

Ein Zwitter, ein Kompromiß zwischen konventioneller Arbeitsweise hier und ausgefeilter CNC-Technik dort oder ein erster Schritt auf einem Wege, den die steuerungstechnische Entwicklung gehen sollte? Die auf der Metav 1992 in Düsseldorf vorgestellte Drehmaschine VDF DUS 560 von Boehringer hat alle Bedienelemente einer konventionellen Maschine. Der Dreher kann in gewohnter Weise arbeiten. Immer dann jedoch, wenn sie die Bearbeitung optimieren kann, kommt moderne Steuerungstechnik zum Einsatz. Die Steuerung mit großem Farbbildschirm, Softkeys und bedienungsfreundlicher Menütechnik ist voll auf die Denk- und Arbeitsweise des Drehers abgestimmt. Programmierkenntnisse sind nicht erforderlich. So wird es möglich, das Planen/Programmieren der Bearbeitung und das Ausführen auf der Maschine als Tätigkeiten zeitlich weitgehend zu verschränken. Nicht zuletzt kann der Facharbeiter sein Erfahrungswissen unmittelbar einbringen.

Manuelle Steuerung von CNC-Werkzeugmaschinen

Ein zukunftsweisender Ansatz für
die steuerungstechnische Entwicklung

Von Fritz Böhle, München, Ursula Carus und Hartmut Schulze, Hamburg

Mit numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen wird eine weitgehende Automatisierung in der Metallbearbeitung angestrebt. Grundlage dafür ist das Programmieren der Bearbeitungsprozesse. Es erfordert, daß ex ante die Bearbeitungsschritte, Parameter und Einflußgrößen bekannt sind und festgelegt werden. In der Praxis ist dies jedoch nur begrenzt möglich, insbesondere bei komplexen Teilen und kleineren Stückzahlen. Speziell bei Einzelfertigung erweist sich die Erstellung eines Programms vielfach als für eine ökonomische und qualitätsorientierte Bearbeitung eher

hinderlich denn förderlich. Mit der CNC-Technik wurde die systematische technische Weiterentwicklung manuell zu steuernden Maschinen zugunsten einer einseitigen Betonung der Automatisierung abgebrochen. Wird dieser „Pfad“ technischer Entwicklung auch weiterhin vernachlässigt, bleibt der Anwendungsbereich von CNC-Werkzeugmaschinen begrenzt, mehr noch, Anwenderbetriebe müssen eine „Automatisierungstechnik“ in Kauf nehmen, die den Gegebenheiten und Erfordernissen der Praxis nicht entspricht.

Automatisierung und CNC-Technik

Die CNC-Technik wurde vor allem mit dem Ziel entwickelt, Bearbeitungsprozesse zu automatisieren, bei denen die konventionelle Automatisierungstechnik ökonomisch wie produktionstechnisch an ihre Grenzen stieß. Dies gilt insbesondere für die Herstellung kleinerer Stückzahlen (Einzelfertigung bis mittlere Serien) bei häufigem Produktwechsel. Die CNC-Technik eröffnete hier neue Möglichkeiten für eine Verbindung von Automatisierung und Flexibilität. Demgegenüber ist diese Technik in der Großserien- und Massenfertigung – sofern sie hier angewendet wird – eher eine Fortsetzung von bereits traditionell bestehenden Formen der Automatisierung. Die Leistungsfähigkeit der CNC-Technik ist deshalb nicht nur mit Blick auf die Massenfertigung zu beurteilen, sondern insbesondere für die Bereiche, die traditionell bei der Automatisierung ausgespart wurden. Zu fragen ist, ob und inwieweit es mit dieser Technik in der Praxis gelungen ist, bislang bestehende Grenzen für die Automatisierung zu überwinden. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht werden als solche Grenzen insbesondere Kosten, die durch häufiges Umrüsten (= Stillstandzeiten) entstehen, genannt; aus produktionstechnischer Sicht sind es vor allem komplizierte und schwierige Bearbeitungsvorgänge, die einer Automatisierung auf der Basis der konventionellen Technik entgegenstehen.

Für die Überwindung oder zumindest Reduzierung solcher Automatisierungshemmnisse bietet die CNC-Technik ohne Zweifel neue und erweiterte Möglichkeiten. Darüber hinaus werden mit dieser Technik Bearbeitungsvorgänge möglich, die mit konventionellen, manuell gesteuerten Werkzeugmaschinen nicht oder nur sehr aufwendig durchzuführen sind. Diese neuen technischen Möglichkeiten führten zu der Vorstellung, daß – im Prinzip – CNC-Werkzeugmaschinen sukzessive an die Stelle der konventionellen Technik treten werden.

Die zu beobachtenden tatsächlichen Entwicklungen werfen jedoch die Frage auf, ob bei einer solchen Sicht nicht wichtige Einflußfaktoren übersehen oder falsch eingeschätzt werden. So ist zum Beispiel festzustellen, daß nach wie vor bei Anwenderbetrieben ein Interesse an konventionellen, manuell gesteuerten Werkzeugmaschinen besteht – und zwar auch bei Neuanschaffungen. Ferner setzt die effektive Nutzung der CNC-Technik organisatorische und qualifikatorische Rahmenbedingungen voraus, die bei den Anwenderbetrieben nicht immer vorhanden und auch nicht ohne weiteres herstellbar sind, zum Beispiel eine Arbeitsvorbereitung und zentrale Programmierung. Speziell in Klein- und Mittelbetrieben ist eine solche Abteilung vielfach nicht nur organisatorisch ein „Fremdkörper“, sondern auch betriebswirtschaftlich und produktionstechnisch ineffizient. Nicht zuletzt hierin liegen die Gründe für die Nachfrage nach werkstattnahen, facharbeitergerechten Programmierverfahren und entsprechenden Entwicklungen bei den Herstellern. Doch stehen – trotz solcher Entwicklungen – in der betrieblichen Praxis noch andere Faktoren der Nutzung der CNC-Technik entgegen oder beeinträchtigen die hiermit angestrebten ökonomischen und produktionstechnischen Effekte. Die These ist, daß in der betrieblichen Praxis auch bei Nutzung der CNC-Technik spezifische Hemmnisse für eine Automatisierung bestehen und daß diese Hemmnisse sowohl die Anwendung wie auch die Effizienz dieser Technik – so, wie sie gegenwärtig entwickelt ist – begrenzen. Dieses Problem wird sich nur lösen

