

Ute Laur-Ernst und Christian Buchholz

CNC-Ausbildung an der Produktionsmaschine oder am Simulator?

Angesichts der Aufgabe, Qualifizierungsmaßnahmen im Bereich neuer Technologien durchzuführen, stehen viele Bildungseinrichtungen vor der Frage, wie sie sich zu diesem Zweck ausstatten sollen. Es ist noch nicht lange her, da schien es in diesem Punkt, was die CNC-Technik angeht, keine Zweifel zu geben. Man war sich weitgehend einig, daß die CNC-spezifischen Qualifikationen selbstverständlich nur an den in der Fertigung verwendeten CNC-Werkzeugmaschinen erworben werden können. Inzwischen hat sich das Meinungsbild gewandelt: Neben den Produktionsmaschinen werden jetzt andere Lern- und Übungssysteme zunehmend propagiert und mancherorts bereits eingesetzt. Für den einzelnen stellt sich somit die Frage, für welche Lernhardware er sich in seinem Fall entscheiden soll.

Nicht immer ist die CNC-Produktionsmaschine die beste Lösung

Im Rahmen unseres Projektes [1], in dem praktische Hilfen für das Erlernen des sachgerechten Umgangs mit CNC-Werkzeugmaschinen – einschließlich Werkstattprogrammierung (Handeingabe) – erarbeitet werden, stießen wir schon zu einem frühen Zeitpunkt auf das Problem einer qualifikationsgerechten Lernhardware: Woran kann der Auszubildende oder der Facharbeiter die neuen Fähigkeiten praktisch erwerben und üben? Muß es an einer realen Produktionsmaschine geschehen, oder sind andere Lern- und Übungssysteme bzw. bestimmte Kombinationen gleichermaßen geeignet? Ausgelöst wurde diese Frage aus ökonomischen, ausbildungsorganisatorischen und diaktisch-lernpsychologischen Gründen folgender Art:

1) Die Ausstattung der Ausbildungswerkstatt mit einer CNC-Produktionsmaschine bereitet manchen Betrieben wegen der **beträchtlichen Kosten** solcher Maschinen erhebliche Schwierigkeiten. Andererseits wollen sie aber für die CNC-Technik ausbilden. Sich in diesem Fall eine in der **Fertigung** verwendete, aber dort nicht ganz ausgelastete CNC-Werkzeugmaschine zwischenzeitlich für die Ausbildung „auszuleihen“, birgt ein doppeltes Problem: zum einen das Risiko des Ausfalls dieser Maschine für die Produktion, falls sie beim Lernen beschädigt wird, und zum zweiten den didaktischen Nachteil, daß an dieser „ausgeliehenen“ Maschine nur dann geübt werden kann, wenn es die Produktion erlaubt, nicht aber, wenn es das Lernen erfordert.

2) Auch wenn die Ausbildungsabteilung über eine CNC-Maschine verfügt, ist das Problem nicht unbedingt gelöst. Bei **größeren Ausbildungsgruppen** (ab etwa 8–10 Lerner) entsteht beim praktischen Arbeiten an der Maschine unweigerlich ein **Engpaß**. Die Anschaffung einer weiteren CNC-Maschine verbietet sich aber meist aus Kostengründen; z. T. hilft man sich in dieser Situation mit zur Maschine gehörigen (einfachen) Programmierplätzen.

3) So praxisnah eine reale Produktionsmaschine ist, sie ist deshalb nicht zwangsläufig das beste Lern- und Übungssystem. Die Diskussion um die Bedeutung von **Produktionsmitteln als Ausbildungsmittel** wird schon lange geführt, ohne daß ihr, sicher sach- und zielspezifisch differierender, didaktischer Stellenwert annähernd geklärt wäre. [2] Was in früheren Zeiten eine Notlösung oder die einzige Lösung war, weil es für die Berufsausbildung gar keine anderen Übungshilfen gab als die jeweiligen Arbeits- und Produktionsmittel selbst, wurde später vielfach ungeprüft zu einem Wertmaßstab für gute Ausbildung erhoben. Spontan wird dem Arbeits- und Produktionsmittel der Vorrang gegeben. [3] Ausbildungsmittel dagegen, die der beruflichen Wirklichkeit nicht entstammen, wurden und werden leicht in die Nähe von „Spielzeug“ ohne Ernstcharakter gerückt und deshalb

abgelehnt. Nicht immer sind jedoch tatsächlich qualifikatorische und technische Gründe für dieses Nein ausschlaggebend. Auch Prestigebedürfnisse, mangelnde Möglichkeiten, die Qualität von Ausbildungsmitteln kompetent einzuschätzen oder persönliche Unsicherheiten, innovative Lernhardware gegen zu erwartende Widerstände im Kollegenkreis vorzuschlagen u. ä. m. spielen eine Rolle. Faktisch kann jedoch diese Einstellung dazu führen, daß gerade die auf das praktische Tun gerichtete Qualifizierung zu kurz kommt,

