

1.2 Überblick über Ziele, Ergebnisse und Perspektiven des CeA-Forschungsverbunds Fritz Böhle, ISF München

1.2.1 Neuere Anforderungen an Technik durch neue Formen der Betriebs- und Arbeitsorganisation

Trotz der Erfolge in der CNC-Technik hat sie nicht - wie ursprünglich erwartet - die konventionelle Technik in den Betrieben ersetzt. Auch hat eine sehr heftige Diskussion darüber eingesetzt, wie zukünftig überhaupt eine effiziente überlebensfähige Organisation der Produktion aussehen soll. Konzepte und Ratschläge hierzu sind mittlerweile vielfältig - ja, man kann geradezu von einer Konjunktur neuer Organisationsmodelle sprechen: Lean Production, Fraktale Fabrik, Lernende Organisation u.ä. Selbst wenn hier oft - vor allem, was die praktische Umsetzung betrifft - mehr Fragen aufgeworfen als beantwortet werden, besteht doch in einem Einigkeit: Die Annahme, daß eine effiziente Produktion nur durch eine immer weitere Standardisierung und Automatisierung von Arbeitsabläufen sowie durch eine möglichst umfassende zentral organisierte Planung zu erreichen ist, wurde erheblich erschüttert; das sog. tayloristische Modell der Produktionsorganisation hat als Wegweiser für den "only one best way" ausgedient. Notwendig werden Produktionsstrukturen, die nicht nur eine rationelle Massenfertigung, sondern ebenso auch eine effiziente und qualitätsorientierte flexible Produktion ermöglichen. Daraus resultiert auch ein neuer Bedarf an qualifizierten Fachkräften für die Produktion (vgl. Kap. 2.1).

Die Diskussion um neue Organisationsformen sind eine Reaktion auf veränderte gesellschaftliche Rahmendaten der Produktion, insbesondere der teils turbulenten Entwicklungen auf den Absatzmärkten. Vor allem Klein- und Mittelbetriebe als Hauptanwender von Werkzeugmaschinen müssen in der Lage sein, flexibel zu produzieren, gleiches gilt aber auch für Spezialabteilungen in Großbetrieben, z.B. dem Werkzeugbau.

Damit erlangt aber auch die Frage, wie zukünftig Produktionsarbeit aussieht, welche Technik 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; zentral wird die Frage, ob die vorhandene Technik den Anforderungen an eine flexible Produktion mit hohen Qualitätsstandards entspricht. Erfahrungen in der Praxis zeigen, daß dies nicht der Fall ist.

Der Einsatz von CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen kann zwar mit unterschiedlichen Formen der Arbeitsorganisation kombiniert werden: Programmierung in der Arbeitsvorbereitung oder an den Maschinen, der Einsatz von Angelernten oder Facharbeitern, Spezialarbeiten oder komplexe Arbeitsaufgaben sind hierfür Beispiel und verweisen auf neue und erweiterte "Spielräume" in der Gestaltung der Arbeitsorganisation beim Einsatz von CNC-Werkzeugmaschinen. Aber etwas genauer besehen finden sich in der betrieblichen Praxis zwar sehr vielfältige Varianten, doch

werden diese teilweise eher gegen die Technik als mit ihrer Unterstützung und effizienten Nutzung entwickelt.

Fragt man also nicht danach, was "möglich", sondern was "effizient" ist, erweist sich die bisherige Entwicklung von CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen in hohem Maße als einseitig.

Eine zentrale Schwachstelle der bisherigen technischen Entwicklung ist: CNC-Werkzeugmaschinen sind sehr stark durch das Konzept eines "Automaten" beeinflusst, der eingerichtet, programmiert und in Gang gesetzt wird und ansonsten ohne weiteres ohne menschliches Zutun das gewünschte Produktionsergebnis herstellt. Die Verkapselung der Maschinen bringt dies sinnfällig zum Ausdruck: Die Abschottung gegenüber menschlichen Eingriffen und des Kontakts zu der Durchführung der Bearbeitungsvorgänge. Menschliche Arbeit konzentriert sich demnach primär auf das Erstellen eines Programms und nicht mehr auf den praktischen Umgang mit den Maschinen selbst. Die Erstellung des Programms ist von der Annahme geleitet, daß "ex ante" die Bearbeitungsvorgänge exakt festgelegt und die relevanten Prozeßparameter entsprechend bekannt sind und festgelegt werden können. Grundlage hierfür sind systematisch-methodische Analysen und Beschreibungen der Eigenschaften von Material und Werkzeugen sowie Maschinenfunktionen einerseits und allgemeiner Regeln des Programmierens andererseits. Nach diesen Grundsätzen kann z.B. ein Programm unabhängig von der praktischen Durchführung von Bearbeitungsvorgängen an Maschinen erstellt werden. Doch gerade dies ist in weiten Bereichen der betrieblichen Praxis nicht der Fall.

