

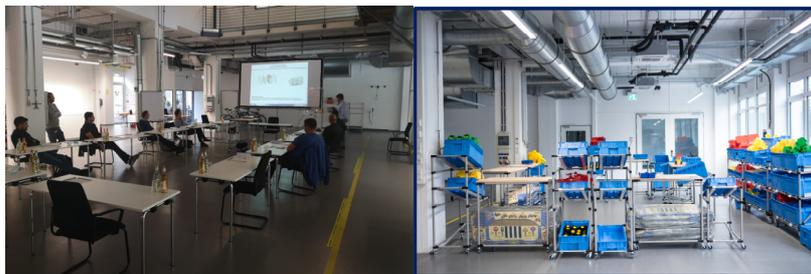


FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG



Lehrstuhl für Ressourcen- und
Energieeffiziente Produktionsmaschinen

Jahresbericht 2020



FRIEDRICH-ALEXANDER-UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
Department Maschinenbau
Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen

Inhalt

1	Vorwort	2
2	Lehre	3
2.1	Lehrveranstaltungen im Wintersemester 2019/20	3
2.2	Lehrveranstaltungen im Sommersemester 2020	3
2.3	Abgeschlossene wissenschaftliche Arbeiten	5
3	Forschungsprojekte	9
4	Veröffentlichungen	17
5	Mitarbeiter.....	18

1 Vorwort

Das Jahr 2020 ist sicherlich für alle Menschen privat wie beruflich sehr herausfordernd gewesen, was zu Jahresbeginn noch niemand ahnen konnte. Gerade deswegen ist es sinnvoll, zurückzublicken und daraus für die Zukunft neue Erkenntnisse abzuleiten - aber der Reihe nach.

Die größte Herausforderung war es, in sehr kurzer Zeit alle unsere Lehrveranstaltungen vom üblichen Präsenzformat im Hörsaal in digitale Formate zu überführen. Wir wussten zu diesem Zeitpunkt im April weder, ob sich dieses Format technisch stabil umsetzen lässt, ob die Studierenden mit dieser Lehrform ebenfalls zurecht kommen und ob sich der Lernerfolg in bestandenen Prüfungen widerspiegelt. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass wir diese Ziele erfolgreich erreichen konnten. Für die Zukunft wollen wir die Durchführung von Lehrveranstaltungen weiter flexibilisieren, da wir uns davon Nutzen für alle - Studierende, Lehrende und Mitarbeiter - versprechen.

Die pandemiebedingte Situation hatte natürlich ebenfalls Auswirkungen auf unsere Forschungs- und Industrieprojekte. Nach der kurzzeitigen Unterbrechung im März/ April haben wir es geschafft, unsere Projektarbeit so zu strukturieren, dass wir nur minimale Verzögerungen mit den Projektpartnern und Fördermittelgebern abstimmen mussten. Darüber hinaus konnten wir mit unseren Erfahrungen aus der Lehre die Netzwerkarbeit und den Wissensaustausch zwischen unseren Projektpartnern in digitaler Form realisieren. Abschließend konnten wir trotz der Unsicherheiten zur Geschäftsentwicklung und kapazitiver Engpässe bspw. durch Kurzarbeit in der Industrie auch in 2020 wieder zahlreiche Forschungsanträge einreichen.

Für 2021 sind bereits zahlreiche Aktivitäten zu neuen Forschungsanträgen und zur Weiterentwicklung unseres Instituts geplant. Darüber hinaus werden wir sechs Jahre nach Gründung die erste Promotion am Lehrstuhl abschließen. Unsere Forschungsschwerpunkte bleiben hochattraktiv. So gelangt Nachhaltigkeit zunehmend ins Zentrum des gesellschaftlichen Interesses, und diesen neuen Anforderungen müssen sich auch Industrieunternehmen und Universitäten stellen. Dazu wollen wir weiterhin einen Beitrag durch unsere Forschung und Lehre leisten.

Ein wichtiger Punkt zum Schluss: das Leben ist nicht digital! Innovation und Forschungsarbeit erfordert, dass Menschen sich direkt miteinander austauschen - gerade in der Produktionstechnik, wo die Forschung häufig an der Maschine und in der Fabrik stattfindet. Die Zukunft gehört aus meiner Sicht hybriden Formaten aus Präsenz, Zusammenarbeit in digitaler Form und der individuellen Projektarbeit.

Abschließend möchte ich mich noch einmal ganz herzlich bei allen Mitarbeitern für Ihr Engagement in 2020 bedanken. Natürlich gebührt auch den studentischen Hilfskräften Dank für die geleistete Arbeit. Für die Zukunft wünsche ich uns allen weiterhin viel Erfolg beim Erreichen unserer Ziele – und das Wichtigste ist natürlich: bleiben Sie alle gesund!

