



1 Erweiterung der wahrgenommenen Umgebung: Beispiel des Einsatzes von ›Augmented Reality‹ an der Werkzeugmaschine

Neue Technologien verbessern den Service

Die Verfügbarkeit ist neben hohen Bearbeitungsgeschwindigkeiten und -genauigkeiten eine der Hauptanforderungen an heutige Werkzeugmaschinen. Optimierungspotenziale ergeben sich hier insbesondere bei der schnellen Fehlerbehebung im Servicefall. Viele dieser Servicefälle können aber auch durch ein intensives Monitoring fehleranfälliger Maschinenkomponenten und eine intelligente Verarbeitung der erfassten Daten vermieden werden. Zu beiden Aspekten gibt es neue Ansätze, die dem Maschinenbetreiber deutlichen Mehrwert versprechen.

CHRISTIAN BRECHER, ROBERT GLISSMANN, MARCO LESCHER UND MICHAEL METZELE

Die Verbesserung des Service an der Werkzeugmaschine zielt auf eine erfolgreiche und möglichst schnelle Behebung des fehlerhaften Maschinen- beziehungsweise Anlagenzustands ab. Dieser Beitrag beleuchtet diese Thematik aus der Sicht neuer Ansätze der Informationstechnologie, die für einen Einsatz im Anwendungsfeld Werkzeugmaschine von besonderem Interesse sind. Hierzu zählen die Technologie der ›Augmented Reality‹ und der Einsatz semantischer Informationsmodelle.

›Augmented Reality‹ bringt virtuelle Objekte zur Wahrnehmung

Augmented Reality (AR) ist eine neue Technologie im Bereich der Mensch-Ma-

schine-Schnittstelle. Die Technologie ermöglicht eine Anreicherung der vom Benutzer wahrgenommenen Umgebung um rechnergenerierte virtuelle Objekte (Bild 1). Der Benutzer erhält passend zur aktuellen Arbeitssituation Informationen zu einzelnen Bauteilen oder durchzuführenden Arbeitsschritten. Die Informationen werden lagerichtig eingeblendet, sodass der Servicetechniker den Eindruck gewinnt, die virtuellen Objekte haften an den realen Bauteilen. AR stellt insbesondere bei komplexen oder für den Servicetechniker unbekanntem Tätigkeiten eine sehr effektive Unterstützung dar. Eine anwendungsorientierte Betrachtung der AR-Technologie wurde insbesondere im BMBF-Projekt ARVIKA [1] forciert. Nachfolgeprojekte [2] befassen

sich intensiv mit den für einen industriellen Einsatz relevanten Themen. Zu diesen zählen unter anderem die Umsetzung einer AR-gerechten Informationsbereitstellung, die Realisierung eines markerlosen Trackings, also der Verfolgung der im Raum befindlichen Objekte (inklusive der Kopfposition des Benutzers), und die Verbesserung der verwendeten Geräte, insbesondere der Datenbrillen.

Arbeitsabläufe versorgen kontextsensitiv mit Informationen

Eine weitere Erfolg versprechende Möglichkeit der Unterstützung des Servicetechnikers stellen kontextsensitive Arbeitsabläufe dar. Insbesondere in der Kombination mit der Technologie ►►

►► der Augmented Reality können sie einen erheblichen Beitrag zur Verbesserung des Service liefern. AR-basierte Arbeitsabläufe sollten aber vorwiegend in komplexen oder für den Servicetechniker unbekanntem Situationen zum Einsatz kommen. Hierbei bieten Arbeitsabläufe in einzelnen Schritten Informationen zu durchzuführenden Tätigkeiten an. Für den Arbeitsschritt relevante Maschinen- oder Anlagenzustände werden dem Benutzer direkt angezeigt. Weiterführende Informationen werden passend zur aktuellen Arbeitssituation beziehungsweise den betroffenen Bauteilen und durchzuführenden Tätigkeiten angeboten. Mittels Augmented Reality kann dabei auf zu überprüfende oder auszutauschende Bauteile hingewiesen werden.

