

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 79 (1988)

**Heft:** 3

**Artikel:** Von der NC-Maschine zur flexiblen Fertigungszelle

**Autor:** Petrovi, D.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-903981>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 26.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Von der NC-Maschine zur flexiblen Fertigungszelle

D. Petrović

*Bis vor einigen Jahren galt die Hauptsorge einer Unternehmung der Frage, wie sie ihre Produktion steigern könnte. Sie beantwortete diese mit dem Einsatz von Maschinen, die einen grösseren Ausstoss bei weniger Personaleinsatz ermöglichten. Heute sind kurze Durchlaufzeiten und günstige Preise bei kleinen Absatzmengen gefordert, mit anderen Worten: eine hohe Flexibilität. Dieser Zielkonflikt zwischen Produktivität und Flexibilität wird durch den Einsatz flexibler Fertigungszellen und -systeme optimal gelöst.*

*Il y a quelques années encore, le souci principal d'une entreprise était de savoir comment augmenter la production. Elle y répondait par l'utilisation de machines qui permettaient d'accroître la production avec moins de personnel. Aujourd'hui, on demande des temps de transformation plus courts et des prix avantageux alliés à des quantités de production réduites, autrement dit une haute flexibilité. Cet objectif conflictuel entre productivité et flexibilité est résolu de manière optimale par la mise en œuvre de systèmes et de cellules de production flexibles.*

War bis in die 70er Jahre die Erhöhung der Produktivität, d. h. die Steigerung des Ausstosses bei immer niedrigeren Stückpreisen, das Ziel der unternehmerischen Anstrengungen, so hat der Markt, insbesondere der für mechanische Teile, inzwischen die Zielvorgabe entscheidend verändert. Die Hersteller sehen sich zu kurzen Lieferzeiten bei günstigen Preisen und kleinen Abgabemengen gezwungen. Um gleichwohl rentabel zu produzieren, muss die Fertigung folgende Forderungen erfüllen;

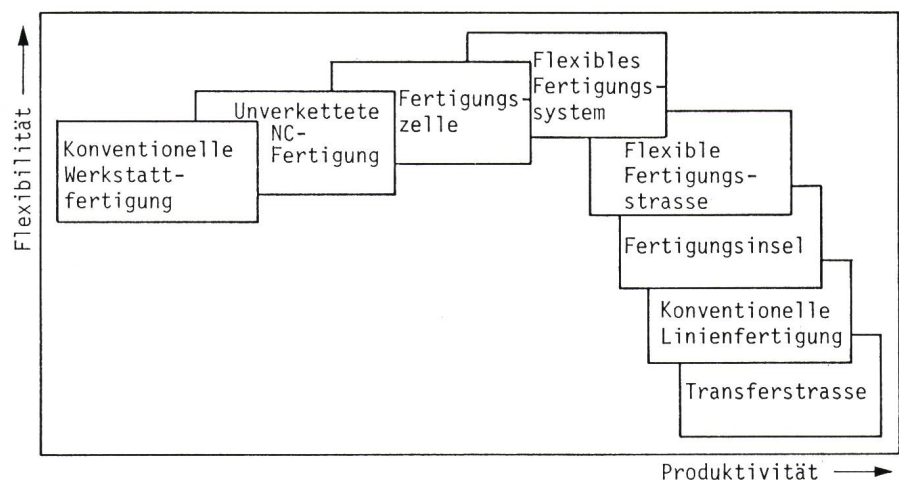
- hohe Produktivität bei kleinen Losgrössen,
- Verkürzung der Durchlaufzeiten der Werkstücke,
- Reduzierung der Kapitalbindung in gelagerten oder halbfertigen Teilen,
- Verminderung der Personalkosten.

Das Unternehmen muss eine grössere Produktvielfalt und mehr Varianten anbieten. Es muss auf Marktverän-

derungen schnell reagieren. Deshalb können keine grossen Lagerbestände mehr angeschafft werden. Die Produktion sollte erst nach dem Eingang der Bestellung beginnen, und der Liefertermin muss trotzdem eingehalten werden.

