



**Deutsches
Forschungszentrum
für Künstliche
Intelligenz GmbH**

Document
D-94-09

**Wissenschaftlich - Technischer
Jahresbericht
1993**

Mai 1994

**Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz
GmbH**

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

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

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz

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

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

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

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

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

Dr. Dr. D. Ruland
Director

Wissenschaftlich - Technischer
Jahresbericht

1993

Deutsches Forschungszentrum
für
Künstliche Intelligenz

Kaiserslautern und Saarbrücken

Redaktionsschluß:

15.4.94

Gesamtredaktion:

H.J.Müller , W. Olthoff

Vorwort

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

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

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

Im abgelaufenen Geschäftsjahr wurden drei große Industrieprojekte erfolgreich abgeschlossen. Zu erwähnen sind hier die Projekte PEP und IMAGINE, die zusammen mit der Siemens AG durchgeführt wurden, sowie das Projekt WIDAN mit der Daimler Benz AG. Besonders erfreulich ist, daß im letzten Geschäftsjahr sowohl Anzahl wie Umfang der Projekte mit unseren Gesellschaftern und weiteren Wirtschaftsunternehmen weiter gesteigert werden konnte, so daß wir auf die umfangreichsten Innovationen seit der Gründung des DFKI blicken können.

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

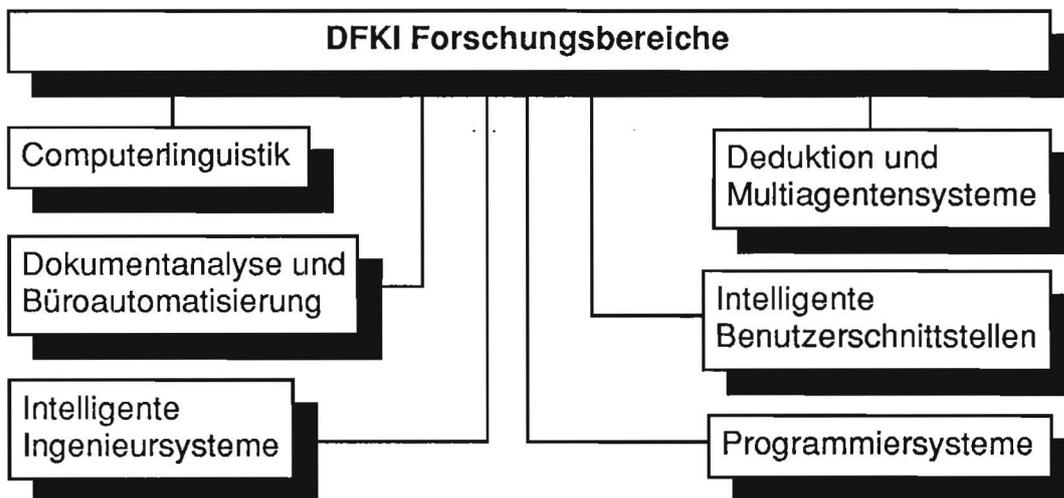


Abbildung 1: DFKI-Forschungsbereichsübersicht

Die am DFKI im letzten Geschäftsjahr durchgeführten Arbeiten haben in der wissenschaftlichen Fachwelt viel Interesse und Anerkennung erfahren und zu einer hohen Zufriedenheit unserer Auftraggeber geführt. Die im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie von Arthur D. Little durchgeführte Evaluierung des BMFT-Förderschwerpunkts "Künstliche

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

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

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

In den nächsten Jahren stellt sich uns die Aufgabe einer größeren Marktorientierung und erfolgreichen Wettbewerbspositionierung unseres Unternehmens. Die in den letzten Jahren aufgebauten, hervorragenden wissenschaftlichen Kompetenzen sind dafür der entscheidende Aktivposten des Unternehmens. Die Kompetenzen des DFKI müssen daher - neben der direkten Vermarktung - auch in Zukunft durch ehrgeizige Forschungsaktivitäten weiter ausgebaut werden.

Das DFKI muß einen wichtigen Beitrag leisten für den kommerziellen Durchbruch der Technologien der Künstlichen Intelligenz und darüber hinaus für die notwendige Innovationsoffensive der deutschen Wirtschaft zur Überwindung der derzeitigen wirtschaftlichen Krise.

Das Geschäftsjahr 1993 brachte wieder große Erfolge mit sich. Dies verdanken wir der hohen Motivation und dem außerordentlichen Engagement unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Ihnen allen gebührt unsere Hochachtung und unser ganz persönlicher Dank.

Wir haben die unternehmerische Kraft, die vor uns liegenden schwierigen Aufgaben erfolgreich zu bewältigen und weit gesteckte Ziele erreichen zu können.

Kaiserslautern und Saarbrücken, im Mai 1994

Dr. Dr. habil. Detlev Ruland

Dipl.-Betriebswirt Friedrich J. Wendl

Technisch-wissenschaftlicher Geschäftsführer

Kaufmännischer Geschäftsführer

Vorsitzender der Geschäftsleitung

Stellv. Vorsitzender der Geschäftsleitung

Inhalt

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

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

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

0 Überblick

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

0.1 Gesamtübersicht

Die folgende Übersicht stellt die Zuordnung der in diesem Jahresbericht behandelten Projekte zu den DFKI-Forschungsbereichen und der Finanzierungsart dar. Gemäß der vorherigen Erläuterung unterscheiden wir zwischen BMFT-Förderung, Gesellschafteraufträgen und Finanzierung durch Dritte¹.

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

0.2 Executive Summaries

COMPUTERLINGUISTIK

DISCO - Dialogsystem für Autonome Kooperierende Agenten (B)

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

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

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

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

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

DEDUKTION UND MULTI-AGENTEN-SYSTEME

AKA-MOD - Modellierung Autonomer Kooperativer Agenten (B)

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

AKA-TACOS - Erweitertes Taxonomisches Reasoning (B)

Die in 1993 angepeilten Ziele wurden erreicht:

- Evaluation verschiedener Spracherweiterungen zur Modellierung von unvollständigem und unsicherem Wissen (nicht-monotone und possibilistische Logiken) bzw. von Zeitwissen und Wissen über Wissen (temporale und epistemische Logiken)
- Erweiterung von KRIS um regelbasierte Wissensrepräsentation sowie um constraintbasierte Integration konkreter Bereiche (z.B. INTEGER)

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

VSE - Verification Support Environment (B)

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

COMPULOG - Basic Research Activity on Computational Logic (D)

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

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

DOKUMENTANALYSE UND BÜROAUTOMATISIERUNG

ALV - Automatisches Lesen und Verstehen (B)

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

INCA - Indexierung, Klassifikation und Archivierung von strukturierten Dokumenten (G)

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

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

PEP - Persönliches Elektronisches Papier (G)

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

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

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

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

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

INTELLIGENTE BENUTZERSCHNITTSTELLEN

PHI - Intelligente Hilfesysteme (B)

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

WIP - Wissensbasierte Informationspräsentation (B)

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

VERBMOBIL Teilprojekte 9 & 10 (B)

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

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

VERBMOBIL Teilprojekt 16 (B)

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

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

EFFENDI -Effizientes Formulieren von Dialogbeiträgen (G)

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

INTELLIGENTE INGENIEURSYSTEME

IMCOD - Intelligent Manager for Comprehensive Design (B)

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

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

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

TOOCON - Tools for Configuration (G)

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

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

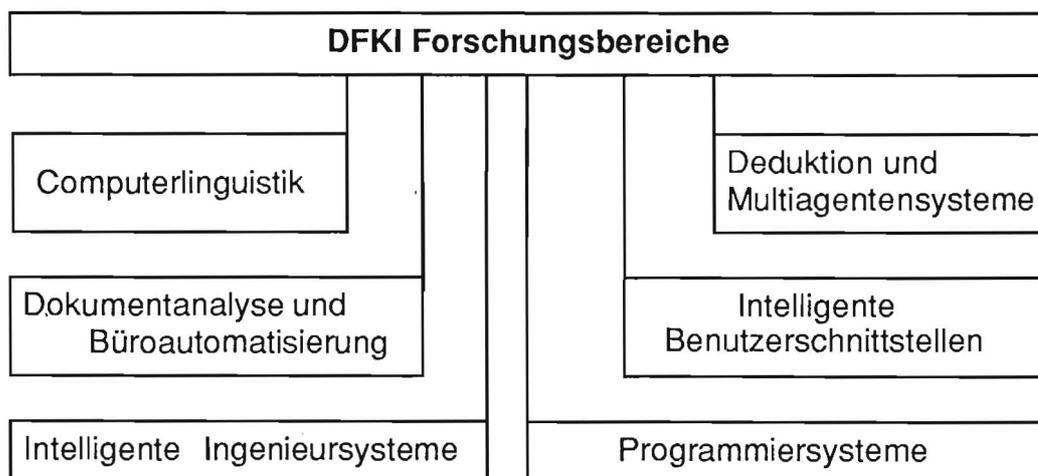
Weiterhin wurde ein Ansatz zur Lösung des räumlichen Anordnungsproblems bei der Konfigurierung entwickelt, der auf Anwendungsprobleme mit unterschiedlichen Randbedingungen (z.B. Dimension, Form der Komponenten) anwendbar ist und die flexible Definition der räumlichen Bedingungen nach den Erfordernissen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

PROGRAMMIERSYSTEME

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

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

0.3 Legende



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

1 Computerlinguistik

1.1 DISCO - Dialogsystem für Autonome Kooperierende Agenten (B)

EXECUTIVE SUMMARY

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

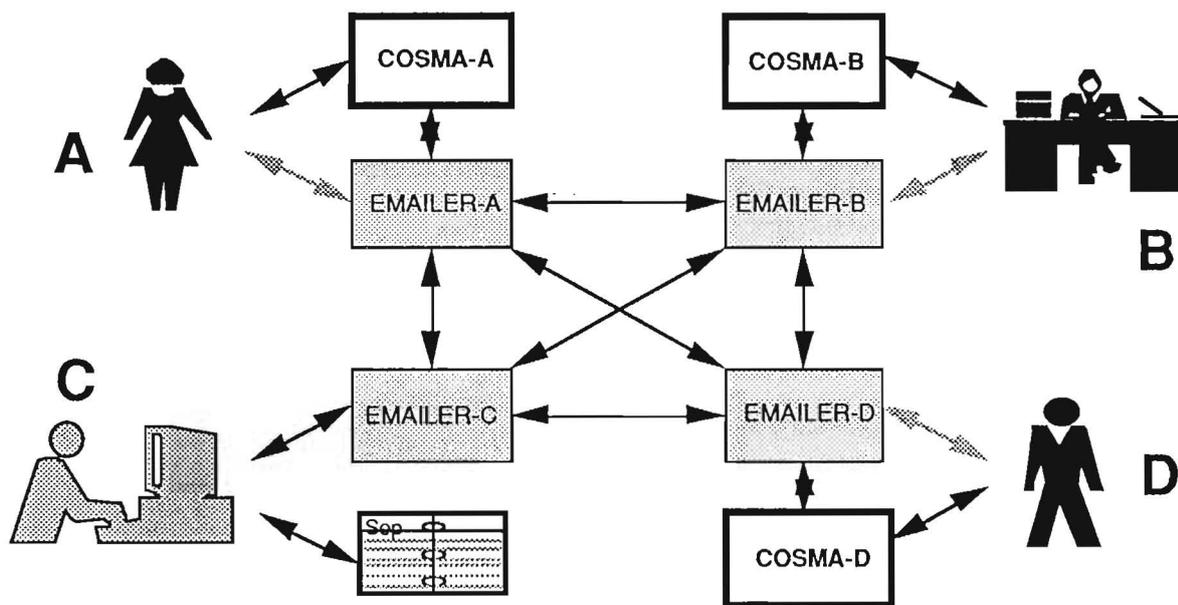


Abbildung 1: COSMA als Sekretariatsassistent, der kooperative Terminplanung mithilfe von elektronischer Post zwischen mehreren (menschlichen oder maschinellen Akteuren) unterstützt

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

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

1.1.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

1.1.1.1 TEILPROJEKT FORMALISMEN UND SCHNITTSTELLEN

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

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

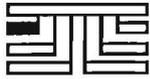
Zusammen mit Prof. K. Vijay-Shanker, der im Berichtszeitraum Gastwissenschaftler am DFKI ist, wurde eine auf den Arbeiten von Robert T. Kasper basierende Methode zur Compilation der in DISCO verwendeten HPSG Grammatik in den TAG-Formalismus untersucht. TAGs werden in DFKI-Projekten eingesetzt (WIP, Verbmobil).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

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

1.1.1.2 TEILPROJEKT LINGUISTISCHE VERARBEITUNG

Die effizienzsteigernden Lernverfahren (EBL), mit denen DISCO anhand von Parsingergebnissen generalisierte Ableitungen erwirbt, wurden weiterentwickelt. Im Berichtszeitraum wurde die phrasale EBL-Methode konzipiert und der schwierigere Teil, die Trainingsphrase, in einer ersten Version implementiert. Es ist nun möglich, durch Angabe entsprechender operationaler Kriterien aus abgeleiteten Sätzen phrasale Generalisierungen automatisch zu erzeugen. Darüber hinaus können auch rekursive Ableitungsmuster extrahiert werden.

Dem Chartparser des DISCO-Projekts wurden weitere Debuggingfähigkeiten hinzugefügt, die sich auch aus dem Chartdisplay heraus aktivieren lassen. Die Schnittstelle zur Erzeugung spezieller Parser wurde weiter verbessert und vereinheitlicht. Mit der Erstellung eines Benutzer- und Programmiererhandbuchs wurde begonnen. Des weiteren wurde der generische Kern zur



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

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

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

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

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

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

1.1.1.3 TEILPROJEKT LINGUISTISCHE WISSENSBASEN

Im Bereich des Lexikons wurde damit begonnen, das SADAW-Lexikon des ehemaligen Sonderforschungsbereich 100 für eine Wiederverwendung als lexikalische Datenbank aufzubereiten. Das SADAW-Lexikon wurde auf der Basis des Wahrig Deutsches Wörterbuch erstellt und umfaßt ca. 150.000 Einträge. Zunächst wurden die Daten von der wenig gebräuchlichen Programmiersprache COMSKEE in ein gut lesbares ASCII-Format portiert. Nach einer Evaluierung der Daten wurden bereits erste systematische Korrekturen der Daten auf einer semi-automatischen Basis vorgenommen. Die Arbeiten an SADAW werden auch von der Siemens AG München (U. Block) und der Universität Stuttgart (Institut für Maschinelle Sprachverarbeitung) finanziell unterstützt.

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

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

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

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

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

1.1.2 Veröffentlichungen und Vorträge

Veröffentlichungen:

- R. Backofen, H.-U. Krieger, S. P. Spackman und H. Uszkoreit: *Report of the EAGLES Workshop on Implemented Formalisms at DFKI*, Saarbrücken, DFKI-Dokument und CEC-EAGLES-Report, 1993.
- S. Busemann: *Implicit Relationships Between Grammar and Control*. In: Herweg, M (Hrsg.): *Deklarative und prozedurale Aspekte der Sprachverarbeitung*. 4. Fachtagung der Sektion Computerlinguistik der Deutschen Gesellschaft für Sprachwissenschaft. Hamburg, 1993.
- S. Busemann. A Holistic View of Lexical Choice. H. Horacek und M. Zock (Hg.): *New Concepts in Natural Language Generation. Planning, Realization and Systems*. Frances Pinter, London, New York, 1993, S. 302-308
- S. Busemann: *Towards the Configuration of Generation Systems: Some Initial Ideas*. in: Busemann/Harbusch, S. 57-64.
- S. Busemann und K. Harbusch (Hg): *Proceedings of the DFKI Workshop on Natural Language Systems: Reusability and Modularity*. DFKI Document D-93-03, Saarbrücken.
- S. Busemann: *Towards the Configuration of Generation Systems: Some Initial Ideas*. in: Busemann/Harbusch, S. 57-64.
- J. Klein, J. Nerbonne, K. Netter, A. K. Diagne, L. Dickmann: *A Diagnostic Tool for German Syntax*. in: Busemann/Harbusch, S. 11-18.
- H.-U. Krieger, J. Nerbonne und H. Pirker: *Feature-Based Allomorphy*. Proceedings of the 31st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, 1993.
- H.-U. Krieger und U. Schäfer: *TDL ExtraLight User's Guide*. Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, D-93-09, 1993.
- H.-U. Krieger und U. Schäfer: *TDL - A Type Description Language for Unification-Based Grammars*. Proceedings of the Workshop on "Neuere Entwicklungen der Deklarativen KI-Programmierung", KI-93, Berlin, 1993.
- J. Nerbonne, A. K. Diagne, S. Oepen, K. Konrad, I. Neis: *NLL-Tools for Meaning Representation*, in: Busemann/Harbusch, S. 43-50.
- K. Netter: *Architecture and Coverage of the DISCO Grammar*. in: Busemann/Harbusch, S. 1-10.



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

Vorträge:

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



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



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

EXECUTIVE SUMMARY

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

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

1.2.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

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

1.2.1.1 DEUTSCHE BASISGRAMMATIK

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

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

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

1.2.1.2 BASISFORMALISMUS

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

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

1.2.1.3 SEMANTISCHES BASISFRAGMENT

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

1.2.1.4 EVALUIERUNG VON WISSENSREPRÄSENTATIONSFORMALISMEN

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

1.2.1.5 NICHTSYNTAKTISCHE INFORMATION FÜR SEMANTIK UND AUSWERTUNG

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



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

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

1.2.2 Veröffentlichungen und Vorträge

Veröffentlichungen:

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

Vorträge:

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



- C. Kemke: INCOPA - Hierarchical Self-Organizing Feature Maps for Speech Recognition. WCNN'93-Vortrag Portland, Oregon
- C. Kemke/C. Schommer: PAPADEUS - Parallel Parsing of Ambiguous Sentences. WCNN'93-Vortrag Portland, Oregon
- H.-U. Krieger: *TDL - A Type Description Language for Unification-Based Grammars*, KI-93 im Workshop über "Neuere Entwicklungen der deklarativen KI-Programmierung", Berlin 1993
- H.-U. Krieger: *TDL - A Type Description Language for Constraint-Based Grammars*, Fifth European Summer School in Language, Logic, and Information, Workshop von Bob Carpenter und Erhard Hinrichs über "Implementations of Attribute-Value Logics for Grammar Formalisms.", Lissabon 1993
- H. Uszkoreit: Podiumsdiskussion *Läßt sich natürliche Sprache mit künstlicher Intelligenz elektronisch verarbeiten?* auf der CEBIT in Hannover, 31.3. 1993
- H. Uszkoreit: *New Developments in Linguistic Processing with Unification Formalisms* Tutorial auf der Europäischen Tagung der Association for Computational Linguistics, EACL, in Utrecht, 19.u. 20.4. 1993.
- H. Uszkoreit: *DISCO - ein Dialogsystem für die Mensch-Maschine Kommunikation*, KI-Statusseminar des BMFT in Berlin, 28.4.1993.
- H. Uszkoreit: *Linguistische Ressourcen für das Deutsche*, Symposium Sprachtechnologie 93 der EG in Bonn, 3.6.1993.
- H. Uszkoreit: *Die Rolle der Wortstellung beim Verstehen und Produzieren von Sätzen des Deutschen*, Fachtagung des DFG Schwerpunkts Kognitive Linguistik in Bielefeld, 14.6.1993.
- H. Uszkoreit: *Das Diagnostik Werkzeug DiTo*, Kolloquium an der Humboldt-Universität Berlin, 4.6.1993.
- H. Uszkoreit: *A New View of Linguistic Engineering*, Hauptvortrag auf der Conferencia do Convento "Sprachtechnologie" in Arrabida, Portugal.
- H. Uszkoreit: *Gibt es zwei deutsche Sprachen? Sprachunterschiede zwischen DDR und Bundesrepublik*, Evangelische Akademie Berlin-Brandenburg, 4.9.1993 in Berlin.
- H. Uszkoreit: *Competence and Performance Modelling in Language Processing*. Eingeladener Hauptvortrag auf der Jahrestagung der Spanischen Gesellschaft für Computerlinguistik, 9.9.93 in Santiago de Compostella.
- H. Uszkoreit: *Statistical and Knowledge-Based Approaches in Language Technology*. Eingeladener Vortrag auf dem Colloquium der Katalanischen Forschungsstiftung zum Thema Kognitive und technologische Aspekte der Sprachverarbeitung, Barcelona, 26.11.1993.
- H. Uszkoreit: *Grammar Engineering and Performance Modelling*. Vortrag am Center for the Study of Language and Information der Stanford University am 7.12.93.
- H. Uszkoreit: *Performance Research at the DFKI*. Vortrag am Palo Alto Research Center der XEROX Corp. am 13.12.93.
- H. Uszkoreit: *Language Research in the Project DISCO*. Vortrag beim SRI International in Menlo Park am 14.12.93.

