



Deutsches  
Forschungszentrum  
für Künstliche  
Intelligenz GmbH

**Document**

D-91-04

# Wissenschaftlich- Technischer Jahresbericht

## 1990

**Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz  
GmbH**

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

Stuhlsatzenhausweg 3  
D-6600 Saarbrücken 11, 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 und Saarbrücken is a non-profit organization which was founded in 1988 by the shareholder companies ADV/Orga, AEG, IBM, Insiders, Fraunhofer Gesellschaft, GMD, Krupp-Atlas, Mannesmann-Kienzle, Nixdorf, Philips 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
- Intelligent Communication Networks
- Intelligent Cooperative Systems.

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.

Prof. Dr. Gerhard Barth  
Director

Wissenschaftlich - Technischer  
Jahresbericht

1990

Deutsches Forschungszentrum  
für  
Künstliche Intelligenz

Kaiserslautern und Saarbrücken

© Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz 1991

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

# Vorwort

Der vorliegende Bericht gibt einen umfassenden Einblick in die am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) im Verlauf des Jahres 1990 durchgeführten Forschungsaktivitäten. Über 50 hochqualifizierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben mit großem Engagement und Ideenreichtum an grundlegenden Problemen der maschinellen Verarbeitung von Wissen gearbeitet. Gestützt auf ihr hervorragendes Fachwissen und geleitet von anwendungsorientierten Fragestellungen haben sie zahlreiche neuartige Ergebnisse von großer Tragweite erzielt.

Im Jahr 1990 wurden drei neue Projekte begonnen, deren Finanzierung aus Mitteln des BMFT erfolgt. Die in diesen Vorhaben verfolgten Ziele ergänzen die bereits im Vorjahr gestarteten Projekte in vielerlei Hinsicht und passen sich nahtlos in das Forschungsprogramm des DFKI ein. Dessen Ausrichtung auf die Arbeitsgebiete

- Intelligente Benutzerschnittstellen
- Intelligente Ingenieursysteme
- Intelligente Kommunikationssysteme
- Intelligente Kooperationssysteme

hat sich weiterhin als tragfähig und zukunftsorientiert erwiesen.

Besonders erfreulich ist, daß im Jahr 1990 zwei weitere Projekte begonnen werden konnten, welche von Unternehmen aus dem Kreis der DFKI-Gesellschafter finanziert werden. Beide Vorhaben sind thematisch eng mit zwei vom BMFT geförderten Projekten verzahnt, so daß es hierbei zu einer erfolgreichen Umsetzung der dem DFKI zugrundeliegenden Idee einer Symbiose von erkenntnisorientierter Grundlagenforschung und produktorientierter Industrieforschung gekommen ist. Neben der rein finanziellen Unterstützung des DFKI haben die betreffenden Gesellschafter auch durch die Entsendung von Mitarbeitern an unser Institut in die Projekte investiert. Wir sind sicher, daß sich diese Entscheidungen als richtig erweisen werden.

Die am DFKI durchgeführten Forschungsaktivitäten haben in der Fachwelt viel Interesse und große Wertschätzung erfahren. Bei zahlreichen Tagungen und Kongressen hatten Wissenschaftler des DFKI Gelegenheit, vor kompetentem Fachpublikum über ihre Arbeit zu berichten. Dies führte unter anderem auch zu einer großen Nachfrage über Möglichkeiten von Gastforscheraufenthalten am DFKI. Bemerkenswerterweise waren darunter auch Interessensbekundungen renommierter Forscher ausländischer Forschungseinrichtungen. Daß manche solcher Kontakte in Form von Vorträgen oder mehrwöchigen Aufenthalten ausgebaut werden konnten, war für den Fortgang der DFKI-Projekte von großem Nutzen.

Das Jahr 1990 brachte große Erfolge mit sich. Diese verdanken wir unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Ihnen allen gebührt unsere Hochachtung und unser ganz persönlicher Dank.

Kaiserslautern, im März 1991.

Professor Dr. Gerhard Barth  
Technisch-wissenschaftlicher Geschäftsführer

Diplom-Kaufmann Friedrich J. Wendl  
Kaufmännischer Geschäftsführer



## Inhaltsverzeichnis

1. BMFT geförderte Projekte.....	9
1.1. Projekt ALV.....	9
1.1.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse .....	9
1.2.1.1. Entwurf der Systemarchitektur.....	9
1.2.1.2. Untersuchung von Bürodokumenten.....	10
1.2.1.3. Erstellung von Wortbeschreibungen .....	11
1.1.2. Kontakte zu anderen DFKI-Projekten und Forschungsgruppen ..	13
1.1.3. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen.....	14
1.1.4. Personalialia .....	15
1.2. Projekt ARC-TEC.....	16
1.2.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse .....	17
1.2.1.1. Teilprojekt A: Wissensakquisition.....	17
1.2.1.2. Teilprojekt R: Wissensrepräsentation .....	20
1.2.1.3. Teilprojekt C: Wissenscompilation .....	22
1.2.2. Kontakte zu anderen DFKI-Projekten und Forschungsgruppen ..	25
1.2.3. Weitere wissenschaftliche Kontakte und Aktivitäten.....	25
1.2.4. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen .....	27
1.2.5. Personalialia .....	29
1.3. Projekt DISCO.....	30
1.3.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse .....	30
1.3.1.1. Teilprojekt Formalismen und Schnittstellen .....	30
1.3.1.2. Linguistische Verarbeitung .....	33
1.3.1.3. Linguistische Wissensbasen.....	34
1.3.1.4. Wichtige andere Arbeiten .....	35
1.3.2. Kontakte zu anderen DFKI-Projekten und Forschungsgruppen ..	35
1.3.3. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen.....	37
1.3.4. Personalialia .....	38
1.4. Projekt PHI .....	39
1.4.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse .....	39
1.4.2. Kontakte zu anderen DFKI-Projekten und Forschungsgruppen ..	41
1.4.3. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen.....	42
1.4.4. Personalialia .....	42
1.5. Projekt WINO .....	44
1.5.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse .....	44
1.5.2. Kontakte zu anderen DFKI-Projekten und Forschungsgruppen ..	47
1.5.3. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen.....	49
1.5.4. Personalialia .....	51

1.6. Projekt WIP .....	53
1.6.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse .....	53
1.6.2. Kontakte zu anderen DFKI-Projekten und Forschungsgruppen..	58
1.6.3. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen.....	59
1.6.4. Personalia .....	61
2. Von Gesellschaftern am DFKI durchgeführte Projekte .....	62
2.1. Projekt KIK.....	62
2.1.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse .....	62
2.1.2. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen.....	67
2.1.3. Personalia .....	68
2.2. Projekt OOSE.....	70
2.2.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse .....	70
2.2.2. Verknüpfung mit anderen DFKI Projekten .....	71
2.2.3. Personalia .....	71
2.3. Projekt PLUS.....	72
2.3.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse .....	72
2.3.2. Kontakte zu anderen DFKI-Projekten und Forschungsgruppen ..	74
2.3.3. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen.....	74
2.3.4. Personalia .....	74
2.4. Projekt WIDAN .....	75
2.4.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse .....	75
2.4.2. Verknüpfung mit anderen DFKI Projekten .....	77
2.4.3. Personalia .....	78
3. In Zusammenarbeit mit externen Partnern durchgeführte Projekte .....	79
3.1. Projekt ESY.....	79
3.1.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse .....	79
3.1.2. Kontakte zu anderen DFKI-Projekten und Forschungsgruppen ..	82
3.1.3. Personalia .....	82
3.2. Projekt KIWi.....	83
3.2.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse .....	83
3.2.2. Verknüpfung mit anderen DFKI Projekten .....	84
3.2.3. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen.....	84
3.2.4. Personalia .....	84
3.3. Projekt SIW.....	85
3.3.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse .....	85
3.3.2. Verknüpfung mit anderen DFKI-Projekten .....	86
3.3.3. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen.....	86
3.3.4. Personalia .....	86

4. Ausblick auf weitere Projekte .....	87
4.1. Projekt HYDRA .....	87
4.1.1. Projektbeschreibung und Projektziel.....	87
4.1.2. Projektorganisation .....	88
4.2. Projekt AKA-Mod.....	89
4.2.1. Projektbeschreibung und Projektziel.....	89
4.2.2. Projektorganisation .....	92
4.3. Projekt ASL.....	93
4.3.1. Projektbeschreibung und Projektziel.....	93
4.3.2. Projektorganisation .....	94
Namensverzeichnis .....	96
DFKI Publikationen .....	97

Redaktionsschluß: 15.2.91  
Edition und  
Gesamtverantwortung: W.Olthoff



# 1. BMFT geförderte Projekte

Das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) hat sich auch im Jahre 1990 als die wichtigste Säule der Projektförderung erwiesen, allerdings mit sinkendem Anteil an der Gesamtfinanzierung. In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der sechs vom BMFT in 1990 geförderten DFKI-Projekte dargestellt.

## 1.1. Projekt ALV

Das Projekt Automatisches Lesen und Verstehen (ALV) wird vom BMFT gefördert (Förderkennzeichen: ITW 9003 0) und hat eine Laufzeit vom 1. Oktober 1990 bis 30. September 1993. Das Projekt soll eine Brücke zwischen Lesen (vom Pixelbild zum korrekten ASCII) und Verstehen (vom korrekten ASCII zum Bedeutungsinhalt) textueller Information schlagen. In diesem Zusammenhang wird ein integrierter Ansatz aus Verfahren der Mustererkennung, der Bild- und der Sprachverarbeitung angestrebt. Dazu sollen ausgehend von Messungen am Binärbild eines abgetasteten Dokuments, Zusammenhänge zwischen Bildobjekten hergestellt, diese interpretiert und damit intendierte Bedeutungen im Dokument erkannt werden.

### 1.1.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

#### 1.2.1.1. Entwurf der Systemarchitektur

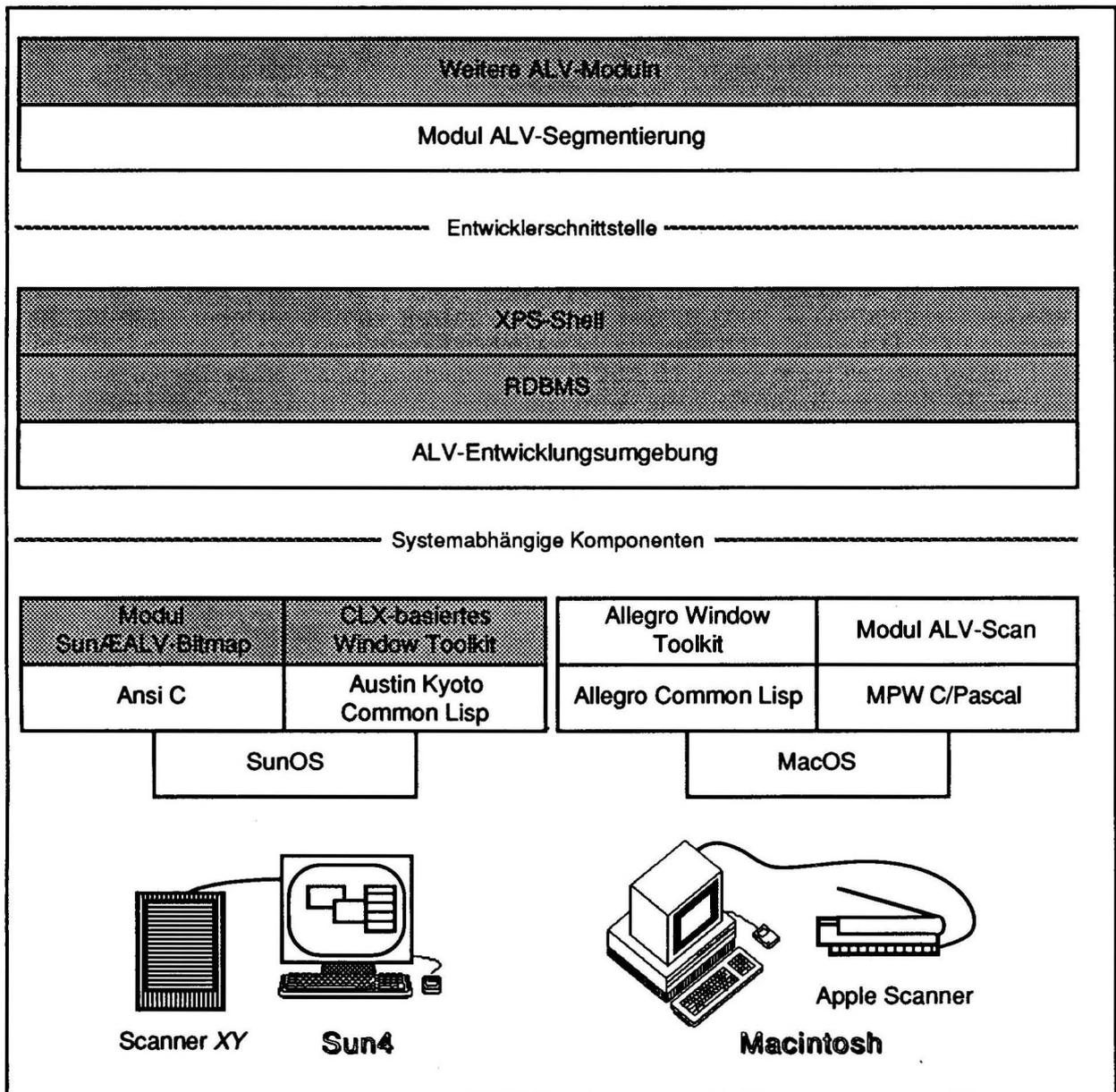
Ein wesentlicher Schwerpunkt beim Entwurf der Systemarchitektur war, eine geeignete Hard- und Softwareumgebung aufzubauen, welche die Aufgaben und die Zielsetzung von ALV unterstützt und in das Gesamtkonzept des DFKI paßt. Als Hardware werden jetzt Macintosh IIfx Rechnern und Sun4 Workstations genutzt. Für die Bilddatenerfassung steht ein Apple Scanner mit einer maximalen Abtastauflösung von 300 dpi zur Verfügung.

Die Implementierungen werden, bis auf wenige Ausnahmen, in einer objektorientierten Erweiterung von Common Lisp durchgeführt. Die Ausnahmefälle ergeben sich dort, wo Lisp-Schnittstellen fehlen (systemnahe Vorgänge wie Scanner-Ansteuerung, Abfrage der Datenbank).

Die ersten Überlegungen konzentrieren sich auf die Entwicklung eines Basissystems, das dem Entwickler eine komfortable Schnittstelle für den Aufbau des Dokumentanalyse-Systems und dem Benutzer für die Durchführung der einzelnen Analyse-Schritte bieten soll. Die Entwicklerschnittstelle soll dabei folgende Aufgaben übernehmen können:

- komfortable Bedienung des Systems über eine grafische Oberfläche
- einfache und homogene Integration neuer Verfahren in das System
- Visualisierung der (Zwischen-)Ergebnisse
- Unterstützung der Test- und Verifikationsphase
- Erleichterung des Vergleichs hinsichtlich Qualität des Ergebnisses und Zeitbedarf zu dessen Generierung
- Bereitstellung regelmäßig benötigter Routinen und Objekte.

Als erster Schritt für die Realisierung dieses Basissystems wurde eine Direktansteuerung des Scanners realisiert. Die weitere Planung der Systemarchitektur sieht den Erwerb einer relationalen Datenbank zur Verwaltung der Wörterbücher vor, sowie ggf. einer Expertensystem-Shell und eines Scanners für die Sun-Rechner. Das nachfolgende Schaubild veranschaulicht die konzipierte Systemarchitektur, wobei im Planungszustand befindliche Teile grau unterlegt sind.



ALV-Systemarchitektur.

### 1.2.1.2. Untersuchung von Bürodokumenten

Eine Analyse von Texten ist nur möglich, falls starke Einschränkungen der Diskurswelt gemacht werden. Im Projekt ALV wurde der Diskursbereich Bürodokumente, speziell Geschäftsbriefe gewählt.

Allgemein ist der Inhalt von Dokumenten doppelt strukturiert. Eine Layoutstruktur unterteilt das Dokument in rechteckige Bereiche, wie Text- oder Graphikblöcke, ikonische Bilder, Zeilen, Wörter und Zeichen; eine logische Struktur beschreibt bedeutungstragende Teile wie Titel, Autor, Fußnote oder den Empfänger eines Briefes.

Die Strukturen bestehen aus einer Hierarchie von Objekten, welche durch einen Baum darstellbar sind. Die Knoten des Baumes stellen die Objekte einer Struktur dar. Die Verbindungen eines Objekts mit Objekten tiefer im Baum beschreiben die Zusammensetzung eines Objekts aus untergeordneten Objekten, wie zum Beispiel ein Paragraph aus mehreren Abschnitten oder eine Zeile aus mehreren Worten besteht. Auf der untersten Hierarchiestufe stehen die Basisobjekte, die sich auf einzelne Inhaltsportionen beziehen.

Erstes Ziel dieses Arbeitspaketes war die Erstellung einer logischen Struktur für die Dokumentklasse Geschäftsbrief. Diese Struktur umfaßt eine Menge von Definitionen für logische Objekte sowie deren Aggregation in einer Baumhierarchie. Gesamtziel dieser Untersuchung ist die Erstellung eines komplexen Dokument-Architektur-Modells. Dieses Modell soll neben den Ausprägungen des logischen Aufbaus von Geschäftsbriefen auch die Gesamtheit ihrer zweidimensionalen Gestaltungsmöglichkeiten in einer Layoutstruktur repräsentieren.

Die Beschreibung logischer Objekte hat sich bisher auf die Betrachtung typischer geometrischer Eigenschaften konzentriert (Anzahl der Zeilen, Abmessungen, Lage, typische Schriftfontgrößen, Schrifttypenvariationen, ...).

Eine weitere Aufgabe für die Erweiterung der Definitionen wird die Untersuchung von Inhalten in logischen Objekten sein. Also etwa syntaktischer Aufbau, typische Wörter, Trennhäufigkeit von Wörtern, Wortausprägungen (z.B. fett, unterstrichen) oder Ort, Häufigkeit und Größe von Graphiken sowie typische Formulierungen, Phrasen und Floskeln.

### 1.2.1.3. Erstellung von Wortbeschreibungen

Grundlage vieler Zeichenerkennungssysteme sind sogenannte *feature recognition* Verfahren, die Einzelzeichen anhand einer isolierten Zeichenbildanalyse aufgrund von Bildmerkmalen klassifizieren. Die Anzahl dieser Merkmale kann je nach Verfahren mehrere Hundert betragen. Einzelzeichenerkennungssysteme erreichen in der Praxis abhängig von der Qualität der Vorlage bereits Ergebnisse, die weit über 90% hinausgehen. Jedoch sind diese Systeme aufgrund ihrer Vorgehensweise und entgegen vieler Veröffentlichungen nicht als Lesesysteme sondern eher als automatische Buchstabiermaschinen zu bezeichnen.

Der Anspruch des maschinellen Lesens muß ähnlich wie beim Menschen untrennbar mit einer Kombination und Integration der Aufgaben des Erfassens und Verstehens gekoppelt sein. Um indizierte Bedeutungen aus gedruckten Texten zu extrahieren, hat, im Gegensatz zu Zeichenerkennungssystemen, die höhere Ebene der Wörter eine Schlüsselfunktion. Wörter und Sätze werden vom Menschen nicht durch die feinmaschige optische Analyse von Einzelzeichen, sondern anhand weniger Fixationspunkte gleichzeitig erfaßt und gedeutet. Dabei spielen zahlreiche Wissensquellen abstrakterer Ebenen eine wichtige Rolle (Wissen der Welt, Erwartungen über den Inhalt des Textes, Wissen über die Aufteilung des Textes auf der Seite sowie Wissen über Syntax und Semantik).

Inhalt dieses Arbeitspaketes ist es zunächst die Technik der Worterkennung beim Menschen aufzuarbeiten. Dazu wurde bisher ein ausgiebiges Literaturstudium durchgeführt. Aufgrund der Analyse der Ergebnisse, die im nachfolgenden in Auszügen beschrieben sind, sollen optische Merkmale von Wörtern festgelegt werden, die sich für eine automatische Worterkennung eignen.

Das menschliche Auge wandert beim Lesen nicht langsam von links nach rechts, wie es uns erscheint, sondern es bewegt sich vielmehr in Sprüngen, 'saccades' genannt, von einem Fixationspunkt zum nächsten. Dabei liegt die Fixationshäufigkeit pro Wort zwischen 0 und 3,

und konzentriert sich in der Nähe des Wortanfangs. Zwischen diesen Fixationspunkten ist der Text verschwommen und unscharf, also nicht zu identifizieren. Da der Mensch aber dennoch, zumindestens im allgemeinen, den Bedeutungsinhalt des Gelesenen versteht, liegt die Vermutung nahe, daß die an den Fixationspunkten gewonnene visuelle Information ausreicht, um auf den Textinhalt zu schließen. Der Mensch verwendet dazu weit mehr als nur die visuelle Information über isolierte Buchstaben. Es werden ganze Wörter oder sogar Gruppen von Wörtern bei diesem Prozeß auf einmal erkannt, die in manchen Fällen nicht einmal mehr einer weiteren visuellen Verarbeitung bedürfen. Manche Wörter werden dabei sogar nie fixiert.

Ein anderes Experiment hat ergeben, daß ein aus 4-5 Zeichen bestehendes Wort genauso schnell erkannt wird, wie ein einzelner Buchstabe, eine Tatsache, welche mit einer rechnerischen sequentiellen Vorgehensweise nicht in Einklang gebracht werden kann. Genauere Untersuchungen bewiesen zudem, daß das ganze Wort von sehr viel größerer Bedeutung für die Erkennung ist, als die Zerlegung des Wortes in Buchstaben. So reichen dem Menschen beispielsweise oft nur bruchstückhafte Informationen über einen Text aus um die enthaltene verstümmelte Information zu lesen und gleichzeitig ihren Bedeutungsinhalt zu verstehen.

Der Grad der Kenntnis einer Sprache spielt beim Lesen eine wichtige Rolle. Die Eigenschaften des Schreibens und Lesens in einer Sprache beherrscht man erst dann, wenn man die Menge aller auditiv wahrnehmbaren Zeichen (Laute) und das System der die Laute repräsentierenden visuell wahrnehmbaren Zeichen (Schrift) entschlüsseln und verknüpfen kann. Dieser Kenntnisstand über eine Sprache wirkt sich entsprechend auch auf die Anzahl der Fixationspunkte in einer Zeile aus und damit auf die Lesegeschwindigkeit.

Ein geübter Leser versucht nicht mehr, einen Buchstaben oder gar nur einen Teil davon zu fixieren, sondern sucht nach möglichst großen Buchstabengruppen, die sich ihm in Wortzusammenhängen darbieten. Dazu wird die Zeile in eine gewisse Anzahl von Blöcken (etwa zehn Buchstaben) zerlegt. Durch ruckhafte Bewegungen des Auges werden die Blöcke fixiert und die enthaltene Information entschlüsselt. Während der Dauer der ruckhaften Bewegungen ist aber kein Sehen möglich.

Unterschiede gibt es bei der Wahl von Identifikationsmerkmalen des Auges beim Lesen. Verdeckt man etwa die obere Hälfte einer Druckzeile, so bedarf es einer gewissen Anstrengung, um die enthaltenen Wörter zu identifizieren. Verdeckt man jedoch die untere Hälfte der Zeile, liest man fast ebenso schnell, als wenn die ganze Zeile einsehbar wäre. Als Schlußfolgerung daraus ergibt sich, daß das Auge die Wörter einer Zeile eher an den oberen Eigenschaften der Buchstaben erkennt (entschlüsselt). Andere Untersuchungen priorisierten dazu vor allem Wortumrisse. Dies erscheint als Bestätigung für die Beobachtung, daß der obere Wortteil charakteristischer ist, da insbesondere die zerfranzte obere Kante eines Wortes spezifische Merkmale aufweist.

Auch gibt es Untersuchungen, welche die Beschaffenheit einzelner Buchstaben hervorheben und damit die Gesamtform eines Wortes als dominierendes Identifikationsmittel verdrängen. Über den Charakter und die Beschaffenheit solcher determinierender Buchstaben gibt es keine detaillierten Versuche. Als eine der brauchbarsten Aussagen erscheint, daß besonders oberzeilige Konsonanten eine wichtige Rolle spielen, da sie aufgrund ihrer Höhe alle anderen Buchstaben überragen. Unterzeilige Buchstaben spielen nur deshalb eine untergeordnete Rolle, weil sie zu selten vorkommen (32 pro 1000 Buchstaben). Es gibt sogar Veröffentlichungen, die aufgrund von Ober- und Unterlängen einen sogenannten Gestaltsquotienten definieren, der die Gesamtzahl von Ober- und Unterlängen zur Gesamtzahl der Buchstaben festlegt.

Vergleicht man die Wichtigkeit eines einzelnen Zeichens und die eines Wortes als Zeichenkombination für den Wahrnehmungsprozeß, so haben schon frühe Experimente gezeigt, daß einzelne Zeichen (Buchstaben) schwerer lesbar sind als ein ganzes Wort. Nimmt

man wiederum Wörter, die keine Sätze bilden oder Buchstabenkombinationen, die keine Wörter bilden, so verdoppelt sich die erforderliche Lesezeit. Daraus kann man folgern, daß es für das Erfassen von textueller Information überaus wichtig ist, die in einer Sprache verankerten Regeln über Wort- und Satzbau zu berücksichtigen. Das Ergebnis, daß der Mensch etwa dreimal so viele Buchstaben erfassen kann, wenn sie Wörter bilden, als wenn dies nicht der Fall ist, belegt diese Folgerung. Man kann dabei zeigen, daß bereits die im Sehzentrum liegenden 4-5 Buchstaben ausreichen, um den Rest des Wortes oder des Satzteiles mühelos zu assoziieren oder sein Klangbild zu reproduzieren. Je sinnvoller dabei der Kontext ist, umso einfacher wird der Assoziations- und Reproduktionsprozeß.

Häufig wiederkehrende Buchstabenserien spielen bei diesem Erinnerungsvermögen ebenfalls eine grundlegende Rolle. Sie werden eingepreßt und ihre Erinnerungsbilder in Verbindung mit ihren Klanglauten beim Auftreten in einem Text wieder aktiviert. Aufgrund von Untersuchungen spricht vieles dafür, daß in großem Umfang Buchstabenzusammenstellungen als optische Erinnerungsbilder im Gehirn abgelegt werden. Die Reproduktion der Klanglaute spielt dabei eine wichtige Rolle. Durch eine Serie von Buchstaben wird diese aktiviert und verbindet sie in analoger Weise mit prädikativen Zusammenhängen von Bedeutungen.

Weitere Aufgabe dieses Teilaspektes unserer Forschung wird es sein, die oben gewonnenen Erkenntnisse ausführlich zu analysieren und aufgrund der Ergebnisse Möglichkeiten der Modellierung von Wortbildern anhand optischer Merkmale festzulegen.

### **1.1.2. Kontakte zu anderen DFKI-Projekten und Forschungsgruppen**

#### Innerhalb des DFKI:

- **WIDAN**  
Eine sehr enge Verknüpfung von ALV gibt es zu dem Kooperations-projekt mit Daimler-Benz WIDAN. Die Aufgaben dieses Projektes beziehen sich momentan auf bildverarbeitende Verfahren, die im Grau- oder Binärbild eines Dokumentes eine Separierung und Klassifikation unterschiedlich gedruckter Informationsmodi anstreben. Diese Verfahren sind Vorstufe und Teil der Dokumentbildsegmentierung, wie sie auch in ALV realisiert werden soll. Die Zusammenarbeit bezieht sich sowohl auf den Erfahrungsaustausch und der gegenseitigen Zurverfügungstellung von Techniken, als auch dem gemeinsamen Erarbeiten von Lösungsansätzen.
- **ARCTEC**  
Auf mehreren gemeinsamen Arbeitstreffen mit der Projektgruppe ARC-TEC wurden verschiedene Forschungsaspekte erörtert und analysiert, die potentiell gemeinsame Zielsetzung beinhalten könnten. Dazu fanden Vorträge statt, die Schwerpunkte in den Vorhaben erläuterten.

Als ein wichtiger Kooperationspunkt stellte sich dabei der Bereich der Repräsentation komplexer Gebilde heraus, der durch die Forschungsgegenstände Dokument und Werkstück gegeben ist. Insbesondere auf dem Gebiet der geometrischen Modellierung und der Nutzung dieses Wissens in Form von Entscheidungsbäumen gibt es überlappende Fragestellungen. Diese beziehen sich vor allem auf die Minimierung der Entropie bei der Klassifikation. Der Einsatz erwartungsgesteuerter Techniken bei der Klassifikation spielen in beiden Projekten eine Rolle.

- **SIW**  
Weitere Anknüpfungspunkte gibt es zu dem Projekt SIW, das in Zusammenarbeit mit der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) durchgeführt wird.

Das Projekt hat den Schwerpunkt im Bereich des Aufbaus und der Strukturierung multi-medialer Wissensbanken. Dazu werden, ähnlich wie in ALV, unterschiedliche Betrachtungsmöglichkeiten von Informationsinhalten aufgebaut und in logischen Abstraktionshierarchien umgesetzt. Insbesondere in Bezug auf das in ALV zu erarbeitende Domänenmodell, das in engem Zusammenhang mit dem oben beschriebenen Arbeitspaket der Untersuchung von Bürodokumenten steht, ergeben sich enge Verknüpfungspunkte, die sich auf die Konzeption der einzelnen semantischen Wissensportionen in Form von logischen Objekten sowie deren Aggregation konzentrieren.

#### Außerhalb des DFKI:

Weitere intensive Zusammenarbeit gab es mit dem Lehrstuhl Datenbanken an der Universität Kaiserslautern. Dort werden objektorientierte Wissensverwaltungssysteme entwickelt, die insbesondere im Bereich von Wissensabstraktionskonzepten interessante Mechanismen zur Verfügung stellen, um Wissensbasis und Analyseergebnisse von ALV zu strukturieren. Die Zusammenarbeit konzentrierte sich hauptsächlich auf Vorüberlegungen für eine Kopplung von Forschungsaktivitäten und Ergebnissen beider Arbeitsgruppen und resultierte in einer Reihe von erfolgreichen Publikationen (siehe unten).

Für das Jahr 1991 wird insbesondere mit Beginn der Arbeitspakete in Zusammenhang mit der Konzeption und Erstellung eines Lexikons eine intensive Zusammenarbeit mit dem Projekt DISCO angestrebt.

### 1.1.3. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen

#### Veröffentlichungen:

- G. Barth und A. Dengel, *Künstliche Intelligenz*, in: Bild der Wissenschaft, 1/90, S. 106-110.
- A. Dengel, *A Step Towards Understanding Paper Documents*, DFKI Research Report RR-90-08, German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI), Kaiserslautern, June 1990, 24 pages.
- A. Dengel and N. M. Mattos, *Integration of Document Representation, Processing and Management*, DFKI Research Report RR-90-03, German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI), Kaiserslautern, March 1990, 18 pages.
- A. Dengel, N. M. Mattos and Bernhard Mitschang, *An Integrated Document Management System*, Proceedings of the SPIE/ IEEE - Applications of Artificial Intelligence VIII, Orlando, FL, April 1990, S. 368-379.
- N. M. Mattos, Bernhard Mitschang, Andreas Dengel und Rainer Bleisinger, *An Approach to Integrated Document Processing & Management*, Proceedings COIS-90, Boston, MA, April 1990, S. 118-123.
- A. Dengel, *Document Image Analysis - Expectation-Driven Textual Recognition*, Proceedings of the SSPR90 (Internatl. Association for Pattern Recognition Workshop on Syntactic & Structural Pattern Recognition, Murray Hill, NJ, Juni 1990, S. 78-87.
- F. Hönes und A. Dengel, *Ein kontext-restriktiver Ansatz zur Texterkennung*, Mustererkennung 1990, 12. DAGM-Symposium, Oberkochen - Aalen Sept. 1990.
- F. Hönes, R. Bleisinger und A. Dengel, *Intelligent Word-based Text Recognition*, Proceedings OE-90, Symposium on Advances in Intelligent Systems (Machine Vision and System Integration), Boston, MA, November 1990.

#### Vorträge:

- A. Dengel, *Strukturen und Inhalte des DFKI*, 2. Treffen der GI-Fachgruppe "KI und Gesellschaft", Kaiserslautern, Januar 1990.
- A. Dengel, *Wissenschaftliche Ziele am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz*, Workshop "Expertensysteme im Recht", GI-Tagung 1990 - Der EDV-Arbeitsplatz in der Justiz, Saarbrücken, März 1990.

- A. Dengel, *Automatic Reading and Comprehension*, Begutachtungsvortrag zum Projektantrag, 3. Sitzung des Wissenschaftlichen DFKI-Beirats, Saarbrücken, April 1990.
- A. Dengel, *An Integrated Document Management System*, SPIE/ IEEE Konferenz: Applications of Artificial Intelligence VIII, Orlando, FL, April 1989.
- A. Dengel, *Das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz*, Vereinigung saarländischer Unternehmensverbände, Saarbrücken, Mai 1990.
- A. Dengel, *Document Image Analysis – Expectation-Driven Text Recognition*, SSPR90 (Internatl. Association for Pattern Recognition Workshop on Syntactic & Structural Pattern Recognition, Murray Hill, NJ, Juni 1990.
- A. Dengel, *Automatisches Lesen und Verstehen*, Besuch des Ministerpräsidenten Dr. Carl-Ludwig Wagner am DFKI, Kaiserslautern, August 1990.
- F. Hönes, *Ein kontext-restriktiver Ansatz zur Texterkennung*, 12. DAGM-Symposium, Oberkochen - Aalen Sept. 1990.
- F. Hönes, *Intelligent Word-based Text Recognition*, Symposium on Advances in Intelligent Systems (Machine Vision and System Integration), Boston, MA, November 1990.
- A. Dengel, *Grundlagen der Wissensverarbeitung*, Siemens Führungskräfte Seminar "Wissensbasierte Systeme für die Produktion", Fürth, Dezember 1990.
- A. Dengel, *Architektur Wissensbasierter Systeme*, Siemens Führungskräfte Seminar "Wissensbasierte Systeme für die Produktion", Fürth, Dezember 1990.

Veranstaltungen:

- A. Dengel, "Expertensysteme im Recht", Leiter des Workshops, GI-Tagung 1990 - Der EDV-Arbeitsplatz in der Justiz, Saarbrücken, März 1990.
- Vorstellung des Systems ANASTASIL sowie der grundlegenden Aspekte von ALV in der Sendung 3SAT-Studio (3SAT), April 1990.
- A. Dengel, "Future of Document Recognition", Podiumsteilnehmer, SSPR90 (Internatl. Association for Pattern Recognition Workshop on Syntactic & Structural Pattern Recognition), Murray Hill, NJ, Juni 1990.
- Vorstellung des Systems ANASTASIL anlässlich des Besuches des Ministerpräsidenten Dr. Carl-Ludwig Wagner am DFKI, August 1990.
- Präsentation Dokumentanalyse, Staatl. Berufsakademie für Lehrer, September 1990.
- Präsentation Dokumentanalyse, Tag der offenen Tür, 20 Jahre Universität Kaiserslautern, September 1990.
- R. Bleisinger, F. Hönes, *Automatisches Lesen und Verstehen*, Interview Saarländischer und Bayerischer Rundfunk, Oktober 1990.

#### 1.1.4. Personalia

Das ALV-Projekt startete im Oktober 1990 mit dem Projektleiter Dr. Andreas Dengel. Zum 1. Dezember 1990 verstärkte Dipl.-Inform. Frank Fein die Arbeitsgruppe. Zum 1.4.1991 wird noch ein weiterer Mitarbeiter und zum 1.1.1992 werden noch 2 weitere Mitarbeiter eingestellt werden.

Zum Jahresende 1990 bestand die ALV-Projektgruppe aus:

- |  |                 |
|--|-----------------|
| Dr.rer.nat. Andreas Dengel (Projektleiter) | (0631-205-3471) |
| Dipl.-Inform. Frank Fein (ab 1.10.90)      | (0631-205-5303) |

## 1.2. Projekt ARC-TEC

Das Projekt Akquisition, Repräsentation und Compilierung von Technischem Wissen (ARC-TEC), BMFT Förderkennzeichen ITW 8902 C4 wurde am 1. Mai 1989 gestartet und läuft bis 31. Dezember 1992.

Im Rahmen des Projektes sollen grundlegende Lösungen erarbeitet werden zu den KI-Problemen der Akquisition, Repräsentation und Compilation von Wissen für technische Expertensysteme. Entsprechend den konzeptionellen Lösungen soll eine nahtlos zusammenpassende Abfolge von Softwaretools (eine Shell) zur Wissensverarbeitung integriert zur Verfügung gestellt werden:

Mit der Akquisition soll das dem menschlichen Experten zur Verfügung stehende Wissen formaler Repräsentation zugänglich gemacht werden, die durch Compilation in tiefere Ebenen transformiert und ausgeführt werden müssen.

Anhand einer Anwendungsdomäne innerhalb des Maschinenbaus soll durch Beispiel-expertensysteme nachgewiesen werden, daß die erarbeiteten Lösungen für so unterschiedliche Aufgabenkategorien wie Arbeitsplanung und Diagnose einsetzbar sind. Das technische Wissen beinhaltet sowohl elementare Daten, Verfahren, Lehrbuchwissen, wie auch allgemein-vernünftige Verhaltensweisen.

Die CIM-Idee soll vertieft werden durch Übergang von einem Standard-Datenmodell zu einem umfassenden Wissensmodell. Zwischen dem DFKI und dem CIM-Center Kaiserslautern, das von Prof. Warnecke geleitet wird, besteht daher ein Kooperationsvertrag, um eine enge Zusammenarbeit zu ermöglichen.

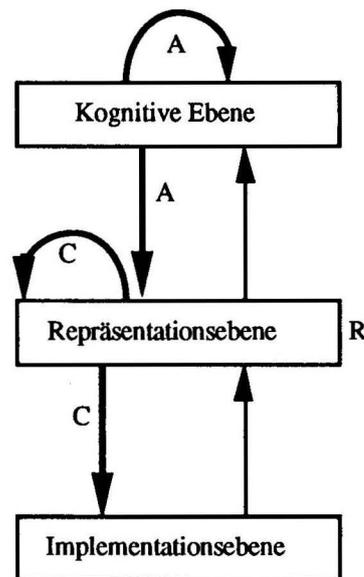


Abb. 1: Zwischen der Wissensäußerung und ihrer maschinellen Verwendung sind mehrere Transformationen durchzuführen (➡ - Pfeile). Diese gehen in Richtung einer stärkeren Strukturierung innerhalb der Ebenen und in Richtung von der kognitiven über die formale zur effizient verarbeitbaren Form.

Jedes syntaktische im Bildbereich einer Transformation erzielte Ergebnis muß seine Bedeutung im Urbildbereich der Transformation zugewiesen bekommen. Dies ist durch ➡

zwischen den Ebenen angedeutet. Am interessantesten und schwierigsten ist die Rückabbildung in die kognitive Ebene, was üblicherweise als Erklärung bezeichnet wird.

## 1.2.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

### 1.2.1.1. Teilprojekt A: Wissensakquisition

Die Wissensakquisitions-Gruppe entwickelt ein Werkzeug mit dem qualitativ gute Fertigungspläne, die sich in der praktischen Anwendung der Großfertigung bereits bewährt haben, für ihre Wiederverwendung in mittelständischen Betrieben (andere Fertigungsmaschinen, modifizierte Werkstückgeometrien und -technologien) aufbereitet werden können. Entsprechend den Ergebnissen des Arbeitspakets WT-DIAG, das bereits im ersten Halbjahr 1990 abgeschlossen wurde, soll dazu eine Wissensbank mit Skelettplänen erstellt werden, die direkt oder implizit durch Geometrie und Technologiedaten des Werkstücks und durch Fertigungswerkzeuge indiziert sind.

In dem Berichtszeitraum wurde das angestrebte Werkzeug als integratives Wissensakquisitionsverfahren vollständig konzipiert. Die Implementierung dieser Konzeption erfolgt in den Arbeitspaketen K-TOOL und KR-TOOL, wobei in den letzten 6 Monaten plangemäß an dem Paket K-TOOL gearbeitet wurde. Dabei wurde eine formale Notation für Skelettpläne erstellt und ein auf EBL-basiertes Verfahren zur automatischen Erzeugung von Skelettplänen implementiert. Für den praktischen Einsatz dieses Systems wird eine möglichst umfangreiche Theorie über die verschiedenen Werkzeuge, Maschinentypen, Technologie und Geometrielemente benötigt. Zur Erhebung solcher umfangreichen Theorien wurde das COKAM System konzipiert und ansatzweise bereits implementiert (Kühn, 1990 - SW-Demonstration beim WBR-Besuch).

Das Arbeitspaket R-SPEC wurde gemeinsam mit den Mitarbeitern des R-Teils bearbeitet. Über die Ergebnisse wird weiter unten berichtet. Die Arbeiten zu dem Paket K-TOOL werden im folgenden detaillierter beschrieben.

## Entwicklung des K-Tools

Das K-Tool wurde nach Methoden der integrativen Wissensakquisition konzipiert, bei der verschiedene Informationsquellen wie Texte, Fallsammlungen und Experten gemeinsam zur Wissenserhebung herangezogen werden, so daß eine effiziente Nutzung der Wissensquellen und eine frühe Wissensverifizierung (*early knowledge verification*) unterstützt wird. Die frühe Verifizierung des erhobenen Wissens dient der Einschätzung von Relevanz und Suffizienz sowie der Eliminierung von Redundanzen und Widersprüchen auf informaler Ebene.

### Die Akquisitionsmethode

Die integrative Wissensakquisitionsmethode teilt sich in vier Phasen auf, die Erklärungsphase, die Wissensvergleichsphase, die Kompetenzeinschätzungsphase und die Formalisierungsphase. Die ersten drei Phasen werden auf informaler Ebene durchgeführt. Erst in der letzten Phase wird das erhobene Wissen formalisiert.

In der *Erklärungsphase* wird dem Experten die Aufgabe gestellt, Lösungen von prototypischen Fällen zu erklären. Die Erklärungen sollen anhand von zuvor aus Texten erhobenem allgemeinem Wissen erfolgen. In Bezug auf den jeweiligen Fall werden durch die Erklärungen relevante Wissensseinheiten selektiert und ggf. Lücken gefüllt, so daß das Wissen für diesen Fall vollständig (suffizient) ist.

Nachdem mehrere Lösungen erklärt sind, werden in der *Wissensvergleichsphase* die Wissenseinheiten in den verschiedenen Kategorien einzeln untersucht. Redundanzen und Widersprüche werden eliminiert. Dabei können Wissenseinheiten verallgemeinert oder genauer spezifiziert werden.

In der *Kompetenzeinschätzungsphase* wird geprüft, welche Aufgaben mit Hilfe der informalen Wissensbasis gelöst werden können. Da neben den verwendeten Wissenseinheiten auch die Erklärungsstrukturen gespeichert wurden, muß eine Planwiederholung (Reproduktionsplanung) möglich sein. Auch für andere Fälle, die denen aus der Fallbasis ähneln, sollte ein Plan erstellbar sein, indem von einer geeigneten Erklärungsstruktur ausgegangen wird und diese hinsichtlich der aktuellen Werkstück- und Werkstattlepräsentation angepaßt wird (Variantenplanung).

In der *Formalisierungsphase* werden die erhobenen Wissenseinheiten in eine formale Repräsentation transformiert. Die informalen Erklärungsstrukturen werden dann mit den formalen Wissenseinheiten durchlaufen, wodurch fehlerhafte Formalisierungen aufgedeckt werden können. Diese Phase wird erst mit dem Arbeitspaket KR-Tool, das laut Meilensteinplan 1991 begonnen wird, ausgearbeitet.

