

Werkzeugmaschinen, Kostenrechnung, Sensoren

Lebenszyklus-orientierte Werkzeugmaschinenentwicklung *

Wie Lebenszykluskosten schon bei der Maschinenentwicklung berücksichtigt und gesenkt werden können

B. Denkena, A. Harms, J. Jacobsen, H.-C. Möhring, A. Jungk, H. Noske

Investitionsentscheidungen in neue Werkzeugmaschinen werden zukünftig immer häufiger unter Berücksichtigung der Gesamtkosten gefällt. Im Rahmen des durch das BMBF geförderten Projektes LoeWe (Lebenszyklusorientierte Werkzeugmaschine) [1] wird ein Maschinenprototyp mit reduzierten Lebenszykluskosten aufgebaut. Es wird untersucht, wie sich der Verlauf der Gesamtkosten über den gesamten Lebenszyklus minimieren lässt, wenn diese schon bei der Entwicklung berücksichtigt und im Betrieb der Maschine überwacht werden können. Hierzu wird der technische Zustand relevanter Baugruppen der Maschine überwacht und bewertet. Eine Kalkulationssoftware überführt die analysierten Daten in wirtschaftliche Kenngrößen, die dem Anwender als Entscheidungshilfe bei Investitionen oder Maschinenumrüstungen dienen.

Life-cycle-oriented development of machine tools – How life cycle costs can be considered and reduced at early design states of a machine tool

Investment decisions for new machine tools are influenced more and more from the total amount of costs in the future. In the German research project “LoeWe – life cycle orientated machine tool“ [1] a new machine tool prototype has been developed with the aim to minimize life cycle costs. It is investigated how the developing of the total costs over the whole life cycle can be minimized, when they are already considered in the design stage and monitored during the operation time. For this, the technical condition of major machine tool components is monitored and evaluated. A software tool converts this data into economical factors in order to serve as a data basis for a reconfiguration or new investment of machine tools by the user.

Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena, Dipl.-Ing. Alwin Harms,
Dipl.-Ing. Jörn Jacobsen, Dipl.-Ing. Hans-Christian Möhring
Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW)
Produktionstechnisches Zentrum Hannover (PZH)
Schönebecker Allee 2, D-30823 Garbsen
Tel. +49 (0)511 / 762-5997
E-Mail: harms@ifw.uni-hannover.de
Internet: www.projekt-loewe.de

M.Sc. Dipl.-Ing.(Fh). Andreas Jungk
Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA)
Produktionstechnisches Zentrum Hannover (PZH)
Schönebecker Allee 2, D-30823 Garbsen

Dr.-Ing. Heiko Noske
Am Schiffberge 19b, D-33605 Bielefeld

Info

* Bei diesem Beitrag handelt es sich um einen „reviewten“ Fachaufsatz: Autoren-unabhängig von Experten auf diesem Fachgebiet wissenschaftlich begutachtet und freigegeben.

1 Einleitung

Großkunden von Werkzeugmaschinen, insbesondere aus der Automobilindustrie, gehen bei der Beschaffung neuer Maschinen und Anlagen verstärkt dazu über, von den Werkzeugmaschinenherstellern Garantien über die zu erwartenden Gesamtkosten im Lebenszyklus der angebotenen Maschinen zu fordern [2]. Dies führt dazu, dass Kaufentscheidungen nicht mehr nur aufgrund von günstigen Beschaffungskosten gefällt werden, sondern die Qualität und Flexibilität der Maschine in den Vordergrund der Investitionsentscheidung rückt, wenn der Maschinenhersteller in seinem Angebot mit geringeren Stillstandszeiten und längeren Serviceintervallen überzeugen kann. In dem vom BMBF geförderten Projekt LoeWe wird untersucht, welche Auswirkungen die neuen Anforderungen auf die Maschinenentwicklung haben, und wie sich technische Zustände in lebenszykluskostenrelevante Zahlen überführen beziehungsweise berechnen lassen. Exemplarisch fließen die Erkenntnisse in die Entwicklung einer neuen Vertikaldrehfräsmaschine ein, die als Demonstrator aufgebaut wird.

2 Kundeninteressen vs. Herstellerinteressen

Endanwender von Werkzeugmaschinen stehen vor der Herausforderung flexibel auf Marktänderungen zu reagieren, um qualitativ hochwertige Bauteile großer Variantenvielfalt bei sinkender Losgröße produzieren zu können. Heutige Maschinen und Produktionsanlagen haben eine kalkulatorische Lebensdauer von sieben bis zehn Jahren. Die Produkte jedoch, die auf diesen Fertigungsanlagen produziert werden, haben häufig einen deutlich kürzeren Lebenszyklus. Somit kann es vorkommen, dass eine neue Produktgeneration die technologischen Möglichkeiten dieser Fertigungsanlagen überfordert.

Um dieses Problem zu umgehen, wären möglichst flexible und rekonfigurierbare Fertigungssysteme, die eine hohe Anzahl von Bearbeitungsoperationen bei geringem Rüstaufwand bieten, von großem Interesse für die Maschinenanwender. Der Betrieb solch flexibler Fertigungssysteme mag aus kosten-technischer Sicht häufig schwer zu rechtfertigen sein, da die Rekonfigurierbarkeit höhere Gesamtkosten der Fertigungsanlage mit sich bringt und die Maschinen mit entsprechenden elektrischen sowie mechanischen Schnittstellen zum Austausch einzelner Module ausgerüstet sein müssen. Eine Rekonfigurierbarkeit wird also nur dann vom Maschinenanwender akzeptiert, wenn ihm klar ist, ob er diese Zusatzfunktionen gewinnbringend für seine Fertigungsaufgaben einsetzen kann.

