

- [13] Vgl.: FISCHER, H. P., MERKEL, H., WALZ, R.: Projektorientierte Fachbildung im Berufsfeld Metall. Ein Gestaltungsansatz der Lernorganisation im Werk Gaggenau der Daimler Benz AG. In: BUNDESINSTITUT FÜR BERUFSBILDUNG (Hrsg.): Modellversuche zur beruflichen Bildung, Heft 9, Berlin 1982. Vgl.: BECKER, M.: Praxisnahe pädagogische Konzepte. Teil 1: Teamorientierte Berufsausbildung. In: Betriebliche Ausbildungspraxis Heft 192, August 1987, Seite 44 und 45; Teil 2: Systematisches Anlernen. In: Ebenda, Heft 193, Oktober 1987, Seite 56 und 57; Teil 3: Tutorielles Lernen. In: Ebenda, Heft 194, Dezember 1987, Seite 68 und 69. Vgl.: KRÖLL, W., u. a.: Mehr Selbständigkeit und Teamarbeit in der Berufsbildung. Selbststeuerung von Lernprozessen in der Ausbildungspraxis der Ford-Werke AG. In: BUNDESINSTITUT FÜR BERUFSBILDUNG (Hrsg.): Modellversuche zur beruflichen Bildung, Heft 18, Berlin 1984.
- [14] „Zweckrational handelt, wer sein Handeln nach Zweck, Mitteln und Nebenfolgen orientiert und dahin sowohl die Mittel gegen die Zwecke, wie die Zwecke gegen die Nebenfolgen, wie endlich auch die verschiedenen möglichen Zwecke gegeneinander rational abwägt.“ WEBER, M.: Wirtschaft und Gesellschaft. Grundriß der verstehenden Soziologie, hrsg. von J. Winckelmann. 5. Aufl., Tübingen 1972, Seite 12 f.
- [15] Vgl.: KERN, H. / SCHUMANN, M.: Das Ende der Arbeitsteilung? Rationalisierung in der industriellen Produktion: Bestandsaufnahme, Trendbestimmung. München 1984.
- [16] Vgl.: BAETHGE, M., OVERBECK, H.: Zukunft der Angestellten. Neue Technologien und berufliche Perspektiven in Büro und Verwaltung. Frankfurt 1986.
- [17] Vgl.: GIZYCKI, R. von / GÄRTNER, H.: Zukunftsaussichten von Berufen. Überlegungen, Szenarien und Thesen zur Berufsausbildung. München 1982.
- [18] Vgl.: HOFER, M.: Handlung und Handlungstheorien. In: HANS SCHIEFELE und ANDREAS KRAPP (Hrsg.): Handlexikon zur pädagogischen Psychologie. München 1981, Seite 159 (159–166).
- [19] Vgl.: BUNK, G. P., und ZEDLER, R.: Neue Methoden und Konzepte beruflicher Bildung. In: Beiträge zur Gesellschafts- und Bildungspolitik. Institut der deutschen Wirtschaft, Nr. 114, Seite 8.
- [20] Ebenda.
- [21] Vgl.: KERSCHENSTEINER, G.: Begriff der Arbeitsschule. 15. Aufl., München 1959.
- [22] Vgl.: HOLZ, H.: Entwicklung von Methodenkompetenz durch Leittext- und Projektmethode. In: KARLHEINZ SONNTAG (Hrsg.): Neue Produktionstechniken und qualifizierte Arbeit. Beiträge zur Technik, Arbeitsorganisation, Qualifikation, Personalplanung und -entwicklung in der computerunterstützten Fertigung und Konstruktion. Köln 1985, Seite 188 (188–193).
- [23] Vgl.: SCHMIDT, H.: Ein Beispiel erfolgreicher Zusammenarbeit zwischen Berufsbildungsforschung und Ausbildungspraxis. In: Beiträge zur Gesellschafts- und Bildungspolitik, Nr. 123, a.a.O., Seite 24 (18–24).

Hilde Biehler-Baudisch

## Programmierer/in im Blaumann?

Welche Qualifikationen sind in der Ausbildung in CNC-Technik zu vermitteln?

