

Kurbel, Karl

Working Paper

CA-Techniken und CIM

Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik, No. 3

Provided in Cooperation with:

University of Münster, Department of Information Systems

Suggested Citation: Kurbel, Karl (1991) : CA-Techniken und CIM, Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik, No. 3, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Wirtschaftsinformatik, Münster

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/59333>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Arbeitsbericht Nr. 3

CA-Techniken und CIM

Karl Kurbel

Erscheint in:

Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, 5. Auflage;

herausgegeben von:

W. Wittmann, W. Koch, R. Köhler, H.-U. Küpper, K. v. Wysocki

Institut für Wirtschaftsinformatik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster,
Grevenener Straße 91, 4400 Münster, Tel. (0251) 83-9750, Fax (0251) 83-9754

Mai 1991

Vorbemerkung

Der folgende Text ist als Beitrag für die Neuauflage des Handwörterbuchs der Betriebswirtschaftslehre (5. Auflage) vorgesehen. Wie die Erfahrung lehrt, ist die Herstellung von Handwörterbüchern ein langwieriger Prozeß. Dies bestätigt zum Beispiel ein Blick in das Vorwort des Handwörterbuchs der Planung¹⁾. Zwischen Manuskriptablieferung und Erscheinungstermin können mehrere Jahre vergehen.

Vor diesem Hintergrund soll der Arbeitsbericht als Vorabinformation über den Stand der Erkenntnisse im Frühjahr 1991 dienen. Die inhaltlichen und formalen Vorgaben der Herausgeber wurden weitgehend unverändert beibehalten, so etwa die unpräzise Zitierweise, die in den Handwörterbüchern verwendet wird.

Besonderer Dank gebührt Herrn Dipl.-Inform. Claus Rautenstrauch, der wichtige Vorarbeiten zu diesem Beitrag leistete.

Zusammenfassung

Der Arbeitsbericht gibt zunächst einen Überblick über die technisch orientierten rechnergestützten Komponenten im Rahmen des Computer Integrated Manufacturing (CIM), die sogenannten "CAX-Systeme" oder "CA-Systeme":

- CAD (Computer Aided Design)
- CAP (Computer Aided Planning)
- CAM (Computer Aided Manufacturing)
- CAQ (Computer Aided Quality Assurance)
- CAI (Computer Aided Instruction)

Er geht dann auf Schnittstellen der Teilsysteme untereinander und auf Schnittstellen zu anderen, insbesondere zu betriebswirtschaftlich orientierten Anwendungssystemen ein. Ansätze und Probleme der Integration unterschiedlicher Softwaresysteme sowie die neuen Herausforderungen an die Betriebswirtschaftslehre und an den Betriebswirt beschließen den Beitrag.

Inhalt

- 1 CIM-Überblick 4
- 2 Die CIM-Bausteine 4
 - 2.1 CAD/CAE-Systeme 5
 - 2.2 CAP-Systeme 7
 - 2.3 CAM-Systeme 8
 - 2.4 CAQ-Systeme 9
 - 2.5 CAI-Systeme 10
- 3 Schnittstellen zwischen CIM-Komponenten 10
 - 3.1 CAD-CAP-Schnittstellen 11
 - 3.2 CAD-CAM-Schnittstellen 12

¹⁾ Vgl. Szyperski, N. (Hrsg.): Handwörterbuch der Planung, Enzyklopädie der Betriebswirtschaftslehre, Bd. 9; Stuttgart 1989, Sp. XV - XVI.

3.3	CAP-CAM-Schnittstellen	13
3.4	CAQ-Schnittstellen	14
3.5	Schnittstellen zu anderen Systemen	14
3.5.1	PPS-CA-Schnittstellen	14
3.5.2	Schnittstellen zur Kostenrechnung	15
3.5.3	Unternehmensweit übergreifende Integrationskonzepte	16
4	Realisierung der Integration	16
4.1	Integration aus technischer Sicht	17
4.2	Konzeptionelle Datenmodelle als Voraussetzung für Datenintegration	17
4.3	Organisatorische Auswirkungen von CIM	18
5	CIM-Technologie und Benutzerakzeptanz	19
6	Herausforderungen	20
6.1	Anforderungen an die Betriebswirtschaftslehre	20
6.1.1	Neue Organisationsformen	20
6.1.2	Revision von Modellen und Methoden der Produktionsplanung	20
6.2	Anforderungen an den Betriebswirt	21
7	Zusammenfassung und Ausblick	21
	Literatur	22

1 CIM-Überblick

Computer Integrated Manufacturing (CIM) bezeichnet die integrierte Informationsverarbeitung für betriebswirtschaftliche und technische Aufgaben eines Industriebetriebs (Scheer 1990a). Der entscheidende Buchstabe ist das "I" (für *Integration*): Die Softwaresysteme im Produktionsbereich sollen nicht Insellösungen sein, sondern als integrierte Systeme zusammenwirken. Integration beinhaltet Funktionsintegration und Datenintegration. Von *Funktionsintegration* spricht man, wenn Funktionen aus verschiedenen Softwaresystemen dem Benutzer für eine durchgängige Vorgangsbearbeitung gleichzeitig zur Verfügung stehen oder sich gegenseitig anstoßen können ("triggern"). *Datenintegration* liegt vor, wenn die gleichen Daten von verschiedenen Softwaresystemen genutzt werden können (Becker 1991).

Wichtige Ziele des CIM sind (Bierbaum/Muster 1988, Schulz 1990, Scheer 1990d):

- *Qualitätsziele*: Steigerung der Produktqualität, Verringerung der Planungsfehler und der Ausschußquote,
- *Zeitziele*: Senkung der Durchlauf- und Entwicklungszeiten, Verbesserung der Termintreue,
- *Kostenziele*: Kostensenkung durch höhere Anlagenauslastung, niedrigere Kapitalbindung und konsequente Nutzung moderner Produktionstechniken,
- *Flexibilitätsziele*: Verringerung von Reaktionszeiten und Losgrößen, Erhöhung der Lieferbereitschaft.

Der vorliegende Beitrag beschreibt zunächst die einzelnen CA-Komponenten des CIM-Konzepts. Danach werden die Schnittstellen und technischen Grundlagen für die Integration der Teilsysteme vorgestellt und abschließend die betriebswirtschaftliche Relevanz des CIM-Konzepts erörtert.

2 Die CIM-Bausteine

Die am Produktionsprozeß beteiligten Softwaresysteme können in die betriebswirtschaftliche (*Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme - PPS-Systeme*) und die technische Software (*CA-Systeme*) unterteilt werden. Der Schwerpunkt im folgenden liegt auf den technischen Systemen (linker Teil in Abbildung 1).