Neben den reinen Investitionskosten einer Fertigungsanlage werden vermehrt auch die Gesamtkosten betrachtet beziehungsweise als Kaufentscheidung herangezogen, da es bei unterschiedlichen Maschinen deutliche Unterschiede zum Beispiel in den Anschaffungs-, Wartungs- und Energiekosten

sowie der Produktivität gibt. All diese Kostenfaktoren führen letztendlich zu definierten Stückkosten der hergestellten Produkte [3].

Die Maschinenhersteller wollen Maschinen mit geringen Herstellkosten und einer möglichst hohen Vielfalt anbieten (**Bild 1**). Weiterhin sollen die anfallenden Servicekosten innerhalb der Gewährleistungszeit so gering wie möglich gehalten werden. Da immer häufiger Lebenszykluskosten in den Kaufverträgen garantiert werden müssen, sind die Maschinenhersteller gefordert, geeignete Angebote zu erstellen. Die Herausforderung besteht darin, technische Eigenschaften und Zustände einheitlich in Wirtschaftlichkeits- oder Kostenfaktoren zu übersetzen.

Während eine große Zahl technischer Parameter (Antriebsleistung, Genauigkeit von Führungselementen, Verfügbarkeit, Verschleißintervalle und so weiter) unmittelbaren Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit einer Werkzeugmaschine hat, existieren bisher nur wenige Ansätze diese Einflüsse in Kostenform abzubilden und einer Wirtschaftlichkeitsberechnung zugänglich zu machen. Eine solche Berechnung ist jedoch notwendig, um dem Anwender schon während der Beschaffungsphase der Maschine eine umfassende Kostentransparenz über die Lebenszykluskosten liefern zu können.

3 Kostentransparenz mit dem „Lebenszykluskosten-Navigator“

„Design-to-Cost“ lautet die Überschrift über vielen aktuellen Entwicklungen der Werkzeugmaschinenbranche. Das Ergebnis eines solchen Entwicklungsprozesses ist eine kaufpreisoptimierte Werkzeugmaschine. Aber ist dieses Ergebnis wirklich das Optimum im Hinblick auf die gesamten Lebenszykluskosten (LCC), also die Kosten, die der Betreiber der Maschine tatsächlich zu tragen hat?

Heutige LCC-Berechnungen werden meist erst nach dem Entwicklungsprozess durchgeführt. Es stellt sich die Frage, wie die Maschine aussehen müsste, wenn ein Hauptziel der Entwicklung ein Minimum der Lebenszykluskosten wäre. Ziel des LoeWe Forschungsprojekts, an dem neben dem Drehmaschinenhersteller Gildemeister, das Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) und das Institut für Transport und Automatisierungstechnik (ITA) auch Komponentenlieferanten wie Berg Spanntechnik GmbH, Franz Kessler GmbH, A. Mannesmann, Artis GmbH und Siemens beteiligt sind, ist die Entwicklung einer Werkzeugmaschine mit optimierten Lebenszykluskosten. Dieses Ziel begleitet den Entwicklungsprozess der LoeWe Maschine vom ersten Entwurf an.

Die Beschaffungskosten dieser Maschine können zunächst höher liegen als bei vergleichbaren herkömmlichen Maschinen – unter der Voraussetzung, dass die kumulierten Lebenszykluskosten über einen Verlauf von zehn Jahren einen deutlich flacheren Verlauf aufweisen werden. Ziel eines Teilprojekts von LoeWe ist, ein bestehendes Software-Produkt, den „Kostennavigator“, der gute Ergebnisse in herkömmlichen „Design-to-Cost“-Projekten der Werkzeugmaschinenbranche erzielt hat [4], um ein Lebenszykluskostenberechnungsmodell zu erweitern. Mit Hilfe des LCC-Navigators werden Lebenszykluskosten der Maschine schon während der Entwicklung hochgerechnet. Hierbei werden Herstell- und Folgekosten mit einbezogen. Jede Entscheidung für eine bestimmte Komponente oder Anwendung wird vom LCC-Navigator bereits

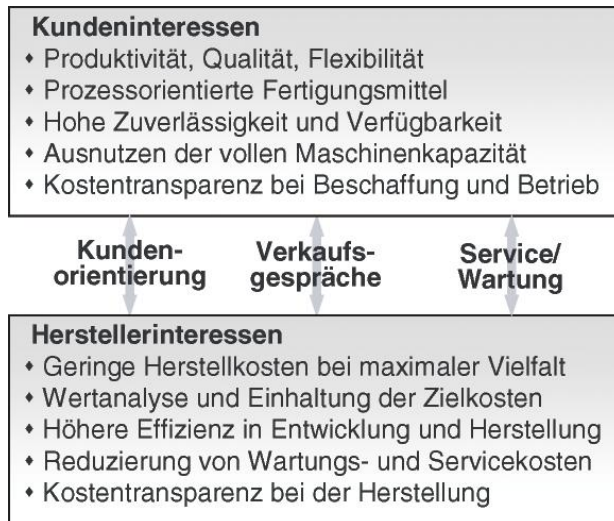


Bild 1. Kunden- und Herstellerinteressen

IFW

in der Entstehungsphase des Produkts überwacht und kosten-technisch bewertet. Die Anwendung des Kostennavigators soll hier exemplarisch an der Entwicklung eines Spannsystems gezeigt werden, dass in der Prototyp Maschine zum Einsatz kommen wird.

