

Wolfram Schindler, Ernst Hartmann, Paul Fuchs-Frohnhofen

## **Handlungsorientierte und facharbeitergerechte Gestaltung von Arbeitsabläufen**

### **Abstract**

Die innerhalb der Arbeitspsychologie formulierte Handlungstheorie wurde implizit häufig im Zusammenhang mit der Gestaltung von CNC-Steuerungen herangezogen, um Kriterien für die Technikgestaltung zu entwickeln und Technik zu evaluieren. Der explizite Bezug wurde selten klar herausgestellt. Dem deduktiven Weg in Form von aus der Handlungstheorie abgeleiteten Gestaltungskriterien wurde kaum der induktive Weg, z.B. in Form von Facharbeiterbefragungen direkt gegenübergestellt. Dies, sowie die Integration in eine deduktiv/induktive Vorgehensweise bei der Technikgestaltung, soll mit dem vorliegenden Beitrag geleistet werden.

### **1 Einleitende Bemerkungen**

Auf der Suche nach Richtlinien bzw. theoretischen Grundlagen zur Technikgestaltung ist häufig das Schlagwort „Handlungsorientierung“ (Hartmann/Fuchs 1993; IPK 1993), vor allem im Zusammenhang mit der Diskussion um facharbeiterorientierte CNC-Steuerungen, gefallen. Dabei werden die Begriffe „handlungsorientierte Steuerungen“, „erfahrungsgeleitetes Arbeiten“ und „Facharbeiterorientierung“ selten definiert und kaum in ihrem theoretischen Zusammenhang betrachtet.

Hinter dem Begriff der Handlungsorientierung stehen arbeitspsychologische und soziologische Ansätze, die einen Erklärungsversuch für die Entstehung und Steuerung von Handlungsabläufen darstellen (Hacker 1986; Volpert 1980; Oesterreich 1981; Lenk 1977). Die Anwendung der Handlungstheorie<sup>1</sup> auf die Gestaltung von Werkzeugmaschinen in Form von Gestaltungsempfehlungen (Hartmann/Fuchs 1993; Fuchs-Frohnhofen 1994) und handlungstheoretisch orientierte Betrachtungen des Arbeitshandelns an Werkzeugmaschinen (Böhle/Milkau 1988; IAW 1991) sind in verschiedenen Veröffentlichungen dokumentiert. Außerdem dienten sie als theore-

---

<sup>1</sup> Eine umfassende Darstellung der Handlungstheorien ist in dem vierbändigen Kompendium von Lenk (1977) oder in den Büchern von Hacker (1986), Volpert (1980) oder Oesterreich (1981) zu finden.

tische Grundlage für Projekte des BMFT im Rahmen des Programms „Arbeit und Technik“ („Lernen & Fertigen“, „Aufbereitung handlungsorientierter und gruppenfähiger Maschinen- und Steuerungskonzepte“, „Innovation im Werkzeugmaschinenbau“) und sind in neueren, handlungsorientierten Steuerungskonzepten für CNC-Drehmaschinen berücksichtigt worden (Fa. Keller: CNC<sub>plus</sub>-Steuerung, Fa. R&D: MTC-Steuerung). Oft wurde jedoch der theoretische Bezug zur Handlungstheorie nicht hergestellt.

Weniger intensiv wurde in diesem Zusammenhang auch die Frage betrachtet, inwieweit die aus der Handlungstheorie deduzierten Vorhersagen für eine menschengerechte Technikgestaltung tatsächlich dem entsprechen, was Facharbeiter für ihre Arbeit fordern. Oder anders formuliert: Bedeutet Handlungsorientierung auch automatisch Facharbeiterorientierung?

Die verstärkte Facharbeiterorientierung oder die „Renaissance der Facharbeit“ kann aus zwei Blickwinkeln betrachtet werden:

Aus dem Blickwinkel der Metallfacharbeiter hat sich die Arbeit an Werkzeugmaschinen durch die Einführung der CNC-Technik stark gewandelt. Es existiert ein Bruch beim Übergang von konventionellen auf CNC-Maschinen, der sowohl den Umgang mit der Maschine, als auch das Selbstverständnis der Facharbeiter betrifft.

Viele, vor allem ältere und erfahrene Facharbeiter, bringen einen Erfahrungshintergrund aus ihrer Ausbildung und ihrer bisherigen Tätigkeiten an Werkzeugmaschinen mit, der durch die CNC-Technik nur zum Teil genutzt wird.

Nicht zuletzt durch die Diskussion um die Berücksichtigung der Humanressourcen als wichtigen Produktionsfaktor steht aber gerade die Nutzung des Erfahrungshintergrunds der Facharbeiter wieder im Focus der Aufmerksamkeit, da nicht nur die Attraktivität des Ausbildungsberufs „Zerspanungsmechaniker“ - gemessen an der Anzahl Ausgebildeter, die nach 3 Jahren noch in ihrem Beruf arbeiten - stark abnimmt, sondern auch die ökonomische Bedeutung dieses Produktionsfaktors in den Vordergrund gerückt ist.

Damit ist mit der ökonomischen Sichtweise der zweite Blickwinkel angedeutet. Der durch die Computerisierung des Produktionsprozesses im allgemeinen und die Einführung von CNC-Steuerungen im Bereich der mechanischen Fertigung im speziellen sprunghaft angestiegene Automatisierungsgrad der Fertigung hatte u.a. mangelnde Flexibilität zur Folge, die auf den sich immer schneller verändernden Märkten ein wichtiges Überlebenskriterium ist.

Auch aus diesem Blickwinkel stelle sich die Frage, ob moderne Werkzeugmaschinentechnik in erforderlichem Maß an den Anforderungen qualifizierter Facharbeit ausgerichtet ist und inwieweit die heutige Werkzeugmaschinentechnik neue Arbeitsorganisationskonzepte, wie z.B. Gruppenarbeit, unterstützt.

Aus dem beschriebenen Wandel leitet sich der Bedarf nach Anforderungen an eine facharbeiterorientierte CNC-Technik ab, mit der sich sowohl der Erfahrungs-

hintergrund der Facharbeiter als auch die produktionstechnischen und damit auch wettbewerbsmäßigen Vorteile der CNC-Technik nutzen lassen.

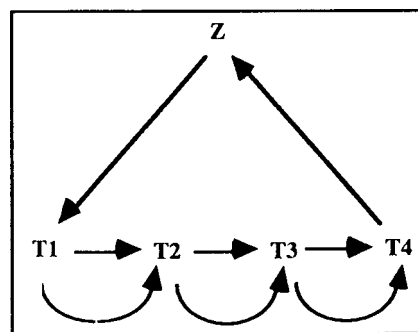
## 2 Theoretische Grundlagen der Handlungstheorie und Herleitung der Kriterien

Die Handlungs(-regulations)theorie, auf die im folgenden Bezug genommen wird, wurde innerhalb der Arbeitspsychologie formuliert (Hacker 1978; Volpert 1980) und soll im weiteren als Grundlage für die Analyse, Bewertung und Gestaltung von CNC-Steuerungs- und Maschinenkonzepten herangezogen werden.

Wie fast jeder anderen Theorie über menschliches Denken, Handeln und Lernen, liegt auch der Handlungstheorie ein bestimmtes Menschenbild zugrunde, daß im Falle der Handlungstheorie den Handelnden als aktives, zielgerichtetes Wesen betrachtet, das sich bewußt mit seiner Umwelt auseinandersetzt. In der Auseinandersetzung mit der Umwelt wirkt der Mensch durch sein Handeln auf diese ein und wird gleichzeitig von ihr beeinflusst. In diesem Punkt unterscheidet sich die Handlungstheorie von der behavioristischen Lerntheorie oder auch Ansätzen der menschlichen Informationsverarbeitung, die den Menschen als ein nach festgelegten Gesetzen funktionierenden Transformierer von Umweltreizen sieht, der passiv auf eine Stimulussituation reagiert.