2 Deduktion und Multi-Agenten-Systeme

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

EXECUTIVE SUMMARY

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

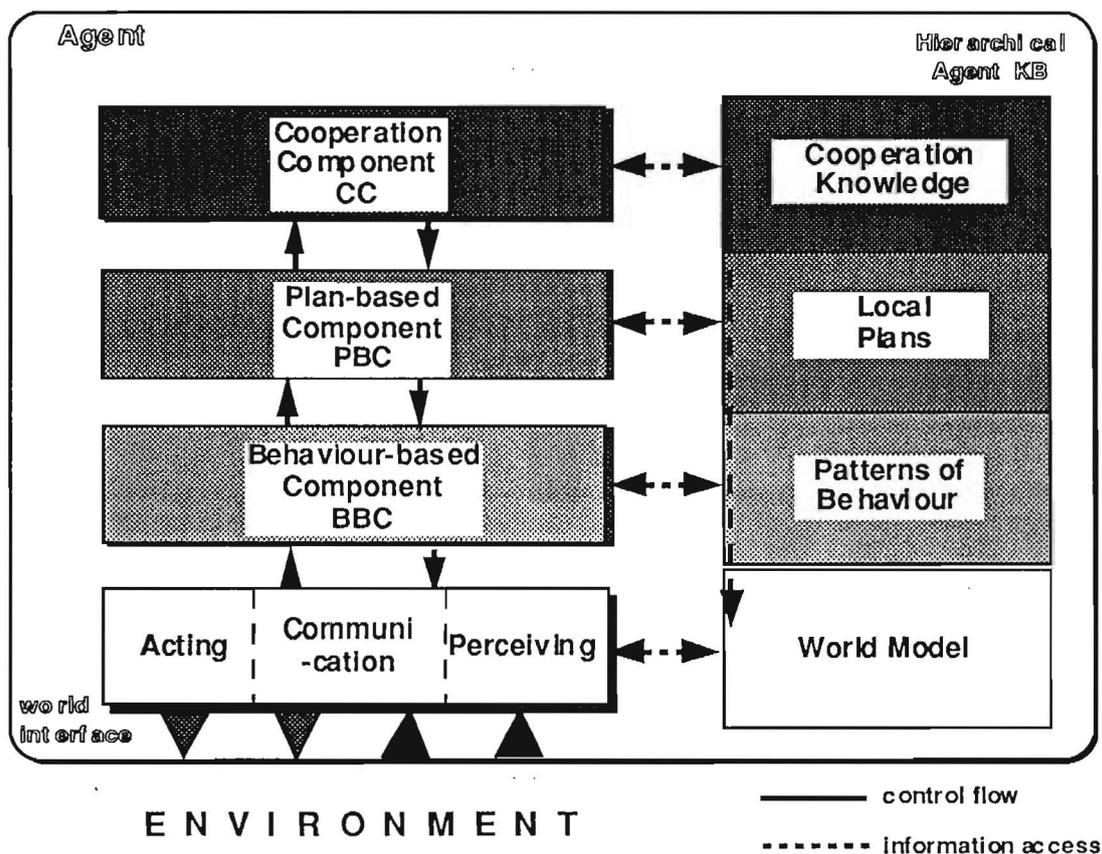


Abbildung 1: Strukturbild der InteRRaP-Agentenarchitektur

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

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

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

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

2.1.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

2.1.1.1 VERHANDLUNGSPROTOKOLLE

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

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

Die *Entscheidungsebene* dagegen stellt Kriterien zur Bewertung von Verhandlungssituationen aus der Sicht eines Agenten zur Verfügung und beschreibt deren Verwendung in den durch die Protokollebene definierten Entscheidungssituationen. Sie determiniert also eine Auswahlfunktion für die Menge der durch das Protokoll festgelegten Handlungsalternativen. Bei der Modellierung der Kriterien kann das gesamte Wissen des Agenten einfließen, also nicht nur Domänenwissen über den direkten Verhandlungsgegenstand, sondern z.B. auch Wissen über die Verhandlungspartner, Wissen über die Verhandlungshistorie, oder Wissen über Eigenschaften des verwendeten Protokolls. Beispielsweise kann der Kommunikationsaufwand erheblich gesenkt werden, wenn ein Agent in einer Verhandlung dem Partner keine für diesen bekanntermaßen inakzeptablen Vorschläge macht. Die Berücksichtigung von Entscheidungen aus früheren oder in zukünftigen Verhandlungen erweist sich insbesondere bei symmetrischen Verhandlungspositionen als sehr nützlich, in denen im allgemeinen keine Einigung allein aufgrund lokaler Kostenkriterien erzielt werden kann. Durch Einführen eines Bonussystems kann die Kompromißbereitschaft eines Agenten als Funktion seines bisherigen Verhandlungsverhaltens modelliert werden: je öfter ein Agent in der Vergangenheit bereits nachgegeben hat, um so mehr sinkt seine Bereitschaft, dies wieder zu tun. Durch den Austausch und die Anpassung von (partiellen) lokalen Bewertungskriterien kann dann eine Übereinkunft zum kooperativen Handeln bzw. zur Auflösung eines vorhandenen Konfliktes gefunden werden. Eine der Schwierigkeiten dieses Ansatzes ist dabei unter anderem die Vergleichbarkeit der lokalen Kriterien, die aufgrund der Heterogenität der Agenten stark

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

Ein Beispiel für Verhandlungsprotokolle, die sich gemäß diesen Überlegungen darstellen lassen sind die im Speditionsbeispiel verwendeten Kontraktnetzprotokolle. Im Speditionsbeispiel werden sie zur Zuordnung von Teilaufgaben an einzelne Agenten (task allocation) eingesetzt; hierbei sowohl zwischen Speditionsagenten und Lkw-Agenten einer Spedition also auch zwischen den Speditionsagenten mehrere Speditionen.

2.1.1.2 DAS SPEDITIONSSZENARIO

2.1.1.2.1 Verhandlungsmodell

Die Arbeiten an der Modellierung und der Implementierung des Speditionsszenarios sind für die laufende Antragsphase des AKA-MOD Projekts abgeschlossen. Die Kooperationsfähigkeit der Agenten wurde dazu auf den beiden hauptsächlichen Kooperationsebenen - der vertikalen Kooperation zwischen dem Dispositionsagenten und den LKW-Agenten innerhalb einer Spedition sowie der horizontalen Kooperation zwischen Dispositionsagenten unterschiedlicher Speditionen - noch einmal erheblich erweitert.

Im Bereich der vertikalen Kooperation war eine Erweiterung des bisher verwendeten Kontraktnetzprotokolls notwendig, um mit der Vorgabe, daß die Speditionen auch Aufträge ausliefern können sollen, die ihre Einzelkapazitäten übersteigen. Dazu wurden neue Sprechaktprimitive in das Kontraktnetzprotokoll eingebaut, die es erlauben, einen großen Auftrag als eine Folge von kleineren Teilaufträgen zu vergeben. Erkennt der Dispositionsagent zu irgendeinem Zeitpunkt das Mißlingen der bisherigen Vergabe zur Verteilung der Teilaufträge, so erlaubt ihm das neue Protokoll, die bisherigen Zusagen an seine LKWs zu stornieren.

Prinzipiell sind alle diese Protokolle zur Kooperation innerhalb von Speditionen auch für die Kooperation zwischen verschiedenen Speditionen denkbar. So verwendeten wir auch in unserer ersten Implementierung zur Leerfahrtenkooperation zwischen Speditionen, die sowohl Elemente der vertikalen wie auch der horizontalen Kooperation umfaßt, eine Kombination von zwei Kontraktnetzprotokollen (eines für die intra-speditionäre und eines für die inter-speditionäre Kooperation). Allerdings sind mit Protokollen, die auf der Annahme einer hierarchischen Struktur zwischen den beteiligten Agenten beruhen, bei weitem nicht alle Kooperationsformen zwischen Speditionen modellierbar. Ein Beispiel dafür sind Preisverhandlungen zwischen autonomen Speditionen. Dafür wurde von uns ein Protokoll zur Preisverhandlung bei der Auftragsweitergabe implementiert . Dabei geht man davon aus, daß für die Spedition mit jedem Auftrag ein bestimmter Gewinn verknüpft ist. Will sie nun einen Auftrag weitergeben, so muß sie selbst als Auftraggeber auftreten und mit einer anderen Spedition über einen günstigen Preis verhandeln, der ihr möglicherweise noch einen Teil ihres Gewinns beläßt. Verfolgen alle Verhandlungspartner diese Strategie, endet die Verhandlung mit einer sogenannten pareto-optimalen Lösung, d.h. eine weitere Verbesserung der globalen Aufgabenverteilung läßt sich nur durch die Bereitschaft mindestens eines Teilnehmers erreichen, (momentan) auch eine schlechtere Lösung zu akzeptieren.

2.1.1.2.2 Vergleich mit klassischen Operations Research Methoden

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

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

2.1.1.2.3 Wissensrepräsentation

Ein Teil des Domänenwissens in Speditionsbeispiel wurde in Form des taxonomischen Wissensrepräsentationsformalismus des KRIS-Systems repräsentiert, das im DFKI-Projekt WINO/TACOS entwickelt wird. Dabei wurden insbesondere taxonomisches Wissen über Güter, Transportmittel, Transportunternehmen (Speditionen) und Beziehungen zwischen diesen modelliert. Das Ziel ist es, dieses Wissen in den Speditionsagenten zu verwenden, um Aufträge gezielt und effizient nur solchen Agenten anzubieten, die auch technisch in der Lage sind, den Auftrag abzuwickeln. Die bei der Realisierung der KRIS-Wissensbasis gewonnenen Erfahrungen haben gezeigt, daß der vom KRIS-System bisher zur Verfügung gestellte Formalismus zur Wissensrepräsentation noch nicht ausdrucksstark genug ist, um das Domänenwissen im Speditionsbeispiel so zu modellieren, daß es in der eben beschriebenen Art verarbeitet werden kann. Auf Grund dieser Schwierigkeiten wird nun angestrebt, anhand von einfachen Anfragen exemplarisch zu zeigen, wie das KRIS-System von MAGSY-Agenten verwendet werden kann. Durch die bei der AKA-MOD-Studie erkannten Probleme wurde im Projekt AKA-TACOS beschlossen den KRIS-Wissensrepräsentationsformalismus um eine Regelsprache zu erweitern. Erst wenn diese Erweiterung des KRIS-Formalismus verfügbar sind, können weitergehende Untersuchungen durchgeführt werden.

2.1.1.2.4 Implementierung in Oz

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

2.1.1.2.5 Dynamik durch Einführung von Verkehrsstaus

Die Betrachtung von Varianten unserer Szenarien im letzten halben Jahr der Laufzeit von AKA-MOD war von Anfang an geplant. Für das Speditionsszenario wurde deshalb im vierten Quartal 1993 in Zusammenarbeit mit der Gruppe von Prof. Dr. G. Schmidt (Institut für Wirtschaftsinformatik, Universität Saarbrücken) ein stochastisches Modell zur Simulation unterschiedlicher Verkehrsaufkommen (Staumodell) entwickelt. Grundlage bildet ein Modul zur Erzeugung von Verkehrsstörungen auf der Basis der aktuellen Verkehrsdichte. Die Agenten (LKW) erfragen die aktuelle Verkehrssituation von einem gesonderten Informationsdienst, der die Daten der jeweils aktuellen simulierten Situation liefert. Mit der Einführung des Staumodells soll vor allem das Reagieren auf plötzlich auftretende Ereignisse untersucht werden. So muß ein LKW, der von einem aktuellen Stau auf einem von ihm geplanten Streckenabschnitt erfährt, unverzüglich reagieren, indem er die vermutliche Dauer der Verzögerung sowie deren vermutliche Kosten kalkuliert. Dabei muß die Einplanung eines möglichen Umweges ebenso berücksichtigt werden wie die möglichen Auswirkungen auf nachfolgende Aufträge. Zur Modellierung von reaktiven Verhaltensweisen und dynamischer (Um-)Planung bietet die Erweiterung um das Staumodell vielfältige Ansatzpunkte. Hierbei kann außerdem auch die Verwendbarkeit von Methoden aus der Entscheidungstheorie getestet werden, wie es für das Nachfolgeprojekt von AKA-MOD geplant ist.

2.1.1.3 DAS VERLADEHOFSSZENARIO

2.1.1.3.1 Aufbau des Szenarios

Im Verladehofszenario wird eine Gruppe von autonomen Transportfahrzeugen (Gabelstapler) modelliert, deren Ziel es ist, in einem Warenlager (Verladehof) einfahrende LKWs zu be- und entladen. Die zu be- bzw. zu entladenden Güter müssen dabei aus entsprechenden Regalbereichen geholt bzw. in diesen deponiert werden. Während bei der Modellierung des Speditionsszenarios die Schwerpunkte in den Bereichen Kooperation, Verhandlungsführung und dezentralisiertes Scheduling lagen, sind die Hauptmerkmale des Verladehofszenarios - das im Bereich der dynamisch interagierenden Roboter angesiedelt ist - eine hohe Dynamik



(physikalische Manipulationen der Welt, fortwährende Änderung des Weltzustandes) und das Auftreten von Zielkonflikten zwischen Agenten.

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

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

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

2.1.1.3.2 Die InteRRaP Agentenarchitektur

Ein Agent, der sich in einer dynamischen, von anderen Agenten bevölkerten Umgebung zurechtfinden und mit diesen anderen Agenten in sinnvoller Weise interagieren soll, benötigt sowohl die Fähigkeit, seine Aktionen zu planen und unter Verwendung gewisser Nutzenfunktionen Entscheidungen zu treffen (zielgerichtetes Vorgehen, Rationalität), als auch die Fähigkeit, schnell und flexibel auf unvorhergesehene Situationen und auf Änderungen in seiner Umwelt reagieren zu können (Reaktivität). Die Agentenarchitektur InteRRaP wurde mit dem Ziel entwickelt, dieser Tatsache Rechnung zu tragen. Dabei flossen die anhand der beiden ersten Anwendungsszenarien gewonnenen Erfahrungen in Form eines Kataloges mit Anforderungen, die an Agentenmodelle zu stellen sind, mit ein.

InteRRaP ist eine Weiterentwicklung des RATMAN-Agentenmodells. Das Hauptmerkmal des RATMAN-Ansatzes, die hierarchisch strukturierte Wissensbasis, wurde in InteRRaP beibehalten. Jedoch stellt die neue Architektur eine Weiterentwicklung auf der Seite der Kontrolle dar: während RATMAN von einem rein rationalen Agenten ausgeht, stellt InteRRaP als Gestaltungselemente für Agenten sowohl reaktive Verhaltensmuster (Stimulus-Response-Paare) als auch Planungsfähigkeiten zur Verfügung. Außerdem ist in InteRRaP eine klare Trennung von Wissen und Funktionalität der Agenten verwirklicht. Bezüglich der im KIK Projekt am DFKI entwickelten Mund-Kopf-Körper-Architektur ist InteRRaP als eine Spezialisierung des Agentenkopfes zu verstehen, der die Reasoning- und Kontrollfähigkeiten des Agenten beinhaltet.

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

- die Weltschnittstelle (WIF, world interface) beinhaltet die grundlegenden perzeptorischen, aktorischen und kommunikatorischen Fähigkeiten des Agenten.
- die verhaltensbasierte Komponente (BBC, behaviour-based component) enthält eine Menge von Verhaltensmustern. Diese beinhalten sowohl reaktive, von externen Triggerbedingungen aktivierbare Muster als auch Verhaltensmuster, die prozedurales Wissen beinhalten (z.B. die unbewußte Ausführung von Routinetätigkeiten wie das Geradeausgehen in einem leeren Gang). Letztere können von der Planungskomponente als abstrakte Aktionen behandelt und aktiviert werden.
- die planbasierte Komponente (PBC, plan-based component) beinhaltet die lokalen Planungsfähigkeiten des Agenten. Im Verladehofbeispiel verfügt diese Komponente über eine Bibliothek von hierarchischen Skelettplänen, die bei Bedarf instantiiert werden, aber auch über eingeschränkte Fähigkeiten zur Neuplanung.
- die Kooperationskomponente (CC, cooperation component) beinhaltet den Teil der Kontrolle, der für die (planbasierte) Interaktion mit anderen Agenten benötigt wird. Kern der CC ist ein Mechanismus, der Agenten ermöglicht, gemeinsame Pläne zu erstellen und auszuführen, um beispielsweise Konflikte zu lösen oder gemeinsame Ziele zu erreichen.

Die vier Komponenten koordinieren ihre Aktivitäten über eine kommunikationsbasierte, kompetenzgesteuerte Kontrollstruktur. Dabei wird prinzipiell eine höhere Komponente nur dann aktiviert, wenn eine Komponente auf tieferer Ebene eine Situation nicht meistern kann. Beispielsweise kann im Verladehof eine Konfliktsituation, in der sich zwei Agenten gegenseitig "auf freier Strecke" blockieren, durch ein Verhaltensmuster gelöst werden, das den Agenten zufällig zur Seite ausweichen läßt. Entsteht der Konflikt dagegen in einem engen Seitengang, hat es sich gezeigt, daß es sinnvoll ist, einen gemeinsamen Plan zu erstellen.

Analog zum Kontrollmodul besteht die hierarchische Wissensbasis aus vier Schichten: die unterste Ebene enthält das Weltmodell des Agenten. Die nächste Schicht, die der BBC zugeordnet ist, enthält eine Menge von Verhaltensmustern. Ebene 3 enthält die lokalen Pläne, Ebene 4 gemeinsame Pläne und Protokolle. Die prinzipielle Idee dabei ist, daß die Wissensstrukturen jeder Ebene Graphen sind, die rekursiv aus den Strukturen der nächst tieferen Ebene definiert sind. So lassen sich gemeinsame Pläne auf Ein-Agentenpläne reduzieren, Ein-Agentenpläne beinhalten als Blattknoten Aktivierungen von Verhaltensmustern, Verhaltensmuster verwenden die Primitiven auf der Ebene der Weltschnittstelle sowie das im Weltmodell repräsentierte Wissen. Bezüglich der Transparenz des Wissens für die Agentenkontrolle ist zu sagen, daß jedes Teilmodul der Agentenkontrolle Zugriff auf die ihm entsprechende Ebene der Wissensbasis sowie auf alle tieferen Ebenen hat, jedoch nicht auf höhere Ebenen. So kann die BBC wohl auf Verhaltenswissen und das Weltmodell zugreifen, nicht jedoch auf das Wissen des Planers.

Bei der Spezifikation und prototypischen Implementierung des Verladehofszenarios hat sich bisher gezeigt, daß Agenten und ihre Fähigkeiten in natürlicher Weise im InteRRaP Agentenmodell abbildbar sind. Der hierarchische Aufbau ermöglicht eine klare Strukturierung der Kontrolle und des Wissens.

2.1.1.4 COSMA: EIN VERTEILTES TERMINVEREINBARUNGSSYSTEM

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

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

Die zweite wichtige Funktion der Protokollebene besteht in der Festlegung möglicher *Nachrichtensequenzen*. Durch das Protokoll wird in jedem Kommunikationskontext die Menge aller möglichen Folgenachrichten festgelegt. Beispiel: Im Kontext einer Frage könnten positive Antworten, negative Antworten, das Ausbleiben einer Antwort (z.B. durch einen Timeout realisiert) oder eine Gegenfrage erlaubt sein. Der fragende Agent erwartet dann eine Antwort aus dieser Alternativenmenge. Der antwortende Agent trifft die Auswahl aus dieser Alternativenmenge aufgrund der Bewertung der aktuellen Situation gemäß der durch die Entscheidungsebene spezifizierten Kriterien.

Die Entscheidungsebene läßt sich ebenfalls in zwei Teilaspekte aufgliedern: Die *Bewertungskriterien* selber hängen hochgradig von der Anwendungsdomäne ab. Sie bewerten je nach Problemstellung Verhandlungssituationen, Teillösungen, Zustände in Suchräumen, Vorschläge oder andere lösungsbezogene Strukturen der Verhandlung in abstrakter Form.

