



Photo: Schaeffler

*With Machine Tool 4.0, Schaeffler is moving along a start-to-finish path towards digitalised production. The data collected is evaluated both locally and in Schaeffler's own cloud before sending the results back to the points on site.*

# WENN WERKZEUGMASCHINEN MITEINANDER KOMMUNIZIEREN

🇩🇪 Zwei Prototypen eines Bearbeitungszentrums zeigen den Weg hin zu einer digitalen Produktion: Die vernetzten Maschinen sind mit Sensoren ausgestattet, die zunächst die Daten liefern. Doch erst die intelligente Auswertung in Korrelation mit anderen Daten bietet eine neue Aussagequalität über den Maschinenzustand.

🇬🇧 **When Machine Tools Communicate with Each Other** – Two prototypes of a processing centre show the way towards digital production: the networked machines are equipped with sensors which initially supply the data. Yet only intelligent evaluation in correlation with other data provides a new quality of statement of the machine status.

**Jörg-Oliver Hestermann**

Um die Effizienz von Produktionsmaschinen zu steigern, liegt es auf der Hand, die Digitalisierung der Wertschöpfungskette für vielversprechende Lösungsansätze zu nutzen. Im Mittelpunkt stehen die Datenbereitstellung und entsprechende Auswerteverfahren, die den Maschinenzustand sicherer machen und die Werkstück-eigenschaften genauer bestimmen können. Das soll

in order to raise the efficiency of production machines, it is logical to use the digitalisation of the value creation chain for highly promising solutional approaches. The main focus here is on providing data and corresponding evaluation processes which make the machine status more secure and can determine the characteristics of the workpiece more accurately. This is said to create added value for the machine

einen Mehrwert für den Maschinenbetreiber schaffen, wie beispielsweise eine höhere Maschinenverfügbarkeit, eine bessere Maschinenauslastung, die Produktions- und Prozessoptimierung oder die Möglichkeit, die Qualität des Werkstückes während oder direkt nach der Produktion zu beurteilen.

Schaeffler, selbst ein großer Anwender von Werkzeugmaschinen, will zum einen diese Vorteile für die eigene Fertigung nutzen, zum anderen als Entwicklungspartner der Maschinenhersteller seinen Kunden diese Möglichkeiten anbieten. Deshalb stellen nun Schaeffler und Deckel Maho Pfronten mit weiteren Partnern ein Maschinenkonzept „Werkzeugmaschine 4.0“ vor, das vom Sensor bis in die Cloud bestehende Technik mit neuen digitalisierten Komponenten vernetzt. Dies wird einen konkreten Schritt in Richtung digitalisierte Produktion darstellen.

### FRÄS-DREH-BEARBEITUNGSZENTRUM ALS „4.0-FÄHIGER“ PROTOTYP

Im Rahmen einer Neubeschaffung wurde ein Projekt ins Leben gerufen, das die Anforderungen an eine „4.0-fähige“ Maschine in der Maschinenbasis eines Fräs-Dreh-Bearbeitungszentrums DMC 80 FD Duoblock der 4. Generation umsetzt. Einer der beiden Prototypen kommt in der Serienproduktion des Schaeffler-Werks Höchststadt zum Einsatz, der zweite wird bei DMG Mori auf der EMO 2015 zu sehen sein.

Um diese „4.0-Fähigkeit“ zu realisieren, sind zunächst Datenquellen nötig, die Informationen über den aktuellen Zustand geben und Rückschlüsse auf das zukünftige Verhalten der Komponente erlauben. Dazu werden in allen für den Bearbeitungsprozess relevanten Lagerstellen Sensoren integriert, die Daten über ihren aktuellen Zustand aufnehmen. Denn gerade in Werkzeugmaschinen sind die Lagerungen die entscheidenden Komponenten für die Maschinenperformance, da sie auch für die Qualität des Werkstücks maßgeblich sind.

Ein weiterer Schritt, um die Maschine in eine Industrie-4.0-Umgebung zu integrieren, ist die Vernetzung als Bindeglied, denn sie macht allen Beteiligten die Daten zugänglich. An ein maschineninternes Netzwerk sind alle zusätzlichen Sensoren, Aktoren aber auch die Auswerteeinheiten angebunden, ein Gateway realisiert die Verlinkung in die Cloud. Um den Datenaustausch zur Maschinensteuerung zu gewährleisten, wird sowohl der Profibus in die SPS für zeitkritische und prozessrelevante Daten als auch das OPC-UA-Protokoll zum Human-Machine-Interface (HMI) für weitere Informationen genutzt. Die Daten der Maschine werden lokal im Gateway gespeichert und in die Cloud von Schaeffler gespiegelt. So ist gewährleistet, dass auch ohne Netzanbindung die Datenhistorie auf der Maschine verfügbar ist. Über Webservices beziehungsweise Apps können Berechnungen in der Cloud angestoßen werden.

