

International Conference on  
**COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING**

Internationale Konferenz über  
**RECHNERINTEGRIERTE FERTIGUNGSSYSTEME**

Zakopane, March 24-27 1992

Brigitte JORTZIK, Michael FRANKE

Institut für Fertigungstechnik und Qualitätssicherung  
Technische Universität "Otto von Guericke" Magdeburg, BRD

**COMPUTERGESTÜTZTE GRUPPENTECHNIK MIT DER METHODENBANK CAP-GT**

Zusammenfassung. Die von Automatisierungs- und Computertechnik gegebenen Notwendigkeiten und Möglichkeiten erfordern auch eine konsequente Durchsetzung der computergestützten Gruppentechnik bei der flexiblen automatisierten Fertigung.

Einige ausgewählte Clusteranalyseverfahren mit den dazugehörigen Datenaufbereitungs- und -auswerteverfahren bilden die Grundlage für das Programmsystem CAP-GT, dessen weiterer Ausbau zur vielfältig technologisch nutzbaren Methodenbank geplant ist.

1. Einleitung

Unter den Bedingungen der computerintegrierten Produktion, deren künftige Realisierung gegenwärtig u.a. durch die Entwicklung von computergestützten Informationssystemen aller Art vorbereitet wird, gewinnt die von Sokolovskij (1938) [1] und Mitrofanov (1960) [2] entwickelte Gruppentechnik als Methode eine Bedeutung wie nie zuvor. Es zeigt sich, wie eine Reihe von Autoren [2],[3],[4],[8] und Software-Häusern [6], [7] nachweist, daß die Prinzipien der Gruppentechnik (Group Technology; Gruppentechnologie) eine systematische Basis zur optimalen Nutzung der investitionsaufwändigen automatisierten Produktionstechnik, aber auch der Entwicklung und Nutzung der auf die produktbezogenen Datenbanken und Software ist, um zur gewünschten ökonomischen Effektivität zu gelangen.

2. Aktuelle Ziele und Anwendungsbereiche der Gruppentechnik

Während bei Mitrofanov die Gruppenmethode als eine organisatorische Nutzenanwendung und damit als ein Unterbegriff der Idee der technologischen Vereinheitlichung und der Klassifikation der Fertigungsaufgaben betrachtet wird, trat durch die Verbreitung der Methode in den technologisch progressiven Ländern ein Begriffstransfer, aber auch ein Begriffswandel ein.

Aus den Begriffen "Gruppenmethode (gruppovoj metod)", "Gruppenbearbeitung (gruppovaja obrabotka)" wurde "Group Technology" im englischen Sprachraum und hier aus "Gruppentechnologie" oder "Gruppentechnik" im Deutschen bzw. "gruppovaja tehnologija" im Russischen.

Der Begriff "Gruppentechnologie", der als Methode besser mit "Gruppentechnik" zu bezeichnen ist, wird zum Oberbegriff für systematische Lösungen auf der Basis von Vereinheitlichung, Optimierung, Klassifikation, rationelle Organisation und subjektive Lernprozesse durch Aufgabenredundanz, wobei diese Methode nicht nur für technologische Probleme, sondern für viele Bereiche eines Produktionsbetriebes nützlich ist.

Somit wird mit höherem Abstraktionsgrad folgende Definition vorgeschlagen:

Die *Gruppentechnik* ist eine Methode, die mit bestimmten Rationalisierungszielen für Gruppen (im mathematischen Sinne für Klassen) von zu gestaltenden oder zu fertigenden technischen Objekten optimal vereinheitlichte und organisatorisch geschlossene Lösungen sucht oder umgekehrt diesen solche Objektklassen zuordnet.

So gesehen, stellt, wie bereits früher definiert [5], die "Gruppentechnologie" die nach Optimierungskriterien unter den gegebenen Restriktionen ausgewählte Variante aus der Menge zulässiger technologischer Lösungen für eine Gruppe von Fertigungsaufgaben dar (Abb.1)