### Neue Ausbildungsordnung für industrielle Metallberufe

Die Arbeit mit programmgesteuerten Maschinen ist für viele Auszubildende in spanenden und schlosserischen Berufen heute bereits Bestandteil der Ausbildung. Mit der Neuordnung der industriellen Metallberufe wird der Umfang der Ausbildung in der Handhabung von NC- bzw. CNC-Maschinen [1] für die Ausbildungsberufe Industriemechaniker/Industriemechanikerin, Werkzeugmechaniker/Werkzeugmechanikerin und Zerspanungsmechaniker/Zerspanungsmechanikerin festgelegt. Für die klassischen spanenden Berufe, also **Zerspanungsmechaniker/Zerspanungsmechanikerin** in den Fachrichtungen Drehtechnik, Automaten-drehtechnik, Frästechnik und Schleiftechnik sind dabei die umfangreichsten Anforderungen definiert: Erstellen, Eingeben und Optimieren von Programmen sowie Herstellen von Werkstücken auf numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen. Zur Spezifizierung folgt eine Reihe von „Fertigkeiten und Kenntnissen, die unter Einbeziehung selbständigen Planens, Durchführens und Kontrollierens zu vermitteln sind“ [2], und die vom Erstellen des Bearbeitungsplans über Programmierung und Fehlersuche bis zum Einrichten der Maschine und Durchführung von Probe- und Automatiklauf reichen.

### Ableitung von Qualifikationen aus der Ausbildungsordnung

Sehen wir uns diese Fertigkeiten und Kenntnisse genauer an. Sie enthalten eine Fülle von Lernzielen, die zum Teil gar nicht unmittelbar mit NC/CNC-Technik gekoppelt sind und eine Menge fachlicher und fachübergreifender Qualifikationen voraussetzen. Die wichtigsten werden vorab kurz skizziert und anschließend in Zusammenhang mit der Ausbildungsordnung diskutiert.

- **Allgemeine Programmierkenntnisse**, d. h., die Regeln der Programmierung nach DIN 66 025 kennen und anwenden.

- **Weitere steuerungsunabhängige und -spezifische Programmierkenntnisse**, d. h. prinzipielle Kenntnisse der Zyklusprogrammierung, der Unterprogrammtechnik und Parameterübergabe, sowie der jeweiligen steuerungsspezifischen Auslegung. Gelegentlich kommen noch Werkzeug- und Technologiedateien hinzu.
- **Technologische Kenntnisse**: Der Komplex der Werk- und Schneidstoffe, Werkzeuge, Schnittdaten usw. ist zwar bei Auszubildenden im dritten/vierten Ausbildungsjahr als bekannt vorauszusetzen, in Zusammenhang mit CNC-Maschinen ergibt sich aber eine deutliche Verschiebung der Dimensionen und Akzente.
- **Maschinenbezogene Kenntnisse und Fertigkeiten** sind die Voraussetzung für die qualifizierte Arbeit mit der Maschine, d. h. alle Tätigkeiten vom Einrichten der Maschine, über Fertigung im Automatikbetrieb bis zum Erkennen und Beheben von Fehlern.
- **Informationstechnische Kenntnisse** zum sachgerechten Umgang mit Datenein- und Ausgabegeräten sowie mit Dateien und Datenträgern.
- **Fachübergreifende Qualifikationen**: Abstraktionsvermögen, Fähigkeit, Strukturen zu erkennen und nachzuvollziehen, systematisches und analytisches Denken, Algorithmierung, intellektuelle Mobilität, Transferdenken.

Zur Erläuterung dieser Qualifikationsanforderungen werden im folgenden die entsprechenden Punkte der Ausbildungsordnung unter dem Aspekt „welche Kenntnisse und Fertigkeiten sind erforderlich?“ genauer betrachtet. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Förderung „selbständigen Planens, Durchführens und

Kontrollierens“ primär eine Frage der Methoden (Stichworte Projektarbeiten, Leittexte) ist. Sie zu erörtern, würde den Rahmen dieser Ausführungen sprengen.

Die Ausbildungsordnung sieht im einzelnen vor:

a) **Programme, insbesondere unter Berücksichtigung von Programmaufbau, Zyklen, Unterprogrammen, Parametern, Bezugspunkten, Koordinatensystemen, Wegbedingungen, Zusatzfunktionen und Codierung erstellen**

Aus dieser Formulierung kann man ableiten, daß es sich um Programme für Werkstücke mit komplexerer Kontur handelt. Um z. B. eine Welle mit einigen Ringnuten zu programmieren, würde kein vernünftiger Mensch Programmierertechniken wie Zyklen, Unterprogramme und Parameterübergabe anwenden. Bei etwas komplizierteren Werkstücken fallen vor der eigentlichen Programmierung mehrere Arbeitsschritte an, die alle ihre spezifischen Qualifikationen voraussetzen: Bezugspunkte festlegen, Werk- und Spannzeuge auswählen, Spannskizze anfertigen, Bearbeitungsplan erstellen und Abfolge der Bearbeitungsschritte festlegen.