Um jedoch keine falschen Fronten aufzubauen: Das Konzept der Automatisierung mag auch zukünftig weiter seine Berechtigung und Faszination haben. Als alleiniges und vorherrschendes Leitbild für technische Innovationen erweist es sich jedoch als höchst unzulänglich, wenn nicht gefährlich. Für die Technikentwicklung gilt gleiches wie für die Betriebs- und Arbeitsorganisation: Wer meint, daß es einen "only one best way" gibt, und wer glaubt, daß zukünftig in der industriellen Produktion sich der Einsatz von Technik und die Gestaltung der Arbeitsorganisation in einem - bestenfalls zeitlich verzögerten - Gleichschritt vollziehen, hängt veralteten Vorstellungen an. Je früher man sich hiervon verabschiedet, um so eher besteht die Chance, die Zukunft nicht zu verpassen.

Die Entwicklung werkstatorientierter Programmierverfahren ist eine Antwort auf Erfordernisse der Praxis. Doch ist dies nur ein erster Schritt in eine Umorientierung der technischen Entwicklung. Insbesondere zwei Probleme sind bisher nicht gelöst:

- Auch bei werkstatorientierten Programmierverfahren ist oft ein "Leitbild" vorherrschend, bei dem nicht von einer fachlich qualifizierten Arbeitskraft an der Maschine, sondern von gering qualifizierten Arbeitskräften ausgegangen wird. Ziel ist demnach, den Umgang mit den Steuerungssystemen möglichst zu "vereinfachen", und zwar nicht nur im Sinne einer Erleichterung der "Bedienbarkeit", sondern insbesondere auch im Sinne der Bedienerführung und Begrenzung von Entscheidungsmöglichkeit. Der Mensch als Risikofaktor, den es weitmöglichst auszuschalten gilt und dem dort, wo er benötigt wird, technisch

"geholfen" werden muß, sind Annahmen, durch die solche technischen Konzepte beeinflußt werden - auch wenn dies vielfach gar nicht explizit definiert oder bewußt ist.

- Auch in Verbindung mit der Entwicklung werkstattgerechter Programmierverfahren sind CNC-gesteuerte Werkzeugmaschinen primär als "Automaten" konzipiert. Demnach gilt: Wenn das Programm erstellt ist, läuft die Bearbeitung automatisch ab. Der Bearbeitungsvorgang soll durch eine vorangehende Simulation überprüft oder - soweit überhaupt - am Bildschirm anhand des Programmablaufs kontrolliert werden. Was demgegenüber tatsächlich in den Maschinen abläuft, ist nicht von Belang. Doch dies ist ein erheblicher und sehr verhängnisvoller Irrtum.

