



1 *UNION PCR 200: Die Zustandsbewertung von Großmaschinen für die effiziente Bearbeitung großer Bauteile aller Art stellt besondere Herausforderungen an die Datenbewertung.*

INTELLIGENTE ZUSTANDSÜBERWACHUNG FÜR SPANENDE GROSSMASCHINEN

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

Reichenhainer Straße 88
09126 Chemnitz

Abteilung Werkzeugmaschinen

Dipl.-Ing. Uwe Friess
Telefon +49 371 5397-1393
uwe.friess@iwu.fraunhofer.de

www.iwu.fraunhofer.de

IN ZUSAMMENARBEIT MIT



Die Absicherung der Leistungsfähigkeit auf Komponenten- und Maschinenebene ist eine zentrale Zielstellung einer ressourcen-effizienten und schlanken Produktion. Die intelligente Vernetzung unterschiedlicher Datenquellen ermöglicht es, ein zunehmend präziseres Verständnis über das Maschinenverhalten abzuleiten.

Besondere Anforderungen in Großmaschinen ergeben sich daraus, dass sowohl die Prozesse, die Werkstücke als auch die Maschinenkonfiguration selbst deutlichen Veränderungen im zeitlichen Verlauf unterworfen sind. Klassische Verfahren zur Kennwertbildung aus der Serienfertigung, bei dem Grenz- und Schwellenwerte – basierend auf einer definierten Anlernphase («Nullserie») – mithilfe unterschiedlicher Verfahren zu einem Zeitpunkt t fixiert werden, können somit für Großmaschinen keine Anwendung finden.

Adaptive Kennwertbildung auf Basis gleicher Maschinenzustände

Um für das wechselnde Einsatzspektrum von Großmaschinen eine Vergleichsbasis zu schaffen, wurde am Fraunhofer IWU ein Ansatz entwickelt, der ohne die üblichen Testzyklen eine prozessparallele Kennwertbildung ermöglicht. Der prinzipielle Ansatz besteht in der Erkennung gleichartiger Systemzustände zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Dies bedeutet konkret, dass die Maschine zu zwei Zeitpunkten den gleichen Prozess ausführt, eine sehr ähnliche Konfiguration aufweist (Achsstellungen, gleiches Werkzeug) und zusätzlich die Umweltbedingungen nicht wesentlich abweichen. Der Abgleich erfolgt über ein fortwährendes Mapping unterschiedlicher Daten aus der Steuerung (z. B. SPS oder NC-Daten) und sensorischer Informationen. Tritt ein Zustand nach einer Zeit t erneut auf, wer-

den die Daten gesichert und anschließend zur weiteren Verarbeitung herangezogen. Abhängig vom Kontext der entsprechenden Komponente wird der zulässige Wertebereich anschließend entweder auf Basis bekannter Zusammenhänge zum Einlaufverhalten nach einer bestimmten Zeit fixiert oder permanent auf Basis des bisherigen Verlaufs neu berechnet. Zusätzlich zur Schaffung der Vergleichsbasis wird damit eine weitere Adaption an die besonderen Anforderungen von Großmaschinen getroffen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass keine Vordefinitionen von Grenzwerten notwendig sind. Die Grenzwerte werden automatisiert berechnet und mit den Realdaten verglichen.

Kennwertinterpretation mithilfe der Fuzzyfizierung

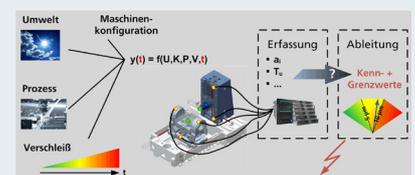
Neben der Kennwertbildung ergibt sich hinsichtlich der Nutzung unterschiedlichster Kennwerte ein Abstrahierungsbedarf für den Endnutzer bzw. Maschinenbediener. Dieser soll die Grenzwerte möglichst unabhängig vom Kennwert interpretieren. Da die Grenzwerte selbst aufgrund bestimmter Annahmen gebildet werden und daher in sich Unsicherheiten aufweisen, ist eine scharfe Einteilung in »typischer Wert« und »auffällig« nicht sinnvoll. Daher wurde am Fraunhofer IWU unter Berücksichtigung der Anforderungen von Großmaschinen eine graduelle Interpretation entwickelt, die auf der Nutzung von unscharfen Fuzzy-Mengen basiert. Liegt ein Kennwertverlauf zu einer Komponente inklusive des entsprechenden Korridors vor, so lässt sich direkt aus dem

Verlauf der Absolutwerte dieses Parameters für einen bestimmten Zustand eine Aussage auf Basis von Fuzzy-basierter Logik ableiten. Ausgehend vom typischerweise zu erwartenden Kennwert zum Zeitpunkt t wird jeder Abweichung eine graduelle Abnahme der Zugehörigkeit zugeordnet. Diese graduelle Zuordnung kann dann in abstrakte Kategorien wie Ampelfarben oder Warnbereiche überführt werden.

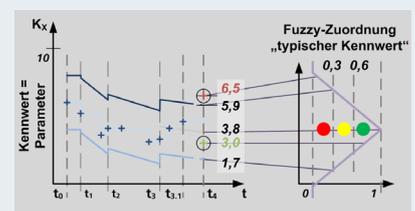
Maschinelles Lernen durch Fuzzy-Clustering

Trotz Bildung einer Vergleichsbasis durch den Abgleich von Maschinenzuständen und die nachfolgende adaptive Kennwertbildung können bei der sehr langfristigen Nutzung von Großmaschinen neue Prozesskonfigurationen, Werkstücke mit abweichenden Eigenschaften oder Phasen auftreten, bei denen ein bestimmter Zustand nicht mehr eintritt. Um dennoch eine Interpretation der Kennwerte zu ermöglichen, können Clusteranalysen auf Basis gradueller Zugehörigkeiten einzelner Zustände erfolgen. Da ein klassisches c-Means Clustering hier nicht möglich ist, erfolgt eine Einordnung neuer Zustände, indem der entsprechende Zustand graduell Zustandsclustern zugeordnet wird. Entsprechend diesen graduellen Zugehörigkeiten erfolgt dann auch die Interpretation des Kennwertes zum Zeitpunkt t . Die Cluster werden fortwährend auf Basis der aufgetretenen Zustände Neuberechnet. Dabei besteht auch die Möglichkeit, sehr alte Zustände nach einem Zeitraum T zu verwerfen.

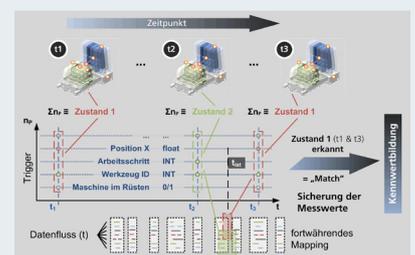
Herausforderungen der Zustandsbewertung



Adaptive Kennwertbildung auf Basis gleicher Maschinenzustände



Adaptive Nachführung von Kenn- und Grenzwerten



Die Maschine interpretiert damit die verschleißrelevanten Kennwerte autark und adaptiv entsprechend ihrer individuellen Historie. Darüber hinaus ist es möglich, gleiche oder sehr ähnliche Maschinen im Sinne eines Wissenpools intelligent zu vernetzen und somit die Basis der Clusterbildung wesentlich zu erweitern.