Diese Tätigkeiten setzen bei den Lernenden die Vorstellung vom **Maschinenraum** mit den verschiedenen **Bezugspunkten** voraus und verlangen die Beherrschung der mathematischen Hilfsmittel – also kartesische und gegebenenfalls polare Koordinatensysteme sowie Absolut- und Inkrementalmaßung. Diese Inhalte fallen zwar mehr in den Bereich Mathematik/Fachrechnen, wurden aber bisher eher am Rande behandelt, da sie für die Arbeit mit konventionellen Maschinen weniger Bedeutung haben. Bei der Einführung in die CNC-Technik ist eine Auffrischung oder Vertiefung der entsprechenden mathematischen Kenntnisse oft unumgänglich.

**Werkzeuge und Spannmittel** sind zwar aus der Arbeit mit konventionellen Maschinen bekannt, diese Kenntnisse sind aber nicht voll auf CNC-Maschinen übertragbar. Aufgrund der Möglichkeiten dieser Maschinen und der damit verbundenen Weiterentwicklung von Schneidstoffen sind beim CNC-Spannen ganz andere Schnittdaten üblich als bei konventionellen Maschinen. Die Spannungstechnologie und die Zusammenhänge zwischen Vorschub, Schnittgeschwindigkeit und Einfluß der Schneidengeometrie u. ä. haben sich zwar nicht geändert, sind aber in ihrer Ausprägung doch recht verschieden von den Dimensionen, mit denen die Auszubildenden aufgrund ihrer Erfahrung vertraut sind. Ausgehend von der Technologie des konventionellen Spanens sind der Spanvorgang in seiner neuen Qualität zu begreifen und die technologischen Zusammenhänge und Einflüsse in einer veränderten Perspektive zu sehen.

Ein **Bearbeitungsplan** ist ebenfalls – zumindest für die meisten Auszubildenden – im Prinzip nicht neu. Ungewohnt ist aber das Planen der Bearbeitung bis in alle **Einzelheiten** und das genaue Festlegen jedes Bearbeitungsschritts. Ausgehend vom Rohteil müssen in Gedanken alle einzelnen Schritte der Bearbeitung ausgeführt und in eine logische Abfolge gebracht werden, um das Programm daraus abzuleiten. Das Werkstück ist gedanklich fertiggestellt, noch ehe der erste Span fließt. Das ist eine wesentliche Veränderung der Arbeitsweise. Korrekturen und Modifikationen, die sich üblicherweise während der Entstehung der Werkstückkontur ergeben, können nicht in die Bearbeitung einfließen, da diese vorab festliegen muß. Damit ergeben sich erhebliche Anforderungen an planerische Fähigkeiten und Abstraktionsvermögen. Diese vorwiegend planerischen Arbeiten sind unabdingbare Voraussetzung für das **eigentliche Erstellen des Programms**.

Schließlich bedeutet Programmieren einer Bearbeitung, sich von dem Vorgang in begriffliches Modell zu bilden, dieses in alle Einzelheiten zu analysieren und in eine Folge von Arbeitsschritten aufzulösen. Wenn alle Arbeitsschritte so weit festgelegt sind, daß sie zusammengefügt zum gewünschten Ergebnis – der Fertigung des Werkstücks – führen und mit Daten beschrieben werden können, liegt der Algorithmus, der inhaltliche Kern des Programms vor (BRÖDNER, 1986, S. 50). Abstraktes analytisches

Denken und eingehende Kenntnis des Ablaufs der Bearbeitung sind damit wichtige Voraussetzungen für das selbständige Erstellen von Programmen. Das Umsetzen des analytisch aufbereiteten Vorgangs in Daten erfordert dann weniger kreative Denkarbeit, sondern eher Methodenkompetenz der entsprechenden Programmierertechnik, ist also mehr Übungssache.

Aus der Formulierung der Ausbildungsordnung „Berücksichtigung von Wegbedingungen, Zusatzfunktionen und Codierung“ geht hervor, daß unabhängig von steuerungsspezifischen Auslegungen die Programmierung nach **DIN 66 025** als Gegenstand der Ausbildung gesehen wird. Die Aneignung des Grundwissens soll somit auf der Basis des DIN-Codes erfolgen, der bei der aktuellen Steuerungsgeneration bei der Programmierung zum Teil keine Anwendung mehr findet (BÄHR, 1988, MONZ, 1987). [3] In der Ausbildungsordnung wird jedenfalls der Vorgehensweise, die Auszubildenden unmittelbar und ohne Vermittlung von Grundwissen an konkrete Steuerungen heranzuführen, eine Absage erteilt. Unabhängig von Programmierverfahren und -komfort ist das „1 x 1“ der Programmierung, d. h. Wort-, Satz- und Programmaufbau nach DIN 66 025 Gegenstand der Ausbildung.