Die *Verwendung* dieser Kriterien bei der Entscheidungsfindung läßt sich als Abbildung der Kriterien auf die durch den Kontext vorgegebenen Handlungsalternativen auffassen (Auswahlfunktion).

Als Bewertungskriterien haben wir in COSMA den Nutzen einer Terminfestlegung für einen Agenten und den Grad der Kompromißbereitschaft modelliert. Der Nutzen errechnet sich aus dem Vergleich der Präferenz des Agenten für das fragliche Zeitintervall mit der Priorität des Treffens, die vom Initiator der Verhandlung zu Anfang festgelegt wird. Hier spielt also unser Zeitmodell eine wichtige Rolle, welches jedem Zeitintervall lokal eine Präferenz aufgrund der bereits festgelegten Termine, aufgrund der allgemeinen und agentenspezifischen Vorlieben und Abneigungen für bestimmte Zeiten, sowie aufgrund von den Zeitrestriktionen durch eventuell parallel ablaufende Verhandlungen zuordnet. Für die Verwendung des Nutzens haben wir drei verschiedene Strategien ausprobiert: Bei einer absoluten Entscheidung stimmt der Agent jedem Vorschlag mit positivem Nutzen zu. Bei einer relativen Entscheidung vergleicht der Agent seinen Nutzen mit dem der anderen Agenten und stimmt nur bei einem überdurchschnittlichen Nutzen zu. Bei einer die Historie berücksichtigenden Entscheidung wird der durchschnittliche Nutzen noch um den Grad der Kompromißbereitschaft korrigiert, bevor der Agent mit dem eigenen Nutzen vergleicht.

Der Grad der Kompromißbereitschaft basiert auf einem einfachen Partnermodell und der Verwendung von Informationen aus der Verhandlungshistorie. Nach jeder erfolgreich beendeten Verhandlung speichert ein Agent für jeden Partner den eigenen Nutzen und den Nutzen des Partners. Dabei wird jeweils eine gewichtete Summe aus dem alten Wert und dem neuen Wert gebildet. Auf diese Weise braucht der Agent pro Partner nur zwei Werte zu speichern und die Gewichtung von älteren Verhandlungen wird gegenüber aktuelleren Verhandlungen automatisch immer schwächer. In einer Verhandlung kann der Agent aus der

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

2.1.1.5 DAS SAUERBAUM BEISPIEL

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

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

2.1.1.6 DIE TESTUMGEBUNG

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

Die Implementierung der beiden Anwendungsbeispiele: Spedition und Verladehof sind mittlerweile sehr umfangreich geworden und bergen eine enorme Komplexität in sich. Diese Komplexität beruht zum Teil auf den Problemstellungen in den einzelnen Agenten, als Beispiel sei hier der Planungsprozeß in den Lkw-Agenten des Speditionsbeispiels genannt. Diese Komplexität in den Einzelagenten potenziert sich aber, wenn viele Agenten ein Problem gemeinsam lösen sollen. Um hier komfortable Möglichkeiten zur Analyse von Fehlersituationen, die zum Teil erst nach relativ langen Systemlaufzeiten auftreten und dann nur relativ schwierig zu reproduzieren sind, bereitzustellen, war ein deutlicher Wartungsaufwand notwendig.



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

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

- * **Integration der Paradigmen:** Die Agentenarchitektur InteRRaP basiert auf einer hierarchisch geschichteten, wissensbasierten Komponente, die auf den verschiedenen Stufen für verschiedene deliberative Funktionen des Agenten verantwortlich ist, und auf einer verhaltensbasierten Komponente, die für die reaktiven Funktionalitäten des Agenten verantwortlich ist. Die im Projekt KIK-Teamware erstellte Implementierungs- und Interaktionssprache MAI²L beschreibt den Agenten dagegen über vier nacheinander zu durchlaufende Prozesse der Wissensverarbeitung: Die Zielaktivierung wird durch eine Veränderung des Weltzustands ausgelöst. Danach folgen Planung und Scheduling der geplanten Aktionen. Am Schluß steht die Ausführung von Aktionen, die den Kreis schließt, indem sie wiederum den Weltzustand ändert. Obwohl sich beide Paradigmen sinnvoll ergänzen, ist ihre Integration in eine Testumgebung gleichwohl eine größere Aufgabe, die zum Teil schon begonnen wurde, aber sicherlich noch weitere Arbeit erfordert.
- * **Basissprache für Implementationen:** Als Basissprache in AKA-MOD wurde bisher das verteilte regelbasierte MAGSY verwendet. Durch die Implementation entsprechender Kommunikationsschnittstellen können Agenten jedoch auch in PROLOG, C/C++ und LISP implementiert werden. In naher Zukunft wird in gleicher Weise auch die Interaktion von in Oz implementierten Agenten mit MAGSY Agenten möglich sein. Eine Festlegung auf eine einzige Implementationssprache ist deshalb nicht nötig.
- * **Benutzeroberfläche:** Im Berichtszeitraum erfolgte die Anpassung und Reimplementierung der Oberfläche des Verladehof Szenarios unter Verwendung von OSF-MOTIF, das auch schon für MARS verwendet wurde. In Zukunft soll OSF-MOTIF und/oder das Oz-Windowssystem als Basis für eine einheitliche Benutzeroberfläche verwendet werden.

2.1.1.7 INTEGRATION MIT KIK-TEAMWARE

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

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

Das im Projekt KIK-Teamware entwickelte Planungsmodell wurde in seinem Funktionsumfang erweitert. Das auf dem Ereigniskalkül basierende Modell wurde an die Repräsentation der in KIK-Teamware entwickelten Agentensprache MAI²L angepaßt. Die Berechnungsregeln des abduktiven Inferenzmechanismus wurden flexibler gestaltet, um das Schlußfolgern im Ereigniskalkül besser zu unterstützen. Dabei wurden starke Querbezüge zwischen abduktiver und constraint-basierter Programmierung festgestellt. Diese Tatsache führte zu einem Redesign des Planungssystems im Rahmen einer constraint-basierten Programmierung. Erste Versuche

zur Modellierung von zwischen den Agenten eingegangenen Verpflichtungen (Commitments) als eine Form von verteilter Abduktion wurden unternommen. Unter dem Integrationsgesichtspunkt passen die gesamten beschriebenen Aktivitäten aus dem Bereich des Planens in die Modellierung und Erweiterung des 'deliberative layer' der InteRRaP-Agentenarchitektur. Erste Ansätze zur Integration der in AKA-MOD spezifizierten InteRRaP-Agentenarchitektur und dem Basisverhalten eines MAI²L Agenten wurden gemacht. Es scheint vernünftig, MAI²L nicht nur als Implementationssprache für die einzelnen Ebenen der InteRRaP Agentenarchitektur zu verwenden, sondern auch als Beschreibungssprache für das Wissen der Agenten (Weltmodell, Verhaltensmuster, Pläne, joint plans) auf den einzelnen Ebenen. Dabei bleibt die Frage zu untersuchen, inwieweit eine Reimplementierung der momentan prototypisch vorliegenden Sprache MAI²L auf Oz oder C++ notwendig und sinnvoll ist.

Die im vorherigen Punkt angesprochene Verwendung von MAI²L hat zu einer verbesserten und erweiterten Spezifikation von MAI²L geführt, insbesondere, was die reaktiven Sprachelemente von MAI²L betrifft. Verschiedene Konzepte wurden durch eine partielle Implementierung in den Sprachen C++ und Oz untersucht, um den endgültigen Sprachumfang bis zum Ende des Projekts festschreiben zu können. Zudem wurde die momentane prototypische Version von MAI²L bezüglich Geschwindigkeit und Performanz verbessert.

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

2.1.2 Veröffentlichungen und Vorträge

Veröffentlichungen:

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

- K. Fischer: Modelling Autonomous Systems in a Flexible Manufacturing System. In: IJCAI-93 Workshop on Dynamically Interacting Robots, Chambéry, France, 1993.
- K. Fischer: Rollenverteilung unter gleichberechtigten Agenten. In: Verteilte Künstliche Intelligenz, H.-J. Müller (Hrsg.), BI-Wissenschaftsverlag, Mannheim, November 1993.
- K. Fischer, N. Kuhn, H. J. Müller und J. P. Müller: Modeling the Transportation Domain. In: Proc. of the 3rd Workshop on AI in Economics and Management (AIEM'93), Portland, Oregon, USA, 1993.
- K. Fischer, N. Kuhn, H. J. Müller, J. P. Müller und M. Pischel: Sophisticated and Distributed: The Transportation Domain. In: Proc. of MAAMAW'93, Neuchatel, Schweiz, 1993.
- N. Kuhn, H. J. Müller, J. P. Müller: *Simulating Cooperative Transportation Companies*. In: Proceedings of the Symposium Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe, Braunlage, Germany, 1993
- N. Kuhn, H. J. Müller, J. P. Müller: *Task Decomposition in Dynamic Agent Societies*, In: Proceedings of the International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS-93), Tokyo, Japan, 1993
- N. Kuhn, H. J. Müller, J. P. Müller: *Simulating Cooperative Transportation Companies*. In: Proceedings of the European Simulation Multiconference, Lyon, France, 1993,
- N. Kuhn: *Kooperatives Scheduling für Speditionen*; Beiträge zum Workshop "Organisation der coputergestützten kooperativen Arbeit" (Kurzfassung); Fachbereich 5 (Wirtschaftsinformatik) der GI und DFG Schwerpunktprogramm "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft, Berlin, Juni 1993
- N. Kuhn: Comparing Rankings of Heterogeneous Agents in Task Tandling Processes. Workshop Report Computational Models of Conflict Management at IJCAI 93, Chambéry, 1993.
- N. Kuhn und H.J. Müller: Multiagentenkoordination durch Marktmechanismen. GI: Jahrestagung, Fachgespräch: Anwendung und Programmierung von verteilten und parallelen Rechnersystemen, Dresden, 1993.
- H. J. Müller, A. Schupeta: *Communication, Flexible Planning and Auto-Epistemics in Distributed Knowledge Based Systems*, In: Proc. of the 12th IASTED Internat. Conf. on Modelling, Identification and Control (MIC), Innsbruck, February 1993
- H. J. Müller, A. Schupeta: *Wissensverarbeitung in verteilten wissensbasierten Systemen*, Wiener IT-Kongress "Informations- und Kommunikationstechnologie für das neue Europa", Wien, 1993
- H.J. Müller (Hrsg.): Verteilte Künstliche Intelligenz q Methoden und Anwendungen. BI-Wissenschaftsverlag, November 1993.
- J. P. Müller, M. Meyer: *Using Weak Looking-Ahead for Lathe Tool Selction in a CIM Environment*. Proc. of the Sixth International Conference on Industrial & Engineering Applications of AI and Expert Systems (IEA-AIE'93), Edinburgh, June 1993. This paper won best paper award at IEA-AIE.
- J. P. Müller, M. Meyer: *Finite-domain Consistency Techniques: their Combination and Application in Computer-aided Production Planning*. In Proc. of the Seventh International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems (ISMIS'93), Trondheim, June 1993.
- J. P. Müller, M. Pischel: *InteRRaP - eine Architektur zur Modellierung Flexibler Agenten*. In: Beiträge zum Gründungsworkshop der Fachgruppe Verteilte Künstliche Intelligenz, DFKI Report, Nummer D-93-06. Jürgen Müller (Hrsg.) Saarbrücken, April 1993
- J.P. Müller: Rational Interaction via Joint Plans. In: Workshop on Communication, Coordination, and Cooperation in Multiagent Systems, Berlin, 1993. KI-93, 17. Fachtagung der Künstlichen Intelligenz.
- J.P. Müller und M. Meyer: Combining Forward-Checking and Looking-Ahead in Constraint Logic Programming. In: Proc. of the 3rd Int. Conf. for Young Computer Scientists (ICYCS-93), Beijing China, July 1993.
- J.P. Müller und M. Pischel: InteRRaP: Eine Architektur zur Modellierung flexibler Agenten. In: Verteilte Künstliche Intelligenz, H.-J. Müller (Hrsg.), BI-Wissenschaftsverlag, Mannheim, November 1993.
- J.P. Müller und M. Pischel: Modelling Robot Societies using InteRRaP. In: IJCAI Workshop on Dynamically Interacting Robots, Chambéry, France, August 1993.
- J.P. Müller und M. Pischel: Planning in Dynamic Environments. In: Workshop on Planning and Plan Execution in Distributed Application Scenarios, Berlin, September 1993, KI-93, 17. Fachtagung der Künstlichen Intelligenz.
- J. P. Müller und M. Pischel: The Agent Architecture InteRRaP: Concept and Application. Technischer Bericht RR-93-26, DFKI, Saarbrücken, 1993.

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

Vorträge:

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



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

2.2 AKA-TACOS - Erweitertes Taxonomisches Reasoning (B)

EXECUTIVE SUMMARY

Die in 1993 angepeilten Ziele wurden erreicht:

- *Evaluation verschiedener Spracherweiterungen zur Modellierung von unvollständigem und unsicherem Wissen (nicht-monotone und possibilistische Logiken) bzw. von Zeitwissen und Wissen über Wissen (temporale und epistemische Logiken)*
- *Erweiterung von KRIS um regelbasierte Wissensrepräsentation sowie um constraint-basierte Integration konkreter Bereiche (z.B. INTEGER)*

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

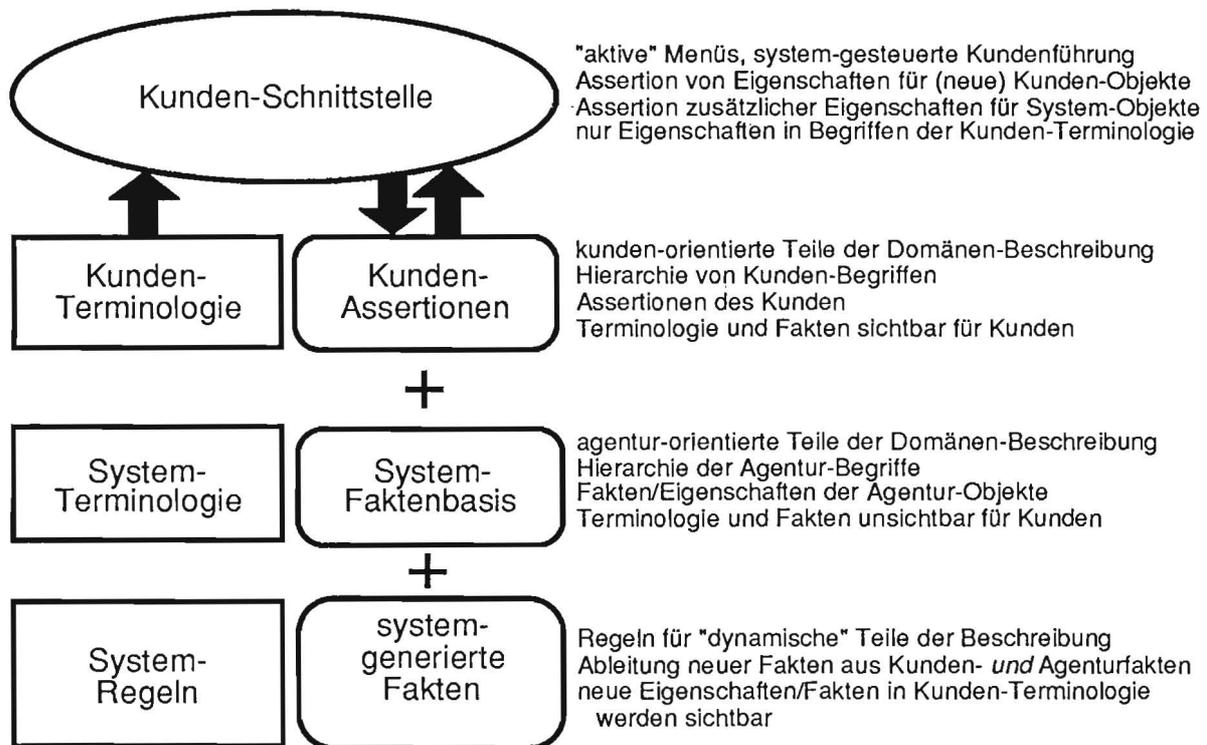


Abbildung 1: Graphik zur Frame-basierten Benutzerführung bei der Auftragsannahme im Speditionsszenario

2.2.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Aufbauend auf unseren Arbeiten im Projekt AKA-WINO (vgl. DFKI-Jahresberichte 1990-1992) untersuchen wir im Projekt AKA-TACOS Erweiterungen taxonomischer Wissensrepräsentation um "Commonsense Reasoning". In der Anlaufphase ging es darum, verschiedene Ansätze für das Schließen unter unvollständiger, unsicherer oder vager



Information, für zeitliches Schließen und für die Modellierung von "Wissen über Wissen" im Hinblick auf ihre Verwendbarkeit für die Integration in terminologische Systeme zu evaluieren. Ziel unserer Arbeiten ist es, solche Ansätze mit den in AKA-WINO entwickelten und im System KRIS realisierten Formalismen für terminologische Wissensrepräsentation und -verarbeitung zu kombinieren und KRIS zu einem entsprechend mächtigeren Werkzeug für die Wissensverarbeitung mit Alltagswissen zu erweitern.

Im Berichtszeitraum haben wir uns auf entsprechende Untersuchungen zur Erweiterung – meist propositional abgeschlossener – terminologischer Sprachen konzentriert (wie ALC oder oder ausdrucksstärkere Varianten). Wie sich gezeigt hat, sind solche Erweiterungen jedoch in der Regel von relativ hoher Komplexität, so daß ihr Einsatz für praktische Anwendungen eher problematisch sein dürfte. Eine Integration und Kombination der verschiedenen Erweiterungen wird die Komplexität noch erhöhen.

Vor weiteren Untersuchungen in dieser Richtung soll deshalb zunächst herausgefunden werden, welche weniger mächtigen Sprachen bei Anwendungen für eine solche Integration herangezogen werden könnten. Daher haben wir uns verstärkt mit Anwendungen terminologischer Systeme beschäftigt. Es wurde damit begonnen, eine umfassende Studie existierender Wissensrepräsentationssysteme mit terminologischer Basiskomponente, ihrer jeweiligen Anwendungen und die dortige Verwendung terminologischen Schließens zu erstellen. Desweiteren haben wir im Rahmen der ESPRIT Basic Research Action Compulog mit unseren Partnern in Rom und Aachen Anwendungen terminologischen Schließens für die Lösung von Problemen und Fragestellungen im Bereich objekt-orientierter Datenbanken untersucht. Wir haben damit begonnen, eine frame-artige Eingabesprache für eine menü-gesteuerte Benutzerschnittstelle zu entwickeln. Diese wird derzeit durch die Modellierung einer Auftragsannahme-Komponente für das mit dem Projekt AKA-Mod gemeinsam bearbeitete Speditionsszenario instantiiert. Dazu haben wir KRIS um eine Regel-Komponente und um sogenannte "konkrete Bereiche" zur Integration z.B. von Zahlen erweitert. Wir sehen darüberhinaus eine vielversprechende Einsatzmöglichkeit dieses Menü-Systems für die Formulierung von Anfragen an Datenbanken mit semantischen oder objekt-orientierten Datenmodellen.

Im folgenden werden die einzelnen Arbeiten im Berichtszeitraum näher dargestellt. Weitere Details kann man den entsprechenden Veröffentlichungen entnehmen.

2.2.1.1 NICHT-MONOTONE ANSÄTZE

Ein erster Ansatz, der ausführlicher untersucht wurde, war die Einschränkung der von Reiter entwickelten Default Logik auf terminologische Wissensrepräsentationsformalismen. Reiters Default Logik war unter der großen Auswahl verschiedener nicht-monotoner Formalismen für unsere Zwecke besonders geeignet, da zum einen viele terminologische Wissensrepräsentationssysteme bereits eine Art von Regeln enthalten, die als sehr eingeschränkte Form von Default-Regeln aufgefaßt werden können. Zum anderen war zu erwarten, daß eine Einbindung des Default-Logik-Ansatzes in unsere Repräsentationssprachen relativ unproblematisch ist, da Reiters Default Logik für volle Prädikatenlogik eingeführt wurde und unsere Sprachen als Teilklassen davon aufgefaßt werden können. Bei genauerer Betrachtung stellten sich jedoch Schwächen von Reiters Logik heraus, die bislang nicht bekannt waren und deshalb auf reges Interesse im Bereich der nicht-monotonen Logik stießen.

