Flexible Fertigung bei webmaschinentypischen Kleinserien: Produktionskonzept RK90 bei Sulzer Rüti

Autor(en): **Hafen, Fritz / Veit, Karl-Richard**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **106 (1988)**

Heft 47

PDF erstellt am: **30.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85850

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Flexible Fertigung bei webmaschinentypischen Kleinserien

Produktionskonzept PK90 bei Sulzer Rüti:

Mit einem «Produktionskonzept PK90» wird bei Sulzer Rüti, Rüti, der Webmaschinen-Gruppe dieses Schweizer Konzerns, an der Neustrukturierung der gesamten Produktion gearbeitet. Man will «flexibel produzieren». Konsequent soll der Weg zu kleinen dezentralen Einheiten mit auch neuen Arbeitsformen für die Mitarbeiter beschritten werden. Die Lösung soll sich langfristig auszahlen.

VON FRITZ HAFEN, KARL-RICHARD VEIT, RÜTI

Sulzer Rüti, durch Übernahme der Maschinenfabrik Rüti AG durch Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft mit anschliessendem Verschmelzen mit dem eigenen Bereich 1982 entstanden, verfügt in den beiden Werken Rüti und Zuchwil über je eine vollständige Infrastruktur. Der Produktename Sulzer Rüti steht für eine einmalige Produktepalette von Maschinen dreier Websysteme: Projektil-, Luftdüsen- und Greiferwebmaschinen. Das vereinte Volumen der ehemals zwei Unternehmen verstärkt ihre Spitzenstellung auf dem Weltmarkt.

Auf der Basis der 3-Produkte-Strategie musste der Verkauf neu formiert werden. Die beiden Organisationsstrukturen waren schrittweise zu integrieren. Ebenso standen die Ziele der einzelnen Funktionen zur Disposition. Zwei Leitforderungen für die Technik lauten zum Beispiel: Produktneugestaltungen erfolgen vollständig auf CAD, 30% identische Teile werden in den Maschinen der drei Websysteme angestrebt. Die Erfassung in einem CAD-System bietet eine Informationsbasis, die auch für den CAP/CAM-Bereich genutzt werden kann.

Produktionsproblematik

In beiden Werken ergaben sich immer wieder unterschiedliche Auslastungen – trotz Firmenverbund. Selbst im Idealfall eines konstanten Verkaufsvolumens konnten Über- oder Unterauslastungen der Produktionen kaum vermieden werden. Es entstanden ungedeckte Kosten. An der Neustrukturierung der Produktion führte also kein Weg vorbei. Wegen der kurzen Materialflusswege sowie der einfacheren Koordination und Kommunikation hätte sich eine zusammengelegte Produktion positiv ausgewirkt. Doch wären Personalabbau und gleichzeitiger Personalaufbau an beiden Orten unvermeidlich gewesen. Reservekapazitäten, Desinvestitionen und schlecht oder ungenutzte Immobilien wären die Folge gewesen (für Werk Rüti war die Desinvestition der Giesserei auch tatsächlich unumgänglich; nun können aber die unausgelasteten Kapazitäten in den weiteren Giessereien des Konzerns genutzt werden).

Ausgehend von den vorhandenen Fertigungseinrichtungen – eher universeller Maschinenpark in Rüti, spezialisierte Sondermaschinen in Zuchwil –, hätte eine Aufteilung nach Klein- und Grossserien sinnvoll sein können. Die frei wählbare Trennlinie zwischen Klein- und Grossserie war nicht realistisch, hätte dies doch aus logistischen Gesichtspunkten hohes Transportaufkommen zwischen den Hauptstandorten bedeutet, verbunden mit dem ganzen Know-how-Transfer für Personalausbildung, Erstellen von Produktionshilfsmitteln wie Operationsplänen, Spannvorrichtungen, Spezialwerkzeugen, NC-Programmen usw.

Das neue Konzept musste also anderen Maximen entsprechen. Man verfolgte die Idee der Gruppentechnologie, d.h. die Zusammenfassung konstruktiv und fertigungstechnisch ähnlicher Teile in sogenannten Teilefamilien. Bei dieser Fertigungsstruktur werden die Teile weitgehend in einer Produktionseinheit hergestellt. Damit ist auch die Voraussetzung für das kontinuierliche «Fliessen» in der Fertigung gegeben. Die Verminderung des Umlaufvermögens war in dieser Konzeption also möglich.

Lösung: Verbundproduktion

Bei PK90 hat man die bisher unabhängigen Produktionsstätten in eine Verbundproduktion zusammengeschlossen. Nur die vereinigte Produktionsleistung ergibt vollständige Webmaschinen. Die Produktionsplanung erstreckt sich über beide Hauptwerke, um die verschiedenen Teilleistungen aufeinander abzustimmen.

Innerhalb der Verbundproduktion erfolgt eine Gliederung der beiden Werke nach dem Prinzip der Teilefamilien. Dabei übernimmt eine Teilefamilie den gesamten Produktionsumfang dieser Teileart. Doppelspurigkeiten nach alter Struktur bei gleichzeitigem Zusammenführen der Teilevolumina in den einzelnen Teilefamilien werden abgebaut.

Allerdings bleiben Artfertigungen wie etwa Härterei und Oberflächenbehandlung weiterhin notwendig. Solche Funktionen können aus wirtschaftlichen Gründen nicht in einzelne Teilefamilien aufgeteilt werden.

Grundsätze des PK90

Um das ganze Konzept PK90 auf ein gemeinsames Ziel auszurichten, wurden Grundsätze definiert:

1. Gemeinsame Fertigung für alle drei Webmaschinentypen
2. Reduktion der Eigenfertigungsbreite auf das (für diesen Hersteller) wirtschaftlich zu fertigende Teilesortiment unter Ausnützung der maximalen Fertigungstiefe in der Eigenfertigung.
3. Aufteilung der Eigenfertigungsproduktion auf die Hauptproduktionsstandorte in Zuchwil und Rüti
4. Minimierung der Gesamtproduktionskosten
5. Spürbare Reduktion der Herstellkosten durch Realisierung neuer konstruktiver Lösungen und weitgehende Vereinheitlichung der Konstruktionen
6. Fertigung verwandter Teile weitgehend in autonomen Teilefamilien-Fertigungsabteilungen mit flexiblen, an konstruktive Änderungen anpassbaren Anlagen. In diesen Abteilungen sollen möglichst auch sämtliche planerischen und steuerungstechnischen Aufgaben und die Qualitätsverantwortung wahrgenommen werden
7. Reduktion der Durchlaufzeiten und Sicherstellen der Lieferbereitschaft haben Vorrang vor maximaler Auslastung der Werkzeugma-

