

Effiziente Werkzeuginstandhaltung – vom Kostenverursacher zum Wettbewerbsfaktor

Die Werkzeuginstandhaltung sieht sich aktuell mit einer Vielzahl großer Herausforderungen konfrontiert. Dazu zählen ungeplante Produktionsausfälle, Folgeschäden als Ergebnis einer reaktiven Instandhaltung sowie der unnötige Austausch von Bauteilen nach festen Intervallen, unabhängig vom Werkzeugzustand. Hinzu kommt, dass der Ressourcenbedarf aufgrund nicht planbarer Instandhaltungsmaßnahmen schwankt und die Instandhaltungskosten, bedingt durch auftragsindividuelle Bearbeitungsstrategien, hoch sind. Wie können Unternehmen diesen Herausforderungen ganzheitlich begegnen?

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Boos, MBA

ist geschäftsführender Oberingenieur des Lehrstuhls für Produktionssystematik am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen und Geschäftsführer der WBA Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH



Dr.-Ing. Christoph Kelzenberg

ist Oberingenieur der Abteilung Unternehmensentwicklung des Lehrstuhls für Produktionssystematik am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen



David Goertz, M.Sc.

ist Gruppenleiter in der Abteilung Unternehmensentwicklung des Lehrstuhls für Produktionssystematik am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen



Bernd Haase, M.Sc.

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Unternehmensentwicklung des Lehrstuhls für Produktionssystematik am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen

Maßgeblich ist es zunächst, dass Unternehmen die richtige strategische Perspektive auf die Werkzeuginstandhaltung wählen. Während die klassische Denkweise die Werkzeuginstandhaltung lange als Kostenverursacher sah, verstehen erfolgreiche Unternehmen diese zunehmend als Wettbewerbsfaktor. Im Gegensatz zur „Cost-Cutting-Strategie“ betrachten sie die Planung der Werkzeuginstandhaltung aus strategischer Perspektive als ganzheitliche Managementaufgabe. Langfristige Investitionen in die Werkzeuginstandhaltung erlauben den Einsatz neuer Technologien zur Unterstützung der Instandhaltung. Industrie 4.0 bietet die Möglichkeiten, den Instandhaltungsprozess vorausschauend zu führen. Mithilfe datenbasierter Prognoseverfahren können Anlagenzustände basierend auf historischen Daten analysiert und in Echtzeit prognostiziert werden. So lassen sich Anlagenverfügbarkeit und Produktionsoutput erhöhen. Digitale Technologien unterstützen die Mitarbeiter zudem optimal bei der effizienten Durchführung der Instandhaltungsaufgaben. Erfolgreiche Betriebe fokussieren sich bereits heute auf diese Art der Instandhaltung, die als Predictive Maintenance bezeichnet wird.

Die Abteilung Unternehmensentwicklung des Lehrstuhls für Produktionssystematik am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen hat in Zusammenarbeit mit Beratern der WBA Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH und Serienproduzenten sowie Werkzeugbaubetrieben einen Leitfaden entwickelt, um Unternehmen dazu zu befähigen, eigenständig vorausschauende Wartungssysteme im Sinne der Predictive Maintenance zu entwickeln [1].

AUFBAU UND ZIEL DES LEITFADENS

Vorausschauende Wartungssysteme zu entwickeln ist insbesondere für Unternehmen der Massivumformung und ihre Werkzeugbaupartner interessant. Sie verzeichnen in der Serienproduktion vermehrt werkzeugbedingte Ausfälle durch wiederholte, unvorhergesehene Störeinflüsse. Predictive Maintenance kann diesen Unternehmen helfen, Störfälle wie Werkzeugversagen zu prognostizieren und darauf basierend konkrete Maßnahmen abzuleiten. Dieser konkrete Kundennutzen bietet Unternehmen die Chance, das Dienstleistungsportfolio entlang des gesamten Werkzeuglebenszyklus um Predictive-Maintenance-Lösungen zu erweitern.

