

SmartWEAR

Beherrschung, Prävention und Prädiktion von Verschleißerscheinungen in mehrstufigen Umformprozessen

Projektverantwortlicher	Philipp Schumann M. Sc.
Laufzeit	Oktober 2021 – März 2024
Abteilung	Tribologie
Förderlinie	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz AiF ZIM

Abstract

Verschleiß bestimmt maßgeblich die resultierende Produktqualität und damit die Einsatzdauer des verwendeten Werkzeugs. Eine Überwachung der Verschleißentwicklung sowie die Planung proaktiver Wartungseingriffe ist also von besonderer Bedeutung. Das Hauptaugenmerk dieses Projektes liegt dabei beim Verschleiß, welcher bei der Kupferbearbeitung hervorgerufen wird, da dieser Werkstoff im Rahmen der Elektrifizierung des Straßenverkehrs immer häufiger eingesetzt wird.

Projektbeschreibung

Um die Möglichkeiten für solch eine kontinuierliche Verschleißfassung zu erforschen, kooperiert das PtU im vorliegenden Forschungsprojekt mit nationalen und internationalen Forschungspartnern. Hierzu werden am PtU zusammen mit Filzek TRIBOTech Dauerverschleißversuche an mit einem FVW auf der institutseigenen Schnellläuferpresse durchgeführt und verschiedenen Prozessgrößen aufgezeichnet. Das verwendete Werkzeug wird vom türkischen Produktionsunternehmen HATKO Electronics gefertigt und zur Verfügung gestellt. Die türki-

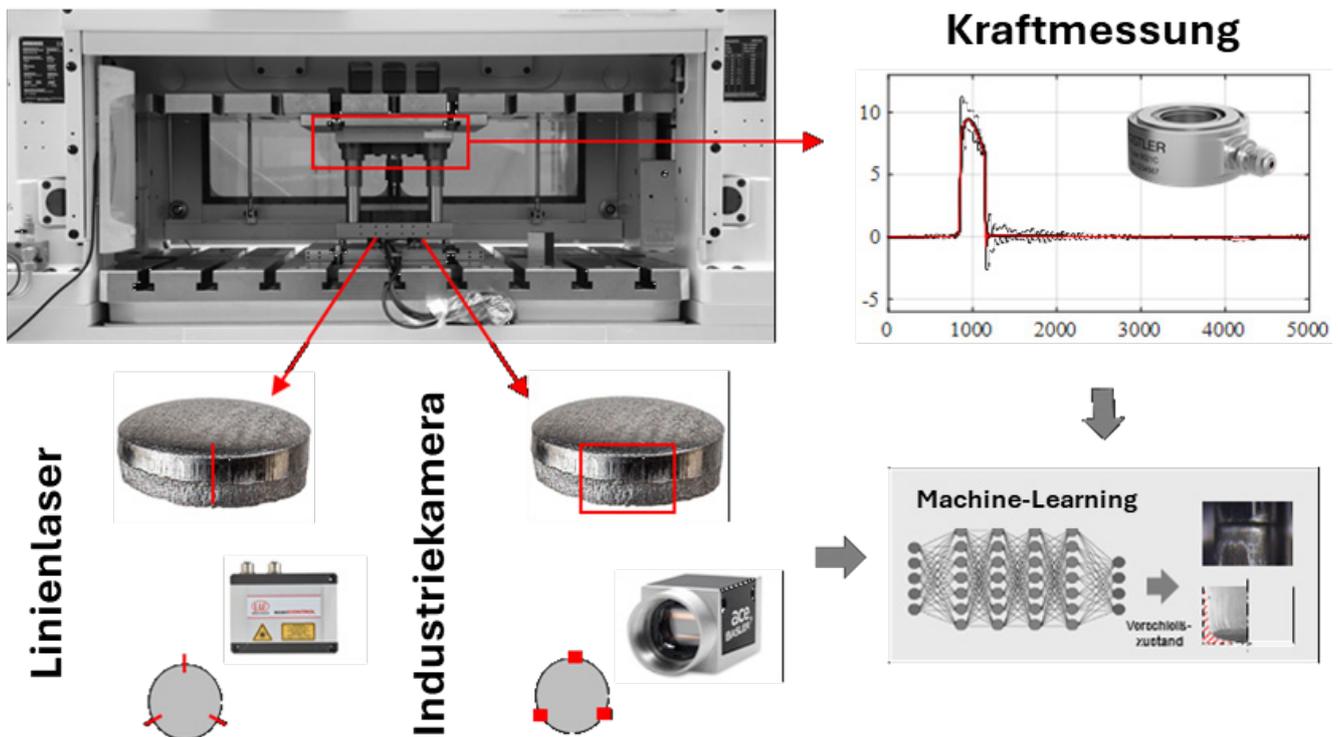
sche Hatcettepe Universitesi übernimmt die numerische Untersuchung des Schneidverhaltens.