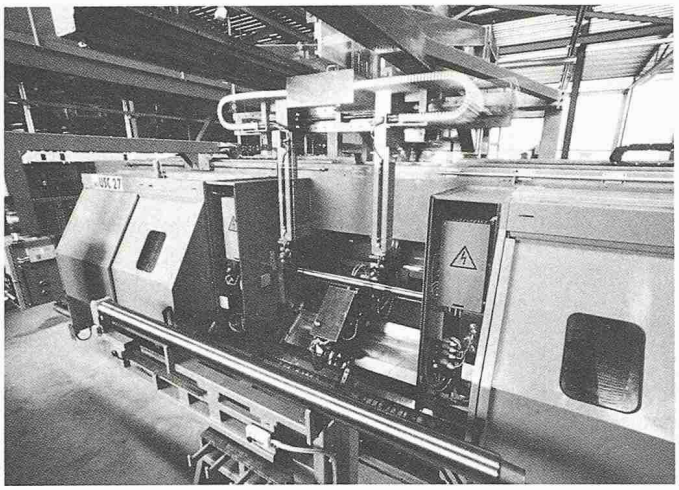


Bild 1. Teilefamilie Walzen: Ansicht der CNC-gesteuerten Drehmaschine EMAG mit Be- und Entladeroboter

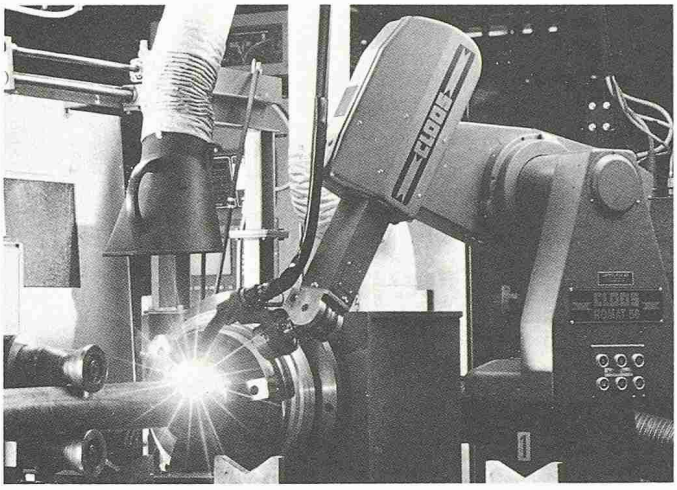


Bild 2. CNC-gesteuerter Schweissroboter der Firma Cloos zum Anschweissen der Walzenböden

schinen und Betriebseinrichtungen
8. Fertigung des Seriebedarfs in kleinen Losgrössen, abgestimmt auf den periodischen Bedarf der Montage (Zielsetzung: Tagesbedarf)
9. Einfacher, rascher Durchlauf der Teile in der Fertigung und unmittelbare Weiterleitung der Teile in die Montage, kleinste Puffer und Zwischenlager (Reduktion des Umlaufvermögens)
10. Berücksichtigung neuer Lösungen für die Mechanisierung und Automatisierung inklusive der Steuerungen
11. Wahl des mittelfristig wirtschaftlichsten Automatisierungsgrades unter Berücksichtigung der Möglichkeit zum stufenweisen Ausbau gemäss langfristigen Gegebenheiten
12. Anpassung der Aufbau- und Ablauforganisation an die neue Fertigungsstruktur
13. Aufbau einer Fertigungsstruktur, die auch bei relativ grossen Schwankungen des Produktemixes und des Gesamtausstosses das wirtschaftliche Herstellen der drei Webmaschinentypen sicherstellt
14. Realisieren von Lösungen für Lohnsystem, Arbeitszeiten, Aufbau- und Ablauforganisation. Die Lösungen haben einerseits langfristige gesellschaftliche Entwicklungen zu berücksichtigen, anderseits den Bedürfnissen eines wirtschaftlich arbeitenden, schlagkräftigen und konkurrenzfähigen Unternehmens zu entsprechen
15. Anvisieren des Realisierungszeitraums bis 1990, aber unter Beachtung auch längerfristiger Aspekte

Bildung der Teilefamilien

In beiden Organisationen existierten Teilestrukturschlüssel nach Opitz, jedoch mit unterschiedlicher Ausprägung. Die Informationen liessen sich also nicht in praktikabler Weise auswerten. Um dennoch eine Teilefamilienstruktur erarbeiten zu können, wählte man eine sehr pragmatische Lösung. Eine Arbeitsgruppe aus Vertretern der Arbeitsvorbereitung und der Produktionsplanung klassierte per «Augenmass» Teile je einer zerlegten Standardmaschine der drei Websysteme, wobei sich die Ähnlichkeit auf geometrische Attribute mit ähnlichen Operationsplänen abstützte. Die so ermittelte Teileliste wurde dann durch die geometrischen Grenzabmessungen, den sogenannten Gültigkeitsbereich, ergänzt.

Mit Hilfe eines stark vereinfachten Teilestrukturschlüssels für die Standardteile konnte die Vielzahl von Variantenteilen eruiert werden, die nicht zu den betrachteten gehörten. Das gesamte Teilespektrum mit den entsprechenden Verbraucherzahlen und Fabrikationsplänen ergab das Gesamtstundenvolumen mit aufgeschlüsselten Daten bis auf einzelne Operationen.

Global sourcing

Das laufende PK90-Projekt wurde 1988 in seiner 3. Phase durch eine weitere Komponente – Global sourcing – ergänzt. In einer z.Z. laufenden Untersuchung sollen die Chancen einer verstärkten, weltweit orientierten Einkaufspolitik abgeklärt und als weitere Randbedingung für die Produktionsstrategie eingebracht werden.

Neue Fertigungsstrukturen

Mit den Daten für eine Teilefamilie wie auch den Gültigkeitsbereich der Teilefamilie, Stundenvolumen pro Operation, vorhandenen Werkzeugmaschinenpark und verfügbare Investitionsbeträge wurden und werden verschiedene Fertigungsstrukturen erarbeitet. Die Produktionsaufnahme bei den einzelnen Teilefamilien geschah und geschieht etappenweise. Bis heute am weitesten gediehen sind die Teilefamilien «Nocken», «Walzen», «Seitenwangen» und «Montagen». Sie stehen bereits in Produktion.

Die Teilefamilie «Walzen» – zum Beispiel – besteht aus zwölf konventionellen und sieben CNC-Werkzeugmaschinen sowie einem Regallager zwischen den einzelnen Bearbeitungsstationen (Bilder 1, 2, 3). Für die Bearbeitung des Jahresausstosses von rund 50 000 Walzen sowie sämtlicher Walzenvarianten müssen etwa 7000 NC-Programme erstellt werden. Parallel zur laufenden Produktion werden Optimierungen nach folgenden Prioritäten vorgenommen:

- Sicherstellen der Funktionalität bei bisherigen Randbedingungen
- stufenweises Anpassen der technischen Daten (Schnittdaten, Taktzeiten, NC-Programme) bis zum Erreichen der Zielwerte
- Qualifizierung des Personals für einen breiteren Einsatzbereich
- Übernahme von Zusatzfunktionen wie Kontroll- und (Wartungs-)Unterhaltsaufgaben durch das Werkstattpersonal
- Anpassen der Organisationsstrukturen im administrativen Bereich (Arbeitsvorbereitung, NC-Programmierung, Disposition) bei gleichzeitigem Aufbau dezentraler Steuerung und Disposition im frontnahen Bereich.