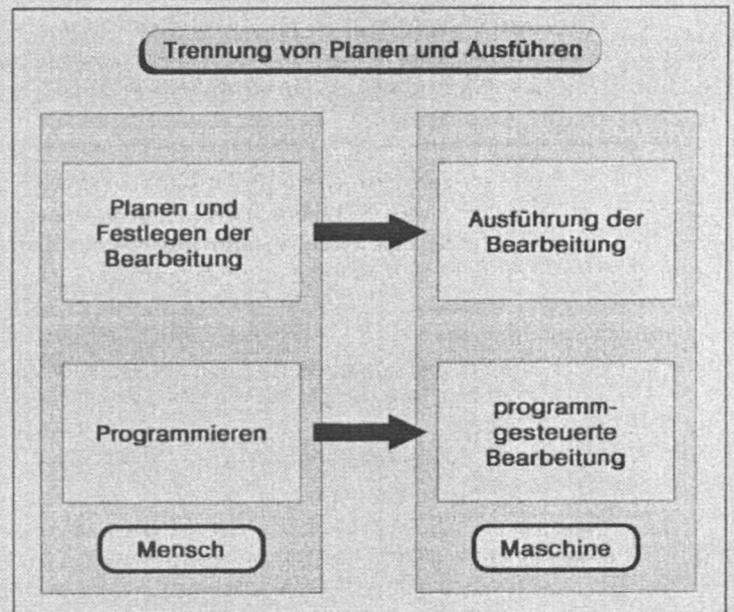


Bild 1. Konzept des Programmierens.

lassen, wenn die in der Praxis bestehenden „Grenzen“ der Automatisierung erkannt und anerkannt werden und sich die weiteren technischen Entwicklungen nicht nur am „Ideal“ der Automatisierung orientieren.

Programmieren – Trennung von Planen und Ausführen

Die Steuerung maschineller Bearbeitungsprozesse durch Programmierung basiert auf der Trennung von Planen und Ausführen. Dies entspricht den Prinzipien analytisch-rationalen Handelns. „Erst denken, dann handeln“ oder „Je besser die Planung, um so einfacher die Ausführung“ sind hierfür charakteristische Grundsätze. Die Automatisierung maschineller Bearbeitungsvorgänge setzt eine exakte vorausschauende und detaillierte Planung voraus. Sie erfordert, daß ex ante sämtliche Abläufe, Einflußgrößen und Parameter bekannt sind und festgelegt werden. Im Idealfall dürfen bei der konkreten Bearbeitung keine Ereignisse auftreten, die nicht vorhersehbar und in der Planung berücksichtigt sind. Die Technik des Programmierens hat als Voraussetzung, daß eine solche ex ante-Kennntnis und -Festlegung der Ausführung von Bearbeitungsprozessen grundsätzlich möglich ist. Nachträgliche Eingriffe in die programmgesteuerten Bearbeitungsprozesse werden demnach bestenfalls in Ausnahmesituationen notwendig; sie sind als Schwächen der Planung zu verstehen, die durch Verbesserungen überwunden werden müssen. Ansatzpunkte hierfür sind sowohl eine effektivere Erfassung und Bereitstellung der für die Bearbeitung relevanten Daten als auch das Vermeiden von technischen und menschlichen Planungs- und Programmierfehlern, **Bild 1**.

Die Trennung von Planen und Ausführen durch das Programmieren findet bei den heute vorherrschenden Konzepten auch dann statt, wenn an den Maschinen programmiert wird. Die externe Programmierung und das Programmieren in der Werkstatt sind nur unterschiedliche organisatorische Varianten einer solchen Trennung von Planen und Ausführen. Auch wenn Facharbeiter an den Maschinen programmieren, müssen sie nicht nur – vor Beginn der Bearbeitung – eine Vorstellung vom Endprodukt und vom Bearbeitungsprozeß insgesamt entwickeln, sondern zudem

detailliert die einzelnen Bearbeitungsschritte festlegen. Ein Schritt-für-Schritt-Vorgehen wie bei der konventionellen Technik, bei dem der jeweilige nächstfolgende Bearbeitungsvorgang auf dem Ergebnis des vorangegangenen aufbaut, ist hier nicht vorgesehen. Typisch ist die Feststellung der Arbeitskräfte, daß man nun sehr viel mehr vorweg denken und vorweg planen müsse. Diese mit dem Programmieren einhergehende Trennung von Planen und Ausführen zeigt sich am deutlichsten, wenn die Programmierung auf „beschreibenden“ Verfahren beruht, bei denen die einzelnen Bearbeitungsprozesse mittels Daten (Zahlen, Symbolen) beschrieben und festgelegt werden. Das Planen ist hier eine primär geistige Tätigkeit, und die Ausführung durch die Maschine ist die Praxis. Aber auch wenn das Erstellen eines Programms in einer anderen Weise stattfindet, zum Beispiel durch die „manuelle“ Erstellung eines Werkstücks (Record-Playback-Verfahren), bleibt die Trennung zwischen Planen und Ausführen erhalten: Lediglich die Art und Weise, wie geplant wird (Programmierung beziehungsweise erstes Teil), ist verschieden, nicht aber der Tatbestand, daß die nachfolgenden Bearbeitungsprozesse ex ante festgelegt werden und Veränderungen „programmgesteuert“ ablaufen. Das Prinzip der Trennung von Planung und Ausführung gilt auch hier.