Die in den Dauerversuchen gesammelten Prozessdaten werden am PtU zum Training von Machine Learning Algorithmen genutzt (Abbildung [1]). Diese sollen später auf Basis von aktuellen Daten aus der Produktion den aktuellen Verschleißzustand im Prozess vorhersagen können. Das Training der Algorithmen erfolgt Hand in Hand mit regelmäßiger Anwendung der Algorithmen auf weitere Versuche und eventueller Korrektur.

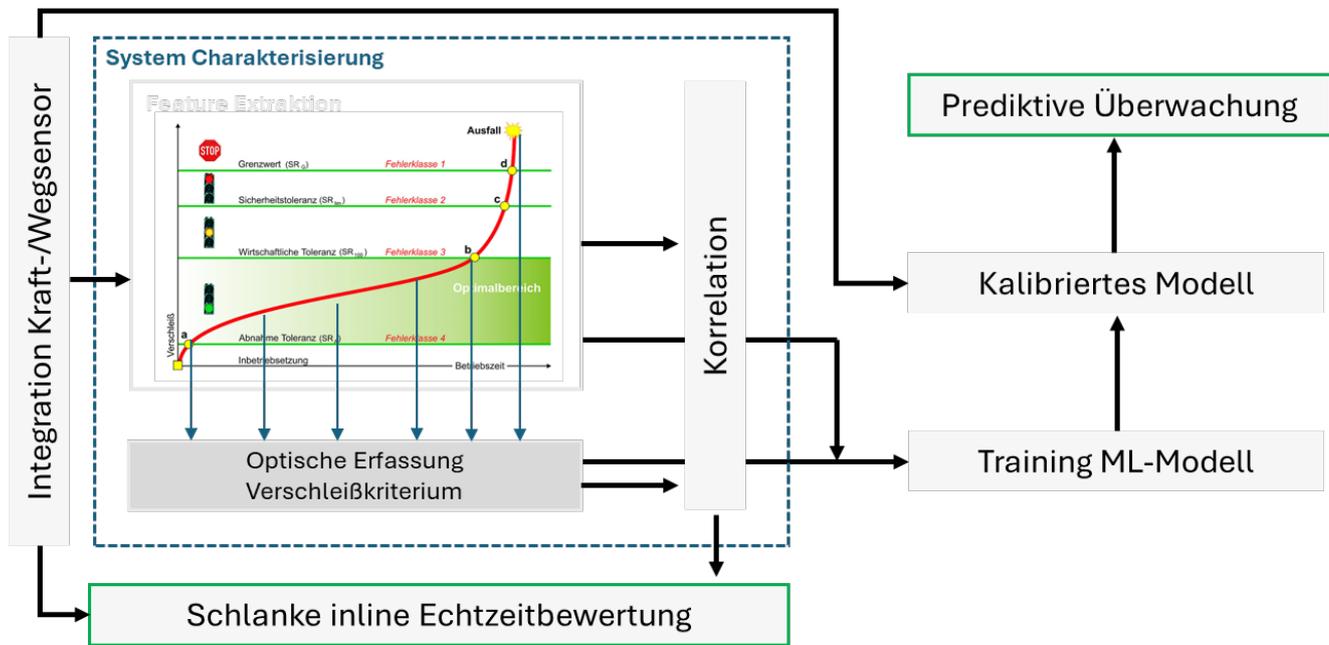
Zum Projektabschluss sollen die erarbeiteten Modelle auf einen tatsächlichen Produktionsprozess bei HATKO ELECTRONICS angewendet und ihre Wirksamkeit überprüft werden.