### Implementierungsarbeiten

#### a) Automatische Generierung von Skelettplänen

Bei der automatischen Generierung von Skelettplänen wird zuerst eine schrittweise Simulation des Planes mit Hilfe einer gegebenen Domänentheorie durchgeführt. Die Domänentheorie beschreibt dabei, unter welchen Randbedingungen eine Aktion ausführbar ist und welche Effekte sie verursacht. Die Erklärung besteht aus einem Beweisbaum für jeden Effekt der Aktion auf der Basis der gegebenen Theorie. Durch die Anwendung der Methode des Explanation-based Learning wird dieser für den speziellen Plan erzeugte Beweisbaum generalisiert, wodurch operationale Konzepte für die einzelnen Aktionen des Planes entstehen. Unnötige oder weitgehend unabhängige Aktionen können anhand eines Abhängigkeitsgraphen erkannt und eliminiert werden. Eine Erklärung für den gesamten Plan, das sogenannte Plankonzept, wird durch Zusammenführen der einzelnen Teilerklärungen an den erkannten Abhängigkeitsstellen gebildet.

Anschließend wird eine Reduktion des Plankonzeptes durchgeführt, wodurch eine höhere Operationalität erreicht wird. Hierzu werden Redundanzen im Plankonzept, die durch die Formulierungen der Theorie sowie durch die Zusammenfassung der Teilerklärungen entstanden sind, eliminiert. Die Operationalität des Plankonzeptes wird in Form gerichteter Reduktionsregeln definiert, wodurch das Operationalitätskriterium auf Teilformeln des Plankonzeptes angehoben wird. Dadurch wird im Gegensatz zu klassischem Explanation-based Learning, bei dem lediglich die Operationalität von einzelnen Prädikaten festgelegt werden kann, eine adäquatere Definition ermöglicht.

Das operationale Plankonzept wird in einen Skelettplan transformiert. Die Identifikation unabhängiger Teilmengen von Prädikaten des Plankonzeptes dient hierbei der Bestimmung einer Constraintmenge für jede Skelettplanaktion. Die Menge der Aktionen (zusammen mit ihren Parametern), die gerade alle Constraints der Skelettplanaktion erfüllen, können zur späteren Verfeinerung des Skelettplans verwendet werden.

Das beschriebene Verfahren wurde prototypisch implementiert und für die Generierung von Skelettplänen für die Drehbearbeitung rotationssymmetrischer Werkstücke erfolgreich erprobt.

## b) Fallorientierte Wissenserhebung aus Texten mit COKAM

COKAM (Case-Oriented Knowledge Acquisition Method from Texts) ist eine Komponente des K-Tools, die zur integrativen Wissenserhebung aus Texten und Fallsammlungen dient. In COKAM wählt der Expert zunächst Texte und Textsegmente aus, die er für die Lösung der Zielaufgabe des zu erstellenden Expertensystems als relevant erachtet. Dabei wird er durch einen in COMMON LISP implementierten Wissenseditor unterstützt, der die Orientierung im Text erleichtert und die Verwaltung der Textsegmente übernimmt. Mit Hilfe der in der informalen Wissensbasis gespeicherten Textsegmente werden im nächsten Schritt vom Wissensingenieur ausgewählte Fälle erklärt. Das System unterstützt die Suche nach Textsegmenten sowie den graphischen Aufbau einer Erklärungsstruktur auf dem Bildschirm. Die erzeugten Erklärungsstrukturen werden gespeichert, um einen Vergleich der einzelnen Erklärungsstrukturen zu ermöglichen. Obwohl die Implementierung von COKAM noch nicht abgeschlossen ist, wird das Tool bereits zur Erstellung einer informalen Wissensbasis eingesetzt.

## R-SPEC

Im abgeschlossenen Arbeitspaket WT-DIAG wurden in einer epistemologischen Analyse des Anwendungsgebiets verschiedene Wissenstypen unterschieden. Das wichtigste Ergebnis aus diesem Arbeitspaket ist das Modell der Expertise zur Fertigungsplanung von rotationssymmetrischen Teilen. Aus diesem Expertisemodell ergeben sich drei Teilbereiche, für die Anforderungen an die Repräsentationssprache zu spezifizieren sind: Abstraktionswissen und Features, Assoziationswissen und Skelettpläne, Verfeinerungswissen und Fertigungspläne.

Das Arbeitspaket R-SPEC wurde zusammen mit der Repräsentationsgruppe bearbeitet. Zunächst wurde ermittelt, welche Art von Anforderungen an die Repräsentationssprache für die Arbeiten des R-Teils benötigt werden. Desweiteren wurde eine einheitliche Terminologie zur Beschreibung des Designmodells festgelegt. Dabei wurden die Begriffe Makro, Fertigungstechnisches Element und qualitatives Feature zur Unterscheidung von drei Arten von Abstraktionswissen bestimmt.

Makros sind quantitative Werkstückmerkmale, die in der gegebenen Problembeschreibung nicht explizit repräsentiert sind, sich jedoch aus dieser leicht berechnen lassen. Für die Repräsentationssprache ergibt sich hinsichtlich der Makros die Anforderung, daß numerische Berechnungen mit reellen Zahlen unterstützt werden müssen. Die Fertigungstechnische Elemente unterscheiden sich von Makros und qualitativen Features dadurch, daß sie in part-of Beziehung zum Werkstück stehen, d.h. ein Werkstück kann mehrere Fertigungstechnische Elemente wie z. B. Nuten und Schultern haben. Darüber hinaus unterscheiden sie sich von Makros dadurch, daß sie typischerweise qualitativ sind, und die Festlegung eines eventuell kontextabhängigen Grenzwertes erfordern. Qualitative Features beziehen sich im Gegensatz zu den Application Features jeweils auf das gesamte Werkstück. Sie dienen hauptsächlich (ausschließlich) zur Identifikation eines geeigneten Skelettplans. Die qualitativen Features können durch Muster von Fertigungstechnischen Elementen definiert werden. So läßt sich beispielsweise ein Werkstück mit monotoner Kontur dadurch definieren, daß es nur rechte und keine linken Schultern hat oder umgekehrt. Wie dieses Beispiel zeigt, sollte in einer geeigneten Repräsentationssprache also sowohl die Negation als auch die Disjunktion ausgedrückt werden können.

### 1.2.1.2. Teilprojekt R: Wissensrepräsentation

Übergreifendes Ziel von ARC-TEC Teil R ist die Entwicklung geeigneter Repräsentationsstrukturen für die im Gesamtprojekt notwendigen produktdefinierenden Daten und Wissensinhalte des Ingenieurs. Ergebnis dieser Arbeiten soll das integrierte wissensbasierte Produktmodell IWP sein (vgl. Projektantrag).

#### Analyse des Entwurfs STEP (ISO TC 124/84)

Die bereits im letzten Bericht vorgestellte Analyse des geplanten ISO-Standards STEP (STandard for the Exchange of Product model data) wurde abgeschlossen und im DFKI-Dokument D-90-04 dokumentiert. Erwartungsgemäß fand diese Arbeit auch über das ARC-TEC Projekt hinaus reges Interesse und wurde daher unter anderem in zwei Vorträgen einem größeren interessierten Publikum vorgestellt.

#### Repräsentation von Werkstücken

Die im 1. Halbjahr begonnenen Arbeiten an einer für Werkstücke geeigneten Repräsentation wurden im Berichtszeitraum intensiv fortgeführt und mündeten in einen flächenbasierten symbolischen Repräsentationsformalismus. Dieser wurde bis auf die Implementationsebene hin ausgearbeitet. Darüberhinaus wurde der Formalismus um Elemente zur Darstellung der technologischen Informationen, wie etwa Materialeigenschaften, ISO-Passung DIN 7154 und 7155, Formtoleranzen DIN 7184, Lagetoleranzen oder auch Oberflächen- und Härteangaben, erweitert und erlaubt die Darstellung aller  $2\frac{1}{2}$ -D-Körper mit den für die Fertigung wichtigen technologischen Informationen. Ferner werden topologische Informationen durch Nachbarschaftsbeziehungen dargestellt und Übergangsbedingungen von benachbarten Flächen durch Kantenattribute festgelegt. Der vollständige Formalismus ist in dem DFKI-Dokument D-90-05 dokumentiert worden.

Das auf dieser Repräsentation aufsetzende Tool zur graphischen Darstellung der symbolisch repräsentierten Werkstücke ist bis zur Präsentationsreife gediehen.

#### Spezifikation der Feature-Repräsentationssprache

Die Spezifikation der Repräsentationssprache zur Darstellung von Features geschieht einerseits aufgrund der vom A-Teil des Projektes gelieferten Ergebnisse der Wissenstypdiagnose, aus der heraus über das gemeinsam bearbeitete Arbeitspaket R-Spec des A-Teils Anforderungen an die vom R-Teil zu erstellende Repräsentationssprache gestellt werden, und andererseits aufgrund eigener intensiver Forschungen zur Verfeinerung der vom A-Teil gestellten Anforderungen. Innerhalb dieser eigenen Forschungen wurde u.a. zur Überprüfung der Feature-repräsentationssprache eine Studienarbeit an den Studenten des Maschinenbaus W. Höper vergeben, der eine Ausbildung als Dreher absolviert hat, mit dem Titel: "*Systematik zur Beschreibung von Werkstücken in der Terminologie der Featuresprache*".

Die effiziente Verarbeitung, die Auswahl von Verarbeitungsverfahren und vor allem die Integration der Wissensinhalte in einem IWP stehen im Vordergrund der eigenen Forschungen zur formalen Spezifikation der Featurerepräsentationssprache. Die Auswahl der geeigneten Verarbeitungsmechanismen wird in Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern des C-Teils vorgenommen, welche die benötigten Tools entwickeln. Die Arbeiten zur Spezifikation der Featurerepräsentationssprache und zu ihrer Implementierung werden voraussichtlich im Sommer 1991 abgeschlossen sein.

## Integration der Featurerepräsentationssprache im IWP

Innerhalb der Arbeiten zur Erstellung eines Integrierten Wissensbasierten Produktmodells wird untersucht, inwieweit sich die entwickelte Featurerepräsentationssprache in den bisher verfolgten IWP-Ansatz integrieren läßt. Wichtige Voraussetzung für diese Integration ist die Verwendbarkeit des erarbeiteten Formalismus in verschiedenen Domänen der Fertigungstechnik und Konstruktion. So müssen in der Featurerepräsentationssprache prinzipielle Möglichkeiten bestehen, Featurebegriffe aus der Domäne der Drehbearbeitung oder der Domäne der Fräsbearbeitung von Werkstücken sinnvoll und den jeweiligen Anforderungen gerecht darzustellen.

Innerhalb der in diesem Bereich vorgenommenen Forschungen wird die Featurerepräsentationssprache in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl von Prof. Weber für Konstruktion und CAD-Technik (Universität des Saarlandes) auf die Eignung zur Darstellung von Konstruktionsfeatures überprüft. Ein wesentliches Ergebnis dieser Untersuchungen ist, daß Features der Fertigung aus der Beschreibung des Werkstücks abgeleitet werden können, wogegen zur Erkennung von Features der Konstruktion die gesamte Produktstruktur benötigt wird.

## Spezifikation der Skelettplanrepräsentationssprache

Neben den Features ist der Begriff des Skelettplans von zentraler Bedeutung für die weitere Arbeit. Als Skelettplan bezeichnen wir einen unvollständigen (Teil-)Arbeitsplan. Während ein vollständiger Arbeitsplan den gesamten zur Herstellung eines konkreten Werkstücks notwendigen Prozeß in für maschinelle Ausführung hinreichender Detaillierung beschreibt, enthält ein Skelettplan nur Informationen über Teile des Gesamtprozesses, beschreibt nur die Herstellung eines Teils des Werkstücks oder benutzt ein hohes Abstraktionsniveau.

Der Detaillierungsgrad eines Skelettplans kann durch Verfeinerung erhöht werden, mehrere Skelettpläne können auch zu einem neuen Skelettplan zusammengefaßt werden. Das Ziel der Skelettplanbearbeitung ist der vollständige Arbeitsplan. Aus diesen Eigenschaften der Skelettpläne resultieren Anforderungen an ihre Repräsentation, deren Spezifikation Gegenstand der aktuellen Forschungen ist.

## Formalisierung technischen Wissens

Im Berichtszeitraum wurde konkretes Expertenwissen im Bereich der Drehbearbeitung von Werkstücken formalisiert. Die wissenschaftlichen Hilfskräfte A. Müller, Maschinenbaustudent, und K. Schäfer, Informatikstudentin, konnten im Rahmen dieses Vorhabens eine Wissensbasis erstellen, die zur Zeit etwa 150 Regeln und Fakten umfaßt. Diese Wissensbasis wird noch erheblich erweitert werden und mit fortschreitender Entwicklung der zugehörigen Repräsentationsformalismen entsprechend angepaßt werden. Im Rahmen dieser Arbeiten wurde eine Untersuchung über das CYC-Projekt (D. Lenat, MCC, Austin/Texas) durchgeführt. Um die Wissensbank multiuserfähig zu gestalten, wurde zu diesem Thema eine Diplomarbeit ausgegeben.

## Entwicklung von Einsatzszenarien für die erarbeiteten Repräsentationen

Parallel zur Erarbeitung der Spezifikationen der einzelnen Repräsentationssprachen wird mit der Überprüfung der Anwendbarkeit dieser Spezifikationen begonnen. Dies geschieht durch die Schaffung von Einsatzszenarien für Planungs-, Konfigurations- und Diagnoseaufgaben, wobei

im ersten Schritt theoretische Grundlagen solcher Szenarien durch die Vergabe von mehreren Studienarbeiten erforscht werden.

## Bereitstellung einer universellen graphischen Schnittstelle

Die im Rahmen des ARC-TEC Projekts beabsichtigten Implementierungen verlangen eine hochgradig portable Schnittstelle zur Erstellung graphischer Benutzeroberflächen. Um dies zu erreichen, wurde von der wissenschaftlichen Hilfskraft A. Becker, basierend auf Arbeiten am Lehrstuhl Expertensysteme von Herrn Prof. Richter, ein Window-Toolkit erstellt, das sowohl auf Workstations unter X-Windows als auch auf Apple Macintosh unter Allegro-Lisp zum Einsatz kommen kann. Diese Schnittstelle ist in dem DFKI-Dokument D-90-06 beschrieben worden.

### 1.2.1.3. Teilprojekt C: Wissenscompilation

Die Compilations-Gruppe befaßt sich allgemein mit Expertensystem-Tools und ihrer compilativen Realisierung, wobei die betrachteten Wissensbasen aus der technischen Domäne des Maschinenbaus stammen. Es werden deklarative Repräsentationsformalismen sowohl in Form modularer Einzel-Tools als auch im Zusammenspiel in einer Expertensystem-Shell untersucht.

## Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Die modulare Entwicklung der vier deklarativen Repräsentationswerkzeuge stand bisher im Vordergrund. Daher beziehen sich die meisten Ergebnisse auf Arbeiten innerhalb der einzelnen Formalismen (vgl. aber 1.1.3.2). Als gemeinsame Testbasis für alle Tools wurden Beispiele aus dem Bereich der deklarativen Geometrie verwendet.

### Rückwärtsregeln

Eine Studie zur Verarbeitung (hyper)graphischer Wissensrepräsentationen in RELFUN wurde angefertigt. Die Implementation von RELFUN's 3-wertiger Logik wurde revidiert, LISP-Durchgriffe wurden semantisch geklärt und in die Relational/Funktionale Maschine eingebaut, Listen wurden als variabel lange Strukturen mit ausgezeichnetem Funktor umgedeutet und viele Verbesserungen der Interaktionsumgebung wurden eingeführt. Das RFM-System wurde stabilisiert, um den anderen Teilprojekten eine erste verwendbare Version bereitzustellen.

### Vorwärtsregeln

Um neben der für logische Programme charakteristischen top-down Regelanwendung Vorwärtsableitungen über der *gleichen* Regelmenge zu ermöglichen, wurde eine zweistufige Transformation implementiert. In einem ersten horizontalen Transformationsschritt wird eine Hornregel  $R$  in eine Folge von forward-Hornregeln  $R_1, \dots, R_n$  übersetzt. Die Anwendung einer solchen forward-Regel ist analog zur Vorwärtsanwendung der ursprünglichen Regel  $R$ , falls mindestens eine Prämisse von  $R$  mit einem gegebenen Fakt unifizierbar ist (im Gegensatz zum einseitigen Matching in reinen Vorwärtssystemen). Der zweite Transformationsschritt übersetzt jede forward-Klausel in Code der RFM. Diese wurde um einen eigenen temporären Speicherbereich für die abgeleiteten Fakten erweitert (retain-Stack). Tiefen- und Breitensuche wurden realisiert, welche die Folgerungen jeweils aufzählen oder alle simultan berechnen. In wird beschrieben, wie die forward-Klauseln durch partielle Auswertung aus einem Metainterpreter für die Vorwärtsableitung gewonnen werden.

## Taxonomien

In wird ein Schema zur Erweiterung von Konzeptsprachen um einen "*konkreten Bereichen*" beschrieben. Dieses Schema wurde prototypisch durch das System TAXON implementiert. Die Arbeit mit dem System hat u.a. zu folgenden Erkenntnissen und neuen Impulsen geführt:

- Die bisher aufgetretenen Anforderungen zur Definition von Taxonomien in technischen Domänen können durch Instanzen des Erweiterungsschemas im Großen und Ganzen erfüllt werden.
- Die Performanz des Systems kann durch geschickte Transformation der Konzeptterme erheblich gesteigert werden.

Wenn man terminologisches Wissen nicht nur repräsentieren möchte, sondern die Begriffsdefinitionen auch durchgängig anwenden will, reicht eine konventionelle A-Box nicht aus. Vielmehr ist es erforderlich die Inferenzdienste mit anderen ausdrucksstärkeren, z.B. regelbasierten, Formalismen zu kombinieren.

## Constraints

Ein großer Teil des beispielsweise bei der Arbeitsplanung zur Anwendung kommenden Wissens läßt sich direkt als Constraints formulieren, welche Einschränkungen für die Belegung bestimmter Variablen ausdrücken. Schwerpunkt der Untersuchungen in ARC-TEC sind dabei der Umgang mit strukturierten Variablen und die Verarbeitung solcher Wertemengen, die über eine hierarchische, in TAXON repräsentierbare Struktur verfügen. Umgekehrt können Constraints auch bei der Konzeptdefinition in TAXON verwendet werden.

Dazu wurden im wesentlichen zwei Methoden zur Erweiterung der klassischen Constraint-Propagierung bzw. -Relaxierung entwickelt:

- Die Verwendung von *isa*-Hierarchien, wie sie als Ergebnis der Konzept-Klassifikation in TAXON vorliegen, erlauben die Definition und Verarbeitung von Constraints über symbolischen Mengenbeschreibungen anstelle diskreter Werte der Domäne. Erst dadurch wird es möglich, in einem einzigen Propagierungsschritt eine durch ein Konzept repräsentierte Teilmenge der Domäne aus der Lösung auszuschließen, ohne dabei explizit die einzelnen Elemente betrachten zu müssen.
- Die Erweiterung dieses Ansatzes führt zu einer Verwendung von strukturierten Variablen. Diese erlauben die Repräsentation von komplexen Objekten, die eine frame-ähnliche Struktur besitzen. In Constraints können so auch Restriktionen für einzelne Aspekte solcher Objekte beschrieben werden. Die Propagierung wird als Top-Down-Verfeinerung mittels einer vereinfachten Typunifikation realisiert. Zur Relaxierung können ganze Constraints deaktiviert oder einzelne Wertebereiche erweitert werden.

## Stand der Toolentwicklung

Eine weitergehende Integration der vier deklarativen Shell-Formalismen wird z.Zt. anhand gemeinsamer Daten- und Programmstrukturen untersucht:

- (1) Daten-Ebene: Neben PROLOG-verallgemeinernden Strukturen variabler Länge (syntaktisch zu unifizieren) werden analoge selbstnormalisierende Strukturen eingeführt (semantisch zu unifizieren). Z.B. lassen sich zwei ausgezeichnete Funktoren für Deskriptionsterme und deren Attributunterterme zur deklarativen Formulierung LISP-ähnlicher Eigenschaftslisten verwenden. Dadurch können KL-ONE-artige Konzeptbeschreibungen auch lokal in der A-Box explizit notiert werden (vgl. Psi/Feature-Terme). Außer der Verwendung von Deskriptionstermen für die Darstellung

kompletter TAXON-Hierarchien sind sie nämlich als Argumente und komplexe Prädikate von Vorwärts-/Rückwärtsregeln in AFFIRM geeignet sowie von CONSTRAIN propagierbar.

- (2) Programm-Ebene: Geeignete Vertreter aller vier Formalismen lassen sich als spezielle Logiken auffassen: Ihre Schnittmenge besteht aus DATALOG-Programmen über gewissen 1- und 2-stelligen Prädikaten. Diese Logik ist bereits für die Repräsentation der relationalen Massendaten im Maschinenbau ausreichend. Zwischen ihr und den Standardnotationen der vier Formalismen existieren einfache Konverter. Für die Wissensrepräsentation werden Erweiterungen um n-stellige Prädikate und die in (1) erwähnten Strukturen untersucht. Die Übersetzung dieser erweiterten Logik in die einzelnen Formalismen erfordert allerdings z.T. Codierungen (vgl. etwa die Kritik der bekannten Darstellung eines n-stelligen Prädikats als neues Konzept mit einer Menge 2-stelliger Prädikate).

### Rückwärtsregeln

Die Semantik von RELFUN wird modelltheoretisch beleuchtet. Es wird ein vollständiger RELFUN-Kern spezifiziert und eine Transformationskomponente zur Reduktion von RELFUN-Klauseln auf diesen Kern erstellt. Ein Translator von RELFUN nach KCM-PROLOG wird erarbeitet. Erweiterungen um negation as failure und bagof-Konstrukte werden untersucht. Die RFM wird auf ihre Eignung für die anderen Shell-Komponenten des C-Teils überprüft.

### Vorwärtsregeln

Neben der Compilation von Vorwärtsregeln in Prolog-artige Hornklauseln sieht das Arbeitspaket MODSS-FORW vor, daß verschiedene Ansätze für Vorwärtsregeln untersucht werden, um sie in die ARC-TEC Shell zu integrieren. Als Alternative zum oben beschriebenen Ansatz wurden deshalb die naive- und semi-naive Evaluation zur bottom-up Inferenz, wie sie im Bereich der deduktiven Datenbanken entwickelt wurden, untersucht und teilweise implementiert. Als Basis für die Integration mit der Taxonomie-Komponente wurde die Unifikation von Feature-Termen implementiert. Künftige Arbeiten werden zeigen, ob diese variiert oder nur ergänzt werden muß, um Informationen aus der TBox in den Regeln ausnutzen zu können.

### Taxonomien

Das TAXON-System wurde mit zwei *"konkreten Bereichen"* instantiiert. Der eine konkrete Bereich erlaubt es, Konzepte zusätzlich unter Rückgriff auf rationale Zahlen, Vergleichsoperatoren und booleschen Verknüpfungen zu definieren. Diese Spracherweiterung wurde dazu verwendet, Allens Intervallrelationen und eine damit assoziierte Tabelle zu verifizieren. Eine andere Anwendung stellt die Erstellung einer Taxonomie für geometrische Primitive und die Repräsentation einiger der in ARC-TEC verwendeten Beispieldrehteile in der A-Box dar.

Der zweite konkrete Bereich ist eine Schnittstelle zu einem menschlichen Systembenutzer. Sie wurde erfolgreich zur Analyse der Algorithmen eingesetzt. Darüber hinaus konnte mit seiner Hilfe Interessierten die Funktionsweise der Inferenzalgorithmen verdeutlicht werden und noch nicht implementierte *"konkrete Bereiche"* simuliert werden.

### Constraints

In einer ersten Phase wurde untersucht, inwieweit sich ein bereits existierendes allgemeines Constraint-System (CONSAT) um die für den praktischen Einsatz in technischen Domänen gewünschten Eigenschaften (Verwendung strukturierter Variablen und Taxonomien sowie

Methoden zur Relaxierung) erweitern und so als Grundlage der weiteren Implementierungen verwenden läßt.

Aufgrund der negativen Ergebnisse dieser Evaluierung wurde dann für die Verwendung strukturierter Domänen ein spezieller Propagierungsalgorithmus entworfen und implementiert. Die dabei verwendete Hierarchie kann automatisch aus einer Konzeptbeschreibung in TAXON erzeugt werden. Diese Verfahren wurden anhand einer Beispielanwendung (Werkzeugauswahl) auf ihre praktische Brauchbarkeit hin untersucht.

Außerdem wurde in einer Kooperation mit dem Knowledge-Based Programming Department der Hewlett-Packard Laboratories in Bristol ein Prototyp eines Konfigurationssystems für HP-Workstations entwickelt, in dem Verfahren zur Propagierung und Relaxierung von Constraints über strukturierten Variablen realisiert sind.

### **1.2.2. Kontakte zu anderen DFKI-Projekten und Forschungsgruppen**

Mit dem ALV-Projekt wurden Erfahrungen über die Erkennung von wesentlichen Informationen aus Texten ausgetauscht. Mit dem KiWI-Projekt besteht eine intensive Zusammenarbeit hinsichtlich der automatischen Wissensakquisition aus Beispielen durch die Anwendung maschineller Lernverfahren. Das Verfahren zur automatischen Generierung von Skelettplänen durch erklärungs-basiertes Lernen wurde von Ralf Bergmann einem Diplomanden in ARC-TEC und jetzigen Mitarbeiter des KiWI-Projektes entwickelt und implementiert. Das Erweiterungsschema für Konzeptsprachen wurde gemeinsam mit der Projektgruppe WINO erarbeitet. Darüberhinaus findet ein reger Erfahrungsaustausch über terminologische Wissensrepräsentationssysteme statt.

### **1.2.3. Weitere wissenschaftliche Kontakte und Aktivitäten**

Im Berichtsjahr bestanden Forschungskontakte oder -kooperationen mit folgenden Personen oder Institutionen:

- AG Prof. Richter, Universität Kaiserslautern  
Mit der Arbeitsgruppe von Prof. Richter werden weiterhin gemeinsame Besprechungen durchgeführt. Die gemeinsamen Interessen und Arbeitsgebiete umfassen insbesondere die Gebiete der Arbeitsplanerstellung und der Repräsentation von Werkstücken. Über den Lehrstuhl bestehen vielfältige externe Kontakte.
- Prof. Warnecke, Universität Kaiserslautern  
Maschinenbauspezifisches Wissen steht uns durch die weiterhin bestehende enge Zusammenarbeit mit dem FBK (Prof. Warnecke) zur Verfügung. Eine besondere Rolle spielt hierbei der ARC-TEC Mitarbeiter Ralf Legleitner, dessen Arbeitsplatz auch in den Räumen des FBK angesiedelt ist.
- Prof. Loos, Universität Tübingen  
Bei einem Arbeitstreffen wurden Möglichkeiten erörtert, wie die Ergebnisse von Prof. Loos und seiner Arbeitsgruppe auf dem Gebiet der reellen Arithmetik für das ARC-TEC-Projekt nutzbar gemacht werden könnte. Ein Gedanke dabei ist es, eine geeignete Teilmenge der reellen Arithmetik über das Erweiterungsschema für Konzeptsprachen für den T-Boxformalismus verfügbar zu machen.
- Prof. Weber, Universität Saarbrücken  
In dem Berichtszeitraum konnten die Kontakte zu dem Lehrstuhl von Prof. Weber für Konstruktion und CAD-Technik (Universität des Saarlandes) weiter intensiviert werden.

Der hier begonnene Informationsaustausch ist insbesondere für Fragen der Werkstück- und Arbeitsplan-Repräsentation weiterhin von hohem Interesse.

- **Prof. Wender, Universität Trier**  
Die Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe von Herrn Prof. Wender an der Universität Trier hinsichtlich der Modellierung von Erfahrungswissen hat sich bei mehreren wechselseitigen Besuche als sehr fruchtbar erwiesen.
- **IfKI, Berlin**  
Im Rahmen von Gastwissenschaftleraufenthalten von Prof. Geske und Dr. Werner am DFKI wurden deutsche Ost-/West-KI-Kontakte geknüpft sowie Fragen der PROLOG-Erweiterungen und -Compilation diskutiert
- **Dr. Wetter, IBM Heidelberg**  
Die Zusammenarbeit mit Herrn Dr. Wetter wurde durch regelmäßige Besuche und zahlreiche Diskussionen über aktuelle Fragen der Wissensakquisition weiter vertieft.
- **Dr. Mantsivoda, Irkutsk State University (UdSSR)**  
Mit der Arbeitsgruppe von Dr. A. Mantsivoda am Computing Center der Irkutsk State University wurde ein intensiver Kontakt auf dem Gebiet der funktional/logischen Sprachintegration aufgebaut. Eine engere Zusammenarbeit wird zur Zeit vorbereitet.
- **International Laboratory of Intelligent Systems (SINTEL), Novosibirsk (UdSSR)**  
Auf Einladung von Prof. A. Voronkov konnte ein Mitarbeiter aus ARC-TEC die Forschungsgruppen am SINTEL und der Universität Novosibirsk besuchen. Die dabei aufgebauten wissenschaftlichen Kontakte konnten in späteren Arbeitstreffen weiter intensiviert und ausgebaut werden.
- **Dr. Dimitri Boulanger, IPIAN, Moskau**  
Auf dem Gebiet der Wissenscompilation allgemein und insbesondere der WAM-Erweiterungen und Programmtransformationen konnte ein sehr interessanter Kontakt mit dem Institute for Informatics Problems (IPIAN) der Akademie der Wissenschaften der UdSSR in Moskau aufgebaut werden. Es ist beabsichtigt, diesen Kontakt weiter zu vertiefen.
- **Digital Paris Research Laboratory, Paris**  
Mit der Arbeitsgruppe von Dr. H. Ait-Kaci und Dr. A. Podelski am Paris Research Laboratory der Digital Equipment Corp. in Paris konnte ein für den C-Teil von ARC-TEC wissenschaftlich sehr interessanter Kontakt aufgebaut und in gegenseitigen Informations- bzw. Vortragsbesuchen weiter vertieft werden.
- **Hewlett-Packard Labs, Bristol**  
Die schon im 1. Halbjahr 1990 vertieften Kontakte mit dem Knowledge Based Programming Department konnten insbesondere durch einen dreimonatigen Studienaufenthalt im Sommer 1990 bei HP zum Thema "Constraints and Hierarchies" weiter ausgebaut werden.
- **MCC, Austin**  
Auf Einladung von Dr. Charles Petrie besuchte ein Mitarbeiter von ARC-TEC im November 1990 das MCC in Austin. Es bestehen enge Zusammenhänge zwischen dem Projekt REDUX und ARC-TEC im Bereich der Vorwärtsableitung in Regelsystemen und der Constraint-Propagierung. Durch die Repräsentation von maschinenbauspezifischem Common Sense in ARC-TEC ergibt sich auch ein enger Bezug zu dem Projekt CYC (Prof. Lenat).

- **Computational Logic Inc.**  
Die Firma CLINC (R. S: Boyer et al) beschäftigt sich mit der Verifikation von Lisp-Programmen. Deren Grundkonzeption, nur eine ausgewählte deklarative Teilmenge von Common Lisp zu erlauben, ist auch für die Software-Entwicklung in ARC-TEC von Interesse.
- **Dr. Egan, Bellcore USA**  
Mit der Arbeitsgruppe von Herrn Dr. Egan aus der Forschungsabteilung von Bellcore wurde eine Zusammenarbeit hinsichtlich der Informationssuche in Texten durch Hypertextstrukturen und semantische Indexierungen angebahnt, die in nächster Zeit vertieft werden soll.

#### 1.2.4. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen

##### Veröffentlichungen:

- Baader, F. und Hanschke, P. A Terminological Representation Language with External Domains. DFKI Research Report RR-91-10.
- Becker, A.: *The Window-Toolkit*. DFKI-Document, D-90-06 DFKI, December, 1990.
- Bernardi, A., Klauck, C., und Legleitner, R.: *Abschlußbericht des Arbeitspaketes PROD*. DFKI-Document, D-90-03 DFKI, September, 1990.
- Bernardi, A., Klauck, C., und Legleitner, R.: *STEP: Überblick über eine zukünftige Schnittstelle zum Produktdatenaustausch*. DFKI-Document, D-90-04 DFKI, September, 1990.
- Bernardi, A., Klauck, C., und Legleitner, R.: *Formalismus zur Repräsentation von Geometrie- und Technologieinformationen als Teil eines Wissensbasierten Produktmodells*. DFKI-Document, D-90-05 DFKI, December, 1990.
- Bernardi, A. und Legleitner, R.: *Rezension des Buches: Wissensbasierte Planung und Überwachung in der Fertigung von Alfred Huber, Berlin 1990*. KI 4 (1990), Oldenbourg Verlag.
- Boley, H. Expert system shells: very-high-level languages for Artificial Intelligence. *Expert Systems* 7, 1 (February 1990), 2-8.
- Boley, H. A Relational/Functional Language and Its Compilation into the WAM. SEKI Report SR-90-05, Universität Kaiserslautern, Fachbereich Informatik, April, 1990.
- Boley, H.: *Declarative Operations on Nets*. DFKI Research Report RR-90-12, October, 1990.
- Börger, E., KleineBüning, H. und Richter, M.M. (Hrsg.) *CSL '89 Proc. 3rd Workshop on Computer Science Logic, Kaiserslautern 1989*, Springer, Lecture Notes in Computer Science(1990).
- Hinkelmann, K. Forward and Backward Horn Clause Programs: Transformation and Compilation. Draft, DFKI, Juni, 1990. Erscheint als DFKI Research Report.
- Hinkelmann, K. und Karagiannis, D.: *Vorgangsaspekte im Dienstleistungsbereich*. In *GI - 20. Jahrestagung: Informatik auf dem Weg zum Anwender*, Gesellschaft für Informatik, Springer-Verlag, 1990.
- Nökel, K. und Richter, M.M. Modern Trends in Knowledge Representation and Expert System Technology. In *Proc. Congr. Artif. Intell., Catania, 1990*.
- Rehbold, R., Richter, M.M. und Spieker, P. Concepts and Tools for teaching Expert Systems. *The International Journal of Industrial Engineering Education*, 6 (1990), 145-154. Schmalhofer, F., Kühn, O., Messamer, P. und Charron, R. An Experimental Evaluation of Different Amounts of Receptive and Exploratory Learning in a Tutoring System. *Computers in Human Behavior* 6(1990), 51-68.
- Schmidt, G. und Schmalhofer, F. Case-Oriented Knowledge Acquisition from Texts. In *Current Trends in Knowledge Acquisition*, Wielinga, B., Boose, J., Graines, B., Schreiber, G. und van Someren, M., IOS Press, 1990, pp. 302-312.
- Schmalhofer, F., Kühn, O., und Schmidt, G.: *Integrated Knowledge Acquisition from Text, Previously Solved Cases, and Expert Memories*. In *Proceedings of the AAAI Knowledge Acquisition Workshop, Banff, Canada, Nov. 4-9, 1990*.
- Schmalhofer, F., Kühn, O., und Schmidt, G.: *Integrated Knowledge Acquisition from Text, Previously Solved Cases, and Expert Memories*. DFKI Research Report, 90-14 DFKI, 1990
- Schmalhofer, F., Schmidt, G., und Kühn, O.: *Wissensakquisition für technische Expertensysteme aus wissenschaftlichen Erkenntnissen und der (Re-)Konstruktion von Erfahrungswissen*. In *Bericht über den 37. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Kiel*, Frey, D., Hogrefe, Göttingen, Toronto, Zürich, 1990, pp. 551-552.

## Vorträge:

- Boley, H., *Zur Compilation relational/funktionaler Sprachen*, Workshop Programmierungsmethoden für Wissensbasierte Systeme, Passau, März 1990.
- Boley, H., *Partial Deduction/Evaluation in a Relational/Functional Language*, Workshop on Partial Deduction and Partial Evaluation, ICLP '90, Eliat, Israel, June 1990.
- Boley, H., *The Knowledge Compilation Project of ARC-TEC*, Visit of Hewlett-Packard Co. at DFKI and SFB 314, Kaiserslautern, January 1990.
- Hanschke, P., *Integration of Heterogeneous Software Using an ML-Like Language*, Visit of Hewlett-Packard Co. at DFKI and SFB 314, Kaiserslautern, January 1990.
- Hanschke, P., *Transformation and Compilation Techniques for Typed Functional/Logic Language Integrations*, First meeting of Esprit BRA 3230, Rom, March 1990.
- Hinkelmann, K., *OSSY-Demonstrator: Die flexible Vorgangsbearbeitung*, FAW-Workshop über das Projekt OSSY (Organisation Support System), Ulm, Februar 1990.
- Klauck, C.: *STEP: Standard for the Exchange of Product Model Data*, ARC-TEC Kolloquium an der Universität Kaiserslautern, August 1990.
- Klauck, C. und Legleitner, R.: *Formalismus zur Repräsentation von Geometrie- und Technologieinformationen als Teil eines Wissensbasierten Produktmodells*, ARC-TEC Kolloquium an der Universität Kaiserslautern, December 1990.
- Kühn, O.: *Lernen aus Text, aus Beispielen und durch Explorieren in Abhängigkeit vom Vorwissen: Ein integratives Modell*, FAW Kolloquium, Juli 1990. Legleitner, R., *Grundlagen der Expertensystemtechnik* Workshop Expertensystementwicklung an der Universität Kaiserslautern, März 1990.
- Legleitner, R.: *Grundlagen der Expertensystemtechnik*, Workshop Expertensystementwicklung an der Universität Kaiserslautern, CCK, September 1990.
- Legleitner, R.: *STEP-Produktdatenaustausch - ein zukünftiger Standard*, CAD/CAM-Entwicklungspotentiale und -tendenzen einer Prozeßkette in CIM, Oktober 1990.
- Meyer, M.: *Constraints, Hierarchies, and Logic Programming*, Workshop on Logic Programming, Irkutsk / UdSSR, September 1990.
- Meyer, M.: *The Integration of Constraints, Hierarchies, and Logic Programming in the ARC-TEC project*, Seminar on Theoretical Computer Science, Novosibirsk / UdSSR, September 1990.
- Meyer, M.: *The German Research Center for Artificial Intelligence*, Invited Talk at the Computing Center, Academy of Sciences of the USSR, Novosibirsk / UdSSR, September 1990.
- Meyer, M.: *Constraints, Hierarchies, and Logic Programming in the ARC-TEC project*, Laboratory of Cybernetics, Lomonossov-University, Moscow / UdSSR, October 1990.
- Meyer, M., *Eine Programmierumgebung für die objektorientierte Erweiterung von PROLOG-XT*, Workshop Programmierungsmethoden für Wissensbasierte Systeme, Passau, März 1990.
- Meyer, M., *Eine Programmierumgebung für die objektorientierte Erweiterung von PROLOG-XT*, Workshop Programmierumgebungen für funktionale und logische Sprachen, Bad Honnef, Mai 1990.
- Meyer, M., *Eine Programmierumgebung für die objektorientierte Erweiterung von PROLOG-XT*, FAW-Kolloquium, Juni 1990.
- Meyer, M. und Hanschke, P., *Portierung einer funktional / logischen Sprache und prologbasierte Wissensrepräsentation in technischen Domänen*, Vorbereitungstreffen zur die Gründung der KCM-User-Group, FAW Ulm, Juni 1990.
- Richter, M.M., *Advanced techniques in the diagnosis of technical systems*, AI '90, März 1990.
- Richter, M.M., *Expert systems in mechanical engineering*, UNISYS Symposium Expert Systems - A Management Perspective, Saint Paul de Vence, März 1990.
- Richter, M.M., *Advanced Methods in the Diagnosis of Technical Systems*, Technische Universität Eindhoven, Juni 1990.
- Richter, M.M., *On the Symbiosis of Computer Integrated Manufacturing and Artificial Intelligence*, Universität Catania, Juni 1990.
- Richter, M.M.: *The Use of Neural Networks in Expert Systems for Technical Diagnosis*, Workshop on Adaptive Learning and Neural Networks, Schloß Reinsburg, Juli 1990.
- Richter, M.M.: *Some Remarks on the Logic of Time Intervals*, Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, Dezember 1990.
- Schmalhofer, F., *Wissensakquisition für technische Expertensysteme aus Lehrbuchtexten und durch das Erheben und Erweitern dokumentierter Expertenlösungen*, 2. Workshop Knowledge Engineering, Berlin, April 1990.

- Schmalhofer, F., *The Role of a Mental Model for Building How-to-do-it Knowledge*, Second International Workshop on User Modelling, Honolulu, April 1990.
- Schmalhofer, F., *Knowledge acquisition in the ARC-TEC project*, Visit of Hewlett-Packard Co. at DFKI and SFB 314, Kaiserslautern, January 1990.
- Schmalhofer, F., Kühn, O., und Schmidt, G.: *Integrated Knowledge Acquisition from Text, Previously Solved Cases, and Expert Memories*, AAAI Knowledge Acquisition Workshop in Banff, November 1990.
- Schmidt, G.: *Wissensakquisition für technische Expertensysteme aus wissenschaftlichen Erkenntnissen und der (Re-)Konstruktion von Erfahrungswissen*, 37. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Kiel, September 1990.
- Schmidt, G., *Akquisition von Planungswissen aus technischen Texten*, 4. Workshop Planen und Konfigurieren am FAW Ulm, April 1990.
- Schmidt, G., *Case-Oriented Knowledge Acquisition from Texts*, EKAW '90, Amsterdam, Juni 1990.

#### Veranstaltungen:

- Boley, H., *Funktionen und Relationen höherer Ordnung*, Vorlesung an der Universität Kaiserslautern, Wintersemester 1989/90.
- Boley, H., *Compilationmethoden für Wissensbasierte Systeme*, Seminar an der Universität Kaiserslautern, Sommersemester 1990.
- Schmalhofer, F. und Wetter, T., *Wissensakquisition und Knowledge Engineering*, Vorlesung an der Universität Kaiserslautern, Sommersemester 1990.
- Schmalhofer, F.: *Spezielle Themen der Wissensakquisition*, Seminar an der Universität Kaiserslautern, Wintersemester 1990/91.

#### 1.2.5. Personalia

Im Laufe des Jahres konnten alle Stellen besetzt werden. Zum Jahresende 1990 bestand die ARC-TEC -Projektgruppe somit aus:

Prof. Dr. Michael M. Richter (Projektleiter)	(0631-205-3471)
Dipl.-Inform. Ansgar Bernardi (ab 1.4.90)	(0631-205-3477)
Dr. rer. nat. Harold Boley	(0631-205-3459)
Dipl.-Inform. Knut Hinkelmann	(0631-205-3467)
Dipl.-Inform. Philipp Hanschke	(0631-205-3460)
Dipl.-Inform. Christoph Klauck (ab 1.4.90)	(0631-205-3477)
Dipl.-Psych. Otto Kühn	(0631-205-3463)
Dipl.-Inform. Manfred Meyer	(0631-205-3468)
Dipl.-Ing. Ralf Legleitner	(0631-205-4068)
Dr. Franz Schmalhofer (PhD)	(0631-205-3465)
Dipl.-Inform. d. Med. Gabriele Schmidt	(0631-205-3462)
Dipl.-Inform. Walter Sommer	(0631-205-3466)
Christine Wiczorek (Sekretariat ab 15.10.90)	(0631-205-3470)
Jane Bensch (Sekretariat bis 15.10.90)	

### 1.3. Projekt DISCO

Das Projekt Dialogsystem für Autonome Kooperierende Agenten (DISCO) wird vom BMFT gefördert (Förderkennzeichen: ITW 90002 0) und hat eine Laufzeit vom 1. Januar 1990 bis zum 31. Dezember 1993.

Bei der Zusammenarbeit zwischen autonom agierenden menschlichen und maschinellen Partnern ist die natürliche Sprache als Kommunikationsmedium unentbehrlich. Im Zentrum des Projekts DISCO steht die notwendige Grundlagenforschung zur Entwicklung eines Systems, das den maschinellen Teilnehmern einer kooperativen Handlungssituation die Fähigkeit verleiht, in natürlicher Sprache zu kommunizieren. Das System soll sich insbesondere auch für Dialoge mit mehr als zwei Teilnehmern eignen und in der Lage sein, sich auf menschliche und maschinelle Dialogpartner einzustellen. Die autonomen kooperierenden Agenten sollen in einer ersten Phase KI-Softwaresysteme sein, die auf vernetzten stationären Computern laufen, später auch mobile maschinelle Agenten. Entsprechende kooperierende autonome Systeme werden in den DFKI-Projekten AKA und KIK modelliert.

DISCO soll zugleich das zentrale DFKI-Forschungsprojekt auf dem Gebiet der natürlichen Sprache sein, denn in diesem Projekt werden die wichtigsten Programmkomponenten und linguistischen Wissensbasen entworfen, implementiert und weiterentwickelt, die notwendige Bestandteile eines jeden natürlichsprachlichen Systems sind.