Doch nur Daten zu sammeln und zu speichern schafft für den Betreiber keinen Mehrwert. Entscheidend ist eine intelligente Auswertung der Daten, bei-

Dr.-Ing. Jörg-Oliver Hestermann ist tätig in der strategischen Anwendungstechnik im Geschäftsbereich Produktionsmaschinen bei der Schaeffler Technologies AG & Co. KG in 91074 Herzogenaurach, Tel. (0 91 32) 8 20-0, info@schaeffler.com

operator in the form, for example, of higher machine availability, better machine utilisation, optimisation of production and process, or the possibility of judging the quality of the workpiece during or directly after production.

Schaeffler, a major user of machine tools itself, intends on the one hand to use these advantages for its own production and on the other hand to offer these possibilities to its customers. Schaeffler and Deckel Maho Pfronten, along with further partners, are therefore now presenting a machine concept called “Machine Tool 4.0”, which networks existing technology from the sensor all the way to the cloud using new digitalised components. This will represent a concrete step towards digitalised production.

### MILLING/TURNING PROCESSING CENTRE AS “4.0-CAPABLE” PROTOTYPE

On the occasion of a new purchase, a project was launched to realise the requirements for a “4.0-capable” machine as the machine basis of a DMC 80 FD Duoblock milling/turning processing centre of the 4th generation. One of the two prototypes is in use in series production at the Schaeffler works in Höchststadt, the second will be on show at DMG Mori at the EMO 2015.

In order to realise this “4.0-capability”, the first need is for data sources in order to provide information on the current status and permit deductions to be made about the future behaviour of the components. In addition, sensors are integrated into all bearing locations relevant to the machining process and record their current status. For, with machine tools, it is precisely the bearings that are the decisive components for machine performance, since they are also crucial for the quality of the workpiece.

A further step in order to integrate the machine into an Industry 4.0 environment is networking it as a connecting link in order to make the data available to all concerned. All additional sensors, actors and also the evaluation units are connected to a network within the machine, a gateway realises the connection to the cloud. To guarantee data exchange with the machine control system, not only is the Profibus in the PLC used for time-sensitive and process-relevant data, but the OPC UA protocol on the human-machine-interface (HMI) is used for further information. The machine data is stored locally in the gateway and mirrored in Schaeffler’s own cloud. There is thus a guarantee that the data history is available at the machine even without network connections. Using web services or apps, calculations can be initiated in the cloud.

Yet simply collecting and saving data does not create any added value for the operator. The decisive factor is intelligent evaluation of the data in the form, for example, of recommended action or an autonomous triggering of actions. And evaluation of this kind is based on the assumption that, besides the measured value itself, a sufficiently large quantity of data, which is correlated with other data, provides patterns. These offer a new quality of meaningfulness, for example in relation to the condition of the bearings and thus the status of the machine. With suitable algorithms, the patterns can be recognised automatically and the necessary action recommendations made and actions carried out.

#### MM INFO

##### ZERSPANUNG FÜR HOHE ANSPRÜCHE

- Das Fräs-Dreh-Universalzentrum DMC 80 FD Duoblock gehört zu den Fünf-Achs-Maschinen mit höchsten Zerspanleistungen. Es ermöglicht eine effiziente Komplettbearbeitung bei Drehzahlen bis 800 min<sup>-1</sup>.
- Höchste Dauergenauigkeit und Präzision mit bis zu 5 µm Positioniergenauigkeit und einer hohen Bauteilgenauigkeit werden durch umfangreiche Kühlmaßnahmen erreicht.
- Schaeffler wird die Maschine für die Fertigung von Genauigkeitslagern einsetzen.

spielsweise in Form von Handlungsempfehlungen oder eines autonomen Ansteuerns von Aktionen. Eine solche Auswertung beruht auf der Annahme, dass sich neben dem Messwert selbst über eine ausreichend große Anzahl an Daten, die mit anderen Daten korreliert werden, Muster ergeben. Diese bieten eine neue Qualität hinsichtlich ihrer Aussagefähigkeit, zum Beispiel bezüglich des Lagerzustands und damit des Maschinenzustands. Mit geeigneten Algorithmen können die Muster automatisch erkannt und notwendige Handlungsempfehlungen und Aktionen ausgeführt werden.