Abb. 1: AWF-Empfehlung CIM (AWF 1985)

2.1 CAD/CAE-Systeme

Aufgabe von *CAD/CAE*-Systemen (Computer Aided Design/Computer Aided Engineering) ist die Unterstützung des Konstrukteurs bei dem Entwurf und der Konstruktion von Produkten. Im Konstruktionsprozeß können drei Phasen unterschieden werden (*Scheer* 1990b):

- *Konfigurierung*: Anforderungsanalyse, Erarbeitung von Lösungsvarianten und erste Bewertung dieser Lösungen,
 - *Gestaltung*: Konkretisierung der angestrebten Lösungsvariante, maßstabsgetreue Darstellung, Aufstellung von Modellen, Bewertung,
 - *Detaillierung*: detaillierte Konstruktion und Darstellung der Einzelteile des Produkts.
- In jeder Phase überwiegt die grafische Darstellung (*Spur/Krause* 1984). Daher ist das Kernstück eines CAD-Systems ein Werkzeug zur Erstellung mehrdimensionaler Grafiken. Grundsätzlich werden drei Arten unterschieden (*Henning* 1988): Bei der *2D-Darstellung* werden die zu konstruierenden Elemente ausschließlich in einer zweidimensionalen "Aufsicht" gezeigt. Bei der *2½D-Darstellung* werden die Elemente zweidimensional erzeugt, können dann aber in eine dreidimensionale Gesamtdarstellung projiziert werden (3D-Clipping). In der *3D-Darstellung* werden Elemente in dreidimensionaler Form (X-, Y- und Z-Achse) erzeugt und repräsentiert.

Als Grundlage für die grafische Darstellung von Objekten kommen drei Modelle in Betracht (*Abeln* 1990):

- o Beim *kantenorientierten Modell* werden Objekte durch Konturen und Punkte dargestellt. Da ausschließlich das "Gerippe" eines geometrischen Körpers sichtbar wird, ist das Modell nur begrenzt für komplexe dreidimensionale Körper einsetzbar.
- o Beim *flächenorientierten Modell* werden die Flächenanteile des Modells zweidimensional erstellt und dann vom System zu einem dreidimensionalen Bild zusammengebaut (*2½D-Darstellung*). Es fordert vom Konstrukteur ein hohes Abstraktionsvermögen, da er ein dreidimensionales Gebilde in zweidimensionale Komponenten zerlegen und deren Anknüpfungspunkte definieren muß.

o Beim *volumenorientierten Modell* entsteht das Objekt durch mengentheoretische Verknüpfung verschiedener Basiskörper (Zylinder, Quader, Würfel u.a.). Diese werden einzeln in dreidimensionaler Form konstruiert und dann vom System zum Gesamtobjekt zusammengesetzt.

Technische Basis von CAD-Systemen sind leistungsfähige Grafik-Workstations mit Farb-Bildschirmen. Die Eingaben erfolgen mit Maus, Lichtgriffel oder Grafiktablett (*Encarnação/Schlechtendahl 1983*).

CAD-Systeme müssen nicht nur das Anlegen und Verändern grafischer Strukturen erlauben, sondern auch in der Lage sein, die erstellten Zeichnungen als Grafiken abzuspeichern und die konstruierten Teile als Objekte zu verwalten, z.B. mit Hilfe eines *objektorientierten Datenbanksystems*. Neben den reinen Geometriedaten werden mit den Objekten auch weitere Daten, z.B. physikalische Eigenschaften, abgelegt. Diese können zur Klassifikation von Teilen verwendet werden. Bei späteren Konstruktionsprozessen kann man dann auf früher bereits erzeugte Objekte zurückgreifen, so daß sich der Arbeitsaufwand wesentlich reduziert (*Spur/Krause 1986, Krause 1987*).

Weitere Funktionen auf der Basis von Objektinformationen, die ein fortgeschrittenes CAD-System unterstützt, sind die Generierung von *Stücklisten* (*Abeln 1990*) sowie die begleitende Kalkulation beim Konstruktionsprozeß.

Der CAE-Begriff wurde in der Literatur früher höchst uneinheitlich (z.B. für spezielle Konstruktionsaufgaben) verwendet. Heute trifft man ihn immer seltener an. Er wird deshalb im weiteren nicht mehr behandelt.

2.2 CAP-Systeme

CAP-Systeme (Computer Aided Planning) haben die Aufgabe, auf Basis geometrischer und technologischer Produktdaten Arbeitspläne zu generieren. Ein *Arbeitsplan* ist aus ingenieurmäßiger Sicht die Beschreibung einer Prozeßkette für die Transformation eines Werkstücks vom Rohzustand in den Fertigungszustand. Die Elemente der Prozeßkette sind die Arbeitsgänge. Zu den Arbeitsgängen gehören u.a. Reihenfolgebedingungen (Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen), Zeitvorgaben und Betriebsmittelzuordnungen.

Als Grunddaten für die *Arbeitsplanung* benötigt man Konstruktionsmerkmale, Materialeigenschaften, Stücklisten und Toleranzen. Die daraus generierten Arbeitspläne können auf zwei Wegen in die Fertigung gehen: Entweder sie werden in Form von Fertigungsaufträgen ausgedruckt und der konventionellen Fertigung in Papierform übergeben; oder sie fließen als Wege- und Schaltinformationen in Form von Programmcode für automatisierte Fertigungseinheiten (z.B. NC-Maschinen) in die computergesteuerte Fertigung ein. Da auch die PPS-Systeme Arbeitspläne führen, sind die gleichen Informationen manchmal doppelt vorhanden!

CAP-Systeme führen eine Wiederholplanung, Varianten- bzw. Ähnlichkeitsplanung, Anpassungsplanung oder Neuplanung durch (*Anderl 1985, Klaas/Hebbeler 1987*). Bei der *Wiederholplanung* werden zur Generierung eines auftragsspezifischen Arbeitsplans Standardarbeitspläne herangezogen und um die Mengen- und Terminangaben ergänzt. Im Rahmen der *Variantenplanung* werden aus dem Vorrat bereits vorhandener Arbeitspläne Gruppen geeigneter Arbeitsgänge zu einem neuen Arbeitsplan zusammengestellt. Können die Pläne manuell verändert und ergänzt werden, spricht man von *Anpassungsplanung*. Ein System zur *Neuplanung* liegt vor, wenn Arbeitspläne auftragsindividuell erstellt werden können.

Ein CAP-System enthält Informationen über die vorhandenen *Betriebsmittel*, eine Verwaltungskomponente für Arbeitsgänge und Arbeitspläne, eine Simulationskomponente für die Kontrolle und Verbesserung manuell erstellter Arbeitspläne, einen NC-Programmgenerator sowie eine Verwaltungskomponente für *NC-Programme*.

2.3 CAM-Systeme

Die Einführung von *CAM-Systemen* (Computer Aided Manufacturing) (*Rembold et al. 1990, Grupe 1986, Cochran 1986, Spur et al. 1977*) bedeutet den Einzug der Computertechnologie in die Fertigung selbst.

Basissysteme der Fertigungsautomatisierung sind numerisch gesteuerte *Werkzeugmaschinen* (NC-Maschinen), *Roboter, fahrerlose Transportsysteme, Handhabungssysteme* sowie *automatische Lagerhaltungs- und Logistiksysteme*.