Die Entwicklung von Predictive-Maintenance-Lösungen in Kollaboration von Serienproduzenten und Werkzeugbaubetrieben bedarf mehrerer Schritte. Da das Thema so komplex ist, kommt es während der Implementierung in der Regel zu zahlreichen Iterationen. Natürlich können Schritte übersprungen oder vereinfacht ausgeführt werden, wenn zum Beispiel bereits Sensoren integriert sind.

Der im Leitfaden beschriebene generische Prozess stellt die Entwicklung von Predictive-Maintenance-Lösungen systematisch in drei Phasen mit insgesamt sechs Schritten dar. Im Rahmen der Analysephase werden zunächst alle relevanten Voraussetzungen und Anforderungen an eine Predictive-Maintenance-Lösung aufgenommen. In der Gestaltungsphase werden werkzeug-, infrastruktur- und dienstleistungsseitige Lösungen entwickelt.

Abschließend erfolgen in der Umsetzungsphase die Implementierung, die Auswahl und das Anlernen von Algorithmen sowie die Definition von Interaktionspunkten und Workflows.

ANALYSEPHASE

In der Analysephase gilt es zunächst, relevante Produktionsprozesse und eingesetzte Werkzeuge zu identifizieren, um den Betrachtungsbereich festzulegen. Für Predictive-Maintenance-Lösungen eignen sich unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten insbesondere kostenintensive Produkte, die in hoher Stückzahl gefertigt werden und bei denen häufig kostspielige Fehler auftreten. Diese Kriterien sollten daher sowohl bei der Prozess- und Werkzeugidentifikation berücksichtigt werden als auch bei der anschließenden Bestimmung der auftretenden Fehler. Vor allem Fehler, die hohe finanzielle Auswirkungen auf die Lebenszykluskosten des Werkzeugs haben, bieten großes Einsparpotenzial und sollten genauer analysiert werden.

Nach der Auswahl des Betrachtungsbereichs inklusive relevanter Bauteil- und Werkzeugfehler folgt die Vorbereitung der Prognosesystematik. Zuerst ist eine Aufnahme der ganzheitlichen Wirkzusammenhänge von Fehlern und Instandsetzungsmaßnahmen notwendig, um ein detailliertes Verständnis von Prozess und Produkt zu gewinnen. Die Wirkzusammenhänge für Bauteil- und Werkzeugfehler eines Massivumformprozesses sind nachfolgend beispielhaft dargestellt (Bild 1). Hierbei werden jedem Fehlerbild auftretende Ausprägungen, relevante Messwerte, Sensoren zur Erfassung dieser Messwerte, Schadensursachen und daraus folgende Maßnahmen zugeordnet. Anschließend werden aufbauend auf den ermittelten Wirkzusammenhängen geeignete Eingriffs- und Warngrenzen für die relevanten Prozessparameter definiert. Diese müssen für alle zuvor definierten Messgrößen sinnvoll festgelegt werden und sind für die spätere Zustandsüberwachung und für die Prognose zukünftiger Prozesszustände erforderlich.

GESTALTUNGSPHASE

Die Gestaltungsphase dient dazu, die Predictive-Maintenance-Lösung zu konkretisieren und ein Dienstleistungskonzept zwischen Serienproduzent und Werkzeugbaubetrieb zu entwickeln. Hierzu werden zunächst die einzelnen Bedürfnisse von Serienproduzent und Werkzeugbaubetrieb identifiziert und priorisiert. Danach werden direkte und indirekte Dienstleistungen entwickelt und deren Relevanz für den Serienproduzenten sowie den Werkzeugbaubetrieb bewertet.

Im nächsten Schritt erfolgen die Sensorintegration und Datenerfassung parallel zum Aufbau einer digitalen Infrastruktur. Die digitale Infrastruktur wird iterativ in Abstimmung



Bild 1: Die Zusammenstellung der Wirkzusammenhänge von Bauteil- und Werkzeugfehlern in der Massivumformung sind relevant für die Ableitung einer Prognosesystematik.

