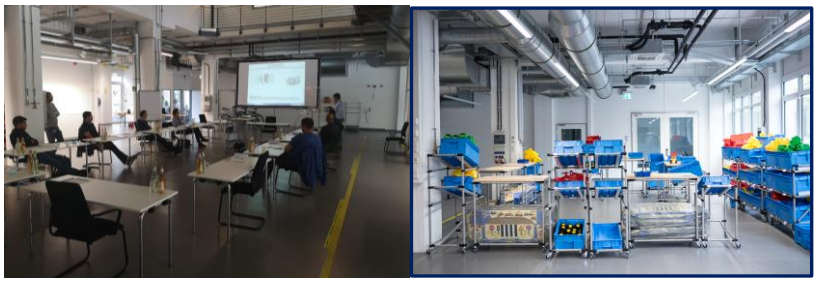
Friedrich-Alexander-Universität
Technische Fakultät

Lehrstuhl für Ressourcen- und
Energieeffiziente Produktionsmaschinen

Jahresbericht
2022



FRIEDRICH-ALEXANDER-UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG

Department Maschinenbau

Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen

Inhalt

Vorwort **2**

Mitarbeitende **3**

Lehre **5**

1.1 Lehrveranstaltungen im Wintersemester 2021/22 5

1.2 Lehrveranstaltungen im Sommersemester 2022 5

1.3 Abgeschlossene wissenschaftliche Arbeiten 7

Forschungsprojekte **12**

Veröffentlichungen **21**

Sonstiges **22**

Vorwort

Das Jahr 2022 hat uns mit zahlreichen Herausforderungen konfrontiert, die wir noch zu Beginn des Jahres nicht erahnen konnten. Natürlich hat uns hier besonders der Krieg in der Ukraine schockiert und die resultierende Energiekrise hätten wir früher nicht für möglich gehalten. Auch die Herausforderungen des Klimawandels betreffen uns heute schon direkt, und so wollen und müssen wir auch in Zukunft im Rahmen unserer Möglichkeiten einen Beitrag dazu leisten.

Wir freuen uns, dass wir auch in 2022 wieder neue Mitarbeiter am Institut begrüßen dürfen. So haben uns Mohammed Bani-Hani zum 1.10.2022 und Cosimo Di Cecca zum 1.12.2022 in der Arbeitsgruppe Ressourceneffiziente Produktion verstärkt. Herzlich willkommen noch einmal an dieser Stelle. Weiterhin haben uns im Laufe des Jahres Matthias Mühlbauer und Sven Amon verlassen, um neue Aufgaben in der Industrie wahrzunehmen. Für ihre noch abzuschließende Promotion wünschen wir beiden viel Erfolg!

Auch in 2022 konnten wir wieder Erfolge bei der Einwerbung neuer Projekte erzielen. Mit dem Projekt „EnEffWerk - Steigerung der Energieeffizienz und Umweltverträglichkeit von spanenden Werkzeugmaschinen durch optimierte Kühlung“ wollen wir in den nächsten drei Jahren einen Beitrag zur Reduzierung des CO_2-Footprinting im verarbeitenden Gewerbe leisten. Zum Jahresende haben wir den Zuwendungsbescheid zum bislang umfangreichsten Projekt des Instituts „Digitale Sharing Plattform für das Nachhaltigkeitsmanagement“ erhalten, das durch den Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) gefördert wird und bis Ende 2026 laufen wird. Auch hier werden wir gemeinsam mit mittelständischen Unternehmen die Umsetzung einer nachhaltigen Produktion forcieren. In der Lehre haben wir einen neuen Kurs „nachhaltige Produktion“ entwickelt, der zum Ende des Jahres gestartet ist. So stellen wir sicher, dass unsere Studierenden sehr früh mit Methoden und Vorgehensweisen zur Nachhaltigkeit in Kontakt kommen.

Die Weiterentwicklung nachhaltiger Produktionsprozesse bleibt auch für 2022 und darüber hinaus hochaktuell. Wir wollen gemeinsam mit anderen Forschungsinstituten und mit Partnern aus der Industrie systematische und praktische Beiträge zur Umsetzung von Nachhaltigkeitsaspekten leisten. Dazu werden wir die Vernetzung mit anderen Forschungspartnern der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg intensivieren, insbesondere mit dem Nuremberg Campus of Technology (NCT). Natürlich setzen wir unsere Kooperation mit anderen Universitäten und Forschungsinstituten fort und suchen neue, interessante Partner aus Industrie und Wissenschaft.

An dieser Stelle möchte ich mich beim gesamten Team für die geleistete Arbeit bedanken. Dazu gehört die Initiierung und Betreuung der Forschungsprojekte, die Sicherstellung und Weiterentwicklung des Lehrbetriebs, die Durchführung von Versuchsreihen und Analysen und die administrative und infrastrukturelle Betreuung wir die IT des Institutsbetriebs. Weiter so!

Ich wünsche uns allen ein erfolgreiches Jahr 2023, beruflich wie privat. Vielen Dank und ich freue mich, wenn wir diese Zusammenarbeit in 2023 fortsetzen können!

Herzlichst

Mitarbeitende

Lehrstuhlinhaber

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

Wissenschaftliche Mitarbeiter

Sven Amon, M. Eng.

Mohammed Bani-Hani, M. Sc. (ab 1.10.2022)

Jacqueline Blasl, M. Sc.

Cosimo Di Cecca, MBA

Miriam Eichinger, M.Sc.

Dr.-Ing. Daniel Gross

Shu Ju, M. Sc.

Trixi Meier, M. Sc.

Matthias Mühlbauer, M. Sc. (bis 30.06.2022)

Jan Selzam, M. Sc.

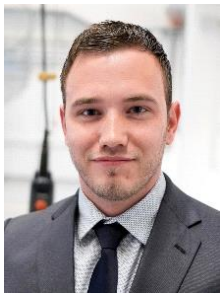
Hubert Würschinger, M. Sc.

Nichtwissenschaftliche Mitarbeiter

Martina Konein

Mario Stange

Stefan Ziehr


Sven Amon, M.Eng.

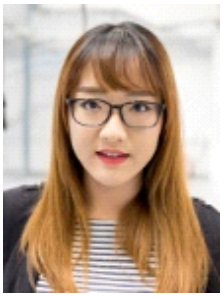
Jacqueline Blasl, M.Sc.

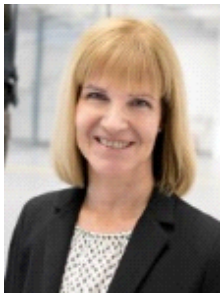
Cosimo Di Cecca

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.

Mohammed Bani-Hani, M.Sc,

Jan Selzam, M.Sc.

Mario Stange

Hubert Würschinger, M.Sc. M.Sc.