In dem ausdrücklichen Hinweis auf Zyklen, Unterprogramme und Parameter finden steuerungsspezifische Belange ihre Berücksichtigung. Auch dabei darf nicht das Training an einer bestimmten Steuerung den Lernprozeß bestimmen. Die Vermittlung steuerungsunabhängiger Grundprinzipien ist zentrales Anliegen. Was zur Notwendigkeit herstellernerneutraler Qualifizierung und zur Vermittlung geräteunabhängiger Grundqualifikationen im Bereich der Informationstechnik ausgeführt wird (z. B. HANDELSBLATT, 1987), ist voll auf die CNC-Ausbildung übertragbar. Auch hier ist mit einem Veralten geräte- und herstellerspezifischer Kenntnisse und der Notwendigkeit einer Umstellung auf neue Konzeptionen zu rechnen. Sogar der Wechsel von einer Steuerung zu einer anderen der gleichen Generation ist mit Umdenken verbunden, da anscheinend alle Hersteller von Steuerungen den zweifelhaften Ehrgeiz haben, auch bei annähernd gleichem Funktionsumfang die Handhabung und Programmierweise möglichst unterschiedlich zu gestalten. So wird auch als Ziel der Weiterbildung für Facharbeiter ausdrücklich die Beherrschung unterschiedlicher CNC-Steuerungskonzepte mit unterschiedlichen Programmiermethoden formuliert. Eine Anpassungs- bzw. Bedienerqualifikation nur auf **einer** CNC-Steuerung wird als unzureichend betrachtet (BLUM, 1987).

Aus diesen Gründen ist eine steuerungsunabhängige Vermittlung der Inhalte und ihre anschließende Übertragung auf eine konkrete Steuerung der günstigste Weg. Die Auszubildenden lernen dabei, Prinzipielles von steuerungsspezifischen Gegebenheiten zu unterscheiden und ihre Kenntnisse mit steuerungsabhängigen Ausprägungen in Einklang zu bringen. Transferfähigkeit wird angesprochen und das spätere Einarbeiten in die Handhabung einer unbekanntenen Steuerung oder Maschine erheblich erleichtert [4].

b) **Programme eingeben, testen, ändern und optimieren**

Für die **Programmeingabe- und -änderung** sind Kenntnisse des Eingabemodus und Handhabung des Eingabetableaus Voraussetzung. Letzteres ist primär Übungssache, wobei sich Auszubildende auch an unübersichtlichen Eingabefeldern erfahrungsgemäß relativ schnell zurechtfinden. Beim Eingabemodus reicht Routine nicht aus, wenn man sich nicht mit dem Befolgen rezeptartiger Bedienanleitungen für eine bestimmte Steuerung zufrieden geben will. Mit dem wachsenden Funktionsumfang der Steuerungen gewinnen die Kenntnisse und Fertigkeiten für die *Nutzung der Informationstechnik als Anwender* an Bedeutung. Das Beherrschen der Dialogtechnik, Menuesteuerung, Handhabung von Softkeys und Fenstertechnik bei Parametereingaben wird zur Selbstverständlichkeit. Um den Dialog mit dem Steuerungscomputer führen zu können, müssen die Lernenden die Regeln nachvollziehen können, die diesen Dialog strukturell bestimmen.

Sie müssen erkennen, welche Operationen erforderlich sind, um zu gespeicherten Daten zuzugreifen, wie diese zu ändern sind, wie die Aufnahme und Verarbeitung von Daten veranlaßt wird, weshalb Eingaben nicht angenommen werden usw. Die Fähigkeit zum Denken in exakten, eindeutigen Strukturen in Verbindung mit der richtigen Interpretation von Ausgabesignalen und Anzeigen ist in der rechnergestützten Fertigung eine wesentlich wichtigere Qualifikation als das Handling einer bestimmten Steuerung und sollte in der Ausbildung entsprechend berücksichtigt werden.

