

Erfahrungsförderlichkeit als Gestaltungsanforderung für Benutzungsoberflächen von CNC- Werkzeugmaschinen

Annegret Bolte, Ursula Carus, Hartmut Schulze, Sören Striepe¹
Universität Hamburg, Gesamthochschule Kassel

1 CNC-Werkzeugmaschinen und die Perspektive der Gestaltung

Die CNC-Technologie ist die im Bereich der industriellen Fertigung am weitesten verbreitete Computertechnologie, CNC-Werkzeugmaschinen sind heute der meistgenutzte und ausgereifteste CIM-Baustein. Der technologische Sprung jedoch von der konventionellen zur computergesteuerten Technik war groß: an die Stelle der direktmechanischen Manipulation der Werkstücke mit Hilfe der Werkzeugmaschine trat die Form der Symbolmanipulation des programmgesteuerten Zerspanungsablaufs.

Diese veränderte Situation erfordert neue Konzepte für eine benutzungsfreundliche Gestaltung von CNC-Werkzeugmaschinen sowohl auf der Hardware- wie auf der Software-Seite. Wie im folgenden noch weiter ausgeführt wird, müssen CNC-Werkzeugmaschinen u.a. derart gestaltet sein, daß die Arbeitenden auch ihre Erfahrungen, die sie im Umgang mit dem System Werkzeugmaschine gemacht haben, aktiv ein- und umsetzen können und entsprechend ihren Fähigkeiten geeignete Funktionalitäten angeboten bekommen.

Dafür scheint es uns notwendig, aus der Perspektive der erfahrungsgeliteten Arbeit heraus Kriterien für die Gestaltung von Benutzungsoberflächen von CNC-Werkzeugmaschinen zu formulieren. An zentraler Stelle steht hier daher der Facharbeiter in seinem Arbeitshandeln, welches durch geeignete Angebote von Maschine und Steuerung unterstützt werden soll.

In den folgenden Kapiteln gehen wir zunächst auf den Begriff der 'Benutzungsoberfläche' von CNC-Werkzeugmaschinen ein, es folgt die Ableitung des Begriffs der "Erfahrungsförderlichkeit" aus dem Konzept der erfahrungsgeliteten Arbeit. Nach

¹ Das vorgestellte Thema ist aus dem Projekt CeA hervorgegangen (s. [4] und [6]), an dem im Jahr 1991 im Projektteam der Universität Hamburg Detlef Nogala mitgearbeitet hat.

einem Blick auf die Perspektive der Anmutungsqualität und Barrieren von heutigen Benutzungsoberflächen folgen Anforderungen an die Gestaltung von CNC-Werkzeugmaschinen.

Der aufgezeigte Hintergrund betont die Notwendigkeit, Erfahrungen machen und sie wiederum in den Arbeitsprozeß einbringen zu können sowie den hieraus resultierenden Stellenwert der Gestaltung von Hard- und Software.

2 Die Benutzungsoberfläche von CNC-Werkzeugmaschinen als Gestaltungsfeld

Gegenstand der nachfolgenden Überlegungen zu Gestaltung bzw. zu Anforderungen an Gestaltung ist die Benutzungsoberfläche computergesteuerter Werkzeugmaschinen. An dieser Stelle möchten wir zunächst unsere Definition von der Benutzungsoberfläche vorstellen.

Im Zusammenhang mit der Entwicklung von Computer-Hard- und Software im Bereich von Bildschirmarbeitsplätzen wird der Begriff der "Benutzungsoberfläche" verwandt, um zu benennen, welche Komponenten dem Benutzer an Einwirkungs- und Rückkopplungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Dies sind Hardware-Komponenten wie z.B. Tastatur, Bildschirm und dessen Aufbau und Software-Komponenten. In Übertragung dieses Verständnisses auf den Bereich der computergesteuerten Werkzeugmaschinen werden üblicherweise unter Benutzungsoberflächen die unmittelbar zur Steuerung zählenden Komponenten, also Anzeigen wie Bildschirm und Display, Maskenaufbau, Menüs, Dialogtechniken etc. sowie Bedienfeld und Tastaturen verstanden.