Herzlichst



2 Lehre

2.1 Lehrveranstaltungen im Wintersemester 2019/20

Prof. Dr.-Ing. Dipl. Wirt. Ing. Nico Hanenkamp

- Bearbeitungssystem Werkzeugmaschine (WZM)
- Effizienz im Fabrikbetrieb und operative Exzellenz (OPEX)
- Production Technology (PT2)
- Hauptseminar Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen (HS REP)

M. Eng. Sven Amon

- Advanced Seminar on International & Sustainable Production (ASISP)

M. Sc. Jacqueline Blasl

- Bearbeitungssystem Werkzeugmaschine (WZM) - Übung

M. Sc. Nicolai Ostrowicki

- Production Technology 2 Exercises

M. Sc. Shu Ju

- Effizienz im Fabrikbetrieb und operative Exzellenz (OPEX) – Übung

M. Sc. Hubert Würschinger

- Praktikum REP

2.2 Lehrveranstaltungen im Sommersemester 2020

Prof. Dr.-Ing. Dipl. Wirt. Ing. Nico Hanenkamp

- Effizienz im Fabrikbetrieb und operative Exzellenz (OPEX)
- Produktionsprozesse der Zerspanung (ProdZ)
- Produktionstechnik II
- Ressourceneffiziente Produktionssysteme (REPs)
- Hauptseminar Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen (HS REP)

M. Eng. Sven Amon

- Advanced Seminar on International & Sustainable Production (ASISP)

M. Sc. Trixi Meier

- Produktionsprozesse der Zerspanung (ProdZ) – Übung

M. Sc. Shu Ju

- Effizienz im Fabrikbetrieb und operative Exzellenz (OPEX) – Übung

M. Sc. Nicolai Ostrowicki

- Praktikum REP
- Produktionstechnik II – Tutorium

M. Sc. Matthias Mühlbauer

- Ressourceneffiziente Produktionssysteme - Übung

2.3 Abgeschlossene wissenschaftliche Arbeiten

Bachelorarbeiten

Name	Thema
Kohler, Alexander	Untersuchung Steuerungsoptimierungspotenzial in CNC-Werkzeugmaschinen
Kutzner, Korbinian	Untersuchung des Einflusses von Bewegungsverläufen in der Konturbearbeitung zur Unterstützung der Bewegungsoptimierung bei elektrischen Antrieben der Werkzeugmaschinen
Schmelzer, Philipp	Untersuchung des Einflusses biotischer Kühlschmierstoffe beim Einsatz von kryogener Minimalmengenschmierung für die Prozesskühlung bei der Fräs- und Drehbearbeitung metallischer Werkstoffe
Strattner, Juri	Analyse der Eignung von biobasierten Grundölen für die kryogene Minimalmengenschmierung bei der Fräs- und Drehbearbeitung metallischer Werkstoffe anhand einer technologischen und ökologischen Bewertung
Zeuch, Luca	Konzeption und Entwicklung eines Analysetools für Energieeinsparpotenzial in Werkzeugmaschinen

Projektarbeiten

Name	Thema
Dentler, Simon	Identifikation von Anwendungsbereichen und Bedarfen sowie Bewertung geeigneter Verfahren der Parameterfindung und -optimierung in der Produktion
Dietze, Sebastian	Entwicklung einer Methode zur Verbesserung der Effizienz des Trainingsprozesses durch die Bilddatenbasis mit Hilfe von xAI Techniken
Emilius, Lukas	Entwicklung und Validierung eines Prüfstandsbaus zur Technologieentwicklung kryogener Strahlprozesse für metallische Werkstoffe
Fleck, Joshua	Prüfstandsentwicklung zur Entfernung von Supportstrukturen
Hatwieger, Aron	Optimierung der Prognose der Prozessstabilität eines Abfüllprozesses mit Hilfe von verschiedenen Deep Learning Methoden

Heidenreich, Felix	Analyse der Auswirkungen von Trockeneisstrahlen auf die Randzone additiv gefertigter Bauteile
Merz, Christoph	Entwicklung einer Methode zur Identifikation und Bewertung von Verschwendung im Bereich des Datenmanagements zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz im Kontext der Industrie 4.0
Morello, Andreas	Einsatz von Maschinellen Lernverfahren mit dem Ziel der Fremdkörpererkennung auf Bildaufnahmen von Bauteilen
Ott, Johannes	Prädiktive Kraft- und Schwingungsanalyse geometrisch definierter Zerspanoperationen
Peker, Emre	Parameter identification and optimization with artificial intelligence in order to increase the resource efficiency
Raab, Heiko	Entwicklung einer Methode zur Digitalisierung von Ressourcenverbräuchen von Produktionsmaschinen zur Optimierung der CO2 Emissionen im Kontext des Umweltmanagements
Shchitchenko, Anton	Erstellung einer Datenbank zur Technologieentwicklung kryogener Strahlprozesse
Trenz, Alexander	Ökologische und technologische Bewertung von biobasierten Kühlschmierstoffgrundölen bei der Zerspanung metallischer Werkstoffe mit geometrisch bestimmter Schneide in Kombination mit kryogener Minimalmengenschmierung
Wesner, Sebastian	Konstruktion und Erprobung einer Hochdrucksichtzelle für ein strömendes Fluid
Wild, Jonas	Untersuchung des Einflusses biotischer Kühlschmierstoffgrundöle auf die Fräs- und Drehbearbeitung metallischer Werkstoffe mit kryogener Minimalmengenschmierung
Wirth, Christoph	Optimierung eines Machine Learning Modells mit Hilfe von synthetischen Daten zur Verkürzung der Entwicklungszeit einer Automated Optical Inspection