Üblicherweise wird für die Werkstück-Klemmfunktion in Drehmaschinen ein hydraulisch betätigtes Spannfutter eingesetzt. Um dieses Spannsystem betätigen zu können, sind jedoch noch weitere Aggregate notwendig, beispielsweise ein Hydraulik-Aggregat, welches das System mit dem entsprechenden Druck versorgt, sowie elektrische Ventile, die den Druck einstellen.

Wenn dieses hydraulisch betätigte Spannfutter aus Sichtweise der Lebenszykluskosten betrachtet wird, zeigt sich, dass insbesondere das Hydraulik-Aggregat hohe Folgekosten verursacht, die sich in der Bilanz der Gesamtlebenszykluskosten niederschlagen und die Beschaffungskosten des Spannsystems nach zehn Jahren Betriebszeit deutlich übersteigen. Daher wird im LoeWe-Projekt ein neuartiges, elektrisch betätigtes Spannsystem entwickelt, dass über seine gesamte Lebensdauer wartungsfrei arbeiten soll und somit keine Folgekosten verursacht.

Wenn nur die Beschaffungskosten des konventionellen Spannsystems betrachtet werden, hat dieses einen deutlichen Kostenvorteil gegenüber dem elektrischen Spannsystem, dass höhere Beschaffungskosten aufweist. Der Vorteil für den Maschinenbetreiber wird erst deutlich, wenn die gesamten zu erwartenden Lebenszykluskosten hochgerechnet und denen eines konventionellen Systems gegenübergestellt werden (**Bild 2**). Andere Komponenten (zum Beispiel der Kugelgewindetrieb, die Linearführungen sowie die Steuerungstechnikkomponenten) wurden basierend auf den Berechnungen des LCC-Navigators ausgewählt und eingesetzt, da sie ein rechnerisches Kostenoptimum der Lebenszykluskosten im Betrieb der Maschine verursachen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Konstruktion und Entwicklung einer Werkzeugmaschine anders verläuft, wenn der Fokus auf der Optimierung der gesamten Lebenszykluskosten liegt und nicht wie herkömmlich das Ziel verfolgt wird, die Beschaffungskosten so gering wie möglich zu halten.

4 Verlängern der Lebensdauer durch Modularität

Der am Forschungsprojekt LoeWe beteiligte Werkzeugmaschinenhersteller konzentriert sich bei der Maschinenentwicklung auf ein modulares Konzept seiner Serienmaschine, mit dem Ziel, so viele Standardkomponenten wie möglich zu verwenden. Dies vereinfacht die Entwicklung und spart Kosten. Der Maschinenanwender hat als Kunde die Möglichkeit, zwischen unterschiedlichen Ausbaustufen der Maschinenbaureihe zu wählen und kann so beispielsweise zwischen verschiedenen großen Hauptspindeln sowie unterschiedlichen Werkzeugrevolvern bei gleicher Maschinenbasis wählen. Obwohl die Maschinen in modularer Bauweise ausgeführt werden, ist es schwierig eine vielfältig vom Anwender rekonfigurierbare Werkzeugmaschine zu realisieren. Es muss daher zwischen einer Rekonfiguration unterschieden werden, die vom Hersteller durchgeführt werden kann und einer solchen, die der Maschinenbetreiber vornehmen kann.

Die Basisversion der Vertikaldrehmaschinen-Baureihe ist mit einer Hauptspindel ohne integrierte B-Achse versehen. Der LoeWe-Maschinenprototyp ist mit einer Hauptspindel mit integrierter B-Achse sowie eine y-Achse ausgerüstet und stellt eine höhere Ausbaustufe der Basisversion dieser Maschinenbaureihe dar.

Kauft sich ein Maschinenanwender eine Basisversion dieser Maschine und möchte diese zu einem späteren Zeitpunkt beispielsweise um eine Spindel mit B-Achse erweitern, sind umfangreiche Änderungen erforderlich. So muss zum Beispiel der Kreuzschlitten der X-Z-Achse umgebaut werden; dies zieht auch eine Änderung der inneren Abdeckungen nach sich. Diese aufwendigen Umbauten sind meist nur vom Maschinenhersteller durchführbar. Zudem gilt es zu prüfen, ob ein solcher Umbau wirtschaftlich sinnvoll ist.

Für Rekonfigurationsmaßnahmen, die vom Maschinenbetreiber durchgeführt werden können, wurde in der LoeWe-Maschine eine Schnittstelle vorgesehen, die den Einsatz unterschiedlicher Technologiemodule erlaubt (Bild 3). Diese Schnittstelle ist mit einem Andocksystem ausgerüstet, das eine referenzierte Positionierung und Fixierung der Module innerhalb der Maschine zulässt. Die Wechselmodule lassen sich mit unterschiedlichen Bearbeitungswerkzeugen ausrüsten, die eine vielfältige Erweiterung der Bearbeitungsoperationen ermöglichen, die in der Standardmaschine sonst nicht durchführbar gewesen wären. Mögliche Bearbeitungsoperationen können beispielsweise das Bohren mit großen Durchmessern sein, oder der Einsatz einer Schleif- beziehungsweise Frässpindel auf dem Wechselmodul. Diese Technologiemodule müssen neben der rein mechanischen Schnittstelle auch mit Energie und Hilfsstoffen versorgt werden können. Eine passende Schnittstellenlösung wird derzeit erarbeitet.