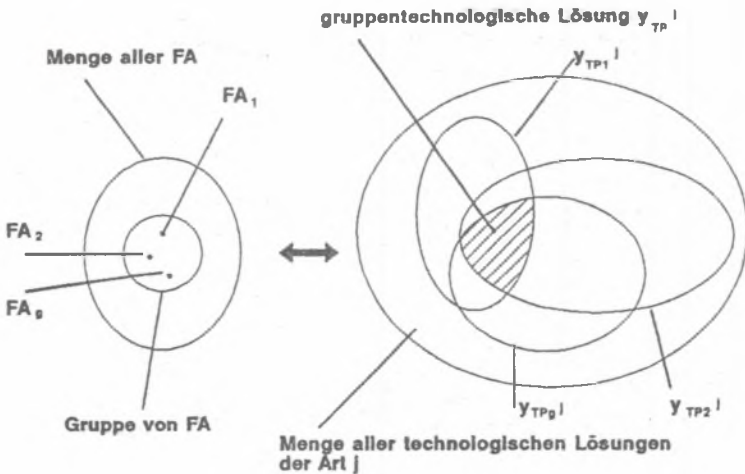


Abb.1: Prinzip der Gruppentechnik

Bei den technischen Lösungen geht es um die optimale Auslegungen des Bestandes von Maschinensystemen, Wärmebehandlungsanlagen, Bearbeitungszentren, Werkzeugmaschinen, Arbeitsplatzausstattungen, Industrierobotern, Manipulatoren, Meß- und Kontrollstationen, Transportmitteln, Werkstückträgern, Späneentsorgungssystemen, Werkstückspeichern, Werkzeugspeichern, Werkzeugadaptoren, Vorrichtungen, Vorrichtungsbaukästen, Werkzeugsätzen, Spannmitteln, Industrieroboter-Greifern und ihren Elementen usw.

Allein die Aufhebung der historisch gewachsenen Redundanz der technischen Ausrüstung durch Projekte der flexiblen automatisierten Fertigung auf der Basis der Gruppentechnik führt zu bemerkenswerten Einsparungen.

Gruppentechnologische Lösungen technologischer Art sind Fertigungsverfahren zur Rohteilherstellung, der Fertigungs-prozeß, der Arbeitsvorgang, Spannstufen (Werkstückaufspannung), Arbeitsstufen, der Montageprozeß, der Handhabezyklus für Manipulatoren, der Einricht- und Umrüstprozeß, der Wärmebehandlungsprozeß u.a.m. Fertigungsorganisatorischen Charakter haben der gesamte technologische Durchlauf und Transportrouten z.B., die ebenfalls einen Gruppencharakter tragen können. Einheitliche Programmstrukturen werden in den Fällen von NC- bzw. CNC-Programmen für Arbeitsgänge auf Werkzeugmaschinen oder Handhabezyklen von Industrierobotern praktiziert. Selbst die Modultechnik für Arbeitsstufen ist eine gruppentechnologische Lösung. Die Existenz von Klassen technologischer Objekte ist auch die Voraussetzung algorithmischer und mathematisch-statistischer Lösungsansätze bei der Normzeitberechnung, der Berechnung von Gruppenarbeitsnormen, der Arbeitsplangenerierung, computergrafischer Fertigungszeichnungen usw. Schließlich erwies es sich im Umgang mit automatisierter Produktionstechnik und Computern als günstig, Lern-, Anpassungsprozesse und Kommunikationsprozesse auf der Basis analoger Aufgabenklassen zu unterstützen und einheitliche sowie organisatorisch geschlossene Lösungen in Form von Quellenprogrammen, Typenprozeßplänen, Gruppenarbeitsplänen, Einrichtplänen, Werkzeugplänen, Dateneingaberoutinen, Vordrucke von standardisierten Fertigungszeichnungen, Werkzeugvorenstellplänen, Gruppenarbeitsnormen usw. zu schaffen.

Die ökonomischen Effekte liegen nach Aussagen von Autoren, die die rechnergestützte Gruppentechnik in der Betriebspraxis durchgesetzt haben, in beachtlichen Größenordnungen [5],[7], die verständlicherweise in ihrer Höhe deshalb schwanken, weil bei der Einführung des gruppentechnologischen Arbeitsprinzips ein unterschiedlich technisches wie organisatorisches Niveau angetroffen wurde. Jedoch erschließen sich die genannten Nutzensfaktoren nicht ohne Aufwand und rationelle Methoden auf der Basis des definitionsgemäßen theoretischen Ansatzes.

Folgende Schwierigkeiten, die unter konventionellen Fertigungsbedingungen bereits Hinderungsgründe waren, sind zu meistern:

- auf Grund der Innovation von Erzeugnissen, funktionaler Einzelteile, technologischer Lösungen und der veränderlichen Gruppierungsziele sind differenzierte konstante Klassifikatoren nicht sinnvoll;
- visuelle Analysemethoden sind auf Grund der vielfältigen und umfangreichen technologischen Objektmenge, wie auch die historische Erfahrung aus den 60-er Jahren zeigte, praktisch nicht durchsetzbar;
- die gruppentechnologische Zuordnung und Reihung der Fertigungsaufgaben erfordert verfügbare technologische Lösungen und Materialreserven ohne besondere Einschränkungen.