Masterarbeiten

Name	Thema
Bitterwolf, Moritz	Entwicklung einer Methode zur Vereinfachung der Datenakquise von Fertigungssystemen basierend auf den Ansätzen des Building Information Modelling und Industrie 4.0
Epp, Hendrik	Entwicklung einer Methodik zur Anomalieerkennung in Fertigungsumgebungen auf Basis von Videoaufzeichnungen mit Hilfe von Maschinellem Lernverfahren
Friedl, Fabian	Praktische Untersuchung zum geometrieabhängigen Schwingungsverhalten bei der Fräsbearbeitung
Garzorz, Carl Marius	Entwicklung einer Methode zur Verbesserung der Robustheit und Güte von Neuronalen Netzen für Bildklassifikationsaufgaben unter Anwendung eines Erklärmodells am Beispiel der Qualitätskontrolle eines Zerspanungsprozesses
Girgin, Gülcan	Conception and implementation of a teaching concept with the support of 3D VR videos
Hatwieger, Aron	Kameragestützte Analyse manueller Prozesse im Produktionsumfeld mittels Maschinellen Lernen mit Fokus auf Hand-Objekt-Interaktionen
Hirschmann, Julia	Vorhersage der Werkzeugverschleißentwicklung anhand von Bilddaten unter Anwendung von Machine Learning
Humig, Nico	Potentiale und Herausforderungen von Object Tracking im Industrieinsatz
Kaufmann, Constantin	Konzeption und Umsetzung eines kamerabasierten 3D-Object-Tracking Systems zur Analyse manueller Prozesse mit Hilfe maschineller Lernverfahren
Löwen, Julien	Retrofit zur Digitalisierung von Werkzeugmaschinen - Reifegradbewertung und Vorgehensweise einer bedarfsorientierten Nachrüstung interner/externer Sensorik
Brandt, Christian	Building Information Modeling zur Optimierung von Fabrikplanungsprozessen bei WEISS Spindeltechnologie GmbH
Seibold, Jonas	Entwicklung eines datenbasierten Motorspindel Condition Monitorings mit geringen Datenmengen
Smaili, Mohamed Amine	Entwicklung eines Simulationsmodells für multiphysikalische Systeme Werkzeugmaschine
Stadler, Manuel	Entwicklung und Bewertung einer Methode zur Werkzeugverschleißmessung anhand von druckluftinduzierten Strömungsgeräuschen

Yangqingyu, Yu

Conception and Development of a simulation model for optimization methods assessment with Stability Lobe Diagram

2.4 Digitale Lehre

Aufgrund der im Jahr 2020 aufgetretenen Covid-19-Pandemie wurde die Lehre ausschließlich digital abgehalten. Dafür wurden entsprechende Unterstützungsstrukturen innerhalb der Universität genutzt. Um die Teilnahme an digitaler Lehre zu ermöglichen, wurden bisher primär praktische Versuche in Präsenz wie Praktika an die neue Lehrform angepasst. Dafür wurden verschiedene Lösungskonzepte erarbeitet und umgesetzt. Eine vollständig, digitalisierte Lehre konnte so ermöglicht werden.

3 Forschungsprojekte

Entwicklung biobasierter Metallbearbeitungsöle für die kryogene Minimalmengenschmierung

Förderung: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.,
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Fördervolumen: 392 126 €

Konsortium: FAU Erlangen-Nürnberg, Gühring KG, EagleBurgmann Germany GmbH & Co. KG, Schaeffler AG, Blaser Swisslube GmbH, Fuchs Schmierstoffe GmbH, Rhenus Lub GmbH & Co KG

Ansprechpartner: Trixi Meier, M.Sc.

Telefon: +49 (0) 911 / 65078 64820

E-Mail: trixi.meier@fau.de



Ein Großteil der spanenden Metallbearbeitungsprozesse wird aktuell durch große Mengen flüssiger Kühlschmierstoffe unterstützt. Aufgabe des Kühlschmierstoffs ist es, die Kühlung und Schmierung des Werkzeugs im Eingriff sicherzustellen sowie die Späne aus dem Bearbeitungsraum abzutransportieren. Die Anwendung konventioneller insbesondere wassermischbarer Kühlschmierstoffe in Zerspanungsprozessen wirkt sich negativ auf ökonomische und ökologische Faktoren sowie auf die Gesundheit der Mitarbeiter am Arbeitsplatz aus. Aus fertigungstechnischer Sicht stoßen konventionelle Kühlschmierstrategien bei der Bearbeitung neuartiger Hochleistungswerkstoffe an ihre Leistungsgrenzen. Ein Ansatz konventionelle Kühlschmierstoffe im spanenden Bearbeitungsprozess zu ersetzen bietet sowohl die Minimalmengenschmierung als auch die kryogene Kühlung mittels CO₂. In diesem Projekt soll die Entwicklung biobasierter Schmierstoffe für die kryogene Zerspanung kombiniert mit Minimalmengenschmierung durchgeführt werden. Im Fokus stehen dabei Prozesse mit geometrisch bestimmter Schneide. Ziel ist es, anwendungsnah Schmierstoffe biologischen Ursprungs für die kryogene Minimalmengenschmierung zu entwickeln, diese bedarfsgerecht zu additivieren und zu optimieren. Dadurch soll sichergestellt werden, dass sowohl die Werkzeugstandzeit als auch Zeitspannvolumina im Vergleich zu konventioneller Überflutungskühlung gesteigert werden können. Die dadurch erreichbaren ökologischen Verbesserungen stellen den Kern dieses Projektes dar. Industrielle Anwender sollen dahingehend unterstützt werden, dass Bearbeitungsprozesse mit aktuell konventioneller Überflutungskühlung auf Minimalmengenschmierung in Kombination mit kryogener CO₂ Kühlung umgestellt werden können. Dadurch werden sowohl ökonomische und ökologische Vorteile erzielt als auch die Leistungsfähigkeit der Fertigungsprozesse erhöht.