## Flexible Fertigungszelle, ein neuer Begriff

Eine Erhöhung der Flexibilität am Markt bedingt eine grössere Flexibilität in der Planung und in der Abwicklung der Aufträge. Da meist mehrere Fertigungsaufträge gleichzeitig abgewickelt werden, müssen diese in Teilaufträge, sogenannte Lose, gesplittet werden. Eine totale Flexibilität würde man mit einer Handfertigung erreichen. Da die Rentabilität aber nicht verlorengehen darf, soll eine automatische Produktion beibehalten werden. Die Figur 1 zeigt, mit welchen Fertigungsprinzipien man eine vorgegebe-



**Figur 1** Verschiedene Fertigungsprinzipien im Produktivitäts-Flexibilitäts-Feld

Produktivität    Ausstoss pro Zeiteinheit  
Flexibilität    Produktvielfalt

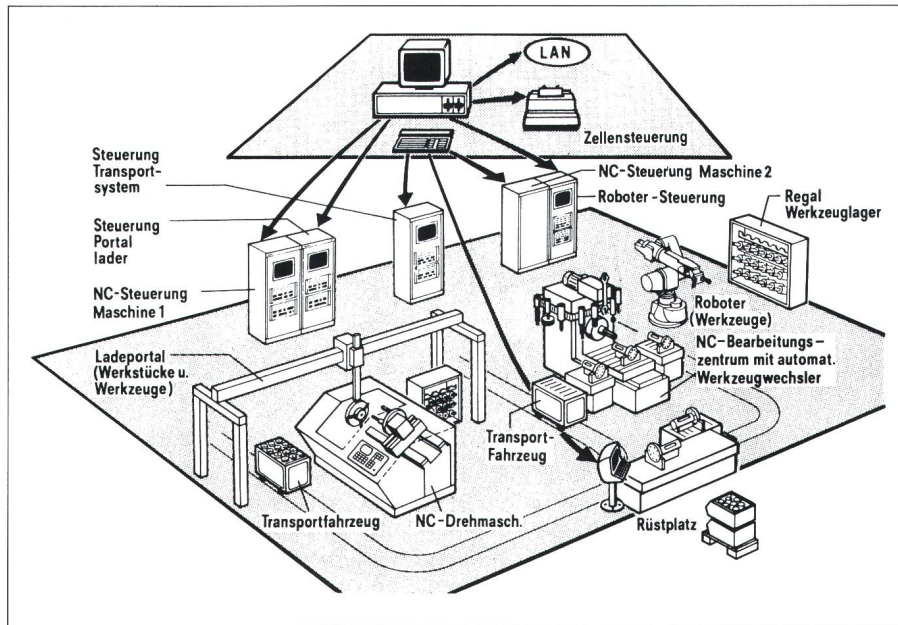
Die Produktivitäts- und Flexibilitätsanforderungen eines Produktes bestimmen die Art des benötigten Fertigungssystems.

Diesen Beitrag verfasste der Autor als Mitarbeiter der Siemens-Albis AG, Zürich

### Adresse des Autors

Dejan Petrović, dipl. El.-Ing. ETH,  
Oerlikon-Bührle Holding AG,  
Hofwiesenstrasse 135, 8021 Zürich





**Figur 2 Flexible Fertigungszelle**

Die flexible Fertigungszelle fasst mehrere Bearbeitungskomponenten (evtl. Bearbeitungszentren) mittels eines übergeordneten Zellenrechners sowie mit Hilfe von Handling- und Transportsystemen zu einer Produktionseinheit zusammen.

ne Flexibilität erreicht und welche Produktivität dabei erreichbar ist.

In sehr vielen Fällen wird man eine hohe Produktivität anstreben, aber mit im Vergleich zu früher hohen Flexibilitätserfordernissen. Die Fertigungsmaschinen weiter zu automatisieren ist nicht die Lösung dieses Problems, da damit nur die Stückzahl und nicht die Vielfalt erhöht werden kann. Die Automatisierung der *Fertigungsumgebung* hingegen bringt eine Steigerung in der Flexibilität einer Fertigung. Diese Umgebung umfasst vor allem:

- die Verwaltung der vom Unternehmen bereitgestellten Betriebsmittel,
- die Vorbereitung und den Transport der Werkstücke,
- das Inspizieren und Vorbereiten der Werkzeuge,
- das Bereitstellen und Auswerten von Daten, die in der Fertigung anfallen.

