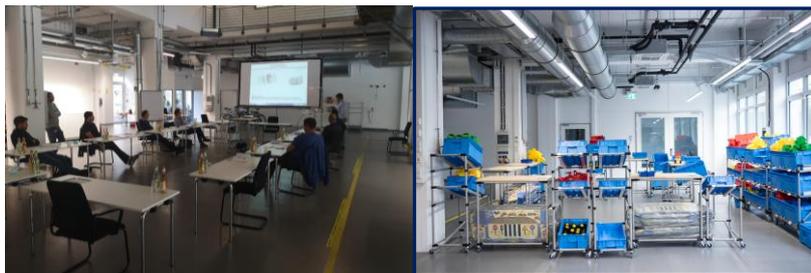


Jahresbericht 2021



Inhalt

1	Vorwort	2
2	Mitarbeitende.....	3
3	Lehre	5
3.1	Lehrveranstaltungen im Wintersemester 2020/21	5
3.2	Lehrveranstaltungen im Sommersemester 2021	5
3.3	Abgeschlossene wissenschaftliche Arbeiten	7
4	Forschungsprojekte	11
5	Veröffentlichungen	19
6	Sonstiges.....	20

1 Vorwort

Unsicherheit und Volatilität in verschiedensten Bereichen des öffentlichen und privaten Lebens kennzeichneten den Verlauf des Jahres 2021. Die Pandemie hat häufig eine frühzeitige Planung beruflicher und privater Aktivitäten erschwert und uns vor neue Herausforderungen gestellt.

Festzustellen ist allerdings, dass sich im Berufs- und Privatleben neue Formen der Zusammenarbeit und Kommunikation etabliert haben, die trotz der pandemiebedingten Unwägbarkeiten eine gewisse Kontinuität und Stabilität sichergestellt haben. Das zeigte sich beispielsweise bei unseren Lehrveranstaltungen und in der Forschungsarbeit. Projekttreffen fanden vor Ort statt, wenn dies für die Durchführung der Forschungsarbeit zwingend erforderlich war. Ansonsten konnten digitale oder hybride Formate für die Lehre und Forschungsarbeit dazu beitragen, dass ein kontinuierlicher Austausch funktioniert, der sich auch in betriebliche und private Rahmenbedingungen gut integrieren ließ. Darüber hinaus konnte dadurch auch ein kleiner Beitrag zur Nachhaltigkeit geleistet werden, da bspw. Dienstreisen oder der Transfer zwischen unterschiedlichen Hochschulstandorten nicht mehr zwingend notwendig waren.

Wir freuen uns, dass wir auch in 2021 wieder neue Mitarbeiter am Institut begrüßen dürfen. So hat uns Miriam Eichinger zum 1.10.2021 in der Arbeitsgruppe Zerspanung verstärkt, und im Technikum können wir mit Stefan Ziehr einen erfahrenen Techniker in unserem Team begrüßen. Herzlich willkommen noch einmal an dieser Stelle. Für die Zukunft sind wir immer auf der Suche nach motivierten Absolventen.

Das Jahr 2021 hat uns natürlich auch neue Arbeit gebracht. Mit dem Forschungsprojekt „Digitale Sharing Plattform für industrielle Ressourcen“ möchten wir die Netzwerkarbeit gerade zwischen kleinen und mittleren Unternehmen mit einer intuitiven Sharing-Plattform intensivieren. Der erste Prototyp entsteht bereits und ist für Mitte 2022 geplant an den Start zu gehen. Im Projekt WerkStroML, das Anfang November 2021 begonnen hat entwickeln wir ein innovatives Verfahren, bei dem akustische Profile bei der Druckluftbestrahlung technischer Oberflächen genutzt werden, um daraus Erkenntnisse zu Geometrie und Qualität abzuleiten. Erste Prototypen des Messverfahrens erwarten wir ebenfalls Mitte 2021.

Besonders freut uns, dass wir in 2021 die erste Promotion mit Dr. Daniel Gross am Lehrstuhl abschließen konnten. Für 2022 und darüber hinaus werden weitere Mitarbeiter ihre wissenschaftliche Weiterbildung abschließen und ihre Karriere in Industrie und Forschung erfolgreich fortsetzen.

Auch 2022 bleiben unsere Forschungsthemen hochattraktiv. Unser Antrieb ist, gemeinsam mit anderen Forschungsinstituten für das verarbeitende Gewerbe praktische Beiträge zur Umsetzung von Nachhaltigkeitsaspekten zu leisten. Dazu werden wir die Vernetzung mit anderen Forschungspartnern der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg intensivieren, insbesondere mit dem Nuremberg Campus of Technology (NCT). Darüber hinaus setzen wir die Kooperation mit anderen Universitäten und Forschungsinstituten fort und suchen neue, interessante Partner aus Industrie und Wissenschaft.