Kryogene Minimalmengenschmierung beim Fräsen (links) und Drehen (rechts)

KryoSonic – Untersuchung zur Kombination von ultraschallunterstützter Zerspanung und kryogener Minimalmengenschmierung

Förderung: Bayerische Forschungsstiftung

Fördervolumen: 438.000 €

Konsortium: FAU Erlangen-Nürnberg, TH Deggendorf, TU München, Oemeta Chemische Werke GmbH, Jokisch GmbH, Hufschmied Zerspanungssysteme GmbH, Konrad Friedrichs GmbH & Co. KG, Deckel Maho Pronten GmbH, Carl Zeiss SMT GmbH

Ansprechpartner: Jacqueline Blasl, M.Sc.

Telefon: +49 (0) 911 / 65078 64819

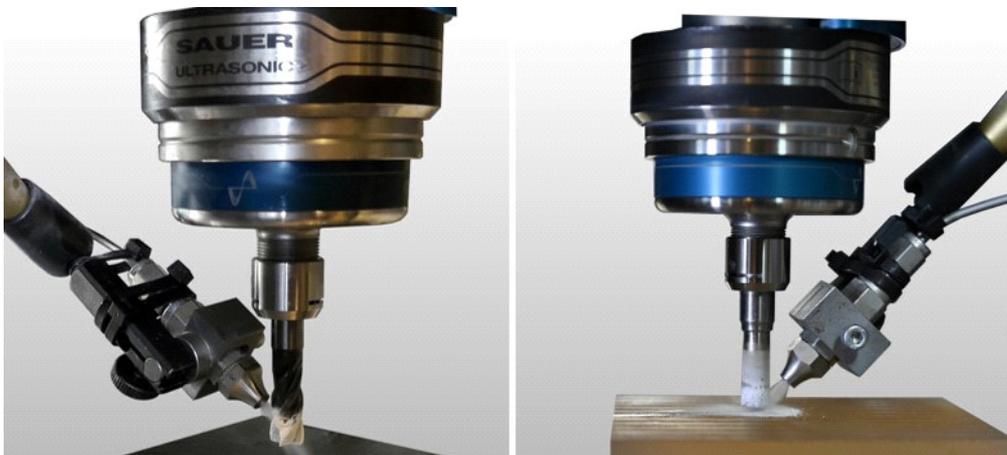
E-Mail: jacqueline.blasl @fau.de



Bayerische
Forschungsstiftung

Steigende Ansprüche an die Leistungsfähigkeit von Werkstücken führen zur Entwicklung von Werkstoffen, bei denen herkömmliche Fertigungsverfahren aus ökonomischer und ökologischer Sicht an ihre Grenzen stoßen. In den vergangenen Jahren wurden zwei Technologien entwickelt, die sich insbesondere bei Bearbeitung von schwer zerspanbaren Werkstoffen wie der Titanlegierung Ti6Al4V gegenüber konventionellen spanabhebenden Verfahren auszeichnen. Die Ultraschallbearbeitung ermöglicht es, die Zerspanungskräfte zu reduzieren und dadurch verschleißoptimiert produzieren zu können. Der Einsatz von tiefkalten Gasen als Trägermedium für Minimalmengenschmieröle verhindert das Auftreten hoher Bearbeitungstemperaturen und ermöglicht bei gleichen Standzeiten höhere Zerspanungsvolumen.

Als Konsequenz soll in diesem Projekt der Einfluss von ultraschallunterstützten Schleif- und Fräsprozessen in Kombination mit einer kryogenen Minimalmengenschmierung auf die Zerspanbarkeit von höher- bzw. hochfesten Werkstoffen wie Ti6Al4V und dem Glaskeramikwerkstoff Zerodur untersucht werden. Der Fokus des Vorhabens liegt auf der Betrachtung der Prozesskräfteentwicklung, der Standzeitverlängerung der Werkzeuge, der Erhöhung des Zerspanvolumens sowie der Beeinflussung der Mikro- und Makrozustände der Werkstückoberfläche. Weiterhin wird der Einfluss verschiedener Bearbeitungsöle auf die Prozessgrößen untersucht. Ziel ist es, die Effekte der Technologieüberlagerung zu identifizieren und konkrete Applikationen zu erschließen.



Überlagerung von kryogener Minimalmengenschmierung und Ultraschallbearbeitung beim Fräsen von Ti6Al4V (links) und beim Schleifen von Zerodur (rechts)

Qualifizierungskonzept für nachhaltige Kühlschmierstrategien in der spanenden Bearbeitung

Förderung: Europäischer Sozialfonds (ESF)



Zusammen.
Zukunft.
Gestalten.

Fördervolumen: 410.000 €

Konsortium: FAU Erlangen-Nürnberg, Alexander Schraudner Montagetechnik GmbH & Co. KG, Erich Derleth GmbH, Häuser + Renner KG, HAWE Hydraulik SE, Krause Präzisions-Kokillenguss GmbH, Liebermann GmbH & Co. KG, Wagner Zerspanungstechnik GmbH & Co. KG, Weiss Spindeltechnologie GmbH, Weiss Unternehmensgruppe GmbH & Co. KG, Zetterer Präzision GmbH

Ansprechpartner: Nicolai Ostrowicki, M.Sc.