Dieses Verständnis von Benutzungsoberflächen gibt jedoch bei CNC-Werkzeugmaschinen kein hinreichend umfassendes Bild von den Systemkomponenten. Empirische Untersuchungen (s. Institut für Arbeitswissenschaft der Gesamthochschule Kassel [6]) über Umgangsweisen von Facharbeitern mit CNC-Werkzeugmaschinen machen deutlich, daß sie sich bei Rückmeldungen von Zuständen und Verläufen der Bearbeitung nicht allein auf das verlassen, was ihnen per Software oder Anzeigen am Bildschirm dargeboten wird. Sondern Facharbeiter versuchen, Blicke auf "das Eigentliche" der Bearbeitung im Inneren der Maschine zu werfen, Geräusche in ihren Bedeutungen zu identifizieren; dazu wird nicht selten die Hand auf das Gehäuse gelegt oder man lehnt sich mit dem ganzen Körper an, um aus Vibrationen Rückschlüsse auf den Bearbeitungsprozeß ziehen zu können.

Diese unmittelbare Wahrnehmung des Bearbeitungsprozesses hat eine wichtige Bedeutung z.B. für die Bildung eines subjektiven Gefühls der Sicherheit, den Prozeß

"im Griff" zu haben. Bei technisch transformierten Signalen erfolgt eine Umwandlung der direkten Prozeßdaten, es muß symbolisch auf den Prozeß rückgeschlossen werden. Unsere Untersuchungen ergeben, daß Facharbeiter alle Oberflächenkomponenten des Maschinensystems nach Rückmelde- wie nach Einwirkungsmöglichkeiten hin absuchen. Daraus folgt, daß das technische Gestaltungsfeld das gesamte Maschinensystem berücksichtigen muß und nicht nur auf die Steuerung reduziert bleiben darf.

Wir erweitern daher den Begriff der Benutzungsoberfläche im Gegenstandsbereich von CNC-Werkzeugmaschinen wie folgt:

Wir verstehen unter der "erweiterten Benutzungsoberfläche" alle Oberflächen von Systemkomponenten, durch die direkte und transformierte Rückkopplungen aus dem Bearbeitungsprozeß und ebensolche Eingriffe in denselben möglich werden. Hier eingeschlossen ist auch die Darstellung von Systemzuständen und -verläufen, über die sich Benutzer Einblicke auf das hinter der Oberfläche Befindliche verschaffen können und aus denen Eingriffe resultieren (können).

Diese Definition betrifft sowohl Hard- wie Software; wir zählen also zur - erweiterten - Benutzungsoberfläche die gesamte Maschine von außen (Gehäuse, Sichtfenster etc.), Aus- und Eingabemedien der Steuerung (Bildschirm, Anzeigen, Tastaturen, Handräder etc.), grafische Darstellung von Prozeß- und Systemzuständen (z.B. Einrichte-, Programmierbetrieb), Verlaufsanzeigen (Art und Weise der Darbietung, Anordnung), Grafikmöglichkeiten, Art und Weise von Hand- und Programmierbetrieb sowie Werkzeuganordnung und -halterung.

Dieses Verständnis von Benutzungsoberflächen bei CNC-Werkzeugmaschinen stellt den Facharbeiter in seinem Arbeitshandeln mehr als bislang in den Mittelpunkt, denn für seine Arbeitsplanungen, Eingriffe und Rückmeldungen bilden die gesamten äußeren Maschinenkomponenten einschließlich der Steuerung das *Anwendungs- und Nutzungsfeld*. Daher eröffnet diese Perspektive ein umfassenderes Gestaltungsfeld und bildet die Voraussetzung, um Anforderungen an die technische Entwicklung der *erweiterten Benutzungsoberfläche* zu entwickeln.

3 Erfahrungsgelitete Arbeit als Konzept zur Entwicklung von Anforderungen an die technische Gestaltung von Werkzeugmaschinen

Die allgemeine Perspektive, unter der hier Technikentwicklung betrachtet werden soll, besteht in der Orientierung am menschlichen Arbeitshandeln. Technische Funktionsbausteine sollen den Menschen in seinen spezifischen Leistungsfaktoren unter-

stützen und so wenig wie möglich behindern, einschränken oder bevormunden. Hier stellt sich die Frage, welche Aspekte des menschlichen Arbeitshandelns im Umgang mit Werkzeugen, Werkzeugmaschinen und Arbeitsmitteln relevant sind; welche Komponenten des menschlichen Arbeitshandelns bei der bisherigen Technikgestaltung - wie wir sie im Bereich der computergesteuerten Werkzeugmaschinen vorfinden - nicht angemessen unterstützt werden und so zur Einschränkung von Handlungsmöglichkeiten und damit der Leistungsfähigkeit des Menschen führen.