Um anwendungsbezogene informationstechnische Kenntnisse geht es übrigens noch in einem weiteren Punkt der Ausbildungsordnung, der wegen des inhaltlichen Zusammenhangs hier genannt wird:

#### c) Datenein- und Ausgabegeräte und Datenträger handhaben

Hierunter fallen neben dem Umgang mit dem Steuerungscomputer noch die Handhabung von Datenausgabegeräten (z. B. Lochstreifendrucker) und externen Programmierplätzen sowie von externen Speichern wie Lochstreifen, Kassetten, Disketten und Festplatten. Wenn es auch äußerst strittig ist, ob ISO- und EIA-Code für Lochstreifen in der Ausbildung in aller Breite vermittelt werden sollen – was häufige Praxis ist –, so ist doch der *qualifizierte Umgang* mit den Geräten und Datenträgern notwendiger Inhalt der Ausbildung.

In Zusammenhang mit Programmeingabe und -änderung nennt die Ausbildungsordnung noch **Testen und Optimieren von Programmen**, in der CNC-Fertigung eine häufige Aufgabe, auch für Facharbeiter/Facharbeiterinnen, die vorwiegend mit Programmen aus der Arbeitsvorbereitung arbeiten und deren Tätigkeitsschwerpunkt nicht in der Werkstattprogrammierung liegt. Die **Programmerprobung** erfolgt auf verschiedenen Ebenen: während oder nach der Eingabe nimmt der Rechner automatisch eine Syntax- und Plausibilitätsprüfung vor, um bestimmte Programmierfehler zu lokalisieren. An der Maschine wird das Programm dann im Testlauf erprobt, wobei häufig keine Werkzeuge oder kein Werkstück gespannt sind. Die Beobachtung des Werkzeugträgers läßt dabei grobe Geometriefehler erkennen, ohne daß es zu Kollisionen oder zu Zerstörung des Werkstücks kommt. Diese Erprobung wird zunehmend durch Bildschirmgrafik der Steuerung oder durch **Simulation** am Eingabeplatz abgelöst. Bei der grafisch-dynamischen Simulation läuft die Bearbeitung auf dem Bildschirm ab, dabei können die Werkzeugbewegungen verfolgt und/oder die Verfahrenswege aufgezeichnet werden. [5] Beim Abarbeiten des fehlerfreien Programms im Automatikbetrieb kann dann die **Optimierung** erfolgen, die fundierte technologische Kenntnisse und Erfahrung erfordert. Die Variabilität der eingesetzten Werkstoffe bei Werkzeugen und Werkstücken und die Unkalkulierbarkeit der Maschinenläufe machen bei der Programmierung gewisse Sicherheitsreserven erforderlich, die suboptimale Fertigungswerte zur Folge haben. Zur Optimierung des Prozesses ist allemal „ein Schuß Empirie“ erforderlich (KERN, SCHUMANN, 1984, S. 162).

In engem Zusammenhang mit der Optimierung von Programmen steht die Korrektur von Fehlern:

#### d) Fehler in Programmen eingrenzen und ihre Beseitigung veranlassen

Die Fehler in Programmen können vielfältiger Art sein. Einfache Satzbau- und Geometriefehler werden durch die Syntax- und Plausibilitätsprüfung lokalisiert und angezeigt. Je differenzierter die Fehleranzeigen sind, um so leichter ist es, die Fehler zu erkennen und zu beheben, eine entsprechende Kenntnis der Programmierregeln natürlich vorausgesetzt. Schwieriger sind Fehler bei Zyklen oder Konturzügen zu lokalisieren. Überall, wo das Programm komplexe Vorgänge verkürzt beschreibt, steht ein Satz nicht für eine Werkzeugbewegung, sondern für eine Bewegungsabfolge, möglicherweise einen ganzen Bearbeitungsabschnitt.

Wenn in einem derartigen Satz ein Fehler angezeigt wird, kann es schon schwieriger sein, diesen einzugrenzen. Dazu sind alle Bearbeitungsschritte oder Werkzeugbewegungen, die in dem Abschnitt ablaufen sollen, durchzugehen. Sie sind – ohne als einzelne Programmsätze ausgewiesen zu sein – in Hinblick auf die Fehleranzeige zu analysieren und zu überprüfen. Das verlangt Abstraktionsvermögen, systematisches Denken und eine gewisse intellektuelle Flexibilität, nicht zuletzt, weil Fehlermeldungen hinsichtlich ihrer Klarheit und Eindeutigkeit gelegentlich mit dem Orakel von Delphi zu vergleichen sind.

#### e) Werkzeugkorrekturwerte bestimmen und eingeben

Die Bestimmung der Werkzeugkorrekturwerte setzt voraus, das jeweilige Meßsystem (Werkzeugvoreinstellung, Meßvorrichtung an der Maschine, Meßzyklus zur Ermittlung der Korrekturwerte) zu kennen und zu handhaben. Darüber hinaus ist Abstraktionsvermögen erforderlich, um die ermittelten Werte in den richtigen Zusammenhang mit der Bearbeitung zu bringen. Entsprechende technologische Kenntnisse sind zum sachgerechten Umgang mit Tabellen und Dateien erforderlich.

