

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
<b>Band:</b>	79 (1988)
<b>Heft:</b>	3
<b>Artikel:</b>	Fertigungsleittechnik aus der Sicht des Anwenders
<b>Autor:</b>	Milde, J.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-903978">https://doi.org/10.5169/seals-903978</a>

### **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:** 27.01.2026

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

# **Fertigungsleittechnik aus der Sicht des Anwenders**

J. Milde

**Die Fertigungsleittechnik bezeichnet die Komponenten und Systeme, die zur Überwachung, Steuerung, Regelung und Informationsversorgung der Produktion diskreter Teile eingesetzt werden. Im folgenden werden ihre Einordnung in das betriebliche Umfeld, die wesentlichen Funktionen, der prinzipielle Aufbau und die technischen Randbedingungen beschrieben. Den Abschluss bilden eine Übersicht über den heutigen Stand im Betrieb und ein Ausblick auf die weiteren Entwicklungen.**

**La technique de conduite de la fabrication désigne les composants et les systèmes utilisés pour la surveillance, l'ordonnancement, la gestion et l'approvisionnement en informations de la production de pièces discrètes. Ci-après sont décrits leur classement dans l'environnement d'entreprise, les fonctions essentielles, la structure fondamentale et l'environnement technique. L'article s'achève par une vue d'ensemble de la situation actuelle dans l'entreprise et par une perspective des prochains développements.**

## **Adresse des Autors**

Dr. Ing. Johannes Milde, Asea Brown Boveri AG,  
Abt. Computerunterstützte Fertigung TEFC,  
5401 Baden.

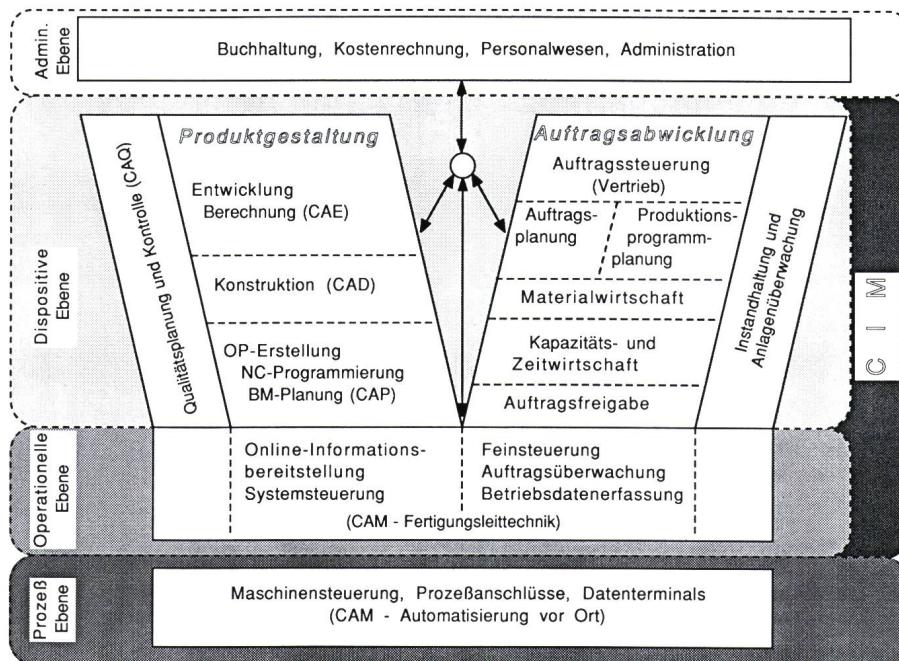
Der Produktionsbetrieb wird heute im wesentlichen daran gemessen, ob er die gewünschten Produkte mit der geforderten Qualität zum vereinbarten Termin liefern kann. Dabei verlangen viele Kunden spezifische Produktvarianten und eine hohe Lieferbereitschaft. Diese Anforderungen können nur durch eine drastische Verkürzung der Durchlaufzeiten in der Auftragsabwicklung und Produktion erfüllt werden. Die schnelle technologische Entwicklung führt außerdem dazu, dass sich die Produktlebensdauer drastisch verringert hat. Es ist daher für den Erfolg eines neuen Produktes von entscheidender Bedeutung, dass die Zeiten für Entwicklung, Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Produkteinführung wesentlich verkürzt werden.

