



**Deutsches  
Forschungszentrum  
für Künstliche  
Intelligenz GmbH**

**Document**  
D-94-09

**Wissenschaftlich - Technischer  
Jahresbericht  
1993**

**Mai 1994**

**Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz  
GmbH**

Postfach 20 80  
D-67608 Kaiserslautern, FRG  
Tel.: (+49 631) 205-3211/13  
Fax: (+49 631) 205-3210

Stuhlsatzenhausweg 3  
D-66123 Saarbrücken, FRG  
Tel.: (+49 681) 302-5252  
Fax: (+49 681) 302-5341

# Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz

The German Research Center for Artificial Intelligence (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, DFKI) with sites in Kaiserslautern and Saarbrücken is a non-profit organization which was founded in 1988. The shareholder companies are Atlas Elektronik, Daimler-Benz, Fraunhofer Gesellschaft, GMD, IBM, Insiders, Mannesmann-Kienzle, SEMA Group, and Siemens. Research projects conducted at the DFKI are funded by the German Ministry for Research and Technology, by the shareholder companies, or by other industrial contracts.

The DFKI conducts application-oriented basic research in the field of artificial intelligence and other related subfields of computer science. The overall goal is to construct *systems with technical knowledge and common sense* which - by using AI methods - implement a problem solution for a selected application area. Currently, there are the following research areas at the DFKI:

- Intelligent Engineering Systems
- Intelligent User Interfaces
- Computer Linguistics
- Programming Systems
- Deduction and Multiagent Systems
- Document Analysis and Office Automation.

The DFKI strives at making its research results available to the scientific community. There exist many contacts to domestic and foreign research institutions, both in academy and industry. The DFKI hosts technology transfer workshops for shareholders and other interested groups in order to inform about the current state of research.

From its beginning, the DFKI has provided an attractive working environment for AI researchers from Germany and from all over the world. The goal is to have a staff of about 100 researchers at the end of the building-up phase.

Dr. Dr. D. Ruland  
Director

Wissenschaftlich - Technischer  
Jahresbericht

1993

Deutsches Forschungszentrum  
für  
Künstliche Intelligenz

Kaiserslautern und Saarbrücken

Redaktionsschluß:

15.4.94

Gesamtredaktion:

H.J.Müller , W. Olthoff

## Vorwort

Der vorliegende wissenschaftlich-technische Jahresbericht des DFKI für das Jahr 1993 gibt einen umfassenden Überblick über die umfangreichen und erfolgreichen Arbeiten des abgelaufenen Jahres.

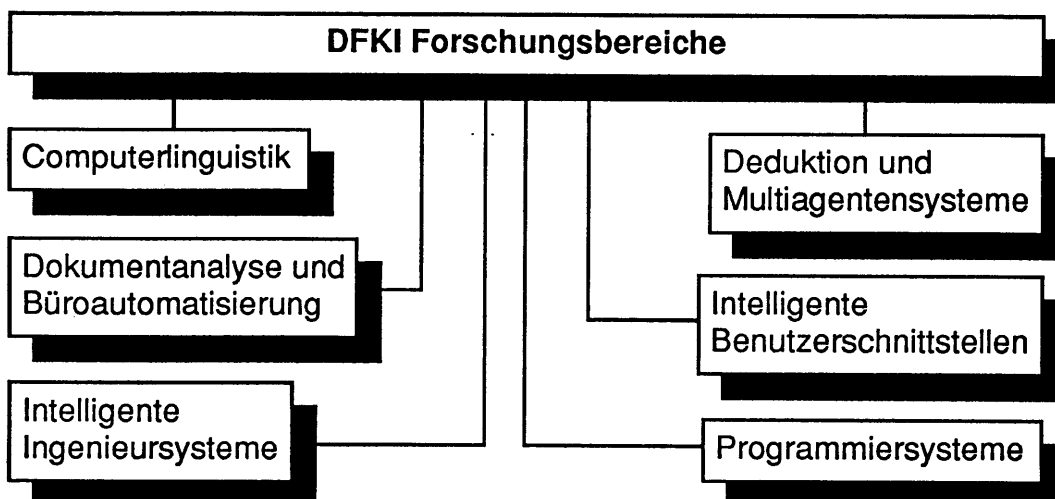
Insgesamt war das abgelaufene Jahr 1993 für das DFKI ein sehr erfolgreiches Geschäftsjahr.

Gestützt auf hervorragendes Fachwissen und geleitet von visionären wissenschaftlichen und anwendungsorientierten Fragestellungen wurden im letzten Geschäftsjahr wieder umfangreiche neuartige Ergebnisse von großer Tragweite erzielt.

Im abgelaufenen Geschäftsjahr wurden drei große Industrieprojekte erfolgreich abgeschlossen. Zu erwähnen sind hier die Projekte PEP und IMAGINE, die zusammen mit der Siemens AG durchgeführt wurden sowie das Projekt WIDAN mit der Deimler-Benz AG. Besonders

erfreulich ist, daß im letzten Geschäftsjahr sowohl Anzahl wie Umfang der Projekte mit unseren Gesellschaftern und weiteren Wirtschaftsunternehmen weiter gesteigert werden konnte, so daß wir auf die umfangreichsten Innovationen seit der Gründung des DFKI blicken können.

Zudem konnte das Kompetenz- und Leistungsspektrum im abgelaufenen Geschäftsjahr ausgebaut und erweitert werden, so daß das DFKI jetzt über insgesamt sechs Arbeits- und Forschungsgebiete verfügt:



Intelligenz" bescheinigt dem DFKI die Funktion eines Center of Excellence, d. h. die Stellung eines der weltweit führenden KI-Forschungszentren.

Es arbeiteten mehr als 100 hochqualifizierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit großem Engagement und Kreativität an über 25 Projekten auf dem Gebiet der anwendungsorientierten Grundlagenforschung. Sie wurden dabei wesentlich unterstützt von weit über 100 studentischen Hilfskräften, zahlreichen Gastwissenschaftlern sowie den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Administration und Infrastruktur.

Insgesamt konnte die Zahl der Mitarbeiter im letzten Geschäftsjahr wieder leicht gesteigert werden.

In den nächsten Jahren stellt sich uns die Aufgabe einer größeren Marktorientierung und

# Inhalt

Die Projekte in der folgenden Übersicht sind nach DFKI-Forschungsbereichen sortiert und nach Auftraggeber/Fördermittelgeber gekennzeichnet. Dabei bedeutet:

(B) BMFT, (G) Gesellschafter und (D) Dritter.

<b>0</b>	<b>Überblick</b> .....	<b>8</b>
<b>1</b>	<b>Computerlinguistik</b> .....	<b>14</b>
1.1	DISCO - Dialogsystem für Autonome Kooperierende Agenten (B) .....	14
1.2	VERBMOBIL Teilprojekte 6-8 & 11-15 (B) .....	20
<b>2</b>	<b>Deduktion und Multi-Agenten-Systeme</b> .....	<b>24</b>
2.1	AKA-MOD - Modellierung Autonomer Kooperativer Agenten (B).....	24
2.2	AKA-TACOS - Erweitertes Taxonomisches Reasoning (B).....	38
2.3	VSE - Verification Support Environment (B).....	50
2.4	COMPULOG - Basic Research Activity on Computational Logic (D) ....	54
<b>3</b>	<b>Dokumentanalyse und Büroautomatisierung</b> .....	<b>56</b>
3.1	ALV - Automatisches Lesen und Verstehen (B).....	56
3.2	INCA — Indexierung, Klassifikation und Archivierung von strukturierten Dokumenten (G).....	63
3.3	PEP - Persönliches Elektronisches Papier (G) .....	67
3.4	PASCAL 2000 - Ein interdisziplinäres Projekt zur Integration blinder Menschen in die Büroarbeitswelt (D).....	72
<b>4</b>	<b>Intelligente Benutzerschnittstellen</b> .....	<b>75</b>
4.1	PHI - Intelligente Hilfesysteme (B).....	75
4.2	WIP - Wissensbasierte Informationspräsentation (B) .....	79
4.3	VERBMOBIL Teilprojekte 9 & 10 (B).....	85
4.4	VERBMOBIL Teilprojekt 16 (B) .....	91
4.5	WLS-Assistent (G) .....	96
4.6	EFFENDI -Effizientes Formulieren von Dialogbeiträgen (G).....	98
<b>5</b>	<b>Intelligente Ingenieursysteme</b> .....	<b>103</b>
5.1.	IMCOD - Intelligent Manager for Comprehensive Design (B) .....	103
5.2.	TooCon - Tools for Configuration (G).....	110
<b>6</b>	<b>Programmiersysteme</b> .....	<b>117</b>
6.1	HYDRA - Hybride Werkbank zur Konstruktion von deduktiven Problemlösern in wissensbasierten Systemen: Berechnung und Deduktion mit Constraints (B) .....	117
6.2	ACCLAIM - Advanced Concurrent Languages: Application, Implementation and Methodology (D).....	121
6.3	CCL - Construction of Computational Logics (D).....	123
<b>7</b>	<b>DFKI-Publikationen</b> .....	<b>124</b>

## 0 Überblick

In diesem Kapitel wird eine Kurzübersicht über die DFKI-Projekte des Jahres 1993 gegeben. Neben einer Gesamtübersicht wird zu jedem Projekt eine Kurzzusammenfassung der Ergebnisse des Jahres 1993 präsentiert.

### 0.1 Gesamtübersicht

Die folgende Übersicht stellt die Zuordnung der in diesem Jahresbericht behandelten Projekte zu den DFKI-Forschungsbereichen und der Finanzierungsart dar. Gemäß der vorherigen Erläuterung unterscheiden wir zwischen BMFT-Förderung, Gesellschafteraufträgen und Finanzierung durch Dritte<sup>1</sup>.

Auftraggeber/ Fördermittelgeber	DFKI - Forschungsbereiche					
	Computer- linguistik	Deduktion & Multi-Agenten- Systeme	Dokumentanalyse & Büroautomatisierung	Intelligente Benutzer- schnittstellen	Intelligente Ingenieur- systeme	Programmier- systeme
BMFT	DISCO VERBMOBIL	AKA-MOD AKA-TACOS	ALV	PHI WIP VERBMOBIL	IMCOD	HYDRA
Gesellschafter		TEAMWARE VSE	INCA PEP	EFFENDI WLS	TOOCON	
Dritte		COMPULOG	PASCAL2000			ACCLAIM CCL

### 0.2 Executive Summaries

#### COMPUTERLINGUISTIK

##### *DISCO - Dialogsystem für Autonome Kooperierende Agenten (B)*

Das System COSMA (Cooperative Schedule Management Agent) wurde unter Einsatz von Techniken zur Wissensrepräsentation weiterentwickelt zu einem prototypischen Terminplanungssystem, das nunmehr auch zeitliche Schlußfolgerungen ziehen kann. Neben der Arbeit am Anwendungssystem wurden plangemäß verschiedene Ansätze zur schnelleren Verarbeitung von Benutzereingaben realisiert. Die Wiederverwendbarkeit von Analyse-Ergebnissen mit Hilfe von Techniken des maschinellen Lernens bildet dabei einen besonderen Schwerpunkt. Schließlich wurde die im Projekt entwickelte Software dokumentiert und auf andere Plattformen portiert, um ihre Verfügbarkeit zu verbessern.

<sup>1</sup> Dritte sind zur Zeit die EG (Esprit etc.) und das Land Rheinland Pfalz (Innovationsstiftung)



*VERBMOBIL Teilprojekte 6-8 & 11-15 (B)*

Der Forschungsbereich "Computerlinguistik" des DFKI beteiligt sich an Verbmobil-Teilprojekten zur deutschen Grammatik, dem Basisformalismus, der Semantikkonstruktion und -auswertung sowie der Architektur. Abgeschlossen wurden 1993 Arbeiten zur Grammatik der Zeitausdrücke und zur Evaluation von Wissensrepräsentationsformalismen für die Verwendung in Verbmobil.

Außerdem wurden für Verbmobil verwendbare am Forschungsbereich verfügbare Systemkomponenten den Partnern vorgestellt..

*DEDUKTION UND MULTI-AGENTEN-SYSTEME*

*AKA-MOD - Modellierung Autonomer Kooperativer Agenten (B)*

Im Projekt AKA-MOD wurden in diesem Jahr eine Reihe von grundlegenden Ergebnissen erzielt. Im Speditionsszenario lag der Schwerpunkt auf einer Evaluierung

*COMPULOG - Basic Research Activity on Computational Logic (D)*

Langfristiges Ziel von COMPILOG ist es, die Grundlagen für eine integrierte.

entsprechende Text ausgegeben. Einzelzeichen zerlegt. Daraufhin erfolgt die Klassifikation der Buchstaben. Mit Hilfe lexikalischer Information werden die Ergebnisse abschließend verifiziert und der entsprechende Text ausgegeben.

### *PASCAL 2000 - Ein interdisziplinäres Projekt zur Integration blinder Menschen in die Büroarbeitswelt (D)*

Projektziel von PASCAL 2000 ist es, das am DFKI vorhandene Wissen aus dem Bereich der Dokumentanalyse zu bündeln und in ein intelligentes Büroinformationssystem einzubringen, das blinden oder stark sehbehinderten Menschen eine Integration in eine moderne Bürokommunikationsumgebung erleichtert. Dieses Vorhaben wird durch eine auf anthropologisch-ethische, rehabilitative und ergonomische Aspekte ausgerichtete Begleitforschung, bei der Blinde vom Beginn der Systementwicklung an eingebunden wird, unterstützt.

## INTELLIGENTE BENUTZERSCHNITTSTELLEN

### *PHI - Intelligente Hilfesysteme (B)*

Hauptziel des Projektes für 1993 war die Fertigstellung des Systemprototypen. Der Prototyp demonstriert die Verzahnung logikbasierter Planerkennung und -generierung am Beispiel eines intelligenten Hilfesystems für Benutzer des UNIX-email-Systems. Zu seiner Fertigstellung waren Erweiterungen der einzelnen Systemkomponenten notwendig. Die wichtigsten Ziele waren: Entwicklung einer Methode zur Generierung iterativer Pläne, Entwicklung und Implementierung eines Repräsentationsformalismus für die Planbibliothek, automatische Erkennung iterativer und bedingter Pläne sowie die Integration der probabilistischen Hypothesenauswahl in den Planerkennungsformalismus. Diese Ziele wurden erreicht, so daß der Systemprototyp in vollem Umfang fertiggestellt werden konnte.

### *WIP - Wissensbasierte Informationspräsentation (B)*

Alle im Projektantrag genannten Ziele und Meilensteine konnten im WIP-Projekt erreicht werden, was durch die Abschlußdemonstration des WIP Systems auf der Sitzung des

wissenschaftlichen Beirates im März 1993 dokumentiert wurde. Die erfolgreiche Begutachtung durch den wissenschaftlichen Beirat, dessen Empfehlungen zur Fortführung der gelungenen Synthese aus theoretischer und praktischer Arbeit anregten, sowie das rege Interesse seitens verschiedener Industriepartner (Daimler-Benz AG, Sema Group GmbH, Siemens AG) führte zur kostenneutralen Verlängerung des WIP-Projektes

### *VERBMOBIL Teilprojekt 16 (B)*

Das Teilprojekt 16 des VERBMOBIL-Forschungsvorhabens hat die Aufgabe, die von den anderen Projektpartnern entwickelte Software zu einem lauffähigen System zu integrieren. Trotz wesentlicher Fortschritte in der Standardisierung von Software und Hardware bleibt auch heute die Herausforderung, ein äußerst komplexes System auf der Basis von fachlich und technisch sehr unterschiedlichen Teilsystemen zu entwickeln.

VERBMOBIL-Teilprojekt 16 begann im September 1993 mit der systematischen Auswahl der geeigneten Entwicklungsumgebung. Gleichzeitig wurde der Stand der Arbeiten bei den Partnern ermittelt. Gemeinsam mit den Partnern wurde die fachliche Systemarchitektur definiert und der Bereitstellungsplan erstellt. Neben den technischen Arbeiten übernimmt VERBMOBIL-Teilprojekt 16 die Aufgaben der Projektadministration und -organisation für das gesamte VERBMOBIL-Projekt..

### *EFFENDI -Effizientes Formulieren von Dialogbeiträgen (G)*

Im ersten Halbjahr der Projektlaufzeit wurde der im DFKI-Projekt WIP entwickelte Generierungsmodul TAG-GEN an Schnittstellen des Dialogsystems bei der Daimler-Benz AG Ulm (Dialogmanager und Komponente zur Sprachsynthese) angepaßt. Eine Abbildung von Strukturen der 'semantic interface language' (SIL) auf Eingabespezifikationen von TAG-GEN wurde realisiert. Dies erlaubt es, ausgehend von einer SIL-Struktur sowohl eine deutsche als auch eine englische Äußerung zu erzeugen. Damit ist der Stand des Projektes nach einem halben Jahr weiter als in den Meilensteinen gefordert.

## INTELLIGENTE INGENIEURSYSTEME

### *IMCOD - Intelligent Manager for Comprehensive Design (B)*

Im IMCOD-Projekt wird ein System entwickelt, das mehrere existierende Systeme, die sogenannten "lokalen Experten", zu einem homogenen Gesamtsystem integriert und damit dem mit dem Produkt-Entwurf beschäftigten Menschen eine optimale Unterstützung bietet. Durch Einsatz des IMCOD-Systems kann der sogenannte Designmanager den anfallenden Wissenstransfer beschleunigen, die Umlaufzeiten verkürzen und sich mit den einzelnen Experten rückkoppeln, um so nicht nur eine erhöhte Flexibilität sondern auch qualitativ bessere Resultate zu erzielen. IMCOD intendiert so die Integration von speziellen, existierenden Komponenten und der Expertise des Designmanagers.

Im vergangenen Jahr lag der Schwerpunkt der Projektarbeit auf der durchdringenden Analyse der Anwendungsdomäne, dem Entwurf von Druckbehältern aus Faserverbundwerkstoffen. Der Kooperationspartner hierfür ist das Institut für Verbundwerkstoffe, GmbH (IVW) in Kaiserslautern. .

Die Analyse der Anwendungsdomäne führte zu einem detaillierten Modell des Entwurfsprozesses und zu einer ausführlichen Darstellung der auftretenden Experten, wobei deren Ontologien besondere Beachtung fanden.

### *TOOCON - Tools for Configuration (G)*

Das Ziel des Projekts TOOCON ist die Entwicklung eines formal fundierten Werkzeugkastens für Konfigurierungsaufgaben und eines in den Werkzeugkasten integrierten Ansatzes zum räumlichen Schließen bei der Konfigurierung. In der ersten Phase (bis 31.10.1992) wurden die Werkzeuge des ARC-TEC Compilationslabors COLAB

an einem Prototyp in einer Beispieldomäne demonstriert und ein formaler Kalkül für Konfigurierung (Constructive Problem Solving) erstellt. In der zweiten Phase wurde eine Konzeption für eine deklarative Darstellung von Konfigurationaufgaben und deren effiziente Behandlung erarbeitet und diese Konzeption - aufbauend auf vorhandenen Verfahren und Werkzeugen - als ein integriertes Werkzeugsystem prototypisch implementiert. Wesentliche Merkmale des Toolsystems sind ein hohes Maß an Deklarativität der Wissensrepräsentation, eine formale Semantik, die Möglichkeit zur expliziten Beschreibung des Steuerungswissens sowie die Integrationsmöglichkeit anderer Verfahren.

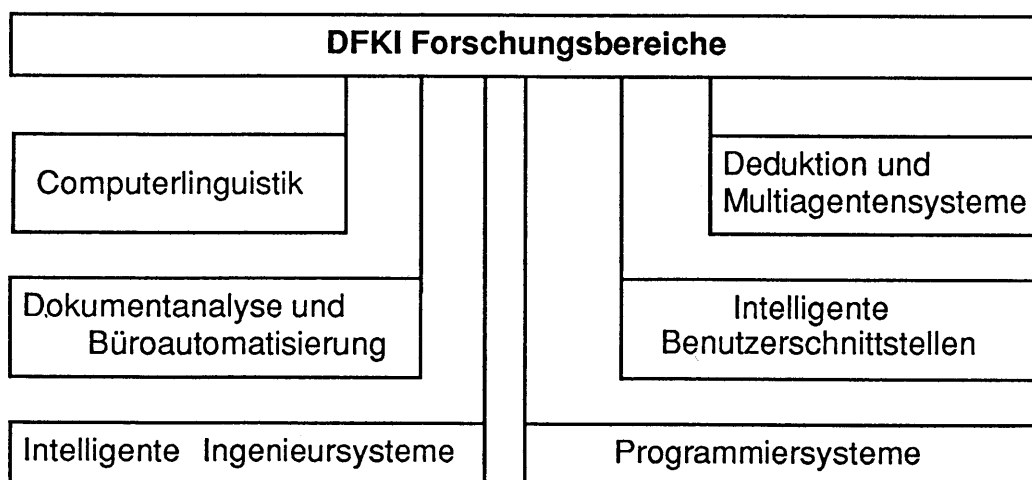
Weiterhin wurde ein Ansatz zur Lösung des räumlichen Anordnungsproblems bei der Konfigurierung entwickelt, der auf Anwendungsprobleme mit unterschiedlichen Randbedingungen (z.B. Dimension, Form der Komponenten) anwendbar ist und die flexible Definition der räumlichen Bedingungen nach den Erfordernissen der Anwendung erlaubt. Zur Demonstration dieses Ansatzes wurde eine prototypische Version zur Anordnung von Rechtecken implementiert und in den Werkzeugkasten integriert. .

### PROGRAMMIERSYSTEME

*HYDRA - Hybride Werkbank zur Konstruktion von deduktiven Problemlösern in wissensbasierten Systemen: Berechnung und Deduktion mit Constraints (B)*

In Hydra wird das nebenläufige Constraintprogrammiersystem Oz entwickelt. Im Berichtszeitraum konnten die Ideen der ersten Projektphase in einen konsistenten Sprachentwurf und eine stabile Implementierung umgesetzt werden. Seit November 1993 ist das Oz-System und seine Dokumentation auch außerhalb des DFKIs für wissenschaftliche Zwecke verfügbar. Wesentliche Fortschritte wurden in den folgenden Bereichen erzielt: nebenläufige Objekte, Graphik, emanzipierte Namen, Prozesse, formale operationale Semantik, enkapsulierte Suche, finite-domain Constraints.

### 0.3 Legende



Das Logo in der Kopfzeile der folgenden Seiten spiegelt den dort aktuellen Forschungsbereich gemäß obiger Graphik und den aktuellen Projektname zum Text wieder.

# 1 Computerlinguistik

## 1.1 DISCO - Dialogsystem für Autonome Kooperierende Agenten (B)

### EXECUTIVE SUMMARY

Das System COSMA (Cooperative Schedule Management Agent) wurde unter Einsatz von Techniken zur Wissensrepräsentation weiterentwickelt zu einem prototypischen Terminplanungssystem, das nunmehr auch zeitliche Schlußfolgerungen ziehen kann. Neben der Arbeit am Anwendungssystem wurden plangemäß verschiedene Ansätze zur schnelleren Verarbeitung von Benutzereingaben realisiert. Die Wiederverwendbarkeit von Analyse-Ergebnissen mit Hilfe von Techniken des maschinellen Lernens bildet dabei einen besonderen Schwerpunkt. Schließlich wurde die im Projekt entwickelte Software dokumentiert und auf andere Plattformen portiert, um ihre Verfügbarkeit zu verbessern.

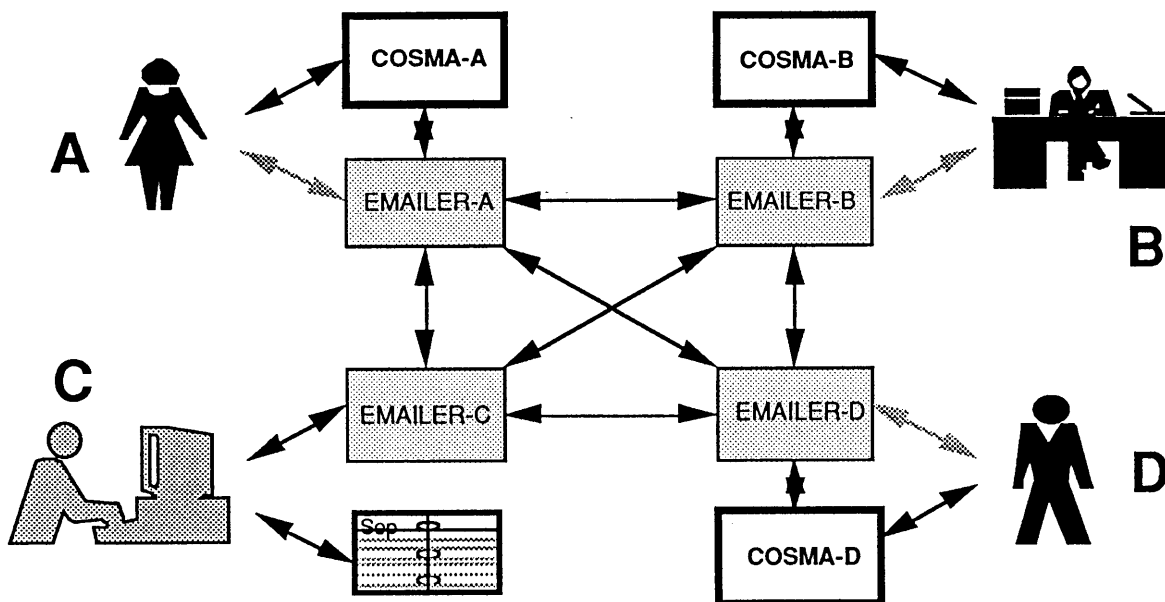


Abbildung 1: COSMA als Sekretariatsassistent, der kooperative Terminplanung mithilfe von elektronischer Post zwischen mehreren (menschlichen oder maschinellen Akteuren) unterstützt

Im Berichtszeitraum lag der Schwerpunkt auf der Verbesserung der Benutzbarkeit der entwickelten Software. Dies schließt Konsolidierung und Dokumentation ein, aber auch erste Schritte zur Portierung großer Systemteile auf andere Plattformen. Auf diese Weise soll die entwickelte Software für einen breiteren Anwenderkreis nutzbar gemacht werden.

Außerdem werden im folgenden eine Reihe von wissenschaftlichen und technischen Ergebnissen genannt, die die Systemfunktionalität weiter verbessern.



## L 1-1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Im Berichtszeitraum wurden die Arbeiten an der Typbeschreibungssprache TDL fortgesetzt. Die Tätigkeiten berührten viele Gebiete und müssen in Hinblick auf eine mögliche Weitergabe des Gesamtsystems gesehen werden. Die Arbeiten erweitern aber auch die Funktionalität und erleichtern den Umgang mit dem System. Im einzelnen sind zu nennen:

- Einbau eines neuen Typexpansionsmechanismus
- Einbau weiterer Kontrollmöglichkeiten
- Dokumentation und Konsolidierung des bisher Erreichten
- Typ-Grapher-Portierung nach CLIM-2
- TDL-Modus für Emacs/Epoch-Textverarbeitungsprogramme

Zusammen mit Prof. K. Vijay-Shanker, der im Berichtszeitraum Gastwissenschaftler am DFKI ist, wurde eine auf den Arbeiten von Robert T. Kasper basierende Methode zur Compilation der in DISCO verwendeten HPSG Grammatik in den TAG-Formalismus untersucht. TAGs werden in DFKI-Projekten eingesetzt (WIP, Verbmobil). Diese Arbeit wird durch verschiedene Fragestellungen motiviert. Einerseits werden die Wechselbeziehungen zwischen den Formalismen aufgezeigt, vor allem, inwieweit TAGs zur Formalisierung linguistischer Sachverhalte nützlich sind. Andererseits hofft man, durch die Compilation Aufschlüsse über die Art und Weise zu erhalten, wie diese Sachverhalte in HPSG codiert sind und durch Extraktion dieses impliziten Wissens eine für die Verarbeitung günstigere Darstellung zu erhalten.

Das DISCO-System wurde zum großen Teil nach LUCID Common Lisp portiert und an das PRACMA-Projekt (Universität des Saarlandes, SFB 314) ausgeliefert. Mit einer Portierung auf Macintosh Common Lisp und Harlequin LispWorks wurde begonnen. Die Portierungen erlauben uns neben einer leichteren Verbreitung des Systems einen wertvollen und harten Test zur Überprüfung des Codes.



Erzeugung von weiteren Parsern in der Morphologie und der Oberflächen-Sprechakterkennung eingesetzt.

Die Arbeiten an der semantikgesteuerten Generierungskomponente von DISCO wurden abgeschlossen. Das System SeReal (Sentence Realizer) erlaubt die Kopplung mit dem DISCO-Parser derart, daß eine vom Parser erzeugte Semantikrepräsentation als Eingabe für den Generator verwendet werden kann. Durch diese bidirektionale Verwendung der Grammatik kann besser getestet werden, welche Sätze dieselbe Semantikrepräsentation erhalten. SeReal funktioniert allerdings nur mit Grammatiken, deren Semantikrepräsentation eine Klassifikation der Regeln gemäß dem Generierungsverfahren erlaubt. In DISCO wurden auch Semantikrepräsentationen entwickelt, die den Generierungsprozeß nicht effizient steuern können.

Seit dem ersten Prototyp der Sprechakterkennung im März 1993 sind die folgenden Komponenten im Bereich der Pragmatik und des Anwendungssystems implementiert worden:

- ein Modul zum räumlichen Schließen in Anlehnung an Allens Zeitintervalle,
- eine erste Version eines STRIPS-artigen Planers zur Erzeugung von Systemintentionen,
- eine Komponente zur pragmatischen Auflösung anaphorischer Bezüge,
- eine prototypische Übersetzung vom Semantikformalismus NLL in die Wissensrepräsentationssprache Rhet,
- eine einfache Kalenderdatenbank.

Im Berichtszeitraum wurden Sprechakterkennung und Sprechaktplanung (einschließlich Kalenderdatenbank und Verbindung zur Generierung) miteinander integriert. Weitergehende Systemintegration wurde durch technische Schwierigkeiten zeitweise verzögert; inkompatible Revisionen des zugrundeliegenden Wissensrepräsentationssystems waren die Ursache.

Zur Verbalisierung von Ausdrücken des Wissensrepräsentationssystems Rhet wurde ein template-basiertes Generierungsmodul entworfen und implementiert. Die Klasse der Diskursbereiche für kooperative Verhandlungsdialoge, die mit DISCO geführt werden sollen, ist hinreichend scharf abgrenzbar, so daß der Nachteil mangelnder Flexibilität bei dieser Generierungstechnik nicht ins Gewicht fällt. Die in der eigens entworfenen Sprache TGL beschriebenen Templates werden mit Hilfe abstrakter Compilertechniken in ausführbaren Lisp-Code übersetzt. Dabei werden die Templates auf ihre syntaktische Korrektheit geprüft. Das System startet mit einem Sprechakt, der Teil eines konzeptuellen Netzes ist, das in Rhet erzeugt wurde und das die kommunikative Absicht des Systems repräsentiert (z. B. die, den Termin am 24.12.93 abzusagen). Durch eine geeignete Traversierung des Netzes werden anhand der Templates alle zur Versendung einer elektronischen Nachricht notwendigen Informationen erzeugt (Adressat, Absender, Text). Durch die Benutzung des Diskursgedächtnisses (Anfragen, Updates) können kontextabhängig anaphorische Bezüge generiert werden.

#### 1.1.1.3 TEILPROJEKT LINGUISTISCHE WISSENSBASEN

Im Bereich des Lexikons wurde damit begonnen, das SADAW-Lexikon des ehemaligen Sonderforschungsbereich 100 für eine Wiederverwendung als lexikalische Datenbank aufzubereiten. Das SADAW-Lexikon wurde auf der Basis des Wahrig Deutsches Wörterbuch erstellt und umfaßt ca. 150.000 Einträge. Zunächst wurden die Daten von der wenig gebräuchlichen Programmiersprache COMSKEF in ein gut lesbares ASCII-Format portiert.





Die DISCO-Grammatik wurde im Berichtszeitraum weiterentwickelt. In der Syntax wurde eine veränderte Theorie für Komplementation (v. a. Subjektskomplementation) entwickelt und implementiert, die die Basis einer vereinfachten Behandlung von nicht-finiten Konstruktionen darstellt. Es wurde damit begonnen, die Grammatik um komplexe Sätze (subordinierte Komplementsätze) zu erweitern.

Für das im Diagnostikwerkzeug DiTo eingesetzte Datenbanksystem wurde eine komplette Reimplementierung in C (bisher awk(1)) begonnen, um

- Portabilität, Effizienz und Robustheit des DiTo-Systems erheblich zu verbessern,
- eine wohldefinierte Schnittstelle zum DiTo-Kern in Form einer C-Funktionsbibliothek zu schaffen und
- die Anfragesprache und Funktionalität der Benutzerschnittstelle zu erweitern.

Auf die funktionale Schnittstelle aufsetzend wurde die Entwicklung eines X11-basierten graphischen Browsers für die DiTo-Daten begonnen. Zu Diagnostikzwecken ist ebenfalls eine Anbindung an das DISCO-System geplant.

Als Unterstützung für das PRACMA-Projekt (Universität des Saarlandes, SFB 314), in dem das DISCO-System als natürlichsprachliches Frontend verwendet werden soll, wurde eine Domänenanpassung des Lexikons vorgenommen.

### 1.1.2 Veröffentlichungen und Vorträge

#### Veröffentlichungen:

R. Backofen, H.-U. Krieger, S. P. Spackman und H. Uszkoreit: *Report of the EAGLES Workshop on Implemented Formalisms at DFKI*, Saarbrücken, DFKI-Dokument und CEC-EAGLES-Report, 1993.

S. Busemann: *Implicit Relationships Between Grammar and Control*. In: Herweg, M (Hrsg.): *Deklarative und prozedurale Aspekte der Sprachverarbeitung*. 4. Fachtagung der Sektion Computerlinguistik der Deutschen Gesellschaft für Sprachwissenschaft, München, 1993.



- G. Neumann: *The DISCO Development Shell and its Application in the COSMA System.* in: Busemann/Harbusch, S. 65-74.
- G. Neumann: *Design Principles of the Disco System.* Proceedings of the Twente Workshop on Language Technology TWLT 5; University of Twente, 1993.
- G. Neumann: *Grammatikformalismen in der Generierung und ihre Verarbeitung.* KI Themenheft: Generierung, 2/93, FBO Verlag, Baden-Baden, 1993.
- G. Neumann und G. van Noord: *Reversibility and Self-Monitoring in Natural Language Generation;* In: Strzalkowski (ed.) *Reversible Grammar in Natural Language Processing*, Kluwer, S. 59-96, 1993.

#### Vorträge:

- S. Busemann: *Der Übergang zwischen sprachunspezifischen und sprachspezifischen Verarbeitungsschritten.* Workshop "Die Bedeutung kognitionswissenschaftlicher Erkenntnisse für die automatische Sprachgenerierung", 17. Fachtagung für Künstliche Intelligenz, Berlin, Humboldt-Universität, 14.9.93
- S. Busemann: *Implizite Relationen zwischen Grammatik und Kontrolle.* 4. Fachtagung der Sektion Computerlinguistik der Deutschen Gesellschaft für Sprachwissenschaft. Universität Hamburg, 18.11.1993.
- H.-U. Krieger: *Derivation Without Lexical Rules.* Sprachwissenschaftliches Kolloquium, Universität Tübingen, 25. Januar 1993
- H.-U. Krieger: *Representing and Processing Finite Automata Within Typed Feature Formalisms.* Sprachwissenschaftliches Kolloquium, Universität Tübingen, 25. Januar 1993.
- H.-U. Krieger: *Typed Feature Structures as a Common Basis for Linguistic Specification.* International Workshop on Machine Translation and the Lexicon, Heidelberg, 26.-28. April 1993
- H.-U. Krieger: *Feature-Based Allomorphy.* ACL-93, Columbus, Ohio, 22.-26. Juni 1993
- H.-U. Krieger: *TDL - A Type Description Language for Unification-Based Grammars*, KI-93 im Workshop über "Neuere Entwicklungen der deklarativen KI-Programmierung", Berlin
- H.-U. Krieger: *TDL - A Type Description Language for Constraint-Based Grammars*, Fifth European Summer School in Language, Logic, and Information, Workshop von Bob Carpenter und Erhard Hinrichs über "Implementations of Attribute-Value Logics for Grammar Formalisms.", Lissabon
- G. Neumann: *Self-Monitoring with Reversible Grammars.* 35. Tagung experimentell arbeitender Psychologen, Diskussionskreis: Sprachproduktionssysteme; Münster; 5.4.1993.
- G. Neumann: *Design Principles of the Disco System.* Twente Workshop on Language Technology TWLT 5; University of Twente, 4. Juni 1993.
- G. Neumann: *Application of Explanation-based Learning for Efficient Processing of Constraint-based Grammars*, Universität des Saarlandes, Forschungsseminar der Computerlinguistik
- G. Neumann: *An Efficient Tabular Uniform Algorithm for Parsing and Generation of Constraint-based Grammars*, Universität des Saarlandes, Forschungsseminar der Computerlinguistik
- H. Uszkoreit: Podiumsdiskussion *Läßt sich natürliche Sprache mit künstlicher Intelligenz elektronisch verarbeiten?* auf der CEBIT in Hannover, 31.3. 1993.
- H. Uszkoreit: *New Developments in Linguistic Processing with Unification Formalisms* Tutorial auf der Europäischen Tagung der Association for Computational Linguistics, EACL, in Utrecht, 19. u. 20.4. 1993.
- H. Uszkoreit: *DISCO - ein Dialogsystem für die Mensch-Maschine Kommunikation*, KI-Statusseminar des BMFT in Berlin, 28.4.1993.
- H. Uszkoreit: *Linguistische Ressourcen für das Deutsche*, Symposium Sprachtechnologie 93 der EG in Bonn, 3.6.1993.
- H. Uszkoreit: *Die Rolle der Wortstellung beim Verstehen und Produzieren von Sätzen des Deutschen*, Fachtagung des DFG Schwerpunkts Kognitive Linguistik in Bielefeld, 14.6.1993.
- H. Uszkoreit: *Das Diagnostik Werkzeug DiTo*, Kolloquium an der Humboldt-Universität Berlin, 4.6.1993.
- H. Uszkoreit: *A New View of Linguistic Engineering*, Hauptvortrag auf der Conferencia do Convento "Sprachtechnologie" in Arrabida, Portugal.
- H. Uszkoreit: *Gibt es zwei deutsche Sprachen? Sprachunterschiede zwischen DDR und Bundesrepublik*, Evangelische Akademie Berlin-Brandenburg, 4.9.1993 in Berlin.



- H. Uszkoreit: *Competence and Performance Modelling in Language Processing*. Eingeladener Hauptvortrag auf der Jahrestagung der Spanischen Gesellschaft für Computerlinguistik, 9.9.93 in Santiago de Compostella.
- H. Uszkoreit: *Statistical and Knowledge-Based Approaches in Language Technology*. Eingeladener Vortrag auf dem Colloquium der Katalanischen Forschungsstiftung zum Thema Kognitive und technologische Aspekte der Sprachverarbeitung, Barcelona, 26.11.1993.
- H. Uszkoreit: *Grammar Engineering and Performance Modelling*. Vortrag am Center for the Study of Language and Information der Stanford University am 7.12.93.
- H. Uszkoreit: *Performance Research at the DFKI*. Vortrag am Palo Alto Research Center der XEROX Corp. am 13.12.93.
- H. Uszkoreit: *Language Research in the Project DISCO*. Vortrag beim SRI International in Menlo Park am 14.12.93.



## 1.2 VERBMOBIL Teilprojekte 6-8 & 11-15 (B)

### EXECUTIVE SUMMARY

*Der Forschungsbereich "Computerlinguistik" des DFKI beteiligt sich an Verbmobil-Teilprojekten zur deutschen Grammatik, dem Basisformalismus, der Semantikkonstruktion und -auswertung sowie der Architektur. Abgeschlossen wurden 1993 Arbeiten zur Grammatik der Zeitausdrücke und zur Evaluation von Wissensrepräsentationsformalismen für die Verwendung in Verbmobil.*

*Außerdem wurden für Verbmobil verwendbare am Forschungsbereich verfügbare Systemkomponenten den Partnern vorgestellt.*

### 1.2.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Der Forschungsbereich *Computerlinguistik* des DFKI ist in den Teilprojekten 6-8 und 11-15 mit Beiträgen zu verschiedenen Arbeitspaketen vertreten. Insgesamt gab es im Berichtszeitraum zahlreiche Workshops und Arbeitstreffen sowohl einzelner Teilprojekte wie auch teilprojektübergreifender Art, die zu vielfältigen Absprachen hinsichtlich der Arbeitsteilung und Kooperation zwischen den beteiligten Forschungsgruppen führten. Ein wesentlicher Gesichtspunkt war dabei auch immer eine Sichtung der ersten Ergebnisse und sonstiger verfügbarer Softwaremodule im Hinblick auf die mögliche Verwendung in VERBMOBIL. In der folgenden Übersicht über die im Berichtszeitraum bearbeiteten Arbeitspakete wird auch auf solche Übereinkünfte eingegangen.

#### 1.2.1.1 DEUTSCHE BASISGRAMMATIK

Nach Absprache mit den Partnern (IBM, Siemens) soll die am DFKI entwickelte deutsche HPSG-Grammatik für die Terminvereinbarungsdomäne Grundlage für die VERBMOBIL-Grammatik werden, wobei IBM die Aufgabe der Portierung in den VERBMOBIL-Basisformalismus (STUFF) übernehmen würde. Daher wurde in Absprache mit den Partnern die Grammatik für die Portierung aufbereitet und erweitert. Die Erweiterungen konzentrierten sich auf die Erstellung einer komplexeren Grammatik für Zeit- und Datumsangaben. Diese Zeit-Grammatik liegt im TDL-Format wie auch als kontextfreie Grammatik in BNF vor, um auch für andere Partner (Siemens) nutzbar zu sein.

Um das System für Projektpartner besser verfügbar zu machen, wurde eine Portierung von Allegro auf Lucid Common Lisp unternommen. Außerdem wurden Projektpartner intensiv an dem System und seiner Entwicklungsumgebung geschult, und es wurden die Übernahmemöglichkeiten und Portierungsstrategien genauer untersucht.

Die Grammatik mit der darin enthaltenen Syntax-Semantik-Schnittstelle wurde auch an das PRACMA-Projekt der Universität Saarbrücken weitergegeben.



Das DFKI veranstaltete in Saarbrücken einen Workshop zur Evaluierung der für VERBMOBIL bei den Partnern verfügbaren Formalismen. Dabei wurde auch das am DFKI entwickelte System, bestehend aus Unifikator UDINE, dem Typsystem TDL und dem Parser präsentiert. Insgesamt wurde festgestellt, daß dieses System über den derzeit stärksten verfügbaren getypten Merkmalsformalismus verfügt. Für dieses System wurde auch im Berichtszeitraum eine prototypische Implementation einer Kontrolle bei der Auswertung disjunktiver Information zum Abschluss gebracht.

Zusammen mit Prof. Vijay-Shanker, der als Gast am DFKI arbeitet, wurde mit einer Formalisierung der Theorie von Bäumen, wie sie etwa in Tree Adjoining Grammars (TAGs) verwendet werden, begonnen. TAGs sollen in VERBMOBIL für die Generierung zum Einsatz kommen. Daher wurden, ebenfalls zusammen mit Prof. Vijay-Shanker, Methoden zur Kompilierung von HPSG-Grammatiken in TAG-Grammatiken weiterentwickelt und in einem ersten Prototyp realisiert.