Das Teilefamilienkonzept hat sich als vorteilhaft erwiesen: die Flexibilisierung hinsichtlich des variablen Typenmixes ist gestiegen. Im Extremfall kann zum Beispiel mit der Teilefamilie «Walzen» ein Tagesbedarf gefertigt werden. Positiv ist die Wirkung auf die

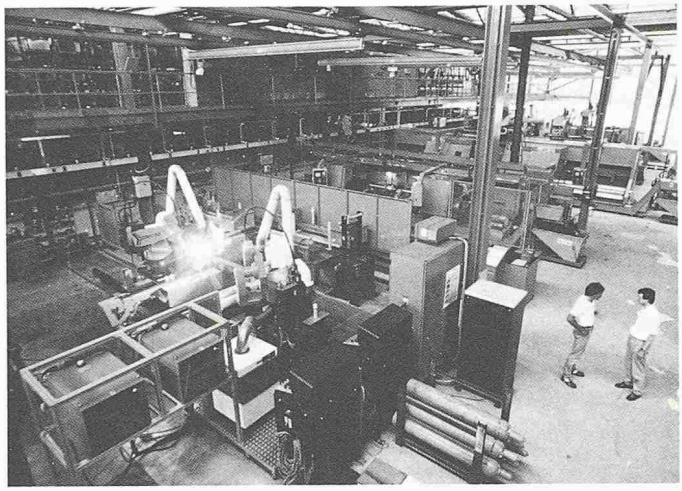


Bild 3. Teilefamilie Walzen: Teilansicht des Lagergestelles und der CNC-gesteuerten Werkzeugmaschine; im Vordergrund eine automatisierte Schweissmaschine mit Roboter



Bild 4. Teilefamilie Gehäuse: Flexibles Fertigungssystem geliefert von der Firma Scharmann. Links das zentrale Werkzeugmagazin, in der Mitte die computergesteuerten Transportfahrzeuge und rechts die Bearbeitungszentren

Durchlaufzeiten und damit auf die Senkung des Umlaufvermögens. Das Konzept erlaubt einen stufenweise steigenden Automatisierungsgrad, d.h., der Ausbau zu einer noch höheren Automatisierung ist konzeptionell gegeben (Bild 4).

Neu gruppierte Montage

Die Zusammenfassung des gesamten Montagevolumens an einen einzigen Standort hätte Vorteile gebracht. Diese Extremlösung wurde aber nicht gewählt. Einen Standort mit voller Infrastruktur faktisch auf die Funktion eines Zulieferwerks umzuformen, wäre wohl kaum akzeptiert worden. Ausserdem wären hohe Investitionen entstanden, da aus Kapazitätsgründen ein anderes Montagekonzept hätte erstellt werden müssen. Ferner hätten zweckgebundene Einrichtungen am abgegebenen Standort liquidiert werden müssen.

Daher wurden die bisher auf die beiden Werke aufgeteilten Montagelinien beibehalten, wenn auch neu gruppiert. Mit dem Anlaufen der neuentwickelten Luftdüsenwebmaschine L 5100 (mit modularem Aufbau) erfolgte eine Umlagerung von Rüti nach Zuchwil, wo jetzt auf demselben Band Projektilwebmaschinen P 7100 und Luftdüsenwebmaschinen L 5100 montiert werden.

Die Besonderheit der Montage in Zuchwil ist die beidseitige Zuführung von Teilen oder vormontierten Baugruppen an den jeweiligen Bandmontageplatz. Als flexible Verschiebebühne zwischen der Vormontage des Grundgestells und dem Band fungieren Luftkissenfahrzeuge, die als Transporteinheit und gleichzeitig als Montageplatz eingesetzt werden. Das Material wird einerseits Just-in-Time (JIT) und andererseits über lagerbewirtschaftete Artikel zugeliefert. Den Materialfluss zwischen Lager und Vor- bzw. Bandmontage besorgen induktiv gesteuerte Fahrzeuge. Am Standort Rüti verbleibt die Montage der Greiferwebmaschine G 6100 auf zwei parallelen Bändern und seitlich angeordneter Vormontage. Im Falle einer neustrukturierten Maschine wird an einen ähnlichen Montagebetrieb gedacht wie in Zuchwil, nämlich an kontinuierlichen Montagevorschub auf einem Band und beidseitige Zuführung von Teilen und Baugruppen.

Rückwirkungen auf die Konstrukion

Jede Weiterentwicklung des Sortiments ergibt eine Vermehrung des Artikelsortiments. Damit verbunden sind eine grössere Anzahl Lagerpositionen und höheres Umlaufvermögen. Aus Wirtschaftlichkeitsgründen wurde die Begrenzung der Teilevielfalt beschlossen. So hat sich die Technik zum Ziel gesetzt, 30% identische Teile bei den drei Websystemen einzusetzen. Um dem Konstrukteur das Auffinden gleicher Teile zu erleichtern, benötigt er im CAD-System eine nach der Sachmittelleiste orientierte Zeichnungsverwaltung. Im weiteren ist im Rahmen der Neustrukturierung der Produktion eine intensive Querverbindung zwischen Produktion und Technik vonnöten. Der Konstrukteur muss sich bereits in der kreativen Phase bei der Neukonstruktion um die wirtschaftlichen Randbedingungen in der Produktion bemühen. Über Konstruktionsrichtlinien werden die Konstrukteure über die wirtschaftlichen Grenzen informiert. Der Aufbau der Konstruktionsrichtlinien unterteilt sich in einen empfehlenden und einen verbindlichen Teil.

Allein durch diese bewusste Begrenzung lassen sich beträchtliche Summen an einmaligen Kosten (weniger Werkzeuge und Kontrollwerkzeuge usw.) und sich wiederholenden Kosten (weniger Verlustzeiten durch Werkzeugwechsel usw.) einsparen.

Integration

Die Verbundproduktion zweier Standorte und auch die Realisierung des Teilefamilienkonzepts mit insularem Aufbau brauchen einen intensiven Querverkehr von Material, Teilen und besonders Informationen. Das heisst synchronisierte Logistik und funktionierender Datenaustausch waren unabdingbar. Darüber hinaus ist ein Höchstmass an Flexibilität beim Produktemix und bei der Produkteentwicklung zu erreichen. Erst mit der Optimierung der Teilefamilien, dem CIM-Konzept und den Organisationsanpassungen kann eine vernünftige Integration erreicht werden.

