

F. Böhle und H. Rose, München

CeA: Innovationskonzept für Werkzeugmaschinen mit Zukunft*

Das Innovations-Konzept für Werkzeugmaschinen mit Zukunft setzt auf die Notwendigkeit qualifizierter Arbeit in der Produktion. Anfang der 90er Jahre erscheinen hierfür drei sich gegenseitig ergänzende Perspektiven von besonderer Bedeutung: das Konzept offener Systemarchitekturen, das Konzept objektorientierter Modellierung für die Informationsverarbeitung und das Konzept CeA für handlungsorientierte Ein- und Ausgabetechniken zur Unterstützung erfahrungsgeliteter Arbeit.

CeA: Innovation concept for machine tools. The innovation concept for machine tools with a future is based on the need for skilled labor in the field of production. At the beginning of the nineties, three mutually supporting perspectives were developed which are of particular significance for this issue: the concept of open systems architecture, the concept of object-oriented modelling for the processing of information, and the concept CeA for action-oriented input and output technology which supports experience-based work.

Qualifizierte Fachkräfte für eine flexible Produktion

Die noch Anfang der 80er Jahre weit verbreitete Annahme, daß durch Einsatz von CNC-Technik und deren Integration in CIM-Strukturen der Bedarf an qualifizierten Fachkräften in der Produktion verringert werden könnte, hat sich nicht bestätigt. Überall da, wo CNC-Maschinen eingesetzt werden, kam es in der Betriebspraxis – und zwar ganz gleichgültig, ob in der Werkstatt oder im Büro programmiert wird – nicht zu einem vermehrten Einsatz von un- und angelernten Arbeitskräften, sondern von qualifizierten Fachkräften.

Speziell in Klein- und Mittelbetrieben als Hauptanwendern von Werkzeugmaschinen spielt von jeher die Herstellung von kleineren Stückzahlen eine hervor-

gehobene Rolle. Die Produktvielfalt ist hoch, die geforderten Qualitätsstandards ebenfalls. Das Werkstattpersonal ist qualifiziert und arbeitet flexibel. In der gegenwärtigen Diskussion um neue Produktionsstrukturen für Großbetriebe wird übereinstimmend festgestellt, daß eine hocharbeitsteilige Organisation der Produktion (Taylorismus) keineswegs der „only one best way“ von Rationalisierung und Technisierung darstellt. Bestrebungen zur Einführung von Gruppenarbeit bis hin zur umfassenden Reorganisation von Unternehmen in Produktionssegmente sind Reaktionen auf veränderte gesellschaftliche Rahmendaten der Produktion, insbesondere der teils turbulenten Entwicklungen auf den Absatzmärkten. Damit erfährt die Frage, wie künftig die Produktionsarbeit aussieht und welcher Typ von Arbeitskraft benötigt wird, eine neue Wende: Es reicht nicht aus, die Arbeitsorganisation und Qualifikation von Arbeitskräften an eine bestimmte Technik anzupassen; die Frage wird zentral, ob die Technik den neuen Anforderungen nach einer flexiblen Produktion entspricht und ob sie es ermöglicht, die unverzichtbaren Leistungen qualifizierter Fachkräfte optimal zu nutzen und weiterzuentwickeln. Erfahrungen in der Praxis zeigen, daß dies gegenwärtig noch nicht der Fall ist.

Eine zentrale Schwachstelle der bisherigen technischen Entwicklung ist: CNC-Werkzeugmaschinen sind sehr stark durch das technische Konzept

eines „Automaten“ beeinflusst, der eingerichtet, programmiert sowie in Gang gesetzt wird, und ansonsten ohne weiteres menschliche Zutun das gewünschte Produktionsergebnis herstellt [1]. Dies setzt voraus, daß bei der Erstellung eines Programms „ex ante“ die Bearbeitungsvorgänge exakt festgelegt und die relevanten Prozeßparameter systematisch erfaßt werden können. Doch gerade dies ist in weiten Bereichen der betrieblichen Praxis nicht der Fall.