Mein Dank gebührt abschließend allen, die sich durch Ihre Engagement bei der Weiterentwicklung des Instituts eingebracht haben. Zu nennen sind dabei unsere wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Mitarbeiter, die unseren Betrieb „am Laufen“ halten. Dazu gehören aber nicht nur Forschungsprojekte und Lehre, sondern auch vermeintlich selbstverständliche Prozesse wie die Betreuung der Informationstechnik, die Arbeitssicherheit oder Personal- und Verwaltungsprozesse. Vielen Dank!

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 Mitarbeitende

Lehrstuhlinhaber

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

Wissenschaftliche Mitarbeiter

Sven Amon, M. Eng.

Jacqueline Blasl, M. Sc.

Miriam Eichinger, M.Sc. (ab 1.10.2021)

Daniel Gross, M. Sc.

Shu Ju, M. Sc.

Trixi Meier, M. Sc.

Matthias Mühlbauer, M. Sc.

Nicolai Ostrowicki, M. Sc. (bis 30.09.2021)

Hubert Würschinger, M. Sc.

Nichtwissenschaftliche Mitarbeiter

Dominik Dorsch (bis 30.06.2021)

Martina Konein

Mario Stange

Stefan Ziehr (ab 15.12.2021)



Sven Amon, M.Eng.



Jacqueline Blasl, M.Sc.



Dominik Dorsch



Miriam Eichinger, M.Sc.



Dr.-Ing. Daniel Gross



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



Shu Ju, M.Sc.



Martina Konein



Trixi Meier, M.Sc.



Matthias Mühlbauer, M.Sc.



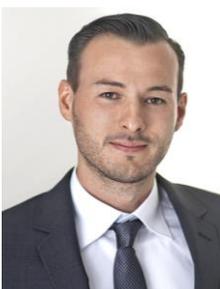
Nicolai Ostrowicki, M.Sc.



Jan Selzam, M.Sc.



Mario Stange



Hubert Würschinger, M.Sc.
M.Sc.



Stefan Ziehr

3 Lehre

3.1 Lehrveranstaltungen im Wintersemester 2020/21

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

3.2 Lehrveranstaltungen im Sommersemester 2021

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

3.3 Abgeschlossene wissenschaftliche Arbeiten

Bachelorarbeiten

Name	Thema
Schlosser, Pascal	Entwicklung und Validierung von Strategien zur Bauteilbeeinflussung in der additiven Fertigung
Anil, Adil	Untersuchung des Einflusses der Additivierung biobasierter Grundöle auf die Zerspanung metallischer Werkstoffe mit kryogener Minimalmengenschmierung
Seydaack, Milena	Untersuchung des Einflusses der Additivierung biobasierter Grundöle auf die Zerspanung metallischer Werkstoffe mit kryogener Minimalmengenschmierung
Nantchouang, Bertrand	Entwicklung geometrischer Materialabtragssimulation zur Modellierung Eingriffsbedingungen und Spanbildung des Fräsprozesses
Eck, Marco	Entwicklung und Validierung einer Messmethode zur akustischen Analyse kryogener Strahlprozesse mittels Softsensorik
Hölle, Maximilian	Entwicklung eines Praktikumsversuchs für die softwaregestützte Ökobilanzierung von Fertigungsprozessen

Projektarbeiten

Name	Thema
Condé, Lansiné	Entwicklung eines modularen Praktikums für die Simulation und Optimierung von Frässtrategien in der Zerspanung
Geyer, Tobias	Entwicklung eines Probekörpers zur systematischen Untersuchung des Einflusses der Supportgestaltung auf die Entfernung durch Trockeneisstrahlen
Hartmann, Sebastian	Realisierung eines Prüfstands zur Technologieentwicklung kryogener Entgratungs- und Entstützungsstrategien

Segerer, Julia	Potential assessment of visual analysis approaches for the optimization and automation of LEAN methods
Reitenspieß, Max	Modifikation und Erweiterung eines Simulationsmodells der Werkzeugmaschine zur prozessspezifischen Kraft- und Schwingungsprognose
Fahney, Sophie	Entwicklung und Bewertung verschiedener Daten Grundlagen und Trainingsstrategien für Object Detection Anwendungen im Produktionsumfeld
Sommer, Alexander	Untersuchung des Einflusses der Kameraperspektive auf die Erkennung von Objekten und Handlungen bei manuellen Prozessen im Produktionsumfeld
Wehner, Heiko	Entwicklung einer Messstation zur Vermessung von Objekten durch druckluftinduzierte Strömungsgeräusche
Sauer, Simon	Verbesserung der Genauigkeit und Robustheit der aeroakustischen Vermessung von Objekten durch die Optimierung des Druckluftstrahls
Döllinger, Anja	Erarbeitung einer Bewertungsgrundlage und Auswahl geeigneter Messverfahren zur Einordnung von Entgratungsergebnissen
Kuhbandner, Steffen	Untersuchung des Einflusses der Additivierung biobasierter Grundöle auf die Zerspanung metallischer Werkstoffe mit kryogener Minimalmengenschmierung
Geck, Miro	Parameteroptimierung für die Zerspanung metallischer Werkstoffe mit biobasierter kryogener Minimalmengenschmierung
Henkel, Niklas	Entwicklung eines automatisierten Auswertetools für die standardisierte Darstellung von Analyse- und Versuchsdaten zerspanender Bearbeitungsprozesse
Lermer, Michael	Experimentelle Auswahl eines marktgängigen Systems für die Minimalmengenschmierung beim Fräsen
Stärke, Steffen	Erkennung und Auswertung von manuellen Arbeitsvorgängen im Industrieumfeld auf Basis von Pose Estimation und Object Detection
van Remmen, Judith	Analyse des Unterstützungsbedarfs manueller Prozesse und Bewertung digitaler Assistenzsysteme im Produktionsumfeld
Zhang, Kai	Erweiterung des Fräsmaschinenmodells mit kaskadengeregelten Vorschubachsen für die Simulation der Fräsprozesse

