



**Deutsches  
Forschungszentrum  
für Künstliche  
Intelligenz GmbH**

**Document**

D-90-03

# **Abschlußbericht des Arbeitspaketes PROD**

**Ansgar Bernardi, Christoph Klauck,  
Ralf Legleitner**

**September 1990**

**Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz  
GmbH**

Postfach 20 80  
D-6750 Kaiserslautern  
Tel.: (+49 631) 205-3211/13  
Fax: (+49 631) 205-3210

Stuhlsatzenhausweg 3  
D-6600 Saarbrücken 11  
Tel.: (+49 681) 302-5252  
Fax: (+49 681) 302-5341

# Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz

Das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) mit Standorten in Kaiserslautern und Saarbrücken ist eine gemeinnützige GmbH, die 1988 von den Gesellschaftern ADV/Orga, AEG, IBM, Insiders, Fraunhofer Gesellschaft, GMD, Krupp-Atlas, Mannesmann-Kienzle, Nixdorf, Philips und Siemens gegründet wurde. Die am DFKI durchgeführten Projekte werden vom Bundesministerium für Forschung und Technologie, von den Gesellschaftern oder von externen Auftraggebern finanziert.

Am DFKI wird anwendungsorientierte Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz (KI) und angrenzender anderer Bereiche der Informatik durchgeführt. Ziel ist die Erstellung von "Intelligenten Fachsystemen", in denen ausgesuchte Probleme eines Anwendungsbereiches mit Hilfe von KI Methoden gelöst werden. Derzeitig werden am DFKI die folgenden Forschungsschwerpunkte verfolgt:

- Intelligente Ingenieur-Systeme
- Intelligente Benutzerschnittstellen
- Intelligente Kommunikations-Netzwerke
- Intelligente kooperative Systeme

Das DFKI strebt danach, seine wissenschaftlichen Ergebnisse der Forschungsgemeinschaft zugänglich zu machen. Aus diesem Grunde wurde ein Netzwerk von Kontakten zu in- und ausländischen Forschungseinrichtungen im akademischen und industriellen Bereich aufgebaut. Darüber hinaus veranstaltet das DFKI Wissenstransfer-Workshops, auf denen Gesellschafter und interessierte Dritte über den Forschungsstand informiert werden.

Seit seiner Gründung stellt das DFKI eine attraktive Arbeitsumgebung für namhafte Forscherinnen und Forscher aus dem In- und Ausland dar. Das Ziel ist, nach Beendigung der Aufbauphase ca. 100 Wissenschaftler zu beschäftigen.

Prof. Dr. Gerhard Barth  
Technisch-wissenschaftlicher Geschäftsführer

# **Abschlußbericht des Arbeitspaketes PROD**

**Ansgar Bernardi, Christoph Klauck, Ralf Legleitner**

DFKI-D-90-03

© Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz 1990

This work may not be copied or reproduced in whole or in part for any commercial purpose. Permission to copy in whole or in part without payment of fee is granted for nonprofit educational and research purposes provided that all such whole or partial copies include the following: a notice that such copying is by permission of Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Kaiserslautern, Federal Republic of Germany; an acknowledgement of the authors and individual contributors to the work; all applicable portions of this copyright notice. Copying, reproducing, or republishing for any other purpose shall require a licence with payment of fee to Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz.

# **Abschlußbericht Arbeitspaket PROD**

**Ansgar Bernardi  
Christoph Klauck  
Ralf Legleitner**

**E-Mail:**

**bernardi@mail.dfki.uni-kl.de  
klauck@mail.dfki.uni-kl.de  
legleitner@mail.dfki.uni-kl.de**

# Inhalt

1. Einleitung .....	6
2. Modelle .....	6
3. Produktmodelle .....	8
3.1 Geometrieorientierte Produktmodelle .....	8
3.2 Strukturorientierte Produktmodelle .....	8
3.3 Integrierte Produktmodelle .....	8
3.4 Wissensbasierte Produktmodelle .....	9
3.5 Anforderungen an ein integriertes Produktmodell .....	10
3.5.1 Anforderungen aus der Sicht des Konstrukteurs .....	11
3.5.2 Anforderungen aus der Sicht des Arbeitsplaners .....	11
3.6 Bewertung der vorgestellten Produktmodellansätze bezüglich .....	11
4. Repräsentationsaufgaben .....	14
4.1 Anforderungen an das Produktmodell von ARC-TEC .....	14
4.1.1 Teilmodelle zur allgemeinen Beschreibung des Produkts .....	14
4.1.2 Teilmodelle zur Beschreibung von Produkten, die aus mehreren Einzelteilen bestehen .....	15
4.1.3 Teilmodelle zur Beschreibung von Einzelteilen .....	17
4.1.4 Teilmodelle zur Ermittlung und Dokumentation des Arbeitsplans .....	20
4.1.5 Hardwaremodelle zur Ermittlung des Arbeitsplans .....	21
4.2 Teilmodelle zur Ermittlung und Dokumentation des Prüfplans .....	25
4.2.1 Hardwaremodelle zur Ermittlung des Prüfplans .....	26
5. Gegenüberstellung zweier gegensätzlicher Ansätze zur .....	29
5.1 Kritische Betrachtung der Schnittstelle zum Austausch produktdefinierender Daten. STEP .....	29
5.1.1 Kurze Einführung in die Thematik .....	29
5.1.2 Repräsentationsmechanismen .....	30
5.1.3 Bewertung aus der Sicht der Anwendbarkeit von KI- Methoden .....	31
5.2 Kritische Betrachtung des CAD-Systems ICAD .....	33
5.2.1 Repräsentationskonzepte .....	34
5.2.2 Bewertung .....	34
6. Ergebnisse und Anforderungen an IWP .....	35
7. Literatur .....	36

## 1. Einleitung

Innerhalb des Arbeitspaketes PROD soll eine Studie über konventionelle Produktmodelle angefertigt werden.

Ziel dieser Studie ist eine Übersicht über konventionelle Produktmodelle im maschinenbaulichen Bereich. Es soll dargestellt werden, welche Daten wie strukturiert und gespeichert werden und wozu die einzelnen Daten benötigt werden. Dadurch soll die Grundlage zur Erstellung eines integrierten wissensbasierten Produktmodelles geschaffen werden.

Für das Arbeitspaket PROD ist der in Bild 1.1 dargestellte zeitliche Rahmen vorgesehen.

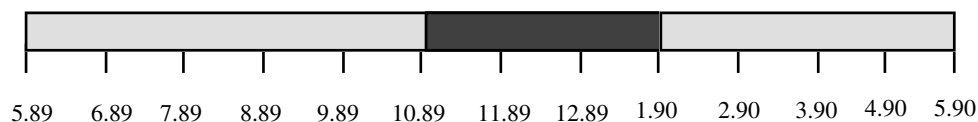


Bild 1.1 Zeitplan für PROD

## 2. Modelle

Im Zuge der Entwicklung und Realisierung von CIM-Systemen wurde recht schnell erkannt, daß die bisherigen Softwarelösungen nicht den Anforderungen bezüglich ihrer Integrationsfähigkeit gerecht wurden. Dies hatte und hat heute noch immer seine Ursache darin, daß viele Applikationen ihre eigene Daten- und Fileverwaltung haben und daß keine ausreichend leistungsfähigen Schnittstellen zu anderen Systemen realisiert wurden. So müssen auch heute noch viele Daten aus zum Teil sehr leistungsfähigen Systemen ( z.B. CAD -Systemen ) über den "Papierweg" an andere Systeme, z.B. zur Arbeitsplanung weitergegeben werden und dort vom Menschen erneut eingegeben werden. Die Verwirklichung einer rechnerintegrierten Produktion erfordert in letzter Konsequenz die Einbeziehung aller Bereiche des Fabrikbetriebes in ein gemeinsames Informationssystem, dessen Daten so strukturiert sind, daß alle Daten an den für sie relevanten Orten verfügbar sind und daß eine gute Verknüpfung mit dem Materialfluß des Unternehmens gegeben ist. Dieses Ziel kann nur durch die Synchronisation aller betrieblichen Bereiche in einer gemeinsamen Datenbasis erreicht werden.

Da in nahezu allen Betriebsbereichen auch geometrische Produktinformationen benötigt werden und die Entwicklung der CAD-Systeme schon früh einen sehr hohen Stand

erreichte, führte die Weiterentwicklung der CAD-Technologie von der reinen Geometrieverarbeitung zur Einführung informationstechnischer Modelle /1/.

Diese sind:

- Prozeßmodelle
- Fabrikmodelle
- Produktmodelle

Prozeßmodelle enthalten Wissen über die Herstellung eines Produktes in einem bestimmten Betrieb. Sie enthalten Bearbeitungsabläufe und Verfahrenwege für NC-Maschinen usw.

Fabrikmodelle beinhalten eine Beschreibung der Betriebsmittel, der Kapazitäten sowie der Terminplanungen eines Betriebes.

Produktmodelle enthalten die rechnerinterne strukturierte Zusammenfassung aller Einzelinformationen über ein Produkt und enthalten somit alle produktrelevanten Daten in einer logischen Einheit.

Produktmodelle bilden die Grundlage einer Integration der verschiedenen Modelle.



### **3. Produktmodelle**

Entsprechend der geschichtlichen Entstehung der Produktmodelle lassen sich verschiedene Evolutionsstufen der Entwicklung angeben. Diese Entwicklung läßt sich an den unten angeführten Meilensteinen gut darstellen.

#### **3.1 Geometrieorientierte Produktmodelle**

Diese einfachste Form der Produktmodelle ist aus den Geometriemodellen der CAD-Systeme hervorgegangen. Sie ermöglichen die zusätzliche Beschreibung des Produkts durch organisatorische und technologische Attribute.

#### **3.2 Strukturorientierte Produktmodelle**

In diesen Modellen kann Wissen über bereichsübergreifende Daten der am Herstellungsvorgang beteiligten Einzelsysteme abgelegt werden. Die einzelnen Systeme verfügen jeweils über ihre eigene Datenbasis. Über das Produktmodell, das eigentlich nur ein intelligentes Inhaltsverzeichnis ist, welches die zur Auftragsbearbeitung notwendigen Daten, Strukturen und Formate enthält, sowie entsprechende Zugriffsfunktionen, ist der Zugriff auf die Informationen an ihrem jeweiligen Speicherort möglich. Die strukturorientierten Produktmodelle sind als Übergangslösung zu den Integrierten Produktmodellen aufzufassen.

#### **3.3 Integrierte Produktmodelle**

Integrierte Produktmodelle enthalten Geometrie- und Strukturbeschreibungen sowie Anteile eines Prozeßmodells und des Fabrikmodells, wobei eine Zuordnung der Informationen zu unterschiedlichen logischen Informationsschichten erfolgt. Jede dieser Informationsschichten enthält dabei eine semantisch abgeschlossene Teilmenge der Produktmodellinformationen. Diese Informationsschichten können auch als Partialmodelle des Produktmodells verstanden werden.

Da die im Produktmodell abgelegten Daten an verschiedenen Orten entstehen und gebraucht werden, ist eine weitere Schicht oder ein weiteres Partialmodell notwendig, das eine unkontrollierte Informationsredundanz verhindert sowie die Konsistenz der

gespeicherten Daten gewährleistet. Desweiteren muß es möglich sein die einzelnen Daten der Partialmodelle untereinander in Beziehung zu setzen. Zu diesem Zweck muß es eine Verbindungsschicht oder ein Verbindungsmodell geben, das es ermöglicht, die verschiedenen Attribute eines bestimmten Produktbereichs aus den verschiedenen Partialmodellen miteinander zu verknüpfen und anzusprechen.