Das der Handlungstheorie zugrundeliegende Menschenbild spiegelt eine konstruktivistische Grundhaltung wieder, die den Menschen in der Auseinandersetzung mit seiner Umwelt als Gestalter seiner Erlebenswelt sieht (Schmitt 1987; Gerstenmeier/Mandl 1994).

**Abb. 1: Die zyklische Einheit (nach Volpert 1982, S.41)**

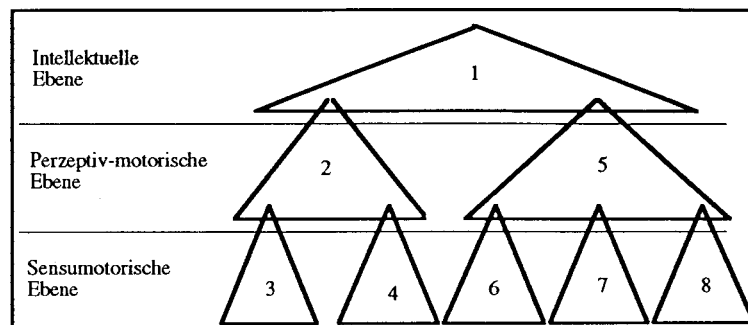


Diese Auseinandersetzung des Menschen mit seiner Umwelt läßt sich durch die enge Verzahnung von „Planen“, „Handeln“ und „Rückmeldung“ beschreiben. Handlungen folgen einer inneren Struktur, durch die die ablaufende Handlung gesteuert wird. Volpert (1992) geht bei der Steuerung dieses Prozesses von einer zyklischen Einheit aus, die die kleinste Steuerungseinheit einer Handlung darstellt. Sie setzt sich aus einem Ziel (Z) und mehreren darauf bezogenen und miteinander verketteten Teilhandlungen, sogenannten Transformationen ( $T_1$ - $T_4$ ), zusammen. Diese Grundstruktur enthält alle Merkmale eines vollständigen Handlungsprozesses (Zielbildung, Ausführung, Rückkopplung) die einen zielgerichteten, kontrollierten Handlungsablauf gewährleisten.

Diese zyklische Einheit wird zur Analyse komplexer Handlungsabläufe hierarchisch sequentiell organisiert (Abb. 2). Hacker (Hacker 1986) unterscheidet in diesem hierarchischen Aufbau drei Ebenen der Handlungsregulation. Auf der intellektuellen Regulationsebene finden Planungsvorgänge statt, die komplexe Analysen, Problemlösevorgänge und Entwürfe neuer Handlungspläne beinhalten. Auf der perzeptiv-begrifflichen Ebene wird der Einsatz allgemeiner Handlungsschemata reguliert, die der jeweiligen Situation angepaßt werden. Die sensumotorische Regulationsebene besteht aus automatisierten Unterprogrammen, die auf ein Signal hin ausgelöst werden und durch häufige Übung entstehen.

In bezug auf die Handlung wird ein Ziel (1) aufgestellt, das in mehrere Teilziele (2 - 8) untergliedert wird, die wiederum weitere Unterteilungen erfahren können. Die oberen Ebenen dienen dabei der Planung des Handlungsablaufs, im unteren Bereich findet die Ausführung des Verhaltens statt.

**Abb. 2: Die hierarchische Gliederung komplexer Handlungsabläufe**



Das Modell zeichnet sich durch Selbstähnlichkeit aus, indem sowohl das Modell als ganzes, als auch die einzelne Einheit dem Prinzip der zyklischen Einheit folgt. Jede Ebene des Modells und sogar das Modell selber kann als zyklische Einheit dargestellt werden.

Aus den bisherigen Betrachtungen geht hervor, daß die Einheit von Denken und Tun ein wesentliches Merkmal menschlichen Handelns im Rahmen der Handlungstheorie ist. Diese Einheit wird unter dem Begriff „vollständiges Handeln“ gefaßt und ist für ein effizientes, zufriedenstellendes Arbeiten unerlässlich und stellt im Sinne der Handlungstheorie die Idealform der Auseinandersetzung des Menschen mit seiner Umwelt dar.

Der Begriff des vollständigen Handelns stellt eine Gegenposition zum Taylorismus und dem in den CIM-Konzepten vertretenen Ansatz der bewußten Trennung von planenden und ausführenden Tätigkeiten dar. Aus der Handlungstheorie läßt sich also, von einer Beschreibung und Erklärung der Steuerung von Handlungen ausgehend, eine Begründung für das derzeitige Scheitern der o. g. Konzepte ableiten, wenn man die derzeitigen Eigenschaften des Geschäftumfeldes (Überkapazität der Produktionsstätten; schnell wandelnde, gesättigte Märkte; steigender Wettbewerb) berücksichtigt. Die aus der Handlungstheorie deduzierte menschengerechte Arbeitsgestaltung trifft sich hier mit der dem Prinzip nach induktiv, durch den - im Zusammenhang mit dem gestiegenen internationalen Konkurrenzdruck - angestellten Ergebnissen des Vergleichs von europäischen mit japanischen Produktions- und Arbeitsmethoden herausgestellten Wichtigkeit des Produktionsfaktors „Humanresource“.

Dies bedeutet, daß die Partialisierung von Handlungen, wie zum Beispiel die Trennung von Hand- und Kopfarbeit, zu einer verminderten Handlungskompetenz führt (Volpert 1980). Bei Menschen, die von Planungsprozessen ausgeschlossen werden, muß also langfristig mit negativen Auswirkungen auf die intellektuelle, sprachliche und motorische Leistungsfähigkeit sowie auf die Motivation und emotionale Befindlichkeit gerechnet werden. Deswegen kann folgendes Kriterium für die Arbeit an CNC-Maschinen aus der Handlungstheorie abgeleitet werden:

*Die Arbeit an der CNC-Maschine sollte sowohl planende als auch ausführende Tätigkeiten zulassen, wie zum Beispiel die Planung der Bearbeitung des Werkstücks und die Ausführung dieses Bearbeitungsplans.*

Diese aus der Handlungstheorie abgeleitete Anforderung bedeutet eine Erweiterung des bisherigen Tätigkeitsspektrums an einer herkömmlichen CNC-Maschine, das, ausgehend von der Einführung der entsprechenden organisatorischen Konzepten wie Fertigungsinseln, vor allem auch Auswirkungen auf die Technikgestaltung hat.

Mit dem Konzept der Werkstattprogrammierung ist dieser Gedanke aufgegriffen worden, indem versucht wird, die Trennung zwischen der Planung des Fertigungsprozesses in der Arbeitsvorbereitung und der Ausführung an der Maschine aufzuhe-

ben. Diese Verlagerung der Planung hin zur Maschine hat eine größere Anforderungsvielfalt zur Folge. Eine weitere Möglichkeit der stärkeren Integration der Planung und gleichzeitig eine Notwendigkeit für eine flexibel eingesetzte CNC-Maschine auf einer Fertigungsinsel, bietet die Bereitstellung von Datenbanken zur eigenständigen Verwaltung von Werkzeugen, Programmen und Arbeitsplänen. An dieser Stelle ist der Organisation der Datenbank nach Arbeitsplänen gegenüber der Verwaltung von NC-Programmen der Vorzug zu geben, da Arbeitspläne eher der „Denkweise“ der Facharbeiter entsprechen.