#### 1.2.1.3 SEMANTISCHES BASISFRAGMENT

In Absprache mit den Projektpartnern liegt der Schwerpunkt unseres Beitrags zum semantischen Lexikon in der Entwicklung eines linguistisch motivierten ontologischen Sortensystems, welches die grammatische Analyse durch Selektionsbeschränkungen und bei der Desambiguierung unterstützt. Ein solches System war bereits in der Grammatik integriert. Ein wichtiger Gesichtspunkt ist dabei aber die Sicherstellung der Kompatibilität mit der in AP 11.10 entwickelten Domänenmodellierung. Dazu wurde eine prototypische Integration vorhandener Sortenverbände im BACK-Wissensrepräsentationsformalismus vorgenommen, welcher für die Domänenmodellierung verwendet werden soll, und es wurden Methoden untersucht, die relevante sortale Information automatisch zu extrahieren und in den Grammatikformalismus zu überführen. Ein Problem dabei war, daß die im Domänenmodell definierten Konzepte oft hinsichtlich ihrer Inkompatibilitätseigenschaften zu schwach für den vorgesehenen Zweck waren und verschärft werden mußten. Dafür wurden Prototypen für den TDL-Formalismus als Zielsprache realisiert. Außerdem wurde für die semantische Auswertung (Referenzauflösung) eine Schnittstelle zu diesem Sortenverband implementiert.

#### 1.2.1.4 EVALUIERUNG VON WISSENSREPRÄSENTATIONSFORMALISMEN

In diesem Arbeitspaket wurde eine vergleichende Studie (vgl. (Kemke 1993)) über Wissensrepräsentationsformalismen erstellt. In den Vergleich wurden etwa 15 Systeme einbezogen mit Schwerpunkten auf den bei Projektpartnern vorhandenen Systemen wie BACK, KRIS und SB-ONE. Vergleichsgrundlagen waren vor allem Sprachumfang und Performanz. Da das BACK-System derzeit in C++ reimplementiert wird, ist es längerfristig in einem leichten Vorteil.

#### 1.2.1.5 NICHTSYNTAKTISCHE INFORMATION FÜR SEMANTIK UND AUSWERTUNG

Im Berichtszeitraum wurden erste Versionen von Systemen entwickelt, welche die Kommunikation zwischen Semantik und anderen Komponenten in einem integrativen



heterogenen System unterstützen, die unter Umständen mit unterschiedlichen Formalismen arbeiten. Diese Systeme sind Transformationssysteme, die als Schnittstellen fungieren. Zur Entwicklung dieser Systeme wurde eine deklarative high-level Spezifikationssprache (SLANT) prototypisch realisiert. Dies erlaubt eine hohe Flexibilität bei Entwicklung und Wartung der Schnittstellen.

Auch wurden erste Experimente hinsichtlich der Bereitstellung geeigneter Protokolle zur Spezifikation der Interaktion der Semantikkomponente in der Architektur durchgeführt. In Zusammenarbeit mit den Partnern in Teilprojekt 15 wurden erste Versionen der Architektur-Entwicklungsumgebung installiert und getestet. Dabei wurde auch anhand des DFKI-Systems die Einbindbarkeit von Modulen, die nicht speziell für diese Architektur gebaut wurden, getestet.

## 1.2.2 Veröffentlichungen und Vorträge

### Veröffentlichungen:

- R. Backofen/U. Krieger/S. Spackman/H. Uszkoreit: Report of the EAGLES Workshop on Implemented Formalisms at DFKI, Saarbrücken. DFKI, Saarbrücken 1993.
- J. Bedersdorfer/K. Konrad/I. Neis/O.Scherf/J. Steffen/M. Wein: Eine Spezifikationssprache für Transformationen auf getypten Merkmalsstrukturen. In: Proceedings of the Workshop on "Neuere Entwicklungen der KI-Programmierung", DFKI-Report, 1993.
- R. Backofen/G. Smolka: A Complete and Recursive Feature Theory. In: *Proc. of the 31th ACL*. Columbus 1993, S. 193-200
- R. Backofen: On the Decidability of Functional Uncertainty. In: *Proc. of the 31th ACL*. Columbus 1993, S. 201-208
- R. Backofen: Regular Path Expressions in Feature Logic. In: *Proc. of the RTA'93*. Montreal 1993, S. 121-135
- W. Kasper: Integration of Syntax and Semantics in Feature Structures. In: Busemann/Harbusch (Hg.), *Proc. of the DFKI Workshop on Natural Language Systems: Reusability and Modularity*. Saarbrücken 1993 (DFKI-Document D-93-03)
- C. Kemke: Evaluation von Wissensrepräsentationsformalismen. Verbmobil-Report 3. DFKI, Saarbrücken 1993.
- C. Kemke/H. Kone: INCOPA - An Incremental Connectionist Parser. In: *Proc. of the WCNN'93*. Portland 1993, Vol. 3, S. 41-44
- C. Kemke/A. Wichert: INCOPA - Hierarchical Self-Organizing Feature Maps for Speech Recognition. In: *Proc. of the WCNN'93*. Portland 1993, Vol. 3, S. 45-47
- C. Kemke/C. Schommer: PAPADEUS - Parallel Parsing of Ambiguous Sentences. In: *Proc. of the WCNN'93*. Portland 1993, Vol. 3, S. 79-82
- U. Krieger/U. Schäfer: TDL - A Type Description Language for Unification-Based Grammars. In: Proceedings of the Workshop on "Neuere Entwicklungen der KI-Programmierung", DFKI-Report, 1993.
- J. Nerbonne/K. Diagne/S. Oepen/K. Konrad/I. Neis: NLL-Tools for Meaning Representation. In: Busemann/Harbusch (Hg.), *Proc. of the DFKI Workshop on Natural Language Systems: Reusability and Modularity*. Saarbrücken 1993 (DFKI-Document D-93-03)
- G. Neumann: *Grammatikformalismen in der Generierung und ihre Verarbeitung*, KI-Themenheft: Generierung, 1993.

### Vorträge:

- R. Backofen: A Complete and Recursive Feature Theory. ACL-Vortrag, Columbus, Ohio
- R. Backofen: On the Decidability of Functional Uncertainty. ACL-Vortrag, Columbus, Ohio
- R. Backofen: Regular Path Expressions in Feature Logic. RTA'93-Vortrag, Montreal
- W. Kasper: Merkmalsformalismen und Semantikonstruktion. Eingel. Vortrag IMS Stuttgart.
- C. Kemke: INCOPA - An Incremental Connectionist Parser. WCNN'93-Vortrag Portland, Oregon

- C. Kemke: INCOPA - Hierarchical Self-Organizing Feature Maps for Speech Recognition. WCNN'93-Vortrag Portland, Oregon
- C. Kemke/C. Schommer: PAPADEUS - Parallel Parsing of Ambiguous Sentences. WCNN'93-Vortrag Portland, Oregon
- H.-U. Krieger: *TDL - A Type Description Language for Unification-Based Grammars*, KI-93 im Workshop über "Neuere Entwicklungen der deklarativen KI-Programmierung", Berlin 1993
- H.-U. Krieger: *TDL - A Type Description Language for Constraint-Based Grammars*, Fifth European Summer School in Language, Logic, and Information, Workshop von Bob Carpenter und Erhard Hinrichs über "Implementations of Attribute-Value Logics for Grammar Formalisms.", Lissabon 1993
- H. Uszkoreit: Podiumsdiskussion *Läßt sich natürliche Sprache mit künstlicher Intelligenz elektronisch verarbeiten?* auf der CEBIT in Hannover, 31.3. 1993
- H. Uszkoreit: *New Developments in Linguistic Processing with Unification Formalisms* Tutorial auf der Europäischen Tagung der Association for Computational Linguistics, EACL, in Utrecht, 19.u. 20.4. 1993.
- H. Uszkoreit: *DISCO - ein Dialogsystem für die Mensch-Maschine Kommunikation*. KI-Statusseminar des

BMFT in Berlin, 28.4.1993.

- H. Uszkoreit: *Linguistische Ressourcen für das Deutsche*, Symposium Sprachtechnologie 93 der EG in Bonn, 3.6.1993.
- H. Uszkoreit: *Die Rolle der Wortstellung beim Verstehen und Produzieren von Sätzen des Deutschen*, Fachtagung des DFG Schwerpunkts Kognitive Linguistik in Bielefeld, 14.6.1993.
- H. Uszkoreit: *Das Diagnostik Werkzeug DiTo*, Kolloquium an der Humboldt-Universität Berlin, 4.6.1993.
- H. Uszkoreit: *A New View of Linguistic Engineering*, Hauptvortrag auf der Conferencia do Convento "Sprachtechnologie" in Arrabida, Portugal.
- H. Uszkoreit: *Gibt es zwei deutsche Sprachen? Sprachunterschiede zwischen DDR und Bundesrepublik*, Evangelische Akademie Berlin-Brandenburg, 4.9.1993 in Berlin.
- H. Uszkoreit: *Competence and Performance Modelling in Language Processing*. Eingeladener Hauptvortrag auf der Jahrestagung der Spanischen Gesellschaft für Computerlinguistik, 9.9.93 in Santiago de Compostella.
- H. Uszkoreit: *Statistical and Knowledge-Based Approaches in Language Technology*. Eingeladener Vortrag auf dem Colloquium der Katalanischen Forschungsstiftung zum Thema Kognitive und technologische Aspekte der Sprachverarbeitung. Paralosa 26.11.1993

## 2 Deduktion und Multi-Agenten-Systeme

### 2.1 AKA-MOD - Modellierung Autonomer Kooperativer Agenten (B)

#### EXECUTIVE SUMMARY

Im Projekt AKA-MOD wurden in diesem Jahr eine Reihe von grundlegenden Ergebnissen erzielt. Im Speditionsszenario lag der Schwerpunkt auf einer Evaluierung des Systemverhaltens mit Hilfe von Benchmark-Tests, bei der das für diese Anwendungsdomäne entwickelte MARS-System gute Ergebnisse erzielte. Der mit dem MARS-System erzielte 1. Platz bei den Multi-Agent Olympics der MAAMAW'93 untermauert die Spitzenposition des Projektes im Bereich der anwendungsorientierten Multiagentenforschung. Für das Verladehofszenario ist im Berichtszeitraum eine vollständige Implementierung entstanden. Wichtigster konzeptioneller Beitrag war dabei die Definition der InteRRaP-Agentenarchitektur, in die die Erfahrungen aus den Anwendungsbeispielen der verteilten Speditionen und der verteilten Terminvereinbarung einfloß.

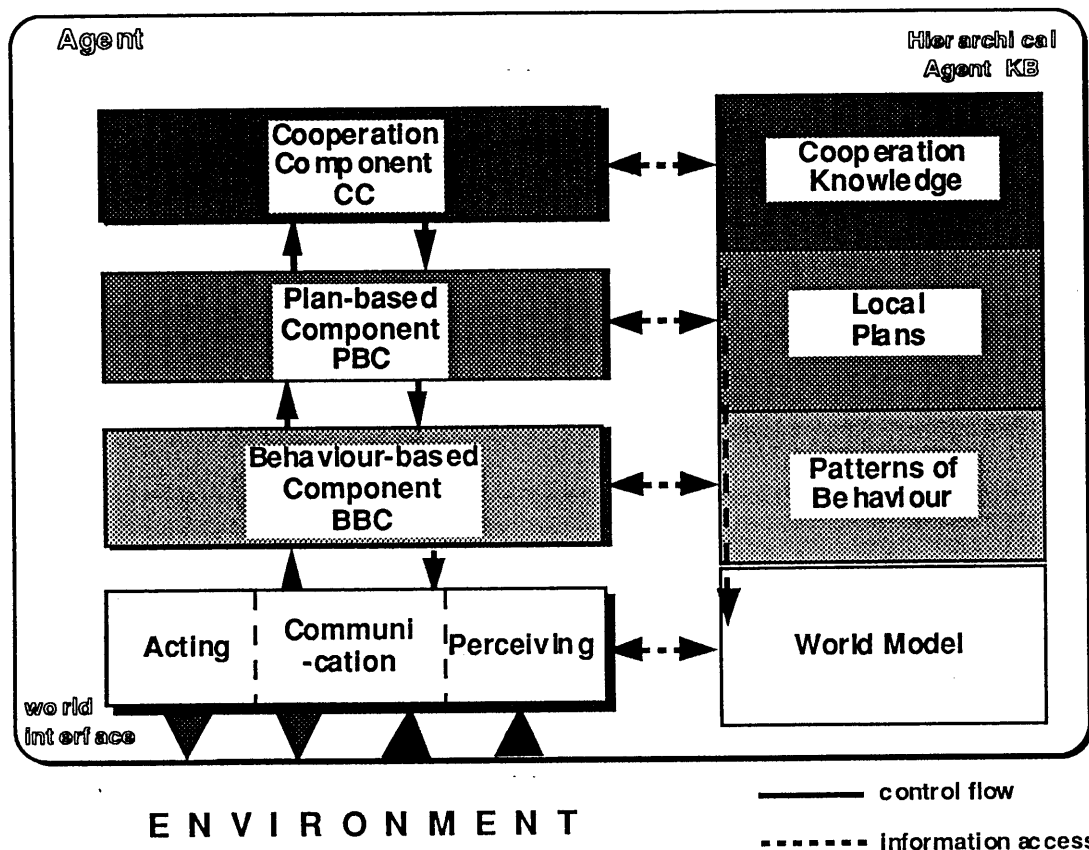


Abbildung 1: Strukturbild der InteRRaP-Agentenarchitektur

Das Projekt AKA-MOD wird vom BMFT gefördert (Förderkennzeichen ITW 9104) und hat eine Laufzeit vom 1. Mai 1991 bis 30. November 1994.

Im Projekt „Autonome, kooperierende Agenten“ (AKA) sollen die Grundlagen für Wissensrepräsentationsformalismen, Inferenz-, Kommunikations- und Kontrollmechanismen





bei der Kooperation mehrerer autonom agierender Systeme, im folgenden „Agenten“ genannt, untersucht und die Resultate an verschiedenen Anwendungsbeispielen erprobt werden.

Im Teilprojekt AKA-MOD sollen die für die Modellierung von mehreren Agenten spezifischen Aspekte, insbesondere Interaktion, Kommunikation und Kontrolle untersucht, sowie konkrete Szenarien realisiert werden.

## 2.1.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

### 2.1.1.1 VERHANDLUNGSPROTOKOLLE

Beschreibt man Kommunikation auf der Ebene des reinen Nachrichtenaustausches, so steht hier der Aspekt des Informationsaustausches im Vordergrund. Betrachtet man jedoch Kommunikation als einen Interaktionsprozeß zwischen intelligenten autonomen Agenten innerhalb einer Gesellschaft, so dient sie wesentlich dem Abgleich und der Koordination von Plänen, Zielen, Meinungen und Wissen der Agenten. Um diese Koordinationsfunktion der Kommunikation herauszustellen wollen wir von einer Verhandlung sprechen. Ziel einer Verhandlung ist es, eine von allen Beteiligten akzeptierte Übereinkunft bezüglich eines Verhandlungsgegenstandes zu erzielen. Je intelligenter und flexibler die verhandelnden Agenten sind, desto weniger wird eine Verhandlung einem vorab definierten Schema oder Protokoll genügen müssen. In Multiagentensystemen ist es nach dem heutigen Stand der Forschung unumgänglich, daß die Verhandlungen zwischen den Agenten gemäß einem Verhandlungsprotokoll geführt werden. Ziel ist es, dieses so flexibel wie möglich zu gestalten. Eine konzeptionelle Beschreibung sollte möglichst allgemeingültig die verschiedenen Aspekte von Verhandlungsprotokollen strukturieren. Wir unterscheiden zwei Ebenen bei der konzeptionellen Beschreibung von Verhandlungen:

Die *Protokollebene* definiert die Sprache, d.h. legt fest, welche möglichen Nachrichtentypen vorkommen können. Ferner wird durch sie die Menge aller sinnvollen Nachrichtensequenzen determiniert, indem sie für jeden Verhandlungskontext eine Menge von möglichen alternativen Folgenachrichten festlegt.

Die *Entscheidungsebene* dagegen stellt Kriterien zur Bewertung von Verhandlungssituationen aus der Sicht eines Agenten zur Verfügung und beschreibt deren Verwendung in den durch die Protokollebene definierten Entscheidungssituationen. Sie determiniert die möglichen



differieren können. Hierfür wurden Heuristiken entwickelt, die sich bis Herbst 1993 auch in den Implementierungen wiederfinden sollen. Außerdem sollen Ansätze aus dem Bereich der Entscheidungstheorie auf ihre Verwendbarkeit in diesem Umfeld untersucht werden.

Ein Beispiel für Verhandlungsprotokolle, die sich gemäß diesen Überlegungen darstellen lassen sind die im Sneditionsbeispiel verwendeten Kontraktnetzprotokolle. Im Sneditionsbeispiel

### 2.1.1.2.2 Vergleich mit klassischen Operations Research Methoden

Eine sehr wesentliche Erweiterung der Implementierung war die Integration eines Zeitmodells in das Speditionsbeispiel. Dazu wurde ein Uhr-Agent definiert, der eine domänenunabhängige Funktionalität anbietet. Es ist nun ermöglicht, daß zu den bisherigen Randbedingungen für die Auslieferung eines Auftrags auch Zeitbeschränkungen, wie beispielsweise Öffnungszeiten der zu beliefernden Kunden, spezifiziert werden können.

Die Erweiterung der MAGSY Version des Speditionsszenarios um ein Zeitmodell bedeutete eine Erweiterung der Problemstellung um eine neue Dimension. Die Problemstellung "WER befördert WAS?" wurde erweitert zu "WER befördert WANN WAS?". Diese Behandlung von zeitlichen Beschränkungen erlaubte einen Vergleich mit anderen auf klassischen Operations Research Methoden basierenden Systemen über die Formulierung als "Vehicle Routing Problem with Time Windows", für das es bekannte Benchmark-Tests gibt (siehe dazu: M. Desrochers, J. Desrosiers, M. Solomon: A New Optimization Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Time Windows, Operations Research 40(2), 1992). Die Problematik eines solchen Vergleichs besteht in der unterschiedlichen Zielrichtung der Systeme. Der von uns verfolgte Ansatz erstrebt eine möglichst realistische Simulation einer Vielzahl von Speditionen mit dynamisch anfallenden Transportaufträgen mit unterschiedlichen Start- und Zielorten, die über ein beliebiges gegebenes Straßennetz und unter Einhaltung komplexer Zeitbeschränkungen abzuwickeln sind. Der Benchmark-Test, mit dem wir MARS testeten, ist dagegen ausgelegt für das "Vehicle Routing Problem with Time Windows", ein statisches Planungsproblem, bei dem ein einziger Spediteur unterschiedliche Kunden von einem Depot aus unter Einhaltung einfacher Zeitschranken über ein vollständig verknüpftes Straßennetz beliefert. Die Ergebnisse zeigten, daß die von MARS gefundenen Lösungen meist nur etwa 20 bis 40 % schlechter als die bekannten Optimallösungen waren. In den Fällen, wo optimale Lösungen nicht bekannt sind, waren die von MARS gefundenen Lösungen mit denen von Operations-Research-Algorithmen gefundenen Lösungen vergleichbar.

### 2.1.1.2.3 Wissensrepräsentation

Ein Teil des Domänenwissens in Speditionsbeispiel wurde in Form des taxonomischen Wissensrepräsentationsformalismus des KRIS-Systems repräsentiert, das im DFKI-Projekt WINO/TACOS entwickelt wird. Dabei wurden insbesondere taxonomisches Wissen über Güter, Transportmittel, Transportunternehmen (Speditionen) und Beziehungen zwischen diesen modelliert. Das Ziel ist es, dieses Wissen in den Speditionsagenten zu verwenden, um Aufträge gezielt und effizient nur solchen Agenten anzubieten, die auch technisch in der Lage sind, den Auftrag abzuwickeln. Die bei der Realisierung der KRIS-Wissensbasis gewonnenen Erfahrungen haben gezeigt, daß der vom KRIS-System bisher zur Verfügung gestellte Formalismus zur Wissensrepräsentation noch nicht ausdrucksstark genug ist, um das Domänenwissen im Speditionsbeispiel so zu modellieren, daß es in der oben beschriebenen Art



#### 2.1.1.2.4 Implementierung in Oz

Die bereits bestehende Implementierung des Speditionsszenarios in Oz wurde im Rahmen eines in AKA-MOD durchgeführten Fortgeschrittenenpraktikums erweitert. Insbesondere ist nun auch die Modellierung von zeitlichen Beschränkungen der Aufträge, d.h. früheste Anfangszeit, spätester Endtermin, Dauer der Beladung, Entladung und Fahrtzeit sowie die unterschiedlichen Bedienzeiten von Kunden möglich. Damit erreicht die Oz Implementierung die gleiche Funktionalität wie die MAGSY Version. Insbesondere können die oben beschriebenen Benchmarks sowie von uns selber generierte Testauftragsdaten nun dazu verwendet werden, einen Vergleich der MAGSY Version mit der Oz Version durchzuführen. Dies ist für das erste Quartal 1994 geplant. Da beide Implementierungen auf den gleichen Konzepten beruhen, war die bisherige Arbeit auch im Rahmen der Bewertung von Oz interessant. Oz hat seine Leistungsfähigkeit bewiesen und wird in Zukunft als Basisentwicklungs- und Implementierungsplattform weiter untersucht.

#### 2.1.1.2.5 Dynamik durch Einführung von Verkehrsstaus

Die Betrachtung von Varianten unserer Szenarien im letzten halben Jahr der Laufzeit von AKA-MOD war von Anfang an geplant. Für das Speditionsszenario wurde deshalb im vierten Quartal 1993 in Zusammenarbeit mit der Gruppe von Prof. Dr. G. Schmidt (Institut für



(physikalische Manipulationen der Welt, fortwährende Änderung des Weltzustandes) und das

Die Objekte des Szenarios sind Regale, LKWs und Güter (der Einfachheit halber als Kisten bezeichnet). Für die Kisten ist eine flache Typhierarchie definiert. Güter eines Typs dürfen nur in Regalen des gleichen Typs deponiert werden. Ein Gabelstapler kann immer nur eine Kiste auf einmal befördern.

Die Gabelstapler sind die eigentlichen Agenten im Szenario. Sie erhalten vom Benutzer Aufträge der Art "Belade LKW x mit Kiste y" (analog für entladen). Sie verfügen über die Fähigkeit, innerhalb ihres Perzeptionsbereiches ihre Umwelt wahrzunehmen. Zu diesem Zweck wurde ein einfaches rasterbasiertes Perzeptionsmodell entwickelt. Weiterhin sind sie in der Lage, in der Welt eine Reihe von primitiven Aktionen auszuführen (Bewegung, Drehungen, Aufnehmen und Abstellen einer Kiste), sowie mit anderen Agenten zu kommunizieren. Die Fähigkeiten eines Agenten (Kommunikation, lokale Planung, kooperative Planung), die Eigenschaften (z.B. Neugierde) und das Wissen, über welches der Agent zum Zeitpunkt seiner Entstehung verfügt (kein Wissen, statisches Wissen, vollständiges Wissen), können über eine graphische Benutzerschnittstelle vom Benutzer frei konfiguriert werden.

Um ihre Aufgaben im Verladehof durchführen zu können, müssen die Gabelstapler einerseits zielgerichtet agieren und Pläne zur Erreichung ihrer Ziele erstellen können, andererseits aber auch auf die ständigen Änderungen in ihrer Umwelt reagieren. Dies führt uns in das Forschungsgebiet des dynamischen, reaktiven Planens, das einer der Forschungsschwerpunkte im letzten Jahr des laufenden Projektes sein wird. Das Agentenmodell InteRRaP, das im nächsten Abschnitt vorgestellt wird, stellt eine konzeptionelle Basis für die Realisierung reaktiver Planung dar.



Der InteRRaP-Agent besteht aus zwei Komponenten, nämlich der Kontrolleinheit und der hierarchischen Wissensbasis. Das Kontrollmodul besteht - analog zur Wissensbasis - aus vier hierarchisch angeordneten Schichten:

- die Weltschnittstelle (WIF, world interface) beinhaltet die grundlegenden perzeptorischen, aktorischen und kommunikatorischen Fähigkeiten des Agenten.
- die verhaltensbasierte Komponente (BBC, behaviour-based component) enthält eine Menge von Verhaltensmustern. Diese beinhalten sowohl reaktive, von externen ~~Triggerbedingungen~~ aktivierbare Muster als auch Verhaltensmuster, die prozedurales



#### 2.1.1.4 COSMA: EIN VERTEILTES TERMINVEREINBARUNGSSYSTEM

Die im letzten Zwischenbericht angesprochenen Erweiterungen des Terminvereinbarungssystems COSMA um ein Zeitmodell und eine verbesserte Verhandlungsführung wurden weitgehend implementiert. Die konzeptionelle Unterteilung einer Verhandlung in Protokollebene und Entscheidungsebene spiegelt sich in der Implementierung wider.

Auf der Protokollebene findet man zunächst die Menge aller möglichen *Nachrichtentypen*. Hier fanden wir für die Domäne der Terminvereinbarung folgende Nachrichten sinnvoll: Initiierung eines Terminvorschlags, Zustimmung, Ablehnung, Gegenvorschlag, Verfeinerung, Bestätigung des Vorschlags. Bei mehreren Vorschlagsverfeinerungen, die nicht miteinander zu vereinbaren sind, gibt es in einer speziellen Unterverhandlung noch die Möglichkeit einer bedingten Zustimmung und einer speziellen Anfrage zur aktuellen Bewertung des Vorschlags. Zusätzlich gibt es Nachrichten zur Absage oder Modifikation von bereits vereinbarten Terminen.

Die gesamte erhaltene Darstellung des Protokoll- und Verhandlungssystems ist in der



Differenz von eigenem Nutzen und Nutzen der Partner in vergangenen Verhandlungen bestimmen, ob er in der Vergangenheit eher einen höheren Nutzen als die Partner hatte (hohe Kompromißbereitschaft in der aktuellen Verhandlung) oder eher einen niedrigeren (d.h. geringe Kompromißbereitschaft). Auf diese Weise verwendet er die Informationen über alte Verhandlungen zur Steuerung der Strategie in der aktuellen Verhandlung. Effekt ist eine Tendenz zu gleichverteiltem Nutzen in der Agentengesellschaft über die Zeit.

#### 2.1.1.5 DAS SAUERBAUM BEISPIEL

In Kooperation mit dem Projekt KIK TEAMKOM wurde ein Multiagentensystem für das Kooperationspiel Sauerbaum implementiert. Sauerbaum ist ein Brettspiel, das im Herder Verlag erschienen ist. Die Spielidee ist hier, daß die teilnehmenden Spieleragenten versuchen einen vom sauren Regen bedrohten Baum zu retten. Sie versuchen dabei gemeinsam zu verhindern, daß die sauren Regentropfen alle Wurzeln des Baumes erreichen und diesen dadurch zerstören. Im Rahmen einer Diplomarbeit war im KIK TEAMKOM Projekt bereits eine Implementierung dieses Spiels entstanden, die es bis zu vier menschlichen Spielern gestattet, dieses Spiel in einem Rechnernetz zu spielen. Jeder Spieler führt dabei seine Aktionen an seinem lokalen Rechner aus, kann das Aktionsrecht an einen anderen Spieler weitergeben und kann die Aktionen der anderen Spieler auf seinem Display mitverfolgen.

Im Rahmen einer Semesterarbeit wurde eine MAGSY-Applikation implementiert, in der es den MAGSY-Agenten möglich ist, die Rolle der Spieleragenten zu übernehmen. Von der bereits bestehenden Implementierung wurde dabei die Benutzeroberfläche so umgearbeitet, daß sie von den MAGSY-Agenten aus ansteuerbar ist. Diese Implementierung hat erneut gezeigt, daß sich mit Hilfe des regelbasierten Ansatzes, der dem MAGSY-System zugrunde liegt, kombinatorische Probleme relativ einfach beschreiben und lösen lassen und daß sich das kooperative Problemlösungsverhalten der Agenten in MAGSY in intuitiv leicht verständlicher Weise beschreiben läßt.

#### 2.1.1.6 DIE TESTUMGEBUNG

Im ersten Halbjahr wurden weitere Wartungsarbeiten am regelbasierten Multiagentensystems MAGSY, das als Basissystem für die bisher im Projekt AKA-MOD implementierten Anwendungen dient, durchgeführt. Bis zu diesem Zeitpunkt war die Funktionalität von MAGSY so erweitert worden, daß die Agenten auf beliebig vielen Rechnern eines LAN (local area network) ablaufen können. Heute sind alle Applikationen, die auf der Basis von MAGSY implementiert wurden so angepaßt worden, daß sie verteilt ablaufen können. Zusätzliche Arbeiten waren vor allem nötig, um den Komfort bei der Entwicklung von verteilt in einem Rechnernetz ablaufende Applikationen zu erhöhen.

Die Implementierung der beiden Anwendungsbeispiele: Spedition und Verladehof sind mittlerweile sehr umfangreich geworden und bergen eine enorme Komplexität in sich. Diese Komplexität beruht zum Teil auf den Problemstellungen in den einzelnen Agenten. als Beispiel





Die Kommunikationsschicht von MAGSY ist mittlerweile in die Programmiersprachen LISP, PROLOG und C++ integriert worden. Es ist nun also heute möglich MAGSY-Applikationen in jeder dieser Programmiersprachen zu implementieren. Durch die Möglichkeit, LISP-Agenten in eine MAGSY-Applikation integrieren zu können, war auch die Grundlage für die Integration von KRIS in MAGSY Applikationen geschaffen. Speziell für KRIS wurde eine Schnittstelle implementiert, die es beliebig vielen Agenten erlaubt, auf eine KRIS-Wissensbasis zuzugreifen. Das KRIS-System kann dabei auf einem beliebigen Rechner in einem LAN gestartet werden. Es erfolgte eine exemplarische Anbindung einer KRIS-Wissensbasis an das MARS System.

Im zweiten Halbjahr wurden die Arbeiten zur Testumgebung besonders stark durch die Integration der im Projekt KIK-Teamware erstellten Szenarien und Konzepte geprägt. Dabei geht es im wesentlichen um die

- \* Integration der Paradigmen: Die Agentenarchitektur InteRRaP basiert auf einer hierarchisch geschichteten, wissensbasierten Komponente, die auf den verschiedenen Stufen für verschiedene deliberative Funktionen des Agenten verantwortlich ist, und auf einer verhaltensbasierten Komponente, die für die reaktiven Funktionalitäten des Agenten verantwortlich ist. Die im Projekt KIK-Teamware erstellte Implementierungs- und Interaktionssprache MAI<sup>2</sup>L beschreibt den Agenten dagegen über vier nacheinander zu durchlaufende Prozesse der Wissensverarbeitung: Die Zielaktivierung wird durch eine Veränderung des Weltzustands ausgelöst. Danach folgen Planung und Scheduling der geplanten Aktionen. Am Schluß steht die Ausführung von Aktionen, die den Kreis schließt, indem sie wiederum den Weltzustand ändert. Obwohl sich beide Paradigmen sinnvoll ergänzen, ist ihre Integration in eine Testumgebung gleichwohl eine größere Aufgabe, die zum Teil schon begonnen wurde, aber sicherlich noch weitere Arbeit erfordert.
- \* Basissprache für Implementationen: Als Basissprache in AKA-MOD wurde bisher das verteilte regelbasierte MAGSY verwendet. Durch die Implementation entsprechender Kommunikationsschnittstellen können Agenten jedoch auch in PROLOG, C/C++ und LISP implementiert werden. In naher Zukunft wird in gleicher Weise auch die Interaktion von in Oz implementierten Agenten mit MAGSY Agenten möglich sein. Eine Festlegung auf eine einzige Implementationssprache ist deshalb nicht nötig.
- \* Benutzeroberfläche: Im Berichtszeitraum erfolgte die Anpassung und Reimplementierung der Oberfläche des Verladehof Szenarios unter Verwendung von OSF-MOTIF, das auch schon für MARS verwendet wurde. In Zukunft soll OSF-MOTIF und/oder das Oz-Windowssystem als Basis für eine einheitliche Benutzeroberfläche verwendet werden.

#### 2.1.1.7 INTEGRATION MIT KIK-TEAMWARE

Im vierten Quartal 1993 ergab sich für AKA-MOD aus organisatorischen Gründen ein zusätzliches Ziel, die Integration und Vereinigung mit den im DFKI/Siemens-Projekt KIK-Teamware erzielten Ergebnissen. Hintergrund ist eine Bündelung der DFKI-Aktivitäten im Bereich der Verteilten KI, die Initiierung eines Tandem-Projektes mit dem Forschungsthema 'Kooperative Mensch-Maschine Architekturen' und die Bereitstellung einer einheitlichen Entwicklungsplattform zur Konstruktion kooperativer Anwendungsszenarien.

Unter diesem Aspekt wurden in AKA-Mod die folgenden Aktivitäten durchgeführt:

Das im Projekt KIK-Teamware entwickelte Planungsmodell wurde in seinem Funktionsumfang erweitert. Das auf dem Ereigniskalkül basierende Modell wurde an die Repräsentation der in KIK-Teamware entwickelten Agentensprache MAI<sup>2</sup>L angepaßt. Die Berechnungsregeln des abduktiven Inferenzmechanismus wurden flexibler gestaltet, um das Schlußfolgern im Ereigniskalkül besser zu unterstützen. Dabei wurden starke Querbezüge zwischen abduktiver und constraint-basierter Programmierung festgestellt. Diese Tatsache führte zu einem Redesign des Planungssystems im Rahmen einer constraint-basierten Programmierung. Erste Versuche

zur Modellierung von zwischen den Agenten eingegangenen Verpflichtungen (Commitments) als eine Form von verteilter Abduktion wurden unternommen. Unter dem Integrationsgesichtspunkt passen die gesamten beschriebenen Aktivitäten aus dem Bereich des Planens in die Modellierung und Erweiterung des 'deliberative layer' der InteRRaP-Agentenarchitektur. Erste Ansätze zur Integration der in AKA-MOD spezifizierten InteRRaP-Agentenarchitektur und dem Basisverhalten eines MAI<sup>2</sup>L Agenten wurden gemacht. Es scheint vernünftig, MAI<sup>2</sup>L nicht nur als Implementationssprache für die einzelnen Ebenen der InteRRaP Agentenarchitektur zu verwenden, sondern auch als Beschreibungssprache für das Wissen der Agenten (Weltmodell, Verhaltensmuster, Pläne, joint plans) auf den einzelnen Ebenen. Dabei bleibt die Frage zu untersuchen, inwieweit eine Reimplementierung der momentan prototypisch vorliegenden Sprache MAI<sup>2</sup>L auf Oz oder C++ notwendig und sinnvoll ist.

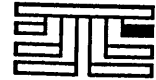
Die im vorherigen Punkt angesprochene Verwendung von MAI<sup>2</sup>L hat zu einer verbesserten und erweiterten Spezifikation von MAI<sup>2</sup>L geführt, insbesondere, was die reaktiven Sprachelemente von MAI<sup>2</sup>L betrifft. Verschiedene Konzepte wurden durch eine partielle Implementierung in den Sprachen C++ und Oz untersucht, um den endgültigen Sprachumfang bis zum Ende des Projekts festschreiben zu können. Zudem wurde die momentane prototypische Version von MAI<sup>2</sup>L bezüglich Geschwindigkeit und Performanz verbessert.

Bezüglich der angestrebten Nachfolgeprojekte wurde als eine Applikation der realen Welt noch einmal das Szenario 'Terminvereinbarung' genauer untersucht. Dabei wurden die in den Projekten AKA-MOD und KIK-Teamware entwickelten Terminvereinbarungssysteme COSMA und MAM auf ihre Gemeinsamkeiten und Unterschiede hin untersucht, um daraus resultierend notwendige Funktionalitätserweiterungen zu identifizieren. Beispielhaft seien ein geeignetes Entscheidungsmodell unter Einbeziehung von Benutzerpräferenzen, Prioritätenvergabe für Treffen, Modellierung von organisatorischen Rollen, Berücksichtigung des Ortparameters und damit verbundenen Reisezeiten genannt. Eine interessante Fragestellung ist auch das automatische Wiederanstoßen von fehlgeschlagenen Terminvereinbarungsprozessen bzw. das Verschieben von bereits festgeschriebenen Terminen.

## 2.1.2 Veröffentlichungen und Vorträge

### Veröffentlichungen:

- S. Bussmann, H. J. Müller: Bargaining Agents, Poster abstract EPJA'93, In: Progress in Artificial Intelligence, M. Filgueiras, L. Damas (Eds.), LNAI 727, Springer Berlin, pp. 359.
- K. Fischer: *Einigung unter gleichberechtigten Agenten*. Beiträge zum Gründungsworkshop der Fachgruppe Verteilte Künstliche Intelligenz, DFKI-Dokument D-93-06, Saarbrücken, 29.-30. April 1993.
- K. Fischer, N. Kuhn, H. J. Müller, J. P. Müller: *Sophisticated and Distributed: The Transportation Domain* (extended abstract). In: Proceedings of the Conference on AI and Applications (CAIA-93), 1993
- K. Fischer, N. Kuhn, H. J. Müller, J.P. Müller, M. Pischel, A. Schroth: *Verteiltes Problemlösen im Transportwesen*. In: IM Information Management 2/93: Verteiltes Problemlösen, Computerwoche Verlag, 1993
- K. Fischer und N. Kuhn: A DAI Approach to Modeling the Transportation Domain. Technischer Bericht RR-93-25, DFKI, 1993.
- K. Fischer: The Rule-Based Multi-Agent System MAGSY. In: Proc. of the CKBS'92 Workshop, Keele University, 1993.
- K. Fischer: A Framework for the design of a Flexible Manufacturing System. In: IJCAI-93 Workshop on Knowledge-based Production Planning, Scheduling, and Control, Chambéry, France 1993.



- K. Fischer: Rollenverteilung unter gleichberechtigten Agenten. In: Verteilte Künstliche Intelligenz, H.-J. Müller (Hrsg.), BI-Wissenschaftsverlag, Mannheim, November 1993.
- K. Fischer, N. Kuhn, H. J. Müller und J. P. Müller: Modeling the Transportation Domain. In: Proc. of the 3rd Workshop on AI in Economics and Management (AIEM'93), Portland, Oregon, USA, 1993.
- K. Fischer, N. Kuhn, H. J. Müller, J. P. Müller und M. Pischel: Sophisticated and Distributed: The Transportation Domain. In: Proc. of MAAMAW'93, Neuchatel, Schweiz, 1993.
- N. Kuhn, H. J. Müller, J. P. Müller: *Simulating Cooperative Transportation Companies*. In: Proceedings of the Symposium Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe, Braunlage, Germany, 1993
- N. Kuhn, H. J. Müller, J. P. Müller: *Task Decomposition in Dynamic Agent Societies*., In: Proceedings of the International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS-93), Tokyo, Japan, 1993
- N. Kuhn, H. J. Müller, J. P. Müller: *Simulating Cooperative Transportation Companies*. In: Proceedings of the European Simulation Multiconference, Lyon, France, 1993,
- N. Kuhn: *Kooperatives Scheduling für Expeditionen*; Beiträge zum Workshop "Organisation der computergestützten kooperativen Arbeit" (Kurzfassung); Fachbereich 5 (Wirtschaftsinformatik) der GI und DFG Schwerpunktprogramm "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft, Berlin, Juni 1993
- N. Kuhn: Comparing Rankings of Heterogeneous Agents in Task Tandling Processes. Workshop Report Computational Models of Conflict Management at IJCAI 93, Chambéry, 1993.
- N. Kuhn und H.J. Müller: Multiagentenkoordination durch Marktmechanismen. GI: Jahrestagung, Fachgespräch: Anwendung und Programmierung von verteilten und parallelen Rechnersystemen, Dresden, 1993.
- H. J. Müller, A. Schupeta: *Communication, Flexible Planning and Auto-Epistemics in Distributed Knowledge Based Systems*, In: Proc. of the 12th IASTED Internat. Conf. on Modelling, Identification and Control (MIC), Innsbruck, February 1993
- H. J. Müller, A. Schupeta: *Wissensverarbeitung in verteilten wissensbasierten Systemen*, Wiener IT-Kongreß "Informations- und Kommunikationstechnologie für das neue Europa", Wien, 1993
- H.J. Müller (Hrsg.): Verteilte Künstliche Intelligenz q Methoden und Anwendungen. BI-Wissenschaftsverlag, November 1993.
- J. P. Müller, M. Meyer: *Using Weak Looking-Ahead for Lathe Tool Selction in a CIM Environment*. Proc. of the Sixth International Conference on Industrial & Engineering Applications of AI and Expert Systems (IEA-AIE'93), Edinburgh, June 1993. This paper won best paper award at IEA-AIE.
- J. P. Müller, M. Meyer: *Finite-domain Consistency Techniques: their Combination and Application in Computer-aided Production Planning*. In Proc. of the Seventh International Conference on Artificial Intelligence in Manufacturing (AIM'93), London, 1993.



- P. Sablayrolles, A. Schupeta: *Conflict Resolving Negotiation for COoperative Scheduling Management Agents (COSMA)*, DFKI Technical Memo Nummer TM-93-02, 1993
- A. Schupeta: *COSMA: Ein verteilter Terminplaner*, In: Beiträge zum Gründungsworkshop der Fachgruppe Verteilte Künstliche Intelligenz, DFKI Report, Nummer D-93-06, Jürgen Müller (Hrsg.) Saarbrücken, April 1993

#### Vorträge:

- K. Fischer: *Solving Scheduling Problems with the Help of Multi-Agent Systems*. Robotics Institut Seminar, CMU, Pittsburgh, 19 Februar 1993.
- K. Fischer: *Einigung unter gleichberechtigten Agenten*. Gründungsworkshop der Fachgruppe Verteilte Künstliche Intelligenz, Saarbrücken, April 1993.
- K. Fischer: Evaluation der Implementierung des Transportszenarios, Fachgespräch am Lehrstuhl Prof. Broy, TU München, 7. Juli 1993.
- K. Fischer: Evaluation of the Implementation of the Trucking Example, Fachgespräch am Lehrstuhl Prof. Kowalski, Imperial College, London, 29. September 1993.
- K. Fischer: Knowledge-Based Reactive Scheduling in a Flexible Manufacturing System. IFIP TC5/WG5.7 International Workshop on Knowledge-Based Reactive Scheduling, Athens, Greece, 1. Oktober 1993.
- K. Fischer: Wissensbasierte Planung und Steuerung in einem flexiblen Fertigungssystem. IBM-Kolloquium, Heidelberg, 5. November 1993.
- N. Kuhn: *Task Decomposition in Dynamic Agent Societies*. International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS-93), Tokyo, Japan, 1993
- N. Kuhn: Sophisticated and Distributed: The Transportation Domain. 5th European Workshop Modeling Autonomous Agents in a Multi-Agent World (MAAMAW-93), Neuchâtel, Schweiz, 25. August 1993.
- N. Kuhn: Comparing Rankings of Heterogeneous Agents in Task Handling Processes. Workshop on Computational Models of Conflict Management at IJCAI 93, Chambéry, France, 30. August 1993.
- N. Kuhn: Auftragsplanung in Multiagentensystemen am Beispiel Verteilter Speditionen. IBM-Kolloquium, Heidelberg, 1. Oktober, 1993.
- N. Kuhn: Kooperation Verteilter Speditionen. Symposium der GI Fachgruppe Personal Computing: Groupware-Einsatz in Organisationen, Marburg, 14. Oktober 1993
- N. Kuhn: Comparing Rankings of Heterogeneous Agents. Conference on Organizational Computing Systems, Milpitas (CA), USA, 2. November 1993.
- J.P. Müller: InteRRaP: Eine Architektur für interagierende, autonome Agenten. Fachgespräch am Lehrstuhl Prof. Broy, TU München, 7. Juli 1993.
- J.P. Müller: InteRRaP: An Architecture for Dynamic, Interacting, Autonomous Agents. Fachgespräch am Lehrstuhl Prof. Kowalski, Imperial College, London, 29. September 1993.
- J.P. Müller: Rational Interaction via Joint Plans. Workshop on Communication, Coordination, and Cooperation in Multiagent Systems, Berlin, 1993. KI-93.
- J.P. Müller: Planning in Dynamic Environments. Workshop on Planning and Plan Execution in Distributed Application Scenarios, Berlin, September 1993, KI-93.
- H.J. Müller: Wissensakquisition für die Modellierung eines verteilten Speditionsszenarios, Fachgespräch am Lehrstuhl Prof. Broy, TU München, 7. Juli 1993.
- H.J. Müller: Modelling the Transportation Domain, AI in Economics and Management, Portland, USA, 27. August 1993.
- H.J. Müller: Multiagentenkoordination durch Marktmechanismen, GI - Jahrestagung, Fachgespräch: Anwendung und Programmierung von verteilten und parallelen Rechnersystemen, Dresden, 1. Oktober 1993.
- H.J. Müller: Bargaining Agents, EPIA'93, Portugiesische KI-Konferenz, Porto, 7. Oktober 1993.
- H.J. Müller: Effektive Gütertransportplanung durch dezentrale Entscheidungsfindung, Mathematisches Kolloquium, Fachhochschule für Technik, Stuttgart, 13. Oktober 1993.
- H.J. Müller: AKA-MOD, Modellierung kooperativer Agenten, Fachgespräch: Autonome Robotersysteme, SIEMENS, München, 27. Oktober 1993.