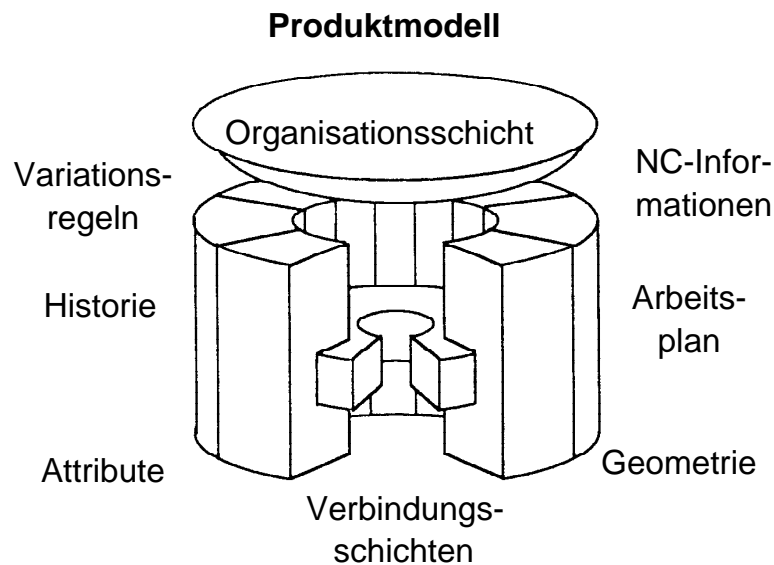


Bild 3.1: Die Schichten des Produktmodells /2/

Eine besondere Ausprägung der Informationsbereitstellung stellen sogenannte Features ( Application Features ) dar. Dies sind semantikbehaftete technische Elemente, die eine mit der Geometrie verknüpfte Beschreibung von Fertigungsprozessen und funktionalen Sachverhalten erlauben /1/.

Aus dem bisher dargestellten Sachverhalt erscheint die genauere Betrachtung der integrierten Produktmodelle für das ARC-TEC-Projekt am interessantesten.

### 3.4 Wissensbasierte Produktmodelle

Eine interessante Erweiterung des integrierten Produktmodells stellen nach IWF/Spur die wissensbasierten Produktmodelle dar. Bei diesen Modellen wird eine Verzahnung von allgemeinem Wissen mit speziellem Produktwissen angestrebt. Nach diesem Ansatz wird zusätzlich zu den verschiedenen Produktmodellen eine Wissensbasis zur Verfügung

gestellt, über die den Produktmodellen allgemeines Wissen über den Fertigungsprozeß usw. bereitgestellt wird. Dieser zur Zeit noch nicht vollständig realisierte Ansatz entspricht in etwa dem Ansatz des Arbeitspaketes IWP von ARC-TEC, in dem ebenfalls maschinenbauliches "Common Sense"-Wissen verarbeitbar gemacht werden soll.

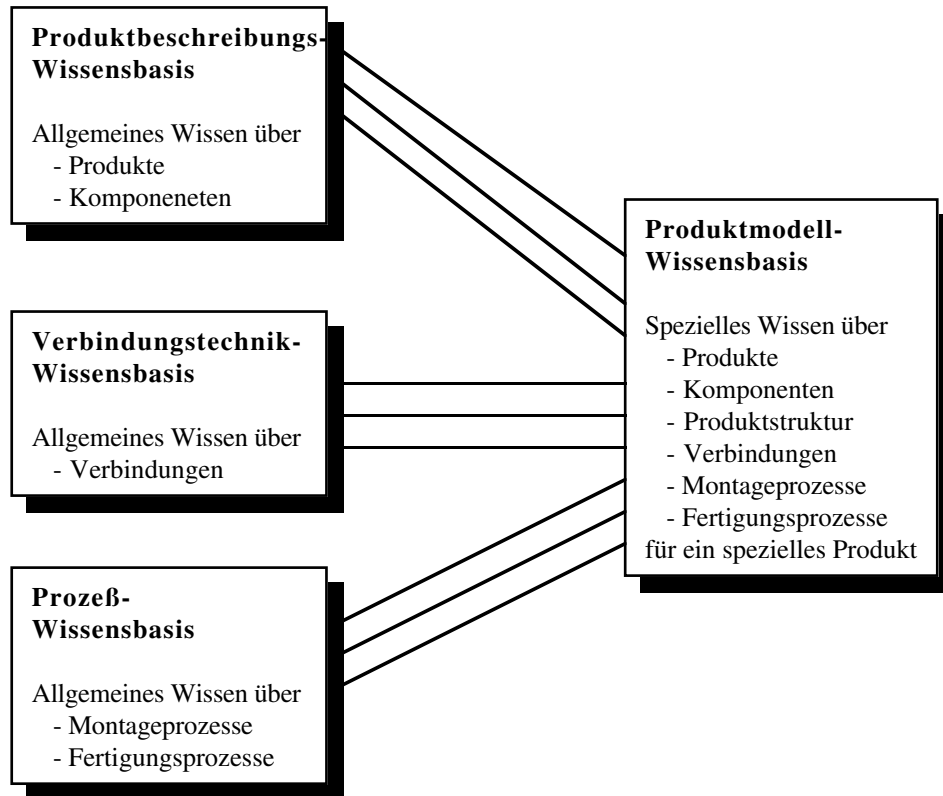


Bild 3.2 Wissensbasiertes Produktmodell nach Spur

### 3.5 Anforderungen an ein integriertes Produktmodell

Da, wie bisher mehrfach beschrieben, die Integration von verschiedenen CA-Techniken ein Hauptziel der Produktmodellerstellung ist, soll am Beispiel zweier wichtigster Gebiete, nämlich dem CAD ( Computer Aided Design ) und dem CAP ( Computer Aided Planing) dargestellt werden, welche Funktionen über ein Produktmodell realisiert werden können.

### **3.5.1 Anforderungen aus der Sicht des Konstrukteurs**

Um bei einem Konstrukteur sowohl eine gewisse Akzeptanz des Systems zu erreichen als auch die notwendige Funktionalität zu gewährleisten, muß über das integrierte Produktmodell die Bearbeitung der folgenden Teilaufgaben möglich sein.

- Unterstützung aller Phasen der Konstruktion ( Planung, Konzeption, Entwurf, Detaillierung)
- Geometrische und technische Abhängigkeiten sollen darstellbar sein und mit den entsprechenden Formelementen verknüpfbar sein.
- Definition eines Elementevorrates zur Modellierung mittels Formelementen
- Es müssen Rückmeldungen über die Herstellbarkeit und die Fertigungskosten der Konstruktion erfolgen können.
- Es müssen mehrere Varianten eines Produktes logisch verwaltet werden können, bis man sich innerhalb der Konstruktion für ein bestimmtes Konzept endgültig entschieden hat.
- Das Produktmodell muß eine Parametrisierung von technischen Objekten erlauben, damit Varianten- und Änderungskonstruktionen möglich sind.

### **3.5.2 Anforderungen aus der Sicht des Arbeitsplaners**

Um die vielfältigen Arbeitsinhalte der Arbeitsplanung funktional ausfüllen zu können, muß das Produktmodell neben der Unterstützung aller Phasen der Planung bis hin zur NC-Programmierung noch Lösungen der nachfolgenden Teilaufgaben unterstützen.

- Graphische Darstellung des Produktes und Simulation von Arbeitsgängen müssen möglich sein.
- Im Falle der konstruktiven Änderung von Teilen, um Fertigungskosten zu sparen, muß ein Dialog mit der Konstruktionsabteilung erfolgen können.
- Das Produktmodell muß bezüglich neuer Fertigungsmittel und neuer Fertigungstechnologien erweiterbar sein /3/.

## **3.6 Bewertung der vorgestellten Produktmodellansätze bezüglich ihrer Integration in eine CIM-Umgebung**

Da die vorgestellten Produktmodellansätze lediglich versuchen, ein wie in Bild 3.3 dargestelltes verteiltes Informationssystem zu einem zentralen System umzuwandeln,

können durch diese Ansätze nicht die prinzipiellen Schwachstellen der bisherigen Informationsverarbeitung ausgeglichen werden. Zweifellos haben diese Ansätze in der heutigen Zeit ihre Berechtigung und werden erhebliche Verbesserungen in der technischen Auftragsbearbeitung bringen. Es wird jedoch nicht gelingen, die durch diesen Ansatz vorgegebenen Grenzen zu überwinden.

Die im letzten Abschnitt angesprochenen prinzipiellen Schwachstellen sind historisch bedingt und werden nun etwas genauer betrachtet.

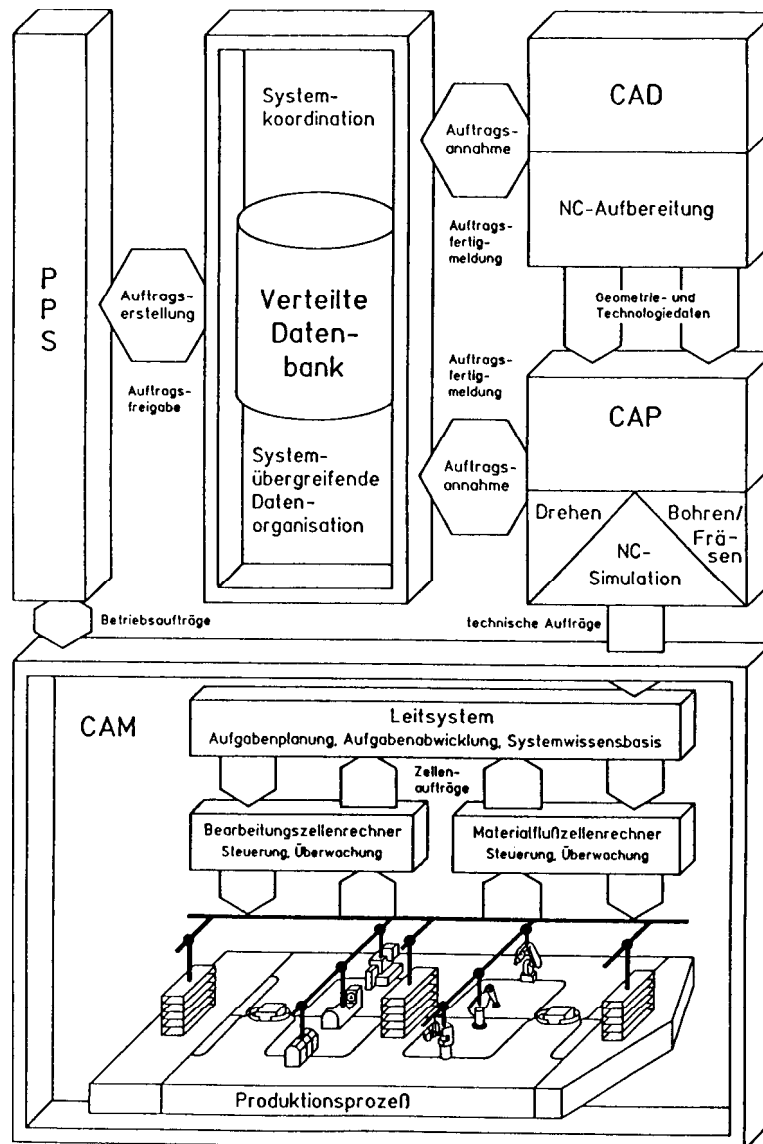


Bild 3.3 CIM-System mit verteilter Datenbank /12/

In der Entwicklung der CA-Techniken spielten die CAD-Systeme eine zentrale Rolle, da sie am Anfang der Entwicklung standen. Als diese Systeme Ende der sechziger Jahre konzipiert wurden, wurden die Ausgabeformate der Daten an die bestehenden

Konventionen angepaßt; das dort implementierte geometrische Modell konnte nur Geometriedaten, wie sie in Technischen Zeichnungen vorkommen, repräsentieren. Zwar haben sich die CAD-Systeme mittlerweile von reinen Zeichensystemen in Richtung von Produktmodellierungssystemen weiterentwickelt, ihre Ausgabeformate und das zugrundeliegende Modell, das mittlerweile 3-dimensional ist, wurden jedoch nicht wesentlich verändert. So werden die technologischen Angaben oft nur als geometrische Zeichen abgelegt, ohne daß ihnen eine Semantik zugeordnet ist.