Nachdem in den letzten Jahren die Optimierung und Automatisierung einzelner Bearbeitungsprozesse durch den Einsatz von computergesteuerten Maschinen und Robotern weit vorangetrieben worden ist, kann eine wesentliche Verkürzung der oben angesprochenen Durchlaufzeiten nur noch durch eine Vereinfachung der Übergänge zwischen den einzelnen Funktionen und Operationen bzw. durch die Integration mehrerer Schritte zu einem Prozess erreicht werden. Gleichzeitig ist es notwendig, sämtliche Bereiche des Betriebes *transparenter* zu gestalten, um den geplanten Produktionsverlauf durchzusetzen, Abweichungen und Störungen frühzeitig zu erkennen und korrigierende Gegenmassnahmen ergreifen zu können.

Auf der physikalischen Ebene der Produktion wird deshalb versucht, den Automatisierungsgrad (z.B. in der Montage) zu steigern, mehrere Operationen in einer Bearbeitungsmaschine zu integrieren und insbesondere die Handhabung und den Transport von Teilen, Betriebsmitteln und Material zu automatisieren.

Daneben gewinnt die Bereitstellung, Verarbeitung und Verteilung von Information eine strategische Bedeutung mit entscheidendem Einfluss auf den Geschäftserfolg. Diesen Anforderungen kann der Betrieb heute nur gerecht werden, wenn er seine Produkte, seine Abläufe und seine Organisation überdenkt und anpasst. Entscheidende Bedeutung wird in Zukunft der durchgängigen Unterstützung durch Computer in allen Bereichen des Betriebes beigemessen. Der Computer dient dabei nicht nur zur Bearbeitung von Daten, sondern insbesondere auch zur Kommunikation, Steuerung von Abläufen, Information von Benutzern und zur aktiven Unterstützung von Planungsaufgaben. Diese Entwicklung wird heute allgemein unter dem Schlagwort *Computer Integrated Manufacturing - CIM* zusammengefasst. Die Betonung liegt dabei auf der Integration der verschiedenen Funktionen, die durch den Rechner unterstützt werden. Um die angestrebte Transparenz der Produktion und die Verkürzung von Durchlaufzeiten zu erreichen, müssen gleichzeitig die kritischen Lücken beim Computereinsatz geschlossen werden.

Die Figur 1 zeigt die Funktionen, die im engeren Sinne unter CIM zusammengefasst werden [1]. Sie gliedern sich in die beiden Abläufe zur *Auftragsabwicklung* und zur *Produktgestaltung*. Diese können grob in die *dispositive Ebene*, der Planung und Vorbereitung sowie in die *operationelle Ebene* der Steuerung, Überwachung und Ausführung unterteilt werden. Vorgelagert bzw. im Hintergrund ist die administrative Ebene, und nachgelagert ist die Prozessebene der Maschinen und Anlagen mit ihren Steuerungen. Die verschiedenen Bereiche und Ebenen stellen unterschiedlichste Randbedingungen und Anforderungen an den Computereinsatz und unterscheiden sich wesentlich durch den



Figur 1 Systemarchitektur der verschiedenen EDV-Funktionen eines Betriebes.

CIM unterstützt vor allem die Abläufe zur Produktgestaltung und zur Auftragsabwicklung. Innerhalb von CIM realisiert die Fertigungsleittechnik die Infrastruktur für die operationelle Ebene.

OP Operationsplan  
 BM Betriebsmittel  
 CAE Computer Aided Engineering  
 CAD Computer Aided Design

CAP Computer Aided Process Planning  
 CAM Computer Aided Manufacturing  
 CAQ Computer Aided Quality Control

heutigen Entwicklungsstand und die Innovationsrate der eingesetzten Systeme.

## Objekte und Funktionen der Fertigungsleittechnik

Die *Fertigungsleittechnik* (FLT), an dernorts auch *Produktionsleittechnik* genannt [2], bezeichnet die Komponenten und Systeme (Hardware und Software), die zur Überwachung, Steuerung, Regelung und Informationsversorgung der Produktion diskreter Teile eingesetzt werden. Sie unterstützt die Aufgaben der operationellen Ebene und stellt damit die EDV-technische Infrastruktur für die Fabrik im engeren Sinne. Die FLT ist der dispositiven Ebene nachgelagert und den Steuerungen der Prozessebene vorge lagert. Ihre wesentliche Aufgabe be steht darin, nach den Vorgaben der Produktionsplanung mit Hilfe der Informationen und Programme aus der Produktgestaltung die Prozessebene zu steuern und mit den notwendigen Informationen zu versorgen sowie den Zustand der Prozessebene und den

Fortschritt der Produktion der Planungsebene zurückzumelden.