Tiltsch, Denis Entwicklung einer Systematik für die Nachhaltigkeitsbewertung beim Einsatz biobasierter Kühlschmierstoffe für die kryogene Minimalmengenschmierung in der spanenden Metallbearbeitung

Masterarbeiten

Name	Thema
Kauffmann, Konstantin	Konzeption und Umsetzung einer Systemarchitektur zur kamerabasierten Analyse manueller Prozesse unter Einsatz maschineller Lernverfahren
Baumann, Timo	Entwicklung einer Methode zur Potentialidentifikation der Digitalisierung der manuellen Montage sowie Anwendung an der Lean Akademie des Lehrstuhls und exemplarische Umsetzung
Bormann, Julian	Entwicklung einer webbasierten Softwareplattform zur Erfassung und Analyse von Signalen für die aeroakustische Vermessung von Objekten
Auracher, Pia	Analysis of compatibility of industry standards when transferring BIM to the factory planning process
Wild, Jonas	Prozessfensteridentifikation beim Trockeneisstrahlen metallischer Grate und Stützkonstruktionen
Seidl, Tobias	Analyse und Beschreibung der Effekte beim Trockeneisstrahlen mit unterschiedlichen Partikeleigenschaften zur Bestrahlung subtraktiv und additiv gefertigter Bauteile
Raab, Heiko	Identifikation und Bewertung von Störgrößen auf ein aeroakustisches Objektvermessungsverfahren und Entwicklung einer Methode zur Störgrößenkompensation
Shchitchenko, Anton	Entwicklung und Validierung von optimierten Strahldüsen für Trockeneisstrahlprozesse
Valbuena, Nicolas	Entwicklung einer Methode zur Analyse und Ableitung eines Prüfansatzes von manuellen Handlungen im Produktionsumfeld auf Basis von Bilddaten

Ott, Johannes	Anwendung von Deep Learning Methoden zur Featureextraktion für die aeroakustische Verschleißmessung
Fleck, Joshua	Konzeption und Entwicklung innovativer Strahldüsen für das neuartige Trockeneisstrahlgerät IB 10/8 L2P
Bormann, Julian	Entwicklung einer webbasierten Softwareplattform zur Durchführung der Vermessung von Objekten mittels druckluftinduzierter Strömungsgeräusche und Machine Learning
Markert, Julia	Charakterisierung von Kühlschmierstoffen für die Zerspanung mittels tribologischer Testverfahren
Lermer, Michael	Grundlegende Analyse des Einflusses der Additivierung von biobasierten Metallbearbeitungsölen auf das Misch-, Sprüh- und Strömungsverhalten bei der einkanaligen kryogenen Minimalmengenschmierung mit Kohlenstoffdioxid zur Ableitung von technologischen Korrelationen mit der Leistungsfähigkeit von Zerspanungsprozessen
Huang, Yuan	Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Maschinenregelung und Prozessstellgrößen in Fräsbearbeitungen
Viner, Alexander	Prozessfensteridentifikation beim Trockeneisstrahlen
Hartmann, Sebastian	Entwicklung und Validierung einer rechnergestützten Auswertungsmethode zur Analyse von Trockeneisstrahlprozessen

4 Forschungsprojekte

Entwicklung biobasierter Metallbearbeitungsöle für die kryogene Minimalmengenschmierung (TRM, aktueller Status)

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

Fördervolumen: 392 126 €

Konsortium: FAU Erlangen-Nürnberg, Gühning 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

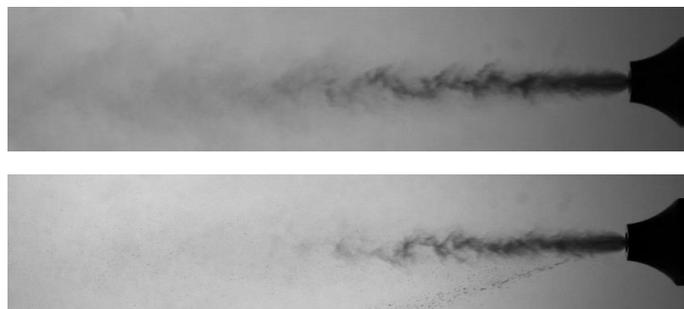
E-Mail: trixi.meier@fau.de



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

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 wird die Entwicklung biobasierter Schmierstoffe für die kryogene Zerspanung kombiniert mit Minimalmengenschmierung durchgeführt. 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. 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.