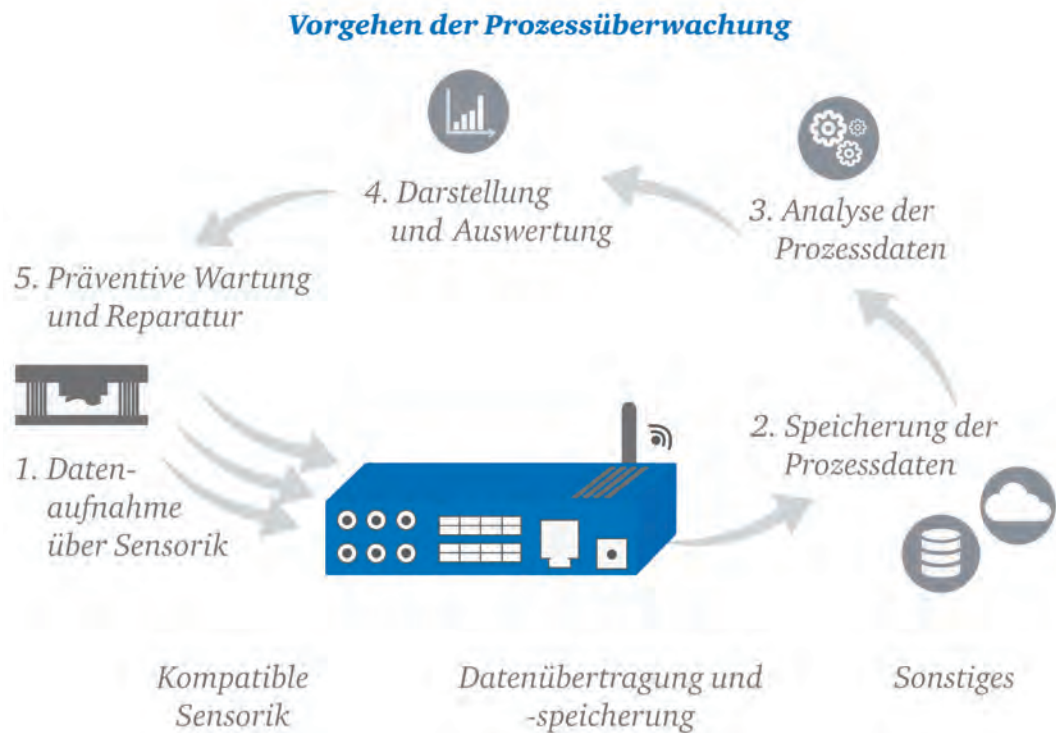


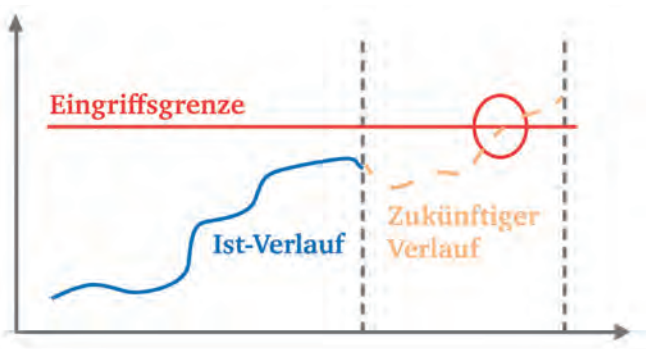
Bild 2: Mittels Datenanalyse werden aus gesammelten Sensordaten präventive Wartungen und Reparaturen prognostiziert

mit der benötigten Sensorik aufgebaut. Diese wird eingesetzt, um den Produktionsprozess digital abzubilden und damit die Daten zu generieren, die für eine Predictive-Maintenance-Lösung unverzichtbar sind.

Der Sensorbedarf ergibt sich aus der Verknüpfung von konkret auftretenden Fehlern mit den dazugehörigen Prozessparametern. Hierfür werden jeweils passende Sensoren und deren Positionen am Werkzeug identifiziert. Parallel dazu werden Anforderungen an eine übergreifende Datenplattform systematisch entwickelt, entsprechende Teilziele für die technische Umsetzung definiert und in einem Lastenheft zusammengeführt. Anschließend folgt die Entwicklung der übergreifenden Datenplattform (Bild 2).