Daher haben wir Formalismen entwickelt, die die von uns aufgedeckten Schwächen von Reiters Logik nicht mehr aufweisen. Zum einen wurde eine Modifikation von Default-Logik betrachtet, die es erlaubt, speziellere Default-Regeln bevorzugt anzuwenden. Dies ist eine Möglichkeit, die

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

Eine weitere Schwäche von Reiters Default-Logik liegt darin, daß die Semantik offener Default-Regeln (d.h. von Regeln mit freien Variablen) nicht vernünftig definiert ist. Die von uns zunächst verwendete pragmatische Lösung für dieses Problem hat den Nachteil, daß dabei Default-Regeln nicht auf nur implizit vorhandene Individuen angewendet werden können. Auch ein Vorschlag von Lifschitz für eine Semantik offener Defaults löst dieses Problem nicht in befriedigender Weise. Es wurde von uns eine Semantik für offene Defaults entwickelt, die die Probleme der Reiterschen und Lifschitzschen Semantik vermeidet. Sie beruht auf einer Präferenzrelation auf Modellen, wobei aber im Gegensatz zu den üblichen Präferenzsemantiken nicht nur die minimalen Modelle betrachtet werden.

2.2.1.2

SCHLIEßEN UNTER UNSICHEREM WISSEN

Aus der Vielzahl der Ansätze, die zur Modellierung von unsicherem Wissen vorgeschlagen worden sind, haben wir zunächst unser Hauptaugenmerk auf die von Dubois und Prade entwickelte "Possibilistische Logik" gelegt. Der Grund liegt zum einen darin, daß Possibilistische Logik eine Erweiterung der Prädikatenlogik ist, wobei jeder Formel ein sogenannter Notwendigkeits- und/oder Möglichkeitswert zugeordnet werden kann. Da die meisten terminologischen Wissensrepräsentationsformalisten Fragmente der Prädikatenlogik definieren, ist eine possibilistische Erweiterung dieser Formalismen formal betrachtet unproblematisch. Ein weiterer Grund, der die Auswahl von Possibilistischer Logik motiviert, ist darin zu sehen, daß für Possibilistische Logik nicht nur eine Semantik sondern auch ein Kalkül (der bezüglich dieser Semantik korrekt und vollständig ist) existiert. Allerdings zeigt sich, daß dieser - auf dem Resolutionsprinzip beruhende - Kalkül für entscheidbare Fragmente, wie sie durch viele Wissensrepräsentationsformalisten definiert werden, oft nicht terminiert. Dies bedeutet jedoch, daß man damit kein Entscheidungsverfahren für eine possibilistische Erweiterung einer terminologischen Sprache erhält. Aus diesem Grund wurde ein alternativer Kalkül für Possibilistische Logik entwickelt, der nicht auf dem Resolutionsprinzip beruht, sondern als Basisoperation einen Konsistenztest (für prädikatenlogische Formeln) verwendet. Ist dieser Test entscheidbar für eine Basissprache (wie z.B. für terminologischen Formalismen), so erhält man automatisch ein Entscheidungsverfahren für eine possibilistische Erweiterung der Basissprache.

Im Zusammenhang mit der Thematik des approximativen Schließens wurde eine breitere Semantik von Datenbasen untersucht: Eine Datenbasis bedeutet dabei nicht nur etwas im Sinne der üblichen Semantik, sondern muß auch den zu erwartenden Fragen und dem darauf arbeitenden Schlußfolgerungs-System angepaßt sein. In diesem Sinne, also aus Gründen der effizienten Verarbeitung, ist beispielsweise ein Default wie "Vögel fliegen normalerweise" nur dann adäquat, wenn es auch wirklich Ausnahmen gibt; andernfalls sollte man die klassische Formel "alle Vögel fliegen" verwenden, welche die Konsistenzprüfung erspart. Defaults könnten dann beispielsweise verwendet werden, um schnell auf mögliche Gefahren zu reagieren (um im Beispiel zu bleiben: man schließe die Tür des Vogelkäfigs, da Vögel per Default fliegen können). Möchte man sich umgekehrt darauf verlassen, daß ein bestimmter Vogel fliegen kann (etwa weil man ihn als Brieftaube benutzen will), so genügt dieser Default nicht und man wird den klassischen Allquantor benutzen.

Zur Fundierung und Erweiterung der Benutzeroberfläche für KRIS haben wir eine Anfragesprache für terminologische Systeme entworfen, die den Gebrauch von epistemischen Operatoren erlaubt. Damit kann etwa im Speditionsszenario von AKA-Mod unterschieden werden zwischen den Fragen "Gibt es (grundsätzlich) Fahrzeuge, mit denen man Schüttgüter transportieren kann?" und "Kennt die Wissensbasis ein (bestimmtes) Fahrzeug, mit dem man Schüttgüter transportieren kann?" Bei Wissensbasen, die unvollständiges Wissen über die Welt haben, kann auf diese Weise zwischen definitivem und indefinitem Wissen unterschieden werden. Für die erweiterte Anfragesprache wurde ein Algorithmus entwickelt, der – ähnlich wie die früher schon in WINO entwickelte Verfahren – auf dem Tableauekalkül für Prädikatenlogik beruht.

Mittels epistemischer Operatoren kann auch verschiedenen Operationen in terminologischen Systemen, die sich mit klassischer Logik nicht erfassen lassen, eine Semantik gegeben werden. So gibt es etwa in Systemen wie CLASSIC und LOOM sogenannte Trigger-Regeln der Form "wenn ein Objekt Instanz des Konzepts C ist, dann mache es auch zu einer Instanz von D". Diese Regeln werden nur auf explizit vorhandene Objekte angewandt, nicht aber auf solche, auf deren Existenz geschlossen werden kann, ohne daß sie repräsentiert sind. Diese Regeln hatten bislang nur eine operationale, aber keine deklarative Semantik. Durch Einführung eines epistemischen Operators läßt sich die Bedeutung von Trigger-Regeln deklarativ interpretieren als "alle bekannten Instanzen von C sind Instanzen von D". Die Kommission zur Vereinheitlichung von Wissensrepräsentationsformalismen, die von der US-Regierungsbehörde ARPA ins Leben gerufen wurde, hat die von uns entwickelte Semantik als Standard für terminologische Systeme übernommen. Auf dieser Semantik baute auch die Regelkomponente im System TAXON auf, das im BMFT-Projekt ARC-TEC am DFKI entwickelt wurde, und der Regelmechanismus, den wir in KRIS eingebaut haben.

Ergebnisse gibt es auch für die Repräsentation von Wissen in Multi-Agenten-Systemen. Dazu waren aus zwei Gründen Erweiterungen des terminologischen Wissensrepräsentationsformalismus notwendig. Zwar eignen sich terminologische Formalismen für die Repräsentation von Weltwissen eines einzelnen Agenten; sie stellen aber praktisch keine Möglichkeiten zur Verfügung, mit denen epistemisches Wissen (d.h. Wissen über das Wissen von anderen Agenten) oder auto-epistemisches Wissen (d.h. Wissen über eigenes Wissen) eines Agenten repräsentiert werden kann. Darüber hinaus werden an das Wissen von Agenten im allgemeinen eine Reihe von Anforderungen gestellt. Standardanforderungen sind etwa "alles was ein Agent weiß ist wahr" oder "wenn ein Agent ein Faktum weiß, dann weiß er, daß er dieses Faktum weiß". Die Axiomatisierung dieser Anforderungen ist in herkömmlichen terminologischen Formalismen nicht möglich. Aufbauend auf den Arbeiten von Moore wurde eine modallogische Erweiterung terminologischer Wissensrepräsentationsformalismen entwickelt, die es ermöglicht, sowohl epistemisches Wissen als auch eine Axiomatisierung der Anforderungen an Wissen zu repräsentieren. Die strukturierte Darstellung des Weltwissens in terminologischen Formalismen bleibt dabei natürlich erhalten. Es konnte gezeigt werden, daß der resultierende Gesamtformalismus weiterhin entscheidbar ist. Aufgrund des Knowledge-Axioms, das besagt daß ein Agent nur wahre Fakten wissen kann, ist die Verwendung von Wissen in Multi-Agenten-Systemen allerdings oft nicht adäquat. Der Grund dafür ist, daß Agenten ihr Wissen oft aus unsicheren Quellen wie Beobachtungen, Kommunikation o.ä. beziehen. Daher wurde untersucht wie sich auf der Basis von Konzeptsprachen ausdrücken läßt, was Agenten glauben. Der Hauptunterschied zu Wissen besteht dabei darin, daß ein Agent Fakten glauben (aber nicht wissen) kann, die in der Welt nicht gelten. Allerdings muß sichergestellt werden, daß kein Agent an eine Menge von Fakten glaubt, die in sich inkonsistent ist. Auch dazu wurde eine modallogische Erweiterung von ALC entwickelt, die eine solche Repräsentation des Glaubens von Agenten ermöglicht. Für diese Erweiterung wurde ein tableaubasierter Entscheidungsalgorithmus angegeben.



Um mehrere modallogische Erweiterungen - wie etwa Wissen, Glauben, Zeit etc. - gleichzeitig mit Konzeptsprachen kombinieren zu können, ist es interessant, sogenannte multidimensionale Konzeptsprachen zu untersuchen. In Zusammenarbeit mit einem Mitarbeiter des MPI für Informatik in Saarbrücken wurde eine multidimensionale, sehr ausdrucksstarke Konzeptsprache entwickelt. Dieser Formalismus erweitert traditionelle Konzeptsprachen in zweierlei Hinsicht. Zum einen hat man nicht mehr nur eine Objektdimension zur Verfügung, sondern auch zusätzliche Dimensionen, die als Zeitdimension, Wissensdimension etc. interpretiert werden können. Das ermöglicht eine uniforme Integration von Zeit, Wissen etc. in terminologische Formalismen. Zu beachten ist, daß die entsprechenden Modalitäten nicht nur vor Definitionen und Fakten auftreten dürfen, sondern auch innerhalb von Konzeptbeschreibungen erlaubt sind. Zum anderen können Rollenquantoren (in der Objektdimension) und Modaloperatoren (in den anderen Dimensionen) nicht nur Konzepte sondern auch Rollen (oder Modalitäten) modifizieren.

2.2.1.4 ZEITLICHES SCHLIEßEN

Es wurde außerdem untersucht, wie zeitliches Wissen in Konzeptsprachen integriert werden kann. Dabei war das Ziel, möglichst viel zeitliches Wissen in Konzeptsprachen zu integrieren, ohne deren Berechnungskomplexität wesentlich zu erhöhen. Es hat sich gezeigt, daß sogenannte temporale Modallogiken für eine solche Integration geeignet sind. Betrachtet wurde eine bekannte temporale Modallogik mit der alle elementaren Formeln über Zeitpunkte ausgedrückt werden können; zumindestens für die gängigen Zeitstrukturen (lineare, Dedekind-vollständige Zeit). Es wurde gezeigt, daß die Erweiterung der terminologischen Standardlogik ALC durch diese temporale Modallogik die Berechnungskomplexität von ALC nicht erhöht, falls man sich auf gewisse Zeitstrukturen beschränkt, die allerdings für die meisten technischen Anwendungen ausreichend sind (lineare, diskrete, unbegrenzte Zeit). Weiterhin wurde für diese temporale Erweiterung von ALC ein korrekter und vollständiger Tableaux-Algorithmus angegeben.

Ein anderer bekannter Ansatz zur Modellierung von Zeit-Relationen ist die sogenannte Interval-Algebra von Allen. In Zusammenarbeit mit dem DFKI-Projekt WIP konnte eine maximale, polynomial-handhabbare Teilklasse der Allen'schen Interval-Algebra identifiziert werden.

2.2.1.5 INTEGRATION VON REGELN UND KONKRETEN BEREICHEN

Die wichtigsten Abstraktionsoperationen in der Wissensrepräsentation sind die Generalisierung von Konzepten (*is-a* Relation oder Subsumption), sowie die Klassifikation (*instance-of* Relation) und Aggregation (*part-of* Relation) von Objekten. Während terminologische Systeme die ersten beiden Abstraktionsmechanismen zur Verfügung stellen, gibt es keinen allgemeinen Mechanismus zur Repräsentation der *part-of* Relation: Durch die Beschränkung auf Konzepte und Rollen (d.h. auf ein- und zweistellige Prädikate) ist die Aggregation von mehr als zwei Einzelteilen zu einem zusammengesetzten Teil nur in sehr eingeschränkter Weise möglich. Darüberhinaus ist es in terminologischen Systemen zwar möglich, implizite Information über Objekte explizit zu machen, d.h. logische Konsequenzen aus einer gegebenen Wissensbasis zu berechnen. Es gibt aber keine Möglichkeit automatisch neue Information über Objekte zu erzeugen (etwa in Abhängigkeit von einer konkreten Datenbasis). Daher wurde eine im DFKI-Projekt ARC-TEC entwickelte Regelsprache in das KRIS-System eingebaut. Diese Regelsprache erlaubt, zusätzlich zu einer TBox und einer ABox, die Repräsentation einer intensionalen Datenbasis in Form von "wenn...dann..."-Fakten. Man kann damit etwa

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

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

2.2.1.6 SONSTIGE SPRACHERWEITERUNGEN

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

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

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

2.2.1.7 TERMINOLOGISCHE FORMALISMEN ALS CONSTRAINTSPRACHE

Aufgrund ihrer Entscheidbarkeit und Ausdrucksmächtigkeit eignen sich Konzeptsprachen hervorragend als Constraintsprachen in constraint-basierten Logiken. Im Projekt WINO wurde diese Tatsache bereits durch die Implementierung des Systems CORE (CONstrained RESolution prover) ausgenutzt. Als Eingabesprache für dieses System dienten allerdings ausschließlich Klauseln mit Constraints; das Problem der Transformation von Formeln erster Stufe mit Constraints in solche Klauseln ist dort nicht untersucht worden. Ein solches Transformationsverfahren wurde nun entwickelt, wobei sich herausstellte, daß insbesondere die Skolemisierung eine wesentlich komplexere Behandlung erfordert als in der klassischen Prädikatenlogik. Grund dafür ist die notwendige Fallunterscheidung danach, ob ein Constraint in einer gegebenen Interpretation leer oder nicht-leer interpretiert wird, während in der klassischen Prädikatenlogik stets über eine nicht-leere Domäne quantifiziert wird. Darüberhinaus wurde ein Constraint-Unifikationsverfahren entwickelt, bei dem Unifikation nicht nur aufgrund syntaktischer Eigenschaften definiert ist, sondern auch die Lösbarkeit der Constraints der zu unifizierenden Klauseln berücksichtigt. Dieses Verfahren kann als Optimierung in der Beweissuche verwendet werden.

Das oben erwähnte Skolemisierungsverfahren führt eine Menge von Skolemfunktionen ein, deren Argumente durch Constraints "typisiert" sind. Da ein constraint-basierter Resolutionsbeweiser diese Funktionsdeklarationen der Skolemfunktionen verarbeiten muß, liegt es nahe, auch für die in der Eingabe verwendeten Funktionssymbole Deklarationen zu erlauben. Es wurde daher untersucht, ob Konzeptsprachen mit Funktionssymbolen noch entscheidbar sind. Dabei stellte sich heraus, daß die Erfüllbarkeit von Constraints über der Konzeptsprache ALC mit Funktionssymbolen entscheidbar bleibt, während der Allkonsistenztest unentscheidbar wird. Aber auch mit dem Erfüllbarkeitstest allein kann das resultierende Beweisverfahren für interessante Aufgaben, wie etwa abduktive Antwortgenerierung, eingesetzt werden.

2.2.1.8 ANWENDUNGEN IM DATENBANKBEREICH

Die Integration von deduktiven bzw. objekt-orientierten Datenbanken und Terminologischen Logiken, an der im Rahmen unserer Beteiligung am ESPRIT Projekt Compulog II zusammen mit Professor Jarke (RWTH Aachen) gearbeitet wird, führte zu einer neuen Technik der semantischen Optimierung von Datenbankabfragen. Dazu wurde, basierend auf dem Datenbanksystem ConceptBase von Prof. Jarke, eine prototypische Datenbanksprache entwickelt, bei der eine Konzeptsprache als struktureller Anteil sowohl in die Schemabeschreibungssprache als auch in die Anfragesprache integriert wurde. Dies ermöglicht es, die für Konzeptsprachen entwickelten Subsumptionsalgorithmen zu adaptieren, um Subsumption von Anfragen zu berechnen. Ist eine Anfrage spezieller als eine zuvor gestellte - etwa, wenn man nach den alten Patienten fragt, nachdem man nach allen Patienten gefragt hat -, kann man die Antworten der neuen Fragen unter den alten und nicht in der gesamten Datenbank suchen. Dies ist im allgemeinen wesentlich effizienter. In der Zukunft soll die Idee eines terminologischen Kerns in einer deduktiven bzw. objekt-orientierten Datenbank weiter ausgebaut und untersucht werden.

2.2.1.9 ANWENDUNGSSTUDIE

Zur Zeit ist eine Studie – in Zusammenarbeit mit einer Wissenschaftlerin von AT&T – über Anwendungen von terminologischen Wissensrepräsentationssystemen in Arbeit. Begründet mit den Anforderungen aus Anwendungsprojekten zielten in den letzten Jahren viele praktische und theoretische Arbeiten an terminologischen Systemen darauf hin, den Kernformalismus in verschiedene Richtungen zu erweitern. Dabei besteht die Gefahr, daß die Homogenität der Systeme verlorenght und nicht mehr klar ist, was sie eigentlich leisten sollen. Wir halten es in dieser Situation für notwendig, systematisch Kriterien für das Design von terminologischen Systemen zu gewinnen. Dazu arbeiten wir an einer Studie, in der wir untersuchen, auf welche Arten terminologische Systeme tatsächlich in Anwendungen eingesetzt werden und welche ihrer Funktionalitäten dort genutzt bzw. welche Funktionalitäten vermißt werden. Damit wollen wir zum einen herausfinden, inwieweit die angebotenen Systemdienste benötigt werden und zum anderen, welches die dringendsten Erweiterungen des Kerns sind. Ein mögliches Ergebnis unserer Untersuchung wäre auch, daß die Anforderungen so unterschiedlich sind, daß sie nicht durch einen Systemtyp erfüllt werden können.

Terminologische Systeme fanden (und finden) Verwendung in einer Reihe von KI-Projekten, die in der wissenschaftlichen Literatur dokumentiert sind. Wir haben bislang Literatur gesammelt über Projekte, die terminologische Wissensrepräsentation benutzen und Kontakte zu Anwendungsprojekten geknüpft. Ein TACOS-Mitarbeiter hatte während eines Aufenthalts als Gastforscher bei den Bell-Laboratorien der amerikanischen Telefongesellschaft AT&T Gelegenheit, Anwendungen terminologischer Systeme in der industriellen Praxis zu studieren. Erste Ergebnisse zeigen, daß in den USA terminologische Wissensrepräsentationssysteme schon in der Industrie eingesetzt werden, während man sich in Europa hauptsächlich auf Forschung in diesem Gebiet an Universitäten und (öffentlichen) Forschungsinstituten konzentriert.

Die Arbeiten an dieser Studie und die Arbeiten im Bereich der Datenbanken führten zum Vorschlag einer neuen Architektur für terminologische Systeme. Diese Architektur unterscheidet im Wesentlichen zwei Funktionalitäten von Systemen: Domänenmodellierung und Anfragen. Diese Differenzierung wird durch unterschiedliche Sprachen und unterschiedliche



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

2.2.1.10 FRAME-BASIERTE BENUTZERFÜHRUNG BEI DER AUFTRAGSANNAHME IM SPEDITIONSSZENARIO

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

2.2.2 Veröffentlichungen und Vorträge

Veröffentlichungen:

- K.R. Apt, M. Jarke, W. Nutt, D. Pedreschi, D. de Schreye. *Esprit Basic Research Action Compulog II: Deliverables for year I*. CWI Amsterdam, Niederlande, 1993.
- F. Baader, M. Buchheit, B. Hollunder. *Cardinality Restrictions on Concepts*. DFKI-Research Report RR-93-48, 1993.
- F. Baader, H.-J. Bürckert, B. Nebel, W. Nutt, G. Smolka. *On the Expressivity of Feature Logics with Negation, Functional Uncertainty, and Sort Equations*. Journal of Logic, Language and Information 2, 1993.
- F. Baader, K. Schulz. *Combination Techniques and Decision Problems for Disunification*. Proceedings of the 5th International Conference on Rewriting Techniques and Applications, RTA 93, Montreal (Canada), LNCS 690, Springer Verlag, 1993.
- F. Baader, E. Franconi, B. Hollunder, B. Nebel, H.-J. Profitlich. *An Empirical Analysis of Optimization Techniques for Terminological Representation Systems*. DFKI-Research Report RR-93-03, 1993.
- F. Baader, E. Franconi, B. Hollunder, B. Nebel, H.-J. Profitlich. *An Empirical Analysis of Optimization Techniques for Terminological Representation Systems*. Erscheint in: Applied Intelligence, special issue on knowledge base management.
- F. Baader, B. Hollunder. *Embedding Defaults into Terminological Knowledge Representation Systems*. DFKI-Research Report RR-93-20, 1993.
- F. Baader, B. Hollunder. *How to Prefer More Specific Defaults in Terminological Default Logic*. Proceedings of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI'93, Chambéry, 1993.