- weil eben **eine** Produktionsmaschine gemessen an der Anzahl der Lerner oft **nicht ausreicht**,
- weil das **selbständige Erproben**, Erkunden und Üben an dieser Maschine wegen des Schadenrisikos **eingeschränkt** wird (werden muß) und
- weil – denken wir an die weitere technische Entwicklung – aufgrund der wachsenden Komplexität und Kompaktheit von Produktionsmaschinen bzw. Fertigungssystemen das Arbeiten an ihnen für den Lernenden **undurchschaubar** wird und damit **unbegriffen** bleibt.

Die Folge ist ein sowohl quantitativ als auch qualitativ verengter Lern- und Erfahrungsraum.

4) In bezug auf den Umgang mit CNC-Werkzeugmaschinen läßt sich kaum noch sagen, was hier eigentlich der „theoretische“ und was der „praktische“ Teil der Ausbildung sein soll. Damit drängt sich ein **integrierter**, Kenntnisvermittlung und konkretes Tun verzahnender **Bildungsprozeß** förmlich auf. Er kann aber durch die Wahl des Lern- und Übungssystems gefährdet, wenn nicht sogar von vornherein ausgeschlossen werden. So fördern z. B. große, mit besonderer Vorsicht zu bedienende Produktionsmaschinen, bei deren Aufstellung bestimmte räumliche Voraussetzungen zu beachten sind, in der Tendenz die Trennung von theoretischer Wissensaneignung und konkretem Handeln; während flexible, überall aufstellbare und „experimentierend“ zu handhabende Übungseinrichtungen im Prinzip einer integrierenden Ausbildung entgegenkommen. [4]

Aus dem Gesagten geht hervor, daß die verbreitete Annahme, Arbeits- oder Produktionsmittel (hier die CNC-Werkzeugmaschine) seien zugleich optimale Ausbildungsmittel, relativiert und differenziert werden muß. Andererseits beinhalten die angeführten Argumente auch keine generelle Absage an Produktionsmaschinen. Ihr Ausbildungswert hängt von den verfolgten Bildungszielen, der technischen Struktur und Komplexität des Produktionsmittels sowie von den Rahmenbedingungen der Ausbildung ab. So ist zu allererst zu klären, **welche Qualifikationen** an und mit der Lernhardware vermittelt werden sollen. Nur vor dem Hintergrund solcher konkreten Zielvorstellungen kann man in die Diskussion um die Lernhardware eintreten.

Zum „Lernpotential“ unterschiedlicher CNC-Lern- und Übungssysteme für das Drehen und Fräsen

Betrachten wir zu diesem Zweck zunächst einmal jene Kenntnisse und Fähigkeiten, die der Auszubildende (Facharbeiter, Umschüler) **speziell für das Programmieren und Bedienen** von CNC-Dreh- oder Fräsmaschinen benötigt; sie bilden zwar nur einen Teil des gesamten Qualifikationsspektrums [5], aber einen für diese Fragestellung zentralen. Im einzelnen ist hier folgendes zu lernen:

- der Aufbau und die Funktionsweise von CNC-Werkzeugmaschinen,

- die Planung des Bearbeitungsprozesses und das Festlegen der technologischen Daten,
- das Schreiben, Testen, Korrigieren und Optimieren von Programmen sowie Eingabe und Ausgabe von Programmen (Datenträgern),
- das Einrichten dieser Maschinen (einschließlich Werkzeugvorbereitung),
- das Überwachen des Fertigungsablaufs und das Kontrollieren des gefertigten Werkstücks sowie
- das Erkennen von Fehlern bei der Bearbeitung und die Identifizierung/Klassifizierung ihrer Ursachen.

Diese Qualifikationen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Komplexität, ihrer kognitiven bzw. praktischen Anforderungen und ihrer Neuartigkeit. So ist z. B. die nachträgliche Qualitätsprüfung des gefertigten Werkstücks für den Auszubildenden heutzutage eine bereits vertraute Tätigkeit, wenn er mit der CNC-Ausbildung beginnt. Die differenzierte Planung der Werkstückbearbeitung und ihre Umsetzung in ein Programm dagegen sind neu und fordern ein erhöhtes Maß an abstrahierendem Denken. Die unterschiedliche Wertigkeit der zu vermittelnden Qualifikationen ist bei der Entscheidung für die CNC-Lernhardware zu berücksichtigen.