Die Visualisierungsfähigkeit der Systeme hat sich Laufe der Zeit wesentlich verbessert. Dies ist vor allem in der Konstruktion sehr nützlich, kann aber für die Datenübergabe in den Fertigungsbereich ( CAP ) nicht genutzt werden. So ist auch heute noch die ausgeplottete technische Zeichnung ein wesentlicher Output eines CAD-Systems. In diesem Zusammenhang muß man sich klar machen, daß eine Technische Zeichnung nur eine Abbildung der Konstruktion in einer sehr eng begrenzten Syntax bedeutet, die ein großes Maß an Interpretation durch den Menschen erfordert.

Die Entwicklung leistungsfähiger Schnittstellen ist bisher an den sehr unterschiedlichen Datenformaten und den unvollständigen Modellen der einzelnen Systeme gescheitert und zeigt erst in der jüngsten Entwicklung wirkliche Fortschritte im Hinblick auf die Übergabe von Produktmodellen an andere CA-Systeme ( Siehe Kapitel 5.1 STEP ). Hierzu ist noch zu bemerken, daß es zur Zeit noch keine leistungsfähigen Prozessoren für STEP gibt, weil es noch keine die technologischen Daten komplett abdeckenden CAD-Modelle gibt, so daß die Gewinnung technologischer Daten im wesentlichen nur durch eine Interpretierung des CAD-Outputs erfolgen kann. ( Siehe hierzu Feature Recognition Systems ).

Ziel des im R-Teil verfolgten Arbeitspaketes IWP ist nun die Erstellung eines Modells, das sowohl die geometrischen als auch die technologischen Daten zusammen mit ihrer Semantik repräsentieren kann. Dazu werden zuerst die notwendigen Repräsentationsaufgaben untersucht. Anschließend wird deutlich gemacht, warum ein solcher Ansatz nur wissensbasiert erfolgen kann.

## **4. Repräsentationsaufgaben**

Im Kapitel 3 wurden verschiedene prinzipielle Ansätze für Produktmodelle vorgestellt. Die dabei gefundenen Prinzipien werden im folgenden an die konkreten Zielsetzungen des ARC-TEC-Projekts angepaßt. Dabei soll weniger die Art der notwendigen Repräsentationsaufgaben als vielmehr deren Repräsentationsinhalte beschrieben werden.

### **4.1 Anforderungen an das Produktmodell von ARC-TEC ( IWP )**

Das in ARC-TEC zu verwendende integrierte Produktmodell soll aus Partialmodellen bestehen und sich in vier Großbereiche untergliedern lassen, wobei einzelne Teilmodelle in jedem der vier Großbereiche und andere speziell nur in einem oder zwei dieser Bereiche benötigt werden.

Die vier Großbereiche sind:

1. Allgemeine produktdefinierende Daten
2. NC- Bearbeitung   =>   Arbeitsplan
3. NC- Messen       =>   Prüfplan
4. Diagnose von Fehlern im Fertigungsprozeß

#### **4.1.1 Teilmodelle zur allgemeinen Beschreibung des Produkts**

In diesem Bereich sollen alle zur Beschreibung des Produktes und seiner Entstehungsgeschichte notwendigen Daten gesammelt werden. Außerdem soll eine Klassifikation des Produktes ermöglicht werden. Es müssen ebenfalls alle Informationen über die Einzelteile einer Baugruppe vorliegen, wenn das Produkt aus mehreren Einzelteilen besteht.

#### **4.1.2 Teilmodelle zur Beschreibung von Produkten, die aus mehreren Einzelteilen bestehen**

##### **Komponentenmodell**

Im Komponentenmodell muß das Ergebnis der Auflösung der Stücklisten repräsentiert werden, das heißt, es muß beschrieben werden, aus welchen Komponenten ein Produkt besteht und in welchen Teilproduktmodellen die jeweiligen Einzelteile beschrieben sind.

Repräsentationsaufgaben:

- Kaufteilstückliste
- Eigenfertigungsteilstückliste
- Ersatzteilstückliste
- Verzeigerungsliste zu den Teilproduktmodellen

##### **Montagemodell**

Im Montagemodell ist beschrieben, wie die Einzelteile eines Produktes nach ihrer Fertigung montiert werden sollen.

Repräsentationsaufgaben:

- Montageplan
- Montagemittel
- NC- Programme
- Prüfanweisungen der gesamten Baugruppe
- etc.



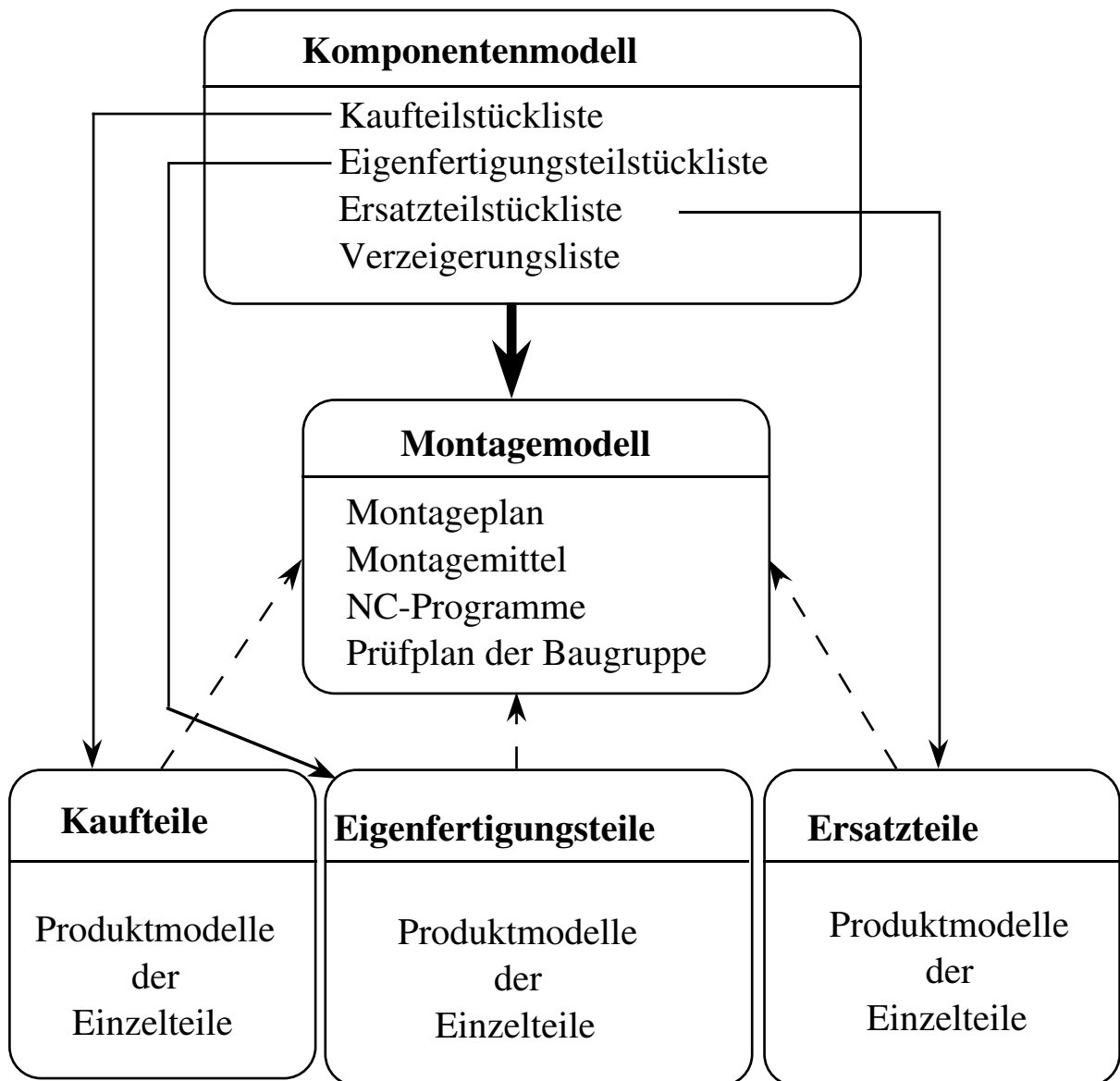


Bild 4.1 Modelle zur Beschreibung von Produkten, die aus mehreren Einzelteilen bestehen

Das in Bild 4.1 dargestellte Komponentenmodell kann durch die über die STEP-Schnittstelle verfügbaren Daten erstellt werden, da man mit STEP leicht in der Lage ist, Produktstrukturen aufzubauen und verfügbar zu machen. Die Entscheidung, welche Teile gekauft und welche Teile in Eigenfertigung hergestellt werden sollen, kann auch vom Benutzer getroffen werden. Diese Entscheidungsfindung ist ein eigenständiges Problem, für das es noch keine guten, verwertbaren Ansätze in der Literatur gibt. In ARC-TEC soll dieses Problem ebenfalls nicht vorrangig betrachtet werden.

### **4.1.3 Teilmodelle zur Beschreibung von Einzelteilen**

#### **Klassifikationsmodell**

Im Klassifikationsmodell werden alle Informationen gespeichert, die nötig sind, um ein Teil einer bestimmten Teilefamilie zuzuordnen und somit entsprechende Standardarbeitspläne zur Variantenplanung zu finden. Gelingt diese Zuordnung nicht, so muß im Klassifikationsmodell der Hinweis vorhanden sein, daß eine Neuplanung durchzuführen ist.

Repräsentationsaufgaben:

- Losgröße
- Maximale Werkstückabmessungen
- Längen- Durchmesser Verhältnis
- Gewicht
- Geometrische Klassifizierung
  - Wellenteil
  - Futterteil
- Technologische Klassifizierung
- Aufspannungsmöglichkeiten
  - Zentrierbohrungen
  - etc.

#### **Ausgangsteilmodell**

Das Ausgangsteilmodell besteht im Prinzip aus einem eigenen Produktmodell, das jedoch aus weniger Teilmodellen aufgebaut sein kann, je nach Komplexität des Ausgangsteils. Das Ausgangsteil kann entweder als eigenes Teil über eine CAD-Oberfläche oder einen Struktureditor /11/ editiert werden, es kann aber auch vom System selbst abgeleitet werden.

#### **Geometriemodell**

Im Geometriemodell ist die Geometrie des Teils so repräsentiert, daß sie sowohl für die Arbeitsplanung als auch für die Überprüfung des Fertigungsergebnisses verwendet werden kann. Dies bezieht sich auch auf die Umrechnung der Werkstückkoordinaten auf einen einheitlichen Bezugspunkt. Die genaue Art der Repräsentation muß auch hier

wieder von der Art der zu ziehenden Inferenzen abhängig gemacht werden. Es sind jedoch nur zwei Alternativen denkbar, nämlich die Element-Volumenbeschreibung ( CSG-Methode) oder die Flächenbeschreibung ( B-rep.-Methode ). Im ARC-TEC-Projekt soll eine Beschreibung entwickelt werden, welche die das Werkstück begrenzenden Flächen beinhaltet, da genau auch diese Flächen durch den Fertigungsprozeß hergestellt werden müssen.

Repräsentationsaufgaben:

- Begrenzungsflächen des Werkstückes
  - fertigungstechnisch orientierte Flächenelemente
    - Zylindermantelfläche
    - Kegelmantelfläche
    - Toroidfläche
- Features
  - Bearbeitungselemente
    - Fase
      - Standard z.B. 3x45
      - Kantenbruch
    - Freistich
      - allg.
      - DIN 509
    - Segerringnut
    - etc.