1.2.2 Erfahrungsgeleitete Arbeit - eine notwendige Voraussetzung für flexible Produktion

Eine vollständige exakte und systematische Erfassung der relevanten Prozeßparameter ist in der Praxis nur begrenzt möglich. Tabellenwerte und Angaben von Herstellern zu Technologiedaten (z.B. Drehzahl, Schnittgeschwindigkeit) sowie allgemeine Regeln des Programmierens 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, Technologiedaten in Abhängigkeit nicht nur von Material und Werkzeugen, sondern auch von Bearbeitungsvorgängen, Maschineneigenschaften und Qualitätsanforderungen zu ermitteln und zu optimieren. Ferner entwickeln qualifizierte Fachkräfte auch effizientere Bearbeitungsstrategien als "externe" Programmierer, da sie die besonderen Gegebenheiten an den Maschinen und den konkreten Bearbeitungsablauf besser kennen und berücksichtigen können. Und schließlich ist es auch notwendig, wenn die Bearbeitungsvorgänge programmgesteuert ablaufen, Unregelmäßigkeiten im Prozeßverlauf frühzeitig zu erkennen und zu korrigieren oder zumindest kostspielige Folgeschäden zu vermeiden. Die sich hierin zeigenden Grenzen für eine vollständige "ex ante"-Erfassung der Einflüsse und Wirkungszusammenhänge in der Metallbearbeitung sind durch umfangreiche empirische Untersuchungen dokumentiert; sie sind in Kap. 2.2 ausführlich dargestellt.

(1) Erfahrungsgeleitete Arbeit

Die Leistungen qualifizierter Fachkräfte beruhen zu einem Großteil auf ihrem "Erfahrungswissen". Dies umfaßt jedoch weit mehr als bloße Routine oder einen in der Vergangenheit angesammelten Erfahrungsschatz. Eine wichtige Rolle spielt das "Erfahrung machen" als eine Methode, um speziell neue Anforderungen, die sich auf Veränderungen von neuartigen Situationen, die sich durch neue Materialien, Werkzeugen, Produktion usw. ergeben, zu erfassen und praktisch zu beherrschen. Diese Art zu arbeiten, läßt sich als "erfahrungsgeleitete Arbeit" bezeichnen.

Wie in umfangreichen empirischen Untersuchungen nachgewiesen wurde, unterscheidet sich eine solche erfahrungsgeleitete Arbeit von einem (natur-)wissenschaftlich-analytisch geleiteten Vorgehen. Es beruht auf

einer komplexen sinnlichen Wahrnehmung (Sehen, Hören, Greifen), durch die auch nicht präzise erfaßte und definierte Prozeßäußerungen wahrgenommen werden (wie z.B. Geräusche an den Maschinen, Farbveränderungen beim Spanfluß, Unregelmäßigkeiten bei Materialoberflächen u.ä.). Gefühle und subjektive Empfindungen sind dabei nicht ausgeschaltet, sondern ein wichtiger Bestandteil der Arbeit und sind verbunden mit assoziativ-intuitiven Formen des Denkens. Die Durchführung einer Bearbeitung erfolgt schrittweise, wobei das jeweils erzielte Ergebnis eines Bearbeitungsschritts das weitere Vorgehen beeinflusst. Auch, wenn mehrere Arbeitsschritte (vorweg-)geplant werden, geschieht dies "schrittweise"; qualifizierte Fachkräfte stellen sich im Geist die Bearbeitungsvorgänge an den Maschinen vor und können damit Probleme bei der Bearbeitung antizipieren. Eine ausführlichere Darstellung des Konzepts erfahrungsgelernter Arbeit sowie der Ergebnisse der empirischen Untersuchung zu den Merkmalen und Leistungen erfahrungsgelernter Arbeit mit CNC-Maschinen erfolgt in Kap. 2.1 und 2.3.

(2) Defizite der vorherrschenden technischen Konzepte

Berücksichtigt man die in der Praxis bestehenden Anforderungen an eine erfahrungsgelernte Arbeit und deren Leistungen, ergeben sich neue Anforderungen an die Technik. Die Entwicklung werkstatorientierter Programmierverfahren (WOP) ist ein Schritt in dieser Richtung (s.o.), der jedoch zu ergänzen und weiterzuführen ist. Es sind zusätzliche technische Lösungen notwendig, mit denen insbesondere die - nach wie vor - bestehenden Schwachstellen der CNC-Entwicklung korrigiert und überwunden werden können. Es sind dies:

- Das Konzept des Programmierens, das auf beschreibenden Verfahren und auf einer Trennung von Planung und Ausführung beruht:
Nicht nur bei externer Programmierung, sondern auch bei werkstatorientierten Programmierverfahren (WOP) wird davon ausgegangen, daß "ex ante" ein Programm möglichst vollständig und detailliert festgelegt und weitgehend auch durch Simulation überprüft werden kann. Ferner sind - trotz Erleichterung und Verbesserung des Programmierverfahrens - nach wie vor handlungsbezogene Vorgehensweisen zur Programmerstellung, die auf der direkten Durchführung einer Bearbeitung beruhen, nicht oder nur sehr begrenzt möglich.