Das Projekt DISCO ist in drei Arbeitsgruppen unterteilt. DISCO-FI entwickelt Formalismen und Schnittstellen, DISCO-LP die linguistischen Prozesse (Parser und Generator) und DISCO-LK die linguistischen Wissensbasen (Lexikon und Grammatik).

#### 1.3.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Im Berichtszeitraum stand ein Basis-System für Sprachverarbeitung im Mittelpunkt der Arbeiten. Dies führte bereits zu Implementationen generell einsetzbarer linguistischer Werkzeuge, von denen ein Teil als Systemkomponenten in DISCO vorgesehen sind. Wie in den folgenden Abschnitten beschrieben wird, wurden bereits eine Morphologiekomponente und ein Feature-Editor erstellt. Implementationen von Parser und Generator sowie einem Grapher für Merkmalstrukturen wurden begonnen.

##### 1.3.1.1. Teilprojekt Formalismen und Schnittstellen

Als Kernmaschinerie wurde der Unifikator entwickelt. Er benutzt "structure sharing" zur Darstellung von Koreferenzen. Ein-/Ausgabefunktionen normalisieren und übersetzen eine syntaktische Beschreibung in die interne Repräsentation. Für die Behandlung von Disjunktionen wurde ein sogenannter "verteilter" Ansatz gewählt, der eine lokale Behandlung von disjunktiver Information gestattet. Der Unifikator ermöglicht sowohl destruktive als auch nicht-destruktive Unifikation.

Im Berichtszeitraum wurde im Teilprojekt "Formalismen und Schnittstellen" verstärkt an der Definition und Entwicklung einer 'High-Level' Lexikonsprache gearbeitet, die aber auch das Schreiben von Grammatikregeln und Prinzipien im HPSG-Stil erlaubt. Diese Arbeiten knüpfen nahtlos an die Erfahrungen an, die wir im vorherigen Berichtszeitraum mit der prototypischen Implementierung eines strukturierten, hierarchischen Lexikons in CLOS sammelten.

Ausgehend von Anforderungen und Gesprächen auf Seiten der Subgruppe "Linguistische Wissensbasen" und der HPSG-Literatur (etwa Pollard & Sag 1987, Flickinger et al. 1985,

Flickinger 1987), aber auch anderer getypter Unifikationsgrammatikformalismen/-theorien (z.B. CUG, UCG, TFS) wurde mit der Spezifikation einer benutzerfreundlichen Syntax begonnen. Unter anderem ist vorgesehen, daß der Linguist die Option besitzt, die Art der 'Vererbungsstrategie' zu bestimmen, etwa 'Overwriting' (mit und ohne feste Resolutionsstrategie), 'Unifikation' oder eine 'Union' über Mengen. Nur im Falle der Unifikation ist die zugrundeliegende Logik noch monoton.

Wie in vielen objektorientierten Systemen wird eine strikte Unterscheidung zwischen 'feature stucture type' (OOP: Klasse) und 'feature structure' (OOP: Instanz) getroffen (vgl. etwa auch Pollard & Sag 1987, Kap. 8). Dies hat den positiven Effekt, daß Feature-Strukturen von genau einem (minimalen) Typ sind. Wortbildungsregeln können dann als generische Funktionen angesehen werden, die Instanzen einer Wortklasse auf (virtuelle) Instanzen einer anderen (aber auch der gleichen) Wortklasse abbilden ("das rote Auto" --> "das Rote", "schön" --> "unschön" etc.).

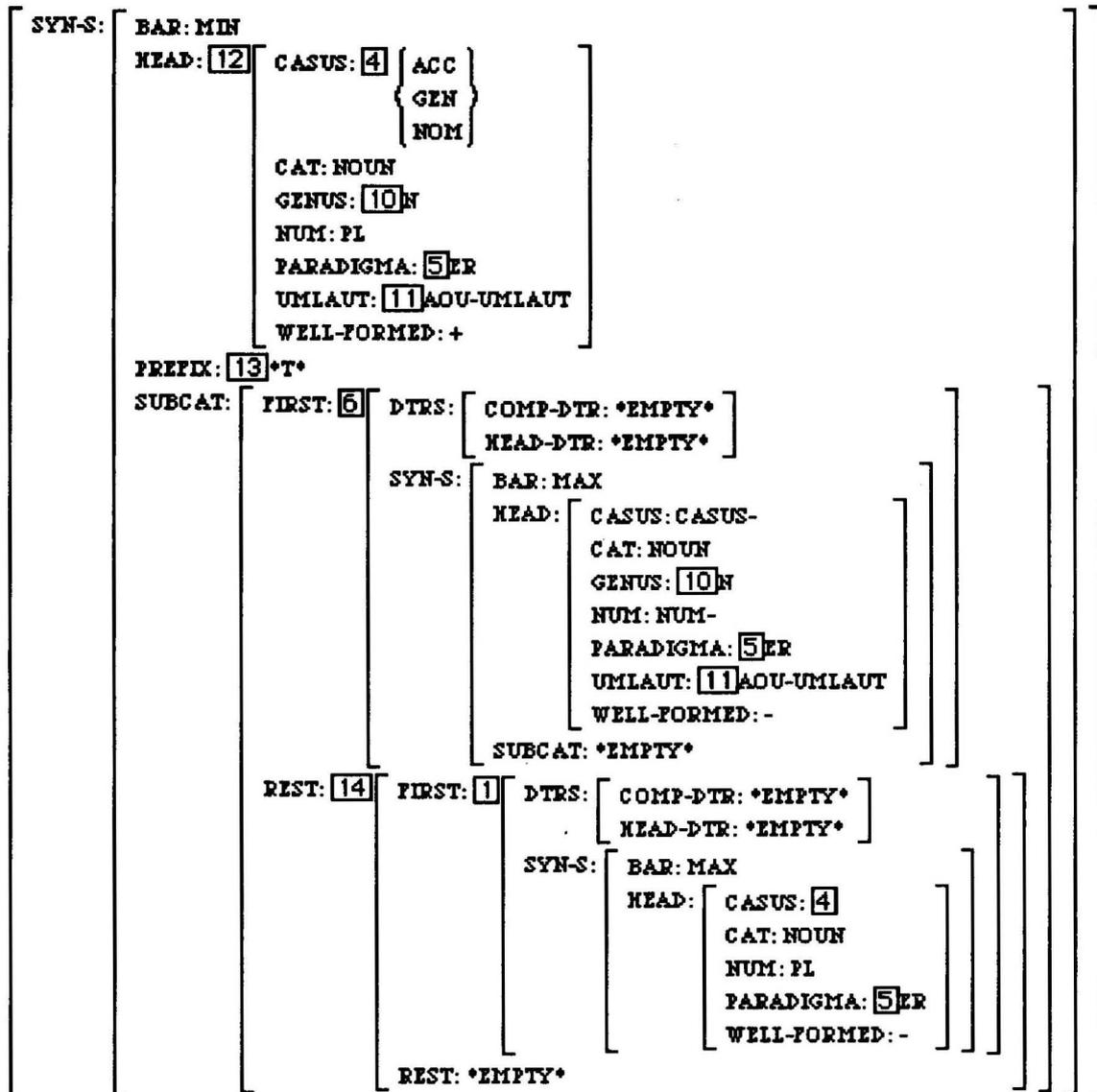
Neben (Wort) Klassen und Instanzen sollen parametrisierte Templates (eine Form von Makros) den Lexikon-/Grammatikschreiber bei der Codierung des linguistischen Wissens unterstützen. Wir haben mit der Spezifikation einer besonders mächtigen Template-Sprache begonnen, die als Werte von Templateparametern sowohl Typnamen, Attributnamen als auch Attributwerte erlaubt. Mit der Implementierung erster Teile wurde begonnen.

Alle Attribute eines Typs sind im allgemeinen explizit (letztlich aber auch implizit) getypt. In diesem Zusammenhang sind besonders Arbeiten aus funktionalen Programmiersprachen, aus der Wissensrepräsentation als auch neuere Ergebnisse aus der Computerlinguistik für die weitere Arbeit relevant und zu integrieren (Typsimplifikation, Typinferenz, Typunifikation etc.).

Da in HPSG auch Grammatikregeln und Prinzipien in Form von Feature-Strukturen repräsentiert werden, erlaubt ein strukturiertes, über Typen definiertes Lexikon, Regeln und Prinzipien als Typen darzustellen und in die linguistischen Typen (typischerweise Wort-/Phrasenklassen) zu integrieren ('Auscompilation'). Dies hat z.B. im Falle der Prinzipien den Vorteil, daß sie etwa während der Generierung einer konkreten NP (Instanz des Typs NP) nicht mehr beachtet werden müssen: Die Constraints, die in den Prinzipien formuliert sind, werden bei der Instantiierung der NP (automatisch) 'beachtet'.

Die Arbeiten an den linguistischen Werkzeugen wurden weiter fortgeführt und komplettiert. Feature-Editor und Grapher sollen die Linguisten bei der Codierung linguistischen Wissens unterstützen.

Zum Visualisieren, Erstellen und Ändern von Merkmalsstrukturen wurde der interaktive Editor FEDIT entwickelt. Das Programm ist in der Programmiersprache C vorerst für den Apple Macintosh implementiert. Die Arbeit an einer Version für UNIX unter X-Windows wurde jetzt aufgenommen. Der Editor bietet eine Schnittstelle zu anderen Systemen, die z.B. in LISP oder Prolog geschrieben wurden. In der übersichtlichen, grafischen Darstellung, die der Editor verwendet, können Konjunktionen, Disjunktionen, parameterlose Templates und Koreferenzen angezeigt werden. Die folgende grafische Darstellung einer Merkmalstruktur wurde beispielsweise mit FEDIT erstellt:

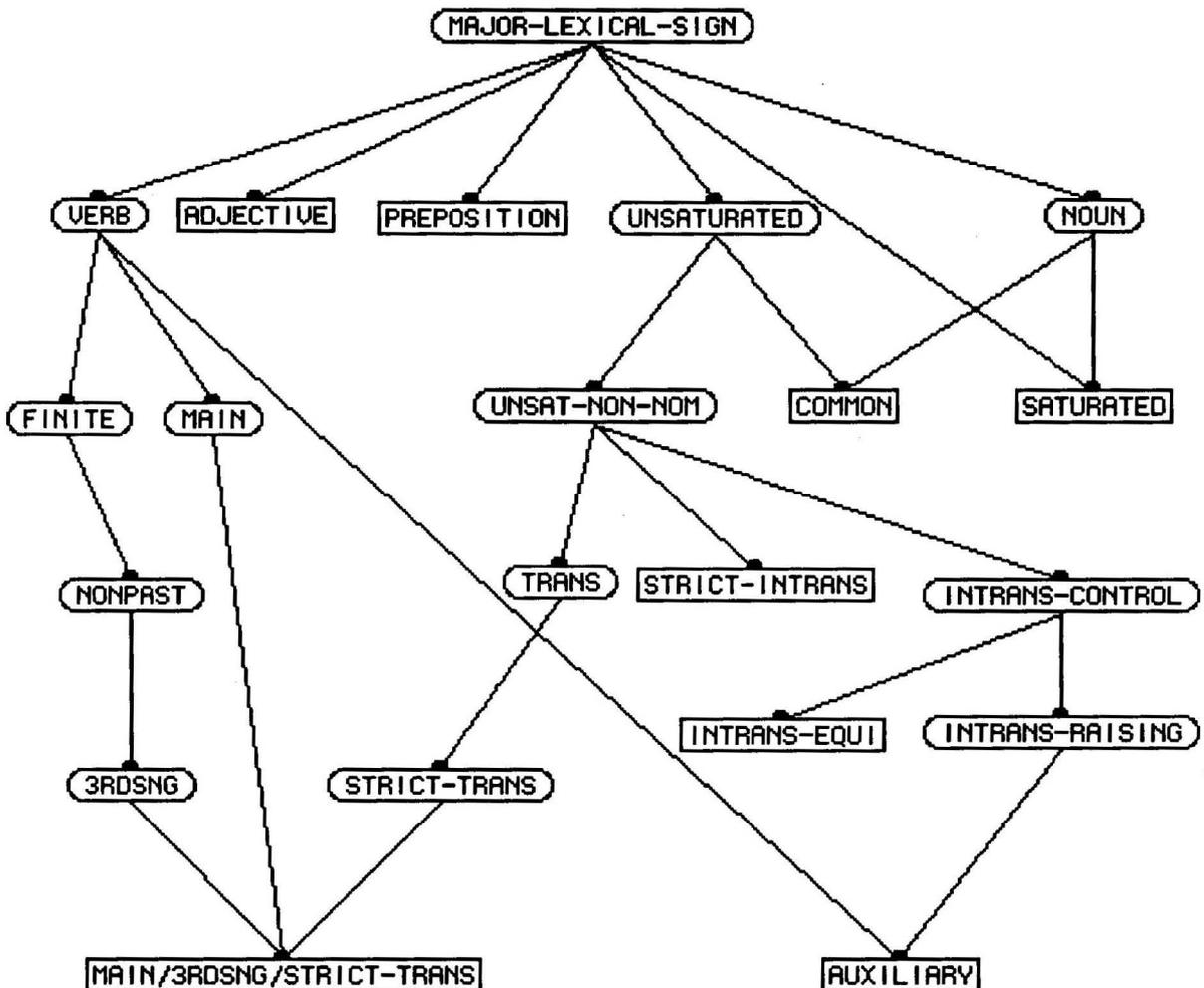


Mithilfe der Maus können auf dem Bildschirm Klammern, Attribute und Werte angeklickt werden. Mit diesen Objekten können dann unter anderem folgende Aktionen durchgeführt werden:

- Zoomen: Es wird nur noch die ausgewählte Teilstruktur im Fenster angezeigt.
- Ändern und Suchen des Namens eines Attributs oder eines atomaren Wertes
- Hinzufügen von Attribut-Werte-Paare, Disjunktionen und Konjunktionen
- Löschen, Cut & Paste, Implodieren und Verstecken von Teilstrukturen
- Erzeugen von Koreferenzen
- Ändern des Layouts (Font,Face,Size) und Drucken von Merkmalsstrukturen

Der Grapher hingegen dient in erster Linie zur Visualisierung von Graphen, und zwar unabhängig von den Datenstrukturen und Funktionen der Elemente des jeweiligen Graphen. Zur Zeit wird er vor allem zur Visualisierung von Feature-Typen eingesetzt. Feature-Typen werden durch CLOS Klassen dargestellt, deren Objekte lexikalische Einträge sind, die hinsichtlich ihrer Kategorie und Funktionalität klassifiziert werden.

Klassen sowie deren Beziehungen zueinander (Vererbungen) werden als gerichteter Graph dargestellt und visualisiert.



Über eine menu-orientierte Schnittstelle (Pop-Up- und Pull-Down-Menüs) werden dem Benutzer eine Reihe von Informations- und Visualisierungsmöglichkeiten zur Verfügung gestellt:

- Zugriff auf klassen- und/oder objektbezogene Informationen.
- Erzeugen und Verwalten mehrerer Graphen.
- Erzeugen und Verwalten mehrerer Views eines Graphen.
- Mouse-sensitive Knoten (manuelle Positionierung und Browsing).

### 1.3.1.2. Linguistische Verarbeitung

Im Hinblick auf den ersten Meilenstein am 30. Juni 1991 wurde im Berichtszeitraum mit der Implementation der Komponenten eines linguistischen Kernsystems begonnen. Dies bedeutet für Parsing und Generierung, daß Abbildungen zwischen Endketten des Deutschen und den ihnen gemäß der Grammatik zugrunde liegenden logischen Formen hergestellt werden.

Die Tests hinsichtlich der "semantic-head-driven strategy" für Generierung verliefen vielversprechend, so daß für das Kernsystem mit der Implementation eines solchen Verfahrens begonnen wurde. Dabei wurde großer Wert auf Modularisierung gelegt; so ist der Unifikator vollkommen getrennt von der Kontrollstruktur des Generators und wird über eine Schnittstelle aufgerufen. Desgleichen ist die Grammatik getrennt von der Kontrollstruktur.

Für Parsing wurde derselbe Algorithmus ausprobiert. Ob das Verfahren generiert oder parst, hängt im wesentlichen von einem Parameter ab, der festlegt, anhand welchen Merkmals der Kontrollfluß gesteuert wird. Für Generierung ist dies das Semantik-Merkmal; für Parsing das Phonologie-Merkmal (d.h. die jeweils verbleibende Eingabekette). Beide Merkmale sind für Parsing und Generierung in unterschiedlicher Weise spezifiziert. Für Parsing ist die Eingabekette gegeben und eine Semantik gesucht. Für Generierung ist die Semantik gegeben und eine Endkette gesucht. Das jeweilige Steuerungsmerkmal ist also ausreichend spezifiziert.

Im Berichtszeitraum wurden zu Testzwecken verschiedene Minifragmente des Deutschen, Englischen und Holländischen aus der Literatur implementiert. Anhand dieser Beispiele wurden kritische Konstruktionen für Parser und/oder Generator identifiziert, bei denen das Verfahren ineffizient werden kann. Dazu gehören Konstruktionen, deren Kopf-Konstituente "leer" ist (z.B. in *drei e von unseren LKWs*).

Parser und Generator sind noch nicht mit der Morphologiekomponente integriert, sondern verwenden Vollformenlexika. Hinsichtlich der Morphologie ergeben sich folgende Ergebnisse:

Bei der morphologischen Komponente wurde die Verarbeitung der Zweistufenregeln neu organisiert. Die Regeln werden nicht mehr direkt interpretiert, sondern - wie im Standardansatz der Zwei-Ebenen Morphologie - in endliche Automaten übersetzt. Der morphologische Kontext der Regel wird als Test über Kanten des Automaten realisiert. Dadurch konnte eine Effizienzsteigerung erreicht werden.

Die Verarbeitung der Wortbildungsgrammatik wurde dadurch beschleunigt, aus der Unifikationsgrammatik ein endlicher Automat abgeleitet wird, der eine Obermenge der legalen Wortformen akzeptiert. Dieser Automat dient als Filter über der Menge von Morphen, die die Eingabe des Parsers bzw. Generators bilden, indem er einen Großteil jener Morphe eliminiert, die letztlich zu keinem gültigen Ergebnis führen würden. Damit wird der eigentliche Vorgang des Parsens und Generierens stark beschleunigt. Eine weitere Effizienzsteigerung wurde durch eine Neuorganisation des Lexikons in Form von Hashtabellen bewirkt.

Weiter wurde ein erstes Modell zur Anbindung der morphologischen Komponente an den Satzparser und -generator entwickelt, das in den nächsten Monaten implementiert werden soll.

### 1.3.1.3. Linguistische Wissensbasen

Seit August arbeiten wir an einer Datensammlung, die sowohl die linguistische Arbeit als auch die Diagnostik von Grammatikfehlern unterstützen soll. Konkrete Form dieser Sammlung ist ein Katalog von syntaktischen Materialien, die mit Annotationen einerseits zur Kategorisierung (z.B. Subjektlosigkeit oder Rektion von mehreren Nominalphrasen) und andererseits mit leicht nachprüfbar, einfachen (theoretisch unumstritten) Eigenschaften (z.B. Wohlgeformtheit oder Position des finiten Verbs im Hauptsatz) versehen werden. Als erstes Gebiet wurde die Rektion des Verbuns ausgewählt. Letzteres bot sich der Einfachheit halber an, und weil relativ gute Vorarbeiten existieren. Bis jetzt sind 80 Klassen in 250 Sätzen exemplifiziert; diese werden zur Zeit experimentell in eine Datenbank eingetragen. Weitere Daten werden von Interessenten in benachbarten Projekten und Instituten beigesteuert, vor allem zum Thema der Koordination. Bei der Auswahl der Datenbank stießen wir zunächst auf das Problem, daß wir kein geeignetes Datenbanksystem in dem Public Domain fanden, obwohl die Arbeit mit anderen

Gruppen zusammen zu erledigen wäre, was stark für ein Datenbanksystem aus dem Public Domain spräche. Wir liefern im nächsten Berichtszeitraumes einen technischen Bericht über die Arbeit, und schließen eine erste Phase der Arbeit (erstes Experiment mit Datenbank) ab.

In der Morphologie wurde erreicht: Verbesserung der Wortbildungsgrammatik durch Trennung der Umlautinterpretation von den Einträgen für die Flexionssuffixe; Behandlung der ß-Schreibung über Zweistufenregeln; und Erweiterung des Lexikons auf etwa 150 Einträge, die nunmehr alle unterschiedlichen Verb-, Nomen- und Adjektivparadigmen abdecken (mit Ausnahme von Fremdwörtern).

Zur Lexikonarbeit sind neben dem Hauptseminar (siehe unten) auch der Vortrag von Flickinger und Nerbonne (siehe unten) auf einem internationalen Workshop zu nennen, und eine Reihe von Gesprächen über (i) die Behandlung von Ausnahmen und Wortbildungsregeln; (ii) die Schnittstellen zwischen Lexikon und Morphologie bzw. Syntax; und (iii) die Behandlung von Unregelmäßigkeiten die mit Regelmäßigkeiten konkurrieren bzw. letztere ausschließen.

Zur Semantik sind die Vorträge (i) über Anaphern und Quantoren und (ii) über nominale Komparation (u.a. über den Gebrauch von komplexen Maßangaben als Determinanten) zu erwähnen. Beide behandeln Phänomene, die in Dialoggesprächen häufig zu erwarten sind. Schriftliche Versionen werden vorbereitet.

#### 1.3.1.4. Wichtige andere Arbeiten

Wir haben DATR in den letzten sechs Monaten intensiv evaluiert. Es handelt sich hier um eine in Sussex entwickelte Programmiersprache, die sich besonders für die Definitionen von Lexica in Sprachverarbeitungsprojekten eignet. Zu diesem Zweck erlaubt DATR die Vererbung von morphologischen, syntaktischen, semantischen (und anderen) Eigenschaften, wobei die Vererbung nicht absolut, sondern überschreibbar ist. Wir untersuchten DATR auf Grund einer Bielefelder SCHEME Implementierung, die schon eine interessante Anwendungen für Deutsch enthielt. Wir schätzen in DATR vor allem die "globalen Variablen", die es erlauben, relativ allgemeine Aussagen zu treffen, deren Inhalte erst durch genauere Spezifikationen konkretisiert werden. Wir werden trotzdem ein eigenes System für Lexikonrepräsentation benötigen, denn (i) ist der Unifikationsmechanismus in DATR bewußt aus dem Lexikon gehalten worden, und Unifikation wird (in DISCO) im Lexikon vorausgesetzt; (ii) die Analyse mittels DATR ist relativ unerforscht; (iii) die Definition des Paradigmas in DATR ist zu schwach, so daß z.B. die Form, aber nicht die syntaktischen Merkmale in dem Paradigma erfaßt werden; (iv) DATR bietet relativ wenig, um die Formulierung von Wortbildungsregeln zu unterstützen.

Zur Zeit untersuchen wir die implementierten NL Formalismen TFS aus dem BMFT-Projekt Polygloss an der Universität Stuttgart sowie STUF-91 aus dem Projekt LILOG (IBM-Uni Saarbrücken) auf die Verwendbarkeit von Komponenten im Projekt DISCO.

Äußerst relevant für DISCO sind die Weiterentwicklungen in Theorie, Formalismus und Implementationen der Head-Driven Phrase Structure Grammar (HPSG). Prof. Pollard von der Ohio State University, einer der Schöpfer der Theorie hat das Projekt DISCO besucht. Ein weiterer Besuch ist für den Sommer 1991 geplant.

#### 1.3.2. Kontakte zu anderen DFKI-Projekten und Forschungsgruppen

Im Berichtszeitraum bestanden Kontakte zu folgenden Institutionen und Projekten:

- LILOG (IBM): Gemeinsame Projektsitzungen und Austausch auf dem Gebiet Formalismen und Werkzeuge. Mehrere Treffen mit Dr. Hans-Joachim Novak, um eine

Übersicht über den Stand der Forschung im Gebiet "Generierung natürlicher Sprache" zu erstellen. Vortrag von Roland Seiffert, Hauptformalismusimplementierer vom LILOG. Besuch von Prof. Dr. Jaap Hoepelman, zukünftiger Projektleiter in LILOG, der an einer Zusammenarbeit über Semantik und Pragmatik interessiert wäre.

- CSLI (Stanford): Weitere Abstimmungsgespräche mit Prof. Stanley Peters, die zum Abschluß eines Kooperationsvertrages geführt haben. Gastaufenthalt von Prof. J. Mark Gawron. Besuch von Prof. John Etchmندی, neuer Direktor von CSLI, und Dr. Douglas E. Appelt.
- ÖFAI (Wien): Gemeinsame Weiterentwicklung eines am ÖFAI entwickelten Merkmalsunifikationsformalismus.
- IPSI (GMD Darmstadt), Dr. John Bateman, (KOMET): Austausch zur Generierung Natürlicher Sprache.
- Regelmäßige Treffen mit der Projektgruppe AKA-WINO (DFKI) zur Abstimmung der Projektarbeit.
- HP-NL and HP Labs: Besuch von Dan Flickinger. Gemeinsamer Vortrag von Flickinger und John Nerbonne auf dem Workshop "Inheritance in Natural Language Processing". Besuch und Vortrag von Joachim Laubsch. Gemeinsamer Entwurf von NLL, Laubsch und Nerbonne.
- The Ohio State University: Besuch und Vorträge von Prof. Carl Pollard.
- Brown University: Besuch und Vorträge von Prof. Mark Johnson (zur Zeit IMS Stuttgart).
- Siemens Forschung und Entwicklung, München: Besuch von Dr. Hans-Ulrich Block. Besuch von John Nerbonne bei Siemens.
- POLYGLOSS (IMS Stuttgart): Gespräche mit Remi Zajac und Martin Emele (und Klaus Netter) über Grammatikentwicklung.
- POLYGLOSS (Edinburgh, Centre for Cognitive Science und Department of Artificial Intelligence): Gespräche mit Mike Reape über Formalism und Grammatikentwicklung.
- SRI International Cambridge Computer Science Centre: Arbeitsgespräche mit Steve Pulman über zukünftigen Eurotra Formalismus.
- EUROTRA 6-1 (Nino Varile, EG) Rule Formalism and Virtual Machine Design Study
- EUROTRA 7 (Roberto Cencioni, EG) Reusable Lexical Resources
- Projekt KIT-FAST, Begleitforschung zu EUROTRA-D, Technische Universität Berlin

Während des ganzen Septembers war Prof. J. Mark Gawron vom CSLI bei DISCO zu Gast. Gawron ist einer der führenden Fachleute für Situationssemantik, die sich besonders mit dem Zusammenhang von Sprache und Kontext befaßt. Weil diese Problematik in Dialoggesprächen von großer Bedeutung ist, war der Gastaufenthalt lohnend. Die Zeit im September hat Gawron ausgenutzt, (i) um ein großes DFKI Kolloquium zu halten, "Situation Semantics since *Situations and Attitudes*"; (ii) um drei zweistündige Seminare zu leiten, wo er über das Buch *Anaphora and Quantification in Situation Semantics* berichtete, das er zusammen mit Prof. Stanley Peters, auch vom CSLI, geschrieben hat; (iii) um an einer Reihe von Diskussionen über HPSG teilzunehmen, die in informellen schriftlichen Protokollen festgehalten sind; und (iv) um eine weitere Arbeit über Anaphern und Quantoren mit John Nerbonne und Stanley Peters zu schreiben, "Anaphora, Quantification and Absorption.". Letztere wurde auf der Tagung "The Second Conference on Situation Theory and its Applications" vorgetragen. Eine schriftliche Version ist für einen Sammelband geplant.

Im Wintersemester 1990-91 halten Forscher aus DISCO ein Seminar über das Lexikon in der maschinellen Sprachverarbeitung. Beteiligt sind Stephan Busemann, Hans-Ulrich Krieger, John Nerbonne, Klaus Netter, und Harald Trost.

Am 5.-6. Dezember war Prof. Carl Pollard aus der Ohio State University, Columbus, Ohio bei DISCO zu Besuch. Er trug über mathematische Grundlagen der Merkmalslogik und über linguistische Anwendungen vor. Pollard ist Mitgründer der HPSG, der linguistischen Theorie,

die in DISCO eingesetzt wird, und deswegen ein sehr wichtiger Gesprächspartner für uns. Wir würden die Zusammenarbeit mit Pollard gerne vertiefen.

### 1.3.3. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen

#### Veröffentlichungen:

- R.Backofen, L.Euler, G.Görz: Towards the Integration of Functions, Relations and Types in an AI Programming Language. Proceedings GWAI-90, Springer, Berlin 1990.
- Stephan Busemann: Generierung mit Generalisierten Phrasenstruktur-Grammatiken. Dissertation, Fachbereich Informatik, Universität des Saarlandes.
- Stephan Busemann: Structure-Driven Generation from Separate Semantic Representations. DFKI Research Report 1990. Erscheint in Proc. 5th Conf. of the European Chapter of the ACL, Berlin, 1991
- Stephan Busemann: Using Pattern-Action Rules for the Generation of GPSG Structures From MT-oriented Semantics. DFKI Research Report 1990.
- Stephan Busemann: Generalisierte Phrasenstruktur-Grammatiken und ihre Verwendung zur maschinellen Sprachverarbeitung. DFKI Research Report 1990.
- Klaus Netter: Clause Union Phenomena and Complex Predicates. Dyana Deliverable 1.1a: Parametric Variation in Germanic and Romance Languages, Edinburgh.1990.
- John Nerbonne, Masayo Iida, und William Ladusaw. Semantics of Common Noun Phrase Anaphora. Proceedings of the 9th Annual West Coast Conference on Formal Linguistics, Stanford. Stanford, California. 1990.
- H.Trost: The Application of Two-level Morphology to Non-concatenative German Morphology, Proceedings of the 12th International Conference on Computational Linguistics (COLING-90), Helsinki 1990.
- H.Trost: A Morphological Component for the Recognition and Generation of Word Forms in Natural Language Understanding Systems: Integrating Two-Level Morphology and Feature Unification, *Applied Artificial Intelligence* 4(4)1990.
- Hans Uszkoreit: 13 Lexikonartikel für den Bereich der Unifikationsgrammatiken, In: H.Bußmann (Hrsg.) Lexikon der Sprachwissenschaft. Stuttgart: Kröner. 1990
- Hans Uszkoreit: La grammaire d'unification catégorielle. In P. Miller und T. Torris (Hrsg.), Formalismes syntaxiques pour le traitement automatique du langage naturel, (S. 183-205). Paris: Hermes. 1990. (Rev. Übers.:Uszkoreit, Hans: Categorical Unification Grammars. In: Proceedings of COLING 1986, August 1986, Bonn.)
- Hans Uszkoreit: Des faisceaux de traits aux types de données abstraits: nouvelles orientations des représentations et traitements linguistiques, In: D. Clément (Hrsg.) Grammaires d'Unification, Paris: ATALA.1990. (Rev. Übers: H. Uszkoreit (1989): From Feature Bundles to Abstract Data Types: New Directions in the Representation of Linguistic Knowledge. In: Blaser, H. (Hrsg.) Natural Language at the Computer, Berlin: Springer.)
- Hans Uszkoreit: Extraposition and Adjunct Attachment in Categorical Unification Grammar. In W. Bahner (Hrsg.) Proceedings of the XIVth International Congress of Linguists, August 1987, Akademie Verlag Berlin, DDR, 1990.

#### Vorträge:

- Stephan Busemann: Generierung mit Generalisierten Phrasenstruktur-Grammatiken. Promotionskolloquium; Fachbereich Informatik der Universität des Saarlandes. 17. Juli 1990
- Stephan Busemann: On Linking Semantics to Syntax. Workshop on Constraint-based Approaches to Natural Language, Bad Teinach (Schwarzwald), 29. November 1990
- Stephan Busemann: Generierung mit integrierter oder separierter Semantik? Interdisziplinäres Forschungskolloquium "Information und Repräsentation" der FU Berlin, TU Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin und des Zentralinstituts für Sprachwissenschaft in Berlin, 6. Dezember 1990
- Daniel Flickinger and John Nerbonne. A Word Class Analysis of 'easy' Adjectives. Workshop on Inheritance in Natural Language Processing. Institut für Sprach- und Wissenstechnologie, Tilburg, Niederlande. 17.August 1990
- J.Mark Gawron, John Nerbonne.und Stanley Peters. Anaphora, Quantification and Absorption. The Second Conference on Situation Theory and its Applications. Kinnloch Rannoch, Schottland. 14. September 1990.
- Per-Kristian Halvorsen und John Nerbonne. Unification in the Syntax-Semantics Interface. Tutorial at the 28th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Pittsburgh, USA. 6.June 90.

- John Nerbonne. Unifikation in Semantikverarbeitung. Vortrag zum computerlinguistischem Kolloquium, Universität des Saarlandes, Saarbrücken.. 23.Mai 90.
- John Nerbonne. Grammar Engineering in the HP-NL System. Grammar Engineering Workshop, Universität des Saarlandes und Deutsches Forschungszentrum für künstliche Intelligenz, Saarbrücken. 22.Juni 90.
- John Nerbonne. Sprachverarbeitung an dem DFKI. Vortrag für Frau Professorin Dr. Lyudmila A. Verbitskaya, Vizerektorin der Leningrader Universität, 28.Juni 90.
- John Nerbonne. Sprachverarbeitung an dem DFKI. Vortrag für Hewlett-Packard Forschungs- und Entwicklungslabor, Waldbronn. Juli 1990.
- John Nerbonne. Nominal Comparatives and Generalized Quantifiers. Vortrag zum Workshop über Plural- und Quantorenbehandlung in natürlichsprachlichen Systemen, GWAI, Schloß Eringerfeld, 11.September 90.
- Harald Trost. Erweiterte 2-Ebenen Morphologie: Ein Modell, seine Implementierung und eine Anwendung. Vortrag an der Universität Hamburg. 14. November 1990.
- H.Uszkoreit: Geeignete Domänen für Abfolgeprinzipien. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Sprachwissenschaft, Saarcbrücken, März 1990.
- Hans Uszkoreit: Proper Domains for Word Order Principles, eingeladener Vortrag auf dem Workshop on Constraint Based Approaches in Syntax and Semantics in Finse, Norwegen, vom 12.-15. August 1990.
- Hans Uszkoreit: Kontrollstrategien für die linguistische Verarbeitung, Vortrag auf dem LILOG Workshop in Bexbach vom 1.-4. Oktober 1990.
- Mark Johnson und Hans Uszkoreit: Natürlichsprachliche Systeme, Vortrag auf dem Baden- Württemberg Kolloquium in Herrenberg vom 8.-12. Oktober 1990.
- Hans Uszkoreit: Control Information for Linguistic Deduction, eingeladener Hauptvortrag auf dem Workshop on Automatic Processing of Text in Prag vom 19.-23. November 1990.

#### Veranstaltungen:

- Rolf Backofen und Gert Smolka: Constraint-basierte Formalismen (Forschungsseminar). Vorträge im Rahmen dieses Seminars u.a. von Rolf Backofen
- Stephan Busemann, Hans-Ulrich Krieger, John Nerbonne, Klaus Netter und Harald Trost: Das strukturierte Lexikon in der maschinellen Sprachverarbeitung (Hauptseminar). Vorträge im Rahmen dieses Seminars u.a. von John Nerbonne und Hans-Ulrich Krieger
- John Nerbonne und Manfred Pinkal: Ereignisanaphorik. (Hauptseminar).Vorträge im Rahmen dieses Seminars u.a. von John Nerbonne.
- Hans Uszkoreit: Unification in Linguistics, Kurs auf der 2nd European Summer School in Language, Logic and Information, Leuven, Belgien.

#### 1.3.4. Personalia

Der Personalaufbau konnte in seiner ersten Phase im 3. Quartal planmäßig abgeschlossen werden. In 1992 werden noch 3 weitere Mitarbeiter eingestellt werden

Hervorzuheben ist weiterhin die Promotion des DISCO Gruppenleiters Stephan Busemann zum Dr. rer. nat. am 17. Juli 1990.

Zum Jahresende 1990 bestand die DISCO-Projektgruppe aus:

Prof. Dr. Hans Uszkoreit (Projektleiter)	(0681-302-5282)
Dipl.-Inform. Rolf Backofen (ab 1.4.90)	(0681-302-5298)
Dr.rer.nat. Stefan Busemann (ab 1.4.90)	(0681-302-5286)
Dipl.-Inform. Hans-Ulrich Krieger (ab 1.4.90)	(0681-302-5299)
Dr. (PhD) John Nerbonne (ab 1.4.90)	(0681-302-5300)
Klaus Netter, M.A. (ab 1.9.90)	(0681-302-5283)
Dr.techn. Harald Trost	(0681-302-5301)
Ute Riehm (Sekretariat)	(0681-302-5282)

## 1.4. Projekt PHI

Das Projekt Planbasierte Hilfesysteme (PHI) wird vom BMFT gefördert (Förderkennzeichen: ITW 9000 8) und läuft vom 1. Januar 1990 bis 31. Dezember 1993.

Intelligente Hilfesysteme unterstützen menschliche Benutzer bei der Verwendung von Anwendungssystemen. Die Planbasiertheit solcher Hilfesysteme ist zentral für die Erbringung von Hilfeleistungen. Einerseits ist es möglich, über die *Planerkennung* die vom Benutzer verfolgten Pläne und Ziele zu bestimmen. Andererseits kann mit Hilfe der *Plangenerierung* bei vorgegebenem Ziel ein für den Benutzer hilfreicher Plan generiert werden. Die erkannten Ziele und generierten Pläne dienen als Grundlage für die Erzeugung der Hilfsinformation. Dabei wird sowohl bereichsspezifisches Wissen als auch Wissen aus dem Benutzermodell berücksichtigt. Bei der *Planüberwachung* wird analysiert, warum ein Benutzer den vorgeschlagenen Plan ab-geändert hat.

Das Projekt PHI (Planbasierte Hilfesysteme) soll vor allem die Verzahnung von Planerkennung und Plangenerierung analysieren. Dabei wird ein logikorientierter Ansatz verfolgt. Geeignete logische Formalismen werden untersucht und bilden die Grundlage für eine Implementierung. Das PHI-Projekt gliedert sich in drei Teilgruppen:

- In der Gruppe PHI-PE (logik-orientierte Planerkennung) sollen die theoretischen und implementatorischen Arbeiten zur Planerkennung durchgeführt werden. Angestrebt wird ein inkrementeller, nicht-monotoner Planerkenner, der epistemisch orientiert arbeitet.
- In der Gruppe PHI-PG (logik-orientierte Plangenerierung) wird die deduktive Plangenerierungskomponente entwickelt. Als Basis dient ein deduktives Programmsynthesystem. Ziel ist die Integration und Implementierung verschiedener, besonders geeigneter Planungsmethoden und Planungsstrategien.
- In der Planüberwachungsgruppe (PHI-PU) soll untersucht werden, wie Techniken der Erkennung und Generierung für Aufgaben der Planüberwachung genutzt werden können.

### 1.4.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Die Arbeit im Berichtszeitraum konzentrierte sich in erster Linie darauf, logische Repräsentationsformalismen aus dem Bereich des deduktiven Planens daraufhin zu untersuchen, ob sie für unsere Anwendungsdomäne geeignet sind.

Nach Abschluß einer ersten formalen Beschreibung der Domäne ergaben sich verschiedene Probleme mit Ansätzen auf der Basis eines Situationskalküls. Damit wurden zunächst folgende Anforderungen an den logischen Repräsentationsformalismus gestellt:

1. Der Kalkül muß die *Gleichheitsbehandlung* unterstützen.  
Eine Variante des Situationskalküls, wie er von Kowalski angegeben wurde, erfüllt diese Anforderung nicht. Dies hat zur Folge, daß auch eine adäquate Behandlung des Rahmenproblems gefunden werden muß.
2. Die Beschaffenheit der Anwendungsdomäne legt es nahe, Aktionen als Anweisungen einer Programmiersprache aufzufassen. Daher ist eine *Programmlogik*, insbesondere zur Beschreibung der Seiteneffekte von Aktionen geeignet.
3. Es erscheint wünschenswert, bei der Formalisierung von Plänen und Aktionen auch *zeitliche Beziehungen* zu berücksichtigen.

Aufgrund dieser Anforderungen konzentrierten sich die weiteren Untersuchungen auf verschiedene Zeit- und Programmlogiken.

Als "klassische" Programmlogik gilt die *Dynamische Logik*. Sie umfaßt die Prädikatenlogik erster Stufe und enthält darüber hinaus Modaloperatoren  $[\alpha]$  und  $\langle\alpha\rangle$  für Programmkonstrukte  $\alpha$ . Mit Hilfe dieser Modaloperatoren können Aussagen über Terminierungseigenschaften und Effekte dieser Programme ausgedrückt werden.

Ein elementares Programmkonstrukt ist die Zuweisung, so daß Seiteneffekte in dieser Logik auf natürliche Weise behandelt werden können. Elementare Anweisungen können durch *Hintereinanderausführung*, *if...then...else...* und *while* zu Anweisungsfolgen (Sequenzen), Verzweigungen und Schleifen zusammengefügt werden. Damit ergibt sich eine unmittelbare Analogie zu Aktionsfolgen, bedingten Plänen und Planwiederholungen.

Zeitliche Aussagen sind im Rahmen der dynamischen Logik nur implizit über die Mögliche-Welten-Semantik der Modaloperatoren möglich. Es gibt damit keine expliziten Verweise auf Zustände, so daß zunächst nur die Aufeinanderfolge als zeitliche Relation darstellbar ist.

Die Untersuchung von Zeitlogiken erstreckte sich auf verschiedene FOL-Ansätze, sowie Ansätze der temporalen Modallogik. Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die modale Zeitlogik ITL (*Interval Temporal Logic*), die die klassische Zeitpunktorientierung verläßt und auf einer Intervallsemanik basiert. ITL ist eine Modifikation der sogenannten *Process Logic*, die als eine Erweiterung der Dynamischen Logik von einzelnen Zuständen auf Zustandssequenzen (Intervalle diskreter Zustände) übergeht. Dadurch ist es möglich, explizit Aussagen über Zustände, Zustandsübergänge und Intervalle zu formulieren.

ITL verbindet somit die Eigenschaften einer Programmlogik mit der Möglichkeit eines mächtigen *temporal reasoning*. Im Gegensatz zur dynamischen Logik gibt es in ITL keinen Unterschied zwischen Programmen und Formeln. Beide werden vielmehr mittels Abbildung auf entsprechende Zeitintervalle miteinander identifiziert. Aber auch hier können elementare Programmkonstrukte (wie z.B. Zuweisungen) zu Anweisungsfolgen, Verzweigungen und Schleifen zusammengefügt werden.

Für ein deterministisches Fragment von ITL existiert eine operationale Semantik in Form des Interpreters TEMPURA. Damit kann eine axiomatische Beschreibung der betrachteten Anwendungsdomäne validiert werden.

Im Berichtszeitraum wurde dieser Interpreter um einige notwendige Sprachkonstrukte erweitert, so daß es möglich war, erste Objekte und Kommandos der Mail-Domäne zu implementieren und damit in ITL zu formalisieren.

Im Bereich der Wiederverwendung von Plänen konnte eine Studie, die existierende Ansätze und Systeme zu diesem Problemkreis vergleicht, abgeschlossen werden. Sie wird als DFKI-Memo veröffentlicht werden.

Als Ergebnis dieser Arbeit wurde eine Architektur für ein System zur Wiederverwendung von Plänen entwickelt, das in den deduktiven Plangenerierer integriert werden soll. Grundlage dieser Architektur ist ein 4-Phasen-Modell, das den Wiederverwendungsprozeß beschreibt:

1. Determination von Planschemata aus einer Planbasis zur Lösung des neuen Planungsproblems
2. Interpretation des Planschemas
3. Modifikation des interpretierten Planschemas
4. Aktualisierung der Planbasis

Forschungsergebnisse, die für die Formalisierung dieser Phasen relevant sind, wurden in der Studie analysiert und miteinander verglichen. Dabei konnte festgestellt werden, daß

- bisher kein Ansatz existiert, der den Wiederverwendungsprozess (oder einzelne Phasen) in einem deduktiven Rahmen formalisiert,
- heuristische Ansätze zur Wiederverwendung in der Regel lediglich eine eingeschränkte Menge von Plänen, nämlich lineare Pläne betrachten.