Grenzen der Planung

Daß die Bearbeitungsprozesse auf den Maschinen ex ante geplant und festgelegt werden können, wurde bei der CNC-Entwicklung als ein Tatbestand angesehen, der keiner weiteren (grundsätzlichen) Diskussion und Klärung bedarf. Offene Fragen beziehen sich auf eher technische Details der Datenerfassung oder auf eine (noch) nicht ausreichend vorangetriebene wissenschaftlich-systematische Erfassung der ausschlaggebenden Prozeßparameter. Doch es scheint, daß es sich hier um eine verhängnisvolle Unterschätzung von Automatisierungshemmnissen handelt: Mittlerweile liegt eine Reihe von Befunden aus empirischen Untersuchungen vor, die zeigen, daß in der Metallbearbeitung (gleiches gilt auch für andere Produktionsbereiche) eine exakte und detaillierte Festlegung der Bearbeitungsvorgänge an den Maschinen weit schwieriger ist, als dies bei der Entwicklung der CNC-Technik unterstellt wurde. Die Gründe hierfür liegen in einer Vielzahl von Fakto-

ren – von Material- und Werkzeugeigenschaften bis hin zum Maschinenverhalten sowie zu Qualitätsanforderungen und Zeitvorgaben –, die im konkreten Fall die jeweils „optimalen“ Bearbeitungsstrategien, die Technologiedaten (Vorschub, Schnittgeschwindigkeit) sowie die Auswahl der Werkzeuge beeinflussen. So zeigt sich auch, daß in der Praxis das „Erfahrungswissen“ der Facharbeiter nach wie vor unverzichtbar ist und die Arbeitskräfte an CNC-Maschinen dieses Wissen stets neu entwickeln müssen [1; 2].

Die Arbeitsweise der Facharbeiter

Wichtige positive Aspekte einer Programmierung „vor Ort“ ergeben sich daraus, daß nachträgliche, oftmals aufwendige Korrekturen und Anpassungen extern erstellter Programme entfallen. Facharbeiter können beim Programmieren unmittelbar die jeweils konkreten Gegebenheiten an den Maschinen berücksichtigen. Dabei geht vor allem ihr Erfahrungswissen unmittelbar in die Erstellung eines Programms ein, etwa bei der Bestimmung der Bearbeitungsschritte, um zum Beispiel häufigen Werkzeugwechsel und Umspannen zu vermeiden [3]. Da ein bestimmtes Werkstück auf unterschiedliche Weise „hergestellt“ werden kann, bestehen in der Praxis vielfach Unterschiede zwischen den von den Facharbeitern und den von externen Programmierern gewählten Vorgehensweisen. Die Facharbeiter sind eher in der Lage, sowohl bestimmte Leistungen als auch Schwächen ihrer Maschinen oder problematische Arbeitsschritte zu berücksichtigen. Sie können abschätzen und auch „austesten“, was in der Praxis möglich ist; die Leistungsfähigkeit der Maschinen auszunutzen und zugleich die geforderten Qualitätsstandards zu sichern, ist für sie eine besondere Herausforderung. Der von Experten oft geäußerte Verdacht, daß die Facharbeiter infolge bisheriger Gewohnheiten vorhandene Leistungspotentiale der Maschinen nicht voll nutzen, wird durch die vorliegenden empirischen Befunde nicht bestätigt, zumindest dann nicht, wenn sich Facharbeiter mit der neuen Maschine ausreichend qualifizieren konnten.

Verschränkung von Planen und Ausführen

Für Facharbeiter ist nach der Erstellung des Programms und nach einem Test durch Simulation das Programmieren noch nicht abgeschlossen, da die Simulation zwar das Verhalten der Steuerung abbildet, nicht aber das Zusammenspiel der Kräfte, die auf Werkstück und Material in der Bearbeitung einwirken. Zum Programmieren gehört für Facharbeiter deshalb auch das „Einfahren“ und somit der unmittelbar praktische Test. Das heißt, für sie ist das Programmieren erst dann beendet, wenn ein anforderungsgerechtes Teil entstanden ist. Also geht es beim praktischen Test nicht nur um eine Überprüfung, sondern vor allem um endgültige Festlegungen und Ergänzungen. Dies gilt insbesondere für Technologiedaten wie Vorschub, Schnittgeschwindigkeit oder Drehzahl. Die bei der Programmierung eingegebenen Werte sind nur vorläufig. Ihre endgültige Festlegung geschieht empirisch durch die Betätigung des Override und durch Orientierung am Geräusch (dem „richtigen“ Ton), das bei der Bearbeitung des Materials durch ein bestimmtes Werkzeug entsteht [4]. Bei der Erstellung eines Programms an der Maschine fließen somit nicht nur spezielle Kenntnisse über die Ausführung der Bearbeitungsvorgänge an den Maschinen ein; diese Vorgänge werden auch nicht vollständig vorweg geplant und endgültig festgelegt, Bild 2.

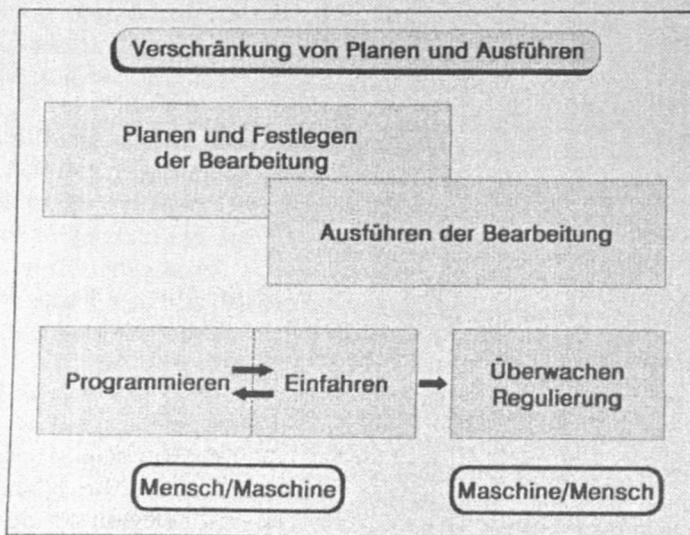


Bild 2. Programmieren an der Maschine – Grenzen der Planung.

Der Prozeß des Planens und Ausführens entspricht bei der Vorgehensweise der Facharbeiter nicht nur einer einfachen, zeitlich linearen Abfolge, in der Weise, daß einseitig die Planung die Ausführung bestimmt; es findet vielmehr eine wechselseitige Beeinflussung im Sinne eines zirkularen Prozesses statt. Dies führt auch dazu, daß der bei der Programmierung angestrebte „Planungshorizont“ sowohl sachlich als auch zeitlich begrenzt wird: Ein einmal erstelltes Programm hat lediglich eine situationsbedingte Gültigkeit; auch bei einem gleichen Werkstück ist es zu einem anderen Zeitpunkt unter anderen konkreten Produktionsbedingungen (andere Maschine, anderes Material) nur bedingt brauchbar. Die Praxis zeigt, daß vorhandene Programme deshalb fast immer neu angepaßt und gegebenenfalls unter Nutzung neuer Erfahrungen korrigiert werden müssen. Hier hat sich vielfach das Erstellen eines neuen Programms – auch bei einem gleichen Werkstück – gegenüber einer Wiederverwendung vorhandener Programme als der letztlich effizientere Weg erwiesen.