Erfahrungswissen ist unverzichtbar

Tabellenwerte und Angaben von Werkzeugherstellern sowie allgemeine Regeln des Programmierens usw. sind zwar anwendbar, sie führen aber sehr häufig zu keinen optimalen Ergebnissen. Hierin liegt ein wichtiger Grund für den Bedarf an qualifizierten Fachkräften. Es fällt ihnen die Aufgabe zu, Technologie-daten in Abhängigkeit nicht nur von Material und Werkzeugen, sondern auch von Bearbeitungsvorgängen, Maschineneigenschaften und Qualifikationsanforderungen zu ermitteln und zu optimieren. Ferner entwickeln qualifizierte Fachkräfte auch effizientere Bearbeitungsstrategien als „externe“ Programmierer, da sie den Arbeitskontext (z.B. Verfügbarkeit und Zustand von Werkzeugen) und die konkreten Bearbeitungsverläufe besser kennen und berücksichtigen können. Und schließlich ist es notwendig, bei Bearbeitungsvorgängen, die programmgesteuert ablaufen, frühzeitig Unregelmäßigkeiten im Prozeßverlauf zu erkennen und zu korrigieren.

Die genannten Leistungen qualifizierter Fachkräfte beruhen zu einem Großteil auf ihrem Erfahrungswissen [2]. Dies umfaßt jedoch weit mehr als bloße Routine oder in der Vergangenheit angesammelte Fertigkeiten. Eine wichtige Rolle spielt das „Erfahrung machen“ als eine Arbeitsmethode, um speziellen Anforderungen, die sich aus neuen Materialien, Werkzeugen, Produkten etc. ergeben, praktisch zu genügen.

*) Dieser Bericht basiert auf den Ergebnissen des Forschungsverbunds „Prozeßbeherrschung durch Erfahrungswissen und deren technische Unterstützung“ bei der Arbeit mit CNC-Werkzeugmaschinen (CeA), welcher vom Projektträger Arbeit und Technik des Bundesforschungsministers (BMFT) gefördert wird. Dem Verbund gehören als Partner an: WZL der RWTH Aachen, PTW der TH Darmstadt, IPK-Berlin/IFW der TU Berlin, IAW der TU Dresden, GHK Kassel, FGAT Berlin, ISF München, Universität Hamburg, ISI Karlsruhe, CNC-Zentrum Hamburg und die Firmen Siemens, Gildemeister, J. Heidenhain sowie BMW.