Sehen wir uns nun drei Arten von Ausbildungssystemen für das CNC-Drehen/-Fräsen, die gegenwärtig zur Diskussion stehen, näher an und „messen“ sie an den oben skizzierten Qualifikationszielen:

- die CNC-Produktionsmaschine (ggf. ergänzt um Programmierplätze),
- die extra für Ausbildungszwecke konstruierte CNC-Werkzeugmaschine und
- den Simulator von CNC-Bearbeitungsprozessen.

Auf den ersten Blick scheinen bei der CNC-Produktionsmaschine unter qualifikatorischen Aspekten überhaupt keine Probleme zu bestehen. Mit ihr kann von der Funktionsweise über das Einrichten bis hin zur Fehleridentifizierung alles gelernt werden. Doch diese Einschätzung ist nur bedingt richtig, und zwar aus zwei Gründen: Jede reale CNC-Werkzeugmaschine besitzt herstellertypische Merkmale, die bei anderen Marken nicht auftreten. Und die Variationsbreite in der Maschinenausstattung und -ausgestaltung ist geradezu ein Charakteristikum der CNC-Technik. Die Ausbildung an einer **einzigsten** Produktionsmaschine ohne relativierende und erweiternde Kenntnisvermittlung über alternative CNC-Maschinen und übergreifende Prinzipien der CNC-Bearbeitung bleibt demgemäß zwangsläufig defizitär. Sie würde auf ein spezielles Maschinentraining hinauslaufen, aber nicht eine breiter verwertbare Kompetenz vermitteln. Das gilt in gewisser Weise auch für die Ausbildungsmaschine und den Simulator, wenngleich diese beiden Arten der Lernhardware aufgrund ihres Modellcharakters schon von sich aus relativierend wirken.

Der zweite Grund: Die für die Ausbildung verwendete Produktionsmaschine sollte über eine elektronische Steuerung verfügen, die den aktuellen Stand der CNC-Technik hinlänglich widerspiegelt. Handelt es sich dagegen beispielsweise um eine ausgerangierte streckengesteuerte Maschine älterer Bauart, dann kann der Auszubildende (Facharbeiter, Umschüler) an ihr lediglich ein relativ umständliches Programmieren achsparalleler Werkstückbearbeitung üben. Das ist aber für eine CNC-spezifische Qualifizierung unzureichend.

Damit ist ein auch für die Ausbildungsmaschine und den Simulator wichtiges Kriterium genannt: Steuerung und Programmierkomfort der Lernhardware sollten so ausgelegt sein, daß **alle** für das Drehen bzw. Fräsen **relevanten** Bearbeitungsprozesse an ihr durchgeführt werden können, und zwar auf einem Programmier-Niveau, das der Arbeitswirklichkeit in wesentlichen Merkmalen entspricht. Dies heißt nicht, daß in jedem Fall an der modernsten Maschinenversion ausgebildet werden muß – das ist nicht nur unrealistisch, sondern weder erforderlich noch sinnvoll.

Aber es sollte ein Maschinentyp sein, der sowohl die Funktionsweise und Leistungsbreite der neuen Technik als auch, damit verbunden, die **Qualität der eigenen Arbeit** begreifbar macht.

Dementsprechend werden heute CNC-Ausbildungsmaschinen zunehmend mit relativ anspruchsvollen Steuerungen ausgestattet, während die „Maschine selbst“ nach Größe und Leistung zurücktritt. Diese Ausbildungsmaschinen orientieren sich an einem Qualifizierungskonzept, das das Kennenlernen der Steuerung, das Programmieren, das Üben von Eingabe- und Dialogprozeduren u.ä. in den Mittelpunkt stellt. Die Grenzen ihres „Lernpotentials“ liegen dort, wo sie den technischen Standard nicht erreichen (z.B. kein automatischer Werkzeugwechsel) und wo aufgrund konstruktiver Unzulänglichkeiten des mechanischen Maschinenteils nur ganz bestimmte Werkstoffe verwendet werden können oder am gefertigten Werkstück Qualitätsmängel auftreten (z.B. bei der Oberflächengüte), die durch Programmänderungen nicht behoben werden können. Im Prinzip decken jedoch funktionstüchtige CNC-Ausbildungsmaschinen weitgehend das gleiche Qualifikationsspektrum ab wie entsprechende Produktionsmaschinen. Mit ihrer Hilfe wird seine Vermittlung wahrscheinlich noch besser gelingen – vorausgesetzt, sie sind wirklich auch nach didaktischen Kriterien ausgestaltet worden, und es ist nicht lediglich eine „abgemagerte“ und deswegen billigere „Produktionsmaschine“ entstanden.