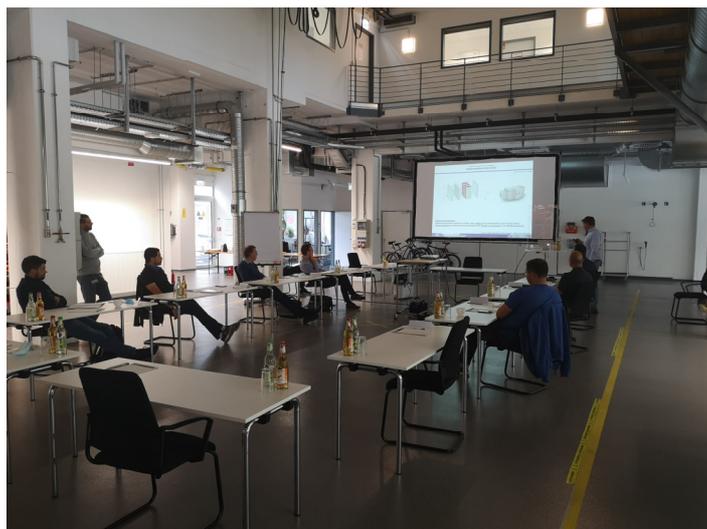
Telefon: +49 (0) 911 / 65078 64815

E-Mail: nicolai.ostrowicki@fau.de

Vor dem Hintergrund der steigenden Verwendung von schwer zerspanbaren (Leichtbau-) Werkstoffen einerseits sowie der steigenden Bedeutung der Ressourcen- und Kosteneffizienz in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) andererseits wurde am Lehrstuhl REP ein Qualifizierungskonzept für nachhaltige Kühlschmierstrategien in der spanenden Bearbeitung entwickelt. Die teilnehmenden Unternehmen erhalten dabei im Rahmen von Thementagen Schulungen zu ausgewählten Aspekten rund um Kühlschmierstoffe (KSS) und spanende Bearbeitung. Der Lehrstuhl REP wird dabei jeweils durch Spezialisten von namhaften Firmen wie z.B. Hersteller von Absaugungen, Schmierstoffherstellern, Werkzeugherstellern usw. unterstützt.

Mitarbeiter der teilnehmenden Unternehmen sollen befähigt werden, die im Hinblick auf Kosten- und Ressourceneffizienz optimale Kühlschmierstrategie für den jeweiligen Anwendungsfall auszuwählen und Effizienzpotenziale systematisch zu erschließen.

Im Rahmen des Projekts werden zudem verschiedene praxisrelevante Forschungsarbeiten rund um Thema KSS durchgeführt und die Ergebnisse den teilnehmenden Unternehmen zur Verfügung gestellt.



Projekttreffen zum Thema industrielle Luftreinigung und Absauganlagen an Werkzeugmaschinen

Cryorem – Technologieentwicklung kryogener Entgratungsstrategien für metallische Werkstoffe

Förderung:

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Industrielle
Gemeinschaftsforschung

Ansprechpartner: Sven Amon, M. Eng.

Telefon: +49 (0) 911 / 65078 64817

E-Mail: sven.amon@fau.de

Fördervolumen: 204.440 €

Innerhalb bisheriger Untersuchungen des REP konnte die Wirksamkeit kryogener Strahltechnologien gegenüber der Entfernung metallischer Grate in der Zerspanung und Supports in der additiven Fertigung nachgewiesen werden. Zur gezielten industriellen Umsetzung des Verfahrens fehlen dem Anwender jedoch bisher Kenntnisse über Möglichkeiten und Grenzen des Verfahrens, verfahrensspezifischen Parametern und Auswirkungen auf die Werkstückoberfläche.

Durch die Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) wird nun ein Projekt unter der Leitung des Lehrstuhls REP mit einem Konsortium aus 10 Partnern aus der Wirtschaft gefördert. Ziel des 2-jährigen Projekts ist es, CO₂-basierte Strahltechnologien zur Entfernung von Supportstrukturen und Grate zu entwickeln und ein grundlegendes Prozessverständnis aufzubauen.

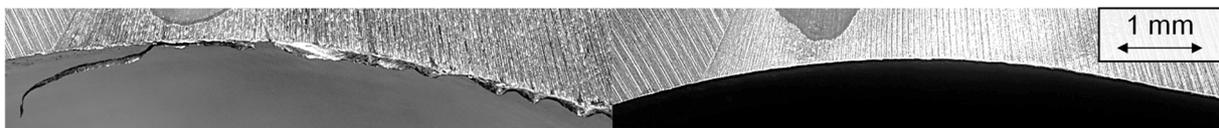


Abbildung 1: Gratbehaftetes Aluminiumbauteil (links); Entgratung durch CO₂-Strahlen (rechts)

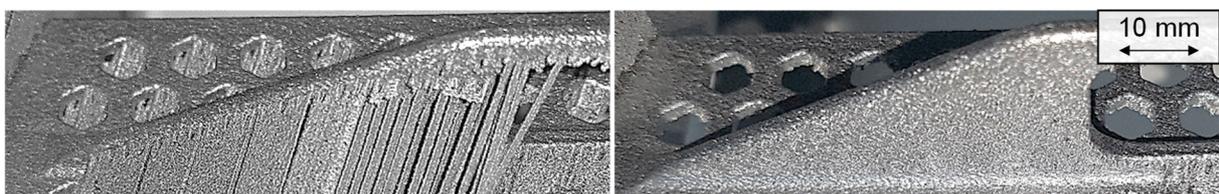


Abbildung 2: Stützstrukturen (links); Entfernung der Stützstrukturen durch CO₂-Strahlen (rechts)