Demzufolge ergibt sich die Notwendigkeit, eine Methodenbank der computergestützten Gruppentechnik mit einem breiten Gültigkeitsbereich zu entwickeln und bei verschiedenen Planungs- und Steuerungsphasen in ein computergestütztes Informationssystem für flexible automatisierte Fertigungen zu integrieren.

Dabei ist ein Expertensystem zur Definition systemimmanenter ökonomischer und technologischer Gruppierungsziele und der ihnen entsprechenden Gruppierungs- (Klassifizierungs-)merkmale zu schaffen, vorhandene oder zu schaffende Datenbanken zunächst ohne, später mit visueller Stützung zu nutzen, geeignete mathematisch-statistische Methoden zur Klassifizierung einzubringen. Eine der verbreitetsten mathematisch-statistischen Methoden, die in den 80-er Jahren bei technischen Problemstellungen Einzug gehalten hat [14], [15], [16], ist die Clusteranalyse, die als Basis für ein Programmsystem zur computergestützten Gruppentechnik mit der Bezeichnung CAP-GT genutzt wurde.

### 3. Clusteranalyse als Methode der Gruppentechnik

Die Clusteranalyse [9], [10] (im deutschsprachigen Raum auch mit Automatischer Klassifikation [11], [12] bezeichnet) ist ein mathematisch-statistisches (multivariates) Verfahren zur Strukturierung einer durch eine Merkmalsmenge  $M$  beschriebenen gegebenen Objektmenge  $N$  in eine Clustermenge  $P$ .

Cluster ist der englische Ausdruck für Klasse, Gruppe, Haufen. Mit der Clusteranalyse wird in der Regel der Abstand, d.h. die Unähnlichkeit je zweier Objekte im Vergleich zueinander mit Hilfe sogenannter Distanzfunktionen auf der Basis der zielbezogenen Merkmale quantifiziert. Die so gewonnenen Abstände, die in Form einer Distanzmatrix vorliegen, dienen der unmittelbaren Strukturierung der Objektmenge in die Clustermenge.

Im allgemeinen erfolgt die Clusteranalyse, die leistungsfähige Computer wegen des erheblichen Rechenaufwandes voraussetzt, in acht Schritten:

- Bestimmung des Objektbereiches und eindeutige Definition des Gruppierungsziels;
- Bestimmung der für das Gruppierungsziel signifikanten Merkmale und Aufbau einer entsprechenden Datenstruktur für die zu strukturierenden Objektbereiche;
- Objekt- und Merkmalserfassung (Datenerfassung und -verwaltung);
- Datenaufbereitung durch Normierung, Standardisierung (auch Z-Transformation genannt), Maskierung oder Wichtung [18];
- Auswahl einer oder mehrerer dem Charakter der Merkmale entsprechender Distanzfunktionen und anschließende Berechnung der Distanzmatrix;
- Auswahl eines Gruppierungsalgorithmus der Clusteranalyse und damit in Verbindung stehender Entscheidungen zu Gütekriterien oder sonstigen den Algorithmus steuernder Parameter;
- Auswertung der Gruppierungsergebnisse aus mathematischer formaler und problembezogener Sicht;
- Iterative Wiederholung der Schritte bei unbefriedigenden Ergebnissen.

Die dargestellten Operationen des auf der Basis nun der Gruppentechnik bereitgestellten mathematischen Apparates lösen zwar bei entsprechender Implementierung für Arbeitsplatzcomputer die unscharfe Systematik des erfahrenen Technologen ab, erfordern jedoch nun einen Experten, der tiefgehende analytische Kenntnisse zum technologischen Problem besitzt, mit den mathematischen Verfahren umgehen kann und kommunikationsfähig mit dem Computer ist.

Hieraus leitet sich sofort eine Reihe von Aufgaben zur Entwicklung und Durchsetzung der computergestützten Gruppentechnik ab:

- systematische Aufbereitung möglichst vieler gruppentechnologischer Objektbereiche und Ziele unter Beachtung von Innovationstendenzen;
- Entwicklung von Regeln und Methoden zur treffsicheren Auswahl von zielorientierten Merkmalen zur Clusterung und ihrer geeigneten Vorbehandlung;
- Definition von Anforderungen an die Clusteranalyseverfahren aus der Sicht der technologischen Sinnfälligkeit und Ableitung von Regeln für die Methodenauswahl;
- Aufbau von einer Methodenbank [13] in Verbindung mit einem Beratungssystem [17] der computergestützten Gruppentechnik zur methodischen Unterstützung unterschiedlicher Nutzerbereiche;
- Gestaltung günstiger Schnittstellen unter dem Aspekt der Integration der computergestützten Gruppentechnik in die Hierarchie der Informationssysteme.