Im vergangenen Projektjahr wurde die Additivierung der biobasierten Grundöle durch die KSS-Hersteller realisiert und der Einfluss der Additivierung sowohl auf technische Eigenschaften wie Sprühbarkeit und Löslichkeit untersucht, aber auch auf die Referenzprozesse Fräsen, Schrupp- und Schlichtdrehen. Des Weiteren wurden die industriellen Partner bei der Implementierung des Verfahrens unterstützt und es konnte ein erster Einsatz des kryogenen Mischsystems mit biobasierten Ölen in der Industrie umgesetzt werden. Ziel des kommenden und letzten Projektjahres ist es, die Prozessparameter direkt bei und mit den industriellen Partnern zu optimieren.



Kryogene Minimalmengenschmierung beim Fräsen (links) und Aufnahme des Sprühstrahls (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 Pfronten GmbH, Carl Zeiss SMT GmbH

Ansprechpartner: Jacqueline Blasl, M.Sc.

Telefon: +49 (0) 911 / 65078 64819

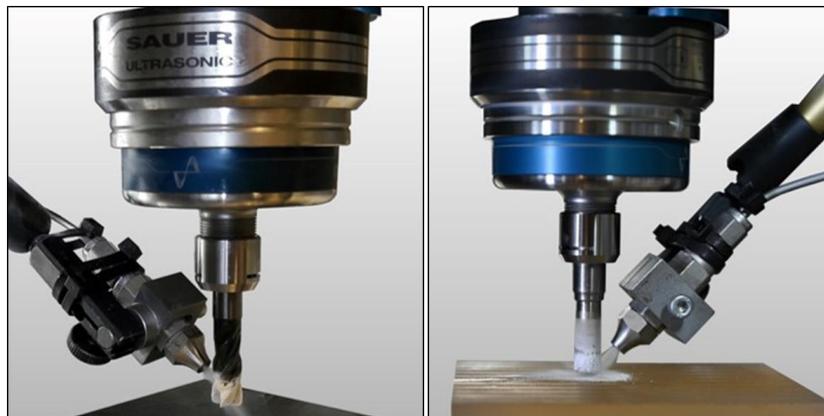
E-Mail: jacqueline.blasl @fau.de



Bayerische
Forschungsstiftung

Aufgrund steigender Ansprüche an die Leistungsfähigkeit von Bauteilen kommen vermehrt Hochleistungswerkstoffe wie Titanlegierungen und Glaskeramiken zum Einsatz. Diese setzen jedoch nicht nur den im Betrieb auftretenden Belastungen einen hohen Widerstand entgegen, sondern auch der spanenden Bearbeitung, wodurch herkömmliche Fertigungsverfahren aus ökonomischer und ökologischer Sicht an ihre Grenzen stoßen. In den vergangenen Jahren wurden zwei Technologien entwickelt, die sich bei der Bearbeitung von schwer zerspanbaren Werkstoffen gegenüber konventionellen spanabhebenden Verfahren auszeichnen. Die Ultraschallbearbeitung ermöglicht eine Reduktion der Zerspankräfte und damit verbunden eine verschleißoptimierte Produktion. Der Einsatz von tiefkalten Gasen als Trägermedium für Minimalmengenschmieröle verhindert das Auftreten hoher Bearbeitungstemperaturen und ermöglicht bei gleichen Standzeiten höhere Zerspanungsvolumen.

In diesem zum Ende des Jahres abgeschlossenen Projekt wurde nun die Kombination der ultraschallunterstützten Bearbeitung und der kryogenen Minimalmengenschmierung beim Fräsen der Titanlegierung Ti6Al4V und beim Schleifen des Glaskeramikwerkstoffs Zerodur untersucht. Der Fokus des Vorhabens lag insbesondere auf der Untersuchung der Auswirkungen der Technologieüberlagerung auf die Prozessgrößen Zerspankraft, Werkzeugverschleiß bzw. -standzeit und Werkstückoberfläche. Bei beiden Prozessen konnten durch die Technologieüberlagerung positive Effekte, insbesondere bzgl. des Werkzeugverschleißes, erzielt werden.