Eine weitere Verschränkung von Planung und Ausführung entsteht – im Unterschied zur externen Programmierung – durch den Verzicht auf eine endgültige Festlegung sämtlicher Parameter, insbesondere, was die Technologiedaten betrifft. Für die hier angestellten Betrachtungen ist entscheidend, daß nicht das Ideal der möglichst „perfekten“ Planung angestrebt wird. Leitend ist das Wissen darüber, daß die konkreten Gegebenheiten an den Maschinen ex ante nicht vollständig bestimmbar und deshalb erst in Verbindung mit der praktischen Ausführung ermittelbar sind. Programmieren und Einfahren liefern erst ein „fertiges“ Programm und gehören in dieser Hinsicht für den Facharbeiter zusammen.

An der Bedeutung des Einfahrens zeigt sich, daß in der Praxis beim Programmieren nicht die Beherrschung von Programmiersprachen das zentrale Problem ist, sondern es ist das Erfordernis, ex ante sämtliche für die konkrete Bearbeitung relevante Parameter festzulegen. Die Lösung dieses Problems ist weder über eine Vereinfachung des Programmierens noch durch dessen weitere technische Unterstützung erreichbar. Notwendig sind vielmehr Lösungen, die anerkennen und unterstützen, was die Facharbeiter – unabhängig von den technischen Vorgaben – faktisch praktizieren. Dies bedeutet, daß die Zielsetzung und das Leitbild, die Steuerung von Bearbeitungsprozessen an Werkzeugmaschinen zu automatisieren, zu relativieren und je nach Produktionsbedingungen und Erfordernissen zu modifizieren sind. Menschliche Arbeit mit CNC-Maschinen verschiebt und konzentriert sich nicht nur auf das Planen, sie ist und bleibt ebenso auch wichtig für die Ausführung.

Die Ausführung umfaßt außer dem Einfahren auch das Überwachen der programmgesteuerten Abläufe. Überwachen heißt in der Praxis weit mehr als lediglich ein Reagieren auf Störungen (zum Beispiel Werkzeugbruch) oder das Ausschalten der Maschinen, um weitere Folgeschäden zu vermeiden. Auch wenn die Facharbeiter die Bearbeitungsprozesse nicht (selbst) steuern, ist deren Überwachung, selbst wenn aktuell kein Eingreifen notwendig ist, eine „aktive“ Tätigkeit. Sie verfolgen den Bearbeitungsprozeß, ordnen die jeweiligen Prozeßäußerungen ein und interpretieren sie [5]. Auf diese Weise ist es ihnen möglich, sich anbahnende Störungen rechtzeitig zu erkennen und, wenn technische Möglichkeiten vorhanden sind, sie zu vermeiden oder sie zumindest in ihren Folgen gering zu halten.

Abweichungen vom „Normallauf“ sind dabei keine Ausnahmen, sondern gehören zum betrieblichen Alltag; sie sind etwas, worauf man sich einstellen muß; sie sind zwar jeweils in ihrem konkreten Auftreten nicht vorhersehbar, aber zugleich etwas, womit man rechnen muß. Es handelt sich um unplanbare Ereignisse, nicht um ungeplante. Auch während des Automatikbetriebs sind Facharbeiter somit aktiv in die Bearbeitungsprozesse eingebunden; ein Schwergewicht liegt auf dem subjektiven Mit- und Nachvollziehen der (programmgesteuerten) Bearbeitungsvorgänge [6, S. 125 ff.]. Auf dieser Grundlage sind auch Eingriffe in den Automatikbetrieb nicht nur auf Störsituationen (im engeren Sinn) beschränkt; sie dienen zum Beispiel auch zur Regulierung der Geschwindigkeit für eine situationsbezogene Anpassung der (programmgesteuerten) Bearbeitungsprozesse.

Fehlende technische Unterstützung

In der betrieblichen Praxis wird somit die bei der Programmierung von Bearbeitungsprozessen unterstellte Trennung von (menschlicher) Planung einerseits und automatischer Ausführung andererseits in mehrfacher Weise durchbrochen. Bei den neueren technischen Entwicklungen wird dieser Tatbestand jedoch nicht systematisch berücksichtigt. Die Bemühungen und Diskussionen um werkstattnahe technische Konzepte sind auf das Programmieren konzentriert. Sie richten sich somit darauf, Voraussetzungen für organisatorische Alternativen der „Planung“ von Bearbeitungsprozessen zu schaffen, indem sie zum Beispiel anstreben, dem Facharbeiter das Programmieren an der Maschine zu erleichtern. Daß aber die positiven Effekte einer Programmierung „vor Ort“ gerade in der Verbindung von Planen und Ausführen liegen und nicht nur in einer „praxisnäheren“ Programmierung, wird kaum berücksichtigt. Es wird nicht der Frage nachgegangen, wie auch an CNC-Maschinen die Ausführung der Bearbeitungsvorgänge dem aktiven Einwirken der Arbeitskräfte zugänglich bleibt. Dies betrifft die Möglichkeit, die Bearbeitungsprozesse wahrzunehmen, ebenso wie die, sie direkt zu steuern. Beides wird bei den heute vorherrschenden technischen Entwicklungen und Konzepten gegenüber der Programmierung nicht genügend zur Kenntnis genommen. Die Entwicklungen sind deshalb in bezug auf die zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten auf eher eingegrenzte Funktionen und Anwendungsbereiche reduziert. Diese Beschränkungen an CNC-Maschinen zu überwinden – sowohl, was die Prozeßtransparenz als auch, was die direkte Regulierung der Bearbeitungsprozesse betrifft –, steht im Mittelpunkt eines vom BMFT geförderten Forschungsvorhabens „Prozeßbeherrschung durch Erfahrungswissen und deren technische Unterstützung“. Ein Schwerpunkt der in diesem Rahmen entwickelten technischen Konzepte liegt auf der direkten Prozeßwahrnehmung und -steuerung in Verbindung mit dem Programmieren und den programmgesteuerten Bearbeitungsvorgängen [2; 14]. Aus den zuvor referierten Befunden ergeben sich darüber hinaus noch weitere Konsequenzen für die zukünftige Entwicklung der CNC-Werkzeugmaschinen.