In der Fertigung gibt es viele Maschinen, die eine sehr ähnliche Umgebung, d. h. fast gleiche Schrittstellen zur Aussenwelt haben. Diese werden oft datentechnisch, organisatorisch und mechanisch zu hochautomatisierten Fertigungseinheiten zusammengefasst, die in der Lage sind, ein bestimmtes Werkstückspektrum ohne Rüstunterbrechung zu produzieren. Solche Fertigungseinheiten nennt man *flexible Fertigungszellen*, da ihr Werkstückspektrum grösser als bei anderen

automatisierten Fertigungssystemen ist.

## Aufbau einer flexiblen Fertigungszelle

Eine flexible Fertigungszelle kann aus mehreren gleichen, sich gegenseitig ergänzenden oder sogar ersetzenden Maschinen kombiniert werden (Fig. 2). In eine Zelle gehören aber auch Sicherheits- und Korrekturvorrichtungen, welche die Anlage überwachen und einen bedienerlosen Be-

trieb ermöglichen, Hilfsmaschinen wie z. B. Waschmaschinen zum Reinigen der Werkstücke, oder Messmaschinen, mit denen die Zelle Fehler selbst erfassen und korrigieren kann. Von grösster Bedeutung aber für die Zelle ist ein leistungsfähiges *Transportsystem* für Werkstücke und Werkzeuge sowie der *Zellenrechner*, welcher die Tätigkeiten der ganzen Zelle koordiniert und sogar die gleichzeitige, automatische Fertigung mehrerer Aufträge steuern kann. Funktionelle Grundlage einer jeden flexiblen Fertigungszelle aber bleiben die eigentlichen Fertigungsmaschinen. Im allgemeinen werden eine bis vier Maschinen zu einer Zelle zusammengefasst. Muss eine grössere Zahl von Maschinen miteinander verbunden werden, so spricht man bereits von einem flexiblen Fertigungssystem. Solche Systeme sollten aus einzelnen Zellen zusammengesetzt und über einen Rechner miteinander gekoppelt werden. An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass die folgenden Ausführungen zwar notwendigerweise eine gewisse Siemens-Optik wiedergeben, aber in den Grundaussagen durchaus einer allgemeineren Meinung entsprechen. Der Aufbau einer Zelle geht im allgemeinen schrittweise vor sich (Fig. 3).

## Erster Schritt

Am Anfang stehen eine oder mehrere numerisch gesteuerte Maschinen (Fig. 3 links). Ob dies NC-, CNC- oder schon DNC-Maschinen (Tab. I) sind,

## Begriffe der numerischen Steuerungen

**NC (Numerical Control):** Numerische Steuerung von Arbeitsmaschinen, bei der die Daten für geometrische und technologische Funktionen (Fahr- und Schaltenweisungen) als Zeichen (Buchstaben, Ziffern, Sonderzeichen) eingegeben werden. Die einzelnen Funktionen sind innerhalb der Steuerung hardwaremässig festgelegt, d. h. festverdrahtet.