Erfolgsfaktor CIM-Standards

Ein CIM-Projekt dieser Grössenordnung und mit vorgegebenen knappen Terminen kann nur durch Rahmenrichtlinien und Integrationsstandards zum Erfolg geführt werden:

- Planungsebene, Steuerungsebene und Ausführungsebene sind die drei Organisationsebenen für den gesamten Rechnerverbund (Topologie)
- Zuordnung der einzelnen CIM-Applikationen zu diesen Ebenen
- Beschränkung auf zwei Computerfamilien und zwei Betriebssysteme
- Beschränkung auf wenige Datenbankprodukte
- Definition (einiger weniger) zulässiger EDV-Entwicklungs- und Integrationswerkzeuge
- einheitliche Kommunikationsinstrumente
- Verwendung von Standardsoftware sowie identische Anwendung an den

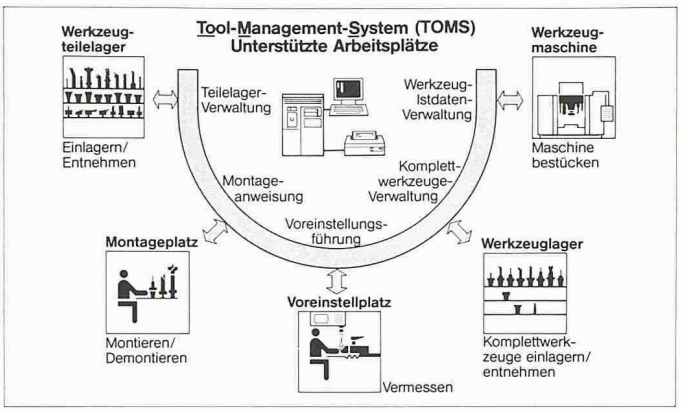


Bild 5. Fertigungsleittechnik

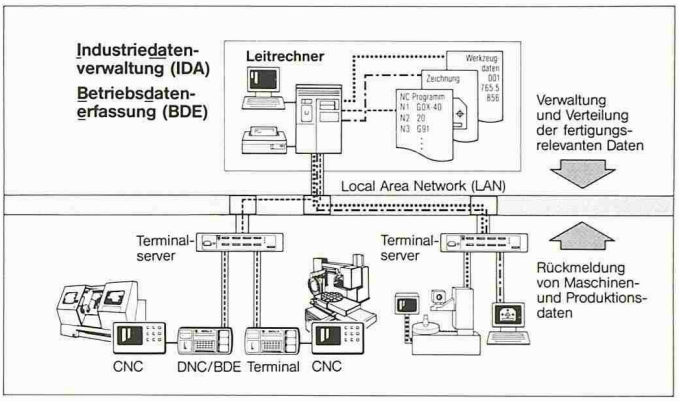


Bild 6. Fertigungsleittechnik: DNC/BDE

verschiedenen Standorten des Produktbereichs
- Beschränkung auf nur drei CNC-Steuerungsfabrikate (soweit technisch und wirtschaftlich machbar)

Bereits heute – nach knapp drei Jahren – hat sich bestätigt, dass diese Standardisierungsphilosophie zu einem Erfolgsfaktor in der CIM-Strategie werden wird, kann man doch diverse Teilsysteme parallel implementieren und in sich stabilisieren. Erst danach wird die eigentliche Koppelung vorgenommen. So umgeht man grössere Probleme bei der Integration.

Umfassender Systemansatz

Konnten in früheren EDV-Projekten die Systeme noch relativ einfach abgegrenzt werden, zwingt CIM nun zum umfassenden und interdisziplinären Ansatz (Bilder 5, 6, 7, 8). Entsprechend weit wurden die CIM-Systemgrenzen abgesteckt, um unwirtschaftliche Schnittstellen zu verhindern. Dem «flächendeckenden» Ansatz hat man in der CIM-Konzipierungsphase hohe Priorität zugeordnet. Die scheinbare zeitliche Verzögerung durch das breitangelegte Vorgehen in der Projektfrühphase wird bei der Umsetzung wieder aufgeholt. Es lässt sich bereits heute erkennen, dass das konsequente Durchdenken in der CIM-Entwurfsphase Vorteile mit sich bringt:

- einfache LAN-Gestaltung durch den Einsatz von Standardrechnern
- Erhöhung der Sicherheit und der Wirtschaftlichkeit durch den gegenseitigen Back-up von Rechnern
- günstigere Systemsoftwarekosten durch die Wahl geeigneter Rechner
- einfache Integration von CAD- und NC-Programmierung durch frühzeitiges konzeptionelles Abstimmen der einzelnen Applikationsprodukte

Ist es auch selbstverständlich, dass in einem CIM-Konzept Benutzerfunktionen zusammenpassen, wird sehr oft die CIM-Infrastruktur vergessen. Es handelt sich hierbei hauptsächlich um:

- den gesamten Kommunikationsbereich (bei Sulzer Rüti zwei Haupt- und vier Nebenstandorte)
- den sehr wichtigen Bereich der Sicherheit
- den Komplex der Benutzerendgeräte mit den vielschichtigen Bedürfnissen
- den Aspekt der koordinierten Dezentralisierung, der eine Feinabstimmung zwischen dem Fachbereich Informatik und den einzelnen Benutzerstellen notwendig macht und zu jeweils eindeutigen Verantwortungsdefinitionen zwingt
- die Berücksichtigung der organisatorischen Massnahmen im Hinblick auf CIM

Werden diese Aspekte bei der Vorplanung vergessen, sind später aufwendige Eingriffe für Korrekturen nötig.

Ausgangslage

Die Randbedingungen beim Realisieren des CIM-Konzepts waren kontrovers. Einerseits hatte man bereits weit mehr als ein Jahrzehnt intensive EDV-Erfahrung, anderseits war der Idealzustand «grüne Wiese» nicht mehr gegeben. Bestehende Applikationen mussten abgelöst, überarbeitet oder übernommen werden.

Die Erfahrungen aus der sogenannten Vor-CIM-Phase waren für die eigentliche CIM-Modellierung und den Realisierungsstart von überaus hoher Bedeutung. Man konnte bei der Konzipierung des CIM-Projekts auf das bereits vorhandene Know-how der EDV-Abteilung und der EDV-Benutzer zurückgreifen. Diese Tatsache hat mit dazu beigetragen, dass das Formulieren der Sachziele, die Soft- und Hardwarebeurteilung und -auswahl, die Festlegung der notwendigen Investitionen und des EDV-Personalbedarfs, die terminliche Machbarkeit, die gesamte Integrationsproblematik und der Ausbildungsum-

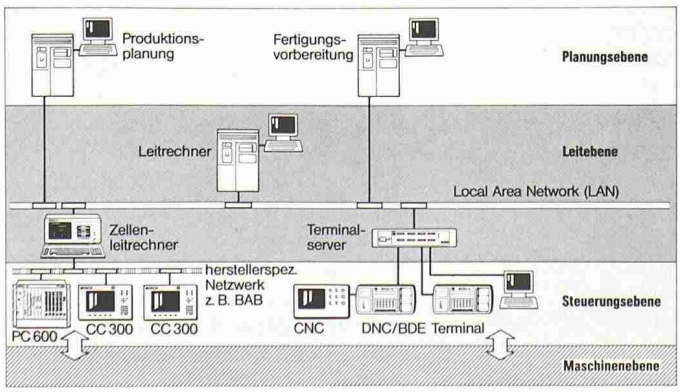


Bild 7. Fertigungsleittechnik: Einordnung in das CIM-Umfeld

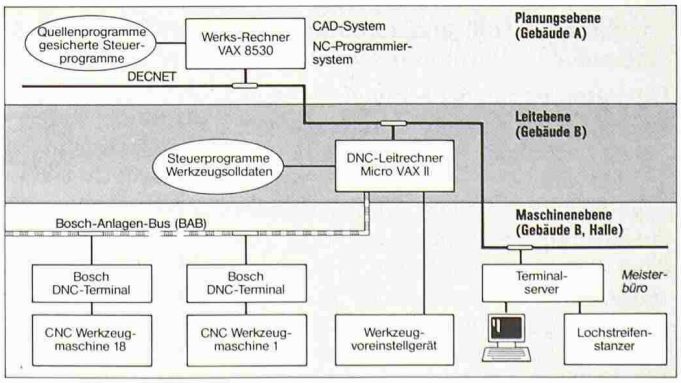


Bild 8. DNC-System Teilefamilie Nocken des Sulzer Projekts PK 90

Definitionen (z.T. mit Funktionszuordnungen) der in der Produktion mit integriertem EDV-Einsatz verwendeten Begriffe

(AWF-Empfehlung, November 1985)

Definition **CAD**

ist ein Sammelbegriff für alle Aktivitäten, bei denen die EDV direkt oder indirekt im Rahmen von Entwicklungs- und Konstruktionstätigkeiten eingesetzt wird. Dies bezieht sich im engeren Sinn auf die graphisch-interaktive Erzeugung und Manipulation einer digitalen Objektdarstellung, z.B. durch die zweidimensionale Zeichnungserstellung oder durch die dreidimensionale Modellbildung.