Die Tatsache, daß mit Ausbildungsmaschinen im Normalfall nur Werkstücke kleinerer Abmessungen gefertigt werden können – ein wiederholter ihnen gegenüber erhobener Einwand – ist angesichts der oben genannten Qualifikationsziele sekundär. Sie spielt jedoch eine Rolle, wenn man die Arbeitssituation an CNC-Maschinen insgesamt bedenkt, also auch die emotional-affektive Komponente der Bedientätigkeit einbezieht. Von einer kostenintensiven Produktionsmaschine, auf der z. B. riesige Walzen gedreht werden, geht zweifelsohne ein stärkerer **psychischer Druck** aus als von einer kleinen Ausbildungsmaschine. Arbeitshaltung und -verhalten werden von diesem je nach Maschinentyp (-wert, -komplexität) variierenden psychischen Druck beeinflusst.

In dieser Beziehung nimmt der CNC-Simulator, an dem personenbezogener und materieller Schaden durch Fehlbedienung praktisch ausgeschlossen ist, eine extreme Position ein. Es ist jedoch gerade Absicht und Vorteil dieser Lernhardware, den psychischen Druck möglichst gering zu halten. Auf diese Weise wird die Voraussetzung für ein **risikobefreites Lernen und Üben** geschaffen.

Daß dadurch ein leichtfertiges Umgehen mit realen Maschinen provoziert wird, ist eine bislang unbewiesene These, der jedoch nachgegangen werden muß. Am Simulator können jedenfalls bestimmte Einrichte- und Programmierfehler **gemacht** und es kann **aus ihnen unmittelbar gelernt** werden. Der Lernende kann sich schon bald an kompliziertere Bearbeitungsvorgänge heranzuwagen, die Möglichkeiten der CNC-Technik besser ausschöpfen und viel mehr selbständig erproben sowie sein Tun anhand des auf dem Bildschirm ablaufenden Bearbeitungsprozesses sofort selbst kontrollieren (was übrigens an vielen Programmierplätzen nicht möglich ist). Die auch für den Ausbilder, Lehrer oder Weiterbildungsdozenten psychisch entlastete Arbeitssituation am Simulator kann das Lernen wesentlicher Anteile des kompetenten Umgangs mit CNC-Maschinen begünstigen. Hat man am Simulator die neuen Qualifikationen erworben, dann fällt der Übergang auf verschiedene reale Produktionsmaschinen leichter; so lauten unsere Hypothesen, die noch empirisch überprüft werden müssen. [6]

Andererseits entfallen bei ihm alle konkret-materiellen Anteile des Arbeitens an Produktionsmaschinen, wie z. B. das praktische Hantieren, das Beobachten des Spanflusses, die Sensibilisierung für Maschinengeräusche, das konkret anschauliche Produkt, das rasche Identifizieren und Beseitigen anderer als Einrichte- und Programmierfehler (z. B. Werkzeugverschleiß) sowie das Begreifen der CNC-Maschine als technische Konstruktion insgesamt. In dieser Beziehung ist das „Lernpotential“ des Simulators defizitär. Es fragt sich nun, welche Bedeutung diesen fehlenden Lern- und

ggf. Motivierungsmöglichkeiten zugemessen wird bzw. wie sie durch andere Maßnahmen ausgeglichen werden könnten.