UMSETZUNGSPHASE

Die Umsetzungsphase bildet den letzten Schritt mit der Auswahl und dem Training des Algorithmus zur Vorhersage von Fehlern. Ziel ist es, eine Verletzung vorab definierter Eingriffsgrenzen im



Voraus zu prognostizieren, um präventiv Korrekturmaßnahmen einleiten zu können (Bild 3). Insbesondere das Training des Algorithmus ist ein zentraler Schritt, um eine hohe Prognosequalität des Algorithmus und damit die gewünschte Funktionalität der Predictive-Maintenance-Lösung sicherzustellen. Im Rahmen des Trainings erlernt der Algorithmus auf Basis von Vergangenheitsdaten die Zusammenhänge zwischen auftretenden Fehlern und den dabei erfassten Prozessparametern. Der Algorithmus wird somit dazu befähigt, die Wirkzusammenhänge zu reproduzieren, um auftretende Fehler und damit potenzielle Instandhaltungsfälle auch bei neuen Datensätzen prognostizieren zu können.

VALIDIERUNG DER ERGEBNISSE

In Zusammenarbeit mit Serienproduzenten und Werkzeugbaubetrieben wurden die im Leitfaden beschriebenen Schritte zur Entwicklung vorausschauender Wartungssysteme validiert. Dabei erreichten beide Gruppen Verbesserungen innerhalb der vier Zieldimensionen Wirtschaftlichkeit, Strategie, Qualität und Zeit (Bild 4).

Bild 3: Ein geeigneter Algorithmus berechnet eine Verletzung vorab definierter Eingriffsgrenzen, um präventiv Korrekturmaßnahmen einleiten zu können