- H.J. Müller: Verhandlungen in Multi-Agenten Systemen, KI-Kolloquium, Humboldt Universität Berlin, 6. Dezember 1993.
- A. Schupeta: *Communication, Flexible Planning and Auto-Epistemics in Distributed Knowledge Based Systems*, Internat. Conf. Modelling, Identification and Control (MIC), Innsbruck, Februar 1993
- A. Schupeta: *Wissensverarbeitung in verteilten wissensbasierten Systemen*, Wiener IT-Kongreß "Inforations- und Kommunikationstechnologie für das neue Europa", Wien, April 1993
- A. Schupeta: COSMA: Ein verteilter Terminplaner, Gründungsworkshop der Fachgruppe Verteilte KI, Saarbrücken, April 1993
- D.D. Steiner: SN4 Tag, Siemens ZFE München, 1. Oktober 1993
- D.D. Steiner, M. Kolb: Fachgespräch bei SN55 Kooperationsmethoden, Siemens ZFE München, 25. Oktober 1993
- D.D. Steiner: Exploitation Workshop im Rahmen des Esprit Projekts IMAGINE, Brüssel, 9. November 1993
- D.D. Steiner: Projektpräsentation und Demonstration für Dr. Spieker, Insiders, DFKI Kaiserslautern, 23. November 1993
- D.D. Steiner: Kooperative Arbeit im Mensch-Maschine Team, CSCW Seminar, Konstanz, 7. Dezember 1993
- D.D. Steiner: Fachgespräch über VKI-Techniken in Stromversorgungsnetzen mit Herrn Wilhelm, DFKI Kaiserslautern, 29. Dezember 1993



## 2.2 AKA-TACOS - Erweitertes Taxonomisches Reasoning (B)

### *EXECUTIVE SUMMARY*

*Die in 1993 angepeilten Ziele wurden erreicht:*

- Evaluation verschiedener Spracherweiterungen zur Modellierung von unvollständigem*

*Zeitwissen und Wissen über Wissen (temporale und epistemische Logiken)*

- Erweiterung von KRIS um regelbasierte Wissensrepräsentation sowie um constraint-basierte Integration konkreter Bereiche (z.B. INTEGER)*

*Darüberhinaus konnte bereits damit begonnen werden, eine Demonstrator-Anwendung, ein kunden-orientiertes Auftragsannahme-System für den Speditionsbereich, zu realisieren.*

Kunden-Schnittstelle

"aktive" Menüs, system-gesteuerte Kundenführung  
Assertion von Eigenschaften für (neue) Kunden-Objekte  
Assertion zusätzlicher Eigenschaften für System-Objekte



Information, für zeitliches Schließen und für die Modellierung von "Wissen über Wissen" im Hinblick auf ihre Verwendbarkeit für die Integration in terminologische Systeme



in fast allen Anwendungen von Bedeutung ist. Insbesondere ist sie wichtig in terminologischen Sprachen, da dort besonderes Gewicht auf die Unterkonzept-Oberkonzeptbeziehungen gelegt wird. Eingeschränkt auf den terminologischen Fall ist die entwickelte Default-Logik mit Spezifität entscheidbar. Es wurde eine erste Implementierung dieses Entscheidungsverfahrens

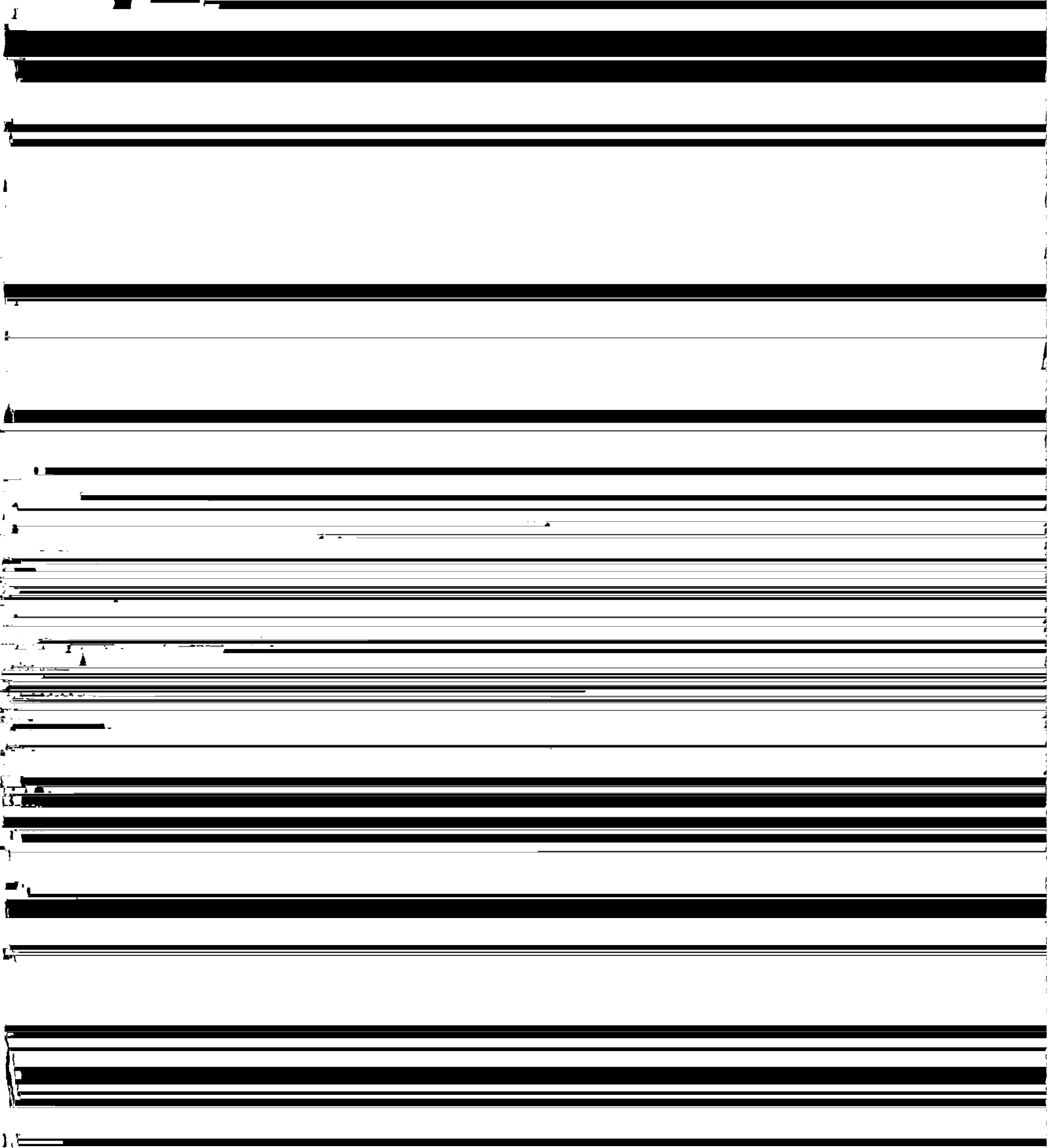




2.2.1.3

ERWEITERUNGEN UM EPISTEMISCHE OPERATOREN

Zur Fundierung und Erweiterung der Benutzeroberfläche für KRIS haben wir eine Anfragesprache für terminologische Systeme entworfen, die den Gebrauch von epistemischen Operatoren erlaubt. Damit kann etwa im Speditionsszenario von AKA-Mod unterschieden werden zwischen den Fragen "Gibt es (grundsätzlich) Erfahrungen mit dem von Sie..."





17. August 2014, 14:00 Uhr, Prof. Dr. Ingrid Isenhardt, Universität Wien, Campus Zeitstrahl, gleichzeitige



Information der Form "wenn x eine Zentraleinheit, y eine Tastatur und z ein Monitor ist, dann bilden x, y und z zusammen einen Computer" ausdrücken.

Eine wichtiges Merkmal terminologischer Wissensrepräsentation ist die Beschreibung von Konzepten und Objekten durch abstrakte Eigenschaften. Dies erlaubt Inferenzen, die von konkreten Eigenschaften einzelner Individuen abstrahieren. Ein einfaches Beispiel ist etwa "Jedes Auto ist ein Fahrzeug". In vielen praktischen Anwendungen ist es aber dennoch wichtig, konkrete Eigenschaften der Objekte eines Konzeptes auszudrücken, etwa "volljährig sind alle Personen, die mindestens 18 Jahre alt sind". Das KRIS-System wurde daher um eine Komponente erweitert mittels der konkrete Bereiche (etwa Zahlen, Zeitintervalle usw.) – basierend auf einem im Projekt WINO entwickelten Formalismus für die Integration konkreter Bereiche in Terminologische Logiken – repräsentiert werden können. Diese Komponente wurde für unsere Anwendungen im Speditionsbereich mit dem konkreten Bereich der natürlichen Zahlen mit den Operatoren  $<$ ,  $>$ ,  $=$ ,  $\leq$  und  $\geq$  instantiiert.

#### 2.2.1.6 SONSTIGE SPRACHERWEITERUNGEN

In Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern der Universität "La Sapienza" in Rom wurde die Erweiterung terminologischer Systeme um sogenannte allgemeine Inklusions-Axiome untersucht. Mit Hilfe dieser Axiome ist es möglich, Inklusionsbeziehungen zwischen beliebigen Konzeptausdrücken in der TBox zu formulieren. Insbesondere ist es möglich, zyklische Beziehungen anzugeben. Solche zyklischen Beziehungen kommen häufig in den Schemata von Datenbanksystemen vor, etwa wenn man sagt, daß Manager Angestellte sind und Angestellte wiederum Manager als Chefs haben. Als Basissprache haben wir die Sprache ALC, erweitert um Anzahlrestriktionen für Rollenfüller und Konjunktion von Rollen, verwendet. Für eine Vielzahl wichtiger Inferenzen wurden Algorithmen angegeben und auf ihre Komplexität untersucht.

Die meisten terminologischen Systeme bieten Konzeptbeschreibungssprachen, die Anzahlrestriktionen zur Verfügung stellen. Damit ist es möglich, eine untere beziehungsweise obere Schranke für die Anzahl der Rollenfüller einer bestimmten Rolle zu spezifizieren. Bei der Modellierung eines technischen Gerätes, etwa der eines Computers, kann zum Beispiel ausgedrückt werden, daß eine Workstation aus 5, ein Großrechner jedoch aus 8 Komponenten besteht. Darüberhinaus kann in einigen Konzeptbeschreibungssprachen die Art der Rollenfüller genauer beschrieben werden (mittels sogenannter qualifizierender Anzahlrestriktionen). Mit diesen Konstrukten kann zum Beispiel modelliert werden, daß die Hauptplatine einer SUN-10 mit genau einer CPU bestückt ist, genau 16 SIMM-Slots beziehungsweise 3 SBUS-Slots besitzt und von einem Netzteil mit Strom versorgt wird. Allerdings ist es mit den üblichen Konzeptbeschreibungssprachen nicht möglich, *globale* Anzahlrestriktionen zu spezifizieren, d.h. die Anzahl der Instanzen einer bestimmten Sorte zu beschränken. Bei der Konfigurierung technischer Produkte – einer Anwendungsdomäne, in der terminologische Systeme erfolgreich industriell eingesetzt werden, – stellt sich dieser Mangel oft als nachteilig heraus. Zum Beispiel kann bei einer Rechnerkonfiguration nicht ausgedrückt werden, daß alle Teile eines Computers von *einem* Netzteil versorgt werden. Daher wurde untersucht, inwieweit es möglich ist, Konzeptbeschreibungssprachen mit globalen Anzahlrestriktionen anzureichern. Als Basissprache wurde eine sehr ausdrucksstarke Sprache verwendet, die insbesondere qualifizierende Anzahlrestriktionen zur Verfügung stellt. Durch Synthese von bekannten algorithmischen Methoden (die bereits in unserer Arbeitsgruppe entwickelt worden sind) konnten wir einen korrekten und vollständigen Algorithmus für das Konsistenzproblem, welches als das zentrale Schlußfolgerungsproblem betrachtet werden kann, entwerfen. Dieser Algorithmus besteht im Prinzip aus 5 Regeln und ist daher konzeptuell recht einfach. Für eine effiziente Implementierung dieses Algorithmus' sind jedoch eine Reihe von Optimierungstechniken erforderlich.



Inferenzen in Konzeptsprachen mit einer für nicht-triviale Anwendungen ausreichenden Ausdruckskraft sind meistens nicht effizient berechenbar. Halpern und Vardi haben 1991 einen möglichen Ausweg aus diesem prinzipiellen Dilemma der Wissensrepräsentation aufgezeigt. Sie argumentierten, daß es in einigen Sprachen wesentlich einfacher ist, zu überprüfen, ob eine Formel in einem semantischen Modell wahr ist, als zu überprüfen, ob diese Formel aus einer Menge von Formeln logisch folgt. Tatsächlich haben wir bewiesen, daß dies für die meisten Konzeptsprachen gilt. Wir haben insbesondere gezeigt, daß die üblichen Inferenzen in Konzeptsprachen effizient berechenbar werden, falls die Wissensbasen derart (syntaktisch) beschränkt werden, daß diese höchstens ein Modell denotieren. Dies gilt insbesondere für die ausdrucksstärkste Konzeptsprache, die bisher in der Literatur betrachtet wurde - und zwar auch bezüglich der verschiedenen Semantiken für rekursive Konzeptdefinitionen. Dieses Ergebnis kann so interpretiert werden, daß die Hauptquelle der Berechnungskomplexität von Konzeptsprachen in der Fähigkeit besteht, unvollständiges Wissen auszudrücken. Eine Konsequenz unserer Arbeit ist, daß die üblichen Inferenzen in Konzeptsprachen (einschließlich der verschiedenen Semantiken für rekursive Konzeptdefinitionen) durch das Hinzufügen eines sogenannten *Domain Closure Axioms* entscheidbar (genauer co-NP-einfach) werden.

#### 2.2.1.7 TERMINOLOGISCHE FORMALISMEN ALS CONSTRAINTSPRACHE

Aufgrund ihrer Entscheidbarkeit und Ausdrucksmächtigkeit eignen sich Konzeptsprachen hervorragend als Constraintsprachen in constraint-basierten Logiken. Im Projekt WINO wurde diese Tatsache bereits durch die Implementierung des Systems CORE (CONstrained RESolution prover) ausgenutzt. Als Eingabesprache für dieses System dienen allerdings ausschließlich Klauseln mit Constraints; das Problem der Transformation von Formeln erster Stufe mit Constraints in solche Klauseln ist dort nicht untersucht worden. Ein solches Transformationsverfahren wurde nun entwickelt, wobei sich herausstellte, daß insbesondere die Skolemisierung eine wesentlich komplexere Behandlung erfordert als in der klassischen



### 2.2.1.8 ANWENDUNGEN IM DATENBANKBEREICH

Die Integration von deduktiven bzw. objekt-orientierten Datenbanken und Terminologischen Logiken, an der im Rahmen unserer Beteiligung am ESPRIT Projekt Compulog II zusammen mit Professor Jarke (RWTH Aachen) gearbeitet wird, führte zu einer neuen Technik der semantischen Optimierung von Datenbankabfragen. Dazu wurde, basierend auf dem Datenbanksystem ConceptBase von Prof. Jarke, eine prototypische Datenbanksprache entwickelt, bei der eine Konzentsprache als struktureller Anteil sowohl in die



Inferenzen für die zwei Funktionen zum Ausdruck gebracht. Außerdem führt sie zu einer neuen Sicht auf die Semantik von Zyklen.

### 2.2.1.10 FRAME-BASIERTE BENUTZERFÜHRUNG BEI DER AUFTRAGSANNAHME IM SPEDITIONSSZENARIO

Im Bereich der Anwendungen terminologischer Systeme haben wir uns im Berichtszeitraum mit einer Modellierung der Auftragsannahme im Speditionsszenario – an welchem wir gemeinsam mit dem Projekt AKA-Mod arbeiten – beschäftigt. Dabei soll - unterstützt durch eine geeignete Menü-Führung – die Interaktion zwischen einem Auftraggeber und dem Sachbearbeiter einer Spedition bei der Erfassung der Daten für Transportaufträge und die Vorentscheidung des Sachbearbeiters über Annahme/Ablehnung des Auftrags aufgrund der speditionseigenen Transport-Möglichkeiten und -Kapazitäten simuliert werden. Ergebnis des Ablaufs soll - im Falle der Annahme des Auftrags - zum einen eine (schriftliche) Bestätigung des Auftrags für den Kunden sein. Zum anderen soll der vollständige, für die Abwicklung benötigte Datensatz an die Transportplanung weitergeleitet werden, welche u.a. im Rahmen des AKA-Mod-Projektes modelliert wird. Für dieses Szenario wird derzeit eine vereinfachte, benutzerorientierte, frame-artige Schnittstellensprache implementiert, die sich für die menügestützte Auftragserfassung (aber auch andere ähnliche Einsatzmöglichkeiten) besonders gut eignet und die direkt in die KRIS-interne Repräsentationssprache übersetzt werden kann. Dabei können terminologische Inferenzen sowohl für die Menü-Steuerung zur Vervollständigung der zu erfassenden Daten, als auch für die Annahme/Ablehnungs-Entscheidung eingesetzt werden. Die Modellierung erforderte die oben erwähnte Integration von Regeln und konkreten Zahlbereichen.

### 2.2.2 Veröffentlichungen und Vorträge

#### Veröffentlichungen:

- K.R. Apt, M. Jarke, W. Nutt, D. Pedreschi, D. de Schreye. *Esprit Basic Research Action Compulog II: Deliverables for year 1*. CWI Amsterdam, Niederlande, 1993.
- F. Baader, M. Buchheit, B. Hollunder. *Cardinality Restrictions on Concepts*. DFKI-Research Report RR-93-48, 1993.
- F. Baader, H.-J. Bürckert, B. Nebel, W. Nutt, G. Smolka. *On the Expressivity of Feature Logics with Negation, Functional Uncertainty, and Sort Equations*. Journal of Logic, Language and Information 2, 1993.
- F. Baader, K. Schulz. *Combination Techniques and Decision Problems for Disunification*. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Rewriting Techniques and Applications, RTA 93, Montreal (Canada), LNCS 690, Springer Verlag, 1993.
- F. Baader, E. Franconi, B. Hollunder, B. Nebel, H.-J. Profitlich. *An Empirical Analysis of Optimization Techniques for Terminological Representation Systems*. DFKI-Research Report RR-93-03, 1993.
- F. Baader, E. Franconi, B. Hollunder, B. Nebel, H.-J. Profitlich. *An Empirical Analysis of Optimization Techniques for Terminological Representation Systems*. Erscheint in: Applied Intelligence, special issue on knowledge base management.
- F. Baader, B. Hollunder. *Embedding Defaults into Terminological Knowledge Representation Systems*. DFKI-Research Report RR-93-20, 1993.
- F. Baader, B. Hollunder. *How to Prefer More Specific Defaults in Terminological Default Logic*. Proceedings of



- F. Baader, B. Hollunder. *Computing Extensions of Terminological Default Theories*. Erscheint in: *The Theoretical Foundations of Knowledge Representation and Reasoning*, LNCS, Springer Verlag.
- F. Baader, K. Schlechta. *A Semantics for Open Normal Defaults via a Modified Preferential Approach*. DFKI-Research Report RR-93-13, 1993.
- F. Baader, K. Schulz. *Combination Techniques and Decision Problems for Disunification*. DFKI-Research Report RR-93-05, 1993.
- F. Baader, J. Siekmann. *Unification Theory*. Erscheint in: D. Gabbay (ed.); *Logic in AI and Logic Programming*, vol. II, Oxford University Press.
- F. Baader, W. Snyder (Herausgeber). *Preprints of the Abstracts of UNIF'93*.
- M. Buchheit, H.-J. Bürckert, B. Hollunder, A. Laux, W. Nutt. *The Knowledge Representation System Specification: Ein Ansatz zur Standardisierung terminologischer Wissensrepräsentationsformalismen*. Tagungsband des AKI Workshops Wissensrepräsentation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, 1993.
- ~~M. Buchheit, F. M. Donini, A. Schaerf. *Decidable Reasoning in Terminological Knowledge Representation*~~

- M. Buchheit, F. M. Donini, A. Schaerf. *Decidable Reasoning in Terminological Knowledge Representation Systems*. Proceedings of the Workshop on Theorem Proving with Analytic Tableaux and Related Methods, MPI-Report MPI-I-93-213, 1993.
- M. Buchheit, F. M. Donini, A. Schaerf. *Decidable Reasoning in Terminological Knowledge Representation Systems*. Proceedings of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI'93, Chambéry, 1993.
- M. Buchheit, F. M. Donini, A. Schaerf. *Decidable Reasoning in Terminological Knowledge Representation Systems*. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 1:109-138, 1993.
- M. Buchheit, M. A. Jeusfeld, W. Nutt, M. Staudt. *Subsumption between Queries to Object-Oriented Databases*. DFKI-Research Report RR-93-44, 1993.
- M. Buchheit, M. A. Jeusfeld, W. Nutt, M. Staudt. *Subsumption between Queries to Object-Oriented Databases*



- K. Hinkelmann, A. Laux, J. Müller. *Can Terminological Logics be used in Practical Applications?* Tagungsband des AKI Workshops Wissensrepräsentation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, 1993.
- B. Hollunder. *An Alternative Proof Method for Possibilistic Logic and its Application to Terminological Logics*. DFKI-Research Report RR-93-01, 1993.
- A. Laux *Integrating a Modal Logic of Knowledge into Terminological Logics*. Proceedings of the Third Belief Representation and Agents Architecture (BRAA) Workshop, 1993.
- A. Laux *Representing Belief in Multi-Agent Systems via Terminological Logics*. In DFKI-Document D-93-25, 1993.
- A. Laux, *Representing Belief in Multi-Agent Worlds via Terminological Logics*, DFKI-Research Report RR-93-29, 1993
- B. Nebel, H.-J. Bürckert, *Reasoning about Temporal Relations: A Maximal Tractable Subclass of Allen's Interval Algebra*, DFKI-Research Report RR-93-11, 1993
- H.-J. Ohlbach, F. Baader. *A Multi-Dimensional Terminological Knowledge Representation Language*. Proceedings of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI'93, Chambéry.
- K. Schild. *Terminological Cycles and the Propositional Mu-Calculus*. Tagungsband des AKI Workshop über Wissensrepräsentation, Rheinische Friedrich-Wilhelms Universität Bonn, Bonn, 1993.
- K. Schild *Terminological Cycles and the Propositional Mu-Calculus*, DFKI-Research Report RR-93-11, 1993

#### Vorträge:

- F. Baader. *Einbettung von Defaults in terminologische Wissensrepräsentationsformalisten*. Informatik-Kolloquium der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt, 1.2.1993.
- F. Baader. *Embedding Defaults into Terminological Representation Systems*. Compulog Area Meeting "Types and Objects", Saarbrücken, 27.2.1993.
- F. Baader. *Embedding Defaults into Terminological Representation Systems*. Vortrag anlässlich der Tagung des Wissenschaftlichen Beirats des DFKI am 25.3.93.
- F. Baader. *Terminological Reasoning*. Vortrag an der GMD, Bonn, 24. 5. 1993.
- F. Baader. *Darstellung und Verarbeitung terminologischen Wissens*. Vortrag im Kolloquium der Fakultät für Mathematik der Universität Konstanz, 2.6.1993.
- F. Baader. *Combination Techniques and Decision Problems for Disunification*. 5<sup>th</sup> International Conference on Rewriting Techniques and Applications, RTA 93, 16.6-18.6.1993.
- F. Baader, J. Siekmann. *Die Projekte WINO und TACOS: Terminologische Logiken*, Vortrag anlässlich des Besuchs von BMFT-Mitarbeitern, Saarbrücken, 7.1.1993.
- F. Baader, J. Siekmann. *Die Projekte WINO und TACOS: Terminologische Logiken*, Vortrag anlässlich der Evaluation durch Arthur D. Little (BMFT-Studie) , Saarbrücken, 1./2.6.1993.
- F. Baader. *How to Prefer More Specific Defaults in Terminological Default Logic*, 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI'93, Chambéry, 2.9.1993.
- M. Buchheit. *Subsumption between Queries to Object-Oriented Databases*, Compulog Net annual area meeting on "Knowledge Representation and Reasoning", Lissabon, 1.7.1993.
- M. Buchheit. *Decidable Reasoning in Terminological Knowledge Representation Systems*. 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI'93, Chambéry, 2.9.1993.
- M. Buchheit. *Using Subsumption for Query Processing in Object Oriented Databases*. Compulog Area Meeting "Types and Objects", Saarbrücken, 27.2.1993.
- H.-J. Bürckert. *Project Tacos*, Progress-Report anlässlich der Tagung des Wissenschaftlichen Beirats des DFKI am 25.3.93
- H.-J. Bürckert. *Project TACOS*. Progress-Report anlässlich der Tagung des Wissenschaftlichen Beirats des DFKI am 11./12.10.1993.
- H.-J. Bürckert. *Allowing for Constructor Terms and Equations in Terminological Reasoning*. AKI-Workshop über Wissensrepräsentation, Bonn, 6.12.1993.



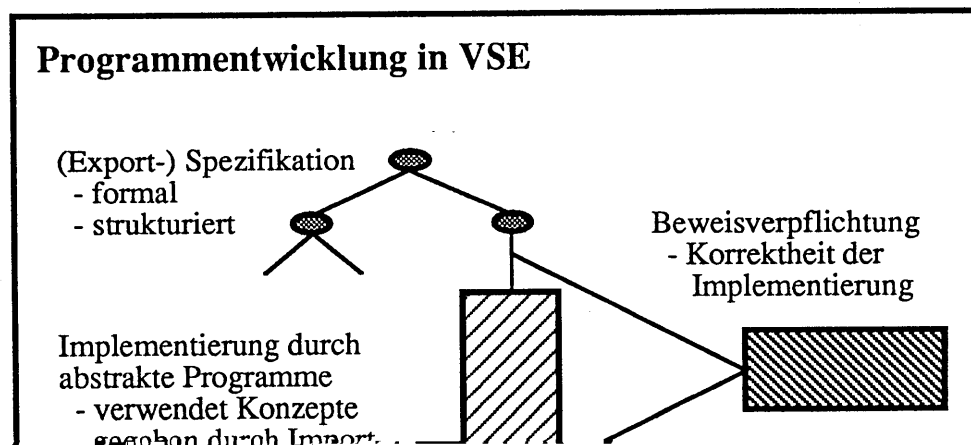


- B. Hollunder. *How to Prefer More Specific Defaults in Terminological Default Logic*, Compulog Net Annual Area Meeting on "Knowledge Representation and Reasoning", Lissabon, 1.7.1993.
- B. Hollunder. *WINO/TACOS: Terminologische Wissensrepräsentation*, DFKI Workshop über Wissensrepräsentationstechniken, Kaiserslautern, 8.7.1993.
- B. Hollunder. *The Knowledge Representation System Specification: Ein Ansatz zur Standardisierung terminologischer Wissensrepräsentationsformalismen*, AKI Workshop über Wissensrepräsentation, Bonn, 6.12.1993.
- B. Hollunder. *Terminological Default Logic*, Vortrag im gemeinsamen Logikseminar des DFKI, FBI und MPI, Saarbrücken, 2.2.1993
- B. Hollunder. *Terminological Default Logic*, Vortrag an der GMD, Bonn, 25. 5. 1993.
- A. Laux. *Representing Belief in Multi-Agent Worlds via Terminological Logics*. Workshop on Cooperating Knowledge Based Systems, Keele, 10.9.1993.
- A. Laux. *Representing Belief in Multi-Agent Worlds via Terminological Logics*. Workshop Modellierung epistemischer Propositionen auf der 17. Fachtagung für künstliche Intelligenz, Berlin, 13.9.1993.
- A. Laux. *Can Terminological Logics be used in Practical Applications?* AKI Workshop über Wissensrepräsentation, Bonn, 6.12.1993.
- W. Nutt. *Subsumption of Queries to Object-Oriented Databases*, Artificial Intelligence Principles Research Department, AT&T Bell Laboratories, Murray Hill, New Jersey, 4. 8. 1993.
- W. Nutt. *Queries and Rules as Epistemic Sentences in Concept Languages*, eingeladener Vortrag auf dem Workshop "Taxonomic Reasoning" der Summer School on Logic Language and Information (LLI'93), Lissabon, Portugal, 27. 8. 1993.
- W. Nutt. *Subsumption of Queries to Object-Oriented Databases*, Workshop des Esprit Basic Research Projekts Compulog II, CWI, Amsterdam, Niederlande, 6./7. 9. 1993.
- W. Nutt. *Research on Types and Objects in Compulog II*, Begutachtung des Esprit Basic Research Projekts Compulog II, CWI, Amsterdam, Niederlande, 6./7. 9. 1993.

## 2.3 VSE - Verification Support Environment (B)

### EXECUTIVE SUMMARY

*Im VSE-Gesamtprojekt wurde im Jahr 1993 in Übereinstimmung mit der globalen Projektplanung die Integration des VSE-Prototypen abgeschlossen. Im Rahmen der Kooperation mit der Daimler Benz AG wurde in der ersten Jahreshälfte wie vorgesehen ein Ansatz zur Verifikation von speicherprogrammierbaren Steuerungen erarbeitet und prototypisch implementiert. Als Bestandteil eines zweiten Themenbereichs wurde danach mit Untersuchungen zur Ermittlung von Testfällen aus formalen Spezifikationen begonnen.*





(und wird gefördert) vom *Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI)*. Den Hintergrund bilden die vom BSI herausgegebenen Kriterien zur Evaluierung der Sicherheit von informationstechnischen Systemen, da bei den höchsten Qualitätsstufen dieses Katalogs eine *formale Vorgehensweise* bei der Programmentwicklung gefordert wird. VSE-Partner sind die Firmen *Dornier* (Friedrichshafen) und *GPP* (München) sowie Forschungsgruppen an *DFKI/Uni Saarbrücken*, an der *Universität Karlsruhe* und der *Universität Ulm*. Das VSE-Projekt läuft bis Mitte 1994.

Die Gruppe in Saarbrücken, bestehend aus zwei leitenden Mitarbeitern am DFKI und vier Mitarbeitern (Drittmittel über Dornier) an der Universität, arbeitet mit an der Deduktionskomponente des VSE-Tools. Diese wird gebildet von den Systemen *KIV* (Karlsruhe Interactive Verifier) und *INKA* (Induktionsbeweiser Karlsruhe). An der Entwicklung dieser Systeme, die für VSE angepaßt und in das VSE-Rahmensystem (entwickelt von GPP) integriert werden, waren die jetzigen DFKI-Mitarbeiter maßgeblich beteiligt. Das KIV-System folgt dem Paradigma des Taktischen Theorembeweisens und ist ausgerichtet auf Beweise von Programmeigenschaften. INKA unterstützt zielgerichtetes Beweisen im Bereich der Prädikatenlogik, insbesondere Induktionsbeweise im Zusammenhang mit rekursiv definierten Datenstrukturen.

In Kooperation mit dem Daimler Benz Forschungszentrum Berlin werden am DFKI (Standort Saarbrücken) in Ergänzung der oben beschriebenen VSE-Aktivitäten Forschungsthemen im Bereich der formalen Spezifikation und Verifikation bearbeitet. Im einzelnen geht es um

- die modulare Verifikation von Programmen für speicherprogrammierbare Steuerungen und
- die Ermittlung von Testfällen aus formalen Spezifikationen.

Die hier im vergangenen Jahr erzielten Ergebnisse werden unten kurz dargestellt.

### 2.3.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

#### 2.3.1.1 VERIFIKATION VON PROGRAMMEN FÜR SPEICHERPROGRAMMIERBARE STEUERUNGEN

Eine Arbeitsgruppe am DB-Forschungszentrum Berlin arbeitet an einem Compiler für (Ausschnitte aus) einer höheren Programmiersprache ("Sichere Fachsprache" oder kurz "Fachsprache") für *speicherprogrammierbare Steuerungen*. Als Ergänzung zu diesen Aktivitäten werden am DFKI Verifikationstechniken für diese Programme entwickelt. Die Fachsprache verspricht Sicherheit und auch zusätzlichen Komfort durch die Formulierung von Problemlösungen etwa auf der Ebene von PASCAL. Die Strukturierung von größeren Einheiten erfolgt durch sogenannte Funktionsblöcke, die in etwa Prozeduren entsprechen und dementsprechend auch geschachtelt werden können. Im Unterschied zu konventionellen Systemen ist jedoch (grundsätzlich) daran gedacht, daß die so programmierten Komponenten zyklisch ausgeführt werden. Abweichend von Programmiersprachen wie PASCAL bleibt dabei der Speicherbereich, der den lokalen Größen entspricht, über eine einzelne zyklische Ausführung hinaus erhalten.

Es wurde ein Konzept erarbeitet wie in diesem Rahmen Funktionsblöcke unabhängig voneinander spezifiziert und modular verifiziert werden können. Um Funktionsblöcke als black-box betrachten zu können, d.h. von der inneren Struktur abstrahieren zu können, ist es notwendig, diese als *listenverarbeitende Einheiten* aufzufassen. Mit modularer Verifikation ist hier gemeint, daß nur die (allgemeine) Spezifikation der inneren Blöcke während der Behandlung von umfassenden Einheiten verwendet wird.

Die Behandlung von Funktionsblöcken/als listenverarbeitende Einheiten wurde in der KIV-Objektsprache modelliert und durch Anpassung von vorhandenen Strategien, die Möglichkeit zur interaktiven Verifikation geschaffen. Hierzu gehört unter anderem die Realisierung von Beweisverfahren für die zur Fachsprache gehörenden *Datentypen* in INKA. Auf Grundlage dieser zunächst prototypischen Implementierung wurde die entwickelte Methode an Beispielen erprobt.

Die Arbeiten in diesem Bereich wurden im Februar 1993 begonnen und bis auf die weitere Behandlung von Beispielen im Herbst 1993 (zunächst) abgeschlossen.

### 2.3.1.2 TESTEN AUF GRUNDLAGE FORMALER SPEZIFIKATIONEN

Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt der Daimler-Benz-Forschung in Berlin ist die Entwicklung von Testverfahren. Insbesondere wurde ein allgemeiner Rahmen (Klassifikationsbaummethode) zur systematischen Aufteilung des Eingaberaums von Softwaremodulen entwickelt. Es handelt sich hierbei um eine Verallgemeinerung des *Category Partition Testing*. Im Rahmen dieser allgemeinen Vorgehensweise werden seit Herbst 1993 am DFKI Verfahren zur Erzeugung von Testfällen aus formalen Spezifikationen untersucht.

Nach Auswertung der vorhandenen Ansätze in diesem Bereich wurde bisher ein Testszenario für die beiden von VSE unterstützten Formalismen, abstrakte Datentypen und Zustandsmaschinen erarbeitet.

### 2.3.2 Veröffentlichungen und Vorträge

#### Veröffentlichungen:

- J. Cleve D. Hutter: *Guiding Equational Proofs by Attribute Functions*, Technical Report, SR 93-15, 1993
- W. Stephan, A. Wolpers: *A Calculus for Higher-Order Procedures with Global Variables*, Proceedings of the 18th International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science, LNCS 711, Springer Verlag, 1993
- W. Stephan, S. Biundo: *A New Logical Framework for Deductive Planning*, Proceedings of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI 93), Morgan Kaufman, 1993
- W. Stephan, S. Biundo: *A New Logical Framework for Deductive Planning*, Proceedings des Workshops "Planen und Konfigurieren" (PUK 93)
- VSE-Group (J. Cleve, D. Hutter, C. Sengler, J. H. Siekmann, W. Stephan, A. Wolpers et al.): *Verification Support Environment*, Proceedings des 3. Deutschen IT-Sicherheitskongresses, 1993 (erscheint als Buch)
- VSE-Group: *VSE - Verification Support Environment*, Proceedings der Tagung Verlässliche Informationssysteme (VIS 93), 1993

#### Vorträge:

- J. Cleve, D. Hutter: *Goal-Oriented Equational Reasoning Using Attribute Functions*, Workshop "Automating Mathematical Induction", University of Edinburgh, Department of Artificial Intelligence, 16. 4. 1993
- J. Cleve: *Syntactical Criteria for Guiding Equational Reasoning*, University of Edinburgh, Department of Artificial Intelligence, 6. 12. 1993
- D. Hutter: *Synthesis of Induction Orderings for Existence Proofs*, Workshop "Automating Mathematical Induction", University of Edinburgh, Department of Artificial Intelligence, 15. 4. 1993
- D. Hutter: *INKA - An Overview*, Workshop "Automating Mathematical Induction", University of Edinburgh, Department of Artificial Intelligence, 16. 4. 1993



- D. Hutter: *Heuristics to Guide Inductive Proofs*, Workshop "Automating Mathematical Induction", AAAI-93, Washington DC, 11. 6. 1993
- J. H. Siekmann: *Formale Methoden in der Softwareentwicklung*, Präsentation VSE, Bonn 19. 10. 1993
- W. Stephan: *Verification Support Environment*, KORSO Workshop, 19.3. 1993
- W. Stephan: *Verification Support Environment*, 3. Deutscher IT-Sicherheitskongreß, 21. 4. 1993
- W. Stephan: *A Calculus for Higher-Order Procedures with Global Variables*, 18th International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science, Gdansk, 31. 8. 1993
- W. Stephan: *A New Logical Framework for Deductive Planning*, 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI 93), Chambéry, 3. 9. 1993
- W. Stephan: *Entwicklungsumgebung VSE, Präsentation VSE*, Bonn, 19. 10. 1993
- W. Stephan: *Recursive Plans*, International Dagstuhl Seminar on Deductive Approaches to Plan Generation and Plan Recognition, Dagstuhl, 28. 10. 1993

## 2.4 COMPULOG - Basic Research Activity on Computational Logic (D)

### *EXECUTIVE SUMMARY*

*Langfristiges Ziel von COMPULOG ist es, die Grundlagen für eine integrierte, logikbasierte Software-Umgebung zu entwickeln, die auf einer erweitereten logischen Programmiersprache aufbaut. Dabei sollen existierende logische Programmiersprachen um Werkzeuge und Techniken aus den Gebieten Datenbanken, KI und mathematische Logik erweitert werden.*

*Das DFKI arbeitet mit Partnern der Universitäten Aachen, London, Rom, München Bristol, und Edinburgh im COMPULOG-Projekt im Bereich "Types and Objects" zusammen, in dem deduktive und objektorientierte Ansätze für Anwendungen auf Datenbanken und wissensbasierte Systeme verknüpft werden. Unser Beitrag liegt in der Anwendung von Resultaten über taxonomische Wissensrepräsentation aus den Projekten WINO und TACOS auf Schemata und Anfragen in objektorientierten deduktiven Datenbanken.*

COMPULOG ist ein Esprit Basic Research Projekt, an dem außer dem DFKI noch weitere Universitäten und Forschungsinstitute aus mehreren europäischen Ländern beteiligt sind. Zu den Partnern gehören unter anderem die RWTH Aachen (Prof. Jarke), das Imperial College London (Prof. Kowalski), die Universität Rom (Prof. Aiello und Prof. Lenzerini), das ECRC in München und die Universitäten Bristol (Prof. Lloyd) und Edinburgh (Prof. Bundy). Eine erste Förderungsperiode dauerte von 1989 bis 1992. Das DFKI ist Projektpartner seit Beginn der zweiten Förderungsperiode, die im August 1992 anlief und im Juli 1995 endet.

### 2.4.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

In Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern der Universität Rom wurden taxonomische Sprachen untersucht, mit denen relevante Aspekte von Datenbank-Schemata in semantischen und objektorientierten Datenmodellen beschrieben werden können. Zu diesen Aspekten zählen isa-Beziehungen und Disjunktheit von Klassen, Typisierung von Attributen, Kardinalitätsbeschränkungen auf Attributen oder Aussagen über inverse Attribute. Mit den Inferenzverfahren für taxonomische Sprachen können dann Schemata analysiert und auf Konsistenz oder Redundanz untersucht werden.

In Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern aus der Gruppe von Professor Jarke (RWTH Aachen) arbeiteten wir an einer neuen Technik zur semantischen Optimierung von Datenbank-Anfragen. Dazu wurde, basierend auf dem Datenbanksystem ConceptBase, eine prototypische Sprache entwickelt, bei der eine Konzeptsprache als struktureller Anteil sowohl in die Schemabeschreibungssprache als auch in die Anfragesprache integriert wurde. Dies ermöglichte es, die für Konzeptsprachen entwickelten Subsumptionsalgorithmen zu adaptieren, um Subsumption von Anfragen zu berechnen. Ist eine Anfrage spezieller als eine zuvor gestellte - etwa wenn man nach den alten Patienten fragt nachdem man zuvor nach allen Patienten gefragt hat - kann man die Antworten der neuen Fragen unter den früheren Antworten suchen. Dies ist im allgemeinen wesentlich effizienter, als die gesamte Datenbank zu durchlaufen.

Weitere Einsatzmöglichkeiten für solche Optimierungen bieten sich bei verteilten Datenbanken. Eine Fragestellung in diesem Zusammenhang ist, wie mit taxonomischen Sprachen beschrieben werden kann, welche Daten ein Knoten in einem Netzwerk aus verschiedenen Datenbanken enthält. Bei einer Anfrage ist es dann wichtig, möglichst genau zu wissen, wo für die Beantwortung relevante Daten stehen können.

## 2.4.2 Veröffentlichungen und Vorträge

### Veröffentlichungen:

- K.R. Apt, M. Jarke, W. Nutt, D. Pedreschi, D. de Schreye. *Esprit Basic Research Action Compulog II: Deliverables for year 1*. CWI Amsterdam, Niederlande, 1993.
- M. Buchheit, F. M. Donini, A. Schaerf. *Decidable Reasoning in Terminological Knowledge Representation Systems*. Proceedings of the Workshop on Theorem Proving with Analytic Tableaux and Related Methods, MPI-Report MPI-I-93-213, 1993.
- M. Buchheit, F. M. Donini, A. Schaerf. *Decidable Reasoning in Terminological Knowledge Representation Systems*. Proceedings of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI'93, Chambéry, 1993.
- M. Buchheit, F. M. Donini, A. Schaerf. *Decidable Reasoning in Terminological Knowledge Representation Systems*. Journal of Artificial Intelligence Research, 1:109-138, 1993.
- M. Buchheit, M. A. Jeusfeld, W. Nutt, M. Staudt. *Subsumption between Queries to Object-Oriented Databases*. DFKI-Research Report RR-93-44, 1993.
- M. Buchheit, M. A. Jeusfeld, W. Nutt, M. Staudt. *Subsumption between Queries to Object-Oriented Databases*. Aachener Informatik Berichte 93-9, 1993.
- M. Buchheit, M. A. Jeusfeld, W. Nutt, M. Staudt. *Subsumption between Queries to Object-Oriented Databases*. Proceedings of the 1993 Compulog Net annual area meeting on "Knowledge Representation and Reasoning", Lissabon, 1993

### Vorträge:

- M. Buchheit. *Using Subsumption for Query Processing in Object Oriented Databases*. Compulog Area Meeting "Types and Objects", Saarbrücken, 27.2.1993.
- M. Buchheit. *Subsumption between Queries to Object-Oriented Databases*, Compulog Net annual area meeting on "Knowledge Representation and Reasoning", Lissabon, 1.7.1993.
- M. Buchheit. *Decidable Reasoning in Terminological Knowledge Representation Systems*. 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI'93, Chambéry, 2.9.1993.
- W. Nutt. *Subsumption of Queries to Object-Oriented Databases*, Workshop des Esprit Basic Research Projekts Compulog II, CWI, Amsterdam, Niederlande, 6./7. 9. 1993.
- W. Nutt. *Research on Types and Objects in Compulog II*, Begutachtung des Esprit Basic Research Projekts Compulog II, CWI, Amsterdam, Niederlande, 8. 9. 1993.