Nach Zwischenergebnissen im Forschungsprojekt CeA (vgl. Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Hrsg. [4], sowie Institut für Arbeitswissenschaft der Gesamthochschule Kassel/IfA, Hrsg. [6]) liegt eine spezifische Fähigkeit der Facharbeiter darin, in ihrem Arbeitshandeln mit CNC-Werkzeugmaschinen praktische Erfahrungen z.B. mit Maschine, Werkzeugen, Materialien etc. zu sammeln und sie wiederum in das Arbeitshandeln einzubringen. Diese speziellen Erfahrungen versetzen Facharbeiter z.B. in die Lage, komplexe, außergewöhnliche und von der "Norm" abweichende Situationen, bereits im Vorfeld zu erkennen und adäquat zu bewältigen. Beispielhaft läßt sich dies anhand der Wahrnehmung und Reaktion auf sich anbahnende Störungen verdeutlichen, hier treffen Facharbeiter erfahrungsbasierte Entscheidungen über Arten von Eingriffen oder Weiterlaufen-Lassen (vgl. Carus et al., "Prozeßüberwachung", in: [6]), um so den Bearbeitungsprozeß situationsbezogen nach Zeit, Qualitäts- und sonstigen ökonomischen Kriterien zu optimieren.

Im folgenden wird zunächst das Konzept der erfahrungsgeleiteten Arbeit aufgegriffen und als allgemeine Anforderung an Technikgestaltung dann das Kriterium einer Erfahrungsförderlichkeit formuliert.

Impliziter Wissensmodus

In Unterscheidung zum theoretischen Wissen, dem "Know-that" läßt sich das aus praktischen Erfahrungen bestehende "Know-how" - dem Wissen, *wie* etwas zu erreichen ist, als ein eigenständiger Wissensmodus verstehen. Die an die Person gebundene Wissensform des "Know-hows" zeichnet sich durch ihre Kontext- und Situationsbezogenheit aus. Die Bedeutung der Geräusche z.B. ist jedoch an eine bestimmte Situation gebunden: je nach zu fertigendem Teil, Material, Werkzeugart und -zustand, Maschine, Bearbeitungsverfahren und -schritt ergeben sich unterschiedliche Geräusche im gesamten Verlauf des Bearbeitungsprozesses.

Wenn im Arbeitshandeln zu einer erlebten Situation eine ähnliche Situation auftaucht, kann assoziativ auf das bereits Erlebte in seiner Gesamtheit zugegriffen werden, d.h. wie in einem Bild sind hier vielfältige Informationen der Situation in ihrer subjektiven und emotionalen Verknüpfung verdichtet (vgl. Dreyfus [2], Kuhl [7]). Wenn ein Facharbeiter z.B. mit einem Wort wie "schrill-quietschend" oder "tief-

schmatzend" ein insgesamt komplexes Situationsbild benennt, wird diese Bezeichnung - außer für ihn oder für Menschen mit ähnlichem Erfahrungshintergrund - keine umfassend selbsterklärende Aussage beinhalten können.

Erfahrungsgeleitete Arbeit als Handlungsmodell

Erfahrungsgeleitete Arbeit verstehen wir derart, daß *erfahrungsbegründete und andere Formen des Arbeitshandelns in Verbindung miteinander* auftreten. Der Begriff "erfahrungsgeleitet" stellt heraus, daß der Faktor Erfahrung und die Wissensform des "Know-how" als ebenso handlungsleitend im Arbeitshandeln erkannt sind wie theoretisches Fachwissen bzw. kognitiv-analytisches Vorgehen. Bildung, Einsatz und Erhalt von Erfahrung stellen daher wesentliche Komponenten im Arbeitshandeln dar, deren Aufnahme in arbeitspsychologische Handlungsmodelle wie z.B. der Handlungsregulationstheorie (vgl. Volpert [13]) bislang vernachlässigt wurde.