Stefan Ziehr

Lehre

1.1 Lehrveranstaltungen im Wintersemester 2021/22

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. Sc. Miriam Eichinger

- Advanced Seminar on International & Sustainable Production (ASISP)

M. Sc. Jacqueline Blasl

- Bearbeitungssystem Werkzeugmaschine (WZM) - Übung

Dr.-Ing. Daniel Gross

- Production Technology 2 Exercises

M. Sc. Shu Ju

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

M. Sc. Hubert Würschinger

- Praktikum Ressourceneffiziente Produktion
- Praktische Einführung in Machine Learning

1.2 Lehrveranstaltungen im Sommersemester 2022

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. Sc. Miriam Eichinger

- 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

Dr.-Ing. Daniel Gross

- Produktionstechnik II – Tutorium

M. Sc. Jan Selzam

- Praktikum Ressourceneffiziente Produktion

M. Sc. Matthias Mühlbauer

- Ressourceneffiziente Produktionssysteme - Übung

1.3 Abgeschlossene wissenschaftliche Arbeiten

Bachelorarbeiten

Name	Thema
Bernsteiner, Jannik	Optimierung eines VBA Auswertetools und Entwicklung einer Datenbank für die standardisierte Darstellung von Analyse- und Versuchsdaten zerspanender Bearbeitungsprozesse
Geng, Hannes	Entwicklung eines Dateimanagementsystems zur Messdatenerfassung, -speicherung und -visualisierung für zerspanende Prozesse
Mathes, Christoph	Entwicklung eines Kühlschmierstoff-Managements für die Zerspanung metallischer Werkstoffe bei einem KMU
Penkert, Jan	Untersuchung unterschiedlicher Schmierstoffstrategien bei der Drehbearbeitung der warmfesten Nickel-Chrom-Legierung Inconel 718 mit keramischen Werkzeugen
Petratschek, Christian	Konzeptionierung eines Versuchsaufbaus für das ultraschallgestützte Tauchbadfräsen und experimentelle Untersuchung der grundlegend wirkenden Mechanismen
Römer, Patrick	Kategorisierung und Bewertung verschiedener kameragestützter Verfahren zur Lokalisierung und Lageerkennung von Objekten innerhalb manueller Prozesse
Reichinger, Jan	Untersuchung des Einflusses der Additivierung biobasierter Grundöle auf die Zerspanung metallischer Werkstoffe mit kryogener Minimalmengenschmierung
Seiler, Jan	Grundlegende Analyse des Einflusses von kohlenstoffdioxidbasierter kryogener Kühlung auf die Zerspanung eines Kupfer Multilayer-Verbundwerkstoffs
Wiemer, Maximilian	Optimierung eines Versorgungssystems für die kryogene Minimalmengenschmierung in der Zerspanung durch Entwicklung einer digitalen pythonbasierten Ansteuerung und Parameterdarstellung im Live-Dashboard

Projektarbeiten

Name	Thema
Baaske, Till	Entwicklung einer softwaregestützen Methode zur Ermittlung des CO2-Fußabdrucks von Produkten in der Büromöbelindustrie
Böttcher, Michelle	Analyse manueller Prozesse zur Schaffung einer Grundlage für die anforderungsgerechte Entwicklung eines kameragestützten digitalen Assistenzsystems
Durst, Philipp	Aktive Vorkammerzündung: Parameterstudie zur Spülstrategie mittels 1D-Simulation
Forster, Andreas	Entwicklung und Implementierung einer Methode zur kameragestützten Kontrolle von manuellen Kontur- / Flächenbearbeitungen auf Basis Maschineller Lernverfahren
Klein, Fabian	Erfassung eines maschinellen Blutbilds biobasierter wassermischbarer Kühlschmierstoffe (KSS) zur in-situ Überwachung der Schmierstoffalterung in Zerspanungsprozessen
Kirsner, Benedikt	Entwicklung einer browserbasierten Software zur Prognose von Werkzeugverschleiß in der drehenden Bearbeitung
Kutzner, Korbinian	Entwicklung von konfigurierbaren Prüfbausteinen zur Fortschrittskontrolle von manuellen Prozessen auf Grundlage Maschineller Lernverfahren zur Bildanalyse
May, Tiago	Development of an assistance system for manual surface processing in industrial processes using instance segmentation
Metzner, Maximilian	Konzeption einer Onlineplattform zum Austausch von Wissen und Ressourcen für KMU in der Metropolregion Nürnberg
Röckelein, Andreas	Optimierung der prozesssicheren Zufuhr von Kohlenstoffdioxid in einem kryogenen Minimalmengenschmiersystem für die Zerspanung unter Anwendung der Six Sigma Methodik
Schnelle, Muriel	Entwicklung einer Vorgehensweise zur erfolgreichen Implementierung eines kameragestützten digitalen Assistenzsystems

Schwaid, Thomas	Analyse der Nutzeranforderungen für eine digitale Sharing-Plattform und Ableitung von Werbemaßnahmen sowie Konzeption von Plattformbestandteilen zur Reduktion der Eintrittsbarrieren für potenzielle Nutzer
Stich, Veronika	Nutzung und Verarbeitung von Daten aus der Arbeitsmethode Building Information Modeling (BIM) bei klein- und mittelständischen Unternehmen
Tiltsch, Denis	Entwicklung einer Systematik für die Nachhaltigkeitsbewertung beim Einsatz biobasierter Kühlschmierstoffe für die kryogene Minimalmengenschmierung in der spanenden Metallbearbeitung
Unke, Hannes	Bewertung von Augmented Reality Software Development Kits zur Objekterkennung im industriellen Umfeld
Wiedemann, Sina	Entwicklung einer Software zur Analyse von Audiosignalen zur Erkennung von Verschleißmerkmalen für ein neues Verfahren zur Vermessung von Werkzeugen mittels druckluftinduzierter Strömungsgeräusche
Yesilbas, Okan	Vergleich von Tool Condition Monitoring Systemen für Werkzeugmaschinen

Masterarbeiten

Name	**Thema**
Auer, Alexander	Entwicklung und Implementierung einer Methode zur kameragestützten Fortschrittskontrolle von manuellen Prozessen im industriellen Umfeld auf Basis von 6-Degrees of Freedom Object Detection
Biemüller, Mauritz	Untersuchungen zur Erkennung von manuellen Arbeitsvorgängen im Industrieumfeld auf Basis von Human Pose Estimation
Fahney, Sophie	Entwicklung und Implementierung einer Methode zur kameragestützten Fortschrittskontrolle von manuellen Prozessen im industriellen Umfeld auf Basis Maschineller Lernverfahren
Forster, Andreas	Implementierung einer Fortschrittskontrolle für industrielle manuelle Prozesse auf Basis der Lageerkennung (6DoF) von Objekten gestützt auf RGB-D-