CNC-Technik ohne Programmieren, ein vernachlässigter Ansatz

Die mit der CNC-Technik angestrebte Automatisierung wurde für Bearbeitungsprozesse entwickelt, bei denen ein

bestimmtes Werkstück mehrfach in gleicher Weise hergestellt wird. CNC-Werkzeugmaschinen werden aber auch bei Einzelfertigung eingesetzt, so zum Beispiel im Werkzeug- und Formenbau. Ausschlaggebend dafür sind weniger die arbeitssparenden Effekte der Automatisierung, sondern ist die im Vergleich zu konventionellen Maschinen höhere Leistungsfähigkeit der numerisch gesteuerten Maschinen, sowohl in bezug auf Bearbeitungsgenauigkeit und -geschwindigkeit als auch mit Blick auf neue und erweiterte (technologische) Möglichkeiten für Bearbeitungsvorgänge [7]. Doch fragt sich, ob solche Vorteile der CNC-Technik von den Anwenderbetrieben nicht letztlich nur über einen „Umweg“ erreicht werden. Die Betriebe müssen eine „Automatisierungstechnik“ in Kauf nehmen, die in der vorgesehenen Weise nicht genutzt werden kann. Die Technik baut auf Vorgehensweisen auf, die sich in der Praxis weder als praktikabel noch als effizient erweisen. Die entscheidende Frage ist, ob in solchen Situationen das Erstellen eines Programms – als einzig mögliche Vorgehensweise – überhaupt sinnvoll ist.

Eine Alternative zu dem bisher vorherrschenden Konzept der Vorweg-Programmerstellung wäre in dieser Sicht eine auch von der Technik unterstützte unmittelbare Integration von Planen und Ausführen – so, wie dies bei der Arbeit mit konventionellen Maschinen möglich ist. Dies bedeutet nicht die Rückkehr zur konventionellen Technik, sondern lediglich die Entkoppelung mikroelektronisch gesteuerter Werkzeugmaschinen einerseits und der Programmierung konkreter Bearbeitungsprozesse andererseits. Eröffnet werden damit Entwicklungsansätze für technische Optionen einer direkt-manuellen Steuerung der Bearbeitungsprozesse. Damit läßt sich ein technisches Konzept umreißen, bei dem die konkrete, schrittweise Durchführung der Bearbeitung durch die Facharbeiter im Zentrum steht und diese – je nach Bedarf – durch eine vorherige Programmierung ergänzt und unterstützt werden kann, **Bild 3**.

Manuelle Steuerung von CNC-Maschinen

Die Orientierung an der unmittelbaren Durchführung von Bearbeitungsprozessen – und nicht nur an ihrer Planung – führt auch zu neuen Anforderungen an die Gestaltung der elektronischen Steuerung und ihrer Handhabung: Das bislang vorherrschende Eingeben von Steuerungsbefehlen

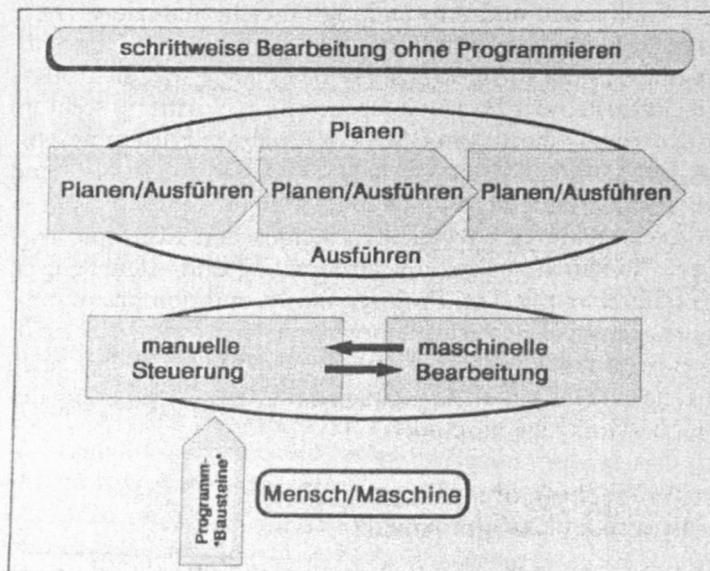


Bild 3. Manuell gesteuerte CNC-Maschine.

durch Symbole und Tasten ist eine Vorgehensweise, die dem Planen und Programmieren eines Bearbeitungsprozesses auf der Basis beschreibender Verfahren entspricht; sie wird bei den vorherrschenden technischen Konzepten auch auf die direkte, manuelle Steuerung der Maschinen übertragen. Allerdings hat hier mittlerweile die Praxis bereits eine Anpassung an stärker handlungsbezogene, analoge Instrumentierungen mit sich gebracht oder gefordert. Ansätze in diese Richtung sind Tastaturen, durch die eine Maschinenfunktion direkt ausgelöst und zugleich stufenlos reguliert werden kann, sowie elektronische Handräder. Empirische Befunde belegen hier nachdrücklich, daß solche Bedienelemente keineswegs nur aus bloßer Gewohnheit von den Facharbeitern bevorzugt werden; sie ermöglichen vielmehr sowohl ein unmittelbares, schnelles Reagieren als auch ein genaueres Arbeiten [6, S. 123 ff.; 3, S. 74 ff.]. Bislang sind solche Bedienelemente jedoch nur für bestimmte Funktionen und Anwendungsbereiche konzipiert. Demgegenüber wären sie bei dem hier umrissenen Konzept auf sämtliche Bearbeitungsvorgänge auszuweiten, auch zum Beispiel auf das manuell-analoge Verfahren nichtlinearer Geometrien sowie auf unmittelbare taktile Rückkoppelungen bei der manuellen Steuerung des Werkzeugs. Dabei kann eine Unterstützung einer solchen direkt-manuellen Steuerung durch Programme und Programmierung sinnvoll und wünschenswert sein. Entscheidend ist, daß hier (Teil-)Programme primär den Charakter von „Bausteinen“ oder allgemeinen Vorgaben haben sowie als Ergänzung und Unterstützung der direkt-manuellen Steuerung dienen und dementsprechend in ihrer Nutzung und ihrem konkreten Einsatz bestimmt werden. Die manuelle Regulierung ist hier also kein ergänzender und nachträglicher Eingriff in ein Programm, sondern umgekehrt: Von der direkt-manuellen Steuerung der Maschinen ausgehend kann je nach Bedarf im Sinne einer möglichen Option eine Unterstützung durch Programmierung „herangeholt“ werden. In jedem Fall dient dabei aber die Programmierung nicht einer möglichst vollständigen ex ante-Planung und -Festlegung der Bearbeitungsvorgänge. Ähnlich wie bei der konventionellen Technik werden die Abläufe erst im Zuge der konkreten Bearbeitung festgelegt.