Dialogisch-Exploratives Vorgehen

Eine notwendige Voraussetzung für die Bildung von Erfahrung und für die Ausprägung von erfahrungsgeleiteter Arbeit sehen wir in Handlungsvollzügen, bestehend aus ineinander verschränktem dialoghaftem Vorgehen von Planen - Ausführen - Wahrnehmen. Das wesentliche in diesem Zyklus für die Erfahrungsbildung liegt in der dialogartigen Aufeinanderbezogenheit und Verknüpfung dieser Handlungskomponenten. Evident wird dies am Beispiel des Vorgehens von Facharbeitern an konventionellen Werkzeugmaschinen. Nach Erhalt der Konstruktionszeichnung des zu fertigenden Teiles plant der Facharbeiter grob sein Vorgehen: mit welcher Seite er anfängt, welches Werkzeug eingesetzt wird, welche Bearbeitungsschritte aufeinanderfolgen. Die Planung bleibt aber auf einem relativ groben Niveau, sie konkretisiert und modifiziert sich in der praktischen Ausführung und Umsetzung des Geplanten mit dem Beginn der Fertigung. Die konkrete Ausformung der Grobüberlegungen in Feinplanungsschritte erfolgt aufgrund der sinnlichen Wahrnehmung von Folgen und Konsequenzen aus dem Prozeßverlauf heraus.

Die enge dialogische Verflechtung im Handlungszyklus ist bei der Arbeit mit einer CNC-Werkzeugmaschine aufgehoben, hier erfolgt eine Entflechtung in sequentielles Vorgehen durch die technikbedingte notwendige Vorwegnahme sämtlicher aufeinander folgender Arbeitsschritte im zu erstellenden Programm, dem dann in der Ausführung die Bestätigung oder Korrektur folgt. Eventuelle Veränderungen können (- noch -) nicht im Moment des Ausführens ins Programm übernommen werden. Zu Behinderungen bzw. Barrieren auf der Eingriffs- und Wahrnehmungsseite an der CNC-Werkzeugmaschine folgen Ausführungen unter Punkt 5.

Es bleibt festzuhalten, daß ein bestehender dialogischer Handlungszyklus aus Planen-Ausführen-Wahrnehmung in doppelter Hinsicht für den Aufbau von Erfahrung - wie am Beispiel der Arbeit mit konventionellen Werkzeugmaschinen deutlich wird -

konstitutiv ist: Zum einen ermöglicht die konventionelle Werkzeugmaschine die einzelnen *Handlungskomponenten des Planens, Ausführens und der Wahrnehmung von Konsequenzen generell*. Das bedeutet, daß ein direkter sinnlicher Kontakt über Auge, Ohr und Hand zur Werkzeug-Werkstück-Interaktion und damit ein direktes Erleben des Zerspanungsprozesses im Moment des Arbeitens möglich wird. Zum anderen ermöglicht die konventionelle Werkzeugmaschine eine enge und *dialogartige Verflechtung der einzelnen Elemente des Handlungszyklus* und begründet damit die besondere Form des dialogartig-explorativen Handelns. Zielsetzung ist, diese Vorgehensweise auch in der CNC-Fertigung zu ermöglichen, um Aufbau und Einsatz von Erfahrungswissen zu fördern.

Erfahrungsförderlichkeit

Unter der Erfahrungsförderlichkeit von Werkzeugmaschinen und deren Benutzungsoberflächen, oder allgemeiner von technischen Systemen und Arbeitsmitteln, soll deren grundsätzliche Eignung verstanden werden, erfahrungsgeleitete Arbeit in ihren oben genannten Charakteristika zu unterstützen. "Förderlich" meint in diesem Zusammenhang, daß auf der Seite der technischen Systeme Bedingungen solcher Art geschaffen sind, daß erfahrungsgeleitete Arbeit generell in ihrem Potential unterstützt wird. Solche Bedingungen bestehen z.B. in dem Gewährleisten des genannten Handlungszyklus, der über die sinnliche Art des Werkzeugmaschinengebrauchs im Moment des (dialogartig-explorativen) Handelns zu einem "Erfahrungszyklus" wird. Ob eine Person dann in einer bestimmten Situation tatsächlich Erfahrungen macht bzw. einsetzt, ist darüber hinaus von der Art und Weise der Auseinandersetzung dieses Menschen mit dem Arbeitsmittel und dem Arbeitsgegenstand abhängig.

Es stellt sich die Frage, inwieweit neu bzw. weiter zu entwickelnde computergesteuerte Werkzeugmaschinen und Benutzungsoberflächen ein Erfahren (im Sinne von Neu-Erfahren) sowohl des Zerspanungsprozesses wie auch der Steuerungsoberfläche zulassen.