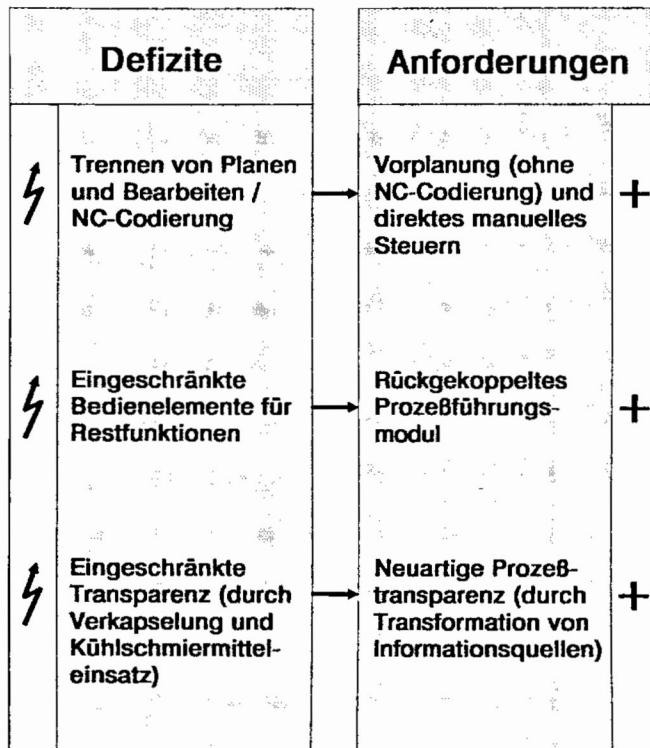


Bild 1. Hinderliche und förderliche Faktoren für erfahrungsgelaitetes Arbeiten

Wie empirische Untersuchungen zeigen, unterscheidet sich erfahrungsgelaitete Arbeit von einem planmäßig-analytisch geleiteten Vorgehen. Es beruht auf einer komplexen sinnlichen Wahrnehmung (Sehen, Hören, Greifen), mit der auch nicht präzise erfaßte und definierte Prozeßäußerungen wahrgenommen werden, wie z.B. Geräusche bei der Bearbeitung, Farbveränderungen beim Spanfluß oder Unregelmäßigkeiten bei Materialoberflächen. Des weiteren sind die Vorbereitung und Ausführung von Arbeitsvollzügen nicht getrennt, sondern miteinander verbunden. Die Durchführung einer Bearbeitung erfolgt schrittweise explorativ, wobei das jeweils erzielte Ergebnis eines Bearbeitungsschritts das weitere Vorgehen beeinflusst. Wenn mehrere Arbeitsschritte vorweggeplant werden, stellen sich qualifizierte Fachkräfte im Geist die Bearbeitungsvorgänge an den Maschinen vor und können damit Probleme bei der Bearbeitung antizipieren. Ferner werden einzelne Parameter wie insbesondere Technologiedaten nicht bei der Programmerstellung, sondern erst beim Einfahren endgültig.

Neue Anforderungen an die Technik

Berücksichtigt man die in der Praxis bestehenden Anforderungen an eine erfahrungsgelaitete Arbeit und deren Leistungen, ergeben sich neue Anforderun-

gen an die Technik. Die Entwicklung werkstatorientierter Programmierverfahren (WOP) ist ein Schritt in dieser Richtung, der jedoch zu ergänzen und weiterzuführen ist. Es sind zusätzliche technische Lösungen notwendig, mit denen insbesondere die nach wie vor bestehenden Schwachstellen die CNC-Entwicklung korrigiert und überwunden werden können. Das sind die Trennung von Planen und Ausführen, z.B. durch gesonderte Programmerstellung und Bearbeitung, die fehlende Prozeßtransparenz, z.B. durch Verkapselung von Werkzeugmaschinen, und die beschränkte manuelle Steuerung der Maschinen, z.B. durch Handräder und Potentiometer.

Das technische Konzept einer „computer-gestützten erfahrungsgelaiteten Arbeit“ (CeA) richtet sich darauf, die genannten Defizite der bisherigen Entwicklung von CNC-Werkzeugmaschinen zu überwinden. Es beschreibt ein Steuerungs- und Maschinenkonzept, das auf drei Grundsätzen beruht: sinnvolle Prozeßtransparenz, manuelle Steuerung und handlungsbezogene Programmerstellung [3] (Bild 1). Zu ihrer technischen Realisierung wurden im CeA-Forschungsverbund jeweils einzelne Komponenten entwickelt und erprobt.

Sinnvolle Prozeßtransparenz

Um die Leistungsfähigkeit von CNC-Maschinen optimal auszuschöpfen, be-

darf es neuer technischer Lösungen zur Herstellung von Prozeßtransparenz. Es sind technische Medien notwendig, durch die komplexe und vielschichtige Prozeßäußerungen während der Bearbeitung erfaßt und zugänglich werden. Prototypisch hierfür ist im Forschungsverbund CeA die Nutzung des Körperschalls, der bei der Zerspanung in der Halterung von Werkzeugen abgenommen wird und als Informationsquelle zur Prozeßregulierung und Überwachung dienen kann. Mit Hilfe von Kopfhörern wird hier die direkte Wahrnehmung von aussagekräftigen, ohne Medien jedoch nicht vermittelbaren Bearbeitungsgeräuschen möglich. Zu betonen ist, daß solche technischen Lösungen Informationsquellen zugänglich machen, bei denen die Fachkraft selbst darüber entscheidet, was sie als relevante Information ansieht. Der Informationsgehalt entsteht erst im Bewertungsprozeß aufgrund der Kompetenz der Arbeitskräfte. Im Unterschied zur Prozeßautomatisierung haben hier also Sensoren zur Erfassung von Prozeßäußerungen eine andere Funktion, Verwendung und technische Auslegung.