Durch die Möglichkeit die Maschine in Grenzen umzukonfigurieren, kann der Anwender seine Maschine einem sich ändernden Pro-

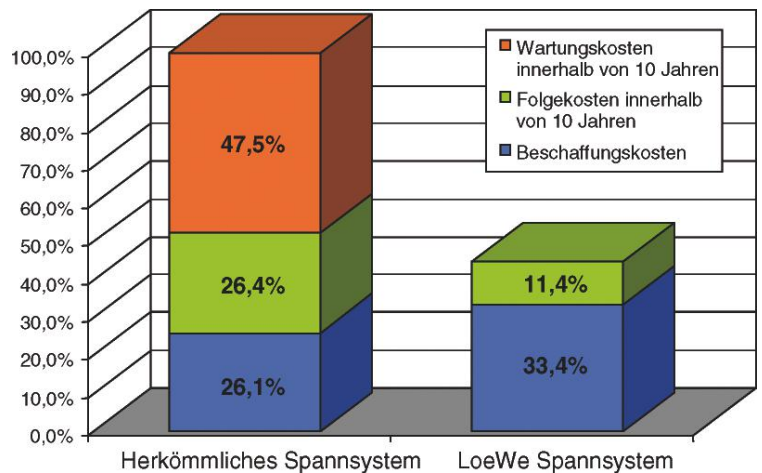


Bild 2. Hochrechnung der Lebenszykluskosten eines herkömmlichen und des LoeWe-Spannsystems

Dr.-Ing. Noske

duktspektrum anpassen, indem er sich die entsprechenden Wechselmodule beschafft und einsetzt. Das erhöht die wirtschaftliche Lebensdauer der Maschine.

5 Verfügbarkeitssicherung durch Komponentenüberwachung

Die Lebenszykluskosten werden neben der Qualität der Komponenten wesentlich durch die Maschinenverfügbarkeit beeinflusst. Wartungsarbeiten sollen die Verfügbarkeit erhöhen, lassen sich aber nur während des Maschinenstillstands durchführen. Aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist es sinnvoll, die Maschinenkomponenten bis an die Grenze ihrer Lebensdauer einzusetzen und erst dann auszutauschen. Die Ausnutzung der vollen Komponentenlebensdauer birgt jedoch das Risiko einer Fehleinschätzung und damit eines ungeplanten Stillstands bei einem zu frühen Ausfall, der durch den Produktionsausfall zu hohen Kosten führt. Ein kurzfristiger Austausch der ausgefallenen Komponente ist oft nicht möglich.