Bei den NC-Maschinen werden hauptsächlich drei Varianten unterschieden (*Kief 1984*):

- o Bei einfachen *NC-Maschinen* werden die Steuerungsinformationen für die Durchführung von Arbeitsgängen mit Hilfe eines Lochstreifens eingespeist. Er enthält die Fertigungsschritte, die von der NC-Maschine abzuarbeiten sind. Änderungen am NC-Programm sind nur durch erneute Erstellung eines Lochstreifens und Einspeisung möglich.
- o Bei *CNC-Maschinen* (Computerized Numeric Control) ist ein Mikrocomputer Bestandteil der Maschine. Programme werden über Lochstreifen direkt an der Maschine eingegeben und können mit Hilfe des Mikrorechners modifiziert werden. Da bei NC- und CNC-Maschinen die Programmierung stets lokal erfolgt, ist eine automatische Koordination mehrerer Maschinen nicht möglich.

- o Anders ist dies bei *DNC-Maschinen* (Direct Numeric Control); hier existiert ein Steuerungsrechner, der die Abstimmung zwischen mehreren Maschinen durchführt.

Industrieroboter sind in mehreren Achsen frei programmierbare, mit Greifern oder Werkzeugen ausgerüstete automatische Handhabungseinrichtungen (Warnecke/Schaft 1979).

Handhabung bezeichnet dabei die Vorgänge zur Orientierung und Positionierung von Werkstücken, Werkzeugen und Spannmitteln. Roboter sind in der Lage, programmgesteuert komplexe Arbeitsgangfolgen zu verrichten und Bewegungen in alle Richtungen auszuführen (VDI 1980, Auer et al. 1979, Vukobratovic 1988). Außerdem können sie mit Hilfe von *Sensoren* die Oberflächenbeschaffenheit von Werkstücken erkennen (Spur 1984). Roboter kommen zum Beispiel bei automatisierter Montage und variantenreicher Fertigung zum Einsatz, wo die bei Massenproduktion üblichen Einzweck-Montagemaschinen nicht geeignet sind (Jünemann 1987).

Aufgabe von *Fahrerlosen Transportsystemen* (FTS) und automatisierten Lagerhaltungssystemen ist der Transport bzw. die Bereitstellung von Werkstücken, Werkzeugen und Materialien an Betriebsmitteln und Arbeitsplätzen (Jünemann 1989). FTS werden durch Induktionsschleifen geführt und von Prozeßrechnern gesteuert. Die Informationen, wann welche Materialien, Werkstücke oder Werkzeuge an welche Stelle zu liefern sind, werden den Arbeitsplänen entnommen.

Automatische Lagersysteme steuern die Ein- und Auslagerung von Materialien, Werkstücken oder Werkzeugen aus Lagerbehältern oder Fächern. Dazu können Optimierungsverfahren implementiert sein, die z.B. als Ziel die Minimierung der Aktionen zur Ein- und Auslagerung verfolgen.

2.4 CAQ-Systeme

Die computergestützte Qualitätssicherung (CAQ - Computer Aided Quality Assurance; Krallmann 1987) umfaßt die Planung, Durchführung und Kontrolle aller Maßnahmen, welche die Produktqualität beeinflussen (Wildemann 1989). Der Aufwand für eine systematische Qualitätssicherung ist erheblich; in Einzelfällen macht er bis zu 50% der Fertigungskosten aus (Scheer 1990b).

Wirkungsvolle Qualitätssicherung kann sich nicht auf einzelne CIM-Komponenten beschränken, sondern muß übergreifend verankert sein. Ein *Qualitätsmanagement*, das erst in der Fertigungsphase einsetzt, verfehlt seinen Zweck, denn die Beseitigung von Planungs- oder Konstruktionsfehlern zu diesem späten Zeitpunkt verursacht hohe Kosten. Ein CAQ-System muß den Produktionsprozeß phasenübergreifend von der Produktplanung bis zur Fertigung hin kontrollierend und regelnd begleiten. Die hohen Anforderungen ergeben sich u.a. daraus, daß die Variantenvielfalt durch den Einsatz automatisierter Fertigungssysteme ansteigt und nur fehlerfrei produzierte Werkstücke weitergegeben werden dürfen (Gröger 1986).

CAQ-Systeme bestehen hauptsächlich aus Komponenten für die Erstellung und Verwaltung von *Prüfplänen* und *Prüfprogrammen*. Außerdem können Funktionen zur Prüfvorbereitung, Prüfmittelüberwachung, Prüfdurchführung, Qualitätsdatenerfassung und statistischen Auswertung der Qualitätsdaten enthalten sein (Bläsing 1987).

Prüfpläne und -programme ähneln den Arbeitsplänen bzw. NC-Programmen. Die Ergebnisse der Qualitätsdatenerfassung (z.B. Ausschußquote, Häufigkeit von Maschinenstörungen) können als Rückkopplung wieder in Arbeitspläne einfließen und zur Anpassung der Planvorgaben verwendet werden.

2.5 CAI-Systeme

Die Konstruktion komplexer technischer Produkte macht eine ausführliche Dokumentation unabdingbar. CAI-Systeme (Computer Assisted Instruction) gestatten es, grafische und textuelle Informationen (z.B. Konstruktionszeichnungen, Hinweise zur Qualitätssicherung)

aus verschiedenen CA-Systemen in einem druckfähigen Dokument zu integrieren und publikationsreif aufzubereiten ("*Electronic Publishing*"; Pape 1990, Neuhold 1988).

3 Schnittstellen zwischen CIM-Komponenten

Die produktbezogenen Daten können in *produktdefinierende* und *produktionstechnische* Daten unterschieden werden. Produktdefinierend sind die geometrischen (Konstruktionsdaten), technologischen (Werkstofftoleranzen und Oberflächendaten) und organisatorischen Daten (Stücklisten und Normteilinformationen), während als produktionstechnische Daten die Anweisungen für die Steuerung des Produktionsprozesses bezeichnet werden. Der *Datenfluß* bei rechnerintegrierter Produktion ist in Abbildung 2 dargestellt (Helberg 1987): Die Produktinformationen - etwa Teilespezifikationen, Varianten, Mengenangaben aus den Kundenauftragsdaten des PPS-Systems - fließen in das CAD-System ein. Im CAD wird das Produkt konstruiert. Die daraus resultierenden produktdefinierenden Daten werden in ein internes Modell konvertiert und dem CAP-System zur Generierung der produktionstechnischen Daten zur Verfügung gestellt. Aus den letzteren wird ein internes Modell der Werkstücke erzeugt, welches an das CAM-System und letztlich in die physische Fertigung geht. Parallel zu dieser Prozeßkette erfolgt der Datenaustausch mit den CAQ-Funktionen.