Im weiteren Sinne bezeichnet CAD allgemeine technische, Berechnungen mit oder ohne graphische Ein- und Ausgabe.

Funktionszuordnung
- Entwicklungstätigkeiten
- Technische Berechnungen
- Konstruktionstätigkeiten
- Zeichnungserstellung

Definition **CAP**

bezeichnet die EDV-Unterstützung bei der Arbeitsplanung. Hierbei handelt es sich um Planungsaufgaben, die auf den konventionell oder mit CAD erstellten Arbeitsergebnissen der Konstruktion aufbauen, um Daten für Teilefertigungs- und Montageanweisungen zu erzeugen. Darunter wird verstanden: Die rechnerunterstützte Planung der Arbeitsvorgänge und der Arbeitvorgangsfolgen, die Auswahl von Verfahren und Betriebsmitteln zur Erzeugung der Objekte sowie rechnerunterstützte Erstellung von Daten für die Steuerung der Betriebsmittel des CAM.

Ergebnisse des CAP sind Arbeitspläne und Steuerinformationen für die Betriebsmittel des CAM.

Funktionszuordnung
- Arbeitsplanerstellung
- Betriebsmittelauswahl
- Erstellung von Teilefertigungsanweisungen
- Erstellung von Montageanweisungen
- NC-Programmierung

Definition **CAM**

bezeichnet die EDV-Unterstützung zur technischen Steuerung und Überwachung der Betriebsmittel bei der Herstellung der Objekte im Fertigungsprozess.
Dies bezieht sich auf die direkte Steuerung von Arbeitsmaschinen, verfahrenstechnischen Anlagen, Handhabungsgeräten sowie Transport- und Lagersystemen.

Technische Steuerung und Überwachung der Funktionen

Funktionszuordnung
- Fertigen
- Handhaben
- Transportieren
- Lagern

Definition **CAQ**

bezeichnet die EDV-unterstützte Planung und Durchführung der Qualitätssicherung.
Hierunter wird einerseits die Erstellung von Prüfplänen, Prüfprogrammen und Kontrollwerten verstanden, andererseits die Durchführung rechnerunterstützter Mess- und Prüfverfahren.
CAQ kann sich dabei der EDV-technischen Hilfsmittel des CAD, CAP und CAM bedienen.

Funktionszuordnung
- Festlegung von Prüfmerkmalen
- Erstellung von Prüfvorschriften und -plänen
- Erstellung von Prüfprogrammen für rechnerunterstützte Prüfeinrichtungen
- Überwachung der Prüfmerkmale am Objekt

Definition **PPS**

bezeichnet den Einsatz rechnerunterstützter Systeme zur organisatorischen Planung, Steuerung und Überwachung der Produktionsabläufe von der Angebotsbearbeitung bis zum Versand unter Mengen-, Termin- und Kapazitätsaspekten.

Die PPS-Hauptfunktionen sind:

Funktionszuordnung
- Produktionsprogrammplanung
- Mengenplanung
- Termin- und Kapazitätsplanung
- Auftragsveranlassung
- Auftragsüberwachung

Definition **CAD/CAM**

beschreibt die Integration der technischen Aufgaben zur Produkterstellung und umfasst die EDV-technische Verkettung von CAD, CAP, CAM und CAQ.
Auf der Basis der im CAD erzeugten digitalen Objektdarstellung werden im CAP Steuerinformationen erzeugt, die im CAM zum automatisierten Betrieb der Fertigungseinrichtungen eingesetzt werden. Die entsprechenden Aufgaben werden im Rahmen des CAQ für Mess- und Prüfeinrichtungen durchgeführt.

CAD/CAM ist mehr als die Verbindung von CAD und NC-Programmierung.

Funktionszuordnung
- siehe bei CAD, CAP, CAM und CAQ

Definition **CIM**

beschreibt den integrierten EDV-Einsatz in allen mit der Produktion zusammenhängenden Betriebsbereichen.
CIM umfasst das informationstechnologische Zusammenwirken zwischen CAD, CAP, CAM, CAQ und PPS. Hierbei soll die Integration der technischen und organisatorischen Funktionen zur Produkterstellung erreicht werden.
Dies bedingt die gemeinsame, bereichsübergreifende Nutzung einer Datenbasis.

Funktionszuordnung
- siehe bei CAD, CAP, CAM, CAQ und PPS.

Begriffe

die im Zusammenhang mit dem integrierten EDV-Einsatz in der Produktion gebraucht werden, jedoch in dieser Empfehlung nicht berücksichtigt wurden.

AMH	Automated Materials Handling: Rechnerunterstützte Systeme für automatisierte Bewegung, Handhabung und Lagerung
APS	Advanced Production System: Fortschrittliches Fertigungssystem
CAE	Computer Aided Engineering: Häufig gebrauchter Oberbegriff für CAD/CAP
CAI	Computer Aided Industry: Erweiterung des Begriffs CIM um die kaufmännischen Funktionen. Umfassendster Oberbegriff für den integrierten EDV-Einsatz in einem Unternehmen
CAPPC	Computer Aided Production Planning and Control: Synonym mit PPS
CAPPP	Computer Aided Process and Production Planning: Synonym mit CAP
CAPSC	Computer Aided Production Scheduling and Control: Fertigungssteuerung
CAR	Computer Aided Roboting: Rechnergestützter Robotereinsatz
CAT	Computer Aided Testing: Rechnereinsatz bei der Qualitätsprüfung
CIAM	Computer Integrated and Automated Manufacturing: Synonym mit CIM
CNC	Computerized Numerical Control: Numerische Steuerung mit Rechner
DNC	Distributed Numerical Control: Mehrere numerische Steuerungen, denen ein Leitrechner die Programme zuteilt
FMC	Flexible Manufacturing Cell: Flexible Fertigungszelle aus CNC-Maschine mit Werkzeug- und Werkstückspeicher
FMS	Flexible Manufacturing System: Flexibles Fertigungssystem (FFS)
ICAM	Integrated Computer Aided Manufacturing: Integration von Fertigungs-, Handhabungs-, Transport- und Lagerungssystemen
MAP	Manufacturing Automated Protocol: Protokoll für das Datennetz in der Fabrik
MIS	Management Information System
MP/CS	Manufacturing Planning and Control System: Weitgehend synonym mit PPS
NC	Numerical Control: Numerische Steuerung
PPC	Production Planning and Control: Synonym mit PPS

