

Sammlung und Aufbereitung von Fertigungserfahrungen für die Konstruktion

Schmitt, R.

Die Konstruktion legt etwa 70 - 80 % der Produktkosten fest. Ein erheblicher Teil dieser Kosten wird in der Fertigung in Abhängigkeit von den konstruktiven Festlegungen verursacht. Ein Informationssystem, das Fertigungserfahrungen in geeigneter Form zur Verfügung stellt, könnte dem Konstrukteur eine wirksame Unterstützung bieten, durch seine konstruktiven Entscheidungen fertigungsgerechte und damit kostengünstigere Produkteigenschaften zu erzeugen.

Das Forschungsprojekt AMANIS (Advanced Manufacturing Information System for the Designer) hat die Entwicklung einer entsprechenden wissensbasierten Umgebung zum Ziel. Das Projekt wird von der europäischen Gemeinschaft im Rahmen des Programms Brite-EuRam II über drei Jahre gefördert und vom IMW koordiniert. Im folgenden werden die Ergebnisse nach Ablauf des zweiten Projektjahres vorgestellt.

Within the design about 70 - 80 % of the final product costs are fixed. Depending on the design determinations, a significant share of these costs is caused in the manufacturing. An information system which is able to provide manufacturing experience in a convenient way, could be an efficient decision support tool helping the designer to improve the manufacturing properties and thus to reduce the costs of the designed product.

The research project AMANIS (Advanced Manufacturing Information System for the Designer) aims for the development of a corresponding knowledge based environment. As part of the programme Brite-Eu-Ram II, the project is funded by the European Communities for a period of three years and is coordinated by IMW. In the following the results after two project years are presented.

1. Einleitung

AMANIS verfolgt das Ziel, einen allgemeinen Ansatz zur Bereitstellung von Fertigungserfahrungen in der Konstruktion zu entwickeln. Dabei sollen Methoden

der automatischen Wissensakquisition eingesetzt werden. Das Konsortium dieses europäischen Grundlagenforschungsprojektes setzt sich entsprechend zusammen. Neben dem IMW als Koordinator sind die *National Technical University of Athens - Department of Electrical and Computer Engineering* mit Erfahrungen auf den Gebieten Datenbank-Management- und Expertensysteme sowie die *University of Wales College of Cardiff - School of Engineering* mit den Forschungsschwerpunkten neuronale Netze, Fuzzy Logic und Bilderkennung beteiligt. Ein Systemprototyp (s. Bild 1), der sich zur Zeit in der Implementierungsphase befindet, konzentriert sich auf die Bereitstellung von Informationen über spanabhebende Fertigungsprozesse wie Fräsen, Drehen und Bohren. Die Systemarchitektur ist geeignet, im Rahmen zukünftiger Entwicklungen weitere Fertigungsverfahren zu integrieren.

2. Der "Fertigungsfall"

Ausgehend von einer Analyse der Informationsflüsse in Konstruktion und Fertigung mit Hilfe der *Structured Analysis and Design Technique (SADT)* wurde ein objektorientiertes Modell zur Abbildung relevanter Daten entwickelt. Als Modellierungssprache diente *EXPRESS*. Das Modell wurde später als Datenbankstruktur in eine objektorientierte Entwicklungsumgebung (*Kappa*) übernommen.

Diese Struktur wurde wesentlich von der Methode des fallbasierten Schließens beeinflusst. Nach [3] versteht man beim fallbasierten Schließen unter einem Fall ein System, das aus einem Problemteil und einem Lösungsteil besteht. Mathematisch gesehen versteht man darunter eine Abbildung der Elemente einer Lösungsmenge auf die Elemente einer Problemmenge. Besteht ein Problem aus mehreren Teilproblemen und setzt sich die Lösung aus mehreren Teillösungen zusammen, so kann ein Fall wiederum aus mehreren voneinander abhängigen oder unabhängigen Fällen bestehen. Ziel des fallbasierten Schließens ist, bei zukünftigem Auftreten gleicher oder ähnlicher Probleme Aussagen über deren Lösung treffen zu können.