Mit dem Simulator – und in eingeschränkter Weise mit dem Programmierplatz [7] – konzentriert man sich ganz eindeutig auf die Vermittlung der für die CNC-Technik typischen **abstrakt-formalen, standardisierten Verfahrensweisen**. Somit ist er Inbegriff der „Computerlastigkeit“ der aktuellen technischen und beruflichen Entwicklung. Mit ihm wird deutlicher als anhand „kompakter“ Maschinen, wohin der Trend in der Fertigung geht und wo bei dieser neuen Technik die Arbeitschancen und -restriktionen liegen: **Nur wenn nämlich Werkstattprogrammierung** zumindest als Anpassung, Korrektur oder Optimierung von Programmen vom Facharbeiter an der CNC-Maschine geleistet wird, nur wenn er den Computer **aktiv benutzt**, übt er eine qualifizierte, professionelle Tätigkeit aus. Im anderen Fall reduziert sich sein Tun auf einfache Handgriffe und Beobachtungen, etwa vergleichbar den „Jedermann-tätigkeiten“ an den bisherigen NC-Maschinen. Und wenn durch eine weitere Perfektionierung der CNC-Maschinen der Programmierkomfort steigt, andererseits die Anzahl der vom Arbeiter bedienbaren Tasten sinkt, dann werden seine Eingriffsmöglichkeiten immer geringer. Der Zuwachs an Bedienungseinfachheit und -sicherheit geht mit einem Verlust an Qualifikationsanforderungen für die Maschinenbedienung einher. Hierin liegt ein nicht zu übersehendes Problem.

Betrachtet man nun aber die Lern- und Übungssysteme zur CNC-Technik und hier insbesondere die realen Maschinen **allein** als effektive Werkzeuge zur Erledigung vorgefaßter Aufgaben und nicht hinsichtlich ihrer aktuellen oder mittelfristigen Auswirkungen auf die menschliche Arbeit, dann läuft man Gefahr, sich falsch auszustatten und über kurz oder lang eine wenig verwertbare Qualifizierung zu betreiben. Deshalb genügt es nicht, das „Lernpotential“ der hier in Frage stehenden Lernhardware allein unter dem Aspekt der Maschinenbedienung einzuschätzen. Es ist darüber hinaus zu fragen, ob und inwieweit mit ihrer Hilfe auch **weiterreichende, zukunftsrelevante Qualifikationen** erworben werden können.

Hierzu gehören Fähigkeiten, wie das selbständige Planen komplexerer Arbeiten und die eigene Organisation ihrer Durchführung, Kenntnisse über unterschiedliche Formen der Arbeitsteilung und Kooperation sowie das Begreifen der eigenen Tätigkeit als Teil eines größeren Arbeitszusammenhangs. Diese Fähigkeiten können durch geeignete Aufgabenstellungen und Lernarrangements in der Ausbildung gefördert werden; dies wird in gewissem Umfang auch unter Hinzuziehung einer einzelnen Produktions- oder Ausbildungsmaschine gelingen. Aber man wird hier ziemlich rasch an Vermittlungsgrenzen und auf Organisationsprobleme stoßen. Will man nun diese Qualifikationen nicht allein „theoretisch“ angehen, kann sich aber andererseits für die Ausbildung keinen größeren Maschinenpark zulegen, um beispielsweise ineinandergreifende Fertigungstätigkeiten praktisch nachzuvollziehen, dann bliebe als gangbarer Weg die (zusätzliche) Anschaffung von einem oder mehreren kostengünstigeren Simulatoren. Mit ihnen können z. B. verschiedene Kooperations- und Organisationsformen der Arbeitsbewältigung konkret durchgespielt, vom Lernenden unmittelbar erfahren und damit weitere wichtige Qualifikationen erworben werden.

Derartige Überlegungen haben letztlich auch eine Rolle bei der in unserem derzeitigen Forschungsprojekt getroffenen Entscheidung gespielt, einen Simulator (richtiger: die erforderliche Software) für das CNC-Drehen und CNC-Fräsen zu entwickeln. Sein Konzept soll im folgenden kurz beschrieben werden.

Der CNC-Simulator – eine Alternative

Folgende drei Überlegungen waren für unser Simulatorkonzept ausschlaggebend:

1) Es sollte ein handelsüblicher **Personalcomputer** mit Diskettenlaufwerk und gut auflösendem Bildschirm verwendet werden, der mit einer CNC-Tastatur ausgestattet wird und an den ein Drucker angeschlossen werden kann. Das Drehen und das Fräsen

werden an ein und derselben Hardware simuliert, um die Kosten möglichst niedrig zu halten (vgl. Bild 1).