Das ist etwas dünn, wenn es alles sein soll, was den Komplex Werkzeuge für CNC-Fertigung anbelangt. Schließlich ergeben sich bedeutende Änderungen gegenüber der konventionellen Technik auch hinsichtlich der **Werkzeuge**. Während die Vielfalt der Werkzeugformen aufgrund der genauen Steuerung der Werkzeugbewegungen erheblich abgenommen hat, ermöglicht die Weiterentwicklung der Schneidstoffe erst die Schnittdaten, die den Leistungen und Möglichkeiten von CNC-Werkzeugmaschinen entsprechen. Während bisher vorrangig die Leistungssteigerung betrieben wurde, hat sich inzwischen aufgrund neuer Anforderungsprofile der Fertigung das Hauptaugenmerk auf eine möglichst lange Nutzung des Schneidstoffs für eine bestimmte Bearbeitungsaufgabe verschoben (KÖNIG, 1986). Es ist anzunehmen, daß in der Ausbildungsordnung der Komplex Werkzeuge nicht detaillierter ausgeführt ist, weil technologische Inhalte als Bestandteile der Fertigung (siehe folgenden Abschnitt) betrachtet werden.

#### f) Werkstücke aus Eisen- und Nichteisenmetallen sowie Kunststoffen an numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen herstellen

Dieser Bereich umfaßt vorwiegend maschinenbezogene Tätigkeiten, die zum Teil auch bei der Arbeit an konventionellen Maschinen anfallen. Neu ist, daß **das Einrichten der Maschine als eigene Betriebsart** von der eigentlichen Bearbeitung getrennt und wesentlich umfangreicher ist als gewohnt. Bereits bekannte und neue Tätigkeiten müssen in einem neuen Zusammenhang gesehen werden und in eine logische Abfolge gebracht werden. Dafür sind analytisches Denken und Fähigkeit zur Algorithmierung erforderlich.

Die Ausführung der einzelnen Schritte – Inbetriebnahme der Maschine/Steuerung, Referenzpunkt anfahren, Nullpunkt verschieben, Werkstück entsprechend der Spannskizze aufspannen und Revolverkopf bestücken – erfordern kaum spezifische Fertigkeiten, wie überhaupt Fertigkeiten bei der Arbeit mit CNC-Maschinen gegenüber der **Anwendung von Kenntnissen** in den Hintergrund treten. Die **Überwachung des Automatikbetriebs** verlangt allerdings eine Reihe von Kenntnissen, teils CNC-spezifisch, z. B. zweckmäßiges Vorgehen bei Störungen oder Unregelmäßigkeiten, Unterbrechen des Automatiklaufs, Fortsetzung der Bearbeitung nach Beheben der Störung, also Wiedereinstieg ins Programm oder Neustart. Nicht CNC-spezifisch, für die qualifizierte Arbeit mit einer CNC-Maschine aber unerlässlich sind Kenntnisse, Wissen und Erfahrung, die von Facharbeitern generell bei der Arbeit mit Werkzeugmaschinen benötigt und eingesetzt werden: Materialeigenschaften und Wirkungsweise der Maschine bei der Bearbeitung erkennen und beurteilen, Maschinengeräusche interpretieren, Anzeichen für Unregelmäßigkeiten registrieren, Fehlerquellen bei der Fertigung wie Verziehen von

Werkstücken, Wegdrücken von Werkzeugen, Auswirkungen von Werkzeugverschleiß, Bildung von Fließspänen usw. erkennen und vermeiden.

#### Fazit: keine Programmierer . . .

Die Qualifikationen für die Arbeit mit CNC-Maschinen können nicht in kurzen Anlernphasen erworben werden. Um technisch-wissenschaftliche Planung in der Produktion tatsächlich umzusetzen, werden qualifizierte Fachkräfte gebraucht, die in der Lage sind, sich auf Unberechenbarkeiten des Produktionsprozesses einzulassen und sie zu bewältigen. Dazu sind „intime“ Kenntnisse der Praxis, Erfahrungswissen und Gefühl als Ergänzung zum theoretischen Wissen erforderlich. Diese besonderen Kompetenzen von Facharbeitern können als „praktische Intelligenz“ betrachtet werden (BÖHLE, MILKAU, 1988, Teil 1). Ihre Bedeutung für die Arbeit mit CNC-Maschinen ist eines der Argumente für die Handhabung dieser Maschinen durch qualifizierte Fachkräfte.