Dazu werden dezentrale Funktionseinheiten benötigt, die sowohl autonom wie auch im Netzwerk eingebunden funktionieren. So kann die lokale Intelligenz die Daten lokal auswerten. Ergänzende Auswertungen, die größere Rechenleistungen erfordern, können über die Cloudverbindung abgerufen werden. Ebenso erfolgt eine holistische Auswertung in der Cloud auf Basis der Daten aller angeschlossenen Maschinen.

Schaeffler gestaltet sowohl die horizontale Vernetzung entlang der Wertschöpfungskette wie auch die vertikale Integration vom Sensor bis in die Cloud selbst, um zu lernen, wie Komplexität und Anforderungen für Produkte und Services in der Produktion zu adaptieren sind.

## DIE FERTIGUNG PROFITIERT VON DER DIGITALISIERUNG

Die Möglichkeiten der Digitalisierung sind nicht auf die Fertigungsmaschine begrenzt. Auch das Produktionsumfeld kann davon profitieren. Damit wird eine Insellösung umgangen, die ein manuelles Eingreifen erforderlich machen könnte. Weiterhin ist eine vertikale Integration für die Anbindung an das ERP-System für eine automatische Auftragsabarbeitung nötig.

- **Produktion:** Wichtig ist eine eindeutige Identifizierung der einzelnen Bauteile. Hierzu ist eine Beschriftungsanlage integriert, die jedem Bauteil über Data Matrix Code eine eindeutige Identität gibt. Diese begleitet die Komponente über den gesamten Herstellungsprozess und geht beim Zusammenbau in der ID der Baugruppe auf. Damit kann im Sinne der Nachverfolgbarkeit die Historie des Bauteils analysiert werden.
- **Prozess:** Die Bestimmung der Kräfte am Tool Center Point (TCP) erlaubt weitere Optimierungen hinsichtlich der Maschinenbelastung wie auch des Prozesses selber: So ist es denkbar, über ein mathematisches Modell die Verlagerung am TCP aufgrund der auftretenden Belastungen zu bestimmen und an die Steuerung mögliche Korrekturmaße in Echtzeit zu geben. Zudem lassen sich mithilfe von Bearbeitungssimulationen die wahrscheinlich auftretenden Bearbeitungskräfte im Vorfeld bestimmen. Diese bilden somit einen Sollwert, der von einer vorgegebenen Spanne nicht abweichen darf, da dies auf einen nicht ordnungsmäßigen Zustand hindeutet.
- **Energie:** Neben der Messung der aktuellen Energieverbräuche, die dem jeweiligen Bearbeitungsschritt zugewiesen werden können, ist es möglich, durch Prozesssimulation die zukünftig erforderli-

### MM INFO

#### MACHINING TO HIGH REQUIREMENTS

- The DMC 80 FD Duoblock universal milling/turning centre is among the five-axis machines with the highest cutting performance. It enables efficient complete processing at rotational speeds up to 800 min<sup>-1</sup>.
- The highest longterm accuracy and precision with up to 5 µm positioning accuracy and high component accuracy is achieved by comprehensive cooling procedures.
- Schaeffler will use the machine for producing precision bearings.

For this, decentralised functional units are required, capable of functioning autonomously as well as in the network. The local intelligence can for example evaluate the data locally. Supplementary evaluations requiring a greater calculating capacity can be called up via the cloud link. Likewise, a holistic evaluation in the cloud is carried out on the basis of the data from all connected machines.

Schaeffler designed the horizontal networking along the value creation chain and also the vertical integration from the sensor to the cloud itself in order to learn how complexity and the requirements for products and services have to be adapted in production.

## PRODUCTION PROFITS FROM DIGITALISATION

The possibilities of digitalisation are not limited to production machines. The production environment, too, can profit from it. This enables the avoidance of an island solution which could make manual intervention necessary. Vertical integration providing a link to the ERP system continues to be necessary for automatic order processing.

- **Production:** here unambiguous identification of the individual components is important. For this, a marking installation which gives each component an unambiguous identity via data matrix code is integrated. This identity accompanies the component throughout the entire production process and is included in the ID of any resulting component assembly. The history of the component can thus be analysed according to the principles of traceability.
- **Process:** the determination of the forces at the tool centre point (TCP) permits further optimisation regarding machine utilisation as well as for the process itself: it is quite conceivable, using a mathematical model, to determine the shift in the TCP due to the forces in operation and to send possible correction values to the control system in real time. In addition, the processing forces which will probably arise can be determined in advance using process simulations. This then provides a plan value which is not allowed to lie outside a set range, since this would indicate an incorrect status.
- **Energy:** besides measuring the current energy consumption, which can be linked to the processing step in question, it is possible to determine future energy requirements by process simulation. In combination with the empirical values, a more precise prognosis for the energy consumption can be made, which is of value not only in needs-oriented energy purchasing, but also in production planning in the sense of minimising energy peaks for the company as a whole.