CNC-Maschinen mit Gespür bedienen

An CNC-Maschinen ist aus CeA-Sicht für die manuelle Steuerung eine bewegungs- und handlungsbezogene Instrumentierung notwendig. Bewegungen der Maschinen müssen durch die direkte Übertragung manueller Bewegungen auslösbar und regulierbar sein, so daß es nicht notwendig ist, sie durch präzise definierte Informationen und Befehle zu beschreiben. Prototypisch hierfür ist der im Forschungsverbund CeA entwickelte Joystick mit Kraftrückkoppelung. Ähnlich wie bei Handrädern an konventionellen Maschinen kann damit eine direkte Übertragung manueller Bewegungen vorgenommen werden. Auch wird eine Regulierung mittels „Gespür“ in der Hand ermöglicht. Im Unterschied zu mehreren Handrädern oder einem Handrad mit Mehrfachfunktion ermöglicht der Joystick eine größere Bewegungsfreiheit, da über mehrere Ebenen gefahren werden kann. Als Besonderheit können mit dem Joystick weitere Maschinenfunktionen gekoppelt werden, wie z.B. die Regulierung von Antrieben, um gleichzeitig die Geschwindigkeit zu variieren. Es wird hiermit eine manuelle Prozeßregelung ermöglicht, die Funktionen konventioneller Technik enthält und zugleich eine neue CNC-gerechte Weiterentwicklung darstellt.