- Die Einschränkung der Prozeßtransparenz und der sinnlichen Wahrnehmung von Bearbeitungsvorgängen:

Durch die Verkapselung wird zwischen den Bearbeitungsvorgängen und den Arbeitenden eine "Barriere" errichtet. Sie führt zu einer Behinderung des Sichtkontakts und beeinträchtigt auch die akustische Wahrnehmung - insbesondere, was ein differenziertes Wahrnehmen der Bearbeitungsgeräusche betrifft. Soweit die unmittelbare Wahrnehmung durch technisch vermittelte Informationen ergänzt (ersetzt) wird, richtet sich dies nur auf einzelne Funktionen (z.B. Programmablauf, Antriebsleistung) und digitale Anzeigen. In der Praxis wird daher speziell beim Einfahren von Programmen die Verkapselung geöffnet. Bereits schon gegenwärtig und zukünftig verstärkt ist dies aus sicherheitstechnischen

Gründen jedoch nunmehr mit zeitaufwendigen Unterbrechungen der Bearbeitungsvorgänge möglich.

- **Die Beschränkung der direkten manuellen Steuerung:**
Die gegenwärtig verfügbare manuelle Steuerung ist überwiegend nach den gleichen Prinzipien gestaltet wie die Programmerstellung. Maschinenfunktionen werden durch das "manuelle" Eingeben von Steuerungsbefehlen in Form von Symbolen und Tastaturen ausgelöst. Instrumente zur stufenlosen Regulierung wie insbesondere elektronische Handräder erlauben zwar eine direktere, manuelle Regulierung; unbefriedigend ist aber die Belegung mit Mehrfachfunktionen (Achsen, Override), die fehlende (Kraft-)Rückkoppelung und die Beschränkung der Funktionsbereiche. So wird zwar eine manuelle Steuerung angeboten, ohne daß hierdurch aber eine erfahrungsgeleitete Arbeit effektiv unterstützt wird. Eine weitere Diskussion und Begründung solcher Defizite findet sich in Kap. 2.4.

1.2.3 CeA - Technik als "Werkzeug"

Das technische Konzept einer "computergestützten erfahrungsgeleiteten 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: Prozeßtransparenz, manuelle Steuerung und handlungsbezogene Programmerstellung. Zu ihrer technischen Realisierung wurden jeweils einzelne Komponenten entwickelt und erprobt.

(1) Prozeßtransparenz und Zugänglichkeit der Bearbeitung

Informationen über konkrete Bearbeitungsvorgänge dürfen nicht nur auf das reduziert sein, was exakt meßbar und durch eindeutig definierbare Symbole und Signale dargestellt werden kann. Das gilt speziell für optische, akustisch und haptisch-taktil wahrnehmbare Prozeßeigenschaften und -äußerungen. Der einfachste Weg hierzu ist die direkte Zugänglichkeit - so wie dies z.B. bei konventionellen Werkzeugmaschinen der Fall ist. Ist dies aus Gründen der Sicherheit oder anderweitigen technischen Gegebenheiten nicht möglich, entstehen neue Anforderungen an technische Innovationen. Es sind technische Medien ("Sensoren") notwendig, die in der Lage sind, komplexe und vielschichtige Prozeßäußerungen "authentisch" zu erfassen und zugänglich zu machen. Technik hat hier die Funktion, wahrnehmbar zu machen, was ohne ihre Hilfe nicht mehr (unmittelbar) wahrnehmbar ist.

Prototypisch hierfür ist die Nutzung des Körperschalls, der bei der Zerspanung in der Halterung von Werkzeugen abgenommen wird als Informationsquelle zur Bearbeitung, Prozeßregulierung und Überwachung. Informationsquellen (Geräusche) werden zugänglich gemacht, bei denen die Fachkraft selbst darüber entscheidet, was sie als relevante Information auswählt und woran sie diese erkennt. Der Informationsgehalt entsteht erst im Bewertungsprozeß aufgrund der Kompetenz der Arbeitskräfte. Im Unter-

schied zur Prozeßautomatisierung haben hier also Sensoren zur Erfassung von Prozeßäußerungen eine andere Funktion, Verwendung und technische Auslegung. Eine ausführlichere Darstellung der im CeA-Forschungsverbund entwickelten technischen Komponenten zur Erhöhung der Prozeßtransparenz findet sich in Kap. 3.2.

