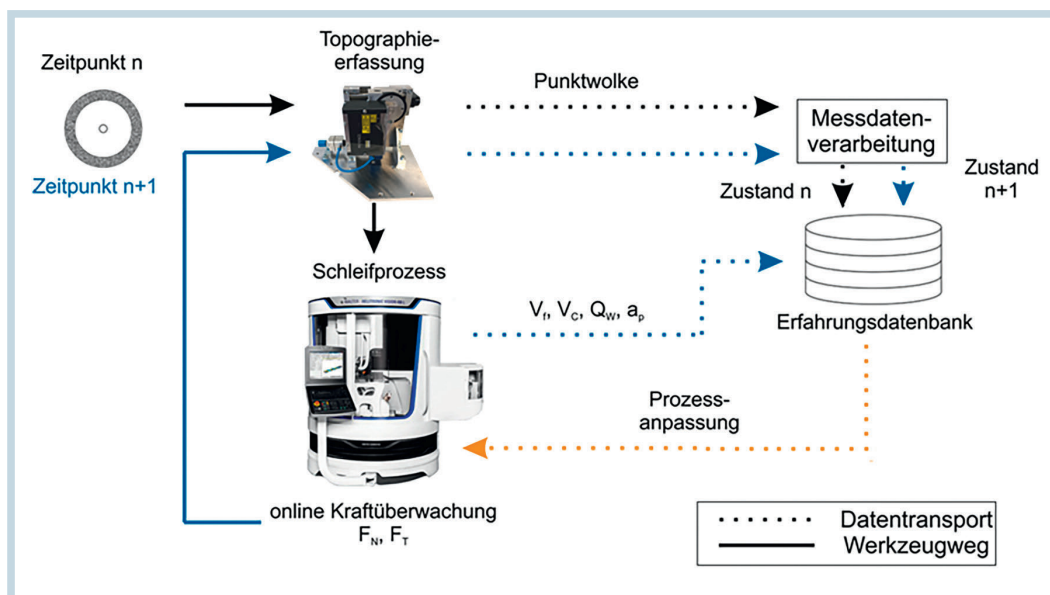


Werkzeugschleifen ■ Verschleißdetektion ■ Prozessoptimierung

Was vom Belag bleibt

Mit einer Messeinrichtung ist es jetzt möglich, den Scheibenverschleiß beim Werkzeugschleifen prozessnah und kennwertgestützt zu bewerten. Basierend auf den Oberflächenkennwerten erfolgt zudem eine gezielte Anpassung der Prozesse zur Effizienzsteigerung.

von Berend Denkena, Maikel Strug und Bernd Breidenstein



1 Mess- und Bearbeitungsvorgänge im Gesamtkontext des Forschungsprojekts (© IFW)

In der Einzel- und Kleinserienfertigung von Fräs- und Bohrwerkzeugen kommt es aufgrund der hohen Auftragsvarianz zu erheblichen Nebenzeiten. Hierbei sind die Einrichtprozesse in hohem Maße von der Erfahrung des Maschinenbedieners abhängig und stellen immer einen Kompromiss zwischen der Schleifscheiben-Performance sowie den Schärf- und Abrichtintervallen dar. Darüber hinaus erfolgen sämtliche Prozessanpassungen auf Basis der subjektiven Einschätzung des jeweiligen Maschinenbedieners.

Eine objektive, auf 3D-Topografie-kennwerten der Schleifscheibe gestützte Herangehensweise beim Einrichten von

Schleifprozessen gibt es aktuell nicht. Des Weiteren findet keine prozessnahe, messtechnische Bewertung der Schleifscheibenoberfläche vor den einzelnen Prozessen statt, um die optimalen Prozessstellgrößen wählen zu können.

Es fehlt eine messtechnische Bewertung der Werkzeugoberfläche

Zur Lösung dieses Problems wird aktuell am IFW gemeinsam mit der Firma Walter Maschinenbau GmbH ein neues Messsystem entwickelt und in eine Werkzeugschleifmaschine integriert (Bild 1). Mithilfe des zu entwickelnden Messsystems sollen automatisch sowohl optimale Abrichtintervalle identi-

fiziert als auch Prozessparameter angepasst werden, um eine dauerhafte Sicherstellung der geschliffenen Werkzeugqualität zu realisieren.