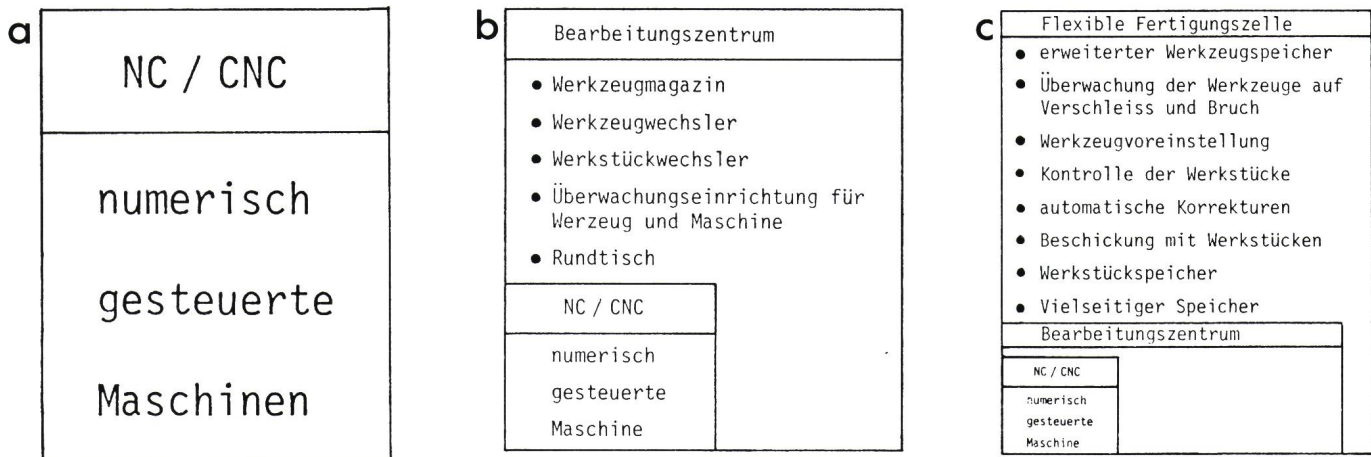
**CNC (Computerized Numerical Control):** Numerische Steuerung einer Arbeitsmaschine mit integriertem, frei programmierbarem Rechner oder Mikroprozessor, welcher Korrekturen der eingelesenen Steuerdaten an der Maschine selbst ermöglicht.

**DNC (Direct Numerical Control):** System, bei dem mehrere numerisch gesteuerte Arbeitsmaschinen mit einem gemeinsamen Rechner verbunden sind, der die Daten der Steuerprogramme für die Arbeitsmaschinen verwaltet und zeitgerecht verteilt. Zusätzliche Funktionen können die Erfassung und Auswertung von Betriebs- und Messdaten sowie das Ändern von Daten eines Steuerprogrammes sein. Der Datenverkehr ist in beiden Richtungen möglich.

DNC wird auch oft als «Distributed Numerical Control» bezeichnet: Damit werden besonders kommunikationsfähige CNC-Steuerungen bezeichnet, welche in der flexiblen Fertigung mit übergeordneten Leitsystemen kommunizieren können.

**Tabelle I**





**Figur 3 Logischer Aufbau einer Fertigungszelle aus vorhandenen Komponenten**

Ein Botton-Up-Aufbau einer Fertigungszelle geschieht durch die Erweiterung von NC/CNC-Maschinen (links) zu Bearbeitungszentren (Mitte) und deren Zusammenfassung zu einer homogenen Produktionseinheit (rechts).

ist in diesem Stadium egal. Auch für welche Bearbeitungsart die Maschinen gebaut sind, spielt nur für die zu fertigenden Teilarten eine Rolle. Wichtig jedoch ist, dass die NC-Maschinen mit einem Anschluss für die Datenübertragung versehen sind. Die grössten Probleme beim Realisieren einer flexiblen Fertigungszelle entstehen, wie zu erwarten, immer bei den Schnittstellen zwischen den verschiedenen Geräten.

Das ganze Umfeld der Maschine wird in dieser ersten Stufe durch den Bediener betreut. Die Maschine ist nur in der Lage, eine im NC-Programm vorgegebene Befehlsfolge abzuarbeiten. Jeder Werkzeug- oder Werkstückwechsel, jeder Umspannvorgang, das Versorgen der Maschine mit NC-Programmen und deren Anwahl sind vom Bediener vorzunehmen. Die Werkstücke müssen vom Bediener oder von einer Kontrollstelle geprüft werden. Korrekturdaten werden von Hand eingegeben. Die Werkzeuge müssen vermessen und die Daten in die Steuerung eingegeben werden. Der Bediener entscheidet, wann ein Werkzeug wegen Verschleisses ersetzt werden muss. Auch Werkzeugbruch kann die Maschine nicht selbständig feststellen. In dieser Stufe entscheidet der Mensch, wann welches Werkstück bearbeitet werden soll.