Steuerprogrammbezogene Angaben	Teilefamilie Nocken	Teilefamilie Walzen (Soll-Zustand)
● Steuerprogramme	3400	7000
● Steuerprogramm-Zuwachs pro Jahr	200	150
● mittlere Programmlänge in kByte	5	2
● Steuerprogramm-Übertragungen pro Schicht	40	30
Steuerungsbezogene Angaben		
● angeschlossene Steuerungen	18	6
● unterschiedliche Steuerungstypen	8	4
● Steuerungen mit Sonderschnittstellen (Parallel- und Protokoll-Schnittstellen)	9	–
● neu beschaffte Steuerungen	9	6
● Anschluß Werkzeug-Voreinstellgerät	ja	ja

Bild 9. DNC-Mengengerüst im Sulzer Projekt PK 90

fang sachlich beurteilt werden konnten. Dieses wertvolle Erfahrungspotential hat entscheidend zur positiven Gestaltung des Projekts beigetragen.

Nachteilig für den CIM-Systembau wirkten sich die bestehenden EDV-Inseln aus, die ehemals ohne Forderung nach Integration aufgebaut worden waren. Hier mussten aufwendige und langwierige Ablöseprozesse in Kauf genommen werden. In der eigentlichen CIM-Gestaltungsphase wurden bestehende Vor-CIM-Kulturen an die Integrationsforderungen angepasst und, wo nicht anders möglich, durch neue Lösungen ersetzt. Der Gestaltungsphase mass man hohe Bedeutung zu, wurden doch Entscheide getroffen, die hohe Investitionen erfordern. Korrekturen dieser Festlegungen sind in den nächsten sechs bis acht Jahren aus finanziellen Erwägungen nur sehr beschränkt möglich.

CAE

In der Vergangenheit führte man die technischen Berechnungen vornehmlich in einer spezialisierten Gruppe durch. Zukünftig wird der Entwickler die benötigten Rechenprogramme stufenweise selbst betreiben. Als Folge davon müssen die bestehenden Programme angepasst werden, um benutzergerechte Strukturen und Oberflächen zu erhalten. Darüber hinaus sind die CAE-Programme mit hohem Personalaufwand der neuen Multiuser-Rechnerwelt anzupassen. Die bestehende Spezialistengruppe wird danach die Aufgaben

- Programmunterhalt (-wartung)
- Erstellen neuer Universalprogramme
- Benutzerbetreuung
- Durchführung von hochspezialisierten Berechnungen

übernehmen. Der Zeitraum für die Umstellung wird sich von 1988 bis nach 1992 erstrecken.

CAD

Im CIM-Konzept hat man CAD (zusammen mit PPS) als die strategisch wichtigste Applikation im CIM-Gebilde angesehen; die in diesem System generierten Daten werden in fast allen Unternehmensbereichen zur Anwendung kommen. Diese Ausgangslage führte zum Entscheid, die CAD-Applikation auf die im Rahmen des CIM-Konzepts festgelegte neue Hardware zu konvertieren. Gleichzeitig musste man ausser der Umgestaltung des Zeichnungsverwaltungssystems die Forderungen nach Integration von CAE und Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit erfüllen. Die Anpassung bestehender CAD-Menüs und -Makros für die CAD-Konversion hat etwa zwölf Monate in Anspruch genommen. Da die Aktion fast alle verfügbaren Ressourcen beanspruchte, war keine Zeit mehr für die dringend notwendige Effizienzverbesserung des CAD-Werkzeugs vorhanden. Solche «EDV-technischen Operationen» gehen zu Lasten des Anwenders und lösen bei ihm alles andere als positive Reaktionen aus. Das Konversionsprojekt wurde Mitte September 1988 erfolgreich abgeschlossen.

CAP

Die Betreuung des seit etwa zehn Jahren eingesetzten NC-Programmierwerkzeugs wurde Ende 1986 durch den Lieferanten eingestellt. Zusammen mit der Forderung, mittelfristig zwischen CAD und CAP eine Integration zu erreichen, hat man ein neues Programmpaket evaluiert und ab 1987 eingeführt. Dieses neue Paket ersetzt das alte umfassend. Ab Mitte 1988 werden Neu- und Änderungsprogramme nur noch mit dem neuen Tool erstellt.

PPS

Dem PPS-System kommt hohe Bedeutung in der JIT-orientierten flexiblen Produktion zu. Bereits seit 1969 wurde im Werk Zuchwil und seit 1986 auch im Werk Rüti das selbstentwickelte PSK-System eingesetzt. Nach eingehender Überprüfung der eventuellen Ablösung durch eine Fremdsoftware wurde entschieden, die eigene Software einem generellen Upgrade zu unterziehen. Seit 1984 wird das System durch die eigene EDV-Entwicklungsabteilung in enger Zusammenarbeit mit dem Benutzer einer umfassenden Überarbeitung unterzogen. Im Mittelpunkt stehen dabei:

- Wahrung einer hohen Flexibilität gegenüber Kundenwünschen
- Ablösung (sofern erforderlich) der Batch-Applikationen durch On-line-Systeme
- Einführung eines JIT-orientierten Bewirtschaftungsmodells zur tagesgenauen Belieferung von Fertigung und Montage
- Montageplanung und -steuerung, JIT-orientiert
- Verkürzung des Verarbeitungszyklus
- On-line-Bestandführung
- direkte Ansteuerung der JIT-orientierten Teilefamilien durch das Fertigungssteuerungssystem
- hohe Systemverfügbarkeit von 98% im Monatsdurchschnitt bei garantierten Antwortzeiten von 80% des Transaktionsvolumens kleiner 2 Sekunden.

CAM

Auch im CAM-Sektor blieb die Ablösung des seit 1980 eingesetzten DNC-Systems nicht erspart. Die 1988 auslaufende DNC-Lösung hatte (bei guter Funktionalität) die maximale Ausbaukapazität bezüglich CNC-Anschlüssen erreicht. Die Evaluation eines Systems mit sehr grosser Anschlusskapazität (für mehr als 100 CNC) war unumgänglich (Bild 9).