Ergebnisse

Im Rahmen des Projekts wurde maßgeblich eine modulare Echtzeit-Prozessüberwachung und -auswertung anhand von Hüllkurven und anderen extrahierbaren Merkmalen im



[1] Prozessgrößen im Scherschneidprozess



[2] Verwendete Monitoring-Strategie

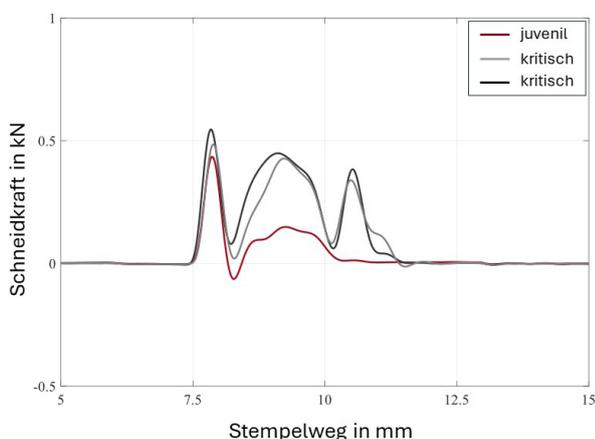
Industriewerkzeug implementiert. Zur Validierung wurden mehrere Dauerversuchsreihen mit Stempeln unterschiedlicher Verschleißzustände durchgeführt. Anhand der vom Industriepartner als qualitätskritisch identifizierten Stempel wurden dafür charakteristische Kraftverläufe aufgezeichnet und anhand dieser inline Handlungsempfehlungen in ein echtzeitfähiges Monitoring zurückgeführt. Abbildung [2] visualisiert die hierfür abgeleitete Strategie.

Beim industriellen versuchswerkzeug handelt es sich um ein mehrstufiges Folgeverbundwerkzeug (FVW). Neben einfachen Lochstanzungen finden hier auch ein Außenkonturschnitt sowie Prägeoperationen in mehreren Stufen statt. In das Werkzeug wird ein Blechstreifen vom Coil geführt, im FVW selbst sind die Konturschnitte so angeordnet, dass daraus pro Stanzung zwei identische Bauteile entstehen. Es findet also eine Bandteilung

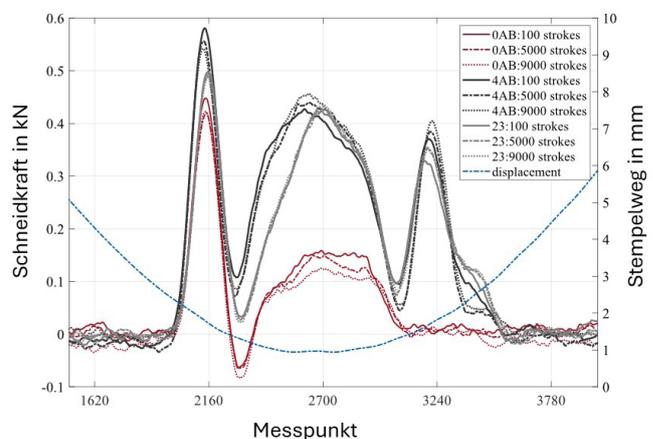
statt, die am Ende des Moduls mit einer zweibahnigen Bandführung und schließlich einem offenen Schneidvorgang endet. Dieser trennt schließlich die beiden Bauteile vom Band. Durch die Produktion von zwei Bauteilen pro Hub sind auch zwei der als qualitätskritisch identifizierten Schneidstempel pro Hub im Eingriff. Diese sind in der Führungsplatte des Werkzeugmoduls schwimmend gelagert. Der integrierte Kraftmessring ist so positioniert, dass er an beiden Stempeln anliegt. Das aufgezeichnete Kraftsignal repräsentiert somit den Verlauf beider Schneidstempel. Mit der zuvor implementierten Messkette wurden Dauerversuche für sechs Stempel mit 30k Hub durchgeführt und ausgewertet. Daraus wurden die Überwachungskriterien abgeleitet.