### Zweiter Schritt

Dieser macht aus der NC-Maschine ein *Bearbeitungszentrum* (Fig. 3b), in dem einige der Aufgaben des Menschen in die Maschinensteuerung ver-

lagert werden (Fig. 3 Mitte). So werden die Werkstücke nicht mehr direkt am Bearbeitungsplatz ausgespannt, sondern auf einem Bereitstellungsort vorbereitet. Die Maschine wechselt zu gegebener Zeit das neue Werkstück gegen das alte aus. Dadurch entfällt die Auf- und Abspannzeit. Das Bearbeitungszentrum verfügt über einen Rundtisch, der es der Maschine erlaubt, von sechs Seiten eines Würfels fünf zu bearbeiten. Man spart so Nebenzeiten für das Umspannen.

Das Bearbeitungszentrum ist mit einem Werkzeugmagazin ausgerüstet, das ihm erlaubt, die Werkzeuge mit einem Wechsler selbsttätig auszuwechseln. Alle notwendigen Umschaltungen, wie z. B. Gangwechsel in Getrieben, werden von der Maschine vollzogen. Sie überwacht sich auch zum Teil bereits selbst. Auch die Entsorgung der anfallenden Späne geschieht automatisch. Diese Mehrleistungen des Bearbeitungszentrums gegenüber einer NC/CNC-Maschine sind durch eine leistungsfähige Steuerung möglich.

Aufgabe des Bedieners ist die Kontrolle des Werkstücks und die Eingabe der nötigen Korrekturwerte. Auch der Austausch abgenutzter Werkzeuge ist dem Bediener überlassen. Ein Bearbeitungszentrum verfügt über einen Speicher für verschiedene NC-Programme, die der Bediener je nach Werkstück anwählen kann.

Die Steuerung des Bearbeitungszentrums mit einem Computer erlaubt, je nach Kapazität und Programm verschiedene Erleichterungen zugunsten des Bedieners zu realisieren. So verfügt

der Computer über einen Massenspeicher, der ihm erlaubt, mehrere NC-Programme zu archivieren. Eine Anlage, welche verschiedene NC-Programme on-line an die Steuerungen von einer oder mehreren Maschinen senden kann, heisst DNC-Anlage (Tab. I). Diese Verbindung zu einem Computer allein macht aber allerdings aus einem Bearbeitungszentrum noch keine flexible Fertigungszelle. Dazu müssen noch einige zusätzliche Erweiterungen vorgenommen werden. Das Werkzeugmagazin muss so weit ausgebaut werden, dass für die gleiche Operation mehrere Werkzeuge, sogenannte Schwester- oder Duplowerkzeuge, Platz finden und durch die Steuerung verwaltet werden können. Das Zentrum muss mit einer Vorrichtung zur Werkzeugprüfung ausgerüstet sein. Ein Werkzeug, dessen Standzeit abgelaufen oder das gebrochen ist, muss von der Steuerung in eigener Regie durch ein Schwesterwerkzeug ersetzt und für alle weiteren Bearbeitungen gesperrt werden.

Da in einer Zelle mehrere Bearbeitungszentren miteinander verbunden sind, muss auch ein Transportsystem für Material und eventuell für Werkzeuge vorhanden sein. Die Steuerung dieses Transportsystems übernimmt eine *speicherprogrammierbare Steuerung*, die ihre Anweisungen wiederum von einem Computer erhält (unter Umständen von demselben Computer, falls seine Kapazität ausreicht, der auch die Bearbeitungszentren steuert). Es sind diese Transport-Programme,



die aus einem DNC-System eine *flexible Fertigungszelle* machen.

### Dritter Schritt

Der Zellenrechner verwaltet die Fertigungsaufträge der Zelle (Fig. 3 rechts). Über ihn kommuniziert der Bediener mit den Maschinen. Er stößt dabei einzelne Tätigkeiten des Computers in sinnvoller Reihenfolge an. Wiederkehrende Vorgänge wie das Einplanen der vorgegebenen Fertigungsaufträge oder die Werkzeugbedarfsermittlung übernimmt dabei der Computer. Die Umwelt soll sich nicht mehr um die Vorgänge innerhalb der Zelle kümmern müssen. Der Zellenrechner überwacht alle Maschinen in der Zelle und versorgt sie mit den nötigen Anweisungen.