- F. Baader, B. Hollunder. *Computing Extensions of Terminological Default Theories*. Erscheint in: The Theoretical Foundations of Knowledge Representation and Reasoning, LNCS, Springer Verlag.
- F. Baader, K. Schlechta. *A Semantics for Open Normal Defaults via a Modified Preferential Approach*. DFKI-Research Report RR-93-13, 1993.
- F. Baader, K. Schulz. *Combination Techniques and Decision Problems for Disunification*. DFKI-Research Report RR-93-05, 1993.
- F. Baader, J. Siekmann. *Unification Theory*. Erscheint in: D. Gabbay (ed.); Logic in AI and Logic Programming, vol. II, Oxford University Press.
- F. Baader, W. Snyder (Herausgeber). Preprints of the Abstracts of UNIF'93.
- M. Buchheit, H.-J. Bürckert, B. Hollunder, A. Laux, W. Nutt. *The Knowledge Representation System Specification: Ein Ansatz zur Standardisierung terminologischer Wissensrepräsentationsformalisten*. Tagungsband des AKI Workshops Wissensrepräsentation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, 1993.
- M. Buchheit, F. M. Donini, A. Schaerf. *Decidable Reasoning in Terminological Knowledge Representation Systems*. DFKI-Research Report RR-93-10, 1993.
- M. Buchheit, F. M. Donini, A. Schaerf. *Decidable Reasoning in Terminological Knowledge Representation Systems*. Proceedings of the Workshop on Theorem Proving with Analytic Tableaux and Related Methods, MPI-Report MPI-I-93-213, 1993.
- M. Buchheit, F. M. Donini, A. Schaerf. *Decidable Reasoning in Terminological Knowledge Representation Systems*. Proceedings of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI'93, Chambéry, 1993.
- M. Buchheit, F. M. Donini, A. Schaerf. *Decidable Reasoning in Terminological Knowledge Representation Systems*. Journal of Artificial Intelligence Research, 1:109-138, 1993.
- M. Buchheit, M. A. Jeusfeld, W. Nutt, M. Staudt. *Subsumption between Queries to Object-Oriented Databases*. DFKI-Research Report RR-93-44, 1993.
- M. Buchheit, M. A. Jeusfeld, W. Nutt, M. Staudt. *Subsumption between Queries to Object-Oriented Databases*. Aachener Informatik Berichte 93-9, 1993.
- M. Buchheit, M. A. Jeusfeld, W. Nutt, M. Staudt. *Subsumption between Queries to Object-Oriented Databases*. Proceedings of the 1993 Compulog Net annual area meeting on "Knowledge Representation and Reasoning", Lissabon, 1993.
- M. Buchheit, A. Laux, W. Nutt. *Anwendungen terminologischer Wissensrepräsentation: Erste Ergebnisse einer empirischen Studie*. Tagungsband des AKI Workshops Wissensrepräsentation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, 1993.
- H.-J. Bürckert. *Allowing for Constructor Terms and Equations in Terminological Reasoning*. Tagungsband des AKI Workshops Wissensrepräsentation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, 1993.
- H.-J. Bürckert, B. Hollunder, A. Laux, *On Skolemization in Constrained Logics*, DFKI-Research Report RR-93-06, 1993
- H.-J. Bürckert, B. Hollunder, A. Laux, *Concept Logics with Function Symbols*, DFKI-Research Report RR-93-07, 1993
- H.-J. Bürckert, W. Nutt (Hrsg.). *Modellierung epistemischer Propositionen. Workshop-Bericht*, Tagungsband der 17. Fachtagung für Künstliche Intelligenz, Berlin, 13.-16. September 1993, Reihe Informatik aktuell, Springer Verlag.
- H.-J. Bürckert, W. Nutt. *Modelling Epistemic Propositions*. Workshop-Proceedings. DFKI-Dokument D-93-25.
- F. Donini, M. Lenzerini, D. Nardi, W. Nutt, A. Schaerf. *Queries, Rules and Definitions as Epistemic Sentences in Concept Languages*. DFKI-Research Report RR-93-40, 1993.
- F. Donini, M. Lenzerini, D. Nardi, W. Nutt, A. Scharf. *Adding Epistemic Operators to Concept Languages*. Erscheint in: The Theoretical Foundations of Knowledge Representation and Reasoning, LNCS, Springer Verlag.
- K. Hinkelmann, A. Laux (Hrsg.). *Proceedings of the DFKI Workshop on Knowledge Representation Techniques*. DFKI-Document D-93-11.

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

Vorträge:

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

- B. Hollunder. *How to Prefer More Specific Defaults in Terminological Default Logic*, Compulog Net Annual Area Meeting on "Knowledge Representation and Reasoning", Lissabon, 1.7.1993.
- B. Hollunder. *WINO/TACOS: Terminologische Wissensrepräsentation*, DFKI Workshop über Wissensrepräsentationstechniken, Kaiserslautern, 8.7.1993.
- B. Hollunder. *The Knowledge Representation System Specification: Ein Ansatz zur Standardierung terminologischer Wissensrepräsentationsformalismen*, AKI Workshop über Wissensrepräsentation, Bonn, 6.12.1993.
- B. Hollunder. *Terminological Default Logic*, Vortrag im gemeinsamen Logikseminar des DFKI, FBI und MPI, Saarbrücken, 2.2.1993
- B. Hollunder. *Terminological Default Logic*, Vortrag an der GMD, Bonn, 25. 5. 1993.
- A. Laux. *Representing Belief in Multi-Agent Worlds via Terminological Logics*. Workshop on Cooperating Knowledge Based Systems, Keele, 10.9.1993.
- A. Laux. *Representing Belief in Multi-Agent Worlds via Terminological Logics*. Workshop Modellierung epistemischer Propositionen auf der 17. Fachtagung für künstliche Intelligenz, Berlin, 13.9.1993.
- A. Laux. *Can Terminological Logics be used in Practical Applications?* AKI Workshop über Wissensrepräsentation, Bonn, 6.12.1993.
- W. Nutt. *Subsumption of Queries to Object-Oriented Databases*, Artificial Intelligence Principles Research Department, AT&T Bell Laboratories, Murray Hill, New Jersey, 4. 8. 1993.
- W. Nutt. *Queries and Rules as Epistemic Sentences in Concept Languages*, eingeladener Vortrag auf dem Workshop "Taxonomic Reasoning" der Summer School on Logic Language and Information (LLI'93), Lissabon, Portugal, 27. 8. 1993.
- W. Nutt. *Subsumption of Queries to Object-Oriented Databases*, Workshop des Esprit Basic Research Projekts Compulog II, CWI, Amsterdam, Niederlande, 6./7. 9. 1993.
- W. Nutt. *Research on Types and Objects in Compulog II*, Begutachtung des Esprit Basic Research Projekts Compulog II, CWI, Amsterdam, Niederlande, 8. 9. 1993.
- W. Nutt. *Anwendungen Terminologischer Wissenrepräsentation: Erste Ergebnisse einer empirischen Studie*, AKI Workshop über Wissensrepräsentation, Bonn, 6.12.1993.
- K. Schild. *Combining Terminological Logics with Tense Logic*, 6th Portuguese Conference on Artificial Intelligence, Porto, Portugal, 8.10. 1993.
- K. Schild. *Terminological Cycles and the Propositional Mu-Calculus*, AKI Workshop über Wissensrepräsentation, Bonn, 6.12. 1993.
- K. Schild. *Tractable Reasoning in a Universal Description Logic*, Kolloquium des Graduiertenkollegs am FB Informatik der Universität Saarbrücken, Saarbrücken, 18.1. 1993.
- K. Schild. *Terminological Cycles and the Propositional Mu-Calculus*. Vortrag im Kolloquium des Graduiertenkollegs "Effizienz und Komplexität von Algorithmen und Rechenalagen" der Universität Saarbrücken, 18.1.1993.
- K. Schlechta. *Preferences dans des Structures Dynamiques*, Marseille, Univ. de Provence, März 1993
- K. Schlechta. *Aspects Semantiques du Raisonnement Non-Monotone*, Univ. Angers, Besancon, Clermont-Ferrand, Grenoble, Nancy, April 1993
- J. Siekmann. *Deduktionssysteme*, Vortrag an der FU Berlin, 16.11.1993.

2.3 VSE - Verification Support Environment (B)

EXECUTIVE SUMMARY

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

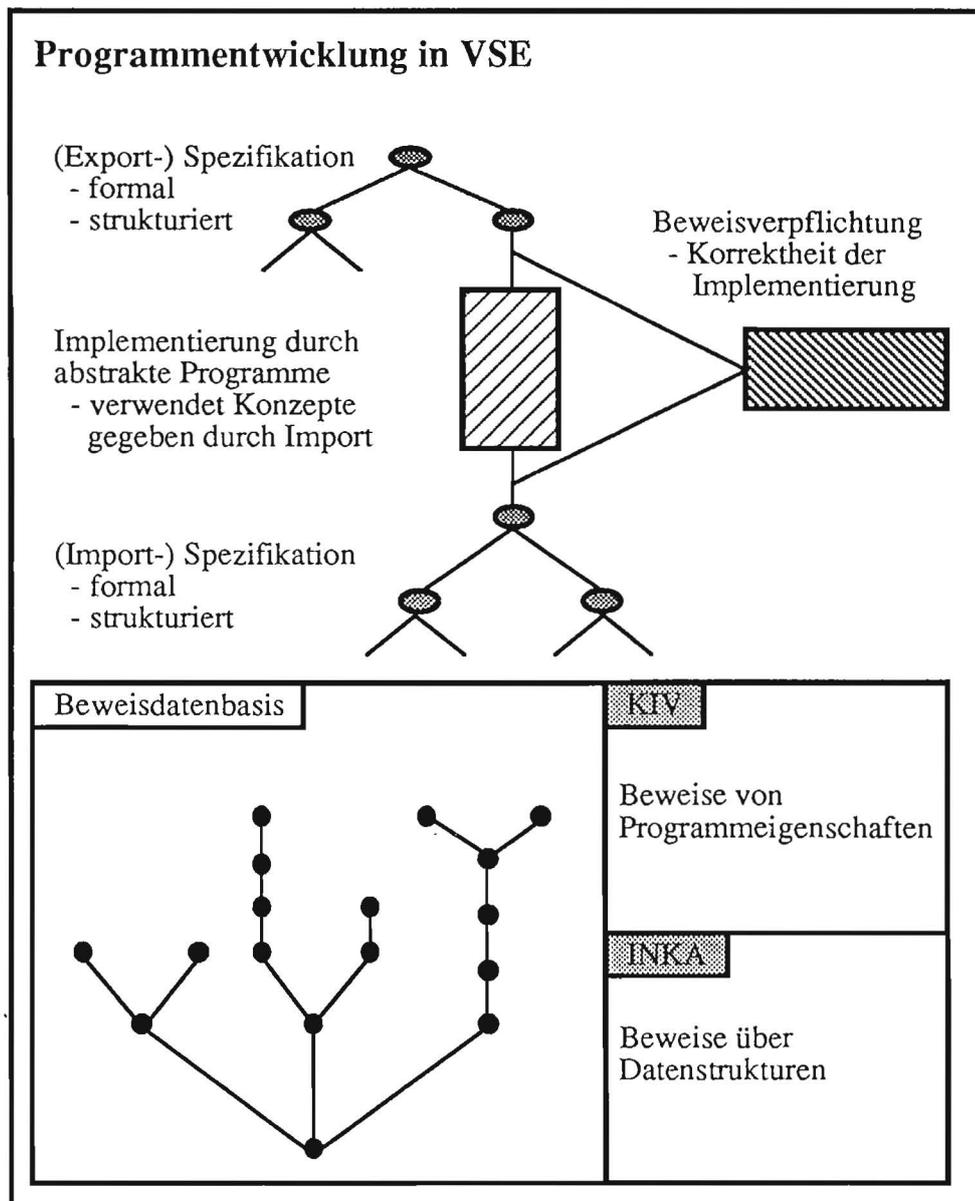


Abbildung 1: Programmentwicklung in VSE

Das VSE-Gesamtprojekt (*Verification Support Environment*) hat die Entwicklung eines Tools zur Unterstützung der formalen Programmentwicklung zum Gegenstand. Es wurde initiiert

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

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

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

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

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

2.3.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

2.3.1.1 VERIFIKATION VON PROGRAMMEN FÜR SPEICHERPROGRAMMIERBARE STEUERUNGEN

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

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



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

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

2.3.1.2 TESTEN AUF GRUNDLAGE FORMALER SPEZIFIKATIONEN

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

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

2.3.2 Veröffentlichungen und Vorträge

Veröffentlichungen:

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

Vorträge:

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

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



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

EXECUTIVE SUMMARY

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

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

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

2.4.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

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

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

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

2.4.2 Veröffentlichungen und Vorträge

Veröffentlichungen:

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

Vorträge:

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

3 Dokumentanalyse und Büroautomatisierung

3.1 ALV - Automatisches Lesen und Verstehen (B)

EXECUTIVE SUMMARY

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

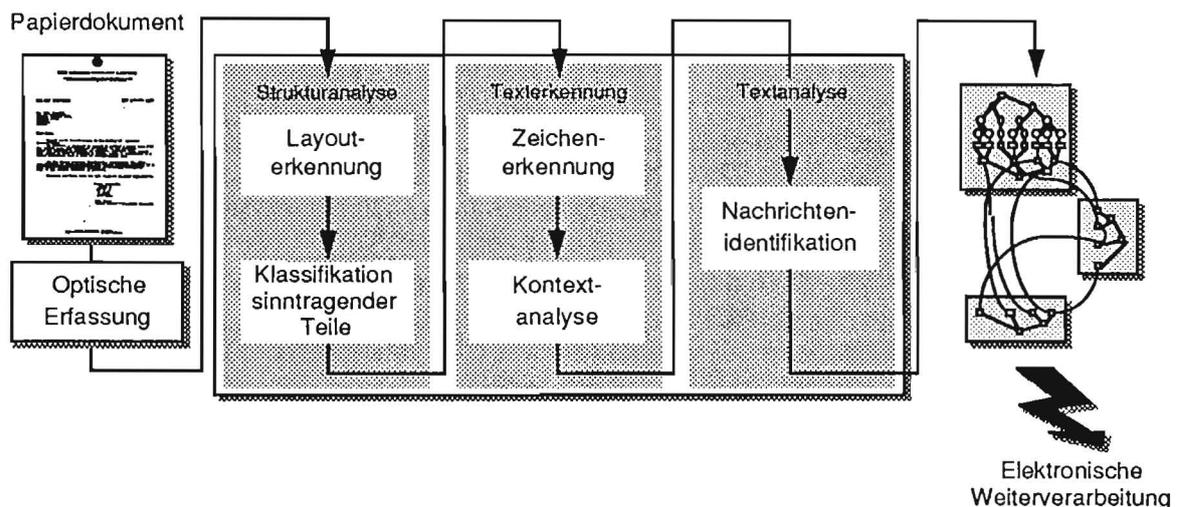


Abbildung 1: Phasen der Dokumentanalyse

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

3.1.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

3.1.1.1 LAYOUTEXTRAKTION

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

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

3.1.1.2 LOGICAL LABELING

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

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

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

3.1.1.3 TEXTERKENNUNG

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

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

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

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

3.1.1.4 TEXTANALYSE

3.1.1.4.1 Klassifikation von Geschäftsbriefen

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

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

3.1.1.4.2 Syntaxanalyse

Wie schon früher wurden im Bereich der syntaktischen Analyse zwei Arbeitsschwerpunkte behandelt: zum einen für bestimmte Logikobjekte spezialisierte Verfahren, wobei exemplarisch die Empfängeradresse gewählt wurde, und zum anderen ein allgemeinerer Parsing-Ansatz, welcher sich an den herkömmlichen Techniken der Sprachverarbeitung orientiert.

Die spezialisierte und weitgehend hart-codierte Adreßerkennung verwendet eine kontextfreie Grammatik zur strukturellen Beschreibung des Adreßaufbaus und nutzt statistisches Wissen, welches mit dieser Grammatik assoziiert ist, zur effizienteren Analyse. Zur Akquisition dieser statistischen Angaben ist eine der Einsatzphase vorgeschaltete Trainingsphase der Komponente notwendig, während der die Häufigkeit bestimmter Syntaxfragmente ermittelt wird.

Laufzeittests des Adreßerkenners ergaben eine starke Abhängigkeit der Laufzeit verschiedener Parsingstrategien von der Güte der Eingabe. Stellt man als Parsingstrategien Inselparsing neben L-R-Parsing, so ist Inselparsing bei hoch-ambiger Eingabe schneller, obwohl der Verwaltungsaufwand gegenüber L-R-Parsing stark anwächst. Ein klarer Vorteil des Inselparsings ist auch die Möglichkeit, Teilkonstituenten in der Eingabe zu finden. Dies ist v.a. hilfreich, wenn nach der Texterkennung — etwa aufgrund schlechter Vorlagenqualität — die "korrekten" Worthypothesen an einigen Stellen fehlen.

Die Adreßerkennung greift direkt auf die Resultate der Einzelzeichenklassifikation zurück, wodurch eine Nutzung der sogenannten logischen Wörterbücher auch hier möglich wird. Über

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

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

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

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

3.1.1.4.3 Prediktor-Konzept

Das im Rahmen des Projektes ALV entwickelte Konzept zum Text-Skimming wird von einem Predictor gesteuert, welcher mit Hilfe mehrerer Spezialisten, den Substantiierern, und vordefinierter inhaltlicher Muster für den erwarteten Briefinhalt, den Message Types, den vorliegenden Brief grob inhaltlich analysiert.

Der Aufbau des *Message Type Modells* wurde bereits im letzten Berichtszeitraum beschrieben. In diesem Modell können typische Nachrichtenmuster wie Bestellung, Bestelländerung, Danksagung etc. auf elementarerer Strukturen aufgebaut werden. Als Primitive werden dazu die CD-Strukturen verwendet, welche sich zu *Message Elements* zusammenfügen lassen, aus denen letztendlich *Message Types* sowie *Multi Message Types* gebildet werden.

Im letzten Halbjahr wurden der Entwurf und die endgültige Beschreibung des Predictors fertiggestellt (siehe DFKI-Dokument D-93-07). Die drei Arbeitsphasen des Predictors sind die Startdiskriminierung, Vorhersageberechnung und abschließende Ergebnisintegration.

Für die Phase der Startdiskriminierung wurde zwischenzeitlich eigens ein kombinierter Schlüsselwort- und Phrasensubstantiierer entwickelt und implementiert, welcher zu typischen, domänenrelevanten Begriffen, wie z.B. "bestellen", entsprechende, teils synonyme Paraphrasen wie "schicken Sie uns bitte..." erkennen kann. Als Schlüsselwort-Substantiierer vermag diese Komponente typische Bildungsmuster von bedeutungsrelevanten Sätzen ohne exzessives syntaktisches Parsing zu analysieren. Solche Anfragen haben — als Beispiel — etwa folgende Form: taucht das Wort "bestellen" (oder ein Synonym) als Verb im Text auf, so suche in einem Abstand von bis zu drei Wörtern eine Firma oder ein Produkt. Schlägt diese Suche fehl, wird das Wort nicht mit der assoziierten Bedeutung erkannt, wodurch etwa "bestelle schöne Grüße" korrekterweise nicht als Bestellung klassifiziert wird.