4 Die Perspektive der Anmutungsqualität von CNC-Werkzeugmaschinen

In engem Zusammenhang mit der Eignung von Benutzungsoberflächen, bereits durch Aufbau von Hard- und Software-Komponenten Eindrücke und mentale Entsprechungen von der Funktionsweise der CNC-Werkzeugmaschine und von Handlungsmöglichkeiten zu ermöglichen, steht die sog. "*Anmutungsqualität*" (Lewin [8]) Technische Fertigungssysteme und -komponenten erwecken aufgrund ihres gesamten äußeren Erscheinungsbildes gedanklich-emotionale Zuschreibungen und Verknüpfungen, wie z.B.: modern, high-tech, kompliziert, teuer. Mit Anmutungsquali-

tät ist der subjektive Eindruck gemeint, den Design und Oberflächengestaltung über verfügbare Handlungs- und Einwirkungsmöglichkeiten sowie Rückmeldemöglichkeiten dem Benutzer vermitteln. Ein solcher subjektiver Eindruck entsteht aus einer Verbindung zwischen dem äußeren Erscheinungsbild des technischen Systems wie z.B. der Benutzungsoberfläche mit den individuellen Vorerfahrungen und Assoziationen und prägt die subjektive Wahrnehmung.

Es lassen sich individuelle aber auch interindividuell geteilte (kultur-/gruppenabhängige) Anmutungen unterscheiden, resultierend aus allgemein-psychologischen Zusammenhängen zwischen Erscheinungsbild und interindividuellem subjektivem Eindruck. So kann in unserer Kultur z.B. aus tradierten Griffformen wie Hebel oder Räder die Art und Weise ihres Gebrauchs erfaßt werden. Für die Gestaltung von Technik ist vor allem der letztere Aspekt bedeutsam. Die Bedeutung der Anmutungsqualität liegt in der Unterstützung der Bildung adäquater subjektiver mentaler Modelle von der Maschine und von den vorhandenen Funktions- und Handlungsmöglichkeiten durch die Oberflächengestaltung, der Art und Weise der Darstellung des Funktionsangebots, indem hier Anknüpfungsmöglichkeiten an Vorerfahrungen geboten werden.

5 Die CNC-Werkzeugmaschine als doppelte Barriere

Herkömmliche CNC-Werkzeugmaschinen behindern Facharbeiter in spezifischer Weise, wenn ein Werkstück qualitätsgerecht und zeitökonomisch gefertigt werden soll. Die Oberfläche von CNC-Werkzeugmaschinen stellt hinsichtlich der Wahrnehmung bearbeitungsrelevanter Prozeßäußerungen eine *Output-Barriere* sowie hinsichtlich der Einflußnahme auf den Bearbeitungsprozeß eine *Input-Barriere* dar:

Hürden der Wahrnehmung liegen in der mechanischen Dämpfung der akustischen Geräuschkulisse sowie von taktil wahrnehmbaren Prozeßindikatoren. Weitere Erschwernisse liegen u.a. in der stark beeinträchtigten Sicht wegen des gegen die Sichtscheiben spritzenden Kühlwassers sowie generell in der Tatsache, daß der gesamte Zerspanungsprozeß mittels der computergestützten Steuerung "gefahren" wird und z.B. der Widerstand von Werkstoffen in der Bearbeitung nicht mehr fühlbar ist. Einwirkungen auf den Bearbeitungsprozeß sind einerseits limitiert durch Anzahl und Umfang der vorgegebenen CNC-Funktionen. Einwirkungen Online über Maschinenfunktionen in der Ausführungsphase sind ebenfalls stark eingeschränkt. So sind Eingriffe z.B. bei gestartetem Programm nur über die Größe "Geschwindigkeit" über den Override-Schalter möglich, nicht aber über die Größe "Weg". Deshalb ist z.B. ein zerstörungsfreies "Rausfahren" aus der programmierten Werkzeugbahn bei Werkzeugverschleiß nicht möglich.