Erste Untersuchungen zu einer Formalisierung der Modifikationsphase haben ergeben, daß das entwickelte Plangenerierungsverfahren durch Bereitstellung der Planzusicherungen eine Modifikation von Plänen bereits unterstützt.

Als entscheidender Ansatzpunkt zur Lösung des Problems einer Wiederverwendung von Plänen wurde die Determinationsphase ermittelt. Hier werden zur Zeit Ergebnisse aus der Unifikationstheorie auf ihre Anwendbarkeit als formale Beschreibungsmethoden untersucht.

Abduktion hat als dritte Inferenzmethode neben Deduktion und Induktion in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Insbesondere wurden abduktive Methoden sowohl zur Planerkennung als auch zum Planen verwendet. Zur Zeit werden bestehende Ansätze abduktiven Schließens untersucht und miteinander verglichen. Ziel ist eine Studie, die den Einsatz abduktiver Methoden innerhalb des PHI-Systems evaluiert.

Vereinfachend läßt sich abduktives Schließen durch folgende Inferenzregel charakterisieren:

$$\frac{A \rightarrow B, B}{A}$$

d.h. aus der Regel  $A \rightarrow B$  und einem Vorkommen von  $B$  kann  $A$  als mögliche Erklärung abgeleitet werden.

Dies deutet bereits auf eine Verwendung im Bereich des Planens und der Planerkennung hin. Mittels abduktiven Schließens können z.B. Pläne erzeugt werden, die beobachtete Aktionen erklären, oder es kann von den Aktionen auf das Ziel eines Agenten geschlossen werden.

Soll ein abduktiver Prozeß definiert werden, so sind im allgemeinen drei Phasen zu unterscheiden:

1. Es ist ein formales Modell festzulegen.
2. Es ist ein Mechanismus zur Generierung von Hypothesen zu definieren.
3. Kriterien und Heuristiken zur Auswahl der "besten" Erklärung müssen bestimmt werden.

Für alle Phasen existieren bereits Ansätze auf prädikatenlogischer Basis. Die Ergebnisse dieser Studie sollen in einem DFKI-Memo veröffentlicht werden.

#### 1.4.2. Kontakte zu anderen DFKI-Projekten und Forschungsgruppen

Im Berichtszeitraum bestanden Kontakte zu folgenden Institutionen und Personen:

- Sektion Mathematik & Informatik, Technische Hochschule Leipzig, Prof. K.-P. Jantke
- Institut für Angewandte Informationstechnik (F3), Forschungsgruppe Mensch-Maschine-Kommunikation, GMD, Sankt Augustin, Dr. G. Grunst
- Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren, Universität Karlsruhe, Dr. Werner Stephan
- Computer Laboratory, University of Cambridge, England, Dr. T. Nipkow
- EL SW Performance and Human Factors, IBM Labor Böblingen, Dr. Fehrlé
- Computer Laboratory, University of Cambridge, England, R.W.S. Hale

- Center for Design Research and Department of Computer Science, Stanford University, Stanford, CA, S. Kambhampati

Das Kooperationsprojekt PLUS zwischen DFKI und IBM Labor Böblingen (Dr. Fehrle) begann am 1.10.1990. Es entwickelte sich eine intensive Zusammenarbeit, die sich u.a. in der gemeinsamen Durchführung von Arbeitssitzungen zeigt.

### 1.4.3. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen

#### Veröffentlichungen:

- S. Biundo: Plangenerierung mit einem deduktiven Programmsyntheseverfahren. In: N. Kratz, A. Günter und J. Hertzberg: Beiträge zum 4. Workshop "Planen und Konfigurieren", Bericht FAW-B-90008, FAW Ulm, 1990.
- S. Biundo: Plan Generation Using a Method of Deductive Program Synthesis. DFKI Research Report RR-90-09, Juli 1990.
- D. Dengler: Integrative Diskursverarbeitung. Proc. of the GWAI-90, Springer 1990, 206-210.
- M. Hecking: A Logical Treatment of Distributed and Multi-Level Plan Recognition. In: Workshop Notes zum AAI Workshop "Adversarial Reasoning and Artificial Intelligence and Legal Reasoning", Boston, 30.7.1990.
- G. Merziger, M. Bauer: Conditioned Circumscription: Translating Defaults to Circumscription. Proc. of the GWAI-90, Springer 1990, 150-159.

#### Vorträge:

- S. Biundo: Plangenerierung mit einem deduktiven Programmsyntheseverfahren. 4. Workshop "Planen und Konfigurieren", Ulm, April 1990.
- S. Biundo: Deductive Plan Synthesis. Workshop on "Non-Horn-Clause Logic Programming", NACL'90, Austin, TX, 2.11.1990.
- D. Dengler: Integrative Diskursverarbeitung. GWAI-90, Eringerfeld, September 1990.
- M. Hecking: Deduktive Planerkennung. 4. Workshop "Planen und Konfigurieren", Ulm, April 1990.
- M. Hecking: A Logical Treatment of Distributed and Multi-Level Plan Recognition. Workshop on "Reasoning in Adversarial Domains", AAI, Boston, MA, 30.7.1990.
- M. Hecking: A Logical Treatment of Distributed and Multi-Level Plan Recognition. Workshop on "Reasoning in Adversarial Domains", AAI, Boston, MA, 30.7.1990.
- G. Merziger, M. Bauer: Conditioned Circumscription: Translating Defaults to Circumscription. GWAI-90, Eringerfeld, September 1990.

#### Veranstaltungen:

- S. Biundo: Vorlesung "Deduktive Planungsverfahren" WS 1990/91.
- M. Bauer, G. Merziger: Fortgeschrittenen Praktikum "Wissensrepräsentation für PHI" WS 1990/91.

### 1.4.4. Personalien

Die PHI-Projektgruppe konnte zügig im 1. Quartal 1990 aufgebaut werden. Eine kostenneutrale Personalverstärkung des PHI-Projektes ist dadurch vorhanden, daß Frau Dipl.-Inform. Jana Köhler, angestellt am Lehrstuhl von Professor Wahlster, dem Teilprojekt Plangenerierung im Rahmen der Bearbeitung ihres Dissertationsthemas assoziiert wurde. Zum Jahresende 1990 bestand die PHI-Projektgruppe aus:

Prof.Dr. Wolfgang Wahlster (Projektleiter)	(0681-302-5252)
Dr.rer.nat. Susanne Biundo	(0681-302-5256)

**PHI**

Dipl.-Inform. Matthias Bauer (ab 1.2.90)	(0681-302-5260)
Dipl.-Inform. Dietmar Dengler (ab 1.2.90)	(0681-302-5259)
Dipl.-Inform. Mathias Hecking	(0681-302-5257)
Dipl.-Inform. Gaby Merziger (ab 1.2.90)	(0681-302-5260)
Gabriele Jacquinot (Sekretariat)	(0681-302-5252)

## 1.5. Projekt WINO

Das Projekt Wissensrepräsentation und Inferenzmechanismen (AKA-WINO; BMFT Förderkennzeichen ITW 8903 0) wurde am 1. Mai 1989 begonnen und soll bis zum 30. April 1992 durchgeführt werden. Im AKA-Projekt sollen die Grundlagen für Wissensrepräsentationsformalismen und Inferenzmechanismen bei der Kooperation mehrerer autonom agierender Systeme untersucht werden. Das Teilprojekt WINO zielt auf eine Objektivierung von Wissensrepräsentationsformalismen mit Methoden der Logik:

1. Erforschung der logischen Grundlagen von Wissensrepräsentationsformalismen,
2. Entwicklung adäquater Inferenzmechanismen für die Wissensrepräsentation,
3. Operationalisierung durch effizient realisierbare Kalküle,
4. prototypische Implementierung eines Wissensrepräsentations- und Inferenzsystems.

Schwerpunkte sind einerseits Anwendungen der Wissensrepräsentationsformalismen zur Wissensdarstellung in Zusammenarbeit mit dem Projekt „Wissensbasierte Informationspräsentation“ (WIP), andererseits Vorarbeiten für die mittelfristig geplante Realisierung verschiedener Szenarien autonomer kooperierender Agenten, sowie die dafür notwendigen Wissensrepräsentationsformalismen und Inferenzmechanismen.

Für die Entwicklung eines Wissensrepräsentations- und Inferenzsystems sind zwei prinzipielle Vorgehensweisen möglich: Einerseits können bewährte Wissensrepräsentationssprachen wie KL-ONE benutzt und um darauf zugeschnittene Inferenzverfahren erweitert werden. Andererseits ist es möglich, hocheffiziente Inferenzkomponenten, wie sie für logische Programmiersprachen entwickelt wurden, zum Ausgangspunkt zu nehmen und um Datenstrukturen zu erweitern, die zur Wissensrepräsentation eingesetzt werden. Beide Vorgehensweisen werden in WINO verfolgt :

1. Erweiterung einer logischen Programmiersprache TEL um Wissensstrukturen,
2. Kombination KL-ONE-ähnlicher Wissensstrukturen mit Inferenzmechanismen.

Wegen der bekannten Ineffizienz allgemeiner Inferenzkomponenten steht hierbei die Kombination mit domänen-spezifischen Inferenzmechanismen im Vordergrund.

Da die Agenten sowohl räumliches als auch zeitliches Wissen für ihre Aktionen benötigen, müssen darüberhinaus die bekannten Wissensrepräsentationsformalismen daraufhin untersucht werden, inwiefern sie sich für die Darstellung räumlicher und zeitlicher Information und von Aktionen selbst eignen. Die Zusammenarbeit mehrerer Agenten verlangt zusätzlich, daß jeder Agent Information sowohl über sich selbst als auch über seine Partner hat und diese auch verarbeiten kann. Daher muß außerdem untersucht werden, was für Inferenzmechanismen für den Umgang mit Wissen selbst (z.B. autoepistemisches Schließen) benötigt werden.

### 1.5.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Ein Schwerpunkt unserer Arbeiten bei der Untersuchung der logischen Grundlagen von Wissensrepräsentationsformalismen (WR-Formalismen) war das weitere Studium von Konzeptsprachen, die in KL-ONE-artigen Wissensrepräsentationssystemen verwendet werden. Für eine Vielzahl unterschiedlicher Konzeptsprachen wurden erstmalig Algorithmen für die wichtigsten Inferenzen entwickelt und dabei auch bisher noch nicht bekannte Komplexitätsresultate gewonnen. Eine der wichtigsten dieser Inferenzen ist die Berechnung der Subsumptionsbeziehungen zwischen Konzepten. Das im letzten Jahr bei WINO entwickelte Schema zur Formulierung vollständiger Subsumptionsalgorithmen wurde weiterausgearbeitet und konnte auch für Prozeduren anderer grundlegender Inferenzen, die in KL-ONE-basierten

WR-Systemen benötigt werden, wie z.B. Realisierung und Retrieval, adaptiert werden. Diese Ergebnisse wurden bei der ECAI'90 und der GWAI'90 vorgestellt und sind in deren Proceedings sowie in "DFKI-Research-Reports" veröffentlicht.

Darüberhinaus ist es Ziel unserer Forschungen, solche Konzeptsprachen um für die Anwendungen wichtige Sprachkonstrukte zu erweitern und damit die Ausdrucksfähigkeit dieses Formalismus zu steigern.

Eine Möglichkeit, die Ausdruckstärke zu erhöhen, ist es, zyklische Definitionen zuzulassen (vgl. DFKI-Jahresbericht 1989). Die bei der Untersuchung von solcher Definitionen erzielten Ergebnisse wurden in zwei Richtungen verallgemeinert. Zum einen konnten die Resultate auch auf hybride Inferenzen sowie auf zyklische Definitionen in einer etwas mächtigeren Sprache ausgedehnt werden. Eine Erweiterung der Ergebnisse bis zu der ursprünglich von Bernhard Nebel betrachteten Sprache erscheint daher durchaus möglich zu sein. Wenn man jedoch Sprachkonstrukte wie Disjunktion, allgemeine existentielle Rollenrestriktion oder sogar allgemeine Negation in die Sprache integrieren will, so ergeben sich neue Probleme, die mit dem bisher verwendeten Fixpunktansatz nicht zu lösen sind. Unter diesem Aspekt wird die folgende zweite Möglichkeit einer Verallgemeinerung interessant.

Es stellte sich heraus, daß man die Ausdrucksfähigkeit der ursprünglich bei der Untersuchung zyklischer Definitionen betrachteten Sprache auch erhalten kann, wenn man auf Zyklen verzichtet und stattdessen Rollendefinitionen unter Verwendung von Vereinigung, Komposition und transitivem Abschluß von Rollen zuläßt. Die Idee war nun, eine relativ mächtige Konzeptsprache (die insbesondere auch Disjunktion, allgemeine existentielle Rollenrestriktion und allgemeine Negation zuläßt) um diese Form von Rollendefinitionen zu erweitern. Man kann dadurch die Ausdrucksfähigkeit der zyklischen Definitionen in der kleineren Sprache beibehalten, ohne auf die Probleme zu stoßen, die Zyklen in der großen Sprache verursachen würde. Insbesondere war es möglich für die derart erweiterte Sprache einen korrekten und vollständigen Subsumptionsalgorithmus anzugeben.

Die Resultate für zyklische Definitionen wurden bei der AAI'90 vorgestellt und sind in deren Proceedings publiziert sowie in einem DFKI-Research-Report dokumentiert. Es stellte sich heraus, daß diese Ergebnisse auch noch zur Lösung eines anderen offenen Problems verwendet werden können. In einigen KL-ONE-artigen Systemen werden nicht nur Konzeptdefinitionen, sondern auch sogenannte "Axiome" betrachtet. Diese Axiome werden dazu verwendet, den Interpretationsbereich einzuschränken. Bisher war nicht klar wie solche Axiome algorithmisch korrekt und vollständig behandelt werden können. Es ist uns nun gelungen zu zeigen, wie man Axiome mit Hilfe der oben erwähnten Rollenoperatoren durch normale KL-ONE-Ausdrücke simulieren kann. Aus diesem Grund kann auch der für diese Rollenoperatoren entwickelte Algorithmus zur Behandlung von Axiomen mitverwendet werden.

Weiterhin wurde in WINO auch an viel weiterführenden Spracherweiterungen von Konzeptsprachen gearbeitet. Insbesondere wurde – in Zusammenarbeit mit Prof. Siekmann – ein Ansatz entwickelt, der eine Kombination von Konzeptsprachen mit Prädikatenlogik ermöglicht. Das Resultat wurde beim ESPRIT Symposium "Computational Logic" in Brüssel durch Prof. Siekmann vorgestellt und in deren Proceedings veröffentlicht. Der constraint-basierte Ansatz geht auf das in WINO entwickelte Constrained-Resolutions-Schema zurück, das ebenfalls auf der CADE'90 vorgetragen und publiziert wurde. Letztere Arbeiten sind Grundlagen einer Dissertation, die erfolgreich am Fachbereich Informatik der Universität Kaiserslautern eingereicht und verteidigt wurde.

In Zusammenarbeit mit einem Mitarbeiter des ARC-TEC-Projekts (BMFT Förderkennzeichen ITW 8902 C4) wurde eine Möglichkeit entwickelt, von KL-ONE aus mit Hilfe partieller Funktionen (d.h. "features") auf einen vordefinierten externen Bereich zuzugreifen und Beziehungen zwischen Objekten in diesem Bereich in die Definition von Konzepten mit

einfließen zu lassen. Als ein Beispiel für einen derartigen externen Bereich kann man, motiviert durch die ARC-TEC Anwendungen, die reelle Zahlen nehmen. Die erzielten Ergebnisse werden in einem DFKI-Research-Report dargestellt werden. Da für die ARC-TEC Anwendungen die reellen Zahlen besonders wichtig sind, wurden die von unserer Seite her bestehenden Kontakte mit Professor Loos aus Tübingen (über unsere Zusammenarbeit mit Prof. Siekmann im Rahmen seiner ESPRIT-Beteiligung im BRA "Compulog") verstärkt, um dadurch das in Tübingen vorhandene Knowhow über Entscheidungsverfahren für reelle Arithmetik nutzen zu können.

Zusätzlich zu den oben erwähnten theoretischen Arbeiten wurden auch Implementierungsarbeiten vorgenommen. Da bis vor gut einem Jahr korrekte und vollständige Inferenzalgorithmen für KL-ONE-basierte WR-Systeme unbekannt waren, sind in WR-Systemen wie BACK oder SB-ONE unvollständige Algorithmen eingebaut. Ausgehend von dieser Beobachtung sind wir dabei, die in WINO entwickelten korrekten und vollständigen Inferenzalgorithmen zu implementieren. Ein Ziel dieser Arbeiten ist die prototypische Implementierung des Wissensrepräsentations- und Inferenzsystems KRIS. Eine (erste) Systembeschreibung von KRIS wurde erstellt und ist als "DFKI-Technical-Memo" erschienen. Sie soll als Grundlage der weiteren Implementierungsarbeiten dienen. Bei unserer Zusammenarbeit mit Mitarbeitern des WIP-Projekts (BMFT Förderkennzeichen ITW 8901 8) wurde eine Spezifikation einer Terminologischen Logik erarbeitet, deren Sprache als Oberflächensprache für KRIS fungieren soll. Hier ist auch eine gemeinsame Fortführung der Implementierungen im Gespräch.

Der constraint-basierte Ansatz zur Erweiterung der Prädikatenlogik wurde im Rahmen einer Diplomarbeit implementiert, die derzeit abgeschlossen wird. Eine Fortführung dieser Arbeiten im Rahmen von weiteren Diplom-Arbeiten etc. ist vorgesehen.

Die typisierte logische Programmiersprache TEL wurde im Rahmen einer Diplomarbeit um Wissensstrukturen erweitert. Dabei wurden Featuretypen, wie sie von Ait-Kaci und Smolka entwickelt worden sind, für das Typsystem von TEL angepaßt. Insbesondere mußten dazu neue Typechecking- und Typeinferencing-Algorithmen entwickelt werden und die Verknüpfung der Feature-Typen mit dem Modulsystem mußte geklärt werden. Die Erweiterungen von TEL sind mittlerweile implementiert, so daß ein Prototyp-System von Feature-TEL zur Verfügung steht. Um den Prototypen zu testen, wurde das in TEL geschriebene System in Feature-TEL umgeschrieben und mit Hilfe des Prototypen kompiliert. Durch dieses Bootstrapping-Verfahren wurde das System für eine realistische, große Eingabe getestet. Dabei aufgetretene kleinere Fehler konnten behoben werden. Der Sprachentwurf für Feature-TEL und die Implementierung sind beschrieben im DFKI-Dokument D-90-02.

Neben den Arbeiten die sich direkt mit den Wissensrepräsentationssprachen beschäftigen wurden die Untersuchungen zur Repräsentation von speziellem Alltagswissen (hier die Repräsentation und Verarbeitung von RAUM und ZEIT) fortgeführt. Zur Repräsentation von zeitlichen Gegebenheiten wurde der Ansatz von Schmiedel untersucht und eine Variante, mit der zeitliche Einschränkungen in KL-ONE repräsentiert und verarbeitet werden können, zur Zeit implementiert. Die PROLOG-Erweiterung zur Behandlung von zeitlichen Beziehungen wurde weiter ausgebaut und parallel dazu CHRONOLOG, eine PROLOG-Erweiterung zur Verarbeitung von (zeitbezogenen) Modaloperatoren, implementiert. Beide Versionen werden zur Zeit in einem System integriert. Da die direkte Verwendung von KL-ONE Konstrukten bei der Repräsentation von Raumpräpositionen unschöne Eigenschaften aufweist, wurde eine verwandte Repräsentationsform erarbeitet, die Raumpräpositionen unter Ausnutzung ihrer speziellen Eigenschaften in einem flexiblen Constraint Netz repräsentiert. Parallel dazu wurde zur Repräsentation von räumlichen Präpositionen ein 2-Ebenen Modell entwickelt und vorgestellt. Sowohl die logische Ebene, als auch die mathematisch fundierte Koordinatenebene wird zur Zeit erweitert und implementiert.

Im Hinblick auf die geplante Einbettung des WINO-Projektes im AKA-Projekt haben wir eine Entwicklungs- und Testumgebung RATMAN (Rational Agents Testbed for Multi Agent Networks) für Multi-Agenten-Gruppen spezifiziert, die die Definition solcher Agentengruppen auf der Basis rationaler, d.h. logik-basierter, autonomer Akteure unterstützen soll. Diese Systemspezifikation wurde auf der europäischen Multi-Agenten-Tagung MAAMAW'90 vorgestellt und in deren Proceedings publiziert. Eine prototypische Implementierung dieses Testbeds ist vorgesehen. Ferner wurden erste prinzipielle Überlegungen über höhere Wissensverarbeitungsmechanismen (Introspektion und Reflektion) für derartige Agenten angestellt und vorgetragen.

### **1.5.2. Kontakte zu anderen DFKI-Projekten und Forschungsgruppen**

Mit der Wissensrepräsentationsgruppe des ARC-TEC-Projektes (BMFT Förderkennzeichen ITW 8902 C4) wurden für ARC-TEC-Anwendungen benötigte KL-ONE-Erweiterungen erarbeitet. Hierbei hat sich insbesondere der bereits im letzten Jahr im Rahmen eines gemeinsamen Workshops begonnene Erfahrungsaustausch als hilfreich erwiesen. In Bezug auf den für ARC-TEC Anwendungen wichtigen externen Bereich "reellen Zahlen" wurden Kontakte mit Professor Loos aus Tübingen genutzt.

Die Zusammenarbeit mit DFKI-Projekten am Standort Saarbrücken wurde weiter ausgebaut. Bei verschiedenen Treffen mit der Wissensrepräsentationsgruppe des WIP-Projekts (BMFT Förderkennzeichen ITW 8901 8) wurden Erfahrungen ausgetauscht. Ein erstes gemeinsames DFKI-Technical-Memo dokumentiert diese enge Zusammenarbeit. Darüberhinaus haben WINO-Mitarbeiter im Forschungsseminar über constraint-basierte Algorithmen am DFKI Saarbrücken über ihre Arbeiten vorgetragen. Dabei haben sich weitere Zusammenarbeit mit Dr. B. Nebel (WIP) und Prof. G. Smolka ergeben, deren Ergebnisse ebenfalls in einem DFKI-Research-Report dargestellt werden.

Auch zu den neuen Projekten DISCO (BMFT Förderkennzeichen ITW 9002 0) und PHI (BMFT Förderkennzeichen ITW 9000 8) gibt es erste Kontakte im Hinblick auf künftige verstärkte Zusammenarbeit im Rahmen des WINO übergeordneten AKA-Projektes. Dies gilt ebenso für das KIK-Projekt, insbesondere für das Teilprojekt TEAMWARE.

### **Weitere wissenschaftliche Kontakte**

Die Teilnahme am Workshop über "Semantics of Tense, Space and Movement" führte zu hilfreichen Kontakten zu Prof. Borillo an der Universität Toulouse. Die dort ansässige Gruppe beschäftigt sich mit verschiedenen Logiken zur Repräsentation von Wissen und der Verarbeitung von räumlichen und zeitlichen Aspekten.

Bei CompuLog-Workshops (im Rahmen der Zusammenarbeit mit der AG Siekmann, FB Informatik, Universität Kaiserslautern beim ESPRIT-BRA "CompuLog") im Februar in London, im Mai in Pisa, im September bei Tübingen und im November in Leuven wurden für CompuLog interessante Zwischenergebnisse der WINO-Gruppe vorgetragen. Die Kontakte zu Wissenschaftlern, die in ähnlicher Richtung arbeiten, wurden vertieft. Dabei entstand insbesondere eine enge Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern der Universität Rom über Wissensrepräsentationssprachen. Im Rahmen dieser Zusammenarbeit war W. Nutt vom 27. bis 31. Januar in Rom. Vom 5. bis 10. März war Dr. Francesco Donini aus Rom zu Gast am DFKI.

Im Rahmen der Vorbereitungen der CADE-10 (10th International Conference on Automated Deduction) in Kaiserslautern, die – was die lokale Ausrichtung angeht – gemeinsam von der

Arbeitsgruppe von Prof. Siekmann und der Projektgruppe AKA-WINO (local arrangements: Dr. H.J. Ohlbach und Dr. H.-J. Bürckert) durchgeführt wurde, war der Program Chairman der CADE-10, Dr. Mark E. Stickel vom AI Center der SRI International, Menlo Park, USA, vom 14.- 22. April zu Gast.

Weitere Besucher waren: Dr. Graham Wrightson, University of Newcastle, Australien vom 13.- 28. April, und Dr. Rüdiger Klein, Akademie der Wissenschaften der DDR, vom 20.-27. Juni. Mit Dr. Wrightson konnte insbesondere auch der Zusammenhang zwischen Subsumptionsalgorithmen und Tableau-Kalkül näher geklärt werden, mit Dr. Klein wurde künftige Zusammenarbeit im Bereich Wissensrepräsentation und Logik-Programmierung vereinbart.

Bei der CADE-10 veranstalteten Mitarbeiter des Projekts WINO zusammen mit Wissenschaftlern vom DFKI Saarbrücken (Dr. B. Nebel, Prof. G. Smolka) ein Tutorial über Wissensrepräsentation. Dadurch wurden Wissenschaftler aus dem Bereich des Automatischen Schließens mit unseren Arbeiten vertraut gemacht.

Durch die Teilnahme am Workshop "Räumliche Alltagsumgebungen des Menschen" wurden hilfreiche Kontakte zu deutschen Wissenschaftlern auf dem Gebiet Kognition und Raumrepräsentation geknüpft. Insbesondere wurde zum intensiveren Austausch die Gruppe LILOG-R an der Universität Hamburg besucht.

Eine sehr intensive Zusammenarbeit gab es mit der Wissensrepräsentationsgruppe der IBM am IWBS in Heidelberg. Zum intensiven Kennenlernen der Wissensrepräsentationssprache L<sub>LILOG</sub> und deren Entwicklungsumgebung LEU/2 wurde eine größere Wissensbasis spezifiziert und implementiert.

Im Rahmen des GI-Arbeitskreises "Verteilte KI" wurden die Kontakte zu deutschen Forschern auf diesem Gebiet, insbesondere auch zu Gesellschaftern (Daimler, GMD) stärker ausgebaut. Ferner wurde durch die Teilnahme am internationalen Workshop "KIK-OFF" erste Kontakte zum MCC (USA) und zur Universität Keele (GB) geknüpft.

Beim Treffen der GI-Fachgruppe "Deduktionssysteme" wurden die Arbeiten des WINO-Projektes durch mehrere Vorträge vorgestellt und Kontakte zu anderen deutschen Forschungsgruppen, die an ähnlichen Fragestellungen arbeiten geknüpft bzw. ausgebaut. Dabei ergaben sich auch Kontakte zu Forschern aus Ostberlin und Leipzig, die vertieft werden sollen.

Insgesamt hatten in diesem Jahr WINO-Mitarbeiter auf folgenden nationalen und internationalen Konferenzen eigene Beiträge: CADE (Juli'90, Kaiserslautern), AAAI (August'90, Boston), ECAI (August'90, Stockholm), MAAMAW (August'90, Paris), GWAI (September'90, Eringerfeld), ESPRIT-Symposium on Computational Logic (November'90, Brüssel).

Daneben waren WINO-Mitarbeiter auf folgenden Workshops z.T. mit Vorträgen: 39. Arbeitstagung über Allgemeine Algebra, Kaiserslautern; Workshop "Reflektion, Introspektion, Meta-Level-Architekturen – Was ist das?", Konstanz; 1. Workshop "Informationssysteme und Künstliche Intelligenz", Ulm; Workshop on Tense, Space and Movement, Toulouse; BRA-Compulog Workshops; Deduktionstreffen, Johanniskreuz; 4. KL-KI-Workshop, Lindenberg; 4. Workshop on Unification, Leeds; Workshop on Word Equations and Related Topics, Tübingen.

### 1.5.3. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen

#### Veröffentlichungen:

- F. Baader, "A Formal Definition for Expressive Power of Knowledge Representation Languages." Proceedings of the 9th European Conference on Artificial Intelligence, ECAI-90, pp. 53-58, 1990.
- F. Baader, "Terminological Cycles in KL-ONE-based Knowledge Representation Languages." Proceedings of the 8th National Conference on Artificial Intelligence, AAAI-90, pp. 621-626, 1990.
- F. Baader: "Rewrite Systems for Varieties of Semigroups". Proceedings of the 10th International Conference on Automated Deduction, CADE-10, Springer LNAI 449, pp. 396-410, 1990.
- F. Baader: "Terminological Cycles in KL-ONE-based Knowledge Representation Languages". DFKI Research Report RR-90-01.
- F. Baader: "A Formal Definition of the Expressive Power of Knowledge Representation Languages". DFKI Research Report RR-90-05.
- F. Baader: "Augmenting Concept Languages by Transitive Closure of Roles: An Alternative to Terminological Cycles", DFKI Research Report RR-90-13.
- F. Baader, H.-J. Bürckert, J. Heinson, B. Hollunder, J. Müller, B. Nebel, W. Nutt, H.J. Profitlich: "Terminological Knowledge Representation: A Proposal for a Terminological Logic", DFKI Technical Memo TM-90-04.
- F. Baader, H.-J. Bürckert, B. Hollunder, W. Nutt, J. Siekmann, "Concept Logics," Proc. Symposium on Computational Logic, J.W. Lloyd (Hrsg.), Springer, Basic Research Series, pp. 177-201, 1990. Auch: DFKI Research Report RR-90-10.
- F. Baader, B. Hollunder: "KRIS: Knowledge Representation and Inference System - System Description", DFKI Technical Memo TM-90-03.
- F. Baader, W. Nutt: "Adding Homomorphisms to Commutative/Monoidal Theories, or, How Algebra Can Help in Equational Unification", DFKI Research Report RR-90-16.
- P. Breuer, J. Müller: "Eine Raumrepräsentation für Multi-Agenten Systeme", in: Workshop Räumliche Alltagsumgebungen des Menschen, W. Hoepfner (Hrsg.), Uni Koblenz, Fachberichte Informatik 9/90, pp. 7-10, 1990.
- H.-J. Bürckert: "A Resolution Principle for a Logic with Restricted Quantifiers", Dissertation, FB Informatik, Universität Kaiserslautern, 1990.
- H.-J. Bürckert: "A Resolution Principle for Clauses with Constraints.", in: Proc. of 10th International Conference on Automated Deduction, Springer LNAI 449, pp.178-192, 1990. Auch: DFKI Research Report RR-90-02.
- H.-J. Bürckert, J. Müller: "RATMAN: Rational Agents Testbed for Multi Agent Networks", erscheint in: Proceedings of the 2nd European Workshop "Modelizing Autonomous Agents in Multi-Agent Worlds, Saint- Quentin en Yvelines, Aug. 90, ELSEVIER Publishers
- B. Hollunder. "Hybrid Inferences in KL-ONE-based Knowledge Representation Systems", Proceedings of the 14th German Workshop on Artificial Intelligence, Springer-Fachberichte 251, pp.38-47, 1990. Auch: DFKI Research Report RR-90-06.
- B. Hollunder, W. Nutt: "Subsumption Algorithms for Concept Languages". DFKI Research Report RR-90-04.
- B. Hollunder, W. Nutt, M. Schmidt-Schauß: "Subsumption Algorithms for Concept Languages", Proceedings of the 9th European Conference on Artificial Intelligence, ECAI-90, pp. 348-353, 1990.
- J. Müller, F. Baader, B. Nebel, W. Nutt, G. Smolka: "Reasoning and Representation with Concept Languages (Abstract of the Tutorial on Reasoning and Representation with Concept Languages, 10th International Conference on Automated Deduction)", Proc. International Conference on Automated Deduction, Springer, LNCS/LNAI 449, p. 681, 1990.
- J. Müller, R. Fettig, J. Steinbach: "Dynamic Features of Topographical Multiset Orderings for Terms", SEKI-Report SR-90-08, Universität Kaiserslautern, Fachbereich Informatik.
- W. Nutt: "Unification in Monoidal Theories", Proceedings of the 10th International Conference on Automated Deduction, CADE-10, Springer LNAI 449, pp. 618-632, 1990.
- G. Seul: "Logisches Programmieren mit Feature-Typen", DFKI Document D-90-02, Juli 1990.

## Vorträge:

- F. Baader: "Unification in Commutative Theories, Hilbert's Basis Theorem and Gröbner Bases", 39. Arbeitstagung über allgemeine Algebra, Kaiserslautern, 2.-4. Februar, 1990.
- F. Baader: "Terminologische Zyklen in KL-ONE-artigen Wissensrepräsentationssprachen", Informatik-Kolloquium der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, 21. Mai, 1990.
- F. Baader: "Unification, Weak Unification, Upper Bound, Lower Bound, and Generalization Problems", 4th Workshop on Unification, Leeds (England), 9.-11. Juli 1990.
- F. Baader: "Terminological Cycles in KL-ONE-based Knowledge Representation Languages", Tutorial on Reasoning and Representation with Concept Languages, 10th International Conference on Automated Deduction, Kaiserslautern, 24.-27. Juli 1990.
- F. Baader: "Rewrite Systems for Varieties of Semigroups", 10th International Conference on Automated Deduction, CADE-90, 24.-27. Juli 1990
- F. Baader: "Terminological Cycles in KL-ONE-based Knowledge Representation Languages", 8th National Conference on Artificial Intelligence, AAAI-90, 30. Juli - 3. August 1990.
- F. Baader: "A Formal Definition for Expressive Power of Knowledge Representation Languages", 9th European Conference on Artificial Intelligence, ECAI-90, 6. -10. August 1990
- F. Baader: "Terminological Cycles in KL-ONE-based Knowledge Representation Languages", Vortrag im Kolloquium des Computer Science Department der Boston University, 19. September 1990.
- F. Baader: "Terminological Cycles in KL-ONE-based Knowledge Representation Languages", 7. Deduktionstreffen der Fachgruppe Deduktionssysteme der Gesellschaft für Informatik, Johanniskreuz, 26.-28. September 1990.
- F. Baader: "Unification in Varieties of Idempotent Semigroups", Workshop on Word Equations and Related Topics, Tübingen, 1.-3. Oktober 1990.
- F. Baader: "Unification Theory", Eingeladener Vortrag beim Workshop on Word Equations and Related Topics, Tübingen, 1.-3. Oktober 1990.
- F. Baader: "Augmenting Concept Languages by Transitive Closure of Roles: An Alternative to Terminological Cycles", Vortrag im Forschungsseminar über constraint-basierte Algorithmen, DFKI Saarbrücken, 27. November 1990.
- H.-J. Bürckert: "Project Group AKA-WINO: Logical Foundations of Knowledge Representation and Processing", DFKI-Workshop mit Mitarbeitern der Hewlett-Packard Co., Kaiserslautern, 24. Januar 1990.
- H.-J. Bürckert: "Equational Theories and Unification", 39. Arbeitstagung über allgemeine Algebra, Kaiserslautern, 2.-4. Februar, 1990.
- H.-J. Bürckert: "WINO: Logical Foundations of Knowledge Representation and Processing – Progress Report", Vortrag anlässlich der Sitzung des wissenschaftlichen Beirats des DFKI, Saarbrücken, 24. April 1990.
- H.-J. Bürckert: "Ein Resolutionsprinzip für eine Logik mit beschränkten Quantoren", Promotionsvortrag, 30. Mai 1990.
- H.-J. Bürckert: "A Resolution Principle for Clauses with Constraints", 10th Intern. Conference on Automated Deduction, CADE-10, Kaiserslautern, 24.-27. Juli, 1990.
- H.-J. Bürckert: "RATMAN: A Rational Agent Testbed for Multi Agent Networks", 2nd Europ. Workshop Modelling Autonomous Agents in Multi Agent Worlds, MAAMAW'90, Saint-Quentin en Yvelines, 13.-16. August, 1990.
- H.-J. Bürckert: "A Constrained-based Resolution Principle for a Logic with Restricted Quantifiers", Workshop der ESPRIT-BRA "CompuLog", Weitenburg, 23.-26. September, 1990.
- H.-J. Bürckert: "Das DFKI-Projekt WINO", 7. Deduktionstreffen der Fachgruppe Deduktionssysteme der Gesellschaft für Informatik, Johanniskreuz, 26.-28. September, 1990.
- H.-J. Bürckert: "Darstellung von Wissen im Computer", Vortrag anlässlich des Tags der offenen Tür der Universität Kaiserslautern, 30. September, 1990.
- H.-J. Bürckert: "Situation Semantics", 4. KL-KI-Workshop über "KI-Logiken", Lindenberg, 1.-5. Oktober, 1990.
- H.-J. Bürckert: "WINO: Logical Foundations of Knowledge Representation and Processing – Progress Report", Vortrag anlässlich der Sitzung des Wissenschaftlichen Beirats des DFKI, Kaiserslautern, 23. Oktober, 1990.
- H.-J. Bürckert: "Constraints = beschränkte All-Quantoren", Vortrag im Forschungsseminar "Constraint-basierte Algorithmen", Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 19. Dezember, 1990
- H.-J. Bürckert, J. Müller: "Reflektion, wofür?", gemeinsamer Vortrag beim Workshop "Reflektion, Introspektion, Meta-Level-Architekturen – Was ist das?", Konstanz, 19.-20. Februar 1990.
- B. Hollunder: "Inferenzen in KL-ONE basierten Wissensrepräsentationssystemen", SEKI-Vortrag, Universität Kaiserslautern, 17. Juli 1990.
- B. Hollunder: "Subsumption Algorithms for Concept Languages", ECAI'90, Stockholm, 6.-10. August 1990.

- B. Hollunder. "Inferenzen in KL-ONE basierten Wissensrepräsentationssystemen", GWAI'90, Eringerfeld, 14. September 1990.
- B. Hollunder. "KL-ONE Erweiterung: Generalisierte Quantoren", 7. Deduktionstreffen der Fachgruppe Deduktionssysteme der Gesellschaft für Informatik, Johanniskreuz, 26.-28. September 1990.
- B. Hollunder. "Generalisierte Quantoren", 4. KL-KI-Workshop: KI-Logiken, Lindenberg, 4. Oktober 1990.
- J. Müller: "About Time and Space", Vortrag anlässlich der Sitzung der wissenschaftlichen Beirats des DFKI, Saarbrücken, 24. April, 1990.
- J. Müller: "A Logic Based, Two-Level Space Representation", Workshop on Tense, Space and Movement, Toulouse, Mai 90.
- J. Müller: "Reasoning and Representation with Concept Languages - Introduction and Motivation", Tutorial on Reasoning and Representation with Concept Languages, 10th International Conference on Automated Deduction, Kaiserslautern, 24.-27. Juli 1990.
- J. Müller: "Zeitliches Schließen mit PROLOG", 7. Deduktionstreffen der Fachgruppe Deduktionssysteme der Gesellschaft für Informatik, Johanniskreuz, 26.-28. September 1990.
- J. Müller: "Eine Raumrepräsentation für Multi-Agenten Systeme", Workshop Räumliche Alltagsumgebungen des Menschen, Universität Koblenz, Oktober 1990
- J. Müller: "The Autonomous Cooperating Agents Project", Int. KIK-OFF Workshop, Johanniskreuz, Oktober, 1990
- W. Nutt: "Logics for Terminological Reasoning", DFKI-Workshop mit Mitarbeitern der Hewlett-Packard Co., Kaiserslautern, 24. Januar 1990.
- W. Nutt: "Representation and Reasoning with Structured Types", CompuLog Workshop, Imperial College, London, 7. Februar 1990.
- W. Nutt: "Structured Types in Knowledge Representation and Logic Program-ming", CompuLog Workshop, Pisa, 3.-5. Mai 1990.
- W. Nutt. "Inferenz in KL-ONE: Algorithmen und Komplexität", SEKI-Forum, Institut für Logik, Komplexität und Deduktionssysteme, Universität Karlsruhe, 31. Mai 1990.
- W. Nutt: "Unification in Monoidal Theories", 10th International Conference on Automated Deduction, Kaiserslautern, 24.-27. Juli 1990.
- W. Nutt: "Inference in KL-ONE: Algorithms and Complexity", Tutorial on Reasoning and Representation with Concept Languages, 10th International Conference on Automated Deduction, Kaiserslautern, 24.-27. Juli 1990.
- W. Nutt: "Inferenz in KL-ONE: Algorithmen und Komplexität", 7. Deduktionstreffen der Fachgruppe Deduktionssysteme der Gesellschaft für Informatik, Johanniskreuz, 26.-28. September 1990.

#### Veranstaltungen:

- H.-J. Bürckert, R. Reibold: Prolog (Schachendspiel), KI-Grundpraktikum, WS 1989/90, Universität Kaiserslautern
- H.-J. Bürckert, W. Nutt: Unifikation (Implementation von Robinson-Algorithmen), KI-Grundpraktikum, WS 1989/90, Universität Kaiserslautern
- H.-J. Bürckert, H.J. Ohlbach, lokale Ausrichtung der 10th International Conference on Automated Deduction CADE-10
- H.-J. Bürckert, M. Kohlhase, Ausrichtung des 4. KL-KI-Workshops
- B.Hollunder: KL-ONE (Inferenzen in KL-ONE-basierten Wissensrepräsentationssystemen), Beweiserbaupraktikum, SS 1990, Universität Kaiserslautern
- J. Müller, H.-J. Bürckert, W. Nutt: "Logische Grundlagen der Wissensrepräsentation", Vorlesung, WS 1989/90, Universität Kaiserslautern
- J. Müller, Ausrichtung des CADE-Tutoriums "Reasoning & Representation with Concept Languages"

#### 1.5.4. Personalialia

Im WINO Projekt gab es während des Jahres 1990 keine personellen Veränderungen, die Mitarbeiterzahl ist auf ihrer Sollstärke. Dr. Jürgen Müller war einen Teil des Jahres Gastforscher am Institut für Wissenbasierte Systeme der IBM Heidelberg. Zum Jahresende 1990 bestand die WINO-Projektgruppe aus:

WINO

Dr. rer. nat. Hans-Jürgen Bürckert (Projektleiter)	(0631-205-3456)
Dr.rer.nat. Franz Baader	(0631-205-3457)
Dipl.-Inform. Bernhard Hollunder	(0631-205-3458)
Dr. rer.nat. Jürgen Müller	(0631-205-3453)
Dipl.-Math. Werner Nutt	(0631-205-3454)
Dorothea Kilgore (Sekretariat)	(0631-205-3455)

## 1.6. Projekt WIP

Das Projekt Wissensbasierte Informationspräsentation (WIP; BMFT Förderkennzeichen ITW 8901 8) wurde am 1. April 1989 begonnen und läuft bis 31. März 1993

Intelligente Benutzerschnittstellen als Komponenten intelligenter Hilfesysteme, Betriebswarten oder Expertensysteme der nächsten Generation müssen in der Lage sein, vorliegendes Wissen auf flexible Weise in unterschiedlichen Präsentationssituationen jeweils angemessen darzubieten. Im Projekt WIP sollen die Grundlagen für ein Werkzeug zur wissensbasierten Informationspräsentation erforscht werden, das

- kontextgesteuert die darzubietende Information auswählt und benutzerspezifisch unterschiedliche Verdichtungsgrade bei der Präsentation wählt,
- eine Entscheidung über die Präsentationsmodalität trifft und ausgehend von Ausdrücken derselben Wissensrepräsentationssprache bedeutungsgleiche Darstellungen in den gewählten Präsentationsmodi erzeugt,
- Texte und natürlichsprachliche Elemente von Graphiken in mehreren Einzelsprachen generieren kann.

Zur Bewältigung dieser Aufgaben wird nicht nur anwendungsspezifisches Fachwissen benötigt, sondern auch Alltagsintelligenz, die auf Faustregeln, Erfahrungswerten und Alltagstheorien beruht. Gemäß der inhaltlichen Schwerpunkte gliedert sich das WIP-Projekt in drei Arbeitsgruppen. Die Gruppe *Präsentationsplanung* konzentriert sich auf die Bestimmung der mitzuteilenden Information und die Integration unterschiedlicher Modi (Text, Graphik, Gestik, Animation) in ein Dokument. Die *Sprachgenerierungsgruppe* beschäftigt sich mit der Entwicklung eines TAG-basierten, inkrementell arbeitenden Generierungssystems. Anpassungen und Erweiterungen der Wissensrepräsentationssprache SB-ONE im Hinblick auf die WIP-spezifischen Repräsentationsprobleme stehen im Vordergrund der Gruppe *Wissensrepräsentation*. Die wissenschaftlichen Ergebnisse von WIP sollen in mehreren Demonstratorumgebungen erprobt werden. Dazu wird ein WIP-System entwickelt, das die Funktion einer unidirektionalen Schnittstelle zwischen einem Anwendungssystem und einem oder mehreren Anwendern übernimmt.