#### 4. Programmsystem "CAP-GT"

Das Kernsystem von CAP-GT existiert in einer in TURBO PASCAL implementierten ersten Version seit Juli 1988 [17] und wird seitdem schrittweise ausgebaut. Eine stark vereinfachte Übersicht zeigt Abb.2, da in jeder Ebene noch eine Reihe von untersetzenden Modulen implementiert ist.

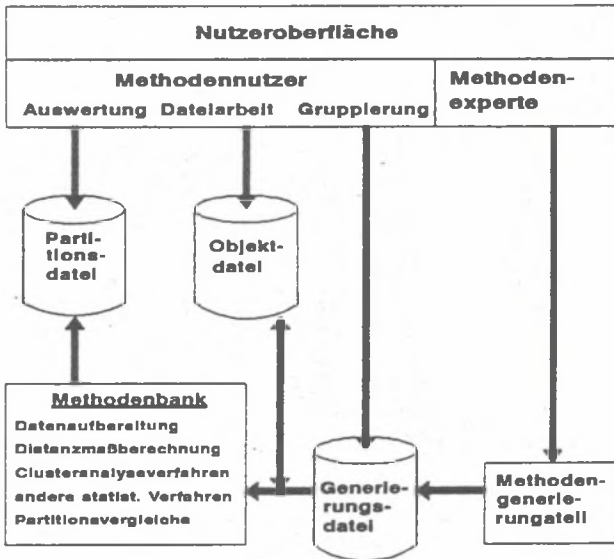


Abb.2: CAP-GT Aufbau

Je nach Version und Computer sind maximal zwischen 100 und 500 Objekte beherrschbar.

Breit angelegte Testreihenprogramme haben die Sinnfälligkeit der implementierten Methoden bestätigt. Dabei wurden bisher verschiedenste Objektmengen zwischen 50 und 500 herangezogen und mathematisch wie technologisch interpretierbar gruppiert. Da mit Hilfe der Methodenbank CAP-GT die den Objektmengen innewohnenden Strukturen ermittelt werden können, aber der Methodenapparat auch genutzt werden kann, um bewußt vereinfachte Strukturen zu schaffen, ergeben sich für die Belange von CIM folgende interessante Anwendungsgebiete:

- Werkstückanalysen mit dem Ziel der konstruktiven Vereinheitlichung und Nutzung des Ähnlichkeitsprinzips;
- Analysen von Fertigungs- und Betriebsmitteln zur Reduzierung der Bestände;
- Analysen und Vereinheitlichung von Fertigungsstrukturen mit Prozeßcharakter;
- Analysen ganzheitlicher Fertigungsprozesse aus der Sicht der Fertigungssysteme und Fertigungsorganisation;
- Rationalisierung von Programmstrukturen für die NC- und IR-Technik und Zuordnung von entsprechenden Fertigungsaufgaben;
- Unterstützung softwareergonomischer Ziele bei der Entwicklung von Programmen, sowie bei der operativen rechnergestützten technologischen Fertigungsvorbereitung.

In Abb.3 ist die Einordnung der Gruppentechnik bzw. einer Methodenbank CAP-GT in das CIM-Konzept dargestellt.