(2) Manuelle Steuerung der Maschinen und Bearbeitungsabläufe

Auch an CNC-Maschinen ist 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 Forschungsprojekt CeA entwickelte Joystick mit der Kraftrückkoppelung zur Regulierung der Verfahrswege von Achsen und ihrer Vorschubgeschwindigkeiten. 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. Es wird hiermit eine manuelle Prozeßregulierung ermöglicht, die Funktionen konventioneller Technik enthält und zugleich eine neue CNC-gerechte Weiterentwicklung darstellt. Eine ausführliche Darstellung von technischen Komponenten zur Prozeßregulierung findet sich in Kap. 3.3

(3) Verbindung von manueller Steuerung und NC-Steuerung

Auch an CNC-Maschinen muß grundsätzlich die Option bestehen, ein Werkzeug vollständig direkt-manuell herzustellen. Ergänzend zu der hierfür erforderlichen Prozeßtransparenz und Instrumentierung sind hier Koppelungen zwischen manueller Steuerung und NC-Steuerung notwendig. Prototypisch für einen Einstieg in ein solches Konzept ist die Protokollierung von Override-Werten. Die handlungsorientierte, empirische Ermittlung von Technologiedaten kann damit unmittelbar für die Programmerstellung genutzt werden. Darüber hinaus sind auf der Basis von Prozeßtransparenz und einer erweiterten manuellen Regulierung in Verbindung mit offenen Systemarchitekturen und objektorientierten Steuerungskonzepten neue Optionen zwischen unterschiedlichen Vorgehensweisen möglich und (zukünftig) anzustreben. Dies betrifft insbesondere die direkt-manuelle Steuerung der Maschinen, ohne oder mit einer Unterstützung durch Programmbausteine (z.B. beim Verfahren komplizierter Geometrien) sowie die direkt-handlungsbezogene Erstellung eines Programms oder/und Kombinationen zwischen einer beschreibenden und einer direkt handlungsbezogenen Programmerstellung. Die Trennung von Arbeitsplanung und Durchführung der Bearbeitung, wie sie für CNC-Steuerung bisher üblich ist, kann auf diese Weise aufgelöst werden. Eine ausführliche Darstellung eines solchen technischen Konzepts findet sich in Kap. 4.

(4) Höhere Wirtschaftlichkeit durch CeA

Die Realisierung und der praktische Einsatz der im Forschungsverbund CeA-entwickelten technischen Komponenten trägt in mehrfacher Weise zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Fertigung mit CNC-Werkzeugmaschinen bei. Zu nennen sind hier insbesondere: die Reduzierung von Kosten, die durch wiederholte Programmunterbrechungen und lange Einfahrzeiten, Stillstandszeiten, Material- und Maschinenschäden (Ausschuß, Werkzeugbruch u.ä.) sowie Reparatur bzw. Instandhaltung entstehen. Durch die direkte Erstellung von Programmen "vor Ort" entfallen kosten-trächtige Aufwendungen für die Optimierung und ggf. Korrektur von Programmen. Des weiteren werden Reibungsverluste durch Umstellungs- und Anpassungsschwierigkeiten bei flexibler Produktion reduziert. Und schließlich ergeben sich direkte und indirekte kostenwirksame Effekte durch die Erhöhung der Qualität bzw. Sicherung von Qualitätsstandards und Vermeidung aufwendiger Nacharbeiten und Korrekturen. Eine ausführliche Diskussion sowie empirische Demonstration solcher ökonomischen Effekte finden sich in den Kapiteln 2.5 und 3.5.