Schwingungsreduzierte Frässtrategieoptimierung

Förderung: Eigenforschung

Konsortium: Lehrstuhl REP



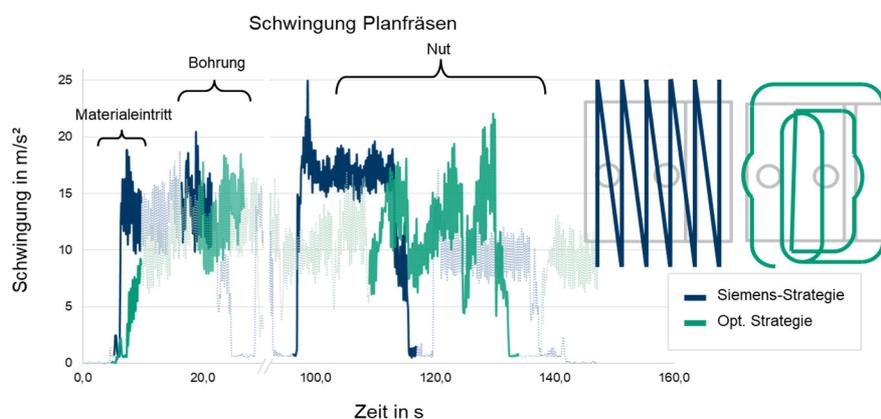
Ansprechpartner: Shu Ju, M.Sc

Telefon: +49 (0) 911 / 65078 64816

E-Mail: shu.ju@fau.de

Ziel des Forschungsprojekts war es, erstens eine Datenbasis mit schwingungsrelevanten Daten und Informationen für unterschiedliche Frässtrategien zu realisieren. Dadurch kann die Bearbeitung verschiedener geometrischer Elemente von Werkstücken und der Prozessstellgrößen in Bezug auf Schwingungen und Verschleißverhalten beurteilt werden. Das zweite Ziel bestand darin, systematisch die zwei Stellhebel Frässtrategie und Bahnplanung in Bezug auf das resultierende Schwingungsverhalten zu quantifizieren. Die Potentiale der schwingungsminimierenden Frässtrategien und der Bahnplanung zur Sicherstellung der Reproduzierbarkeit und Prozessstabilität sowie zur Steigerung der Produktivität und Standzeit konnten in realen Versuchen nachgewiesen werden. Im Rahmen der Voruntersuchungen wurden die durch gängige Programmierhilfen (Inventor und Siemens Shopmill) automatisch generierten CAM- und CNC-Strategien, bei welchen schwingungsminimierte Fräszyklen kein Bestandteil sind, mit eigens erstellter Werkzeugbahn unter ständiger Berücksichtigung der optimalen Eingriffsverhältnisse und Parameter verglichen. In der Abbildung werden die Schwingungsamplitude des gesamten Zyklus bei der Siemens-Strategie und der optimierten Strategie abgebildet. Hier stellt sich ein klares Ergebnis ein, dass eine Reduktion der durchschnittlichen Schwingungsamplitude durch Frässtrategieanpassung erreicht werden kann. Die höhere Schwingungsamplitude wirkt negativ auf den Werkzeugverschleiß und die Oberflächenqualität aus. Hierbei wurden der mittlere Rautiefenwert der Wendschneidplatten bei Siemens-Strategie um 35% höher gegenüber der optimierten Strategie gemessen.

Um die schwingungsminimierte Frässtrategie in Bezug auf Produktivität, Energie- und Ressourceneffizienz zu entwickeln wird für das weitere Vorgehen ein integriertes Simulationsmodell aufgebaut, das das statische und dynamische Maschinenverhalten, den Bearbeitungsprozess in Abhängigkeit der Werkstück- und Werkzeugkontur sowie das Regelungsverhalten positionsabhängig abbildet und im mechatronischen Fingerprint zeitlich hochgenau diskretisiert.



Vergleich Schwingungsverlauf Planfräsen

Nutzung von Building Information Modelling (BIM) als einfacher Einstieg in die Digitalisierung für kmU am Beispiel einer Werkzeugmaschine

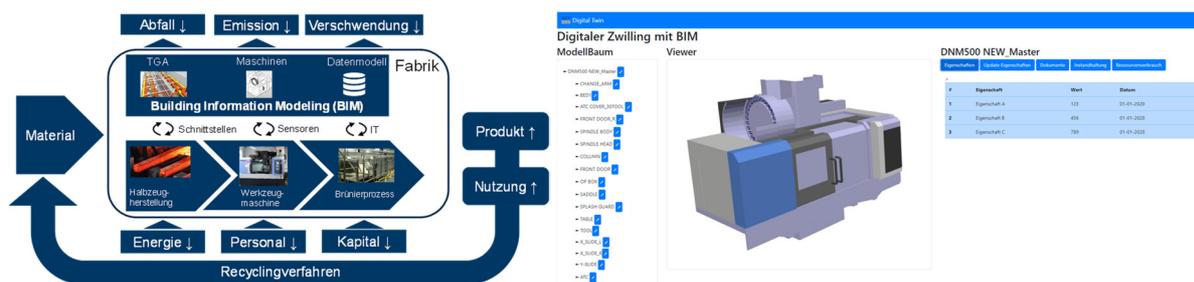
Förderung: Eigenförderung

Telefon: +49 (0) 911 / 65078 64814

Ansprechpartner: Hubert Würschinger, M.Sc.