Es ist direkt einsichtig, dass mit einer fortschreitenden Automatisierung diese Ebene unbedingt erforderlich ist. Da jedoch in zunehmender Weise die Fertigungsunterlagen auch für die nicht vollständig automatisierte Fabrik elektronisch wesentlich schneller und aktueller zur Verfügung gestellt werden können und die verzugsfreie Rückmeldung des Produktionsstandes an die Planungsebene an Bedeutung gewinnt, wächst die Bedeutung der FLT auch bei diesem Produktionsstyp.

Die wesentlichen Funktionen und Schnittstellen der FLT sind in Figur 2 dargestellt. Die Ausprägung der einzelnen Funktionen ist sehr unterschiedlich entsprechend den jeweiligen Anforderungen. Zusätzlich muss die FLT Hilfsfunktionen zur Verfügung stellen, ohne die der Betrieb des Systems nicht möglich wäre:

- Der *Kommunikation mit dem Benutzer*, der in Interaktion mit dem System das Produktionsziel erreichen muss, kommt besondere Bedeutung zu. Die

schnelle und übersichtliche Information z.B. in Form von Grafiken sowie Vorschläge für Entscheidungen und die Möglichkeit der Simulation sind Anforderungen, die in Zukunft an Bedeutung gewinnen werden.

- Als Basis hierzu ist eine benutzerfreundliche Bereitstellung der notwendigen Informationen in *Datenbanken* notwendig, mit der Möglichkeit, neue Anfragen und Applikationen auf diesem Datenbestand schnell und effizient zu realisieren.

- Diese Anforderungen gelten auch für das *Kommunikationssystem*, dem in der heterogenen Systemlandschaft der Fabrik eine ganz besondere Bedeutung zukommt.

- Nicht zu vernachlässigen ist auch der Bedarf, beim Aufbau des Systems oder in Übergangszeiten *Funktionen* der Planungsebene oder der Prozessebene rudimentär *nachzubilden*, wenn diese dort noch nicht realisiert sind (Kommunikationsfähigkeit einer Steuerung, fehlende Information aus der Planung, ...).

- Da die Ausprägung eines FLT-Sy stems stark von den betrieblichen Anforderungen und Randbedingungen abhängt und sich im Lauf der Zeit durch die Einführung neuer Produkte und Maschinen auch verändert, ist es wichtig, die Konfiguration des Systems flexibel und einfach verändern zu können und dieses durch *Konfigurationshilfsmittel* zu unterstützen.

- Letztlich müssen die verschiedenen Objekte, die in der Produktion benötigt werden, auch auf der Ebene der FLT verwaltet werden. Im wesentlichen können die folgenden Typen unterschieden werden:

*Physikalische Objekte*, denen im Rechner Informationen zugeordnet sind:

- Rohteile, Halbfabrikate, Fertigteile (Zustand, Qualitätsdaten, Fertigungszeiten, Standort ...)
- Maschinen und Anlagen (Zustand, Fehlerstatistik, Werkzeugbestückung ...)
- Werkzeuge (Standzeit, Maschine, Standort, Zustand, Auftrag, Messwerte ...)
- Vorrichtungen, Greifer (Maschine, Standort ...)
- Verbrauchsmaterial (Menge, Verbrauch ...)

*Informatorische Objekte*:

- Programme und Ablaufbeschreibungen für Maschinen, Anweisun-

Qualitätskontrolle		DNC	BM-Verwaltung	Auftragsverwaltung	Lagerverwaltung	Anlagenverwaltung
Schnittstelle zur Planung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfpläne</li> <li>• Qualitätsvorgaben</li> <li>• Qualitätsdaten</li> <li>• Protokolle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NC-Programme</li> <li>• geänderte NC-Programme</li> <li>• Programmalaufzeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BM-Listen</li> <li>• BM-Stücklisten</li> <li>• Spannanweisungen</li> <li>• Zeichnungen</li> <li>• Fertigungsanw.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufträge</li> <li>• Mengen, Termine</li> <li>• Fertigmeldungen</li> <li>• Stückzahlen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestellungen</li> <li>• Mengenvorgaben</li> <li>• Lieferanweisungen</li> <li>• Bestandszahlen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wartungspläne</li> <li>• Wartungsintervalle</li> <li>• Vorschriften</li> <li>• Fehlerursachen</li> <li>• Stillstandszeiten</li> </ul>
Funktionen der operationellen Ebene	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualitätsdatenerfassung</li> <li>• Statistische Auswertung</li> <li>• Prüfplanverwaltung</li> <li>• Prüfplanüberwachung</li> <li>• Qualitätskontrolle</li> <li>• Statistische Prozeßkontrolle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NC-Programmverwaltung</li> <li>• NC-Programmverteilung</li> <li>• Werkzeugdatenverteilung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werkzeugverw.</li> <li>• Vorrichtungsverw.</li> <li>• Spanndialogsteuerung</li> <li>• Werkzeugoptimierung</li> <li>• WZ-Magazinverw.</li> <li>• Standzeitüberwachung</li> <li>• WZ-Voreinstellung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fertigungsfeinsteuerung</li> <li>• Auftragsverfolgung</li> <li>• Betriebsdatenerfassung</li> <li>• Rückmeldung</li> <li>• Leitstand</li> <li>• Störungsmanag.</li> <li>• Systemsteuerung</li> <li>• Werkstückverwaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein- Auslagerung</li> <li>• Bestandsführung</li> <li>• Kommisionierung</li> <li>• Lagersteuerung</li> <li>• Transportsteuerung</li> <li>• Pufferverwaltung</li> <li>• Materialbereitstellung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wartungssteuerung</li> <li>• Verwaltung der Instandhaltungspläne</li> <li>• Maschinendatenerfassung</li> <li>• Anlagenüberw.</li> <li>• Fehlerdiagnose</li> <li>• Störstatistik</li> </ul>
Schnittstelle zum Prozeß	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommandos</li> <li>• Prüfanweisungen</li> <li>• Meßergebnisse</li> <li>• Qualitätsdaten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NC-Programme</li> <li>• Werkzeugdaten</li> <li>• Programmabrufe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sollwerte</li> <li>• Magazinplätze</li> <li>• Istwerte</li> <li>• Einsatzzeiten</li> <li>• Magazinbelegung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommandos</li> <li>• Sollmengen</li> <li>• Anweisungen</li> <li>• Start- Endemeldung</li> <li>• Istmengen</li> <li>• Stillstandsgründe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommandos</li> <li>• Ortsvorgaben</li> <li>• Sollmengen</li> <li>• Rückmeldungen</li> <li>• Istmengen</li> <li>• Start-Endemeldung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Störmeldungen</li> <li>• Störrgründe</li> <li>• Maschinenzustände</li> </ul>

**Figur 2 Funktionen und Schnittstellen der Fertigungsleittechnik.**

Diese Funktionen sind je nach Anwendungsfall und Systemhierarchie unterschiedlich weit ausgebaut.

gen und Informationen für den Arbeiter (Version, Maschine, Werkzeuge, Sollwerte...)

- Aufträge (Teil, Menge, Termine, Operationsplan...)

## Hierarchie und Ausbaustufen

An dieser Stelle muss erläutert werden, wie sich die Funktionen der FLT und der Planungsebene voneinander abgrenzen. Jede der beiden Ebenen hat ihren eigenen Detailierungsgrad und Gültigkeitsbereich, der an einigen Beispielen erläutert werden soll:

- Auf der Planungsebene werden alle offenen Aufträge eines Betriebes verwaltet und ihr Zustand überwacht, auch über verschiedenen Fabriken hinweg. Es wird überwacht, dass das notwendige Material beschafft wird und das Zusammenspiel zwischen ver-

schiedenen Fabriken, Lieferanten, Läfern und technischen Abteilungen funktioniert. Kapazitäten werden auf der Basis von Durchschnittswerten und Warte- und Nebenzeiten nach statistischen Gesichtspunkten berücksichtigt.

- Im FLT-System einer Fabrik sind nur die Aufträge bekannt, die in der nächsten Periode gefertigt werden müssen (z.B. ein Tag oder eine Woche) und für die das notwendige Material und die notwendigen Arbeitsunterlagen und Betriebsmittel im Betrieb vorhanden sind. Es wird die Reihenfolge der einzelnen Operationen gesteuert, die notwendigen Transporte werden angestossen und die tatsächlich gefertigten Mengen werden erfasst und mit den Planmengen verglichen. Die Verfügbarkeit von Maschinen und Personal wird dazu aktuell verfolgt und berücksichtigt.