Bei der Erklärung der „Denkweise“ bei der Planung des Handlungsprozesses geht die Handlungstheorie davon aus, daß der Handelnde auf innere Repräsentationen oder kognitive Landkarten zurückgreift, die, wie im vorherigen Abschnitt beispielhaft beschrieben, durch externe Quellen unterstützt werden können. In der kognitiven Psychologie spricht man in diesem Zusammenhang auch von mentalen Modellen, die sich Menschen von ihrer Umwelt bilden (Johnson-Laird 1980; Hartmann/Eberleh 1991).

Werden solche Repräsentationen auf ein konkretes Handlungsziel bezogen, so stellen sie nach Hacker ein operatives Abbildsystem (OAS) dar (Hacker 1978). Sie umfassen „die Gesamtheit des konkreten Wissens einer Person über die eigene Arbeitstätigkeit, ihre Voraussetzung, Konsequenzen, Folgen von Störungen, Erwartungen des Verhaltens anderer etc.“ (Greif 1983). Auf der Grundlage dieser OAS entwickelt das Individuum einzelne Handlungsprogramme, die den zyklischen Einheiten der verschiedenen Hierarchiestufen entsprechen.

Übertragen auf den Bereich der Werkzeugmaschinenteknik spielen diese Überlegungen z.B. bei der Betrachtung des Übergangs eines Facharbeiters von einer konventionellen auf eine CNC-Maschine und die entsprechende Gestaltung der Steuerungssoftware eine Rolle. Aus handlungstheoretischer Sicht ist die DIN 66025 Programmierung nicht optimal, da sie den Facharbeiter zwingt, sein erfahrungsgelitetes Vorgehen an der konventionellen Maschinen abstrahiert zu beschreiben, anstatt, von visuellen und akustischen Rückmeldungen geleitet, selber zu handeln. Wenn ein Facharbeiter in seiner langjährigen Tätigkeit an konventionellen Maschinen ein differenziertes operatives Abbildsystem ausgebildet hat, sollte eine optimal gestaltete Technik die Weiterentwicklung dieses inneren Modells ermöglichen und nicht eine Entwicklung eines völlig neuen Abbildsystems erfordern. Hartmann und Fuchs (1993) formulieren als Kriterium an die Technikgestaltung:

*„Technische Systeme sollen Arbeitsweisen ermöglichen, die mit kognitiven Strukturen und Prozessen ihrer Benutzer kompatibel sind.“*

Das bedeutet konkret, daß die Technik die Möglichkeit bietet, der analogen Speicherung von Wissen bei Facharbeitern zu entsprechen oder Arbeitsprozesse schon vorhandenen Aktionsprogrammen entsprechend zu gestalten. Dies kann z.B. durch das Festhalten von bestimmten Arbeitsabfolgen durch eine „Record-Playback-Funktion“ unterstützt werden.

In neueren Ansätzen zum Vorgehen bei der Technikgestaltung wird dieser Sichtweise folgend versucht, unter Beteiligung der späteren Endnutzer in einem interaktiven und iterativen Prozeß eine den mentalen Modellen bzw. OAS möglichst angemessene Mensch-Maschine-Schnittstelle zu konzipieren. Interaktionsabläufe und die Repräsentation von Informationen werden dadurch den kognitiven Strukturen oder „Denkweisen“ der Nutzer angepaßt, was eine fehlerfreiere, effizientere und damit auch für den Nutzer zufriedenstellendere Arbeit mit der Maschine ermöglicht (Hartmann/Eberleh 1991; Fischer 1991)

Ein Teil dieses innerhalb der Handlungstheorie wenig differenzierten Konzepts der tätigkeitsbezogenen Wissenrepräsentation ist das Erfahrungs- bzw. Expertenwissen, das auch in Anlehnung an seine enge sinnesspezifische Kopplung als „Tacit Knowledge“ bezeichnet wird (Böhle/Milkau 1988 Bolte/Martin 1993). Dadurch soll u.a. deutlich gemacht werden, daß Qualifikationen nicht unbedingt mit bewußtem Denken gleichzusetzen sind und damit auch nur schwer explizierbar bleiben.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt Dörner (1988) bei der Betrachtung der Steuerung komplexer Systeme durch den Menschen, dessen Erfolg maßgeblich von dem „Gefühl“ für das System geprägt ist. Dieses - allerdings weniger sinnesspezifische - Gefühl für das Verhalten des Systems äußert sich in einem „Hineinsteigen“ und „Nachfühlen“ des Systems und dem intuitiven Gespür für das Zusammenwirken der wichtigsten Variablen oder kurz: In einem gefühlsmäßigen Abbild des Systems.

Bei der Arbeit mit einer Werkzeugmaschine wird dieses nicht bewußtseinspflichtige Wissen (Hacker 1986) durch eine enge Verzahnung von Denken, Handeln und Wahrnehmen gebildet. In der Möglichkeit, schrittweise und explorativ vorzugehen, birgt das erfahrungsgelenkte Vorgehen gleichermaßen die Möglichkeit, das vorhandene Erfahrungswissen anzuwenden und weiter auszubauen.

Für die Ausbildung und Weiterentwicklung der OAS ist nicht nur die Kompatibilität der Technik entscheidend, sondern es sind auch ausreichende Referenzen bzw. sensorische Rückmeldungen während der Tätigkeit nötig (Hacker 1986). Diese sensomotorischen Referenzen spielen eine wichtige Rolle im Lern- und Arbeitsprozeß (Böhle/Milkau 1988) und die Vollständigkeit der Handlungsabläufe, da sie über den Erfolg einer Handlung informieren, eine gelernte Verbindung bekräftigen und motivierend wirken. Die entsprechende Forderung an die Technikgestaltung lautet:

*Technische Systeme sollten Interaktionsformen zulassen, die sich an einer engen Kopplung motorischer und perzeptueller Prozesse orientieren. Deshalb sollte eine optimal gestaltete Maschine dem Nutzer die Möglichkeit des direkten Kontaktes mit dem Werkstück, sei es visuell, haptisch oder akustisch, bieten.*

Dieser Forderung ist z.B. durch die Gewährleistung von visuellem und akustischem Kontakt zum Werkstück oder durch kraftrückgekoppelte elektronische Handräder nachzukommen. Genau diese Rückkopplung wurde jedoch oft durch die Umgestaltung der Werkzeugmaschine im Rahmen der Einführung der CNC-Technik ausgeschlossen.

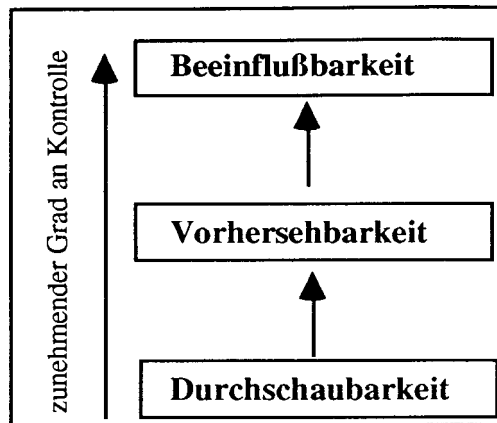
In Anlehnung an die Handlungstheorie vollzieht sich Lernen in der Ausbildung eines immer differenzierteren mentalen Modells der Tätigkeit. Ständiges Lernen und Üben führt zur Ausbildung von neuen und angepaßteren Handlungsstrategien. Um die Lernchancen bei der Erledigung der Arbeitsaufgabe zu gewährleisten, sollte die Technik der fortschreitenden Qualifikation des Benutzers die Möglichkeit der Entfaltung geben. Dies bedeutet, daß die Technik Freiheitsgrade beinhaltet, durch die der Nutzer, je nach Stand seiner Qualifikation, seine ihm angemessenen Handlungswege einschlagen kann, ohne daß diese ihm von der Technik vorgegeben werden. Diesen Zusammenhang hat Ulich mit dem Prinzip der dynamischen Arbeitsgestaltung (Ulich 1978, 1992) beschrieben, nach dem die Arbeitsstrukturen dem Lernfortschritt der Mitarbeiter Rechnung tragen sollen, was zu einer Erhöhung der empfundenen Autonomie und Kontrolle führt. Daher ist aus handlungstheoretischer Sicht zu fordern:

*Systeme sollen kleinschrittig und flexibel an den jeweiligen Qualifikationsfortschritt der Benutzer anpaßbar sein.*

Mit einer Maschine, die dem Qualifikationsstand eines Nutzers anpaßbar ist, kann auch von verschiedenen unterschiedlich qualifizierten Benutzern gearbeitet werden. Die Möglichkeit einer flexiblen Nutzung ist auch Voraussetzung für den Einsatz auf Fertigungsinseln. Die Adaptierbarkeit der CNC-Maschine ist z.B. durch das Bereitstellen verschiedener Nutzermodi (Record-Play-Back, Graphische Kontureingabe, Kommandosprache) möglich. Auf diese Weise kann das vorhandene Erfahrungswissen genutzt und erweitert werden, was aus humanen und ökonomischen Gründen vernünftig ist.

In dem Versuch, durch das Erreichen von Handlungszielen seine Umwelt zu beeinflussen, drückt sich das Kontrollstreben des Handelnden aus (Oesterreich 1981). Verlust dieser Kontrolle führt zu Angst, Depression und anderen gesundheitlichen Auswirkungen (Seligmann 1975; Frese 1978). Damit ist die theoretische Verbindung zwischen Handlung und Motivation bzw. Emotion postuliert.

Das Kontrollkonzept umfaßt dabei die Möglichkeit, eine Arbeitssituation zu durchschauen, Arbeitsanforderungen vorherzusehen und die Arbeit durch eigene Tätigkeit zu beeinflussen. Diese drei Aspekte stehen nach Hacker (1986) in einer hierarchischen Beziehung zueinander, die Abbildung 3 zeigt.

**Abb. 3: Hierarchischer Aufbau der Kontrollkomponenten**

Erst wenn bedeutsame Zusammenhänge der Arbeit verstanden werden und Ereignisse für den Arbeitenden erklärbar sind, kann er Hypothesen über Handlungszusammenhänge bilden. Die Möglichkeit, etwas vorherzusagen, macht das Arbeitsfeld kalkulierbar und erlaubt es, einen zielgerichteten Einfluß darauf auszuüben. Das Ausmaß der Kontrolle steigt dabei mit der nächsthöheren Hierarchiestufe.

Die Vollständigkeit der Aufgabe sowie die Rückmeldung über den Arbeitsprozeß und das Vorhandensein von Freiheitsgraden bei der selbständigen Planung des Handlungsweges ist Voraussetzung für die Vollständigkeit der Aufgabe und ist damit für das Streben des Handelnden nach objektiver Kontrolle des Handlungsfeldes von Bedeutung. Daher ist zu fordern:

Der Benutzer muß über die Methode seines Vorgehens und die einzelnen Arbeitsschritte selbst entscheiden können. Dies sollte bis ins Detail möglich sein.

Durch diese Forderung wird dem Prinzip der differentiellen Arbeitsgestaltung entsprochen (Ulich 1978, 1992), nach dem Arbeitsgestaltung interindividuelle Differenzen berücksichtigen sollte, so daß unterschiedliche Arbeitsweisen realisiert werden können. Dabei geht Ulich von der Beobachtung aus, daß es oft nicht einen Königsweg zur effizienten Ausführung einer Tätigkeit gibt. Aus diesem Grund kann das Vorschreiben von vermeintlich optimalen Arbeitsabläufen sogar zu uneffizienten Arbeitsweisen führen.

Das Prinzip der differentiellen Arbeitsgestaltung gewinnt im Zusammenhang mit Gruppenarbeit auf Fertigungsinseln noch an Bedeutung, da hier das Auffangen von interindividuellen Differenzen in der Arbeitsweise durch den häufigeren Wechsel zwischen Maschinen noch wichtiger wird.

Als Voraussetzung für effiziente Kontrolle nimmt Oesterreich weiterhin ein Streben nach Exploration des Handlungsfeldes an. Dieses Lernen durch Experimentieren sollte die Technik zulassen und fördern. Hartmann und Fuchs (1993) formulieren diesen Anspruch folgendermaßen:

*„Systeme sollen exploratives (entdeckendes) Lernen unterstützen, was u. a. eine Fehlerrobustheit des Systems voraussetzt.“*

Das Lernen des Mitarbeiters kann durch technische Lösungen begünstigt werden, die bei Bedienfehlern dem Nutzer mit für ihn verständlichen Fehlermeldungen bzw. Lösungsalternativen zur Seite steht. Ein an Fehlermeldungen gekoppeltes Hilfesystem wäre in diesem Zusammenhang ebenfalls wünschenswert.

Eine ausführlichere Darstellung der Ableitung von Kriterien für die Gestaltung von CNC-Technik aus der Handlungstheorie ist bei Fuchs-Frohnhofen (1994) zu finden.

Nachdem der deduktive Weg der Kriterienherleitung aus der Handlungstheorie beschrieben wurde, sollen nun als induktiver Ansatz die Ergebnisse einer Facharbeiterbefragung dargestellt werden. Dieser Vergleich kann zur Beantwortung der Frage hilfreich sein, ob Handlungsorientierung auch gleichzeitig Facharbeiterorientierung bedeutet.

### **3 Ergebnisse der Facharbeiterbefragung**

Die im folgenden genannten Ergebnisse beziehen sich sowohl auf eine Befragung von Facharbeitern als auch auf Workshops mit Facharbeiterbeteiligung. Die Befragungsergebnisse basieren auf 20 von Facharbeitern und 7 von Ausbildern bzw. Meistern ausgefüllten Fragebögen. An den Workshops zum Thema nahmen insgesamt ca. 35 weitere Facharbeiter teil.

Grundkonsens unter den Facharbeitern war eine Präferenz für die CNC-Technologie, die unabhängig von der bisherigen Erfahrung mit CNC-Maschinen war. Gründe für die Präferenz waren zwei Faktoren:

1. Die stärkere technische Herausforderung durch CNC-Maschinen.
2. Die praktischen Vorteile von CNC-Maschinen.

Trotzdem wurden auch Nachteile der CNC- gegenüber der konventionellen Technik genannt, wie die mangelnde Flexibilität z.B. bei Reparatur- und Spezialaufträgen, bei denen der aufwendige Weg über die Arbeitsvorbereitung kritisiert wurde. Die Umständlichkeit der DIN Satz Programmierung und der Aufwand für das Erlernen der Programmiersprache, die durch ihre Informatikorientierung dem Denken der Facharbeiter fern ist, waren weitere Kritikpunkte.

Auswirkungen dieser Nachteile manifestierten sich bei den Facharbeitern in einer erhöhten Unsicherheit im Umgang mit CNC-Maschinen im Vergleich zu

konventionellen Maschinen, die von den Facharbeitern auf mangelnde Kontroll- und Eingriffsmöglichkeiten innerhalb des Bearbeitungsprozeß zurückgeführt wurde. Dazu wurde auch die fehlende Rückmeldung über den Bearbeitungsprozeß gezählt.