### 3 Dokumentanalyse und Büroautomatisierung

#### 3.1 ALV - Automatisches Lesen und Verstehen (B)

##### EXECUTIVE SUMMARY

Das ALV-Projekt wurde im vergangenen Jahr erfolgreich abgeschlossen. Im Berichtszeitraum standen daher Integration, Tests und Verbesserung der für die einzelnen Dokumentanalysephasen entwickelten Verfahren im Vordergrund. Güte und Performanz sowohl der Zeichenerkennung, der Markierung logischer Objekte, der Adreßerkennung, der Textklassifikation als auch der inhaltlichen Analyse von Geschäftsbriefen (Pattern Matching) konnten gesteigert werden. Anwendungsdomäne ist die automatische Benachrichtigung des Briefempfängers über eingegangene Post (per e-mail). Damit wurde das Gesamtziel des ALV-Projektes, ein durchgängiges Dokumentanalyse-System von der Bildverarbeitung bis hin zur inhaltlichen Analyse zu realisieren, erreicht und das Projekt erfolgreich zu Ende geführt.

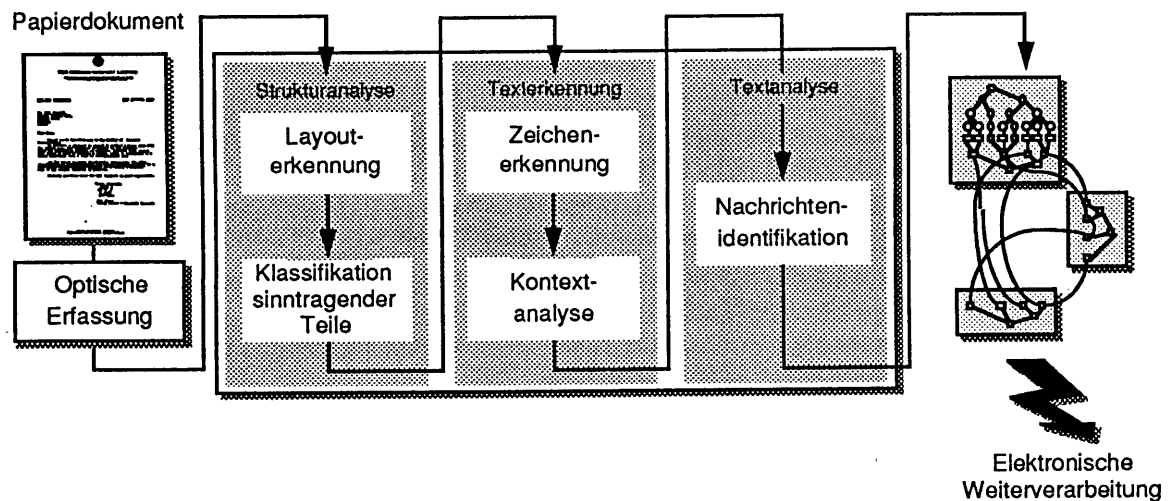


Abbildung 1: Phasen der Dokumentanalyse

Das Projekt Automatisches Lesen und Verstehen (ALV) wurde vom BMFT gefördert (Förderkennzeichen: ITW 9003 0) und hatte eine ursprüngliche Laufzeit vom 1. Oktober 1990 bis 30. September 1993, wurde aber kostenneutral bis 31. Dezember 1993 verlängert. Das Projekt befaßte sich mit dem Überbrücken der Kluft zwischen bildhafter Information — in Form von eingescannten Dokumentbildern — und dem auf einem Computer modellierten Bedeutungsinhalt — also dem “Verstehen”, soweit formal erfaßbar. Dazu wurde ein integrativer Ansatz von Verfahren der Mustererkennung, der Bildverarbeitung und der Computerlinguistik gewählt. Im abgetasteten Dokument werden Bildobjekte und Textbereiche erkannt, Zusammenhänge zwischen diesen werden etabliert und die vom Autor intendierte Bedeutung wird extrahiert.





### 3.1.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

#### 3.1.1.1 LAYOUTEXTRAKTION

Die Aufgabe der Layoutextraktion besteht in der Bestimmung der physikalischen Struktur eines Dokumentes. Diese umfaßt die Gruppierung von kleinsten Bildbestandteilen — sogenannten Pixeln oder Rasterpunkten — zu bedeutungstragenden Objekten wie Zeichen, Wörtern oder Zeilen. Neben der eigentlichen Objekterzeugung erfolgt gleichzeitig eine Klassifikation. Bildbestandteile werden als Text- bzw. Nichttextbereiche klassifiziert und vereinfachen bzw. verbessern dadurch die Texterkennung.

Wie bereits im vorherigen Bericht erwähnt, liefert das entwickelte bottom-up Segmentierungsverfahren für Geschäftsbriefe sehr gute Ergebnisse. Das diesbezüglich gesteckte Projektziel wurde somit erreicht, und es bestand kein Anlaß, Verbesserungen und Erweiterungen in diesem Aufgabenbereich vorzunehmen.

#### 3.1.1.2 LOGICAL LABELING

Der Begriff Logical Labeling beschreibt die Analyse der physikalischen Präsentation (Layoutstruktur) eines Dokumentes mit dem Ziel, einzelnen oder Mengen von Layoutobjekten eine Bedeutung (logisches Objekt) zuzuordnen, beispielsweise um die fünf zusammenhängenden Zeilen im oberen Drittel der rechten Hälfte eines Briefes als die Empfängeradresse zu identifizieren.

Durch Anwendung einer *hypothesize & test* Strategie wird die spezifische Layoutstruktur eines gegebenen Dokuments geometrisch analysiert. Dies geschieht durch eine *uniform-cost* Suche eines Pfades von der Wurzel (allgemeines Muster) zu einem Blatt (spezielles Muster) im *Geometriebaum*.

Das im letzten Bericht beschriebene Verfahren zur automatischen Erstellung eines Geometriebaums wurde mit einigen Verbesserungen und Verfeinerungen in das ALV Analysesystem integriert. Es wurde im Berichtszeitraum hinsichtlich der Qualität und Allgemeingültigkeit des erzeugten Entscheidungsbaumes getestet und auf die Testdomäne angepaßt.

#### 3.1.1.3 TEXTERKENNUNG

Unter Texterkennung wird in ALV die Transformation von bildhaften Textbestandteilen in eine eindeutige, rechnerinterne Darstellung wie z.B. ASCII-Text verstanden. Als Eingabe dienen die von der Layoutextraktion erzeugten Zeichen- bzw. Wortbilder. Die generierte Ausgabe besteht aus einer Menge von bewerteten Zeichen- bzw. Wortalternativen.

Für die Texterkennung stehen zwei Ansätze zur Verfügung: Einzelzeichenerkennung mit statistischer Klassifikation und kontextbasierte Worterkennung. Der Einzelzeichenklassifikator wurde im vorherigen Berichtszeitraum ausführlich getestet. Da sich der Worterkenner noch in der Entwicklung befand, konnten erst in dieser Berichtsperiode ausführliche Tests durchgeführt werden. Dabei stellten sich Probleme bezüglich der Adaption auf real vorliegende Dokumente heraus. Es war notwendig, dem Zeichenclusterungsalgorithmus Informationen über den Font



mitzuteilen, damit die Wortidentifizierung gute Resultate liefert. Die Tests ergaben aber auch, daß diese neue Erkennungsmethode vielversprechend ist und unter den beschriebenen Bedingungen eine sehr gute Ergänzung zu konventionellen Verfahren bereitstellt. Aus diesem Grund wurde der Ansatz sukzessive verbessert und erweitert.

Gleichzeit wurde ein Verfahren entwickelt, daß die Ergebnisse unterschiedlicher Texterkenner kombiniert und somit durch eine Meta-Klassifikation die Erkennungsleistung zusätzlich verbessert.

#### 3.1.1.4 TEXTANALYSE

##### 3.1.1.4.1 Klassifikation von Geschäftsbriefen

Das innerhalb von ALV entwickelte INFOCLAS-System zur Indexierung, Fokussierung und Klassifikation von Geschäftsbriefen wurde nach der erfolgreichen Integration in den ALV-Prototypen im Berichtszeitraum mit einer graphischen Oberfläche versehen. Diese Oberfläche wurde mit Hilfe des Window Toolkits in Common Lisp implementiert.

Die graphische Oberfläche erlaubt dem Benutzer vom ALV-System erkannte Briefe zusammen mit den Klassifikations-, Fokussierungs- und Indexierungsergebnissen zu visualisieren. Zudem können wichtige systemspezifische Parameter wie die Gewichtungsfunktion (inverse Dokumenthäufigkeit, Informationswert, Diskriminanzwert), Multiplikatoren, Fokuslänge und -art (Satz, Wortbereich), Logikobjekt, Vorklassifikation ein/aus usw. eingestellt bzw. verändert werden. Ferner können Informationen über die interne Briefdatenbasis abgerufen (Anzahl und Identifikation der Briefe, Auflistung ihrer Inhalte), die Datenbasis verändert und Briefe in unterschiedlichen Repräsentationen (Vollform, Stammform nach morphologischer Analyse,

die ursprüngliche Idee der logischen Wörterbücher hinausgehend findet hier eine Feinstrukturierung des Adreß-Vokabulars gemäß der dort auftretenden Wort-Kategorien statt.

Der parallel entwickelte, allgemeine Parser arbeitet auf einer merkmalsbasierten kontextfreien Grammatik (auch: Unifikationsgrammatik) und hat als Kern einen Chart-Parser, der mit verschiedenen Heuristiken gesteuert werden kann. Wichtigste Heuristik ist dabei die Insel-Strategie, welche hauptsächlich von den Bewertungen der Texterkennung, oder genauer, der Wortverifikation, getrieben wird.

Die Implementierung des Parsers wurde im Berichtszeitraum abgeschlossen, wobei neben der Insel-Strategie auch besonderer Wert auf eine effiziente Unifikation gelegt wurde.

Für die Analyse von Betreff-Zeilen in Briefen wurde derzeit eine Grammatik entwickelt, die v.a. Nominalkomplexe mit untergeordneten Präpositionalgruppen bearbeiten kann. Eine nachgeschaltete, hart-kodierte semantische Bearbeitung sorgt dafür, daß die in der Anwendungsdomäne auftretenden Konstruktionen (v.a. Konzepte wie Schreiben, Telefonat, Lieferung, ...) in entsprechende CD-ähnliche Strukturen codiert und so für den Predictor nutzbar gemacht werden.

#### 3.1.1.4.3 Prediktor-Konzept

Das im Rahmen des Projektes ALV entwickelte Konzept zum Text-Stimmigkeit wird

#### 3.1.1.4.4 Wörterbücher

Im Berichtszeitraum wurden die Arbeiten zur Implementierung eines strukturierten Wörterbuchs für den ALV-Prototypen abgeschlossen. Die zentrale Idee des Wörterbuchs besteht darin, daß verschiedene Datenstrukturen und Zugriffsmechanismen (Hashing, Tries) zur Abspeicherung des lexikalischen Wissens herangezogen werden, um sowohl Unvollständigkeits der Zeichenerkennung als auch konzeptionelle Anfragen der Textanalyse erfolgreich zu behandeln.

Deshalb wurde ein Konzept entwickelt und implementiert, das die virtuelle Partitionierung großer Wörterbücher (mehr als 100.000 Einträge) in Form von *Sichten* erlaubt. Mit Hilfe von Sichten können zusätzliche Wissensquellen zur kontextuellen Nachbearbeitung von Erkennungsergebnissen eingesetzt werden, um den Suchraum bei stark unvollständiger Worteingabe zu verkleinern. Zum Beispiel kann man die Adreßerkennung vereinfachen, indem ausschließlich eine relativ kleine Menge von Wörtern einer Sicht betrachtet wird, die für Adressen relevant sind (Titel, Personennamen, Abkürzungen, Städte, Straßennamen etc.).

Prinzipiell unterscheiden wir zwischen zwei verschiedenen Typen von Sichten, *statische* und *dynamische Sichten*. Statische Sichten reservieren für jeden lexikalischen Eintrag des Wörterbuchs genau einen festen Kollisionskettenverweis, um Mitglieder dieser statischen Sicht und deren Ausprägungen miteinander zu verketteten. Ein typisches Beispiel für statische Sichten ist die syntaktische Wortkategorie (Substantiv, Verb, Adjektiv usw.). Dynamische Sichten belegen ein Verweisfeld optional nur bei denjenigen Lexikoneinträgen, die zur Sicht gehören. Im allgemeinen sind dies relativ wenige Wörter, z. B. Mitarbeiternamen, Produktnamen etc. Zusätzlich können dynamische Sichten beliebig miteinander logisch verknüpft werden (Konjunktion, Disjunktion, Negierung).

Zum initialen Aufbau des Wörterbuchs wurde ein spezieller *Generator* entwickelt, der als Eingabe benutzerdefinierte Steuerdateien und Quellwörterbücher verwendet und daraus das Hauptwörterbuch nebst Hashtabellen und Sichteneinstiegstabellen erzeugt. Nach erfolgreicher Generierungsphase ermöglicht das *Laufzeitsystem* umfangreiche Zugriffe auf dem virtuell partitionierten Lexikon. Wir verwenden hierzu das sehr effiziente Dreifach-Hashing: je nachdem, ob das Erkennungsergebnis korrekt oder aber die vordere bzw. hintere Worthälfte besser erkannt ist, wird eine entsprechende Hashfunktion durch die Kontrollinstanz des Laufzeitsystems selektiert.

Im Berichtszeitraum wurden weiterhin an der vollständigen Integration des Wörterbuchkomplexes in den ALV-Prototypen gearbeitet, das morphologische Werkzeug MORPHIX daran angekoppelt und spezielle Zugriffsfunktionen für die Texterkennung realisiert.

#### 3.1.1.5 INTEGRATION DER KOMPONENTEN

Im Bereich der Integration der Verfahren zu einem Komplettsystem wurden zum einen eine grafische Oberfläche geschaffen und zum anderen an der Einbettung eines im Daimler-Benz-Kooperationsprojekt WIDAN entwickelten Steuerungsmechanismus' in das ALV-System gearbeitet.

Dabei dient die Bedieneroberfläche zur Handhabung des Komplettsystems: sie bietet die Möglichkeit, alle Analysephasen über Menüs zu aktivieren, sowie beliebige Zwischenergebnisse zu visualisieren (Dokumentbild-Bitmap, Layouthierarchie, Zeichenhypothesen, Worthypothesen und Logikhierarchie).



Um die Anwendbarkeit des Systems zu demonstrieren, wurde ein Demonstrationsprototyp AUTOMATE erzeugt. AUTOMATE zeigt die mögliche Nutzung der Dokumentanalyse für die Eingangspostbearbeitung. Dabei wird ein Papier-Dokument durch die Analysephasen des ALV-Systems soweit analysiert, daß nach erfolgreicher Empfängererkennung eine geeignete Nachricht per E-Mail an den Empfänger geschickt wird.

### 3.1.2 Veröffentlichungen und Vorträge

- S. Bauman, *Document Recognition of Printed Scores and Transformation into MIDI*, DFKI Research Report RR-93-38, German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI), Kaiserslautern (Sept. 1993), 24 Seiten.
- S. Baumann and A. Dengel, *Transforming Printed Piano Music into MIDI*, in: H. Bunke (ed.) *Advances in Structural and Syntactic Pattern Recognition*, Proceedings of the SSPR92 (Int'l Association for Pattern Recognition Workshop on Syntactic & Structural Pattern Recognition, Bern, Switzerland, World Scientific Publ. (1993), pp. 363-372.
- A. Dengel, *Initial Learning of Document Structure*, Proceedings ICDAR'93, Second Int'l Conference on Document Analysis and Recognition, Tokyo, Japan (Oct. 1993), pp. 86-90.
- A. Dengel, *The Role of Document Analysis and Understanding in Multi-Media Information Systems*, Invited Paper, Proceedings ICDAR'93, Second Int'l Conference on Document Analysis and Recognition, Tokyo, Japan (Oct. 1993), pp. 385-390.
- A. Dengel and R. Hoch, *Intelligent Interfaces between Paper and Computer*, Proceedings Int'l Symposium on Intelligent Workstations for Professionals, Munich, Germany (March 1992), Springer Verlag (1993), pp.122-136.
- A. Dengel, R. Hoch und H.-G. Hein, *ALV: Lesende Systeme für die Unterstützung von Bürovorgängen*, Proceedings Statusseminar des BMFT "Künstliche Intelligenz", Berlin (April. 1993).
- A. Dengel and O. Lutz, *Comparative Study of Connectionist Simulators*, DFKI Research Report RR-93-23, German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI), Kaiserslautern (May 1993), 20 Seiten.
- K.-P. Gores, R. Bleisinger, *Ein erwartungsgesteuerter Koordinator zur partiellen Textanalyse*, DFKI Document D-93-07, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Kaiserslautern, Dezember 1992, 56 Seiten.
- R. Hoch and A. Dengel, *INFOCLAS — Classifying the Message in Printed Business Letters*, Proceedings Int'l Symposium on Document Analysis and Information Retrieval, Las Vegas, NV (April 1993), pp. 443-456.
- R. Hoch and A. Dengel, *Document Highlighting and Message Classification*, DFKI Research Report RR-93-24, German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI), Kaiserslautern (May 1993), 17 Seiten.
- R. Hoch and T. Kieninger, *On virtual partitioning of large dictionaries for contextual post-processing to improve character recognition*, Proceedings ICDAR'93, Second Int'l Conference on Document Analysis and Recognition, Tokyo, Japan (Oct. 1993), pp. 226-231, also available as DFKI Research Report RR-93-22.

**Vorträge:**

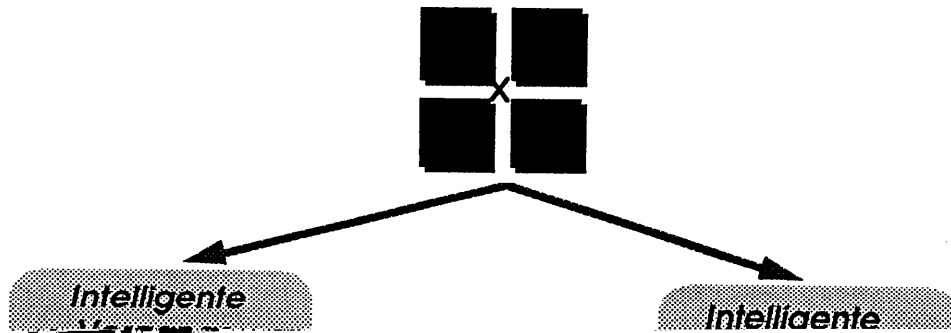
- A. Dengel, *Intelligente Schnittstellen im Büro*, Kommunikationstag über industrielle Anwendungen der Künstlichen Intelligenz, Kaiserslautern (Januar 1993).
- A. Dengel, *Automatic Reading and Comprehension*, Progress Report, 8th Meeting of DFKI's Scientific Advisory Board, Saarbrücken (März 1993).
- A. Dengel, *Labeling and Learning of Document Structure*, Einladungsvortrag, Fuji Xerox Palo Alto Lab, Palo Alto, CA (April 1993).
- A. Dengel, *Lesende Systeme für die Unterstützung von Bürovorgängen*, BMFT Statusseminar KI, Berlin (April 1993).
- A. Dengel, *Document Highlighting*, Einladungsvortrag, Telecom Paris, Paris (Mai 1993).
- A. Dengel, *Das DFKI im Trend der Künstlichen Intelligenz*, Einladungsvortrag, 16. Sitzung der GUIDE Arbeitskreises Expertensysteme, Allianz Versicherungs-Gesellschaft AG München (Juni 1993).
- A. Dengel, *Anwendungen der Dokumentanalyse*, Einladungsvortrag, FTZ Darmstadt, (Juli 1993)
- A. Dengel, *Wissensbasierte Dokumentanalyse — Ein elementarer Baustein zukünftiger Büroautomatisierung*, Einladungsvortrag, IBM Deutschland GmbH, Institut für Wissensbasierte Systeme (IWBS), Heidelberg (Juli 1993)
- A. Dengel, *Message Extraction in Printed Documents*, CRIN/CNRS & INRIA Lorraine, Nancy, France ( Sept. 1993)
- A. Dengel, *Initial Learning of Document Structure*, Proceedings ICDAR'93, Second Int'l Conference on Document Analysis and Recognition, Tokyo, Japan (Oct. 1993), pp. 86-90.
- A. Dengel, *The Role of Document Analysis and Understanding in Multi-Media Information Systems*, Second Int'l Conference on Document Analysis and Recognition, Tokyo, Japan (Oct. 1993)
- A. Dengel, *Multi-Lingual Document Analysis*, Invited Talk, Fuji-Xerox Research Lab., Atsuki, Japan (Oct. 1993)
- R. Hoch, *INFOCLAS: Classifying the Message in Printed Business Letters*, Symposium on Document Analysis and Information Retrieval, Las Vegas, Nevada, USA, April 27, 1993.
- R. Hoch, *On virtual partitioning of large dictionaries for contextual post-processing to improve character recognition*, Second IAPR Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR'93). Tsukuba Science City, Japan, October 21, 1993.
- F. Hönes, *Der Forschungsbereich Dokumentanalyse am DFKI*, Informationsveranstaltung, Universität Kaiserslautern, Juni 1993.
- F. Hönes, *Text String Extraction within Mixed-Mode Documents*, Second Int'l Conference on Document Analysis and Recognition, Tokyo, Japan (Oct. 1993).
- M. H. Malburg, *Address Verification in Structured Documents for Automatic Mail Delivery*, 1st European Conference dedicated to Postal Technologies, Nantes, France, June 15th 1993.

### 3.2 INCA — Indexierung, Klassifikation und Archivierung von strukturierten Dokumenten (G)

#### *EXECUTIVE SUMMARY*

*Das Tandemprojekt INCA zwischen der Daimler-Benz AG und dem DFKI hat das Ziel, eine Indexierungs- und Klassifikationskomponente von Dokumenten zu entwickeln. Ein auf dieser Klassifikation aufbauender Spezialist zur Informationsextraktion kann den Dokumenteninhalt für eine automatische Postverteilung oder eine intelligente Vorgangsbearbeitung erschließen.*

*Da das Projekt im letzten Berichtszeitraum startete, wurde zunächst ein umfangreicher State-of-the-Art Bericht angefertigt. Des weiteren wurden verschiedene Stringmatching-Verfahren zur Behandlung von fehlerhaftem Eingabetext untersucht. Diese sollen mit einer Morphologie für die deutsche Sprache kombiniert werden.*



### 3.2.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Nach wie vor spielt das Medium Papier in der Übermittlung von Information eine zentrale Rolle. Während bislang ein- und ausgehende Daten in Papierform archiviert werden, werden zunehmend jedoch optische Archivierungssysteme eingesetzt, die die Dokumente zunächst mit einem Scanner in eine elektronische bildhafte Form wandeln und auf einem optischen Speichermedium ablegen. Solche Archivierungssysteme unterstützen zwar die kostengünstige

einem Themenbereich, und das Retrieval. Die Schlüsselbegriffe müssen zum einen manuell erstellt werden, zum anderen ist das Dokument in Bildform repräsentiert, so daß der eigentliche Text für den Computer bei einer Suche nach Begriffen nicht nutzbar ist.

Ziel der Indexierung ist es, die Kerninformation eines Dokuments automatisch aus dem Dokumentbild zu extrahieren. Dabei treten Erkennungsfehler des zugrundeliegenden OCR-Systems auf, die in den nachfolgenden Bearbeitungsschritten modelliert und berücksichtigt werden müssen.

Darüberhinaus ermöglichen diese inhaltlichen Informationen noch viel weitreichendere Anwendungsmöglichkeiten: so kann man aus den Deskriptoren auf den Nachrichtentyp des Dokuments schließen, das Dokument automatisch an diejenigen Sachbearbeiter weiterleiten, die für die Bearbeitung des entsprechenden Dokumenttyps verantwortlich sind, oder eine automatische Vorgangsbearbeitung einleiten, in die Bezüge zu anderen gespeicherten Vorgängen aus dem Archiv einfließen.

Abbildung 2 schematisiert den prinzipiellen Verlauf der Bearbeitung von gedruckten Dokumenten innerhalb des INCA-Systems.



Daimler-Benz AG integriert, dessen Ziel die medienunabhängige Verarbeitung von Sprache und Schrift ist.

Das erste Halbjahr des Projektes wurde durch einen umfangreichen State-of-the-Art Bericht gekennzeichnet (Arbeitspaket AP 1). Der anzufertigende Bericht ergab, daß weder im kommerziellen noch im wissenschaftlichen Bereich ein vergleichbares System existiert bzw. angeboten wird, das den o. a. Anforderungen entspricht. Darüberhinaus wurden verschiedenen Indexierungsmethoden aus dem Bereich des Information Retrieval untersucht und eine Reihe von Klassifikationsmöglichkeiten beschrieben, um gemeinsam mit der Daimler-Benz AG adäquate Klassifikatoren auswählen zu können. Zusätzlich wurden Arbeiten im morphologischen Bereich angegangen. Insbesondere spielt die Behandlung von Erkennungsfehlern innerhalb der Morphologie durch approximative Stringmatching-Verfahren eine wichtige Rolle.

Die Projektziele bestehen u. a. darin, zwei Prototypen mit stufenweiser Erweiterung der Funktionalität zu implementieren, die die Realisierbarkeit des Ansatzes zeigen. Insbesondere können in den beiden Prototypen domänenunabhängige statistische Methoden sowie wissensbasierte Verfahren untersucht und miteinander verglichen werden.

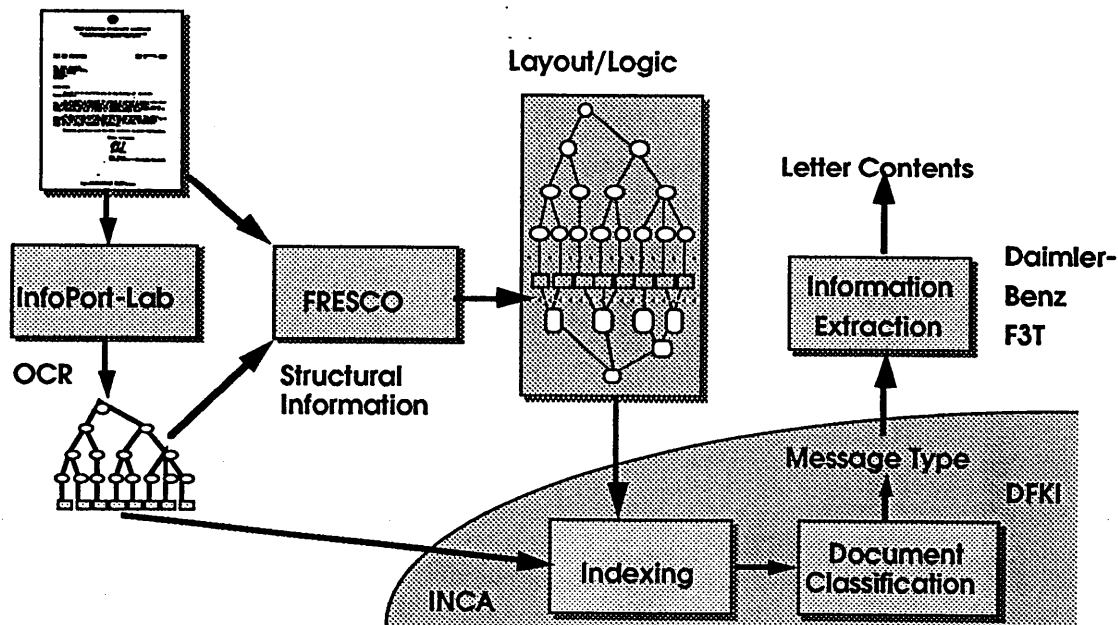


Abbildung 3: Integration von INCA-Komponenten in das InfoPort-System

In Abbildung 3 wird die geplante Integration des INCA-Prototypen in das Dokumentanalyse-System InfoPort der Daimler-Benz AG illustriert. Die Zeichen- und Strukturerkennungsergebnisse von InfoPort dienen als Eingabe für die Indexierungskomponente des INCA-Projektes. Eine nachfolgende Klassifikation des Dokuments erlaubt die erwartungsgesteuerte Informationsextraktion aus Texten.



### 3.2.2 Veröffentlichungen und Vorträge

#### Veröffentlichungen:

A. Dengel, R. Hoch und H.-G. Hein, *ALV: Lesende Systeme für die Unterstützung von Bürovorgängen*,  
Proceedings Statusseminar des BMFT "Künstliche Intelligenz", Berlin, April, 1993.



### 3.3 PEP - Persönliches Elektronisches Papier (G)

#### *EXECUTIVE SUMMARY*

*Das Tandemprojekt PEP zwischen der Siemens AG und dem DFKI zur Erkennung online erfaßter Handschrift wurde im vergangenen Jahr erfolgreich abgeschlossen. Während des Berichtszeitraums stand die Entwicklung eines durchgängigen Gesamtsystems im Mittelpunkt der Aktivitäten.*

*Das Gesamtsystem setzt sich aus 4 Hauptmodulen zusammen. Die handschriftlichen Eingaben des Benutzers werden vorverarbeitet und anschließend in die entsprechenden Einzelzeichen zerlegt. Daraufhin erfolgt die Klassifikation der Buchstaben. Mit Hilfe lexikalischer Information werden die Ergebnisse abschließend verifiziert und der entsprechende Text ausgegeben.*

Segmentierer sowie einen Klassifikator mit integrierter Merkmalsbestimmung zu entwickeln, um unseren Ansatz testen zu können. Nachfolgend werden die Ergebnisse für die realisierten

### 3.3.1.1. VORVERARBEITUNG

Die zu erkennenden Worte werden mit Hilfe eines elektronischen Stiftes auf eine integrierte LCD/Digitizereinheit geschrieben. Die hierbei aufgezeichneten Daten werden dann durch eine Vorverarbeitungskomponente bearbeitet. Hierbei wird die Base- und Halflinie des Wortes bestimmt. Es besteht hier zusätzlich die Möglichkeit Normierungen, wie z. B. Glättungen, vorzunehmen.

### 3.3.1.2 SEGMENTIERUNG UND KLASSIFIKATION

Anschließend bestimmt ein robustes Segmentierungsmodul mögliche Buchstabengrenzen. Hierbei wurde eine sogenannte Übersegmentierungsstrategie realisiert, die mehr Buchstabengrenzen hypothetisiert als wirklich vorhanden sind. Eine solche Strategie soll möglichst keine der korrekten Buchstabengrenzen übersehen, da es anschließend sehr aufwendig ist, die daraus resultierenden verklebten Teile wieder aufzubrechen. Die auf diese Weise isolierten kleinsten Einheiten des Wortes erhalten die Bezeichnung Segmente. Da einzelne Buchstaben durch dieses Vorgehen in mehrere Segmente zerfallen können, bildet man anschließend alle Gruppen, die aus einem, zwei oder drei benachbarten Segmenten bestehen. Diese Segmentgruppen werden in einem Segmentgraphen abgespeichert, wobei zwei Gruppen durch eine gerichtete Kante miteinander verbunden sind, sofern die erste Gruppe mit der zweiten im Eingabewort benachbart ist, aber ihre Segmente sich nicht überlappen.

Durch sukzessive Übergabe der Gruppen an einen Einzelzeichenerkennung, wird für jede Gruppe eine Buchstabenhypothesenmenge mit zugeordneten Vertrauensmaßen zurückgeliefert. Wir implementierten hierzu sowohl einen Nearest Neighbour- als auch einen Polynomklassifikator. Ersetzt man die Segmentgruppen im Segmentgraphen durch die entsprechenden Buchstabenhypothesenmengen, so erhält man ein Buchstabenhypothesenetz, im weiteren auch CHL (Character Hypotheses Lattice) genannt. Ein Buchstabenhypothesenetz repräsentiert eine Menge von Stringhypothesen und zwar genau die Menge aller Zeichenketten, die gebildet werden können, indem man das Netz von links nach rechts auf einem der möglichen Pfade durchläuft und an jedem dabei besuchten Knoten eine Buchstabenhypothese auswählt, die sukzessive aneinander gehängt werden. Genauere und formale Beschreibungen dieses Sachverhaltes wurden in [Weigel 93] ausgeführt.

### 3.3.1.3 LEXIKALISCHER ABGLEICH

Ziel des im PEP-Projekt entwickelten lexikalischen Abgleichs ist die Untersuchung eines CHL, bzw. der durch das Netz repräsentierten Zeichenketten mit Hilfe eines Lexikon, um auf diese Weise das korrekte Eingabewort zu ermitteln. Dabei muß nicht nur auf eine schnelle Verarbeitung geachtet werden, sondern auch darauf die Überführung des Eingabewortes in das CHL so zu modellieren, daß eine Umkehr dieses Vorganges möglich ist.

Eine in vielerlei Hinsicht interessante Datenstruktur zur Repräsentation lexikalischen Wissens in

Wurzel beginnende Pfade beschrieben werden. Gleiche Präfixe werden hierbei in gleichen Pfaden abgespeichert. Erst an den Stellen der Worte, an denen diese Übereinstimmung nicht mehr gegeben ist, spaltet sich der Baum in unterschiedliche Pfade auf.

Im PEP-Projekt wurde eine sehr effiziente Implementierung eines Trie realisiert, deren Details in [Karls 93] beschrieben werden. Eine hinsichtlich des Speicherplatzbedarfs effizientere Struktur wäre ein minimaler deterministischer endlicher Automat. Daher wurden am DFKI Untersuchungen hierzu unternommen [Buhrmann 93]. Die im PEP-Projekt realisierten Verifikationsmechanismen sind dabei in der Lage, ohne Modifikationen, auch mit einer solchen Repräsentation des Lexikon umzugehen.

Das Verfahren zum Abgleich eines CHL mit dem trie-basierten Lexikon wurde durch eine Methode der Klasse TrieLexikon zur Verfügung gestellt. Zu einem gegebenen Buchstabenhypthesennetz werden hierbei die besten Worthypothesen ermittelt. Mögliche Editieroperationen die beim Abgleich realisiert wurden, sind Substitutionen, Löschungen oder Einfügungen von einzelnen Buchstaben.

### 3.3.1.3.1 Tiefensuche mit Substitution nicht erkannter Wortfragmente

Bei der grundsätzlichen Strategie zum Abgleich eines CHL mit einem trie-basierten Lexikon durchläuft das von uns entwickelte Verfahren ein Buchstabenhypthesennetz mit Hilfe eines Algorithmus zur Tiefensuche. Dabei werden an den einzelnen Knoten des CHL alle möglichen Buchstabenhypthesen überprüft.

Immer wenn eine Segmentgruppe S aufgesucht wird, die keine nachfolgenden Segmentgruppen besitzt und für den auf dem Weg dorthin aufgezeichneten String gilt, daß es sich um ein korrektes Wort handelt, ist eine Worthypothese ermittelt. Selbstverständlich können während eines Abgleichs mehrere auch unterschiedliche Worthypothesen aufgefunden werden.

Einen häufig auftretenden Sonderfall stellen Knoten im CHL dar, die keine



selbstverständlich nicht blind ausgewählt werden. Sinnvolle Anhaltspunkte ergeben sich aus der lexikalischen Information, die mögliche Ersetzungen anzeigt.

Häufig kann es auch vorkommen, daß vor allem kleine Buchstaben während der Erkennung verschluckt werden. Um dieses Problem auszugleichen erscheint es sinnvoll, während der Suche im CHL, an gewissen Stellen zusätzliche Buchstaben einzufügen. Auch hier erlaubt es der parallele Abgleich mit dem Lexikon festzustellen, welche Buchstaben hierfür am sinnvollsten Verwendung finden sollten.

Das Erkennen zusätzlicher Zeichen tritt als Problem ebenfalls häufiger auf. Auch hier kann die Ursache zum einen eine fehlerhafte Eingabe, zum anderen aber auch eine inkorrekte Segmentierung sein. Daher sollten während der Nachverarbeitung gewisse Buchstabenhypothesen bzw. die entsprechenden Segmentgruppen vollständig gelöscht werden. Selbstverständlich darf auch dies nur an möglichst sinnvollen Stellen versucht werden. Diese Stellen lassen sich wieder mit Hilfe des Lexikon ermitteln.

Der ursprüngliche Abgleich wurde daher derart erweitert, daß die oben aufgeführten Zusatzoperationen während der Suche zielgerichtet ausgeführt werden. Das Maß zur Bewertung der Güte einer gefundenen Worthypothese wurde entsprechend geändert, um gezielt die entstehenden Kosten für diese Zusatzoperationen sinnvoll zu integrieren.

Die eingesetzten Zusatzoperationen blähen den Suchraum während des Abgleichs sehr stark auf, so daß mit Hilfe von Heuristiken dieser auf eine handhabbare Größe reduziert werden muß, um vernünftige Anfragezeiten zu erhalten. Dabei sollte die Suchraumbeschneidung nicht derart drastisch ausfallen, daß für die Erkennung wichtige Pfade unbeabsichtigt beschnitten werden.

Die Grundidee für die meisten Heuristiken zur Suchraumbeschneidung basiert darauf, daß Suchpfade, deren Qualität sich während des Durchlaufes als sehr schlecht erweist, nicht weiterverfolgt oder nur noch eingeschränkt untersucht werden sollten. Um dies zu realisieren, wird die Tiefensuche derart modifiziert, daß sie in bestimmte Pfade des CHL nur dann absteigt, wenn der bis dahin stattgefundenen Vergleich eine festgelegte Güte nicht unterschreitet.

Mit Hilfe dieser Abfragen und Einschränkungen während des Abgleichs ist es möglich, den Suchvorgang enorm zu beschleunigen. In dem vom PEP-Projekt entwickelten Prototypen zur Handschrifterkennung war es möglich den Match eines CHL mit einem Lexikon, welches 8000 Worte enthält, in weniger als einer Sekunde auf einer Sparc-Station zu realisieren.

#### 3.3.1.3.4 Zusammenfassung

Der von uns entwickelte Ansatz zur lexikalischen Nachverarbeitung stellt einen, im Vergleich zu den meisten anderen Verfahren dieser Art, äußerst komplexen und flexiblen Abgleich dar. Es werden nicht nur die unterschiedlichsten Fehlertypen (Substitution, Löschung, Einfügung, Wildcardbehandlung) integriert, sondern auch Bewertungsfunktionen zur Verfügung gestellt um diese gezielt zu gewichten. Das dem Abgleich zugrundeliegende Bewertungsmaß stellt eine in vielen Aspekten besser geeignete Distanzfunktion zur Verfügung als klassische Editier-Distanzen [Weigel 93b]. Weiterhin beinhaltet unser Ansatz eine Vielzahl von Heuristiken, die



Weiterhin ist der Ansatz, sowie seine Realisierung/Implementierung derart gestaltet, daß sehr viele der offensichtlich noch möglichen Erweiterungen, ohne grundlegende Änderungen, integriert werden können.

### 3.3.2 Veröffentlichungen und Vorträge

#### Veröffentlichungen:

- I. Karls, G. Maderlechner, V. Pflug, S. Baumann, A. Weigel, A. Dengel, *Segmentation and Recognition of Cursive Handwriting with improved Structured Lexica*, 3rd IWFHR, S. 437-442, 1993
- A. Weigel, *Using Approximate String Matching for Handwriting Recognition*, 8th SCIA, S. 397-404, 1993
- A. Weigel, S. Baumann, *A modified Levenshtein-Distance for Handwriting Recognition*, 7th Int. Conf. on Image Anal. and Processing, 1993

### 3.4 PASCAL 2000 - Ein interdisziplinäres Projekt zur Integration blinder Menschen in die Büroarbeitswelt (D)

#### EXECUTIVE SUMMARY

Projektziel von PASCAL 2000 ist es, das am DFKI vorhandene Wissen aus dem Bereich der Dokumentanalyse zu bündeln und in ein intelligentes Büroinformationssystem einzubringen, das blinden oder stark sehbehinderten Menschen eine Integration in eine moderne Bürokommunikationsumgebung erleichtert. Dieses Vorhaben wird durch eine auf anthropologisch-ethische, rehabilitative und ergonomische Aspekte ausgerichtete Begleitforschung, bei der Blinde vom Beginn der Systementwicklung an eingebunden wird, unterstützt.

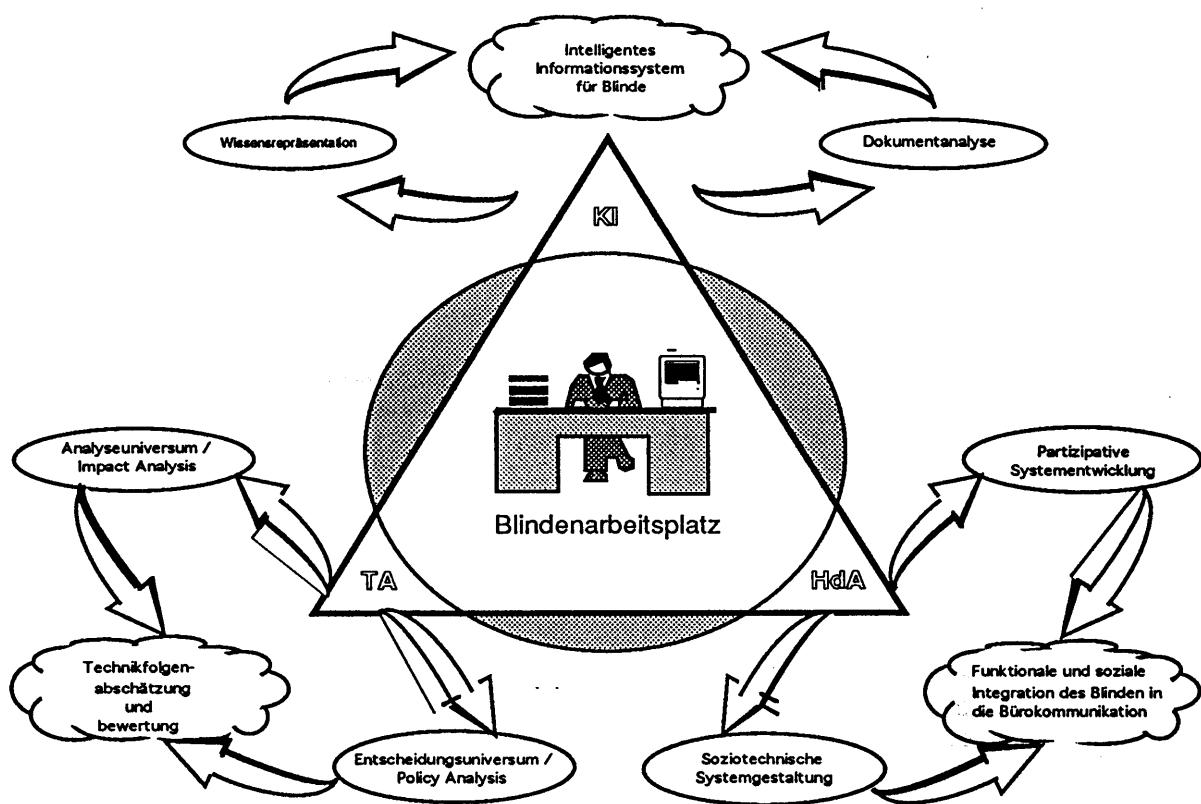


Abbildung 1: PASCAL 2000 als interdisziplinäres Forschungsprojekt

Das Projekt PASCAL 2000, für 3 Jahre (vom 1.10.1993 - 30.9.1996) finanziert von der "Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation", vereint, als ein interdisziplinäres Projekt, Fragestellungen aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz mit philosophisch-ethischen und anthropologischen Aspekten.





### 3.4.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

In diesem Projekt wird sowohl mit der wissenschaftlichen Ausrichtung als auch mit der Form der Kooperation mit externen Partnern Neuland betreten. Aus diesem Grund stand das erste Quartal des Projektes unter dem Motto der Einarbeitung und des Kennenlernens des jeweils anderen Aufgabenbereiches.

Darüber hinaus wurden Kontakte zu blinden Menschen, bzw. zu Organisationen, die sich um die Belange von blinden Menschen kümmern, geknüpft. Zu den von uns kontaktierten blinden Personen zählen Herr Dr. Uwe Gill, Geschäftsführer der INSIDERS GmbH, Dr. Matthias Kaiser, der momentan an der Universität Leipzig arbeitet und Herr Torsten Brand, der Software für den Anschluß von Brailleausgabegeräten an PCs entwickelt hat. Ziel dieser Gespräche war es, ein Anforderungs- und Leistungsprofil des intelligenten Kommunikationswerkzeuges herauszufiltern.