- Betriebsmittel und Werkzeuge, die meist nur in einer Fabrik eingesetzt werden und oft sogar spezifisch für eine Maschine oder ein System sind, werden auf der Ebene der FLT verwaltet, während die Beschaffung auf der Planungsebene überwacht wird.

- Maschinenprogramme werden oft auf der Vorbereitungsebene erstellt, müssen dann aber auf der FLT-Ebene für den direkten Abruf in die Maschine zur Verfügung stehen.

- Einzelne Messdaten werden oft auf der Fabrikebene oder im System benötigt, um statistisch die Qualität der Bearbeitung zu überwachen und zu regeln. Auf der Planungsebene werden dagegen nur verdichtete Informationen benötigt.

Diese Gliederung ist besonders evident, wenn ein Betrieb die Herstellung eines Produktes über mehrere Fabriken verteilt hat. Sie setzt sich jedoch

auch innerhalb einer Fabrik fort, die in mehrere Fertigungslinien gegliedert ist. Notwendig wird sie dagegen, wenn Teilsysteme oder ganze Fabriken automatisiert werden. Jedes automatisierte Teilsystem verfügt intern über die gleichen Funktionen und Objekte, die hier für eine ganze Fabrik aufgezählt sind. Je nach Ausbaugrad müssen sie mehr oder weniger stark ausgebaut sein oder können zum Teil entfallen.

Im wesentlichen unterscheidet man die folgenden *Ausbaustufen* eines automatischen Systems, mit denen gleichzeitig eine zunehmende Funktionalität des jeweiligen Leitrechners verbunden ist:

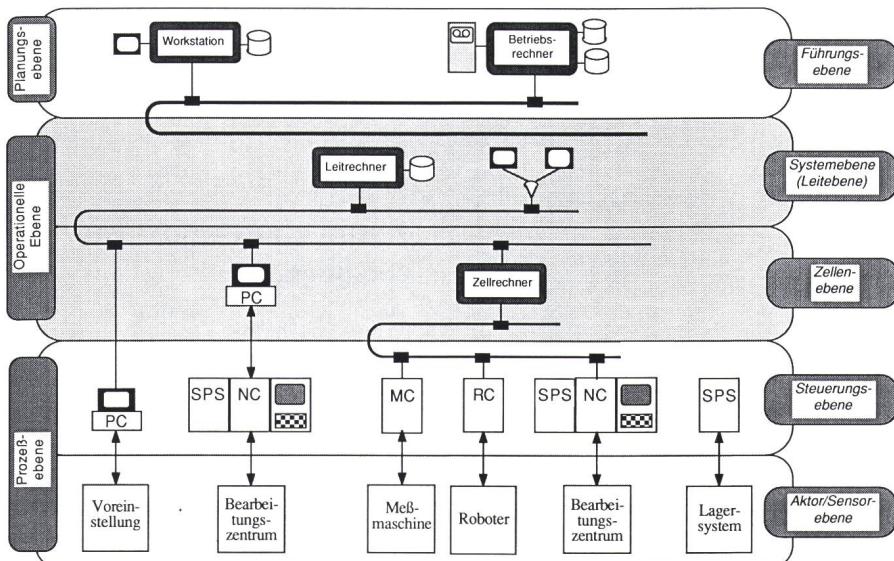
- *Bearbeitungszentrum*: Es kann verschiedene Operationen an einem Werkstück ausführen, dabei automatisch Werkzeuge wechseln und eventuell das Werkstück automatisch ein- und auswechseln. Die Steuerung dieser festen Abläufe kann von einer modernen Steuerung ausgeführt werden.

- *Flexible Fertigungszelle*: In dieser werden eine oder mehrere Bearbeitungsmaschinen von einem Handhabungsgerät mit Werkstücken eines Auftrages ver- und entsorgt. Oft ist in eine solche Zelle auch eine Messmaschine integriert, um eine integrierte Qualitätskontrolle zu ermöglichen. Eine solche Zelle kennt nicht nur Maschinenprogramme sondern z.B. auch Aufträge und Stückzahlen, Messwerte, statistische Auswertungen und Betriebsdaten. Zur Verarbeitung dieser Informationen dient ein Zellenrechner, der den einzelnen Steuerungen vorgeschaltet ist.

- *Flexible Fertigungsinsel*: Damit wird eine Fertigungsstruktur bezeichnet, in der mehrere Aufträge gleichzeitig bearbeitet werden können. Der Leitrechner einer solchen Insel muss zusätzlich die Bearbeitung der verschiedenen Aufträge koordinieren.

