



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology



**Institut für Fertigungstechnik und
Photonische Technologien**
Getreidemarkt 9/BA/OG 8
A-1060 Wien
<http://www.ift.at>

Herrn
Univ.Prof. Dr. Dennis Kochmann
Delegate of Doctoral Affairs

Doctoral Administration
ETH Zürich, LEE K 208
Leonhardstrasse 21
CH-8092 Zürich

**Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn.
Friedrich Bleicher**
Institutsvorstand
T +43 1 58801 31101
F +43 1 58801 931101
M +43 664 60 588 3110
E bleicher@ift.at

Ihr Zeichen / Ihre Nachricht vom
- / 06.03.2019

unser Zeichen

unser Bearbeiter / Nebenstelle
Bleicher / 31100

Datum
25.05.2019

Gutachten zur Dissertation

„Grundlagen der Schlichtbearbeitung mit Wiper-Geometrien“

vorgelegt von Dipl.-Ing. Nikolas Felix Schaal

Zielstellung

In den heute eingesetzten industriellen Fertigungsprozessen nimmt die spanende Bearbeitung unverändert eine bedeutende Rolle ein. Die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit produzierender Unternehmen erfordert die Optimierung des Zusammenwirkens von Werkzeug, Werkstückwerkstoff und Fertigungsprozess. Zerspanungsvorgänge sollen hohe Zeitspanvolumina erreichen lassen - unter Berücksichtigung der Anforderungen aus engen Toleranzen. Neben der Präzision stellt stets die Effizienzsteigerung einen Innovationstreiber in der Entwicklung von Zerspanprozessen dar. Aus diesem Umfeld leitet Herr Schaal die Zielsetzung der vorliegenden Dissertationsschrift ab. Er widmet sich der Fragestellung, die Produktivität in der Feinbearbeitung durch die Erhöhung der Vorschübe zu steigern und konzentriert sich dabei auf den Einsatz von Werkzeugen mit Breitschlichtschneiden, also einer Schneide mit vergrößertem Eckenradius, auch als Wiper-Geometrie bezeichnet. Die Zerspanung mit Breitschlichtschneiden ist per se keine neue Technologie, diese konnte sich allerdings bisher in der Praxis nicht durchsetzen. Herr Dipl.-Ing. Schaal diskutiert zunächst den Stand der Technik anhand von nationalen und internationalen Quellen und er würdigt die für seine Forschung relevanten Veröffentlichungen. Ein wesentlicher Effekt bei der Anwendung von Breitschlichtschneiden resultiert aus höheren resultierenden Zerspankräften (vor allem Passivkräften) und damit verbundenen dynamischen Effekten. Die Mikro- und Makrogeometrie

der Schneide übt wesentlichen Einfluss auf dieses Verhalten aus. Herr Schaal nutzt die Besonderheiten beim Schlichten mit unterschiedlichen Wiper-Geometrien, um mit höherem Vorschub eine verbesserte Rauheit am Bauteil zu erzeugen. Er untersucht dabei den Effekt des elastisch-plastischen Materialverhaltens unter der Schneidkante. Bedingt durch den Schneidkantenradius fließt ein kleiner Anteil des Werkstoffvolumens aus dem Spanungsquerschnitt, definiert durch den Separations- bzw. Stagnationspunkt, unter die Schneide und erfährt eine elastisch-plastisch Deformation. Dieser Effekt verursacht eine erhöhte Rauheit auf der Werkstückoberfläche sowie gesteigerte Schnittkräfte und Verschleiß am Werkzeug. Insbesondere der elastische Anteil, die Rückfederung, wird durch experimentelle Untersuchungen quantifiziert und in Abhängigkeit von Bearbeitungsparametern, Schneidkantenradius und Werkstoffdaten untersucht. Die gewonnenen Erkenntnisse verwendet Herr Schaal zur Entwicklung eines geometrischen Rauheitsmodells. Fortfolgend leitet Herr Schaal in ähnlicher Vorgehensweise ein Schnittkraftmodell basierend auf Merchant ab und erweitert dieses durch die Effekte der Schneidkantenverrundung. Die Bestimmung der Scherspannung erfolgt zunächst für eine ideal scharfe Schneide. Herr Schaal extrapoliert diese Ergebnisse auf unterschiedliche Schneidkantenradien. Mit dem Kräfteverhältnis schätzt Herr Dipl.-Ing. Schaal dann die Mindestspanungsdicke ab. Er untergliedert seine Arbeit in folgende inhaltliche Schwerpunkte:

Wissenschaftlicher Inhalt

In Kapitel 1 führt Herr Dipl.-Ing. Schaal in das Thema der Feinbearbeitung, deren Charakteristika und Anwendung ein. Er skizziert die Bedeutung der optimierten Auslegung von Bearbeitungsprozessen als Wettbewerbsfaktor. Daran lässt Herr Schaal in Kapitel 2 einen inhaltlich ausführlichen und sorgfältig recherchierten Überblick über den Stand der Technik und der Forschung zur Zerspanung mit Standard- und Wiper-Geometrien anschließen, wobei insbesondere auch die Einflussgrößen auf die Feinbearbeitung thematisiert werden. Der Kandidat zeigt dabei auf, dass speziell die Mikrogeometrie der Werkzeuge für einen Rückfedereffekt des Werkstückmaterials unter der Schneidkante verantwortlich ist. Die Gestaltung der Schneidkante übt demgemäß einen entscheidenden Einfluss auf die Bearbeitungsqualität aus und steht in Wechselwirkung mit dem Werkzeugverschleiß. Der Einfluss der Mindestspanungsdicke wird von Herrn Schaal diskutiert und es werden bisherige Ansätze zur modelhaften Betrachtung der Prozess-Werkstoff-Wechselwirkungen und der Rückfederung zusammengefasst. Dabei geht Herr Schaal allgemein auf die Zerspanungsmechanismen ein und stellt Erkenntnisse zur mechanischen Belastung des Schneidkeils dar. Diese grundlegenden Betrachtungen werden nachfolgend in Kapitel 3 von Herrn Dipl.-Ing. Schaal auf die Zielsetzung und den Forschungsbedarf übertragen. Hierbei fasst Herr Schaal die Zielsetzungen der Arbeit zunächst zusammen und führt auf die Schwerpunkte seiner wissenschaftlichen Tätigkeit über, dem in Kapitel 4 die Grundlagen zu Breitschlicht-Geometrien beim Drehen und Ausdrehen folgen. In Kapitel 5 beschreibt Herr Dipl.-Ing. Schaal die experimentelle Analyse und untersucht das elastisch-plastische Materialverhalten an der Schneidkante beim Zerspanen mit verrundeten Schneidkanten. Der Kandidat widmet sich dabei der messtechnischen Bestimmung der Werkstoffrückfederung und entwickelt eine geeignete Versuchseinrichtung zur experimentellen Untersuchung dieser Effekte. Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen zeigen auf, dass zunächst ein Abfall der Rückfederung im Bereich von Schnittgeschwindigkeiten von $v_c = 50$ m/min eintritt; die Rückfederung kann sogar

negativ werden. Dies kann Herr Schaal durch Effekte der Aufbauschneidenbildung erklären. Aufbauschneiden führen jedoch zu erhöhtem Werkzeugverschleiß und zu gesteigerter Rauheit. Der Kandidat kann unter Einsatz von Hartmetall-Wendeschneidplatten zeigen, dass die resultierende Oberflächengüte für zwei Aluminiumlegierungen, eine Titanlegierung sowie zwei Stahllegierungen nicht vom Spanwinkel und der Beschichtung beeinflusst wird. Ein bedeutendes Unterkapitel widmet er auch dem Einfluss des Zerspanungsvorgangs auf die resultierende Oberflächenqualität und bestimmt die kritische Spannungsdicke in Versuchen mit und ohne Spanabhub. In Kapitel 6 entwickelt Herr Schaal ein empirisches Zerspankraftmodell. Zusammen mit den Schnittparametern und dem Werkstückwerkstoff können auf Basis der entwickelten modellbasierten Beschreibung die Rauheit und die Kräfte vorhergesagt werden. Das entwickelte Kraftmodell stützt sich auf Überlegungen von Merchant zum Einfluss des Schneidkantenradius. Herr Schaal bestimmt damit die Mindestspannungsdicke. Er korreliert die gewonnenen Daten und Erkenntnisse mit den Materialkennwerten und der gemessenen Rückfederung. Konsequenter Weise wendet sich Herr Schaal dann der Frage zu, wie eine Vorschubsteigerung bei Einhaltung der Rauheitsgrenzwerte erreicht werden kann. In Kapitel 7 entwickelt Herr Schaal dazu ein Rauheitsmodell für Wiper-Geometrien, in welchem die Spanzipfelbildung, ein Oberflächeneffekt durch Materialverdrängung bei der Feinbohr- bzw. Feindrehbearbeitung, berücksichtigt wird. Zur Entwicklung dieses Modells greift Herr Schaal auf seine Erkenntnisse aus den experimentellen Untersuchungen in Kapitel 5 zurück. Er kann zeigen, dass die Rautiefe signifikant vom Eckenradius, dem Vorschub, der resultierenden Rückfederung und dem Wiper-Winkel beeinflusst wird. Durch eine Anpassung der genannten Faktoren kann er zeigen, dass eine Reduktion der Rauheit bei gesteigerten Vorschubwerten erreicht werden kann. Die Zusammenfassung in Kapitel 8 mit Ausblick auf weiterführende Entwicklungsansätze und ergänzende experimentelle Arbeiten schließt die Arbeit und rundet die Gesamtbetrachtung ab.