	Kameraaufzeichnungen mittels maschineller Lernverfahren
Früchtnicht, Tim	Erweiterung und Validierung einer geometrischen Materialabtragssimulation zur Modellierung der Eingriffsbedingungen und Spanbildung des Fräsprozesses
Geyer, Tobias	Holistische Bewertung von Trockeneisstrahlprozessen zur Entfernung von Graten und Supportstrukturen
Emilius, Lukas	Untersuchung des Optimierungspotenzials der Werkzeugwechselstrategie im Maschinenbau mithilfe eines stochastischen Modellierungsansatzes
Gren, Alex	Erweiterung und Umsetzung eines Softwaretools zur automatischen Erfassung und Auswertung mechatronischer Fingerprints des simulierten und realen Zerspansystems
Kayacan, Enes	Vergleich traditioneller Machine Learning Verfahren mit Neuronalen Netzen zur Ermittlung des Werkzeugverschleißes anhand druckluftinduzierter Strömungsgeräusche
Peker, Emre	Application of Artificial Intelligence Methods on the Evaluation of Fuel Cell Measurement Data
Reitenspieß, Max	Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Maschinenregelung und Prozessstellgrößen bei Fräsbearbeitungen für schwingungsanfällige Strukturbauteile
Sahr, Johannes	Entwicklung und Implementierung von Berechnungsmodellen als Grundlage für die Prüfung manueller Prozesse gestützt auf bildverarbeitende maschinelle Lernverfahren
Shanmugan, Avinash	Integration einer automatischen Fortschrittskontrolle für manuelle Prozesse in eine existierende Augmented Reality-Anwendung bei BMW
Sommer, Alexander	Entwicklung einer modellprädiktiven Regelungsstrategie zur Betriebsoptimierung haustechnischer Anlagen in Industriegebäuden unter Berücksichtigung produktionsbezogener Randbedingungen
Suda, Philipp	Entwicklung einer Vorgehensweise zur CO2-Bilanzierung der Herstellungsphase von Produktionsmaschinen

Wehner, Heiko	Entwicklung einer Methodik zur Visualisierung von Oberflächenstrukturen mittels druckluftinduzierter Strömungsgeräusche
Winterer, Thomas	Entwicklung einer Vorgehensweise für das Thermomanagement auf Basis von Wärmepumpen für kontinuierliche Produktionsprozesse
Zhang, Kai	Ankopplung des kaskadengeregelten Simulationsmodells der Fräsbearbeitung mit FEM-Modell der Maschinenstruktur und Validierung des Gesamtmodells

.

Forschungsprojekte

Abgeschlossene Forschungsprojekte

Entwicklung biobasierter Metallbearbeitungsöle für die kryogene Minimalmengenschmierung

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

Aus fertigungstechnischer Sicht stoßen konventionelle Kühlschmierstrategien bei der Bearbeitung neuartiger Hochleistungswerkstoffe an ihre Leistungsgrenzen. Ein Ansatz konventionelle Kühlschmierstoffe zu ersetzen bietet sowohl die Minimalmengenschmierung als auch die kryogene Kühlung mittels CO_2. In diesem Projekt wurde die Entwicklung biobasierter Schmierstoffe für die kryogene Zerspanung kombiniert mit Minimalmengenschmierung durchgeführt. Im Fokus standen dabei Prozesse mit geometrisch bestimmter Schneide. Ziel war es, anwendungsnah Schmierstoffe biologischen Ursprungs für die kryogene Minimalmengenschmierung (kMMS) zu entwickeln, diese bedarfsgerecht zu additivieren und zu optimieren. Industrielle Anwender wurden dahingehend unterstützt, dass Bearbeitungsprozesse mit aktuell konventioneller Überflutungskühlung auf Minimalmengenschmierung in Kombination mit kryogener CO_2 Kühlung umgestellt werden können. Dadurch wurden sowohl ökonomische und ökologische Vorteile erzielt als auch die Leistungsfähigkeit der Fertigungsprozesse erhöht. Zum Abschluss wurde die Additivierung der biobasierten Grundöle durch die KSS-Hersteller realisiert und der Einfluss der Additivierung sowohl auf technische Eigenschaften untersucht, aber auch auf die Referenzprozesse Fräsen, Schrupp- und Schlichtdrehen. Des Weiteren wurden die industriellen Partner bei der Implementierung unterstützt und es konnte ein erster Einsatz des kryogenen Mischsystem mit biobasierten Ölen in der Industrie umgesetzt werden.

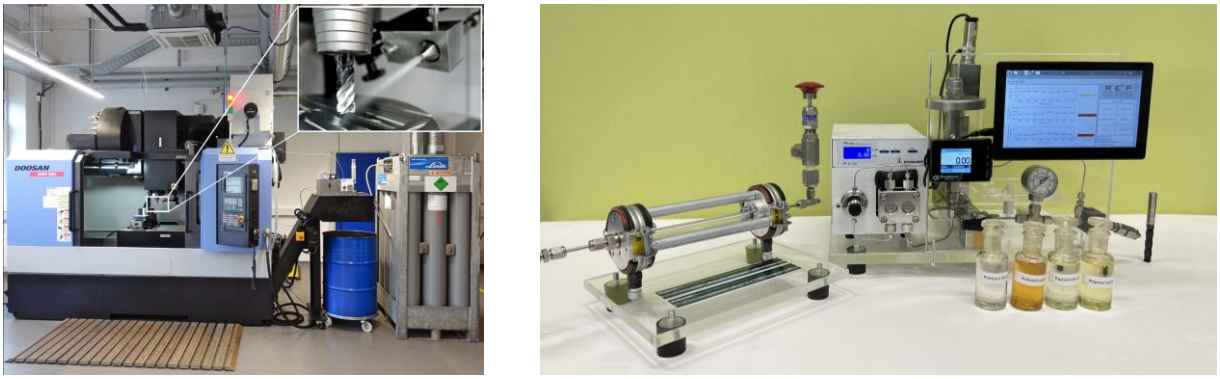


Abbildung: kMMS beim Fräsen (links), Hochdrucksichtzelle und kMMS-Mischsystem (rechts)

Qualifizierungskonzept für nachhaltige Kühlschmierstrategien in der spanenden Bearbeitung

Förderung: Europäischer Sozialfonds (ESF)
Konsortium: FAU Erlangen-Nürnberg, Alexander 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 widmete sich das genannte vom ESF geförderte Projekt, das 2022 erfolgreich abgeschlossen werden konnte. Die beteiligten Unternehmen erhielten in insgesamt 15 Netzwerktreffen Expertise aus Forschung und Praxis zu definierten Aspekten rund um Kühlschmierstoffe (KSS) und spanende Bearbeitung. Die Übersicht aller Praxisthemen zeigt die unten stehende Abbildung. Im Rahmen des Projekts wurden zudem sechs praxisrelevante Transferaktionen rund um KSS bei den teilnehmenden Unternehmen durchgeführt und die Ergebnisse den Teilnehmenden zur Verfügung gestellt.