- *Flexibles Fertigungssystem*: Davon spricht man, wenn mehrere Bearbeitungszentren durch ein flexibles Transportsystem verbunden sind. Aufträge durchlaufen in der Regel mehrere Stationen eines solchen Systems, und der Leitrechner kontrolliert diese Sequenzen, löst eventuelle Konflikte konkurrierender Aufträge auf und steuert den gesamten Materialfluss.

Obwohl diese Gliederung zunächst eine logische Hierarchie definiert, ist es sinnvoll, die einzelnen Systeme auch physisch mit autonomen Leitrechnern auszustatten. Dadurch wird



Figur 3 Prinzipielle Systemarchitektur der Fertigungsleittechnik.

Sie ist den Systemen der Planungsebene nachgeschaltet und den Systemen der Prozessebene vorgeschaltet.

SPS Speicherprogrammierbare Steuerung  
NC Numerical Control

MC Measurement Control  
RC Robot Control

die Modularität solcher Systeme wesentlich gefördert, ein autonomer Betrieb der einzelnen Teilsysteme ermöglicht und ein stufenweiser Aufbau komplexer Systeme unterstützt.

Die Figur 3 zeigt das Ergebnis einer solchen Systemgliederung, die idealisierte Architektur eines FLT-Systems. Eine ausführlichere Behandlung dieser Thematik findet man in [3].

## Technische Anforderungen und Randbedingungen

In der operationellen Systemebene, die durch die FLT mit Rechnern unterstützt wird, treffen sich die komplexen Informationen aus der Produktgestaltung (z.B. Zeichnungen, NC-Programme usw.), die Auftrags- und Betriebsdaten aus der Auftragsabwicklung und die Prozessinformation aus der Prozessebene. Die FLT muss daher Schnittstellen zu den auch technisch unterschiedlichsten Systemen bereitstellen.

Zur Planungsebene ist die Kommunikation zeitunkritisch. Der Datenaustausch erfolgt oft zyklisch z.B. einmal am Tag und meist in Form von Datenfiles. Die Kommunikationspartner sind die Betriebsrechner der Auftrags-

planung oder die technisch-wissenschaftlichen Rechner und Arbeitsplatzstationen der Produktgestaltung.

Die Schnittstelle zur Prozessebene ist jedoch wesentlich zeitkritischer. Selbst in manuellen Werkstätten kann zu Stoßzeiten, z.B. am Morgen oder Abend, wenn die Erfassung der Präsenzzeiten für alle Mitarbeiter durchgeführt werden muss, eine Ereignisfolge im Sekundenbereich anfallen. Noch höher können die Anforderungen innerhalb automatischer Systeme werden, wo Kommunikationszeiten im Bereich von Millisekunden erforderlich sind. Im Vergleich zur Prozessleittechnik sind die Anforderungen in der Regel jedoch nicht kritisch, da eine Verzögerung der Reaktion keine Gefahr für den Menschen oder das System bedeutet. Aufgrund der hohen Intelligenz der einzelnen Maschinensteuerungen und der Lokalität der automatischen Prozesse kann bereits auf der Steuerungsebene ein sicherer Zustand garantiert werden, der keine Gefahr für Mensch und Anlage bedeutet.

Aufwendig ist die Kommunikation im System jedoch wegen der vielen heterogenen Komponenten, die in der Fabrik in das System integriert werden

müssen. Das beginnt bei den Steuerungen der verschiedensten Maschinen, die vom Maschinenhersteller als wesentliche und funktionstragende Komponente seines Systems mitgeliefert werden und daher in der Regel nicht vom Kunden vorgeschrieben werden können. Oft wird auch der Leitrechner eines automatischen Systems als Bestandteil mitgeliefert. Die Integration eines solchen Systems in die Fabrikumgebung verursacht sehr hohen Aufwand auf der Ebene der Datenstrukturen und Applikationsprogramme.

Besondere Schwierigkeiten verursacht heute ausserdem die Verteilung der Information aus dem Gestaltungsprozess bis zu den einzelnen Arbeitsplätzen in der Werkzeugvoreinstellung, am Maschinenspannplatz, in der Qualitätskontrolle oder am Arbeitsplatz selbst. Selbst wenn auf der physikalischen Ebene die Verbindung hergestellt ist, fehlt in der Regel die Durchgängigkeit der Datenstrukturen der verschiedenen Anwendungsprogramme.