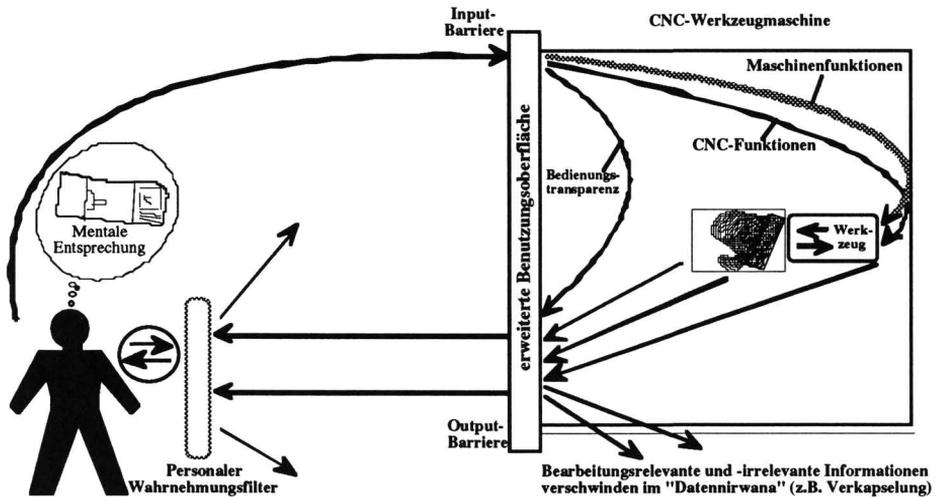


Abb. 1: Die Benutzungsoberfläche als Input-Output-Barriere (Carus, Nogala, Schulze, 1992)

6 Gestaltungsanforderungen an Hard- und Software

Aus dem Konzept der erfahrungsgeliteten Arbeit lassen sich nachfolgende Anforderungen ableiten, die Bedingungen für erfahrungsförderliche Gestaltung von Hard- und Software schaffen. Die konkrete Ausgestaltung hat darüber hinaus weiteren hard- und softwareergonomischen Kriterien Rechnung zu tragen. Die Anforderungen stellen unterschiedliche Perspektiven auf die erweiterte Benutzungsoberfläche dar. Unter 6.1 finden sich Anforderungen, die den *Umgang* des Facharbeiters mit der CNC-Werkzeugmaschine zum Zwecke der Teilefertigung, also den "Werkzeugcharakter" der Maschine focussieren. Unter 6.2 werden Anforderungen an die äußere Gestaltung des Maschinensystems aus der Sicht der Facharbeiter gestellt.

6.1 Anforderungen an den Umgang mit der CNC-Werkzeugmaschine

Eine Anforderung an die Gestaltung von CNC-Werkzeugmaschinen besteht darin, eine Verschränkung von Wahrnehmungs- und Einwirkung zu ermöglichen, die für die Teilefertigung relevant ist, d.h. eine Verbesserung der simultanen sinnlichen Zugänglichkeit zum Bearbeitungsprozeß und eine Unterstützung des dialogisch-explorativen Handelns.

Von der *Wahrnehmungsseite* können über die erweiterte Benutzungsoberfläche bearbeitungsrelevante Informationen entweder direkt oder technisch transformiert zugänglich gemacht werden. Vielversprechende Komponenten im Projekt CeA 1 bestehen z.B. in der Anbringung von Körperschallsensoren im Bearbeitungsraum und in der Rückmeldung der Geräusche über Kopfhörer. Erste Eindrücke seitens der Facharbeiter bestätigen eine verbesserte sinnliche Zugänglichkeit vor allem dann, wenn weitere Aspekte des Prozesses simultan zugänglich sind. So besteht eine andere Komponente in der Abnahme von Zerspanungskräften und ihrer Rückkopplung auf den Override-Schalter, um den Werkstück-Widerstand taktil in die Hände rückzumelden.

Ein Konzeptansatz für die Eingriffsseite resultiert aus der Perspektive "manuellen Steuern" (vgl. Böhle et al. [1]). So wäre denkbar, daß z.B. ein "Abschruppen" einer Welle bewegungskompatibel und direkt über einen "Steuerknüppel" gesteuert wird, beim Gewindebohren ein Programmzyklus eingestellt oder bei komplexen Konturbewegungen die Verfahrbewegungen im Vorhinein kodiert werden. Dies würde eine Unterstützung des Vorgehens bieten, der Facharbeiter kann flexibler auf aktuelle Zustände und Prozeßverläufe eingehen, als wenn er alle Verfahrbewegungen und -parameter im vorhinein kodieren muß. Als erster Schritt in diese Richtung ist im CeA-1 Projekt ein "Joy-Stick" entwickelt worden, mit dem die Werkzeugspindel in den Achsen X, Y und Z bewegungskompatibel verfahren werden kann. Erste Aussagen von Facharbeitern bestätigen einen Eindruck des "In-der-Hand-habens" der Maschine.