2) Der Simulator ist als **eigenständiges Lern- und Übungssystem** konzipiert. Er bildet keine in der Realität vorfindliche Maschine unmittelbar ab, sondern faßt die charakteristischen Steuerungs- und Programmierereigenschaften moderner CNC-Maschinen zusammen. Von daher hat er Modellcharakter. Ausgangspunkt sind die an einer CNC-Maschine vom Facharbeiter durchzuführenden Tätigkeiten. Das bedeutet: Das „steuerungsbezogene“ Einrichten von CNC-Maschinen, angefangen vom Anfahren des Referenzpunktes über die Eingabe von Werkzeugkorrekturwerten bis hin zum Einspannen und Umspannen des Werkstücks, kann an diesem Simulator genauso durchgeführt werden wie das Programmieren (nach DIN 66 025) und der gesamte Dialogverkehr, der in diesem Zusammenhang mit einer CNC-Maschine abgewickelt wird. Der Lernende verfolgt dann am Bildschirm den Bearbeitungsprozeß; alle Bewegungen des Werkzeugs und die Spanabnahme werden abgebildet (grafisch-dynamische Simulation mit Konturdarstellung, vgl. Bild 2). Darüber hinaus werden Fertigungsdaten (z. B. die Drehrichtung der Arbeitsspindel, Kühlmittelzufuhr, aktueller Vorschub) laufend angezeigt. Die Echtzeit der Werkstückbearbeitung wird genauso erfaßt, wie die Maßgenauigkeit des „gefertigten“ Werkstücks am Ende exakt überprüft werden kann – beides wichtige Voraussetzungen für das Optimieren von Programmen, aber auch für das arbeitsteilig kooperative Fertigen komplexer Werkstücke und kleiner Serien.

3. Auch wenn finanzielle Überlegungen bei der Entscheidung für den Simulator einen großen Einfluß hatten, so waren sie doch nicht primär. Im Vordergrund stand die Suche nach einem **gefahrlosen, flexiblen Übungssystem**, das einen größeren **zukunftsorientierten** Qualifizierungsspielraum bietet als die bekannten Produktions- und Ausbildungsmaschinen. Da mit dem Simulator wesentliche Qualifikationen für das Drehen und das Fräsen gewissermaßen an einer „Maschine“ gelernt werden können, erhöht er die Wahrscheinlichkeit einer **zweifachen** Qualifizierung des Facharbeiters im CNC-Bereich (horizontale Qualifikationserweiterung). Darüber hinaus wird die Fähigkeit, sich auf unterschiedliche Maschinen einzustellen, gefördert. Zu diesem Zweck sollen im Simulator einige Maschineneigenschaften durch Eingabe entsprechender Parameter zusätzlich variiert werden können (z. B. die Lage des Werkzeughalters an Dreh-Maschinen). Deshalb liegt die nachträgliche Kopplung unseres Simulators an eine bestimmte Produktionsmaschine (mittels Postprozessor) eigentlich nicht auf der Linie unserer didaktischen Konzeption, auch wenn sie technisch kein Problem ist. Wir sehen – im Gegensatz zu manchem anderen – darin keinen Ausbildungsvorteil, sondern eher eine Einschränkung des Lernens der CNC-Technik. Der Wechsel zwischen dem Simulator mit seinen „Maschinenmerkmalen“ und einer realen Produktionsmaschine mit ihren Besonderheiten würde dem **flexiblen Umgehen** mit dieser neuen Technik mehr entgegenkommen (Transfermöglichkeiten). Schließlich schien uns der Simulator ein geeignetes Mittel zu sein, wie bereits oben ausgeführt, um komplexere Arbeitsprozesse in der Ausbildung vollständig vollziehen zu können (i. S. vertikaler Qualifikationserweiterung).

In Verbindung mit didaktischen Hilfen, wie z. B. einer automatischen Kollisionsprüfung, einer gemäß dem Lernzustand der Auszubildenden variierbaren Anzeige von Fehlern im Programmaufbau, abrufbarer Zusatzinformationen und der Möglichkeit, sich nicht nur das Programm, sondern auch jeden Bearbeitungs-zustand des Werkstücks als Abbild ausdrucken zu lassen – entsteht so eine neuartige CNC-Lernhardware, deren didaktische und qualifikatorische Leistungsfähigkeit wir noch im einzelnen überprüfen werden. Bisher ist das Simulationskonzept für das Drehen in Software umgesetzt.

Für welche CNC-Lernhardware soll man sich entscheiden?