Der Aufbau einer durchgängigen Rechnerinfrastruktur wird erschwert durch die Notwendigkeit, die Echtzeitansforderungen im Bereich der FLT mit geeigneten Rechnern, Betriebssystemen und Kommunikationsnetzen sicherzustellen. Sie unterscheiden sich in der Regel von den Systemen der Planungsebene. Um so wichtiger ist besonders im Bereich der FLT die Normung von Kommunikationsnetzwerken, Betriebssystemen und Applikationsmodulen. Mit dem *Manufacturing Automation Protocol* MAP wird zurzeit ein grosser Schritt in diese Richtung versucht. Nach Ansicht der Initiatoren und der Erwartung der vielen potentiellen Anwender sollen mit MAP insbesondere die Probleme bei der Verbindung der vielen heterogenen Systeme im steuerungsnahen Bereich wesentlich vereinfacht werden. Es ist daher auch zu begrüssen, dass der Normung der *Applikationsebene* so grosse Bedeutung zugemessen wird. Mit der Norm URS-511, dem *Manufacturing Message Standard* (MMS) wird fast ein netzweiter Betriebssystemkern genormt. Leider haben die ersten Erfahrungen gezeigt, dass mit der vollständigen Schichtenarchitektur von MAP die zeitlichen Anforderungen dieser Ebene nicht mehr erfüllt werden können. MAP wird daher in seinem vollen Ausbau eher als «Backbone»-Netzwerk für die Verbindung zwischen Systemen der dispositiven und operationellen Ebene gesehen. An

dieser Stelle müssen jedoch lediglich Rechner untereinander verbunden werden, und die Kommunikation ist zeitunkritisch.

## Entwicklungsstand und Ausblick

Die Fertigungsleittechnik steht heute erst am Beginn ihrer Entwicklung. Dieser Zustand ist gekennzeichnet durch eine grosse Breite von technischen Lösungen, realisierten Funktionen und Ausbauvarianten. Während der eine Betrieb bereits alle Maschinen on-line mit den Bearbeitungsprogrammen versorgt (Distributed Numerical Control, DNC), hat ein anderer zunächst die Betriebsdatenerfassung eingeführt, und ein dritter beginnt mit der Automatisierung von Fertigungslinien und der Einführung flexibler Fertigungssysteme. Oft findet man heute auch Einstiegslösungen, die dazu dienen, den Umgang mit dieser neuen Technik am überschaubaren Beispiel zu erproben, bevor man die gesamte Fabrik mit dieser Infrastruktur ausrüstet.

Bezeichnend ist, dass die meisten Anwendungsprogramme, die heute in der Fabrik eine Verbindung bis hin zu den Maschinen erfordern, kabelgebunden sind. Es finden sich kaum zwei Varianten, die über das gleiche Leitungsnetz betrieben werden können. Hat man heute z.B. das DNC-System eines Lieferanten installiert und möchte von der gut ausgebauten Funktionalität der Betriebsdatenerfassung oder der durchgängigen Qualitätsdatenverarbeitung anderer Lieferanten profitieren, so muss man fast für jede neue Funktionalität die Fabrik neu verkabeln. Das ist um so gravierender, da heute kaum ein Anbieter alle Funktionen der FLT in gleicher Qualität anbieten kann.

Eine Abhilfe verspricht hier die Entwicklung von MAP. Zurzeit ist jedoch nicht abzusehen, ab wann diese Technik für die Verbindung bis hin zu den Steuerungen zur Verfügung stehen wird, ob die notwendige Leistungsfähigkeit auch erzielt wird und wie hoch die Kosten für einen Anschluss sein werden. Selbst wenn in ein bis zwei Jahren alle neuen Maschinen mit einer MAP-kompatiblen Schnittstelle ausgestattet sein würden, müsste man noch eine geraume Zeit mit den heute installierten Systemen leben.

Aus diesem Grund empfiehlt sich heute folgendes Vorgehen:

- Man sollte nicht auf neue Standards warten, sondern mit den heutigen Möglichkeiten und Systemen in überschaubaren Schritten in die FLT einsteigen, um daran zu lernen und sein Personal auszubilden. Beim Ausbau des Systems in der nächsten Generation wird dann der Umstieg auf mehr Funktionalität mit neuen Systemen leichter fallen.