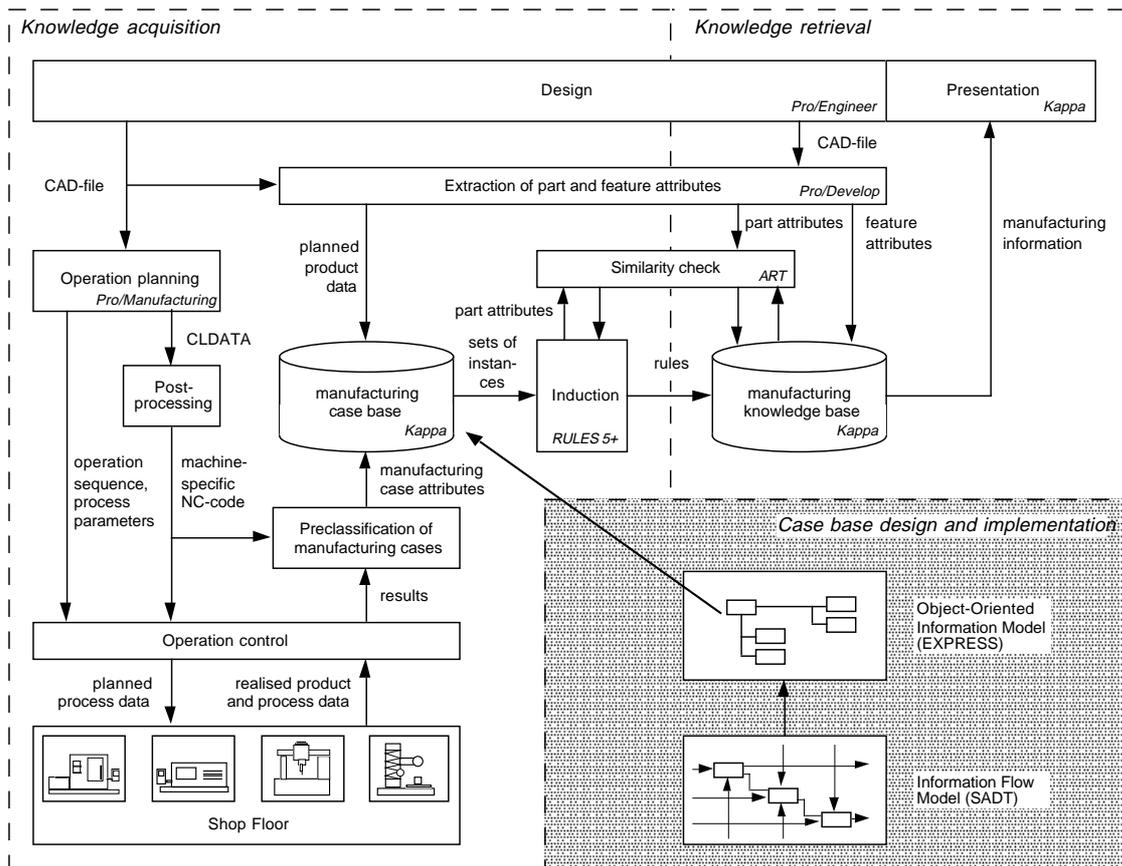


Bild 1 Architektur des Systemprototypen (in der Implementierungsphase)