Ein die Arbeitsorganisation betreffender Wunsch der Facharbeiter betraf die stärkere Beteiligung an Aufgaben, die nicht direkt mit der Arbeit an der Maschine, sondern mit deren Planung zu tun haben. Dazu gehört die Planung der Reihenfolge der Auftragsbearbeitung und der einzelnen Arbeitsschritte bei der Bearbeitung genauso, wie Beteiligung an Entscheidungen zum Arbeitsablauf und beim Einkauf neuer Maschinen.

In einer vergleichenden Übersicht stellt Tabelle 1 zusammenfassend die aus der Handlungstheorie abgeleiteten Kriterien den Anforderungen von Facharbeitern an CNC-Maschinen gegenüber. Die Gegenüberstellung hat beispielhaften Charakter, da die Fülle der Daten aus der Befragung und den Workshops nicht anders in einen solchen Rahmen zu integrieren ist.

**Tab. 1: Vergleich von Kriterien mit Anforderungen von Facharbeitern**

Aus der Handlungstheorie abgeleitetes Kriterium	Facharbeiter fordern von der CNC-Technik:
Kombination von planenden und ausführenden Tätigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>° Explizit eine stärkere Beteiligung an der Planung der Arbeit sowie bei der Konstruktion Einkauf der Maschinen sowie der Programmerstellung</li> </ul>
Eigene Entscheidung über die einzelnen Arbeitsschritte und die zu verwendenden Methoden und Werkzeuge (Handlungsspielraum)	<ul style="list-style-type: none"> <li>° verschiedene Nutzermodi</li> <li>° die Reihenfolge der Arbeitsschritte eigenhändig zu bestimmen</li> <li>° selbständige Einteilung der Zeit</li> </ul>
Handlungssicherheit, Eingriffsmöglichkeit in den Prozeß (Kontrolle)	<ul style="list-style-type: none"> <li>° Eingreifen im Override,</li> <li>° Eingreifen in das laufende Programm</li> <li>° gut lesbare Statusanzeigen</li> <li>° eine Simulationsmöglichkeit</li> </ul>
Enge Kopplung von motorischen und perzeptuellen Prozessen	<ul style="list-style-type: none"> <li>° besseren visuellen und auditiven Kontakt zum Werkstück</li> </ul>
Übereinstimmung der Mensch-Maschine-Schnittstelle mit kognitiven Strukturen des Nutzers	<ul style="list-style-type: none"> <li>° Facharbeiter und Experten klagen über die Schwierigkeiten beim Übergang von konventionellen auf CNC-Maschinen, die mit den neu zu erlernenden kognitiven Strukturen (abstraktes mathematisches Denken) erklärt wird.</li> </ul>

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß sich die aus der Handlungstheorie abgeleiteten Kriterien zur Gestaltung von CNC-Maschinen in den Aussagen der Facharbeiter wiederfinden. Die Ergebnisse der Befragung und der Workshops legen nahe, daß technische Lösungen, die auf handlungstheoretisch begründeten Kriterien beruhen und diesen entsprechen, gleichzeitig auch Facharbeit an CNC-Maschinen angemessen unterstützen und daher facharbeitergerecht sind. Damit wurde ein weiterer Hinweis auf die Nützlichkeit, Anwendbarkeit und Effektivität der Handlungstheorie im Rahmen der Gestaltung von Arbeitssystemen gefunden.

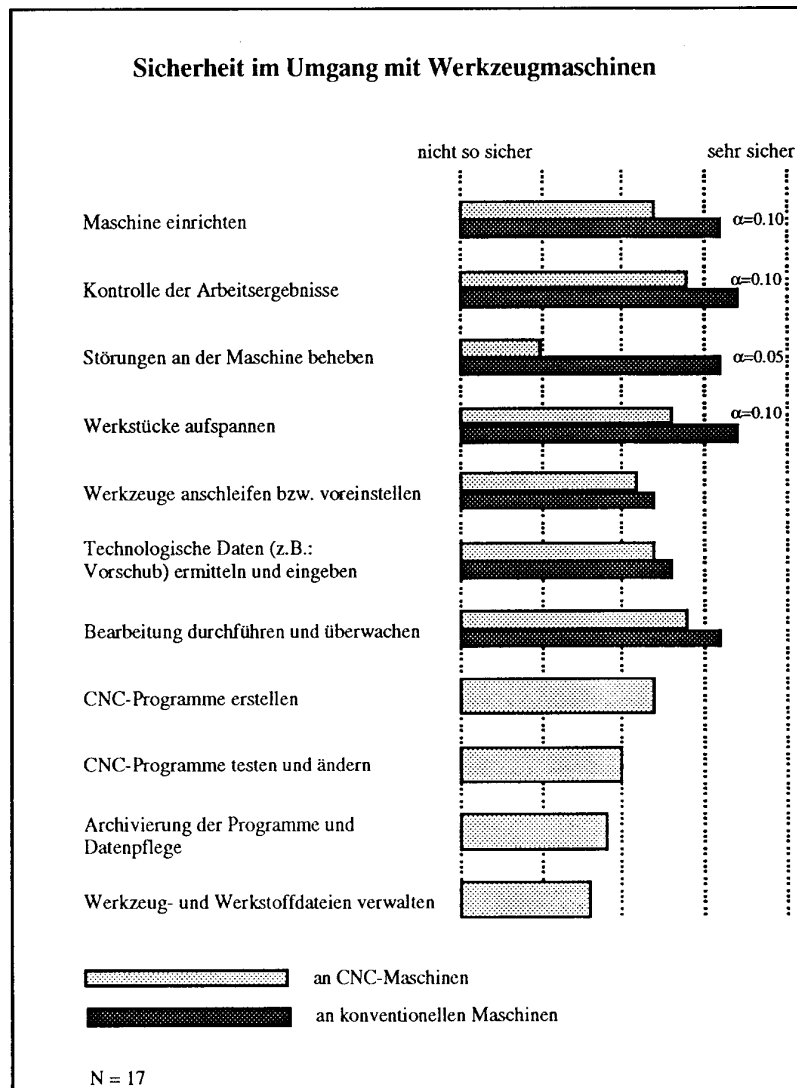
Eine mögliche Auswirkung der zur Zeit häufig noch nicht erfüllten Anforderungen auf das subjektive Empfinden der Facharbeiter bei der Arbeit schlägt sich in den Antworten auf eine Frage nach der empfundenen Sicherheit im Umgang mit Werkzeugmaschinen nieder.

Abbildung 4 zeigt, daß es einige signifikante Unterschiede in der Sicherheit beim Arbeitshandeln gibt. Obwohl bei den „CNC-spezifischen“ Tätigkeiten wie CNC-Programme testen und ändern“ der direkte Vergleich zur konventionellen Bearbeitung fehlt, fällt doch das tendentiell niedrigere Bewertungsniveau dieser Tätigkeiten in bezug auf die Sicherheit auf.