- Auch heute stehen bereits standardisierte Kommunikationsnetze zur Verfügung, die eine weite Verbreitung gefunden haben. Das Ethernet wurde zwar für die Büroumgebung entwickelt, wird heute aber von namhaften Herstellern und Anwendern auch in der Fabrik eingesetzt. Bisher sind keine Anwendungen bekannt geworden, in denen dieses Kommunikationsnetzwerk zu Engpässen im System geführt hat. Insbesondere die Informationsverteilung in nicht automatisierten Systemen ist ohne weiteres mit diesem Medium möglich. Bei extremen Anforderungen in hochgradig automatisierten Systemen kann ausserdem auf Echtzeitnetze verschiedener Hersteller zurückgegriffen werden.

- Soll heute z.B. ein DNC-System wesentlich ausgebaut werden und z.B. die Funktionalität einer umfangreichen Betriebsdatenerfassung und Auftragssteuerung ergänzt werden, so sollte man unbedingt die Möglichkeit betrachten, mit der neuen Funktion in eine neue Systemgeneration einzusteigen und damit die Infrastruktur aufzubauen, um anschliessend das alte DNC-System durch die entsprechende Komponente des neuen Systems abzulösen.

- Trotz der Entwicklung von Standards ist man auch heute noch gut beraten, wenn man die Integrationsfähigkeit bei der Auswahl von Systemen berücksichtigt und sich eventuell auf einen oder wenige Lieferanten als Partner beschränkt.

- Erfahrungen mit realisierten Systemen haben gezeigt, dass in den meisten Fällen umfangreiche Anpassungen an die jeweiligen betrieblichen Einrichtungen und Randbedingungen notwendig waren. Von manchen Anwendern wird daher die Politik vertreten, die Komponenten, die zur Integration und zur Kommunikation notwendig sind, in eigener Regie zu realisieren. Dazu zählen z.B. programmierbare Kommunikationsschnittstellen zwischen den Maschinensteuerungen

und dem Leitrechner. Diese Vorgehensweise wird wesentlich vereinfacht, wenn man bei der Auswahl des Systems darauf achtet, dass für die wesentlichen Komponenten (Netzwerk, Datenbank, Benutzerschnittstelle) Hilfsmittel eingesetzt werden, die dem Anwender zugänglich sind und die Realisierung neuer Anforderungen auf einer hohen Ebene unterstützen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die FLT in den nächsten Jahren zunehmend an Bedeutung gewinnen wird. Das gilt nicht nur für den Einsatz in automatisierten Systemen, sondern auch für die Informationsverteilung und fabriknahe Informationsaufbereitung in konventionell betriebenen Fabriken. Die FLT wird den Betriebsrechner oder die Arbeitsplatzsysteme der dispositiven Ebene nicht ersetzen, es werden sich aber im Laufe der Zeit Funktionen in die FLT-Ebene verla-

gern, die lokal in dieser Ebene ausgeführt werden können. Die besonderen technischen Anforderungen im Umfeld der Fabrik werden diese eigene Infrastruktur noch verstärkt erfordern.

Wo heute noch keine Rechner auf Fabrikebene eingesetzt werden, kann der schrittweise Einstieg empfohlen werden, um die Kompetenz zum Umgang mit dieser Technik gezielt aufzubauen. Dort, wo heute bereits Erfahrungen mit Teilen der FLT vorliegen, sollte beim Ausbau des Systems darauf geachtet werden, dass eine für die Zukunft offene Systemarchitektur errichtet wird. Nicht nur das Kommunikationsnetzwerk, sondern auch der Einsatz einer Datenbank und die Vereinheitlichung von Benutzerschnittstellen sollten angestrebt werden. Die Entwicklung von Standards wird dieses Vorgehen in Zukunft erleichtern, es muss jedoch noch eine geraume Zeit

mit eigenen Anpassungen und kaum erfüllbaren Wünschen gerechnet werden.

### Literatur

- [1] A.-W. Scheer: CIM Computer Integrated Manufacturing. Der computergesteuerte Industriebetrieb. Berlin u. a., Springer-Verlag, 1987.
- [2] H. Körner und D. Reisch: Produktionsleittechnik - der Schlüssel zur automatisierten Fabrik. Siemens Energie und Automation 7(1985)4, S. 275...279.
- [3] W. Eversheim u.a.: Produktionstechnik auf dem Weg zu integrierten Systemen. Herausgeber: AWK Aachener Werkzeugmaschinen-Kolloquium. Düsseldorf, VDI-Verlag, 1987.