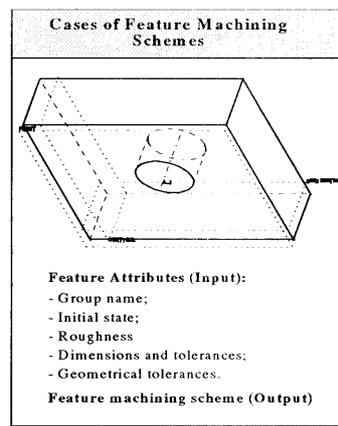
Übertragen auf die Belange von AMANIS bedeutet dies, daß sich bei der Betrachtung eines Fertigungsfalls (*manufacturing case*) der Problemteil aus den Vorgaben der dispositiven Aktivitäten innerhalb der technischen Auftragsabwicklung in Form von Solldaten (*planned data*) und der Lösungsteil aus den Resultaten der operationellen Aktivitäten in Form von Ist-daten (*realised data*) ergibt. Der Problemteil besteht hierbei aus zwei Teilproblemen; zum einen aus den Soll-Produktdaten (*planned product data*) in Form von Festlegungen auf Seiten der Konstruktion bzgl. Bauteilgeometrie, Toleranzen, Werkstoffeigenschaften etc.; zum anderen aus den Soll-Prozeßdaten (*planned process data*) bestehend aus Vorgaben der Arbeitsplanung und -steuerung wie Arbeitsvorgangsfolge, Prozeßparameter, Vorgabezeiten, NC-Programmen und dergleichen. Analog ergeben sich als Teillösungen Ist-Produktdaten (*realised product data*) die über die Qualitätsdatenerfassung dokumentierbar sind sowie Ist-Prozeßdaten (*realised process data*), die in Systemen zur Maschinen- und Betriebsdatenerfassung (MDE/BDE) abgebildet werden. Die schematische Struktur eines Fertigungsfalls ist in Bild 2 dargestellt.

Ein Fertigungsfall gilt als abgeschlossen, wenn sich entweder auf der dispositiven oder auf der operativen Seite Randbedingungen, die sich auf die Fertigungsergebnisse entscheidend auswirken, ändern. Zu diesen Randbedingungen zählen im operativen Bereich insbesondere Rüstvorgänge, die mit einem Loswechsel verbunden sind. Ein Werkzeugwechsel oder eine Ablösung des Maschinenbedieners gehören nicht dazu.

Häufig gelten die Vorgaben aus Konstruktion und Arbeitsplanung über einen längeren Zeitraum, ohne verändert zu werden. Dem gegenüber fallen auf der Basis dieser Vorgaben bei Großserien- und Massenfertigung kontinuierlich sowie bei Fertigung kleiner und mittlerer Serien in regelmäßigen Abständen große Mengen Daten über Fertigungsergebnisse an.

Um die Datenfülle im Zusammenhang mit einem Fertigungsfall zu begrenzen, sind statistische Auswertungen notwendig. Bei kleineren und mittleren Losen können Daten über Fertigungs- und Ausfallzeiten bzw. Störungsursachen für das gesamte Los zusammengefaßt werden. Bei großen Losen müssen die Ergebnisse innerhalb definierter Zeitintervalle statistisch ausgewertet werden.

schiedliche, kontinuierliche oder diskrete Werte annehmen können. Hierzu zählen beispielsweise der Durchmesser, die Länge, der zu zerspanende Werkstoff oder die geforderte Oberflächenqualität. Wenn die Fertigung dieses Featuretyps mit jeweils unterschiedlichen Attributwerten als Bestandteil verschiedener Bauteile geplant und durchgeführt worden ist, und die Fertigungsergebnisse feature-bezogen vorliegen,



Induction



Machining Scheme Selection Rules:	
Rule_1: IF	Feature_group = HO_#1
AND	Initial state = "Solid"
AND	d = [1..28]
AND	d_tol (IT) = [9..11]
AND	Ra = [2.5..10]
THEN	1) Center drill;
	2) Drilling;
	3) Reaming
Rule_2: IF	Feature_group = HO_#1
AND	Initial state = "Solid"
AND	d = [28..50]
AND	d_tol (IT) = [11..13]
AND	Ra = [5..20]
THEN	1) Drilling;
	2) Boring;
	...