## **Bemaßungsmodell**

Im Bemaßungsmodell wird die Art der Bemaßung, wie sie vom Konstrukteur vorgenommen wurde, repräsentiert. Dies ist notwendig, um bei Toleranzketten und auch bei Maßketten in der späteren Prüfplanung die richtigen Bezugspunkte zu setzen und gefertigte Teile auf ihre Maßhaltigkeit zu prüfen. Es sei angemerkt, daß die Bemaßung, so wie sie vom Konstrukteur vorgenommen wird, im allgemeinen nicht zur automatisierten Arbeitsplanung benützt werden kann, da keine Werkstückbezugspunkte usw. festgelegt sind.

## **Technologiemodell**

Im Technologiemodell sind alle technologischen Angaben des Produktes repräsentiert.

Repräsentationsaufgaben:

- Werkstoff
- Toleranzangaben
  - Allgmeintoleranzen
  - Form-
  - Lage-
  - Lauf-
  - Orts-
  - Richtungstoleranzen
- Passungen
- Oberflächeneigenschaften
- Härteangaben
- Wärmebehandlungsangaben
- Füge- und Bearbeitungshinweise

## **Funktionselementmodell**

Im Funktionselementmodell werden die das Werkstück bestimmenden Funktionselemente dargestellt. Es soll hier jedoch nicht die Gesamtfunktion des Teils beschrieben werden, dies soll im Einsatzmodell geschehen.

Repräsentationsaufgaben:

- DIN - Elemente,
  - Paßfedernut
  - Gewinde
  - Lagersitz

## **Einsatzmodell**

Im Einsatzmodell werden der spätere Einsatzort und die Gesamtfunktion des Produktes und sich daraus ergebende Folgerungen repräsentiert.

## **Historienmodell**

Im Historienmodell werden Informationen über bereits gefertigte Produkte einer Produktfamilie gespeichert. Es werden sowohl Informationen über die Herstellung der Teile, als auch über ihr Verhalten im Einsatz dokumentiert, zum Beispiel Bruch einer Welle nach ca. 120 Betriebsstunden. Im Historienmodell können Besonderheiten, die den allgemeinen Regeln der Arbeitsplanerstellung widersprechen, oder bestimmte Tricks repräsentiert und der Planung zugänglich gemacht werden. Weiterhin können Hinweise für die konstruktive Verbesserung oder Variation des Teiles gespeichert werden.

### **4.1.4 Teilmodelle zur Ermittlung und Dokumentation des Arbeitsplans**

Zur Ermittlung des Arbeitsplans werden Repräsentationsformen für Geometrie- und Technologiedaten benötigt, ebenso wie für die Darstellung des fertigen Arbeitsplanes und der generierten NC-Programme. Eine weitere Repräsentationsaufgabe besteht in der Darstellung der zur Bearbeitung ausgewählten Werkzeuge und Werkzeugmaschinen.

Im folgenden werden die Teilmodelle zur allgemeinen Beschreibung des Produktes erläutert.

### **Teilmodelle zur allgemeinen Beschreibung des Produktes**

#### **Arbeitsbewertungsmodell**

In diesem Modell muß die Bewertung der menschlichen Arbeit bei den verschiedenen Arbeitsschritten dokumentiert werden. Voraussetzung ist somit die Bewertung von möglichen Tätigkeiten in der Produktion. Hier kann auf Tabellen und Tarifvereinbarungen zurückgegriffen werden.

#### **Arbeitsplanmodell**

Im Arbeitsplanmodell wird der ermittelte Arbeitsplan so repräsentiert, daß er auch in quasi natürlichsprachlichem Format ausgegeben werden kann.

Repräsentationsaufgaben:

- Arbeitsfolge
- Teilarbeitsvorgangsfolgen
- Haupt- und Nebenzeiten
- Arbeitsbewertung
- Betriebsmittel
- NC- Programme (CLDATA DIN 66215)
- Werkzeuge (als zusammengebaute Werkzeuge oder nach ISO 1832 und ISO 5608) incl. Korrekturmaße
- Maschineneinrichteblatt

#### **4.1.5 Hardwaremodelle zur Ermittlung des Arbeitsplans**

In diesen Modellen sollte die gesamte am Fertigungsprozeß beteiligte Hardware eines Betriebes repräsentiert werden. Dies erstreckt sich über Werkzeugmaschinen, Meßmaschinen und Förderzeuge bis hin zu Meßtastern und Bohrern etc. Die in diesem Kapitel beschriebenen Modelle müssen alle mit Hilfe von Wissensakquisitionsmethoden gefüllt werden, mit denen die jeweiligen betrieblichen Gegebenheiten aufgenommen und interpretiert bzw. klassifiziert werden, so daß die Abbildung der Besonderheiten der verschiedenen Betriebe im Modell bereits ein relativ hohes Abstraktionsniveau hat. Das oben gesagte gilt in gleichem Maße für die Repräsentation der Hardware-Modelle zur Ermittlung des Prüfplans.

Der Repräsentation dieser Modelle kommt eine entscheidende Bedeutung zu, da durch sie die Planungsergebnisse wesentlich bestimmt werden. Die Repräsentationsform dieser Modelle hängt außerdem sehr stark von der Art der aus den Modellen zu ziehenden Inferenzen ab.

Über die im folgenden Abschnitt vorgestellten Parameter sollten alle verschiedenen Fertigungsmittel zur Zerspanung mit geometrisch bestimmter Schneide dargestellt werden können.

## **Werkzeugmaschinenmodell**

Im Werkzeugmaschinenmodell werden alle Werkzeugmaschinen durch ihre Arbeitsbereiche, Steifigkeit, Spindelleistung und ihren Wartungszustand repräsentiert und ihren Anwendungsfällen zugeteilt.

Repräsentationsaufgaben:

Je Werkzeugmaschine

- Maschinenstundensatz oder Maschinenkategorie
- Wirtschaftlichste Losgröße
- Fertigungsprozeß
- Spindelleistung
- Arbeitsbereich
- Steifigkeit
- Wartungszustand
- Besonderheiten
- Anzahl der verwendbaren Werkzeuge
- Steuerungsart
- Aufspannungsmöglichkeiten
- etc.

## **Werkzeugmodell**

Im Werkzeugmodell werden alle Werkzeuge, die in einem Betrieb verfügbar sind, repräsentiert.

Repräsentationsaufgaben:

Je Werkzeug

- Fertigungsprozeß
- Einsatzgebiet
- Funktionalität
- Korrekturmaße
- Schneiden- und Halterspezifikation
- Standzeit oder Standmenge
- zulässige Schnittdaten
- etc.

- bisherige Einsatzzeit und Verschleißzustand (Dies sind zeitabhängige Daten, die auch vielleicht getrennt verwaltet werden sollten.).

## **Spannmittelmodell**

Hier werden alle verfügbaren Spannmittel wie Drehmaschinenfutter und Spannsysteme für Fräsmaschinen repräsentiert.

Repräsentationsaufgaben:

- Spanngrößen und Gewichte
- maximale Drehzahlen
- maximale Kräfte
- Backenausführung
- Voraussetzungen für den Einsatz
- etc.

Das Zusammenwirken der einzelnen Teilmodelle zur Arbeitsplanbestimmung ist in Bild 4.2 dargestellt, wobei es auch prinzipiell möglich ist, daß das Ausgangsteil vom Benutzer vorgegeben wird und nicht vom System selbst festgelegt wird.



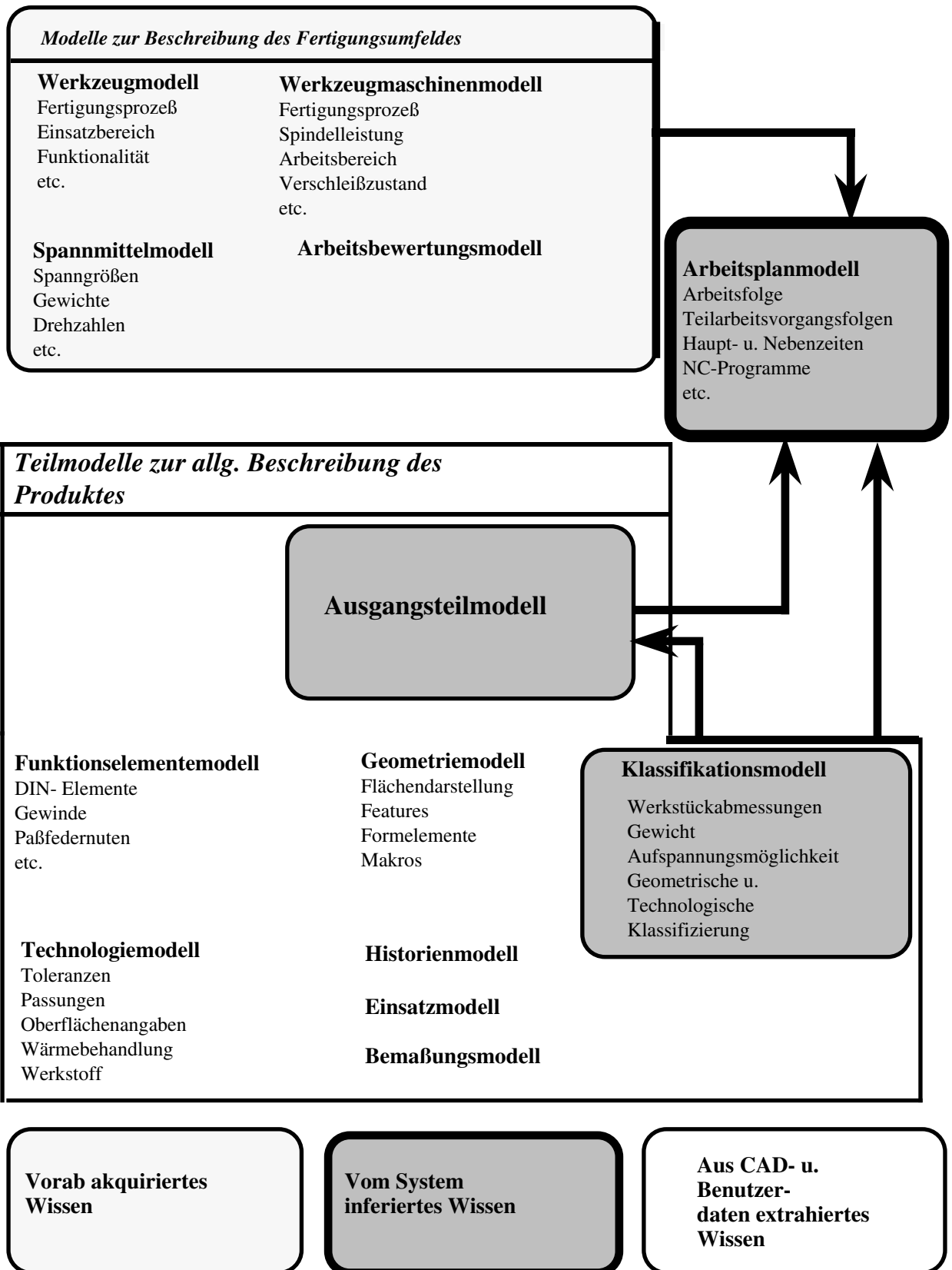


Bild 4.2 Modelle zur Beschreibung der Arbeitsplanung /4/

## **4.2 Teilmodelle zur Ermittlung und Dokumentation des Prüfplans**

Zur Ermittlung eines Prüfplans müssen neben Geometriedaten auch Technologie- und Funktionalitätsbeschreibungen repräsentiert werden. Die Beschreibung der Prüfung eines Werkstückes oder einer Baugruppe in einem Produktmodell muß neben den erarbeiteten Prüfplänen auch die bei der Prüfung ermittelten Werte und die Ergebnisse einer nachfolgenden Interpretation enthalten.