Abb. 2: Datenfluß zwischen CIM-Komponenten (Helberg 1987)

3.1 CAD-CAP-Schnittstellen

Im Idealfall liefert das CAD-System *Konstruktionsstücklisten* und Geometriedaten, die vom CAP-System übernommen werden und in Arbeitspläne einfließen. Anhand der Konstruktionsstücklisten stellt dann das CAP-System fest, welche Teile zu fertigen sind, und greift, wenn möglich, auf bereits vorhandene Arbeitspläne zurück. Falls Arbeitspläne noch erzeugt werden müssen, legt der Arbeitsplaner anhand der Konstruktionsstückliste die Reihenfolge fest, in der die Teile zu produzieren sind, und definiert die Reihenfolgebedingungen für die Arbeitsgänge. Die Geometriedaten fließen als Parameter in Anweisungen für die NC-Programme ein, die das CAP-System eventuell automatisch generiert.

Dem Idealfall der weitgehend automatischen Arbeitsplanerstellung stehen jedoch verschiedene Probleme entgegen: Konventionelle CAD-Systeme sind im wesentlichen auf Zeichnungs- und Modellerstellung ausgelegt. Ohne wissensbasierte Elemente können sie keine fertigungstechnischen Objekte erkennen. Hinzu kommt, daß CAP-Programme von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich sind, da die Arbeitsplanung meist spezifischen Regeln unterliegt. So ist die Reihenfolge, in der Teile montiert werden, nicht schon zwingend durch die Teilezusammensetzung in der Konstruktionsstückliste vorgegeben, da Faktoren wie Verfalldaten, Abklingzeiten oder besondere Werkstückeigenschaften (z.B. Zerbrechlichkeit) unter Umständen zusätzlich berücksichtigt werden müssen.

Voraussetzung für sinnvolle CAD-CAP-Schnittstellen ist ein gemeinsames Produktmodell beider Systeme. Die notwendigen Standards (STEP oder IGES; *Scholz* 1988) existieren, sind allerdings in die Praxis noch nicht hinreichend umgesetzt.

3.2 CAD-CAM-Schnittstellen

Während die CAD-CAP-Kopplung in der Praxis bisher nur in Einzelfällen existiert, gibt es bereits zahlreiche Verbindungen von CAD und NC. Den Schnittstellen können vier Modelle zugrundegelegt werden (*Helberg* 1987):

- o Ein NC-Programmiermodul ist in ein CAD-System integriert. Dies impliziert, daß der Konstrukteur gleichzeitig NC-Programmierer ist und Geometriedaten unmittelbar in das NC-Programm einfließen können.
- o Das CAD-System generiert direkt ein NC-Programm, das dann mit einem NC-Programmierwerkzeug weiterbearbeitet werden kann.
- o CAD- und NC-Entwicklungssystem sind über ein Kopplungsmodul verbunden, mit dem Geometriedaten für die NC-Programmierung aus dem CAD-System übergeben werden.
- o Das CAD-System generiert Makros, die Bauteile durch Parameterlisten beschreiben. Die Parameterlisten werden an das NC-Programm übergeben. Diese Kopplungsform ist nur dann sinnvoll, wenn im wesentlichen geometrisch identische Teile mit unterschiedlichen Parametern (z.B. Größenangaben) produziert werden sollen.

Abb. 3: Mögliche CAD-NC-Schnittstellen (Helberg 1987)

3.3 CAP-CAM-Schnittstellen

Bei dieser Form der Kopplung, die schon relativ weit verbreitet ist, werden im wesentlichen produktionstechnische Daten (Steueranweisungen) transferiert. Das NC-Programmiersystem gibt werkstückorientierte NC-Daten maschinenneutral in einem Standardformat (CLDATA - Cutter Location Data; DIN 1974) aus. Ein maschinenspezifisches Übersetzungsmodul (Postprozessor) überführt die Daten in Steueranweisungen für die jeweilige Maschine. Die werkstück- und nicht maschinenorientierte Programmierung hat den Vorteil, daß bei einer Umdisposition in den Maschinenbelegungsplänen keine erneute NC-Programmierung erforderlich ist.

Während sich CLDATA als Standard bei den NC-Maschinen etabliert hat, sind die Normungsbestrebungen im Bereich der Roboter und FTS noch nicht so weit fortgeschritten. Die Kopplung von CAP-Systemen mit diesen Komponenten erfolgt jedoch ebenfalls über maschinenunabhängige Programmschnittstellen.

3.4 CAQ-Schnittstellen

Maßnahmen des CAQ greifen in verschiedene Bereiche ein: Bei der Konstruktion (CAD) müssen Qualitätssolldaten als Vorgaben beachtet werden. Die Einhaltung der Sollvorgaben wird von Prüfprozeduren des CAQ-Systems überwacht. Bei der Arbeitsplanung im Rahmen des CAP sind Prüfvorgänge zu berücksichtigen. Die Prüfplandaten müssen in die Arbeitspläne eingebunden werden. Im CAM-Bereich entsteht ein Wechselspiel der Datenübergabe: Istqualitätsdaten, die im CAM erhoben werden, gehen an das CAQ-System, welches Rückmeldungen über durchzuführende Korrekturen an die jeweiligen CAM-Komponenten gibt.

3.5 Schnittstellen zu anderen Systemen

3.5.1 PPS-CA-Schnittstellen

Die Schnittstellen zwischen PPS-System und den anderen CIM-Bausteinen sind die umfangreichsten.

Für die Konstruktion werden bei auftragsorientierter Fertigung die Kundenauftragsdaten des PPS-Systems benötigt. Diese enthalten oft Informationen (z.B. in Form von Merkmalsleisten), die als Inputparameter in das CAD-System einfließen. Ein offensichtlicher Zusammenhang besteht ferner zwischen den Konstruktionsdaten des CAD und den Stücklisten der Produktionsplanung und -steuerung, denn eine Explosionszeichnung ist im wesentlichen eine grafische Repräsentation der Stückliste.

Weiterhin bietet sich die Übernahme von Geometrie- und Bauteil-Grundinformationen aus dem CAD-System in den Teilestamm des PPS-Systems an (Poestges 1987a). Da die CAD-Systeme aber meist noch nicht über die "Intelligenz" verfügen, fertigungstechnische Elemente zu erkennen, kann die Datenübernahme in das PPS-System mit großen Problemen verbunden sein.

Da auch im Rahmen der Produktionsplanung und -steuerung Arbeitsplandaten geführt und benötigt werden, z.B. für die Durchlaufterminierung und die Kalkulation, ist eine PPS-CAP-Schnittstelle naheliegend. Damit können dem CAP-System grundsätzlich Standardarbeitspläne, Betriebsmittelstammdaten, Planzeittabellen u.a., aber auch Planungsalgo-

rhythmen und -strategien (etwa für die Auswahl aus Arbeitsgangalternativen), aus dem PPS-System zur Verfügung gestellt werden. Im Gegenzug gehen die vom CAP-System generierten Arbeitspläne wieder an das PPS-System zurück und bilden dort eine solidere Basis für die Vorkalkulation (Poestges 1987b). Allerdings stellen derartige Schnittstellen zwischen PPS und CAP in der Praxis noch eher die Ausnahme dar.