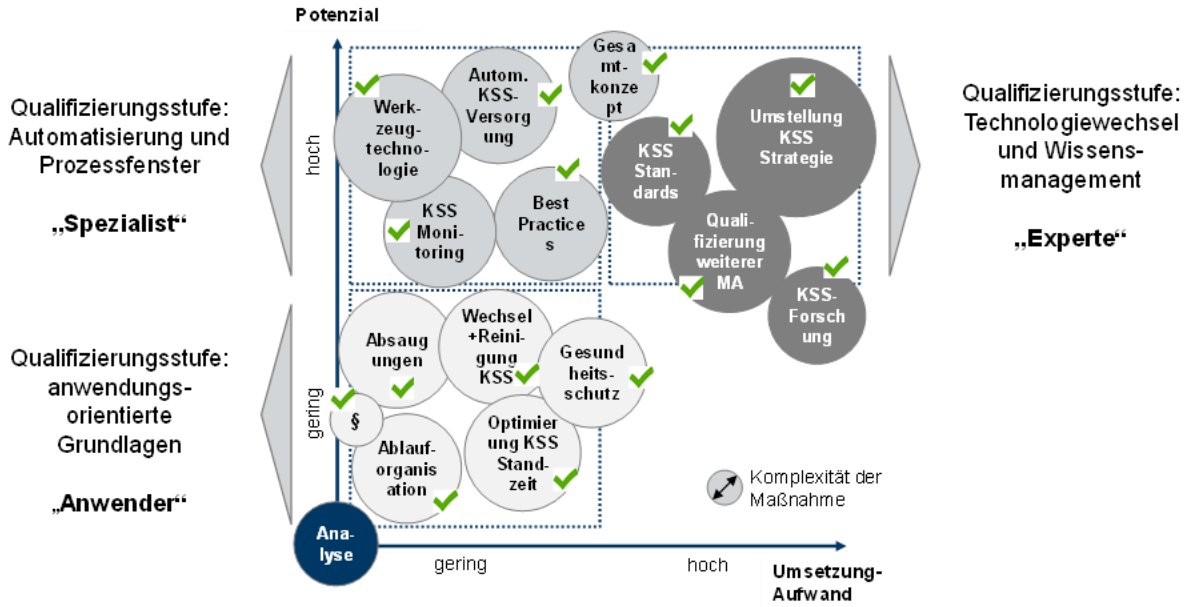


Abbildung: Übersicht Praxisthemen des Qualifizierungskonzepts für Kühlschmierstrategien.

Digitale Sharing Plattform für industrielle Ressourcen

Förderung: Europäischer Sozialfonds (ESF)
Ansprechpartner: Dr.-Ing. Daniel Gross
E-Mail: daniel.gross@fau.de

Konsortium: 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, Schauenburg Industrietechnik GmbH

Besonders in kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) liegt die Digitalsierung hinter den Zielen der Bundesregierung. Gemeinsam mit den teils deutlich gestiegenen Rohstoffpreisen und den vulnerablen Lieferketten der vergangenen Jahre stellt dies eine essenzielle Herausforderung für derartige Unternehmen dar. Ziel des vom Europäischen Sozialfond (ESF) geförderten Forschungsprojekts „Sharing Plattform für industrielle Ressourcen“ war es, die KMU beim Bestehen dieser Herausforderungen zu unterstützen. Kern des Projekts war die Entwicklung der web- und App-basierten Business-to-Business(B2B)-Plattform „Industriekreisel“. Auf dieser Plattform können angemeldete Unternehmen ihre Ressourcen inventarisieren und sich so einen besseren Überblick über diese verschaffen. Darüber hinaus ist es möglich, ungenutzte Ressourcen und freie Kapazitäten auf Kauf- und Mietbasis anderen Plattformnutzern zur Verfügung zu stellen oder von ihnen nachzufragen. Dabei gewährleistet die Plattform den reibungslosen und sicheren Ablauf der Transaktion und schafft so einen Mehrwert für alle Beteiligten. Während im Projektverlauf die Funktionalitäten lediglich von den 14 Unternehmen des Konsortiums genutzt werden konnten, steht die Plattform nun allen interessierten Unternehmen offen. Mithilfe der über die Plattform entstehenden lokalen Netzwerke soll die Versorgungssicherheit von KMU erhöht und gleichzeitig Nachhaltigkeitspotenziale gehoben werden. Zur Umsetzung dieser Visionen wird auch über die Projektdauer hinaus am „Industriekreisel“ gearbeitet. Einerseits wird die Plattform auf Foren und bei Interessensverbänden vorgestellt, um so weitere Unternehmen von den Vorteilen des „Industriekreisel“ zu überzeugen. Andererseits konnte mit dem Projekt „Digitale Sharing Plattform für das Nachhaltigkeitsmanagement“ ein vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördertes Nachfolgeprojekt initiiert werden.

INDUSTRIEKREISEL
Die digitale Sharing Plattform für industrielle Ressourcen

Cryorem – Technologieentwicklung kryogener Entgratungsstrategien für metallische Werkstoffe

Förderung:

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

IGF Industrielle Gemeinschaftsforschung

Ansprechpartner: Prof. Dr.-Ing. Nico Hanenkamp

Telefon: +49 (0) 911 / 65078 64810

E-Mail: nico.hanenkamp@fau.de

Durch die Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) wurde ein Projekt unter der Leitung des Lehrstuhls REP mit einem Konsortium aus 9 Partnern aus der Wirtschaft gefördert. Ziel des 2-jährigen Projekts war es, CO_2-basierte Strahltechnologien zur Entfernung von Supportstrukturen und Grate zu entwickeln und ein grundlegendes Prozessverständis 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 konnten. Eine kombinierte, wirtschaftliche und nachhaltige Gratentfernung und Reinigung in der Nachbearbeitung ist damit möglich. Zur Übertragbarkeit von Ergebnissen auf unterschiedliche Anlagen wurde zudem eine geeignete Methodik entwickelt.

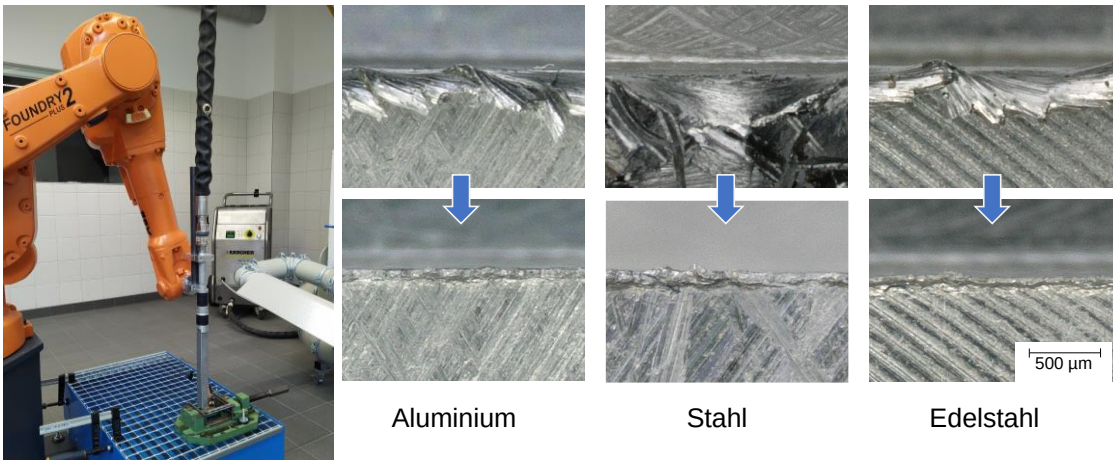


Abbildung: Robotergeführter Trockeneisstrahlprüfstand (links), erzielte Ergebnisse bei massiven Graten (rechts)