### **Arbeitsplanmodell**

#### **Teilmodelle zur allgemeinen Beschreibung des Produktes**

##### **Prüfmerkmalsmodell**

Im Prüfmerkmalsmodell werden alle zu prüfenden Bereiche und die zugehörigen Sollwerte bzw. Toleranzen abgelegt.

Repräsentationsaufgaben:

- Meßstellen
- Prüfintervalle
- Prüfzyklen
- Prüfqualität

##### **Prüfplanmodell**

Im Prüfplanmodell wird der ermittelte Prüfplan so repräsentiert, daß er quasi-natürlichsprachlich ausgegeben werden kann.

Repräsentationsaufgaben:

- Prüfplan
- Meßwerkzeuge
  - Schieblehre
  - Mikrometerschraube
  - Endmaße
  - Vorrichtungen
  - Perthometer

- CNC-Meßmaschine
  - Spannmittel
  - Taster
  - Spannplan
  - Tasterkonfigurationsplan
  - Tastermagazinbelegung
  - CNC- Programme

### **Meßdatenmodell**

Im Meßdatenmodell werden alle von den Meßvorrichtungen gemessenen Werte gespeichert.

Repräsentationsaufgaben:

- Meßstellen und gemessene Istwerte

### **Meßergebnismodell**

Im Meßergebnismodell werden die Ergebnisse der Interpretation des Meßdatenmodells dokumentiert. Im Meßergebnismodell kann abgelesen werden, ob es sich um ein Gutteil handelt oder ob eine Fehlerdiagnose durchgeführt werden muß. Es sei angemerkt, daß die Fehlerdiagnose auch durch die Langzeitstatistik ausgelöst werden kann, wenn ein Trend in den Meßergebnissen zu erkennen ist, der in absehbarer Zeit zu Ausschussteilen führen kann.

Die Auslösung der Fehlerdiagnose aufgrund von Tendaussagen könnte mit einer Kombination statistischer und wissensbasierter KI-orientierter Verfahren geschehen; dies alleine wäre aber schon ein Forschungsthema für eine ganze Forschungsgruppe.

#### **4.2.1 Hardwaremodelle zur Ermittlung des Prüfplans**

Mit den unten vorgestellten Modellen soll die Welt der Prüfeinrichtungen in einem speziellen Betrieb repräsentiert werden können.

## **Meßvorrichtungsmodell**

Im Meßvorrichtungsmodell werden alle Meßmaschinen wie CNC-Meßmaschinen oder Perthometer repräsentiert; außerdem werden alle anderen, auch von Hand bedienten Meßgeräte dargestellt.

Repräsentationsaufgaben:

Je Meßvorrichtung

- Meßgenauigkeit
- Einsatzgebiete
- Kosten
- Dauer der Messungen
- Ableitbare Ergebnisse
- etc.

## **Meßzubehörmodell**

Im Meßzubehörmodell werden alle Hilfsmittel wie Taster oder Aufspannvorrichtungen repräsentiert.

Repräsentationsaufgaben:

Je Einzelteil

- Einsatzgebiet
- Funktion
- Genauigkeit
- Kosten
- etc.

Das Zusammenwirken der einzelnen Partialmodelle bei der Prüfplanung ist in Bild 4.3 dargestellt.

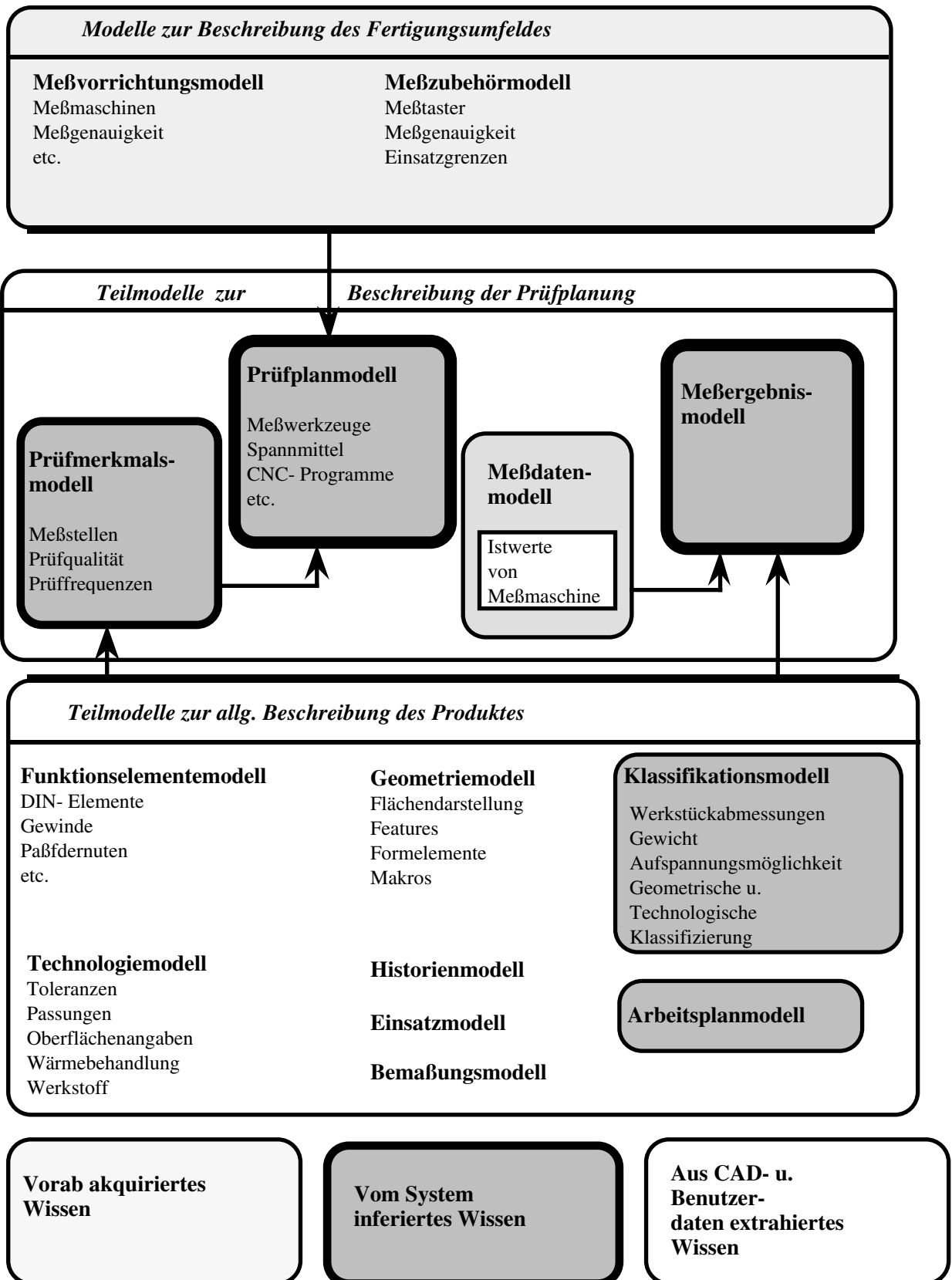


Bild 4.3 Modelle zur Beschreibung der Prüfplanung /4/

## **5. Gegenüberstellung zweier gegensätzlicher Ansätze zur Produktmodellbildung**

Nachdem die verschiedenen Repräsentationsinhalte eines integrierten wissensbasierten Produktmodells etwas genauer betrachtet worden sind, wird nun auf die Art der Repräsentation eingegangen, zu diesem Zweck soll dem Leser ein Gefühl dafür vermittelt werden, wie gegensätzlich die in der Literatur beschriebenen und zum Teil auch schon implementierten Produktmodellansätze sind. Dazu wird der 1991 in der ersten Version erscheinende Schnittstellenstandard STEP mit der Datenbasis des Featurebasierten CAD Systems ICAD verglichen.

### **5.1 Kritische Betrachtung der Schnittstelle zum Austausch produktdefinierender Daten. STEP**

Da durch die neu geschaffene internationale Schnittstellenvereinbarung STEP ein leistungsfähiges Werkzeug zur Repräsentation produktdefinierender Daten, insbesondere auch Geometrie- und Technologiedaten, entstanden sein soll, wird der erwähnte Standard genauer untersucht. /5/.

#### **5.1.1 Kurze Einführung in die Thematik**

STEP spezifiziert ein Standardformat zur Abbildung produktdefinierender Daten. Alle während des Lebenszyklus eines Industrieproduktes auftretenden Daten sollen abgebildet werden. Neben der Geometrie müssen auch technologische Eigenschaften, die funktions- oder baugruppenbezogen sind, wie Materialeigenschaften, Oberflächengüte und Toleranzen, dargestellt werden. Um diesen Ansprüchen genügen zu können, definiert STEP Datenformate zur Beschreibung sehr unterschiedlicher Aspekte eines Produkts. Die einzelnen Sichtweisen werden in den sogenannten *Partialmodellen* dargestellt; deren Kombination ergibt dann das integrierte Produktmodell IPIM (*Integrated Product Information Model*), in dem ein Produkt vollständig repräsentiert werden kann.

Die Konzeption des STEP-IPIM als Datenformat-Definition entspricht dem klassischen Schnittstellen-Ansatz: Unterschiedliche Systeme nutzen ein festgelegtes Datenformat zur Kommunikation; die Interpretation der erhaltenen Daten obliegt dem jeweiligen System. Die Semantik der im STEP-IPIM syntaktisch repräsentierten Daten kann selbst nicht in

STEP übertragen werden; sie ist Gegenstand der in den STEP-Dokumentationen festgelegten Übereinkünfte.

Die folgende Abbildung soll das Zusammenspiel der einzelnen Partialmodelle zum IPIM veranschaulichen.

