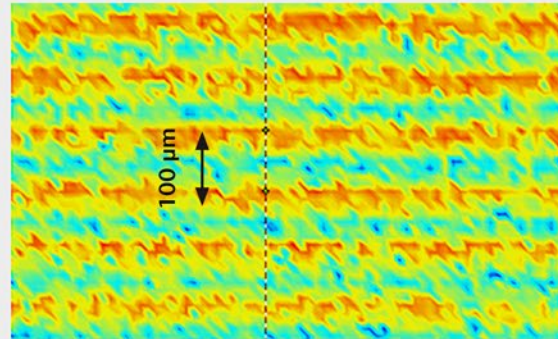
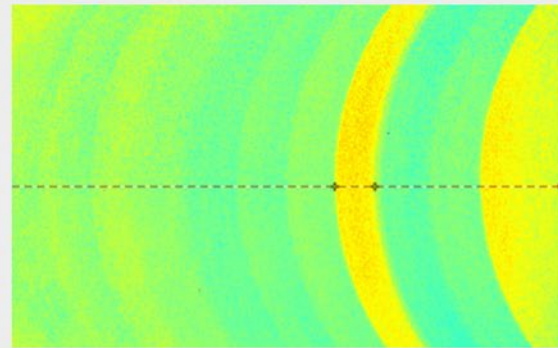
Messung der Maschinenbewegung sowie der Werkstückschwingung während des Schleifprozesses mit VibroFlex QTec.



- Breitbandige Messung der Maschinenschwingung und Darstellung der relevanten Schwingformen mittels 3D-Scanning Vibrometer PSV-500 QTec
- Punktuelle Schwingungsmessung am Werkstück während des Schleifprozesses mittels VibroFlex QTec
- Großflächige Messung von Formabweichung sowie mittel- und kurzfrequenter Oberflächendefekte mittels Weißlichtinterferometer TopMap Pro.Surf
- Lateral hochauflösende Messung der Oberflächentextur/Rauheit mittels optischem Profilometer TopMap Micro.View



Formtreue der Alvarez-Linse (optische Freiformoberfläche) geprüft mit großflächig messendem Profilometer Pro.Surf; Detektion von unerwünschten Stufen und mittelfrequenten Störungen mittels Mikroskopsystem Micro.View.



Über die Resonanzfrequenz- und Schwingformanalyse wurde die Maschinendynamik der 5-Achs-CNC-Maschine zur ultraschallunterstützten Schleifbearbeitung untersucht – sowohl bei Maschinenstillstand als auch unter Anregung der Maschinenkomponenten mithilfe eines Modalhammers. Dies identifizierte diejenigen Werkzeugdrehzahlen und Ultraschallfrequenzen, die zu einer Anregung der maschineneigenen Resonanzfrequenzen und somit zu unerwünschten Vibrationen während des Herstellungsprozesses führten.

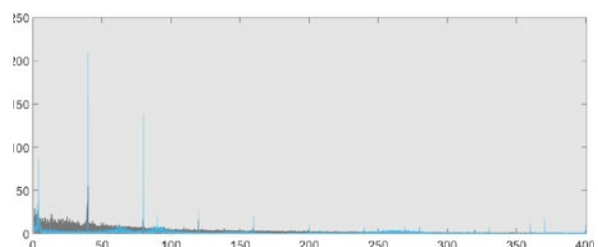
Weitere Untersuchungen während der Werkstückbearbeitung zeigten Effekte auf, die im Maschinenstillstand unerkannt blieben. So führte die in der CNC-Maschine eingebaute Temperaturkompensation im zeitlichen Abstand von einer Sekunde dazu, dass sich Stufen in der Größenordnung von 1 μm auf der Oberfläche ausbildeten. Die Breite der Stufen war aufgrund der automatischen Zu- und Abschaltung der Temperaturkompensation mit der Vorschubgeschwindigkeit des Werkzeugs gekoppelt. Zur Qualitätssteigerung wurde daher die Temperaturkompensation der CNC-Maschine deaktiviert.

Die aktive Werkstückbearbeitung erforderte eine permanente Kühlung von Werkstück und Werkzeug durch Einsatz eines Kühlschmierstoffs. Mittels Strahlumlenkung konnte das Laservibrometer die Werkstückunterseite messen, um die Maschinenschwingung während der Werkstückbearbeitung samt Auswirkungen auf

die Oberflächenrauheit zu untersuchen. Die Oberflächenstruktur ließ auf einen direkten Zusammenhang zwischen dem Abstand bzw. der Ortsfrequenz von Bearbeitungsspuren auf der resultierenden Bauteiloberfläche und den Schleifprozessparametern Drehzahl und Vorschub schließen. Die Zusammenführung der Oberflächenmessung und der Schwingungsmessdaten nach Frequenz zeigte eine hohe Übereinstimmung der Maschinendynamik und resultierenden Oberflächenstrukturen.

Durch die Kombination der optischen Schwingungsmessung und der optischen Oberflächenmessung konnte das Verständnis für die Einflussgrößen der Schleifprozessparameter auf die Qualität der resultierenden Oberfläche hergestellt werden. Zukünftige Untersuchungen zielen darauf ab, anhand der schwingungstechnischen Überwachung des Herstellprozesses die Qualität des Erzeugnisses prognostizieren zu können.

Amplitude [nm]



— = Topografie
— = Vibrometrie

Frequenz [Hz]

Überlagerungen von Topografie- und Schwingungsmessdaten zeigen die Maschinenschwingungen als Ursprung auf.



Zukunft seit 1967

Hightech für Forschung und Industrie.
Vorreiter. Innovatoren. Perfektionisten.

Den Ansprechpartner für Ihre
Region finden Sie unter:
www.polytec.com/contact

Polytec GmbH

Polytec-Platz 1-7 · 76337 Waldbronn
Tel. +49 7243 604-0 · info@polytec.de