Halten wir fest: Neben die traditionsreiche Produktionsmaschine sind für das Arbeiten mit CNC-Maschinen zwei neuartige Lern- und Übungssysteme getreten: die Ausbildungsmaschine und der

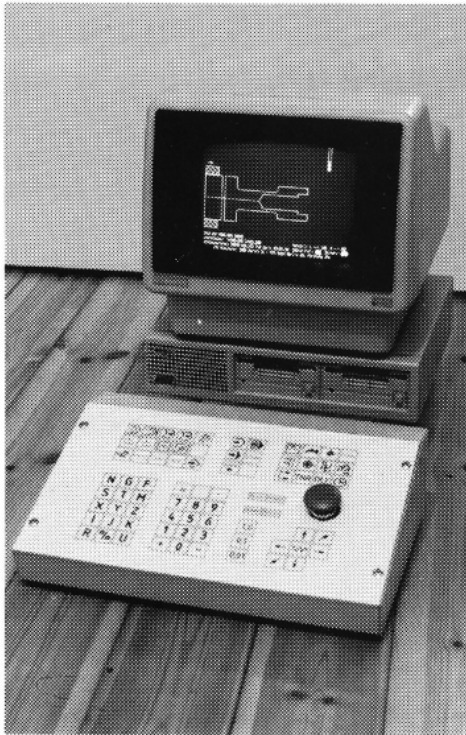


Bild 1: Der Simulator:
Rechner, Bildschirm, Disketten-
laufwerke und CNC-Tastatur

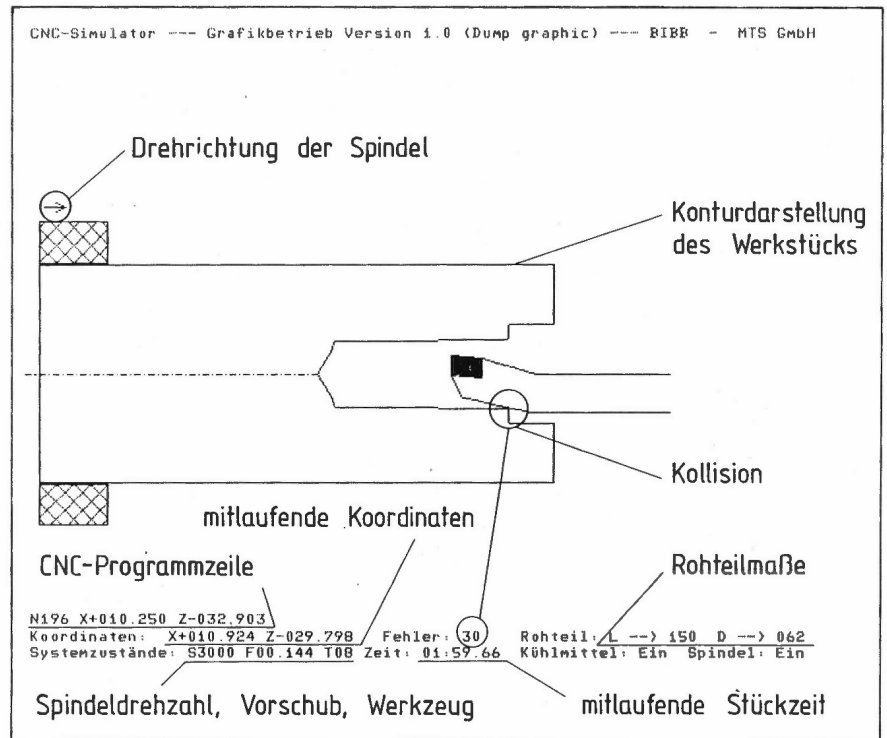


Bild 2: Bildschirmanzeige bei Kollision im Automatikbetrieb

Simulator. Alle drei Arten der Lernhardware haben ihre qualifikatorischen und didaktischen Besonderheiten, Vorteile und Einschränkungen. Die konkrete Entscheidung für dieses oder jenes Übungssystem oder eine spezielle Kombination muß eine Reihe von Fragenkomplexen berücksichtigen; sie kann nicht auf ein einfaches „Entweder – Oder“ reduziert werden.

Am Beginn der Entscheidungsfindung steht das eigene Qualifizierungskonzept: Welche Lernziele sollen auf welchem Wege verfolgt werden? Worauf soll das Schwergewicht der CNC-Ausbildung liegen? Je nach Lernort, Bildungsauftrag, Adressatengruppe und eigenem Verständnis beruflicher Bildung werden diese Fragen unterschiedlich beantwortet. Ist aufgrund inhaltlicher Überlegungen eine erste Entscheidung gefallen, dann ist sie in einem nächsten Schritt an den personellen und organisatorischen Bedingungen zu spiegeln. Hat man beispielsweise größere Gruppen von Auszubildenden, dann reicht ein einziges Übungssystem – sei es eine Maschine oder ein Simulator – nicht aus. Steht niemand zur Verfügung, der eine Produktionsmaschine warten kann, dann wird ihre Anschaffung problematisch. Oder: Sind die räumlichen Voraussetzungen so, daß die zunächst präferierte Produktionsmaschine nur getrennt vom Unterrichtsraum aufgestellt werden kann, aber eine integrative Ausbildung stattfinden soll, dann muß man seine Prioritäten neu setzen. Nicht zuletzt ist auch nach den finanziellen Ressourcen und der bisherigen Ausstattung zu fragen: Wie ist das Lernpotential der vorhandenen Übungssysteme einzuschätzen? Wieviel Geld steht wann für neue Anschaffungen zur Verfügung? Alle diese Aspekte fließen in die Entscheidung ein.