Abbildung [3] zeigt eine Auswertung der durchgeführten Versuche für die betrachteten Stempel. Gezeigt sind die klassifi-

a) Gemittelte Kraftverläufe FVW



b) Dedizierte Kraftverläufe FVW



[3] Schneidkraftverläufe unterschiedlicher Verschleißklassen

zierten Verschleißgruppen, die vom Partner HATKO Electronics als repräsentativ eingestuft wurden. Dargestellt sind sowohl die gemittelten Hubverläufe, die die allgemeine Charakteristik des jeweiligen Verschleißzustandes beschreiben, als auch ausgewählte Einzelhübe nach mehreren tausend Hüben.

Zwar ist auch hier eine Schnittphase sowie ein ausgeprägter Schnittschlag bei noch unbenutzten Schneidstempeln zu erkennen, der bei bereits verschlissenen Stempeln stark abnimmt, jedoch unterscheiden sich die Durchdrückphase und die Rückzugsphase deutlich. Insbesondere bei zunehmendem Verschleiß nimmt die Durchdrückphase eher einen glockenförmigen Verlauf an (graue Linien). Eine Rückzugsphase im klassischen Sinne gibt es nicht. Obwohl sich bei den verschlissenen Stempeln eine stark ausgeprägte dritte Phase ergibt, die sich als Qualitätskriterium für die Inline-Überwachung eignet, wird trotz des Rückhubs keine Zugkraft, sondern eine Druckkraft aufgezeichnet. Eine mögliche Erklärung hierfür ist der mehrstufige Werkzeugaufbau und die sich durch den Stempelverschleiß entwickelnden Nebenkraftschlüsse.

Als diskrete Gütekriterien für die Prozessüberwachung werden daher für den betrachteten Fall die Lage und Höhe des Schnittschlags, die maximale Eindringkraft am UT sowie die Lage und Höhe der „Rückzugsphase“ in das Monitoringsystem implementiert. Die Werte können in Echtzeit diskretisiert und über ein einfaches Ampelsystem bewertet werden. Dabei wird eine Überschreitung der maximal zulässigen Schnittkraft zunächst nur durch eine orange Ampel angezeigt. Die Erkenntnisse haben gezeigt, dass dies nur ein frühzeitiger Indikator ist, aber noch keinen Handlungsbedarf auslöst. Überschreitet hingegen die Durchdrück- oder Rückzugskraft einen definierten Schwellwert, zeigt die Ampel ein rotes Licht und signalisiert damit eine unzureichende Produktqualität bzw. Ausschuss. Da das industrielle Referenzwerkzeug während der Projektlaufzeit immer wieder angepasst werden musste, wurden die Schwellwerte so implementiert, dass durch einfache Bedieneingriffe die Position und das Niveau verschoben werden können. Dies zeigte sich für den industriellen Alltag als sehr praktikable Lösung.

Mit dem Motoringsystem wurde damit ein effektives Instrument entwickelt, das sich dynamisch an Veränderungen in der Produktionsumgebung anpassen kann und eine robuste Prozessüberwachung ermöglicht. Die notwendigen Eingriffe beschränken sich auf die Integration eines Kraftsensors in den Hauptkraftfluss. Durch die sehr geringen Abmessungen der verwendeten Piezokraftmessringe ist dies in einer Vielzahl von industriellen Anwendungsfällen problemlos möglich. Damit wurde eine Messmethodik entwickelt, die es ermöglicht, entwickelte Messsystem konnte die Ausschussrate gegenüber der bisherigen reaktiven und wartungsgesteuerten Stichprobenüberwachung deutlich reduziert und die interne Wirtschaftlichkeit erhöht werden.

Danksagung

Das Projekt IdentiTI wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der KMU-Innovationsoffensive Materialforschung für Gesundheit und Lebensqualität gefördert. Zusätzlich gilt der Dank an die Projektpartner ADVANTIQX, Institut für Werkstoffe der TU Braunschweig und Schweizer Feinwerktechnik.

Gefördert durch



Projektpartner