### 1.6.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

#### Teilprojekt Präsentationsplanung

Im Hinblick auf eine Verfeinerung des im letzten Berichtszeitraumes vorgestellten Architekturkonzeptes setzte sich die Präsentationsplanungsgruppe schwerpunktmäßig mit der Koordination von Inhaltsplanung und Layout sowie der wechselseitigen Beeinflussung von Text- und Graphikgenerierung auseinander. Darüberhinaus wurden die in multimodalen Dokumenten auftretenden Besonderheiten der Objektreferenz hinterfragt.

Als mögliche Auswirkungen graphischer Constraints auf Inhaltsplanung und Modeselektion kommen u.a. Inhaltsreduktion, Mitteilung zusätzlicher Information und Umstrukturierung in Betracht. Durch Handsimulationen verschiedener Beispiele wurde die bei der automatischen Dokumentengenerierung erforderliche Koordination der einzelnen Systemkomponenten offengelegt.

Der Präsentationsplaner ist oftmals wegen Platzrestriktionen gezwungen eine Kürzung des Inhalts vorzunehmen. Beispielsweise wenn sich herausstellt, daß generierte Textfragmente oder

Bilder nicht in einer Spalte oder auf einer Seite untergebracht werden können. Der Präsentationsplaner muß dann in einem Revisionsprozeß entscheiden, welche Information ausgelassen werden kann, ohne die Verständlichkeit des Dokuments zu stark zu beeinträchtigen. Eine Revision des Präsentationsplanes kann ebenfalls erforderlich werden, wenn ein Generator die ihm zugeteilte Information nur zum Teil enkodieren kann. Soll beispielsweise die Aufhängung einer Espressomaschine gezeigt werden, so ist es zwar möglich, die Espressomaschine aus einer Perspektive zu zeigen, bei der die Aufhängung sichtbar ist. Um den Benutzer jedoch die räumliche Orientierung zu erleichtern, ist es sinnvoll, einen verbalen Kommentar, etwa "Die Aufhängung befindet sich auf der Rückseite.", hinzuzufügen. Die Notwendigkeit zur Umstrukturierung eines Präsentationsplanes wird deutlich, wenn ein Generator in der Lage ist, mehrere ihm aufgetragene Präsentationenaufgaben zusammenzufassen. Dieser Fall tritt beispielsweise dann auf, wenn der Graphikgenerator Information in einem Bild darstellt, bei der Planung aber zunächst davon ausgegangen wurde, daß mehrere Bilder benötigt werden.

In Zusammenarbeit mit Doug Appelt wurde diskutiert, inwiefern sich das von ihm und Amichai Kronfeld entwickelte Referenzmodell für natürliche Sprache auf Bilder und Text-Bild-Kombinationen übertragen läßt. Besondere Aufmerksamkeit wurde dabei der Frage gewidmet, unter welchen Bedingungen ein Bildobjekt identifizierbar ist.

Die von der Gruppe durchgeführten Implementierungsarbeiten konzentrierten sich auf Module des Graphikgenerators sowie auf die Komponenten Präsentationsplaner und Layout-Manager.

#### Graphikgenerator

Für den Graphikgenerator wurden Module zur Realisierung verschiedener graphischer Techniken entwickelt. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Techniken, die auf den 3D-Modellen operieren, und solchen, die sich auf 2D-Bildteile beziehen. Als Vertreter der ersten Gruppe wurden ein Verfahren zur Konstruktion einfacher Explosionszeichnungen sowie ein Verfahren zur Konstruktion von Flächendurchbrüchen zum Sichtbarmachen verdeckter Objekte implementiert. Als Vertreter der zweiten Techniktyps wurden verschiedene Annotierungstechniken implementiert.

#### Präsentationsplaner

Eine Rumpfverson des Präsentationsplaners ist bereits implementiert. Zur Überprüfung und Veranschaulichung der Funktionsweise des Planers wurde ein auch für andere Zwecke verwendbares Werkzeug entwickelt. Der Kern dieses Werkzeuges ist ein inkrementell arbeitender Plandisplay, der es zum einen erlaubt, den schrittweisen Aufbau einer Planstruktur zu visualisieren, und der es zum anderen ermöglicht, beliebige Planknoten zu inspizieren und gegebenenfalls "von Hand" zu manipulieren.

#### Layout-Manager

Die Aufgabe des Layout-Managers in WIP besteht im wesentlichen darin, aufgrund der vom Präsentationsplaner spezifizierten semantischen und pragmatischen Relationen, die von den media-spezifischen Generatoren erzeugten Text- und Graphikfragmente auf einem Dokument zu arrangieren, d.h. es sind Größe und Position der einzelnen Boxen zu bestimmen. Der Layout-Prozeß wird auf zwei unterschiedlichen Detaillierungsebenen durchgeführt. Zunächst wird ein Grob-Layout auf der Basis von Default-Annahmen bestimmt. Zur Plazierung der instanziierten Boxen im Dokument verwenden wir dann den aus dem Bereich Graphik-Design bekannten Grid-Ansatz, der ein effizientes (d.h. uniformes, kohärentes, konsistentes) Design funktionellen Layouts garantiert.

Ein zentrales Problem beim automatischen Layout-Design ist die Repräsentation von design-relevantem Wissen. Constraints bieten hier einen natürlichen Formalismus zur deklarativen Repräsentation semantischer, geometrischer und temporaler Zusammenhänge. So können

semantische Kohärenzrelationen wie etwa 'Folge' oder 'Kontrast' durch entsprechende Design-Constraints reflektiert werden, die perzeptuelle Kriterien zur Anordnung der Boxen (z.B. horizontale vs. vertikale Ordnung, Alignierung, Gruppierung, Symmetrie) spezifizieren. Bei der Verwendung von Constraints zur Repräsentation von Layout-Wissen möchte man diese nach ihrer Priorität klassifizieren in obligatorische, optionale und Default-Constraints. Letztere repräsentieren Default-Values, d.h. sie gelten solange, bis sie von einem stärkeren Constraint überschrieben werden. Durch die Einführung einer Präferenzskala über dem Constraint-Netz lassen sich so die Constraints hierarchisch organisieren. Da viele Constraints nur lokalen Einfluß haben, wird die Constraint-Hierarchie zur Laufzeit häufig verändert. Wir verwenden deshalb einen inkrementellen Constraint-Propagierungs-Algorithmus, der es erlaubt Constraints dynamisch hinzuzufügen bzw. zu löschen.

### Teilprojekt TAG-GEN:

#### Grundlegende Erweiterungen von Tree Adjoining Grammars zur inkrementellen Generierung natürlicher Sprache

Im Berichtszeitraum wurde ein Prototyp zur grundsätzlichen Implementierung unserer im letzten Berichtszeitraum vorgestellten Architektur erstellt. In Abbildung 1 wird zunächst verdeutlicht, welche Komponenten in welcher Entwicklungstiefe realisiert sind.

Bei der Eingabe wurde das Äußerungsziel (goal of the utterance) in diesem Prototyp noch simuliert. Bei den Parametern wurde im Zusammenspiel mit dem derzeit rudimentären Monitor nur die Maxime 'so schnell wie möglich äußern' modelliert.

Bei den Komponenten des Moduls wurden im Interface, das die zum Äußerungsziel korrespondierenden Grammatikregeln selektiert, Objekte in einem verteilten parallelen Modell erzeugt. Jedes Objekt entspricht einem elementaren Baum (TAG-Regel). Dabei kann man durch Einsatz *lexikalisierte TAGs* (für LD Gram) die Bäume geeignet klein - gemäß dem zum Entstehungszeitpunkt bekannten lokalen Wissen - wählen.

Im Phrase Formulator erfolgt das Zusammenfügen von Teilen der Äußerung - zur unmittelbaren Verbalisierung (Parameterinterpretation) - durch Kooperation der Objekte gemäß der in der Eingabe spezifizierten konzeptuellen Relationen. Bei der Kooperation können durchaus mehrere konkurrierende Lösungen existieren, unter denen der Monitor durch Interpretation der Eingabeparameter zu filtern versucht. Einerseits aufgrund der noch unzureichenden Parametermodellierung und andererseits wegen der Komplexität der Wissensquellen und des Kontrollflusses beim Filtervorgang, hat der erste Prototyp im Monitor nur eine fest verdrahtete, prozedurale Strategie. Dabei werden die 'schnellsten' Objekte - in Bezug auf Vollständigkeit der konzeptuellen Struktur und Äußerbarkeit an der aktuellen Position und bezüglich der anzuwendenden LP-Regeln - bevorzugt.

An der Oberfläche wird dieses Verhalten durch die schrittweise (inkrementelle) Ausgabe von Satzteilen, die eine vollständige morphosyntaktische Beschreibung erhalten haben und deren Lexeme daher flektiert werden konnten (MORPHIX), sichtbar.

Auf der Seite der Wissensquellen sind die Arbeiten am Flexionsallomorphlexikon (IAL) und die Erweiterungsarbeiten am morphosyntaktischen Lexikon für den derzeitigen Diskursbereich abgeschlossen. Bei der Grammatikentwicklung ist durch das Einbringen einer Studienarbeit (ERASMUS-Austausch) eine LD/LP-UTAG für einen Ausschnitt des Deutschen entstanden (LD Gram und LP Gram). Es wurde begonnen, das Syntaxlexikon aufzubauen, in dem für relevante deutsche Verben des Diskursbereichs Subkategorisierungsinformation kodiert wurde.

Die Metaregelboxen, die einerseits dazu dienen, gemäß der Parameterspezifikation die geeigneten Grammatikregeln zu selektieren und andererseits dem Phrase Formulator

Information darüber liefern, welche Regelkonstruktion noch anwendbar ist unter der derzeitigen Konstellation von Ausgabe und ausgewählten Linearisierungsregeln, sind derzeit im Prototypen nur als 'Black Box' enthalten. Mit Regeln dieser Art wird später beispielsweise gesteuert, daß "der kleine Mann" generiert wird, wenn "klein" bekannt ist, ehe "Mann" geäußert ist, vs. "der Mann, der klein ist" wenn "klein" erst zur Verfügung steht, wenn "Mann" bereits verbalisiert wurde.

Der Document History Handler als das Kommunikationsmedium mit den anderen Komponenten von WIP stellte für diesen ersten Prototypen (standalone mit nur einer Monitorstrategie) keine relevante Information zur Verfügung. Deshalb wurde diese Komponente im Prototypen weggelassen.

Unsere Erfahrungen mit diesem Prototypen haben gezeigt, daß sich das verteilte parallele Modell als flexibel genug für die inkrementelle Sprachgenerierung bewährt hat, so daß wir dieses Modell beibehalten wollen.

Auf diese Entscheidung hat unser Wunsch, den Grammatikformalismus zu modifizieren, keine Auswirkung, da weiterhin jedes Objekt eine Grammatikregel aufnehmen wird und die Kommunikation der Objekte nicht tangiert wird. Bei den Erweiterungen denken wir speziell an eine Modifikation der Linearisierungsregeln, die sich im Prototyp als zu lokal erwiesen haben.

Weiterhin versuchen wir die Mächtigkeit der Unifikationsoperation in unserer Definition zu beschränken. Auf der Seite der Beschreibungsadäquatheit sehen wir bei unserer derzeitigen Definition auch noch Mängel. Dies kann einerseits durch Abwandlungen unserer Definition und andererseits durch die fortschreitende Komplettierung der Werkbank zur Grammatikentwicklung, bei der ein Schwerpunkt auf der einfachen Integrierbarkeit neuer Formalismusdefinitionen liegt, angegangen werden. Aus diesen Änderungen ergeben sich für die Grammatik folgende Konsequenzen: Der TAG-Anteil wird von diesen Modifikationen wahrscheinlich nicht betroffen, da sich hier die Trennung in einen Struktur- und einen Reihefolgenteil auszahlt. Dagegen wird die Unifikationsdefinition auch Auswirkungen auf die Grammatikbeschreibung haben - man denke z.B. an eine Einschränkung der Propagierung, die eine explizite Spezifikation in der Grammatik nach sich ziehen würde.

Bei der Komponente des Monitors wollten wir zunächst Erfahrung mit dieser komplexen Aufgabe gewinnen (Umsetzung der Parameterspezifikation unter Berücksichtigung des Äußerungszustandes). Der Monitormodul muß so konzipiert werden, daß neue Parameterspezifikationen und neue Metaregeleinträge integriert werden können. Diese Möglichkeiten konnte unsere derzeitig fest verdrahtete Komponente nicht bieten; sie wird deshalb im nächsten Prototyp ersetzt.

Mit einer neu konzipierten Monitorkomponente ist die Strukturierung der Metaregeln verbunden, da diese Wissensquellen zentral für den entstehenden Kontrollfluß im Monitor sind. Wir denken derzeit bei den Metaregeln an ein rein deklaratives Modell, können diese Aussage aber anhand des Prototypen nicht belegen (Identitätsfunktion).

Bei den Schnittstellen der Generierungskomponente steht im Zusammenhang mit dem Monitor die Parameterspezifikation im Mittelpunkt. Sie soll genau wie 'Ziel der Äußerung' und die Modellierung des Document History Handler im nächsten Prototyp im gesamten WIP-System integriert - und nicht mehr wie bisher simuliert - sein.

Neben unseren Erfahrungen mit dem Prototyp haben wir auch im Problembereich der Antizipationsrückkopplungsschleife grundlegende theoretische Betrachtungen angestellt. Ein auf Earley basierender Parser wurde konzipiert, dessen Vorteil darin besteht, keine Grammatik in Normalform zu benötigen, wie es die Parser auf CKY-Basis (auch unsere bisher benutzte Parsingkomponente) erfordern. Dies ist ein zentraler Faktor im Hinblick auf die bidirektionale Interpretation der Grammatik.

Für die Präsentation englischsprachiger Dokumente haben wir bisher keine eigene Grammatikentwicklungsarbeit investiert, da aufgrund der engen Zusammenarbeit mit der University of Pennsylvania (Kooperationsvertrag mit dem DFKI) eine Mitbenutzung deren englischer Grammatik möglich sein wird. Bei der Grammatik für das Deutsche sind Erweiterungen im Sprachumfang vorgesehen, da sich nur so auf der Oberflächenseite die Flexibilität unserer Komponente demonstrieren läßt.

## Teilprojekt Wissensrepräsentation

Auf dem Gebiet der Modellierung der Anwendungsdomäne wurde in Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt "Präsentationsplanung" weiter an der Formulierung von Anforderungen an den Repräsentationsformalismus zur Darstellung der Bedienungsabläufe gearbeitet. Insbesondere wurden als wichtige Ziele die Darstellungsmöglichkeit von Konditionalen und Planhierarchien identifiziert. Diese Anforderungen fließen zur Zeit in die Konzeption des Repräsentationsformalismus und der damit assoziierten Services eines Repräsentationssystems ein.

Neben diesen konzeptionellen Arbeiten wurden wichtige Probleme im Zusammenhang mit grundlegenden Eigenschaften des Repräsentationsformalismus identifiziert und analysiert. Ein wichtiger Punkt ist die nicht-monotone Propagierung von Fakten entlang einer hypothetischen Aktionssequenz. Dieses Problem, das im Fall vollständiger Information mithilfe von Techniken aus dem Bereich der Belief Revision gelöst werden kann, gab Anlaß zu einer Untersuchung der Eigenschaften von Syntax-basierten Revisionsverfahren, die sich im propositionalen Fall als ausdrucksäquivalent zu verschiedenen nicht-monotonen Logiken herausgestellt haben. Dieses Ergebnis wird auf der Internationalen Konferenz für Wissensrepräsentation und -verarbeitung (KR'91) vorgestellt werden.

Die enge formale Beziehung zwischen neueren Datenmodellen zur Darstellung von komplexen Objekten auf der einen Seite und terminologischen Logiken auf der anderen Seite legt eine theoretische Analyse dieses Zusammenhanges nahe. In Zusammenarbeit mit dem CIOC-CNR, Bologna, wurde aufbauend auf das O2 Datenmodell eine konsequente Erweiterung im Sinne terminologischer Logiken konzipiert. Ergebnis dieser Arbeit ist ein vollständiger Algorithmus zur Bestimmung von Subsumptionsbeziehungen in solchen Datenmodellen, der auf die Arbeiten von Baader und Nebel zu terminologischen Zyklen aufbaut. Interessanterweise stellte sich im Zusammenhang mit dieser Untersuchung heraus, daß die bisher in der Literatur vorgestellten Algorithmen zur Bestimmung von Untertypbeziehungen im O2 Modell unvollständig sind.

Ein weiteres grundlegendes Problem, das sowohl für die in unserem Projekt benutzten Repräsentationsformalismen als auch für Unifikations-basierte Grammatikformalismen von Bedeutung ist, ist die Frage der Berechenbarkeit der Erfüllbarkeit und Subsumption von Konzepten in Wissensbasen, in denen beliebige Axiome zugelassen sind oder der transitive Abschluß von Beziehungen möglich ist. Dieses Problem wurde in Zusammenarbeit mit der WINO Gruppe, DFKI Kaiserslautern, und der CONSTRAINTS Gruppe, DFKI Saarbrücken, bearbeitet.

Die Arbeiten am Vergleich terminologischer Wissensrepräsentationssysteme (TRS) wurden im Berichtszeitraum fortgeführt. In den Vergleich aufgenommen wurden folgende Systeme: BACK, CLASSIC, KANDOR, KRIS, LOOM, MESON und SB-ONE. Neben der Installation dieser Systeme auf MacIvory-Rechnern wurden Wissensbasen mittlerer Größe, die in laufenden Projekten (z.B. XTRA, WISBER) benutzt werden, zusammengetragen. Da die Sprachen der TRS sich in Umfang und Syntax zum Teil stark unterscheiden, wurde eine allgemeine terminologische Sprache (CTL) entwickelt, die alle gebräuchlichen

Sprachkonstrukte umfaßt. Diese Testwissensbasen wurden in CTL übersetzt. Um das Laufzeitverhalten der Systeme beim Laden und Klassifizieren von Wissensbasen testen zu können, wurden Translatoren implementiert, die die CTL-Wissensbasen automatisch in die jeweilige Sprache übersetzen. Die Überprüfung des Systemverhaltens in bestimmten Situationen (Auftreten von Inkonsistenzen, 'worst case'-Konstellationen, mögliche Inferenzen, usw.) wird mithilfe einer Reihe von Testwissensbasen durchgeführt, die speziell dafür zusammengestellt wurden. Als Ergebnis dieses Vergleichs erwarten wir - neben einer Beurteilung vorhandener Systeme - vor allem Hinweise darauf, wie ein effizientes und benutzerfreundliches TRS aufgebaut sein sollte und welche Kriterien beim Design im Vordergrund stehen sollten. Über die Ergebnisse dieser Arbeit wird auf dem AAAI 'Spring Symposium on Implemented Knowledge Representation and Reasoning Systems' im März 1991 berichtet werden.

Die Arbeiten auf dem Gebiet des "unsicheren und vagen Wissens" wurden fortgesetzt. Die Ergebnisse, die in Zusammenarbeit mit Mitarbeitern der Technischen Universität Braunschweig (Prof. Dr. R. Kruse, Dipl. Inform. E. Schwicke) erarbeitet wurden, setzen sich zu einem Teil aus einer Übersicht über klassische Verfahren und deren Klassifikation sowie Bewertung, zum anderen Teil aus der Konzeption neuer numerischer Modelle zusammen. Diese neuentwickelten Modelle vermeiden wesentliche Nachteile beispielsweise heuristischer oder herkömmlicher regelbasierter Verfahren. Die Ergebnisse werden als Fachbuch veröffentlicht, für das die wesentlichen Arbeiten bereits abgeschlossen sind. Die Veröffentlichung des Buches ist 1991 in der Springer-Reihe "Symbolic Computation" vorgesehen.

Im Zusammenhang mit diesen Arbeiten wurden die Ideen zur Erweiterung von terminologischen Logiken, die das grundlegende Werkzeug der Gruppe darstellen, um Sprachkonstrukte zur Repräsentation von unsicherem Wissen erweitert und formalisiert. Der Aspekt der "Vagheit" wurde in diesem Zusammenhang zunächst zurückgestellt. Der Ausgangspunkt der vorgeschlagenen Erweiterung terminologischer Logiken ist die Tatsache, daß diese besonders gut geeignet sind, Begriffe (Konzepte) einer Anwendungsdomäne zu definieren bzw. Bedingungen anzugeben, die notwendigerweise für die diesem Begriff zugeordneten Objekte gültig sein müssen. Diese Tatsache ermöglicht auf der einen Seite die automatische Klassifikation von Begriffen, verhindert jedoch die Anwendung terminologischer Logiken in Domänen, in denen einige Eigenschaften von Konzepten nicht definitorischer Art sind. Die entwickelte Erweiterung schlägt zur Darstellung von Eigenschaften, die beispielsweise "üblicherweise" oder "typischerweise" gültig sind, eine Spracherweiterung vor, die auf das klassische Sprachkonstrukt der "Implikation" aufsetzt. Damit kann neben terminologischem auch universelles Wissen repräsentiert werden. Ein wesentlicher Bestandteil der begonnenen Arbeiten umfaßt die Untersuchung der Beziehungen des neu eingeführten Sprachkonstrukts zu bereits bestehenden und die formale Erfassung der "Konsistenz" dieser qualitativ erweiterten Wissensbasen. Erste Teilergebnisse werden auf dem Anfang 1991 stattfindenden zweiten internationalen Workshop über terminologische Logiken vorgestellt und diskutiert.

### **1.6.2. Kontakte zu anderen DFKI-Projekten und Forschungsgruppen**

Zwischen der Gruppe Wissensrepräsentation des WIP-Projekts und dem Philips Forschungslaboratorium Aachen bestehen gute Kontakte durch die ebenfalls bei Philips durchgeführten Arbeiten zu terminologischen Logiken. Das Philips System MESON wurde dem DFKI für die im WIP-WR-Teilprojekt laufenden Arbeiten zum Systemvergleich zur Verfügung gestellt (Ansprechpartner: Dipl.Inform. Karin Klabunde).

Über die Arbeiten zur Thematik "Unsicherheit und Vagheit" von Wissen besteht eine enge Zusammenarbeit mit Mitarbeitern der TU Braunschweig (Ansprechpartner: Prof.Dr. R. Kruse).

Ein erstes Ergebnis der Zusammenarbeit mit der Kaiserslauterer WINO-Gruppe ist der Entwurf einer komplexen Repräsentationssprache, deren Modellierungsfähigkeit die bereits existierender Systeme beinhaltet und neue theoretische Ergebnisse der jüngsten Zeit in die Praxis umsetzt.

Mit dem CIOC-CNR, Bologna, Italien, wurde an algorithmischen und formalen Grundlagen auf dem Gebiet der Datenmodelle für komplexe Objekte und terminologischen Logiken kooperiert.

Mit dem IRST, Trento, Italien, wurde ein Software- und Erfahrungsaustausch initiiert.

Besucher des WIP Projektes waren: D.Appelt (SRI), J.Echtemendi (CSLI), G.Sabah und M.Zock (LIMSI/CNRS Orsay).

### Sonstige wichtige Ereignisse:

Vom 15. bis 17. August fand in Schloß Dagstuhl, dem "Internationalen Begegnungs- und Forschungszentrums für Informatik" (IBFI), der "1st International Workshop on Tree Adjoining Grammars", organisiert von W. Wahlster und K. Harbusch statt. Es nahmen 25 Forscher aus Europa, den Vereinigten Staaten und Japan an dieser Veranstaltung teil und diskutierten anhand von 16 Vorträgen über die neuesten Entwicklungen auf dem Gebiet der TAGs.

Für das Wintersemester 90/91 hat K.Harbusch eine Vertretungsprofessur an der Universität Hamburg, am Fachbereich Informatik übernommen und wurde vom DFKI zu 4/5 freigestellt.

### **1.6.3. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen**

#### Veröffentlichungen:

- E. André, T. Rist. Ein planbasierter Ansatz zur Synthese illustrierter Dokumente. In: Kansy, Wißkirchen (Hrsg.). Graphik und KI. GI Fachgespräch, Königswinter. IFB 239, Berlin: Springer-Verlag, 35-47, 1990.
- E. André, T. Rist. Towards a Plan-Based Synthesis of Illustrated Documents. In: Proc. of the 9th European Conference on Artificial Intelligence, Seite, 25-30. Stockholm, 1990.
- E. André, T. Rist. Synthesizing Illustrated Documents: A Plan-Based Approach. In: Proc. of InfoJapan '90, Vol. 2, Seite 163-170. Tokyo, Japan, 1990.
- F. Baader, H.-J. Bürckert, J. Heinsohn, B. Hollunder, J. Müller, B. Nebel, W. Nutt, H-J. Profitlich. Terminological Knowledge Representation: A Proposal for a Terminological Logic, DFKI Memo TM-90-04, DFKI, Kaiserslautern/Saarbrücken, Dezember 1990.
- S. Bandyopadhyay. Towards an Understanding of Coherence in Multimodal Discourse. DFKI Technical Memo TM-90-01.
- W. Graf, H.-U. Krieger. Bedeutung Multimodaler Benutzerschnittstellen am Beispiel eines Expertensystems in der MRI-Diagnostik. In: Giani, Repges (Hrsg.). Biometrie und Informatik - neue Wege zur Erkenntnisgewinnung. Berlin: Springer-Verlag, 257-260, 1990.
- K. Harbusch. Constraining Tree Adjoining Grammars by Unification. In "Proceedings of the 13th International Conference on Computational Linguistics", Seite 167-172, August 1990.
- K.Harbusch: An Effizient Parsing Algorithm for Tree Adjoining Grammars, in "Proceedings of the 28th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics", 1990.
- B. Nebel. What is Hybrid in Hybrid Representation and Reasoning Systems. In F. Gardin, G. Mauri, M.G. Filippini (Hrsg.), "Computational Intelligence, II", North-Holland, Amsterdam, 1990.
- B. Nebel, G. Smolka. Representation and Reasoning with Attributive Descriptions. In K.-H. Bläsius, U. Hedtstück, C. Rollinger (Hrsg.), "Sorts and Types in Artificial Intelligence", Springer-Verlag, Berlin, 1990, 112--139.
- B. Nebel: Reasoning and Revision in Hybrid Representation Systems, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Subseries of Lecture Notes in Computer Science Vol. 422, Springer-Verlag, Berlin 1990.
- B. Nebel: Terminological Reasoning is Inherently Intractable, Artificial Intelligence, 43: 235-249, 1990.

- G. Neumann, W. Finkler. A Head-Driven Approach to Incremental and Parallel Generation of Syntactic Structures. In "Proceedings of the 13th International Conference on Computational Linguistics", Seite 288-293, August 1990.
- T. Rist, E. André. Wissensbasierte Perspektivenwahl für die automatische Erzeugung von 3D-Objektdarstellungen. In: Kansy, Wißkirchen (Hrsg.). Graphik und KI. GI Fachgespräch, Königswinter. IFB 239, Berlin: Springer-Verlag, 48-57, 1990.
- A. Schauder. "Inkrementelle syntaktische Generierung natürlicher Sprache mit Tree Adjoining Grammars". Diplomarbeit, Fachbereich Informatik, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, November 1990.

#### Vorträge:

- E. André, T. Rist. Ein planbasierter Ansatz zur Synthese illustrierter Dokumente. Bei Graphik und KI. GI Fachgespräch, Königswinter, 1990.
- E. André. Towards a Plan-Based Synthesis of Illustrated Documents, bei 9th European Conference on Artificial Intelligence, Stockholm, Schweden, 8. August, 1990.
- B. Buschauer, P. Poller, A. Schauder. TAGs with Unification, bei "1st International Workshop on Tree Adjoining Grammars", IBFI Dagstuhl, 15-17. August, 1990.
- W. Finkler. Incremental Natural Language Generation with TAGs in the WIP-Project, bei "1st International Workshop on Tree Adjoining Grammars", IBFI Dagstuhl, 15-17. August, 1990.
- W. Graf. Spezielle Aspekte des automatischen Layout-Designs bei der koordinierten Generierung von multimodalen Dokumenten, beim GI-Workshop "Multimediale elektronische Dokumente", Heidelberg, 22.-23. November, 1990.
- K. Harbusch. Erfahrungen mit unifikationsbasierten TAGs, bei "Sprachtechnologie und Praxis der maschinellen Sprachverarbeitung", Bochum, 21-23 März, 1990.
- K. Harbusch. An Efficient Parsing Algorithm for Tree Adjoining Grammars, bei "28th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics", Pittsburgh (PA, U.S.A), 6-9. Juni, 1990.
- K. Harbusch. Constraining Tree Adjoining Grammars by Unification, bei 13th International Conference on Computational Linguistics, Helsinki (Finnland), 20-25. August, 1990.
- B. Nebel: Wissensrepräsentation, Logik und Algorithmen am Beispiel von KL-ONE, Universität Koblenz, Fachbereich Informatik, Februar 1990.
- B. Nebel: Wissensrepräsentation: Probleme und Lösungsansätze, 1. Workshop über Informationssysteme und Künstliche Intelligenz, FAW, Ulm, März 1990.
- B. Nebel, Reasoning with Terminological Logics, Universität Florenz, Italien, 15. September 1990.
- B. Nebel, Belief Revision: Syntax-Based Approaches, IRST, Trento, Italien, 18. September 1990.
- B. Nebel, Belief Revision and Default Reasoning, Universität Bologna, Italien, 26. September 1990.
- B. Nebel, Nichtmonotonie in der Wissensverarbeitung, Fachbereich Informatik, Universität Hamburg, 12. November 1990.
- B. Nebel, Nichtmonotonie in der Wissensverarbeitung, Fachbereich Informatik, Universität Kaiserslautern, 6. Dezember 1990.
- T. Rist, E. André. Wissensbasierte Perspektivenwahl für die automatische Erzeugung von 3D-Objektdarstellungen. Bei Graphik und KI. GI Fachgespräch, Königswinter. IFB 239, Berlin: Springer-Verlag, 48-57, 1990
- T. Rist. Synthesizing Illustrated Documents: A Plan-Based Approach, bei InfoJapan 90, Tokyo, Japan, 2. Oktober, 1990.
- W. Wahlster. Intelligent Multimodal Interfaces - The Integration of Voice, Graphics, and Gestures, bei 3rd ICIA, Rio de Janeiro, Brasilien, 27. August, 1990.
- W. Wahlster. WIP: The Coordinated Generation of Multimodal Presentations from a Common Representation, beim NATO-Workshop Computational Theories of Communication and their Applications, Castel Ivano, Trento, Italy, 5.-10. November, 1990.

#### Veranstaltungen:

- E. André, W. Graf, A. Rist: Fortgeschrittenenpraktikum im SS 90 "Wissensbasierte Graphikgenerierung".
- W. Finkler, G. Herzog, G. Neumann: Vorlesung im SS 90 "Symbolische Programmierung: Common Lisp und CLOS".
- K. Harbusch: Vorlesung im WS90/91 an der Universität Hamburg "Natürlichsprachliche Systeme".

C.Habel, K.Harbusch, M.Herweg: Seminar im WS90/91 an der Univ. Hamburg "Wissens- und Sprachverarbeitung".

B.Nebel: Vorlesung im WS90/91 "Wissensrepräsentation: Grundlagen und Prinzipien"

W.Wahlster, E.André, A.Kobsa: Seminar im WS90/91 "Methoden der Benutzermodellierung".

#### 1.6.4. Personalialia

Der Personalaufbau konnte in 1990 planmäßig abgeschlossen werden. Zum Jahresende 1990 bestand die DISCO-Projektgruppe aus:

Prof.Dr. Wolfgang Wahlster (Projektleiter)	(0681-302-5252)
Dipl.-Inform. Elisabeth Andre	(0681-302-5267)
Dipl.-Inform. Wolfgang Finkler	(0681-302-5269)
Dipl.-Inform. Winfried Graf	(0681-302-5264)
Dr.rer.nat. Karin Harbusch	(0681-302-5271)
Dipl.-Inform. Jochen Heinsohn (ab 1.5.90)	(0681-302-5268)
Dr. rer.nat. Bernhard Nebel	(0681-302-5254)
Dipl.-Inform. Hans-Jürgen Profitlich (ab 1.3.90)	(0681-302-5265)
Dipl.-Inform. Thomas Rist	(0681-302-5266)
Dipl.-Inform. Anne Schauder (ab 1.1.91)	(0681-302-5255)
Dipl.-Inform. Kurt Schreiner	(0681-302-5270)
Gabriele Jacquinet (Sekretariat)	(0681-302-5252)

## 2. Von Gesellschaftern am DFKI durchgeführte Projekte

Gesellschafter des DFKI sind folgende Firmen der informationstechnischen Industrie und Großforschungseinrichtungen: ADV/Orga, Digital-Kienzle, Fraunhofer-Gesellschaft, GMD, IBM, Insiders, Krupp-Atlas, Philips, SNI, Siemens. Im folgenden werden die Projekte dargestellt, die von den Gesellschaftern am DFKI durchgeführt werden.

### 2.1. Projekt KIK

Das KIK-Projekt ist das erste Kooperationsprojekt zwischen einem DFKI-Gesellschafter - der Siemens AG - und dem DFKI. KIK steht für Künstliche Intelligenz & Kommunikationstechnologie. Startpunkt für das Projekt war der 1. Juli 1989, geplant ist eine 39-monatige Laufzeit bis zum 1. Oktober 1992. Für dieses Kooperationsprojekt stellt Siemens neben eigenen Mitarbeitern Finanzierungsmittel für DFKI Mitarbeiter und deren Hardware-Ausstattung zur Verfügung.

Ziel des KIK Projektes ist es, eine Technologie zu entwickeln, die durch synergetisches Zusammenwirken von KI- und Kommunikationstechnologien die Bearbeitung komplexer Aufgaben im distribuierten Mensch-Maschine Team wie etwa Luftfahrtkontrolle, Wissensakquisition im Team oder kooperative Schulung unterstützt. Die Integration von moderner Kommunikationstechnologie (Breitband, Multimedia), von Methoden des verteilten Problemlösens aus der KI und von Kooperationsmodellen aus dem Bereich CSCW (Computer Supported Cooperative Work) bietet neue Voraussetzungen zur Realisierung von Systemen zur computerunterstützten Teamarbeit.

Das KIK Projekt gliedert sich funktional in zwei Arbeitsschwerpunkte, denen die Teilprojekte TEAMWARE und TEAMKOM entsprechen. Im Teilprojekt TEAMWARE werden Methoden zur Unterstützung der Kooperation in einem räumlich, zeitlich und kompetenzmäßig distribuierten Team aus Menschen und (teil-)autonomen maschinellen Agenten entwickelt. Im Teilprojekt TEAMKOM wird die Einbettung von kooperativen Systemen in eine verteilte, breitbandige und heterogene Multimedia-Umgebung verwirklicht.

Über die Erforschung grundlegender theoretischer Aspekte der beiden Fragestellungen hinaus erfolgt anhand von Beispielapplikationen eine praktische Umsetzung in funktionsfähige Prototypen. Mit der Integration der Ergebnisse beider Teilprojekte entsteht ein Demonstrator für kooperatives Arbeiten. Weiterreichende Ausführungen über Inhalte und Ziele des Projektes können dem DFKI-Jahresbericht 1989 bzw. der Projektbeschreibung Version 2.0 entnommen werden.

#### 2.1.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Nach der Phase der Konsolidierung des KIK Projektes und der Ausarbeitung einer ersten Projektbeschreibung im Jahre 1989 wurde im Jahre 1990 zunächst die Spezifikation der Anforderungen und Arbeitsschwerpunkte vorangetrieben. Diese Aktivitäten mündeten in einer neuen Projektbeschreibung, Version 2.0, die im Juli 1990 fertiggestellt war. Gegenüber der Version 1.0 wurden vor allem die kommunikationsrelevanten Kapitel überarbeitet, um den Anwendungsbereich des im Projekts entstehenden Demonstrators über den intelligenten Netzzugang hinaus auf verteilte Applikationen zu erweitern. Zudem wurde mit dieser

inhaltlichen Erweiterung eine engere Verknüpfung der Teilprojekte TEAMKOM und TEAMWARE erreicht.

Parallel zur Fertigstellung der endgültigen Projektbeschreibung wurden die bereits 1989 aufgenommenen ESPRIT Aktivitäten fortgeführt. Als Ergebnis der verstärkten Beteiligung an themenverwandten ESPRIT-Anträgen ist die Konsortialführung von Siemens im ESPRIT II Projekt IMAGINE (Integrated Multi-Agent Interactive Environment) zu verzeichnen. Die im IMAGINE Projekt zu behandelnden Probleme sind für das TEAMWARE Projekt relevant, so daß die dort erzielten Resultate direkt in KIK einbezogen werden können. Darüberhinaus besteht über die am IMAGINE Projekt beteiligten internationalen Firmen ein hervorragender Zugang zur europäischen Forschung auf dem Themengebiet. Offizieller Starttermin des IMAGINE-Projektes war der 1.10.1990, die ersten Ergebnisse werden Mitte 1991 erwartet.

Eine weitere Aktivität im Jahre 1990 war die Installation einer umfangreichen Hard- und Software, um darauf aufbauend die kommunikationsrelevante Infrastruktur für einen verteilten, multimedialen Demonstrator zu realisieren. Der Demonstrator wird ausführlicher unter den von der TEAMKOM-Gruppe erzielten Ergebnissen beschrieben.

Die im Jahr 1990 in den beiden Teilprojekten TEAMKOM und TEAMWARE geleistete Arbeit wird jetzt im einzelnen erläutert.

## Teilprojekt TEAMKOM

Ziel von TEAMKOM ist die Entwicklung eines Systems, das durch seine transparente Sicht der Infrastruktur die Basis für kooperatives Arbeiten schafft. Um diesem Ziel einen Schritt näher zu kommen, beschäftigten sich die TEAMKOM Mitarbeiter mit den folgenden Arbeitsinhalten:

- Aufbau einer Multimedia-Workstation mit integrierter Audio/Video-Präsentation/-Konferenz und Anschluß an Breitbandnetz
- Entwicklung eines Demonstrators mit der Integration verfügbarer kooperativer Tools wie z.B. Joint Editor
- Entwicklung intelligenter kooperativer Beispielapplikationen

Unter dem Aspekt 'Anschluß an Breitbandnetze' ist eine Studie zu sehen, die von TEAMKOM Mitarbeitern und dem Rechenzentrum der Universität Saarbrücken verfaßt wurde und die Vorschläge für die Entwicklung eines Kanaladapters für den Anschluß von BS2000 Mainframes an FDDI zum Inhalt hat. Nach Fertigstellung der Studie im März 1990 wurde mit der Konzeptionierung und Softwareentwicklung eines der in der Studie dargelegten Vorschläge begonnen.

Als Beispielapplikation wurde im TEAMKOM Projekt der Bereich 'Kooperative Schulung' näher untersucht. Unter dem Arbeitstitel MALIBU (Multimediales Aktives Lernen In Breitbandiger Umgebung) wurde eine physikalisch distribuierte, multimediale Infrastruktur für dieses Anwendungsszenario konzipiert und in einer ersten Stufe realisiert. Dazu wurden Multimedia-Workstations mit integrierten Audio/Video Präsentations- und Konferenzmöglichkeiten aufgebaut und über Ethernet sowie über ein analoges Breitbandnetz verbunden.

In MALIBU liegt der Schwerpunkt der Arbeiten auf der Realisierung der kommunikationstechnischen Funktionalitäten für aktives Fernlernen. Entsprechend der Komplexität des Vorhabens gliedert sich MALIBU in mehrere Arbeitsabschnitte. Aus Gründen der schnellen Machbarkeit und Demonstrationsfähigkeit wurde im ersten Arbeitsabschnitt die Basiskonstellation untersucht, bei der ein Trainerarbeitsplatz, ein Lernerarbeitsplatz und ein Lernmaterialserver untereinander verbunden sind (siehe folgende Abbildung).

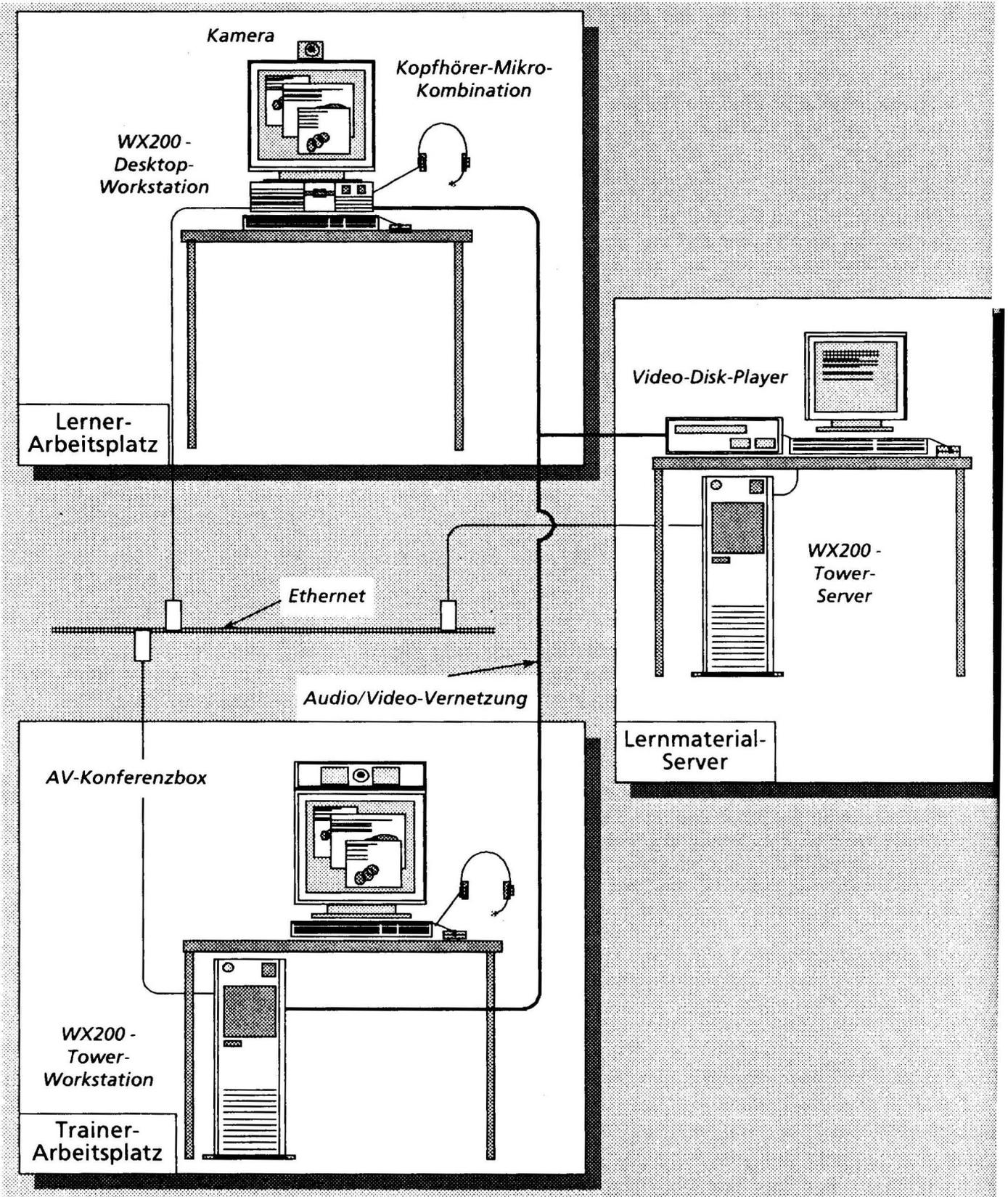


Abb. Demonstrator - Konfiguration

Als Hardware-Plattform wurden UNIX-Workstations gewählt, da sie den erforderlichen Leistungsumfang (Hauptspeicherpotential, Rechengeschwindigkeit, Multitaskfähigkeit) aufweisen. Im ersten Demonstrator kommen Siemens WX200 Workstations zum Einsatz; in der späteren Ausbauphase werden weitere vorhandene UNIX-Rechner wie z.B. Sun Sparc Stations eingebunden. Die Benutzeroberfläche wurde mit dem unter UNIX weit verbreiteten Windowsystem X11 und dem darauf aufbauenden Quasi-Standard OSF Motif implementiert.