Eng verknüpft mit dem dialogischen Aspekt des Handelns ist dessen explorierender Anteil. Für die Gestaltung von technischen Komponenten bedeutet dies, daß Facharbeiter vor den gesundheitsgefährdenden und technische Systeme vor den zerstörerischen Konsequenzen von Fehlern geschützt werden müssen. Fehler und Störungen müssen aber im Zusammenhang der Erfahrungsbildung in ihrer Erkenntnisqualität als inhaltliche Symptome erkannt und die daraus folgenden Konsequenzen vom System wahrnehmbar rückgemeldet werden. Als Kriterium für Gestaltung technischer Komponenten ist daher das der "*Fehlerfreundlichkeit*" aufzunehmen. Entscheidend ist also, daß Fehler in ihrem Entstehen nicht generell unterdrückt werden, sondern daß das System die Konsequenzen von Fehlern auffangen und in ihrem Entstehen und Verlauf auf der Benutzungsoberfläche hinterher anzeigen kann. Prototypische Entwicklungen gehen in dieser Perspektive in Richtung von Verlaufsprotokollen bzw. Protokollanzeigen. Beispiele sind Aufzeichnungen der Zerspanungskräfte oder Geräuschdatenbanken.

6.2 Anforderungen an die äußere Darstellung des erweiterten Systems

Eine Anforderung betrifft hier die Unterstützung einer *Systemtransparenz*, worunter wir die Fähigkeit des CNC-Maschinensystems verstehen, die Bildung von zutreffenden mentalen Vorstellungen über die Eigenschaften der Maschine zu unterstützen. Ein zweiter Aspekt betrifft die Unterstützung einer Benutzungstransparenz beim Facharbeiter. Damit ist die Ausbildung mentaler Repräsentationen bezüglich der Verknüpfung von Eingriffen und Systemreaktionen angesprochen. Die benutzungsseitige Systemtransparenz kann durch die Orientierung des Systemaufbaus an den Arbeitsinhalten unterstützt werden. So können die Betriebsarten des Steuerungssystems dem Arbeitshandeln der Facharbeiter angepaßt werden: z.B. "Programmierbetrieb", "Einrichte-/manueller Betrieb", "Einfahr-/Optimierbetrieb", "Automatikbetrieb".

Weiterhin können durch klartextliche Angaben in Statuszeilen oder -feldern, durch Gestaltung der Softkeys (Ikonen), durch farbige Informationskodierung (z.B. unterschiedlich schwach gesättigte Hintergrundfarben für verschiedene Systemmodule) oder beispielsweise durch eine vereinfachte (ggf. ausschnittsweise) Darstellung der Menühierarchie als Dialogstrukturbaum in einem anwählbaren Fenster (vgl. Widdel, Kaster [14]) geeignete Unterstützungen auf Fragen zum Systemstatus (Wo bin ich? Was kann ich hier tun?) und zum Ablauf (Wie kam ich hierher? Wohin kann ich noch gehen? Wie komme ich dorthin?) (vgl. Nievergelt [10]) zur Dokumentation des Funktionsangebotes beitragen.

Die unterschiedlichen Arbeitsstile von Facharbeitern begründen weitere Anforderung an die äußere Gestaltung, nämlich die nach adaptiven Systemen bzw. nach dem Angebot von Optionen. Einige Ansatzpunkte für Individualisierungen sollen im folgenden aufgezeigt werden:

- In Abhängigkeit vom *Kenntnis- und Erfahrungsstand* sollte die Benutzungsoberfläche modifizierbar sein. Ein Beispiel wäre die für einen "Anfänger" durchaus als hilfreich einzuschätzende Reduktion der Systemkomplexität durch eine klare Menühierarchie und durch die Unterteilung des "Dialogs" in kleine Schritte. Erfahrene Facharbeiter finden diese Form der Menüverästelung dagegen als Behinderung und versuchen "Quereinstiege". Optionen "Wegverkürzung" und "Eigener Wegen durch die Systemstruktur" wären hier denkenswert.
- Weiterhin sollte die Benutzungsoberfläche in Abhängigkeit von bestimmten *Bearbeitungssituationen* modifizierbar sein. Dies soll am Beispiel unterschiedlicher Programmieroptionalitäten verdeutlicht werden. Während viele Facharbeiter die Codierung im erweiterten DIN-Satz bevorzugen, präferieren andere die

grafisch-interaktive Eingabe. Wünschenswert wäre es, wenn Facharbeiter in die ihnen für die jeweilige Aufgabe geeignet erscheinende Programmierart wechseln könnten.