Dabei wurden von den Betroffenen hauptsächlich

- die Zugangsmöglichkeit zu Grafiken
- die Möglichkeit zu selektiver Textwahl

als vordringlich zu lösende Problemstellungen genannt.

Aus unserer Sicht bietet sich vor allem eine Beschäftigung mit dem zweiten der obigen Punkte



### 3.4.2 Veröffentlichungen und Vorträge

#### Veröffentlichungen:

N. Kuhn: *Comparing Rankings of Heterogeneous Agents*. In: Proceedings of the Conference on Organizational Computing Systems, Milpitas (CA), USA, November 1993

#### Vorträge:

N.Kuhn: *Comparing Rankings of Heterogeneous Agents*. Conference on Organizational Computing Systems, Milpitas (CA), USA, November 1993

N.Kuhn: *Wissensbasierte Dokumentanalyse am DFKI und deren Bezug zum Projekt PASCAL 2000*. Kolloquium des Instituts für Informatik an der Humboldt Universität zu Berlin, Dezember 1993





Das PHI-System ist der Kern eines *intelligenten Hilfesystems*, in dem Planerkennung und Plangenerierung auf einer gemeinsamen logischen Basis arbeiten. Planerkennung befähigt das System, bei der Hilfeleistung den aktuellen Systemzustand sowie das Hintergrundwissen des Benutzers und sein aktuelles Verhalten zu berücksichtigen. Plangenerierung unterstützt den Benutzer durch die Erzeugung entsprechender Pläne.

Der implementierte PHI-Prototyp demonstriert das Zusammenspiel zwischen Plangenerierungs- und -erkennungskomponente, indem er ein aktives Hilfesystem für Benutzer des UNIX-email-Systems realisiert. Abbildung 1 zeigt einen typischen Beispiellauf des Systems. Mit Hilfe der Planerkennung wurde suboptimales Benutzerverhalten identifiziert. Die Plangenerierung wird aktiviert und erzeugt einen optimalen Plan, der dem Benutzer als aktive Hilfeleistung durch das System angeboten wird.

In Ergänzung zu den oben genannten Zielen wurde im Berichtszeitraum damit begonnen die Plangenerierungskomponente um einen Planinterpretierungsmechanismus zu erweitern. Der Planinterpretierer soll in der Lage sein, aus einem gegebenen abstrakten Plan einen situationsabhängigen konkreten Plan zu erzeugen. Bei dieser Transformation müssen Variablen als formale Parameter des abstrakten Planes durch konkrete Werte substituiert werden. Weiterhin müssen Kontrollstrukturen, die nicht in der Interaktionssprache des Anwendungssystems vorkommen, wie z.B. Verzweigungen, Schleifen oder die nichtlineare Anordnung von Teilplänen aufgelöst und durch äquivalente Konstrukte ersetzt werden. Planinterpretation wird notwendig, wenn die Planerkennungskomponente eine semantische

---

Planvervollständigung zur Benutzerunterstützung anbietet. Neben der Erstellung eines konkreten Planes übernimmt der Planinterpretierer dann auch die Kontrolle über die Planausführung.

Die Implementierung einer Planungsstrategie zur Erzeugung nichtlinearer Pläne wurde abgeschlossen. Nichtlinearität als abstrakte Kontrollstruktur gestattet es, auch partiell geordnete Pläne darzustellen.

Schließlich wurde untersucht, welche zusätzlichen Suchalgorithmen prinzipiell mit dem Konzept des taktischen Beweisens als Planungsmethode verträglich sind, um sie dann als Optimierungsstrategien einsetzen zu können.

Die Implementierung der Wiederverwendungskomponente für den deduktiven Planer wurde erweitert. Die Arbeiten konzentrierten sich auf eine Verbesserung der Operationen auf der Planbibliothek. Der Suchalgorithmus, der eine Menge geeigneter Wiederverwendungskandidaten in der Bibliothek bestimmt, wurde durch Auswahlheuristiken erweitert. Diese Heuristiken

---



zugrundeliegenden Theorie und dem ersten Prototypen beseitigt wurden, andererseits die Behandlung von Spezialfällen - insbesondere beim gleichzeitigen Auftreten mehrerer Formen temporaler Abstraktion in einer Planhypothese - neu integriert wurde. Dies ermöglicht die Erkennung einer noch größeren Klasse von Plänen als bisher. Ferner wurde die Betrachtung einer Planbibliothek als Basis anstelle dynamisch generierter Planhypothesen sowohl vom Standpunkt der abduktiven Planerkennung, als auch unter dem Gesichtspunkt der Berücksichtigung von Unsicherheit weiter untersucht.

Den Schwerpunkt bei der Behandlung von Unsicherheit und unvollständigem Wissen in der Planerkennung auf der Basis der Dempster-Shafer Theorie bildeten praktische und theoretische Aspekte der Klassifikation von Plänen. Bei dieser geht es darum, dynamisch generierte Planhypothesen, über die keinerlei statistische Daten vorliegen, gemäß verschiedener Kriterien wie typischen Aktionsfolgen oder typischen Benutzerzielen - die statistisch erfaßt sind - in Klassen von Plänen mit gemeinsamen Eigenschaften einzuteilen, um somit eine initiale numerische Bewertung des Hypothesenraumes berechnen zu können.

Zu diesem Zweck wurden sowohl neue, effiziente Beweistaktiken, als auch Algorithmen zur Überprüfung der Plan-Teilplan-Beziehung entwickelt und implementiert. Somit ist es nun möglich, neue Planhypothesen auf korrekte Art und Weise effizient in eine gegebene Hypothesenmenge mit ihrer numerischen Bewertung zu integrieren.

Weitere Arbeiten auf dem Gebiet der Unsicherheit betrafen die Entwicklung theoretischer Konzepte zum gezielten Aufbau eines Benutzermodells, das alle Arten statistischer



- J. Köhler, R. Treinen, *Constraint Deduction in an Interval-based Temporal Logic*, Working Notes of the Workshop on Executable Modal and Temporal Logics, 83 -92, R. Owens, M. Fisher (Hrsg.)
- J. Köhler, R. Treinen, *Constraint Deduction in an Interval-based Temporal Logic*, AAI Technical Report FS-93-03, 67 -74, AAI Press 1993.
- B. Nebel und J. Köhler, *Plan Modification versus Plan Generation: A Complexity-Theoretic Perspective*, in: Proceedings of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-93), pp. 1436 - 1441, Morgan Kaufman, 1993.
- G. Paul, *Approaches to Abductive Reasoning, An Overview*, Artificial Intelligence Review, S. 109-152, Kluwer Academic Pubs. NL, 1993
- W. Stephan, S. Biundo, *A New Logical Framework for Deductive Planning*, in: Proceedings of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-93), pp. 32-38, Morgan Kaufman, 1993.

#### Vorträge:

- M. Bauer, Logikbasierte Planerkennung für intelligente Hilfesysteme, 23. GI-Jahrestagung, Dresden, 1.10.1993.
- M. Bauer, Plan Recognition in a Modal Temporal Logic, Dagstuhl-Seminar "Deductive Approaches to Plan Generation and Plan Recognition", Schloß Dagstuhl, 25.10.1993.
- M. Bauer, Probabilistic Methods in Plan Recognition, Dagstuhl-Seminar "Deductive Approaches to Plan Generation and Plan Recognition", Schloß Dagstuhl, 25.10.1993.
- M. Bauer, Logic-Based Plan Recognition for Intelligent Help Systems, Second European Workshop on Planning (EWSP-93), Vadstena, Schweden, 11.12.1993.
- S. Biundo, Deduktive Handlungsplanung und ihre Anwendung, Kolloquiumsvortrag am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik der Universität Bamberg, 27.7.1993.
- S. Biundo, PHI - A Logic-Based Tool for Intelligent Help Systems, 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-93), 1.9.1993.
- S. Biundo, Deductive Planning in a Temporal Logic Framework, Dagstuhl-Seminar "Deductive Approaches to Plan Generation and Plan Recognition", Schloß Dagstuhl, 26.10.1993.
- S. Biundo, Present-Day Deductive Planning, eingeladener Hauptvortrag, Second European Workshop on Planning (EWSP-93), Vadstena, Schweden, 9.12.1993.
- D. Dengler, An Adaptive Deductive Planning System, Dagstuhl Seminar "Deductive Approaches to Plan Generation and Plan Recognition", Schloß Dagstuhl, 29.10.1993.
- J. Köhler, Representation of Plan Libraries, DFKI Workshop on Knowledge Representation Techniques, Kaiserslautern, 8.7.1993.
- J. Köhler, Constraint Deduction in an Interval-Based Temporal Logic, Workshop on Executable Modal and Temporal Logics, Chambéry, Frankreich, 28.8.1993.
- J. Köhler, Constraint Deduction in an Interval-Based Temporal Logic, AAI Fall Symposium on Automated Deduction in Non-Standard Logics, Raleigh, USA, 22.10.1993.
- J. Köhler, Reasoning in an Interval-Based Temporal Logic with an Application to Case-Based Planning, AAI Fall Symposium on Automated Deduction in Non-Standard Logics, Raleigh, USA, 24.10.1993.



## 4.2 WIP - Wissensbasierte Informationspräsentation (B)

### EXECUTIVE SUMMARY

Alle im Projektantrag genannten Ziele und Meilensteine konnten im WIP-Projekt erreicht werden, was durch die Abschlußdemonstration des WIP-Systems auf der Sitzung des wissenschaftlichen Beirates im März 1993 dokumentiert wurde. Die erfolgreiche Begutachtung durch den wissenschaftlichen Beirat, dessen Empfehlungen zur Fortführung der gelungenen Synthese aus theoretischer und praktischer Arbeit anregten, sowie das rege Interesse seitens verschiedener Industriepartner (Daimler-Benz AG, Sema Group GmbH, Siemens AG) führte zur kostenneutralen Verlängerung des WIP-Projektes für 9 Monate. Das WIP-Projekt wurde am 31.12.1993 erfolgreich abgeschlossen.

### 4.2.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

#### 4.2.1.1 TEILPROJEKT PRÄSENTATIONSPLANUNG

Im ersten Viertel des Berichtszeitraums arbeitete die Präsentationsplanungsgruppe hauptsächlich an der Implementierung des WIP-Enddemonstrators, der gemäß Projektplan dem wissenschaftlichen Beirat am 26.3.93 präsentiert wurde. Die entwickelte Demonstratorversion zeigt in eindrucksvoller Weise, daß die Umsetzung der dem WIP-Projekt zugrundeliegenden Zielsetzungen einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Mensch-Maschine-Kommunikation leistet, und daß die Realisierung eines intelligenten, multimedialen Präsentationssystems durchaus mit heute verfügbaren Rechnersystemen möglich ist. Die Variation der Generierungsparameter Dokumenttyp, Zielsprache, Sprachausgabe, Ausgabemodus, Zielgruppe, Medienpräferenz und Platzbeschränkung führt zum Aufbau sehr unterschiedlicher Präsentationen für ein und dasselbe Präsentationsziel (vgl. Abb. 1).

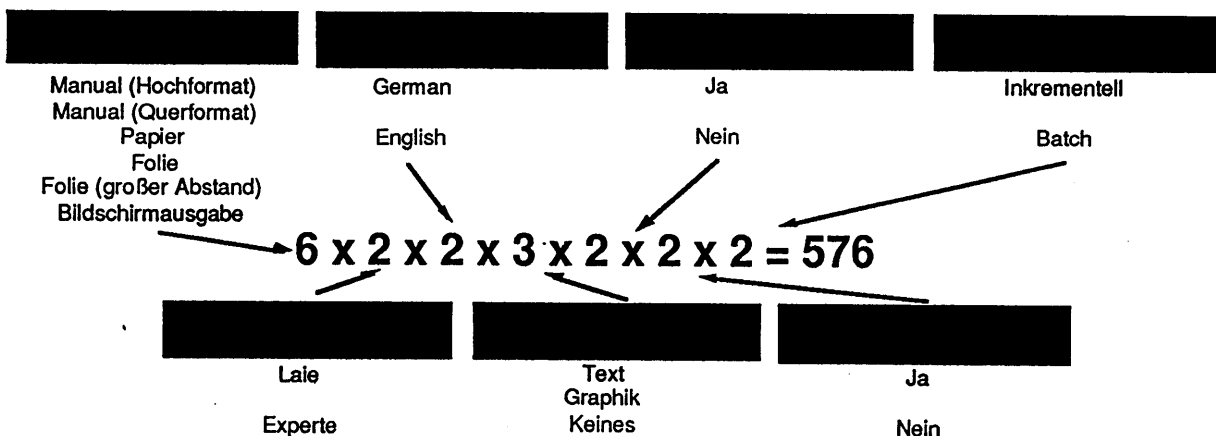


Abbildung 1: WIPs Generierungsparameter

Darüberhinaus wird die erzielte Domänenunabhängigkeit anhand der drei Anwendungsdomänen (Espressomaschine, Rasenmäher und Modem) demonstriert.

Im zweiten Viertel des Berichtszeitraums wurde an der Umsetzung der vom wissenschaftlichen Beirat gegebenen Anregungen gearbeitet. Dort wurde u.a. vorgeschlagen, den vorgestellten Demonstrator weiter zur robusten "Messe-Version" zu verfeinern, um ihn einem möglichst großen industriellen Publikumskreis zugänglich zu machen. Desweiteren wurde angeregt, zentrale Systemkomponenten in Einzelversionen bereitzustellen.

In der letzten Hälfte wurde die Funktionalität des WIP-Systems um einen weiteren Präsentationsmodus, nämlich animierte Darstellungen, erweitert.

#### 4.2.1.1.1 Präsentationsplaner

Für den Präsentationsplaner wurde eine portable Common-Lisp-Version erstellt. Eine Dokumentation des Planungsansatzes liegt vor. Um zu testen, inwiefern sich der Ansatz auch für andere Einsatzbereiche eignet, wurden Präsentationsstrategien für zwei weitere Anwendungsklassen, die Erteilung von Wegauskünften und die Beschreibung von mit einer Kamera aufgenommenen Realweltszenen, definiert.

Einen weiteren Schwerpunkt stellte die Erweiterung des Präsentationsplaners im Hinblick auf die Generierung animierter Darstellungen dar. Es wurden Präsentationsstrategien zur Planung animierter Darstellungen formuliert und ein einfaches Verfahren entwickelt, um den zeitlichen Verlauf von animierten Darstellungen zu planen. Hierzu wurde u.a. das an der Universität von Rochester entwickelte TIMELOGIC-System und das in den AT&T Bell Laboratories entwickelte MATS-System im Hinblick auf die Einsetzbarkeit in WIP getestet.

#### 4.2.1.1.2 Animationsdesignkomponente

Es wurden Scripts zur Kameraführung und zur Visualisierung von Objektbewegungen definiert. Darüberhinaus wurde untersucht, in welcher Form sich Kontextinformation in solchen Scripts integrieren läßt.

#### 4.2.1.1.3 Graphikgenerator

Im Berichtszeitraum wurde an der Entwicklung und Implementierung eines an unterschiedliche Systemkonfigurationen adaptierbaren 3D-Graphiksystems gearbeitet. Es steht nunmehr eine X-Window-fähige Lispimplementierung der WIP-Graphikrealisierungskomponente zur Verfügung, die eine Portierung des WIP-Systems auf andere Plattformen erlaubt. Darüberhinaus wurde in Zusammenarbeit mit dem von Siemens geförderten TEAMKOM-Projekt eine Version dieses Graphiksystems unter dem dort entwickelten Shared-X-Server installiert. Hierdurch wird ein gemeinsames Betrachten und Manipulieren von 3D-Objekten an räumlich getrennten Arbeitsplätzen ermöglicht und somit der Weg für neue interessante Anwendungen im Bereich CSCW geebnet.



#### 4.2.1.1.4 Layout-Manager

Die zusätzlichen Arbeiten zu dieser Teilkomponente bezogen sich im wesentlichen auf die Evaluierung und Dokumentation der Standalone-Version des LayLab-Prototypen. Darüberhinaus wurden einzelne Module des Layout-Managers (insbesondere der Constraint-Solver) auf eine Unix-Umgebung portiert. Während der mehrstufige Constraint-Solver und die wissensbasierte Typographiekomponente bereits in einer Common-Lisp Standard-Version vorlagen, mußte die Visualisierungskomponente in CLIM 2.0 reimplementiert werden. Weiterhin wurde damit begonnen, den Layout-Manager für die Behandlung zusätzlicher Medien und Präsentationstypen, wie beispielsweise 2-dimensionale Informationsgraphiken und Bildschirmpräsentationen, sowie die Möglichkeit der Benutzerinteraktion zu erweitern.

#### 4.2.1.2 TEILPROJEKT TAG-GEN: GRUNDLEGENDE ERWEITERUNGEN VON TREE ADJOINING GRAMMARS ZUR INKREMENTELLEN GENERIERUNG NATÜRLICHER SPRACHE

In der ersten Hälfte des Berichtszeitraums arbeitete die TAG-GEN-Gruppe hauptsächlich an der Integration des inkrementellen Satzgenerators in den WIP-Enddemonstrator, der gemäß Projektplan dem wissenschaftlichen Beirat am 26.3.93 präsentiert wurde. Der Demonstrator zeigt in Bezug auf die Generierungsleistung die sprachliche Umsetzung der Generierungsparameter in einem mehrseitigen multimodalen Dokument.

Der eingebaute Generierungsmodul enthält eine Erweiterung der Schnittstelle zu Textdesign und Layout. Dadurch lassen sich verschiedene Präsentationssituationen abdecken. Darüberhinaus wurde ermöglicht, der Typographiekomponente Information zur Gestaltung des Dokumentes zu liefern. Dabei wurde besonders auf Laufzeitoptimierung wert gelegt.

Das entstandene System TAG-GEN zeichnet sich durch Robustheit und Echtzeitverarbeitung aus. Dies hat dazu beigetragen, daß TAG-GEN mittlerweile in zwei Kooperationsprojekten zum Einsatz kommt. Im automatischen Beweissystem, das im SFB 314 entwickelt worden ist, dient das System dazu, die Beweisschritte zu verbalisieren. In EFFENDI, einer Kooperation mit der Daimler-Benz AG, wird TAG-GEN zur Erzeugung von Dialogbeiträgen in der Zugauskunftsdomäne eingesetzt. Zur Erklärung des Systemverhaltens und als Anleitung für neue Benutzergruppen wurde ein umfassendes Handbuch erstellt.

In einer erweiterten Ausbaustufe von TAG-GEN wurde die Flexibilität des Systems erhöht. Es ist nun möglich in der Eingabe auch Gruppierungen von Elementen zu spezifizieren, die vom System global ausgewertet werden und zur Vermeidung von Reparaturen beitragen können. Die Möglichkeit, den Umfang von Eingabelementen zu variieren, erleichtert die Anpassung an das

In Bezug auf die Textdesignkomponente wurde die Wortwahlkomponente reimplementiert und um eine differenziertere Parameterinterpretation erweitert. Auf dem Gebiet der Segmentierung eines Präsentationsplanes in Propositionen fanden theoretische Überlegungen statt.

#### 4.2.1.3 TEILPROJEKT WISSENSREPRÄSENTATION

Im ersten Teil des Berichtszeitraums arbeitete die WR-Gruppe hauptsächlich an der Integration des Wissensrepräsentationssystems RAT (Representation of Actions using Terminological logics) in den WIP-Enddemonstrator, der gemäß Projektplan dem wissenschaftlichen Beirat am 26.3.93 präsentiert wurde.

Die sich anschließenden Arbeiten bezogen sich im wesentlichen auf Erweiterungen des Systems RAT: Insbesondere wurde ein verbesserter, vollständiger Regressionsalgorithmus für die temporale Projektion von Bedingungen entworfen und implementiert. Die dadurch notwendigen Anpassungen vor allem der assertionalen Komponente des RAT-Systems wurden durchgeführt. Desweiteren wurde, wie vom wissenschaftlichen Beirat angeregt, an einer stabilen "Messe-Version" des Systems gearbeitet. Diese wurde der Öffentlichkeit im Rahmen der "13th International Joint Conference on Artificial Intelligence" im August präsentiert.

Da geplant ist, die Ausdrucksstärke des RAT-Systems insbesondere im Hinblick auf die Darstellbarkeit von qualitativen temporalen Relationen zu erweitern, wurde die Allensche Intervallalgebra als möglicher Kandidat für solch eine Erweiterung ins Auge gefaßt. Die im letzten Berichtszeitraum begonnene Zusammenarbeit mit der WINO-Gruppe an einer weitergehenden Charakterisierung der Allenschen Intervallalgebra in Bezug auf ihre Berechenbarkeitseigenschaften wurde fortgesetzt. Das Ergebnis dieser Untersuchungen führte zu der Identifikation einer maximalen handhabbaren Teilmenge der Allenschen Intervallalgebra (siehe RR-93-11).

Im Hinblick auf eine Verwendung des RAT-Systems als Informationsretrievalkomponente eines Planwiederverwendungssystems wurde die Zusammenarbeit mit dem PHI-Projekt fortgesetzt. Insbesondere wurde untersucht, wie sich verschiedene Planwiederverwendungssysteme empirisch verhalten. Zum anderen wurde die theoretische Komplexität der Planwiederverwendung untersucht. Die Ergebnisse wurden in einem DFKI Report dokumentiert.

Die Analyse von Optimierungsmethoden für Terminologische Logiken in Kooperation mit der WINO-Gruppe und E.Franconi vom IRST in Trento wurden abgeschlossen und in einem DFKI Report (RR-93-03) veröffentlicht.

Die Arbeiten zur Erweiterung terminologischer Logiken um Sprachkonstrukte zur Handhabung unsicheren Wissens wurden erfolgreich abgeschlossen. Die Ergebnisse wurden im Juni als Dissertation an der Universität des Saarlandes vorgelegt. Die Arbeiten an einer entsprechenden Erweiterung des verallgemeinerten terminologischen Formalismus um eine assertionale Komponente wurden fortgesetzt.

#### 4.2.2 Veröffentlichungen und Vorträge

##### Veröffentlichungen:

- E. André. A Plan-Based Approach for the Generation of Multimodal Documents. Images et Languages. Actes du Colloque Interdisciplinaire du Comité National de la Recherche Scientifique, Paris, pp. 253-260,1993.
- E. André: An Extended RST Planner for the Generation of Multimodal Presentations, DFKI-Dokument D-93-03.



- E. André, T. Rist. Von Textgeneratoren zu Intellimedia-Präsentationssystemen, KI 6/93, 1993.
- E. André, T. Rist. Multimedia Presentations: The Support of Passive and Active Viewing. Eingeladenes Papier auf dem AAAI Spring Symposium on Multimedia Multimodal Systems, 1994.
- E. André, T. Rist. Presenting Information Using Textual and Visual Material. eingereicht für den AI Review.
- E. André, T. Rist. Integrating Text and Graphics in an Automated Presentation System. erscheint in: Proc. of the ERCIM Workshop on Multimodal Human-Computer Interaction, Nancy, November 1993.
- E. André, T. Rist. Referring to World Objects with Text and Pictures. erscheint als DFKI-Report.
- E. André, W. Graf, J. Heinsohn, B. Nebel, H.-J. Profitlich, T. Rist, and W. Wahlster. PPP - Personalized Plan-Based Presenter. DFKI Document D-93-05, German Research Center for Artificial Intelligence, Saarbrücken, Germany, 1993.
- F. Baader, B. Hollunder, B. Nebel, H.-J. Profitlich, E. Franconi. An Empirical Analysis of Optimization Techniques for Terminological Representation Systems. DFKI Research Report RR-93-03.
- F. Baader, H.-J. Bürckert, B. Nebel, W. Nutt, G. Smolka. On the Expressivity of Feature Logics with Negation, Functional Uncertainty, and Sort Equations. *Journal of Logic, Language, and Information*, 2: 1-18, 1993.
- F. Baader, B. Hollunder, B. Nebel, H.-J. Profitlich, and E. Franconi. An empirical analysis of optimization techniques for terminological representation systems or "making KRIS get a move on". Applied Intelligence. Accepted for publication.
- C. Bäckström and B. Nebel. Complexity results for SAS+ planning. Research Report LiTH-IDA-R-93-34, Department of Computer and Information Science, Linköping University, Linköping, Sweden, 1993.
- C. Bäckström and B. Nebel. Complexity results for SAS+ planning. In R. Bajcsy, editor, Proceedings of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence, pages 1430-1435, Los Altos, Cal., 1993. Morgan Kaufmann.
- S. Bergamaschi and B. Nebel. Automatic building and validation of multiple inheritance complex object database schemata. Applied Intelligence. To appear.
- B. Buschauer. Eine modulare Werkbank für verschiedene Erweiterungen des Tree Adjoining Grammar Formalismus, Diplomarbeit, Fachbereich Informatik, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 1993.
- S. Busemann, K. Harbusch (eds.): Proceedings of the DFKI Workshop on Natural Language Systems: Reusability and Modularity, Saarbrücken, October 23, 1992, DFKI-Document D-93-03.
- W. Finkler, A. Kilger: Effects of Incremental Output on Incremental Natural Language Generation, DFKI-Document D-93-03.
- W. Graf. LayLab - A Constraint-Based Layout Manager for Multimedia Presentations. in: G. Salvendy, M.J. Smith (eds.): Human-Computer Interaction: Software and Hardware Interfaces, Volume 19 B, pp. 446-451, 1993.
- W. Graf, S. Neurohr. Incrementally Constraint-Based Editing of Dynamic Multimedia Presentations. Erscheint als DFKI-Report.
- K. Harbusch: Incremental Lexical Choice Constrained by Generation Parameters, DFKI-Document D-93-03.
- J. Heinsohn, R. Kruse. Handhabung von Unsicherheit und Vagheit in Wissensbasierten Systemen, Kursunterlagen 11. Frühjahrsschule Künstliche Intelligenz (KIFS-93), Günne/Möhnesee, März 1993.
- J. Heinsohn, D. Kudenko, B. Nebel, and H.-J. Profitlich. An Empirical Analysis of Terminological Representation Systems. *Artificial Intelligence Journal*, To appear.
- J. Heinsohn. Unsicherheit in Beschreibungslogiken. In: Tagungsband Fuzzy-Systeme '93, pp. 108-115. Braunschweig/Bonn: Deutsche Informatik-Akademie, October 1993. Erscheint im Vieweg-Verlag.
- J. Heinsohn. ALCP - Ein hybrider Ansatz zur Modellierung von Unsicherheit in terminologischen Logiken, Dissertation, Universität des Saarlandes. Erscheint im INFIX-Verlag.
- J. Heinsohn. ALCP - Handling Uncertainty in Description Logics, In: K. Hinkelmann and A. Laux (eds.), Proc. of the DFKI Workshop on Knowledge Representation Techniques, pp. 67-76, DFKI Document D-93-11, German Research Center for Artificial Intelligence, 1993.
- A. Kilger, W. Finkler, Handbuch zum System TAG-GEN 7.0, unveröffentlichtes Manuskript, DFKI, Saarbrücken, 1993.
- A. Kilger, W. Finkler, TAG-based Incremental Generation, erscheint als DFKI Technical Memo, DFKI, Saarbrücken.



- A. Kilger: Incremental Generation with Tree Adjoining Grammars in the WIP System, DFKI-Document D-93-03.
- B. Nebel and H.-J. Bürckert. Reasoning about temporal relations: A maximal tractable subclass of Allen's interval algebra. *Journal of the Association for Computing Machinery* 1994. Accepted for publication

Also available as DFKI Research Report RR-93-11.

- B. Nebel and J. Köhler. Plan modification versus plan generation: A complexity-theoretic perspective. In R. Bajcsy, editor, *Proceedings of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pages 1436-1441, Los Altos, Cal., 1993. Morgan Kaufmann.
- B. Nebel und J. Köhler, Plan Reuse versus Plan Generation: A Theoretical and Empirical Analysis, DFKI Research Report RR-93-33, DFKI, Saarbrücken.
- B. Owsnicki-Klewe, K. v. Luck, B. Nebel. Wissensrepräsentation und Logik - Eine Einführung. In: G. Görz, *Einführung in die Künstliche Intelligenz*, S. 3-54, Addison Wesley, Bonn, 1993.
- L. Padgham, B. Nebel. Combining Classification and Nonmonotonic Inheritance Reasoning. In: *Proceedings of the International Symposium on Methodologies of Intelligent Systems*. Juni 1993.
- P. Poller, Earley-Parsing von LD/TLP-TAGs, Diplomarbeit, Fachbereich Informatik, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 1993.
- T. Rist, E. André. Exploiting Multiple Media for Instructions, Pannel Contribution. in: Proc. of IJCAI-93,
- T. Rist, E. André. Designing Coherent Multimedia Presentations. in: G. Salvendy, M.J. Smith (eds.): *Human-Computer Interaction - Supporting Learning Environments*, Volume 10, Pages 424-430, 1993.



### 4.3 VERBMOBIL Teilprojekte 9 & 10 (B)

#### *EXECUTIVE SUMMARY*

*Der Forschungsbereich "Intelligente Benutzerschnittstellen" des DFKI beteiligt sich an Verbmobil-Teilprojekten zur spontansprachlichen und inkrementellen Generierung sowie der übersetzungsorientierten Dialogverarbeitung.*

*Abgeschlossen wurden 1993 folgende Arbeiten. Ein Modus, der die Verschränkung von inkrementeller Ein- und Ausgabe im Generator sichtbar macht, wurde realisiert. Es wurde eine experimentelle Implementierung zum dialoggesteuerten flachen Transfer mit Synchronen Tree Adjoining Grammars vorgenommen.*

#### 4.3.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

##### 4.3.1.1 SPONTANSPRACHLICHE UND INKREMENTELLE GENERIERUNG

Im VERBMOBIL-Teilprojekt 9 (Spontansprachliche und inkrementelle Generierung) wurde 1993 der im Projekt WIP entwickelte inkrementelle syntaktische Generator für den Einsatz in einem System zum Gesprächsdolmetschen angepaßt und erweitert. Insbesondere wurden die Anforderungen gesprochenen Sprache und die Verwendung des DFKI-Dialogsystems

Aspekte, die sich auf die Schnittstelle zur Sprachausgabe beziehen, werden erst im nächsten Jahr angegangen.

Da die Eingabe und Verarbeitung gesprochener Sprache in VERBMOBIL inkrementell erfolgen wird, ist die Eingabeschnittstelle unseres Generators VM-GEN (siehe Abbildung 2 mit einer Übersicht über die Systemkomponenten) darauf ausgerichtet, einzelne Eingabeinkremente in beliebiger Reihenfolge und mit beliebig langen Pausen zu verarbeiten. Bisher wurde aber immer davon ausgegangen, daß die Eingabe am Ende vollständig ist. Bei der Realisierung variabler Analysetiefe in den einzelnen Komponenten von VERBMOBIL muß die Generierung aber auch mit unvollständiger Eingabe rechnen. Ist die Eingabe der Quellsprache unvollständig und bleibt keine Zeit, durch tiefere Analyseschritte (z.B. unter Einsatz pragmatischen Wissens) die fehlende Information hinzuzufügen, so muß der Generator in der Lage sein, mit unterspezifizierter Eingabe umzugehen. Im Berichtszeitraum haben wir VM-GEN dahingehend erweitert, daß die Komponente in solchen Situationen weiterarbeiten kann.

Die beiden Arbeitspakete *inkrementelle Komponente zur Generierung auf der Dominanzebene* und *inkrementelle Positionierungskomponente* müssen gemeinsam betrachtet werden, da zwischen ihnen auf der Beschreibungs- und auf der Verarbeitungsseite starke gegenseitige Abhängigkeiten bestehen.

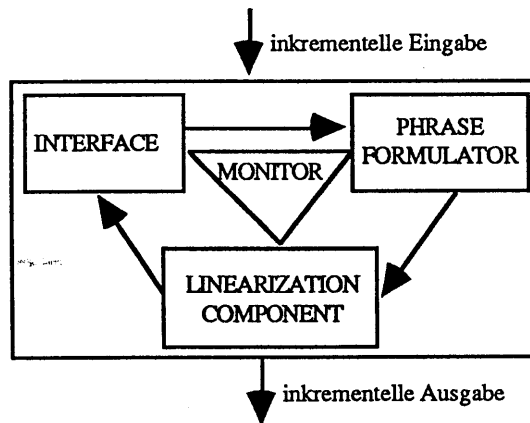


Abbildung 2: Architektur des inkrementellen syntaktischen Generators VM-GEN

Damit VM-GEN mit den oben erwähnten Fällen unterspezifizierter Eingabe weiterarbeiten kann, ist in Zusammenarbeit mit unserem Gastforscher Gen-ichiro Kikui von ATR Interpreting Telecommunications Research Laboratories, Kyoto, Japan, Default-Behandlung in das System integriert worden. Wir definieren Defaults als Tripel der Form [Default-Precondition -> Default-Body; Certainty Value], wobei die Default-Precondition eine Beschreibung einer Deadend-Situation des Generators darstellt. Der Default-Body beschreibt die Reaktion auf die Unterspezifikation in Form der fehlenden Eingabe. Im Certainty Value ist die Wahrscheinlichkeit der für die neue Eingabe angenommenen Werte spezifiziert. Diese Form der Default-Behandlung ermöglicht eine deklarative Beschreibung von Fehlerfällen aufgrund unterspezifizierter Eingabe und garantiert die homogene Verarbeitung von "sicheren" und "unsicheren" Eingabeteilen im System.

In VERBMOBIL besteht Bedarf nach multilingualer Generierung (Übersetzungsergebnis in Englisch sowie Klärungsdialoge in der jeweiligen Ausgangssprache). Unter Multilingualität wird im folgenden immer die einheitliche Verarbeitung von sprachspezifischen Beschreibungen verstanden. Davon ausgehend haben wir ein theoretisches Modell entwickelt, um Gemeinsamkeiten der sprachspezifischen Wissensquellen effizient zu verwalten (Hierarchien von Schnittmengen bei Lexika bzw. Grammatiken).



Beim Aufenthalt unseres Gastes Gen-ichiro Kikui haben wir mit der Entwicklung einer japanischen Grammatik im TAG-Formalismus und eines japanischen Lexikons begonnen.

Zur flexibleren Beschreibung von Wortstellungsphänomenen wurde mit der Einbindung globaler Positionierungsregeln begonnen.

Im Hinblick auf das Arbeitspaket *Steuerung der Generierung durch gekoppelte Ersetzungssysteme* haben wir uns im Berichtszeitraum mit gekoppelten Tree Adjoining Grammars beschäftigt. Bei allen Betrachtungen haben wir immer die Verallgemeinerbarkeit auf gemischt gekoppelte Ersetzungssysteme im Auge behalten, weil in VERBMOBIL die Analyse nicht mit TAGs bearbeitet wird. Wir haben erste theoretische Überlegungen zu den F



Am 21. Dezember fand in Kaiserslautern ein Arbeitstreffen mit Vertretern von Teilprojekt 12 - Transfer - statt. Es nahmen von Seiten des Transfers U. Heid von der Universität Stuttgart und Jörg Schütz vom IAI teil. Wir konnten uns auf grundsätzliche Eigenschaften der Schnittstelle Transfer-Generierung einigen. Im Rahmen einer schrittweisen Entwicklung dieser Schnittstelle beginnen wir mit der Übergabe Syntax-naher Spezifikationen. Die angestrebte Konzept-nahe Spezifikation, sowie die ganze Bandbreite an Zwischenstufen - im Hinblick auf die variable Analysetiefe in VERBMOBIL - werden danach angegangen.

Außerdem haben wir gemeinsam mit Mitarbeitern des Teilprojekts 10 bei der Entwicklung des Referenzdialogs mitgearbeitet.

#### 4.3.1.2 ÜBERSETZUNGSORIENTIERTE DIALOGVERARBEITUNG

Innerhalb der Verbundvorhabens Verbmobil begannen im November die Arbeiten im Teilprojekt 10 "Übersetzungsorientierte Dialogverarbeitung" mit der Einstellung des Teilprojektleiters. Als erster Arbeitspunkt wurde ein vorhandenes Planungssystem so abgewandelt, daß mit ihm eine einfache Strukturierung von Dialogen nach der Makrostruktur von Terminverhandlungsdialogen durchgeführt werden konnte.

Laut Arbeitsplan waren die Arbeitspunkte Dialoggedächtnis und Klärungsdialoge zu bearbeiten.

Im Bereich Dialoggedächtnis wurden verschiedene Ansätze zur Repräsentation und Strukturierung untersucht. Dabei besteht ein enger Kontakt vor allem mit den Projekten zur Semantikkonstruktion und -auswertung, um deren Anforderungen in das Design dieser Komponente einfließen zu lassen. Derzeit wird eine dreistufige Modellierung des Dialoggedächtnisses untersucht. Eine Ebene besteht dabei aus der referentiellen Struktur, die zu den Diskursreferenten die quell- und zielsprachlichen linguistischen Repräsentationen speichert. Die zweite Ebene repräsentiert die thematische Struktur, die über der referentiellen Struktur liegt. Sie gruppiert die linguistischen Repräsentationen nach thematischen Kontexten und definiert die im jeweiligen Dialogkontext zugänglichen Diskursreferenten. Diese Strukturen bilden die Grundlage, um referentielle Ausdrücke im äußerungsübergreifenden Kontext analysieren und generieren zu können. Der Diskursplan bildet die dritte Schicht und spiegelt die Struktur des geführten Dialogs wieder.

Zu dem zweiten Punkt Klärungsdialoge wurde zunächst untersucht, welche verschiedenen Arten in VERBMOBIL auftreten können. Zum einen sind dies solche, die aufgrund von Kompetenz- oder Performanzmängeln eines der drei im Dialog Beteiligten - zwei Menschen und das VERBMOBIL-Gerät - auftreten, oder Klärungsdialoge zwischen den beiden menschlichen Dialogpartnern. VERBMOBIL muß letztere innerhalb der normalen Diskursstruktur verfolgen können. Von besonderem Interesse sind jedoch solche Klärungsdialoge, bei denen VERBMOBIL involviert ist.

Klärungsdialoge, in denen das VERBMOBIL-Gerät involviert ist, werden initiiert

a) von einem der Gesprächspartner wenn

- a1) VERBMOBIL um die Übersetzung eines Wortes bzw. einer Phrase gebeten wird, die vom Gesprächspartner genutzt werden soll (VERBMOBIL als ansprechbares Lexikon).





- a2) eine Übersetzung nicht verstanden wurde. VERBMOBIL muß eine neue Übersetzung bzw. eine Paraphrase generieren.
- a3) einer der Gesprächspartner einen Fehler von VERBMOBIL erkennt und korrigiert. Die fehlerhaft funktionierenden Komponenten sollten gemäß dieser Korrektur justiert werden.

b) von VERBMOBIL selbst

- b1) wegen eines Fehler in der Verarbeitung durch VERBMOBIL. Mögliche Reaktionen:
  - b11) Wenn die Analyse kein Ergebnis geliefert hat, zu dem eine Übersetzung gefunden werden kann, muß der Sprecher zu einer wiederholten Eingabe aufgefordert werden. Dies wird bei mehrmaligem Auftreten problematisch!
  - b12) Falls bestimmt werden kann, daß ein unbekanntes Wort verwandt wurde, kann ein Lernsubdialog initiiert werden.
  
- b2) Erkennen von fehlerhaften Übersetzungen. Auch hier können zwei Situationen unterschieden werden:
  - b21) Die Übersetzung von VERBMOBIL ist fehlerhaft.
  - b22) Die Sprachkompetenz eines Sprechers ist nicht ausreichend, sodaß er in den von ihm in Englisch gemachten Äußerungen Fehler produziert.  
  
Diese Fehler können anhand eines nichtkohärenten Dialogverlaufs und eventuell anhand von Korrekturphrasen wie ``Nein, nein, das habe ich nicht so gemeint" oder Nachfragen ``Fünf Uhr?" (mit Prosodie, die Erstaunen ausdrückt) erkannt werden. Fraglich ist, vor allem bei dem zweiten Fall, ob VERBMOBIL hier korrigierend eingreifen soll, ohne daß es explizit aufgefordert wird.

Diese Klassifizierung bietet die Grundlage, in der Komponente zum Aufbau und zur Verwaltung der Dialogstruktur Wissen und Verfahren zur Behandlung von Klärungsdialogen einzubringen. Zunächst werden vorrangig Klärungsdialoge gemäß Punkt b1 untersucht, da diese für den Demonstrator zur Verfügung stehen sollen.

Mithilfe der eingebrachten Vorarbeiten, die im letzten Zwischenbericht genannt wurden, konnte bereits ein Testsystem erstellt werden, das planbasiert Dialogstrukturen für einfache Dialoge verarbeitet. Dabei wurde eine Planoperatoren-Wissensbasis erstellt, die den Dialog in drei Phasen aufgeteilt. Die Erfahrungen mit dem Testsystem dienen als Ausgangspunkt für derzeit laufende Arbeiten.



### 4.3.2 Veröffentlichungen und Vorträge

#### Veröffentlichungen:

- A. Kilger, W. Finkler. Handbuch zum System VM-GEN 1.0, unveröffentlichtes Manuskript, DFKI Saarbrücken, Dezember 1993
- W. Wahlster. Verbmobil: Uebersetzung von Verhandlungsdialogen in: Statusseminar des BMFT, Kuenstliche Intelligenz, April 1993, Berlin
- W. Wahlster. Verbmobil: Translation of Face-to-Face Dialogs Hauptvortrag: MT Summit IV, Kobe, Japan in: Proc. of the 4th Machine Translation Summit. Kobe, Japan, Juli 1993. S. 127 - 135.
- 

- W. Wahlster. First Results of Verbmobil: Translation Assistance of Spontaneous Dialogs Eingeladener Vortrag in: ATR International Workshop on Speech Translation, IWST-93, November 93, Kyoto, Japan

#### Vorträge:

- W. Finkler. TAG-GEN: Inkrementelle syntaktische Generierung mit lexikalisierten Tree Adjoining Grammar. Workshop zur Generierung in Verbmobil, 17.9.1993, Siemens, München
- A. Kilger. Inkrementelle syntaktische Generierung natürlicher Sprache mit TAG-GEN. Vortrag im Kolloquium des Graduiertenkollegs 'Beherrschbarkeit komplexer Systeme', Universität Karlsruhe, 22.10.1993
- W. Wahlster. Verbmobil - Translation of Face-to-Face Dialogs 8th German-Japanese Forum on Information Technology, Weimar
- W. Wahlster. Verbmobil - Uebersetzung von Verhandlungsdialogen Hauptvortrag: KI-93, Berlin
- W. Wahlster. VERBMOBIL: Translation of Spontaneous Speech in Negotiation Dialogs Hauptvortrag: Eurospeech 93, Berlin
- W. Wahlster. Verbmobil: Translating Spontaneous Face-to-Face Dialogs Eingeladener Vortrag: RWC Tsukuba Research Center, Japan
- W. Wahlster. The VERBMOBIL Project: Face-to-Face Dialog Translation Eingeladener Vortrag: 14th International Avignon Conference, AI 94, Paris, Frankreich



4.4 VERBMOBIL Teilprojekt 16 (B)

EXECUTIVE SUMMARY

Das Teilprojekt 16 des VERBMOBIL-Forschungsvorhabens hat die Aufgabe, die von den anderen Projektpartnern entwickelte Software zu einem lauffähigen System zu integrieren. Trotz wesentlicher Fortschritte in der Standardisierung von Software und Hardware bleibt auch heute die Herausforderung, ein äußerst komplexes System auf der Basis von fachlich und technisch sehr unterschiedlichen Teilsystemen zu entwickeln.

VERBMOBIL-Teilprojekt 16 begann im September 1993 mit der systematischen Auswahl der geeigneten Entwicklungsumgebung. Gleichzeitig wurde der Stand der Arbeiten bei den Partnern ermittelt. Gemeinsam mit den Partnern wurde die fachliche Systemarchitektur definiert und der Bereitstellungsplan erstellt. Neben den technischen Arbeiten übernimmt VERBMOBIL-Teilprojekt 16 die Aufgaben der Projektadministration und -organisation für das gesamte VERBMOBIL-Projekt.