E-Mail: hubert.wuerschinger@fau.de

Nachhaltiges Wirtschaften mit knappen Ressourcen und Prozesse nach Kreislaufprinzipien sind seit Jahren gängige Praxis im verarbeitenden Gewerbe in Deutschland. Umweltmanagementsysteme leisten bereits heute einen erheblichen Beitrag, um gesetzliche Normen und Standards einzuhalten sowie komplexe Prozesse zur Steigerung der Ressourceneffizienz zu strukturieren. Weiter können die daraus gewonnen Erkenntnisse auch für die Entwicklung und Erstellung ökologisch nachhaltiger Produkte und Dienstleistungen genutzt werden. Zur Erschließung dieser Potenziale können innovative Technologien zur Digitalisierung einen Beitrag leisten. Daten und Informationen können bspw. anwendungsgerecht automatisiert bereitgestellt und analysiert werden, um dadurch Planungs- und Entscheidungsprozesse der beteiligten Mitarbeiter zu beschleunigen. Digitalisierungsansätze stellen allerdings insbesondere für kmU erhebliche Herausforderungen dar, da noch wenige Erfahrungswerte über Nutzen und Aufwand verfügbar sind. Dieses Spannungsfeld motiviert, die Digitalisierungstechnologie des Building Information Modeling (BIM) aus der Bauindustrie auf Prozesse und Strukturen des Umweltmanagements zu übertragen. Ziel dieses Projektes war die Entwicklung eines ersten digitalen Prototyps einer Werkzeugmaschine des Lehrstuhls REP mit dem sich zum einen Ressourcen digital erfassen lassen und zum anderen wartungs- und instandhaltungsrelevante Informationen einfach darstellen lassen. Dazu wurden kostenfreie open source Bibliotheken verwendet und angepasst.



Darstellung der Projektziele (links), Prototyp des Digitalen Zwillings einer Werkzeugmaschine mit BIM (rechts)

Kameragestütztes Assistenzsystem für Rüst- und Instandhaltungsvorgänge (KamARI)

Förderung: Eigenförderung

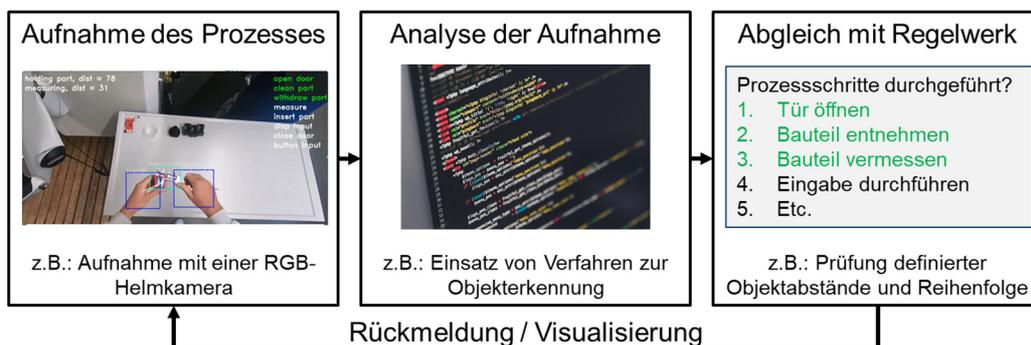
Telefon: +49 (0) 911 / 65078 64818

Ansprechpartner: Matthias Mühlbauer, M.Sc.

E-Mail: matthias.muehlbauer@fau.de

Trotz Automatisierung und Digitalisierung wird ein wesentlicher Teil der Aufgaben im Fabrikbetrieb manuell durchgeführt. Insbesondere bei komplexen Prozessen, wie Rüstvorgänge oder Instandhaltungsmaßnahmen ist die Ausführung durch einen Menschen üblich und auch weiterhin zu erwarten. Diese Prozesse kennzeichnen sich durch eine schlechte Standardisierbarkeit sowie Messbarkeit bei gleichzeitig hohen Know-How-Bedarf bei der Ausführung. Hohe Fehleranfälligkeiten, niedrige Prozessstabilitäten und hohe Kosten sind die Folge. Hierdurch ergibt sich der Bedarf, Mitarbeiter bei der Durchführung derartiger Prozesse zu unterstützen, um eine fehlerhandlungssichere und effizientere Ausführung zu fördern und somit die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens zu steigern.

Dieser Bedarf wird im Vorhaben „Kameragestütztes Assistenzsystem für Rüst- und Instandhaltungsvorgänge (KamARI)“ adressiert. Hierbei soll der Rüst- bzw. Instandhaltungsvorgang durch Kameratechnik aufgenommen, der Ist-Zustands bzw. Ist-Ablauf mit Hilfe innovativer Ansätze der Bildanalyse erkannt und folgend mit einem definierten Soll-Zustand bzw. Soll-Ablauf gegenübergestellt werden. Dies ermöglicht die Durchführung durch gezielte Informationsbereitstellung zu beschleunigen und zu stabilisieren sowie die Fehleranfälligkeit zu reduzieren. Insbesondere soll z.B. auf nicht durchgeführte Prozessschritte hingewiesen bzw. der konkrete Nachbearbeitungsbedarf visualisiert werden. Folgende Abbildung verdeutlicht beispielhaft die geplante Funktionsweise.