Zur Darstellung von Video-Bewegbildern wurden in den beiden Arbeitsplatzstationen zusätzlich hochauflösende Frame Grabber-/Grafikkarten installiert. Mit diesen Karten ist die Möglichkeit gegeben, analoge Videobilder digital abzuspeichern und zu bearbeiten (z.B. Einbindung in Textfiles). Die verwendeten Boards der Firma Parallax sind derzeit die einzigen AT-Bus-Boards, die über einen UNIX-Treiber (Interactive UNIX) verfügen und eine Video-Erweiterung für X11 aufweisen.

Trainer- und Lernerarbeitsplatz sind jeweils mit einer Kamera und einer Kopfhörer-Mikro-Kombination ausgestattet. Von ihnen kann auf den Lernmaterialserver, auf dem die zentral benötigten Ressourcen wie z.B. Kursunterlagen liegen, zugegriffen werden. Beide Workstations sind mit den bereits erwähnten Video-Karten ausgerüstet, so daß eine A/V-Konferenz zwischen Trainer und Lerner durchgeführt werden kann. Mit dem Lernmaterialserver ist ein Video-Disk-Player verbunden. Das Abrufen der gewünschten Videosequenzen zu den einzelnen Trainer-/Lernerarbeitsplätzen erfolgt softwaremäßig über ein Steuerungsprogramm.

Ein Joint Editor, der auf dem Server installiert ist und von den einzelnen Arbeitsplätzen aus aufgerufen wird, bietet zunächst die Möglichkeit, gemeinsam ein multimediales Dokument zu bearbeiten. Trainer und Lerner können die Aktionen (Text, Grafik erstellen, einfügen bzw. modifizieren oder Videobild einfügen) des anderen an ihrem eigenen Bildschirm verfolgen und bei Bedarf ändern. Für diese Arbeitsweise werden unterschiedliche Modi angeboten:

- Im *Anfordern/Freigeben- Modus* wird ein Sitzungsleiter benannt, der das Schreibrecht für das Dokument vergibt (Tokenverfahren).
- Im *impliziten Modus* besitzt prinzipiell jeder das Schreibrecht. Dieses wird durch einen Mausklick in das zu bearbeitende Dokument angefordert. Derjenige erhält als erster das Schreibrecht, der es zuerst angefordert hat. Er verliert allerdings dieses Recht, sobald ein anderer Teilnehmer es per Mausklick anfordert.

Für spätere Arbeitsphasen bildet der Joint Editor unter Erweiterung der Funktionalität eine Basis zur Erstellung multimedialer, kooperativer Schulungsprogramme (CCBT = Cooperative Computer Based Training).

Anläßlich einer Tagung der Leiter der SIEMENS-Schulungs- und Trainingszentren wurde der MALIBU-Demonstrator am 7.11.90 in München erstmals präsentiert. Dabei konnten folgende Funktionalitäten bereits gezeigt werden:

- in das Arbeitsplatzsystem integrierte Audio/Video-Konferenz zwischen Lehrer und Lerner
- Einblenden von Trainings-Video-Sequenzen per Remote Control von dem entfernten Lernmaterialserver.
- Joint Editing: kooperatives Editieren eines gemeinsamen Dokumentes, d.h. Trainer und Lerner konnten gleichzeitig von verschiedenen Arbeitsplätzen aus das Dokument bearbeiten.

Mit dem Uebergang von einem Lerner auf mehrere Lerner (1:n - Beziehung), die auch untereinander und nicht nur mit dem Trainer kooperieren können (n:m - Beziehung), erhält die

Problematik des aktiven Fernlernens eine neue Dimension. Zusätzlich wächst die Komplexität, wenn von der lokalen Verteilung der am Kooperationsprozeß beteiligten Agenten auf eine geographisch weitverteilte Struktur übergegangen wird. Diese Fragestellungen finden ihre Fortführung in nachfolgenden Arbeitsabschnitten in 1991.

## Teilprojekt TEAMWARE

Kern der Entwicklungsarbeiten von TEAMWARE ist die Realisierung von MEKKA, einer Mehr-Agenten Entwicklungsumgebung für die Konstruktion Kooperativer Anwendungen, welche die Grundlage zur expliziten Modellierung distributiver kooperativer Problemlösungsprozesse bildet. Dabei umfaßt MEKKA

- eine "general purpose" Architektur für Mehr-Agenten Systeme
- eine Mehr-Agenten Sprache und
- die zugehörigen Entwicklungstools.

Die Arbeiten in TEAMWARE konzentrierten sich im Jahr 1990 auf folgende Schwerpunkte:

### Bestimmung der allgemeinen Architektur

Bei dieser Aktivität, die im Vorjahr begonnen wurde, sind weitere Merkmale der grundlegenden Architektur von MEKKA bestimmt worden. Die Architektur läßt sich in drei Komponenten zerteilen, die im einzelnen weiter untersucht werden:

### Modell eines einzelnen Agenten

Ein Agent wird aus zwei Teilen aufgebaut, dem Kopf und dem Körper. Der Körper entspricht dem funktionalen Teil eines Agenten, also seine Basisfunktionen, die er auf sich alleine gestellt ausführen kann. Der Kopf ermöglicht erst die Kommunikation und Kooperation mit anderen Agenten. Er gibt dem Agenten das nötige Wissen, um sich mit anderen Agenten zu unterhalten, und kooperieren zu können. Neben diesem Kooperationswissen, benötigt der Kopf einen Kommunikator, oder Mund, der sich mit den Kommunikatoren der anderen Agenten in einer speziellen Sprache unterhält. Körper und Kopf werden durch ein agentinternes Interface miteinander verbunden, das die Funktionen und Befehle der spezifischen Sprache des Agentenkörpers in eine high-level Kooperationssprache übersetzt. Diese Sprache wird einheitlich für alle Agenten definiert und ermöglicht erst die Kooperation zwischen den unterschiedlichen Agenten.

Dieses ursprüngliche Modell eines Agenten wurde erweitert, um menschliche und besondere Agentenarten, z.B. Gruppen von Agenten, einzuschließen. Dies führte zu dem Konzept des Lambda-Agenten, der die simultane Beteiligung eines Agenten in mehreren kooperativen Szenarien ermöglicht. Weiterhin wurden die wesentlichen Komponenten des Kopfes eines Agenten spezifiziert und Ansätze für die Darstellung von speziellen Klassen von Agenten wie Gruppenagent und Kommunikationsassistent erarbeitet.

### Globale Kooperationsstruktur

Hierbei wurden Methoden zur Realisierung der logischen Ebene kooperativen Problemlösens untersucht. Als Ausgangspunkt dienen dabei Problemlösungsmodelle (Blackboard, Contract Net, usw.) aus der Verteilten KI (VKI) sowie aus der interpersonellen Kooperation wie sie beispielsweise in der Organisationstheorie verwendet werden. Manche Kooperationsstrategien, die in der VKI relativ formal beschrieben sind (z.B. contract net), lassen sich leicht für die Modellierung menschlicher Kooperationsprozesse verwenden, ohne die Genauigkeit der Spezifikation zu beeinträchtigen. Andererseits lassen sich viele im alltäglichen Leben

vorkommende Kooperationsarten (z.B. "coffee room phenomenon") im Rahmen der VKI Kooperationsmodelle nur schwer formalisieren. Um diese schwächer strukturierten Kooperationsformen adequat zu unterstützen, ist sowohl die Entwicklung neuer für diese Spezifik angemessenen Kooperationsmodelle als auch breitbandige Kommunikations- und Kooperationsmöglichkeiten (face-to-face, multi-media) notwendig.

### Logische Kommunikationsmethoden

Oberhalb der allgemeinen Kommunikationsebene der OSI wird von TEAMWARE und TEAMKOM gemeinsam eine weitere logische Kommunikationsebene definiert, die die Grundoperatoren zur Durchführung komplexer Kooperationssequenzen unterstützt. Dadurch muß der Kopf eines Agenten nur Wissen über die logische Kommunikationsfähigkeiten, aber nicht mit den Details der Ausführung haben. Ein Beispiel für einen solchen Grundoperator ist die Funktion `post-message`, die als Argument `<message>` hat. Anhand der Interpretation des `<subject>` Feldes von `<message>` wird der Mund bestimmen können, an welche Blackboard Agenten `<message>` zu schicken ist. Agenten werden dann regelmäßig auf Information der Blackboard Agenten zugreifen können (bzw. von einem Blackboard Agenten automatisch über interessante Nachrichten informiert werden).

### Implementierung von MEKKA

Die wesentlichen Implementationsaktivitäten lagen in der Erstellung eines Verteilten Truth Maintenance Systems (VTMS) auf der Basis von Prolog. Das VTMS stellt eine Erweiterung des TMS Algorithmus (dargestellt von D. Russinoff, MCC) dar, die es erlaubt, daß mehrere Agenten gemeinsam über ihr Wissen konsistent schließen können. Dieses System wird der Kern der distribuierten Wissensverwaltung für die an einem gemeinsamen Problemlösungsprozess teilnehmenden Agenten bilden. Mit der Portierung eines nicht distribuierten TMS auf die KCM, wurde deren Einsatzbarkeit im KIK Demonstrator untersucht.

### Evaluation prototypischer Beispielapplikationen

Die im Vorjahr angefangene Untersuchung einer Entwicklungsumgebung für lexikalische Wissensbasen wurde fortgesetzt.

Die Projektideen wurden auf verschiedenen Konferenzen und Workshops (CKBS '90, CSCW '90, DAI '90, VKI '90) vorgestellt, wo sie auf reges Interesse stießen und einen guten Anklang fanden. Es scheint, daß der gewählte Ansatz wohlfundiert und neuartig ist. Darüberhinaus werden die auf den obigen Tagungen vorgestellten neuesten Forschungsergebnisse aus den Gebieten DAI und CSCW in die TEAMWARE Arbeiten einfließen.

## **2.1.2. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen**

### Veröffentlichungen:

- C. Dietel, H. Haugeneder, A. Lux, W. Reinhard, D. Scheidhauer, A. Scheller-Houy, T. Schmidt, D. Steiner, J. Schweitzer. KIK: Künstliche Intelligenz und Kommunikationstechnologie. Projektbeschreibung, Version 2.0. Saarbrücken. Juli 1990.
- M. Franzen, W. Reinhard, T. Schmidt. BS2000-Anschluß an FDDI. Studie. Saarbrücken. März 1990.
- H. Haugeneder, D. Steiner. Towards a Distributed Multi-Person Lexical Environment. In "Lexikon und Lexikographie". Rieger/Schäfer (eds) Hildesheim Verlag, 1990.
- D. Mahling. People and Machines in Cooperation. CSCW'90 Workshop on Groupware Implementation in Computing Systems and in Social Systems. L.A., California, 1990.

- D. Steiner, D. Mahling, H. Haugeneder. Human Computer Cooperative Work. Proceedings of the 10th International Workshop on Distributed Artificial Intelligence. MCC Technical Report Number ACT-AI-355-90, MCC, Austin, TX, 1990.
- D. Steiner, D. Mahling, H. Haugeneder. Collaboration of Knowledge Bases via Knowledge Based Coordination. Proceedings of the International Working Conference On Cooperating Knowledge Based Systems (CKBS '90). Springer Verlag. (to appear)
- J. Schweitzer. Kooperative Applikationen in verteilter Umgebung. Tagungsband PC-Kongress in der IHK des Saarlandes, Saarbrücken. Oktober 1990.

#### Vorträge:

- H. Haugeneder. TEAMWARE: Kooperation im distribuierten Mensch Maschine Team. FAW Ulm. Ulm. Mai 1990.
- H. Haugeneder. TEAMWARE - Project Description. Workshop 'DAI' and KIK-OFF Meeting Imagine. Johanniskreuz bei Kaiserslautern. November 1990.
- H. Haugeneder. The IMAGINE Project: An Overview. ESPRIT Conference (DAI Section). Brüssel. November 1990.
- H. Haugeneder. Projekt KIK. Erstes Arbeitstreffen des Arbeitskreises "Verteilte Künstliche Intelligenz". Berlin. November 1990.
- A. Lux. TEAMKOM - Project Description. Workshop 'DAI' and KIK-OFF Meeting Imagine. Johanniskreuz bei Kaiserslautern. November 1990.
- D. Mahling. People and Machines in Cooperation. CSCW'90 Workshop on Groupware Implementation in Computing Systems and in Social Systems. L.A., California, October 1990.
- J. Schweitzer. Kooperative Applikationen in verteilter Umgebung. PC-Kongress in der IHK des Saarlandes, Saarbrücken. Oktober 1990.
- D. Steiner. TEAMWARE - Projekt Uebersicht. INF Forum bei der Siemens AG, München. März 1990.
- D. Steiner. Collaboration of Knowledge Bases via Knowledge Based Coordination. International Working Conference On Cooperating Knowledge Based Systems (CKBS '90). University of Keele, England. October 1990.
- D. Steiner. Human Computer Cooperative Work. 10th International Workshop on Distributed Artificial Intelligence. Bandera, Texas. October 1990.

#### Veranstaltungen:

- A. Lux, D. Scheidhauer, A. Scheller-Houy. Arbeitsgespräch und KIK Projektvorstellung bei der GMD, F3 Institut für Angewandte Informationstechnik. St. Augustin. August 1990.
- D. Steiner. Workshop 'DAI' and KIK-OFF Meeting Imagine. Johanniskreuz bei Kaiserslautern. November 1990.
- W. Reinhard, A. Scheller-Houy, J. Schweitzer. Präsentation des MALIBU Systems. München-Perlach. November 1990.

### 2.1.3. Personalia

Zur KIK Projektgruppe stießen im Jahr 1990 drei neue Mitarbeiter hinzu. Hierbei handelt es sich um: Dipl.-Ing. Martin Feith, der als Mitarbeiter von Siemens, ZFE KOM 44 zum 1. November 1990 eingestellt wurde; Dr. Dirk Mahling, der als DFKI-Mitarbeiter zum 1. Juli 1990 die TEAMWARE Gruppe verstärkte; Alastair Burt, M.Sc., der ebenfalls als DFKI-Mitarbeiter zum 10. September 1990 Mitarbeiter der TEAMWARE Projektgruppe wurde.

Die KIK Projektgruppe setzt sich weiterhin zusammen aus entsandten Siemens-Mitarbeitern der Bereiche ZFE KOM und ZFE INF sowie aus DFKI-Mitarbeitern. Zum Jahresende 1990 bestand die KIK-Projektgruppe aus:

## TEAMKOM

Dr. Jean Schweitzer (ZFE KOM 44)	(0681-302-5290)
Dipl.-Ing. Clemens Dietel (ZFE KOM 44)	(0681-302-5291)
Dipl.-Inform. Astrid Scheller-Houy (ZFE KOM 44)	(0681-302-5294)
Dipl.-Inform. Andreas Lux	(0681-302-5296)
Dipl.-Ing. Martin Feith (ZFE KOM 44; ab 1.11.90)	(0681-302-5292)
Dipl.-Ing. Walter Reinhard (ZFE KOM 44)	(0681-302-5294)
Dipl.-Ing. Thomas Schmidt (ZFE KOM 44)	(0681-302-5292)

## TEAMWARE

Hans Haugeneder, M.A. (ZFE IS INF 2)	(0681-302-5298)
Dipl.-Inform. Dieter Scheidhauer (ZFE KOM 44)	(0681-302-5291)
Alastair Burt, M.Sc. (ab 9.9.90)	(0631-205-3502)
Dr. Dirk Mahling (ab 1.7.90)	(0631-205-3502)
Dr. Donald Steiner (ZFE IS INF 2)	(0631-205-3501)
Barbara Hess (Sekretariat)	(0681-302-5280)

## 2.2. Projekt OOSE

Das Projekt Objekt-Orientierte Softwareentwicklung (OOSE) zielt auf den Einsatz von objekt-orientierten Techniken innerhalb der Künstlichen Intelligenz. Das Projekt wurde von SIEMENS gefördert (ZFE IS SOF) und hatte eine Laufzeit vom 1.12.1989 bis 30.9.1990.

Objektorientiertheit ist in den letzten vier Jahren zu einem der am häufigsten gebrauchten Begriffe in der Informatik geworden. Die Gründe für diese Popularität sind vielfältig; u.a. rühren sie von technischen Argumenten her, die objektorientierter Softwareentwicklung in bestimmten Bereichen Vorteile gegenüber anderen Paradigmen zuschreiben. Zu diesen gehören:

- Unterstützung von Softwarewiederverwendung: Klassen, die in einem Entwicklungskontext erstellt wurden, lassen sich häufig einfach in einem anderen Kontext wiederverwenden. Mehrere objektorientierte Entwicklungsumgebungen verfügen darüber hinaus über eine umfangreiche Bibliothek, die mit dem System geliefert wird.
- Unterstützung von Veränderbarkeit: Ein implementiertes objektorientiertes System kann punktuell verändert werden, indem z.B. die Definition von Klassenoperationen ausgetauscht wird. Klassenkonzept und Einkapselungsmechanismen verhindern, daß sich diese Veränderungen auf das Gesamtprogramm in einer Form auswirken, daß ein vollständiges Recompilieren erfolgen muß. Die Auswirkungen auf die Produktwartung werden als sehr vielversprechend angesehen.
- Unterstützung von Erweiterbarkeit: Das Hinzufügen von weiteren Programmstücken (z.B. um neue Anforderungen an die Funktionalität zu erfüllen), kann unter gewissen Umständen einfach sein. Da objektorientierte Sprachen die Möglichkeit zur dynamischen Bindung anbieten, führt das Hinzufügen von neuen Methoden, die unter einem existierenden Messagenamen angesprochen werden, nur zu geringen Veränderungen im existierenden System.

Neben diesen mehr technischen Aspekten wird aber auch der Einfluß von objekt-orientiertem Denken in der Analyse- und Designphase hervorgehoben. Dem liegt die Erfahrung zugrunde, daß zu modellierende Aspekte der realen Welt häufig direkt auf eine Menge von Objekten, die bestimmte Dienstleistungen erbringen, abgebildet werden können.

Objektorientierte Sprachen sind im Umfeld und in Konkurrenz zu KI Forschungen entstanden. Wissensrepräsentationssprachen wie KL-ONE weisen viele Parallelen zu Sprachen der Smalltalk-80 Familie auf, wenn auch unterschiedliche Schwerpunkte vorliegen. Es liegt daher nahe, die Ergebnisse neuerer Forschungen, z.B. auf dem Gebiet der Typensysteme für objektorientierte Sprachen oder im Bereich der objektorientierten Entwicklungsmethodik, in solche DFKI Projekte einzubringen, die mit Wissensrepräsentation direkt oder indirekt arbeiten. Im Rahmen des OOSE Projektes sollen dazu die ersten Voraussetzungen geschaffen werden.

### 2.2.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes wurde ein Überblick über gegenwärtige objektorientierte Sprachen wie Smalltalk, C++, Eiffel, Beta oder Modula-3 gegeben. Daneben wurden besonders Aspekte der Einbettung existierender Systeme in objektorientierte Neuentwicklungen untersucht und Bewertungskriterien entwickelt. Trends bei Sprachneuentwicklungen wie ADA9x wurden gesondert betrachtet.

Weitere Arbeitsschwerpunkte waren ein Überblick über Forschungsaktivitäten an ausgesuchten Universitäten und Industrielabors in Nordamerika und Skandinavien sowie eine detaillierte

Darstellung objektorientierter Analyse- und Designtechniken. Dabei spielte der Vergleich von Wissenrepräsentationstechniken in der Künstlichen Intelligenz und objektorientierten Analyse- und Designtechniken eine besondere Rolle.

Die Ergebnisse des OOSE Projektes sind in einer Studie zusammengefaßt worden. Am 14.9.90 fand eine Präsentation der Ergebnisse vor Mitarbeitern der Siemens AG (ZFE IS SOF) statt.

### **2.2.2. Verknüpfung mit anderen DFKI Projekten**

Zu allen Projekten, die Wissensrepräsentationssprachen benutzen oder entwickeln (ARC-TEC, WIP, WINO), bestand eine sachliche Verknüpfung, die durch Kontakte auf Mitarbeiterebene realisiert wurde.

### **2.2.3. Personalialia**

Das Projekt wurde von Dr.rer.nat. Walter Olthoff (0631-205-3478) durchgeführt.

## 2.3. Projekt PLUS

Das Projekt PLUS (Plan-based User Support) wird als anwendungsorientiertes Forschungsprojekt im Rahmen einer Kooperation zwischen dem IBM Labor Böblingen, der IBM Deutschland GmbH und dem DFKI durchgeführt. Die Laufzeit von PLUS beträgt zwei Jahre (1.10.1990 - 30.9.1992).

Generelle Zielsetzung des PLUS-Projekts ist die Entwicklung und Implementierung planbasierter Beschreibungsmethoden und Werkzeuge zur intelligenten Benutzerunterstützung. Dabei sollen die Entwicklungsmöglichkeiten und die Realisierung des Einsatzes dieser KI-Verfahren innerhalb konkreter Produkte evaluiert werden. Im Mittelpunkt des Interesses stehen dabei die Möglichkeiten des Einsatzes intelligenter Hilfesysteme für direkt-manipulative Benutzerschnittstellen (DMI) und als Werkzeug zur Unterstützung des Anwendungsentwurfs.

### 2.3.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

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

Den Kern des Projekts bildet ein anwendungsneutraler Beschreibungsrahmen für Benutzeraktionen mittels planbasierter Verfahren, der möglichst universell einsetzbar sein soll. Unter einem Plan versteht man eine Sequenz von Aktionen, die der Benutzer zur Bewältigung einer Aufgabe durchführen muß. In der Regel sind die Aktionssequenzen weder in der Reihenfolge aufeinanderfolgender Aktionen noch in der Art und Anzahl von Aktionen zur Durchführung derselben Aufgabe eindeutig. Damit eine Aktion vom Benutzer ausgeführt werden kann, müssen spezifische Voraussetzungen erfüllt sein. Die Auswirkungen einer Aktion verändern den Systemzustand.

Pläne sollen um Wissen über generische Interface-Konzepte in Form von Fakten und Regeln ergänzt werden. Der Beschreibungsrahmen einer Benutzerschnittstelle mittels Plänen und Wissen soll im Rahmen dieses Projekts als Basis für ein Hilfesystem eingesetzt werden. Das Hilfesystem erkennt Pläne, die der Benutzer verfolgt und gibt ihm Hilfestellung, sofern er seine Aufgabe bzw. seinen Plan nicht zu Ende führen kann oder das System Möglichkeiten erkannt hat, wie er seine Aufgabe hätte produktiver ausführen können.

Im allgemeinen kann man zwischen folgenden Formen intelligenter Benutzerunterstützung unterscheiden:

- **passive Hilfe**  
Der Benutzer fordert Hilfe explizit an, die Hilfeinformation wird individuell und kontextabhängig erzeugt.
- **aktive Hilfe**  
Der Benutzer bekommt Hilfe unaufgefordert, das System schlägt dem Benutzer eine optimierte Vorgehensweise vor.
- **kooperative Hilfe**  
Der Benutzer bekommt Hilfe im Fehlerfall, das System schlägt Korrekturmöglichkeiten vor oder empfiehlt dem Benutzer alternative Aktionen.
- **implizite Hilfe**  
Anpassung des Systems an den Benutzer : Bildschirmaufbau bei DMI (z.B. Form, Größe und Platzierung von Fenstern), Fokussierung der Aufmerksamkeit auf wesentliche Bereiche, Setzen von Voreinstellungen.

Im PLUS-Projekt sollen alle diese Formen intelligenter Benutzerunterstützung integriert werden, wobei als Zielvorgabe die Anwendung auf direkt-manipulative Benutzerschnittstellen (DMI) im Rahmen von SAA/Common User Access<sup>1</sup> besteht. Es soll keine Grundlagenforschung betrieben werden, vielmehr wird die Umsetzung von Forschungsergebnissen, vornehmlich aus den Bereichen 'Wissensrepräsentation' und 'Planbasierte Verfahren', angestrebt.

## Implementierung

Innerhalb des Projekts PLUS soll ein Prototyp erstellt werden, der aussagekräftige Forschungsergebnisse über die genannten Projektziele demonstrieren soll. Der Prototyp soll anwendungsneutrales Wissen über Schnittstellengestaltung (nach SAA/Common User Access) und anwendungsspezifisches Wissen beinhalten. Als Anwendungsdomäne sind geeignete Teilbereiche aus dem Gebiet Hardware-Konfiguration im Großrechnerbetriebssystem MVS vorgesehen. Es ist geplant, mögliche weitere Anwendungsdomänen in Betracht zu ziehen. Insgesamt sollen folgende Wissensbereiche modelliert werden:

### 1. Allgemeines Wissen über

- generische Objekte (z.B. File, Window, Scrollbar, Mouse)
- generische Aktionen (z.B. ok, cancel, scrolling, help)
- Regeln zur Planerkennung
- Regeln zum Interface-Design (z.B. Interaktionsbausteine, Navigationsregeln)
- Regeln zur Beschreibung des Dialogs (z.B. Dialog Tag Languages)
- Regeln zur Adaptierbarkeit (Veränderung von Defaultwerten, Makros)

### 2. Anwendungsspezifisches Wissen über

- Objekte (z.B. Prozessoren, Kanäle, Kontrolleinheiten, Devices)
- Aktionen (z.B. open, close, add, view)
- Pläne und Aufgaben (z.B. Devices anschließen, umhängen, abhängen)
- stereotype Benutzer
- reales Interface
- Defaults

Das DFKI übernimmt im Rahmen dieses Projekts den Entwurf und die Implementierung des Planeditors, des Planerkenners und der Inferenzkomponente (Beweis von Aussagen auf Basis von Plänen und Regeln). Das IBM Labor Böblingen übernimmt im Rahmen der Kooperation die Definition von generischem Wissen über SAA/Common User Access, von Wissen über Interface Design und Software Ergonomie und von anwendungsspezifischem Wissen. Beide Seiten beteiligen sich an der Entwicklung einer Dialogkomponente.

An dem zu implementierenden Prototyp soll evaluiert werden, ob plan- und wissensbasierte Verfahren als universelle Beschreibungsmethode für Hilfesysteme und Software Design Tools einsetzbar sind und ob sie zur Beschreibung von Schnittstellen entsprechend SAA/Common User Access geeignet sind. Darüberhinaus soll untersucht werden, ob Hilfesysteme mittels Planerkennung für benutzergeführte Dialoge (menüorientierte Dialogführung und direkte Manipulation) den Gebrauch von Software für den Benutzer erleichtern (Systeme wie UC, SC oder Aktivist arbeiten mit Zielsystemen, die kommandoorientiert Dialog führen). Weitere Ziele bestehen darin, zu evaluieren, ob planbasierte KI-Verfahren als Grundlage zu adaptivem Systemverhalten nutzbar sind, und inwieweit plan- und wissensbasierte Verfahren auch beim Interface-Design als Entwicklungswerkzeuge einsetzbar sind. Der Prototyp wird mit Hilfe der

---

<sup>1</sup>SAA/Common User Access beschreibt eine einheitliche Architektur für Benutzerschnittstellen auf IBM Systemen. Dabei wird ein benutzergeführter Dialog mittels direkter Manipulation zugrundegelegt. Als wesentliches Prinzip gilt: "Wähle zuerst ein Objekt aus und wende darauf eine Aktion an."

objekt-orientierten Programmiersprache Smalltalk/V PM unter OS/2 auf IBM PS/2 Modellen entwickelt.

### 2.3.2. Kontakte zu anderen DFKI-Projekten und Forschungsgruppen

Aufgrund der gemeinsamen Zielrichtung, der Entwicklung planbasierter Hilfesysteme, besteht ein enger Kontakt zu den Mitarbeitern des PHI Projektes, der sich insbesondere auch durch die regelmäßige Teilnahme der PLUS-Mitarbeiter an den PHI-Projektsitzungen ausdrückt. Dadurch ist gewährleistet, daß beide Projekte jeweils gegenseitig über die aktuellen Tätigkeiten informiert sind. Darüberhinaus wird ein Austausch relevanter Literatur betrieben. Für die Zukunft werden auch Kontakte zu weiteren DFKI Projekten angestrebt, sofern Gemeinsamkeiten in Bezug auf Forschungsinhalte und -ergebnisse vorhanden sind.

#### Weitere wissenschaftliche Kontakte

Auf Einladung des PLUS Projektes waren im Dezember Dr. Gernoth Grunst und Klaus-Jürgen Quast von der GMD zu Gast am DFKI, um das von ihnen entwickelte planbasierte Hilfesystem HYTASK-PLANET vorzustellen. Neben den Mitarbeitern des PLUS Projektes nahmen auch die PHI-Mitarbeiter sowie weitere bei verschiedenen KI-Projekten in Saarbrücken beschäftigte Wissenschaftler und Studenten an der System-Demonstration und an der anschließenden Diskussion teil.

### 2.3.3. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen

Veröffentlichungen:

- F. Berger : *Ein massiv paralleles Modell eines Planerkenners*. Diplomarbeit, Fachbereich Informatik, Universität Saarbrücken, 1990.
- T. Fehrlé : *PLan-based User Support (PLUS), Projektbeschreibung*. IBM Labor Böblingen, 1990.
- M.A. Thies : *Interaction Control Manager. Ein System zum Navigieren durch Interaktionen und Pläne*. Diplomarbeit Nr. 762, Fakultät für Informatik, Universität Stuttgart, 1990.
- W. Wahlster, D. Dengler, M. Hecking und C. Kemke : SC: The SINIX Consultant. In: P. Norvig, W. Wahlster, R. Wilensky (eds.), *Intelligent Help Systems for UNIX - Case Studies in Artificial Intelligence*, 1990.

### 2.3.4. Personalien

Das PLUS-Projekt wird an den Standorten Saarbrücken (DFKI) und Böblingen (IBM) durchgeführt. Projektleiter ist auf seiten des DFKI Prof. Dr. W. Wahlster, auf seiten des IBM Labors Böblingen Dr. T. Fehrlé. Das Projekt wird von jeweils zwei Mitarbeitern am DFKI und im IBM Labor Böblingen durchgeführt. Zum Jahresende 1990 bestand die PLUS-Projektgruppe aus:

Dr. rer. nat. Thomas Fehrlé (Projektleiter IBM)	(07031-16-8113)
Prof. Dr. Wolfgang Wahlster (Projektleiter DFKI)	(0681-302-5252)
Dipl.-Inform. Frank Berger (ab 1.10.90)	(0681-302-5253)
Dipl.-Inform. Markus Andreas Thies (ab 1.1.91)	(0681-302-5253)
Dipl.-Inform. Volker Schölles (IBM)	(07031-16-4013)
Gabriele Jacquinot (Sekretariat)	(0681-302-5252)

## 2.4. Projekt WIDAN

Das Projekt WIDAN (Wissensbasierte Dokumentanalyse) ist ein Kooperationsprojekt zwischen der Daimler-Benz AG und dem DFKI. Das Projekt hat eine Laufzeit vom 1. Mai 1990 bis 31. März 1993.

Ziel der Dokumentanalyse ist es, die auf Papier vorliegende Information in eine zunehmend elektronisch ausgerichtete Arbeitsumgebung zu integrieren. Eine Kombination von intelligenten wissensbasierten Techniken mit Verfahren der Mustererkennung erweitern die bisherigen Analysemöglichkeiten. Die Information des Dokuments werden in eine symbolische Beschreibung transformiert, die eine automatische Auswertung ermöglicht. Die interne Repräsentation der zu erschließenden Informationen umfaßt abstrakte logische Dokumentbestandteile und geht über eine simple Abfolge der Einzelzeichen hinaus.

Die physische und logische Strukturierung des Dokuments trägt einen wesentlichen Teil der inhaltlichen Information und muß daher richtig erkannt und gedeutet werden. Das Lesen und Erfassen von Dokumenten erfordert eine Vielzahl von Interpretationsebenen, deren Hierarchien sich zum Teil gegenseitig durchdringen. Eine erkannte Information aus einer Ebene kann daher zu einem erwartungs-orientierten Fortschreiten der weiteren Analyse anderer Komponenten genutzt werden. Die komplette Analyseaufgabe ist für einen festvorgegebenen Analyseweg zu komplex. Wissensbasierte Ansätze mit frühzeitiger Alternativenbildung, überwachter Hypothesengenerierung und opportunistischer Ablaufsteuerung können dabei entscheidende Verbesserungen erzielen. Das eingesetzte Wissen umfaßt dabei große Wörterbücher genauso wie Wissen über die Aufteilung eines Textes auf einer Seite oder Kontextwissen.

In diesem Zusammenhang sollen in WIDAN folgende Fragestellungen bearbeitet werden:

- Segmentieralgorithmen zu finden
- Grafik- und Textbereiche zu lokalisieren
- Einzelzeichenerkennung zu adaptieren
- Glaubwürdigkeitsmaße zu berechnen
- Kombination von Glaubwürdigkeitsmaßen und Schlußmechanismen
- Definition einer Dokumentbeschreibungssprache
- Ablauf zu organisieren und zu überwachen
- Repräsentation von Wissen über die Kontrollstrategie
- Konzeption von Wörterbücher und Zugriffsverfahren

Der nachfolgende Text umfaßt die Darstellung wissenschaftlich-technischer Ergebnisse, die aus den Arbeiten im Laufe des Jahres 1990 resultieren.

### 2.4.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Ein Themenbereich konzentriert sich auf die Trennung des Dokumentinhalts in textuelle, bildhafte und grafische Bestandteile, um in der folgenden Analyse zielgerichtet die einzelnen Strukturen zu verarbeiten. Grafiken können entweder komprimiert und gespeichert oder in grafische Primitive zerlegt werden, für die Konzepte und Verfahren entworfen werden können. Aus diesen Primitiven können schrittweise bedeutungstragende Elemente ermitteln werden. Der Schwerpunkt der weiteren Arbeiten liegt bei der Untersuchung der Textbestandteile.

Eine wichtige Verarbeitungsstufe stellt die Segmentierung der Bildinformation in Schriftzeichen dar, denn eine gelungene Zeichensegmentierung ist Voraussetzung für die Einzelzeichenerkennung. Ein besonderes Problem stellen dabei zerfallene Einzelzeichen dar. Um die Klassifikationsleistung zu steigern, werden häufig parallel arbeitende Klassifikatoren eingesetzt, die jeweils aus ihrer lokalen Sicht Schätzungen für das zu klassifizierende Objekt

abgeben. Um die einzelnen Voten sinnvoll zu einer Gesamtexpertise zusammenzuführen, sind zwei Problemstellungen zu bearbeiten: die konsequente Überführung der Voten der einzelnen Klassifikatoren in Glaubwürdigkeitsmaße und ihre Kombination zu einem zusammenfassenden Gesamtglaubwürdigkeitsmaß. Die weiterreichende Einbeziehung von Wissen zur Erhöhung der Erkennungsleistung und zur Interpretation von Dokumenten erfordert eine Dokumentbeschreibungssprache. Aufbauend auf bereits bestehenden Konzepten wird eine Repräsentationssprache entwickelt und verfeinert. Diese Repräsentationssprache bildet zusammen mit einem Inferenzmechanismus und einem Kontrollalgorithmus ein Interpretationssystem für komplexe Dokumente.

Ein erster Schwerpunkt war die Modellierung von Dokumenten, zusammen mit der Modellierung der Analysespezialisten und den erforderlichen Kontrollstrategien. In diesem Zusammenhang ist die Dokumentrepräsentationssprache "Fresco" in Richtung auf größere Ausdrucksfähigkeit weiterentwickelt worden. Insbesondere werden die Sprachkonstrukte für die Modellierung von inhaltlichem Wissen auf Basis von Worten ausgebaut. Um die Ausdrucksfähigkeit von Fresco exemplarisch zu testen, wurden geometrische Eigenschaften, Beziehungen und inhaltliches Wissen unterschiedlicher strukturierter Dokumente modelliert.

Parallel zur Modellierung von Wissen über strukturierte Dokumente ist der Beschreibungsformalismus für Analysealgorithmen verfeinert worden, um bei der Analyse des Dokuments aussagekräftigere Werte über die Eigenschaften eines Algorithmus erschließen zu können. Es wurde eine Kontrollstrategie für die automatische Analyse des Dokuments entworfen, die auf die Sprache "Fresco" und auf die Beschreibung der Analysespezialisten ausgerichtet ist. Sie arbeitet nach einer *best-first* Suchstrategie kombiniert mit einem *dependency-directed* Backtracking.

Eine notwendige Voraussetzung für eine effiziente Zusammenarbeit zwischen dem DFKI und der Firma DAIMLER BENZ besteht u. a. darin, eine geeignete Basis zu finden, um die erarbeiteten Projektergebnisse gegenseitig verfügbar zu machen und somit die nachfolgenden Projektaktivitäten bündeln zu können.

Schnell wurde klar, daß dies nicht nur von der verfügbaren Hardware und verwendeten Programmiersprache abhängt. Die Ein- und Ausgabedaten, die als Schnittstellen zu den verschiedensten Algorithmen dienen, müssen zukünftig aufeinander abgestimmt und angepaßt werden. So wird z.B. bisher am DFKI eine Konturkodierung von Binärbildern verwendet, die die Eingabe für den Texterkennungsprozeß darstellt. Hierzu werden Zusammenhangsgebiete eines Binärbilds in einen 8-Richtung Kettencode transformiert, wobei die Randpixel eines Bildobjektes dessen Kontur definieren. Am DB Forschungszentrum wird stattdessen die RLC-Kodierung von verwendet, die zwar u.a. auch eine Kettencodebeschreibung von Bildobjekten beinhaltet, aber nicht die Randpixel als Kontur betrachtet, sondern Schwarz/Weiß- bzw. Weiß/Schwarz-Übergänge. Im Gegensatz zum 8er Nachbarschaftsverfahren, das am DFKI benutzt wird, verwendet das RLC-Verfahren 4er Nachbarschaften. Da diese Unterschiede in weiterführenden Verarbeitungsprozessen immer wieder Probleme bzgl. der Übertragbarkeit hervorrufen würden, wurde beschlossen, die RLC-Kodierung auch in der Entwicklungsumgebung in Kaiserslautern verfügbar zu machen. Somit ist zumindest gewährleistet, daß die objektorientierte Darstellung der Zusammenhangsgebiete kompatibel ist und daher alle darauf aufsetzenden Verarbeitungsschritte mit begrenztem Aufwand portiert werden können. Mit den Arbeiten für die Realisierung des RLC-Verfahrens auf Macintosh-Rechnern unter Common Lisp wurden noch vor Jahresende begonnen.

Um Grundlage für eine inhaltliche Strukturierung schaffen zu können wurden Untersuchungen von allgemeinen Geschäftsbriefen bzgl. Aufbau und ungefährem Inhalt durchgeführt. Als Schwerpunkte wurde bei dieser Aufgabe die verschiedenen logischen Objekte sowie ihre Beziehungen untereinander betrachtet. Bei der Analyse wurde der Anspruch erhoben, daß die

betrachtete Dokumentenstichprobe möglichst domänenunabhängig aufgebaut und somit die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf eine große Zahl von Geschäftsbriefen gewährleistet ist .

Eine Analyse von unterschiedlichen Wörterbuchtechniken sowie der Entwurf eines umfassenden strukturierten Wörterbuches wurden im Hinblick auf die Unterstützung von Texterkennungssystemen erstellt. Diese Themengebiete wurden aber nicht weiter vertieft, da das Risiko, durch eine zu breit angelegte Themenmenge den Gesamterfolg zu gefährden, vermieden werden sollte. Zudem existieren im Hause Daimler Benz ebenfalls Aktivitäten in diesem Bereich, sodaß hier keine unmittelbare Notwendigkeit besteht.

Wie schon erwähnt ist ein wichtiger Themenbereich die Trennung von Text- und Nichttextbereichen (Graphik, Bild). Hierzu wurden die am DFKI verfügbaren Verfahren des Smearing und Profiling getestet. Bisher werden diese Algorithmen für die Dokumentbild-Segmentierung verwendet, wobei eine einfache Unterscheidung in Text und Nichttext-Bereiche integriert ist. Ansätze für deren Erweiterung bzw. Modifizierung sind bereits vorgesehen.

Die Idee der Kategorisierung der Schriftzeichen in verschiedene Klassen entsprechend ihrer Stellung im Schreiblinienraster wurde aus der Nachverarbeitung in die Zeichenbildung übertragen. Die Bildung von Objekten aus den im Binärbild gefundenen Zusammenhangsgebieten erfordert den Einsatz von effizienten Suchalgorithmen. Der *n-best Viterbi*-Algorithmus angepaßt mit speziellen Abstandsmaßen löst diese Aufgabenstellung. Verfeinerung dieser Technik auf verschiedene Satelitenklassen und deren Stellung wurden gefunden.

Der Prozeß der automatischen Klassifikation ist an vielen Stellen mit unsicheren Aussagen über die Glaubwürdigkeiten hypothetisierter Alternativen des Erkennungsprozesses verbunden. Diese Maße dienen der Selbstbewertung und damit der Steuerung des gesamten Erkennungsprozesses. Bisher wurden heuristisch festgelegte Maße und Kombinationstechniken verwendet. Die Theorie stellt verschiedene konkurrierende Ansätze zur Verfügung. Besonders die Wahrscheinlichkeitstheorie und die Evidenztheorie wurden untersucht. Da die Evidenztheorie ist eine Verallgemeinerung der Wahrscheinlichkeitstheorie, genügt es, diesen Weg zu verfolgen und weiter auszubauen. Durch geeignet definierte Abbildungen können die Methoden der Statistik eingesetzt werden, um die notwendigen Bewertungen zu erhalten.

Bei der Analyse von Dokumenten treten immer wieder Probleme auf, die zur Klasse der "NP-vollständigen" Suchprobleme gehören. Hier lassen sich heuristische Suchverfahren einsetzen. Bei Suchproblemen sehr hoher Komplexität können jedoch diese Verfahren am benötigten Aufwand scheitern. Alternativ dazu bieten sich Ansätze an, die mit stochastischen Modellen arbeiten. Dieser Ansatz aus dem Bereich der Monte-Carlo Methoden verzichtet auf den Einsatz von heuristischen Bewertungsfunktionen. Durch eine hinreichend große Anzahl von verschiedenen unabhängigen Versuchen kann eine gute Lösung gefunden werden. Die spezielle Methode des "simulated annealing" wurde implementiert und am Beispiel des "traveling salesman"-Problems untersucht. Ein Übertragung auf unsere Probleme - Gruppierungsprobleme bei der Zeichenbildung - ist in Arbeit.

#### **2.4.2. Verknüpfung mit anderen DFKI Projekten**

Eine sehr enge Verknüpfung von WIDAN gibt es zum DFKI-Projekt ALV. Die Aufgaben von WIDAN beziehen sich momentan auf bildverarbeitende Verfahren, die im Grau- oder Binärbild eines Dokumentes eine Separierung und Klassifikation unterschiedlich gedruckter Informationsmodi anstreben. Diese Verfahren sind Vorstufe und Teil der Dokumentbildsegmentierung, wie sie auch in ALV realisiert werden soll. Die Zusammenarbeit bezieht sich sowohl auf den Erfahrungsaustausch und der gegenseitigen Zurverfügungstellung von Techniken, als auch dem gemeinsamen Erarbeiten von Lösungsansätzen.

### 2.4.3. Personalia

Das Projekt WIDAN wird an den Standorten Kaiserslautern (DFKI) und Ulm (Daimler-Benz) durchgeführt. Projektleiter ist auf seiten des DFKI Dr. Andreas Dengel, auf seiten von Daimler Benz Prof. Dr. Jürgen Schürmann. Das Projekt wird mit einem Mitarbeiter am DFKI und zwei Mitarbeitern in Ulm durchgeführt, die periodisch für mehrere Monate ans DFKI entsandt werden.