Neue und laufende Forschungsprojekte

Digitale Sharing Plattform für das Nachhaltigkeitsmanagement

Förderung: Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)

Kofinanziert von der Europäischen Union

EFRE BAYERN 2021-2027

Ansprechpartner: Cosimo Di Cecca, WMA

E-Mail: cosimo.di.cecca@fau.de

Konsortium: FAU Erlangen-Nürnberg, Weiss Umformwerkzeuge GmbH, BUILD.ING Consultants + Innovators GmbH, Eco2050 Institut für Nachhaltigkeit GmbH, Kerling Kunststofftechnik GmbH, Krause Präzisions-Kokillenguss GmbH, Liebermann GmbH & Co KG, Trevisto AG, up2parts GmbH, HAWE Hydraulik SE, BHS Corrugated Maschinen- und Anlagenbau GmbH, Gutmann Aluminium Draht GmbH, Wagner Zerspanungstechnik GmbH & Co. KG, DATEV eG

Das Projekt „Digitale Sharing Plattform für das Nachhaltigkeitsmanagement“ wird durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert. Ausgangspunkt ist ein digitales Modell von Produktionsmitteln, das eine gemeinschaftliche Nutzung dieser Ressourcen erlaubt und eine engere Vernetzung der Unternehmen durch Austausch physischer Güter und fachlicher Expertise realisiert. Ziel ist es, die digitale Plattform weiterzuentwickeln, um insbesondere KMU bei der Einführung eines datenbasierten Nachhaltigkeitsmanagements zu unterstützen. Dabei werden Standards wie die Richtlinien der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) berücksichtigt. Die Plattform erschließt Daten und Informationen aus Produktionsprozessen und betrieblichen Anwendungssystemen und aggregiert diese zu Kennzahlen. Neben der Entwicklung einer KMU-gerechten digitalen Infrastruktur zur Erfassung nicht-finanzieller Daten soll ebenfalls eine Methodik zur Berechnung und Bewertung komplexerer Nachhaltigkeitsdaten entwickelt und in die Plattform integriert werden. Diese Kennzahlen werden einerseits genutzt, um die Nachhaltigkeit im eigenen Unternehmen weiter zu verbessern und andererseits einen Wettbewerb im Hinblick auf nicht- finanzielle Nachhaltigkeitsaspekte mit anderen Plattformteilnehmern zu fördern, z. B. zur Reduzierung spezifischer CO_2 -Emissionen.

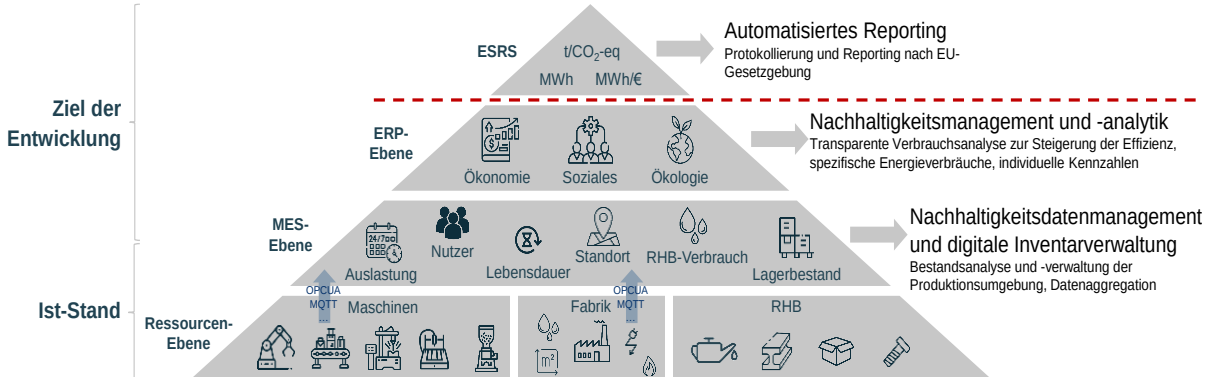


Abbildung: Übersicht Projektentwicklung.

Werkzeugverschleißmessung durch Strömungsgeräusche und Machine Learning - WerkStroML

Förderung: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Ansprechpartner: Hubert Würschinger, WMA
E-Mail: hubert.wuerschinger@fau.de

Das Werkzeug ist das Bindeglied zwischen Maschine und Werkstück, so dass dessen Zustand besondere Aufmerksamkeit erfordert. Der Zeitpunkt des Wechsels der Werkzeuge ist dabei essentiell für die Sicherstellung der Kundenqualität und eines wirtschaftlichen Bearbeitungsprozesses. Trotz einer Vielzahl an Tool Condition Montoring Systemen, die auf dem Markt erhältlich sind, ist die Bestimmung des Wechselzeitpunkts durch den Maschinenbediener gängige Praxis. Der Werkzeugwechselzeitpunkt erfolgt meist zu früh, bedingt durch die fehlende Erfahrung der Mitarbeiter und die fehlende Möglichkeit Verschleißausprägungen der Werkzeuge effizient zu quantifizieren. Dadurch werden die Werkzeugkapazitäten meist nicht voll ausgenutzt. Ziel des Projektes WerkStromML ist es, durch digitale Lösungen den idealen Werkzeugwechselzeitpunkt bestimmen zu können und die Ressourcen der Werkzeuge besser zu nutzen. Dafür wird ein neuartiges Verfahren entwickelt, bei dem der Werkzeugverschleiß mittels der Prallgeräusche von Druckluft unter Anwendung von Machine Learning Techniken ermittelt wird. Die nachfolgende Abbildung zeigt Möglichkeiten wie sich die Prallgeräusche mittels einer neuen Methode visualisieren lassen. Im einem weiteren Schritt kann dann eine Messung typischer quantifizierbarer Verschleißkriterien wie der Verschleißmarkenbreite durchgeführt werden.

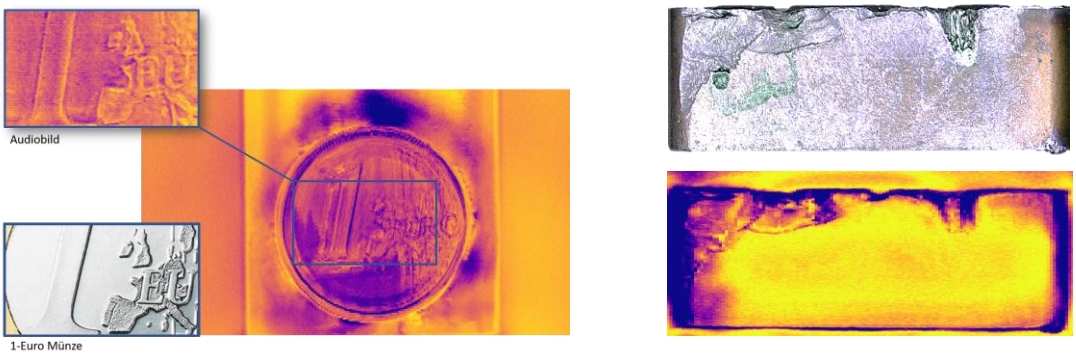


Abbildung: Visualisierung einer 1- Euro Münze anhand der Prallgeräusche eines Luftstahls (links) und Visualisierung des Verschleißes einer Wendeschneidplatte (rechts unten) in Gegenüberstellung mit Mikroskopaufnahmen (rechts oben)

EnEffWerk – Steigerung der Energieeffizienz und Umweltverträglichkeit von spanenden Werkzeugmaschinen

Förderung: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz der Bundesrepublik Deutschland

Ansprechpartner: Mohammad Bani-Hani

E-Mail: mohammad.banihani@fau.de

Konsortium: REP-Lehrstuhl an der FAU Erlangen-Nürnberg, Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH (HEL), BKW Kälte-Wärme-Versorgungstechnik GmbH (BKW), GMN Paul Müller Industrie GmbH & Co. KG (GMN), Siemens Industry Software GmbH (SIE), Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE), Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm (THN).