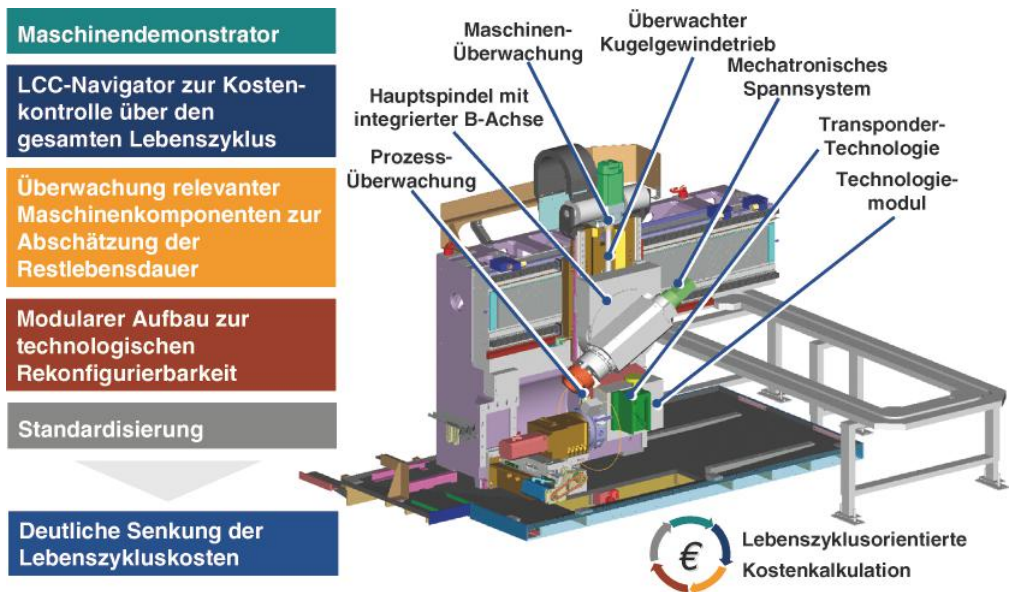


Bild 3. Projektziele und Aufbau des Maschinendemonstrators

IFW

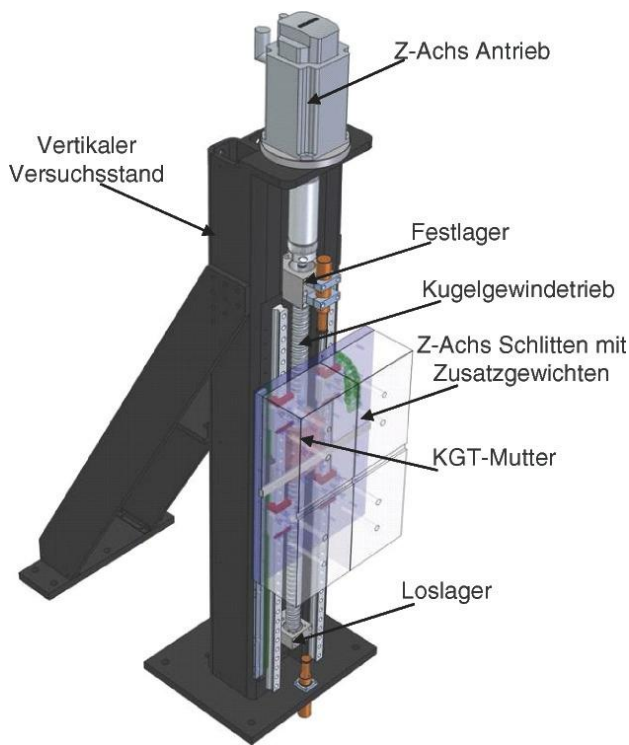


Bild 4. Vertikaler Versuchsstand für Kugelgewindetriebe

IFW

Dieses Dilemma lässt sich mit Hilfe einer Zustandsdiagnose und Abschätzung der verbleibenden Lebensdauer der Maschinenkomponenten umgehen. Im Projekt LoeWe wird dies an dem Beispiel einer Kugelgewindespindel durchgeführt.

Eine Methode der Überwachung von horizontal angeordneten Kugelgewindespindeln wurde in [5] im Rahmen einer Dissertation am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) vorgestellt. Es wird davon ausgegangen, dass eine langsame Reduktion des effektiven Kugeldurchmessers durch Pittingbildung und Abrieb auftritt, sodass die Vorspannung des Kugelgewindetriebs abnimmt. In der Praxis führt diese Abnahme der Vorspannung zur Reduzierung der Genauigkeit der Maschinenachse und bei Überschreitung der Fertigungstoleranzen zu einem Ausfall der Fertigung. Eine direkte Messung der Nachgiebigkeitskennlinie zeigt einen Übergang von einer linear verlaufenden zu einer S-förmigen, spielähnlichen Kennlinie. Dieser Ansatz wird im Rahmen des LoeWe-Projekts auf vertikal angeordnete Kugelgewindetriebe übertragen.

Die Z-Achse der LoeWe-Maschine wird durch die Gewichtskraft des Z-Schlittens mit integrierter Hauptspindel belastet. Die Methode, die später auf den Maschinenprototyp übertragen wird, wird zunächst an einem vertikalen Prüfstand verifiziert (**Bild 4**). Die verwendete Kugelgewindemutter besteht aus zwei Hälften, die gegeneinander verspannt und mit Hilfe von Passfedern fixiert werden. Die Vorspannung lässt sich über unterschiedliche Passfederbreiten einstellen. Sie wird durch eine auf der Mutter applizierte DMS-Vollbrücke überwacht. Ein in den Mutternflansch integrierter Kraftsensor misst die Vorschubkräfte. Die Schlittenmasse lässt sich von 100 kg bis 800 kg variieren. Die Ansteuerung erfolgt über eine Siemens-840 D-Steuerung. Als interne Messgrößen stehen unter anderem das Soll-Drehmoment, die durch einen Linearmmaßstab gemessene Schlittenposition sowie der über die

Bewegungsprofil für 505 kg Schlittenmasse und 1 kN Beschleunigungskraft nach oben

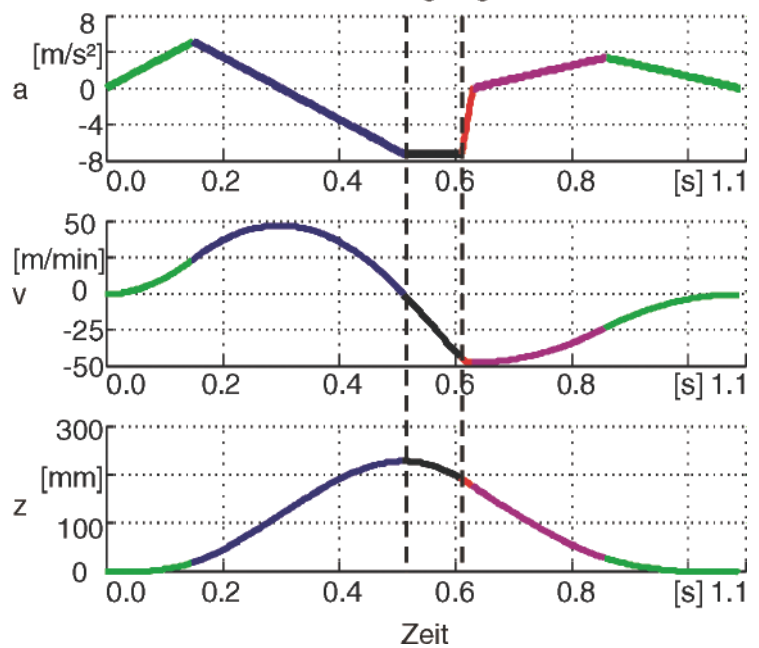


Bild 5. Bewegungsprofil

IFW

Spindelsteigung auf eine lineare Position umgerechnete Drehwinkel des Vorschubmotors zur Verfügung.