Mit dem hier umrissenen Konzept sind nicht primär andere Vorgehensweisen und technische Optionen bei der Programmierung angesprochen; im Vordergrund steht vielmehr der „Verzicht“ auf das Programmieren von Bearbeitungsvorgängen und damit die weitestmögliche Verschränkung von Planen und Ausführen bei der konkreten Herstellung von Werkstücken. Auch die CNC-Maschine bekommt in dieser Sicht einen „Werkzeugcharakter“ und nähert sich wieder der Hand des Facharbeiters, mit der er nicht nur „Befehle“ erteilt, sondern mit der er ein Werkstück herstellt. Wenn eine solche technische Option verfügbar ist (wäre), eröffnen sich auch weitere Perspektiven für alternative Programmierverfahren, zum Beispiel für das Record-Playback-Verfahren.

Ebenso wie bei der konventionellen Technik die Mechanik und im weiteren Verlauf die Elektrik auch dafür genutzt und entwickelt wurden, um – im Sinne eines Werkzeugs – menschliche (Arbeits-)Verrichtungen technisch zu unterstützen, geht es hier also darum, die mikroelektronische Steuerung von Maschinen für die Ausführung der Bearbeitungsvorgänge durch die Facharbeiter zu nutzen. Neben erweiterten Maschinenleistungen (Genauigkeit, Geschwindigkeit, neue Technologien) umfaßt dies zum Beispiel auch

neue Möglichkeiten für die Reduzierung von Kraftaufwand und unbequemen Körperhaltungen bis hin zur technischen Unterstützung bei komplizierten Bearbeitungen und zur Nutzung von Makros für bestimmte Bearbeitungsvorgänge, Bild 4.

Praktische Ansätze

Das hier umrissene Konzept einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine wurde bislang von Maschinen- wie Steuerungsherstellern nicht systematisch aufgegriffen. Doch gibt es hierfür – gewissermaßen als Neben-Entwicklungen – durchaus Ansätze. So baut zum Beispiel die Firma Voest-Alpine-Steinel eine konventionelle Drehmaschine mit Anleihen aus der CNC-Technik (Modell W570E). Nach vorliegenden Angaben wird sie von Anwendern anstelle von konventionellen Maschinen gekauft, für die beim gegenwärtig vorherrschenden Angebot an CNC-Maschinen nach wie vor Bedarf besteht [8, S. 61]. Zu nennen sind ferner die MONIPOS-Steuerung, die von der IMEX-Handelsgesellschaft Linz vertrieben wird, wobei „alte“ Maschinen um eine Einfach-CNC erweitert werden, sowie die von Weisser Heilbronn angebotene „Juniormat“, die stärker an der herkömmlichen CNC-Technik orientiert ist [9]. Ein weiteres Beispiel ist die von der Firma Boehringler auf der Metav 1992 vorgestellte DUS 560, eine VDF-Drehmaschine mit moderner Steuerungstechnik [10]. Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang auch die inzwischen nicht mehr hergestellte R&D-Steuerung MSH D2; bei ihr liegen in der hier umrissenen Perspektive die Stärken und der innovative Charakter nicht primär in der Programmierertechnik, sondern in der Verschränkung von direktem manuellem Steuern mit Programmierunterstützung, doch wurde diesem Ansatz weder bei der technischen Entwicklung noch bei der Beurteilung dieser Steuerung Priorität beigemessen, im Vordergrund stand nicht – wie zuvor beschrieben – der Verzicht auf das Programm, sondern die Entwicklung einer anderen, stärker handlungsbezogenen Form des Programmierens.

Unterschiedliche Pfade technischer Entwicklungen

Das umrissene Konzept einer manuell gesteuerten CNC-Werkzeugmaschine mag angesichts der bisher entwickelten Programmierertechniken als eine eher rückständige Variante moderner Technik scheinen. Gemessen am „Ideal“ der Automatisierung mag dies auch zutreffen. Bei einer solchen Betrachtungsweise verlaufen technische Entwicklungen in einem quasi linearen Prozeß und in aufsteigender Stufenfolge vom einfachen Werkzeug über die Maschine bis hin zum sich selbst steuernden Automaten. Technische Systeme, die, einmal in Gang gesetzt, gegenüber menschlichem Eingriff abgeschottet sind, erweisen sich demnach als höchstes und ausgereiftestes Stadium technischer Entwicklung. Doch entspricht bei genauerer Betrachtung eine solche lineare Abfolge nicht den in der Praxis stattfindenden (oder stattgefundenen) technischen Entwicklungen. Die Werkzeugmaschinen sind hierfür ein Beispiel. Nicht erst mit der CNC-Technik, sondern bereits gegen Mitte des vorigen Jahrhunderts wurden Automaten für die Drehbearbeitung entwickelt. Die nun eingesetzten Drehautomaten verdrängen aber keineswegs manuell gesteuerte Maschinen, sondern es kam zu einem Nebeneinander von „Automaten“ und „Werkzeugmaschinen“, die je nach den konkreten Produktionsbedingungen (Produkt, Stückzahl) unterschiedlich