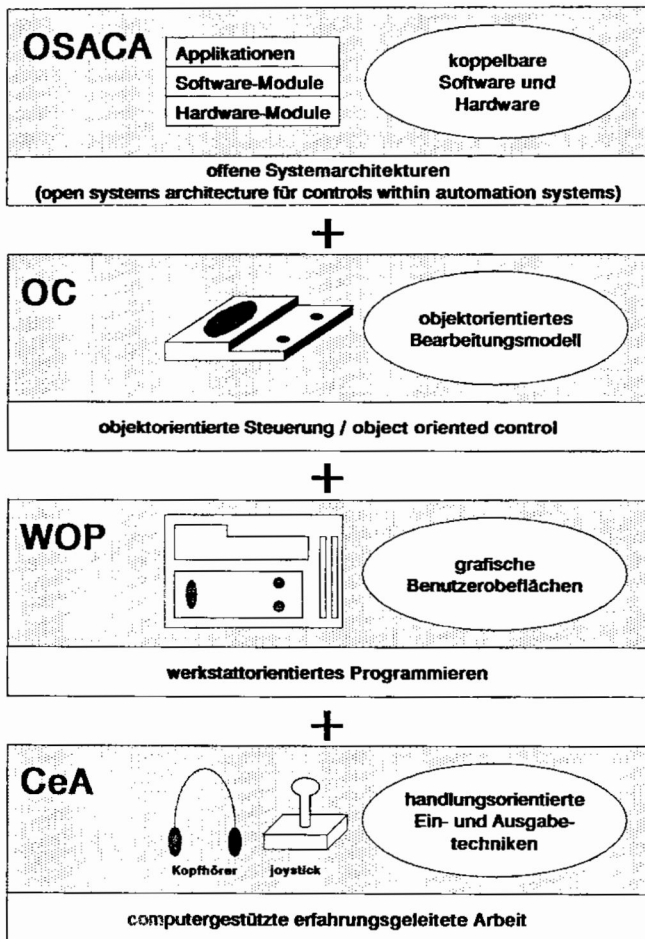


Bild 2. Gesamtkonzept für Werkzeugmaschinen

Verbinden von manueller und numerischer Steuerung

An CNC-Maschinen muß grundsätzlich die Option bestehen, auch einzelne Bearbeitungsabschnitte bis hin zu vollständigen Bearbeitungsverläufen direkt-manuell vorzunehmen. Ergänzend zu der hierfür erforderlichen Prozeßtransparenz und Instrumentierung sind darüberhinaus neuartige Koppelungen zwischen manueller und NC-Steuerung notwendig. Prototypisch für einen Einstieg in ein solches Konzept ist die im CeA-Forschungsverbund entwickelte Protokollierung von Override-Werten. Die handlungsorientierte, empirische Ermittlung von Technologiedaten kann damit unmittelbar für die Programmerstellung genutzt werden. In Verbindung mit offenen Systemarchitekturen und objektorientierten Steuerungskonzepten (OC statt NC) sind neue Optionen zwischen unterschiedlichen Vorgehensweisen bei der Durchführung von Bearbeitungen ebenso wie Programmerstellung zu eröffnen. Dies betrifft insbesondere die direkt-manuelle Steuerung der Maschinen ohne oder mit einer Unterstützung durch Programmbausteine einer

OC-Steuerung (z.B. beim Verfahren komplizierter Geometrien) sowie die direkt-handlungsbezogene Erstellung eines Programms bzw. Kombinationen zwischen einer beschreibenden und einer direkt handlungsbezogenen Programmerstellung. Die Trennung von Arbeitsplanung und Durchführung der Bearbeitung, wie sie für NC-Steuerung bisher üblich ist, kann auf diese Weise aufgelöst werden. Die Fachkraft kann je nach Erfordernissen der Produktion, wie z.B. bei neuen Produkten, Einzelfertigung, kleineren Serien oder einzelnen Bearbeitungsschritten, unterschiedliche Vorgehensweisen wählen [4].

Prozeßnahes Arbeiten mit CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen

Mit den hier nur ausschnittsweise wiedergegebenen Entwicklungen im CeA-Forschungsprojekt werden anderweitige technische Innovationen im Bereich von Werkzeugmaschinen ergänzt und erweitert (Bild 2). Die bislang entwickelten werkstatorientierten Programmierverfahren (WOP) werden mit dem CeA-

Konzept durch die Betonung der notwendigen Prozeßtransparenz und manuellen Steuerung ergänzt. In Verbindung mit offenen Systemarchitekturen, mit denen Software-Module und Hardware-Module z.B. für Antriebe und SPS gekoppelt werden können, sowie in Verbindung mit objektorientierten Modellierungen für Steuerungen, die eine Koppelung von Bauteil- und Bearbeitungsmodellen zulassen, ergeben sich zukunftsweisende Gesamtkonzepte für Werkzeugmaschinen [4]. Sie fördern die Integration der Werkzeugmaschine in übergreifende rechnergestützte Verfahrensketten (bottom up) und erlauben gleichzeitig prozeßnahes Arbeiten, wie es gegenwärtig nur bei konventioneller Technik möglich ist.

Literatur

- 1 Böhle, F.; Carus, U.; Schulze, H.: Manuelle Steuerung von CNC-Werkzeugmaschinen. VDI-Z 135 (1993) 3, S. 14-20
- 2 Institut für Arbeitswissenschaft (IfA) der Gesamthochschule Kassel (Hrsg.): Erfahrungsgelenkte Arbeit mit CNC-Werkzeugmaschinen und deren technische Unterstützung, Kassel 1992
- 3 Lennartz, K. D.; Rose, H.: Prozeßnahes Arbeiten mit CNC-Werkzeugmaschinen. Zwf 88 (1993) 2, S. 75-77
- 4 Rose, H.: Erfahrungsgelenkte Arbeit als Innovationskonzept für Arbeitsgestaltung und Technikentwicklung. ZfA 46 (18 NF), 1992/3, S. 145-149

Die Autoren dieses Beitrags

Priv. Doz. Dr. Fritz Böhle, Jahrgang 1945, arbeitet am Institut für sozialwissenschaftliche Forschung (ISF) in München und lehrt derzeit an der Universität München.

Dr. rer. soc. Dipl.-Psych. Dipl.-Volksw. Helmuth Rose, Jahrgang 1941, ist ebenfalls am ISF in München tätig. (12248)