Die Ermittlung der Vorspannung von Kugelgewindetrieben anhand der nichtlinearen Nachgiebigkeitskennlinie setzt eine Messung der Einfederung in dem Bereich des Nulldurchgangs der Vorschubkraft voraus. Bei Vertikalachsen wird dies durch die Gravitation erschwert. Eine einfache statische Lösung durch Festklemmen des Schlittens scheidet aus, da dieses Verfahren sich nicht für den praxisnahen Einsatz eignet. Unter realen Einsatzbedingungen lassen sich nur kurzzeitig die erforderlichen Kräfte auf die KGT-Mutter erzielen, indem der Schlitten nach unten beschleunigt wird. Auf den Schlitten wirken die durch die Mutter übertragene Vorschubkraft, die Gewichtskraft und die Führungsreibung. Der Beschleunigungsverlauf wird derart gewählt, dass für jeden Messzyklus die Vorschubkraft kurzzeitig konstant ist. Auf diese Weise lässt sich jeweils lediglich ein Punkt auf der Mutterfederkennlinie messen. Für die Aufnahme der Kennlinie ist daher eine Vielzahl von Messzyklen notwendig.

Bild 5 zeigt beispielhaft das für eine Schlittenmasse von 505 kg und eine Beschleunigungskraft von 1 kN erforderliche Bewegungsprofil, noch ohne Berücksichtigung der Führungsreibung (mehrere Abschnitte mit jeweils konstantem Ruck). In den ersten beiden farbig markierten Abschnitten wird der Schlitten nach oben bis zum Stillstand am oberen Umkehrpunkt bewegt. Es wirkt zunächst ein positiver, dann ein negativer Ruck, sodass sich am Ende des zweiten Abschnitts die Testbeschleunigung aufgebaut hat. Es findet darauf folgend eine gleichmäßige, ruckfreie Beschleunigung mit der konstanten Beschleunigungskraft (hier 1 kN, nach oben gerichtet) vom Stillstand bis kurz vor die Maximalgeschwindigkeit statt, während die Messgrößen aufgenommen werden (Bereich zwischen den gestrichelten Linien). Anschließend fol-

gen nur noch ein Abbau der Beschleunigung und das Anfahren der Startposition der nächsten Messung.

Die entscheidenden Messgrößen sind die Rotorposition des Motors und die Schlittenposition, die mit einem Linearmaßstab gemessen wird. Deren Abweichung voneinander gibt die Einfederung des gesamten Systems – bestehend aus Festlager, Spindel, Spindelmutter und Tisch – an. Die positionsabhängige Nachgiebigkeit der Spindel lässt sich rechnerisch ermitteln. Werden diese Störeinflüsse kompensiert, so ergibt sich die nichtlineare Federkennlinie der Kugelgewindemutter.

Durch den in die Spindelmutter integrierten Kraftsensor und durch Aufnahme des Drehmoment-Sollwertes lässt sich die geschwindigkeitsabhängige Reibung an der Schlittenführung und die Reibung der Kugelgewindemutter ermitteln. Die Führungsreibung wird auch über die KGT-Mutter übertragen und muss daher beim Erstellen des Bewegungsprofils durch eine geringere Messbeschleunigung berücksichtigt werden.

Die Definition eines mit der Nichtlinearität der Kennlinie korrelierten Kennwertes, beispielsweise die Steigung der Einfederung beim Nulldurchgang der Kraft (differentielle Nachgiebigkeit), erlaubt es, mit nur einem Zahlenwert den Zustand des Kugelgewindetribs zu beschreiben. Dieser Kennwert sollte immer an genau der Schlittenposition ermittelt werden, an welcher die höchste Belastung und damit der höchste Verschleiß zu erwarten ist. Durch eine periodische Aufnahme dieses Wertes lässt sich auf die verbleibende Lebensdauer schließen, indem er mit bekannten Verschleißverläufen verglichen wird.

Bild 6 zeigt das prinzipielle Vorgehen. Die differentielle Nachgiebigkeit, also die Steigung der Kennlinie beim Kraftnulldurchgang ist auf der linken Abszisse aufgetragen. Über die am Prüfstand ermittelte Beziehung lässt sich auf die Vorspannung und damit auf den Verschleißvorrat schließen. In Anlehnung an DIN 31051 [6] lässt sich ein Modell des zeitlichen Verschleißverlaufs erstellen, welches mit den gemessenen Werten abgeglichen wird und daher mit zunehmender Anzahl von Messungen eine präzisere Abschätzung der verbleibenden Lebensdauer gestattet.

6 Sichere Komponenten-Identifikation und automatische Steuerungskonfiguration

Relevante Komponenten der LoeWe-Maschine werden mit Objektdatenträgern („Transpondern“) ausgerüstet, die spezifische Bauteil-Informationen wie lebenszyklusrelevante Lastdaten, Dokumentation und so weiter speichern können. Umfangreiche Informationen, die zur Beschreibung einer Komponente notwendig sind, können somit auch räumlich mit dieser verknüpft werden. Damit wird es im Servicefall möglich, die Komponente bei einem Austausch genau zu identifizieren und gespeicherte Belastungsszenarios zu rekonstruieren.