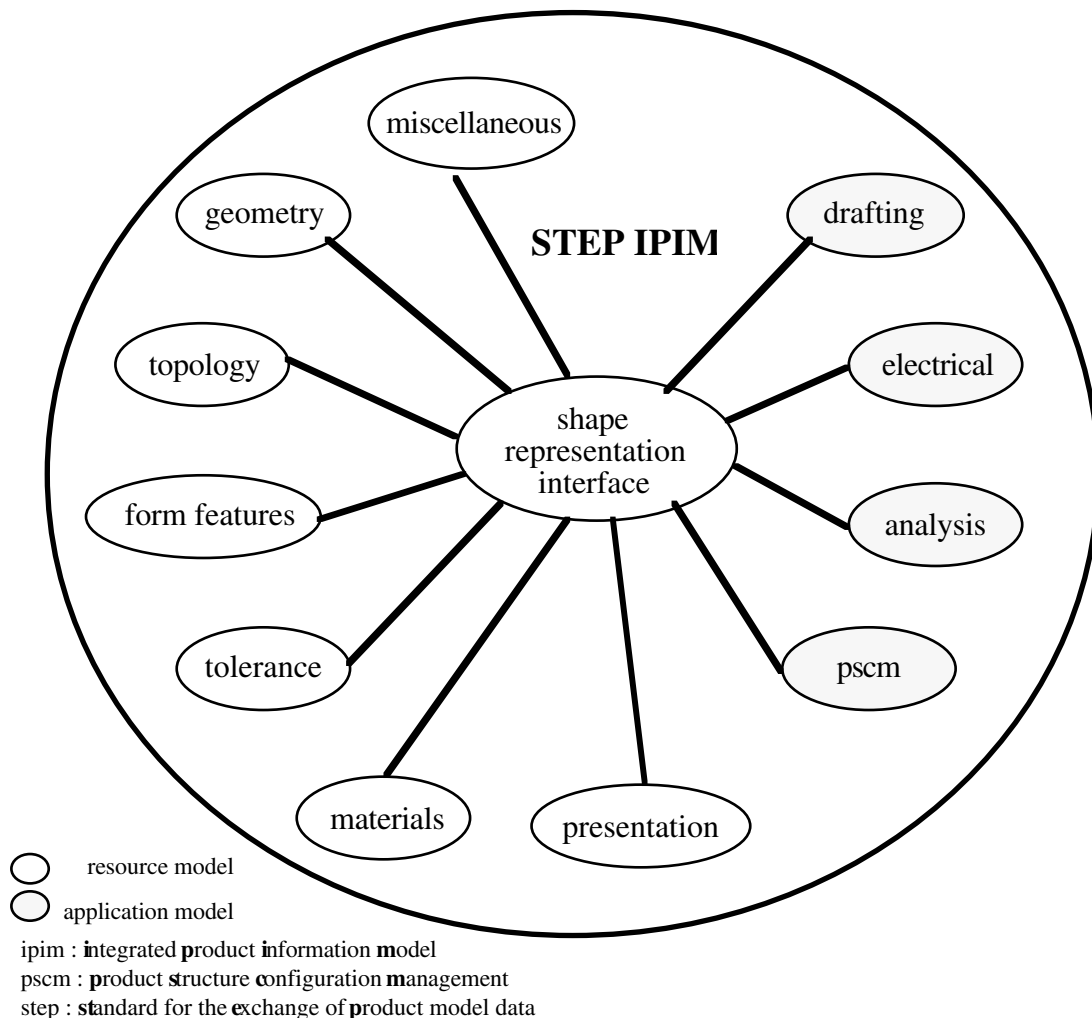


Bild 5.1 Das STEP IPIM

### 5.1.2 Repräsentationsmechanismen

Das Shape Representation Interface bildet das Herzstück des IPIM und ist eine allgemeine Definition der Produktgestalt (Shape), an die spezielle Informationen, wie etwa Materialinformationen, geknüpft werden können. Die notwendigen Daten sind in Informationseinheiten, den sogenannten Entities, zerlegt, nach logischen Kriterien klassifiziert und den entsprechenden Partialmodellen zugeordnet. Zur Dokumentation der Partialmodelle wird die für STEP erstellte formale Beschreibungssprache EXPRESS

verwendet. Hierbei handelt es sich um eine hybride Sprache, die sowohl zur Informationsmodellierung als auch zur Abbildung von Datenstrukturen geeignet ist. Die Informationseinheiten (Entities) der einzelnen Partialmodelle unterliegen einer Typhierarchie. Sie werden durch Angabe von Attribut-Werte Paaren und Constraints, die in Form von Funktionsaufrufen beschrieben werden, definiert. Dazu sei folgendes Beispiel einer Definition aus dem Topologiemodell gegeben.

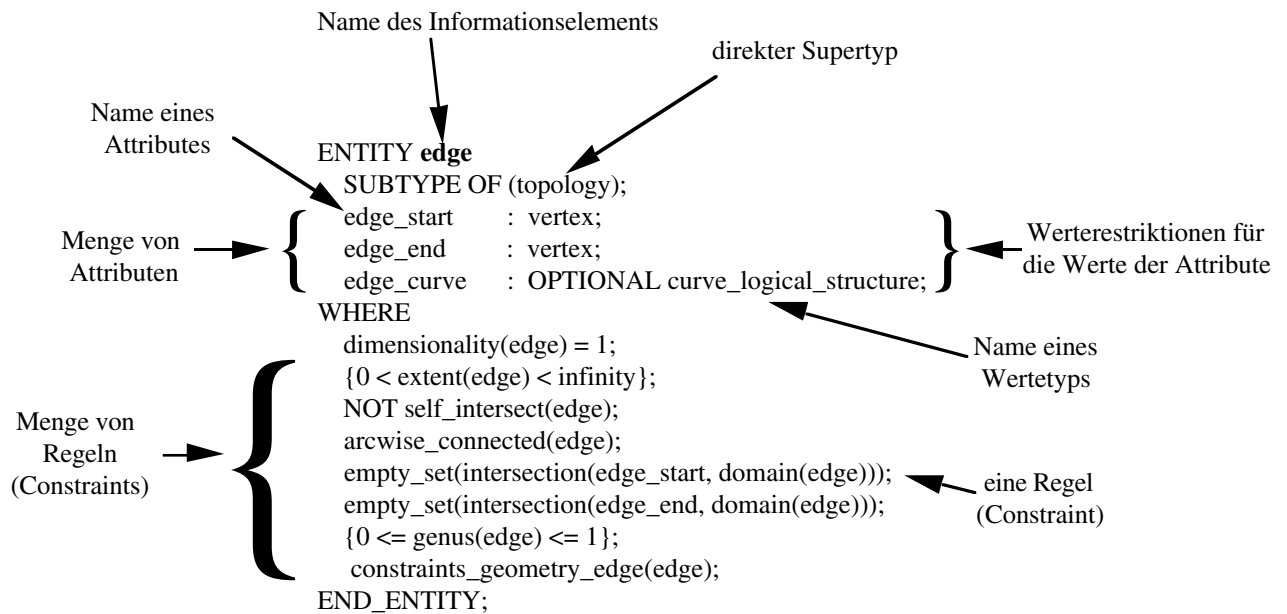


Bild 5.2 Beispiel der EXPRESS-Notation

### 5.1.3 Bewertung aus der Sicht der Anwendbarkeit von KI-Methoden

Die Anwendung von KI-Methoden im CIM-Bereich fordert nicht nur die Möglichkeit der Datenverarbeitung, sondern insbesondere die Verarbeitung von begrifflichem Wissen. Aus diesem Blickwinkel ist STEP eine Sammlung von Begriffs- oder Konzeptdefinitionen. Ein konkretes STEP-Datenfile ist als eine Menge von Instanzen dieser Konzepte aufzufassen. Im Sprachgebrauch der KI wird gerne zwischen terminologischem und assertionalem Wissen unterschieden, in diesem Sinne stellt die STEP-Beschreibung (auf dem Papier) die terminologische, das konkrete Datenfile die assertionale Komponente dar.

Über die Konzepte können Deduktionen nur dann durchgeführt werden, wenn die Konzeptdefinitionen nicht nur per Konvention festgelegt wurden (wie in STEP), sondern auch in maschinell verarbeitbarer Form vorliegen. Diese Bedingung wird von STEP nicht erfüllt und kann aus Gründen des Umfangs, der Redundanz und der unklaren



Spezifikation etwa der multiplen Vererbung auch nicht alleine auf der Basis von STEP realisiert werden. Damit ist diese Art der Repräsentation für die Anwendung von KI-Methoden nicht unmittelbar geeignet.

Der folgende Auszuge einer Repräsentation des unten dargestellten Teiles spricht für sich und macht die oben gemachte Aussage augenfällig.

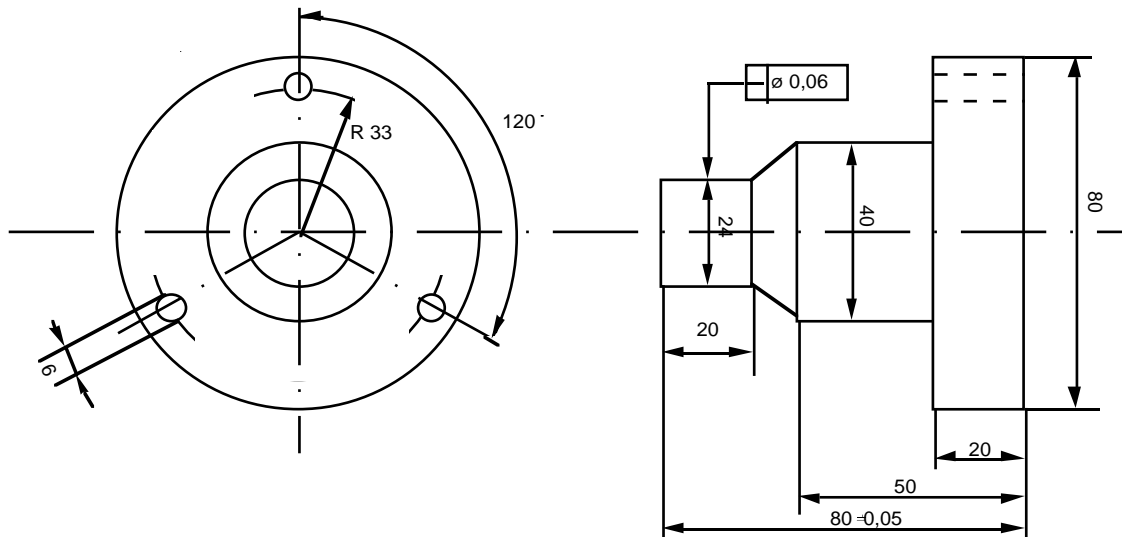


Bild 5.3 Repräsentationsobjekt

Die in Bild 5.4 dargestellte Repräsentation enthält der besseren Lesbarkeit wegen neben den Attributwerten noch den entsprechenden Attributnamen, was bei einer rein maschinellen Erstellung der Repräsentation wegfallen würde, wodurch das File von einem Menschen nicht mehr gelesen werden könnte.

```

@1 = cylindrical_surface(
  radius: 12
  position: #11)
@2 = cylindrical_surface(
  radius: 20
  position: #11)
@3 = cylindrical_surface(
  radius: 40
  position: #11)
@4 = cylindrical_surface(
  radius: 3
  position: #25)
@5 = cylindrical_surface(
  radius: 3
  position: #26)
@6 = cylindrical_surface(
  radius: 3
  position: #27)
@7 = conical_surface(
  semi_angle: 32
  radius: 12
  position: #12)
@8 = cartesian_point(
  x_coordinate: 0.0
  @11 = axis2_placement(
    location: #8
    axis: #10
    ref_direction: #9)
@12 = axis2_placement(
  location: #13
  axis: #10
  ref_direction: #9)
@25 = axis2_placement(
  location: #14
  axis: #81
  ref_direction: #9)
@26 = axis2_placement(
  location: #15
  axis: #81
  ref_direction: #9)
@27 = axis2_placement(
  location: #16
  axis: #81
  ref_direction: #9)

```

y\_coordinate: 0.0  
 z\_coordinate: 0.0)  
 @9 = default\_x\_direction()

x: 1.0  
 y: 0.0  
 z: 0.0)

Bild 5.4 Auszug aus einer STEP-Repräsentation

## 5.2 Kritische Betrachtung des CAD-Systems ICAD

ICAD ist ein sog. Featurebased CAD-System, bei dem eine deklarative Beschreibung des zu konstruierenden Produktes gegeben werden muß. Für jede Produktfamilie kann über Regeln festgelegt werden, wie die einzelnen Teile eines Produktes in Zusammenhang stehen; dies können funktionale, geometrische oder auch fertigungstechnische Beziehungen sein. Der Konstrukteur kann leicht die innerhalb einer Produktklasse zur Verfügung stehenden, über Regeln beschriebenen Elemente einer Produktklasse mischen und so immer wieder neue Produkte erzeugen. Die beschriebenen Produkte werden durch hierarchisch angeordnete Objekte strukturiert, wobei zwischen den Objekten eine Vererbung möglich ist. Im folgenden Bild ist das ICAD zugrunde liegende Produktmodell dargestellt.