1.2.4 CeA - eine neue Perspektive für zukunftsweisende Innovationen

Gemessen an der Zielsetzung einer möglichst vollständigen Automatisierung mag das im CeA-Forschungsverbund entwickelte technische Konzept zur Unterstützung erfahrungsgelernter Arbeit als Beschränkung oder gar Rückschritt in der technischen Entwicklung erscheinen. Doch es fragt sich, ob die Automatisierung ein hinreichendes Kriterium für die Beurteilung des technischen Fortschritts darstellt. Betrachtet man die technische Entwicklung als einen Prozeß, der vom einfachen Werkzeug über die Maschine bis hin zum sich selbst steuernden Automaten führt, sind technische Systeme, die - einmal in Gang gesetzt - von menschlichen Eingriffen unabhängig sind, das höchste und ausgereifteste Stadium technischer Entwicklung, an dem der Erfolg technischer Innovationen zu messen ist. Doch die Praxis ist weit differenzierter und vielfältiger. Es gibt zahlreiche Beispiele für technische Innovationen, die nicht auf das Ziel der Automatisierung gerichtet sind, aber dennoch einen technischen "Fortschritt" darstellen. Speziell Werkzeugmaschinen sind hierfür ein Beispiel.

(1) Technischer Fortschritt ohne Automatisierung

Seit den Anfängen der Industrialisierung erfolgten kontinuierliche technische Verbesserungen der Leistungsfähigkeit und Genauigkeit von Maschinen, ohne daß vom Prinzip der manuellen Steuerung grundsätzlich abgegangen wurde. Diese Entwicklung wurde auch dann weitergeführt, als Automaten entwickelt wurden; deren Anfänge gehen ebenfalls bereits in die Mitte des vorigen Jahrhunderts zurück. Es kam damit aber keineswegs zu einer schrittweisen Überführung oder Annäherung von manuell gesteuerten Maschinen an den Automaten. Vielmehr entstanden zwei Richtungen in der technischen Entwicklung, in denen jeweils eigenstän-

dige, weiterführende Innovationen erfolgten. Erst mit der NC- und später der CNC-Technik wird diese Entwicklung zugunsten einer einseitigen Entscheidung für die Automatisierung abgebrochen. Manuell gesteuerte Maschinen werden von nun an nur mehr auf der Basis "konventioneller" Technik hergestellt; die Errungenschaften der Mikroelektronik werden demgegenüber nur für die Automatisierung genutzt. Diese Vereinseitigung ist auch einer der Gründe dafür, daß CNC-gesteuerte Maschinen keineswegs, so wie erwartet, sukzessive die konventionelle Technik ersetzen. Damit werden die technischen Potentiale und möglichen Verbesserungen in der Leistungsfähigkeit der Maschinen, die sich aus dem Einsatz von Mikroelektronik ergeben, nicht optimal genutzt. Entscheiden sich demgegenüber aber Anwender für den "neuesten Stand" der Technik, so müssen sie eine Automatisierungstechnik in Kauf nehmen, die in vielfachen Bereichen den praktischen Anforderungen nicht entspricht.

Anstelle einer einseitigen Konzentration auf Automatisierung und Programmsteuerung kommt es daher zukünftig darauf an, unterschiedliche Pfade der technischen Entwicklung gleichgewichtig weiterzuverfolgen. Erst auf dieser Basis können dann auch in der Praxis unterschiedliche Optionen für technische Konzepte, die unterschiedlichen Produktionsgegebenheiten Rechnung tragen, angeboten werden. Die Berücksichtigung erfahrungsgeliteter Arbeit kann hier in unterschiedlicher Weise Eingang finden: als Ergänzung programmgesteuerter Maschinen bis hin zu primär manuell gesteuerten Maschinen mit "einfacher" Programmunterstützung. Wichtig werden aber vor allem technische Konzepte, in denen die manuelle Steuerung und die Programmsteuerung gleichgewichtig integriert sind. Es entsteht damit ein Maschinen- und Steuerungskonzept, das in der Praxis für unterschiedliche Produktionsformen und -erfordernisse einsetzbar ist.