Ziel des Projekts ist die Reduzierung des Energiebedarfs und der kältemittelbedingten CO_2-Emissionen für die Maschinenkühlung von Werkzeugmaschinen, insbesondere in den wichtigen Bereichen des Maschinenbaus wie der Metallerzeugung und -verarbeitung sowie der Herstellung von Fahrzeugkomponenten. Dazu wird erstens ein digitaler Zwilling des Bearbeitungsprozesses entwickelt, der thermische Lasten antizipieren kann. Zweitens wird ein innovatives, propanbasiertes Kälteaggregat realisiert, um einen minimalen CO_2-Footprint zu generieren. Beide Elemente werden abschließend miteinander gekoppelt, so dass prädiktive Regelungsstrategien zur Minimierung von Energiebedarf und CO_2-Emissionen umgesetzt werden können.

Die Gesamtziele des kooperativen Vorhabens sind daher erstens die Entwicklung einer ökoeffizienten Kältetechnik für die Kühlung von Werkzeugmaschinen auf der Grundlage einer kleinen, energieeffizienten Kältemaschine, die ein natürliches Kältemittel verwendet. Zweitens besteht das Ziel in der Entwicklung einer physischen und digitalen Integration der Kühleinheit in das Gesamtsystem der Werkzeugmaschine mit deutlich verbesserter vorausschauender Steuerung und Wartungsfreundlichkeit. Im Ergebnis wird dadurch eine bedarfsorientierte Dimensionierung des Kühlkreislaufs realisiert, indem Kühlbedarf und –kapazität abhängig vom Bearbeitungsprozesse optimal abgestimmt werden.

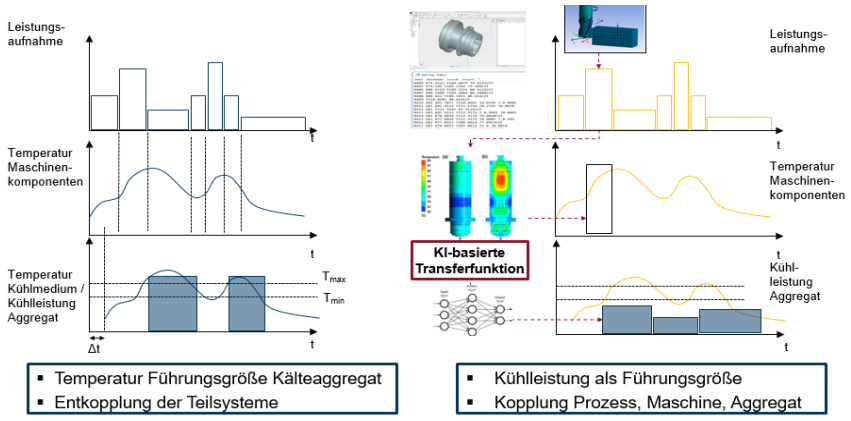


Abbildung 1: Bedarfsorientierte Kühlung des Bearbeitungsprozesses.

Schwingungsreduzierte Frässtrategieoptimierung

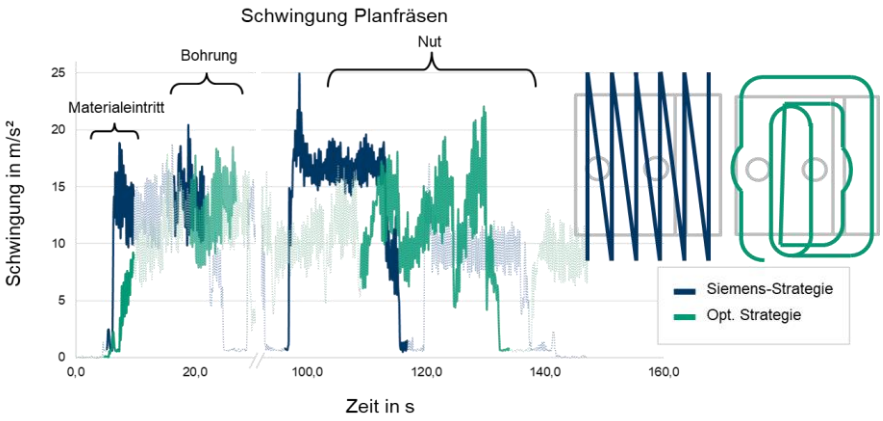
Förderung: Eigenforschung
Konsortium: Lehrstuhl REP

Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen

Ansprechpartner: Prof. Dr.-Ing. Nico Hanenkamp Telefon: +49 (0) 911 / 65078 64810
E-Mail: nico.hanenkamp@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 Regelparametern 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 Simulationsnodell 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)

Maschinelles Blutbild von Bearbeitungsprozessen

Förderung: Eigenforschung
Konsortium: Lehrstuhl REP

Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen

Ansprechpartner: Miriam Eichinger, M.Sc Telefon: +49 (0) 911 / 65078 64815
E-Mail: miriam.eichinger@fau.de

Der Kühlschmierstoff (KSS) ist ein wesentlicher Bestandteil in zerspanenden Prozessen und übernimmt die Hauptaufgaben des Kühlens, Schmierens und dem Abtransport der Späne. Der Zustand des KSS beeinflusst folglich die der Bauteilqualität als auch die Werkzeugstandzeit. Zur Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit des KSS über die Einsatzzeit sind demnach definierte Pflegemaßnahmen einzuhalten. Reglementiert sind lediglich die vier Parameter Gebrauchskonzentration, pH-Wert, Nitritgehalt und Aussehen und Geruch, welche in einem wöchentlichen Zeitintervall gemessen und dokumentiert werden sollen. Weitere Parameter wie der Fremdölgehalt, die Menge und Art der enthaltenen Feststoffe oder die mikrobielle Belastung sind nicht vorgeschrieben und werden nur bei auffälligen Abweichungen vom Ist-Zustand analysiert. Darüber hinaus sind Gegenmaßnahmen reaktiv und bestehen meist aus Nachdosieren von KSS oder Zugabe von Bioziden. Im Extremfall muss der KSS komplett ausgetauscht werden. Die Entstehungsursachen von KSS-Abweichungen sind noch nicht ausreichend untersucht, wodurch keine präventiven und ursachenspezifischen Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können und infolgedessen die Standzeit des KSS verkürzt wird.