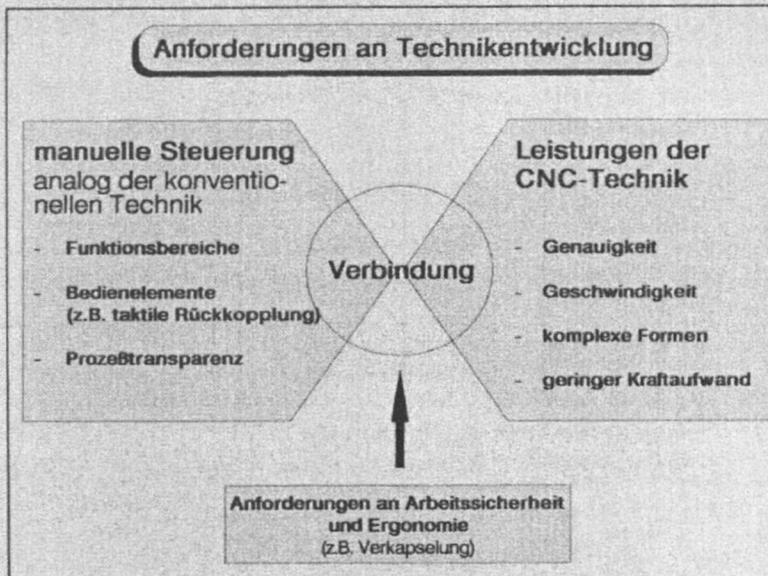


Bild 4. Technische Komponenten manuell gesteuerter CNC-Maschinen.

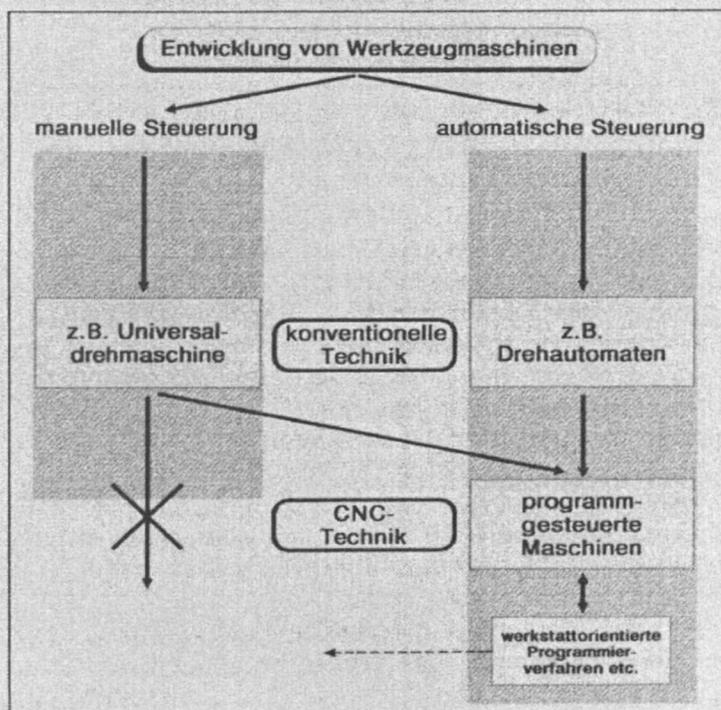


Bild 5. Heute vorherrschende technische Konzepte.

verwendet wurden. Wie Untersuchungen zur Geschichte der Technik zeigen [11 bis 13], kommt es auch in der weiteren Entwicklung keineswegs zu einer schrittweisen Überführung oder Annäherung von manuell gesteuerten Maschinen an die Automaten. Vielmehr entstehen eher zwei Linien der technischen Entwicklungen, mit jeweils eigenständigen, weiterführenden Innovationen. Bei den manuell gesteuerten Werkzeugmaschinen gehen die Entwicklungen nicht in Richtung Automatisierung, sondern streben an, die Leistungsfähigkeit und die Handhabung der Maschinen zu verbessern (Universaldrehmaschinen). Die „lineare“ Entwicklung vom Werkzeug über die Maschine zum Automaten stellt sich in der Praxis also wesentlich differenzierter und vielfältiger dar. Eher handelt es sich um unterschiedliche technische Konzepte, die nicht nur von einer Entwicklungsstufe in die nächste (höhere) führen, sondern die auch jeweils eigenständige technische Innovationen und (Weiter-)Entwicklungen eröffnen und umfassen. Aus dieser Sicht

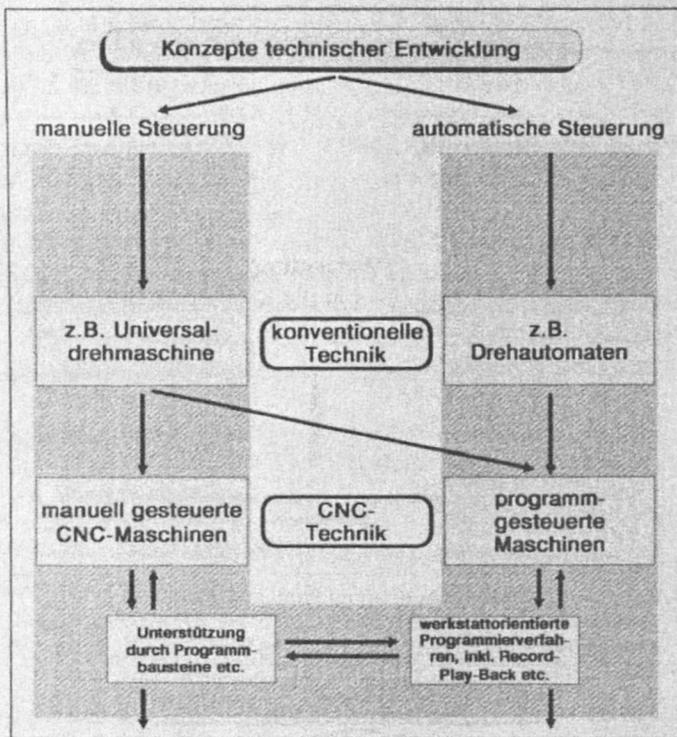


Bild 6. Erfordernisse der Praxis – unterschiedliche technische Konzepte.