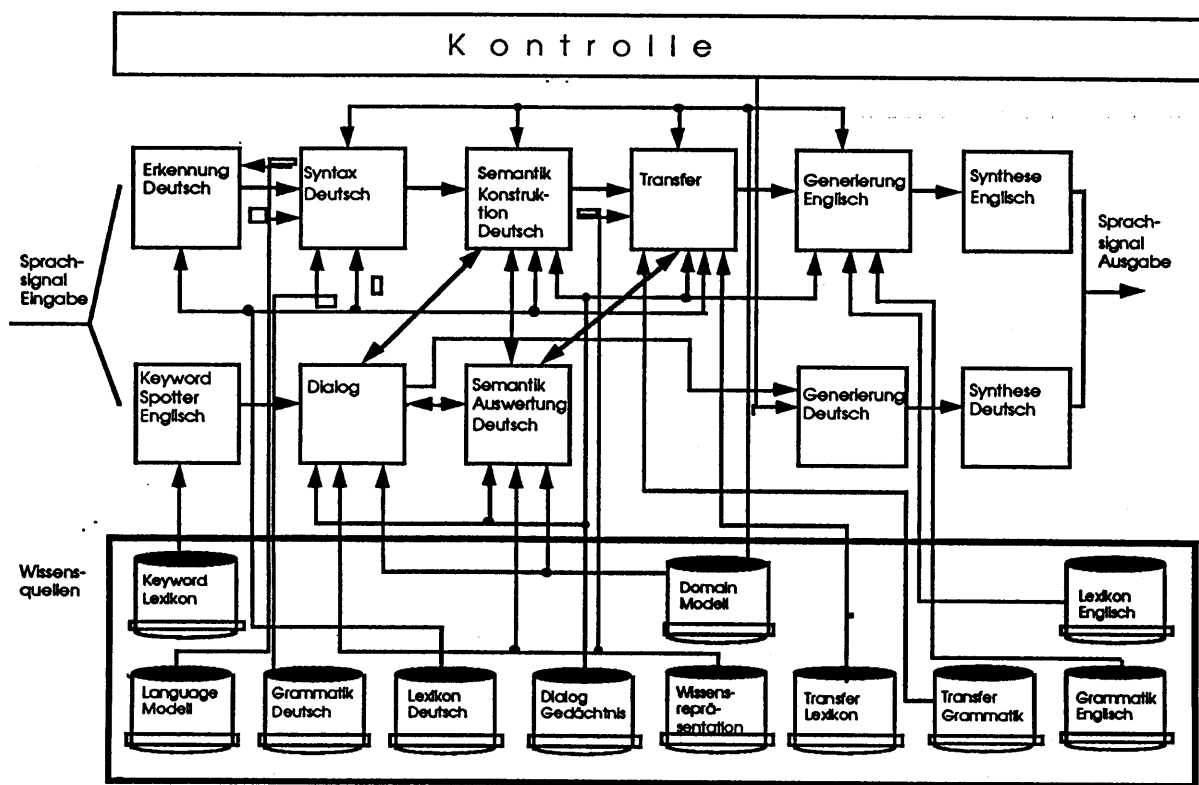


Abbildung 1: Fachliche Architektur für den Verbmobil-Demonstrator



### *Zielvorgaben in einzelnen Arbeitspaketen*

TP 16 hat umgehend nach dem Zugang des Zuwendungsbescheids am 23.8.1993 seine Arbeit aufgenommen. Die ersten Schritte bezogen sich auf die organisatorische Ausgestaltung des Integrationsteilprojektes, insbesondere durch die Feindefinition von Arbeitspaketen aus dem Projektantrag:

- AP1: Spezifikation
- AP2: Entwicklungsumgebung
- AP3: Standards
- AP4: Effiziente Implementierung
- AP5: Adaption
- AP6: Management

Das Arbeitspaket 1 Spezifikation definiert die informellen Anforderungsprofile für alle Komponenten und bestimmt die durch die Auswahl von Hard- und Software verursachten Randbedingungen. Hieraus ist eine geeignete Systemspezifikation zu entwickeln. Außerdem sind entsprechende Testverfahren festzulegen. Als weiterer Punkt in dieser Phase ist der Softwareaustauschprozeß und das hiermit verbundene Feedback mit den Teilprojektpartnern zu bestimmen. Die Festlegung eines Konzeptes zur Versionskontrolle und eines Datenbankkonzeptes zur Unterstützung der Idee der Trivialmodule sind ebenfalls diesem Arbeitspaket zuzurechnen.

Beim Arbeitspaket 2 steht die Implementierung einer geeigneten Entwicklungsumgebung im Vordergrund. Hierzu sind geeignete GUI -Tools und Entwicklungswerkzeuge auszuwählen und Verfahren festzulegen, nach denen die von den Teilprojekten gelieferten Module angenommen und validiert werden. Die realisierte Entwicklungsumgebung ist den Teilprojektpartnern zur Verfügung zu stellen.

Ziel des Arbeitspaketes 3 ist die Festlegung von Standards, die von den Partnern bei der Erstellung ihrer Belegimplementierungen einzuhalten haben. Hierzu zählen Programmier- und Dokumentationskonventionen ebenso wie die Festschreibung von Abnahme- und Übergabeverfahren.

Arbeitspaket 4 umfaßt die effiziente Implementierung aller von den Teilprojekten gelieferten Belegimplementierungen einschließlich der Integration zu einem Gesamtsystem. Die Zielsetzung ist, möglichst früh und danach regelmäßig ein lauffähiges VERBMOBIL-Rumpfsystem, die sogenannte Laborversion, den Partnern zur Verfügung zu stellen.

Das Arbeitspaket 5 (Adaption) hat die Aufgabe, die von externer Seite gelieferten Systemkomponenten in die VERBMOBIL-Umgebung zu integrieren. Hierzu zählt die Definition von Schnittstellen zu einem externen Modul sowie die Überprüfung von Laufzeitparametern externer Module auf ihre Verträglichkeit und Zuverlässigkeit.

Arbeitspaket 6 beinhaltet die organisatorische Koordination der 32 VERBMOBIL-Partner und der Interaktion mit dem Projektträger (DLR) und dem Zuwendungsgeber (BMFT). Zentral dabei ist die Schaffung eines einheitlichen Informationsstandes innerhalb des Projektes, die Organisation des wechselseitigen Austausches, die Aktualisierung der VERBMOBIL-Netzpläne und die Vorbereitung und Durchführung der Projektkonferenzsitzungen.

#### **4.4.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse**

Zunächst wurden alle Projektpartner aufgefordert Ansprechpartner zu benennen, die gegenüber



Gleichzeitig mit diesen organisatorischen Schritten begann die Rekrutierung von Mitarbeitern sowie die Planung der für TP 16 zu beschaffenden Hard- und Software.

Bezüglich der Beschaffung wurde eine Umfrage unter den VERBMOBIL-Partnern durchgeführt, um einen Überblick über die verwendete Hard- und Software zu erhalten. Diese Umfrage hatte zum Ziel, bei der Beschaffung für TP16 neben den durch die Sache vorgegebenen Randbedingungen (wie z.B. hohe Performanzanforderungen) eine möglichst hohe Kompatibilität zu den Projektpartnern zu gewährleisten. Es ist offensichtlich, daß sich dadurch Transferprobleme von VERBMOBIL-Partnern an TP 16 verringern lassen. Die Evaluation der Umfrage berücksichtigte nicht nur die Häufigkeiten einzelner Nennungen einer HW/SW-Plattform, sondern auch das relative Gewicht der in dem jeweiligen Fall bereitgestellten Software für den Demonstrator.

5 verschiedene Rechnerplattformen wurden schließlich bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit, ihrer verfügbaren Software sowie ihrer Eignung für die im VERBMOBIL-Projekt gesetzten Ziele ausgewertet. Die Beschaffung im Dezember 1993 umfaßte schließlich SUN-Multiprozessorsysteme und HP-Hochgeschwindigkeitsrechner.

Für die in TP 16 notwendige Softwareausstattung (Entwicklungsumgebungen, Compiler, Tools) wurden Marktübersichten erstellt bzw. ausgewertet. Ein Kriterienkatalog sowie vergleichende Gegenüberstellungen einzelner Werkzeuge auf Grundlage dieser Kriterien schränkten die in Frage kommenden Alternativen weitgehend ein, so daß die Beschaffung zu



Demonstrator-relevante Software wurde auf dem TP 16 -Arbeitstreffen im Dezember 1993 begonnen und über den Jahreswechsel vervollständigt. Der vorliegende Bereitstellungsplan dient als Planungsgrundlage für die künftigen Arbeiten der Softwareintegration.

#### 4.4.1.2 LISTE DERZEIT EXISTIERENDER KOMPONENTEN

Es wurde ermittelt, welche bereits existierenden Softwarekomponenten der Projektpartner sofort der Systemintegration und anderen Partnern zu Testzwecken zur Verfügung gestellt werden können. Diese Komponenten wurden zum Teil in anderen Projekten entwickelt und dienen der Systemintegrationsgruppe u.a. zu Experimentierzwecken, bis die eigentlichen VERBMOBIL-Komponenten abrufbar sind. Hinsichtlich dieser Komponenten wurde bezüglich ihrer Tauglichkeit eine Evaluation eingeleitet.

#### 4.4.1.3 RICHTLINIEN ZUR DOKUMENTATION

Um einer zügigen und effizienten Integration der von den Teilprojektpartnern gelieferten Software Module zu ermöglichen, wurden Richtlinien zur Dokumentation der Software erarbeitet. Die Dokumentationsrichtlinien wurden mit verschiedenen Partnern abgestimmt; eine verbindliche Version wird als VERBMOBIL-Report zirkuliert werden.

#### 4.4.1.4 VORLÄUFIGER ZEITPLAN FÜR DIE DEMONSTRATORENTWICKLUNG

Der auf dem vorliegenden Bereitstellungsplan basierende Zeitplan für die Demonstratorentwicklung sieht vor, an vier in dreimonatigem Abstand aufeinanderfolgenden Terminen ab September 1994 die bereitgestellten Softwaremodule in erster Version zu übernehmen und in das Gesamtsystem für den Demonstrator zu integrieren. Im Februar und März 1994 sollen zuvor die Gesamtarchitektur und Schnittstellen unter den Modulen festgeschrieben werden, so daß im Juni 1994 eine erste Laborversion des Gesamtsystems mit Dummy-Modulen in Analogie zum "Breadboard"-Modell durch TP 16 zur Verfügung gestellt wird.

#### 4.4.1.5 MANAGEMENT

Zur Errichtung der notwendigen kommunikativen Infrastruktur für VERBMOBIL wurde eine Datenbank eingerichtet, die neben den postalischen Angaben sämtlicher in VERBMOBIL tätiger Wissenschaftler auch die Zuordnung zu Arbeitspaketen enthält. Zugänglich gemacht wurden diese Daten durch die Einrichtung eines passwortgeschützten ftp-Servers, der als Voraussetzung und Basis für den Softwareaustausch innerhalb des Gesamtprojekts dient. Aktuell finden sich auf dem Server Protokolle von Workshops und Arbeitstreffen, allgemeine projektrelevante Informationen, transliterierte und gedolmetschte Dialoge sowie Reports, Technische Memos, und Deliverables.

In dem Zuwendungsbescheid vom 6.08.1993 an das DFKI fordert das BMFT den Abschluß eines für alle VERBMOBIL-Partner verbindlichen Kooperationsvertrages, der bis zum



31.10.93 vorzulegen war. Dieser Vertrag wurde in mehreren Runden vorverhandelt und unter Leitung von TP16 zum Abschluß gebracht. Die Einigung konnte bei einer Konferenz am 22.10.93 erzielt werden, zu der die Justitiare der VERBMOBIL-Partner eingeladen waren. Der von allen Partnern unterschriebene Kooperationsvertrag konnte dem Projektträger am 8.12.93 vorgelegt werden.

In enger Absprache mit dem BMFT wurden Richtlinien für die Aufgaben und Zuständigkeiten verschiedener Organisationsebenen, die Strukturierung und Frequenz von VERBMOBIL-Treffen und Vorgaben für VERBMOBIL-Publikationen erarbeitet und in dem Dokument "Projektinterne Regelungen für VERBMOBIL" zusammengefaßt. Für die am 27-28.01.94 stattfindende Projektleitungssitzung wurde im Vorfeld ein Zeitraster entworfen, das Programm erstellt und mit den Teilprojektsprechern und Leitern der Teilvorhaben abgestimmt, der

Da TP16 auch Ansprechpartner für VERBMOBIL-bezogene Öffentlichkeitsarbeit ist, wurde in Zusammenarbeit mit dem vom BMFT beauftragten Werbestudio Hohmann die Präsentation von VERBMOBIL auf dem Stand des BMFT bei der CeBIT 94 entworfen und vorbereitet.

#### **4.4.2 Veröffentlichungen und Vorträge**

##### **Veröffentlichungen**

M. Wittmann, O. Schmidbauer, A. Aktas: Online Channel Compensation For Robust Speech Recognition, Sept. 93, EUROSPEECH 93, Berlin, pp 1251 - 1254

##### **Vorträge**

W. Olthoff: Überblick über Aufbau, Zielsetzung und Arbeitspakete der Systemgruppe, Arbeitstreffen TP 16, Kaiserslautern 21.12.1993

M. Wittmann: Planungsstand der Laborversion und ihrer Bereitstellung, Arbeitstreffen TP 16, Kaiserslautern 21.12.1993

J. Benra: Planungsstand für Checkin/Checkout von Partnersoftware sowie Integration vs. Reimplementierung, Arbeitstreffen TP 16, Kaiserslautern 21.12.1993

R. Karger: Testdaten- und Wissensquellenverwaltung, Arbeitstreffen TP 16, Kaiserslautern 21.12.1993

W. Olthoff: Abstimmung über Zeitplanung für Demonstratorentwicklung und allgemeine Aussprache,

#### 4.5 WLS-Assistent (G)

Das Projekt WLS-Assistent ist ein Vorhaben, dessen Realisierung in Kooperation zwischen dem DFKI, Standort Saarbrücken, und der SEMA GROUP GmbH in Köln erfolgt. Dieses Forschungsvorhaben steht in enger Beziehung zum Kundenprojekt WLS-Wartungsleitstand der SEMA Group, einer Anwendungslösung zur Fernüberwachung und Ferndiagnose technischer Geräte. Ziel ist es, diese Anwendungslösung in zwei Richtungen durch Assistenzfunktionen zu ergänzen: Einmal unterstützt WLS-Assistent durch ein planbasiertes Hilfesystem den Wartungstechniker bei der Systembedienung. Andererseits assistiert es ihm bei der Fehlerdiagnose und generiert effiziente Reparaturpläne.



Assistenzsystem  
Wartungsleitstand





#### 4.5.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Da das Projekt erst im letzten Quartal des Berichtszeitraums gestartet ist, wird an dieser Stelle über angestrebte Ergebnisse berichtet.

Der Assistenzcharakter des zu entwickelnden Systems gliedert sich in zwei Teile; auf der einen Seite wird der Benutzer des Wartungsleitstandes bei der Bedienung unterstützt, auf der anderen Seite assistiert ihm das System bei der Diagnose von Fehlern der zu wartenden Einheiten sowie der Lokalisierung der reparaturbedürftigen Komponenten. Darauf aufbauend werden effiziente Reparaturpläne vom System generiert, die dem Techniker als Lösungsweg vorgeschlagen werden.

Zur Realisierung der Bedienungsunterstützung wird ein planbasiertes Hilfesystem entwickelt, das aufgrund von Aktionen, die der Benutzer mit der Applikation ausführt, Schlußfolgerungen über mögliche Ziele des Benutzers zieht. Hierfür werden Verfahren der Planerkennung und der Planvervollständigung eingesetzt. Es werden verschiedene Hilfestrategien vorgesehen. Es wird auf Ergebnisse des bereits erfolgreich durchgeführten Kooperationsprojektes PLUS (Plan-based User Support) zurückgegriffen.

Das Assistenzsystem wird in der zweiten Phase durch die Generierung von Reparaturplänen erweitert. Dabei sollen diese Reparaturpläne hinsichtlich verschiedener Kriterien optimal sein. Eine Überwachung der Erfolge der Reparaturen anhand der generierten Pläne ist vorgesehen. Die Konzeption der zweiten Phase berücksichtigt spätere Erweiterungen und weitere Schnittstellen zu anderen Systemen wie beispielsweise Logistik-Programme.

#### 4.5.2 Veröffentlichungen und Vorträge

##### Veröffentlichungen:

F. Berger, T. Fehrle, K. Klöckner, V. Schölles, M.A. Thies, W. Wahlster: PLUS: Plan-based User Support. Final Projekt Report, DFKI Research Report RR-93-15, 1993

M.A. Thies: Planbasierte Hilfeverfahren für direkt-manipulative Systeme: Erkennung, Vervollständigung und Visualisierung von Interaktionsplänen, Dissertation, in Vorbereitung, 1994.

#### 4.6 EFFENDI -Effizientes Formulieren von Dialogbeiträgen (G)

##### EXECUTIVE SUMMARY

Im ersten Halbjahr der Projektlaufzeit wurde der im DFKI-Projekt WIP entwickelte Generierungsmodul TAG-GEN an Schnittstellen des Dialogsystems bei der Daimler-Benz AG Ulm (Dialogmanager und Komponente zur Sprachsynthese) angepaßt. Eine Abbildung von Strukturen der 'semantic interface language' (SIL) auf Eingabespezifikationen von TAG-GEN wurde realisiert. Dies erlaubt es, ausgehend von einer SIL-Struktur sowohl eine deutsche als auch eine englische Äußerung zu erzeugen. Damit ist der Stand des Projektes nach einem halben Jahr weiter als in den Meilensteinen gefordert.

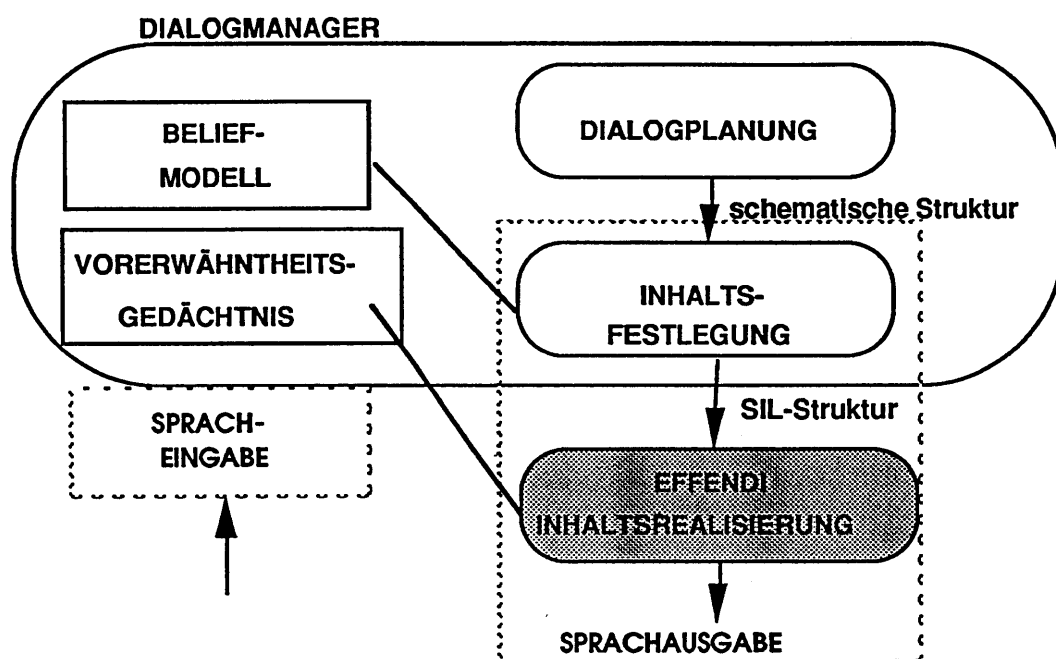


Abbildung 1: Die Einbettung von EFFENDI in ein Dialogsystem bei der Daimler-Benz AG

##### 4.6.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

EFFENDI (Effizientes Formulieren von Dialogbeiträgen) ist ein Kooperationsprojekt zwischen dem DFKI und dem Institut für Informationstechnik am Forschungszentrum Ulm der Daimler Benz AG: Das Projekt ist ausgelegt für einen Mitarbeiter am DFKI bei einer geplanten Laufzeit von 3 Jahren. Angestrebt ist eine enge Zusammenarbeit mit den DFKI Projekten WIP und DISCO bzw. deren Nachfolgeprojekten. EFFENDI soll in ein System zur "speech-to-speech" Kommunikation bei der Daimler-Benz AG integriert werden. Die bisherige Domäne umfaßt Fahrplanauskünfte bei Zugverbindungen und Reservierungen. Am Forschungszentrum Ulm werden Komponenten zur Synthetisierung gesprochener Sprache und ein Dialogmanager entwickelt. In EFFENDI soll ein Konzept für Generierung in Realzeit entwickelt und umgesetzt werden.

Gemäß Projektplan für EFFENDI sollte im ersten halben Jahr der Laufzeit des Projektes zunächst "...der existierende Generierungsmodul TAG-GEN, der im DFKI-Projekt WIP



entstanden ist und in den DFKI-Projekten VERBMOBIL und PPP weiterentwickelt wird, an die Schnittstellengegebenheiten der Generierung bei der Daimler Benz AG angebunden werden."

Bei TAG-GEN handelt es sich um ein komplexes Programmpaket (ca. 2 MB Sourcecode), das hauptsächlich von Anne Kilger und Wolfgang Finkler entwickelt wurde und auf den Systemen POPEL-HOW (Finkler/Neumann 1987-89) und ISGT (Schauder 1989-90) aufbaut. Aufgrund der Übernahme der Mitarbeiterstelle im Projekt EFFENDI durch Wolfgang Finkler und des Einsatzes der beiden bisher in WIP tätigen wissenschaftlichen Hilfskräfte Peter Poller und Jochen Bedersdorfer konnte die Projektarbeit ohne Einarbeitungszeit begonnen werden.

#### 4.6.1.1 PORTIERUNG DES MODULS AUF RECHNER BEI DER DAIMLER-BENZ AG

Zunächst wurden bei der Portierung des Generators technische Arbeiten zur Partitionierung des Programms in einen Kern (implementiert in Standard Common Lisp) und Software zur einbettenden Umgebung durchgeführt. Der Kern beinhaltet die Operationen auf einer UTAG (Baumadjunktionsgrammatik mit Unifikation) zur Integration von syntaktischen Strukturen auf der Dominanzebene, die Positionierung von syntaktischen Fragmenten und den Modul MORPHIX zur morphologischen Synthese. Der Kern sollte auf jeden Fall im Prototyp von EFFENDI verwendet werden. Die Verwendung von Teilen der Software zur Umgebung sollte je nach Bedarf bzw. Voraussetzungen der Zielmaschine entschieden werden. Die Umgebung umfaßt WIP-spezifische Teile, die Schnittstelle zum Macintosh zur Ausgabe gesprochener Sprache, die Möglichkeit, die Generierung mittels 'remote procedure call' im LAN parallel durchzuführen und die Wahl einer Benutzer- und Traceoberfläche (Einsatz von 'dynamic-windows' von SYMBOLICS).

Bei einem ersten Arbeitstreffen in Ulm wurden durch den Kooperationspartner Systemvorführungen zum Dialogsystem und zur Erkennung gesprochener Sprache gegeben, und Aspekte und Anforderungen der Schnittstelle Dialogmanager / Generator angesprochen. Neben dem Aufruf des EFFENDI Systems mit Konstrukten der 'semantic interface language (sil)' gehören dazu etwa, die Möglichkeit, Information durch den Generator durchzureichen, d.h. nicht frei zu generierende Strings anzugeben, Update von zugrundeliegender Repräsentation von Teiläußerungen in Datenstrukturen der Dialogkomponente etwa zu Anaphorisierung und in einem fortgeschrittenen Stadium des Projektes die Rückmeldung an die aufrufende Komponente, daß einige Teilkonstrukte wegen einer Unterbrechung nicht verbalisiert werden konnten und daher für den Dialog zwar geplant aber nicht realisiert wurden. Wegen der zweiten Schnittstelle zu Systemen bei der Daimler Benz AG wurde die Sprachsynthesekomponente vorgeführt und Verbindungen und Abhängigkeiten zwischen grammatikalischer Encodierung und Artikulation diskutiert, wie beispielsweise die Umsetzung von Fokusinformation mittels Intonation oder Wortstellung.

Weiterhin wurde die Programmiersprachenproblematik in der ersten Phase von EFFENDI angesprochen: Das umgebende System ist in Prolog realisiert, der Generator in Symbolics Common Lisp mit einigen Erweiterungen (multiprocessing facility, CLOS, FLAVORS). Um möglichst bald eine Anbindung des Generators zu ermöglichen, wurde beschlossen, eine Reduzierung des Codes auf Standard Common LISP anzugehen und die Aufrufe des Generators über Prozeßkommunikationen zu realisieren. Man einigte sich auf Lucid Common LISP als Implementationssprache.

In den folgenden Wochen standen praktische Arbeiten zur Anpassung des Generators an Lucid Common Lisp im Mittelpunkt der Arbeiten. Bei dieser Überarbeitung des Programms konnten einige Stellen im Code bei gleicher Funktionalität effizienter realisiert werden.

Die Programmteile, die den Formalismus - TAGs mit Unifikation - betreffen, wurden als erstes übertragen (DAGs zur Repräsentation von Merkmalsstrukturen innerhalb elementarer Bäume



einer TAG, nichtdestruktive Unifikationsoperation, Test auf Kompatibilität von Merkmalsstrukturen, usw.). Nun war es möglich, Beispielgrammatiken des Systems einzulesen und dabei interne Strukturen zu verwalten.

Die Realisierung inkrementeller Eingabe wurde als nächstes portiert: Ein Prozeß (das Input-Object) ist dafür verantwortlich, Eingabeelemente, die stückchenweise oder als Gruppe spezifiziert werden können, sofort zu bearbeiten und Objekte im verteilten parallelen Modell des Generators zu erzeugen. Dies erlaubt es, den syntaktischen Generator sehr flexibel aufzurufen.

Die Spezifikationssprache für die Eingabe wurde vereinfacht, um nicht alle Details zu einem Eingabeelement explizit angeben zu müssen. Stattdessen können Vorbesetzungen verwendet werden.

In einem nächsten Schritt wurde die Realisierung der Teile des Generators auf Lucid Common Lisp umgestellt, die 'multiprocessing facilities' der SYMBOLICS Lisp-Maschine und damit Flavors verwenden. Dies war Voraussetzung für die Erzeugung von Objekten im verteilten System des Generators. Ihre Initialisierungsphase, d.h. die Verarbeitung in der Interfacekomponente des Generators zur Auswahl elementarer Bäume und Teile der Verarbeitung auf der Konnexionsebene wurden bereits im August auf einer Workstation ablauf-fähig fertiggestellt. Die Portierung der Simulation des dem Generator zugrundeliegenden verteilten parallelen Modells bereitete die größte Mühe. Ein erheblicher, unerwarteter Zeitaufwand war notwendig zum Debugging des portierten Systems. Zum einen fehlte die gewohnte Entwicklungsumgebung; darüberhinaus gestaltete sich die Fehlersuche als sehr schwierig: Da im Multiprocessing System die Vergabe des Prozessors an einzelne Prozesse nicht von vornherein bestimmt werden kann, und sich im allgemeinen jeder Generatorkauf in der Verarbeitungsreihenfolge vom vorherigen unterscheidet, war das Wiederholen von auftretenden Fehlerfällen mit entsprechenden Tracemeldungen zum Einengen der Fehlersuche sehr schwierig zu bewerkstelligen.

Weiterhin wurden die Basisoperationen der lexikalisierten Tree Adjoining Grammar mit Unifikation, Adjunktion und Substitution, zur flexiblen Expansion bereits aufgebauter Strukturen im verteilten System realisiert und die Verarbeitung im Generator auf der Positionsebene zur Linearisierung der aufgebauten hierarchischen Strukturen für den Ablauf auf der Workstation portiert.

Schließlich wurde die verteilte Terminierung nach der Vektorzählermethode portiert und die Realisierung der inkrementellen Ausgabe angegangen, wobei die Objekte im verteilten parallelen Modell synchronisiert werden müssen. Die Portierung des Generators wurde im September abgeschlossen.

Zusammen mit Anne Kilger aus dem WIP Projekt wurde an einem Handbuch zum Generator gearbeitet, da dies zum Umfang eines Systems, das außerhalb des eigenen Instituts eingesetzt wird, gehören sollte. Weiterhin haben wir einen Zeitschriftenartikel über den Generator fertiggestellt und bei "Computational Linguistics" eingereicht.

Wie im Projektplan zu EFFENDI aufgeführt, wird am DFKI an der Compilation von HPSG nach lexikalisierten TAGs gearbeitet, damit - nach Abschluß dieser Arbeiten und Anpassung der resultierenden TAG an die Erfordernisse inkrementeller Generierung - auf eine umfangreiche Grammatik für das Deutsche zurückgegriffen werden kann.

Während eines Arbeitstreffens in Ulm (am 4./5. Oktober) wurde zunächst der Generator auf



Test von Vollformenlexika angesprochen. Weiterhin wurde an einer ersten Möglichkeit zur Schnittstelle zwischen Generator und Sprachsynthese gearbeitet. Mittels Kommunikation über Sockets gelang es, erstmals Ergebnisse des Generators dem Synthesystem bei Daimler Benz zu übergeben, um sie artikulieren zu lassen.

#### 4.6.1.2 ENTWICKLUNG EINER SCHNITTSTELLE ZWISCHEN DIALOGMANAGER UND GENERATOR

Um den Generator an die Dialogkomponente anzuschließen, ist es erforderlich, die Definition der Schnittstellensprache zur Verfügung zu haben und Beispiele für den in der Anwendung benötigten Sprachausschnitt zu erhalten, damit Grammatik und Lexikon des Generators entsprechend erweitert werden können. Beide Quellen wurden bei dem Arbeitstreffen in Ulm zur Verfügung gestellt. Zunächst wurden einige der Sätze aus der Zugauskunftsdomäne im Generator zum Laufen gebracht, indem insbesondere für Fragesatzkonstruktionen und Zeitangaben neue elementare Bäume bzw. Linearisierungsregeln in unserer lexikalisierten Grammatik aufgenommen wurden.

Die weiteren Arbeiten konzentrierten sich auf die Abbildung von SIL-Strukturen auf Elemente der Eingabe des Generators. Zunächst wurde ein Reader entwickelt, der als technische



Durch die Realisierung der Interfacekomponente liefen bereits gegen Ende November einige der Beispielsätze komplett durch:

- Eingabe: eine SIL-Struktur aus einer Datei
- Interfacekomponente übersetzt in die Eingabespezifikation des Generators
- Generator: produziert den Ausgabestring
- Text-to-Speech System: liest den Ausgabestring vor.

Bis zum Jahresende konnten durch weitere Arbeit an der Interfacekomponente viele der zur Verfügung stehenden SIL-Strukturen verarbeitet werden. Dies schließt einfache Konstruktionen mit Modalverben, Aussage- und Fragesätze ein. Besondere Behandlung im Interface war erforderlich, um unterschiedliche Auffassungen bezüglich der hierarchischen Anordnung von einigen Typen und ihrer Argumente in SIL in die Hierarchie in der Eingabe zum Generator zu übertragen. Im Interface sind derzeit die angegebenen Beispiele zu elliptischen Äußerungen sowie SIL-Strukturen mit mehreren 'utterance field objects' noch nicht berücksichtigt. Im Sprachumfang des Generators sind die entsprechenden Beispiele jedoch ablauffähig. Derzeit wird an der Abbildung der SIL-Strukturen dieser Beispiele noch gearbeitet, damit alle Beispielsätze komplett lauffähig sind.

Während eines Arbeitstreffens in Ulm am 13. Dezember wurde die neue Version des Generators inklusive Interfacekomponente demonstriert. Die Verarbeitungszeit des Prototypen zu EFFENDI, ausgehend von SIL-Strukturen bis zur Artikulation generierter Sätze, wurde durch die zusätzlichen Berechnungen in der Interfacekomponente kaum beeinflusst. Zusammen mit Herrn Heisterkamp von der Daimler-Benz AG wurden zwei erfolgreiche Tests des Systems durchgeführt: Es wurden online erzeugte SIL-Strukturen aus Parsingergebnissen des Dialogsystems als Eingabe in den Prototypen angegeben. Das System war in der Lage, wieder eine entsprechende Äußerung in Deutsch zu generieren. Dieses Verfahren ist natürlich nur in dem Umfang anwendbar, in dem für die Konstrukte der SIL-Struktur bereits Abbildungsnetze im Interface definiert wurden. Der zweite Test bestand darin, das System mit SIL-Strukturen aufzurufen, die als Parsingergebnisse von englischsprachigen Äußerungen im Dialog vorgekommen waren. Mit Hilfe des Systems konnte eine der SIL-Struktur entsprechende deutschsprachige Äußerung erzeugt werden. Dies wurde sehr positiv aufgenommen und als "Fremdsprachige Paraphrasierung" bezeichnet, die sich über die angestrebten Ergebnisse von EFFENDI hinaus ergeben hat.

Nach der ersten Phase im Projekt wechselte Wolfgang Finkler zum 15. Dezember in das VERBMOBIL Projekt, und der neue Mitarbeiter im EFFENDI-Projekt, Peter Poller, arbeitete sich insbesondere in die Interfacekomponente, die semantische Interfacesprache SIL und die Ansteuerung des Generators ein.

#### 4.6.2 Veröffentlichungen und Vorträge

##### Vorträge:

W. Finkler. TAG - GEN: Inkrementelle syntaktische Generierung mit lexikalisierte Tree Adjoining Grammar: Überblicksvortrag, Ulm, 15. Juli 1993



## 5 Intelligente Ingenieursysteme

### 5.1. IMCOD - Intelligent Manager for Comprehensive Design (B)

#### *EXECUTIVE SUMMARY*

*Im IMCOD-Projekt wird ein System entwickelt, das mehrere existierende Systeme, die sogenannten "lokalen Experten", zu einem homogenen Gesamtsystem integriert und damit dem mit dem Produkt-Entwurf beschäftigten Menschen eine optimale Unterstützung bietet.*

*Durch Einsatz des IMCOD Systems kann der gesamte Designprozess...*



**5.1.1. Wissenschaftlich-technische Ereignisse**

**5.1.1. Wissenschaftlich-technische Ereignisse**

Ziel des Projektes ist eine weitere Approximation intelligenter Ingenieursysteme im Sinne der DFKI Vision: Von Lösungen einzelner Probleme wird abstrahiert und diese werden in einen größeren Kontext eingebettet, um so einerseits tiefere strukturelle Einsichten zu gewinnen und andererseits eine höhere Funktionalität und eine bessere Performanz zu erreichen. Das IMCOD-Projekt stellt somit eine logische Fortführung des ARC-TEC Ansatzes für intelligente Ingenieursysteme dar. Es resultiert in neuen, qualitativen Dimensionen für Ingenieursysteme und öffnet die Tür für zusätzliche Anwendungsfelder.

Genauer soll das IMCOD-Projekt die Kompetenz eines Designmanagers dadurch erreichen, daß die Expertise von mehreren einzelnen Experten in sein Hintergrundwissen eingeordnet wird, und er dadurch in die Lage versetzt wird, zuverlässige und globale Lösungen zu erreichen. Das



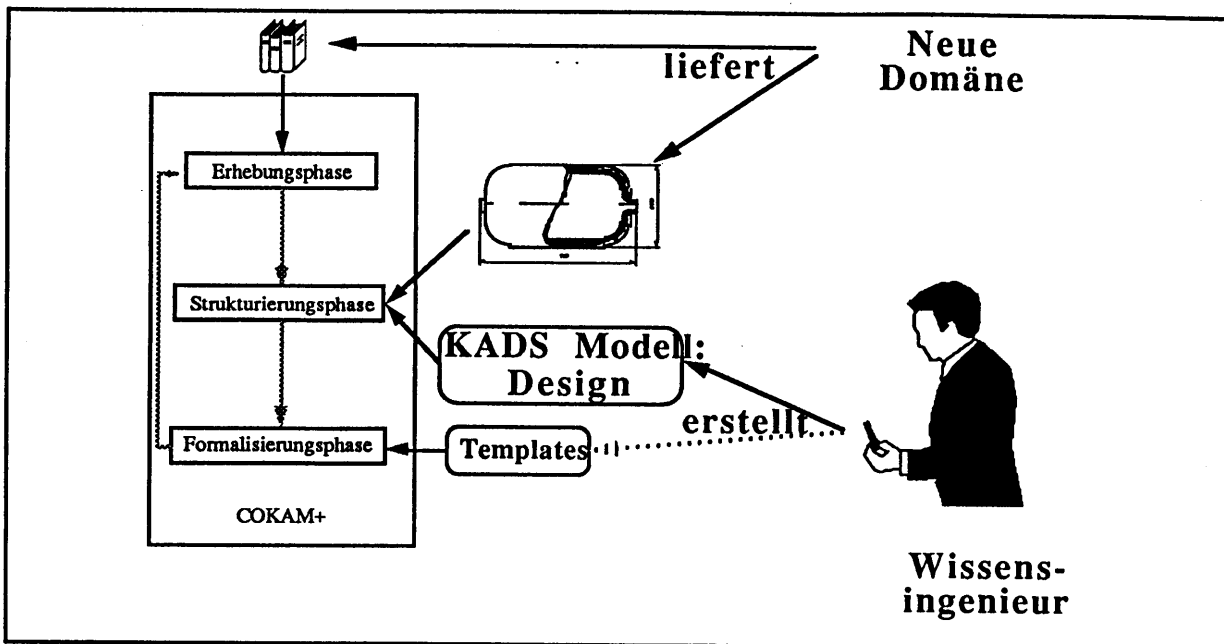


Abbildung 2: Einsatz von COKAM+ im neuen Anwendungsfeld

Nachdem sich der Entwicklungsprozeß von Druckbehältern als geeignetes Anwendungsszenario erwiesen hat, wurden die erhobenden Protokolle weiteranalysiert. Daraus konnten folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

- Die Managementaufgabe wird normalerweise von einem Experten, der bereits in den Entwicklungsprozeß involviert ist, übernommen. Ein Außenstehender könnte diese Aufgabe nicht übernehmen, da er nicht über genügend Wissen auf diesem Gebiet verfügt. Somit fällt einem der beteiligten Experte noch die zusätzlich Aufgabe des Managements zu. Die Experten für die Konstruktion oder Kostenabschätzung eignen sich für die Rolle des Managers am besten, weil ihr Gebiet den gesamten Prozeß begleitet.
- Der Manager muß unterschiedliche Aufgaben bewältigen. Er muß Zwischenergebnisse festhalten, zum nächsten Schritt in der Entwicklung überleiten, fehlendes Wissen erfragen und Konflikte bei widersprüchlich Expertenaussagen auflösen.
- Im Maschinenbau wurde bereits ein gut durchdachtes Modell für den Entwicklungsprozeß erstellt. Abbildung 3 zeigt das auf unser Anwendungsszenario angepaßte Modell zur methodischen Konstruktion. In der Praxis kann jedoch nicht immer nach dem Modell vorgegangen werden, da einerseits der Prozeß sehr komplex ist und andererseits alltägliche organisatorische Probleme auftreten, wie z.B. die Abwesenheit eines Experten.

Das Modell zur methodischen Konstruktion wurde in ein KADS-Modell transformiert, um eine Dokumentation der Expertise zu erhalten und gleichzeitig ein Modell für das IMCOD-System zu erstellen. Die Inferenzstruktur des KADS-Modells ist sehr komplex, so daß mehrere generische Elemente der KADS Bibliothek zur Entwicklung des Modells benötigt wurden.

Es wurde erarbeitet, wie im Hinblick auf einen realistischen Einsatz Wissensbasiertentwurfskriterien erweitert werden sollten. Dabei wurde sowohl die inhaltliche Konzeption als auch die formale Repräsentierbarkeit von sogenannten Anwendungs-Wissensbasen betrachtet. Darüberhinaus wurde mit der gezielten Implementierung eines entsprechenden Systems begonnen.

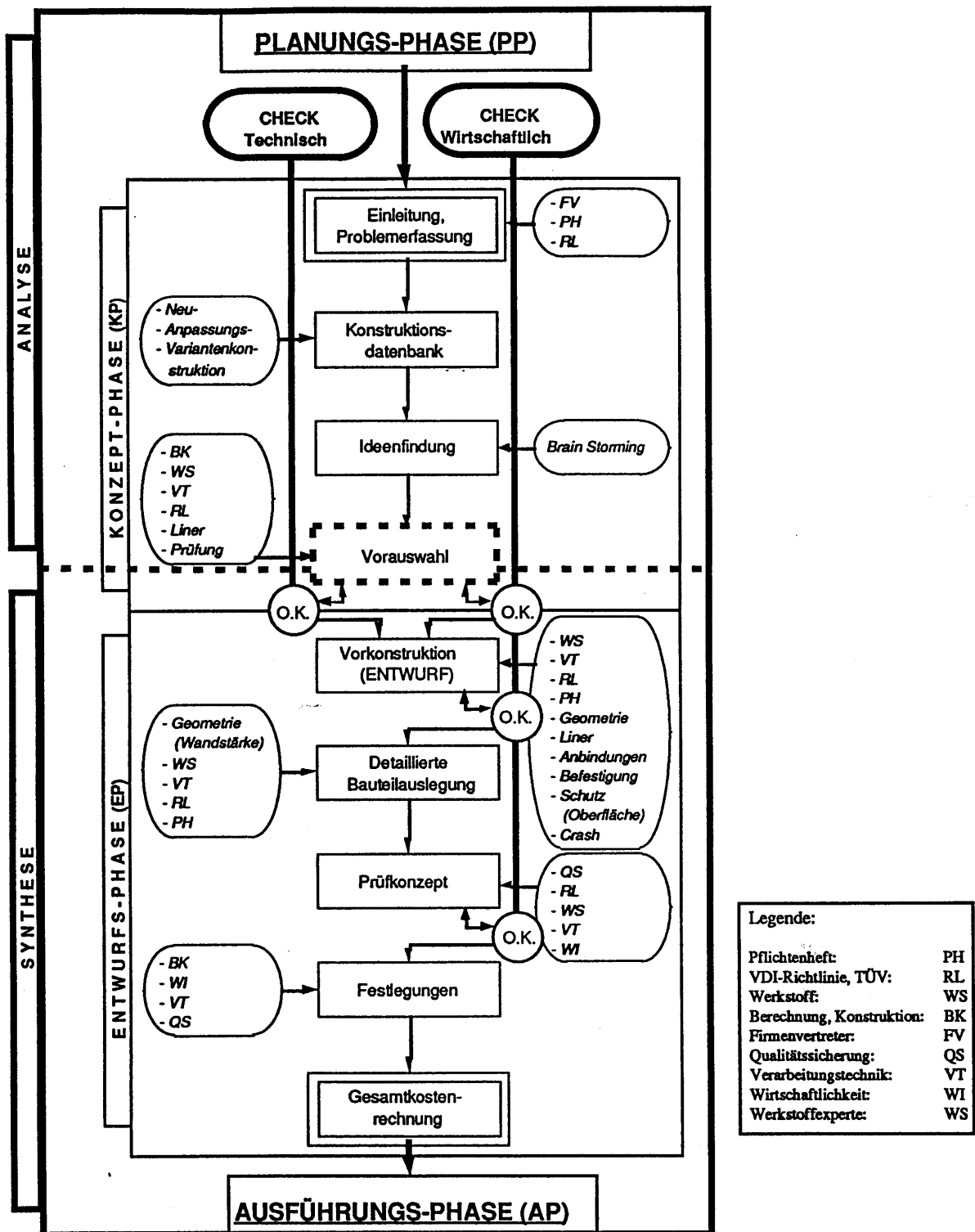


Abbildung3: Methodische Konstruieren eines Druckbehälters

Die praktischen Anforderungen an ein wissensbasiertes System zur Designunterstützung wurden (auch) in einer Kooperation mit der Firma Andreas STIHL (Waiblingen) am Beispiel von Motorsägenkurbelwellen untersucht. Dabei zeigte sich, daß ein solches System insbesondere das firmenspezifische Erfahrungswissen enthalten und bereitstellen sollte, da



dieses Wissen oft nur bei einzelnen Experten vorhanden ist, und somit ein erheblicher Informationsengpaß vorhanden ist. Das gespeicherte Designwissen sollte sowohl zur Unterstützung beim Entwurf neuer Designs (durch Bereitstellung von Vorschlägen und Kritik zu einzelnen Designaspekten) als auch zur Beantwortung von Fragen während der Produktpflege zur Verfügung stehen. Da das firmenspezifische Erfahrungswissen ständigen Veränderungen unterworfen ist, muß darüberhinaus eine Pflege der Wissensbasis durch den Benutzer möglich sein.