Visualisierung des Projektvorhabens

Inbetriebnahme des Metallographielabors

Investitionsvolumen: 128.000€

Auftragnehmer: ATM GmbH; Presi GmbH; Struers GmbH; Koch GmbH; Karl Tilgner GmbH; Dörsch + Leibl GmbH & Co. Klimatechnik KG

Ansprechpartner: Mario Stange

Telefon: +49 (0) 911 / 65078 64821

E-Mail: mario.stange@fau.de

Zur gesamtheitlichen Analyse von Bearbeitungsprozessen in der Zerspanung wurde am Lehrstuhl REP ein Metallographielabor etabliert. Die differenziert ausgewählte technische Ausstattung steigert die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit des Lehrstuhls, indem der Einfluss des Bearbeitungsprozesses auf das Gefüge grundlegend analysiert werden kann. Die Präparation der Proben ist von großer Bedeutung, da sie die Basis für ein präzises Analyseergebnis bildet. Diese beinhaltet das gefügespezifische Trennen, Einbetten, Schleifen, Polieren und Ätzen der Proben.



Einbettpresse



Trennmaschine



Schleifmaschine



Digestorium

Equipment des Metallographielabors des Lehrstuhl REP

4 Veröffentlichungen

Gross D., Blauhöfer M., Hanenkamp N.:

Milling of Ti6Al4V with carbon dioxide as carrier medium for minimum quantity lubrication with different oils

In: **Procedia Manufacturing** 43 (2020), S. 439-446

ISSN: 2351-9789

DOI: 10.1016/j.promfg.2020.02.190

URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920307769>

Gross D., Friedl F., Meier T., Hanenkamp N.:

Comparison of linear and trochoidal milling for wear and vibration reduced machining

27th CIRP Life Cycle Engineering Conference, LCE 2020 (Grenoble, 13. Mai 2020 - 15. Mai 2020)

In: Daniel Brissaud, Peggy Zwolinski, Henri Paris, Andreas Riel (Hrsg.): **Procedia CIRP** 2020

DOI: 10.1016/j.procir.2020.01.069

Mühlbauer M., Würschinger H., Hanenkamp N., Schmeuling M., Krause B.:

Vorhersage der Prozessstabilität mit Maschinellen Lernen - Potenziale Künstlicher Intelligenz zur frühzeitigen Erkennung von Abweichungen bei der pharmazeutischen Abfüllung

In: **Industrie 4.0 Management : Gegenwart und Zukunft industrieller Geschäftsprozesse** (2020), S. 34-38

ISSN: 1434-1980

Mühlbauer M., Würschinger H., Polzer D., Hanenkamp N.:

Energy Profile Prediction of Milling Processes Using Machine Learning Techniques

In: Beyerer J., Maier A., Niggemann O. (Hrsg.): **Machine Learning for Cyber Physical Systems**, Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2020, S. 1-11 (Technologien für die intelligente Automation)

ISBN: 9783662627457

DOI: 10.1007/978-3-662-62746-4_1

Mühlbauer M., Würschinger H., Polzer D., Ju S., Hanenkamp N.:

Automated Data Labeling and Anomaly Detection Using Airborne Sound Analysis

In: **Procedia CIRP** 93 (2020), S. 1247-1252

ISSN: 2212-8271

DOI: 10.1016/j.procir.2020.04.121

Würschinger H., Mühlbauer M., Hanenkamp N.:

Transfer Learning für visuelle Kontrollaufgaben

In: **wt Werkstattstechnik - Online** 110 (2020), S. 264-269

ISSN: 1436-4980

URL: <https://www.ingenieur.de/fachmedien/wt-werkstattstechnik/ausgaben-wt-werkstattstechnik-online/inhalte-der-online-ausgabe-4-2020/>

Würschinger H., Mühlbauer M., Winter M., Engelbrecht M., Hanenkamp N.:

Implementation and potentials of a machine vision system in a series production using deep learning and low-cost hardware

In: **Procedia CIRP** 90 (2020), S. 611-616

ISSN: 2212-8271

DOI: 10.1016/j.procir.2020.01.121

5 Sonstiges

Die Lehrstuhlmitarbeitenden sind im März, zu Beginn der Corona-Pandemie in Deutschland, dem Aufruf des Lehrstuhls für Kunststofftechnologie gefolgt die ansässigen Kliniken kurzfristig mit Infektions-Schutzausrüstung zu versorgen. Im Rahmen dieses Hilfsprogramms wurden ca. 100 000 Schutzbrillen und 20 000 Visiere gefertigt, montiert und versendet.

Bei der Hilfsaktion haben sich mehr als 70 Mitarbeitende der Universität bereit erklärt diese zu unterstützen. Nach der über vier Wochen laufenden Notproduktion, in der sowohl in Schichten als auch am Wochenende gearbeitet wurde, konnte die Produktion zur Sicherung einer langfristigen Versorgung mit Schutzausrüstung durch die Firma OECHSLER AG in Ansbach übernommen werden.



6 Mitarbeiter

Lehrstuhlinhaber

Prof. Dr.-Ing. Dipl. Wirt. Ing. Nico Hanenkamp

Wissenschaftliche Mitarbeiter

Sven Amon, M. Eng.

Jacqueline Blasl, M. Sc.

Daniel Gross, M. Sc.

Shu Ju, M. Sc.

Trixi Meier, M. Sc.

Matthias Mühlbauer, M. Sc.

Nicolai Ostrowicki, M. Sc.

Hubert Würschinger, M. Sc.

Nichtwissenschaftliche Mitarbeiter

Dominik Dorsch

Martina Konein

Mario Stange



Sven Amon



Jacqueline Blasl



Dominik Dorsch



Daniel Gross



Nico Hanenkamp



Shu Ju



Martina Konein



Trixi Meier



Matthias Mühlbauer



Nicolai Ostrowicki



Mario Stange



Hubert Würschinger