Dies deckt sich mit den Ausführungen von Kern und Schumann, denen zufolge die Facharbeiter in der Mechanischen Fertigung mit dem Vordringen der CNC-Technik das Terrain zurückgewinnen, von dem sie mit der Verbreitung der NC-Technik verdrängt wurden (KERN, SCHUMANN, 1984, S. 147 ff.). Zukünftig würde demnach ein entsprechend der Ausbildungsordnung generell erweitertes Qualifikationspotential von Facharbeitern und Facharbeiterinnen einen breiten Aufgabenzuschnitt an CNC-Maschinen begünstigen, wobei der Tätigkeitsschwerpunkt wohl kaum im Programmieren liegen dürfte, sondern in der **qualifizierten Arbeit mit den Maschinen**.

#### . . . aber auch keine Maschinenbediener

Unabhängig von den Qualifikationen und Tätigkeiten der Arbeiter an CNC-Maschinen hat sich im allgemeinen Sprachgebrauch der – bei NC-Maschinen eventuell noch zutreffende – Maschinen-„bediener“ eingebürgert. Da gibt es Bedienungshandbücher für Maschinen, das Programm wird am Bedienfeld eingegeben, für die Bedienschulung werden Bedienerkurse angeboten und an den Maschinen arbeitet das Bedienpersonal, der Bedienungsmann (Bedienungsfrauen gibt es noch nicht) oder der Bediener. Wer Werbematerial von Herstellern, Veröffentlichungen, Berichte zur Arbeit mit CNC-Maschinen liest, stellt fest, daß der Maschinenbediener nicht als sprachlicher „Ausrutscher“ gelegentlich auftaucht, sondern daß eine Abkehr von dieser Sprachregelung eher die Ausnahme darstellt.

Es geht hier nicht um Wortklaubereien, sondern darum, wie unsere Sprache die Realität abbildet und mitgestaltet. Wir müssen uns wohl wieder um die Hellhörigkeit bemühen, deren Fehlen Anders kritisiert: „Wenn wir etwas hellhöriger wären, dann würden wir wohl täglich darüber staunen, daß wir dasjenige Wort, mit dem wir gestern die Leistungen von Dienstleuten belegt hatten, nunmehr zur Bezeichnung der heutigen Arbeit verwenden – nur daß heute eben an die Stelle jener „Herrschaften“, denen die Bedienung gestern gegolten hatte, inzwischen die zur Herrschaft gelangten Maschinen getreten sind. Aber hellhörig sind wir eben nur höchst selten, und kaum je empfinden wir Vokabel-Argwohn, wenn wir das Wort ‚Maschinenbedienung‘ in den Mund nehmen“ (ANDERS, 1986, S. 69).

#### Anmerkungen

- [1] Die Entwicklung programmgesteuerter Werkzeugmaschinen nahm ihren Ausgang von NC-(Numerical Controlled)Maschinen, bei denen extern erstellte Programme über Datenträger – in der Regel Lochstreifen – eingegeben und abgearbeitet werden. Eine Weiterentwicklung stellen CNC-(Computerized Numerical Controlled)-Maschinen dar, deren in der Maschinensteuerung integrierter Computer die Eingabe oder Änderung von Daten direkt an der Maschine ermöglicht. Mit der Verbreitung dieser Maschinen kam die Diskussion um die Qualifikationsanforderungen der Arbeitsplätze an

CNC-Werkzeugmaschinen auf (REMPP u. a., 1981, S. 117 ff.). Während die Qualifizierung anfangs als Problem der Fortbildung gesehen wurde, zeichnete sich bald die Notwendigkeit ab, die Handhabung von CNC-Maschinen in die Ausbildung einzubeziehen (LAUR-ERNST u. a., 1982).