In Bild 1 ist dieser Zusammenhang in Form eines neuen Prozessbildes dargestellt. Es erfolgt neben dem Schleifprozess eine Topografie-messung, woraufhin die aufgenommenen Daten der Schleifscheibe verarbeitet und geprüft werden. Danach ist eine Prozessanpassung vorge-

sehen, wenn eine solche notwendig ist.

Unter einer Prozessanpassung kann sowohl die Änderung der Prozessstellgrößen des Schleifprozesses als auch die Durchführung eines Schärf- beziehungsweise Abrichtzyklus verstanden werden. Für den damit verbundenen Aufbau einer Wissensdatenbank kommen zylindrische 1A1-Diamantschleifscheiben mit verschiedenen Bindungen zum Einsatz (Kunstharz, keramisch, metallisch und hybrid).

Die Datenbank dient dann in Zukunft zur Speicherung von Verschleißdaten unterschiedlicher Schleifscheiben. Diese Verschleißdaten umfassen die 3D-Kennwertentwicklungen für be-

reits getestete Schleifscheiben. Somit können Grenzwerte für Topografie-kennwerte abgerufen werden, die zur Initiierung einer Prozessanpassung führen. Die Analogieuntersuchungen erfolgen beim Schleifen von Hartmetall (Sorte CK10, Kobaltgehalt 10 Prozent).

Das Kernstück der Messeinrichtung ist ein Lasertriangulationssensor mit dessen Hilfe man die Oberfläche der Schleifscheibe prozessnah im Mikrometerbereich erfasst. Die Auflösung wird für jeden Fall individuell angepasst, sodass nicht mehr Daten als nötig generiert und verarbeitet werden müssen. Dabei liegen die unteren Grenzen der Auflösung für den Punktabstand in Breitenrichtung bei 2,5 µm, für die Tiefenrichtung bei 0,2 µm und für die Längsrichtung bei 0,5 µm.

Überdruck im Gehäuse schützt die Komponenten

Der Sensor in der Messeinrichtung ist linear und rotatorisch beweglich (Bild 2). Ermöglicht wird das über eine Linearachse und eine darauf befestigte Schwenkachse – beide von Schrittmotoren angetrieben. Diese Beweglichkeit ist notwendig, um eine Anpassung an verschiedene Schleifscheiben zu gewährleisten. Unterschiedliche Schleifscheibendurchmesser (60 bis 130 mm) können so ebenfalls abgedeckt werden.

Eine lineare Bewegung unterstützt die Realisierung des nötigen Messabstands je nach Schleifscheibendurchmesser; die rotatorische Bewegung ermöglicht unterschiedliche Anstellwinkel zur Werkzeugoberfläche. Unterschiedliche Winkel werden bei zu großen Reflexionseinflüssen der Oberflächen für eine Mehrfachmessung genutzt. Dabei nimmt man die Oberfläche in einem Winkel von +15° und -15° auf, und über eine Korrelation der Oberflächen werden die entsprechenden Fehlerpunkte entfernt. Ein Überdruck im Gehäuse des Sensors schützt

die optischen Komponenten vor äußeren Einflüssen wie Ölnebel. Die Regelung der Luftzufuhr erfolgt separat über ein Steuerrelais. Zudem erfolgt eine Reinigung der Druckluft von Ölen und Mikropartikeln, bevor sie verwendet wird. Die nötigen Steuerelemente dafür befinden sich auf einer separaten Steuerplattform, die modular an der Maschine nachgerüstet werden kann.

Die dann im Weiteren aus den Messdaten errechneten 3D-Topographie-kennwerte dienen zur objektiven Bewertung des Schleifwerkzeugverschleißes. Der Vergleich zweier Schleif- »

Neu und noch besser: 5-Achs-Bearbeitungszentrum



MULTIMILL 1000 in modernem Design!