Aus diesem Grund sollen die Messtechnik als auch die Instandhaltungsmaßnahmen für wassermischbare KSS weiterentwickelt werden. Der Fokus liegt dabei auf der Bestimmung von Anomalien im KSS in Form von Fremdöl, Mikroorganismen, und weiteren signifikanten Parametern, welche beispielsweise zu Konzentrationsabweichungen führen können und die Standzeit des KSS verringern. Dies erfordert einerseits die Entwicklung geeigneter neuer Sensorik, welche signifikante Prozessparameter kontinuierlich misst. Andererseits soll ein Vorhersagemodell aus Basis von Machine-Learning-Methoden entwickelt werden, welches eine digitalisierte Prozesslenkung ermöglicht und im Ergebnis zu einer optimierten KSS-Standzeit führt.

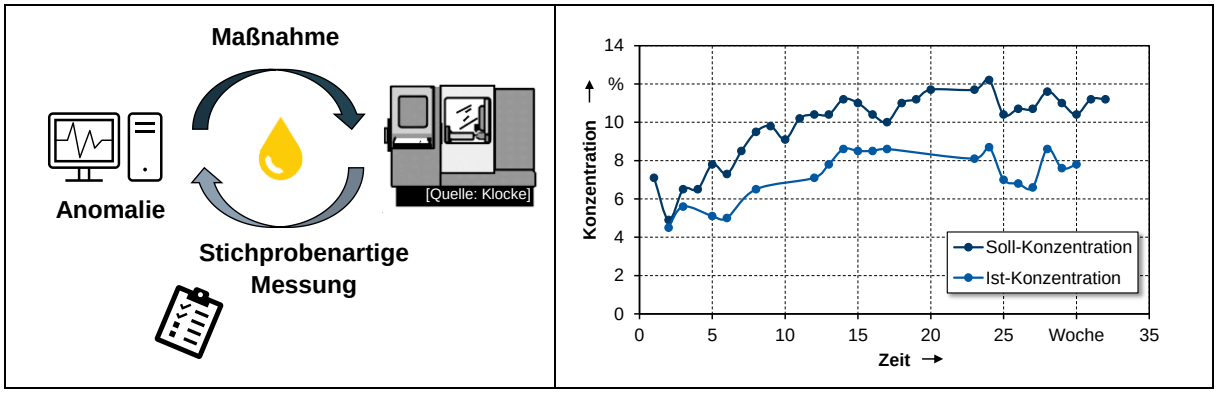


Abbildung 2: Schematische Darstellung der angestrebten KSS-Instandhaltungsmaßnahmen (links) und beispielhafter Auszug aus Soll- und Ist-Konzentrationsmessungen über einen Zeitraum von mehreren Wochen

Veröffentlichungen

Amon S., Hanenkamp N.: Technologieentwicklung kryogener Entgratungsstrategien für metallische Werkstoffe (2022), URL: https://www.fgw.de/wp-content/uploads/IGF_20730_N_KGE2.pdf, (online publication)

Amon S., Jobst A., Merklein M., Hanenkamp N.: Influence of dry ice blasting process properties on surface roughness and residual stresses of machined and additive manufactured workpieces, In: Procedia CIRP 108 (2022), S. 601-606, ISSN: 2212-8271, DOI: 10.1016/j.procir.2022.03.095

Amon S., Viner A., Hanenkamp N.: Gratentfernung durch Trockeneis, In: JOT, Journal fuer Oberflaechentechnik (2022), S. 38-41, ISSN: 0940-8789

Ju S., Gross D., Hanenkamp N.: Cutting force and vibration prediction of milling processes regarding the nonlinear behavior of cascade controlled feed drives, In: Production Engineering (2022), ISSN: 0944-6524, DOI: 10.1007/s11740-022-01140-z

Ju S., Hanenkamp N.: Milling Strategy Design to Improve Vibration Behavior, Tool Wear and Surface Roughness in Machining, 2022 9th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA 2022) (virtuell, Hainan, 15. April 2022 - 18. April 2022), In: Prof. Loon-Ching Tang, National University of Singapore, Singapore (Hrsg.): Proceedings of WCSE 2022 Spring 2022, DOI: 10.18178/wcse.2022.04.130

Meier T., Seydaack M., Gross D., Hanenkamp N.: Investigation of the influence of the additivation of a biological metalworking oil in cryogenic machining, In: Procedia CIRP (2022), ISSN: 2212-8271, DOI: 10.1016/j.procir.2022.02.116

Mühlbauer M., Epp H., Würschinger H., Hanenkamp N.: Deviation Detection in Production Processes based on Video Data using Unsupervised Machine Learning Approaches, 15th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, ICME 2021 (Naples, 14. Juli 2021 - 16. Juli 2021), In: Roberto Teti, Doriana D'Addona (Hrsg.): Procedia CIRP 2022, DOI: 10.1016/j.procir.2022.09.066

Mühlbauer M., Kutzner K., Sommer A., Würschinger H., Hanenkamp N.: An Approach to Progress Monitoring of Industrial Manual Processes Based on Camera Recordings and Object Interactions, 55th CIRP Conference on Manufacturing Systems, CIRP CMS 2022 (Lugano, 29. Juni 2022 - 1. Juli 2022), In: Anna Valente, Emanuele Carpanzano, Claudio Boer (Hrsg.): Procedia CIRP 2022, DOI: 10.1016/j.procir.2022.05.029

Sonstiges

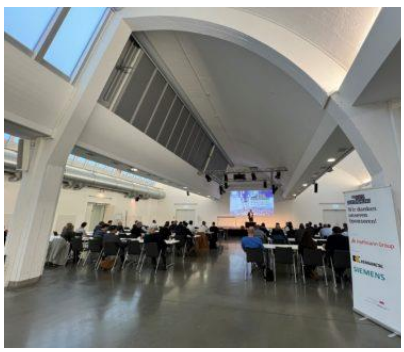
REP Innovationen beim Wissensforum Zerspanung

Antworten auf aktuelle Herausforderungen in der spanenden Bearbeitung gaben führende Werkzeughersteller, namhafte Maschinenbauer und Forschungseinrichtungen auf dem ersten Wissensforum Zerspanung des MM Maschinenmarktes Vogel am 24.11.2022 in Würzburg. Unter Leitung von Prof. Hanenkamp wurden innovative Ansätze zur Optimierung von Zerspanungsprozessen von Shu Ju, Trixi Meier und Hubert Würschinger im Rahmen einer Ausstellung präsentiert.

Frau Shu Ju untersucht im Rahmen Ihrer Forschung die Möglichkeiten Werkzeugmaschinen und deren Prozesse als Digitalen Zwilling darzustellen mit der Besonderheit das mechatronische System der Werkzeugmaschine und den Bearbeitungsprozess ganzheitlich zu modellieren und somit Transparenz für die Interaktion von allen prozessrelevanten Komponenten zu schaffen. Steigende Rohstoff- und Energiepreise sowie knappe Ressourcen führen dazu, dass Unternehmen die Einflussgrößen ihrer Prozesse genauer unter die Lupe nehmen und Alternativen prüfen.