Die Implementierung eines Prediktorprototypen und eines zugehörigen Message Type Modells sind abgeschlossen, wobei eine Verfeinerung des Message Type Modells durchgeführt wurde. Die konsequente Nutzung bestehender Systemkomponenten als potentielle Substantiierer befindet sich zur Zeit in der Entwicklung.

3.1.1.4.4 Wörterbücher

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

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

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

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

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

3.1.1.5 INTEGRATION DER KOMPONENTEN

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

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

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

3.1.2 Veröffentlichungen und Vorträge

Veröffentlichungen:

- S. Bauman, *Document Recognition of Printed Scores and Transformation into MIDI*, DFKI Research Report RR-93-38, German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI), Kaiserslautern (Sept. 1993), 24 Seiten.
- S. Baumann and A. Dengel, *Transforming Printed Piano Music into MIDI*, in: H. Bunke (ed.) *Advances in Structural and Syntactic Pattern Recognition*, Proceedings of the SSPR92 (Int'l Association for Pattern Recognition Workshop on Syntactic & Structural Pattern Recognition, Bern, Switzerland, World Scientific Publ. (1993), pp. 363-372.
- A. Dengel, *Initial Learning of Document Structure*, Proceedings ICDAR'93, Second Int'l Conference on Document Analysis and Recognition, Tokyo, Japan (Oct. 1993), pp. 86-90.
- A. Dengel, *The Role of Document Analysis and Understanding in Multi-Media Information Systems*, Invited Paper, Proceedings ICDAR'93, Second Int'l Conference on Document Analysis and Recognition, Tokyo, Japan (Oct. 1993), pp. 385-390.
- A. Dengel and R. Hoch, *Intelligent Interfaces between Paper and Computer*, Proceedings Int'l Symposium on Intelligent Workstations for Professionals, Munich, Germany (March 1992), Springer Verlag (1993), pp.122-136.
- A. Dengel, R. Hoch und H.-G. Hein, *ALV: Lesende Systeme für die Unterstützung von Bürovorgängen*, Proceedings Statusseminar des BMFT "Künstliche Intelligenz", Berlin (April. 1993).
- A. Dengel and O. Lutz, *Comparative Study of Connectionist Simulators*, DFKI Research Report RR-93-23, German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI), Kaiserslautern (May 1993), 20 Seiten.
- K.-P. Gores, R. Bleisinger, *Ein erwartungsgesteuerter Koordinator zur partiellen Textanalyse*, DFKI Document D-93-07, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Kaiserslautern, Dezember 1992, 56 Seiten.
- R. Hoch and A. Dengel, *INFOCLAS — Classifying the Message in Printed Business Letters*, Proceedings Int'l Symposium on Document Analysis and Information Retrieval, Las Vegas, NV (April 1993), pp. 443-456.
- R. Hoch and A. Dengel, *Document Highlighting and Message Classification*, DFKI Research Report RR-93-24, German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI), Kaiserslautern (May 1993), 17 Seiten.
- R. Hoch and T. Kieninger, *On virtual partitioning of large dictionaries for contextual post-processing to improve character recognition*, Proceedings ICDAR'93, Second Int'l Conference on Document Analysis and Recognition, Tokyo, Japan (Oct. 1993), pp. 226-231, also available as DFKI Research Report, RR-93-45, (Nov. 1993), 21 pages.
- F. Hönes and J. Lichter, *Text String Extraction within Mixed-Mode Documents*, Proceedings ICDAR'93, Second Int'l Conference on Document Analysis and Recognition, Tokyo, Japan (Oct. 1993), pp. 655-659.
- T. Kieninger and R. Hoch, *Ein Generator mit Anfragesystem für strukturierte Wörterbücher zur Unterstützung von Texterkennung und Textanalyse*, DFKI Document, D-93-08 (May 1993), 125 pages.
- O. Lutz and A. Dengel, *A Comparison of Simulators for Artificial Neural Nets*, IEEE Expert, Vol. 8, No. 4 (Aug. 1993), pp. 43-51.
- M. Malburg and A. Dengel, *Address Verification in Structured Documents for Automatic Mail Delivery*, Proceedings JelPoste93, First European Conference on Postal Technologies, Vol. 1, Nantes, France (June 1993), pp. 447-454.

Vorträge:

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

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

EXECUTIVE SUMMARY

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

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

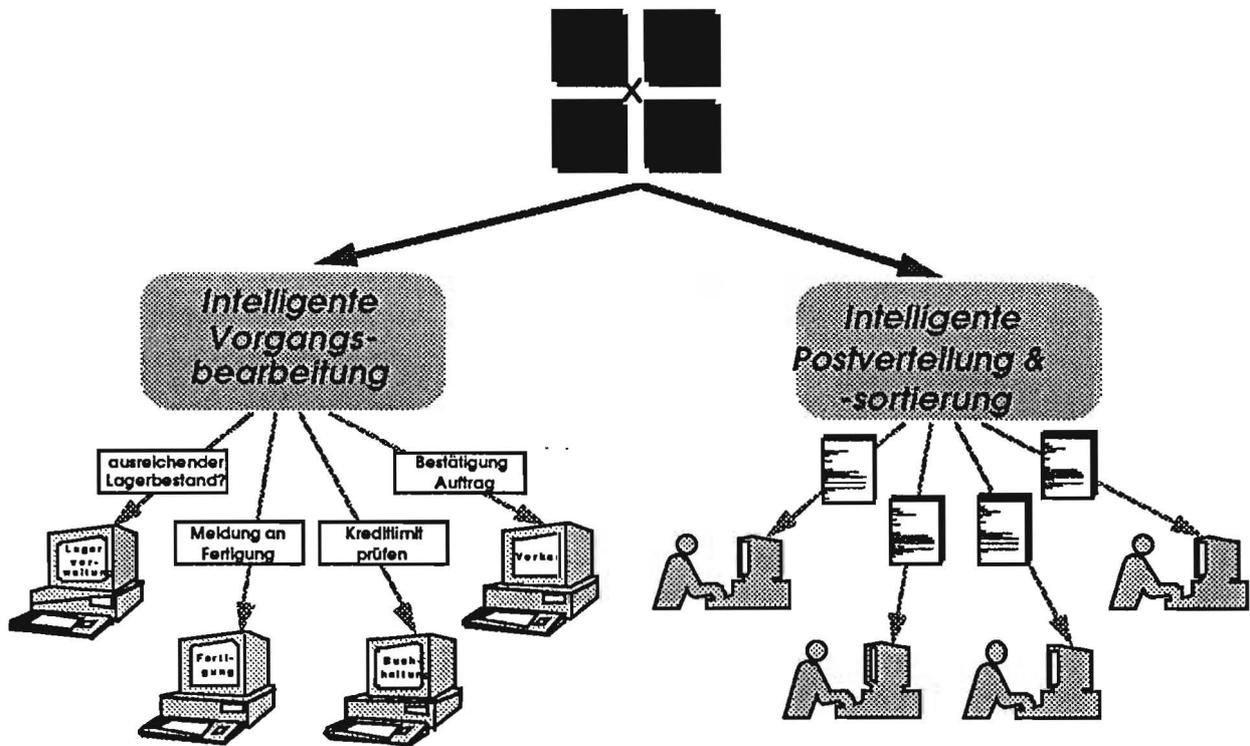


Abbildung 1: Von der Dokumentanalyse zur intelligenten Weiterverarbeitung

Das Projekt INCA (Indexierung, Klassifikation und Archivierung von strukturierten Dokumenten) ist ein Kooperationsprojekt zwischen der Daimler-Benz AG, Forschungsinstitut Ulm, und dem DFKI. Das INCA-Projekt ist für eine Laufzeit von drei Jahren ausgelegt. Aufbauend auf dem Dokumentanalyse-System InfoPort der Daimler-Benz AG, das mit dem ALV-Prototypen vergleichbar ist, wird eine Indexierungs- und Klassifikationskomponente entwickelt.

3.2.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Nach wie vor spielt das Medium Papier in der Übermittlung von Information eine zentrale Rolle. Während bislang ein- und ausgehende Daten in Papierform archiviert werden, werden zunehmend jedoch optische Archivierungssysteme eingesetzt, die die Dokumente zunächst mit einem Scanner in eine elektronische bildhafte Form wandeln und auf einem optischen Speichermedium ablegen. Solche Archivierungssysteme unterstützen zwar die kostengünstige und raumsparende Ablage der Daten, nicht jedoch deren Indexierung, d.h. die Zuordnung zu einem Themenbereich, und das Retrieval. Die Schlüsselbegriffe müssen zum einen manuell erstellt werden, zum anderen ist das Dokument in Bildform repräsentiert, so daß der eigentliche Text für den Computer bei einer Suche nach Begriffen nicht nutzbar ist.

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

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

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

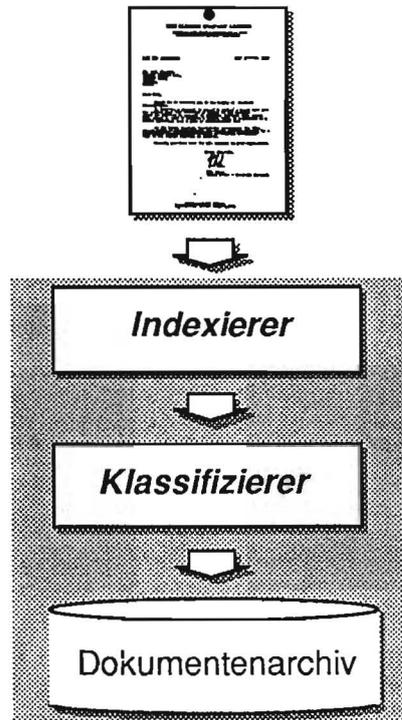


Abbildung 2: Dokumentverarbeitungsphasen im INCA-Projekt

Innerhalb des INCA-Projekts wird die bisher erfolgreiche Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut Ulm der Daimler-Benz AG fortgeführt (WIDAN-Projekt). Die im INCA-Projekt entwickelten Teilkomponenten werden in das umfassendere InfoPort-System der

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

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

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

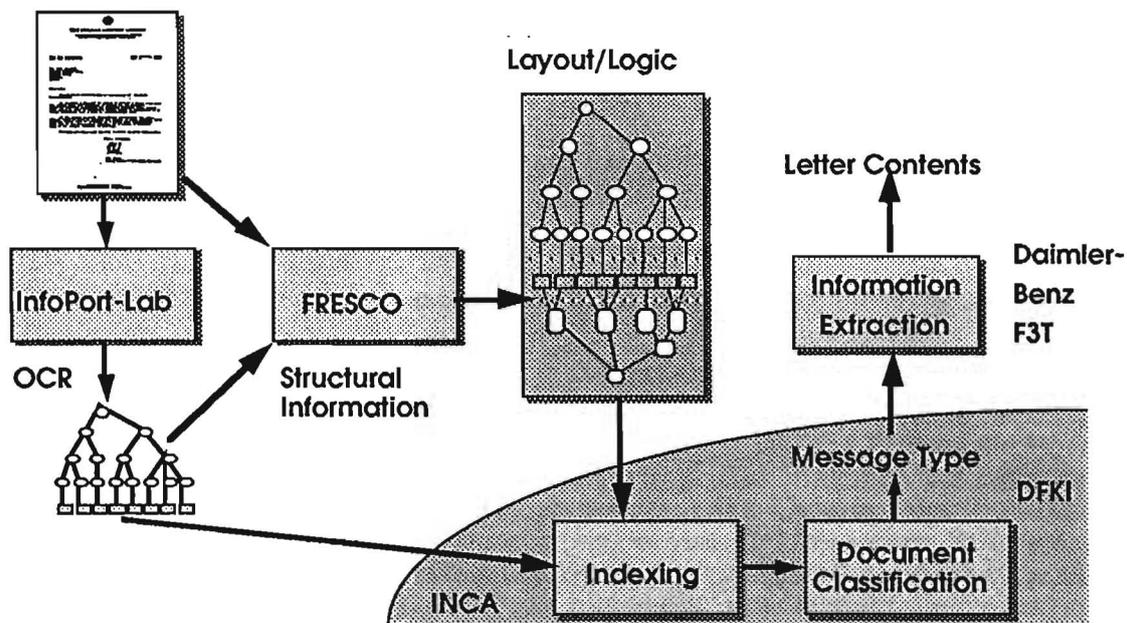


Abbildung 3: Integration von INCA-Komponenten in das InfoPort-System

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



3.2.2 Veröffentlichungen und Vorträge

Veröffentlichungen:

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

3.3 PEP - Persönliches Elektronisches Papier (G)

EXECUTIVE SUMMARY

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

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

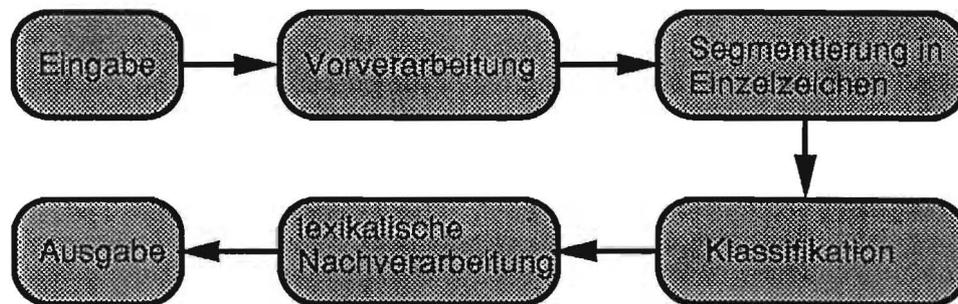


Abbildung 1: Verarbeitungsphasen von handschriftlichen Benutzereingaben

Das Projekt PEP (Persönliches Elektronisches Papier), eine Kooperation zwischen der SIEMENS AG und dem DFKI, beschäftigte sich vom 1. Mai 1992 bis 30. September 1993 mit der Erkennung handgeschriebener Eingaben. Zielsetzung von PEP ist die Entwicklung eines Prototypen zur Online Handschrifterkennung. Die Eingaben erfolgen auf einem Elektronischen Papier, das in Form einer kombinierten Display-Digitizer-Einheit zur Verfügung steht. Die durch den Benutzer mit einem elektronischen Stift ausgeführten Bewegungen werden hierbei in äquidistanten Zeitabständen abgetastet und die aufgenommenen x,y-Koordinaten aufgezeichnet. Diese Daten bilden die Grundlage für die computergestützte automatische Erkennung des Eingabetextes.

3.3.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Die Aufgabenteilung zwischen DFKI und SIEMENS im Berichtszeitraum sah folgendermaßen aus:

- o SIEMENS: Vorverarbeitung, Segmentierung und Klassifikation;
- o DFKI: lexikalische und semantische Nachverarbeitung.

Unser Kooperationspartner, die Siemens AG, konnte leider bis zum Abschluß des Projektes keine verwertbaren Testdaten für die lexikalische Nachverarbeitung zur Verfügung stellen. Es war daher von unserer Seite aus notwendig, eine Vorverarbeitungskomponente, einen



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

3.3.1.1. VORVERARBEITUNG

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

3.3.1.2 SEGMENTIERUNG UND KLASSIFIKATION

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

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

3.3.1.3 LEXIKALISCHER ABGLEICH

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

Eine in vielerlei Hinsicht interessante Datenstruktur zur Repräsentation lexikalischen Wissens in Form einer Wortliste, stellt der Trie dar. Ein Trie ist ein Baum, in dem die Wörter durch bei der



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

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

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

3.3.1.3.1 Tiefensuche mit Substitution nicht erkannter Wortfragmente

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

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

Einen häufig auftretenden Sonderfall stellen Knoten im CHL dar, die keine Buchstabenhypothesen aufweisen, und somit durch den Einzelzeichenerkennung keiner Buchstabenklasse zugeordnet werden konnten. Wird eine solche Segmentgruppe aufgesucht und auf dem Weg dorthin der String X aufgezeichnet, so setzt das Verfahren den Durchlauf derart fort, als ob alle durch den Trie erlaubten Fortsetzungen von X an dem Knoten vorhanden sind. In der abschließenden Bewertung der Worthypothesen muß eine solche Extraoperation (auch Wildcard Expansion genannt) natürlich eine entsprechende Berücksichtigung finden.

Es ist leicht zu erkennen, daß die Expansionen leerer Buchstabenhypothesenmengen den Suchraum stark aufblähen. Es ist daher notwendig, die Anzahl der Expansionen auf einem Pfad durch den CHL, zu beschränken. Unsere Tests ergaben einen sinnvollen Wert von maximal einer Expansion pro Suchpfad.

3.3.1.3.2 Integration von Substitutionen, Einfügungen und Löschungen

Bei unseren Tests zeigten sich einige Schwächen des in 3.3.1.3.1 beschriebenen Ansatzes, die auf folgende Ursachen zurückgeführt werden konnten:

Aufgrund der starken Varianz einzelner Handschriften erscheint es zumindest mittelfristig unmöglich, Einzelzeichenerkennung zu entwickeln, die in der Lage sind immer den korrekten Buchstaben zu bestimmen. Vielmehr wird der eingegebene Buchstabe sehr häufig nicht als Element der Hypothesenmenge im CHL auftreten. In diesen Fällen erscheint es angebracht, zusätzliche Buchstaben für bestimmte Segmentgruppen zu hypothesieren. Wir sprechen in diesem Fall von einer Substitution. Die zusätzlichen Buchstabenhypothesen sollten hierbei

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

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

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

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

3.3.1.3.3 Reduktion des Suchraums

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

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

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

3.3.1.3.4 Zusammenfassung

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



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

3.3.2 Veröffentlichungen und Vorträge

Veröffentlichungen:

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

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

EXECUTIVE SUMMARY

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

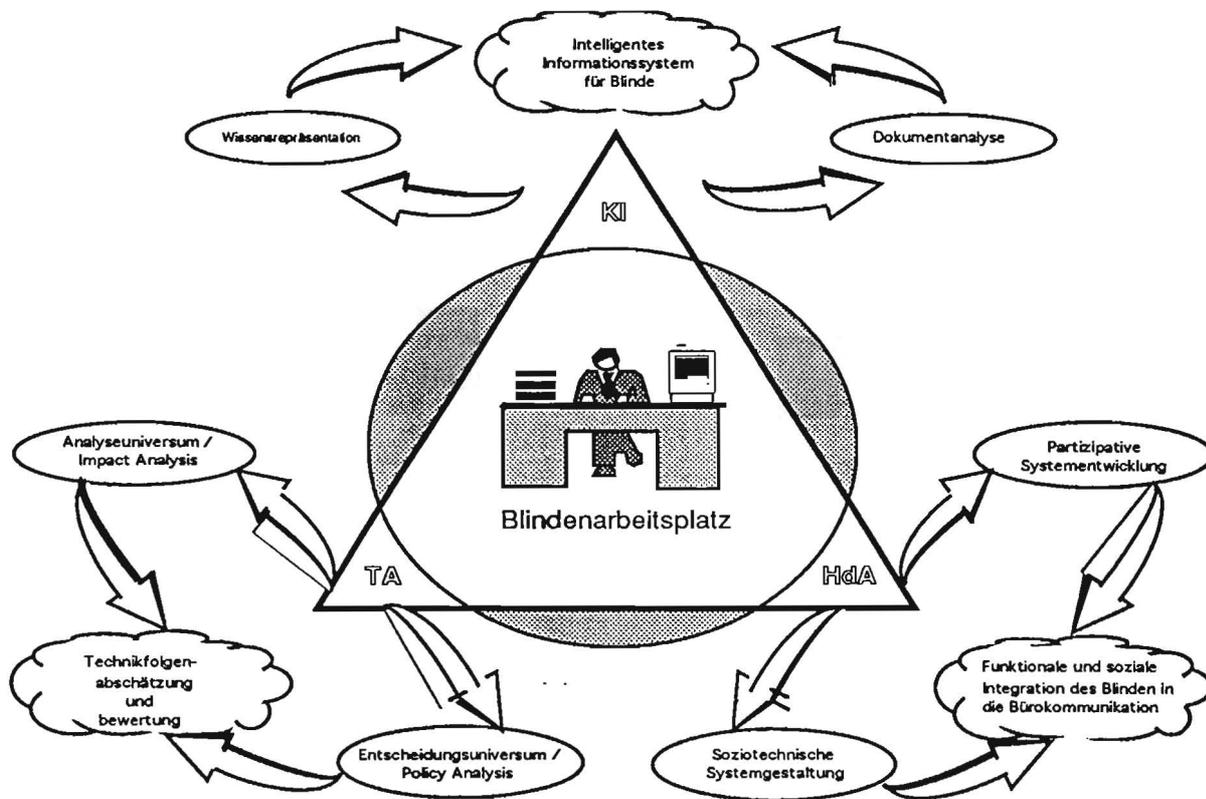


Abbildung 1: PASCAL 2000 als interdisziplinäres Forschungsprojekt

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

3.4.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

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

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

Dabei wurden von den Betroffenen hauptsächlich

- die Zugangsmöglichkeit zu Grafiken
- die Möglichkeit zu selektiver Textwahl

als vordringlich zu lösende Problemstellungen genannt.