Die Highlights:

- Ergo Control höhenverstellbares Bedienpult
- Neues Schiebetür-Konzept für großzügigen Maschinenzugang für Beladung und Begehung
- Optimierte Rotationsantriebe in Hinsicht Leistung und Dynamik
- Präzise Werkstückvermessung
- Dynamische Werkzeugvermessung
- Große Auswahl an High-End-Werkzeugmaschinenkomponenten

Weitere Optionen:

- Nullpunktspannsystem
- Automatisches Palettenwechselsystem
- Dreh-Fräs-Funktionalität
- Klare Sicht bei allen Produktionsprozessen
- Absaugung Öl- und Emulsionsnebel
- Adaptive Arbeitsraumbeleuchtung



Made in Germany

EDEL
Werkzeugmaschinen

EDEL Maschinenbau Entwicklung und Vertriebs GmbH
Carl-Zeiss Str. 7 • D-72124 Pflanzhausen
Telefon: +49 7127 929499-0 • Telefax: +49 7127 929499-9
E-mail: info@edelgmbh.de • Internet: www.edelgmbh.de

INFORMATION & SERVICE

INSTITUT

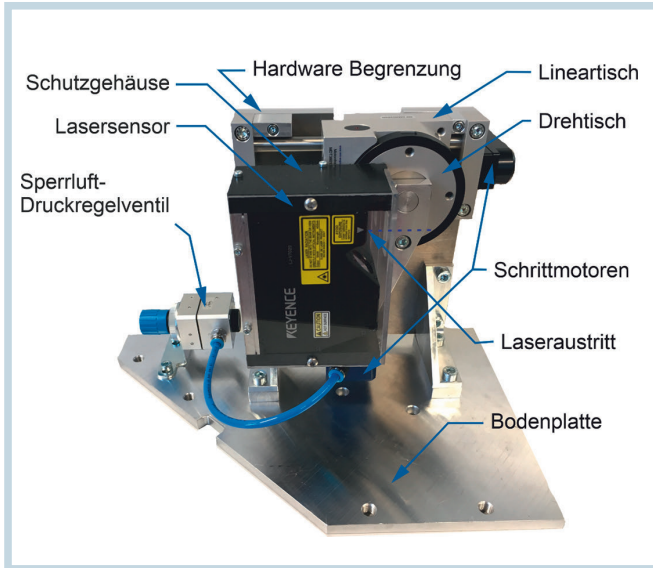
IFW – Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Leibniz Universität Hannover
30823 Garbsen, Tel. +49 511 762-2533
www.ifw.uni-hannover.de

DIE AUTOREN

Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena ist Leiter des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) der Leibniz Universität Hannover
denkena@ifw.uni-hannover.de

M.Sc. Maikel Strug ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am IFW
strug@ifw.uni-hannover.de

apl. Prof. Dr. rer. nat. habil. Bernd Breidenstein ist Leiter der Analytik an diesem Institut
breidenstein@ifw.uni-hannover.de



2 Die Sensorpositioniereinheit des Versuchsaufbaus (© IFW)

scheibenzustände lässt somit eine Aussage darüber zu, ob die Schleifscheibe weiterverwendet werden kann oder ob eine Anpassung des Prozesses durch den Maschinenbediener erforderlich ist. Zusätzlich liefern die Kennwerte eine Entscheidungsgrundlage für die Art des notwendigen Eingreifens. Anschließend kann durch die Gewichtung aller Kennwerte in einem Gesamtmodell eine Verfahrensempfehlung für den Maschinenbediener ausgegeben werden.

Für bekannte Schleifscheiben ist zudem eine erfahrungsbasierte Einordnung des aktuellen Verschleißstatus möglich. Das bedeutet, dass anhand der gemessenen Topografie und einer Wissensdatenbank der Werkzeugzustand erkannt und eine Anpassung von Prozess- beziehungsweise Abrichtparametern realisiert wird.

Integration und Ablauf in der Werkzeugschleifmaschine

Als besonders anspruchsvoll erweist sich die Integration der Messeinrichtung in eine Werkzeugschleifmaschine. Der erste Prototyp des Messsystems wird in der Walter Helitronic 400L erprobt. Besonders der geringe Bauraum sowie die Verschmutzungsgefahr durch Kühlschmierstoff (KSS) heißen hier die Herausforderungen.