Um die Pflegezeit und die Verwendbarkeit von Wissensbasen zu...

## 5.1.2 Veröffentlichungen und Vorträge

### Veröffentlichungen:

- B. Bachmann, RandOm — Representation Language for Domain Theories. In *DFKI Workshop: Knowledge Representation Techniques*, Hinkelmann, K. und Laux, A., July 1993.
- B. Bachmann, A. Bernardi, C. Klauck, G. Schmidt, AI & Design. Document 93-16, DFKI, 1993.
- A. Bernardi, C. Klauck, R. Legleitner, PIM – Skeletal plan-based CAPP. *Computers in Industry* 23(1993), 87-97.
- A. Bernardi, Z. Wu, C. Klauck, R. Legleitner, Manufacturing Process Planning: A Case-Based Approach. In *Proceedings of Third International Conference for Young Computer Scientists ICYCS93*, Wu, J., Yang, J., Gao, W. und Li, Y., Tsinghua University Press, Beijing, China, July 1993, pp. 2.165-2.166.
- H. Boley, F. Bry, U. Geske, Neuere Entwicklungen der deklarativen KI-Programmierung. In *Grundlagen und Anwendungen der Künstlichen Intelligenz-17. Fachtagung für Künstliche Intelligenz*, O. Herzog, Th. Christaller, D.S., Springer-Verlag, 1993, pp. 226-236.
- H. Boley, Buhrmann, U. und Kremer, C. Konzeption einer deklarativen Wissensbasis über recyclingrelevante Materialien. DFKI Technical Memo TM-93-03, DFKI, Presented at Workshop 'KI und Umwelthanwendungen', KI-93, Berlin, August, 1993.
- H.G. Hein, Propagation Techniques in WAM-based Architectures — The FIDO-III Approach. DFKI Technical Memo TM-93-04, DFKI GmbH, October, 1993.
- K. Hinkelmann Consequence Finding and Logic Programming. In *Neuere Entwicklungen der deklarativen KI-Programmierung — Proceedings, Workshop auf der 17. Fachtagung für Künstliche Intelligenz, Berlin*, H. Boley, F. Bry, U. Geske, Research Report RR-93-35, DFKI, P.O. Box 2080, D-67608 Kaiserslautern, Germany, September 1993.
- K. Hinkelmann, H. Hintze, *State-Saving Transformations for Efficient Bottom-Up Evaluation of Logic Programs*, PDK'93, 1993.
- K. Hinkelmann, T.Labisch, Eine bidirectionale Maschine für die Auswertung logischer Programme. In *9. Workshop Logische Programmierung*, Beierle, C., FernUniversität Hagen, Informatik Berichte, 146 - 10/1993, Hagen, Extended Abstract, Oktober 1993, pp. 47-50.
- K. Hinkelmann, A. Laux, J.P. Müller, Can Terminological Logics be used in Practical Applications?. In *AKI Workshop Wissensrepräsentation*, Dezember 1993.
- D. Karagiannis, K. Hinkelmann, Sharing of Very-Large Scale Knowledge Bases: A Rule-Selection Approach. In *Building and Sharing of Very-Large Scale Knowledge Bases*, Tokyo, Japan, Dezember 1993.
- O. Kuehn, *Dimensions of Evolution*. September 1993, IMCOD Discussion Paper 93-1.
- R. Laux, Untersuchung maschineller Lernverfahren und heuristischer Methoden im Hinblick auf deren Kombination zur Unterstützung eines Chart-Parsers. Document D-93-15, DFKI, October, 1993.
- M. Meyer, (Ed). *Proceedings of the Workshop on Constraint Processing at CSAM'93*. DFKI Research Report RR-93-39, DFKI, P.O. Box 2080, 67608 Kaiserslautern, Germany, August 1993.
- M. Meyer, Finite Domain Constraints: Eine deklarative Wissensrepräsentationsform mit effizienten Verarbeitungsverfahren. In *Neuere Entwicklungen der deklarativen KI-Programmierung — Proceedings, Workshop auf der 17. Fachtagung für Künstliche Intelligenz, Berlin*, Boley, H., Bry, F. und Geske, U., Research Report RR-93-35, DFKI, P.O. Box 2080, D-67608 Kaiserslautern, Germany, September 1993, pp. 105-111.
- M. Meyer, J. Müller, Combining Forward-Checking and Looking-Ahead in Constraint Logic Programming. In *Towards the future: Proceedings of the Third International Conference for Young Computer Scientists (ICYCS'93), Beijing, China*, Wu, J., Yang, J., Li, Y. und Gao, W., Tsinghua University Press, Beijing, China, July 1993, pp. 460-463.
- T. Reinartz, F. Schmalhofer, An Integration of Knowledge Acquisition and EBL for a Complex Application. In *Proceedings of the respective IJCAI-93 Workshop*, Tecuci, G., Kedar, S. und Kodratoff, Y., 1993, pp. 155-171.
- M.M. Richter, B. Bachmann, A. Bernardi, C. Klauck, R. Legleitner, G. Schmidt, Von IDA zu IMCOD: Expertensysteme im CIM-Umfeld. Research Report RR-93-36. DFKI. Julv. 1993.



G. Schmidt, Wissensakquisition aus Text: Hypertext versus sprachverstehende Systeme?. In *Positionspapiere des 5. Workshops Hypertext und künstliche Intelligenz*, Neubert, S. und Schmidt, G., 1993.

M. Sintek, *ORF — Object-Centered RELFUN*. November 1993, DFKI Kaiserslautern.

**Vorträge:**

C. Klauck, *IMCOD: Intelligent Manager for Comprehensive Design*, Kolloquium am Labor für Künstliche Intelligenz, Hamburg, December 1993.



## 5.2. TOOCON - Tools for Configuration (G)

### *EXECUTIVE SUMMARY*

*Das Ziel des Projekts TOOCON ist die Entwicklung eines formal fundierten Werkzeugkastens für Konfigurierungsaufgaben und eines in den Werkzeugkasten integrierten Ansatzes zum räumlichen Schließen bei der Konfigurierung. In der ersten Phase (bis 31.10.1992) wurden die Werkzeuge des ARC-TEC Compilationslabors COLAB an einem Prototyp in einer Beispieldomäne demonstriert und ein formaler Kalkül für Konfigurierung (Constructive Problem Solving) erstellt. In der zweiten Phase wurde eine Konzeption für eine deklarative Darstellung von Konfigurierungsaufgaben und deren effiziente Behandlung erarbeitet und diese Konzeption - aufbauend auf vorhandenen Verfahren und Werkzeugen - als ein integriertes Werkzeugsystem prototypisch implementiert. Wesentliche Merkmale des Toolsystems sind ein hohes Maß an Deklarativität der Wissensrepräsentation, eine formale Semantik, die Möglichkeit zur expliziten Beschreibung des Steuerungswissens sowie die Integrationsmöglichkeit anderer Verfahren.*

*Weiterhin wurde ein Ansatz zur Lösung des räumlichen Anordnungsproblems bei der Konfigurierung entwickelt, der auf Anwendungsprobleme mit unterschiedlichen Randbedingungen (z.B. Dimension, Form der Komponenten) anwendbar ist und die flexible Definition der räumlichen Bedingungen nach den Erfordernissen der Anwendung erlaubt. Zur Demonstration dieses Ansatzes wurde eine prototypische Version zur Anordnung von*



Das Projekt TOOCON (Tools for Configuration) wird als Kooperationsprojekt zwischen der Daimler Benz AG, Forschung Systemtechnik (F2SW) Berlin, und dem Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), Kaiserslautern und Saarbrücken, durchgeführt. Das Projekt wurde am 1. April 1992 gestartet und endet am 30. April 1994.

Die Ausgangssituation des TOOCON-Projektes läßt sich wie folgt umschreiben:

- Auf der einen Seite waren - z.B. im DFKI Projekt ARC-TEC - leistungsfähige und formal fundierte Repräsentationsverfahren und -systeme entstanden, die jedoch 'general purpose tools' waren und nicht über eine spezifische Ausrichtung auf eine bestimmte Problemklasse verfügten.
- Konfigurieren war als ein bedeutendes und interessantes Anwendungsfeld wissensbasierter Verfahren etabliert. Es existierten verschiedene Ansätze (z.B. das strukturorientierte oder das bei Daimler-Benz entwickelte ressourcenorientierte Konfigurieren), die in prototypischen Systemen und Anwendungen realisiert worden waren. Dabei zeigte sich jedoch ein deutlicher Bedarf nach größeren Ausdrucksmöglichkeiten und - verbunden damit - nach einem besseren theoretischen Verständnis.

Das TOOCON-Projekt verfolgte das Ziel, diese beiden Entwicklungen zusammenzuführen, um dadurch eine neue Qualität bei der wissensbasierten Beschreibung von Konfigurierungsproblemen zu gewinnen. Zu diesem Zwecke sollten einerseits formale Grundlagen für das Konfigurieren untersucht, und andererseits effiziente modellbasierte Tools entwickelt werden. Ein weiterer, durch die Anwendung vorgegebener Schwerpunkt war die Entwicklung eines Ansatzes zum räumlichen Anordnen technischer Komponenten bei der Konfigurierung.

Basis des TOOCON-Ansatzes sind die im DFKI-Projekt ARC-TEC entwickelten Tools und Konzepte und die bei Daimler-Benz vorliegenden Konzepte und Erfahrungen mit Konfigurierungs-Expertensystemen (ressourcenorientiertes Konfigurieren, Constructive Problem Solving).

### 5.2.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

In der ersten Phase des Projekts wurden bei der Entwicklung des Prototyps für die Beispieldomäne weitere Erfahrungen mit Konfigurierungsproblemen und mit den bereits vorhandenen COLAB-Werkzeugen des Projekts ARC-TEC gesammelt. Basierend auf diesen Erfahrungen war die Zielstellung in der zweiten Phase die Entwicklung einerseits eines formal fundierten Werkzeugkastens für Konfigurierungsaufgaben und andererseits eines in den Werkzeugkasten integrierten Ansatzes zum räumlichen Schließen bei der Konfigurierung. Bei der Konfigurierung werden im Wesentlichen anhand von funktionalen Anforderungen Komponenten aus einem gegebenen Katalog ausgewählt. Die generierte Lösung muß in sich konsistent sein und den Anforderungen genügen. Ein Werkzeugkasten für Konfigurierungsaufgaben muß dementsprechend Methoden und Verfahren zur Überprüfung der Konsistenz einer gegebenen (Teil-)Lösung sowie zur Propagierung von Restriktionen und Abhängigkeiten zur Einschränkung des Lösungsraumes enthalten. Da der Lösungsraum in der Regel auch nach der Propagierung aller Constraints mehr als eine mögliche Lösung enthält, werden weiterhin Methoden und Verfahren zur Generierung, Auswahl oder hypothetischen Annahme von (Teil-) Lösungen benötigt.

Unabhängig von der konkreten Aufgabe, hier Konfigurierung, werden an wissensbasierte Systeme allgemeine Anforderungen gestellt. Die Repräsentation des Wissens soll deklarativ sein, d.h. die Wissensrepräsentation soll so weit wie möglich von der Verarbeitung unabhängig sein. Weiterhin soll ein wissensbasiertes System die Möglichkeit bieten, Steuerungswissen



explizit zu beschreiben, um somit das Vorgehenswissen des Experten zur Erhöhung der Effizienz nutzen zu können.

#### 5.2.1.1 DER TooCon-WERKZEUGKASTEN

Die ersten Konfigurationssysteme (z.B. XCON/R1) waren auf eine bestimmte Anwendung zugeschnitten, so daß für jede andere Domäne ein neues Konfigurationssystem entwickelt werden mußte. Daher entstand die Idee zu untersuchen, welche Methoden und Verfahren für Konfigurationaufgaben allgemein verwendet werden und diese in einem Werkzeugkasten zur Erstellung von Konfigurationssystemen zusammenzufassen. Die Systeme PLAKON und COSMOS sind Beispiele für Konfigurationsshells.

Diese Systeme verfolgen unterschiedliche Ansätze. PLAKON basiert auf einer strukturorientierten Konfiguration, d.h. die Konfiguration orientiert sich an der Struktur des

System verfügt über entsprechend vielfältige Ausdrucksmöglichkeiten, aber nicht über eine durchgängige deklarative Semantik. COSMOS legt dagegen eine ressourcenorientierte Konfiguration zugrunde, hierbei wird der Konfigurationsprozess anhand der Anforderung und Bereitstellung von Ressourcen durch die Komponenten vorangetrieben solange, bis eine ausgeglichene Bilanz und damit die erwünschte Funktion des Gesamtsystems erreicht ist. Nicht alle Aspekte bei Konfigurationsproblemen lassen sich mit ressourcenorientierten Methoden adäquat beschreiben, so daß eine Erweiterung der Wissenrepräsentationsmöglichkeiten erforderlich ist.

**Inferenzen**

**TooCon Toolbox**

**Wissen**

Trägersprache





Bei der Konzipierung und Realisierung des TOOCON-Werkzeugkastens wurde besonderer Wert auf eine formale Semantik gelegt, um eine deklarative Wissensrepräsentation zu erreichen. In der ersten Phase des TOOCON Projekts wurde daher eine Formalisierung generativer Problemlösungen, wie sie für Konfigurierung typisch ist, erarbeitet. Es wurde ein formaler Kalkül in Gestalt des Constructive Problem Solving Verfahrens (CPS) entwickelt (siehe Veröffentlichung von Klein, Buchheit und Nutt), der die Grundlage für die Konzeption der konfigurierungstypischen Merkmale des TOOCON Werkzeugkastens bildete.

Der TOOCON-Werkzeugkasten ist als ein hybrides System mit verschiedenen Verfahren und Mechanismen konzipiert, die entsprechend den Erfordernissen des Anwendungsproblems ausgewählt, quasi konfiguriert, werden können. Weitere Methoden und Verfahren können über eine wohldefinierte und formal fundierte Schnittstelle in die offene Architektur integriert werden. Der TOOCON-Werkzeugkasten verfolgt eine strukturorientierte Konfigurierung; es ist jedoch auf verschiedene Weise möglich, ressourcenorientierte Methoden zu integrieren<sup>2</sup>.

Die Architektur des TOOCON-Werkzeugkastens ist in Abbildung 2 dargestellt. Kern des Werkzeugkastens ist ein terminologisches System auf der Basis des in ARC-TEC entwickelten terminologischen Systems TAXON, das entsprechend den Erfordernissen von Konfigurierungsaufgaben angepaßt bzw. erweitert wurde. TAXON bietet, im Gegensatz zu den meisten anderen terminologischen Systemen, die Möglichkeit, andere Verfahren, z.B. Constraintsolver, als Konkrete Bereiche zu integrieren und zum Konsistenztest hinzuzuziehen. Damit können nicht nur unidirektionale, sondern auch bidirektionale Abhängigkeiten, z.B. Constraints, sowie spezielle Module, z.B. zum räumlichen Schließen, in einem terminologischen System verwendet werden.

Über den Mechanismus der Konkreten Bereiche sind in TOOCON derzeit ein Constraintsolver für Constraints über finiten Domänen (CONTAX), ein Constraintsolver für algebraische Constraints (EPILYTIS, nach der Simplexmethode wie sie auch in CLP(R) verwendet wird) und ein Modul für die räumliche Anordnung von Objekten (TWIN) in den Werkzeugkasten integriert.

In TAXON und in den Konkreten Bereichen wird der Katalog, aus dem die Komponenten für eine Lösung ausgewählt werden, repräsentiert. Es werden sowohl die Eigenschaften der Komponenten als auch Abhängigkeiten zwischen den Komponenten beschrieben. Neben der Repräsentation des Komponentenkatalogs muß noch das domänenabhängige Vorgehenswissen (z.B. Konfigurationsschritte eines Experten) repräsentiert werden. In den TOOCON-Werkzeugkasten sind für diese Aufgabe die Systeme FORWARD für Vorwärtsregeln und TAXLOG für Hornklauseln auf der Basis des Höhfeld-Smolka-Schemas integriert.



### 5.2.1.2 RÄUMLICHES SCHLIEßEN BEI DER KONFIGURIERUNG

Bei der Konfigurierung spielen oftmals räumliche Aspekte eine wichtige Rolle. So tritt z.B. bei der Konfigurierung von Niederspannungsschaltanlagen der Fall auf, daß je nach Wahl der Komponenten aufgrund von räumlichen Constraints entweder eine dreiteilige oder eine einteilige Sicherung ausgewählt werden muß. Ein weiterer wichtiger räumlicher Aspekt ist die Größe der Kammern, die notwendig sind, um die ausgewählten Komponenten aufzunehmen.

Die Komplexität räumlicher Problemstellungen, sowie die bei einem Werkzeugkasten für unterschiedliche Anwendungsprobleme notwendige Flexibilität der Repräsentation lassen eine direkte Lösung der Anordnungsproblematik als algebraisches Constraintproblem nicht sinnvoll

räumliches Schließen integriert.

Das Anordnungsproblem bei der Konfigurierung läßt sich wie folgt beschreiben:

**Gegeben:** eine Menge von geometrischen Objekten und eine Menge von Relationen zwischen den geometrischen Objekten

**Gesucht:** eine Anordnung und gegebenenfalls Dimensionierung der Objekte, so daß alle Relationen erfüllt sind - oder Entdeckung von Inkonsistenz

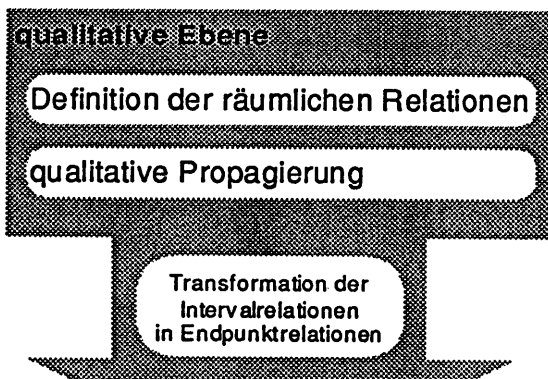
Beispiele für geometrische Objekte sind die Komponenten die während der Konfigurierung ausgewählt werden und Bereiche wie z.B. 'Mindestabstand'. Geometrische Objekte repräsentieren demnach sowohl feste Körper, als auch 'imaginäre' Bereiche. Die benötigten räumlichen

aus dem zweidimensionalen Anordnungsproblem als Beispiel gewählt. Die geometrischen Objekte können hier zu Rechtecken abstrahiert werden, die nur in einer Richtung angeordnet, d.h. nicht gedreht werden.

Ein wesentliches Merkmal des Ansatzes zur räumlichen Anordnung bei der Konfigurierung, der im Projekt TOOCON entwickelt wurde, ist die Trennung in eine qualitative und eine quantitative Ebene. Die qualitative Ebene, sowie die Transformation von der qualitativen Ebene in die quantitative Ebene basieren auf der Intervallalgebra von Allen und dem von Vera Kamp und Prof. Dr. M. M. Richter entwickelten allgemeinen qualitativen räumlichen Szenario. Dieses allgemeine qualitative räumliche Szenario zeigt auf, wie die von Allen für zeitliches Schließen entwickelten Intervallrelationen für vielfältige räumliche Problemstellungen auf einer qualitativen Ebene eingesetzt werden können. Damit können unterschiedliche Anordnungsprobleme repräsentiert und die benötigten räumlichen Relationen flexibel definiert werden.

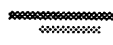

In der Arbeit von Nebel und Bürckert<sup>3</sup> werden Subalgebren der Allen'schen Intervallalgebra vorgestellt, für die die Überprüfung der Konsistenz polynomial ( $O(n^3)$ ) ist. Nebel und Bürckert geben eine maximale Subalgebra mit dieser Eigenschaft an. Verwendet man für die Definition der räumlichen Relationen nur Elemente dieser Subalgebren, so ist die Propagierung auf der qualitativen Ebene besonders effizient.

### Der Ansatz in *TooCon*

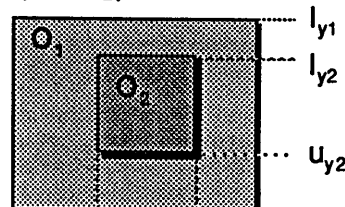


#### Beispiel:

Definition einer Relation:

contains: (  )<sub>x</sub> & (  )<sub>y</sub>

contains( $O_1, O_2$ )





Endpunkte der Intervalle liefert die Transformation von der qualitativen in die quantitative Ebene. Die topologische Anordnung wird dann auf der quantitativen Ebene mit Hilfe eines algebraischen Constraintsolvers auf quantitative Konsistenz hin untersucht. Im Falle der Inkonsistenz findet ein Backtracking auf die qualitative Ebene statt wo eine andere qualitativ



## 6 Programmiersysteme

### 6.1 HYDRA - Hybride Werkbank zur Konstruktion von deduktiven Problemlösern in wissensbasierten Systemen: Berechnung und Deduktion mit Constraints (B)

#### EXECUTIVE SUMMARY

*In Hydra wird das nebenläufige Constraintprogrammiersystem Oz entwickelt. Im Berichtszeitraum konnten die Ideen der ersten Projektphase in einer konsistenten*

*Sprachentwurf und eine stabile Implementierung umgesetzt werden. Seit November 1993 ist das Oz-System und seine Dokumentation auch außerhalb des DFKIs für wissenschaftliche Zwecke verfügbar. Wesentliche Fortschritte wurden in den folgenden Bereichen erzielt: nebenläufige Objekte, Graphik, emanzipierte Namen, Prozesse, formale operationale Semantik, enkapsulierte Suche, finite-domain Constraints.*

#### 6.1.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Im Berichtszeitraum konzentrierten sich die Arbeiten an Oz auf die Fertigstellung des Sprachentwurfes, die Weiterentwicklung der Implementierung und die Dokumentation von Sprache und System.

Kalkül, Sprache und Implementierung wurden um einen Kombinator für die enkapsulierte Suche erweitert. Es wurde mit der Erforschung der theoretischen Grundlagen einer Integration von endlichen Bereichen begonnen. Zu Testzwecken wurde das Oz-System um eine erste naive Implementierung der endlichen Bereiche erweitert. Weiterhin wurden primitive Operationen für die Semi-Echtzeitprogrammierung in Oz integriert. Die Prozessverwaltung von Oz wurde in Hinblick auf die Fairness analysiert, die hieraus gewonnenen Erkenntnisse gaben Anlaß zu mehreren Verbesserungen.

Ausgehend von unserer inzwischen umfangreichen Programmiererfahrung mit Oz konnten wir nun die Fertigstellung des Sprachentwurfes angehen. Zieht man die stürmische Entwicklung von Oz in nur zwei Jahren aus neuen und bis dahin unerforschten Ideen in Betracht, so war eine Phase der Konsolidierung und der Formulierung eines stimmigen Sprachentwurfes unbedingt notwendig. Parallel hierzu haben wir an der ausführlichen Dokumentation von Oz, dem Oz Handbuch, weitergearbeitet. Das Handbuch dient sowohl als Sprachdefinition als auch als Programmierhandbuch. Eine informale Einführung wird ebenfalls im Handbuch gegeben. Momentan umfaßt das Handbuch ungefähr 350 Seiten.

Wir sind zuversichtlich, daß wir das Oz System und Handbuch in Kürze veröffentlichen können. Seit November 1993 sind die jeweils neuesten Versionen von System und Dokumentation durch einen anonymen ftp-Zugang für interessierte Forscher verfügbar. Sobald der Sprachentwurf abgeschlossen und die Dokumentation hinreichend vollständig ist, werden wir Oz offiziell freigeben.

Die bedeutendste Neuerung im Berichtszeitraum war die Entwicklung und Implementierung eines enkapsulierten Suchmechanismus für Oz. In der Sprache Prolog ist Suche ein notwendiger Bestandteil des Berechnungsmodells. Es ist nicht möglich, Prolog-Programme ohne ein

eine Kenntnis des Suchkombinator von Oz nur dann erforderlich, wenn die Suche tatsächlich zur Lösung des Problems notwendig ist. Der nun in Oz eingebaute Suchkombinator nutzt ganz wesentlich die Emanzipation der Prädikate aus.

Dieser Kombinator ist sehr mächtig: er erlaubt die Suche nach einer oder nach allen Lösungen, die Programmierung von Tiefen- und von Breitensuche, die Suche nach optimalen Lösungen (branch-and-bound) und die Berechnung von weiteren Lösungen auf Anforderung. Letzteres ist insbesondere für Suchprobleme mit unendlich vielen Lösungen von Bedeutung. Insbesondere kann nun die Suchstrategie von Prolog leicht in Oz realisiert werden. Ein einziges Oz Programm kann sogar eine beliebige Anzahl von nebenläufigen Prolog-artigen Suchprozessen aufspannen, die dann wiederum ihre gefundenen Lösungen untereinander austauschen können. Da die Suche enkapsuliert ist, fügt sie sich problemlos in den bestehenden Oz-Kern ein.

Soweit wir wissen, ist Oz die erste nebenläufige Programmiersprache mit emanzipierten Prädikaten, die die aus Prolog bekannten Problemlöseverfahren konzeptionell sauber integriert.

Auf der theoretischen Seite konnten wir zeigen, daß die Axiomatisierung der in Oz benutzten Feature Theorie CFT vollständig ist. Dies bedeutet insbesondere die Entscheidbarkeit der Theorie CFT. Dieses Resultat wurde in Zusammenarbeit mit R. Backofen vom DFKI Projekt VERBMOBIL erzielt.

## 6.1.2 Veröffentlichungen und Vorträge

### Veröffentlichungen:

- F. Baader, H.-J. Bürckert, B. Nebel, W. Nutt und G. Smolka: *On the Expressivity of Feature Logics with Negation, Functional Uncertainty, and Sort Equations*. Journal of Logic, Language and Information, Bd 2, Seite 1-18, 1993.
- R. Backofen and G. Smolka: *A Complete and Recursive Feature Theory*. Proceedings of the 31th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Seite 193-200, Juni 1993.
- H. Comon und R. Treinen: *The First-Order Theory of Lexicographic Path Orderings is Undecidable*. Laboratoire de Recherche en Informatique (LRI ) Rapport de Recherche 867, Université Paris-Sud, November 1993.
- H. Comon und R. Treinen: *The First-Order Theory of Lexicographic Path Orderings is Undecidable*. DFKI Research Report RR-93-42, September 1993.
- P. Hanschke and J. Würtz: *Satisfiability of the Smallest Binary Program*. DFKI Research Report RR-93-09, Februar 1993.
- P. Hanschke and J. Würtz: *Satisfiability of the Smallest Binary Program*. Information Processing Letters Bd 45(5), Seite 237-241, April 1993.
- A. V. Hense and G. Smolka: *Principal types for objectoriented languages*. Technical Report A 02/93, Universität des Saarlandes, Fachbereich 14, Juni 1993.
- M. Henz, G. Smolka und J. Würtz: *Oz - A Programming Language for Multi-Agent Systems*. 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence. Herausgegeben von R. Bajcsy, Morgan Kaufmann Publishers, Bd. 1, Seite 404-409, August / September 1993.
- J. Köhler und R. Treinen: *Constraint Deduction in an Interval-Based Temporal Logic*. IJCAI 93 Workshop on Executable Modal and Temporal Logics. Herausgegeben von M. Fisher und R. Owens, August 1993.
- J. Köhler und R. Treinen: *Constraint Deduction in an Interval-Based Temporal Logic*. Symposium on automated deduction in non-standard logics (working notes). Herausgegeben von P. Jackson, R. Scherl, D. Nute, J. Pelletier und L. Wallen. AAI-TR FS-93-01, Oktober 1993.
- M. Mehl: *Retrieval in Case-Based Reasoning Using Preferred Subtheories*. 2nd International Workshop on Nonmonotonic and Inductive Logic. Herausgegeben von G. Brewka, K. P. Jantke und P. H. Schmitt. Springer Lecture Notes in Artificial Intelligence, Bd 659, Seite 284-297, 1993.
- J. Niehren, A. Podelski und R. Treinen: *Equational and Membership Constraints for Infinite Trees*. Proceedings of the 5th International Conference on Rewriting Techniques and Applications. Herausgegeben von C. Kirchner. Springer Lecture Notes in Computer Science, Bd 690, Seite 106-120, Juni 1993.



- J. Niehren, A. Podelski und R. Treinen: *Equational and Membership Constraints for Infinite Trees*. DFKI Research Report RR-93-14, April 1993.
- R. Treinen: *Feature Constraints with First-Class Features*. Mathematical Foundations of Computer Science. Herausgegeben von A. Borzyszkowski und S. Sokolowski, Springer Lecture Notes in Computer Science, Bd. 711, Seite 734-743, August / September 1993.
- G. Smolka, M. Henz und J. Würtz: *Object-Oriented Concurrent Constraint Programming in Oz*. Grundlagen und Anwendungen der Künstlichen Intelligenz, 17. Fachtagung für Künstliche Intelligenz. Herausgegeben von O. Herzog, T. Christaller und D. Schütt, Springer Verlag, Seite 44-60, September 1993.

Report RR-93-16, April 1993.

- G. Smolka, M. Henz und J. Würtz: *Object-Oriented Concurrent Constraint Programming in Oz*. Programación Declarativa. Herausgegeben von J. Augustf und P. Garcia, Seite 5-20, September / Oktober 1993.
- G. Smolka: *Residuation and Guarded Rules for Constraint Logic Programming*. Constraint Logic Programming: Selected Research. Herausgegeben von F. Benhamou und A. Colmerauer, The MIT Press, Kap. 22, Seite 405-419, 1993.

#### Vorträge:

- G. Smolka: *Principles of Oz*. Kolloquium der Fakultät für Informatik der Technischen Universität München, 28. Januar 1993.
- G. Smolka: *Principles of Oz*. ECRC, München, 29. Januar 1993.
- G. Smolka: *Principles of Oz*. Workshop on Implemented Grammar Formalisms, EAGLES Expert Group, Saarbrücken, 1. März 1993.
- G. Smolka: *A Framework for General Constraint Logic Programming*. Workshop Deduktion, Schloß Dagstuhl, 8-12 März 1993.
- J. Würtz: *Objects in Oz*. Universität Lille, Frankreich. 18. März 1993.



- G. Smolka: *Non-numerical Constraints*. Second Workshop of the ESPRIT basic research action ACCLAIM, Leuven, Belgien, 6. September 1993.
- G. Smolka: *Ein Kalkül für nebenläufige Objekte*. Eingeladener Hauptvortrag auf der KI-93 (17. Fachtagung für Künstliche Intelligenz, Berlin, 14. September 1993.
- R. Treinen: *Proving the Completeness of Feature Theories with Ehrenfeucht-Fraïssé-Games*. Second Workshop of the ESPRIT Working Group CCL, La Escala, Spanien, 27. bis 29. September 93.
- G. Smolka: *A Calculus for Concurrent Object*. Second Workshop of the ESPRIT Working Group CCL, La Escala, Spanien, 27. bis 29. September 93.
- G. Smolka: *Calculus for Concurrent Objects*. Eingeladener Vortrag auf der Second Spanish Conference on Declarative Programming, Blanes, Spanien, 29 September bis 1. Oktober 1993.
- J. Würtz: *Finite Domain Algorithms and their Verification in the Concurrent Constraint Language Oz*. 9. Workshop Logische Programmierung, Hagen, 11. bis 13. Oktober 1993.
- G. Smolka: *A Calculus for Concurrent Objects*. Eingeladener Vortrag auf dem 9. Workshop Logische Programmierung, Hagen, 11. bis 13. Oktober 1993.
- M. Mehl: *Introduction to the Oz Machine*. AKL/OZ Implementation Workshop, Stockholm, Schweden, 1. bis 3. November 1993.
- R. Scheidhauer und M. Mehl: *Topics in the Oz Implementation*. AKL/OZ Implementation Workshop, Stockholm, Schweden, 1. bis 3. November 1993.
- G. Smolka: *A Calculus for Concurrent Objects*. Ecole Polytechnique, Paris, Frankreich, 2. Dezember 1993.



## 6.2 ACCLAIM - Advanced Concurrent Languages: Application, Implementation and Methodology (D)

Das ESPRIT Basic Research Projekt ACCLAIM (Advanced Concurrent Constraint Languages: Application, Implementation and Methodology) wurde am 1. September 1992 mit einer Laufzeit von 3 Jahren gestartet. Das Ziel des ACCLAIM-Projektes ist die Weiterentwicklung der konzeptuellen, theoretischen und praktischen Grundlagen des Concurrent Constraint Programming (CCP). Dieses neue Paradigma ist in der Entwicklung von Programmiersystemen basiert auf Konzepten aus den Bereichen Nebenläufigkeit, parallele Berechnung und Constraint Verarbeitung. Im Einzelnen sind folgende Ziele gesteckt:

- Weiterentwicklung der Grundlagen von CCP, so daß eine größere Klasse von Berechnungsphänomenen abgedeckt wird.
- Entwicklung effizienter Constraint-Techniken, sowie erweiterbarer und universeller Constraintsysteme, um neue Anwendungsbereiche zu erschliessen.
- Entwicklung von Konzepten und Techniken für die Analyse und Optimierung der Übersetzung von CCP-Sprachen.
- Weiterentwicklung der Implementierungstechnologie für CCP, sowohl für sequentielle, parallele, als auch verteilte Architekturen.
- Entwicklung von CCP-Systemen für symbolische und nebenläufige Berechnungsaufgaben in den Anwendungsbereichen: Wissensrepräsentation, Entwurf, Diagnose, Simulation, Scheduling sowie Verarbeitung natürlicher Sprache.

ACCLAIM wird in enger Kooperation mit dem BMFT-Projekt HYDRA durchgeführt.

### 6.2.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Um den Einsatz der Programmiersprache Oz als Implementierungssprache für Multi-Agenten Szenarien weiter zu erleichtern, wurde eine Schnittstelle für beliebige, nicht notwendig in Oz realisierte, Agenten geschaffen. Insbesondere wurden dabei Schnittstellen auf hohem Abstraktionsniveau für Standardtechnologien und -dienste innerhalb von üblichen Betriebssystemen entwickelt. Dabei lag der Schwerpunkt auf der sinnvollen Einbettung in eine nebenläufige Programmiersprache. Diese Erweiterung macht Oz zu einer "offenen" Programmiersprache.

Ein weiterer wichtiger Schritt in der Entwicklung von Oz wurde durch Entwurf und Integration von enkapsulierter Suche geleistet.

In Prolog gehört die Suche zur Kernsprache. Aus diesem Grunde ist es kaum möglich, in dieser Sprache Programme zu entwickeln, ohne ein tiefes Verständnis für die rücksetzende Abarbeitungsstrategie von Prolog zu besitzen. Wissen um diese Strategie ist selbst dann nötig, wenn das zu realisierende Problem keiner Suche bedarf. Im Gegensatz dazu wurde in Oz die Kernsprache ohne Suche belassen und ein Kombinator entwickelt, der die Sprache konservativ erweitert. Damit ist Wissen um den Suchmechanismus von Oz erst dann nötig, wenn es die eigentliche Problemstellung erfordert.

Die Realisierung des Suchkombinators in Oz macht wesentlich Gebrauch von der Tatsache, daß Oz Prozeduren höherer Ordnung erlaubt. Dieser Suchkombinator ist sehr mächtig und flexibel. Durch den Einsatz Prozeduren höherer Ordnung erlaubt er es, die zu verwendende Suchstrategie in Oz selbst zu programmieren.

Damit wurden, neben der in Prolog vorhandenen Tiefensuche, auch Breitensuche, Iterative-Deepening, und Branch-and-Bound als Suchstrategie entwickelt. Diese Suchverfahren werden dem Benutzer in einer Bibliothek zur Verfügung gestellt. In diesem Zusammenhang sind



Lösungen von Problemen erst auf Anforderung zu generieren: Dieses ermöglicht den Umgang mit Problemen, die unendlich viele Lösungen besitzen.

Durch die orthogonale Integration dieses Kombinator ist es insbesondere auch möglich, mehrere Suchprobleme nebenläufig voranzutreiben.

### 6.2.2 Veröffentlichungen und Vorträge

#### Veröffentlichungen:

C. Schulte und G. Smolka: *Proceedings of the ICLP'93 Post-Conference Workshop on Concurrent Constraint Programming*, Budapest, 24. und 25. Juni 1993.

#### Vorträge:

G. Smolka: *Survey of Oz: A Higher-order Concurrent Constraint Language*. ICLP'93 Post-Conference Workshop on Concurrent Constraint Programming, Budapest, 24. und 25. Juni 1993.

G. Smolka: *Object-Oriented Concurrent Constraint Programming in Oz*. ICLP'93 Post-Conference Workshop on Concurrent Constraint Programming, Budapest, 24. und 25. Juni 1993.

G. Smolka: *Non-numerical Constraints*. Second Workshop of the ESPRIT basic research action ACCLAIM, Leuven, Belgien, 6. September 1993.

## 6.3 CCL - Construction of Computational Logics (D)

### 6.3.1 Working-Group CCL

Die Esprit Working Group CCL (Construction of Computational Logics) wurde am 24. Juli 1992 mit einer Laufzeit von 3 Jahren gestartet. Das Hauptziel ist die Kombination verschiedener Programmier-Paradigmen wie beispielsweise logische, funktionale und objekt-orientierte Programmierung. Die Grundlage der Kombination ist die Fundierung dieser Paradigmen in der Logik und in der constraintbasierten Berechnung. Die Forschungsziele umfassen daher insbesondere die Entwicklung neuer Constraintsysteme und Lösungsverfahren, sowie die Untersuchung von Kombinationsproblemen in einem einheitlichen Rahmenwerk.

Da Esprit Working Groups nicht mit Personalmitteln ausgestattet sind, kann in diesem Rahmen nur die Koordination und Zusammenarbeit zwischen anderweitig bestehenden Projekten der Partner betrieben werden. Die Verbindung zwischen den Zielen von CCL und dem BMFT-Projekt Hydra im Forschungsbereich Programmiersysteme wird durch zwei gemeinsame Zielsetzungen hergestellt:

- Das Prinzip der constraintbasierten Berechnung bietet ein mächtiges Werkzeug zur Definition neuer Constraintsysteme auf der Basis bestehender Systeme. Dieses Prinzip ist in der im DFKI-Projekt Hydra entwickelten nebenläufigen constraintbasierten Programmiersprache Oz verwirklicht. Die Mechanismen der Constraintpropagierung und -vereinfachung ermöglichen die Realisierung von Lösungsverfahren für in Oz programmierte Constraintsysteme. Die Mächtigkeit von Oz bei der Behandlung der Constraints macht in vielen Fällen die Suche (Backtracking) überflüssig, was diesen Ansatz von klassischen Ansätzen der logischen Programmierung grundsätzlich unterscheidet.
- Die in Hydra betriebene Entwicklung universeller Constraintsysteme auf der Basis von Featurebeschreibungen erweitert die klassischen konstruktorbasierten Constraintsysteme hinsichtlich Expressivität und Benutzerfreundlichkeit. Featurebasierte Constraintsysteme realisieren den aus anderen Programmiersprachen wohlbekanntem Datentyp *Record* und stellen hierfür geeignete Ausdrucksmittel zur Verfügung.

### 6.3.2 Veröffentlichungen und Vorträge

#### Vorträge:

- G. Smolka: *A Calculus for Concurrent Objects*. 2nd CCL Workshop, La Escala, Spanien, 27.-29. September 1993.
- R. Treinen: *Proving the Completeness of Feature Theories with Ehrenfeucht-Fraïssé-Games*. 2nd CCL Workshop, La Escala, Spanien, 27.-29. September 1993.



**Deutsches  
Forschungszentrum  
für Künstliche  
Intelligenz GmbH**

**DFKI  
-Bibliothek-  
PF 2080  
D-67608 Kaiserslautern  
FRG**

# **DFKI-Publikationen**

## **1993**

---

**DFKI Research Reports****RR-93-01***Bernhard Hollunder***An Alternative Proof Method for Possibilistic Logic and its Application to Terminological Logics**

25 pages

**Abstract:** Possibilistic logic, an extension of first-order logic, deals with uncertainty that can be estimated in terms of possibility and necessity measures. Syntactically, this means that a first-order formula is equipped with a possibility degree or a necessity degree that expresses to what extent the formula is possibly or necessarily true. Possibilistic resolution, an extension of the well-known resolution principle, yields a calculus for possibilistic logic which respects the semantics developed for possibilistic logic.

A drawback, which possibilistic resolution inherits from classical resolution, is that it may not terminate if applied to formulas belonging to decidable fragments of first-order logic. Therefore we propose an alternative proof method for possibilistic logic. The main feature of this method is that it completely abstracts from a concrete calculus but uses as basic operation a test for classical entailment. If this test is decidable for some fragment of first-order logic then possibilistic reasoning is also decidable for this fragment.

We then instantiate possibilistic logic with a terminological logic, which is a decidable subclass of first-order logic but nevertheless much more expressive than propositional logic. This yields an extension of terminological logics towards the representation of uncertain knowledge which is satisfactory from a semantic as well as algorithmic point of view.

**RR-93-02***Wolfgang Wahlster, Elisabeth André, Wolfgang Finkler, H.-Jürgen Profitlich, Thomas Rist***Plan-based Integration of Natural Language and Graphics Generation**

50 pages

**Abstract:** Multimodal interfaces combining natural language and graphics take advantage of both the individual strength of each communication mode and the fact that several modes can be employed in parallel. The central claim of this paper is that the generation of a multimodal presentation can be considered as an incremental planning process that aims to achieve a given communicative goal. We describe the multimodal presentation system WIP which allows the generation of alternate presentations of the same content taking into account various contextual factors. We discuss how the plan-based approach to presentation design can be exploited so that graphics generation influences the production of text and vice versa. We show that well-known concepts from the area of natural language processing like speech acts, anaphora, and rhetorical relations take on an extended meaning in the context of multimodal communication. Finally, we discuss two detailed examples illustrating and reinforcing our theoretical claims.

**RR-93-03***Franz Baader, Bernhard Hollunder, Bernhard Nebel, H.-Jürgen Profitlich, Enrico Franconi***An Empirical Analysis of Optimization Techniques for Terminological Representation Systems**

28 pages

**Abstract:** We consider different methods of optimizing the classification process of terminological representation systems, and evaluate their effect on three different types of test data. Though these techniques can probably be found in many existing systems, until now there has been no coherent description of these techniques and their impact on the performance of a system. One goal of this paper is to make such a description available for future implementors of terminological systems. Building the optimizations that came off best into the KRIS system greatly enhanced its efficiency.

**RR-93-04***Christoph Klauck, Johannes Schwagereit***GGD: Graph Grammar Developer for features in CAD/CAM**

13 pages

**Abstract:** To integrate CA\*-systems with other applications in the world of CIM, one principal approach currently under development is based on feature representation. It enables any CIM component to recognize the higher-level entities - the so-called *features* - out of a lower-data exchange format, which might be the internal representation of a CAD system as well as some standard data exchange format. In this paper we present a 'made-to-measure' editor for representing features in the higher-level domain specific representation language FEAT-REP - a representation language based on a (feature-) specific attributed node labeled graph grammar. This intelligent tool, shortly called GGD, supports the knowledge engineer during the representation process by structuring the knowledge base using a conceptual language and by verifying several characteristics of the features.