Angesichts der erwartbaren Vielfalt der Antworten ist eine allgemeine Empfehlung für diese oder jene Lernhardware nicht auszusprechen; möglicherweise sind bestimmte Kombinationen (z.B. eine Produktionsmaschine und mehrere Simulatoren) besonders geeignet. In Abwägung der verfolgten Qualifikationsziele, der Bildungsinteressen und der limitierenden Randbedingungen wird jeder Betrieb, jede Berufsschule oder Weiterbildungsstätte eine individuelle Ausstattungsentscheidung treffen. Dabei wird häufig zwischen dem, was ideal wäre, und dem, was letztlich möglich ist, eine Diskrepanz bestehen; Ziel wird es sein, diese möglichst klein zu halten.

Anmerkungen

- [1] Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt des BIBB (FP 5.015) befaßt sich neben der CNC-Technik auch mit Ausbildungsproblemen bei der Einführung in die Mikrocomputertechnik (Berufsfeld Elektrotechnik); für beide Qualifikationsbereiche sind inzwischen Lernmaterialien entwickelt und erprobt worden.
- [2] Nicht zuletzt aufgrund des Schadensrisikos werden z. B. am Lernort Schule CNC-Produktionsmaschinen häufig allein zu Anschauungs- und Demonstrationszwecken verwendet; der Schüler selbst kommt an sie gar nicht heran. Und auch in der betrieblichen Ausbildung werden insbesondere in der Anfangsphase des Lernens an diesen Maschinen oft solche „Sicherheitsvorkehrungen“ getroffen, die die Funktion und Arbeitsweise der Produktionsmaschine weitgehend verfremden: Als „Werkzeug“ fungiert dann beispielsweise beim Fräsen ein Filzstift und als „Werkstück“ ein Blatt Papier. Bei dieser Nutzung von Produktionsmaschinen als Ausbildungsmittel wird ihre Problematik deutlich.
- [3] Im Berufsfeld Elektrotechnik haben wir dieselben Erfahrungen gemacht; vgl. hierzu: F. Rauner, „Elektrische Maschinen. Eine Experimentier-einrichtung für berufliche Bildung.“ MME-Projektbericht 11, hrsg. vom Bundesinstitut für Berufsbildung, Berlin 1977.
- [4] Vgl. hierzu: Buchholz, Ch., u. Gutschmidt, F.: „Einige Kriterien und Strategien zur Konzipierung und Herstellung von Experimentier-einrichtungen für das Berufsfeld Elektrotechnik.“ In: Experimentall-unterricht in der beruflichen Bildung, Band 4 der Schriften zur Berufsbildungsforschung 1975, S. 181–187. U. Laur-Ernst u. a.: „Medienprojekte in der Berufsbildung.“ Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.): Berlin, Beuth GmbH 1981 (Schriften zur Berufsbildungsforschung, Band 61, S. 102 ff.).
- [5] Vgl. hierzu: Buschhaus, D.: „Die Werkzeugmaschinenberufe im Wandel der Technik. Auswirkungen numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen auf die Qualifikationsanforderungen.“ Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.): Berlin 1982 (Berichte zur beruflichen Bildung, Heft 49). U. Laur-Ernst u. a.: „Qualifizierungskonzept für das Arbeiten mit CNC-Maschinen im Rahmen der Erstausbildung für Metallberufe.“ Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.): Berlin 1982 (Berichte zur beruflichen Bildung, Heft 47); dies.: „Zur Vermittlung berufsübergreifender Qualifikationen. Oder: Warum und wie lernt man abstraktes Denken?“ In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis, 12. Jg. (1983), Heft 6, S. 187–190.
- [6] In einem neuen Forschungsprojekt (ab 1985) soll die Leistungsfähigkeit des Simulators als Ausbildungsmittel systematisch empirisch untersucht werden; dazu gehört auch die Überprüfung eventueller Nebenwirkungen auf das Arbeitsverhalten.
- [7] An Programmierplätzen wird nur das CNC-Programmieren geübt; Einrichtertätigkeiten sind nicht möglich.