Damit Transponderdaten (beispielsweise Papierdaten) auch nach Jahren noch lesbar sind, wird ein reservierter Speicherbereich dazu benutzt, eine XML-basierte Interpretationsbeschreibung zu speichern [7].

Aufgrund des begrenzten Speicherplatzes muss eine Unterscheidung hinsichtlich der Daten durchgeführt werden, die direkt auf dem Transponder gespeichert werden müssen und solchen, zu denen lediglich ein Verweis notwendig ist. Werden Daten unmittelbar zur Identifizierung benötigt, müssen die Daten mit einem einfachen Handlesegerät aus dem Trans-

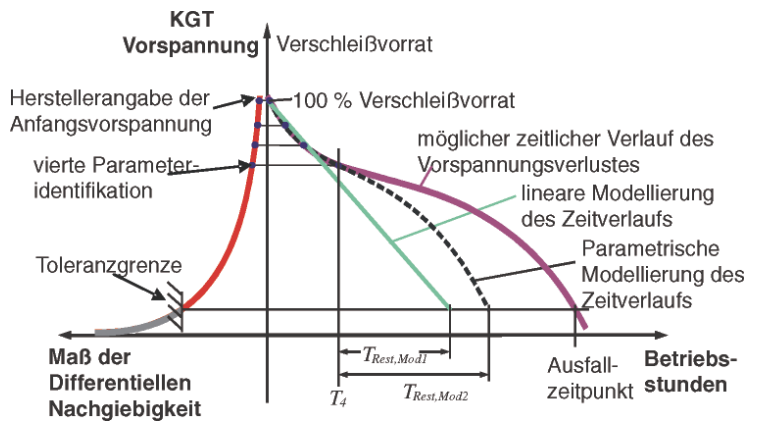


Bild 6. Abschätzung der verbleibenden Lebensdauer

IFW

Informationen zum Projekt

„Lebenszyklusorientierte Werkzeugmaschine“ (LoeWe)

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenkonzeptes „Forschung für die Produktion von morgen“ gefördert und vom Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe, Bereich Produktion und Fertigungstechnologien (PFT) betreut (Laufzeit: 04/2004 – 03/2007).

ponder ausgelesen werden können. Für umfangreiche Komponentenbeschreibungen ist es ausreichend, auf dem Transponder lediglich die Speicheradresse eines Firmennetzwerkes oder einer Internetadresse abzulegen, unter der das Handbuch in elektronischer Form zu finden ist. Weiterhin können auch Daten zur Zugriffskontrolle abgelegt werden.

Der große Vorteil liegt darin, dass sämtliche Daten (zum Beispiel die Bauteildokumentation) zentral vom Hersteller verwaltet werden. Treten hier Änderungen auf, wenn beispielsweise ein Bauteil im Ersatzfall durch ein anderes ersetzt wird, geschieht diese Änderung beim Hersteller. Dies gleicht der zentralen Zeichnungsverwaltung eines Unternehmens. Wird die Komponente gewartet und die Dokumentation aufgerufen, liegen so immer die aktuellen Daten vor. Insbesondere bei papierbasierten Dokumentationen ist dies nicht immer der Fall.

Ein typischer Anwendungsfall – die Erstinbetriebnahme einer Werkzeugmaschine – zeigt ein mögliches Lösungsszenario (**Bild 7**): Wird eine neue Komponente in die Werkzeugmaschine eingebaut, so müssen während der Inbetriebnahme umfangreiche Einstellungen vorgenommen werden, deren Zeitaufwand einen Großteil der Inbetriebnahmekosten ausmachen. Die Dateien in der Maschinensteuerung müssen installiert werden, die Software für die Kommunikation mit dem Maschinenbediener (HMI) muss angepasst werden. Zum Abschluss ist die Dokumentation auf den neuesten Stand zu bringen.

Der Ansatz des LoeWe-Projekts zeigt hier deutliche Verbesserungen. Nach der Montage einer neuen Komponente wird der Transponder entweder mit einem Handlesegerät oder einer fest installierten Antenne ausgelesen. Beide Lesegeräte sind mit der Maschinensteuerung verbunden. Die Einrichtung der Komponente erfolgt nun über ein sich automatisch installierendes Software-Paket.

Der Transponder enthält lediglich die Internetadresse, unter der das vollständige Software-Paket zur Einrichtung zu finden ist. Die Software zur Datenverwaltung erkennt anhand der XML-Datei, unter welcher Internetadresse die Dokumentation zu finden ist und legt die Dateien in einem temporären Verzeichnis ab, von welchem aus sie anschließend installiert wird.

7 Zusammenfassung

Wird den Lebenszykluskosten von Maschinen zukünftig vermehrt Beachtung geschenkt, muss ein Umdenken sowohl bei Maschinen- und Anlagenbetreibern als auch bei Herstellern stattfinden. Die Maschinenhersteller sollten die Qualität ihrer hochwertigen Produkte unter dem Aspekt günstiger Gesamtkosten vermarkten und die Maschinenanwender sollten dazu bereit sein, zunächst einen höheren Anschaffungspreis zu bezahlen, um letztendlich bei den Gesamtkosten zu sparen.