Kritisch beim Einsatz von Arbeitsabläufen im Service bleibt die Vielzahl der vorher zu definierenden Arbeitsabläufe. Für jeden fehlerhaften Maschinenzustand

scher beziehungsweise ontologiebasierter Informationsmodelle, die ein informationstechnisches Abbild der Maschine oder Anlage darstellen, erreicht werden. In einem solchen Informationsmodell können typisierte Beziehungen zwischen einzelnen Bauteilen und/oder Prozessen beziehungsweise Tätigkeiten definiert werden. Die Strukturen und Beziehungen innerhalb der semantischen Informationsmodelle dienen der IT-Anwendung, zum Beispiel einem Arbeitsablauf oder einer Fehlerdiagnose, einerseits als Wissensbasis, andererseits für den definierten Zugriff auf Informationsquellen wie die Steuerungs- oder Maschinendokumentation. Die Aufwände für die Erstellung und Pflege der genannten semantischen Informationsmodelle sind für den Bereich der Werkzeugmaschine als hoch einzuschätzen. Daher ist eine den Produktentwicklungsprozess begleitende Erstellung der Modelle unabdingbar für den

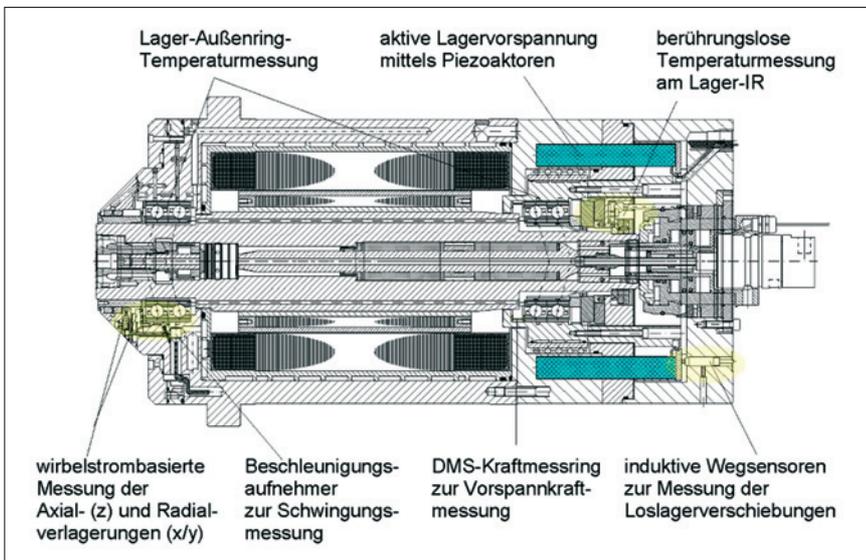
Komponenten oder über den Prozess ableiten zu können. Das Ziel aller Diagnosesysteme besteht darin, den Maschinenbetrieb sicherer, zuverlässiger und planbarer zu gestalten. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund einer optimierten Instandhaltung von großer Bedeutung, die gleichzeitig eine Verringerung der kostenintensiven Stillstandszeiten und damit eine Reduzierung der gesamten Produktionskosten nach sich zieht.

Eine Schlüsselkomponente der Werkzeugmaschine stellt die Hauptspindel dar. Ihre Betriebszustände werden durch eine Reihe von zeitabhängigen Einflussfaktoren wie Temperaturen, Drehzahlen, externen Lasten, axialen und radialen Schwingungen, Umgebungsbedingungen et cetera bestimmt. In der Vergangenheit wurden hierzu eine Vielzahl von Untersuchungen angestrengt, um die instationären Betriebszustände der Spindeln zu erfassen. Zu diesem Zweck sind heutzutage nahezu alle schnell drehenden Hauptspindeln standardmäßig mit Sensoren zur Temperaturmessung an den Lagerstellen und Motorwicklungen, axialen und radialen Verlagerungssensoren an der Spindelnase und Schwingungssensoren im Lagerbereich ausgestattet. Hinzu kommen Sensoren, die den Werkzeugspannzustand überwachen, Lagegeber sowie steuerungsinterne Signale.