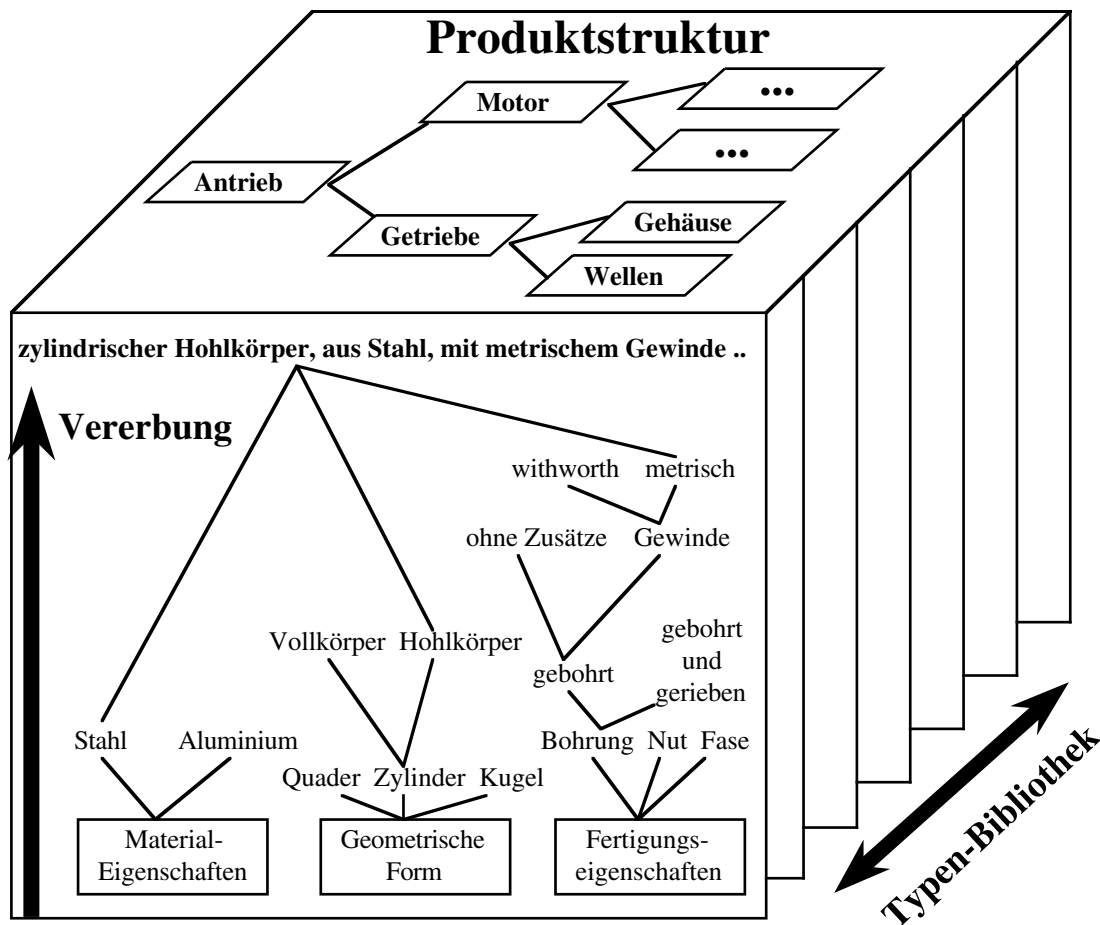


Bild 5.5 Produktmodell von ICAD

## 5.2.1 Repräsentationskonzepte

Am Beispiel der in Bild 5.6 dargestellten Werkbank soll das von ICAD benutzte Repräsentationskonzept etwas näher betrachtet werden

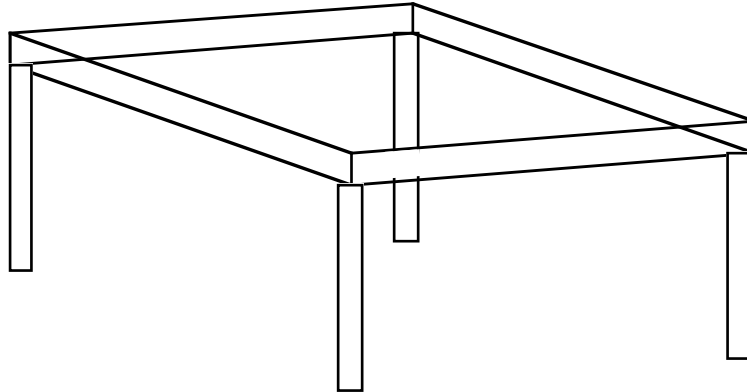


Bild 5.6 Werkbank

```
( DEFPART Werkbank ( Quader )
  :INPUTS      (:Länge
                :Breite
                :Höhe
                :Belastung)
  :ATTRIBUTES  (:Anzahl-Beine(setze-alle 100.0 (THE :Breite)))
  :PARTS       ((Rahmen      :POSITION
                  (:BELOW (THE Tischplatte) 0.0)))
                (Tischplatte :TYPE Quader
                  :POSITION (: TOP 0.0)
                  :HOEHE
                    (if (>(THE: Belastung) 600) 3.5 1.2 ))
                (Bein      )
```

Bild 5.7 Repräsentation mit ICAD

## 5.2.2 Bewertung

Wichtigster Nachteil von ICAD bezüglich seines Einsatzes in der Industrie ist, daß es wiederum nur eine Insel ist und nicht Daten aus anderen CAD-Systemen übernehmen kann oder gar weitergeben kann. Das heißt, daß alle nachgeschalteten Prozesse direkt in das ICAD-System integriert werden müssen. Insbesondere bedeutet dies, daß die Anbindung an eine Datenbank nur schwer möglich ist.

Als prinzipieller Nachteil der Repräsentation ist zu sagen, daß nicht beliebig komplizierte Teil z.B. mit Freiformflächen beschrieben werden können. Weiterhin muß man sehen, daß für jede neue Produktfamilie Wissen akquiriert, strukturiert und anschließend in Form von Regeln implementiert werden muß, womit ein normaler Konstrukteur zweifellos überfordert sein dürfte.

## 6. Ergebnisse und Anforderungen an IWP

Das Integrierte Wissensbasierte Produktmodell (IWP), das vom R-Teil entwickelt wird, soll auf Grund der oben gemachten Aussagen und der Abstimmung mit den anderen Teilprojekten wie folgt angegangen werden:

1. Repräsentation von Geometrie- und Technologiedaten des Produkts
2. Darstellung der Prozeßmodelle durch Skelettpläne
3. Abbildung des Klassifikationsmodells durch eine Featurebeschreibung
4. Explizite Repräsentation von Arbeitsplänen und Darstellung der NC-

Programme

in einer Lisp ähnlichen Syntax (LANCO), die dann nach CLDATA (Cutter Location Data DIN 66215) transformiert werden kann.

Während für die Darstellung der Skelettpläne und der Features erst vage Vorstellungen existieren, ist die Geometrie- und Technologiebeschreibung der Produkte schon in einem recht fortgeschrittenen Stadium /7/.

Um den schnellstmöglichen Projektfortschritt zu gewährleisten werden die oben genannten Repräsentationsaufgaben vordringlich vor den in Kapitel 4 genannten Aufgaben behandelt, wobei aber der Repräsentation der Werkstattebene ebenfalls eine wichtige Rolle zukommt, da die Werkstattdaten als Eingangsgrößen der Skelettpläne benötigt werden.

## 7. Literatur

- /1/ Spur G. : *Von der rechnerunterstützten Zeichnungserstellung zur rechnerintegrierten Produktenwicklung.*  
CAD CAM CIM Carl Hanser Verlag, München 1989
- /2/ Spur G., Krause F.L., Armbrust P.: *Product models as basis for integrated design and manufacturing.*  
Int. J. Mach. Tool Des. Res. Vol. 26 No. 2. pp. 171-178, 1986
- /3/ Bullinger H-J., Salzer C.: *Integration von CAD und CAP über ein gemeinsames Produktmodell.*  
CIM Management 6/89 S. 28-33.
- /4/ R.Legleitner : *Überlegungen zum Produktmodell von ARC-TEC*  
Diskussionspapier 90-02
- /5/ Christoph Klauck : Vortrag STEP vom 22.08 90
- /6/ Breitling.F. : *Wissensbasiertes Konstruktionssystem*  
CAD CAM Carl Hanser Verlag, München 1988
- /7/ Legleitner R. : *Vorschlag zur Repräsentation von allg. Teilen in 3D-Flächendarstellung in einer Macrosprache mit Angabe einer Spezialisierung für rotationssymmetrische Teile*  
Diskussionspapier 90-06.
- /8/ VDI Berichte 775.: *Expertensysteme in Entwicklung und Konstruktion*  
VDI Verlag, Düsseldorf 1989
- /9/ Huber A : *Wissensbasierte Überwachung und Planung in der Fertigung*  
Erich Schmidt Verlag, Berlin 1990
- /11/ Höfling B. : *Ein objektorientierter Struktureditor für STEP*  
Projektarbeit, Kaiserslautern 1990
- /12/ Opferkuch R.: *Durchgängige Nutzung von Geometrie- und Technologie-Informationen .*  
VDI Berichte 705, VDI-Verlag, Düsseldorf 1988

## DFKI Publikationen

Die folgenden DFKI Veröffentlichungen sowie die aktuelle Liste von allen bisher erschienenen Publikationen können von der oben angegebenen Adresse oder per anonymem ftp von ftp.dfki.uni-kl.de (131.246.241.100) unter pub/Publications bezogen werden.

Die Berichte werden, wenn nicht anders gekennzeichnet, kostenlos abgegeben.

## DFKI Publications

The following DFKI publications or the list of all published papers so far are obtainable from the above address or via anonymous ftp from ftp.dfki.uni-kl.de (131.246.241.100) under pub/Publications.

The reports are distributed free of charge except if otherwise indicated.

---

### DFKI Research Reports

#### RR-92-59

*Karl Schlechta and David Makinson:* On Principles and Problems of Defeasible Inheritance  
13 pages

#### RR-92-60

*Karl Schlechta:* Defaults, Preorder Semantics and Circumscription  
19 pages

#### RR-93-01

*Bernhard Hollunder:*  
An Alternative Proof Method for Possibilistic Logic and its Application to Terminological Logics  
25 pages

#### RR-93-02

*Wolfgang Wahlster, Elisabeth André, Wolfgang Finkler, Hans-Jürgen Profitlich, Thomas Rist:* Plan-based Integration of Natural Language and Graphics Generation  
50 pages

#### RR-93-03

*Franz Baader, Bernhard Hollunder, Bernhard Nebel, Hans-Jürgen Profitlich, Enrico Franconi:* An Empirical Analysis of Optimization Techniques for Terminological Representation Systems  
28 pages

#### RR-93-04

*Christoph Klauck, Johannes Schwagereit:* GGD: Graph Grammar Developer for features in CAD/CAM  
13 pages

#### RR-93-05

*Franz Baader, Klaus Schulz:* Combination Techniques and Decision Problems for Disunification  
29 pages

#### RR-93-06

*Hans-Jürgen Bürckert, Bernhard Hollunder, Armin Laux:* On Skolemization in Constrained Logics  
40 pages

#### RR-93-07

*Hans-Jürgen Bürckert, Bernhard Hollunder, Armin Laux:* Concept Logics with Function Symbols  
36 pages

#### RR-93-08

*Harold Boley, Philipp Hanschke, Knut Hinkelmann, Manfred Meyer:* COLAB: A Hybrid Knowledge Representation and Compilation Laboratory  
64 pages

#### RR-93-09

*Philipp Hanschke, Jörg Würtz:* Satisfiability of the Smallest Binary Program  
8 pages

#### RR-93-10

*Martin Buchheit, Francesco M. Donini, Andrea Schaerf:* Decidable Reasoning in Terminological Knowledge Representation Systems  
35 pages

#### RR-93-11

*Bernhard Nebel, Hans-Juergen Buerckert:* Reasoning about Temporal Relations: A Maximal Tractable Subclass of Allen's Interval Algebra  
28 pages

#### RR-93-12

*Pierre Sablayrolles:* A Two-Level Semantics for French Expressions of Motion  
51 pages

#### RR-93-13

*Franz Baader, Karl Schlechta:* A Semantics for Open Normal Defaults via a Modified Preferential Approach  
25 pages