Im Forschungsprojekt LoeWe werden verschiedene Ansätze untersucht, wie sich Lebenszykluskosten minimieren lassen, so führt zum Beispiel das Weglassen hydraulischer Antriebe und der Einbau höherwertiger Komponenten, die aus der Sicht der Beschaffungskosten zunächst kostenintensiver sind, zu einer deutlichen Senkung der Gesamtkosten. Weiterhin ist die Komponentenüberwachung eine geeignete Methode, um technische Zustände der Komponenten bewerten zu können. Ein modularer Aufbau mit der Möglichkeit zur anwenderseitigen Rekonfiguration ermöglicht, die Maschine an sich ändernde Fertigungsaufgaben anzupassen. Der LCC-Navigator ermöglicht dem Hersteller, schon beim Entwurf die aus Gesamtkostensicht am besten geeigneten Komponenten auszuwählen.

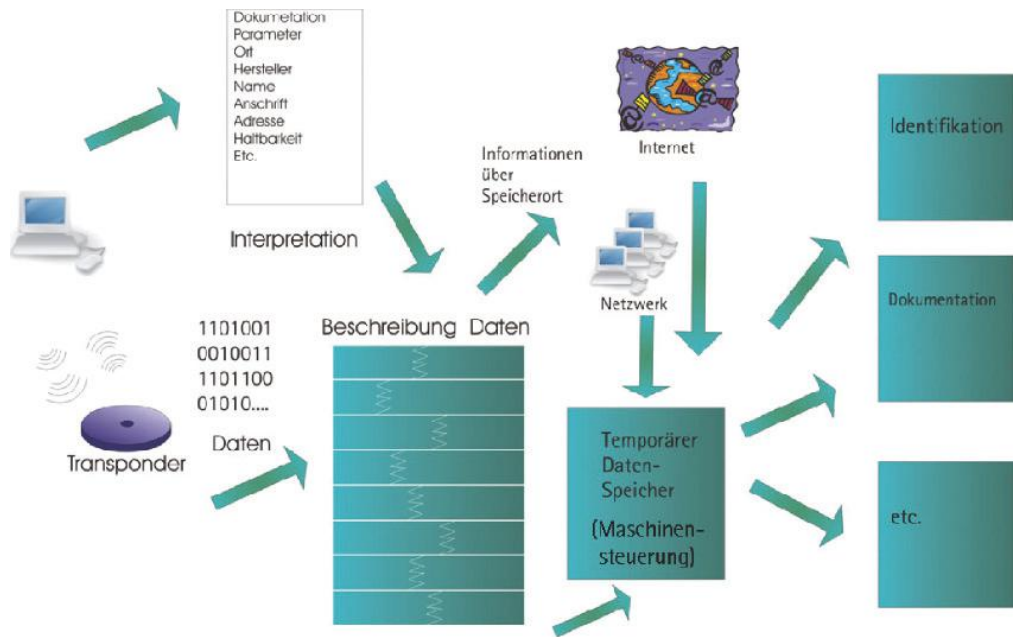


Bild 7. Schematischer Ablauf der Datenverwaltung IFW

Ansprechpartner für weitere Informationen

Dipl.-Ing. Alwin Harms
(Kontakt Daten siehe vorne)

Dr.-Ing. Uwe Krause
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Projekträger Forschungszentrum Karlsruhe
Bereich Produktion und Fertigungstechnologien (PTKA-PFT)
Außenstelle Dresden
Hallwachsstr. 3, D-01069 Dresden
Tel. +49 (0)351 / 463-314 30
E-Mail: uwe.krause@ptka.fzk.de
Internet: www.fzk.de/ptka/pft

Literatur

- [1] N. N.: Internetseite zum Projekt LoeWe: www.projekt-loewe.de. Stand: 23.05.2006
- [2] Nau, D.: Total Cost of Ownership (TCO) bei Daimler Chrysler. Herbsttagung „Life-Cycle-Performance in der Produktionstechnik“, Karlsruhe, November 2004, Band 11
- [3] Fleischer, J.; Weismann, U.; Schmalzried, S.; Wawerla, M.: Bewertung der Life-Cycle-Performance – Eine Methode zum lebenszyklusorientierten Angebotsvergleich bei produktionstechnischen Anlagen. *wt Werkstattstechnik online* 95 (2005) Nr. 7/8, S. 559–563. Internetadresse: www.werkstattstechnik.de. Düsseldorf: Springer-VDI-Verlag
- [4] Noske, H.: Design-to-Cost auf Knopfdruck – Auf sicherem Entwicklungskurs mit dem Cost-Navigator. *Konstruktion & Engineering* 25 (2002) H. 5, S. 34
- [5] Imiela, J.: Verfügbarkeitsicherung von Werkzeugmaschinenachsen mit Kugelgewindetrieb durch modellbasierte Verschleißüberwachung. Dissertation, Fachbereich Maschinenbau, Universität Hannover. Hannover: PZH-Verlag 2006
- [6] DIN 31051: Instandhaltung – Begriffe und Maßnahmen. Berlin: Beuth-Verlag 2003
- [7] Overmeyer, L.; Vogeler, S.: RFID – Grundlagen und Potenziale. *Logistics Journal* (2005) Ausgabe März