Die Integration der Messeinrichtung erfolgt im Werkzeugwechsler der Maschine (Bild 3). Das hat gegenüber der Integration in den Maschinenraum entscheidende Vorteile. So wäre die Abgrenzung gegen den ständig vorhandenen Ölnebel und die Späne im Maschinenraum sehr aufwendig. Zudem ist der Schutz bei unvorhersehbaren Betriebszuständen wie einem Werkzeugdefekt

können. Nach Entfernung der fest verbauten Ablageeinheit im Wechsler überwiegen die Vorteile dieser Position.

Die Handhabung ist durch die Höhe und das Gewicht der Messeinrichtung im Vergleich zu den anderen Einbauten am bedienerfreundlichsten. Darüber hinaus bietet diese Position einen zusätzlichen Schutz der Messeinrichtung, weil diese im Standby aus dem Bearbeitungsraum entfernt werden kann. Zudem ermöglicht die Position eine zentrale Kabelführung und eine kurze Rüstzeit.

Bei einer Verschleißmessung wird die Messeinrichtung mit dem Werkzeugwechsler in den Arbeitsraum gedreht. Danach fährt die Maschinenspindel, wie bei einem Werkzeugwechsellvorgang, den Wechsler an und wird so an den Sensor herangeführt, bis dieser den Messabstand von 30 mm erreicht hat. Zusätzlich wird für die Standardmessung eine senkrechte Anstellung zur Schleifscheibenoberfläche über die Schwenkachse eingestellt.

Während der Messung rotiert die Spindel, und der Sensor nimmt innerhalb weni-

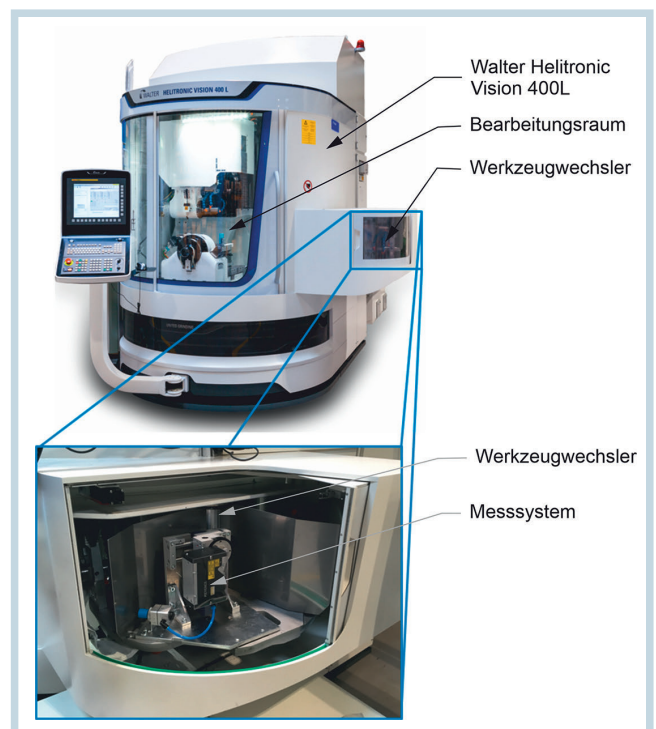
ger Sekunden die Scheibenoberfläche sehr gering. Bei dem Werkzeugwechsler der Maschine handelt es sich um einen Vierfach-Wechsler, in dem die Schleifscheiben in ihrer Aufnahme sowie ein darüber gelegener KSS-Block mit Kühlleitungen zwischengelagert werden

im Arbeitsraum sehr gering. Bei dem Werkzeugwechsler der Maschine handelt es sich um einen Vierfach-Wechsler, in dem die Schleifscheiben in ihrer Aufnahme sowie ein darüber gelegener KSS-Block mit Kühlleitungen zwischengelagert werden