Die *PPS-CAM-Kopplung* umfaßt folgende Schnittstellen:

- o PPS-FTS/Lagerhaltungssysteme: Informationen über die Verfügbarkeit von Transportmitteln, insbesondere bei transportempfindlichen Gütern, sind auch für die PPS-Grobplanungsfunktionen relevant. Angaben über begonnene, gestörte oder abgeschlossene Transportarbeitsgänge besitzen Bedeutung für die kurzfristige Fertigungssteuerung; wenn diese etwa mit einem *elektronischen Leitstand* durchgeführt wird, müssen auch Rückmeldungen über Transportarbeitsgänge, die von der *Betriebsdatenerfassung* (BDE) des PPS-Systems registriert werden, dem Leitstand verfügbar gemacht werden (Kurbel/Moazzami 1990).
- o PPS-NC-Maschinen: Informationen über Leistungs- und Nutzungsgrade fließen in die Betriebsmittelverwaltung des PPS-Systems ein, und Arbeitsgangzustände müssen über BDE bzw. MDE (Maschinendatenerfassung) an die Fertigungssteuerung zurückgemeldet werden.

An der *Schnittstelle PPS-CAQ* übernimmt das PPS-System Qualitätsplandaten aus der statistischen Analyse von Ist- und Korrekturdaten. Die Plandaten gehen einerseits in die Standardarbeitspläne des PPS-Systems ein (in Form von Prüfarbeitsgängen). Andererseits werden sie auch von den Planungsalgorithmen verwendet; so kann etwa die Auswahl zwischen Alternativarbeitsgängen von Qualitätsanforderungen beeinflusst werden, die ein bestimmtes Betriebsmittel erfüllt und ein anderes nicht.

3.5.2 Schnittstellen zur Kostenrechnung

Wenn man bedenkt, daß etwa 70 % der *Herstellkosten* bei der Konstruktion festgelegt werden (Warnecke et al. 1980, Jehle 1989), so dürfen CAD-Systeme nicht länger als reine Konstruktionshilfen verstanden werden. Die klassische betriebswirtschaftliche *Kostenrechnung* greift jedoch - trotz einiger Ansätze aus dem Forschungsbereich (Becker 1990, Scheer/Bock 1988, Ehrlenspiel 1985) - erst nach erfolgter Konstruktion und Arbeitsplanung (Scheer 1990c), zu einem Zeitpunkt also, zu dem in der Praxis der Hauptteil der Kosten schon lange determiniert ist.

Bereits bei der Konstruktion müssen Verfügbarkeits- und Preisinformationen aus der Materialwirtschaft und bei der Arbeitsplanung kostengünstige Arbeitsplanalternativen berücksichtigt werden. Die Kosten können z.B. dadurch beeinflusst werden, daß bei der Auswahl zwischen Bauteilalternativen Daten aus der Kalkulation herangezogen werden.

3.5.3 Unternehmensweit übergreifende Integrationskonzepte

Die Notwendigkeit der Integration beschränkt sich nicht auf Informationssysteme im Produktionsbereich. Sie schließt vielmehr die *betriebswirtschaftlichen Anwendungssysteme* und die Bürokommunikationssysteme mit ein, da Daten- und Funktionsintegration bei vorgangsorientierter Sicht systemübergreifende Konzepte erfordert. So gibt es schon seit längerem Bestrebungen, die Integrationskonzepte des CIM - unter den Schlagworten *CIO* (Computer Integrated Office) bzw. *CIB* (Computer Integrated Business) - auf den Verwaltungsbereich zu übertragen (Bullinger et al. 1987). Für die Integration CIO + CIM trifft man die Bezeichnung *CIE* (Computer Integrated Enterprise) an (Bodendorf/Eicker 1990). Die Notwendigkeit einer bereichsübergreifenden Integration sei an einem Beispiel veranschaulicht: Die Lohn- und Gehaltsabrechnung im Rechnungswesen hängt u.a. von den Schichtplänen ab. Da diese im zeitwirtschaftlichen Teil eines PPS-Systems gepflegt werden, muß eine Kopplung zwischen PPS-System und der Rechnungswesen-Software existieren.

4 Realisierung der Integration

Wenngleich die Begriffe "Kopplung" und "Integration" häufig synonym gebraucht werden, besteht doch ein erheblicher Unterschied. Eine *Kopplung* von Systemen liegt vor, wenn der Datenaustausch über Zwischendateien erfolgt. Von (Daten-) *Integration* spricht man, wenn gemeinsame Datenbestände direkt, ohne Konvertierungsfunktionen, genutzt werden können (Scholz 1988).

Zur Erreichung der Ziele des CIM ist eine konsequente Integration der CIM-Komponenten erforderlich. Die Datenintegration wird dadurch erreicht, daß die für den Produktionsprozeß benötigten Daten in einer gemeinsamen Datenbasis redundanzfrei vorliegen. Dies ver-

einfacht die *Konsistenzsicherung* (Sicherstellung der inhaltlichen Korrektheit der Daten), der Aufwand für die Datenpflege sinkt, und es ist gewährleistet, daß alle Daten unabhängig von den Anwendungsprogrammen stets den gleichen Aktualisierungsgrad aufweisen. Die *Funktionsintegration* führt zur wirtschaftlicheren Ausnutzung der Ressourcen, da Einarbeitungs- und Übergangszeiten zwischen den Arbeitsplätzen wegfallen (*Schreuder/Upmann* 1988).

4.1 Integration aus technischer Sicht

In der Regel setzen die CIM-Komponenten auf unterschiedlichen technischen Systemen auf: Während PPS-Systeme typischerweise auf Mainframe- oder Midrange-Rechnern laufen, basieren die grafischen CAD-Systeme häufig auf Workstations und die CAM-Systeme auf Mikrocomputern, Prozeßrechnern und Realzeitsystemen. Die Vernetzung derart heterogener Systeme zu *lokalen Netzen* ist dank international anerkannter Normen (OSI/ISO-Standards, MAP/TOP-Protokolle; *Suppan-Borowka/Simon* 1986) mittlerweile mit vertretbarem Aufwand realisierbar.

Als Basissoftware bieten sich *verteilte Datenbanksysteme* an, deren Entwicklungsstand inzwischen ebenfalls als praxistauglich eingestuft werden kann (*Härder* 1990, *Kurbel/Rautenstrauch* 1989). Sie erlauben den "transparenten" Zugriff auf Daten im Netz; d.h., jedes Softwaresystem kann auf Daten anderer Systeme zugreifen, ohne explizit die Lokalität der Daten kennen zu müssen.