### Datenarten im Zellenrechner

Der Zellenrechner speichert auf seinem Massenspeicher die anfallenden Daten. Diese Daten können Stamm-, Steuer- oder Zustandsdaten sein. *Stammdaten* enthalten systemspezifische Daten über die Auslegung des Systems, z. B. die Anzahl der Maschinen und die Art des Transportsystems. Dazu kommen Betriebsmittel- und Werkzeugstammdaten in Form eines Werkzeugkatalogs mit den Soll-Daten. Unter Betriebsmittelstammdaten fallen auch Werkstückträgerstammdaten.

Unter den Begriff *Steuerdaten* fallen alle Daten über die zu fertigenden Teile, also alle Arbeitspläne, alle NC-Programme und die daraus resultierenden Werkzeuglisten. Auch die Fertigungsaufträge sind Steuerdaten.

Mit den *Zustandsdaten* wird die aktuelle Situation der Betriebsmittel beschrieben. Darunter fallen Anlagezustandsdaten über die Bearbeitungsmaschinen, über Waschmaschinen, über die Spannstationen, über vorhandene Pufferplätze, über Handhabungsgeräte und über das Transportsystem. Zu den Zustandsdaten gehören aber auch Betriebsmittelzustandsdaten in Form der Ist-Daten der Werkzeuge und der Werkstückträger und die Zustände der Werkstücke.

Zu den Zustandsdaten gehören auch die Log-Daten, welche wie ein Tagebuch alle Ereignisse in der Zelle widerspiegeln, die maschinenspezifischen Meldungen wie Zustands- und Betriebsmittelmeldungen, die Alarmer oder auch die Werkzeugmeldungen (z. B. Werkzeugbruch oder Standzeit-

ende) sowie die Meldungen der NC-Maschinensteuerungen (z. B. NC-Programm geladen).

### Arbeiten mit der Fertigungszelle

Grundsätzlich soll die gesamte Kommunikation zwischen Aussenwelt und Zelle über den Zellenrechner laufen. Nur so ist sichergestellt, dass der Zellenrechner immer die real vorhandene Situation in seinen Zustandsdaten vorliegen hat.

#### 1. Auftragsplanung

Die Fertigungsaufträge werden mit Hilfe des Zellenrechners eingeplant. Dazu wird zuerst der Planungszeitraum (Produktionsstunden) vom aktuellen Termin bis zu einem Endtermin eingegeben. Damit kennt der Rechner die zu verteilenden Betriebsmittelkapazitäten. Dann werden nacheinander die Daten der Fertigungsaufträge eingegeben. Dazu gehören die Auftragsnummer, die Teilnummer, die vorgegebene Stückzahl und der Endtermin.

Der Rechner prüft während der Eingabe, ob er für diesen Auftrag bereits einen Arbeitsplan gespeichert hat und ob die dazu nötigen NC-Programme, Werkstückträger und Werkzeuge vorhanden sind. Er meldet fehlende Daten, worauf der Bediener bestätigen kann, dass die fehlenden Daten bis zum Fertigungsstart ergänzt sein werden oder dass er auf die Einplanung des Auftrages verzichtet. Die Annahme weiterer Aufträge wird verweigert, wenn in dem gewählten Planungszeitraum keine Kapazitäten mehr zur Verfügung stehen. Der Bediener ändert die Planung, bis sie seinen Wünschen entspricht, und gibt dann den Fertigungsablauf frei.