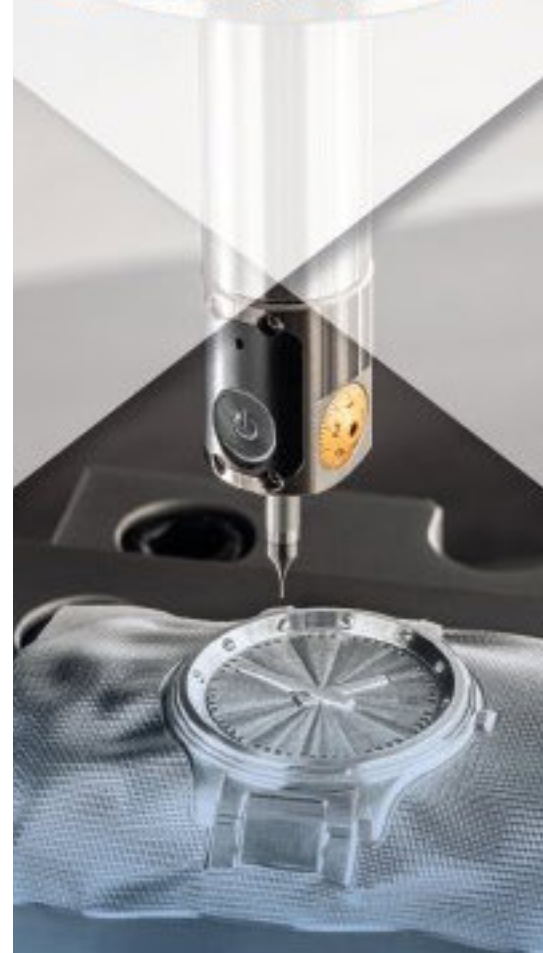
ger Sekunden die Scheibenoberfläche auf. Beispielfhaft dauert die Messung einer Schleifscheibe mit 100 mm Durchmesser und einer Breite von 10 mm auf ihrem vollem Umfang 21 s. Die Messleistung beträgt dabei aktuell $100 \text{ mm}^2/\text{s}$. Nach dem Messen erfolgt die Auswertung der Scheibentopografie. Die Anbindung der einzelnen Steuerungen (Sensor, Motoren, Druckluft) geschieht mit einem CAN-Bus-System. Zur Koordination der Achsbewegungen und der Messung mit dem integrierten Sensor wird eine C-Sharp-basierte Steueroberfläche verwendet. Auch sie verarbeitet die Messergebnisse und gibt sie auf einer Benutzeroberfläche aus.

Zunehmender Kornverschleiß ab 3000 mm^3 zerspantem Volumen

Die Messergebnisse, die bei einer exemplarischen Messung erfasst wurden, sind in Form von Topografien in Bild 4 dargestellt. Hierbei wird ein Ausschnitt einer Schleifscheibe mit keramischer Bindung und einer mittleren Korngröße von $126 \mu\text{m}$ (Diamant) betrachtet. Dieselbe Oberfläche wird nach dem Einsatz der Schleifscheibe in der Maschine erfasst, sodass ein direkter Vergleich möglich ist. In Bild 4 wird dies durch eine charakteristische Kornanordnung verdeutlicht, die auf den ersten beiden Messungen markiert ist.