Umsetzungen auf dem Gebiet der äußeren Gestaltung von Systemen in Verbindung mit sich entwickelnden Handlungsbereitschaften müssen weiterhin einen Zusammenhang zwischen der Funktionalität der Komponenten und deren äußerem Eindruck berücksichtigen. Eine solchermaßen an Vorerfahrungen und tradierten subjektiven Eindrücken der Benutzer orientierte Gestaltung betrifft sowohl Tastatur und Handräder als auch Steuerungsmenüs und Programmstrukturen von CNC-Werkzeugmaschinen. Ein wichtiges Kriterium liegt hier in einer konkret anschaulichen, versinnbildlichenden Darstellung solcher Komponenten. Allgemein sollten Fertigungssysteme sowohl als ganze Einheiten wie auch in ihren Zugangs- und Bedienungsdetails eine Anmutungsqualität dahingehend unterstützen, daß angebotene Funktionalitäten und ihre äußere Gestaltung - in Anknüpfung an typische Vorerfahrungen von Facharbeitern - hoch korrelieren.

7 Literatur

- [1] Böhle, F., Carus, U. & Schulze, H.: Manuelle Steuerung von CNC-Werkzeugmaschinen. VDI-Z (2/1993) (in Druck)
- [2] Dreyfus, H. L. & Dreyfus, H. S.: Künstliche Intelligenz. Reinbek: Rowohlt Taschenbuch (1988)
- [3] Dunkhorst, St. u.a.: Kriterien für die Werkstatt. Die geeignete CNC-Steuerung für Drehmaschinen (Teil 2). CIM-Praxis 3 (1987)
- [4] Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (Hrsg.): Erfahrungsgel leitete Arbeit mit CNC-Werkzeugmaschinen als Element rechnerintegrierter Produktionsstrukturen (CeA 2) (1992)
- [5] Hoffmann, Th. u.a.: CNC-Steuerungen im Vergleich. Eigenschaften von CNC-Steuerungen zur Fräsbearbeitung (Teil 1). CIM-Praxis 8 (1989)
- [6] Institut für Arbeitswissenschaften der Gesamthochschule Kassel (Hrsg.): Erfahrungsgel leitete Arbeit mit CNC-Werkzeugmaschinen und deren technische Unterstützung. Ergebnisse 1991 aus dem Forschungsverbund "Prozeßbeherrschung durch Erfahrungswissen und deren technische Unterstützung" (CeA 1) (1992)
- [7] Kuhl, J.: Emotion, Kognition und Motivation. Die funktionale Bedeutung der Emotionen für das problemlösende Denken und für das konkrete Handeln. Sprache und Kognition, 4 (1983)
- [8] Lewin, K.: Die Auswirkung von Umweltkräften. Proc. 9th Int. Congr. Psychol. (1929)
- [9] Martin, H. & Rose, H.: Computergestützte erfahrungsgel leitete Arbeit (CeA). Erfahrungswissen sichern statt ausschalten. Technische Rundschau 12 (1990)
- [10] Nievergelt, J.: Die Gestaltung der Mensch-Maschine Schnittstelle. In: Kupka, I. (Hrsg.): Proceedings der 13. GI-Jahrestagung in Hamburg. Springer: Berlin, Heidelberg, New York, Tokio (1983) S. 41 - 50

-
- [11] Paul, H. & Foks, T.: Exploratives Agieren in interaktiven Systemen. Projektbericht Explore, IAT PT-02. Gelsenkirchen: Institut Arbeit und Technik (1991)
 - [12] Polanyi, M.: Implizites Wissen. Frankfurt: Suhrkamp (1991)
 - [13] Volpert, W.: Handlungsstrukturanalyse als Beitrag zur Qualifikationsforschung. Köln: Pahl-Rugenstein (1974)
 - [14] Widdel, H. & Kaster, J.: Untersuchung zur Software-Ergonomischen Gestaltung eines Mensch-Rechner-Dialogs durch Visualisierung unterschiedlicher Dialogstrukturen. In: Bernotzt, R.; Gärtner, K.-P.; Widdel, H. (Hrsg.): Spektrum der Anthropotechnik. Beiträge zur Anpassung technischer Systeme an menschliche Leistungsbereiche. Wachtberg-Wertheim (1987) S. 179 - 188

Ursula Carus, Hartmut Schulze
Universität Hamburg
Psych. Inst. I, Arbeits-, Betriebs-, Umweltpsychologie (ABU)
Von Melle-Park 11
2000 Hamburg 13

Annegret Bolte, Sören Striepe
Gesamthochschule Kassel
Institut für Arbeitswissenschaft (IfA)
Heinrich-Plett-Str. 40
3500 Kassel