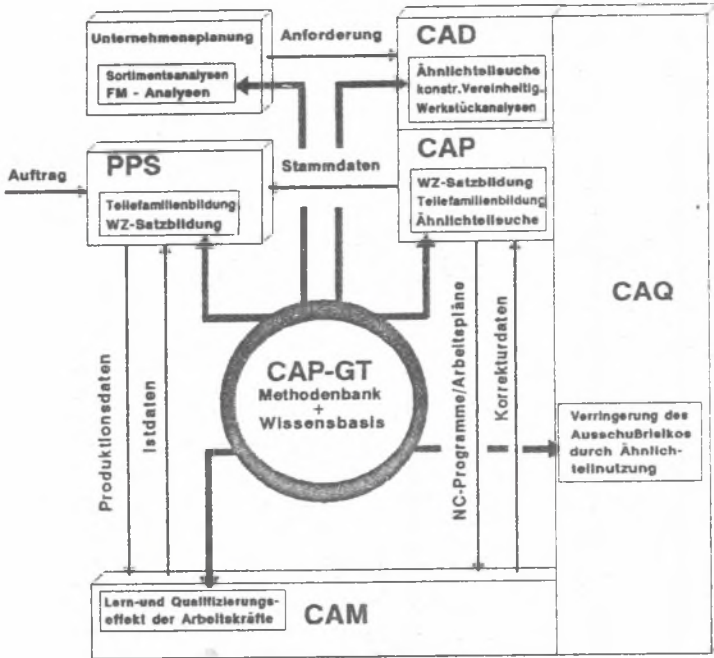


Abb.3: Gruppentechnik - CIM

## Literatur

- [1] *Sokolovskij, A.P.*: Problema tipizacii technologiceskich processov. Sbornik dokladov konferencii po tipizacii technologiceskich processov. Moskva: izd-vo ONTI, 1938.
- [2] *Mitrofanov, S.P.*: Naučnaja organizacija mašinostroitel' nogo proizvodstva. Leningrad: Mašinostroenie, 1976.
- [3] *Burbidge, I.L.*: The Introduction of Group Technolgy. London: Heinemann, 1975.
- [4] *Saak, V.*: Simulationsmodell zur Planung gruppentechnologischer Fertigungszellen. IPA, Forschung und Praxis 62, Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1982.
- [5] *Jortzik, B.*: Gruppentechnologie bei der Einsatzvorbereitung von Industrierobotern. Wiss.Z.Tech. Hochsch. Magdeburg 30(1986)H.5, S.5-9.
- [6] ...: Die OIR-Gruppentechnologie (Prospekt über das Leistungsangebot) Organization for Industrial Research (USA), München, 1985.
- [7] ...: MICLASS (Was es ist- Was es Ihnen bieten kann) Metaalinstytut TNO (Niederlande), Apeldorn.
- [8] *Warnecke, H.J.*; *Saak, V.*; *Häusermann, S.*: Gruppentechnologie und Fertigungszellen. Werkstattstechnik 69 (1979), H.3, S.164-166.
- [9] *Anderberg, M.R.*: Cluster Analysis for Applications. New York: Academic Press, 1973.
- [10] *Späht, H.*: Cluster-Analyse-Algorithmen zur Objektklassifizierung und Datenreduktion. München: R.Oldenburg Verlag 1975.
- [11] *Steinhausen, D.*; *Langer, K.*: Einführung in Methoden und Verfahren der automatischen Klassifikation. Berlin: Walter de Gruyter, 1977.
- [12] *Bock, H. H.*: Automatische Klassifikation. Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht, 1974.
- [13] *Schaller, K.*: Das System ANCA zur Clusteranalyse-Ein Beitrag zur Integration multivariater Verfahren in eine Methodenbank. Erlangen-Nürnberg: Uni.,Dissertation, 1979
- [14] *Granow, R.*: Strukturanalyse von Werkstückspektren - Planungshilfsmittel beim Aufbau flexibel automatisierter Fertigungen. Hannover: TU, Dissertation, 1984.
- [15] *Tönshoff, H-K.*; *Schunke, A.*; *Beckendorf, U.*: Fertigungs- und normgerechte Konstruktion und Ähnlichteilsuche mit elementorientierter CAD-Benutzerschale. VDI-Z Bd.129 (1987) Nr. 5, S.52-57.
- [16] *Eversheim, W.*; *Deich, A.*: Kostenplanung im Werkzeugbau- Fertigungsplanung mit multivariaten Methoden. VDI-Z Bd.129 (1987) Nr.4, S.46-52.
- [17] *Beer, S.*: Computergestützte Gruppentechnik mittels Clusteranalysemethoden. Magdeburg: TU,Diss., 1990.
- [18] *Bocklisch, S. F.*: Prozeßanalyse mit unscharfen Verfahren Berlin: VEB Verlag Technik, 1987.

## COMPUTER AIDED GROUP TECHNOLOGY WITH THE SYSTEM CAP-GT

### Summary

With the development of automation and computer technics increases the role of the group technology in the Computer-Integrated Manufacturing.

This paper describes a system of software, named CAP-GT, which uses many clustering algorithm and methods to handle the characteristics of objects.

## KOMPUTEROWE SYSTEMY CAP-GT DO WSPOMAGANIA TECHNOLOGII GRUPOWEJ

### Streszczenie

Wraz z rozwojem automatyzacji i technik komputerowych obserwujemy rosnącą rolę technologii grupowej w CIM. W tym artykule opisano system nazwany CAP-GT, który używa wiele algorytmów grupujących i metod manipulowania cechami charakterystycznymi dla obiektów.

Wpłynęło do redakcji w marcu 1992r.

Recenzent: Ryszard Knosala