4.2 Konzeptionelle Datenmodelle als Voraussetzung für Datenintegration

Voraussetzung für die Datenintegration sind neben der Basistechnologie systemübergreifende *konzeptionelle Datenmodelle* (*Vetter* 1990). Systemübergreifend bedeutet, daß nicht für jede CIM-Komponente ein eigenes Datenmodell erstellt wird, sondern daß ein gemeinsames Modell existiert, auf dem alle CIM-Komponenten aufsetzen können. In diesem Modell werden die Datenobjekte (*Entitäten*) und ihre Beziehungen dargestellt. "Konzeptionell" besagt, daß das Modell unabhängig von einem speziellen Datenmodell bzw. Datenbanksystem ist. Ein konzeptionelles Datenmodell kann z.B. in hierarchische, netzwerkorientierte oder relationale Datenbankschemata überführt werden.

Unternehmensdatenmodelle (*Scheer* 1988) auf Basis von *Entity-Relationship-Diagrammen* (*Chen* 1976) sind ein geeigneter Ansatz für die systemübergreifende konzeptionelle Datenmodellierung. Da sie sich nicht auf CIM beschränken, erlauben sie die unternehmensweite Integration betriebswirtschaftlicher und anderer Anwendungssysteme in ein Gesamtkonzept.

4.3 Organisatorische Auswirkungen von CIM

Die Aufteilung der CIM-Bausteine in die verschiedenen CA-Systeme und die PPS-Komponenten basiert auf einer aufbauorganisatorischen Sicht: So kann z.B. der Konstruktionsabteilung die CAD-, der Arbeitsvorbereitung die CAP- und dem Fertigungsbereich die CAM-Komponente zugeordnet werden.

Die Sichtweise bei der Planung und Durchführung von Integrationsmaßnahmen ist jedoch ablaufforientiert. Funktionen und Daten aus verschiedenen CIM-Teilbereichen werden aufgrund der Analyse von *Vorgangsketten* an Arbeitsplätzen (re-) integriert. Ziel der Funktionsintegration ist die Reduktion von Übergangszeiten zwischen Funktionen, die ehemals unterschiedlichen Arbeitsplätzen zugeordnet waren, sowie von Einarbeitungszeiten verschiedener Personen in einen Vorgang. Schließt z.B. das CAD-System eine Funktion zur Generierung von NC-Programmen ein, so gehört diese zwar in einen anderen aufbauorganisatorischen Bereich (Arbeitsplanung), aber zur selben Vorgangskette wie die Konstruktion.

Im Fertigungsbereich sind die Konsequenzen der vorgangsorientierten Sicht bereits sichtbar: Die Tendenz geht weg von der starken Arbeitsteilung hin zu Fertigungs- und Montageinseln (*Bierbaum/Muster* 1988), in denen komplette Baugruppen oder Endprodukte im Team montiert werden. Weitere neuere Organisationsformen sind:

- o *Bearbeitungszentren*, in denen mehrere NC-Maschinen hintereinander Arbeitsgänge ohne Unterbrechung durchführen,
- o *Flexible Fertigungszellen* (*Hedrich* 1983), bestehend aus Gruppen von Fertigungsautomaten, Pufferlagern für Werkstücke, automatisierten Zuliefereinrichtungen und Aufrüstungen,
- o *Flexible Fertigungssysteme* (FFS; *Gunn* 1982), dies sind erweiterte Fertigungszellen, in denen ein Rechner die Ver- und Entsorgung mit Werkzeugen sowie die zeitgenaue Be-

reistellung von NC-Programmen koordiniert. Die Software besteht hauptsächlich aus Modulen zur Steuerung der Bearbeitung, des Material- und des Informationsflusses.

o Während die bisher genannten Formen eher für kleine Produktionsmengen ausgelegt sind, stellen *Flexible Transferstraßen* (Bullinger et al. 1985) eine Erweiterung des FFS-Konzepts für die Massenfertigung dar. Sie sollen die schnelle Anpassung der Transferstraßen ermöglichen (z.B. im Rahmen der Variantenfertigung), ohne daß die taktgebundene Weitergabe von Werkstücken beeinträchtigt wird.

Betrachtet man die Organisationsformen vom Bearbeitungszentrum bis zum FFS, so nimmt der *Grad der Arbeitsteilung* ab, während der *Anteil rechnergestützter Funktionen* und die *Autonomie* der organisatorischen Instanzen steigen.

Die Auswirkungen der CIM-Integration auf die Organisation sind im CAM-Sektor bislang am deutlichsten zu erkennen. In anderen Bereichen lassen sie sich erst in Ansätzen ausmachen. Der Grund liegt vor allem darin, daß die technologische Basis für die Integration vielfach noch nicht geschaffen ist.

5 CIM-Technologie und Benutzerakzeptanz

Die Produktivitäts- und Kostenvorteile von CIM haben auch ihre Kehrseite: Die Abhängigkeit der Unternehmung von computergestützten Systemen steigt, und Störungen in einer CIM-Komponente können weitreichende Folgen haben. Fällt z.B. ein CAD-Arbeitsplatz aus, der auch Stücklisten und NC-Programme generiert, so ist nicht nur die Konstruktion betroffen, sondern auch die weitere Auftragsbearbeitung im PPS-, CAP- und CAM-Bereich. Während man den Ausfall eines Teilsystems noch durch technische Lösungen wie redundante Hardwareauslegung oder Ersatzarbeitsplätze behandeln kann, sind die Auswirkungen von Datenfehlern weitaus schwieriger zu kompensieren.

Die *Datenqualität* kann aber nur dann auf konstant hohem Niveau gehalten werden, wenn die CIM-Technologie von allen involvierten Mitarbeitern akzeptiert wird. Bei fehlender *Akzeptanz* kann die Reaktion von Gleichgültigkeit bis zur Sabotage reichen (Krüger 1990).

Die Akzeptanz von CIM läßt sich nicht ohne weiteres herstellen, denn aufgrund der Rationalisierungseffekte und der teilweise höheren Qualifikationsanforderungen (Knetsch 1987) bestehen häufig Vorbehalte. Zur Verbesserung der Akzeptanz werden folgende Maßnahmen als sinnvoll angesehen:

- Die betroffenen Mitarbeiter sollten vor der Einführung von CIM-Komponenten über den Umfang und die angestrebten Ziele genau informiert werden (Gutekunst 1988).
- Sie sollten in jeder Phase des Einführungsprozesses beteiligt werden (Mumford/Welter 1984).
- Qualifikationsmaßnahmen müssen rechtzeitig in die Einführungsplanung einbezogen werden (Kieser/Hildebrand 1990).

6 Herausforderungen

6.1 Anforderungen an die Betriebswirtschaftslehre

CIM ist nicht nur ein technisch ausgerichtetes Konzept; es stellt auch die Betriebswirtschaftslehre vor neue Aufgaben.

6.1.1 Neue Organisationsformen

Produktivitätssteigerungen lassen sich heute nicht mehr wie in der Vergangenheit primär durch weitere Erhöhung der Arbeitsteilung erzielen, sondern vielmehr durch (Re-) Integration von Arbeitsschritten (Backhaus 1990). Dies liegt u.a. daran, daß die *Koordinationskosten* in Vorgangsketten mit starker Arbeitsteilung mittlerweile so hoch geworden sind, daß ihrer Reduktion eine höhere Priorität zukommt als der Senkung der *Verrichtungskosten*.