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)

Fördervolumen: 410.000 €



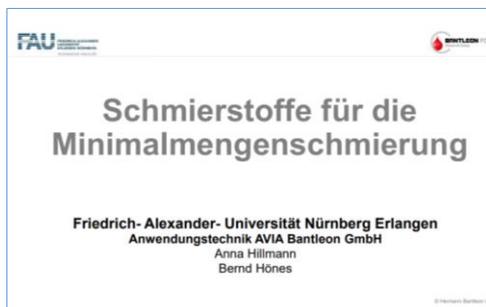
Konsortium: FAU Erlangen-Nürnberg, Alexander Schraudner Montagetechnik GmbH & Co. KG, Erich Derleth GmbH, Häuser + Renner KG, HAWE Hydraulik SE, Krause Präzisions-Kokillenguss GmbH, Liebermann GmbH & Co. KG, Wagner Zerspanungstechnik GmbH & Co. KG, Weiss Spindeltechnologie GmbH, Weiss Unternehmensgruppe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

Ansprechpartner: Prof. Dr. Nico Hanenkamp

Telefon: +49 (0) 911 / 65078 64810

E-Mail: nico.hanenkamp@fau.de

Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe sind aktuell mehr denn je gefordert, die Nachhaltigkeit ihrer Produktionsprozesse sicherzustellen. Dabei spielen für Betriebe mit spanenden Prozessen insbesondere auch die Kühlschmierstrategien eine große Rolle. Diesem Thema mit einem engen KMU Bezug widmet sich das genannte vom ESF geförderte Projekt, das in 2021 in das dritte Projektjahr ging. Die beteiligten Unternehmen erhielten in fünf Netzwerktreffen Expertise aus Forschung und Praxis zu definierten Aspekten rund um Kühlschmierstoffe (KSS) und spanende Bearbeitung. Im Vordergrund standen in 2021 innovative Strategien wie die Minimalmengenschmierung oder die automatisierte Diagnose von Kühlschmierstoffen mit Werkzeugen der Industrie 4.0. Im Rahmen des Projekts werden zudem verschiedene praxisrelevante Transferaktionen rund um KSS durchgeführt und die Ergebnisse den Teilnehmenden zur Verfügung gestellt.



Themen der Netzwerktreffen 2021 zu nachhaltigen Kühl- und Schmierstrategien (Auszug)

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

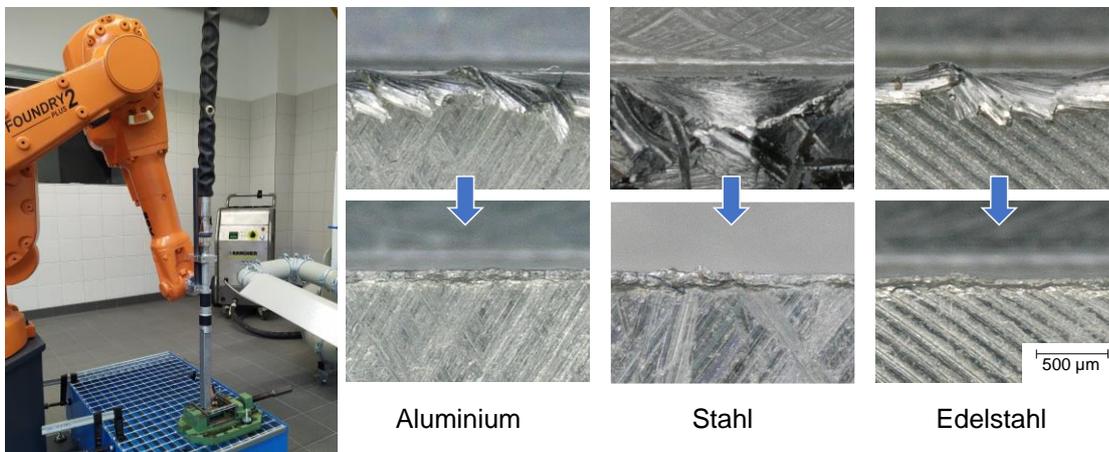
E-Mail: sven.amon@fau.de

Fördervolumen: 204.440 €

Durch die Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) wird ein Projekt unter der Leitung des Lehrstuhls REP mit einem Konsortium aus 9 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.

Für die Studie wurde am Lehrstuhl ein automatisierter Prüfstand errichtet. Es wurden verschiedene, syntetische Gratbilder und Supportstrukturen unterschiedlicher Werkstoffe erzeugt und anschließend bestrahlt. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl Mikrograte als auch fest anhaftende, massive Graterscheinungen zuverlässig durch Trockeneisstrahlen entfernt werden können. Der Grat löst sich im Gratfußbereich vom Werkstück ab. Die hohen Vorschubgeschwindigkeiten zeigen das wirtschaftliche Potential der Technologie. Grate können mit typischen Vorschubgeschwindigkeiten von $v_f = 50$ mm/s zuverlässig entfernt werden. Eine kombinierte, wirtschaftliche und nachhaltige Gratentfernung und Reinigung in der Nachbearbeitung ist möglich.

In weiteren Arbeiten soll die einhergehende Oberflächenbeeinflussung hinsichtlich Rauheitsänderung, Eigenspannungsinduzierung und möglicher Schädigung unter Berücksichtigung der identifizierten Prozessfenster untersucht werden. Zur Übertragbarkeit von Ergebnissen unterschiedlicher Anlagen soll zudem eine geeignete Methodik vorgeschlagen werden.