#### 2. Werkzeugbedarf

Der Werkzeugbedarf wird zweimal berechnet. Das erstmal wird der Bedarf gleich nach der Freigabe der geplanten Fertigungsaufträge bestimmt. Dabei wird festgestellt, welche Werkzeuge für die Abwicklung der geplanten Aufträge noch fehlen. Ziel dieser Planung ist es, in den Fertigungsaufträgen nur solche Werkzeuge zu verwenden, die der Rechner in seinen Werkzeugstammdaten hat und demzufolge kennt. Der Bediener kann die zeitgerechte Beschaffung von fehlenden Werkzeugen bestätigen. Er muss diese Werkzeuge dann auch wirklich

beschaffen, da sonst eine Maschine in der Zelle vor der Bearbeitung des entsprechenden Teiles dieses Werkzeug vermisst und mit einer Fehlermeldung stehenbleibt. Da die geplanten Fertigungsaufträge weit in der Zukunft beginnen können, werden keine aktuellen Zustandsdaten der Werkzeuge zur Bedarfsplanung verwendet.

Die zweite Planung ist die Werkzeugbilanz. Sie wird kurz vor dem Fertigungsbeginn der geplanten Aufträge durchgeführt. Dabei werden auch die Reststandzeiten anderer Werkzeuge einkalkuliert. Es wird also auf die aktuellen Werkzeugzustandsdaten zugegriffen. Für die Aufträge werden Listen erstellt, die besagen, welche Werkzeuge aus den Magazinen der Bearbeitungsmaschinen entfernt werden können und durch welche Werkzeuge sie zu ersetzen sind. Ist in die Zelle ein Werkzeugvoreinstellgerät integriert, so können diesem Gerät die Soll-Daten eines Werkzeuges mitgeteilt werden. Dies geschieht durch die Verbindung zum Zellenrechner, aus deren Werkzeugstammdaten er diese Daten entnimmt. Das Einstellgerät misst die Abweichungen und überträgt diese in den Rechner. Damit stehen die Werkzeugabweichungen jeder Maschine zur Verfügung.

#### 3. Spanndialog

Mit dem Spanndialog werden die Werkstücke physisch in den Verwaltungsbereich der Fertigungszelle gebracht. Hier werden auch die Fertigungsaufträge aktualisiert. Die Spanntätigkeiten können durch den Bediener – er wird am Bildschirm geführt – oder durch Roboter ausgeführt werden. Ob auf-, um- oder abgespannt werden soll, erfährt der Rechner aus dem Arbeitsplan. Auf einem Werkstückträger können mehrere gleiche Werkstücke aufgespannt werden. Der Rechner vermerkt die absolute Anzahl im Fertigungsauftrag, kann jedoch die Position der einzelnen Werkstücke auf dem Werkstückträger nicht festhalten.

Für den Aufspannvorgang schlägt der Rechner den Fertigungsauftrag mit der höchsten Priorität vor. Der Bediener ist jedoch nicht daran gebunden; er kann auch einen anderen freigegebenen Auftrag vorziehen. Das Transportsystem bringt sodann einen zum Auftrag passenden Werkstückträger zum Spannplatz, auf den die Teile aufgespannt werden, und bringt diesen zum nächsten Bearbeitungsort.



Sind alle möglichen Maschinen belegt, so wird der Werkstückträger zu einem Ablagerplatz gebracht. Nach der Bearbeitung werden die Teile abgespannt, die Zustandsdaten des Fertigungsauftrages aktualisiert und der Werkstückträger für die nächsten Teile bereitgemeldet. Beim Umspannen geschieht dasselbe wie beim Auf- und Abspannen. Auf dem einen Spannplatz wird der bearbeitete Werkstückträger angeliefert, auf dem anderen ein leerer Träger mit einer geeigneten Spannvorrichtung für die weitere Bearbeitung bereitgestellt. Die Teile werden umgespannt und die Daten im Zustandsdatensatz des Fertigungsauftrages hochgezählt.

#### 4. Transportsysteme

Dem Transportsystem innerhalb der Zelle kommt höchste Bedeutung zu. Es versorgt die Maschinen dem Arbeitsplatz gemäss mit Werkstücken.

Das Transportsystem kann aus schienengebundenen oder durch Induktionsschlaufen geführten Wagen bestehen. Die Werkstückträger stellen das Bindeglied zwischen Transportwagen und Werkstück dar; sie haben zum Wagen und zu allen Bearbeitungs- bzw. Lagerplätzen eine normierte Verbindung. Wenn die Zelle aus Maschinen verschiedener Hersteller besteht, müssen sich diese auf eine Norm für die Werkstückträger einigen.