Gefordert sind nun Konzepte zur Planung und Durchführung geeigneter (Re-) Integrationsmaßnahmen sowohl in aufbau- als auch in ablauforganisatorischer Hinsicht.

Auch die Notwendigkeit, Akzeptanz für das CIM-Konzept zu schaffen, verlangt adäquate organisatorische Maßnahmen, die mit der Umsetzung soziologischer und arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse kompatibel sind.

6.1.2 Revision von Modellen und Methoden der Produktionsplanung

Die CIM-Technologie verändert die Parameter der bekannten Modelle zur *Produktionsplanung*, und manchen Modellen wird das Anwendungsfeld ganz entzogen. Als Beispiel sei die Vielzahl von Losgrößenmodellen genannt, die in der Betriebswirtschaftslehre in ausgiebiger Breite entwickelt wurden. Die zentralen Parameter dieser Modelle sind die Rüstkosten und die Lagerhaltungskosten. Betrachtet man automatisierte Fertigungseinrichtungen, z.B. programmierbare Werkzeugmaschinen mit automatischem Werkzeugwechsel, so reduzieren sich die Rüstzeiten und Rüstkosten zu vernachlässigbaren Größen. Die Lagerhaltungskosten sind bei auftragsorientierter Produktion ohnehin kein entscheidungsrelevanter Parameter mehr. Konzepte wie die *Just-in-Time-Produktion* entwerfen die klassischen Modelle weiter.

6.2 Anforderungen an den Betriebswirt

Die zunehmende Bedeutung rechnergestützter Fertigungstechnik im besonderen und die Durchdringung der Unternehmen mit *Informations- und Kommunikationstechnologie* im allgemeinen verlangt auch von dem Betriebswirt gewisse technische Kenntnisse. Schließlich ist es meist ein Betriebswirt, der über die Durchführung von *Investitionsmaßnahmen* oder über Veränderungen der *Fertigungsorganisation* (mit-) entscheidet. Er muß also beispielsweise in der Lage sein, den Nutzen von CIM-Komponenten beurteilen und betriebswirtschaftliche Potentiale erkennen zu können.

Bedingt durch den rasanten technischen Fortschritt und das Zusammenwachsen von Technologien und Märkten (DV-, Büro-, Nachrichten- und Fertigungstechnik) wird die "Halbwertszeit" des aktuellen Wissens immer kleiner. Noch stärker als in der Vergangenheit muß der Betriebswirt deshalb bereit sein und die Möglichkeit haben, sich ständig fortzubilden und den State of the Art der Technologie zu kennen.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Betrachtet man CA-Techniken und CIM aus betriebswirtschaftlicher Sicht, so stellt man fest, daß die Vorteilhaftigkeit sehr stark vom Integrationsgrad abhängt. So wurde oben beispielsweise auf Kostensenkungspotentiale durch eine begleitende Kalkulation schon bei der Planung neuer Produkte (im CAD- und CAP-Bereich) hingewiesen. Die planerischen, technischen und organisatorischen Voraussetzungen für eine Integration der betriebswirtschaftlichen Software mit den CA-Systemen muß vielerorts jedoch erst geschaffen werden. Die momentan noch vorherrschende Trennung zwischen technischer und kaufmännischer Datenverarbeitung wird in Zukunft nicht mehr aufrecht zu halten sein.

Literatur

Abeln, O.: Die CA..-Techniken in der industriellen Praxis, München, Wien 1990.

Anderl, R.: Fertigungsplanung durch die Simulation von Arbeitsvorgängen auf der Basis von 3-D Produktmodellen, Düsseldorf 1985.

Auer, B./Sinning, H./Spur, G.: Industrieroboter, München, Wien 1979.

AWF (Ausschuß für Wirtschaftliche Fertigung e.V.) (Hrsg.): AWF-Empfehlung - Integrierter EDV-Einsatz in der Produktion - CIM Computer Integrated Manufacturing - Begriffe, Definition, Funktionszuordnungen, Eschborn 1985.

Backhaus, K.: Betriebswirtschaftliche Beratung von Unternehmen durch Wirtschaftsprüfer, Die Wirtschaftsprüfung 1990, H. 23-24, S. 680-688.

Becker, J.: Entwurfs- und konstruktionsbegleitende Kalkulation, KRP 1990, H. 6, S. 353-358.

Becker, J.: CIM-Integrationsmodell, Berlin et al. 1991.

Bierbaum, H./Muster, M.: Ende des Taylorismus? - Strukturveränderungen in der Automobilindustrie, in: Fabrik der Zukunft, hrsg. v. Bleicher, S./Stamm, J., Hamburg 1988, S. 16-31.

Bläsing, J. P.: Rechnerintegrierte Qualitätssicherung, in: CIM-Handbuch, 2. A., hrsg. v. Geitner, U. W., Braunschweig, Wiesbaden 1991, S. 523-531.

- Bodendorf, F./Eicker, S.: Organisation der Bürokommunikation, in: Handbuch Wirtschaftsinformatik, hrsg. v. Kurbel, K./Strunz, H., Stuttgart 1990, S. 561-583.
- Bullinger, H. J./Warnecke, H. J./Lentes, H.-P.: Toward the Factory of the Future, Opening Adress, in: Toward the Factory of the Future, hrsg. v. Bullinger, H. J./Warnecke, H. J./Kornwachs K., Berlin et al. 1985, S. XXIV-LIV.
- Bullinger, H. J./Niemeier, J./Huber, H.: Computer Integrated Business (CIB)-Systeme - Entwicklungspfade für eine Integration von CIM- und Büroinformations-Konzepten, CIM Management 1987, H. 3, S. 12-19.
- Chen, P. P.: The Entity-Relationship Model: Towards a Unified View of Data, ACM ToDS 1976, H. 1, S. 9-36.
- Cochan, D. (Hrsg.): Developments in Computer-Integrated Manufacturing, Berlin et al. 1986.
- DIN (Hrsg.): DIN 66 215 - Programmierung numerisch gesteuerter Arbeitsmaschinen, Darmstadt 1974.
- Ehrlenspiel, K.: Kostengünstig konstruieren, Berlin et al. 1985.
- Encarnaçao, J./Schlechtendahl, E.G.: Computer Aided Design, Berlin et al. 1983.
- Gröger, H.: Qualitätssicherung in der Halbleiterfertigung, Null-Fehler-Strategie beherrscht die Produktion, VDI-Nachrichten 1986, H. 36, S. 42.
- Grupe, U.: Einführung CAM, in: CAD-PPS-CAM, hrsg. v. AWF, Bad Soden, Eschborn 1986.
- Gunn, T. G.: Konstruktion und Fertigung, Spektrum der Wissenschaft 1982, H. 11, S. 77-98.
- Gutekunst, H.: CAD - Der Rationalisierungshit, in: Fabrik der Zukunft, hrsg. v. Bleicher, S./Stamm, J., Hamburg 1988, S. 146-159.
- Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Bd. 1: Die Produktion, 24. A., Berlin et al. 1983.
- Härder, T.: Die Rolle von Datenbanksystemen in CIM, CIM Management 1989, H. 6, S. 4-10.
- Hedrich, P.: Flexibilität in der Fertigungstechnik durch Computereinsatz, München 1983.
- Helberg, P.: PPS als CIM-Baustein, Berlin 1987.
- Henning, H.: CAD-Technologie, Heidelberg 1988.
- Jehle, E. (Hrsg.): Wertanalyse optimiert Logistikprozesse, Köln 1989.
- Jünemann, R.: Handhabungsgeräte in der Transport-, Umschlag- und Lagertechnik, VDI-Z 1987, H. 3, S. 68-79.
- Jünemann, R.: Materialfluß und Logistik, Berlin et al. 1989.
- Kief, H. B.: NC Handbuch, Michelstadt, Stockheim 1984.
- Kieser, A./Hildebrand, K.: Management des Wandels in den Anwendungsbereichen, in: Handbuch Wirtschaftsinformatik, hrsg. v. Kurbel, K./Strunz, H., Stuttgart 1990, S. 703-719.
- Klaas, K.-J./Hebbeler, M.: Rechnergestützte Generierung von Arbeitsplänen, in: CIM-Handbuch, 2. A., hrsg. v. Geitner, U. W., Braunschweig, Wiesbaden 1991, S. 272-293.