wird auch ihre Bewertung im Sinne eines höheren oder niedrigeren technischen Niveaus fragwürdig. Die Entwicklung der Werkzeugmaschinen verfolgte bis Mitte der 70er Jahre neben der Automatisierung auch das Ziel einer kontinuierlichen Verbesserung der manuell gesteuerten Maschinen. Mit der NC- und insbesondere der CNC-Technik verschob sich diese Zielsetzung jedoch zugunsten technischer Konzepte, die primär auf Automatisierung abstellten. Die Weiterentwicklung der manuell gesteuerten Maschine wurde demgegenüber weitgehend abgebrochen oder blieb auf die konventionelle Technik beschränkt. In der heutigen Praxis ist jedoch deutlich geworden, daß es erforderlich ist, die vorwiegend auf Automatisierung ausgerichtete Technik (wieder) an solche Produktionsbedingungen und Erfordernisse anzupassen, bei denen sich eine Automatisierung als weder produktions-technisch praktikabel noch ökonomisch effizient erweist, Bild 5.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob nicht für zukünftige Entwicklungen in der Maschinensteuerung der umgekehrte Weg, nämlich von der manuell-gesteuerten Werkzeugmaschine auszugehen, die letztlich näherliegende und erfolgversprechendere Option für technische Innovationen wäre. Anstelle einer einseitigen Ausrichtung auf die Automatisierung wären auch auf der Basis der CNC-Technik Entwicklungen mit dem Ziel einer weitergehenden Verschränkung von Planen und Ausführen aufzugreifen und weiterzuverfolgen. Die manuell zu steuernde CNC-Werkzeugmaschine ist in dieser Sicht eine bislang vernachlässigte Option, die jedoch auf eine sehr lange und eigenständige Tradition verweisen kann. Daß an solchen Maschinen in der Praxis Bedarf besteht, steht außer Frage. Ähnlich wie bei der Entwicklung werkstatorientierter Programmierverfahren wird jedoch auch hier der Bedarf erst dann zu Aufträgen führen, wenn entsprechende technische Konzepte ebenso systematisch realisiert werden und verfügbar sind, wie dies heute bei programmgesteuerten

CNC-Maschinen der Fall ist. Die hier umrissenen Überlegungen könnten die Hersteller zumindest in dem Mut bestärken, die vorgestellten Optionen für technische Entwicklungen aufzugreifen, Bild 6.

Literatur

- [1] Rose, H.: Die Bedeutung des Erfahrungswissens für die Bedienung von CNC-Maschinen. Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung und Automatisierung 86 (1991), Nr. 1, S. 45–48.
- [2] Institut für Arbeitswissenschaft der Gesamthochschule Kassel (Hrsg.): Erfahrungsgeleitete Arbeit mit CNC-Werkzeugmaschinen und deren technische Unterstützung. Kassel: Institut für Arbeitswissenschaft der GhK, 1992.
- [3] Böhle, F.; Rose, H.: Erfahrungsgeleitete Arbeit bei Werkstattprogrammierung. Perspektiven für Programmierverfahren und Steuerungstechniken. In: Rose, H. (Hrsg.): Programmieren in der Werkstatt – Perspektiven für Facharbeit mit CNC-Maschinen. Frankfurt, New York: Campus Verlag, 1990, S. 11–96.
- [4] Böhle, F.: Einfahren und Optimieren. In: [2], S. 46–51.
- [5] Carus, U.; Nogala, D.; Schulze, H.: Prozeßüberwachung. In: [2], S. 52–60.
- [6] Böhle, F.; Milkau, B.: Vom Handrad zum Bildschirm. Eine Untersuchung zur sinnlichen Erfahrung im Arbeitsprozeß. Frankfurt, New York: Campus Verlag, 1988.
- [7] Rosenbrock, H. H.: Designing Human-Centered Technology. London: Springer-Verlag, 1989.
- [8] Unkonventionelle Konvention. NC-Fertigung (1991), Nr. 7, S. 38–49.
- [9] Steinkamp, D.: Zur Verbesserung der Programmierung von CNC-Werkzeugmaschinen durch konventionelle Eingabelemente. Studienarbeit an der RWTH Aachen, 1990.
- [10] Hille, A.; Jorissen, H. D.; Malle, K.; Schulte, H. J.: Metav 92: Produktionstechnische Leistungsschau in schwieriger Zeit. VDI-Z 134 (1992), Nr. 7/8, S. 14–35.
- [11] Bappert, R.; Benad-Wagenhoff, V.; Kleff, F.; Seltz, R.: Rationalisierung der Dreharbeit im Maschinenbau 1800–1990. Landesmuseum für Technik und Arbeit Mannheim (hektographiertes Manuskript), Mannheim, 1991.
- [12] Ruby, J.: Der Weg von der Drehmaschine zum Drehautomaten im deutschen Werkzeugmaschinenbau. Technikgeschichte 58 (1991), Nr. 4, S. 297–314.
- [13] Benad-Wagenhoff, V.: Die Entstehung der Werkzeugmaschinen in der Industriellen Revolution und der deutsche Werkzeugmaschinenbau bis 1949/18. Technikgeschichte 58 (1991), Nr. 4, S. 279–296.
- [14] Lennartz, K. D.; Rose, H.: Flexibel Fertigen auf der Basis erfahrungsgeleiteter Arbeit. Neue technische Optionen für mehr Effizienz in der NC-Verfahrenskette. VDI-Z 134 (1992), Nr. 5, S. 46–54.

Die Autoren

Priv. Doz. Dr. Fritz Böhle, Jahrgang 1945, arbeitet am Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung München und lehrt derzeit an der Universität München.

Dipl. Psych. Ursula Carus, Jahrgang 1948, ist freiberuflich in der Personal- und Organisationsentwicklung tätig und seit 1991 Mitarbeiterin in der Abteilung Arbeits-, Betriebs- und Umweltpsychologie der Universität Hamburg.

Dipl. Psych. Hartmut Schulze, Jahrgang 1960, ist seit 1991 Mitarbeiter in der Abteilung Arbeits-, Betriebs- und Umweltpsychologie der Universität Hamburg.

Die Autoren sind an dem vom BMFT geförderten Forschungsverbund „Computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit“ (CeA) beteiligt.