Das Projekt startete im Mai 1990 mit den Mitarbeitern Dipl.-Inform. Thomas Bayer, Dipl.-Ing. Eberhard Mandler (beide DB) und dem Projektleiter Dr. Andreas Dengel (DFKI). Zum 1. Dezember 1990 verstärkte Dipl.-Inform. Frank Hönes (DFKI) die Arbeitsgruppe. Zum Jahresende 1990 bestand die WIDAN-Projektgruppe aus:

Dr. rer. nat. Andreas Dengel (Projektleiter DFKI)	(0681-302-5252)
Prof. Dr. Jürgen Schürmann (Projektleiter DB)	(0731-505-2150)
Dipl.-Inform. Thomas Bayer (DB)	(0731-505-4113)
Dipl.-Inform. Frank Hönes (ab 1.12.90)	(0681-302-3480)
Dipl.-Ing. Eberhard Mandler (DB)	(0731-505-2116)

### **3. In Zusammenarbeit mit externen Partnern durchgeführte Projekte**

Die von externen Partnern (d.h. weder BMFT noch Gesellschafter) durchgeführten Projekte bilden das dritte Standbein des DFKI. Im Jahre 1990 wurden die folgenden Projekte durchgeführt.

#### **3.1. Projekt ESY**

Das Projekt ESY ist eine Kooperation zwischen dem Dr. Trippe Ingenieurbüro (DTI), dem Kernforschungszentrum Karlsruhe (KfK) und dem DFKI. Die Laufzeit des Projektes war 1.11.89 bis 31.12.90. Ausgangspunkt des Projektes war eine Machbarkeitsstudie über den Einsatz eines Expertensystems zur Auswahl von Katastrophenschutzmaßnahmen bei Unfällen in kerntechnischen Anlagen, die im Herbst 1989 von Klaus Dittrich unter Leitung von Prof. Richter erstellt wurde.

Die Planung und Entwicklung des Expertensystems ESY (Ergebnisauswahl-SYstem) ist Teil des Projektes RESY (Rechnergestütztes Entscheidungshilfe-SYstem / REaltime-SYstem), das in Zusammenarbeit mit dem Kernforschungszentrum Karlsruhe (KfK) und dem Dr. Trippe Ingenieurbüro (DTI), Karlsruhe, durchgeführt wird. Aufgabe von RESY ist die Unterstützung der Beurteilung und Auswahl geeigneter Notfallschutzmaßnahmen bei Unfällen in kerntechnischen Anlagen mit radioaktiver Freisetzung in die Atmosphäre.

Das Modul ESY dient der Erstellung einer Rangfolge von machbaren Maßnahmenkombinationen, die von einem Simulationssystem zur Verfügung gestellt werden. Die resultierenden Maßnahmenkombinationen werden als übersichtliche Liste zusammen mit den Konsequenzen der Maßnahmen wie Dosisreduzierung, Anzahl betroffener Personen, monetäre Konsequenzen, Durchführungsdauer einer Evakuierung, Aufwand, etc. dargestellt. Die Beurteilung erfolgt aufgrund von Regelmengen, in denen Prioritäten und Präferenzen entsprechend den Schutzziele des Katastrophenschutzes enthalten sind.

##### **3.1.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse**

Die Aktivierung des Systemes RESY erfolgt durch einen angenommenen Unfall. Die bei diesem Unfall anfallenden radiologischen Daten werden von dem System RSY aufbereitet und in Form von Isodosislinien ausgegeben. Das Teilsystem MSY erstellt auf dieser Basis durch Simulation von Maßnahmenkombinationen Konsequenzendaten, welche die Eingabe von ESY bilden sollen. ESY erstellt eine Bewertung der Maßnahmenkombinationen und gibt auf dieser Basis eine bewertete Reihenfolge von Maßnahmenkombinationen aus.

Die Funktionalität von ESY ist in doppelter Hinsicht zu sehen. Einmal handelt es sich um die Funktionalität nach Fertigstellung des Gesamtprojektes im praktischen Einsatz. Die Spezifikation besteht hier darin, daß ESY Konsequenzendaten verschiedener Maßnahmen-simulationen aus MSY zur Eingabe und die Reihenfolge dieser Maßnahmen durch eine Bewertung als Ausgabe hat.

Die zweite Form der Funktionalität ist ganz wesentlich durch die Tatsache diktiert, daß keine genauen Vorstellungen über die Auswirkungen von Maßnahmen bestehen und somit die Bewertung nicht apriori festliegt. In den Testphasen des Systems soll daher die Möglichkeit zu

Sensitivitätsanalysen gegeben werden; ESY unterstützt dies einmal durch die transparente Expertensystemstruktur und zum anderen einer darauf aufbauende Erklärungskomponente . Ausgetestet werden sollen vor allem:

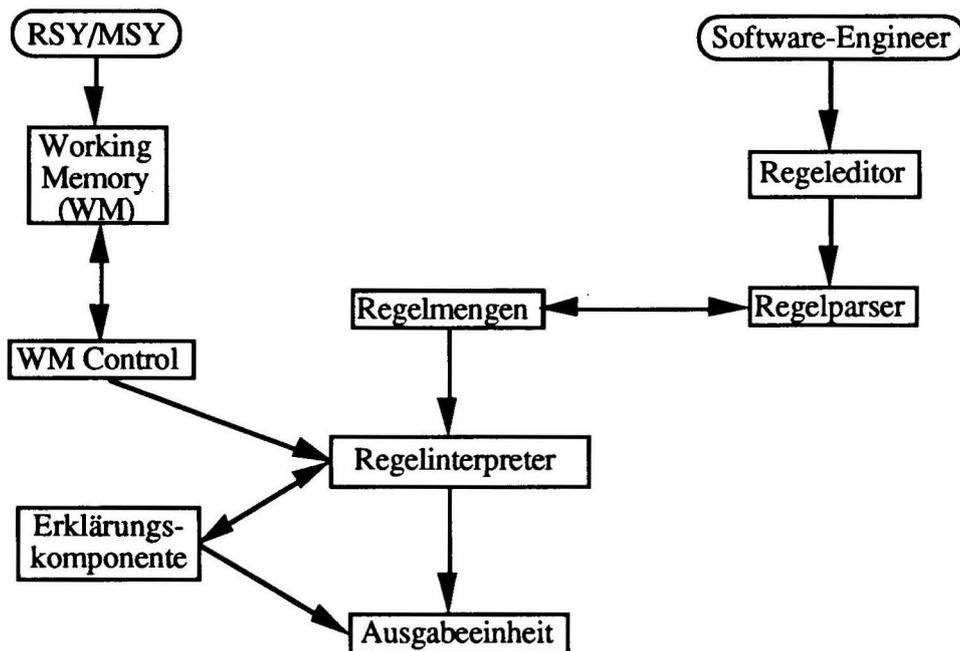
- Veränderungen von Gewichtungs- und Bewertungsfaktoren
- Veränderungen von Regelkonstanten und Schwellwerten in Regeln
- Veränderungen von Regelfunktionen (z.B. Bewertungsfunktionen)
- Variation der Kriterien der Reihenfolgeerstellung.

Ein wesentlicher Teil der Problematik bei der Erstellung von ESY bestand somit darin, daß zu Beginn des Projektes weder eine genaue inhaltliche Vorstellung noch Einzelheiten über die Struktur des Wissens zur Verfügung standen. Diese Problematik wurde nicht als eine Zusatzerschwerung, sondern als ein Teil der Aufgabe an sich angesehen. Es galt somit ein Softwarewerkzeug zu erstellen, daß auf der einen Seite die nötige Flexibilität hat, um Wissensarten unterschiedlicher Form aufzunehmen und diese ohne Mühe zum Teil auch durch den Benutzer ändern zu können. Auf der anderen Seite war eine Effizienz gefragt, die es verbot sehr aufwendige Strukturen wie zum Beispiel Frames zu implementieren.

Die eingegebenen Beispieldaten, die zur Verfügung standen, waren von einer recht einfachen Natur und orientierten sich in ihrer äußeren Form an Entscheidungstabellen. In der Tabellenform läßt sich jedoch nicht das Wissen darstellen, was zu den Entscheidungstabellen führt. Insbesondere ist das Wissen externer Experten in dieser Form überhaupt nicht darstellbar. Ferner mußten eventuelle Rückkopplungen mit dem System MSY möglich gemacht werden.

### Architektur

ESY ist als eine Symbiose von einem entscheidungsunterstützenden System und einem Expertensystem angelegt. Die äußere Struktur von ESY stellt sich wie folgt dar:



Das Working Memory (WM) speichert Daten, die ESY von anderen Modulen zur Verfügung gestellt werden. Der Regeleditor hat Fenster zum Eingeben, Ändern und Löschen von Regeln in einer festgelegten Syntax. Der Regelparser überprüft die syntaktische Korrektheit von Regeln. Die Regelmengen sind hierarchisch angeordnet und ermöglichen eine zielgerichtete Auswertung von Regeln. Der Regelinterpretierer ist der Inferenzmechanismus des Expertensystems. Er wertet den Bedingungsteil von Regeln aus und führt bei Erfüllung den Aktionsteil durch. Die Erklärungskomponente erläutert die Vorgehensweise des Expertensystems. Die Erklärung des Lösungsweges verbessert die Akzeptanz und die endgültige Entscheidung des Benutzers für eine Maßnahmenkombination. In der Testphase wird eine Kontrolle des Ablaufs ermöglicht. Die Beurteilung einer Maßnahmenkombination erfolgt über die Werte von Konsequenzkategorien, die zusammen mit einer Maßnahmenkombination als Ergebnis der Simulation von MSY geliefert werden sollen.

Eine Schnittstelle von ESY zum System MSY konnte nicht erstellt werden, da MSY nicht hinreichend realisiert wurde. Sie ist aufgrund der Struktur von ESY jedoch völlig unproblematisch zu erstellen. Aus den ursprünglich von MSY gelieferten absoluten Werten werden durch den Vergleich mit der 'Maßnahme' *no-action* (d.h. mit den Werten, die zu erwarten sind, falls keine Schutzmaßnahmen getroffen werden) relative Konsequenzdaten ermittelt.

Schadensarten, die als Eingabeparameter für ESY bereitgestellt werden, sind:

- Akute Todesfälle
- Akute Krankheitsfälle
- Krebs-Todesfälle
- Dosis-Häufigkeitsverteilungen (Anzahl betroffener Personen pro Dosisintervall)
  - für deterministische Gesundheitsschäden:
    - Knochenmark
    - Lunge
  - für stochastische Gesundheitsschäden:
    - Schilddrüse
    - Betroffene Personenzahl
    - Evakuierungsgesamtkosten
    - Späte Schadenskosten
- Lunge
- Knochenmark
- Schilddrüse
- Katarakte
- Leukämie
- Lunge
- Schilddrüse
- GI-Trakt
- Effektive Äquivalentdosis
- Kosten der Maßnahme
- Frühe Schadenskosten

## Benutzeroberfläche

Zur Darstellung der Ergebnisse sowie als Werkzeug der Erklärungskomponente wird eine Kombination von Textausgabe und Graphik zur Verfügung gestellt. Zunächst kann der Benutzer in einem Menü die zur Rangfolgenerstellung gewünschten Schadenskategorien angeben. Die resultierende Reihenfolge von Maßnahmenkombinationen wird als selektierbare Liste dargestellt. Zwei Textausgabefenster ermöglichen die detaillierte Anzeige der Konsequenzdaten ausgewählter Maßnahmen, sowie Beschreibungen der Funktionalität der einzelnen Windows und deren Menüs (Hilfefunktionen). Ein weiteres Fenster dient zur Steuerung der Graphik. Hier können bis zu vier Konsequenzkategorien selektiert werden. In Kombination mit ebenfalls bis zu vier auswählbaren Maßnahmen kann dann ein graphischer Vergleich der Bewertungen dieser Maßnahmen bezüglich der angegebenen Konsequenzen erfolgen.

Die Erklärungskomponente bedient sich ebenfalls der beschriebenen Window-Oberfläche. Zwei Maßnahmen können durch Selektion der entsprechenden Listenelemente und Menüfunktionen einem quantitativen bzw. qualitativen Vergleich unterzogen werden. Der qualitative Vergleich stellt die wesentlichen Unterschiede der Maßnahmen bezüglich ihrer Bewertung heraus, während der quantitative Vergleich die Konsequenzdaten gegenüberstellt.

### **3.1.2. Kontakte zu anderen DFKI-Projekten und Forschungsgruppen**

Es besteht enge Zusammenarbeit mit der Wissenakquisitionsgruppe des Projektes ARC-TEC.

### **3.1.3. Personalialia**

Zum Jahresende 1990 bestand die ESY-Projektgruppe aus:

Prof. Dr. Michael M. Richter (Projektleiter DFKI)	(0631-205-3471)
Dipl.-Inform. Wolfgang Wernicke	(0631-205-3461)
Jane Bensch (Sekretariat)	(0631-205-3470)

## 3.2. Projekt KIWi

In dem KIWi-Projekt (Konstruktion und Integration von Wissen) wird eine integrative Theorie über das Lernen aus Text, Lernen aus Beispielen und Lernen durch Explorieren in der Form einer Computermodellierung entwickelt und mit den Befunden von experimentellen Untersuchungen zum menschlichen Lernverhalten verglichen. Daraus entsteht eine kognitive Modellierung, welche die menschlichen Lernprozesse unter den verschiedensten Bedingungen (unterschiedliche Instruktionmaterialien, Sequenzierung der Materialien, verschiedene Vorkenntnisse des Lernenden, und unterschiedliche Lernziele) durch ein Computerprogramm beschreibt. Das Zusammenwirken von Konstruktion und Integration wird durch ein hybrides Modell beschrieben: Während die Wissenskonstruktion durch die Verarbeitung von Symbolen erreicht wird, erfolgt die Wissensintegration mittels einer konnektionistischen Komponente. Das KIWi-Projekt wird bis Ende 1992 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert (Az: Schm 648/1-1 bis 1-5).

### 3.2.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Aufbauend auf der Simulation zum ähnlichkeitsbasierten Lernen aus Beispielen und der Simulation zum Aufbau einer Textbasis, die bereits in der vorangegangenen Projektphase geleistet wurden, wurde ein integratives Modell der o.g. Lernverfahren konzipiert, ausgearbeitet und implementiert.

- Das kognitive Modell basiert auf psychologischen Grundannahmen, die in dargestellt wurden. Es werden drei Wissensrepräsentationen unterschieden: eine T-Struktur (Textrepräsentation), eine S-Struktur (Schablonen- oder Kategorieendarstellung von Situationsbeispielen) und ein Situationsmodell (allgemeines Situationswissen). Die T- und S-Struktur können als die peripheren Repräsentationen angesehen werden, die beim Lernen aus Text bzw. beim situationsbasierten Lernen (Beispiele, Explorieren) zuerst gebildet werden, ehe dann daraus ein Situationsmodell durch Integration aufgebaut wird.
- Das Modell beschreibt, wie ein Lernender seine Vorkenntnisse zum Erwerben neuen Wissens einsetzt oder einsetzen kann. Es spezifiziert, wann bereichsspezifisches Wissen herangezogen wird, wann und wie durch die Anwendung von Heuristiken Ausgangshypothesen erzeugt und wie diese Hypothesen modifiziert werden. Dadurch hängen die vom Modell ausgeführten Lernprozesse von dem jeweiligen Vorkenntnisstand des Lernenden ab, der sich mit jedem Lernschritt fortlaufend verändert.
- Durch Veränderung der initialen Wissensbasis können mit dem Modell die Lernprozesse von Personen verschiedener Vorkenntnisstände nachgebildet werden. Die Simulation erlaubt es, die Frage des Vergleichs verschiedener Instruktionmaterialien, die für den Bereich der Mensch-Computer Interaktion und bei der Entwicklung intelligenter tutorieller Systeme wichtig sind, kognitionspsychologisch fundiert zu untersuchen. Benutzermodellierungen in Erklärungskomponenten für Expertensysteme können in gleicher Weise von diesem Modell profitieren.

### 3.2.2. Verknüpfung mit anderen DFKI Projekten

Das KIWi Projekt arbeitet in enger Kooperation mit dem ARC-TEC Projekt. So haben bereits Resultate des KIWi Projekts in das integrierte Wissensakquisitionsverfahren des ARC-TEC Projekts Eingang gefunden. Auch beim Einsatz statistischer Analyseverfahren für die Wissenserhebung in ARC-TEC wurde eine fruchtbare Kooperation zwischen den beiden Projekten praktiziert.

Außerdem bestehen zwischen dem im KIWi Projekt behandelten Thema des Lernens aus Texten und dem im ALV in Entwicklung befindlichen System zum automatischen Lesen und Verstehen von Bürodokumenten interessante Zusammenhänge.

### 3.2.3. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen

#### Veröffentlichungen:

- Kintsch, W., Welsch, D., Schmalhofer, F. & Zimny, S. (1990) Sentence Memory: A Theoretical Analysis. *Journal of Memory and Language*, 29, pp. 133-159.
- Schmalhofer, F. Boschert, St. & Kühn, O. (1990). Der Aufbau allgemeinen Situationswissens aus Text und Beispielen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 4, 3, pp.177-186.
- Kühn, O. & Schmalhofer, F. (1989). An Integrative Model of Learning by Being Told, from Examples and by Exploration. *Proceedings of the German Workshop for Artificial Intelligence*. pp. 433-437.
- Schmalhofer, F., Kühn, O., Messamer, P. & Charron, Rh. (1990). An Experimental Evaluation of Different Amounts of Receptive and Exploratory Learning in a Tutoring System. *Computers in Human Behavior*, vol. 6, pp. 51-68.

#### Vorträge:

- Schmalhofer, F. & Kühn, O. The Role of a Mental Model for Building How-to-do-it Knowledge Second International Workshop on User Modeling, March 30-April 1, 1990, Honolulu, Hawaii.
- Schmalhofer, F. Boschert, St. & Kühn, O. Programming Knowledge as a Product of Cognitive Processes. Vortrag beim 5. Treffen des Arbeitskreises "Programmierwissen", DFKI Kaiserslautern 1.-3.10.1990.

#### Veranstaltungen:

Organisation des Arbeitskreises "Programmierwissen" 1.-3.10.1990 in Kaiserslautern.

### 3.2.4. Personalien

Zum Jahresende 1990 bestand die KIWi-Projektgruppe aus:

Dr. rer. nat. Franz Schmalhofer (Projektleiter)	(0631-205-3465)
Dipl.-Inform. Ralph Bergmann (ab 1.11.90)	(0631-205-3464)
Dipl. Psych. Otto Kühn (bis 31.3.90)	(0631-205-3463)
Michael Rohr, M.A.	(0631-205-3464)

### 3.3. Projekt SIW

Das Projekt SIW (Softwaresystem zur Interaktiven Wissenverwaltung) ist eine Kooperation zwischen dem Institut für Flugführung der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) in Braunschweig und dem DFKI. Das Vorprojekt PRO-SIW begann am 01.11.89 und endete am 31.01.90, SIW begann am 1.10.90 und wird bis zum 30.6.91 durchgeführt. PRO-SIW hat in Form einer umfassenden Analyse die generelle Durchführbarkeit belegt und durch die vorteilhafte Verwendung des Hypermediasystems KMS den Grundstein für das Projekt SIW gelegt.

Im Projekt SIW soll mit Hilfe des Hypermediasystems KMS eine interaktive Wissensbank in drei Phasen aufgebaut werden. In der ersten Phase, die vom 01.10.90 bis zum 31.06.91 durchgeführt wird, soll eine Experimentalwissensbank in einem sehr eng begrenzten Teilgebiet der Flugsicherung aufgebaut werden. In dieser Phase sollen grundlegende Techniken für Wissenserwerb und Wissensaufbau entwickelt werden. Die Möglichkeiten und Grenzen des ausgewählten Softwaresystems KMS sollen, auch anhand dieser Techniken, verdeutlicht werden. In der geplanten zweiten Phase soll eine umfangreiche Wissensbank vollständig entwickelt werden. Dabei sind in besonderem Maße die gewonnenen Erfahrungen bei der Entwicklung des Experimentalsystems und die sich ergebenden Anforderungen von Benutzerseite zu integrieren. In der abschließenden dritten Phase soll das entwickelte System installiert und im realen Einsatz getestet werden. Notwendige Anpassungen und zusätzliche Wünsche sollen dabei noch berücksichtigt werden.

Als zentrale Aufgabe steht die Entwicklung einer interaktiv zu benutzenden Wissensbank, in der fachliches Wissen aus Teilgebieten der Flugsicherung effizient rechnergestützt verwaltet werden soll. Die ständige Interaktion mit dem Benutzer beim "Durchblättern" erfordert in besonderem Maße eine adäquate Präsentation des gespeicherten Wissens. Beim Aufbau einer entsprechenden Wissensbank sind zum einen vorzufindende Darstellungsformen des Wissens, wie etwa zusammenhängender oder stichwortartiger Text, mathematische Formeln oder Bilder, zu berücksichtigen. Zum anderen sind die zu speichernde Domäne der Flugsicherung sowie qualitativ und quantitativ unterschiedliche Wissensquellen, wie etwa Bücher, Artikel, Bericht oder Notizen, von Interesse.

#### 3.3.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Nachfolgend wird sowohl auf das Vorprojekt PRO-SIW als auch auf die erste Phase des Projekts SIW eingegangen.

Ergebnis des Vorprojektes PRO-SIW war die schriftliche Ausarbeitung einer Studie. Darin sind die Ergebnisse der Analyse kommerzieller Hypermediasysteme anhand von ausgearbeiteten Vergleichskriterien und für das Projekt SIW spezifischen Anforderungen festgehalten. Zusätzlich wurden in der Studie gesamtkonzeptionelle Lösungsvorschläge beschrieben, die ein Hypermediasystem, unterstützende Software (Text-, Graphikeditoren, Texterkennungssoftware) und nützliche Peripheriegeräte (Laserdrucker, Scanner) umfassen. Abschließend wurde ein kurzer Überblick über mögliche Entwicklungen an der Benutzeroberfläche gegeben. Die vorgetragenen Analyseergebnisse und Empfehlungen sowie die erarbeiteten Lösungsvorschläge führten letztendlich zum Start des SIW-Projektes unter Verwendung des Hypermediasystems KMS.

Am Anfang des Projekts SIW wurde die erforderliche Hard- und Softwareumgebung aufgebaut. Inhaltlich wurden in Gesprächen verschiedene Strukturierungs- und Modellierungsmög-

lichkeiten mit KMS aufgezeigt. Diese werden als Ausgangsbasis für die konkrete Entwicklung des Experimentalsystems verwendet.

Die Untersuchung von Geschäftsbriefen im Rahmen des Projektes ALV führte zu unterschiedlichen Sichten auf den Inhalt. Eine logische Sicht, die in Form einer logische Struktur beschrieben wird, und eine Sicht in Bezug auf den syntaktischen Aufbau eines Dokuments, die mittels einer Layoutstruktur dargestellt wird. Diese Strukturierung kann ausgenutzt werden, um analysierte Geschäftsbriefe samt Analyseergebnisse mit Hilfe eines Hypermediasystems zu verwalten. Dabei können die Basiseinheiten von Hypermediasystemen als Speichermedien für den Inhalt logischer Objekte, oder Layoutobjekte, angesehen werden.

Innerhalb des SIW-Projekts werden Überlegungen angestellt, inwieweit die Dokumentanalyse eine Hilfestellung beim Füllen der Wissensbank geben kann. Denkbar ist eine Layoutanalyse von Wissensquellen, z.B. wissenschaftlichen Artikeln oder Teilen von Büchern, so daß die identifizierten Objekte direkt in das Hypermediasystem überführt werden.

### **3.3.2. Verknüpfung mit anderen DFKI-Projekten**

Die bestehenden Beziehungen zum Projekt ALV wurden inhaltlich vertieft. Dabei wird einerseits versucht, Erkenntnisse der Dokumentanalyse aus ALV für SIW zu nutzen. Andererseits sollen die Erfahrungen aus SIW helfen, die Speicherungs- und Präsentationsmöglichkeiten von Hypermediasystemen in ALV realistisch zu beurteilen.

### **3.3.3. Veröffentlichungen, Vorträge und Veranstaltungen**

Im Rahmen des Vorprojekts PRO-SIW wurde abschließend eine schriftliche Ausarbeitung der durchgeführten Arbeiten von R. Bleisinger, A. Dengel und F. Hönes verfaßt. Die Studie trägt den Titel "Softwaresysteme zur interaktiven Wissensverwaltung" und dient als Grundlage für die Durchführung des Projekt SIW.

### **3.3.4. Personalien**

Das Vorprojekt PRO-SIW startete im November 1989 mit den Mitarbeitern Dipl.-Inform. Rainer Bleisinger (Verantwortlicher) und Dr. rer. nat. Andreas Dengel. Ab Dezember verstärkte Dipl.-Inform. Frank Hönes die Arbeitsgruppe. Als Hilfskraft stand cand.-Inform. Michael Malburg zur Verfügung.

Das Projekt SIW begann im Oktober 1990 und wird von Dipl.-Inform. Rainer Bleisinger (0631-205-3216) als Projektleiter durchgeführt.

## 4. Ausblick auf weitere Projekte

In diesem Abschnitt wird ein Ausblick auf Projekte gegeben, deren Durchführung im kommenden Kalenderjahr beginnen soll.

### 4.1. Projekt HYDRA

#### 4.1.1. Projektbeschreibung und Projektziel

Das Ziel des HYDRA Projektes ist, den derzeitigen Stand der Kunst im Bereich des logischen Programmierens fortzuentwickeln. Das Projekt basiert auf dem Ansatz des "Constraint Logic Programming" mit den folgenden zentralen Eigenschaften:

- Prädikatenlogik der ersten Stufe dient als grundlegende konzeptuelle Basis.
- Problem-Spezifikationen sind logische Spezifikationen. Sie fixieren eine Menge von Formeln und eine Klasse von Strukturen, in denen die Formeln interpretiert werden.
- Problemlösung basiert auf kontrollierter Deduktion.
- Problemspezifikationen erlauben einheitliche Deduktionsstrategien beim Beweis von Aussagen.
- Spezialisierte Deduktionssysteme sind integriert als Teil eines constraint-Systems.
- Berechnung koinzidiert mit Ableitung.

Das Ziel des Projektes ist die Analyse, der Entwurf und die Implementierung eines hybriden Deduktionsarbeitsplatzes für logikbasiertes Problemlösen. Das angestrebte System wird die inkrementelle Konstruktion von komplexen Deduktionssystemen auf der Basis einfacherer Systeme erlauben. Es wird verschiedene eingebaute constraint-Systeme aufweisen, von denen einige spezialisiert sind auf Anwendungen im Bereich Wissensrepräsentation und Wissensverarbeitung. Die Vision hinter HYDRA ist eine Umgebung, in der man deduktive Problemlösungsmaschinen in ähnlicher Weise entwickelt wie man heute komplexe Programme aus einfachen entwickelt.

Eine große Schwierigkeit ist dabei kombinatorische Explosion. Da Probleme möglicherweise mit nicht-determinaten (z.B. verzweigenden) Ableitungsregeln gelöst werden, können die jeweiligen Suchräume sehr groß werden. Daher wird in HYDRA das Schwergewicht auf determinate (z.B. nicht-verzweigende) Ableitungsregeln gelegt. Das Ziel ist, starke determinate Deduktionskomponenten als constraint-Systeme bereitzustellen und die eingebauten Simplifikationsmechanismen für constraint-Systeme so zu erweitern, daß benutzerdefinierte und problemspezifische constraints behandelt werden können. Zwei dabei eingesetzte Techniken zur allgemeinen constraint-Propagierung sind "residuation" und "guarded rules".

Nichtsdestotrotz wird es immer noch die Möglichkeit indeterminater Ableitung in HYDRA geben, aber nur als letzter Weg, nachdem zahlreiche determinate Ableitungsversuche nicht erfolgreich waren. Verglichen mit konventionellen constraint-Lösungsarchitekturen wird HYDRA eine sehr viel reichere Struktur haben, um komplexe constraint-Systeme aus einfachen zu generieren.

Das primäre constraint-System in HYDFRA wird TFS sein, in dem rationale Baum-constraints (wie in Prolog II) mit feature-constraints, wie sie in Unifikationsgrammatiken und in der Wissensrepräsentation vorkommen, kombiniert werden. Constraint Simplifikation in TFS verallgemeinert sowohl Baumunifikation wie auch feature-Unifikation. Durch Integration dieser

beiden, anscheinend unvereinbaren Ansätze in einen einheitlichen Formalismus erhält man mehr als die Summe der Teile: Da beide constraint-Systeme über der gleichen Domäne arbeiten, kann der Benutzer gemischte Spezifikationen schreiben, die ausdrucksstärker sind und effizientere Ableitungen ergeben als jeder der Ansätze für sich allein

Die Instantiierung der HYDRA-Umgebung mit dem constraint-System TFS stellt daneben eine reiche, wenn auch primitive Form von verteiltem objektorientiertem logischen Programmieren mit Vererbung dar. Es ist eines der Hauptziele des HYDRA Projektes, das Potential dieser Ideen abzuschätzen und auf die Entwicklung einer Sprache für objektorientiertes logisches Problemlösen hinzusteuern.

Ein anderes Ziel von HYDRA ist die Integration von Konzepten, wie sie in der logikbasierten Wissensrepräsentation verwandt werden. Insbesondere sollen terminologische Beschreibungen bereitgestellt werden, die in hybriden Schlußfolgerungssystemen wie KL-ONE oder Krypton verwandt werden. Die zugrunde liegende Idee ist einfach: eine Menge terminologischer Axiome definiert ein constraint-System, dessen primitive constraints die Konzepte (unäre Prädikate) sind und das die Rollen (binäre Prädikate) in den möglichen Welten, die durch die Axiome definiert werden, interpretiert. Dann stellt sich constraint-Simplifikation als das dar, was unter dem Namen "assertional reasoning" bereits bekannt ist. Da terminologische constraints wie andere "konventionelle" constraints für die Konstruktion von komplexen Spezifikationen mit den zugehörigen Ableitungen benutzt werden können, erhält man ein reicheres System als die gegenwärtigen stand-alone Systeme für terminologisches Schließen.

Darüberhinaus erscheint es möglich, daß terminologische Axiome Referenzen zu anderen eingebauten constraint-Systemen enthalten können, was wiederum in größerer Ausdrucksstärke und gesteigerter deduktiver Mächtigkeit resultiert.

Viele der in HYDRA berücksichtigten Konzepte, einschließlich der Gesamtarchitektur, residuation, guarded rules, und der Hauptkomponenten des TFS, sind bereits ausreichend untersucht und verstanden worden, so daß ein ernsthafter Implementierungsversuch zum Beweis ihrer Praktikabilität gerechtfertigt ist. Daher wird im Rahmen von HYDRA ein auf einem abstrakten Maschinenkonzept basierendes Compilationssystem entworfen und implementiert werden.

#### **4.1.2. Projektorganisation**

Der geplante Fördermittelgeber für dieses Projekt ist das BMFT. HYDRA wird über eine Dauer von 4 Jahren durchgeführt, beginnend Mitte 1991. Projektleiter ist Prof. Dr. Gert Smolka. Es sollen insgesamt 5 wissenschaftliche Mitarbeiter und eine Halbtagssekretärin eingestellt werden.

Ansprechpartner: Prof.Dr. Gert Smolka

(0681-302-5312)

## 4.2. Projekt AKA-Mod

### 4.2.1. Projektbeschreibung und Projektziel

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.

Während in dem bereits gestarteten Teilprojekt WINO (Wissens- & Inferenz-Objektivierung; siehe auch Abschnitt 1.5.) sowie in den geplanten Teilprojekten NSP (nichtmonotones Schließen und Planen) sowie TSR (Time and Space Reasoning) die Untersuchung von Wissensrepräsentationsformalismen und Inferenzmechanismen relativ unabhängig von der Anwendung im Vordergrund stehen, sollen im Teilprojekt AKA-Mod die für die Modellierung von mehreren Agenten spezifischen Aspekte, insbesondere Interaktion, Kommunikation und Kontrolle untersucht, sowie konkrete Szenarien realisiert werden. Die Szenarien, und damit der Typ von Mehragentensystemen, die untersucht werden sollen, lassen sich grob folgendermaßen charakterisieren:

- Alle Agenten sind im Prinzip gleichberechtigt und die Gesamtlösung eines Problems ergibt sich ohne zentrale Planung automatisch aus der Interaktion der beteiligten Agenten. Lediglich zur Optimierung einer gefundenen Lösung kann ein zentralisierter Überwachungsmechanismus eingesetzt werden.
- Die Agenten sind kooperativ, d.h. sie versuchen Aufträge so gut wie möglich auszuführen. Bei mehreren Alternativen suchen sie sich jedoch die für sie persönlich günstigste Lösung heraus, was global ungünstig sein kann, so daß eventuell gegengesteuert werden muß.
- Die Agenten selbst sind von mittlerer Komplexität, d.h. komplexer als die Knoten in neuronalen Netzwerken, aber weniger komplex als etwa ein ganzes Expertensystem.

Konkret ergeben sich dabei folgende Bereiche, die zu untersuchen sind:

- Modellierung der Umwelt (allgemeines Weltwissen, Situationswissen, Repräsentation von Zeit und Raum etc.)
- Modellierung der einzelnen Agenten (epistemisches und autoepistemisches Wissen, Planungsmethoden etc.)
- Modellierung der Kommunikation und Kooperation (Kommunikationsprotokolle, Constraints denen sich die einzelnen Agenten unterwerfen müssen, damit ein vernünftiges Gesamtverhalten entsteht.)
- Optimierung von Problemlösungen (globales Monitoring, um ungünstiges Verhalten zu erkennen und gegebenenfalls gegenzusteuern.)

Als konkrete Szenarien, anhand derer diese Fragen untersucht werden sollen, sind insbesondere die Simulation einer Gruppe von Spediteuren mit unterschiedlicher Spezialisierung in Transportmitteln und Transportmöglichkeiten, sowie eine Gruppe von Robotfahrzeugen mit Ladeflächen und Manipulatoren. Letztere soll später auch im Rahmen eines anderen AKA-Teilprojektes durch echte Robotfahrzeuge realisiert werden.

Die Spediteure erhalten einen oder mehrere Transportaufträge, die über die Möglichkeiten und Kapazitäten eines einzelnen Spediteurs hinausgehen, und sollen die Aufträge gemeinsam planen und ausführen. Dabei können neben Transportkapazitäten und unterschiedlichen Transportmöglichkeiten (LKW, Bahn, Schiff, Flugzeug) insbesondere auch zeitliche

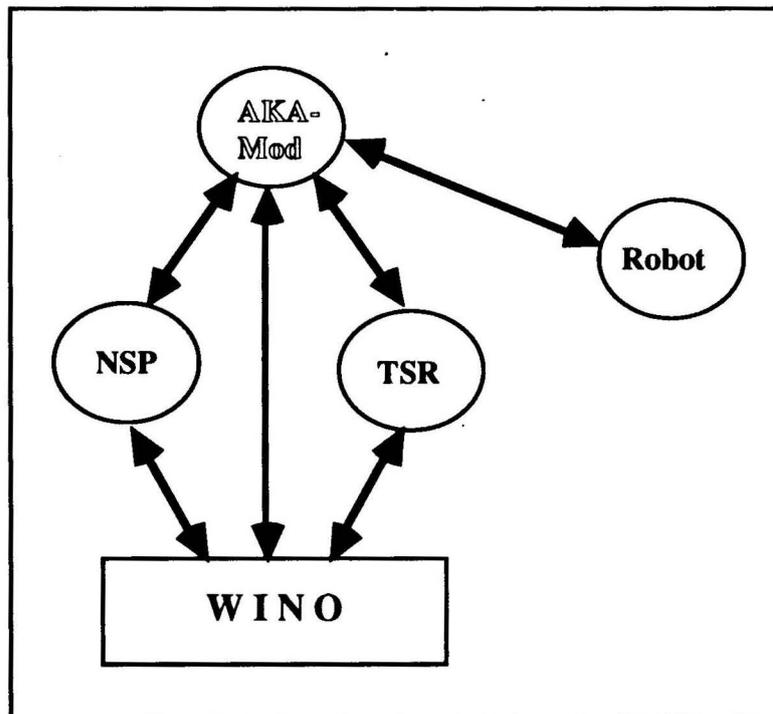
Beschränkungen (verderbliche Ware o.ä.) und eventuell räumliche Randbedingungen (Sitz der Spedition, Transportstrecken) eine Rolle spielen.

Die Robotfahrzeuggruppe besteht aus mehreren LKWs, Kränen und Gabelstaplern (etwa in der Verladestation einer Spedition). Sie sollen aus mehreren Kisten (Paletten) bestehendes Ladegut, von den Manipulatorfahrzeugen auf die Transportfahrzeuge verladen (und/oder von diesen abgeladen). Hier treten neben den Zuordnungsproblemen (welche Palette an welche Stelle auf welchen LKW usw.) insbesondere räumliche Beschränkungen: begrenzte Fläche, sich überschneidende Wegstrecken, Ladefläche etc.

Ein wichtiger, mittelfristig hinzukommender Forschungsaspekt ist die Untersuchung, inwieweit sich die vorgeschlagenen Verfahren für die Parallelverarbeitung eignen. Hierbei bietet sich an, einen Agenten durch einen Prozessor simulieren zu lassen. Da die Agenten relativ komplexe Einheiten sind, ist in erster Linie an eine Realisierung durch ein Netz von Workstations gedacht.

### Kurzdarstellung des Gesamtprojektes AKA

Die folgende Abbildung zeigt die Struktur des AKA-Projektes aus Sicht von AKA-Mod. Die hier beantragte Projektgruppe AKA-Mod liefert wesentlich die Anwendungsanforderungen für die darum gelagerten Projektgruppen. Diese befassen sich mit Aspekten des nicht-monotonen Schließen, Raum/Zeit- und nicht-klassischen Logiken für autonome kooperierende Agenten, der Weiterentwicklung und Betreuung der Roboter und mit der Kommunikation der Agenten mit dem Menschen und untereinander.



#### Projektgruppe: WISSENS- & INFERENZ-OBJEKTIVIERUNG (WINO)

In dieser, im Mai '89 installierten Projektgruppe, werden logische Grundlagen der Wissensrepräsentation untersucht. Im WINO-Projekt gehen man von folgenden Grundannahmen aus:

- Universelle Repräsentations- und Inferenztechniken wie Prädikatenlogik und Resolution sind für die meisten praktischen Anwendungen zu ineffizient
- Effizienz ist zu gewinnen, indem
  1. häufig vorkommende Konzepte unmittelbar in den Repräsentationsmechanismus integriert und dafür spezielle Inferenzmechanismen entwickelt werden, und
  2. Universalität soweit aufgegeben werden muß, daß einerseits die beabsichtigte Anwendung noch realisiert werden kann und andererseits für den eingeschränkten Fall effiziente Inferenzstrategien anwendbar sind.

Für welche Konzepte es sich lohnt, spezielle Techniken zu entwickeln, hängt von der jeweiligen Anwendung ab. In vielen KI-Projekten haben sich jedoch taxonomische Hierarchien als zentral erwiesen, sodaß sich daraus eigene Forschungsgebiete entwickelt haben (Sortenlogiken, KL-ONE, Concept Logics etc.). Insofern kann man davon ausgehen, daß sowohl im AKA-Projekt als auch in den anderen DFKI-Projekten die Repräsentation und die Verarbeitung taxonomischen Wissens notwendig ist. Darüberhinaus wird die Repräsentation von Raum-, Zeit- und Aktionswissen, sowie von Wissen über eigenes und fremdes Wissen von grundlegender Bedeutung für das AKA-Projekt sein.

#### Projektgruppe: NICHTMONOTONES SCHLIESSEN & PLANEN (NSP)

Im Rahmen des AKA-Projekts konzentrieren sich die Arbeiten auf nichtmonotones Schließen und Planen für kooperierende Agenten. Dabei spielen sowohl autoepistemisches Schließen als auch Aktionslogiken eine zentrale Rolle. Die Aufgabe dieser Gruppe besteht darin, mit Hilfe der im Projekt WINO realisierten Wissensrepräsentationstechniken Methoden zu entwickeln, um

- die internen Wissensbasen der Agenten mit der aktuellen Situation konsistent zu halten („reason maintenance systems“)
- Pläne zu generieren und bei unvermutet auftauchenden Problemen diese Pläne zu revidieren (nichtmonotones Planen)
- die Ausführung der Pläne zu kontrollieren.

Dabei werden Methoden des „non-monotonic reasoning“, „truth maintenance systems“ und „distributed planning“ nach Vorgaben der Projektgruppe AKA-Mod so weiterentwickelt, daß sie den spezifischen Problemen kooperierender Agenten angemessen sind.

#### Projektgruppe: TIME & SPACE REASONING (TSR)

Hier stehen Fragen zur Repräsentation von Raum und Zeit und dafür geeigneter Inferenzsysteme im Hinblick auf die dem AKA-Projekt zugrundeliegenden Anwendungen im Mittelpunkt der Untersuchungen. Dabei sollen nicht-klassische (z.B. Modal-, insbesondere Temporal-) Logiken und ihre Operationalisierung untersucht werden unter Berücksichtigung der Bedürfnisse des AKA-Projektes (und im Rahmen der DFKI-internen Kooperation mit anderen DFKI-Projekten).

#### Projektgruppe: KOOPERIERENDE ROBOTER (Robot)

Um das Gesamtkonzept autonome kooperierende Agenten zu testen, bietet es sich zunächst an, die Agenten selbst nur zu simulieren. Langfristig ist das jedoch sehr unbefriedigend, da Simulationen oft auf unnatürliche Vereinfachungen basieren, so daß eventuell relevante Probleme nicht erkannt werden.

Also müssen Agenten entwickelt werden, die Aktionen ausführen (Motorik), sowie die Wirkung der Aktionen beobachten (Sensorik) und an die Kontrolleinheit zurückmelden. Da mit

den MOBOT-Robotern [HP87, Hi87, HKP87] in der Universität Kaiserslautern schon entsprechendes Know-How vorliegt, bietet es sich an, diese Roboter weiterzuentwickeln und als Testbeispiele für reale Agenten zu benutzen. Diese können sowohl mit Ladeflächen, als auch mit einfachen Manipulatoren (Kran und Gabelstapler) ausgestattet werden. Möglicherweise könnten auch LKW-, Kran- und Staplermodelle (Bausätze, die mit Sensorik versehen werden können) durch die entsprechende Software ferngesteuert werden.

#### **4.2.2. Projektorganisation**

Der geplante Fördermittelgeber für dieses Projekt ist das BMFT. AKA-MOD wird über eine Dauer von 3 Jahren durchgeführt, beginnend Mitte 1991. Projektleiter ist Prof. Dr. Jörg Siekmann. Es sollen insgesamt 4 wissenschaftliche Mitarbeiter, ein Techniker und eine Halbtagssekretärin eingestellt werden.

Ansprechpartner: Prof.Dr. Jörg Siekmann

(0681-302-5275)

## 4.3. Projekt ASL

### 4.3.1. Projektbeschreibung und Projektziel

Das Projekt Architectures for Speech and Language (ASL) ist Teil eines großen Verbundvorhabens, in dem integrierte Systeme für die Verarbeitung von gesprochener Sprache entworfen und prototypisch implementiert werden sollen. Das Vorhaben soll die Kluft überwinden helfen, die heute noch zwischen den Forschungen zur gesprochenen Sprache und den Arbeiten zu natürlich-sprachlichen Systemen existiert. Diese Kluft ist eine natürliche Folge der Spezialisierung in der Forschung. Sie hat sich aus der Verschiedenheit der verwendeten Methoden ergeben, behindert aber mittlerweile den wissenschaftlichen und technologischen Fortschritt. Die integrierte Herangehensweise beruht auf der Hypothese, daß sich das bislang ungelöste Problem der Interpretation gesprochener Sprache nur durch die simultane Verarbeitung von Bedingungen aus allen Ebenen der Sprachverarbeitung beheben läßt.

ASL ist ein großes, vom BMFT organisiertes Forschungsvorhaben, an dem sich das DFKI beteiligen will. Es sind zwei Untergruppen geplant: (i) der "Nordverbund", dem es um die constraint-basierte Integration von Information aus allen Ebenen der Sprachverarbeitung geht; und (ii) der "Südverbund", der bestrebt sein wird, die besten Ergebnisse der bisherigen Forschung in ein integriertes System zu überführen.

Das DFKI hat sich im Rahmen eines Unterauftrags unter der Leitung von Prof. Dr. Walther von Hahn (Univ. Hamburg) bereits an einer Vorstudie zum ASL Vorhaben beteiligt. Im Rahmen dieser Vorstudie wurden am DFKI besonders die Möglichkeiten des Einsatzes von Methoden aus dem Forschungsgebiet Neuronale Netze untersucht. Darüberhinaus beteiligte sich das DFKI unter der Leitung von Dr. John Nerbonne und Prof. Dr. Hans Uszkoreit an der Projektdefinition des "Nordverbundes".