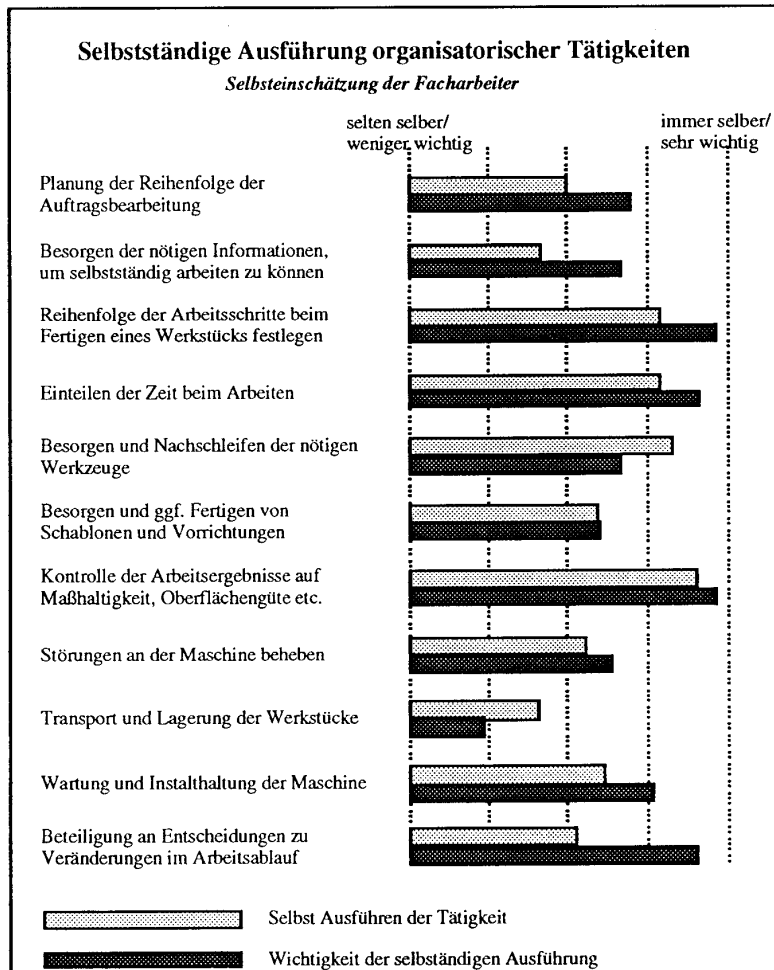
Das Fehlen der von den Facharbeitern gewünschten technischen Merkmale hat also auch Auswirkungen auf ihr subjektives Empfinden bei der Arbeit mit Werkzeugmaschinen.

Generell ist eine Diskrepanz zwischen dem tatsächlichen Ausführen von organisatorischen Tätigkeiten und der eingeschätzten Wichtigkeit dieser Aufgaben zu sehen. Diese Diskrepanz zeigt Abbildung 5.

**Abb. 4: Sicherheit im Umgang mit Werkzeugmaschinen**



**Abb. 5: Einschätzung der Wichtigkeit und der Häufigkeit von organisatorischen Tätigkeiten durch Facharbeiter**



Bis auf das Besorgen und Nachschleifen der Werkzeuge und den Transport und Lagerung der Werkstücke - für die meistens auch ein separater Dienst zur Verfügung steht - sehen die befragten Facharbeiter eine deutliche Diskrepanz zwischen der Häufigkeit und der Wichtigkeit organisatorischer und planerischer Aufgaben, die die Fertigung an der Maschine betreffen, was darauf schließen läßt, daß Facharbeiter ihre Arbeit nicht ausreichend selbständig planen und organisieren.

Für diese Argumentation spricht das Ergebnis einer offenen Frage des Fragebogens nach Änderungswünschen hinsichtlich der Arbeitsorganisation der Facharbeiter. Mehr als die Hälfte der Facharbeiter fordern an dieser Stelle ausdrücklich mehr Mitsprache bei Konstruktion, Fertigung, Einsatz von Werkzeugen und Programm-erstellung bzw. - Verwaltung. Ein weiterer genannter Wunsch betrifft die Verbesserung der Absprache mit Vorgesetzten und der Arbeitsvorbereitung.

Eine Erklärung für diesen Befund ist in der durch die CNC-Technik bedingten Verlagerung von Entscheidungs- und Planungskompetenzen auf höhere Hierarchieebenen (CIM) zu sehen, durch die dem Facharbeiter die Verantwortung für die Organisation seiner Arbeit immer mehr entzogen wird. Die Fähigkeit und die Motivation zum selbständigen Planen der Arbeit an der Maschine ist seitens der Facharbeiter jedoch vorhanden.

In diesem Zusammenhang ist außerdem zu beachten, daß die Selbständigkeit bei Planung der Arbeit nicht nur diejenigen Tätigkeiten betrifft, die die konkrete Arbeit an der Maschine betreffen, sondern außerdem die „Planung der Reihenfolge der Auftragsbearbeitung“ sowie die „Beteiligung an Entscheidungen zu Veränderungen im Arbeitsablauf“.

Insgesamt deuten die Ergebnisse auf den Wunsch seitens der Facharbeiter hin, ihre Arbeit ganzheitlicher zu gestalten und an Entscheidungsprozessen stärker beteiligt zu werden.

Dieser Forderung nachzukommen wäre auch vor dem Hintergrund der Bedeutung der Beteiligung der Facharbeiter für Innovationen sowohl bzgl. des Fertigungsprozesses als auch der Produkte sinnvoll.

## 4 Zusammenfassende Diskussion

Die Handlungstheorie bietet die Möglichkeit, sowohl die einer Handlung zugrundeliegende Perzeption und Motorik, als auch die Planung der Handlung zu betrachten. Damit schafft sie die theoretische Verbindung zwischen Denken und Handeln und zeigt auch die Verbindung zum Kontrollkonzept auf, also den Brückenschlag zur Erklärung der motivationalen Komponente der Arbeitsgestaltung.

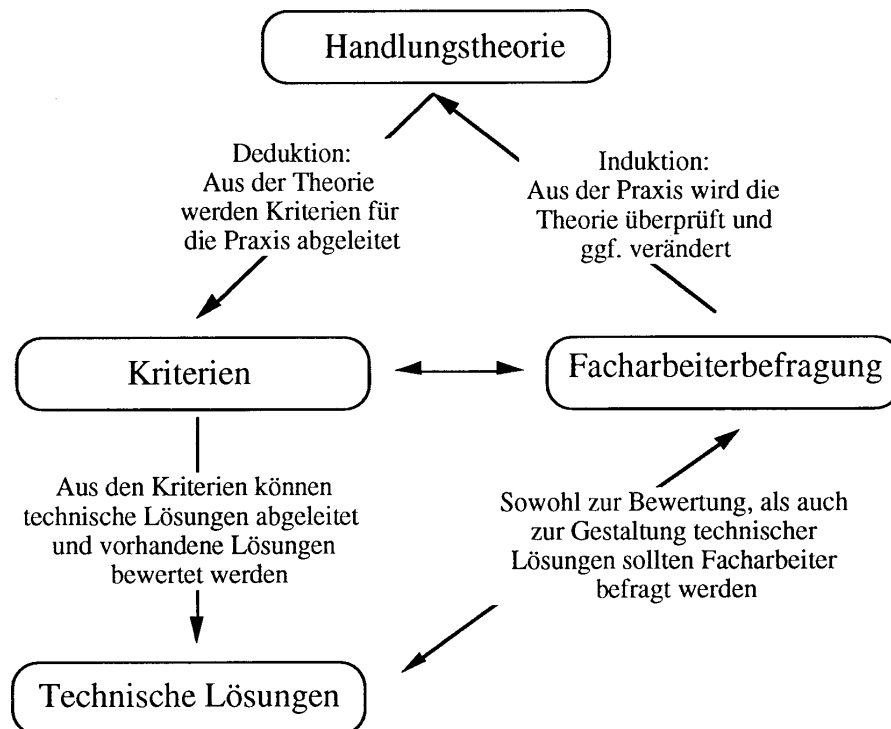
Die Arbeitssituation eines Facharbeiters an einer Werkzeugmaschine läßt sich durch die Handlungstheorie nicht nur beschreiben, sondern es lassen sich auch

Kriterien ableiten, nach denen vorhandene technische Lösungen beurteilt und neue Lösungen gestaltet werden können.

In der Handlungstheorie ist die theoretische Begründung für einige Konzepte, wie z.B. Facharbeiter- und Erfahrungsorientierung, Werkstattprogrammierung, ganzheitliche Arbeitsprozesse, kurz all das, was unter der „Wiederentdeckung der humanen Ressourcen“ subsumiert wird, gegeben.