Dennoch haben sich bislang in der Praxis wenige Spindel Diagnosesysteme bewährt. Die Gründe sind weniger in fehlenden Sensorinformationen als vielmehr in nicht vorhandenen intelligenten Algorithmen zur Datenkomprimierung und -auswertung sowie einer hohen Störanfälligkeit zu suchen. Somit ist eine wesentliche Anforderung an heutige Diagnosesysteme, dass sie Produktionsanlagen zuverlässig, unter Vermeidung von Fehlalarmen, überwachen und dadurch eine störungsfreie Produktion ermöglichen.

Die Fragestellung, auf welche Art Spindel messdaten effizient erfasst, ausgewertet und in Korrelation zueinander gebracht werden können und welche Daten eindeutige Informationen über den Spindelzustand liefern, ist weiterhin aktuell. Das Interesse der Spindelhersteller und Anwender an einem umfassenden Diagnosesystem für Werkzeugmaschinen-Hauptspindeln ist infolgedessen nach wie vor ungebrochen.

Im BMBF-Projekt ›ISPI – Intelligente Spindeleinheit‹ [3] wurden erste Ansätze zu einem umfassenden Diagnosesystem für Werkzeugmaschinen-Hauptspindeln untersucht. Dazu wurden zwei Versuchsspindeln mit einer Vielzahl von Sensoren



■ Erfasst kritische Betriebszustände und regelt sie aus: Motorfrässpindel mit integrierter Sensorik/Aktorik

und mögliche unterschiedliche Maschinenkonfigurationen sind einzelne Arbeitsabläufe zu definieren. Auch ist der Einsatz fest vordefinierter Arbeitsabläufe bei sich ändernden Maschinenkonfigurationen nicht praktikabel. Grundsätzlich besteht daher die Anforderung, Arbeitsabläufe der aktuellen Arbeitssituation und Maschinenkonfiguration anzupassen und die initialen Aufwände für die Erstellung möglichst gering zu halten.

Semantische Informationsmodelle liefern ein Abbild der Maschine

Eine mögliche Umsetzung dieser Anforderung kann durch den Einsatz semanti-

effizienten Einsatz dieser Technologie im Unternehmen.

Intelligente Komponenten geben Auskunft über den Betriebszustand

Neben der Strukturoptimierung und der Verbesserung einzelner mechanischer Komponenten zählen intelligente Diagnosemittel zur Erhöhung der Maschinenzuverlässigkeit und Prozessqualität zu den zentralen Forschungsthemen. Moderne und effiziente Monitoringkonzepte sehen den Einsatz leistungsfähiger und zuverlässiger Sensoren und Aktoren in unmittelbarer Prozessnähe vor, um Aussagen über den Betriebszustand einzelner

und Aktoren ausgestattet, um kritische Betriebszustände sensorisch zu erfassen und mit Hilfe von Aktoren auszuregeln. Es wurden beispielsweise Beschleunigungsaufnehmer zur Schwingungsmessung und ein DMS-Kraftmessring zur Vorspannkraftmessung eingebaut (Bild 2). Die integrierte Aktorik umfasst piezokeramische Stellelemente zur Regelung der Lagervorspannung, eine aktiv geregelte Minimalmengenschmierung der Spin-

delager mittels Mikrodosierpumpe sowie verschiedene Steuerungsfunktionen.

zustand ist hierbei beispielsweise die Lagervorspannung, die durch temperatur- und drehzahlbedingte axiale sowie durch lastbedingte radiale Verlagerung hervorgerufen wird. Zur Vermeidung kritischer Betriebszustände werden eine Kollisions-, Überlast- und Temperaturüberwachung vorgenommen. Dazu werden die aktuellen Prozesssignale mit im Speicher des Datenloggers abgelegten Grenzwerten verglichen und im Falle des Überschreitens ein Alarm über die Schnittstelle zur Steuerung gesendet. Je nach Betriebszustand wird entweder eine Reaktion der Maschine eingeleitet (zum Beispiel Ausführen eines Notstopps bei Kollision) oder lediglich eine Warnmeldung an die Mensch-Maschine-Schnittstelle (zum Beispiel Erkennen eines fortschreitenden Lagerverschleißes) weitergegeben.