Herrn Schaal gelingt es damit, die Wirkmechanismen zwischen resultierender Oberflächengüte und der Mikro- und Makro-Geometrie für den Einsatz von Breitschlichtschneiden zu analysieren. Er zeigt, dass durch den Einsatz von Breitschlichtschneiden eine Steigerung der Vorschubwerte in der Feinbohr- bzw. Dreh-Bearbeitung unter Einhaltung der Oberflächengüte erreicht werden kann. Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Methodik zur kombinierten Prozess-, Zerspanungsvorgang und Qualitätsanalyse eröffnet neue Möglichkeiten in der Entwicklung von Werkzeugen für die Feinbearbeitung. Es ist Herrn Schaal gelungen, ein hochkomplexes fertigungstechnisches Problemfeld systematisch in Einzelfragen zu zerlegen und die auftretenden Teilfragen mit angemessenen Experimenten und Modellierung zu lösen. Dies erlaubt es zukünftig, Feinbearbeitungsprozesse erkenntnisorientiert auszulegen. Die von Herrn Dipl.-Ing. Schaal vorgelegte Arbeit liefert einen wertvollen Beitrag zu einer bedeutenden Steigerung der Effizienz in der Feinbearbeitung und zeigt einen hohen Grad an Originalität. Sie entspricht den Anforderungen, die an eine Dissertationsschrift zu stellen sind.

Form und Ausdruck, Gesamteindruck

Herr Dipl.-Ing. Schaal hat mit der vorgelegten Arbeit gezeigt, dass er es versteht, selbständig wissenschaftlich und mit systematischer Vorgehensweise zu arbeiten. Die Dissertation überzeugt durch einen strukturierten Aufbau und durch eine sorgfältige Darlegung der für die Entwicklung der Arbeit relevanten Methoden. Die Ergebnisse sind in klarer textlicher

Beschreibung und auf Basis von anschaulichen Abbildungen dargelegt. Die Arbeit besticht durch eine flüssige Formulierung in den fachlichen Ausführungen, womit eine leichte Lesbarkeit verbunden ist. Der gewählte inhaltliche Aufbau mit kurzen Zusammenfassungen zum Abschluss einzelner Kapitel erweist sich für den Leser als eine angenehme Möglichkeit zur Reflexion von Inhalten. Den Anforderungen an eine Dissertation in Form und Ausdruck wird die vorgelegte Arbeit gerecht. Es wird aber empfohlen, vor einer Veröffentlichung der Dissertationsschrift noch erforderliche Korrekturen in den textlichen Formulierungen vorzunehmen.

Herr Dipl.-Ing. Schaal hat mit seiner Dissertation einen wissenschaftlichen Beitrag geleistet, welcher sich speziell durch die Grundlagenbetrachtung der Wechselwirkung zwischen Feinbearbeitungsprozess und Schneidkantengeometrie darstellt.

Bewertung

Zusammenfassend empfehle ich daher dem Departement für Maschinenbau und Verfahrenstechnik der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich die Annahme der vorgelegten Arbeit und die Fortführung des Promotionsverfahrens. Herr Dipl.-Ing. Schaals ist aus Sicht des Unterzeichneten unter der Auflage zu textlichen Anpassungen in seiner Arbeit zur Weiterführung seines Dissertationsverfahrens zuzulassen.

Wien, den 25.05.2019



Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. habil. Friedrich Bleicher
Institut für Fertigungstechnik und Photonische Technologien
Technische Universität Wien