Abbildung 6 stellt Zusammenhänge, in der die Handlungstheorie betrachtet wurde, in der Übersicht dar.

**Abb. 6: Deduktiv-induktives Vorgehen**



Aus der Handlungstheorie können Kriterien für die Technikgestaltung abgeleitet werden, die sich in technischen Lösungen wiederfinden. Diese Lösungen operationalisieren quasi die Kriterien. Die Kriterien können wiederum als aus der Theorie abgeleitete Hypothesen verstanden werden können.

Die Bewertung der technischen Lösungen durch die Facharbeiter kommt einer empirischen Überprüfung der Kriterien (Hypothesen) gleich. Gleichzeitig wurde innerhalb der Workshops u.a. unter Verwendung von Szenarien, den Teilnehmern Gelegenheit gegeben, ihre eigenen Vorstellungen über eine ihnen angemessene Technik zu explizieren. In diesen Aussagen kann man „naive“ Theorien und Hypothesen der Anwender über eine facharbeitergerechte Technik wiederfinden, deren Deckung mit der Handlungstheorie und der aus ihr abgeleiteten Kriterien für die Aussage spricht, daß Handlungsorientierung gleichzeitig auch Facharbeiterorientierung bedeutet.

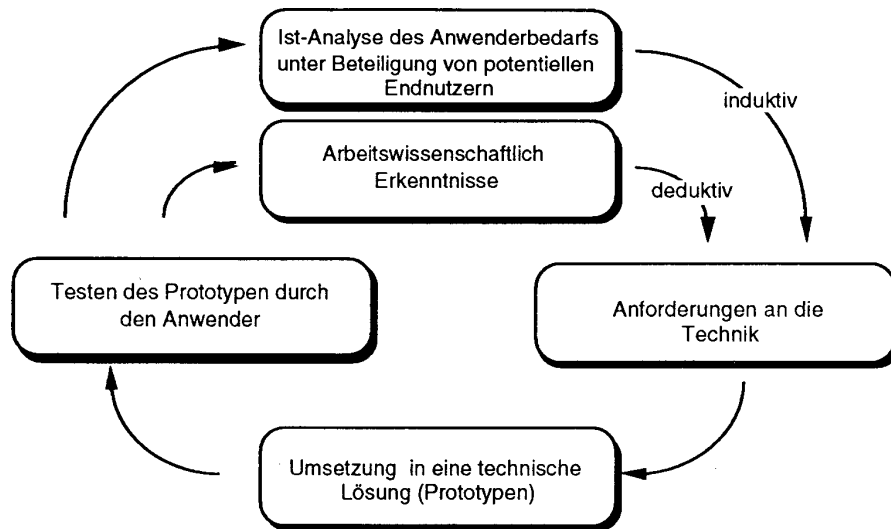
Interessant ist in diesem Zusammenhang ein Vergleich des Menschenbilds der beiden Vorgehensweisen:

Das klassische experimentelle Vorgehen der Arbeitspsychologie sieht die „Versuchsperson“ als Verarbeiter von dargebotenen Stimuli, auf die sie, hypothesenkonform oder nicht, reagiert. Ihre eigenen Hypothesen und Theorien zum Gegenstandsbereich sind nicht gefragt, werden aus versuchsplanerische Gründen bewußt ignoriert, obwohl deren Existenz kaum geleugnet werden kann.

In unserem Vorgehen spiegelt sich eher das der Handlungstheorie selber zugrundeliegende Menschenbild des sich aktiv mit der Umwelt auseinandersetzenen Individuums wider, daß sich ständig ein Bild von seiner Umwelt macht, seine eigene Wirklichkeit konstruiert und sich mit ihr auseinandersetzt. Der Untersuchte wird quasi nicht nur Objekt der theoriegeleiteten Betrachtungsweise, sondern es findet eine Partizipation der Probanden an der Theoriebildung statt.

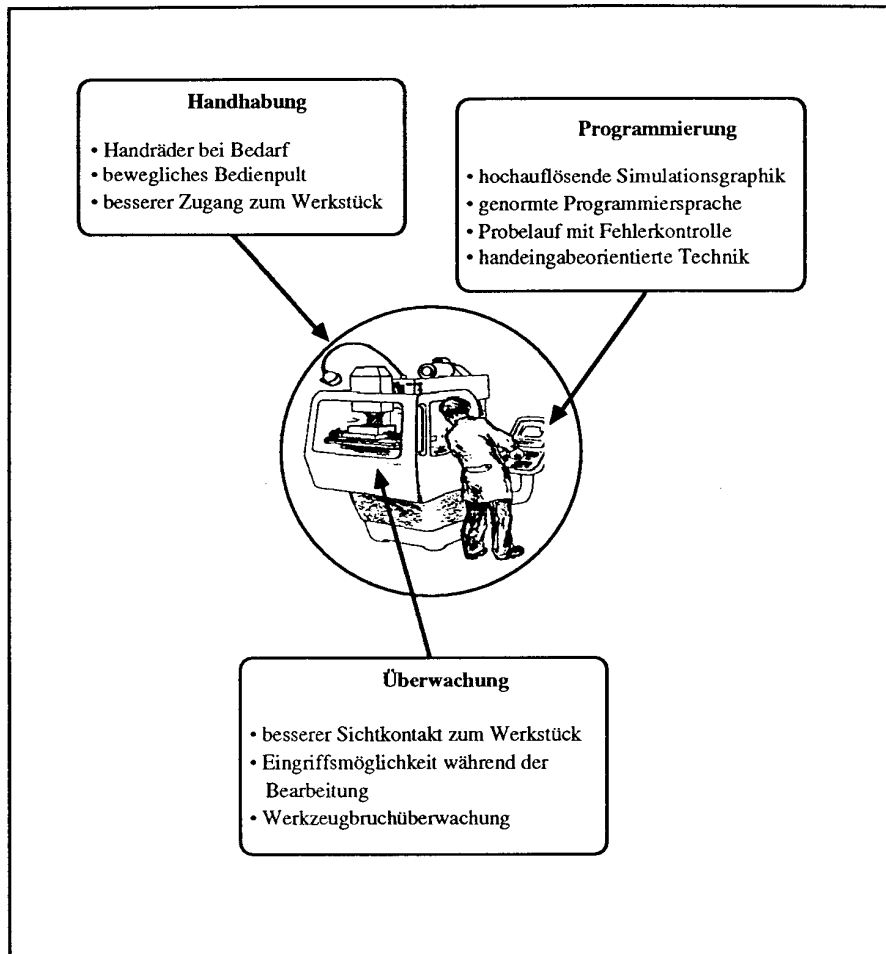
Der Vergleich dieser individuellen Wahrnehmung der Umgebung durch die Probanden mit den Ergebnissen der wissenschaftlichen Theoriebildung kann einen wichtigen Aufschluß über die Praktikabilität der Theorie geben, da im Prinzip die mentalen Modelle der Beteiligten zum Untersuchungsgegenstand mit den Abbildern der Wissenschaftler verglichen werden, wobei eine Theorie in diesem Sinne nichts anderes ist, als ein ausgearbeitetes und expliziertes, d.h. kommunizierbar gemachtes mentales Modell des Wissenschaftlers.

Für die Technikgestaltung bedeutet dies, beide Wege in den Prozeß zu integrieren, indem sowohl der deduktive Zugang über theoretisch abgeleitete Kriterien und arbeitswissenschaftlich begründete Gestaltungsvorschläge versucht wird, als auch der induktive Zugang in Form von Facharbeiterbeteiligung in den Gestaltungsprozeß beschrritten wird. Im Rahmen eines iterativen Prototypings wäre die Integration beiden Ansätze denkbar, was Abbildung 7 andeutet.