- [2] Siehe IndMetAusbV vom 24.1.87. § 6 Abs. 2, Nr 1d, 2d, 3d, 4d.
- [3] Zwei verschiedene Konzeptionen scheinen sich zur Zeit durchzusetzen: bei einem Teil der Steuerungen die gewohnte zusammenhängende Programmierung des Bearbeitungsvorgangs, bei anderen Steuerungen die getrennte Definition der Geometrie und der technologischen Daten – zum Teil unterstützt durch Technologie-Dateien. Dies mag für den erfahrenen Facharbeiter noch eine Vereinfachung sein, da die mathematische Beschreibung der Kontur unabhängig vom Arbeitsablauf ganz bequem ist. Für die Ausbildung dürfte sich diese Konzeption als didaktischer Irrweg erweisen: Durch die Trennung der Programmierung von Kontur und Bearbeitung wird der Bearbeitungsvorgang beim Programmieren nicht mehr in seinem Ablauf als Ganzheit gesehen, sondern in Fragmente aufgelöst, deren Struktur nicht mehr in logischem Zusammenhang mit der Bearbeitung steht und nur von der Maschinenintelligenz bestimmt ist. Der Computer übernimmt weitgehend die Planung der Bearbeitung. Dadurch wird die „bildhafte Vorstellung von konkreten Abläufen und Vorgängen“ beim Programmieren gar nicht erst aktiviert. Die Folge dürfte sein, daß es den Facharbeitern noch schwerer fällt, bei der Arbeit mit CNC-Maschinen konkrete Vorstellungen der Abläufe zu entwickeln und dabei gewonnene Erfahrungen einzubringen (vgl. BÖHLE, MILKAU, 1988, Teil 2).
- [4] Zur maschinen- und steuerungsunabhängigen Vermittlung wurde im BIBB eine Reihe zur Einführung in die CNC-Technik entwickelt, die Übungen für Auszubildende und Unterlagen für Ausbilder/Ausbilderinnen umfaßt.
- [5] Das Angebot an Simulationskonzepten reicht von relativ einfacher Bildschirmgrafik zur Unterstützung der Werkstattprogrammierung bis zu ausgefeilten Softwaresystemen. Eine Untersuchung von Simulationskonzepten zur Qualifikationsvermittlung wird zur Zeit im BIBB durchgeführt.

#### Literatur

- ANDERS, G.: Die Antiquiertheit des Menschen. Bd. 2. Über die Zerstörung des Lebens im Zeitalter der dritten industriellen Revolution. München 1986.
- BÄHR, W. H.: Mit grafischen Konturelementen zum CNC-Teileprogramm. In: TIBB – Technische Innovation und berufliche Bildung, 1988, Heft 1.
- BLUM, U.: Technische und personelle Möglichkeiten und Grenzen der Werkstatt-Programmierung. In: Werkstatt und Betrieb 120 (1987) Heft 4.
- BÖHLE, F., MILKAU, B.: Facharbeit an Werkzeugmaschinen. Teil 1: Sinnliche Erfahrung und Gefühl. In: Technische Rundschau, Bern (1988) Heft 1/2. Teil 2: Zwischen Programmlogik und Materialgefühl, a.a.O., Heft 4.
- BRÖDNER, P.: Fabrik 2000. Alternative Entwicklungspfade in die Zukunft der Fabrik. Wissenschaftszentrum Berlin, 1986.
- BUNDESINSTITUT FÜR BERUFSBILDUNG: Einführung in die CNC-Technik: Band 1 – CNC-Grundlagen, Band 2 – CNC-Drehen, Band 3 – CNC-Fräsen. Übungs- und Ausbilderhefte. Beuth Verlag, Berlin 1985, 1987.
- DIN 66 025: Programmaufbau für numerisch gesteuerte Arbeitsmaschinen, T 1 Allgemeines, T 2 Wegbedingungen und Zusatzfunktionen. Beuth Verlag, Berlin 1983.
- HANDELSBLATT, Folge Information und Innovation: Vorausschau ist besser als Anpassung. Konzept einer herstellernerneutralen Qualifizierung bei Einführung neuer Techniken. Handelsblatt Nr. 142, 29.7.1987.
- KÖNIG, W.: Schneidstoffentwicklung heute. In: VDI-Z, Bd. 128 (1986), Nr. 19.
- LAUR-ERNST, U., u. a.: Qualifizierungskonzept für das Arbeiten mit CNC-Maschinen im Rahmen der Erstausbildung für Metallberufe. BUNDESINSTITUT FÜR BERUFSBILDUNG (Hrsg.): Berichte zur beruflichen Bildung, Heft 47. Berlin 1982.
- MONZ, J., HOHWIELER, E.: Ein neues werkstatorientiertes Programmierverfahren. In: Werkstattstechnik 77 (1987), Nr. 10.
- KERN, H., SCHUMANN, M.: Das Ende der Arbeitsteilung? Rationalisierung in der industriellen Produktion. München 1984.
- REMPP, H., BOFFO, M., LAY, G.: Wirtschaftliche und soziale Auswirkungen des CNC-Werkzeugmaschineneinsatzes. Studie im Auftrag des Rationalisierungskuratoriums der Deutschen Wirtschaft, Karlsruhe 1981.