#### 5. Materialflussteuerung

Die Materialflussteuerung gibt die nötigen Anweisungen an das Transportsystem. Diese sogenannten Transportkommandos regeln alle Bewegungen der Werkstückträger. Die Transportanforderungen kommen von den Steuerungen der Bearbeitungszentren, vom Spanndialog oder von den

Dienstleistungsmaschinen wie Wasch- und Messmaschine. Die Anforderungen werden nach dem FIFO-Prinzip abgearbeitet. Die Ziele für Transportkommandos sucht sich die Materialflussteuerung aus dem Arbeitsplan des Werkstückes auf dem Werkstückträger.

Wesentlich effektiver kann die Materialflussteuerung arbeiten, wenn an den Werkstückträgern Datenträger für Fertigungsdaten angebracht sind. In diesen Datenträgern werden dann die Identifikation des Werkstückträgers, Zustandsdaten des Werkstückes und Daten zum Fertigungsauftrag gespeichert. Falls mehrere Zellen zu einem System verbunden werden, erleichtern derartige Datenträger die Zusammenarbeit unter den Rechnern erheblich. Die Menge der zu verschiebenden Daten reduziert sich drastisch.

### Die flexible Fertigungszelle im CIM-Konzept

Mit CIM (Computer-Integrated Manufacturing) wird eine Organisationsform eines Produktionsbetriebes bezeichnet, bei der möglichst viel Papierumlauf durch Rechnerkopplungen ersetzt wurde. Computerunterstütztes Zeichnen (CAD) hat sich allgemein durchgesetzt. Der Computer als Hilfsmittel bei der NC-Programm-Erstellung ist teilweise eingeführt. Was liegt also näher, als die mit CAD erstellte Zeichnung nicht mittels Papier, sondern über Kabel zur NC-Programmerstellung zu bringen? Eine Voraussetzung dazu ist natürlich, dass das Programm zur NC-Programmierung das Datenformat des CAD-Systems interpretieren kann. Und damit beginnen die Probleme für CIM bereits.

Ein anderer Zugang zum CIM ist das Erstellen der Arbeitspläne in der

Arbeitsvorbereitung. Werden diese Pläne auf einem Computer so erstellt, dass der Zellenrechner sie interpretieren kann, so muss der Arbeitsplan nur einmal eingegeben werden. Er kann dann auch von einer zentralen Stelle, hier der Arbeitsvorbereitung, verändert werden. Wird die Fertigung für den ganzen Betrieb von einem Fertigungsleitreechner geplant, so könnten die entsprechenden Fertigungsaufträge direkt in den Zellenrechner gelangen.

Um diese papierlose Betriebsführung zu erreichen, müssen alle beteiligten Rechner die Datenformate der anderen interpretieren können. Die Verbindung geschieht über ein innerbetriebliches Netzwerk, ein sogenanntes Local Area Network (LAN).

CIM ist nicht ein Produktionssystem, sondern eine Philosophie. Die Schwierigkeiten, die mit seiner Einführung verbunden sind, sind hauptsächlich komplexe Software- und Kommunikationsprobleme. Es wird deshalb noch lange dauern, bis CIM in vollem Umfang realisiert sein wird. Als CIM-Teilrealisierung wird die flexible Fertigungszelle bis dahin noch eine grosse Rolle spielen.

#### Literatur

- [1] W. Eversheim u. a.: Produktionstechnik auf dem Weg zu integrierten Systemen. Herausgeber: AWK Aachener Werkzeugmaschinen-Kolloquium. Düsseldorf, VDI-Verlag, 1987.
- [2] E. Brem: Produkt und Produktionsprozess. Zürich, Betriebswissenschaftliches Institut der ETH Zürich, 1984.
- [3] H. Wildenmann: Investitionsplanung und Wirtschaftlichkeit. CIM-College 1987. Nürnberg-Moorenbrunn, Siemens AG, 1987.