Robotergeführter Trockeneisstrahlprüfstand (links), erzielte Ergebnisse bei massiven Graten (rechts)

Schwingungsreduzierte Frässtrategieoptimierung

Förderung: Eigenforschung

Konsortium: Lehrstuhl REP



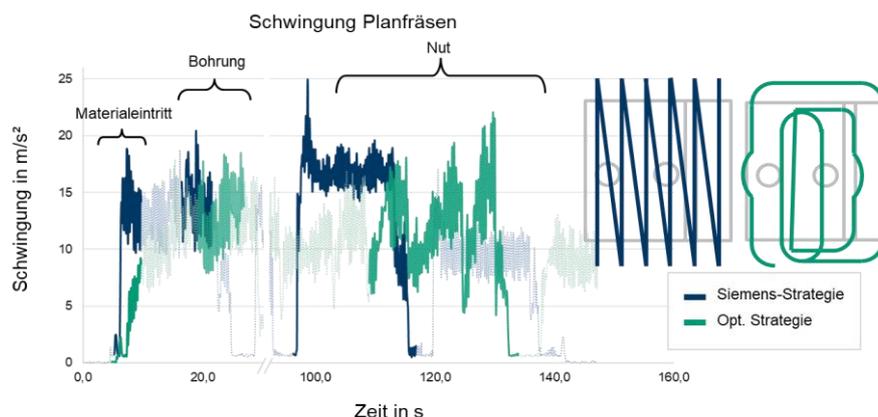
Ansprechpartner: Shu Ju, M.Sc

Telefon: +49 (0) 911 / 65078 64816

E-Mail: shu.ju@fau.de

Ziel des Forschungsprojekts ist es, erstens eine Datenbasis mit schwingungsrelevanten Daten und Informationen für unterschiedliche Frässtrategien mit verschiedenen Regelparametern zu realisieren. Dadurch kann die Bearbeitung verschiedener geometrischer Elemente von Werkstücken und der Stellgrößen des Prozesses in Bezug auf Schwingungen und Verschleißverhalten beurteilt werden. Das zweite Ziel besteht darin, systematisch die zwei Stellhebel Frässtrategie und Regelparameter 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 CAM- und CNC-Strategien und die Regelparameter der Kaskadenregelung mit eigens erstellter Werkzeugbahn unter ständiger Berücksichtigung der optimalen Eingriffsverhältnisse und Parameter verglichen. Hier stellt sich ein klares Ergebnis ein, dass eine Reduktion der durchschnittlichen Schwingungsamplitude durch Frässtrategie- und Regelparameteranpassung erreicht werden kann (siehe Abbildung).

Um die schwingungsminimierte Frässtrategie in Bezug auf Produktivität, Energie- und Ressourceneffizienz zu entwickeln wird ein integriertes Simulationsmodell aufgebaut, das das statische und dynamische Maschinenverhalten, den Bearbeitungsprozess in Abhängigkeit der Werkstück- und Werkzeugkontur sowie das nichtlineare Antriebsverhalten positionsabhängig abbildet und im mechatronischen Fingerprint zeitlich hochgenau diskretisiert. Eine Modellvalidierung wird durch praktische Versuchsdatenerfassung durchgeführt. Die aufgezeichneten Ergebnisse zeigen einen vergleichbaren Verlauf wie bei der Simulation.



Vergleich des Schwingungsverlaufs (links) in Abhängigkeit der Bahnplanung (rechts)

Kameragestütztes Assistenzsystem für Rüst- und Instandhaltungsvorgänge (KamARI)

Förderung: Eigenförderung

Telefon: +49 (0) 911 / 65078 64818

Ansprechpartner: Matthias Mühlbauer, M.Sc.

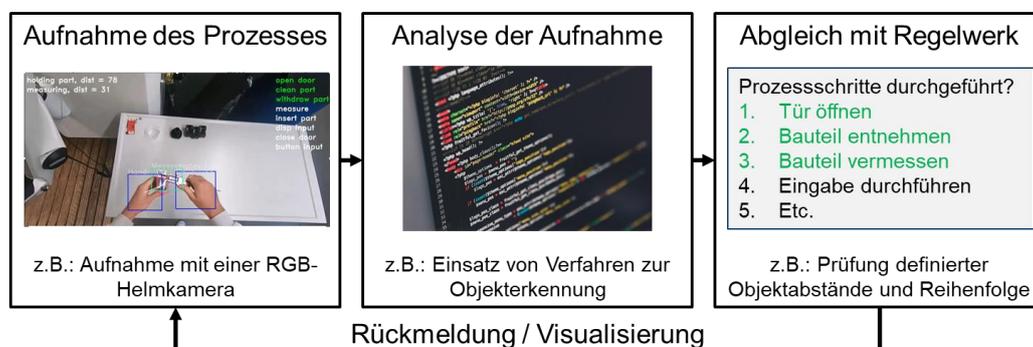
E-Mail: matthias.muehlbauer@fau.de

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-Zustand bzw. Ist-Ablauf mit Hilfe innovativer Ansätze der Bildanalyse erkannt und folgend mit einem definierten Soll-Zustand bzw. Soll-Ablauf gegenübergestellt werden.