Eine wesentliche Einflussgröße in der Zerspanung stellt die Kühlung- und Schmierung dar, in diesem Themenfeld untersucht Frau Trixi Meier zum einen den Einsatz biobasierter Schmierstoffe für die kryogene Kühlung bei der Zerspanung. Dazu wurde ein Mischsystem vorgestellt mit dem sich verschiedene Schmierstoffe in Kombination der kryogenen Kühlung zielgerichtet dosieren und digital überwachen lassen können.

Um die Kapazitäten von Werkzeugen zu nutzen ist es notwendig den Verschleiß über den Zerspanvorgang zu messen und deren Entwicklung zu prognostizieren. Dazu wurde von Herrn Hubert Würschinger ein neues Messsystem vorgestellt, bei dem sich unter Anwendung eines Luftstrahls bzw. dessen Aufprallgeräuschen Werkzeugverschleiß akustisch erkennen lässt und dieser durch ein sogen. Audiobild, zur besseren Nachvollziehbarkeit, visualisiert wird.



ECO2il – Projektpräsentation auf der Hannover Messe 2022

Zum erfolgreichen Abschluss des durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) und das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) geförderten Verbundvorhabens „ECO2il – Entwicklung biobasierter Metallbearbeitungsöle für die kryogene Minimalmengenschmierung“ konnten das Projekt und die Ergebnisse im Rahmen der Hannover Messe 2022 präsentiert werden. Neben einer Informationstafel wurde auch das am REP entwickelte Mischsystem für die kryogene Minimalmengenschmierung und eine Hochdrucksichtzelle am Gemeinschaftsstand für Bioökonomie von BMBF/PTJ und BMEL/FNR in Halle 2 ausgestellt.

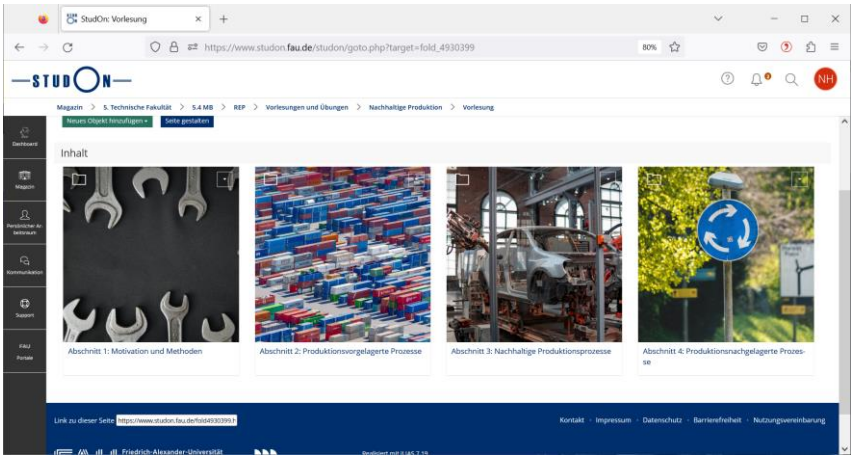
Vielen Dank an die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe für die Einladung und die Möglichkeit zur Präsentation.

Neues Lehrangebot „Nachhaltige Produktion“

Zum Sommersemester 2023 startet die gemeinsame Lehrveranstaltung „Nachhaltige Produktion“ in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS). Der Kurs erweitert das Lehrangebot des Departments Maschinenbau konsequent in Richtung Nachhaltigkeit, wodurch die FAU mit ihrem weiterentwickelten Kursangebot eine Vorreiterrolle hinsichtlich gesellschaftlicher und industrieller Relevanz einnimmt. Das von den beiden FAU-Lehrstühlen REP und FAPS neu entwickelte Fach wird über die virtuelle Hochschule Bayern (vhb) angeboten. Das Lehrangebot richtet sich damit nicht nur an FAU-Studierende, sondern ebenfalls an Studierende aller bayerischen Hochschulen und Universitäten.

Die zunehmende Bedeutung von Nachhaltigkeit sowie das gestiegene öffentliche Interesse an den sozialen und ökologischen Auswirkungen von unternehmerischem Handeln insbesondere dem produzie-

renden Gewerbe, erfordern einen tiefgreifenden Blick auf Produktionsprozesse im Hinblick auf Nachhaltigkeitsaspekte. Das Fach soll ein Bewusstsein für die Notwendigkeit nachhaltigen Produzierens schaffen sowie Grundlagen und Konzepte zur Umsetzung nachhaltiger Produktionsprozesse vermitteln. Inhaltlich ist der Kurs analog zum Produktlebenszyklus aufgebaut und behandelt Nachhaltigkeitsaspekte entlang der gesamten Produktionsprozesskette von produktionsvorgelagerten Schritten wie dem Design über den eigentlichen Produktionsprozess bis zu produktionsnachgelagerten Bereichen wie dem Recycling und Remanufacturing. Hierzu werden durch eine Vielzahl an industrienahen Praxisbeispielen mögliche Maßnahmen und Lösungskonzepte entlang der jeweiligen Prozessschritte illustriert. Das Modul umfasst nach seiner Einführung 4 Semesterwochenstunden bzw. 5 ECTS und wird zukünftig als Wahlpflichtfach in den Studiengängen Maschinenbau, Mechatronik und Wirtschaftsingenieurwesen angeboten.



Um dem allgemeinen öffentlichen Interesse im Hinblick auf das Thema Nachhaltigkeit Rechnung zu tragen, bietet die FAU zusätzlich einen kostenfreien und öffentlichen Kurs über das Open-vhb-Portal für allgemein Interessierte bzw. Fachfremde an.

Deutscher Six Sigma Preis für wissenschaftliche Arbeit am REP

Der European Six Sigma Club Deutschland (ESSC-D) zeichnet jährlich herausragende Arbeiten aus, die sich mit der Anwendung von Six Sigma Methoden in Wissenschaft und Praxis befassen. In diesem Jahr dürfen wir uns besonders über die Prämierung der Masterarbeit von Herrn Lukas Emilius freuen, der in der Kategorie Wissenschaft den zweiten Platz belegt hat. Herr Emilius hat im Rahmen seiner Masterarbeit mit dem Titel „Untersuchung des Optimierungspotenzials der Werkzeugwechselstrategie im Maschinenbau mithilfe eines stochastischen Modellierungsansatzes“ bestehende Werkzeugwechselstrategien in Unternehmen untersucht und einen Modellierungsansatz entwickelt, mit dem sich anhand von vorhandenen Kennzahlen der Werkzeugverschleiß und dessen Entwicklung vorhersagen lässt sodass der ideale Zeitpunkt des Werkzeugwechsels abgeleitet werden kann. Mit Hilfe dieses Ansatzes kann die Planung des Werkzeugwechselzeitpunktes verbessert werden wodurch sich Kosteneinsparungen für die Unternehmen ergeben.

Weitere Infos unter: https://www.sixsigmaclub.de/