3 Die Messeinrichtung, integriert in eine Werkzeugschleifmaschine Walter Helitronic der Walter Maschinenbau GmbH (© IFW)



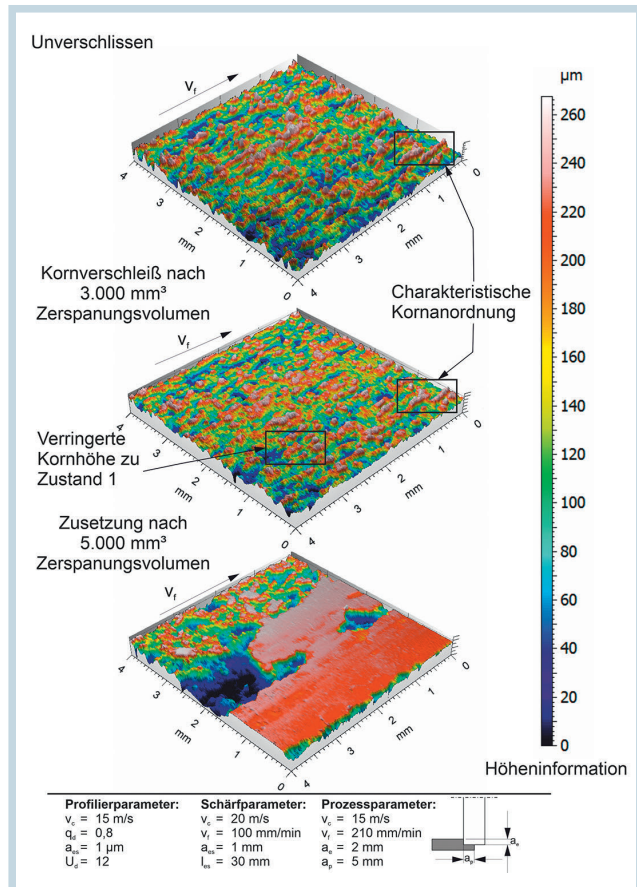
BIG KAISER

16-21 | 09 | 2019
EMO Halle 3
 Hannover Stand B14



www.bigkaiser.com

A Member of the BIG DAISHOWA Group



4 Verschleiß einer keramischen Schleifscheibe. Korngröße: $126 \mu\text{m}$ (© IFW)

Grundsätzlich kann über die Messung die Ausgabe von Oberflächenkennwerten erfolgen, zum Beispiel nach DIN ISO 25178. Diese dienen dann, wie beschrieben, zur Ausgabe von Verfahrensempfehlungen. Zur Verdeutlichung der Messergebnisse wurde für die Testmessung kein Eingriff in den Prozess zugelassen. Nach einem zerspannten Volumen von $V_s = 3000 \text{ mm}^3$ ist daher bereits ein zunehmender Verschleiß der Körner zu beobachten.

Eine effiziente Topografie Vermessung an Schleifscheiben ist möglich

Der Kornüberstand hat abgenommen, jedoch ist auch ein Beginn von Zusetzungen innerhalb der Täler zu erkennen. Das zeigt sich in den stärker ausgefüllten Tälern. Bei der weiteren Erhöhung von V_s bildet sich auf der Schleifscheibenoberfläche eine Zusetzung. Darüber hinaus tritt im nächsten Schritt ein Schleifbrand am Werkstück auf. Dieser Vorgang kommt durch die immer stärker abgeflachten Körner zustande, die zu erhöhten Reibkräften und Temperaturen führen, die ihrerseits schließlich in größere Zusetzungen des Schleifbelags münden (Bild 4).

Sowohl der Übergang vom ersten zum zweiten als auch der Übergang

vom zweiten zum dritten Zustand ist durch die Betrachtung der Oberflächenkennwerte der Schleifscheibe erkennbar. In dem hier angeführten Beispiel wird klar ersichtlich, dass eine Veränderung der Schleifscheibenoberfläche detektiert werden kann. Eine solche Veränderung lässt sich weitergehend durch Kennwerte erfassen. Hierzu ist jedoch eine gewisse Intelligenz notwendig, die durch eine hohe Anzahl an Prozessen erreicht und in der Datenbank hinterlegt wird.

Das hier entwickelte und dargestellte Messsystem ermöglicht also prozessnahe und effiziente Topografie Vermessungen an Schleifscheiben. Darauf aufbauend ist eine objektive datengestützte Anpassung der Prozesse möglich und wird mit einem Modell zur Gewichtung der Kennwertveränderungen über die Prozessdauer bereits verfolgt. Darüber hinaus kann durch die Integration der Messeinrichtung in die Werkzeugmaschine und den Bearbeitungsablauf eine weitergehende Automatisierung des Gesamtprozesses verfolgt werden.

Um den Gesamtprozess umzusetzen, werden zukünftig im Rahmen dieses Forschungsprojektes der Prozessablauf optimiert sowie die Ressourcenschonung nachgewiesen. Außerdem erfolgt gleichzeitig eine Standzeitoptimierung der Schleifwerkzeuge.

Die Autoren dieses Fachartikels danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die finanzielle Förderung des Transferprojektes ›Kennwertgestützte Topografiebewertung und gezielte Anpassung von Schleifprozessen durch selbstlernende Modelle‹ (SFB 653 T12). Der Dank der Autoren gilt des Weiteren der Walter Maschinenbau GmbH für die Kooperation in diesem Projekt. ■