**Abb. 7: Technikentwicklung im Rahmen von Prototyping**

Neben der Validierung der Kriterien, die zur Gestaltung und Bewertung von CNC-Steuerungen herangezogen werden können, sind durch die Befragung und Workshops eine Fülle von Anregungen für die konkrete technische Umsetzung gefunden worden, die im Abschlußbericht des Projekts „Aufbereitung handlungsorientierter und gruppenarbeitsfähiger Maschinen- und Steuerungskonzepte“ (IPK 1994) zusammengefaßt dargestellt sind. Eine Übersicht der wichtigsten Ergebnisse zeigt Abbildung 8.

**Abb. 8: Anforderungen von Facharbeitern an CNC-Maschinen**



Insgesamt fordern die Facharbeiter:

- Mehr Kontrolle über den Bearbeitungsprozeß (z.B. durch Eingriffsmöglichkeit während der Bearbeitung, zuschalten von Handrädern)
- Mehr Rückmeldung über den Bearbeitungsprozeß (z.B. durch besseren Sichtkontakt zum Werkstück)
- Weniger Unsicherheit beim Fahren des Programms (z.B. durch Probelauf mit Fehlerkontrolle)
- Mehr Möglichkeiten, die Erfahrung von konventionellen Maschinen einzubringen (z.B. durch Record Playback)
- Facharbeitergerechte Programmiersprachen, die den mentalen Modellen der Facharbeiter eher entsprechen (z.B. ...)

Die bisherigen Darstellungen gehen zum Teil über die Handlungstheorie hinaus: Das Konzept der mentalen Modelle ist eher in der kognitiven Psychologie anzusiedeln. Konzepte der Wissenrepräsentation sind innerhalb der Handlungstheorie wenig ausdifferenziert, da weder über Arten noch über Wege der Wissensspeicherung Aussagen getroffen werden. Neuere Ansätze der kognitiven Psychologie bieten an dieser Stelle ein differenzierteres Bild und stellen eine Möglichkeit dar, dieses für die menschengerechte Technikentwicklung wichtige Thema erschöpfender zu betrachten (Johnson-Laird 1980).

Auch die Verbindung zwischen Handlungstheorie und Konstruktivismus ist in Darstellungen der Handlungstheorie nicht explizit vorhanden, sondern eine Interpretation der Autoren.

Ein weiterer Anknüpfungspunkt für die Erweiterung der Handlungstheorie betrifft deren Konzentration auf individuelles Handeln. Die mangelnde Berücksichtigung sozialer Prozesse macht die Anwendung auf Gruppenarbeitskonzepte und der entsprechenden Technik unmöglich. Kriterien zur gruppenarbeitsfähigen Technikgestaltung aus handlungstheoretischer Sicht können nicht hergeleitet werden. Gerade solche Kriterien wären aber vor dem Hintergrund der fortschreitenden Verbreitung von Gruppenarbeit wünschenswert.

Erste Ansätze in diese Richtung finden sich bei Marggraf (1992), die Kriterien zur Gestaltung der Arbeitsaufgaben *und* der sozialen Beziehungen aus der Handlungstheorie und einem Kommunikationsmodell ableitet.

## Literatur

- Böhle, Fritz, Brigitte Milkau (1988): Vom Handrad zum Bildschirm. Frankfurt/Main
- Böhle, Fritz, Helmuth Rose (1993). Erfahrung als Leistungsfaktor der flexiblen Produktion. Technische Rundschau, 85, 6-9.
- Bolte, Annegret, Hans Martin (1993): Flexibilität durch Erfahrung. Computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit in der Produktion. Kassel

- Dörner, Friedrich (1989): Die Logik des Mißlingens. Hamburg
- Frese, Michael (1978): Partialisierte Handlung und Kontrolle: Zwei Themen der industriellen Psychopathologie; in: Michael Frese, Siegfried Greif, Norbert Semmer (Hg.): Industrielle Psychopathologie. Bern/Stuttgart/Wien
- Fischer, Gerhard (1991): The importance of models in making complex systems comprehensible; in: Michael Tauber, David Ackermann: Mental Models and Computer-Interaction. North Holland
- Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (1991) (Hg.): Erfahrungsgeleitete Arbeit mit CNC-Werkzeugmaschinen als Element rechnerintegrierter Produktionsstrukturen. Kassel
- Fuchs-Frohnhofer, Paul (1994): Zur facharbeitergerechten Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle. Aachen
- Gerstenmeier, Jochen, Heinz Mandl (1994): Wissenserwerb unter Konstruktivistischer Perspektive. Forschungsbericht Nr. 33. Institut für Pädagogische Psychologie und Empirische Pädagogik, Ludwig-Maximilians-Universität München
- Greif, Siegfried (1983): Konzepte der Organisationspsychologie. Bern
- Hacker, Winfried (1986): Arbeitspsychologie. Bern
- Hacker, Winfried, Peter Richter (1990): Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten; in: Felix Frei: Das Bild der Arbeit. Bonn
- Hartmann, Ernst, Eberhard Eberleh (1991): Inkompatibilitäten zwischen mentalen und rechnerinternen Modellen im rechnergestützten Konstruktionsprozeß; in: David Ackermann, Eberhart Ulich (Hg.): Software-Ergonomie '91 - Benutzerorientierte Software-Entwicklung. Stuttgart
- Hartmann, Ernst, Paul Fuchs (1991): Von Menschen und Handrädern; in: (IAW) Institut für Arbeitswissenschaft der Gesamthochschule Kassel (Hg.) (1991): Erfahrungsgeleitete Arbeit mit CNC-Werkzeugmaschinen und deren technische Unterstützung. Kassel
- (IPK) Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik Berlin (Hg.) (1994): Aufbereitung handlungsorientierter und gruppenfähiger Maschinen- und Steuerungskonzepte. Endbericht. Berlin
- Johnson-Laird, Philip (1983): Mental Models. Cambridge
- Lenk, Hans (Hg.) (1977): Handlungstheorien - interdisziplinär. München (4 Bände)
- Margraf, Claudia. (1992): Teamkompetenz - Ein Qualifizierungsziel der Berufsbildung. Berlin
- Oesterreich, Rainer (1981): Handlungsregulation und Kontrolle. München
- Schmidt, Siegfried (Hg.) (1987): Der Diskurs des radikalen Konstruktivismus. Frankfurt
- Seligman, Martin (1975): Helplessness. San Francisco
- Sell, Robert, Klaus Henning (1993): Lernen und Fertigen. Aachener Reihe Mensch und Technik, Band 2, Aachen
- Ulich, Eberhart (1978): Über das Prinzip der differentiellen Arbeitsgestaltung; in: Industrielle Organisation, 47, 566-568
- Ulich, Eberhart (1992): Arbeitspsychologie. Stuttgart
- Volpert, Walter (1980): Psychologische Handlungstheorie - Auswertung zu Stand und Perspektive; in: Volpert, Walter (Hg.): Beiträge zur psychologischen Handlungstheorie. Bern

Volpert, Walter (1982): Das Modell der hierarchisch sequentiellen Handlungsorganisation;  
in: Winfried Hacker, Walter Volpert, Mario v.Cranach

Anschrift der Verfasser:

Wolfram Schindler  
Ernst Hartmann  
Paul Fuchs-Frohnhofen  
Lehrstuhl Informatik im Maschinenbau  
und Hochschuldidaktisches Zentrum  
RWTH Aachen  
Dennewartstr. 27  
52068 Aachen