**RR-93-14**

*Joachim Niehren, Andreas Podelski, Ralf Treinen:* Equational and Membership Constraints for Infinite Trees  
33 pages

**RR-93-15**

*Frank Berger, Thomas Fehrle, Kristof Klöckner, Volker Schölles, Markus A. Thies, Wolfgang Wahlster:* PLUS - Plan-based User Support Final Project Report  
33 pages

**RR-93-16**

*Gert Smolka, Martin Henz, Jörg Würtz:* Object-Oriented Concurrent Constraint Programming in Oz  
17 pages

**RR-93-17**

*Rolf Backofen:* Regular Path Expressions in Feature Logic  
37 pages

**RR-93-18**

*Klaus Schild:* Terminological Cycles and the Propositional  $\mu$ -Calculus  
32 pages

**RR-93-20**

*Franz Baader, Bernhard Hollunder:* Embedding Defaults into Terminological Knowledge Representation Formalisms  
34 pages

**RR-93-22**

*Manfred Meyer, Jörg Müller:* Weak Looking-Ahead and its Application in Computer-Aided Process Planning  
17 pages

**RR-93-23**

*Andreas Dengel, Ottmar Lutzy:* Comparative Study of Connectionist Simulators  
20 pages

**RR-93-24**

*Rainer Hoch, Andreas Dengel:* Document Highlighting — Message Classification in Printed Business Letters  
17 pages

**RR-93-25**

*Klaus Fischer, Norbert Kuhn:* A DAI Approach to Modeling the Transportation Domain  
93 pages

**RR-93-26**

*Jörg P. Müller, Markus Pischel:* The Agent Architecture InteRRaP: Concept and Application  
99 pages

**RR-93-27**

*Hans-Ulrich Krieger:* Derivation Without Lexical Rules  
33 pages

**RR-93-28**

*Hans-Ulrich Krieger, John Nerbonne, Hannes Pirker:* Feature-Based Allomorphy  
8 pages

**RR-93-29**

*Armin Laux:* Representing Belief in Multi-Agent Worlds via Terminological Logics  
35 pages

**RR-93-30**

*Stephen P. Spackman, Elizabeth A. Hinkelman:* Corporate Agents  
14 pages

**RR-93-31**

*Elizabeth A. Hinkelman, Stephen P. Spackman:* Abductive Speech Act Recognition, Corporate Agents and the COSMA System  
34 pages

**RR-93-32**

*David R. Traum, Elizabeth A. Hinkelman:* Conversation Acts in Task-Oriented Spoken Dialogue  
28 pages

**RR-93-33**

*Bernhard Nebel, Jana Koehler:* Plan Reuse versus Plan Generation: A Theoretical and Empirical Analysis  
33 pages

**RR-93-34**

*Wolfgang Wahlster:* VerbMobil Translation of Face-To-Face Dialogs  
10 pages

**RR-93-35**

*Harold Boley, François Bry, Ulrich Geske (Eds.):* Neuere Entwicklungen der deklarativen KI-Programmierung — *Proceedings*  
150 Seiten

**Note:** This document is available only for a nominal charge of 25 DM (or 15 US-\$).

**RR-93-36**

*Michael M. Richter, Bernd Bachmann, Ansgar Bernardi, Christoph Klauck, Ralf Legleitner, Gabriele Schmidt:* Von IDA bis IMCOD: Expertensysteme im CIM-Umfeld  
13 Seiten

**RR-93-38**

*Stephan Baumann:* Document Recognition of Printed Scores and Transformation into MIDI  
24 pages

**RR-93-40**

*Francesco M. Donini, Maurizio Lenzerini, Daniele Nardi, Werner Nutt, Andrea Schaerf:* Queries, Rules and Definitions as Epistemic Statements in Concept Languages  
23 pages

**RR-93-41**

*Winfried H. Graf:* LAYLAB: A Constraint-Based Layout Manager for Multimedia Presentations  
9 pages

**RR-93-42**

*Hubert Comon, Ralf Treinen:*  
The First-Order Theory of Lexicographic Path Orderings is Undecidable  
9 pages

**RR-93-43**

*M. Bauer, G. Paul:* Logic-based Plan Recognition for Intelligent Help Systems  
15 pages

**RR-93-44**

*Martin Buchheit, Manfred A. Jeusfeld, Werner Nutt, Martin Staudt:* Subsumption between Queries to Object-Oriented Databases  
36 pages

**RR-93-45**

*Rainer Hoch:* On Virtual Partitioning of Large Dictionaries for Contextual Post-Processing to Improve Character Recognition  
21 pages

**RR-93-46**

*Philipp Hanschke:* A Declarative Integration of Terminological, Constraint-based, Data-driven, and Goal-directed Reasoning  
81 pages

**RR-93-48**

*Franz Baader, Martin Buchheit, Bernhard Hollunder:* Cardinality Restrictions on Concepts  
20 pages

**RR-94-01**

*Elisabeth André, Thomas Rist:* Multimedia Presentations: The Support of Passive and Active Viewing  
15 pages

**RR-94-02**

*Elisabeth André, Thomas Rist:* Von Textgeneratoren zu Intellimedia-Präsentationssystemen  
22 pages

**RR-94-03**

*Gert Smolka:* A Calculus for Higher-Order Concurrent Constraint Programming with Deep Guards  
34 pages

**RR-94-05**

*Franz Schmalhofer, J. Stuart Aitken, Lyle E. Bourne jr.:* Beyond the Knowledge Level: Descriptions of Rational Behavior for Sharing and Reuse  
81 pages

**RR-94-07**

*Harold Boley:* Finite Domains and Exclusions as First-Class Citizens  
25 pages

**RR-94-08**

*Otto Kühn, Björn Höfling:* Conserving Corporate Knowledge for Crankshaft Design  
17 pages

---

**DFKI Technical Memos****TM-92-01**

*Lijuan Zhang:* Entwurf und Implementierung eines Compilers zur Transformation von Werkstückrepräsentationen  
34 Seiten

**TM-92-02**

*Achim Schupeta:* Organizing Communication and Introspection in a Multi-Agent Blocksworld  
32 pages

**TM-92-03**

*Mona Singh:* A Cognitive Analysis of Event Structure  
21 pages

**TM-92-04**

*Jürgen Müller, Jörg Müller, Markus Pischel, Ralf Scheidhauer:* On the Representation of Temporal Knowledge  
61 pages

**TM-92-05**

*Franz Schmalhofer, Christoph Globig, Jörg Thoben:* The refitting of plans by a human expert  
10 pages

**TM-92-06**

*Otto Kühn, Franz Schmalhofer:* Hierarchical skeletal plan refinement: Task- and inference structures  
14 pages

**TM-92-08**

*Anne Kilger:* Realization of Tree Adjoining Grammars with Unification  
27 pages

**TM-93-01**

*Otto Kühn, Andreas Birk:* Reconstructive Integrated Explanation of Lathe Production Plans  
20 pages

**TM-93-02**

*Pierre Sablayrolles, Achim Schupeta:* Conflict Resolving Negotiation for COoperative Schedule Management  
21 pages

**TM-93-03**

*Harold Boley, Ulrich Buhrmann, Christof Kremer:* Konzeption einer deklarativen Wissensbasis über recyclingrelevante Materialien  
11 pages

**TM-93-04**

*Hans-Günther Hein:* Propagation Techniques in WAM-based Architectures — The FIDO-III Approach  
105 pages

**TM-93-05**

*Michael Sintek:* Indexing PROLOG Procedures into DAGs by Heuristic Classification  
64 pages



---

## DFKI Documents

### D-93-01

*Philipp Hanschke, Thom Frühwirth:*  
Terminological Reasoning with Constraint  
Handling Rules  
12 pages

### D-93-02

*Gabriele Schmidt, Frank Peters,  
Gernod Laufkötter:* User Manual of COKAM+  
23 pages

### D-93-03

*Stephan Busemann, Karin Harbusch(Eds.):*  
DFKI Workshop on Natural Language Systems:  
Reusability and Modularity - Proceedings  
74 pages

### D-93-04

DFKI Wissenschaftlich-Technischer  
Jahresbericht 1992  
194 Seiten

### D-93-05

*Elisabeth André, Winfried Graf, Jochen  
Heinsohn, Bernhard Nebel, Hans-Jürgen  
Proftlich, Thomas Rist, Wolfgang Wahlster:*  
PPP: Personalized Plan-Based Presenter  
70 pages

### D-93-06

*Jürgen Müller (Hrsg.):*  
Beiträge zum Gründungsworkshop der  
Fachgruppe Verteilte Künstliche Intelligenz,  
Saarbrücken, 29. - 30. April 1993  
235 Seiten  
**Note:** This document is available only for a  
nominal charge of 25 DM (or 15 US-\$).

### D-93-07

*Klaus-Peter Gores, Rainer Bleisinger:*  
Ein erwartungsgesteuerter Koordinator zur  
partiellen Textanalyse  
53 Seiten

### D-93-08

*Thomas Kieninger, Rainer Hoch:*  
Ein Generator mit Anfragesystem für  
strukturierte Wörterbücher zur Unterstützung  
von Texterkennung und Textanalyse  
125 Seiten

### D-93-09

*Hans-Ulrich Krieger, Ulrich Schäfer:*  
TDL ExtraLight User's Guide  
35 pages

### D-93-10

*Elizabeth Hinkelman, Markus  
Vonerden, Christoph Jung:* Natural Language  
Software Registry  
(Second Edition)  
174 pages

### D-93-11

*Knut Hinkelmann, Armin Laux (Eds.):*  
DFKI Workshop on Knowledge Representation  
Techniques — Proceedings  
88 pages

### D-93-12

*Harold Boley, Klaus Elsbernd,  
Michael Herfert, Michael Sintek, Werner Stein:*  
RELFUN Guide: Programming with Relations  
and Functions Made Easy  
86 pages

### D-93-14

*Manfred Meyer (Ed.):* Constraint Processing –  
Proceedings of the International Workshop at  
CSAM'93, July 20-21, 1993  
264 pages  
**Note:** This document is available only for a  
nominal charge of 25 DM (or 15 US-\$).

### D-93-15

*Robert Laux:* Untersuchung maschineller  
Lernverfahren und heuristischer Methoden im  
Hinblick auf deren Kombination zur  
Unterstützung eines Chart-Parsers  
86 Seiten

### D-93-16

*Bernd Bachmann, Ansgar Bernardi, Christoph  
Klauck, Gabriele Schmidt:* Design & KI  
74 Seiten

### D-93-20

*Bernhard Herbig:*  
Eine homogene Implementierungsebene für  
einen hybriden  
Wissensrepräsentationsformalismus  
97 Seiten

### D-93-21

*Dennis Drollinger:*  
Intelligentes Backtracking in Inferenzsystemen  
am Beispiel Terminologischer Logiken  
53 Seiten

### D-93-22

*Andreas Abecker:* Implementierung graphischer  
Benutzungsoberflächen mit Tcl/Tk und Common  
Lisp  
44 Seiten

### D-93-24

*Brigitte Krenn, Martin Volk:*  
DiTo-Datenbank: Datendokumentation zu  
Funktionsverbgefügen und Relativsätzen  
66 Seiten

### D-93-25

*Hans-Jürgen Bürckert, Werner Nutt (Eds.):*  
Modeling Epistemic Propositions  
118 pages  
**Note:** This document is available only for a  
nominal charge of 25 DM (or 15 US-\$).

### D-93-26

*Frank Peters:*  
Unterstützung des Experten bei der  
Formalisierung von Textwissen  
INFOCOM - Eine interaktive  
Formalisierungskomponente  
58 Seiten

### D-94-01

*Josua Boon (Ed.):*  
DFKI-Publications: The First Four Years  
1990 - 1993  
75 pages