Dieser Verbund, der wieder von Prof. von Hahn koordiniert wird, schließt Gruppen mehrerer Universitäten, der Siemens AG (Forschung und Entwicklung) und IBM Deutschlands (Institut für Wissensbasierte Systeme) ein.

Die geplante DFKI Beteiligung umfaßt drei Schwerpunkte:

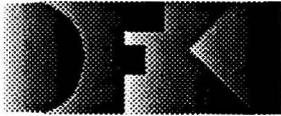
- der Schwerpunkt kontextnahe Semantik entwirft eine logische Sprache zur Bedeutungsrepräsentation und sorgt dafür, daß syntaktische und phonologische Strukturen in diese abgebildet werden. Er betreut außerdem Schnittstellen zur Wissensrepräsentation, Wissensverarbeitung und Pragmatik. Hauptanliegen dieser Gruppe ist die erfolgreiche Integration von verschiedenen Informationsarten in die Semantik, z.B. die Resolution von Ambiguitäten.
- im Schwerpunkt Formalismen soll eine Familie von stark integrierten Repräsentationssprachen entwickelt werden. Im linguistischen Formalismus soll phonologische, syntaktische und semantische Information ausgedrückt werden können. Zudem werden alternative Verarbeitungsstrategien untersucht, z.B. die Verwendung von Präferenzen.
- im dritten Schwerpunkt wird der Einsatz konnektionistischer Modelle in der Sprachverarbeitung untersucht. Diese Modelle kommen sowohl auf der Ebene der signalnahen Sprachverarbeitung wie der Phonem- und Worterkennung zum Tragen als auch auf der tieferliegenden semantischen Ebene.





## Namensverzeichnis

Andre 61  
 Baader 52  
 Backofen 38  
 Barth 3  
 Bauer 43  
 Bayer 78  
 Bensch 29; 82  
 Berger 74  
 Bergmann 84  
 Bernardi 29  
 Biundo 42  
 Bleisinger 86  
 Boley 29  
 Bürckert 52  
 Burt 69  
 Busemann 38  
 Dengel 15; 78  
 Dengler 43  
 Dietel 69  
 Fehrle 74  
 Fein 15  
 Feith 69  
 Finkler 61  
 Graf 61  
 Hanschke 29  
 Harbusch 61  
 Haugeneder 69  
 Hecking 43  
 Heinsohn 61  
 Hess 69  
 Hinkelmann 29  
 Hollunder 52  
 Hönes 78  
 Jacquinet 43; 61; 74  
 Kilgore 52  
 Klauck 29  
 Krieger 38  
 Kühn 29; 84  
 Legleitner 29  
 Lux 69  
 Mahling 69  
 Mandler 78  
 Merziger 43  
 Meyer 29  
 Müller 52  
 Nebel 61  
 Nerbonne 38; 94  
 Netter 38  
 Nutt 52  
 Olthoff 7; 71  
 Profitlich 61  
 Reinhard 69  
 Richter 29; 82  
 Riehm 38  
 Rist 61  
 Rohr 84  
 Schauder 61  
 Scheidhauer 69  
 Scheller-Houy 69  
 Schmalhofer 29; 84  
 Schmidt 29; 69  
 Schölles 74  
 Schreiner 61  
 Schürmann 78  
 Schweitzer 69  
 Siekmann 92  
 Smolka 88  
 Sommer 29  
 Steiner 69  
 Thies 74  
 Trost 38  
 Uszkoreit 38; 94  
 Wahlster 42; 61; 74  
 Wendl 3  
 Wernicke 82  
 Wiczorek 29



**Deutsches  
Forschungszentrum  
für Künstliche  
Intelligenz GmbH**

**DFKI  
-Bibliothek-  
Stuhlsatzenhausweg 3  
6600 Saarbrücken 11  
FRG**

## DFKI Publikationen

Die folgenden DFKI Veröffentlichungen oder die aktuelle Liste von erhältlichen Publikationen können bezogen werden von der oben angegebenen Adresse.

## DFKI Publications

The following DFKI publications or the list of currently available publications can be ordered from the above address.

---

## DFKI Research Reports

**RR-90-01**

*Franz Baader*

### Terminological Cycles in KL-ONE-based Knowledge Representation Languages

33 pages

**Abstract:** Cyclic definitions are often prohibited in terminological knowledge representation languages, because, from a theoretical point of view, their semantics is not clear and, from a practical point of view, existing inference algorithms may go astray in the presence of cycles. In this paper we consider terminological cycles in a very small KL-ONE-based language. For this language, the effect of the three types of semantics introduced by Nebel (1987, 1989, 1989a) can be completely described with the help of finite automata. These descriptions provide a rather intuitive understanding of terminologies with cyclic definitions and give insight into the essential features of the respective semantics. In addition, one obtains algorithms and complexity results for subsumption determination. The results of this paper may help to decide what kind of semantics is most appropriate for cyclic definitions, not only for this small language, but also for extended languages. As it stands, the greatest fixed-point semantics comes off best. The characterization of this semantics is easy and has an obvious intuitive interpretation. Furthermore, important constructs – such as value-restriction with respect to the transitive or reflexive-transitive closure of a role – can easily be expressed.

**RR-90-02**

*Hans-Jürgen Bürckert*

### A Resolution Principle for Clauses with Constraints

25 pages

**Abstract:** We introduce a general scheme for handling clauses whose variables are constrained by an underlying constraint theory. In general, constraints can be seen as quantifier restrictions as they filter out the values that can be assigned to the variables of a clause (or an arbitrary formulae with restricted universal or existential quantifier) in any of the models of the constraint theory. We present a resolution principle for clauses with constraints, where unification is replaced by testing constraints for satisfiability over the constraint theory. We show that this constrained resolution is sound and complete in that a set of clauses with constraints is unsatisfiable over the constraint theory iff we can deduce a constrained empty clause for each model of the constraint theory, such that the empty clause constraint is satisfiable in that model. We show also that we cannot require a better result in general, but we discuss certain tractable cases, where we need at most finitely many such empty clauses or even better only one of them as it is known in classical resolution, sorted resolution or resolution with theory unification.

**RR-90-03***Andreas Dengel & Nelson M. Mattos***Integration of Document Representation, Processing and Management**

18 pages

**Abstract:** This paper describes a way for document representation and proposes an approach towards an integrated document processing and management system. The approach has the intention to capture essentially freely structured documents, like those typically used in the office domain. The document analysis system ANASTASIL is capable to reveal the structure of complex paper documents, as well as logical objects within it, like receiver, footnote, date. Moreover, it facilitates the handling of the containing information. Analyzed documents are stored by the management system KRISYS that is connected to several different subsequent services. The described integrated system can be considered as an ideal extension of the human clerk, making his tasks in information processing easier. The symbolic representation of the analysis results allow an easy transformation in a given international standard, e.g., ODA/ODIF or SGML, and to interchange it via global network.

**RR-90-04***Bernhard Hollunder & Werner Nutt***Subsumption Algorithms for Concept Languages**

34 pages

**Abstract:** We investigate the subsumption problem in logic-based knowledge representation languages of the KL-ONE family and give decision procedures. All our languages contain as a kernel the logical connectives conjunction, disjunction, and negation for concepts, as well as role quantification. The algorithms are rule-based and can be understood as variants of tableaux calculus with a special control strategy. In the first part of the paper, we add number restrictions and conjunction of roles to the kernel language. We show that subsumption in this language is decidable, and we investigate sublanguages for which the problem of deciding subsumption is PSPACE-complete. In the second part, we amalgamate the kernel language with feature descriptions as used in computational linguistics. We show that feature descriptions do not increase the complexity of the subsumption problem.

**RR-90-05***Franz Baader***A Formal Definition for the Expressive Power of Knowledge Representation Languages**

22 pages

**Abstract:** The notions "expressive power" or "expressiveness" of knowledge representation languages (KR-languages) can be found in most papers on knowledge representation; but these terms are usually just used in an intuitive sense. The papers contain only informal descriptions of what is meant by expressiveness. There are several reasons which speak in favour of a formal definition of expressiveness: For example, if we want to show that certain expressions in one language *cannot* be expressed in another language, we need a strict formalism which can be used in mathematical proofs. Though we shall only consider KL-ONE-based KR-language in our motivation and in the examples, the definition of expressive power which will be given in this paper can be used for all KR-languages with model-theoretic semantics. This definition will shed a new light on the tradeoff between expressiveness of a representation language and its computational tractability. There are KR-languages with identical expressive power, but different complexity results for reasoning. Sometimes, the tradeoff lies between convenience and computational tractability. The paper contains several examples which demonstrate how the definition of expressive power can be used in positive proofs – that is, proofs where it is shown that one language can be expressed by another language – as well as for negative proofs – which show that a given language cannot be expressed by the other language.

**RR-90-06***Bernhard Hollunder***Hybrid Inferences in KL-ONE-based Knowledge Representation Systems**

21 pages

**Abstract:** We investigate algorithms for hybrid inferences in KL-ONE-based knowledge representation systems. Those systems employ two kinds of formalisms: the terminological and the assertional formalism. The terminological formalism consists of a concept description language to define concepts and relations between concepts for describing a terminology. On the other hand, the assertional formalism allows to introduce objects, which are instances of concepts and relations of a terminology. We present algorithms for hybrid inferences such as

- determining subsumption between concepts
- checking the consistency of such a knowledge base
- computing the most specialized concepts an object is instance of
- computing all objects that are instances of a certain concept.

**RR-90-07**

*Elisabeth André, Thomas Rist*

### Wissensbasierte Informationspräsentation: Zwei Beiträge zum Fachgespräch Graphik und KI

1. Ein planbasierter Ansatz zur Synthese illustrierter Dokumente
2. Wissensbasierte Perspektivenwahl für die automatische Erzeugung von 3D-Objektdarstellungen

24 pages

**Abstract:** Teil 1: Obwohl die Erzeugung multimodaler Dokumente in der KI-Forschung zunehmendes Interesse findet, werden in den meisten Systemen Text- und Graphik weitgehend unabhängig voneinander aufgebaut und stehen daher beziehungslos nebeneinander. In dieser Arbeit wird von der Überlegung ausgegangen, daß nicht nur die Erzeugung von Texten, sondern auch die Erzeugung multimodaler Dokumente als kommunikative Handlung zur Erreichung von Zielen aufgefaßt werden kann. Für die Realisierung eines Systems, das selbstständig illustrierte Dokumente erstellt, bietet sich daher ein planbasierter Ansatz an. Es wird zunächst gezeigt, daß die in der Textlinguistik gebräuchliche Unterscheidung zwischen Haupt- und Nebenhandlungen auch für Text-Bild-Kombinationen geeignet ist. Von dieser Unterscheidung ausgehend werden Strategien formuliert, die sich sowohl auf die Erzeugung von Text als auch auf den Aufbau von Bildern beziehen. Die gemeinsame Planung von Text und Bild wird als grundlegende Voraussetzung angesehen, die beiden Modi in einem Dokument aufeinander abzustimmen.

Teil 2: Aus welcher Perspektive ein Objekt gezeigt werden soll, ist eine der elementaren Fragen, die sich bei der automatischen Erzeugung von 3D-Darstellungen stellt, die aber in den wenigen Systemen, die graphische Objektdarstellungen selbstständig planen, bisher vernachlässigt wurde. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, aufzuzeigen, wie sich Wissen über Objekte und Darstellungstechniken verwenden läßt, um die Menge der möglichen Perspektiven, aus denen ein Objekt gesehen und gezeigt werden kann, sinnvoll einzuschränken. Als Grundlage zur Perspektivenwahl schlagen wir ein Bezugssystem vor, das eine Einteilung der Perspektiven in 26 Klassen nahelegt und das darüberhinaus Vorteile bietet, wenn gewählte Perspektiven natürlichsprachlich zu beschreiben sind. Anschließend führen wir einige für die Perspektivenwahl relevante Kriterien an. Diese Kriterien werden dann zur Formulierung von Regeln herangezogen, die wir dazu verwenden, um in einer konkreten Präsentationssituation eine geeignete Perspektive zu bestimmen.

**RR-90-08**

*Andreas Dengel*

### A Step Towards Understanding Paper Documents

25 pages

**Abstract:** This report focuses on analysis steps necessary for a paper document processing. It is divided in three major parts: a document image preprocessing, a knowledge-based geometric classification of the image, and a expectation-driven text recognition. It first illustrates the several low level image processing procedures providing the physical document structure of a scanned document image. Furthermore, it describes a knowledge-based approach, developed for the identification of logical objects (e.g., sender or the footnote of a letter) in a document image. The logical identifiers provide a context-restricted consideration of the containing text. While using specific logical dictionaries, a expectation-driven text recognition is possible to identify text parts of specific interest. The system has been implemented for the analysis of single-sided business letters in Common Lisp on a SUN 3/60 Workstation. It is running for a large population of different letters. The report also illustrates and discusses examples of typical results obtained by the system.

**RR-90-09***Susanne Biundo***Plan Generation Using a Method of Deductive Program Synthesis**

17 pages

**Abstract:** In this paper we introduce a planning approach based on a method of deductive program synthesis. The program synthesis system we rely upon takes first-order specifications and from these derives recursive programs automatically. It uses a set of transformation rules whose applications are guided by an overall strategy. Additionally several heuristics are involved which considerably reduce the search space. We show by means of an example taken from the blocks world how even recursive *plans* can be obtained with this method. Some modifications of the synthesis strategy and heuristics are discussed, which are necessary to obtain a powerful and automatic planning system. Finally it is shown how subplans can be introduced and generated separately.

**RR-90-10***Franz Baader, Hans-Jürgen Bürckert, Bernhard Hollunder, Werner Nutt, Jörg H. Siekmann***Concept Logics**

26 pages

**Abstract:** Concept languages (as used in BACK, KL-ONE, KRYPTON, LOOM) are employed as knowledge representation formalisms in Artificial Intelligence. Their main purpose is to represent the generic concepts and the taxonomical hierarchies of the domain to be modeled. This paper addresses the combination of the fast taxonomical reasoning algorithms (e.g. subsumption, the classifier etc.) that come with these languages and reasoning in first order predicate logic. The interface between these two different modes of reasoning is accomplished by a new rule of inference, called *constrained resolution*. Correctness, completeness as well as the decidability of the constraints (in a restricted constraint language) are shown.

**RR-90-11***Elisabeth André, Thomas Rist***Towards a Plan-Based Synthesis of Illustrated Documents**

14 pages

**Abstract:** A major drawback of existing systems for the synthesis of multimodal documents is that they generate textual and graphical parts mostly independently of each other. Consequently, the relation between text and graphics remains opaque in such documents. This report starts from the assumption that not only the generation of text, but also the generation of multimodal documents can be considered as a communicative act in the achievement of certain goals. A plan-based approach seems adequate for the realization of a system able to automatically generate illustrated documents. First, we show that the distinction between main and subsidiary acts proposed by textlinguists is also suitable for text-picture-combinations. Starting from this distinction, we formulate strategies which relate both to text and picture production. The joint planning of text and pictures is regarded as a fundamental prerequisite for the coordination of different modes.

**RR-90-12***Harold Boley***Declarative Operations on Nets**

43 pages

**Abstract:** To increase the expressiveness of knowledge representations, the graph-theoretical basis of semantic networks is reconsidered. Directed labeled graphs are generalized to directed recursive labelnode hypergraphs, which permit a most natural representation of multi-level structures and n-ary relationships. This net formalism is embedded into the relational/functional programming language RELFUN. Operations on (generalized) graphs are specified in a declarative fashion to enhance readability and maintainability. For this, nets are represented as nested RELFUN terms kept in a normal form by rules associated directly with their constructors. These rules rely on equational axioms postulated in the formal definition of the generalized graphs as a constructor algebra. Certain kinds of sharing in net diagrams are mirrored by binding common subterms to logical variables. A package of declarative transformations on net terms is developed. It includes generalized set operations, structure-

reducing operations, and extended path searching. The generation of parts lists is given as an application in mechanical engineering. Finally, imperative net storage and retrieval operations are discussed.

**RR-90-13***Franz Baader***Augmenting Concept Languages by Transitive Closure of Roles: An Alternative to Terminological Cycles**

40 pages

**Abstract:** In Baader (1990a,1990b), we have considered different types of semantics for terminological cycles in the concept language FL<sub>0</sub> which allows only conjunction of concepts and value restrictions. It turned out that greatest fixed-point semantics (gfp-semantics) seems to be most appropriate for cycles in this language. In the present paper we shall show that the concept defining facilities of FL<sub>0</sub> with cyclic definitions and GFP-semantics can also be obtained in a different way. One may replace cycles by role definitions involving union, composition, and transitive closure of roles. This proposes a way of retaining, in an extended language, the pleasant features of GFP-semantics for FL<sub>0</sub> with cyclic definitions without running into the troubles caused by cycles in larger languages. Starting with the language ALC of Schmidt-Schauß&Smolka (1988) – which allows negation, conjunction and disjunction of concepts as well as value restrictions and exists-in restrictions – we shall disallow cyclic concept definitions, but instead shall add the possibility of role definitions involving union, composition, and transitive closure of roles. In contrast to other terminological KR-systems which incorporate the transitive closure operator for roles, we shall be able to give a sound and complete algorithm for concept subsumption. Surprisingly, this algorithm can also be used to decide subsumption with respect to concept equations, i.e., arbitrary equational axioms of the form  $C = D$  where C and D are concept terms. This is so because concept terms of our extended language can be used to encode finite sets of concept equations.

**RR-90-14***Franz Schmalhofer, Otto Kühn, Gabriele Schmidt***Integrated Knowledge Acquisition from Text, Previously Solved Cases, and Expert Memories**

20 pages

**Abstract:** Within the model-based knowledge engineering framework, an integrated knowledge acquisition method was developed for a complex real-world domain with different traces of expertise. By having an expert constructively explain the previously solved cases with more general information from other traces of expertise (text, expert memories) a model-centered knowledge base is constructed. The proposed method allows for an early knowledge verification where the relevance, sufficiency, redundancy, and consistency of knowledge are already assessed at an informal level. The early knowledge verification efficiently prepares the consecutive knowledge formalization. Through a cognitively adequate model of expertise and the explanation-oriented knowledge elicitation procedures, user friendly second generation expert systems may be developed.

**RR-90-15***Harald Trost***The Application of Two-level Morphology to Non-concatenative German Morphology**

13 pages

**Abstract:** In this paper I describe a hybrid system for morphological analysis and synthesis. This system consists of two parts. The treatment of morphonology and non-concatenative morphology is based on the two-level approach proposed by Koskenniemi (1983). For the concatenative part of morphosyntax (i.e. affixation) a grammar based on feature-unification is made use of. Both parts rely on a morph lexicon. Combinations of two-level morphology with feature-based morphosyntactic grammars have already been proposed by several authors (c.f. Bear 1988a, Carson 1988, Görz & Paulus 1988, Schiller & Steffens 1989) to overcome the shortcomings of the continuation-classes originally proposed by Koskenniemi (1983) and Karttunen (1983) for the description of morphosyntax. But up to now no linguistically satisfying solution has been proposed for the treatment of non-concatenative morphology in such a framework. In this paper I describe an extension to the model which will allow for the description of such phenomena. Namely it is proposed to restrict the applicability of two-level rules by providing them with filters in the form of feature structures. It is

demonstrated how a well-known problem of German morphology, so-called "Umlautung", can be described in this approach in a linguistically motivated and efficient way.

**RR-90-16**

*Franz Baader, Werner Nutt*

### Adding Homomorphisms to Commutative/Monoidal Theories, or: How Algebra Can Help in Equational Unification

25 pages

**Abstract:** Two approaches to equational unification can be distinguished. The syntactic approach relies heavily on the syntactic structure of the identities that define the equational theory. The semantic approach exploits the structure of the algebras that satisfy the theory. With this paper we pursue the semantic approach to unification. We consider the class of theories for which solving unification problems is equivalent to solving systems of linear equations over a semiring. This class has been introduced by the authors independently of each other as commutative theories (Baader) and monoidal theories (Nutt). The class encompasses important examples like the theories of abelian monoids, idempotent abelian monoids, and abelian groups. We identify a large subclass of commutative/monoidal theories that are of unification type zero by studying equations over the corresponding semiring. As a second result, we show with methods from linear algebra that unitary and finitary commutative/monoidal theories do not change their unification type when they are augmented by a finite monoid of homomorphisms, and how algorithms for the extended theory can be obtained from algorithms for the basic theory. The two results illustrate how using algebraic machinery can lead to general results and elegant proofs in unification theory.

**RR-91-01**

*Franz Baader, Hans-Jürgen Bürckert, Bernhard Nebel, Werner Nutt, and Gert Smolka*

### On the Expressivity of Feature Logics with Negation, Functional Uncertainty, and Sort Equations

20 pages

**Abstract:** Feature logics are the logical basis for so-called unification grammars studied in computational linguistics. We investigate the expressivity of feature terms with complements and the functional uncertainty construct needed for the description of long-distance dependencies and obtain the following results: satisfiability of feature terms is undecidable, sort equations can be internalized, consistency of sort equations is decidable if there is at least one atom, and consistency of sort equations is undecidable if there is no atom.

**RR-91-02**

*Francesco Donini, Bernhard Hollunder, Maurizio Lenzerini, Alberto Marchetti Spaccamela, Daniele Nardi, Werner Nutt*

### The Complexity of Existential Quantification in Concept Languages

22 pages

**Abstract:** Much of the research on concept languages, also called terminological languages, has focused on the computational complexity of subsumption. The intractability results can be divided into two groups. First, it has been shown that extending the basic language FL- with constructs containing some form of logical disjunction leads to co-NP-hard subsumption problems. Second, adding negation to FL- makes subsumption PSPACE-complete. The main result of this paper is that extending FL- with unrestricted existential quantification makes subsumption NP-complete. This is the first proof of intractability for a concept language containing no construct expressing disjunction - whether explicitly or implicitly. Unrestricted existential quantification is therefore, alongside disjunction, a source of computational complexity in concept languages.

**RR-91-03**

*Bernd Hollunder, Franz Baader*

### Qualifying Number Restrictions in Concept Languages

34 pages

**Abstract:** We investigate the subsumption problem in logic-based knowledge representation languages of the KL-ONE family. The language presented in this paper provides the constructs for conjunction, disjunction, and negation of concepts, as well as qualifying number restrictions. The latter ones generalize the well-known role quantifications (such as value restrictions) and ordinary number restrictions, which are present in almost all KL-ONE based systems. Until now, only little attempts were made to integrate qualifying number restrictions into concept languages. It turns out that all known subsumption algorithms which try to handle these constructs are incomplete, and thus detecting only few subsumption relations between concepts. We present a subsumption algorithm for our language which is sound and complete. Subsequently we discuss why the subsumption problem in this language is rather hard from a computational point of view. This leads to an idea of how to recognize concepts which cause tractable problems.

**RR-91-04**

*Harald Trost*

## **X2MORF: A Morphological Component Based on Augmented Two-Level Morphology**

19 pages

**Abstract:** In this paper I describe X2MORF, a language-independent morphological component for the recognition and generation of word forms based on a lexicon of morphs. The approach is an extension of two-level morphology. The extensions are motivated by linguistic examples which call into question an underlying assumption of standard two-level morphology, namely the independence of morphophonology and morphology as exemplified by two-level rules and continuation classes. Accordingly, I propose a model which allows for interaction between the two parts. Instead of using continuation classes, word formation is described in a feature-based unification grammar. Two-level rules are provided with a morphological context in the form of feature structures. Information contained in the lexicon and the word formation grammar guides the application of two-level rules by matching the morphological context against the morphs. I present an efficient implementation of this model where rules are compiled into automata (as in the standard model) and where processing of the feature-based grammar is enhanced using an automaton derived from that grammar as a filter.

**RR-91-05**

*Wolfgang Wahlster, Elisabeth André, Winfried Graf, Thomas Rist*

## **Designing Illustrated Texts: How Language Production is Influenced by Graphics Generation.**

17 pages

**Abstract:** Multimodal interfaces combining, e.g., 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, e.g., in the text-picture combinations of illustrated documents. It is an important goal of this research not simply to merge the verbalization results of a natural language generator and the visualization results of a knowledge-based graphics generator, but to carefully coordinate graphics and text in such a way that they complement each other. We describe the architecture of the knowledge-based presentation system WIP which guarantees a design process with a large degree of freedom that can be used to tailor the presentation to suit the specific context. In WIP, decisions of the language generator may influence graphics generation and graphical constraints may sometimes force decisions in the language production process. In this paper, we focus on the influence of graphical constraints on text generation. In particular, we describe the generation of cross-modal references, the revision of text due to graphical constraints and the clarification of graphics through text.

**RR-91-06**

*Elisabeth André, Thomas Rist*

## **Synthesizing Illustrated Documents A Plan-Based Approach**

13 pages

**Abstract:** The aim of our work is to develop a system able to generate documents in which text and pictures are smoothly integrated. Such tailoring requires knowledge concerning the functions of textual and pictorial document parts and the relations between them. We start from the assumption that not only the

generation of text, but also the generation of multimodal documents can be considered as a sequence of communicative acts which aim to achieve certain goals. Based on textlinguistic work, the structure of an illustrated document is described by the hierarchical order of communicative acts and the relations between them. In view of the generation of text-picture combinations, we have examined relations which frequently occur between text passages and pictures, or between the parts of a picture. For the automated generation of illustrated documents, we propose a plan-based approach. To represent knowledge about presentation techniques, we have designed presentation strategies which relate to both text and picture production. Finally, we show by example how a document fragment is synthesized.

**RR-91-07**

*Günter Neumann & Wolfgang Finkler*

### A Head-Driven Approach to Incremental and Parallel Generation of Syntactic Structures

13 pages

**Abstract:** This paper describes the construction of syntactic structures within an incremental multi-level and parallel generation system. Incremental and parallel generation imposes special requirements upon syntactic description and processing. A head-driven grammar represented in a unification-based formalism is introduced which satisfies these demands. Furthermore the basic mechanisms for the parallel processing of syntactic segments are presented.

**RR-91-08**

*Wolfgang Wahlster, Elisabeth André, Som Bandyopadhyay,  
Winfried Graf, Thomas Rist*

### WIP: The Coordinated Generation of Multimodal Presentations from a Common Representation

23 pages

**Abstract:** The task of the knowledge-based presentation system WIP is the generation of a variety of multimodal documents from an input consisting of a formal description of the communicative intent of a planned presentation. WIP generates illustrated texts that are customized for the intended audience and situation. We present the architecture of WIP and introduce as its major components the presentation planner, the layout manager, the text generator and the graphics generator. An extended notion of coherence for multimodal documents is introduced that can be used to constrain the presentation planning process. The paper focuses on the coordination of contents planning and layout that is necessary to produce a coherent illustrated text. In particular, we discuss layout revisions after contents planning and the influence of layout constraints on text generation. We show that in WIP the design of a multimodal document is viewed as a non-monotonic planning process that includes various revisions of preliminary results in order to achieve a coherent output with an optimal media mix.

**RR-91-09**

*Hans-Jürgen Bürckert, Jürgen Müller, Achim Schupeta*

### RATMAN and its Relation to Other Multi-Agent Testbeds

31 pages

**Abstract:** RATMAN (Rational Agents Testbed for Multi Agent Networks) is a workbench for the definition and testing of *rational* agents in multi-agent environments. The special feature of RATMAN is the specification of such agents with hierarchical knowledge bases comprising all knowledge levels from sensoric knowledge to learning capabilities. In all levels only knowledge representation languages have to be used which are based on logic. On each knowledge level the designer may choose the granularity of knowledge for the agent to be designed and moreover he may decide whether the agent should have a certain skill at all. Thus it will be possible to construct a society of very heterogeneous agents from expert systems on one side of the spectrum to simple reactive agents on the other side. Since the aim of such a testbed is to get more insight in the behavior of intelligent agents' cooperating actions, RATMAN is providing a set of statistical and documentational features. In the second part other approaches to multi-agents environments are presented. AF, MACE, AGORA and MAGES are first characterized by their main features. Then their specialities are discussed and finally the borders with respect to RATMAN are considered.

**RR-91-11**  
*Bernhard Nebel*

## Belief Revision and Default Reasoning: Syntax-Based Approaches

31 pages

**Abstract:** Belief revision leads to {\em temporal nonmonotonicity}, i.e., the set of beliefs does not grow monotonically with time. Default reasoning leads to {\em logical nonmonotonicity}, i.e., the set of consequences does not grow monotonically with the set of premises. The connection between these forms of nonmonotonicity will be studied in this paper focusing on syntax-based approaches. It is shown that a general form of syntax-based belief revision corresponds to a special kind of partial meet revision in the sense of variants of logics for default reasoning. Additionally, the computational complexity of the membership problem in revised belief sets and of the equivalent problem of derivability in default logics is analyzed, which turns out to be located at the lower end of the polynomial hierarchy.

## DFKI Technical Memos

**TM-89-01**  
*Susan Holbach-Weber*

## Connectionist Models and Figurative Speech

27 pages

**Abstract:** This paper contains an introduction to connectionist models. Then we focus on the question of how novel figurative usages of descriptive adjectives may be interpreted in a structured connectionist model of conceptual combination. The suggestion is that inferences drawn from an adjective's use in familiar contexts form the basis for all possible interpretations of the adjective in a novel context. The more plausible of the possibilities, it is speculated, are reinforced by some form of one-shot learning, rendering the interpretative process obsolete after only one (memorable) encounter with a novel figure of speech.

**TM-90-01**  
*Som Bandyopadhyay*

## Towards an Understanding of Coherence in Multimodal Discourse

18 pages

**Abstract:** An understanding of coherence is attempted in a multimodal framework where the presentation of information is composed of both text and picture segments (or, audio-visuals in general). Coherence is characterised at three levels: coherence at the syntactic level which concerns the linking mechanism of the adjacent discourse segments at the surface level in order to make the presentation valid; coherence at the semantic level which concerns the linking of discourse segments through some semantic ties in order to generate a wellformed thematic organisation; and, coherence at the pragmatic level which concerns effective presentation through the linking of the discourse with the addressees' preexisting conceptual framework by making it compatible with the addressees' interpretive ability, and linking the discourse with the purpose and situation by selecting a proper discourse typology. A set of generalised coherence relations are defined and explained in the context of picture-sequence and multimodal presentation of information.

**TM-90-02**  
*Jay C. Weber*

## The Myth of Domain-Independent Persistence

18 pages

**Abstract:** The *frame problem* can be reduced to the problem of inferring the non-existence of causes for change. This paper concerns how these non-existence inferences are made, and shows how many popular approaches lack generality because they rely on a domain-independent assumption of occurrence omniscience. Also, this paper shows how to represent and use appropriate domain-dependent knowledge in three successively more expressive versions, where the causal theories are deductive, non-monotonic, and statistical.

TM-90-03

*Franz Baader, Bernhard Hollunder****KRIS* : Knowledge Representation and Inference System****-System Description-**

15 pages

**Abstract:** The knowledge representation system KL-ONE first appeared in 1977. Until then many systems based on the idea of KL-ONE have been built. The formal model-theoretic semantics which has been introduced for KL-ONE languages provides means for investigating soundness and completeness of inference algorithms. It turned out that almost all implemented KL-ONE systems such as BACK, KL-TWO, LOOM, NIKL, SB-ONE use sound but incomplete algorithms. Until recently, sound *and* complete algorithms for the basic reasoning facilities in these systems such as consistency checking, subsumption checking (classification) and realization were only known for rather trivial languages. However, in the last two years concept languages (term subsumption languages) have been thoroughly investigated. As a result of these investigations it is now possible to provide sound and complete algorithms for relatively large concept languages.

In this paper we describe *KRIS* which is an implemented prototype of a KL-ONE system where all reasoning facilities are realized by sound and complete algorithms. This system can be used to investigate the behaviour of sound and complete algorithms in practical applications (and not just in toy examples). Hopefully, this may shed a new light on the usefulness of complete algorithms for practical applications, even if their worst case complexity is NP or worse. *KRIS* provides a very expressive concept language, an assertional language, and sound and complete algorithms for reasoning. We have chosen the concept language such that it contains most of the constructs used in KL-ONE systems with the obvious restriction that the interesting inferences such as consistency checking, subsumption checking, and realization are decidable. The assertional language is similar to languages normally used in such systems. The reasoning component of *KRIS* depends on sound and complete algorithms for reasoning facilities such as consistency checking, subsumption checking, retrieval, and querying.

TM-90-04

*Franz Baader, Hans-Jürgen Bürckert, Jochen Heinsohn, Bernhard Hollunder, Jürgen Müller, Bernhard Nebel, Werner Nutt, Hans-Jürgen Profitlich***Terminological Knowledge Representation: A Proposal for a Terminological Logic**

7 pages

**Abstract:** This paper contains a proposal for a terminological logic. The formalisms for representing knowledge as well as the needed inferences are described.

TM-91-01

*Jana Köhler***Approaches to the Reuse of Plan Schemata in Planning Formalisms**

52 pages

**Abstract:** Planning in complex domains is normally a resource and time consuming process when it is purely based on first principles. Once a plan is generated it represents problem solving knowledge. It implicitly describes knowledge used by the planning system to achieve a given goal state from a particular initial state. In classical planning systems, this knowledge is often lost after the plan has been successfully executed. If such a planner has to solve the same problem again, it will spend the same planning effort to solve it and is not capable of "learning" from its "experience."

Therefore it seems to be useful to save generated plans for a later reuse and thus, extending the problem solving knowledge possessed by the planner. The planning knowledge can now be applied to find out whether a problem can be solved by adapting an already existing plan.

The aim of this paper is to analyze the problem of plan reuse and to describe the state of the art based on a variety of approaches which might contribute to a solution of the problem. It describes the main problems and results that could be of some relevance for the integration of plan reuse into a deductive planning formalism.

As a result, this description of the state of the art leads to a deeper insight into the complex problem of plan reuse, but also shows that the problem itself is still far from being solved.

**TM-91-02***Knut Hinkelmann***Bidirectional Reasoning of Horn Clause Programs: Transformation and Compilation**

20 pages

**Abstract:** A compilative approach for forward reasoning of horn rules in Prolog is presented. Pure horn rules - given as Prolog clauses - are to be used for forward and backward reasoning. These rules are translated into Prolog clauses, denoting one forward reasoning step. Forward chaining is triggered by an initial fact, from which the consequences are derived. Premises of forward rules are verified by Prolog's backward proof procedure using the original clauses. Thus, without any changes to the Prolog interpreter integrated bidirectional reasoning of the original horn rules is possible. Breadth-first and depth-first reasoning strategies with enumeration and collection of conclusions are implemented. In order to translate forward clauses into WAM operations several improvements are introduced. To avoid inefficient changes of program code derived facts are recorded in a special storage area called retain stack. Subsumption of a new conclusion by previously derived facts is tested by a built-in procedure. As a reasonable application of this kind of forward reasoning its use is demonstrated for integrity constraint checking.

**TM-91-03***Otto Kühn, Marc Linster, Gabriele Schmidt***Clamping, COKAM, KADS, and OMOS: The Construction and Operationalization of a KADS Conceptual Model**

20 pages

**Abstract:** For a simplified version of the clamping tool selection problem in mechanical engineering, the knowledge acquisition tool COKAM is applied to obtain an informal knowledge base and explanation structures from technical documents and previously solved cases. The output of COKAM is used to construct a three layered KADS conceptual model, which is then transformed into an operational model in the language OMOS. The OMOS formalization allows to verify the informal KADS conceptual model and to check the completeness of the domain knowledge. The results of this analysis are utilized in the next knowledge elicitation session with COKAM.

**TM-91-04***Harold Boley***A sampler of Relational/Functional Definitions**

12 pages

**Abstract:** This is a collection of annotated RELFUN definitions showing principles and applications of relational/functional specification. It consists of concise declarative programs (often invertible) selected on the basis of didactic considerations. The knowledge they encode is mostly derived from the domain of mechanical engineering. The definitions solve problems in solid geometry, feature parsing, and workpiece normalization. All examples can be run directly in RELFUN.

**TM-91-05***Jay C. Weber, Andreas Dengel and Rainer Bleisinger***Theoretical Consideration of Goal Recognition Aspects for Understanding Information in Business Letters**

10 pages

**Abstract:** Businesses are drowning in information - paper forms, e-mail, phone-calls and other media do struggle the speed of managers in handling and processing information. Traditional computer systems do not support business flow because of their inflexibility and their lack in understanding information. A sophisticated understanding of the meaning of a business letter requires an understanding of why the sender wrote it. This paper describes some ideas to use goal recognition techniques as one possibility, or method to initiate information understanding. It brings together two areas of cognition: goal recognition and document understanding. To do so, it gives an overview of the application of goal recognition techniques to the discovery of the overall purpose of a letter and a coherent explanation of how the individual sentences are meant to achieve that purpose.

---

## DFKI Documents

**D-89-01***Michael H. Malburg & Rainer Bleisinger***HYPERBIS: ein betriebliches Hypermedia-Informationssystem**

43 Seiten

**Zusammenfassung:** Hypermediasysteme finden in jüngster Zeit immer größere Beachtung, was sich in vielen Konferenz- und Workshopveranstaltungen niederschlägt. In diesem Bericht wird die Entwicklung eines betrieblichen Informationssystems unter Verwendung eines Hypermediasystems betrachtet. Die verfolgte Absicht dieses Ansatzes war es, möglichst viele Informationen des DFKI, insbesondere der bestehenden Organisation, des beschäftigten Personals, der durchgeführten Projekte und der benutzten Räumlichkeiten, in einheitlicher Weise auf einem Rechner zu verwalten und bei unterschiedlichen Gelegenheiten wirkungsvoll zu präsentieren. Das System HYPERBIS wird einerseits aus entwicklungstechnischer Sicht und andererseits aus Benutzersicht beschrieben. Zum einen werden die teilweise schwierige Akquisition und Analyse von Informationen über das DFKI sowie die anschließende Abbildung in die Hypermediastrukturen diskutiert. Zum anderen werden ausführlich die komfortable Benutzerschnittstelle und die hilfreichen Wartungsfunktionen erklärt.

**D-90-01****DFKI Wissenschaftlich-Technischer Jahresbericht 1989**

45 pages

**Zusammenfassung:** Dieses Dokument enthält den Wissenschaftlich-Technischen Jahresbericht 1989 des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz.

**D-90-02***Georg Seul***Logisches Programmieren mit Feature -Typen**

107 Seiten

**Zusammenfassung:** Diese Arbeit integriert Feature-Typen in eine logische Programmiersprache mit polymorpher Typdisziplin und Untersorten. Während die Typisierung die Erkennung vieler Programmierfehler zur Compile-Zeit ermöglicht, stellen Feature-Typen abstrakte Zugriffsfunktionen und einen Vererbungsmechanismus zur Verfügung. Es wird zunächst gezeigt, wie die Semantik und die allgemeinen operationalen Methoden (Interpreter, Typ-Checker) einer polymorphen Sortenlogik mit Feature-Typen aussehen können. Die logische Programmiersprache TEL verfügt bereits über ein polymorphes Typkonzept mit Untersorten. Wir beschreiben den Entwurf und die Implementierung einer Erweiterung von TEL um Feature-Typen. Es stellt sich heraus, daß die Einbettung von Feature-Typen in das Modulkonzept von TEL interessante Möglichkeiten im Sinne des *information hiding* bietet.

**D-90-03***Ansgar Bernardi, Christoph Klauck, Ralf Legleitner***Abschlußbericht des Arbeitspaketes PROD**

36 Seiten

**Zusammenfassung:** In dieser Studie wird eine Übersicht über konventionelle Produktmodelle im Bereich des Maschinenbaus gegeben. Es werden Datenstrukturierungs- und speicherungsaspekte diskutiert. Die Erkenntnisse sollen eine Grundlage für die Erstellung eines integrierten wissensbasierten Produktmodelles werden.

**D-90-04***Ansgar Bernardi, Christoph Klauck, Ralf Legleitner***STEP: Überblick über eine zukünftige Schnittstelle zum Produktdatenaustausch**

69 Seiten

**Zusammenfassung:** STEP (*Standard for the Exchange of Product Model Data*) ist ein von der ISO entwickeltes Standardformat zur Abbildung produktdefinierender Daten (ISO TC 184/SC 4, NAM 96.4) im

Gesamtkomplex der CIM-Techniken (Computer Integrated Manufacturing), der 1993 weltweiter Standard werden soll. In diesem Bericht wird ein Überblick über den derzeitigen Entwicklungsstand von STEP gegeben. Dabei werden die bereits weitgehend stabilen Teile detailliert beschrieben.

**D-90-05**

*Ansgar Bernardi, Christoph Klauck, Ralf Legleitner*

### Formalismus zur Repräsentation von Geometrie- und Technologieinformationen als Teil eines Wissensbasierten Produktmodells

66 Seiten

**Zusammenfassung:** Im Projektteil R von ARC-TEC ist unter anderem das Integrierte Wissensbasierte Produktmodell (IWP) zu erstellen. Mit Hilfe der unter diesem Begriff zusammengefassten Formalismen soll es möglich sein, ein Werkstück so vollständig zu beschreiben, daß auf dieser Basis die im Rahmen des Gesamtprojekts auftretenden Aufgaben (Konfiguration, Arbeitsplanung, Qualitätssicherung) gelöst werden können. Das IWP umfasst neben Elementen zur Beschreibung des Fertigungsumfeldes (Werkzeugmaschinen, Werkzeuge, Spannmittel usw.) und der speziellen Elemente der Aufgabe (etwa Arbeitspläne ...) eine vollständige Repräsentation des Werkstücks. Hierzu werden Geometrie, Funktionselemente, technologische Information, Bemaßung, arbeitstechnische Bereiche ("Features"), aber auch der intendierte Einsatz und die Historie des Produkts usw. abgebildet. Der in diesem Dokument vorgestellte Entwurf befaßt sich ausschließlich mit der Repräsentation des Werkstücks und beschreibt einen Formalismus zur Repräsentation der Geometrie eines Werkstücks, der um Elemente zur Darstellung von Funktionselementen, technologischen Informationen usw. erweitert wurde.

**D-90-06**

*Andreas Becker*

### The Window Tool Kit

66 Seiten

**Abstract:** The window toolkit presented in this document realizes a uniform graphical interface for Apple Macintosh and X Windows systems using Common Lisp. Two implementations exist: The Allegro Window Toolkit runs on Macintosh using Allegro Common Lisp. The X Window Toolkit is based on Common Lisp and the Common Lisp-X Windows interface CLX. As far as graphic is concerned, Common Lisp programs relying on this toolkit are compatible w.r.t. X Windows systems and Macintosh and may be exchanged freely. The Window Toolkit includes functions for the generation, management and handling of graphical objects, e. g. windows, menus, bitmaps. Output of text using several fonts and drawing of primitive geometric entities, e.g. circles and lines, is also supported.

**D-91-01**

*Werner Stein, Michael Sintek*

### Relfun/X - An Experimental Prolog Implementation of Relfun

48 pages

Relfun/X is an experimental implementation of Relfun, a relational and functional language developed by Harold Boley at Kaiserslautern University. It is totally implemented in Prolog; additionally, the Relfun/X programs are compiled into Prolog programs (i.e. "consulted" analogously to the ordinary consulting scheme of Prolog). While Relfun/X does not provide all the features of the Lisp-based Relfun implementation, it is the first running version supporting Relfun's multi-footed clauses.

**D-91-03**

*Harold Boley, Klaus Elsbernd, Hans-Günther Hein, Thomas Krause*

### RFM Manual: Compiling RELFUN into the Relational/Functional Machine

43 Seiten

**Abstract:** RELFUN's classifier produces a declarative clause language; its code generator optimizes target code for an underlying WAM emulator, called NyWAM. The parts are glued together by RELFUN's user interface. All intermediate steps use explicit LISP S-expression representations, which can be displayed. The software is part of a LISP-based Compilation Laboratory used in the ARC-TEC project, an AI approach to mechanical engineering.

**D-91-04**

**DFKI Wissenschaftlich-Technischer Jahresbericht 1989**

110 Seiten

**Zusammenfassung:** Dieses Dokument enthält den Wissenschaftlich-Technischen Jahresbericht 1990 des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz.