Aus unserer Sicht bietet sich vor allem eine Beschäftigung mit dem zweiten der obigen Punkte an. In den Projekten ALV, WIDAN und INCA, die am DFKI durchgeführt wurden, konnten bereits Techniken zur logischen Markierung von einzelnen Textpassagen in Geschäftsbriefen bzw. zur Indexierung und Klassifizierung von Dokumenten evaluiert werden, deren Integration eine vielversprechende Bereicherung der Forschungsarbeiten von PASCAL 2000 darstellt. Ein Einbezug dieser Techniken in ein intelligentes, für blinde Benutzer maßgeschneidertes Informationssystem bietet sich daher an. Die Lösung der oben genannten Problemstellung erfordert gerade eine geeignete Aufbereitung der vorhandenen Information. Mit Blick auf die Auswahl der Domäne muß auf einen eng definierten und damit modellierbaren Bereich geachtet werden. Gleichzeitig muß eine entsprechende Praxisrelevanz der gewählten Domäne vorhanden sein, um das Ziel einer Öffnung des traditionell sehr eingeschränkten Spektrums von Blindenberufen durch neue Technologien zu ermöglichen.

Ein weiterer Forschungsaspekt besteht darin, eine begleitende Technikfolgenabschätzung und Technikfolgenbewertung zu integrieren. Dadurch sollen Fragen der individuellen Bedürfnisse der Blinden sowie die Sozial- und Naturverträglichkeit des zu entwickelnden Systems von Anfang an mitberücksichtigt werden. Im Sinne dieser Begleitforschung soll der blinde Mensch partizipativ direkt an der Entwicklung beteiligt werden. Dazu wurden bereits Vorgespräche mit der Einrichtung "Werkstätte für Behinderte" geführt, die im Moment noch andauern.

Ein weiterer Ansprechpartner war die Fa. IBM Deutschland GmbH, vertreten durch Frau R. Legisa, Leiterin der Arbeitsgruppe für die Entwicklung von Werkzeugen für Behinderte. Frau Legisa plant, einen IBM Workshop mit den aus Ihrer Sicht wichtigen Forschungsgruppen und -Institutionen aus dem Bereich der Blindentechnologie, darunter auch PASCAL 2000, auszurichten.

Innerhalb des DFKI gab es aufgrund der Definition des Projektes intensive Kontakte zu den Projekten ALV und INCA innerhalb des Forschungsbereiches Dokumentanalyse und Büroautomatisierung.



3.4.2 Veröffentlichungen und Vorträge

Veröffentlichungen:

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

Vorträge:

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

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

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

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

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

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

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

Die Implementierung der Wiederverwendungskomponente für den deduktiven Planer wurde erweitert. Die Arbeiten konzentrierten sich auf eine Verbesserung der Operationen auf der Planbibliothek. Der Suchalgorithmus, der eine Menge geeigneter Wiederverwendungskandidaten in der Bibliothek bestimmt, wurde durch Auswahlheuristiken erweitert. Diese Heuristiken wählen einen besten Kandidaten auf der Grundlage einer Abschätzung des Modifikationsaufwandes für jeden potentiellen Kandidaten aus. Der Kandidat, der den geringsten Modifikationsaufwand verursacht, wird an die Planmodifikation übergeben. Die theoretische Arbeit umfaßte den Beweis formaler Eigenschaften des Suchalgorithmus, wie zum Beispiel Korrektheit und Vollständigkeit.

Die Arbeiten zur Planwiederverwendung in PHI wurden mit einer empirischen Analyse der Wiederverwendung im Verhältnis zur Generierung von Plänen abgeschlossen. In einer umfassenden theoretischen Studie wurden verschiedene Faktoren, die die Effizienz der Planwiederverwendung beeinflussen, untersucht. Zu diesen, insgesamt sieben, Faktoren gehören der Einfluß unterschiedlicher Anwendungsdomänen, unterschiedlicher Plantypen und unterschiedlicher Modifikationsstrategien. Als ein Ergebnis der empirischen Studie konnten allgemeine Kriterien für den erfolgreichen, d.h. effizienzsteigernden Einsatz von Wiederverwendungskomponenten in Planungssystemen abgeleitet werden.

Die Arbeiten im Bereich der abduktiven Planerkennung konzentrierten sich im Berichtszeitraum auf implementatorische Arbeiten, bei denen einerseits gewisse Inkonsistenzen zwischen der

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

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

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

Weitere Arbeiten auf dem Gebiet der Unsicherheit betrafen die Entwicklung theoretischer Konzepte zum gezielten Aufbau eines Benutzermodells, das alle Arten statistischer Informationen über einen Benutzer des Anwendungssystems enthält und in der Lage ist, neue Erkenntnisse zu integrieren, d.h. die numerischen Werte entsprechend anzupassen. Dabei handelt es sich in erster Linie um generelle Präferenzen des Benutzers bzgl. bestimmter Pläne, aber auch um die numerische Stärke des Einflusses einer bestimmten Beobachtung auf die aktuelle Hypothesenbewertung sowie Informationen, die in der o.a. Klassifikation von Planhypothesen Verwendung finden.

4.1.2 Veröffentlichungen und Vorträge

Veröffentlichungen:

- M. Bauer, S. Biundo, D. Dengler, J. Köhler, G. Paul, *A Logic-Based Tool for Intelligent Help Systems*, in: Proceedings of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-93), pp. 460-466 Morgan Kaufman, 1993.
- M. Bauer und G. Paul, *Logikbasierte Planerkennung für intelligente Hilfesysteme*, in: Informatik-Wirtschaft-Gesellschaft - 23. GI-Jahrestagung, H. Reichel (Hrsg.), Dresden, September 1993, Springer, 1993.
- M. Bauer und G. Paul, *Logic-Based Plan Recognition for Intelligent Help Systems*, in: Proceedings of the Second European Workshop on Planning (EWSP-93), C. Bäckström, E. Sandewall (Hrsg.), Vadstena Schweden, Dezember 1993, IOS Press, 1993.
- S. Biundo, *Present-Day Deductive Planning*, in: Proceedings of the Second European Workshop on Planning (EWSP-93), C. Bäckström, E. Sandewall (Hrsg.), Vadstena, Schweden, Dezember 1993, IOS Press 1993.
- S. Biundo, A. Günther, J. Herzberg, J. Schneeberger, W. Tank, *Planen und Konfigurieren*, in: G. Görz (hrsg.) Einführung in die Künstliche Intelligenz, Addison Wesseley 1993
- J. Köhler, *Flexible Plan Reuse in a Formal Framework*, in: Proceedings of the Second European Workshop on Planning (EWSP-93), C. Bäckström, E. Sandewall (Hrsg.), Vadstena, Schweden, Dezember 1993, IOS Press, 1993.

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

Vorträge:

- M. Bauer, Logikbasierte Planerkennung für intelligente Hilfesysteme, 23. GI-Jahrestagung, Dresden, 1.10.1993.
- M. Bauer, Plan Recognition in a Modal Temporal Logic, Dagstuhl-Seminar "Deductive Approaches to Plan Generation and Plan Recognition", Schloß Dagstuhl, 25.10.1993.
- M. Bauer, Probabilistic Methods in Plan Recognition, Dagstuhl-Seminar "Deductive Approaches to Plan Generation and Plan Recognition", Schloß Dagstuhl, 25.10.1993.
- M. Bauer, Logic-Based Plan Recognition for Intelligent Help Systems, Second European Workshop on Planning (EWSP-93), Vadstena, Schweden, 11.12.1993.
- S. Biundo, Deduktive Handlungsplanung und ihre Anwendung, Kolloquiumsvortrag am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik der Universität Bamberg, 27.7.1993.
- S. Biundo, PHI - A Logic-Based Tool for Intelligent Help Systems, 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-93), 1.9.1993.
- S. Biundo, Deductive Planning in a Temporal Logic Framework, Dagstuhl-Seminar "Deductive Approaches to Plan Generation and Plan Recognition", Schloß Dagstuhl, 26.10.1993.
- S. Biundo, Present-Day Deductive Planning, eingeladener Hauptvortrag, Second European Workshop on Planning (EWSP-93), Vadstena, Schweden, 9.12.1993.
- D. Dengler, An Adaptive Deductive Planning System, Dagstuhl Seminar "Deductive Approaches to Plan Generation and Plan Recognition", Schloß Dagstuhl, 29.10.1993.
- J. Köhler, Representation of Plan Libraries, DFKI Workshop on Knowledge Representation Techniques, Kaiserslautern, 8.7.1993.
- J. Köhler, Constraint Deduction in an Interval-Based Temporal Logic, Workshop on Executable Modal and Temporal Logics, Chambéry, Frankreich, 28.8.1993.
- J. Köhler, Constraint Deduction in an Interval-Based Temporal Logic, AAI Fall Symposium on Automated Deduction in Non-Standard Logics, Raleigh, USA, 22.10.1993.
- J. Köhler, Reasoning in an Interval-Based Temporal Logic with an Application to Case-Based Planning, AAI Fall Symposium on Automated Deduction in Non-Standard Logics, Raleigh, USA, 24.10.1993.
- J. Köhler, Reuse of Plans in Deductive Planning Systems, Dagstuhl Seminar "Deductive Approaches to Plan Generation and Plan Recognition", Schloß Dagstuhl, 27.10.1993.
- J. Köhler, Flexible Plan Reuse in a Formal Framework, Second European Workshop on Planning (EWSP-93), Vadstena, Schweden, 10.12.1993.
- W. Wahlster, RAP (Reasoning About Plans) - A New DFKI Project, Dagstuhl Seminar "Deductive Approaches to Plan Generation and Plan Recognition", Schloß Dagstuhl, 28.10.1993.

4.2 WIP - Wissensbasierte Informationspräsentation (B)

EXECUTIVE SUMMARY

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

4.2.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

4.2.1.1 TEILPROJEKT PRÄSENTATIONSPLANUNG

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

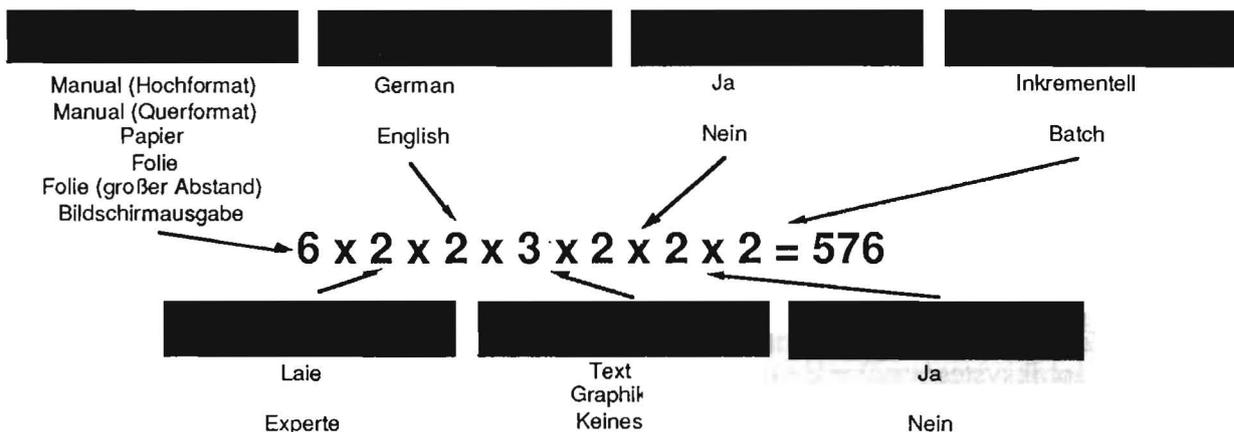


Abbildung 1: WIPs Generierungsparameter

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



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

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

4.2.1.1.1 Präsentationsplaner

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

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

4.2.1.1.2 Animationsdesignkomponente

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

4.2.1.1.3 Graphikgenerator

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

4.2.1.1.4 Layout-Manager

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

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

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

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

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

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

Das globale Systemverhalten hängt von den Prioritäten der Prozesse ab, die um Laufzeit oder Ressourcen konkurrieren. Es ist nun möglich, Prioritäten einzelner Prozesse dynamisch zu verändern. Insbesondere die Relation zwischen der Priorität des Schnittstellenprozesses und den Prioritäten der am Satzbau beteiligten Objekte bestimmt, ob der Generator sich inkrementell oder eher wie ein sequentielles System verhält. Zur genaueren Untersuchung des Systemverhaltens haben wir eine Visualisierung der Verzahnung von Ein- und Ausgabe realisiert.

Parallel zur Erweiterung des Systems haben wir theoretische Überlegungen zum Begriff und zur Umsetzung von Inkrementalität bei der Verarbeitung natürlicher Sprache angestellt. Darüberhinaus wurde der Ansatz von inkrementeller Generierung mit Schema-TAGs weiterentwickelt.

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

4.2.1.3 TEILPROJEKT WISSENSREPRÄSENTATION

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

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

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

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

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

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

4.2.2 Veröffentlichungen und Vorträge

Veröffentlichungen:

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

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



- A. Kilger: Incremental Generation with Tree Adjoining Grammars in the WIP System, DFKI-Dokument D-93-03.
- B. Nebel and H.-J. Bürckert. Reasoning about temporal relations: A maximal tractable subclass of Allen's interval algebra. *Journal of the Association for Computing Machinery*, 1994. Accepted for publication. Also available as DFKI Research Report RR-93-11.
- B. Nebel and J. Köhler. Plan modification versus plan generation: A complexity-theoretic perspective. In R. Bajcsy, editor, *Proceedings of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence*. pages 1436-1441, Los Altos, Cal., 1993. Morgan Kaufmann.
- B. Nebel und J. Köhler, Plan Reuse versus Plan Generation: A Theoretical and Empirical Analysis, DFKI Research Report RR-93-33, DFKI, Saarbrücken.
- B. Owsnicki-Klewe, K. v. Luck, B. Nebel. Wissensrepräsentation und Logik - Eine Einführung. In: G. Görz, *Einführung in die Künstliche Intelligenz*, S. 3-54, Addison Wesley, Bonn, 1993.
- L. Padgham, B. Nebel. Combining Classification and Nonmonotonic Inheritance Reasoning. In: *Proceedings of the International Symposium on Methodologies of Intelligent Systems*. Juni 1993.
- P. Poller, Earley-Parsing von LD/TLP-TAGs, Diplomarbeit, Fachbereich Informatik, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 1993.
- T. Rist, E. André. Exploiting Multiple Media for Instructions, Pannel Contribution. in: Proc. of IJCAI-93,
- T. Rist, E. André. Designing Coherent Multimedia Presentations. in: G. Salvendy, M.J. Smith (eds.): *Human-Computer Interaction: Software and Hardware Interfaces*, Volume 19 B, pp. 434-439, 1993.
- T. Rist, A. Krüger, G. Schneider, D. Zimmermann. AWI: A Workbench for Semi-Automated Illustration Design, to appear in: Proc. of AWI, 1994.
- D. Soetopo. Automatisierung des Text-Layouts beim Design multimodaler Präsentationen. Diplomarbeit, Fachbereich Informatik, Universität des Saarlandes (erscheint als DFKI-Dokument), 1993.
- W. Wahlster, E. André, W. Finkler, H.-J. Profitlich and T. Rist. Plan-based Integration of Natural Language and Graphics Generation, *Artificial Intelligence Journal*, Special Issue on Natural Language Processing, 63,1-2, pp. 387-427, October 1993. Also available as DFKI Research Report RR-93-02

Vorträge:

- E. André. A Plan-Based Approach for the Generation of Multimodal Documents. *Images et Langues*. Actes du Colloque Interdisciplinaire du Comité National de la Recherche Scientifique.
- E. André. Integrating Text and Graphics in an Automated Presentation System. ERCIM Workshop on Multimodal Human-Computer Interaction, Nancy, November 1993.
- E. André. Designing Coherent Multimedia Presentations. HCI International, Orlando, August 1993.
- W. Graf. LayLab - A Constraint-Based Layout Manager for Multimedia Presentations. HCI International, Orlando, August 1993.
- J. Heinsohn. Unsicherheit in Beschreibungslogiken. Vortrag auf der Tagung "Fuzzy-Systeme'93", Braunschweig, Oktober 1993.
- B. Nebel. Repräsentation qualitativer temporaler Information. Kolloquium der Expertensystemgruppe an der GMD, Mai 1993.
- B. Nebel. Knowledge Representation and Reasoning: Benefits and Costs, eingeladener Hauptvortrag auf der italienischen KI-Konferenz AI*IA 93, Turin, Italien
- B. Nebel. Complexity Theory in Artificial Intelligence. Eingeladener Hauptvortrag auf der europäischen Sommerschule "Logic, Language, and Information" LLI, Lissabon, Portugal, August 1993
- B. Nebel. Terminologische Logiken - Theorie und Praxis. am Fachbereich Informatik, Universität Bonn
- B. Nebel. Plan Modification versus Plan Generation: A Complexity-Theoretic Perspective, IJCAI-93, Chambéry, Frankreich, September 1993
- T. Rist. Exploiting Multiple Media for Instructions. IJCAI-93, Chambéry, Frankreich, September 1993
- W. Wahlster. ACL-Hauptvortrag: Planning Multimodal Discourse, Columbus, Ohio, 24. Juni.

4.3 VERBMOBIL Teilprojekte 9 & 10 (B)

EXECUTIVE SUMMARY

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

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

4.3.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

4.3.1.1 SPONTANSPRACHLICHE UND INKREMENTELLE GENERIERUNG

Im VERBMOBIL-Teilprojekt 9 (Spontansprachliche und inkrementelle Generierung) wurde 1993 der im Projekt WIP entwickelte inkrementelle syntaktische Generator für den Einsatz in einem System zum Gesprächsdolmetschen angepaßt und erweitert. Insbesondere wurden die Anforderungen gesprochener Sprache und die Verwendbarkeit von Defaults beim Generieren untersucht. Es wurde ein experimentelles System für flachen Transfer mit gekoppelten Ersetzungssystemen entwickelt, bei dem unser inkrementeller TAG-Parser Verwendung fand. Abbildung 1 zeigt die Form des repräsentierten Wissens im Formalismus Synchrone Tree Adjoining Grammars (TAGs).

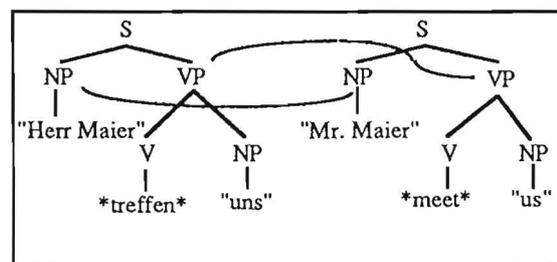


Abbildung 1: Beispielregel im Formalismus Synchrone TAGs

Im Netzplan waren für das zweite Halbjahr '93 folgende Arbeiten vorgesehen:

- Anforderung gesprochener Sprache an Generierung
- Inkrementelle Komponente zur Generierung auf der Dominanzebene
- Inkrementelle Positionierungskomponente
- Steuerung der Generierung durch gekoppelte Ersetzungssysteme

Wie im letzten Zwischenbericht erläutert, hatten wir das Arbeitspaket *Anforderung gesprochener Sprache an Generierung* zurückgestellt. Im Berichtszeitraum haben wir begonnen, Aspekte gesprochener Sprache für die Eingabe des Generators zu untersuchen.