(2) Vom Steuerungs- zum Fabrikkonzept

Die Grundsätze erfahrungsgeliteter Arbeit gelten für Steuerungskonzepte von Werkzeugmaschinen ebenso wie für die übergreifende Organisation von Produktions- und Fertigungsstrukturen bis hin zu Konstruktion und Entwicklung. Der Abbau zentralistisch-bürokratischer Betriebsstrukturen - wie er heute z.B. in den Konzepten der Lean Production gefordert wird - setzt eine Technik voraus, die anstelle der bisher verfolgten CIM-Konzepte nach den Grundsätzen einer "Computergestützten erfahrungsgeliteten Arbeit" (CeA) gestaltet ist. Die Technisierung von Informations- und Kommunikationsprozessen und die Vernetzung betrieblicher Teilprozesse darf nicht auf Kosten des direkten Informationsaustauschs z.B. zwischen Werkstatt und Konstruktion oder dem Werker an den Maschinen und der Produktionsplanung gehen. Technische Medien sind so zu gestalten, daß der direkte Informationsaustausch erhalten, gestützt, erleichtert und effektiviert wird. Dies verlangt nicht nur die Entscheidung zur Überwindung (und ggf. Zurücknahme) zentralistisch ausgelegter Planungs- und Automatisierungskonzepte; es erfordert ebenso neue technische und organisatorische Innovationen, durch die ein erfahrungsgelitetes Arbeiten in neuer Weise ermöglicht und unterstützt wird. In dem vom

BMFT geförderten Forschungsverbund "Computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit (CeA)" wurden - ergänzend zur Entwicklung eines neuen Steuerungs- und Maschinenkonzepts - auch Ergebnisse und neue Anstöße für betriebliche Produktions- und Fertigungsplanung sowie das Zusammenspiel von Konstruktion und Fertigung erarbeitet. Eine Diskussion zukünftiger technischer Entwicklungen auf der Basis der im Forschungsverbund CeA erarbeiteten Ergebnisse erfolgt in den Kapiteln 5 und 6.

1.3 Literatur zu Kapitel 1

- Ammon, R.: Gleiche Intelligenz für alle. NC-Fertigung (1988) 6.
- Ammon, R.: Erfahrung und Probleme beim Einsatz der Werkstattprogrammierung. Manuskript, VDI-Bildungswerk. Düsseldorf 1986.
- Blum, U.: Technische und personelle Möglichkeiten und Grenzen der Werkstattprogrammierung. In: Werkstatt und Betrieb 120 (1987) 4, S. 255-258.
- Blum, U.; Hartmann, E.A.: Facharbeiterorientierte CNC-Steuerungs- und Vernetzungskonzepte. In: Werkstatt und Betrieb 121 (1988) 6, S. 441-445.
- Böhle, F.; Rose, H.: Erfahrungsgeleitete Arbeit bei der Werkstattprogrammierung - Perspektiven für Programmierverfahren und Steuerungstechniken. In: Rose, H. (Hg.): Programmieren in der Werkstatt. Frankfurt/M.: Campus Verlag 1990.
- Böhle, F.; Milkau, B.: Vom Handrad zum Bildschirm. Eine Untersuchung zur sinnlichen Erfahrung im Arbeitsprozeß. Frankfurt/M.: Campus Verlag 1988.
- Carbon, M.; Heisig, P.: Die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine - Konzepte zur Erhöhung der Prozeßtransparenz durch konstruktive Veränderungen. In: Werkzeugmaschinen-Handbuch, Landsberg: Verlag Moderne Industrie 1992a, S. 28-32.
- Diekmann, Th.; Klotz, U.: Veränderung der Organisation des Arbeitsablaufs bei Werkzeugmaschinen durch den Einsatz von Mikrocomputern. Universität Hamburg Forschungsgruppe Prozeßdatenverarbeitung. Hamburg: Universität. Forschungsbericht 1980. BMFT-Förderprogramm Humanisierung des Arbeitslebens DFVLR-HdA, Identifikation HA 80-050.
- Dunkhorst, S.; Holub, R.; Martin, H.; Martin, P.: Qualifikation und Eignung - Merkmale an CNC-Steuerungen für die Werkstattprogrammierung. In: CIM-Praxis, 14 (1987) 1, S. 36-45.
- Friedrich, G. (Hg.): Automation. Risiko und Chance. Beiträge zur zweiten internationalen Arbeitstagung der IG Metall für die Bundesrepublik Deutschland über Automatisierung und technischen Fortschritt. 2 Bde. Frankfurt/M.: EVA 1965.
- Hirsch, J.: Wissenschaftlich-technischer Fortschritt und politisches System. Frankfurt/M.: Suhrkamp Verlag 1970.
- Institut für Arbeitswissenschaft (IfA) der Gesamthochschule Kassel (Hg.): Erfahrungsgeleitete Arbeit mit CNC-Werkzeugmaschinen und deren technische Unterstützung. Kassel: Institut für Arbeitswissenschaft 1992.