Bild 4 Durch "induktives Lernen" können aus Resultaten Regeln erzeugt werden

dann ist RULES 5+ in der Lage aus diesen Resultaten "Wenn/Dann"-Regeln zu generieren und diese in einer Wissensbasis abzulegen. Wie diese Regeln für eine Durchgangsbohrung aussehen können, ist in Bild 4 dargestellt. Neben den Informationen zu alternativen Arbeitsvorgangsfolgen können diese Regeln auch Aussagen über Prozeßparameter, Zeiten oder Fehlerwahrscheinlichkeiten enthalten.

Auf der Bauteilebene ist der Vorgang des induktiven Lernens schwieriger, da eine eindeutige Identifikation gleichgearteter Fertigungsfälle nicht - wie bei Features - über eine Typen-Kennung möglich ist. Deswegen wird auf dieser Ebene ein Ähnlichkeitsvergleich über wesentliche Attribute mit Hilfe des neuronalen Netzes *Adaptive Resonance Theory (ART)* durchgeführt. Diese Netzarchitektur ermöglicht es, über definierbare Ähnlichkeitskriterien eingehende (auch unvollständige oder unscharfe) Informationen bestehenden Klassen zuzuordnen. Sollte keine passende Klasse vorhanden sein, wird eine neue angelegt. Der Nachteil von ART besteht allerdings in der notwendigen Beschränkung auf binäre Eingangswerte.

4. Bereitstellung der Fertigungsinformationen

Während der Konstrukteur ein Bauteil mit Feature-Struktur auf dem Bildschirm des CAD-Systems erzeugt, werden in Abhängigkeit von den festgelegten Attributwerten relevante Fertigungsinformationen aus der Wissensbasis mit dem Bauteil und den einzelnen Features verknüpft. Die zugeordneten Fertigungsinformationen können durch betriebswirtschaftliche Daten, wie z.B. Kostensätze oder Termine ergänzt werden. Analog zum Vorgang der Induktion erfolgt auch hier die Identifikation der relevanten Informationen auf Feature-Ebene über die Typen-Kennung und auf Bauteilebene über ART.

Auf diese Weise ist der Konstrukteur in der Lage, jederzeit feature- oder bauteilbezogene Informationen über Arbeitsvorgangsfolgen, notwendige Betriebsmittel, Fertigungszeiten und -kosten abzurufen. Das System wird darüber hinaus in der Lage sein, dem Konstrukteur Veränderungen von Attributwerten (z.B. Toleranzvorgaben) vorzuschlagen, wenn dadurch Fertigungszeiten und/oder -kosten reduziert werden können.

5. Zusammenfassung

Der hier beschriebene Ansatz einer featurebasierten Erfassung von Fertigungsergebnissen, in Verbindung mit den Methoden des fallbasierten Schließens und des induktiven Lernens bietet die Möglichkeit, Fertigungserfahrungen in komprimierter Form als Bestandteil eines Fertigungsarchivs abzulegen. Ein solches Archiv ist nicht nur für die Unterstützung im Konstruktionsbereich geeignet, sondern bildet auch eine ausgezeichnete Basis für automatische Arbeitsplangenerierungs- oder feature-basierte Vorkalkulationssysteme.

Literatur

- /1/ Prengemann, U.: Fertigungsinformationen für die Konstruktion bereitstellen, *ZwF* 88 (1993) 7-8
- /2/ Prengemann, U.; Schmitt, R.: AMANIS - Fertigungsinformationen für die Konstruktion, Mitteilung aus dem Institut für Maschinenwesen Nr. 18, TU Clausthal, 1993
- /3/ Börner, K.; Jantke, K. P.; Schönherr, S.; Tammer, E.-Ch.: Lernszenarien im fallbasierten Schließen *FA-BEL-Report* No. 14, Sankt Augustin 1993 (Gesellschaft für Mathematik und Datenverarb. mbH)
- /4/ Kolodner, J.: *Case-Based Reasoning*, San Mateo, 1993 (Morgan Kaufmann Publishers)