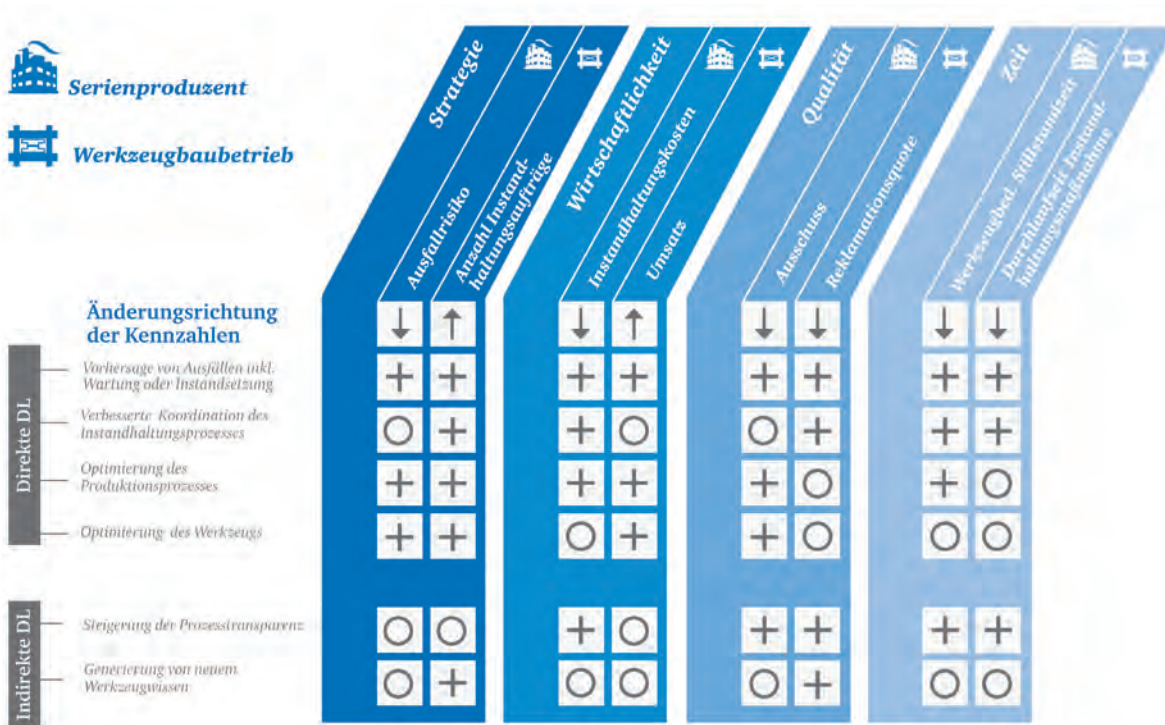


Bild 4: Die entwickelten direkten und indirekten Dienstleistungen (DL) haben oftmals einen positiven Einfluss auf die Kennzahlen innerhalb der vier Zieldimensionen.

Bilder: WZL der RWTH Aachen

Auf Basis konkreter Predictive-Maintenance-Anwendungen wurden spezifische Dienstleistungen wie beispielsweise die Vorhersage von Ausfällen inklusive Wartung oder Instandsetzung ausgearbeitet. Die entwickelten Dienstleistungen hatten dabei auf alle vier Zieldimensionen einen positiven Einfluss.

Vorteile für Serienproduzenten als Dienstleistungsempfänger liegen vor allem in reduzierten Instandhaltungskosten sowie in einer verbesserten Produktionsplanung und Prozessoptimierung. Der Werkzeugbaubetrieb profitiert als Dienstleistungsanbieter von der Ausweitung seines Leistungsangebots und einer damit verbundenen Wettbewerbsdifferenzierung. Im Rahmen der Erprobung des Leitfadens wurde außerdem eine Predictive-Maintenance-Plattform entwickelt, welche die Produktions- und Sensordaten in Verbindung mit Warnmeldungen anschaulich visualisiert. Sie informiert in verschiedenen Ansichten über den Zustand von Produktionsmaschinen und Werkzeugen.

Neben der Anzeige von Informationen und Warnmeldungen ist es außerdem möglich, eigene Analysen ausgewählter Daten durchzuführen. Werkzeugbaubetriebe können Instandsetzungsmaßnahmen dadurch langfristig anbieten und frühzeitig einplanen. Gleichzeitig wird die Stillstandszeit beim Serienproduzenten minimiert, sodass beide Partner von der entwickelten Lösung profitieren.



Der detaillierte Leitfaden und die Ergebnisse der Studie sind kostenlos auf der Webseite des WZL zum Download verfügbar:

FAZIT

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass der Einsatz von Predictive-Maintenance-Lösungen große Potenziale zur Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit in der Massivumformung bietet. Dazu zählt insbesondere eine signifikante Reduktion ungeplanter Ausfälle bei gleichzeitiger Verringerung von Instandhaltungskosten durch eine besser planbare, zustandsgerechte Instandhaltung. Durch die Bereitstellung entsprechender Dienstleistungen bietet sich Werkzeugbaubetrieben die Möglichkeit, das marktseitige Angebot auszuweiten, sich wirksam vom Wettbewerb zu differenzieren und die Profitabilität zu steigern. Durch den kooperativen Aufbau von Predictive-Maintenance-Lösungen können folglich beide Seiten gleichermaßen von entsprechenden Dienstleistungskonzepten profitieren.

Die nächste Stufe – Prescriptive Maintenance – wird aktuell bereits erforscht. Dabei regelt eine künstliche Intelligenz aktiv Produktionsparameter des Werkzeugs und der Produktionsanlage, um diese im Sollbereich zu halten und beispielsweise durch Reduktion der Produktionsgeschwindigkeit Instandhaltungspunkte rüstzeitoptimal anzupassen.



[1] Schuh, G.; Kelzenberg, C.; Lange, J. de; Busch, M.; Stracke, M.; Frey, C.: Predictive Maintenance. Entwicklung vorausschauender Wartungssysteme für Werkzeugbaubetriebe und Serienproduzenten, 1. Aufl., WZL im Eigenverlag, Aachen, 2020