Principle of the system architecture in a digitalised machine tool.

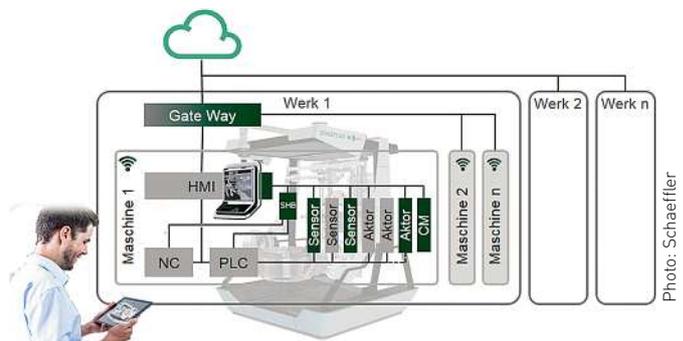


Photo: Schaeffler

che Energie zu bestimmen. In Kombination mit den Erfahrungswerten kann eine genauere Prognose für den Energieverbrauch erstellt werden, was sowohl dem bedarfsgerechten Energieeinkauf wie auch der Fertigungsplanung im Sinne der Minimierung von unternehmensweiten Energiespitzen dient.

- **Maschinenzustand:** Der Maschinenzustand wird über die klassischen Überwachungsverfahren mithilfe von Schwingungsüberwachung erfasst. Zusätzlich werden die Schmierzustände in verschiedenen Lagern gemessen und ausgewertet. Durch eine bedarfsgerechte Schmierung ist neben dem schonenden Umgang mit Ressourcen die Funktionsfähigkeit ohne Einfluss auf die Maschinenperformance gewährleistet.
- **Instandhaltung:** Die Instandhaltung dient dazu, den Produktionsprozess stabil zu halten. Durch eine Klassierung der Bearbeitungsprozesse werden Lastkollektive der Maschine transparent gemacht. Zum Beispiel kann momentan exemplarisch über das Schaeffler-Lagerberechnungsprogramm Bearinx per Web-Service eine nominelle Restgebrauchsdauer der Lagerstellen online berechnet werden. Ziel ist es, auf Basis der Simulation der geplanten Bearbeitungsaufträge und der sich daraus absehbaren Gebrauchsdauern der einzelnen Komponenten die Fertigung so zu steuern, dass erforderliche Instandhaltungsmaßnahmen vorausschauend geplant werden können, um die Maschinenverfügbarkeit hoch zu halten.

Mit der Werkzeugmaschine 4.0 beschreitet Schaeffler einen durchgängigen Weg in Richtung einer digitalisierten Produktion. Diese Aktivitäten im Rahmen der Digitalisierung für Werkzeugmaschinen versteht das Unternehmen als Angebot an die gesamte Branche, die Chancen und Herausforderungen in enger Entwicklungspartnerschaft zwischen Hersteller, Zulieferer und Anwender konkret umzusetzen. **MM**

*The possibilities of digitalisation are not confined to the production machine. The production environment, too, profits from a start-to-finish dataflow throughout the value-creation chain.*



- **Machine status:** the machine status is detected using the classical monitoring procedures with the help of vibration monitoring. In addition, the state of the lubricants in various bearings is measured and evaluated. With need-oriented lubrication, besides a conservational approach to resources, functionality is guaranteed without influence on the machine performance.
- **Maintenance:** maintenance serves to keep the production process stable. By classification of the production processes, the load spectrums of the machine are made transparent. For example, it is currently possible, using the Bearinx bearing calculation program, for the nominal remaining service lifetime of the bearings to be calculated online via a web service. The aim of this is to control the production, on the basis of a simulation of the planned production orders and the anticipated resulting service lifetimes of the individual components, in such a way as to keep the machine availability high.

With Machine Tool 4.0, Schaeffler is moving along a start-to-finish path towards digitalised production. These activities, as part of the digitalisation of machine tools, are understood by the firm as an offer to the entire sector to help it to achieve a concrete realisation of chances and challenges in a close developmental partnership between manufacturer, supplier and user. **MM**