- Klein, B.: Berechnungsmethoden, in: CIM-Handbuch, 2. A., hrsg. v. Geitner, U. W., Braunschweig, Wiesbaden 1991, S. 199-212.
- Knetsch, W.: Organisations- und Qualifizierungskonzepte bei CAD/CAM-Einführung, Berlin 1987.
- Krallmann, H.: Qualität für die Sicherung des Unternehmenserfolges, CIM Management 1987, H. 1, S. 5.
- Krause, F.-L.: Fortgeschrittene Konstruktionstechnik durch neue Softwarestrukturen, ZWF 1987, S. 289-296
- Krüger, W.: Organisatorische Einführung von Anwendungssystemen, in: Handbuch der Wirtschaftsinformatik, hrsg. v. Kurbel, K./Strunz, H., Wiesbaden 1990, S. 275-288.
- Kurbel, K./Moazzami, M.: Kopplung von "Elektronischen Leitständen" und PPS-Systemen in unterschiedlichen Umgebungen, in: GI - 20. Jahrestagung: Informatik auf dem Weg zum Anwender, hrsg. v. Reuter, A., Berlin et al. 1990, S. 16-25.
- Kurbel, K./Rautenstrauch, C.: Ein verteiltes PPS-System auf Arbeitsplatzbasis, in: GI - 19. Jahrestagung: Der computergestützte Arbeitsplatz, hrsg. v. Paul, M., Berlin et al. 1989, S. 476-490.
- Miska, F. M.: CIM - Computer-integrierte Fertigung, Landsberg/Lech 1988.
- Mumford, E./Welter G.: Benutzerbeteiligung bei der Entwicklung von Computersystemen, Berlin 1984.
- Neuhold, E. J.: Integrierte Publikations- und Informationssysteme, Der GMD-Spiegel 1988, H. 4, S. 25-31.
- Pape, U.: Elektronisches Publizieren, in: Handbuch Wirtschaftsinformatik, hrsg. v. Kurbel, K./Strunz, H., Wiesbaden 1990, S. 623-637.
- Poestges, A.: CIM zum Mitmachen, MEGA 1987a, H. 5, S. 73-85.
- Poestges, A.: CIM zum Mitmachen, MEGA 1987b, H. 6, S. 57-63.
- Rembold, U./Bien, A./Fehrle, L./Fischer, H./ Hörmann, K./König, H./Mally, K./Rohmer, K. (Hrsg.): CAM-Handbuch, Berlin et al. 1990.
- Scheer, A.-W.: Wirtschaftsinformatik - Informationssysteme im Industriebetrieb, 2. A., 1988.
- Scheer, A.-W.: CIM - Computer Integrated Manufacturing, in: Handbuch Wirtschaftsinformatik, hrsg. v. Kurbel, K./Strunz, H., Wiesbaden 1990a, S. 47-68.
- Scheer, A.-W.: CIM - Der computergestützte Industriebetrieb, 4. A., Berlin et al. 1990b.
- Scheer, A.-W.: EDV-orientierte Betriebswirtschaftslehre, 4. A., Berlin et al. 1990c.
- Scheer, A.-W. (Hrsg.): CIM-Strategie als Teil der Unternehmensstrategie, Berlin et al. 1990d.
- Scheer, A.-W./Bock, M.: Expertensystem zur konstruktionsbegleitenden Kalkulation, CAD-CAM Report 1988, H. 12, S. 47-55.
- Scholz, B.: CIM-Schnittstellen, München, Wien 1988.
- Schreuder, S./Upmann, R.: CIM-Wirtschaftlichkeit, Köln 1988.

- Schulz, H. (Hrsg.): CIM-Planung und Einführung, Berlin et al. 1990.
- Spur, G.: Sensoren für den Industrieroboter, Düsseldorf 1984.
- Spur, G./Krause, F.-L.: CAD-Technik, München, Wien 1984.
- Spur, G./Krause, F.-L.: Die Weiterentwicklung der CAD-Technik, MEGA 1986, S. 48-57.
- Spur, G./Stute, G./Weck, M.: Rechnerintegrierte Fertigung München, Wien 1977.
- Suppan-Borowka, J./Simon, T.: MAP - Datenkommunikation in der automatisierten Fertigung, Pulheim 1986.
- VDI (Hrsg.): VDI-Richtlinie 2861, Blatt 1: Montage- und Handhabungstechnik 1980.
- Vetter, M.: Aufbau betrieblicher Informationssysteme mittels konzeptioneller Datenmodelle, 5. A., Stuttgart 1989.
- Vukobratovic, M.: Introduction to Robotics, New York, Berlin et al. 1988.
- Warnecke, H.-J./Schaft, R. D.: Industrieroboter, 2. A., Mainz 1979.
- Warnecke, H. J./Bullinger, H. J./Lienert, J.: EDV-Anwendungen im Produktionsbereich, in Wirtschaftsinformatik III, hrsg. v. Plötzeneder, D., Stuttgart, New York 1980, S. 57-80.
- Wildemann, H. (Hrsg.): Rechnergestützte Informationssysteme in der Qualitätssicherung - CAQ, München 1989.

Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik

- Nr. 1 Bolte, Ch.; Kurbel, K.; Moazzami, M.; Pietsch, W.: Erfahrungen bei der Entwicklung eines Informationssystems auf RDBMS- und 4GL-Basis; Februar 1991.
- Nr. 2 Kurbel, K.: Das technologische Umfeld der Informationsverarbeitung; Ein subjektiver "State of the Art"-Report über Hardware, Software und Paradigmen; März 1991.
- Nr. 3 Kurbel, K.: CA-Techniken und CIM; Mai 1991.