RR-93-05

*Franz Baader, Klaus Schulz*

### Combination Techniques and Decision Problems for Disunification

29 pages

**Abstract:** Previous work on combination techniques considered the question of how to combine unification algorithms for disjoint equational theories  $E_1, \dots, E_n$  in order to obtain a unification algorithm for the union  $E_1 \cup \dots \cup E_n$  of the theories. Here we want to show that variants of this method may be used to decide solvability and ground solvability of disunification problems in  $E_1 \cup \dots \cup E_n$ . Our first result says that solvability of disunification problems in the free algebra of the combined theory  $E_1 \cup \dots \cup E_n$  is decidable if solvability of disunification problems with linear constant restrictions in the free algebras of the theories  $E_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) is decidable. In order to decide ground solvability (i.e., solvability in the initial algebra) of disunification problems in  $E_1 \cup \dots \cup E_n$  we have to consider a new kind of subproblem for the particular theories  $E_i$ , namely solvability (in the free algebra) of disunification problems with linear constant restriction

between ground solvability and this new kind of solvability holds, (1) if one theory  $E_i$  is the free theory with at least one function symbol and one constant, or (2) if the initial algebras of all theories  $E_i$  are infinite. Our results can be used to show that the existential fragment of the theory of the (ground) term algebra modulo associativity of a finite number of function symbols is decidable; the same result follows for function symbols which are associative and commutative, or associative, commutative and idempotent.

RR-93-06

*H.-Jürgen Bärkert, Bernhard Hollunder, Armin Lux*



**Abstract:** Terminological Knowledge Representation Systems (TKRS) are tools for designing and using knowledge bases that make use of terminological languages (or concept languages). We analyze from a theoretical point of view a TKRS whose capabilities go beyond the ones of presently available TKRS. The new features studied, all of practical interest, can be summarized in three main points. First, we consider a highly

expressive terminological language, called *ALCNR*, including general complements of concepts, number restrictions and role conjunction. Second, we allow to express inclusion statements between general concepts, and terminological cycles as a particular case. Third, we prove the decidability of a number of desirable TKRS-deduction services (like satisfiability-, subsumption- and instance checking) through a sound, complete and terminating calculus for reasoning in *ALCNR*-knowledge bases. Our calculus extends the general technique of constraint systems and can be easily turned into a procedure using exponential space. As a byproduct of the proof, we get also the result that inclusion statements in *ALCNR* can be simulated by terminological cycles, if descriptive semantics is adopted.

**RR-93-11**

*Bernhard Nebel, H.-Jürgen Bürckert*

### Reasoning about Temporal Relations: A Maximal Tractable Subclass of Allen's Interval Algebra

28 pages

**Abstract:** We introduce a new subclass of Allen's interval algebra we call "ORD-Horn subclass", which is a strict superset of the "pointisable subclass". We prove that reasoning in the ORD-Horn subclass is a polynomial-time problem and show that the path-consistency method is sufficient for deciding satisfiability. Further, using an extensive machine-generated case analysis, we show that the ORD-Horn subclass is a maximal tractable subclass of the full algebra. In fact, it is the unique greatest tractable subclass amongst the the subclasses that contain all basic relations.

**RR-93-12**

*Pierre Sablayrolles*

### A Two-Level Semantics for French Expressions of Motion

51 pages

**Abstract:** Developing suitable representations for formalizing time and space knowledge has always been of a great importance in Artificial Intelligence (AI) and cognitive science. We here present a new way to conjoin these two problems. From the linguistic study of motion (which is the best concept available to associate space and time at the lexical and phrase levels), realized by Laur (1991), we construct a system to represent the spatio-temporal semantics of motion. This linguistic analysis consists of a semantic classification of the French motion verbs and spatial prepositions and of the elaboration of compositional rules between the semantic classes of these verbs and these prepositions. Our system, based on a two-level semantics representation, allows to



always take the minimal models to construct our semantics. Due to this new treatment of preference relations the resulting nonmonotonic consequence operator has "nice" proof-theoretic properties such as cumulativity.

**RR-93-14**

*Joachim Niehren, Andreas Podelski, Ralf Treinen*

### Equational and Membership Constraints for Infinite Trees

33 pages

**Abstract:** We present a new constraint system with equational and membership constraints over infinite trees. It provides for complete and correct satisfiability and entailment tests and is therefore suitable for the use in concurrent constraint programming systems which are based on cyclic data structures.

Our set defining devices are *greatest fixpoint solutions* of regular systems of equations with a deterministic form of union. As the main technical particularity of the algorithms we present a novel memorization technique. We believe that both satisfiability and entailment tests can be implemented in an efficient and incremental manner.

**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

**Abstract:** This paper presents the results of the project PLUS (Plan-based User Support). The overall objective of PLUS was the design and the implementation of a plan-based help system for applications that provide a graphical and direct-manipulative interface.

The design of graphical user interfaces is based on the principle that *"the user is always in control"*. This means that the user is responsible for performing his tasks according to his own strategy. This leads to a great degree of flexibility in task execution as opposed, for instance, to menu-oriented user interfaces. Usually, neither a definite sequence of interactions nor a fixed number of actions are required to accomplish a specific task. In addition, modeless user interfaces allow the user to work on different tasks in parallel and to arbitrarily switch between them.

Within the project PLUS we developed various help strategies, including graphical representation of the current interaction context, tutoring modes, and animated help, to support novice and occasional users during their work with applications that provide graphical user interfaces.

**RR-93-16**

*Gert Smolka, Martin Henz, Jörg Würtz*

### Object-Oriented Concurrent Constraint Programming in Oz

17 pages

**Abstract:** Oz is an experimental higher-order concurrent constraint programming system under development at DFKI. It combines ideas from logic and concurrent programming in a simple yet expressive language. From logic programming Oz inherits logic variables and logic data structures, which provide for a programming style where partial information about the values of variables is imposed concurrently and incrementally. A novel feature of Oz is that it accommodates higher-order programming without sacrificing that denotation and equality of variables are captured by first-order logic. Another new feature of Oz is constraint communication, a new form

of asynchronous communication exploiting logic variables. Constraint communication avoids the problems of stream communication, the conventional communication mechanism employed in concurrent logic programming. Constraint communication can be seen as providing a minimal form of state fully compatible with logic data structures.

Based on constraint communication and higher-order programming, Oz readily supports a variety of object-oriented programming styles including multiple inheritance.

**RR-93-17**

*R. Backofen*

### Regular Path Expressions in Feature Logic

37 pages

**Abstract:** We examine the existential fragment of a feature logic, which is extended by regular path expressions. A regular path expression is a subterm relation, where the allowed paths for the subterms are restricted to any given regular language. We will prove that satisfiability is decidable. This is achieved by setting up a quasi-terminating rule system.

RR-93-18

*Klaus Schild*

### Terminological Cycles and the Propositional m-Calculus

32 pages

**Abstract:** We investigate terminological cycles in the terminological standard logic  $\mathcal{ALC}$  with the only restriction that recursively defined concepts must occur in their definition positively. This restriction, called syntactic monotonicity, ensures the existence of least and greatest fixpoint models. It turns out that as far as syntactically monotone terminologies of  $\mathcal{ALC}$  are concerned, the descriptive semantics as well as the least and greatest fixpoint semantics do not differ in the computational complexity of the corresponding subsumption relation. In fact, we prove that in each case subsumption is complete for deterministic exponential time. We then show that the expressive power of finite sets of syntactically monotone terminologies of  $\mathcal{ALC}$  is the very same for the least and the greatest fixpoint semantics and, moreover, in both cases they are *strictly* stronger in expressive power than  $\mathcal{ALC}$  augmented by regular role expressions. These results are obtained by a direct correspondence to the so-called propositional m-calculus which allows to express least and greatest fixpoints explicitly. We propose  $\mathcal{ALC}$  augmented by the fixpoint operators of the m-calculus as a unifying framework for all three kinds of semantics.

RR-93-20

*Franz Baader, Bernhard Hollunder*

### Embedding Defaults into Terminological Knowledge Representation

#### Formalisms

34 pages

**Abstract:** We consider the problem of integrating Reiter's default logic into terminological representation systems. It turns out that such an integration is less straightforward than we expected, considering the fact that the terminological language is a decidable sublanguage of first-order logic. Semantically, one has the unpleasant

effect that the consequences of a terminological default theory may be rather unintuitive, and may even vary with the syntactic structure of equivalent concept expressions. This is due to the unsatisfactory treatment of open defaults via Skolemization in Reiter's semantics. On the algorithmic side, we show that this treatment may lead to an undecidable default consequence relation, even though our base language is decidable, and we have only finitely many (open) defaults. Because of these problems, we then consider a restricted semantics for open defaults in our terminological default theories: default rules are only applied to individuals that are explicitly present in the knowledge base. In this semantics it is possible to compute all extensions of a finite terminological default theory, which means that this type of default reasoning is decidable.

RR-93-22

*Manfred Meyer, Jörg Müller*

### Weak Looking-Ahead and its Application in Computer-Aided Process Planning

17 pages

**Abstract:** Constraint logic programming has been shown to be a very useful tool for knowledge representation and problem-solving in different areas. Finite Domain extensions of PROLOG together with efficient

consistency techniques such as forward-checking and looking-ahead make it possible to solve many discrete combinatorial problems within a short development time.

RR-93-23

*Andreas Dengel, Ottmar Lutz***Comparative Study of Connectionist Simulators**

20 pages

**Abstract:** This paper presents practical experiences and results we obtained while working with simulators for artificial neural network, i.e. a comparison of the simulators' functionality and performance is described. The selected simulators are free of charge for research and education. The simulators in-text were: (a) DLNet, V. 1.3 from the University of Colorado at Boulder, USA, (b) Pygmalion, Version 2.0, from the Computer Science Department of the University College London, Great Britain, (c) the Rochester Connectionist Simulator (RCS), Version 4.2 from the University of Rochester, NY, USA and (d) the SNNS (Stuttgart Neural Net Simulator), Versions 1.3 and 2.0 from the University of Stuttgart, Germany. The functionality test focusses on special features concerning the establishment and training of connectionist networks as well as facilities of their application. By exemplarily evaluating the simulators' performance, we attempted to establish one and the same type of back-propagation network for optical character recognition (OCR). A respective quality statement is made by comparing the number of cycles needed for training and the recognition rate of the individual simulators.

RR-93-24

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

17 pages

**Abstract:** This paper presents the INFOCLAS system applying statistical methods of information retrieval primarily for the classification of German business letters into corresponding message types such as order, offer, confirmation, etc. INFOCLAS is a first step towards understanding of documents. Actually, it is composed of three modules: the central indexer (extraction and weighting of indexing terms), the classifier (classification of business letters into given types) and the focuser (highlighting relevant letter parts). The system employs several knowledge sources including a database of about 100 letters, word frequency statistics for German, message type specific words, morphological knowledge as well as the underlying document model. As output, the system evaluates a set of weighted hypotheses about the type of letter at hand, or highlights relevant text (text focus).

Therefore, cooperation between companies is required in order to achieve the goal in a satisfactory way. This domain is of considerable interest for studies with economical background as well as for research projects.

We give a short summary of results from economical studies that are concerned with the real-world situation in Germany in the transportation domain. They show the need for the development of new techniques from the field of computer science to tackle the problems therein. Then, an overview on related research is presented. Two approaches are discussed in more detail: the first one being based on OR-techniques and a second one being based on the concept of partial intelligent agents attempting to integrate techniques from OR and DAI. Both approaches are concerned with the situation in a single company. However, our purpose to handle the case of distributed shipping companies requires additional mechanisms, e.g. to cope with the problems of task allocation and task decomposition in multi-agent systems.

Mechanisms for distributed task decomposition and task allocation processes in multi-agent systems belong to the core of our studies. Therefore, we will first discuss techniques for these problems in a general setting and then describe their implementations in the MARS system. In this description, particular emphasis is placed on the cooperation within a shipping company. Here, one company agent has to allocate a set of orders its truck agents. The truck agents support the company agents by giving cost estimations based on their route planning facility. Thus, this procedure provides the basis for the decisions of the company agents and is discussed in very detail.

Finally, we present results from a series of benchmark tests. The test sets have also been run with OR-based implementations and thus, give us the opportunity to compare our implementation against these approaches.

**RR-93-26**

*Jörg P. Müller, Markus Pischel*

### The Agent Architecture InteRRaP: Concept and Application

99 pages

**Abstract:** One of the basic questions of research in Distributed Artificial Intelligence (DAI) is how agents have to be structured and organized, and what functionalities they need in order to be able to act and to interact in a dynamic environment. To cope with this question is the purpose of models and architectures for autonomous and intelligent agents. In the first part of this report, InteRRaP, an agent architecture for multi-agent systems is presented. The basic idea is to combine the use of patterns of behaviour with planning facilities in order to be able to exploit the advantages both of the reactive, behaviour-based and of the deliberate, plan-based paradigm. Patterns of behaviour allow an agent to react flexibly to changes in its environment. What is considered necessary for the performance of more sophisticated tasks is the ability of devising plans deliberately. A further important feature of the model is that it explicitly represents knowledge and strategies for cooperation. This makes it suitable for describing high-level interaction among autonomous agents. In the second part of the report, the loading-dock domain is presented, which has been the first application the InteRRaP agent model has been tested with. An automated loading-dock is described where the agent society consists of forklifts which have to load and unload trucks in a shared, dynamic environment.

**RR-93-27**

*H.-U. Krieger*

### Derivation Without Lexical Rules

33 pages

**Abstract:** In Krieger and Nerbonne (1992) we showed how to get rid of LEXICAL RULES for DERIVATION, as they are explicated by Pollard and Sag (1987) in HPSG I, Ch. 8.2. We proposed a treatment of derivation NOT by means of traditional lexical rules but instead in terms of PRINCIPLES, RULES, and LEXICAL ENTRIES entirely in the spirit of HPSG, together with unification-based inheritance of a very sophisticated kind. One major disadvantage of this approach was the employment of complex functions in certain principles. In this paper I first extend the old approach and then show how to eliminate these functional dependencies in the domain of derivational morphology by going back to simpler ones like *cons*, *first*, and *rest*. But this simplification is only achieved if we assume more complex feature structures than the ones described in Krieger and Nerbonne (e.g., by introducing two different SUBCAT features) and by proposing modified versions of the old Constituent Order Principle and the Subcategorization Principle for morphology. In addition, I postulate a hierarchy of affixes which is cross-classified, for instance, according to the effects these affixes contribute to the subcategorization information of a compound word.

The structure of the paper is as follows. We start with a very short introduction about the residence of word-formation rules in modern feature-based theories. After that we present our approach to derivational morphology

which is distinguished in that it gives up the notion of lexical rule as a single entity (operator). We describe the structure of affixes and words (e.g., which attributes are appropriate?) and introduce the relevant principles and the rule schema of our approach to derivational morphology. The section shows how to reduce functional dependencies to a minimum at the cost of the size of our feature structures. We also present a technique which allows us to state relational dependencies as they are called by HPSG in a functional manner. In the next section we show how the whole treatment works by applying it to tough phenomena from prefixation and suffixation. The section presents many examples, which might serve as a *how* guide to a practitioner. After that we explain the idea which will lead us to the affix hierarchy. We will see that the affix hierarchy is inspired by the work of HPSG on structured lexicons (i.e., by the hierarchy of lexical types). A lot of examples will again be given throughout this section. We finish the paper by summarizing our approach and by saying a few words about the topics which we will tackle next.

RR-93-28

*H.-U. Krieger, John Nerbonne, Hannes Pirker***Feature-Based Allomorphy**

**Abstract:** Morphotactics and allomorphy are usually modeled in different components, leading to interface problems. To describe both uniformly, we define finite automata (FA) for allomorphy in the same feature description language used for morphotactics. Nonphonologically conditioned allomorphy is problematic in FA models but submits readily to treatment in a uniform formalism.

RR-93-29

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

35 pages

**Abstract:** In multi-agent systems a group of autonomous intelligent systems, called agents, acts and cooperates in a world in order to achieve certain goals. Such systems are in general assumed to have no central control structure and hence each agent can only perform actions that are based on his local knowledge and on his local beliefs. In the literature knowledge of agents is mostly represented under the view that knowledge is true belief. On the other hand, if agents are acting in a (real) world their knowledge often is obtained by perception and communication, and hence typically is not true. Thus, the use of belief — where agents may have false beliefs — seems more appropriate than the use of knowledge in multi-agent systems.

Terminological logics provide a well-investigated and decidable fragment of first-order logics that is much more expressive than propositional logic and well suited to describe a world agents are acting in. However, knowledge or belief of agents can only be represented in a very limited way. In this paper we investigate how terminological logics can be extended in such a way that belief of agents can be represented in an adequate manner. We therefore exemplarily extend the concept language *ALC* by a modal operator  $\Delta$ , which is indexed by agents. Thereby,  $\Delta_i\varphi$  represents the fact "agent *i* believes  $\varphi$ ". This belief operator will be interpreted in terms of possible worlds using the well-known modal logic KD45.

This extended language *ALCB* provides a uniform formalism to describe both, a world agents are acting in and the beliefs agents have about this world and about their own and other agents' beliefs. Thus, it can be seen as a two-dimensional extension of *ALC* which allows both, reasoning about objective facts that hold in the world and reasoning on the level of possible worlds. We will give sound and complete algorithms to check consistency of the represented beliefs and to decide whether an *ALCB*-sentence is logically entailed by the beliefs of agents. Hence, when acting in a world agents can use beliefs which are explicitly represented as well as implicit beliefs that are entailed by their knowledge base.

RR-93-30

*Stephen P. Spackman, Elizabeth A. Hinkelman***Corporate Agents**

14 pages

**Abstract:** The logic of belief and intention in situations with multiple agents is increasingly well understood, but current formal approaches appear to face problems in applications where the number of agents greatly exceeds two. We provide an informal development of *Corporate Agents*, an intensional approximation of individual and group states which treats groups symmetrically with autonomous agents. *Corporate Charters*, constraints derived

from typical patterns of information flow, replace detailed reasoning about the propagation of attitudes in most contexts.

The approximation to an ideal logical formulation is not tight, but the model appears to function well in information-poor environments and fails in ways related to characteristic human errors. It may therefore be particularly appropriate to application in the area of natural language discourse.

RR-93-31

*Elizabeth A. Hinkelman, Stephen P. Spackman*

### Abductive Speech Act Recognition, Corporate Agents and the COSMA System

34 pages

**Abstract:** This chapter presents an overview of the DISCO project's solutions to several problems in natural language pragmatics. Its central focus is on relating utterances to intentions through speech act recognition. Subproblems include the incorporation of linguistic cues into the speech act recognition process, precise and efficient multiagent belief attribution models (*Corporate Agents*), and speech act representation and processing using *Corporate Agents*. These ideas are being tested within the COSMA appointment scheduling system, one application of the DISCO natural language interface. Abductive speech act processing in this environment is not far from realizing its potential for fully bidirectional implementation.

RR-93-32

*David R. Traum, Elizabeth A. Hinkelman*

### Conversation Acts in Task-Oriented Spoken Dialogue

28 pages

**Abstract:** A linguistic form's compositional, timeless meaning can be surrounded or even contradicted by various social, aesthetic, or analogistic companion meanings. This paper addresses a series of problems in the structure of spoken language discourse, including *turn-taking* and *grounding*. It views these processes as composed of fine-grained actions, which resemble speech acts both in resulting from a computational mechanism of planning and in having a rich relationship to the specific linguistic features which serve to indicate their presence.

The resulting notion of *Conversation Acts* is more general than speech act theory, encompassing not only the traditional speech acts but *turn-taking*, *grounding*, and higher-level *argumentation* acts as well. Furthermore, the traditional speech acts in this scheme become fully joint actions, whose successful performance requires full listener participation.

This paper presents a detailed analysis of spoken language dialogue. It shows the role of each class of conversation acts in discourse structure, and discusses how members of each class can be recognized in conversation. Conversation acts, it will be seen, better account for the success of conversation than speech act theory alone.

RR-93-33

*Bernhard Nebel, Jana Koehler*

### Plan Reuse versus Plan Generation: A Theoretical and Empirical Analysis

33 pages

**Abstract:** The ability of a planner to reuse parts of old plans is hypothesized to be a valuable tool for improving efficiency of planning by avoiding the repetition of the same planning effort. We test this hypothesis from an analytical and empirical point of view. A comparative worst-case complexity analysis of generation and reuse under different assumptions reveals that it is not possible to achieve a provable efficiency gain of reuse over generation. Further, assuming "conservative" plan modification, plan reuse can actually be strictly more difficult than plan generation. While these results do not imply that there won't be an efficiency gain in the "average case", retrieval of a good plan may present a serious bottleneck for plan reuse systems, as we will show. Finally, we present the results of an empirical study of three different plan reuse systems, which leads us to the conclusion that the utility of plan-reuse techniques is limited and that these limits have not been determined yet.

RR-93-34

*Wolfgang Wahlster*

**Verbmobil Translation of Face-To-Face Dialogs**

10 pages

**Abstract:** Verbmobil is a long-term project on the translation of spontaneous language in negotiation dialogs. We describe the goals of the project, the chosen discourse domains and the initial results.

DOREMIDI has been realised on a Macintosh II, using Common-Lisp (Clos) programming language. The user interface is equivalent to the common Macintosh-interface, which enables in an uncomplicated way to use windows and menus. A keyboard presents the results of the acoustical reproduction.

**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

**Abstract:** Concept languages have been studied in order to give a formal account of the basic features of frame-based languages. The focus of research in concept languages was initially on the semantical reconstruction of frame-based systems and the computational complexity of reasoning. More recently, attention has been paid to the formalization of other aspects of frame-based languages, such as non-monotonic reasoning and procedural rules, which are necessary in order to bring concept languages closer to implemented systems. In this paper we discuss the above issues in the framework of concept languages enriched with an epistemic operator. In particular, we show that the epistemic operator both introduces novel features in the language, such as sophisticated query formulation and closed world reasoning, and makes it possible to provide a formal account for some aspects of the existing systems, such as rules and definitions, that cannot be characterized in a standard first-order framework.

**RR-93-41**

*Winfried H. Graf*

**LAYLAB: A Constraint-Based Layout Manager for Multimedia Presentations**

9 pages

**Abstract:** When developing advanced intelligent user interfaces composing text, graphics, animation, hypermedia etc., the question of automatically designing the graphical layout of such multimedia presentations in an appropriate format plays a crucial role. This paper introduces the task, the functionality and the architecture of the constraint-based multimedia layout manager LayLab.

**RR-93-42**

*Hubert Comon, Ralf Treinen*

**The First-Order Theory of Lexicographic Path Orderings is Undecidable**

9 pages

**Abstract:** We show, under some assumption on the signature, that the  $\forall^* \exists^*$  fragment of the theory of any lexicographic path ordering is undecidable. This applies to partial and to total precedences. Our result implies in particular that the simplification rule of ordered completion is undecidable.

**RR-93-43**

*M. Bauer, G. Paul*

**Logic-based Plan Recognition for Intelligent Help Systems**

15 pages

**Abstract:** Intelligent help systems aim at providing optimal help to the users of complex software application systems. In this context plan recognition is essential for a cooperative system behavior in that it allows to predict the user's future actions, to determine suboptimal action sequences or even serves as a basis for user-adapted tutoring or learning components. In this paper a new approach to incremental plan recognition based on a *modal temporal logic* is described. This logic allows for an abstract representation of plans including control structures such as loops and conditionals which makes it particularly well-suited for the above-mentioned tasks in command-language environments. There are two distinct phases: With a generalized *abductive reasoning* mechanism the set of valid plan hypotheses is determined in each recognition step. A *probabilistic selection*, based on Dempster-Shafer Theory, then serves to determine the "best" hypotheses in order to be able to provide help whenever required.

**RR-93-44**

*Martin Buchheit, Manfred A. Jeusfeld, Werner Nutt, Martin Staudt*

**Subsumption between Queries to Object-Oriented Databases**

36 pages



**Abstract:** Most work on query optimization in relational and object-oriented databases has concentrated on tuning algebraic expressions and the physical access to the database contents. The attention to semantic query optimization, however, has been restricted due to its inherent complexity. We take a second look at semantic query optimization in object-oriented databases and find that reasoning techniques for concept languages developed in Artificial Intelligence apply to this problem because concept languages have been tailored for efficiency and their semantics is compatible with class and query definitions in object-oriented databases. We propose a query optimizer that recognizes subset relationships between a query and a view (a simpler query whose answer is stored) in polynomial time.

**RR-93-45**

*Rainer Hoch*

### On Virtual Partitioning of Large Dictionaries for Contextual Post-Processing to Improve Character Recognition

21 pages

**Abstract:** This paper presents a new approach to the partitioning of large dictionaries by virtual views. The basic idea is that additional knowledge sources of text recognition and text analysis are employed for fast dictionary look-up in order to prune search space through static or dynamic views. The heart of the system is a redundant hashing technique which involves a set of hash functions dealing with noisy input efficiently. Currently, the system is composed of two main system components: the dictionary generator and the dictionary controller. While the dictionary generator initially builds the system by using profiles and source dictionaries, the controller allows the flexible integration of different search heuristics. Results prove that our system achieves a respectable speed-up of dictionary access time.

**RR-93-46**

*Philipp H.chke*

### A Declarative Integration of Terminological, Constraint-based, Data-driven, and Goal-directed Reasoning

81 pages

**Abstract:** The paper settles a research branch in the realm of logic-oriented, hybrid knowledge representation. Terminological knowledge representation and reasoning can now be utilized for more realistic applications as an integral component of a computationally complete, declarative hybrid knowledge representation formalism with integrated special-purpose reasoners of concrete domains such as real-closed fields or finite-domain constraints.

The paper presents technical results exploring the impact of "role interaction" on the decidability of the subsumption problem of terminological logics. In particular, decision procedures are presented for common reasoning problems in an expressive terminological logic that is parametrized by a concrete domain. A refined minimal belief logic which avoids certain problems concerning the non-propositional case (which occurred surprisingly), is the basis of the model-theoretic semantics of a very general generic rule formalism integrating goal-directed (i.e., top-down) and data-driven (i.e., bottom-up) reasoning in a declarative manner. A mechanical engineering application (production planning of lathes) is used to demonstrate how the theoretical results can be employed in realistic applications.

**RR-93-48**

*Franz Baader, Martin Buchheit, Bernhard Hollunder*

### Cardinality Restrictions on Concepts

20 pages

**Abstract:** The concept description formalisms of existing terminological systems allow the user to express local cardinality restrictions on the fillers of a particular role. It is not possible, however, to introduce global restrictions on the number of instances of a given concept. The paper argues that such cardinality restrictions on concepts are of importance in applications such as configuration of technical systems, an application domain of terminological systems that is currently gaining in interest. It shows that including such restrictions into the description language leaves the important inference problems such as instance testing decidable. The algorithm combines and simplifies the ideas developed for the treatment of qualifying number restrictions and of general terminological axioms.

---

**DFKI Technical Memos****TM-93-01***Otto Kühn, Andreas Birk***Reconstructive Integrated Explanation of Lathe Production Plans**

20 pages

**Abstract:** A Reconstructive Explanation tool has been developed and implemented within an integrated knowledge acquisition framework. This tool (RIETO) employs both a formal and an informal knowledge base to

construct explanations for individual lathe production plans. RIETO adopts a reconstructive explanation approach [WickThompson92] which does not rely on the problem solving trace constructed by the inference component of the system. Instead it reconstructs possible lines of reasoning which may provide justifications for those aspects of the solution which are questioned by the user. The explanation tool can thus bring to bear all pertinent information which was captured during knowledge acquisition, even if it was not used for actually solving the problem. RIETO can answer 'why?' and 'why not?' questions about different aspects of the production plan, can give justifications for rules and provide all information about a particular topic (e.g. the selection of cutting materials) which is pertinent to the context in which the question is asked by the user.

**TM-93-02***Pierre Sablayrolles, Achim Schupeta***Conflict Resolving Negotiation for COoperative Schedule Management Agents (COSMA)**

21 pages

**Abstract:** A five component negotiation model which structures the interaction of agents along different levels of increasing complexity is investigated: The lowest level introduces the possible *message types*. The *protocol level* links those messages together to create communicational contexts. The *decision layer* needs some criteria to rank and compare different scheduling proposals. The usage of those criteria implements the *negotiation strategy* of the strategic level. As an outline we sketch how a *cooperation level* emerges within the agent society and enforces cooperative behavior of the agents.

The model is presented at the problem of appointment scheduling, because it is an inherently distributed problem which necessarily involves communication, negotiation, and cooperation mechanisms to resolve possible conflicts. COSMA agents (COoperative Schedule Management Agents) are designed to act as personal assistants to maintain their user's calendar. They are provided with competence to negotiate about the scheduling of appointments with other users. After describing the message types, the negotiation protocol is presented. The decision criteria are derived from a time model based on the association of time intervals and preferences. The negotiation strategies are guided by a local time file, the priority of a meeting and the results of earlier negotiations, which is encoded in a simple protocol model maintained by the agents. An example finally shows

TM-93-04

*H.-Günther Hein***Propagation Techniques in WAM-based Architectures  
— The FIDO-III Approach**

105 pages

**Abstract:** In this paper we develop techniques to implement finite domain constraints into the Warren Abstract Machine (WAM) to solve large combinatorial problems efficiently. The WAM is the de facto standard model for compiling PROLOG. The FIDO system (Finite Domain) provides the same functionality as the finite domain part of CHIP.

The extension includes the integration of several new variable types (suspended variables, domain variables and suspended domain variables) into the WAM.

The 'firing conditions' are lookahead and forward control schemes known from CHIP. We have developed a constraint model where the constraint is divided into constraint initialization code, constraint testing code and constraint body. Furthermore, we supply a deeply integrated WAM builtin to realize the first fail principle. Besides the summary of the important theoretical results, the specification of the compilation process in the WAM Compilation Scheme is given.

We also present a simple graphical analysis method to estimate the computational burden of lookahead and forward constraints.

The work is an instance of exploring finite domain consistency techniques in logic programming belonging to the FIDO lab within the ARC-TEC project.

TM-93-05

*Michael Sintek***Indexing PROLOG Procedures into DAGs by Heuristic Classification**

64 pages

**Abstract:** This paper first gives an overview of standard PROLOG indexing and then shows, in a step-by-step manner, how it can be improved by slightly extending the WAM indexing instruction set to allow indexing on multiple arguments. Heuristics are described that overcome the difficulty of computing the indexing WAM code. In order to become independent from a concrete WAM instruction set, an abstract graphical representation based on DAGs (called DAXes) is introduced.

The paper includes a COMMON LISP listing of the main heuristics implemented; the algorithms were developed for RELFUN, a relational-plus-functional language, but can easily be used in arbitrary PROLOG implementations.

---

**DFKI Documents**

---

**D-93-01***Philipp H. Chke, Thom Frühwirth***Terminological Reasoning with Constraint Handling Rules**

12 pages

**Abstract:** Constraint handling rules (CHRs) are a flexible means to implement 'user-defined' constraints on top of existing host languages (like Prolog and Lisp). Recently, M. Schmidt-Schauß and G. Smolka proposed a new methodology for constructing sound and complete inference algorithms for terminological knowledge representation formalisms in the tradition of KL-ONE. We propose CHRs as a flexible implementation language for the consistency test of assertions, which is the basis for all terminological reasoning services.

The implementation results in a natural combination of three layers: (1) a constraint layer that reasons in wellunderstood domains such as rationals or finite domains, (2) a terminological layer providing a tailored, validated vocabulary on which (3) the application layer can rely. The flexibility of the approach will be illustrated by extending the formalism, its implementation and an application example (solving configuration problems) with attributes, a new quantifier and concrete domains.

**D-93-02***Gabriele Schmidt, Frank Peters, Gernod Laufkötter***User Manual of COKAM+**

23 pages

**Abstract:** This document contains the user manual of COKAM+.

**D-93-03***S. Busemann, Karin Harbusch(Eds.)***DFKI Workshop on Natural Language Systems: Reusability and Modularity -**

D-93-03

**Abstract:** This document contains 10 workingpapers presented at the workshop held at Saarbrücken, October 23, 1992.

**D-93-04****DFKI Wissenschaftlich-Technischer Jahresbericht 1992**

194 Seiten

**Zusammenfassung:** Dieses Dokument enthält den Wissenschaftlich-Technischen Jahresbericht 1991 des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz.

**D-93-05***Elisabeth André, Winfried Graf, Jochen Heinsohn, Bernhard Nebel, H.-Jürgen Profitlich, Thomas Rist, Wolfgang Wahlster***PPP: Personalized Plan-Based Presenter**

70 pages

**Abstract:** The aim of the project 'Personalized Plan-Based Presenter' (PPP) is to explore and develop innovative presentation techniques for future intelligent user interfaces. The central issues of the project are: 1. Planning multimedia presentation acts, 2. Interactive multimedia presentations, 3. Monitoring the effectiveness of a presentation, 4. Providing a firm representation foundation. Presentation design can be viewed as a relatively unexplored area of common-sense reasoning. Unlike most research on common-sense reasoning to date, the PPP project does not deal with metadomain research on general design principles, but focuses on formal methods.

---

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-\$).

**Zusammenfassung:** Das vorliegende Dokument enthält die Fachbeiträge des Gründungsworkshops der Fachgruppe 1.1.6 „Verteilte Künstliche Intelligenz“ in der Gesellschaft für Informatik.

**Abstract:** The document contains the papers of the founding workshop of the special interest group on "Distributed Artificial Intelligence" of the German Society for Computer Science.

D-93-07

*Klaus-Peter Gores, Rainer Bleisinger*

*Ein erwartungscontourer Koordinator zur partiellen Textanalyse*

**Abstract:** The Natural Language Software Registry is a concise summary of the capabilities and sources of language processing software available to researchers. It comprises academic, commercial, and proprietary software, with theory, specifications, and terms on which it can be acquired clearly indicated.

This second edition, containing nearly one hundred software descriptions, owes much to the participants of the 1992 survey of natural language processing software conducted for the German Ministry for Research and Technology by DFKI and directed by Prof. Wolfgang Wahlster. The Registry now distinguishes among several levels of linguistic analysis, with a full section for natural language generation. It encompasses as well large systems that perform several levels of analysis, linguistic development tools, and selected applications of natural language processing technology.

**D-93-11**

*Knut Hinkelmann, Armin Laux (Eds.)*

**DFKI Workshop on Knowledge Representation Techniques — Proceedings**

88 pages

**Abstract:** This Document contains papers presented at the DFKI Workshop on Knowledge Representation Techniques in Kaiserslautern, Germany, July 8, 1993.

**D-93-12**

*Harold Boley, Klaus Elsbernd, Michael Herfert, Michael Sintek, Werner Stein*

**RELFUN Guide: Programming with Relations and Functions Made Easy**

86 pages

**Abstract:** A practical description of relational/functional programming in RELFUN is given. The language constructs are introduced by a tutorial dialog. Builtins, primitives, and commands are explained. Examples are given on all aspects relevant to using the language.

**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-\$).

**Abstract:** The Workshop on Constraint Processing at CSAM'93 was aimed at exchanging, comparing and contrasting research results in all areas of constraint processing regarded as a general paradigm of computation. Papers have been submitted by authors working on various aspects of constraint processing at different sites in Austria, England, France, Germany, Netherlands, Russia, Slovenia, Switzerland, and the United States.

The two-days workshop was held as a separate track of sessions within the International Congress on Computer Systems and Applied Mathematics (CSAM'93) organized by the Center of Modern Communications of St. Petersburg State University and held at the Educational Center in St. Petersburg, Russia, on July 19-23, 1993.

These proceedings contain extended versions of the invited talk and all papers accepted for presentation at the workshop. They cover a wide range of topics in the area of constraint processing including concurrent constraint languages, constraints and knowledge representation, constraint logic programming, constraint maintenance algorithms, modelling with constraints, constraint-satisfaction techniques, constraints for temporal reasoning, theoretical foundations of constraint networks, implementation techniques, constraints and databases, distributed constraint satisfaction, and applications of constraint processing techniques to space planning problems, exams planning problems, and job scheduling problems.

**D-93-15**

*Robert Laux*

**Untersuchung maschineller Lernverfahren und heuristischer Methoden im Hinblick auf deren Kombination zur Unterstützung eines Chart-Parsers**

86 Seiten

**Abstract:** Die schlechte Komplexität von Graph-Parsern für allgemeine Graphgrammatiken (NP-Vollständigkeit) legt die Verwendung von Heuristiken nahe. Aufgabe dieser Arbeit war es, zur Unterstützung des chart-basierten Graph-Parser GraPaKL (für die Graphgrammatikklasse NRCFGG) eine Heuristikkomponente, die das benötigte Kontrollwissen durch ein Lernverfahren akquiriert, zu entwickeln. Dazu wurden zunächst verschiedene Repräsentationsarten von Kontrollwissen sowie verschiedene Lernverfahren zur Akquisition des Kontrollwissens diskutiert und festgestellt, daß sich die Repräsentation des Kontrollwissens in Form einer Bewertungsfunktion in Kombination mit dem konnektionistischen Lernverfahren Backpropagation am besten eignet. Die entwickelte Heuristikkomponente besteht aus zwei Modulen, dem Bewertungs- und dem Lernmodul. Das Bewertungsmodul steuert den Parser, indem es mittels einer Bewertungsfunktion Prioritäten an die Alternativen in der Agenda vergibt. Aufgrund der Tatsache, daß die Güte der Alternativen wesentlich vom Zustand des Parsers abhängt, setzt sich die Bewertungsfunktion aus zwei Teilen zusammen: einem statischen, d.h. vom aktuellen Zustand des Parsers unabhängigen, als auch einem dynamischen, also vom Parserzustand abhängigen Teil. Dabei kommt der dynamischen, situationsabhängigen Teilbewertung die Rolle der Primärsteuerung zu. Die dynamische Teilbewertungsfunktion wird durch das Lernmodul akquiriert. Der Benutzer bzw. Experte präsentiert Beispielparse, mit denen das Lernmodul die Bewertungsfunktion entsprechend verändert. Der Benutzer kann somit GraPaKL nur mittelbar, und zwar über das Lernmodul (durch die Präsentation von Beispielparsen) steuern; die konkrete Bewertungsfunktion bleibt dem Benutzer verborgen. Bemerkenswert ist, daß die Architektur der Heuristikkomponente unabhängig von der zugrundeliegenden Graphgrammatik (Domäne) ist. Darüberhinaus läßt sie sich durchaus auch auf agenda-basierte Chart-Parser für Stringgrammatiken übertragen. In (provisorischen) experimentellen Untersuchungen konnte die prinzipielle Eignung einerseits der Konzeption der Bewertungsfunktion und andererseits der Wahl des Lernverfahrens aufgezeigt werden. Ein systematisches Training mit verschiedenen Netzarchitekturen und Parameterkonstellationen konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt werden, da dies aufwendige Testreihen erfordert hätte.

D-93-16

*Bernd Bachmann, Ansgar Bernardi, Christoph Klauck, Gabriele Schmidt*

Design & KI

74 Seiten

**Zusammenfassung:** In diesem Bericht werden die wichtigsten Begriffe aus dem Bereich des (Produkt)Designs aus dem Blickwinkel der Künstlichen Intelligenz untersucht. Der Schwerpunkt liegt dabei nicht so sehr auf den technischen Details von existierenden Designsystemen als vielmehr in der Untersuchung der wesentlichen Konzepte wie Designmodelle, Modelle des wissensbasierten Designs, innovatives Design, etc. auf einem informellen Level, die der grundsätzlichen Beschreibung des Vorgehens eines Experten beim Design genügen.

**Abstract:** In this document the crucial terms in the field of product design from the viewpoint of artificial intelligence are going to be investigated. We put the emphasis rather on the investigation of the principal concepts, e.g. design model, models of knowledge based design, inovative design, etc. then on the technical

D-93-21

*Dennis Drollinger***Intelligentes Backtracking in Inferenzsystemen am Beispiel Terminologischer Logiken**

53 Seiten

**Zusammenfassung:** In der KI beschäftigt man sich zunehmend mit Terminologischen Logiken. Diese gehen auf einen logikbasierten Formalismus für Semantische Netze zurück, der von R. Brachman unter dem Name KL-ONE eingeführt wurde. In KL-ONE-basierten Systemen wird zwischen terminologischem und assertionalem Wissen unterschieden, indem für jede Komponente ein eigener Formalismus zur Verfügung steht. In der sogenannten TBOX wird das konzeptuelle Wissen beschrieben, während in der ABOX Instanzen von Konzepten gebildet werden können, die über Relationen miteinander verknüpft werden.

In den letzten Jahren lag der Schwerpunkt der Forschung im Bereich Terminologischer Logiken auf der Entwicklung vollständiger und effizienter Algorithmen für die Klassifikation, die den zentralen Inferenzdienst des TBOX-Reasoning darstellt. Heute kann man sagen, daß die Leistungsfähigkeit implementierter Systeme

In den meisten Applikationen stellt jedoch das ABOX-Reasoning, die für den Einsatz als Tool oder Stand-Alone-System wesentlichen Inferenzdienste, zur Verfügung. Die bisher entwickelten vollständigen Algorithmen für das ABOX-Reasoning sind jedoch zu ineffizient, um sie in praktisch verwendbaren Systemen einsetzen zu können. Ursache dieser Ineffizienz ist die naive Behandlung der Disjunktionen, weshalb eine intelligente Behandlung dieser notwendig erscheint.

In der vorliegenden Arbeit wurde ein Verfahren entwickelt, das durch die Verwaltung von Abhängigkeiten und durch geeignete Kontrollmechanismen eine intelligente Backtrackingstrategie realisiert.

D-93-22

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

44 Seiten



In den Teildokumentationen zu den beiden hier behandelten Syntaxgebieten werden die Phänomene zuerst skizzenhaft beschrieben. Dann wird die der Datensammlung zugrundeliegende Systematik erläutert. Anschließend wird gezeigt, wie die Daten in der relationalen Datenbank organisiert sind.

**Abstract:** In this paper we describe DiTo-data for *fixed verbal structures* and *relative clauses*. DiTo is a diagnostic tool for errors within the syntactic component of NLP systems. The DiTo project is an effort to construct a catalogue of data exemplifying the major syntactic patterns of German. Presently, the catalogue addresses *verbal government*, *coordination*, *fixed verbal structures* and *relativ clauses*. We cooperate with other groups that work on further syntactic phenomena according to the ideas of DiTo. To allow systematic testing of specific syntax areas, the data are organised into a relational database.

In this document, the phenomena are sketched first. Then we describe the methodology the data collection is based on. Finally, we show how the data are organised into the relational database.

**D-93-25**

*H.-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-\$).

**Abstract:** This document contains the papers presented at the Workshop "Modeling Epistemic Propositions" which has been held in Berlin at the 17th German Conference on Artificial Intelligence, September 1993.

**D-93-26**

*Frank Peters*

### Unterstützung des Experten bei der Formalisierung von Textwissen INFOCOM - Eine interaktive Formalisierungskomponente

58 Seiten

**Zusammenfassung:** Ein in der Wissensakquisition grundlegendes Problem ist das Formalisieren informalen Wissens. Für die Lösung dieses Problems bieten sich verschiedene Wege an, die sich nicht zuletzt durch den Grad ihrer Automatisierung unterscheiden. In dieser Arbeit soll das System INFOCOM vorgestellt werden, welches

einen Experten der zu bearbeitenden Domäne beim formalisieren von Textwissen unterstützt. Der Vorgang des Formalisierens ist in verschiedene Phasen unterteilt, die zum einen automatisch durch einen regelgesteuerten Füllalgorithmus, zum anderen manuell im interaktiven Dialog mit dem Experten durchgeführt werden. Ein Wissensingenieur hat die Aufgabe, den Füllalgorithmus durch Eingabe von Regelsystemen zu konfigurieren und den Experten bei seiner Arbeit zu unterstützen.

**Abstract:** A fundamental problem with knowledge acquisition is the formalisation of informal knowledge. In order to solve this problem there are various ways which, last but not least, differ by the degree of their automatic control. In this document the system INFOCOM is to be presented which supports domain-experts while formalising text-knowledge. The process of formalisation is divided into different phases which are executed automatically by a rule-controlled filling-algorithm on the one hand and manually through an interactive dialog with the expert on the other hand. The task of the knowledge engineer is the configuration of the filling-algorithm by creating rule-systems. In addition to this, he has to support the work of the expert.

**D-93-27**

*R. Backofen, H.-U. Krieger, Stephen P. Spackman, H. Uszkoreit (Eds.)*

### Report of the EAGLES Workshop on Implemented Formalisms at DFKI, Saarbrücken

110 pages

**Abstract:** This document contains the contributions to the EAGLES Workshop on Implemented Formalisms at DFKI, Saarbrücken, March 1-3, 1993.