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

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

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

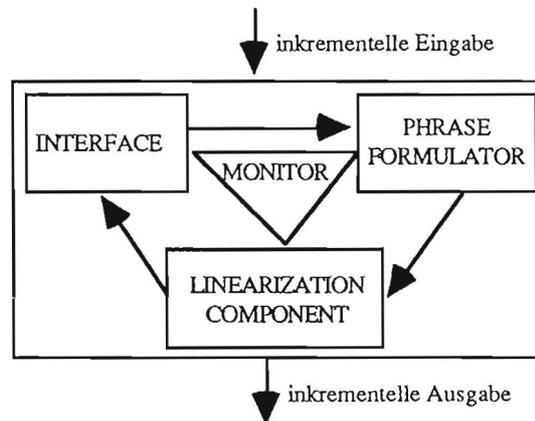


Abbildung 2: Architektur des inkrementellen syntaktischen Generators VM-GEN

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

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



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

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

Im Hinblick auf das Arbeitspaket *Steuerung der Generierung durch gekoppelte Ersetzungssysteme* haben wir uns im Berichtszeitraum mit gekoppelten Tree Adjoining Grammars beschäftigt. Bei allen Betrachtungen haben wir immer die Verallgemeinerbarkeit auf gemischt gekoppelte Ersetzungssysteme im Auge behalten, weil in VERBMOBIL die Analyse nicht mit TAGs bearbeitet wird. Wir haben erste theoretische Überlegungen zu der Frage angestellt, wie gekoppelte Ersetzung bei der Generierung gesteuert werden kann. Besonderer Augenmerk lag auf der Möglichkeit inkrementeller Ausgabe. Es hat sich gezeigt, daß durch die zweistufige Verarbeitung in unserer Analysekomponente TAG-AN in vielen Fällen mit einer langen initialen Verzögerung bei der Generierung zu rechnen ist. Die Implementation von TAG-AN wurde dahingehend erweitert, daß synchron mit der Analyse von Basis-TAGs ein Generierungs-Ableitungsbaum aufgebaut wird. Die zweistufige Verarbeitung in TAG-AN bietet den großen Vorteil, daß sehr leicht zu verbindende Teile des Generierungs-Ableitungsbaums entstehen. Erste Überlegungen zeigen, daß ein Abweichen von diesem Verarbeitungsmodell bei der Analyse zu großen Problemen bei der Kontrolle der inkrementellen Generierung führt. Zu Testzwecken wurde eine erste Synchroner TAG für konventionalisierte Dialogbeiträge in der VERBMOBIL-Domäne entwickelt. Diese Grammatik ist gemäß der Dialogsituation partitioniert. Die entsprechende Partition wird von der Dialogkomponente erwartungsgesteuert getriggert. Auf diese Art und Weise ist eine starke Effizienzsteigerung möglich.

Als generell wichtige Arbeiten wurden die folgenden Aspekte im Berichtszeitraum behandelt.

Mit Prof. Vijay-Shanker von der University of Delaware, Gast für ein Jahr am DFKI, wurde an der Modellierung zur Integration von Wortwahl und einer hierarchischen Grammatikansicht in VM-GEN gearbeitet.

Mit unserem Gast Gen-ichiro Kikui haben wir ausführlich über seine Erfahrungen in dem mit der VERBMOBIL-Anwendung eng verwandten Projekt ASURA gesprochen.

Grammatik und Lexikon wurden unter Berücksichtigung der gesammelten Daten für die VERBMOBIL-Domäne erweitert.

Zur Visualisierung inkrementeller Verarbeitung haben wir die graphische Oberfläche unseres Generators erweitert, so daß zeitliche Relationen zwischen Ein- und Ausgabeinkrementen deutlich gemacht werden können.

Darüberhinaus fand der erste Workshop zur Generierung am 17.9.93 bei Siemens in München statt. Ausrichter war die Gruppe um Dr. U. Block. Bei diesem Treffen haben wir uns gegenseitig über unsere Ansätze informiert und mit einer konkreten Planung für die Zusammenarbeit begonnen. Diese Diskussionen wurden am 15. und 16.11.93 bei einem Arbeitstréffen in Saarbrücken fortgesetzt. Teilnehmer von Seiten Siemens war Dr. Rudolf Hunze. Wir haben bei diesem Treffen unseren Generator VM-GEN detailliert vorgestellt und auf dieser Basis über mögliche Kooperationen diskutiert. Der derzeitige Stand ist, daß der bei Siemens entwickelte Paraphrasengenerator zur Visualisierung von Mehrdeutigkeiten für den Entwickler in einer Laborversion dienen kann. Darüberhinaus kann er im Demonstrator beim Klärungsdialog eingesetzt werden. Unser inkrementeller Generator VM-GEN wird die vom Transfer gelieferten Übersetzungsergebnisse generieren und die inkrementell erzeugten Dialogbeiträge. Darüberhinaus haben wir beschlossen, bei der Mikroplanung gemeinsam an theoretischen Konzepten zu arbeiten.



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

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

4.3.1.2 ÜBERSETZUNGSORIENTIERTE DIALOGVERARBEITUNG

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

Laut Arbeitsplan waren die Arbeitspunkte Dialoggedächtnis und Klärungsdialoge zu bearbeiten.

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

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

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

a) von einem der Gesprächspartner wenn

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



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

b) von VERBMOBIL selbst

- b1) wegen eines Fehler in der Verarbeitung durch VERBMOBIL. Mögliche Reaktionen:
 - b11) Wenn die Analyse kein Ergebnis geliefert hat, zu dem eine Übersetzung gefunden werden kann, muß der Sprecher zu einer wiederholten Eingabe aufgefordert werden. Dies wird bei mehrmaligem Auftreten problematisch!
 - b12) Falls bestimmt werden kann, daß ein unbekanntes Wort verwandt wurde, kann ein Lernsubdialog initiiert werden.
- b2) Erkennen von fehlerhaften Übersetzungen. Auch hier können zwei Situationen unterschieden werden:
 - b21) Die Übersetzung von VERBMOBIL ist fehlerhaft.
 - b22) Die Sprachkompetenz eines Sprechers ist nicht ausreichend, sodaß er in den von ihm in Englisch gemachten Äußerungen Fehler produziert.

Diese Fehler können anhand eines nichtkohärenten Dialogverlaufs und eventuell anhand von Korrekturphrasen wie ``Nein, nein, das habe ich nicht so gemeint" oder Nachfragen ``Fünf Uhr?" (mit Prosodie, die Erstaunen ausdrückt) erkannt werden. Fraglich ist, vor allem bei dem zweiten Fall, ob VERBMOBIL hier korrigierend eingreifen soll, ohne daß es explizit aufgefordert wird.

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

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

4.3.2 Veröffentlichungen und Vorträge

Veröffentlichungen:

- A. Kilger, W. Finkler. Handbuch zum System VM-GEN 1.0, unveröffentlichtes Manuskript, DFKI Saarbrücken, Dezember 1993
- W. Wahlster. Verbmobil: Uebersetzung von Verhandlungsdialogen in: Statusseminar des BMFT, Kuenstliche Intelligenz, April 1993, Berlin
- W. Wahlster. Verbmobil: Translation of Face-to-Face Dialogs Hauptvortrag: MT Summit IV, Kobe, Japan in: Proc. of the 4th Machine Translation Summit, Kobe, Japan, Juli 1993, S. 127 - 135
- W. Wahlster. First Results of Verbmobil: Translation Assistance of Spontaneous Dialogs Eingeladener Vortrag in: ATR International Workshop on Speech Translation, IWST-93, November 93, Kyoto, Japan

Vorträge:

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

4.4 VERBMOBIL Teilprojekt 16 (B)

EXECUTIVE SUMMARY

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

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

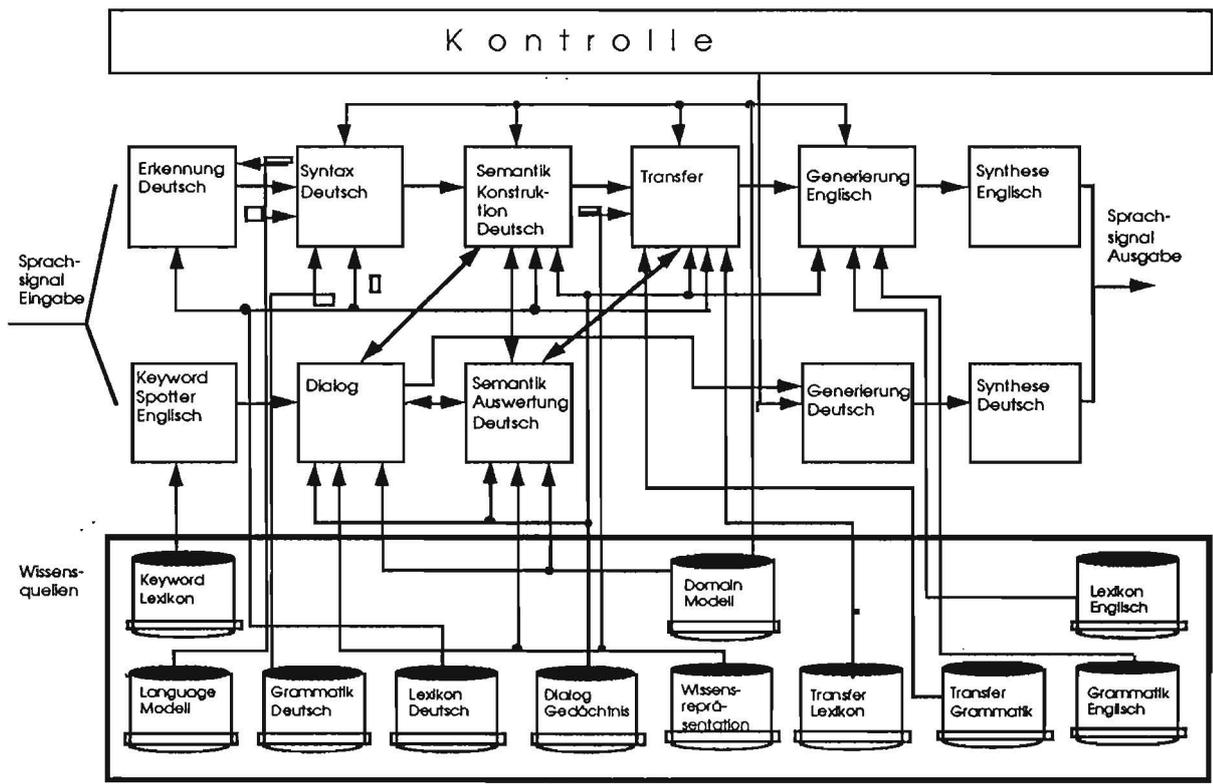


Abbildung 1: Fachliche Architektur für den Verbmobil-Demonstrator

Zielvorgaben in einzelnen Arbeitspaketen

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

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

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

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

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

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

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

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

4.4.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Zunächst wurden alle Projektpartner aufgefordert, Ansprechpartner zu benennen, die gegenüber der Systemintegrationsgruppe für die jeweiligen VERBMOBIL-Arbeitspakete verantwortlich zeichnen. Außerdem wurde eine Liste existierender und geplanter Hard- und Software erstellt und zirkuliert. Desweiteren wurde eine Umfrage bzgl. existierender Schnittstellenspezifikation gestartet, durch die Doppelarbeit vermieden werden soll.



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

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

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

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

Für die von der Systemgruppe (TP 16) zu leistende Software-Integration wurde ein Entwicklungs- und Implementierungskonzept entwickelt, das aus der Technik für den Entwurf digitaler Schaltungen abgeleitet ist. Dieses unter dem Namen "Breadboard" bekannte Modell bietet den Vorteil, daß es leicht möglich ist, Elemente (z.B. Sprachverarbeitungs-Module) hinzuzunehmen bzw. zu entfernen. Dadurch können zunächst Primitivmodule mit trivialer Funktionalität eingebaut werden, die zu einem späteren Zeitpunkt durch Module mit gesteigerter Funktionalität ersetzt werden können. Als eine das Breadboard-Modell sehr gut unterstützende Software-Engineering-Methodik wurde die Objekt-Technologie gewählt, da dort mit Techniken wie Abkapselung und dynamischer Bindung bereits zentrale Charakteristika des Breadboard-Modells vorliegen und direkt eingesetzt werden können. Primitivmodule können dabei zunächst als "Abstrakte Klassen" implementiert werden. Durch das Abstraktionsprinzip, das Klassendefinitionen zugrunde liegt, ist es möglich, Implementationsdetails zu verbergen und den Änderungsaufwand zu verringern. Dynamische Bindung erlaubt es zur Laufzeit, die richtige (virtuelle) Funktion auszuwählen.

In VERBMOBIL ist derzeit noch kein umfassendes Architekturmodell für den Demonstrator vorhanden. TP16 geht von einer klaren Trennung bei der Erarbeitung der linguistisch-fachlichen Architektur und der softwaretechnischen Architektur aus, analog dem in der Informatik üblichen Trennen zwischen Systemanalyse und Systemimplementierung. Die linguistisch-fachliche Architektur wird zu Beginn des nächsten Berichtszeitraums in Zusammenarbeit mit TP 15 und den Partnern zu erstellen sein.

4.4.1.1 SOFTWARE - BEREITSTELLUNGSPLAN

Da im Netzplan des VERBMOBIL-Projektes derzeit keine *frühesten* Termine vorgesehen sind zu denen die Teilprojektpartner ihre innerhalb eines Arbeitspaketes entwickelter Softwaremodule der Systemintegrationsgruppe in erster Version für den Einbau in das Demonstrator-Gesamtsystem zur Verfügung stellen, wurde bezüglich dieser Termine eine weitere Umfrage gestartet (der sog. Bereitstellungsplan). Der Bereitstellungsplan für die



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

4.4.1.2 LISTE DERZEIT EXISTIERENDER KOMPONENTEN

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

4.4.1.3 RICHTLINIEN ZUR DOKUMENTATION

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

4.4.1.4 VORLÄUFIGER ZEITPLAN FÜR DIE DEMONSTRATORENTWICKLUNG

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

4.4.1.5 MANAGEMENT

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

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



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

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

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

4.4.2 Veröffentlichungen und Vorträge

Veröffentlichungen

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

Vorträge

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

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

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

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

W. Olthoff: Abstimmung über Zeitplanung für Demonstratorentwicklung und allgemeine Aussprache, Arbeitstreffen TP 16, Kaiserslautern 21.12.1993

4.5 WLS-Assistent (G)

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

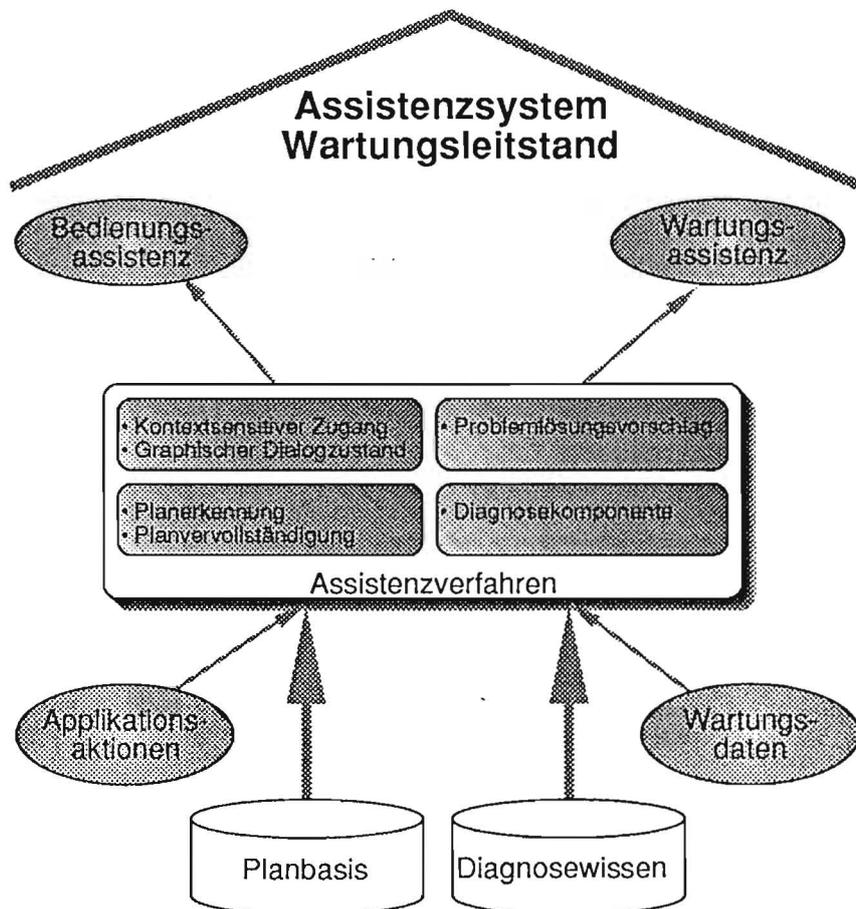


Abbildung 1: Komponenten des Assistenzsystems für Wartungsleitstände

Das Projekt startete am 1. November 1993 und endet am 28. Februar 1994. Als Projektergebnis wird ein erster Assistenz-Prototyp erwartet, der zur CeBIT'94 präsentiert werden soll. Es ist angestrebt, die Kooperation in einer zweiten Phase fortzusetzen und den WLS-Assistenten komplett in die Anwendungslösung zu integrieren.



4.5.1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

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

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

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

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

4.5.2 Veröffentlichungen und Vorträge

Veröffentlichungen:

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

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

4.6 EFFENDI -Effizientes Formulieren von Dialogbeiträgen (G)

EXECUTIVE SUMMARY

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

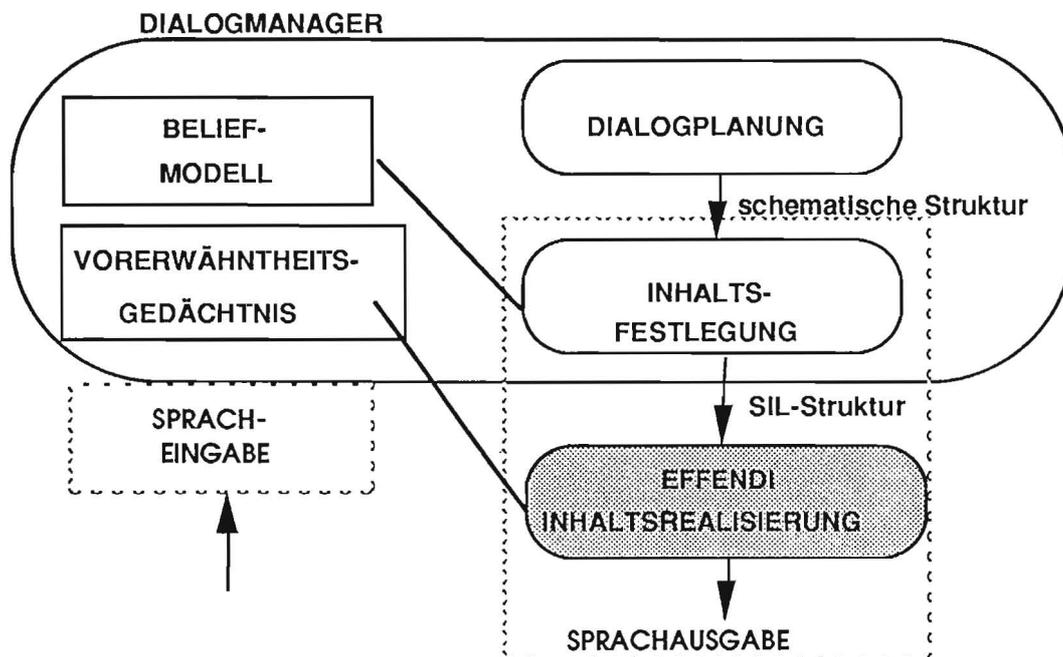


Abbildung 1: Die Einbettung von EFFENDI in ein Dialogsystem bei der Daimler-Benz AG

4.6.1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Während eines Arbeitstreffens in Ulm (am 4./5. Oktober) wurde zunächst der Generator auf Rechnern bei Daimler Benz installiert und demonstriert. Anhand von 60 Testsätzen, für welche Dateien mit Eingabespezifikationen zur Verfügung stehen, konnte ein Eindruck über die Geschwindigkeit des Systems vermittelt werden. Mittels verschiedener Parametereinstellungen und der Spezifikation von Pausen zwischen einzelnen Eingabeelementen zur Simulation von zeitlichen Phänomenen bei der Sprachproduktion wurde die Flexibilität des inkrementellen Generators verdeutlicht. Der Generator beinhaltet zur Durchführung der morphologischen Synthese den Modul MORPHIX, der nun ebenfalls dem Kooperationspartner zur Verfügung steht. Bei der Vorführung dieser Komponente wurden Einsatzmöglichkeiten bei Erstellung und