Konkret wird durch das Vorhaben angestrebt, die Durchführung von manuellen Prozessen 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 Funktionsweise.

Manuelle Prozesse werden hierbei als Manipulationen von Objekten durch den Menschen betrachtet. Durch Positionen und Bewegungen von Objekten sowie weitere abgeleitete Größen können manuelle Prozesse erkannt bzw. beschrieben werden. Kernelement für die Erkennung des Ist-Zustands stellt die genaue, robuste und echtzeitfähige Lokalisierung von Objekten im Bild dar. Dies wird mit verschiedenen Verfahren aus dem Bereich des Maschinellen Lernens, wie Object Detection, Instance Segmentation oder Pose Estimation, realisiert. Im Rahmen des Projekts konnte ein automatisierter Soll-Ist-Abgleich bereits bei mehreren einfachen Anwendungsfällen umgesetzt werden.



Zielsetzung der Forschungsarbeit

Werkzeugverschleißmessung durch Strömungsgeräusche und Machine Learning (WerkStromML)

Förderung: Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie



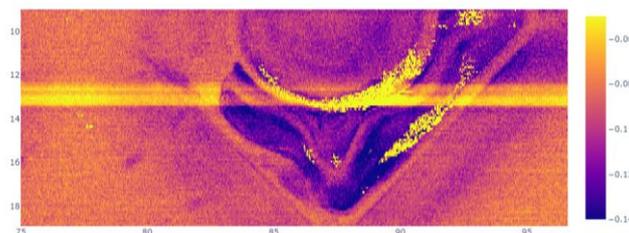
Fördervolumen: 240.000 €

Ansprechpartner: Hubert Würschinger, M.Sc.

Telefon: +49 (0) 911 / 65078 648xx

E-Mail: hubert.wuerschinger@fau.de

Das Werkzeug ist das Bindeglied zwischen Maschine und Bauteil, deren Zustand bedarf deshalb besonderer Aufmerksamkeit. Der Zeitpunkt des Wechsels der Werkzeuge ist dabei essentiell für die Sicherstellung der Kundenqualität und eines wirtschaftlichen Bearbeitungsvorgangs. Trotz einer Vielzahl an Tool Condition Monitoring Systemen die auf dem Markt erhältlich sind, ist die Bestimmung des Wechselzeitpunkt durch den Maschinenbediener gängige Praxis. Abhängig von der Erfahrung der Mitarbeiter erfolgt der Werkzeugwechselzeitpunkt zu früh oder zu spät, mit entsprechenden wirtschaftlichen folgen. Ziel des Projektes WerkStromML ist es durch digitale Lösungen zu unterstützen den idealen Werkzeugwechselzeitpunkt besser bestimmen zu können. Dafür wird ein neuartiges Verfahren entwickelt, bei dem der Werkzeugverschleiß mittels der Prallgeräusche von Druckluft unter Anwendung von Machine Learning Techniken ermittelt wird. Ein Prognosemodell, umgesetzt durch eine intuitiv bedienbare Software, unterstützt den Anwender den Werkzeugwechselzeitpunkt zu planen und die Werkzeugwechsel zu einem idealen Zeitpunkt durchzuführen. Neben der technischen Entwicklung erfolgt eine Analyse der Potentiale und des Bedarfs in der Praxis.



Visualisierung der Geometrie einer Wendeschneidplatte (Original oben) anhand der Prallgeräusche eines Luftstahls

Digitale Sharing Plattform für industrielle Ressourcen

Förderung: Europäischer Sozialfonds (ESF)

Fördervolumen: 490 884,04 €

Ansprechpartner: Dr.-Ing. Daniel Gross

E-Mail: daniel.gross@fau.de

Konsortium: UWF GmbH, Weiss Unternehmensgruppe GmbH & Co. KG, Häuser + Renner KG, Wagner Zerspanungstechnik GmbH & Co. KG, Krause Präzisions-Kokillenguss GmbH, Liebermann Produktions- und Vertriebs-GmbH & Co. KG, Tischer Technik GmbH, EuWe Eugen Wexler GmbH, NeuroForge GmbH & Co. KG, Rudi Schaller Metalltechnik GmbH, Bock 1 GmbH & Co. KG, PS-Hytech GmbH, Rottler und Rüdiger und Partner GmbH, Mader GmbH optional, Bayerische Kunststoffwerke (BKW)