schinenkomponentenüberwachung können erheblich zur Verbesserung der Verfügbarkeit von Werkzeugmaschinen beitragen. Ein zentraler Punkt bleibt die Notwendigkeit eines verbesserten Informationsmanagements, um einen effizienten Einsatz neuer Technologien, wie AR-basierter Arbeitsabläufe, im Service zu gewährleisten. Die verstärkte Verwendung von Sensorik in Maschinenkomponenten kann sich nur in Kombination mit intelligenter Verarbeitung der erfassten Daten zu einem deutlichen Mehrwert für die Maschinenbetreiber entwickeln.

i INSTITUT

WZL – Werkzeugmaschinenlabor RWTH Aachen,
52056 Aachen,
Tel. 02 41/80-2 74 00,
Fax 02 41/80-2 22 93,
www.wzl.rwth-aachen.de

Der Datenlogger macht die Spindel intelligent

Im Zuge des ISPI-Projektes wurde ebenfalls ein miniaturisierter Datenlogger von der Walter Dittel GmbH entworfen, der zusätzlich eine Anbindung an die Maschinensteuerung besitzt. Hauptaufgabe des Datenloggers ist es, der Spindel als mechatronischer Maschinenkomponente eine Intelligenz zu geben, mit deren Hilfe sie sowohl auf Änderungen der Umgebung autonom reagieren als auch eine Selbstdiagnose durchführen kann. Dazu wurden im Datenlogger ein Mikroprozessor und ein Speicherbaustein integriert. Der Datenlogger dient als Bindeglied, das den eigenen Betriebszustand der Spindel mittels der installierten Sensoren erfasst und die integrierte Aktorik steuert. Somit wird zum einen das Überwachen kritischer Betriebszustände, zum anderen die Regelung und Optimierung des Betriebspunkts der Spindel ermöglicht. Ein regelbarer Betriebs-

Zur Unterstützung vorbeugender Instandhaltungsmaßnahmen werden im Datenlogger zusätzlich die aktuellen Sensordaten diagnostiziert. Es werden für jeden erfassten Parameter Histogramme und Trendanalysen erstellt und im Datenspeicher des Datenloggers abgelegt. Dadurch besteht die Möglichkeit, die Ausfallwahrscheinlichkeit einzelner Bauteile zeitlich abzuschätzen und eventuelle Wartungsarbeiten rechtzeitig durchzuführen. Für die Zukunft wäre es denkbar, eine Anbindung an Planungssysteme zu realisieren, sodass Instandhaltungsmaßnahmen automatisch in der Produktionsplanung berücksichtigt werden. Der Benutzer hat weiterhin die Möglichkeit, diese Informationen vom Datenlogger abzurufen und als Grafiken auf der Bedienoberfläche anzeigen zu lassen. Mit der Aufzeichnung von Überlastzuständen können sich darüber hinaus die Spindelhersteller gegen unberechtigte Regressansprüche absichern.

Fazit: Die Ansätze zur Serviceunterstützung und Ma-

REFERENZEN

- 1 Abschlussbuch des BMBF-Projektes ARVIKA, Februar 2004, Publicis MCD Verlag, Erlangen
- 2 BMBF-Projekt ARTESAS, Projekt-Homepage www.artesas.de
- 3 BMBF-Projekt ISPI, Projekt-Homepage www.wzl.rwth-aachen.de/de/3_forschung/anw_unterster/ispi.html

Prof. Dr.-Ing. Christian Brecher ist ordentlicher Professor an der RWTH Aachen, Inhaber des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen und Mitglied des Direktoriums des Laboratoriums für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL), Mitglied des Direktoriums des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie (IPT); C.Brecher@wzl.rwth-aachen.de

Robert Glissmann ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen des WZL, Gruppe Antriebe & Diagnose; R.Glissmann@wzl.rwth-aachen.de

Marco Lescher ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen des WZL, Gruppe NC-Technik; M.Lescher@wzl.rwth-aachen.de

Michael Metzele ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen des WZL, Gruppe Maschinenelemente; M.Metzele@wzl.rwth-aachen.de