Im CAM-Bereich betreibt man intensiv den Ausbau weiterer Komponenten. Mit Blick auf JIT werden modernste produktionstechnische und logistische Lösungen eingeführt, die einen entscheidenden Beitrag zur Reduktion der Durchlaufzeiten und des Umlaufvermögens liefern:

- ein kleineres Flexibles Fertigungs-System (FFS; Inbetriebnahme 1987)
- ein grosses FFS mit integriertem Leitsystem und On-line-Koppelung zu den übergeordneten PPS- und DNC-Funktionen sowie Anbindung an ein Werkzeugvoreinstellgerät (Inbetriebnahme Anfang 1989)
- zwei Teilefamilien mit integriertem rechnergesteuertem Lagersystem (Inbetriebnahme 1987 und 1988), ebenfalls mit Anschluss an die übergeordneten PPS- und DNC-Systeme sowie Koppelung mit
- einem rechnergesteuerten Rohmateriallager- und Materialanliefersystem (Inbetriebnahme Ende 1988)
- ein computergesteuertes Palettenlager für Fertigteile (Inbetriebnahme stufenweise ab Ende 1988)
- diverse rechnergesteuerte Entgrat- und Handlingroboter

Bei der Vielzahl der parallel ablaufenden Projekte war die Vorgabe der bereits beschriebenen CIM-Standards von massgebender Bedeutung; wurde doch so die stufenweise Integration gewährleistet. Dieser «Zwang» zu Standards wirkte sich anfänglich hemmend aus, da die Freiheit des Benutzers scheinbar

Beispiel: Drehmaschine der Teilefamilie Nocken

Maschinenbezogene Angaben	
● Baujahr	1987
● Nutzungsdauer	12 Jahre
● Schichten pro Tag	2

DNC-bezogene Angaben	
● Steuerprogramme	70
● Steuerprogramm-Zuwachs pro Jahr	30
● Steuerprogrammaufrufe pro Jahr	420

Einsparung in Stunden	pro Steuer-programm	erstes Jahr	Folge-jahre
● Neues Steuerprogramm einlasten	1,15	80,5	34,5
● Steuerprogramm-Verwaltung	0,40	28,0	12,0
● Steuerprogramm-Übertragung	0,35	147,0	147,0
Gesamt-Einsparungen pro Jahr		255,5	193,5

Bild 10. Einsparung mit DNC im Sulzer Projekt PK 90

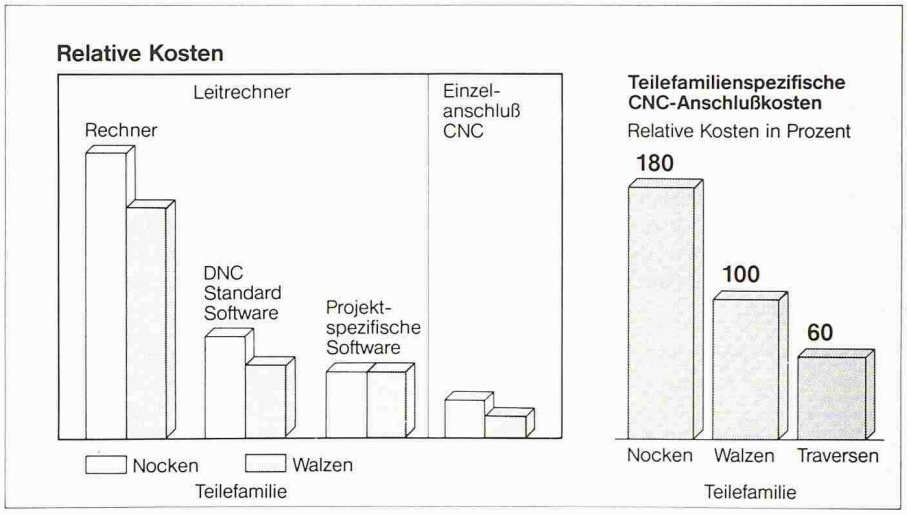


Bild 11. DNC-Kostenstruktur von Teilefamilien des Sulzer Projekts PK 90

beschnitten wurde, ja sogar bevorzugte Lösungen ausgeschlossen werden mussten. Heute ist Normierung voll akzeptiert und durch ihre positiven Auswirkungen anerkannt.

In der dritten CIM-Phase der Integration wird man zunehmend die stabilisierten CIM-Teilgebiete koppeln:

- CAD mit NC-Programmierung
- CAD mit Fabrikationsmitteldateien
- CAD mit PPS
- CAM mit BDE

Es ist vorgesehen, die mit CAD erstellte Geometrie ab etwa 1990 zunehmend ausserhalb der Entwicklungs- und Konstruktionsabteilung zu verwenden, unter anderem zum Erstellen von Ersatzteilkatalogen, Produkthandbüchern, technischen Informationen und Produktionsweisungen.

Der steinige Weg zu wirtschaftlicherer Produktion

Wie das Trägerprojekt PK90 war auch CIM von Anfang an Wirtschaftlichkeitszielen unterworfen. Die Randbedingung schien beim Projektstart 1986 erfüllbar, nicht zuletzt auch bestätigt durch Publikationen aus den USA. Dort meinte man, dass mit dem Einsatz von CIM ungeahnte Potentiale freigesetzt werden könnten. Man hoffte, die Produktivität drastisch zu steigern, den Ausschuss massiv zu senken, die Durchlaufzeiten zu halbieren und die Entwicklungszeiten auf weniger als die Hälfte zu reduzieren. Darüber hinaus wurde sehr oft auch ein sogenannter «strategischer Nutzen» ins Feld geführt.

Nach den inzwischen bei Sulzer Rüti gemachten Erfahrungen wird die Wirtschaftlichkeit infolge CIM-Einsatzes noch ausreichende Limiten erreichen. Es wird aber ein hoher Einsatz notwendig sein, um die entsprechenden Potentiale freizusetzen. Dieses eher ernüchternde Urteil hängt mit der folgenden Tatsache zusammen: Die schweizerische Maschinenindustrie musste in der Vergangenheit laufend die «State-of-art»-Produktionstechnologien einsetzen, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten. Deshalb wird ein sogenannter «Quantensprung» ähnlich wie in den USA in der Schweiz nicht möglich sein. Es ist somit unumgänglich, vor jedem CIM-(Komponenten-)Entscheid die Wirtschaftlichkeit zu prüfen.

Einsparungen durch CAD

Ursprünglich wurde angenommen, man könne beim Zeichnen den Einsparungsfaktor 3 bis 5 erreichen. Diese Annahme ist heute aufgegeben, da die Schnelligkeit des Zeichnungserstellungsvorgangs an Bedeutung verloren hat, CAD wird zunehmend als Entwicklungs- und Konstruktionswerkzeug eingesetzt und muss deshalb anderen Vorgaben folgen.

Mehr NC-Programme

Durch den Einsatz eines modernen NC-Programmierwerkzeugs im Rahmen von CAP kann der Personalbestand in den NC-Programmiergruppen fast konstant gehalten werden, obwohl sich innerhalb von etwa drei Jahren die Anzahl der NC-Werkzeugmaschinen verdoppeln und der Bedarf an NC-Programmierkapazität – auch bedingt durch eine forcierte Produktneuentwicklung – massiv steigen wird.