- Kern, H.; Schumann, M.: Das Ende der Arbeitsteilung? Rationalisierung in der industriellen Produktion: Bestandsaufnahme, Trendbestimmung. München: Beck Verlag 1984.
- Kern, H.; Schumann, M.: Industriearbeit und Arbeiterbewußtsein. Frankfurt/M.: EVA 1970.
- Kochan, D. (Hg.): Werkstattorientierte Nutzerunterstützung bei der Freiformflächenbearbeitung. Ergebnisse des gleichnamigen Forschungsverbundvorhabens. Fortschrittsberichte Reihe 2 Nr. 285. Düsseldorf: VDI-Verlag 1993.
- Lay, G.; Boffo, M.; Lemmermeier, L.: Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von CNC-Drehmaschinen unter organisatorischen Gesichtspunkten. In: Forschungsbericht KfK-PFT 72. Karlsruhe 1983.
- Lennartz, K.D.; Rose, H.: Prozeßnahes Arbeiten mit CNC-Werkzeugmaschinen. In: Zwf 88 (1993) 2, S. 75-77.
- Lennartz, K. D.; Rose, H.: Flexibel fertigen auf der Basis erfahrungsgeleiteter Arbeit - Neue technische Optionen für mehr Effizienz der NC-Verfahrenskette. In: VDI-Z 134 (1992) 5, S. 46-54.
- Martin, H.; Rose, H. (Hg.): Computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit in der Produktion (CeA) - Aufzeigen von technischen, organisatorischen und qualifikatorischen Gestaltungsfeldern zur Nutzung erfahrungsgeleiteter Arbeit bei der Entwicklung und beim Einsatz von CNC-Techniken durch einen Forschungsverbund. Kassel: Universität. Juli 1988. Forschungsbericht. BMFT-Förderprogramm Humanisierung des Arbeitslebens DFVLR-HdA, Identifikation 01 HH 348.
- Martin, P.: Entwicklung und Anwendung von CNC-Werkzeugmaschinensteuerungen unter besonderer Berücksichtigung der Werkstattprogrammierung. Kontaktstelle für wissenschaftliche, künstlerische und berufliche Weiterbildung (Hrsg.): Kooperationsmaterialien 9 der DGB-Kooperationsstelle. Kassel: Eigenverlag 1984.
- Noble, D.: Maschinen gegen Menschen. Die Entwicklung numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen. Stuttgart: Wechselwirkung 1979.
- Raether, Ch.; Ziegler, J.: Fortgeschrittene Mensch-Maschine-Kommunikation: Neue Programmierumgebung der CNC-Maschine. FhG-Bericht 1. 86.
- REFA Das Refa-Buch. Bd. 1 Arbeitsgestaltung. München: Carl Hanser Verlag 1961.
- RKW (Hg.): Wirtschaftliche und soziale Aspekte des technischen Wandels in der Bundesrepublik Deutschland. Frankfurt/M.: Eigenverlag 1970.
- Rose, H.: Erfahrungsgeleitete Arbeit als Innovationskonzept für Arbeitsgestaltung und Technikentwicklung. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 46 (1992) 3, S. 145-149.
- Rose, H.: Bedeutung des Erfahrungswissens für die Bedienung von CNC-Maschinen. In: Zwf 86 (1991) 17, S. 45-48.
- Warnecke, H. J.: Innovative Produktionsstruktur. FTK '91 Fertigungstechnisches Kolloquium. Berlin 1991, S. 13-19.
- Wehner, Th.: Über die Hand und das durch Technik Abhandengekommene. In: Frei, F.; Udris, I. (Hg.): Das Bild der Arbeit. Bern: Huber 1990, S. 71-90.