ESF IN BAYERN
WIR INVESTIEREN IN MENSCHEN



Das Projekt „Sharing Plattform für industrielle Ressourcen“ wird durch den Europäischen Sozialfond (ESF) gefördert. Ziel ist es, kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) eine Möglichkeit zu bieten, ungenutzte Ressourcen zentralisiert zu erfassen und einer Nutzergemeinschaft gegen Gebühr (Miete, Verkauf) zur Verfügung zu stellen. Konkret kann es sich bei den Ressourcen um ungenutzte Maschinen-, Mess- und Analysekapazitäten, nicht mehr benötigte Werkstoffe oder Maschinenbauteile (Motoren, Sensoren o. Ä.) handeln. Über eine Webanwendung inkl. App-Unterstützung sollen diese Ressourcen auf einer Plattform unter Ausweisung spezifischer Nutzungsbedingungen bereitgestellt werden. Registrierte Nutzer sind anschließend in der Lage diese Ressourcen für sich zu buchen bzw. zu kaufen. Perspektivisch kann über die Plattform das wesentliche Equipment eines Unternehmens über die Plattform inventarisiert werden und deren Auslastung über ein anpassbares Dashboard dem Unternehmensnutzer angezeigt werden.

5 Veröffentlichungen

Blasl J., Vietorf F., Hanenkamp N., Zäh M.:

Grundstein für neuartige Bearbeitungsstrategie gelegt

In: **VDI-Z** 163 (2021), S. 29–31

ISSN: 0042-1766

DOI: 10.37544/0042-1766-2021-01-02-29

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

Muehlbauer M., Epp H., Wuerschinger W., Hanenkamp N.:

Deviation Detection in Production Processes based on Video Data using Unsupervised Machine Learning Approaches

In: 15th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering - CIRP ICME '21

Virtual Conference, 14-16 July, **Procedia CIRP** (2021), Elsevier

ISSN: 2212-8271, (in print)

Würschinger H., Gross D., Stadler M., Mühlbauer M., Hanenkamp N.:

Demonstration of a new approach for measuring tools with the impingement sound of an air jet using machine learning

In: **MM Science Journal** (2021)

ISSN: 1803-1269

DOI: 10.17973/MMSJ.2021_11_2021139 [Titel anhand dieser DOI in Citavi-Projekt übernehmen]

URL: <https://www.mmscience.eu/journal/issues/november-2021/articles/demonstration-of-a-new-approach-for-measuring-tools-with-the-impingement-sound-of-an-air-jet-using-machine-learning>

6 Sonstiges

BMW – FAU Sustainability Dialogue

Die Gestaltung einer Nachhaltigen Produktion stand im Mittelpunkt der Dialogreihe “Driving the Future of Sustainability – Value Creation through Sustainability in the Automotive Sector” am 5.3.2021 gemeinsam mit der BMW AG in München. In diesem Rahmen fand ein intensiver Austausch zwischen den Professoren Wartzak und Hanenkamp (Maschinenbau), Prof. Beckmann (Lehrstuhl für Corporate Sustainability Management) und dem Vorstandsvorsitzenden der BMW AG Oliver Zipse statt. Ziel dieser Reihe ist es, die Zusammenarbeit zwischen Forschung und Industrie weiter zu stärken und von einem kontinuierlichen Wissensaustausch zu profitieren.



Oliver Zipse (CEO BMW AG) im Gespräch mit Prof. Hanenkamp

16th International Conference on High Speed Machining HSM 2021

Am 26. -27.10.2021 konnte unser Lehrstuhl bei der internationalen Konferenz für High Speed Machining (HSM) in Darmstadt gleich mehrere Beiträge aus den beiden Forschungsgruppen Zerspanung und Produktionssysteme erfolgreich platzieren.

Bei den Beiträgen handelt es sich um Ergebnisse aus dem Verbundvorhaben ECO2il, das durch das Bundesministerium für Energie und Landwirtschaft gefördert wird. In diesem Vorhaben steht die Entwicklung nachhaltiger Schmierstoffe für die kryogene Minimalmengenschmierung im Fokus. Konkret konnte

darin nachgewiesen werden, dass sich durch den Einsatz von Ölen aus nachhaltigen Ressourcen die Produktivität erhöhen und der Verschleiß reduzieren lässt.

In einem weiteren Beitrag wurde eine innovative Methode vorgestellt, mit der es möglich ist Objekte durch das Bestrahlen mit Druckluft zu erkennen und zu vermessen. Dabei werden maschinelle Lernverfahren genutzt, um die durch Mikrofone aufgenommenen Signale zu analysieren und auszuwerten. Mit diesem Verfahren können perspektivisch etablierte Verfahren bezüglich Genauigkeit und Kosten substituiert werden.

Folgende Themen wurden vorgestellt:

1. Demonstration of a new approach for measuring tools with the impingement sound of an air jet using machine learning
2. Characterization of metal working fluids using tribological testing methods
3. Investigation of lubricating oils from renewable resources for cryogenic minimum quantity lubrication
4. Comparison of sprayability and solubility of biobased lubricants with liquid carbon dioxide



Abbildung 1: Impressionen von der HSM Konferenz