Dabei genügt es keineswegs, nur das Standardprogrammiersystem zu verwenden. Mit relativ grossem Aufwand werden zurzeit spezifische Softwareanpassungen durchgeführt, um das NC-Werkzeug rationeller einsetzen zu können (Bild 10). Folgende Punkte stehen im Vordergrund:

- Einsatz von Parametric-Technik für (zunächst) die Drehbearbeitung
- Übernahme der Geometrie aus dem CAD-System
- Gestaltung von Menüs und Makros zum Erleichtern der Programmierarbeiten

Vorteile unter den Erwartungen

Im Bereich CAM sind die Wirtschaftlichkeitspotentiale ebenfalls eher gering. Äusserste Anstrengungen insbesondere auch bei den organisatorischen Belangen sind notwendig, um das Wirtschaftlichkeitsziel insgesamt zu erreichen. Als vorläufiges Ergebnis kann man folgendes festhalten:

- Vorteile sind zu erwarten aus der Reduktion der Losgrössen und dem damit verbundenen höheren Aufwand bei Programmverwaltung und -verteilung sowie beim hohen Bedarf an Neuprogrammen und deren Optimierung bei der Einführung neuer NC-Maschinen und neuer Produkte. Die Wirtschaftlichkeit des DNC-Betriebs ist in den bereits gut organisierten und straff geführten Fertigungsbetrieben eher bescheiden, da durch konventionelle Massnahmen die NC-Versorgung einen hohen Stand erreicht hat (Bild 11).
- Die Wirtschaftlichkeitserwartungen beim Einsatz der FFS wurden ebenfalls nach unten korrigiert, da sich Platzbedarf, Investitionen und Anlaufkosten ungünstiger auf die Kostenrechnung ausgewirkt haben, als es erwartet wurde.
- Höher liegen dagegen die erwarteten Potentiale bei rechnergesteuerten Lager- und Transportsystemen. Insbe-

sondere durch die Reduktion des Handlingaufwands, durch Platzeinsparungen (Raumausnutzung) sowie durch die Reduktion des Umlaufvermögens sind messbare Vorteile zu erwarten.

Unterm Strich wird sich der CIM-Einsatz also lohnen. Die positiven Ergebnisse müssen aber mit hohem Aufwand und langwieriger, beharrlicher Arbeit erkauft werden.

Nötiges Engagement des Topmanagements

Das CIM-Konzept und die darin festgelegten Standards, Investitionen und Projekttermine hat man in enger Zusammenarbeit mit der Konzernbereichsleitung erstellt und freigegeben. Wie bereits erwähnt, bildet dieses Konzept die verbindliche Basis für alle Teilprojektaktivitäten. Jedes grössere CIM-Teilprojekt muss mehrmals bis zu seiner Realisierung der Kontrollinstanz, dem PK90-Projektausschuss (Vorsitz Konzernbereichsleitung), vorgelegt werden:

- bei der Freigabe des Projektierungsauftrags und -kredits
- bei Abschluss der Konzeptphase
- bei Abschluss der Pflichtenheftphase
- beim Vorliegen des Controlling-Plans.

Dabei wird neben der eigentlichen Sachfrage im besonderen auf die Festlegungen des CIM-Konzepts, aber auch auf Wirtschaftlichkeit, Risikofaktoren und Technologietrends eingegangen. Mit diesem Ablauf wird die Zielerreichung zu einem hohen Grad sichergestellt.

Chancen und Gefahren

Chancen:

- Bei zäher Projektarbeit sind Wirtschaftlichkeitspotentiale vorhanden
- CIM hilft mit, die Entwicklungs- und Produktionsabteilung näher zusammenzubringen, was sich positiv auf die Herstellkosten auswirken wird
- CIM erhöht die Flexibilität des Unternehmens durch kürzere Informationswege
- CIM bietet sich als Integrator für gemeinsame, identische Organisationsformen in einer Verbundproduktion an
- CIM fördert die Verantwortung und das unternehmerische Denken der Mitarbeiter
- CIM bietet den Mitarbeitern neue Entfaltungs- und Bewährungsmöglichkeiten

Gefahren

- CIM ersetzt keine fehlenden Unternehmensziele, sondern setzt sie voraus.
- CIM muss sich an diesen Unternehmenszielen orientieren. Fehlen sie, sind unwirtschaftliche Lösungen vorprogrammiert.
- CIM-Investitionen erhöhen bei inkonsequentem Verhalten das unternehmerische Risiko, insbesondere wenn Investitionslimiten überschritten werden.
- CIM-Lösungen belasten die gesamte Belegschaft, bedingt durch das Ablösen bewährter Abläufe.
- CIM macht das Unternehmen bezüglich Sicherheitsaspekten anfälliger. Entsprechende Sicherheitsdispositive müssen erstellt werden, wobei die dazu notwendigen Investitionen die Wirtschaftlichkeit beeinträchtigen.

Wie in jeder neuen und damit weitgehend unbekannten Hochtechnologie ist es Aufgabe, die Vorteile konsequent zu erkennen und in wirtschaftliche sowie sozialpolitische Vorteile umzusetzen. Parallel dazu sind durch intensiven Zugewinn von Fachwissen sowie mit einem entsprechenden Risikomanagement die möglichen Nachteile zu minimieren. Nach neuerer Beurteilung bleibt beim Abwägen aller positiven und negativen Komponenten ein Chancenplus für die CIM-Technologie bestehen.

Adresse der Verfasser: Dr.-Ing. *Fritz G. Hafen,* Projektleiter des Produktionskonzepts bei Gebr. Sulzer AG, Rüti, und zuständiges Direktionsmitglied für CIM, Sulzer-Delegierter bei CIMEX.
Karl-Richard Veit, Projektleiter CIM bei Gebr. Sulzer AG, Rüti

Wettbewerbe

Centre scolaire à Orsières

L'administration communale d'Orsières organise, en collaboration avec le Service cantonal valaisan des bâtiments, un concours d'architecture en vue de la construction d'un centre scolaire à Orsières.

Ce concours est ouvert aux architectes établis en Valais avant le 1er janvier 1988 ainsi qu'aux architectes valaisans établis en Suisse avant la même date.

L'inscription est ouverte jusqu'au 18 novembre 1988 et les documents de base peuvent être retirés dès le 28 novembre 1988. La reddition des projets est fixée au mois d'avril 1989. Le règlement et le programme de ce concours peuvent être obtenus gratuitement auprès de l'administration communale, 1937 Orsières.

Stations transformatrices de la Compagnie vaudoise d'électricité CVE

La *Compagnie vaudoise d'électricité* (CVE) est une société qui distribue l'électricité et alimente 294 communes du canton de Vaud. Ses 400 collaborateurs sont au service de 88 000 clients directs et 9 revendeurs. Manifestant son souci constant d'améliorer l'aspect de ses installations et d'apporter ainsi sa contribution au développement harmonieux de l'environnement, la Compagnie vaudoise d'électricité et sa Commission des sites ont ouvert le présent concours. En offrant aux étudiants la possibilité d'y prendre part, elle a souhaité les sensibiliser aux problèmes touchant à l'environnement.

Cette étude d'un objet de taille réduite, et par là maîtrisable, constitue une approche de la vie pratique en prenant en compte des facteurs de production et de coût.

Les concurrents devaient proposer une station transformatrice satisfaisant aux données du cahier des charges. La solution présentée reprend les éléments constitutifs de l'intérieur d'une station de type «béton 3». Les matériaux utilisés, la disposition des éléments, la forme et l'aspect de la station étaient laissés au choix des concurrents. Le projet devait permettre la constituion d'une gamme de stations de différentes tailles et puissances.

L'organisateur a invité dix professionnels à confronter leurs projets, soit cinq architectes et cinq designers. Il a, par ailleurs, offert aux étudiants des trois écoles mentionnées ci-après, l'opportunité de participer, hors travail d'atelier, à ce concours:

- l'Art Center College of Design/Europe (La Tour-de-Peilz)
- le Département d'Architecture de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne