

Der Einsatz von Wortklassenagenten für die automatische Sprachverarbeitung

Teil I - Überblick über das Gesamtsystem

Hermann Helbig und Andreas Mertens
FernUniversität Hagen
Praktische Informatik VII/Künstliche Intelligenz
58084 Hagen
e-mail:
hermann.helbig@fernuni-hagen.de
andreas.mertens@fernuni-hagen.de

Abstract

Zur Repräsentation grammatikalischen Wissens werden zur Zeit deklarative Formalismen favorisiert, die zugleich sehr stark kompetenzorientiert sind. Im Gegensatz dazu gibt es im Bereich der sprachorientierten KI-Forschung performanzbasierte Ansätze, die prozedurales Wissen in den Grammatikformalismus einbeziehen. Dabei wird zugleich eine kognitiv orientierte Modellierung der Sprachverstehensprozesse beim Menschen angestrebt.

Aufbauend auf der These, daß dem Wort und seiner Bedeutung die zentrale Rolle beim Sprachverstehen zukommt, wird ein wortklassenorientiertes Modell vorgeschlagen, das Erkenntnisse aus der Computerlinguistik, der Künstlichen Intelligenz, den Kognitionswissenschaften und der Informatik integriert. Im Mittelpunkt des Beitrags stehen Aufbau und Arbeitsweise einer vierstufigen Wortklassenagentenmaschine für die automatische Sprachverarbeitung. Die Wortklassenagenten selbst werden in einem gesonderten Beitrag beschrieben.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Einbettung der Wortklassenagenten in ein übergeordnetes System (Schnittstellen)	4
2.1	Das natürlichsprachliche System (LINAS)	4
2.2	Das Lexikon (COLEX)	5
2.3	Die Analyse mit Wortklassenagenten (WCA)	9
2.4	Die semantische Repräsentation (MESNET)	12
3	Grundlagen des Wortagentenmodells	16
3.1	Voraussetzungen	16
3.1.1	Grammatische Aspekte	16
3.1.2	Kognitive Aspekte	18
3.2	Prinzipien	20
3.2.1	Das Komplettierungsprinzip	21
3.2.2	Valenzbasierte Prinzipien	23
3.2.3	Das Rechtsassoziationsprinzip	26
3.2.4	Die Lesartenpräferenz	27
4	Aufbau und Arbeitsweise der Wortagentenanalyse	28
4.1	Das Schichtenmodell der Verarbeitung	28
4.2	Die Steuerung der Wortklassenagenten	38
5	Zusammenfassung und Ausblick	42
6	Literaturverzeichnis	44
7	Abbildungsverzeichnis	47
8	Tabellenverzeichnis	47
9	Anhang: Zusammenstellung der Disambiguierungsprobleme	48

1 Einleitung

Im Bereich der sprachorientierten KI-Forschung gibt es bereits seit Anfang der achtziger Jahre Ansätze zur automatischen Verarbeitung natürlicher Sprache, die sich von rein deklarativen Formalismen zur Sprachbeschreibung abwenden und stattdessen eine prozedurale Beschreibung des grammatikalischen Wissens in Form von Wortexperten bzw. Wortklassenfunktionen vorschlagen. Dazu gehören vor allem das Wortexperten-Parsing [Small 81], die wortklassengesteuerte funktionelle Analyse [Helbig 86] und das wortorientierte Parsen [Eimermacher 88]. Neuere Ansätze verbinden wortzentrierte Sprachbeschreibungsmodelle mit einer agentenorientierten Modellierung der Sprachverarbeitungsprozesse ([Bröker et al. 93], [Helbig, Mertens 94]).

In dem vorliegenden Bericht wird zunächst ein Überblick über das System LINAS zur Literaturrecherche in natürlicher Sprache gegeben, um die Einbettung der Wortagentenanalyse in ein konkretes Anwendungssystem und die Schnittstellen zu anderen Systemteilen zu verdeutlichen (vgl. Abschnitt 2). Von den einzelnen Komponenten dieses Systems werden das Computerlexikon (COLEX), die Wortklassenagenten (WCA) und die semantische Repräsentationssprache (MESNET) näher erläutert. Anschließend werden in Abschnitt 3 die wesentlichen Grundlagen des Wortklassenagentenmodells vorgestellt. Dieses ist mit kognitiven und linguistischen Prinzipien verbunden, die beim Sprachverarbeitungsprozeß eine zentrale Rolle spielen (z.B. Komplettierungsbestreben).

Im Abschnitt 4 werden der Aufbau der Wortklassenagentenmaschine (abgekürzt: WCAM) und ihre Arbeitsweise vorgestellt. Ausgehend von einem Schichtenmodell der Verarbeitung wird die prinzipielle Wirkungsweise der vierstufigen Analyse und die Steuerung der einzelnen Wortklassenagenten durch die WCAM erläutert. Eine detaillierte Behandlung der einzelnen Stufen der WCAM (Bildung elementarer und komplexer Kerne, Sättigung von Verbvalenzen, Behandlung von Modalitäten und Satzrelatoren) findet sich in [Helbig 94].

Anschließend wird ein Ausblick auf den weiteren Ausbau des Wortklassenagentenmodells gegeben. Dabei wird es vor allem um die Entwicklung von *autonomen* und *parallel arbeitenden* Wortklassenagenten gehen (vgl. Abschnitt 5).

Die zahlreichen Disambiguierungsprobleme, die während des Verarbeitungs-

prozesses gelöst werden müssen, werden im Anhang vorgestellt und exemplarisch erläutert. Diese Zusammenstellung enthält nur einen tabellarischen Überblick. Eine ausführliche Behandlung der Disambiguierungsprobleme findet sich in [Helbig et al. 94].

2 Einbettung der Wortklassenagenten in ein übergeordnetes System (Schnittstellen)

2.1 Das natürlichsprachliche System (LINAS)

Im Rahmen von mehreren hochschulinternen Projekten des Lehrgebiets Praktische Informatik VII/Künstliche Intelligenz an der FernUniversität Hagen wird das natürlichsprachliche Auskunftssystem LINAS (**L**iteraturrecherche in **N**atürlicher **S**prache) entwickelt.¹ LINAS ist ein Informationssystem zur Literaturrecherche, das es dem Benutzer gestattet, Anfragen an eine Literaturdatenbank in natürlicher Sprache einzugeben. Es ist so angelegt, daß es auf verschiedene Anwendungsgebiete übertragen werden kann. In Abbildung 1 wird ein Überblick über die einzelnen Komponenten des Gesamtsystems LINAS und deren Zusammenwirken gegeben.² In der nachfolgenden Beschreibung werden wir uns auf die Schnittstellen konzentrieren, die für die

¹Die wichtigsten Komponenten, die im Rahmen des Auskunftssystems LINAS entwickelt werden, umfassen eine Lexikographenwerkbank (LEXBENCH) und ein multivalent nutzbares Computerlexikon (COLEX), die Analyse mit Hilfe von autonomen und parallel arbeitenden Wortklassenagenten (WCA), die Bedeutungsdarstellung in Form von mehrschichtigen, erweiterten semantischen Netzen (MESNET) und die Transformation von Ausdrücken der semantischen Repräsentationssprache in SQL-Ausdrücke (TRANSQL).

²Das System LINAS unterteilt sich in die beiden Hauptkomponenten LINAS-N (das natürlichsprachliche Interface) und LINAS-D (das eigentliche Informationsrecherche-System). Die in der Abbildung verwendeten Bezeichnungen bedeuten: COLEX: Computerlexikon; LEXMORPH: lexikalisch-morphologische Analyse; WCAM: Wortagentenmaschine einschließlich Wortklassenagenten; MESNET: mehrschichtiges, erweitertes semantisches Netz; INFERNET: Inferenzprozessor; LEXBENCH: Lexikographen-Werkbank; TRANSQL: Komponente zur Transformation von semantischen Netzstrukturen in SQL-Ausdrücke; DOK-ERF: halbautomatische Dokumenten-Erfassung; RDB: relationale Datenbank; DOK: Dokumentenbestand (Literatur-Nachweise); THES: Thesaurus; KLASS: Klassifikation; RDBMS: relationales Datenbankmanagementsystem.

Wortagentenmaschine relevant sind.

Die Bereitstellung eines natürlichsprachlichen Interfaces (NLI) hat den Vorteil, daß der Benutzer des Systems keine Kenntnisse darüber benötigt, welche Datenbank zur Speicherung der Daten verwendet wird (relational, objektorientiert usw.). Er muß auch nicht die entsprechende Datenbankanfragesprache beherrschen. Dadurch ist der Einsatz des Systems auch für "naive Nutzer" - insbesondere für solche, die keine Computerkenntnisse haben - geeignet. Daraus folgt, daß ein NLI alle Eigenheiten der natürlichen Sprache, wie Mehrdeutigkeiten, Ellipsen, Anaphern und Paraphrasierungsmöglichkeiten, beherrschen muß.

Zur Übersetzung eines natürlichsprachlichen Ausdrucks in eine semantische Tiefenstruktur wird im System LINAS ein wortklassenorientiertes Analysemodell eingesetzt, das sich auf ein merkmalsbasiertes Computerlexikon als Hintergrundwissen stützt. Dieses Lexikon wird rechnergestützt mit Hilfe der Werkbank für den Computerlexikographen aufgebaut. Den Kern des NLI bildet die wortklassengesteuerte Analyse, die über die lexikalisch-morphologische Analyse auf das Lexikon zugreift. Die Bedeutungsdarstellung einer natürlichsprachlichen Anfrage wird mit Hilfe der zur Wissensrepräsentation bereitgestellten Darstellungsmittel für mehrschichtige, erweiterte semantische Netze durchgeführt. Um letztendlich eine Datenbankanfrage zu ermöglichen, werden die von der Analyse erzeugten Tiefenstrukturen mit Hilfe eines Transformationsmoduls in SQL-Ausdrücke überführt.

2.2 Das Lexikon (COLEX)

Im Computerlexikon des natürlichsprachlichen Anfragesystems LINAS sind im wesentlichen die nachfolgend angegebenen Informationen eingetragen. Diese umfassen sowohl morpho-syntaktische als auch semantische Charakterisierungen von Wörtern. Die einzelnen Lexikoneintragungen sind als Merkmals-Wert-Paar (Feature-Strukturen) organisiert. Eine ausführliche Behandlung der im Anfragesystem LINAS verwendeten Lexikonmerkmale einschließlich der formalen Darstellung ihrer Werte findet sich in [Helbig, Schulz 94].

- **WCA:** Unter diesem Merkmal ist die Wortklassenzugehörigkeit (Name des Wortklassenagenten) eingetragen.
- **MORPH:** Das Merkmal MORPH charakterisiert morpho-syntaktische

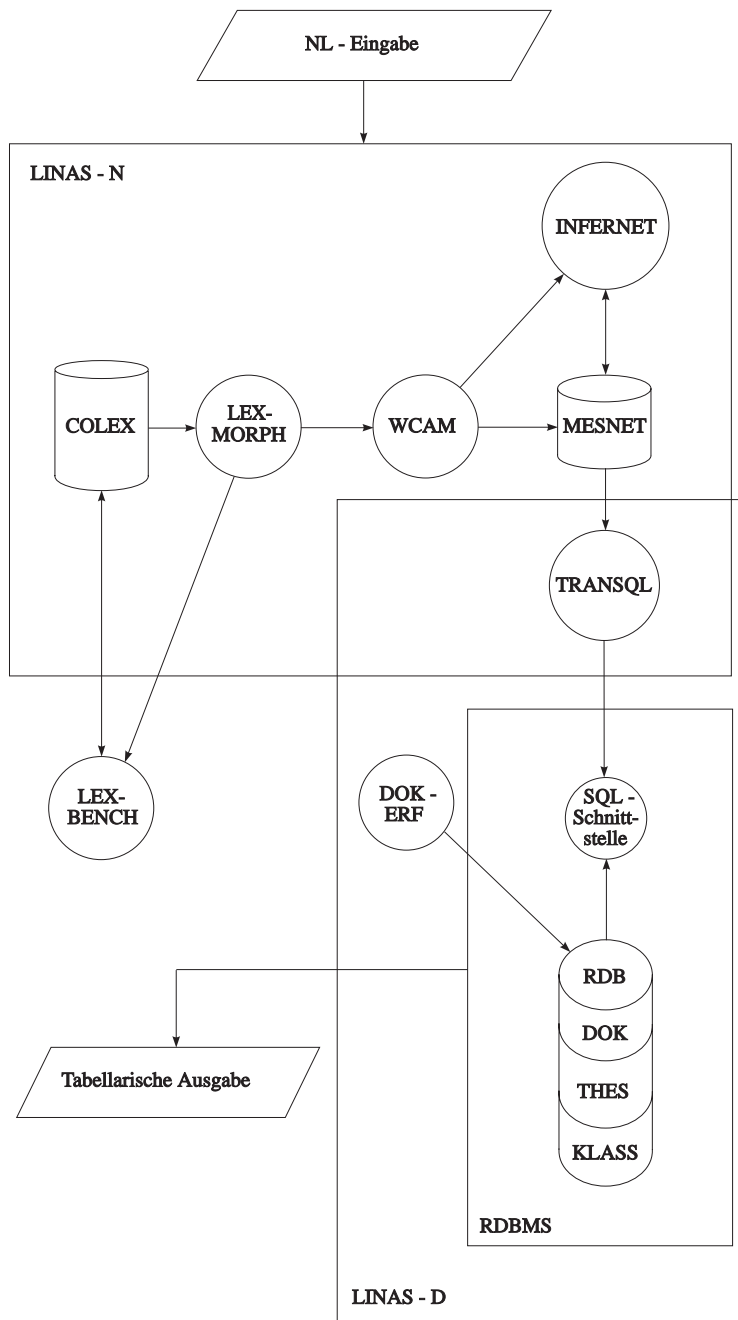


Abbildung 1: Das System LINAS im Überblick

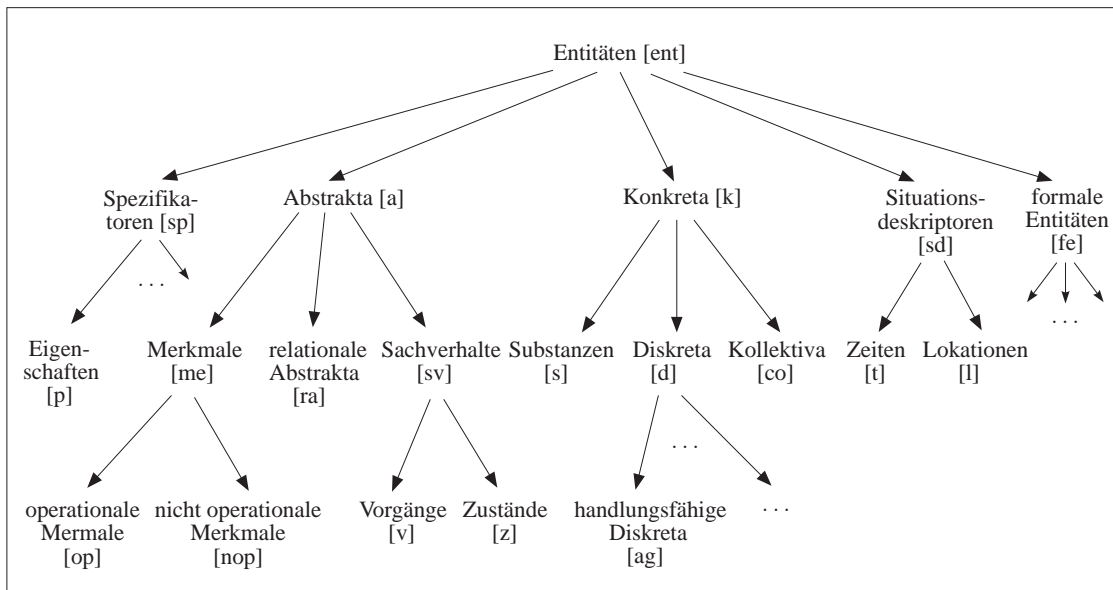


Abbildung 2: Ausschnitt aus der Sortenhierarchie

Informationen, die im wesentlichen zur Steuerung der morphologischen Analyse benötigt werden. Hierzu gehören Angaben über Genus und Deklinationstyp für Wörter der Nominalgruppe, über Stamm- und Partizipbildung sowie Konjugationstyp bei Verben usw.

- **SEMSORT:** Dieses Merkmal drückt die Zugehörigkeit des Lexems zu vorgegebenen semantischen Kategorien (Sorten) aus. Der Sorteneinteilung liegt eine Ontologie der lexikalischen Begriffe zugrunde, die auch in der Wissensrepräsentation mit Hilfe erweiterter semantischer Netze Anwendung findet (s. Abbildung 2).
- **SEMREL:** Angabe von semantischen Relationen zwischen verschiedenen Lexemen. Hierzu gehören beispielsweise die begriffliche Subordination (SUB), die Teil-Ganzes-Beziehung (PARS), die Synonymiebeziehung (SYN) und andere. Außerdem werden unter diesem Indikator lexikalische Sortenwechselrelationen vermerkt, die eine Beziehung zwischen Derivationen zu ein und demselben Basislexem zum Ausdruck bringen (z.B. *faul* - *Faulheit*, *trennen* - *Trennung*).

- **POLYSEM**: Durch dieses Merkmal werden mehrdeutige Wörter gekennzeichnet, die einheitliches morpho-syntaktisches Verhalten zeigen, dabei aber in unterschiedliche Wortbedeutungen aufspalten (Polyseme). Die Werte des Merkmals POLYSEM sind Verweise auf die verschiedenen Grundbedeutungen des Lexems. Beispielsweise tritt das Wort *Ball* u.a. in den Bedeutungen Ball_I (Sportgerät) und Ball_{II} (gesellschaftliches Ereignis) auf.³
- **HOMOGR**: Dieses Merkmal enthält Verweise auf die verschiedenen Basislexeme von Homographen. Im Gegensatz zu den Polysemen verstehen wir unter Homographen Wörter, die gleich geschrieben werden, aber sowohl verschiedene Bedeutungen haben als auch unterschiedliches morpho-syntaktisches Verhalten zeigen (z.B. modern_I (Adjektiv) und modern_{II} (Verb)).⁴
- **CASEFRAME**: Bei Vollverben wird unter diesem Merkmal der Kasusrahmen angegeben, der mit Hilfe von Tiefenkasus spezifiziert wird (s. Tabelle 2). Zu den hier verzeichneten Informationen gehören Angaben über obligatorische und fakultative Valenzen, die mit dem Verb verbunden sind, sowie über die semantische Argumentcharakteristik und die entsprechende Oberflächenrealisierung der Tiefenkasus. Als Beispiel ist nachfolgend der Kasusrahmen zu SCHREIBEN angegeben. Der Beispielsatz 1 veranschaulicht die einzelnen Kasusrollen des Verbs in der Oberflächenstruktur des Satzes.

(1) Maria schreibt ihrem Freund einen Brief über die Ereignisse.

Beispiel:

	obligatorisch			fakultativ
SCHREIBEN:	[(AGT x)	{(OBJ y)	(DAT z)}	[(THM w)] ⁵
Oberflächen-				
kasus:	(1)	(4)	({3 AN 4})	(ÜBER 4)
semantische				
Anforderung:	x ∈ ag	y ∈ k	z ∈ ag	w ∈ (o ∪ sv)

³Zur Charakterisierung des hier verwendeten Begriffs Polysemie vgl. D1 im Anhang.

⁴Zur Charakterisierung des hier verwendeten Begriffs Homographie vgl. D1 im Anhang.

⁵Die geschweiften Klammern symbolisieren, daß wenigstens eine der beiden Tiefenbe-

- **KOMPAT**: Spezifikation der Kompatibilität mit bestimmten Tiefenkonzepten. Bei Adjektiven werden unter diesem Indikator die mit der Bedeutung des betreffenden Lexems verträglichen Sorten derjenigen Nomen spezifiziert, die durch das Adjektiv attributiert werden können. Bei Verben bringt das Merkmal Verträglichkeiten zum Ausdruck, die über den Kasusrahmen i.e.S. hinausgehen, und insbesondere den Bereich der freien Fügungen betreffen. Die Kompatibilitäten werden für Verben ebenso wie für Präpositionen mit Hilfe zulässiger Tiefenbeziehungen in der Bedeutungsstruktur des entsprechenden Lexems ausgedrückt.

Beispiele: (Ausschnitt aus den Kompatibilitätsmerkmalen)

<i>schlafen</i>	kompatibel mit SEITZ (zeitlicher Beginn) inkompatibel mit DIRC (Angabe eines lokalen Ziels)
<i>abreisen</i>	kompatibel mit DIRC inkompatibel mit SEITZ
<i>mit</i>	kompatibel mit INSTR (Instrument) inkompatibel mit SEITZ

2.3 Die Analyse mit Wortklassenagenten (WCA)

Dem Wortagentenmodell liegt die Vorstellung zugrunde, daß sich Wörter mit gleicher grammatischer Funktion zu einer Klasse zusammenfassen und damit bei der automatischen Sprachverarbeitung auch einheitlich behandeln lassen. Die grammatische Funktion einer Wortklasse wird mit Hilfe von Wortklassenagenten dargestellt. Im System LINAS werden über dreißig Wortklassenagenten unterschieden, von denen die wichtigsten in Tabelle 1 aufgelistet sind. Eine detaillierte Behandlung der einzelnen Wortklassenagenten und deren Zusammenwirken während der Analyse findet sich in [Helbig, Mertens 94]. Jeder der Agenten ist i.a. in einen OPEN-Act und einen COMPLETE-Act geteilt, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Verarbeitungsprozeß aktiviert werden.

ziehungen (OBJ bzw. DAT) in der Oberflächenstruktur realisiert werden muß.

Die Zweiteilung der Wortklassenagenten spiegelt zwei grundsätzliche "Wirkungsweisen" eines Wortes wider, die bei der Verarbeitung natürlicher Sprache berücksichtigt werden müssen: zum einen eröffnet ein in die Analyse einbezogenes Wort Erwartungen, zum anderen können diese dann im weiteren Verlauf der Verarbeitung durch andere Wörter bzw. Konstituenten gesättigt werden (vgl. Abschnitt 3.1.1).

Einige der Wortklassenagenten besitzen allerdings keinen COMPLETE-Act, sondern nur einen OPEN-Act. Hierzu gehören z.B. die Wortklassenagenten für Adverbien (*ADV) und nominale Fragepronomen (*FPNOM). Vertreter dieser Wortklassen eröffnen selbst keine Erwartungen, sondern stellen in sich geschlossene Konstituenten dar, die die Valenzen anderer Wörter sättigen können.

Die zu einer Wortklasse gehörenden grammatischen Informationen sind in dem entsprechenden Agenten prozedural repräsentiert. Die einzelnen Agenten werden durch die Wortklassenagentenmaschine (WCAM) zentral gesteuert. Das Zusammenspiel zwischen den Agenten und der WCAM wird in Abschnitt 4.2 erläutert. Die Wortklassenagenten haben während der Analyse eines natürlichsprachlichen Satzes u.a. die folgenden Aufgaben zu bewerkstelligen:

- Kongruenzüberprüfungen (z.B. zwischen Artikel, Adjektiv und Nomen innerhalb einer Nominalphrase bezüglich Kasus, Genus und Numerus; zwischen Pronomen und potentiellen Antezedenten bezüglich Genus und Numerus; hierzu gehört auch die Überprüfung, ob die im Kasusrahmen des Verbs verankerten syntaktischen und semantischen Merkmale von potentiellen Aktanten erfüllt werden);
- Kompatibilitätstests (typisches Beispiel hierfür ist die Entscheidung, ob Präposition und Verb bezüglich ihres Spektrums an semantischen Deutungen - ausgedrückt mit Hilfe von semantischen Tiefenrelationen - verträglich sind);
- Aufbau von Bedeutungsstrukturen und schrittweise Anreicherung derselben durch weitere Tiefenbeziehungen; Markierung der (Teil-) Ergebnisse mit semantischen Sorten; Verwaltung und Speicherung der Resultate im zentralen Arbeitsgedächtnis;
- Statusänderungen der WCAM (z.B. wird durch den COMPLETE-Act

WCA	Wortart bzw. sprachliche Erscheinung (<i>Beispiel</i>)
*ADJ	Adjektive (Der <i>teure</i> Monitor steht im Schaufenster.)
*ADV	Adverbien (Wie <i>schnell</i> arbeitet der Drucker?)
*ART	Artikel (Der <i>teure</i> Monitor steht im Schaufenster.)
*FPATTR	Fragepronomen mit attributivem Gebrauch (<i>Welche</i> ?)
*FPNOM	Fragepronomen mit nominalem Gebrauch (<i>Wo ...?</i>)
*GRAD	Gradatoren (Ein <i>sehr</i> schneller Rechner ...)
*HV	Hilfsverben (Der Händler <i>hat</i> ihn verkauft.)
*KOMMA	Satzzeichen „,“ (Weil Peter schlief, verpaßte er die Pointe.)
*KOMP	Komparative (Das Auto ist <i>teurer</i> als ...)
*KOORD	Koordinierende Konjunktionen (<i>und, oder, aber, ...</i>)
*ME	Maßeinheiten (Peter ist <i>60 kg</i> schwer.)
*MV	Modale Hilfsverben (<i>Kann</i> sie den Computer liefern?)
*NEG	Negatoren außer <i>kein</i> (Peter sah das Auto <i>nicht</i> .)
*NEGATTR	Negatoren mit attributivem Gebrauch (<i>Kein</i> Auto ist schneller.)
*NOM	Nomen (Der <i>teure</i> <i>Monitor</i> steht im Schaufenster.)
*NUM	Zahlen und Zahlwörter (Peter ist <i>60 kg</i> schwer.)
*ORD	Ordnungszahlen (Am <i>24.</i> Dezember ist ...)
*PART	Partizipien (Die in Rußland <i>produzierten</i> Güter ...)
*PERSPR	Personalpronomen (Wer hat <i>es</i> veröffentlicht?)
*POSSPR	Possessivpronomen (Peter hat <i>sein</i> Auto verkauft.)
*PRAEP	Präpositionen (Der Autor schrieb ein Buch <i>über</i> ...)
*PUNKT	Satzzeichen „.“ (Der erste Preis ist eine Reise.)
*QUTR	Quantoren (Es haben <i>alle</i> Studenten bestanden.)
*RELPR	Relativpronomen (Der Schüler, <i>der</i> gestern ...)
*SUBJ	subordinierende Konjunktionen (<i>weil, nachdem, ...</i>)
*SUPL	Superlative (Das <i>teuerste</i> Fahrrad kostet ...)
*VB	Verben (Der Autor <i>schrieb</i> ein Buch über ...)

Tabelle 1: Typische Wortklassenagenten (WCA)

des Wortklassenagenten *ART die WCAM in den Zustand CLOSED gesetzt, falls die vom Artikel eröffneten Erwartungen erfüllt sind; vgl. Abbildung 5);

- Behandlung von Unterbrechungen der normalen Wortfolge im Satz u.a.

Im Wortagentenmodell gibt es Agenten, die sich nicht auf Wörter bzw. Wortklassen im traditionellen Sinne beziehen. So wird beispielsweise die grammatische Funktion von Satzzeichen (z.B. Komma, Punkt) ebenfalls in Form von Wortklassenagenten dargestellt. Diese Vorgehensweise wird dadurch gestützt, daß die Satzzeichen eine ähnliche grammatische Funktion wie Wörter haben können. Im Beispielsatz 2 - es handelt sich hier um eine asyndetische Koordination - hat das Komma die gleiche Wirkung wie die Konjunktion *und*. Eine weitere Funktion des Kommas ist beispielsweise die Abtrennung eines Relativsatzes vom übergeordneten Matrixsatz (vgl. Beispiel 3). Analoges gilt für den Punkt. Er kann u.a. als Satzzeichen, als Abkürzungspunkt oder zur Kennzeichnung von Ordinalien verwendet werden (vgl. Beispiel 4).

- (2) Die Tastatur, der Monitor und der Drucker sind periphere Komponenten des Computers.
- (3) Der Computer, der im Schaufenster steht, darf nicht verkauft werden.
- (4) Die 4. Auflage ist z.Z. vergriffen.

2.4 Die semantische Repräsentation (MESNET)

Ziel der syntaktisch-semantischen Analyse mit Hilfe der Wortklassenagenten ist die Erzeugung einer Bedeutungsdarstellung der natürlichsprachlichen Benutzeranfrage. Die Darstellungsmittel für die semantische Repräsentation natürlichsprachlicher Sätze sind am Konzept der mehrschichtigen, erweiterten semantischen Netze orientiert (vgl. [Helbig, Herold 94]). Typische Charakteristika dieser Netze sind die Verwendung von Sortenhierarchien (Taxonomie der Knoten; s. Abbildung 2) und die Kennzeichnung der Knoten mit Merkmalsstrukturen, die eine Unterscheidung verschiedener Interpretationsebenen (wie z.B. intensionaler und präextensionaler Darstellungsebene) erlauben. Weiterhin ist die Verwendung von semantischen Relationen und

Funktionen zur Strukturierung und die Zusammenfassung von Teilnetzen zu Hyperknoten typisch für diese Netze (sog. *Kapselung*). Die von der Analyse erzeugte semantische Repräsentation kann als Ausschnitt aus einem solchen mehrschichtigen semantischen Netz angesehen werden.

Für die Bedeutungsdarstellung der natürlichsprachlichen Ausdrücke wird auf ein Repertoire von ungefähr hundert semantischen Relationen und Funktionen zurückgegriffen.⁶ Diese sind als linguistische bzw. epistemische Universalien anzusehen, die bestimmten Darstellungsproblemen zugeordnet werden können:

- begriffliche Subordination
- Spezifikation von Objekten
- Beschreibung von Sachverhalten
- Angaben zu Raum und Zeit usw.

Im Rahmen dieses Beitrags ist es allerdings nur möglich, eine Auswahl an semantischen Repräsentationsmitteln näher zu erläutern.

Zur Darstellung der Subordination stehen die beiden Relationen **SUB** und **SUBA** zur Verfügung. Diese Relationen werden sowohl für die Unterordnung von Individualbegriffen (z.B. *Goethe*, *Kandinsky*) als auch von generischen Begriffen (z.B. *Dichter*, *Maler*) unter andere Oberbegriffe eingesetzt. Während die Relation **SUB** die Subordination unter einen Begriff ausdrückt (z.B. (**SUB** GOETHE DICHTER), (**SUB** DICHTER KÜNSTLER)), bezieht sich **SUBA** auf die Subordination unter einen Vorgang (z.B. (**SUBA** FAHREN FORTBEWEGEN), (**SUBA** *Peter schrieb einen Brief*) SCHREIBEN)).

Charakterisierungen von Objekten werden beispielsweise mit den Relationen **PARS** und **PROP** ausgedrückt. Dabei wird mit Hilfe von **PARS** die Teil-Ganzes-Beziehung (z.B. (**PARS** GRIFF TEEKANNE)) und mit **PROP** die Spezifikation eines Objekts durch eine semantisch qualitative Eigenschaft (z.B. (**PROP** BALL RUND)) dargestellt.

⁶In Tabelle 2 findet sich eine Auflistung typischer Relationen und Funktionen mit jeweils einer kurzen Charakterisierung und Beispielen.

Relation	Charakteristik	Beispiel
AFF	affiziertes Objekt	Er zerschlug <i>die Vase</i> .
AGT	Handlungsträger	<i>Peter</i> malt ein Bild.
ANTE	Vorzeitigkeit	Er wurde <i>vor</i> dem Krieg geboren.
ASSOZ	assoziative Zuordnung	Es hat etwas <i>mit Physik</i> zu tun.
DAT	Objekt der Zuwendung	Er gab <i>dem armen Mann</i> ein Brot.
DATTR	Definierendes Attribut	Peter hat <i>ein Gewicht</i> von 65 kg.
DIRC	Richtungsangabe	Er fuhr mit dem Auto <i>nach Paris</i> .
INSTR	Instrument	Er fuhr <i>mit dem Auto</i> nach Paris.
LOK	Ortsangabe	Die Post befindet sich <i>in der City</i> .
OBJ	Objekt	Er beobachtete <i>das Tier</i> .
ORIGM	materielle Herkunft	Er kaufte einen Ball <i>aus Leder</i> .
PARS	Teil-Ganzes-Beziehung	Die Tür <i>hat ein Schloß</i> .
POSS	Besitzrelation	Peter <i>besitzt</i> ein Auto.
PROP	Eigenschaftszuordnung	Das Auto <i>ist teuer</i> .
SEITZ	zeitlicher Beginn	Das Formular gibt es schon <i>seit 1990</i> .
SUB	Begriffliche Unterordnung	Ein Auto <i>ist ein Fahrzeug</i> .
SUBA	Unterordnung von Handlungen	Peter <i>fliegt</i> nach Ibiza.
TEMP	Zeitangabe	Er wurde <i>1920</i> geboren.
Funktion	Charakteristik	Beispiel
*DIFF	Bildung der Differenzmenge zweier Mengen	<i>Bis auf Peter</i> haben alle dem Vorschlag zugestimmt.
*ITMS	Aufzählung der Elemente einer Menge	<i>Autos, Mopeds und Fahrräder</i> dienen der Fortbewegung.
*MODP	Modifikation einer Eigenschaft	Der Computer besitzt eine <i>sehr leise</i> Festplatte.
*QUANT	Bildung von Quantitäten	Peter kauft <i>3 kg</i> Äpfel.

Tabelle 2: Typische semantische Relationen und Funktionen

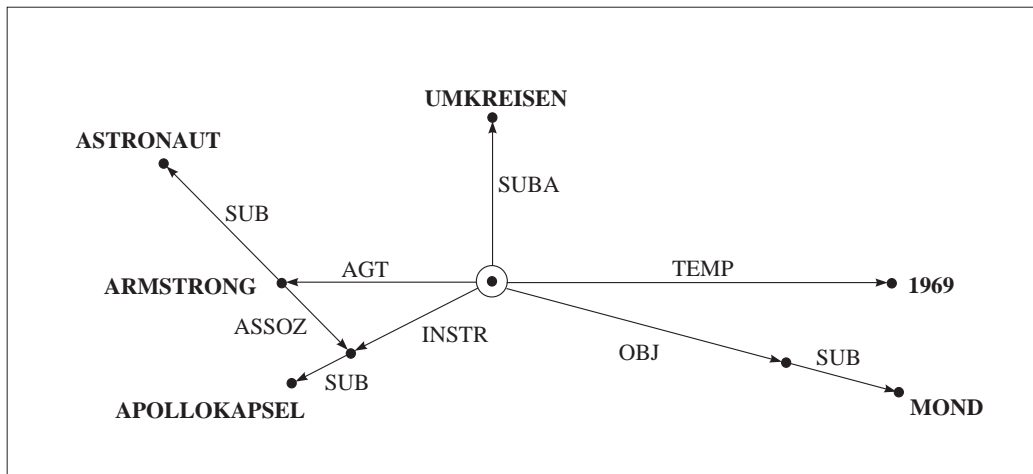


Abbildung 3: Semantische Repräsentation eines natürlichsprachlichen Satzes

Wichtig im Zusammenhang mit der Repräsentation von Sachverhalten und mit der Bedeutungsdarstellung von Verben sind die Kasusrollen [Fillmore 68], die ebenfalls mit Hilfe von semantischen Relationen wiedergegeben werden. Hierzu gehören u.a. die aktive Ausführung einer Handlung durch einen Handlungsträger (**AGT**), die Zuwendung zu einem Objekt mit bzw. ohne Veränderung desselben (**AFF** bzw. **DAT**), die passive Beteiligung eines Objekts an einem Vorgang (**OBJ**) und die Durchführung einer Handlung mit Hilfe eines Instruments (**INSTR**).

Zur Veranschaulichung der Repräsentation von natürlichsprachlichen Sätzen mit den vorgestellten Darstellungsmitteln ist in Abbildung 3 der Beispielsatz 5 als semantisches Netz dargestellt.⁷

- (5) 1969 umkreiste der Astronaut Armstrong mit seiner Apollokapsel den Mond.

Der in dem Beispielsatz 5 beschriebene Sachverhalt SV, der in der Abbildung 3 durch einen mit einem Punkt versehenen Kreis dargestellt ist, wird dem

⁷Eine ausführliche Behandlung der Bedeutungsdarstellung von natürlichsprachlichen Ausdrücken mit den Darstellungsmitteln der erweiterten semantischen Netze findet sich in [Helbig 83] und [Helbig, Herold 94].

Vorgang des *Umkreisens* untergeordnet (**SUBA** SV UMKREISEN). An diesem Vorgang ist der Astronaut Armstrong (**SUB** ARMSTRONG ASTRONAUT) als Handlungsträger beteiligt (**AGT** SV ARMSTRONG).

Es muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß in diesem Zusammenhang das Possessivpronomen *sein* nicht besitzanzeigend (**POSS**) interpretiert werden darf, sondern vielmehr durch eine allgemeine Assoziativbeziehung⁸ (**ASSOZ**) zwischen *Armstrong* und der *Apollokapsel* ausgedrückt wird (**ASSOZ** ARMSTRONG APOLLOKAPSEL).

In dem in der Abbildung 3 dargestellten semantischen Netz werden darüber hinaus noch Angaben über den Zeitraum des Geschehens (**TEMP** SV 1969) und über weitere an dem Vorgang beteiligte Objekte gemacht. Im Gegensatz zu dem Objekt *Mond*, der als ein passives Objekt an dem Vorgang beteiligt ist (**OBJ**), ist die *Apollokapsel* als Instrument der Umkreisung (**INSTR**) gekennzeichnet.

3 Grundlagen des Wortagentenmodells

3.1 Voraussetzungen

Die Verarbeitung natürlicher Sprache im Rahmen des Wortagentenmodells basiert auf Erkenntnissen verschiedener Disziplinen. Zum einen spielen Annahmen im Zusammenhang mit dem Grammatikformalismus, der dem Wortagentenmodell zugrundeliegt, eine wesentliche Rolle. Hierzu gehören der wortzentrierte Grammatikansatz, die Orientierung am Valenzmodell, die Performanzbetonung und die prozedurale Darstellung der Grammatik. Zum anderen gehen kognitive Aspekte bzw. am Sprachverstehen des Menschen orientierte Überlegungen in das Sprachverarbeitungsmodell ein (Bildung mentaler Kerne, frühzeitige Einbeziehung semantischer Prozesse in die Sprachverarbeitung u.a.).

3.1.1 Grammatische Aspekte

Die WCAM basiert auf einem **wortzentrierten** Ansatz zur Sprachbeschreibung. Die Grundidee besteht darin, daß das Wort und die von ihm ausgehen-

⁸Die Feststellung einer derartigen Beziehung kann in den meisten Fällen nur durch die Einbeziehung von umfangreichem Hintergrundwissen geschehen.

den Erwartungen im Mittelpunkt des Sprachverarbeitungsprozesses stehen. Das Wechselspiel zwischen Eröffnung von Erwartungen (Valenzen) und ihrer Sättigung bestimmt die Analyse. Dabei gilt als Grundsatz, daß die Valenzen einerseits so früh wie zulässig, aber andererseits so spät wie nötig gesättigt werden. Trifft die WCAM während der Analyse auf ein Wort, so löst dieses zunächst nur syntaktische und semantische Erwartungen aus, die erst im weiteren Verlauf erfüllt werden können (Eröffnungsphase eines Wortklassenagenten). Nach Einbeziehung weiterer Wörter in die Verarbeitung werden die hinzukommenden Informationen in Form partiell analysierter ("verstanden") Strukturen gesammelt, die zu den ausgelösten Erwartungen passen. In dieser Phase, der sogenannten Komplettierungsphase, werden die syntaktischen und semantischen Strukturen aufgebaut bzw. vervollständigt (vgl. [Helbig, Mertens 94]). Diese Trennung von Eröffnungs- und Komplettierungsphase findet im Wortagentenmodell ihre Entsprechung in zwei völlig verschiedenen funktionellen Realisierungen, und zwar im OPEN-Act und COMPLETE-Act eines jeden Wortagenten. Mit dieser Zweiteilung unterscheidet sich der hier vorgestellte Ansatz deutlich von anderen Wortexper-tenmodellen (vgl. [Small 81], [Eimermacher 88]).

Im allgemeinen werden bei einer rein syntaktischen Analyse mit hohem Aufwand mehrere alternative Strukturen aufgebaut, von denen bei einer nachfolgenden semantischen Interpretation einige wieder verworfen werden müssen. Durch eine möglichst frühe Orientierung an semantischen Kriterien soll eine zu variantenreiche und kostspielige syntaktische Analyse der natürlichsprachlichen Eingabe vermieden werden. Gegen eine parallele Mitführung von alternativen Analyseergebnissen bei syntaktisch mehrdeutigen Sätzen sprechen auch kognitive Gründe: beim Verstehen von Sprache operiert der Mensch nicht gleichzeitig mit mehreren möglichen Strukturen, sondern meist nur mit einer Vorzugsinterpretation. Eine Alternative wird nur dann gesucht, wenn die erste Interpretation nicht aufrecht erhalten werden kann (Gartenpfadsätze).

Die Sprachverarbeitung mit Hilfe der Wortklassenagenten berücksichtigt die von den Wörtern ausgehenden **Valenzen**. Die Grundidee des Valenzmodells besteht darin, daß bestimmte Wörter eines Satzes (ähnlich wie in der Chemie die Atome) Leerstellen eröffnen, die durch andere Konstituenten gesättigt werden müssen (obligatorische Valenzen) bzw. können (fakultative Valenzen). Entsprechend dieser Funktion werden die Valenzen in KI-

Terminologie auch als "Slots" und die sie sättigenden Konstituenten als "Filler" bezeichnet. Diese Betrachtungsweise geht auf Tesnière zurück und hat sich später vor allem durch Arbeiten von Fillmore in Gestalt der Kasusgrammatiken als eigenständiges Grammatikmodell in der Computerlinguistik etabliert (vgl. [Fillmore 68], [Robinson 70]). Diese Konzeption stellt einen der Ausgangspunkte des Wortagentenmodells dar. Sie besitzt eine Parallele in der sogenannten Slot-Filler-Technik, einem in der Künstlichen Intelligenz weit verbreiteten Paradigma.

In logischer Betrachtungsweise entsprechen die valenzeröffnenden Wörter je nach Stelligkeit Prädikatoren oder Relatoren. Demgegenüber sind die abgeschlossenen Konstituenten, die keine Valenzen besitzen, als Argumente für die Prädikatoren und Relatoren anzusehen.

Das Ergebnis der Analyse ist eine semantische Repräsentation des vom Benutzer eingegebenen natürlichsprachlichen Ausdrucks. Die Erzeugung einer adäquaten Bedeutungsstruktur für sinnvolle natürlichsprachliche Sätze ist das eigentliche Ziel der Analyse. Demgegenüber spielt die Frage, ob ein natürlichsprachlicher Ausdruck grammatisch korrekt ist oder nicht, eine untergeordnete Rolle. Auch ungrammatische Ausdrücke (wie das bei bestimmten Ellipsen der Fall ist) sollen in semantische Strukturen überführt werden, soweit sie sich überhaupt sinnvoll interpretieren lassen. Diese Auffassung ist darin begründet, daß für den Benutzer eines natürlichsprachlichen Anfragesystems die Entscheidung über die Grammatikalität eines eingegebenen Satzes i.a. von untergeordneter Bedeutung ist, sofern der Satz überhaupt sinnvoll gedeutet werden kann. Aus diesem Grunde kann der hier vorgestellte Ansatz als **performanzorientiertes Modell** der Sprachbeschreibung charakterisiert werden, wobei der Begriff Akzeptanz an Stelle der Grammatikalität im Vordergrund steht.

Bei dem Modell der Wortagenten wird ein **prozeduraler Ansatz** zur Repräsentation des linguistischen Wissens gewählt. Die Verwendung von prozeduralen Repräsentationen anstelle der in der Computerlinguistik zur Zeit favorisierten deklarativen Grammatikmodelle wird auch durch Vorschläge aus der kognitiven Psychologie gestützt (vgl. [Johnson-Laird 83]).

3.1.2 Kognitive Aspekte

Das Wortagentenmodell stützt sich auf kognitive Verhaltensweisen, wie sie beim menschlichen Sprachverstehen vorzufinden sind. Der Mensch ist offen-

sichtlich bestrebt, möglichst frühzeitig - also noch bevor der Satz vollständig analysiert ist - begriffliche Strukturen bzw. Vorstellungen herauszubilden, die wir **mentale Kerne** nennen. Diese stellen bildlich gesprochen die Säulen dar, auf denen das gesamte Satzgebäude aufgebaut wird. Im Wortagentenmodell werden diese psychologischen Strukturen - nun aber auf analysetechnischer Ebene - durch das Konzept der elementaren bzw. komplexen Kerne ausgedrückt.

Das Bestreben des Menschen, mentale Kerne herauszubilden, wird im Wortagentenmodell durch das **Komplettierungsprinzip** berücksichtigt (s. Abschnitt 3.2.1), das zusammen mit den anderen Prinzipien den Aufbau elementarer und komplexer Kerne regelt. Die elementaren bzw. komplexen Kerne repräsentieren abgeschlossene semantische Einheiten, von denen im Sinne eines valenzorientierten Sprachverarbeitungsmodells keine Erwartungen ausgehen. Einfache elementare Kerne können im Verlauf des Sprachverarbeitungsprozesses durch Herstellung von Beziehungen zu anderen Kernen oder durch funktionelle Komposition zu komplexen Kernen zusammengefaßt werden (vgl. Abschnitt 4.1).

Weiterhin führt der Mensch beim ersten spontanen Verstehen im allgemeinen keine extensionale Interpretation in dem Sinne durch, daß er die Aussage sofort mit den Gegebenheiten der realen Welt konfrontiert. Das würde in den Fällen, in denen Substantivgruppen im Plural oder quantifizierte Nominalphrasen im Satz vorkommen, zu kombinatorisch komplizierten und oft nur mit umfangreichem Hintergrundwissen aufzulösenden Mehrdeutigkeiten führen. Das Wortagentenmodell geht davon aus, daß die Bedeutung von natürlichsprachlichen Ausdrücken zunächst in eine intensionale Repräsentation überführt wird, die die Form eines erweiterten semantischen Netzes hat, in dem quantifizierte NPs oder Plural-NPs als Einheiten mit bestimmten Merkmalen behandelt werden (s. [Helbig, Herold 94]). Die Probleme der Disambiguierung von Sätzen mit quantifizierten NPs und Plural-NPs (vgl. dazu das Disambiguierungsproblem D15 in Abschnitt 9) werden i.a. nicht bei der Erzeugung einer intensionalen Bedeutungsdarstellung gelöst. Sie gehören (zumindest teilweise) einer tieferen (extensionalen) Interpretationsschicht an. Betrachten wir die beiden folgenden Sätze:

- (6) Jeder Briefträger wurde von einem Hund gebissen.
- (7) Vier Kinder malen zwei Bilder.

Bei einer extensionalen Interpretation entsteht bei Satz 6 das Problem zu entscheiden, ob nach dieser Aussage ein bestimmter Hund jeden Briefträger gebissen hat, oder ob es zu jedem Briefträger jeweils einen Hund gibt, von dem er gebissen wurde (im zweiten Fall kann es sich auch um unterschiedliche Hunde handeln).⁹ Im Beispiel 7 wäre bei extensionaler Interpretation zu klären, ob alle vier Kinder zusammen die zwei Bilder gemalt haben oder jedes Kind allein zwei Bilder oder je zwei Kinder ein Bild usw. In all diesen Fällen wäre der Satz wahr. Obwohl der Mensch in der Lage ist, die verschiedenen (extensionalen) Interpretationen voneinander zu unterscheiden, wird er diese Differenzierung normalerweise nicht beim ersten spontanen Verstehen des Satzes durchführen.

Die Hervorhebung einer intensionalen Interpretation als erster Verarbeitungsstufe wird dadurch gestützt, daß auch die zwischenmenschliche Kommunikation vorrangig durch intensionale Bedeutungsstrukturen getragen wird. Eine "tiefere" extensionale Interpretation findet erst dann statt, wenn es die Dialogsituation erfordert. Dies tritt z.B. dann ein, wenn eine Frage genau auf extensionale Zusammenhänge zielt ("Wurde *jeder* Briefträger wirklich von *demselben* Hund gebissen?" bzw. "*Wer* hat denn *welches* Bild gemalt?"). Für ein natürlichsprachliches Anfragesystem hat das zur Konsequenz, daß in bestimmten Fällen auch sogenannte präextensionale Darstellungen in die Verarbeitung mit einbezogen werden müssen. Diese Aufgabe wird aber im System LINAS nicht von der Wortagentenanalyse, sondern in nachgeschalteten Inferenzprozessen gelöst (vgl. [Helbig, Herold 94]).

3.2 Prinzipien

Es ist ein wesentliches Merkmal natürlichsprachlicher Ausdrücke, daß sie mehrdeutig sein können. Sprachverstehen bedeutet deshalb immer auch *Auflösung* dieser Mehrdeutigkeiten (Disambiguierung). Für die automatische Verarbeitung natürlicher Sprache sind verschiedene Prinzipien zur Auflösung von Mehrdeutigkeiten vorgeschlagen worden. Dazu gehören u.a. Minimal Attachment, Right Association (vgl. [Frazier, Rayner 82]) und Lexical Preference (vgl. [Ford et al. 82]). Sie sind insbesondere für die Entscheidung wichtig, ob eine Konstituente dem Verb oder einer anderen Konstituente zu-

⁹Eine solche Analyse gestattet es dann auch, die Frage nach dem Wahrheitswert des Satzes zu beantworten.

zuordnen ist. Manche der verwendeten Prinzipien werden durch experimental-psychologische Untersuchungen gestützt (vgl. [Hemforth, Konieczny 93]), andere wieder sind eng an bestimmte grammatische Konzeptionen gebunden (wie z.B. Minimal Attachment an Konstituentenbäume).

Dem Wortagentenmodell werden sechs Prinzipien zugrundegelegt, die unterschiedlich motiviert sind. So ist das nachstehend erläuterte Komplettierungsprinzip kognitiv begründet. Als weitere Kriterien, die stärker im Valenzsystem der natürlichen Sprache wurzeln, sind das Prioritätsprinzip, das Kompatibilitäts- und das Inkompatibilitätsprinzip zu nennen.

Darüber hinaus haben sich bei der Disambiguierung das Rechtsassoziationsprinzip, die Lesartenpräferenz sowie weitere heuristische Entscheidungskriterien bewährt, die teilweise auch in der Literatur vorgeschlagen wurden (vgl. [Allen 87]). Das Rechtsassoziationsprinzip kann als eine Art Default-Regel angesehen werden, die immer dann angewendet wird, wenn durch andere Methoden keine Entscheidung herbeigeführt werden kann. Andere z.T. sehr spezielle Kriterien betreffen z.B. die besondere Behandlung der Eigennamen und der Negatoren (s. hierzu [Helbig 94]).

3.2.1 Das Komplettierungsprinzip

Als wichtiges Prinzip bei der Verarbeitung natürlicher Sprache postulieren wir das Komplettierungsprinzip (vgl. Abschnitt 3.1.2). Nach diesem Prinzip werden vollständig erfüllte Erwartungen, bei denen keine unmittelbaren Interferenzen mit anderen Valenzen zu erkennen sind, tatsächlich zum frühestmöglichen Zeitpunkt gesättigt (Kernbildung). Unmittelbar einhergehend mit der Komplettierung der Kerne werden (noch bevor andere Satzteile von der Analyse erfaßt sind) die ersten semantischen Teilstrukturen erzeugt. Im Beispielsatz 8 werden die Kerne <alter Mann>_{DET} und <sonnige Bank>_{INDET} mit vollständig ausgearbeiteter semantischer Struktur gebildet, bevor der Satz zu Ende analysiert ist.¹⁰

(8) *Der alte Mann* saß auf *einer sonnigen Bank*.

Die in der Literatur als Gartenpfad- oder Holzwegsätze behandelten sprachlichen Erscheinungen sind ein deutlicher Beleg für das Komplettierungsprin-

¹⁰DET und INDET bedeuten, daß das Denotat der betreffenden Kerne *genau* festgelegt (determiniert) bzw. *nicht* festgelegt (indeterminiert) ist (vgl. [Helbig, Herold 94]).

zip. In dem Beispielsatz 9 sind nach dem Lesen/Hören des Teilsatzes *Der alte Meister* die Erwartungen, die von Artikel und Adjektiv ausgehen, bereits vollständig erfüllt. Aus diesem Grund wird eine Interpretation vorbereitet, die mit dem Kern <alter Meister>_{DET} beginnt. Erst wenn die bei diesem Interpretationsversuch nicht zu sättigenden Valenzen des Verbs *verehren* erkannt werden, wird diese Deutung verworfen.

(9) Der alte Meister verehrende Kunstkenner betrachtet das Bild.

[s [NP Der alte Meister]
[VP .?.]]

(Fehldeutung)

vs.

[s [NP Der [NP_∅ alte Meister [s ...] ...]]
[VP ... [NP ...]]]

(richtige Analyse)

Ein analoges Phänomen kann man in dem schon klassischen Beispielsatz 10 beobachten, in dem zunächst (fälschlicherweise) eine Komplettierung des Teilsatzes *The horse raced past the barn* zu einem propositionalen Kern durchgeführt wird.

(10) The horse raced past the barn fell.

[s [NP The horse]
[VP raced [PP ...]]] ... [VP fell?]

(Fehldeutung)

vs.

[_S [_{NP} The horse [_S raced past ...]]
 [_{VP} fell]]

(richtige Analyse)

Auch hier muß der bereits gebildete (propositionale) Kern wieder aufgebrochen werden, obwohl zunächst alle Valenzen vom Artikel *the* bis zum Nomen *barn* gesättigt zu sein schienen.

3.2.2 Valenzbasierte Prinzipien

Mit dem Valenzsystem der Wörter sind mehrere Teilprinzipien verbunden, die die Unterordnung von Konstituenten im Satz regeln. Valenzen sind mit Verben und Präpositionen, aber auch mit Nomen, Adjektiven und anderen Wortklassen verbunden.¹¹ Für die Darstellung werden wir uns vorwiegend auf Verben und Präpositionen konzentrieren.

Durch Verallgemeinerung des Valenzgedankens lassen sich drei sich gegenseitig ergänzende und sich teilweise bedingende Aspekte für die Erkennung der richtigen Unterordnung im Satz formulieren:

- Zum einen bestehen Kompatibilitäten in den semantischen Deutungen der Beziehungen zwischen verschiedenen Konstituenten (**Kompatibilitätsprinzip**).

(11) Peter fuhr mit dem Koffer nach Dresden.

[_S [_{NP} Peter]
 [_{VP} fuhr [_{PP} mit dem Koffer]
 [_{PP} nach Dresden]]]

Der Kasusrahmen des Verbs *fahren* enthält eine fakultative Richtungsangabe bzw. die Angabe eines lokalen Ziels (DIRC). Deshalb ist die Präpositionalphrase *nach Dresden*, die ebenfalls eine Richtungsangabe DIRC ausdrückt, kompatibel zu dem Verb *fahren*.

¹¹Zu den Valenzen vgl. [Sommerfeldt, Schreiber 74], [Sommerfeldt, Schreiber 80] und [Helbig, Schenkel 80].

- Das Gegenstück zum Kompatibilitätsprinzip ist die Konvention, daß die nicht ausdrücklich im Lexikon als kompatibel gekennzeichneten Tiefenbeziehungen als ausgeschlossen/unzulässig anzusehen sind (**Inkompatibilitätsprinzip**).

(12) *Peter träumte *dem Freund* von einer Geburtstagsfeier.

[_S [_{NP} Peter]
 [_{VP} träumte [_{NP} dem Freund]
 [_{PP} von einer Geburtstagsfeier]]]

Wegen der Inkompatibilität von *träumen* mit einem Dativobjekt (fehlende Angabe der Tiefenrelation DAT als Kasus der Zuwendung im Kasusrahmen von *träumen*) ist der Beispielsatz 12 ungrammatisch.

Kompatibilitäts- und Inkompatibilitätsprinzip setzen voraus, daß die Lexikoninformationen vollständig sind und insbesondere bei den Verben nicht nur die Tiefenkasusrelationen im engeren Sinne umfassen, sondern auch den Bereich der freien Fügungen einschließen.

So ist aus dem Lexikon das Verb *umherfahren* (ungerichtete Bewegung) als inkompatibel mit einer Richtungsangabe (lokales Ziel DIRC) ablesbar, während nicht-durative Verben, wie *explodieren* oder *sterben*, inkompatibel mit der Angabe eines zeitlichen Beginns (Relation SEITZ) sind.

Mit Hilfe der im Lexikon eingetragenen Kompatibilitätsangaben von Verben und Präpositionen hinsichtlich bestimmter Tiefenbeziehungen kann entschieden werden, ob eine Präpositionalphrase dem Verb zuzuordnen ist oder nicht. Dies soll an dem folgenden Beispielsatz 13 verdeutlicht werden:

(13) Peter schlief im Zug nach Dresden.

[_S [_{NP} Peter]
 [_{VP} schlief [_{PP} im [_{NP} [_{NP} Zug]
 [_{PP} nach Dresden]]]]]

(richtige Unterordnung)

vs.

[_S [_{NP} Peter]
[_{VP} schlief [_{PP} im Zug]
[_{PP} nach Dresden]]]

(unerlaubte Unterordnung)

Die Präposition *nach* ist im Lexikon als kompatibel mit den Relationen NACHZ (zeitliche Nachfolge), DIRC und METH (Methode) markiert. Aufgrund der Zugehörigkeit von *Dresden* zur semantischen Sorte der konkreten Objekte, wird von der Deutungsfunktion der Präposition *nach* DIRC als zutreffende Interpretation ausgewählt. Wegen der Inkompatibilität der Relation DIRC mit dem Verb *schlafen* kann die Konstituente *nach Dresden* nicht dem Verb zugeordnet werden. Sie wird deshalb dem Nomen *Zug* untergeordnet.

- Schließlich sind die Valenzangaben nicht als gleichrangig anzusehen, sondern sie sind nach Prioritäten geordnet (**Prioritätsprinzip**).

Dieses Prinzip wird insbesondere dann wirksam, wenn konkurrierende Selektionsanforderungen mehrerer Wörter (wie z.B. Verb vs. Nomen, Verb vs. Partizip) einander gegenüberstehen. Das wichtigste Ordnungskriterium ist die höhere Priorität von obligatorischen Valenzen gegenüber fakultativen Valenzen und von fakultativen Valenzen gegenüber freien Fügungen.

(14) Peter sendet das Schreiben an den Freund.

[_S [_{NP} Peter]
[_{VP} sendet [_{NP} das Schreiben]
[_{PP} an den Freund]]]

(richtige Unterordnung)

vs.

[_S [_{NP} Peter]
[_{VP} sendet [_{NP} [_{NP} das Schreiben]
[_{PP} an den Freund]]]]]

(unerlaubte Unterordnung wegen ungesättigter Valenzen)

Das Verb *senden* verlangt obligatorisch eine Richtungsangabe, während eine Richtungsangabe für das Nomen *Schreiben* nur fakultativen Charakter hat. Wegen der höheren Priorität der (obligatorischen) Unterordnung von *Freund* unter *senden* gegenüber der in anderen Kontexten durchaus denkbaren (fakultativen) Unterordnung von *Freund* unter *Schreiben* ist für den Beispielsatz 14 nur die erste Lesart möglich.

3.2.3 Das Rechtsassoziationsprinzip

Unter dem Rechtsassoziationsprinzip verstehen wir die Tendenz, eine neue Konstituente eher dem zuletzt analysierten Kern als einem bereits vorher gebildeten Kern zuzuordnen (vgl. auch Late Closure, Low Attachment, Local Association, Right Association; vgl. z.B. [Frazier, Rayner 82], [Allen 87]).¹² Kann z.B. mit Hilfe der valenzbasierten Prinzipien keine Entscheidung bezüglich der Unterordnung einer nominalen Konstituente unter eine vorangehende nominale Konstituente oder unter das Verb getroffen werden, dann kann das Rechtsassoziationsprinzip als wirksame Regel zur Disambiguierung eingesetzt werden.

Betrachten wir das folgende Beispiel, in dem das unbekannte Wort *Cantaro* vorkommt:

(15) Peter betrachtete die Platte aus Marmor von Cantaro.

¹²Psychologisch läßt sich das Rechtsassoziationsprinzip mit der beschränkten Kapazität des menschlichen Kurzzeitgedächtnisses und mit dem abnehmenden Aktivierungspotential der kognitiven Kerne erklären, je weiter diese im zeitlichen Verstehensablauf zurückliegen.

[S [NP Peter]
 [VP betrachtete [NP [NP die Platte]
 [PP aus [NP [NP Marmor]
 [PP von Cantaro]]]]]]]]

(*Cantaro* → Marmorhändler o.ä.)

vs.

[S [NP Peter]
 [VP betrachtete [NP [NP die Platte]
 [PP aus Marmor]
 [PP von Cantaro]]]]]]

(*Cantaro* → Hersteller der Platte o.ä.)

Im Beispiel 15 wird nach dem Rechtsassoziationsprinzip die neue Konstituente *von Cantaro* eher der vorhergehenden Konstituente *Marmor* untergeordnet. Damit wird die erste Lesart präferiert, in der dem unbekanntem Wort *Cantaro* eher die Bedeutung <Lieferant des Marmors> zugewiesen wird.¹³

Im nachfolgenden Beispiel 16 wirkt sich das Rechtsassoziationsprinzip dahingehend aus, daß mit dem Pronomen *sie* eher auf *Magd* als auf *Kuh* referiert wird, wodurch die komische Wirkung des Satzes hervorgerufen wird.¹⁴ Zum richtigen Verständnis des Satzes ist eine Reinterpretation notwendig, die entsprechendes Hintergrundwissen einbezieht (normalerweise wird die Kuh und nicht die Magd geschlachtet). Im Gegensatz dazu tritt beim Lesen von Beispielsatz 17 kein Mißverständnis auf.

(16) Die Kuh wurde von der Magd gemolken, anschließend wurde sie geschlachtet.

¹³Die Wirkung des Rechtsassoziationsprinzips als Default-Regel wird daran ersichtlich, daß bei vorhandenem Hintergrundwissen (z.B. *Cantaro* ist ein bekannter Plattenhersteller) durchaus die zweite Deutung präferiert werden kann.

¹⁴Dieses sprachliche Phänomen wird noch dadurch kompliziert, daß eine Tendenz besteht, mit dem Pronomen bevorzugt auf das vorhergehende Subjekt bzw. Thema zu referieren.

(17) Die Kuh wurde von der Magd gemolken, anschließend ging sie tanzen.

3.2.4 Die Lesartenpräferenz

Die Präferenz von Lesarten trägt der Tatsache Rechnung, daß bestimmte Wortbedeutungen häufiger verwendet werden als andere oder u.U. auch durch den außersprachlichen, situativen Kontext bevorzugt werden. Dies zeigt sich beispielsweise bei dem mehrdeutigen Wort *versichern*, das in dem Beispielsatz 18 als allgemeine Zusicherung oder als versicherungstechnischer Begriff gedeutet werden kann.

(18) Das können wir Ihnen versichern.

Ohne Berücksichtigung eines außersprachlichen Kontextes dürfte die häufiger verwendete Lesart: *versichern* als *zusichern* bevorzugt werden. Im Kontext "Versicherungswesen" wird demgegenüber bestimmt die zweite Lesart: *versichern* als versicherungstechnischer Begriff präferiert. Auch in dem englischen Beispielsatz 19 wirkt sich die Lesartenpräferenz aus. Wegen des selteneren Gebrauchs von *man* im Sinne von *bemannen* kommt es zunächst zur ersten (Fehl-) Interpretation des Satzes. Außerdem wirkt hier auch noch das Komplettierungsprinzip verstärkend in Richtung auf die erste Deutung, da $\langle \text{old man} \rangle_{\text{DET}}$ ein vollständiger Kern ist. Erst nach einer Reanalyse wird die richtige Interpretation mit *man* als Verb gefunden.¹⁵

(19) The old man the boat.

[S [NP The old man]
[VP .?.]]

(Fehldeutung)

vs.

¹⁵Hemforth et al. begründen die vorrangige Interpretation von *old* als Adjektiv und *man* als Nomen in dem genannten Beispielsatz 19 mit dem Prinzip der lexikalischen Stärke, welches bei kategorialen Mehrdeutigkeiten zur Wirkung kommt (vgl. [Hemforth et al. 92, S. 202f]).

[_S [_{NP} The old]
[_{VP} man [_{NP} the boat]]]

(richtige Analyse)

4 Aufbau und Arbeitsweise der Wortagen- tenanalyse

4.1 Das Schichtenmodell der Verarbeitung

Die Wortklassenagenten sind in einem hierarchischen System aufeinanderfolgender Schichten organisiert (s. Abbildung 4). Danach unterliegt ihre Arbeit einer bestimmten Rangfolge, die durch vier Verarbeitungsebenen (Prioritätsstufen) mit wohldefinierten Ergebnisstrukturen aufsteigender Komplexität charakterisiert werden kann. Diese Ebenen korrespondieren sowohl mit kognitiven Aggregationsniveaus, die von einfacheren Einheiten (Objekten, Eigenschaften) zu komplizierter strukturierten Einheiten (Sachverhalten usw.) führen, als auch mit den Aufbauprinzipien wohlgeformter Ausdrücke in der Logik sowie mit dem Konstituentenbegriff in den Strukturbäumen linguistischer Grammatiktheorien. Die genannte Parallele zur Logik und zu traditionellen Grammatiksystemen ist in Abbildung 4 auf der linken bzw. rechten Seite angegeben. Allen drei Teilbereichen liegt das Prinzip zugrunde, daß - in logischer Terminologie ausgedrückt - erst die jeweiligen Argumente bereitgestellt sein müssen, bevor die entsprechenden Funktoren, Prädikatoren und Relatoren angewendet werden können. Dementsprechend dürfen die Wortklassenagenten von Wörtern einer höheren Stufe erst dann aktiviert werden, wenn die für die Sättigung ihrer Valenzen ("Slots") erforderlichen Konstituenten ("Filler") auf einer niederen Ebene erzeugt worden sind.

Das Hauptproblem bei der Analyse besteht in der richtigen Zuordnung von Slots und zugehörigen Fillers, da diese Beziehung nicht eindeutig ist. Die für jede Ebene charakteristischen Mehrdeutigkeiten sind in Abbildung 4 durch strichpunktierte Linien angedeutet. Sie werden im Abschnitt 9 noch einmal zusammenfassend dargestellt (die Markierungen D0 bis D15 der Mehrdeutigkeitsbeziehungen in Abbildung 4 beziehen sich auf die Zusammenstellung in dem genannten Abschnitt). Eine ausführliche Behandlung des Disambiguie-

rungsproblems findet sich in [Helbig et al. 94]. Um die Verarbeitungsstufen und die zugehörigen Ergebnisse einander leichter zuordnen zu können, wurden die ersteren in Abbildung 4 mit arabischen Ziffern und die letzteren mit den entsprechenden römischen Ziffern gekennzeichnet.

Es muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß die in Abbildung 4 angegebenen Entsprechungen nur zur Erläuterung dienen, da in der Arbeit der WCA weder Darstellungen der Logik noch Konstituentenbäume im Sinne klassischer Grammatiktheorien explizit Verwendung finden.

Die **unterste Ebene (Stufe 0)** entspricht in Grammatiksystemen der Bereitstellung der Wörter (und in der WCA-Analyse gleichzeitig der Bereitstellung der Wortklassenagenten), während in Logiksystemen dieser Stufe die Angabe eines Alphabets/Vokabulars entspricht. Bei der automatischen Verarbeitung der natürlichen Sprache treten die ersten Mehrdeutigkeiten bereits dadurch auf, daß zu ein und demselben Wort mehrere verschiedene Wortklassenagenten gehören können (vgl. D1 in Abschnitt 9), was sich schon auf der untersten Stufe der Bearbeitung auswirkt. So kann das Wort "als" z.B. in drei verschiedenen Bedeutungen vorkommen:

- (a) "als_I" - *PRAEP (Präposition)
- (b) "als_{II}" - *SUBJ (Subjunktion)
- (c) "als_{III}" - *KOMP (Komparativ-Relator)

Einige dieser Mehrdeutigkeiten lassen sich durch Überprüfung einfacher Kontexterwartungen eliminieren (im Beispiel, ob Komma oder kompariertes Adjektiv vorausgeht o.ä.), andere bedürfen komplizierterer Entscheidungen (vgl. [Helbig 94]); und in praktisch angewandten Systemen bleibt mitunter nur die Möglichkeit einer Rückfrage an den Nutzer.

In der **ersten Verarbeitungsstufe** der WCA-Analyse werden mit Hilfe von Wortklassenagenten, wie *ART, *ADJ, *QUTR, *NOM, elementare Bedeutungsstrukturen (sogenannte elementare Kerne) aufgebaut, die in der Linguistik (zumindest teilweise) einfachen Nominalphrasen (NPs) und in der Logik elementaren Termen entsprechen.

Allgemein verstehen wir unter **Kernen** abgeschlossene semantische Bedeutungsstrukturen, von denen keine Erwartungen (Valenzen) ausgehen. Diese Bedeutungsstrukturen werden i.a. nicht unbedingt durch NPs beschrieben,

sondern können z.B. auf der untersten Ebene durch Adverbien oder auf der obersten Ebene durch ganze Aussagen charakterisiert werden. Der Terminus "Kerne" widerspiegelt die Auffassung, daß sich während des Sprachverstehens nach und nach abgeschlossene mentale Repräsentationen (eben die Kerne) herausbilden, die durch Herstellung von Beziehungen zu anderen Kernen oder funktionelle Komposition zu höher aggregierten Strukturen zusammengesetzt werden. Die einfachsten Kerne werden in der natürlichen Sprache durch Eigennamen bezeichnet, die den Individuenkonstanten in der Logik entsprechen. Die logischen Variablen haben ihr Pendant in Ebene I in sogenannten parametrisierten Individuen (vgl. [Webber 81]), die z.B. durch Anwendung der Wortklassenagenten *ART-CO (im Falle des unbestimmten Artikels) bzw. *QUTR-CO (im Falle quantifizierender Termini wie "einige") entstehen. Es muß aber ausdrücklich angemerkt werden, daß die mit der Deutung der Quantoren verbundenen Probleme und Mehrdeutigkeiten nach unserer Auffassung nur teilweise in den Bereich der Erzeugung einer intensionalen Bedeutungsstruktur gehören (vgl. Abschnitt 3.1.2). Ein Teil der erforderlichen Disambiguierungen (D15 in Abschnitt 9) ist erst bei einer extensionalen Interpretation zu leisten (vgl. [Helbig et al. 94]).

Bei der Bildung der elementaren Kerne in Stufe 1 wirkt sich das Komplettierungsprinzip (vgl. Abschnitt 3.2.1) am deutlichsten aus, weil hier im Normalsatz kaum Interferenzen mit von außen wirkenden Valenzen auftreten. Schwierigkeiten und Mehrdeutigkeiten (vgl. D2 und D3 in Abschnitt 9) entstehen vor allem im Zusammenhang mit eingeschobenen Nebensätzen (wie Partizipialkonstruktionen und Relativsätzen), die einen Abstieg in ein untergeordnetes Satzniveau bewirken, was in Abbildung 4 unten links durch ein S auf der entsprechenden Kante von *RELPR bzw. *PART angedeutet ist. Bei Partizipialkonstruktionen ergibt sich insbesondere die Frage nach dem Wirkungsbereich des Partizips, da dieser mitunter nicht an syntaktischen Merkmalen erkennbar ist, wie nachstehendes Beispiel zeigt:

(20) Der schnelle Wagen liebende Pop-Star trat im Fernsehen auf.

In dem Beispielsatz ist nicht eindeutig zu klären, ob die Partizipialkonstruktion hinter "der" oder hinter "schnelle" beginnt. Mehrdeutigkeiten dieser Art, bei denen keine Hinweise für eine Disambiguierung im Satz selbst vorhanden sind, können nur mit Hilfe von Kontextwissen (und kaum automa-

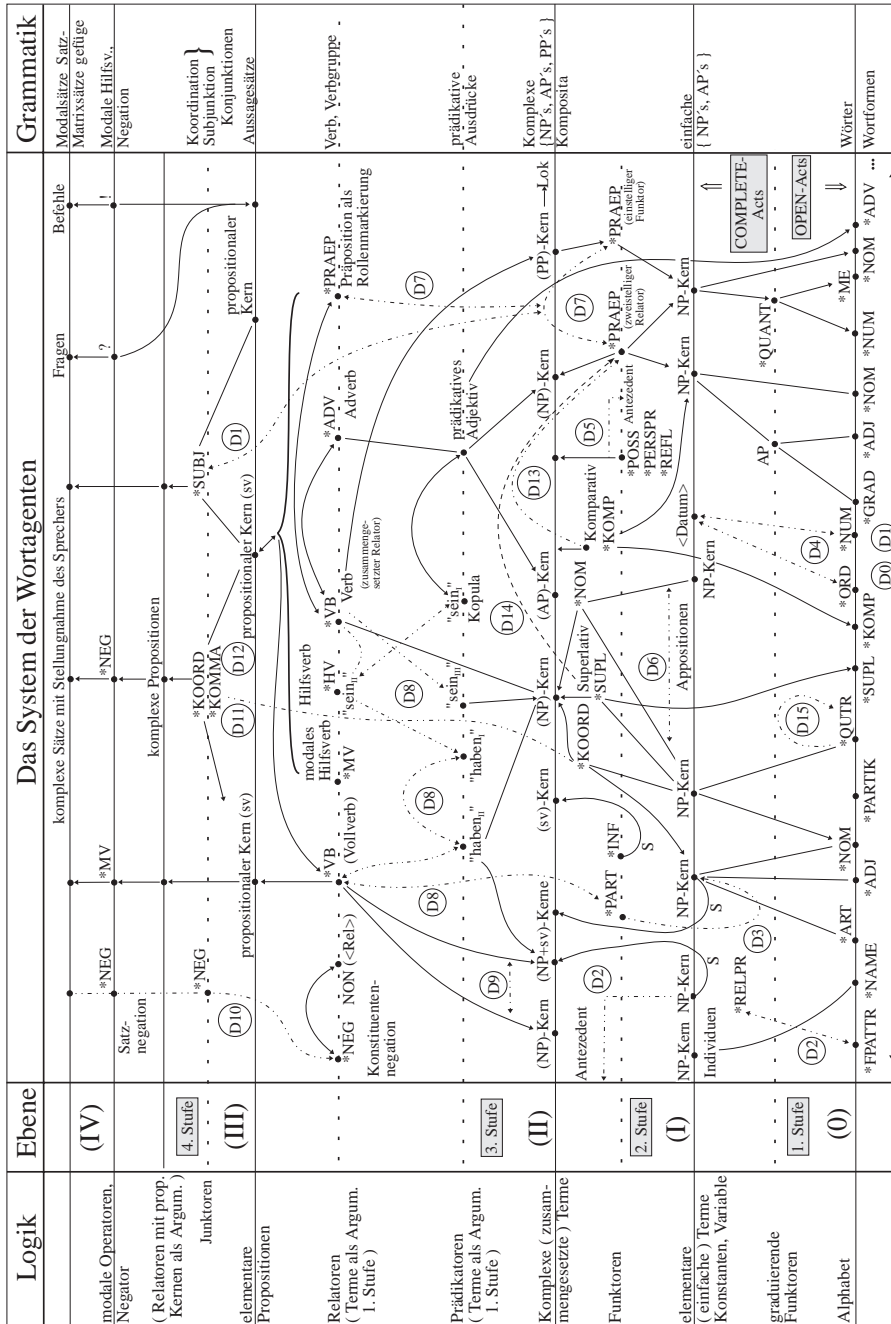


Abbildung 4: Das Schichtenmodell der Verarbeitung

tisch) aufgelöst werden. Sie spielen aber für praktische Systeme - wie natürlichsprachliche Interfaces - eine untergeordnete Rolle, da diese Konstruktionen zwar als grammatisch korrekt, aber auch für Menschen als weniger verständlich angesehen werden (geschraubter Stil). Sie werden deshalb auch seltener produziert.

Die Behandlung von Disambiguierungen, die im Zusammenhang mit Relativsätzen und Partizipialkonstruktionen auftreten, geschieht bei der rekursiven Anwendung des Analyseverfahrens auf den untergeordneten Satz. Nach Verlassen der tiefergelegenen Satzebene wird entsprechend dem Komplettierungsprinzip sofort eine Bedeutungsstruktur aufgebaut, bevor die Analyse des Gesamtsatzes fortgeführt wird. Die Anwendung der Wortklassenagenten *RELPR-CO (Relativpronomen) bzw. *PART-CO (für Partizipien) führt zu nominalen Kernen auf Ergebnisstufe II, die aber im Gegensatz zu den komplexen Nominalphrasen vom Typ <Nomen><Präposition><Nomen> bereits in der ersten Stufe eine vollständige semantische Repräsentation erhalten.

In der **zweiten Stufe** werden aus den Kernen der ersten Stufe höher aggregierte Objekte - sogenannte komplexe Kerne (komplexe NPs in linguistischer Terminologie) - aufgebaut, in deren Bedeutungsstruktur Beziehungen zu anderen (elementaren oder komplexen) Kernen vorkommen. Dieser Prozeß kann sich mehrfach wiederholen (Zusammenfassung nominaler Ketten; vgl. [Helbig 94]). Sprachlich spielen auf dieser Ebene vor allem die Präpositionen sowie Komparativ- bzw. Superlativbildung und dementsprechend die Wortklassenagenten *PRAEP, *KOMP und *SUPL eine dominierende Rolle. Das schwierigste Problem hinsichtlich der Disambiguierung besteht in der Unterscheidung, ob eine Präposition als Oberflächenmarkierung einer Tiefenkasusrelation des Verbs (vgl. Beispiel 21) oder als Relator zwischen zwei nominalen Kernen anzusehen ist (vgl. Beispiel 22). Mitunter sind auch beide Deutungen gleichzeitig möglich (wie in Beispiel 23). Kognitiv müßte man genau genommen noch einen dritten Fall unterscheiden, wonach die Präposition, wie das bei den lokalen Präpositionen der Fall ist, als Funktor $f:O \rightarrow L$ wirkt, der aus einem Objekt $o \in O$ ein Objekt aus einer anderen Sorte L (im Falle lokaler Präpositionen eine Lokation l) erzeugt. Das wird dadurch nahegelegt, daß mit Phrasen wie "auf dem Dach", "in der Kiste" eigenständige mentale Konzepte verknüpft sind (vgl. [Helbig, Herold 94]). In der Linguistik unterscheidet man nur die ersten beiden Fälle und spricht von

einer Unterordnung der Präpositionalphrase¹⁶ unter das Verb (Beispiel 21) bzw. unter eine vorhergehende NP (Beispiel 22).

(21) Peter zerlegte die Banane mit dem Messer.

(22) Peter bestaunte das Mädchen mit dem Ball.

(23) Peter trifft das Mädchen mit dem Ball.

Die Sätze 21 und 22 sind syntaktisch mehrdeutig, aber semantisch eindeutig. In einigen Fällen liegt sowohl syntaktische als auch semantische Mehrdeutigkeit vor (vgl. Beispiel 23).

Diese Mehrdeutigkeiten können (falls überhaupt) erst dann aufgelöst werden, wenn das Verb als Hauptrelator des Satzes ermittelt und u.U. aus seinen im Deutschen oft weit im Satz auseinanderliegenden Bestandteilen zusammengesetzt ist. Die Notwendigkeit, die Entscheidung über die Unterordnung von Nominalphrasen bis zur endgültigen Festlegung des Hauptrelators auszusetzen, wird an folgenden Beispielsätzen deutlich:

(24) Peter legte sein Geld in der neu gegründeten Bank an.

(25) Peter stritt alle diese Tage mit dem Freund (ab).

Erst durch Zusammenfassen der Verbbestandteile wird im Beispielsatz 24 das Hauptverb "anlegen" und damit dessen Kasusrahmen AGT(Nom) + OBJ(Akk) + [LOK(Dat)] sichtbar. Die Valenzen von "legen": AGT(Nom) + OBJ(Akk) + DIRC(Akk) unterscheiden sich von denen des Verbs "anlegen" deutlich in der letzten Komponente: ungerichtete, fakultative Lokation mit Dativ auf der einen Seite und obligatorische Richtungsangabe mit Akkusativ als Kasusanforderung auf der anderen Seite. Dementsprechend würde Beispielsatz 24 ohne Einbeziehung von "an" ungrammatisch. Analog dazu entsteht im Beispielsatz 25 ohne Berücksichtigung des abtrennbaren Verbbestandteils eine völlig veränderte Bedeutungsstruktur.

¹⁶Der Begriff Präpositionalphrase wird im Wortklassenagentenmodell selbst nicht verwendet (bestenfalls im Vergleich mit der linguistischen Tradition), da in vielen Fällen, wie z.B. in den Konstruktionen "glauben an Gott", "sprechen über das Buch", die Präpositionen semantisch eher mit dem Verb als mit dem Nomen eine Einheit bilden.

In der **dritten Stufe** werden die satzbildenden Relatoren bzw. die Prädikatoren (vertreten durch das jeweilige Hauptverb im Satz bzw. durch Kopula-Verben, wie "sein", "werden", "bleiben" plus zugehöriges Prädikativum) auf die in der ersten und zweiten Stufe bereitgestellten Argumente angewendet. Da in dieser Etappe die vom Verb ausgehenden Valenzen gesättigt werden, wird der Hauptteil der Arbeit in dieser Phase vom COMPLETE-Act des Verbs geleistet, der von dem im Lexikon verankerten Kasusrahmen des Verbs (den Subkategorisierungsinformationen) Gebrauch macht. Ein wichtiges Problem besteht deshalb in der Ermittlung der richtigen Verbbedeutung, da diese untrennbar mit dem Valenzschema (Kasusrahmen) verknüpft ist. Es ist ohne weiteres einsichtig, daß für die automatische Übersetzung die Wahl der richtigen Wortbedeutung nicht nur für die Generierung der Tiefenstruktur, sondern auch bei der Festlegung von Wortentsprechungen in der Zielsprache von großer Wichtigkeit ist.

- (a) "anlegen_I" (Begriff aus dem Bankwesen) → engl. "to invest"
- (b) "anlegen_{II}" (Begriff aus der Schifffahrt) → engl. "to dock"
- (c) "anlegen_{III}" (im Sinne von "Kleider anlegen") → engl. "to don" usw.

Beim Prozeß der Verbkomplettierung bildet im Deutschen die relativ freie Wortstellung eine weitere Ursache für Mehrdeutigkeiten bei der richtigen Slot-Filler-Zuordnung. Das trifft insbesondere in den Fällen zu, in denen Subjekt und Objekt wegen nicht ausreichender Kasusdifferenzierung und wegen Übereinstimmung von semantischen Merkmalen vertauschbar sind (vgl. Beispielsätze 26 und 27 sowie D9 im Abschnitt 9).

(26) Die Tante schlägt das Kind. vs.

(27) Das Kind schlägt die Tante.

Da in geschriebener Sprache die Intonation als Disambiguierungshilfe fehlt, ist in diesen Fällen i.a. die Einbeziehung von Hintergrundwissen (situativem Wissen) erforderlich, was in der automatischen Sprachverarbeitung bisher nur sehr eingeschränkt möglich ist.

Es muß ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Trennung von Verarbeitungsstufe 2 und 3 eigentlich nur analysetechnisch aufgrund der seriellen Arbeitsweise der WCA-Analyse begründet werden kann.

Modaltyp	typische Quellen
Zeit	Tempus des finiten Verbs, Wortklassenagent *HV und adverbiale Konstruktionen
Negation	Wortklassenagenten *NEGATTR und *NEG
Modalität im logischen Sinne	Modalität des Hauptverbs (Indikativ, Konjunktiv), Wortklassenagent *MV
Grundtyp des Sprechakts	Moduscharakteristik des Verbs (deklarativ, imperativ), Wortklassenagenten *FPATTR, *FPNOM und Satzzeichen

Tabelle 3: Zusammenstellung der modalen Komponenten

Diese Trennung führt aber zu einer bestimmten Redundanz in der Verarbeitung, weil der Verbkasusrahmen sowohl bei der Disambiguierung D7 in Stufe 2 herangezogen wird als auch bei der Verbkomplettierung in Stufe 3 eine wichtige Funktion hat. Beim menschlichen Sprachverstehen gehen sicher beide Vorgänge stärker parallel vonstatten, und zwar in dem Sinne, daß bereits beim Abwägen der miteinander konkurrierenden Selektionsanforderungen von Verb und Präpositionen die Füllung der von beiden eröffneten Slots nicht nur vorbereitet, sondern tatsächlich auch ausgeführt wird. Mit anderen Worten: Disambiguierung und Valenzsättigung bilden eine Einheit. Dieser Gedanke soll verstärkt in dem Analysemodell der *autonomen* und *parallel arbeitenden* Wortklassenagenten verwirklicht werden (vgl. Abschnitt 5 und [Helbig, Mertens 94]).

Während die in den Stufen I und II erzeugten Ergebnisse Objekte, Eigenschaften (Prädikatoren) und Relationen darstellen, sind die Resultate der Stufe III Sachverhaltsbeschreibungen (abgekürzt sv; auch propositionale Kerne genannt).

In der **vierten Stufe** werden die in Verarbeitungsebene 3 erzeugten propositionalen Kerne mit ihrer modalen bzw. temporalen Komponente verknüpft. Dabei wird in Anlehnung an die Kasusgrammatiken (vgl. [Robinson 70]) der Begriff "modal" sehr weit gefaßt, indem die temporale Charakterisierung mit einbezogen wird (s. Tabelle 3). Die deutliche Trennung von propositionalem Kern und modaler Charakterisierung ist typisch für das Vorgehen in Kasusgrammatiken.

Die Hauptaufgabe in dieser Stufe besteht aber in der Komplettierung der satzbildenden Relatoren *KOORD bzw. *SUBJ (falls sie im Satz enthalten sind). Sie nehmen Sachverhalte bzw. propositionale Kerne als Argumente und erzeugen die semantischen Strukturen von Satzverbindungen bzw. Satzgefügen.

Besondere Schwierigkeiten für die Analyse bereiten die Koordinationen, da sie zum einen elliptische Konstruktionen sind und zum anderen die Disambiguierung von Konstituentenkoordination und Satzkoordination erforderlich machen (vgl. D11 in Abschnitt 9).

Der elliptische Charakter von koordinativen Verbindungen, wie in dem Beispielsatz 28, kommt dadurch zustande, daß man sich diese Sätze aus zwei getrennten Sätzen zusammengesetzt denken kann, wobei aus sprachökonomischen Gründen systematisch Satzteile weggelassen werden. Dabei entstehen in einem der Teilsätze Lücken (Gaps), die beim Sprachverstehen und natürlich auch bei der Analyse aufgefüllt werden müssen. So kann man sich Satz 28 aus den beiden Sätzen 29 und 30 entstanden denken.

(28) Peter trägt die Tasche und Gerda den Sonnenschirm.

(29) Peter trägt die Tasche.

(30) Gerda trägt den Sonnenschirm.

Bei der Zusammenfassung zu Satz 28 wird hier das Verb "tragen" im zweiten Satzteil weggelassen. Da die Behandlung von Ellipsen und speziell von Koordinationen den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, sei hier nur auf die grundsätzliche Methode ihrer Verarbeitung eingegangen. Funktionell ist diese Leistung in dem Wortklassenagenten *KOORD-CO verankert. Der wesentliche Gedanke besteht darin, daß es bei grammatisch regulären Ellipsen - bei verkürzten Teilsätzen in Satzkoordinationen ebenso wie bei elliptischen Sätzen in Fortsetzungsdialogen - immer einen vollständigen (oder zumindest bereits vervollständigten) Bezugssatz geben muß, aus dem durch Parallel-Vergleich die jeweils entsprechenden fehlenden Konstituenten des elliptischen (Teil-) Satzes ermittelt werden können.

Dieses Vorgehen soll anhand einer Satzkoordination (vgl. Beispiel 28) und an einem Fortsetzungsdialog (vgl. Beispiel 31) erläutert werden:

Peter	trägt	die Tasche	und
↕	↕	↕	
Gerda	...	den Sonnenschirm	

Tabelle 4: Parallelvergleich zur Satzkoordination

Frage:		Welche	Bücher	von Nilsson	stehen	in der Uni-Bibliothek?
Antwort:	<...>	↕	↕	↕	↕	↕
Fortsetz.-Frage:	Und	welche	im Lehrgebiet?

Tabelle 5: Parallelvergleich im Fortsetzungsdialog

- (31) Welche Bücher von Nilsson stehen in der Uni-Bibliothek?
 <...>
 (und) welche im Lehrgebiet?

Ein Parallel-Vergleich kann i.a. nicht einfach durch simple Gegenüberstellung von Oberflächenwörtern realisiert werden, sondern reicht bis in die Parallelisierung von semantischen Kernen hinein (vgl. Tabellen 4 und 5). Das zeigt die gedankliche Ersetzung von "Gerda" durch "der aus Kanada angereiste Freund" im Beispiel 28 bzw. von "Lehrgebiet" durch "Informationszentrum, das erst vor kurzem eingeweiht wurde" im Beispiel 31. Entscheidend ist, daß die beim Vergleich gegenübergestellten Konstituenten in bestimmten grammatischen Grundkategorien übereinstimmen müssen (z.B. im Kasus bei Nomina). Außerdem müssen beide Konstituenten einer gemeinsamen Einordnungsinstanz [Lang 77] zuordenbar sein.

4.2 Die Steuerung der Wortklassenagenten

Die zentralgesteuerten Wortklassenagenten (WCA) aktivieren sich nicht selbständig, sondern ihre Aktivität wird von einem Monitor, der sogenannten WCA-Maschine (abgekürzt WCAM), überwacht und gesteuert. Diese Ma-

schine ist eine Art nichtdeterministischer Automat mit drei verschiedenen Zuständen:

- **OPEN:** Es wird ein neues Wort in die Analyse einbezogen und der OPEN-Act des Wortklassenagenten des aktuell analysierten Wortes wird aufgerufen. Danach wird ein Repräsentant RSLT für das Resultat dieses WCA-Aufrufs gebildet. Das Ergebnis RSLT wird mit OP markiert, wenn von ihm ungesättigte Valenzen ausgehen, und es wird mit CL markiert, wenn es einen vollständig gesättigten Kern darstellt (wie das z.B. bei Eigennamen oder nicht als Graduatoren wirkenden Adverbien der Fall ist).
- **CLOSED:** Eine Konstituente ist gerade zu Ende analysiert, und es ist ein entsprechender vollständiger Kern gebildet worden, von dem keine Valenzen ausgehen. Der semantische Repräsentant für diesen Kern wird mit CL markiert und als Filler für die Valenzen anderer Wörter zur Verfügung gestellt.
- **COMPLETE:** In diesem Zustand wird die Sättigung von Valenzen ausgeführt, indem der COMPLETE-Act desjenigen Wortklassenagenten aufgerufen wird, der von der WCAM (evtl. nach Entscheidung über Mehrdeutigkeiten) die höchste Priorität erhalten hat. Beim Aufbau elementarer Kerne ist das immer der COMPLETE-Act des Toplevel-Elements im ZAG.

Der Übergang zwischen den Zuständen wird von den Wortklassenagenten nach dem in Abbildung 5 angegebenen Übergangdiagramm bestimmt. Der neue Zustand wird jeweils als Ergebnis der Arbeit des zuletzt aktivierten Agenten festgelegt.

Welcher Wortklassenagent in einem bestimmten Zustand aufzurufen ist, wird von der WCAM - wie bereits beim Zustand COMPLETE angedeutet - in einem hierarchischen Planungsprozeß festgelegt, der entsprechend den vier Stufen des Schichtenmodells ebenfalls in vier aufeinanderfolgenden Etappen verläuft. Die funktionellen Komponenten der WCAM, die die Verarbeitungsstufen aus Abschnitt 4.1 realisieren, sind in Abbildung 6 dargestellt. Eine ausführliche Beschreibung der funktionellen Komponenten findet sich in [Helbig 94].

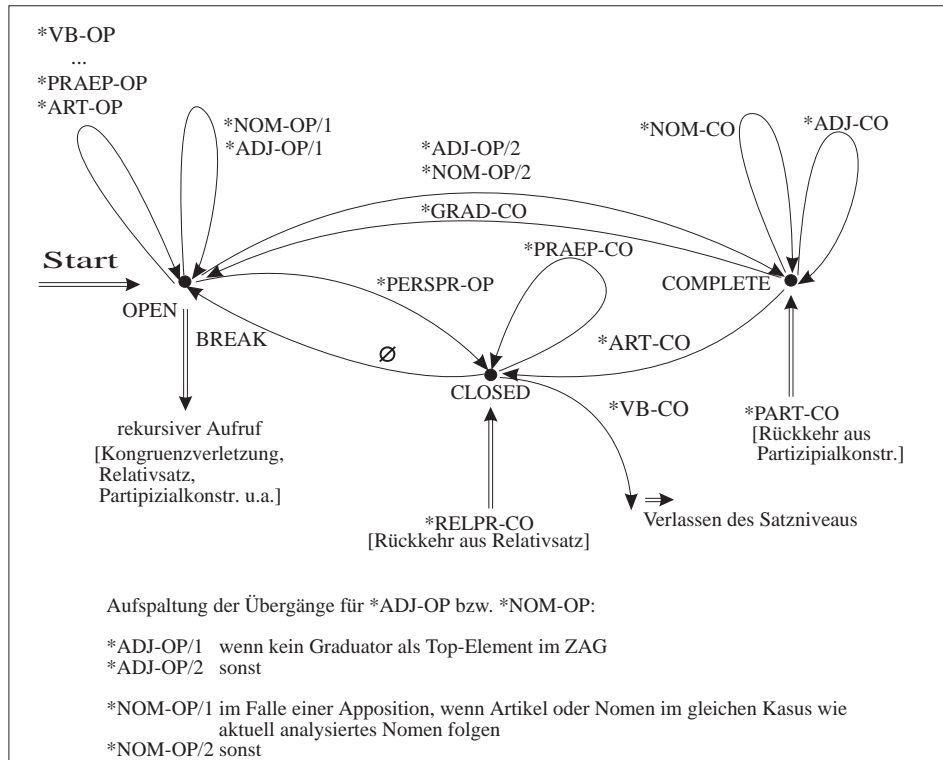


Abbildung 5: Übergangsdiagramm für die Zustände der WCAM

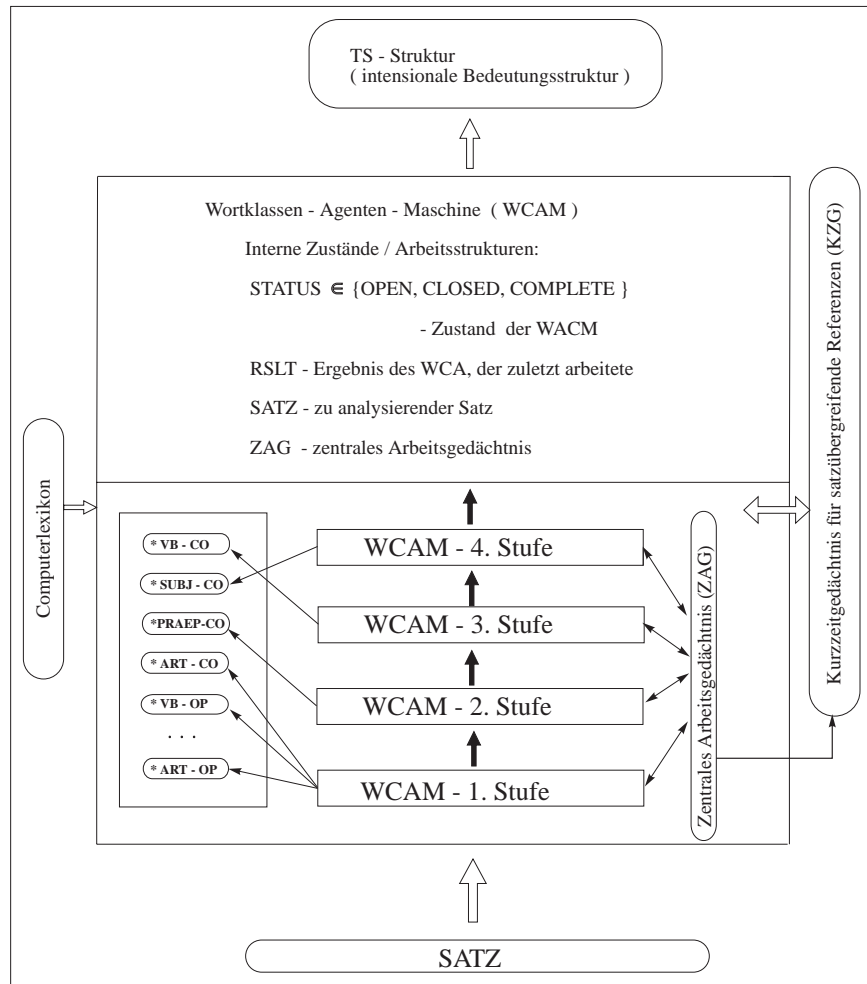


Abbildung 6: Die Komponenten der WCAM

Die Analyse beginnt mit der Arbeit der WCAM 1. Stufe, in der die elementaren Kerne aufgebaut werden, und endet mit dem Ergebnis der WCAM 4. Stufe, die eine semantische Tiefenstruktur des eingegebenen Satzes erzeugt. Die Zwischenergebnisse werden von Stufe zu Stufe entweder über globale Datenstrukturen (vor allem über den Ergebnisparameter RSLT und über das zentrale Arbeitsgedächtnis ZAG) oder mittels Übergabeparameter weitergegeben (letzteres trifft für Zwischenresultate zu, die nicht für das gesamte Analyseergebnis relevant sind).

Das zentrale Arbeitsgedächtnis (ZAG) ist ein linearer Speicher, in den zunächst die Repräsentanten der lemmatisierten Wörter durch die OPEN-Acts der zugehörigen Wortklassenagenten in der Reihenfolge des Auftretens dieser Wörter im Satz eingetragen werden. Während des Analyseprozesses (das trifft auch bei einem rekursiven Aufruf der WCAM zu) wird der jeweils analysierte Teil des eingegebenen Satzes (globaler Parameter SATZ) konsumiert und die ermittelten semantischen Teilstrukturen werden im ZAG akkumuliert und anstelle der entsprechenden Lemmata in das ZAG gesetzt. Das ZAG wird in der ersten Verarbeitungsstufe im wesentlichen nach dem Kellerspeicherprinzip verwaltet, während in den anderen Phasen (vgl. [Helbig 94]) auch auf innere Elemente des ZAG zugegriffen werden kann. In jeder Phase der Analyse widerspiegelt aber die Anordnung der aggregierten Kerne im ZAG die Reihenfolge der entsprechenden Phrasen in der Oberflächenstruktur des Satzes.

Bei einem OPEN-Act geschieht eine Expansion des ZAG, während durch einen COMPLETE-Act und die damit verbundene Zusammenfassung von Konstituenten (Füllen von Slots) das ZAG reduziert wird. Die Dynamik der ZAG-Verwaltung ist also durch einen Wechsel von Expansions- und Kompressionsschritten gekennzeichnet. In dieser Hinsicht besteht eine Ähnlichkeit mit dem Shift-Reduce-Verfahren in deterministischen Parsern (vgl. dazu u.a. [Allen 87] und [Naumann, Langer 94]). Am Ende einer erfolgreichen Analyse ist der gesamte Satz konsumiert ($SATZ = \emptyset$) und das ZAG enthält nur noch ein Element, das die semantische Struktur des Satzes trägt.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Wortklassenagenten sind in Form von Strukturschemata¹⁷ mit eingelagertem Pseudocode beschrieben (s. [Helbig, Mertens 94]) und in COMMON LISP implementiert. Ihr Einsatz wird zur Zeit noch von einem zentralen Monitor, der WCAM, gesteuert (vgl. Abschnitt 4.2). Die praktische Anwendung der Wortklassenagenten erfolgt im Rahmen des Literaturrecherchesystems LINAS der FernUniversität Hagen.

Hauptgegenstand der weiteren Forschungsarbeiten ist die Repräsentation der Wortklassenagenten als eigenständige Prozesse. Das Ziel besteht dabei in der Entwicklung von *autonomen* und *parallel arbeitenden* Wort- bzw. Wortklassenagenten, die in einem interaktiven Prozeß analysespezifische Informationen per Intertask-Kommunikation austauschen und als gemeinschaftliches Ergebnis die semantische Repräsentation der natürlichsprachlichen Benutzereingabe erzeugen.

Die Eigenschaft der Autonomie beinhaltet, daß die Agenten unabhängig von einem übergeordneten Rahmenprogramm Teilaufgaben des Sprachverarbeitungsprozesses zu lösen haben. Das Wissen über die Ablaufsteuerung, das zur Zeit in der Wortklassenagentenmaschine repräsentiert ist, muß dazu auf die einzelnen Agenten verteilt werden. Ein Ziel der Arbeiten zu diesem Themengebiet wird die Überprüfung sein, ob die Analyse ohne einen übergeordneten Steuerungsprozeß auskommen kann. Zusätzlich soll untersucht werden, welche Teilaufgaben von den Agenten während des Analysevorgangs parallel bearbeitet werden können.

Die Autonomie der Agenten und die Parallelität der Verarbeitung ermöglichen eine variable Analysetiefe des Sprachverarbeitungsprozesses. Darunter ist zu verstehen, daß die einzelnen Agenten problemspezifisch und unabhängig voneinander über den Einsatz von morphologischen, syntaktischen und/oder semantischen Kriterien bei der Lösung eines Teilproblems entscheiden können. Unter diesen Voraussetzungen sind dann Analysesituationen denkbar, in denen bestimmte Agenten gerade morphologische Informationen verarbeiten, während andere bereits Teilstrukturen der semantischen Repräsentation aufbauen.

¹⁷Vgl. dazu auch die Darstellungsmittel in [Winograd 83].

6 Literaturverzeichnis

- [Allen 87] Allen, J.: Natural Language Understanding. Menlo Park, California: Benjamin/Cummings 1987
- [Bröker et al. 93] Bröker, N., Hahn, U., Schacht, S.: Ein Plädoyer für Performanzgrammatiken. In: [DGfS-CL 93], S. 6-11
- [Bußmann 90] Bußmann, H.: Lexikon der Sprachwissenschaft. Stuttgart: Kröner Verlag 1990
- [DGfS-CL 93] Deutsche Gesellschaft für Sprachwissenschaft, Sektion Computerlinguistik: Deklarative und prozedurale Aspekte der Sprachverarbeitung, Tagungsband der 4. Fachtagung, Hamburg: Universität Hamburg 1993
- [Eimermacher 88] Eimermacher, M.: Wortorientiertes Parsen. Dissertation. Berlin: TU Berlin, Fb Informatik 1988
- [Fillmore 68] Fillmore, C. J.: The case for case. In: Bach, E.; Harms, R. (Hrsg.): Universals in linguistic theory. New York: Holt, Rinehart & Winston 1968, S. 1-88
- [Ford et al. 82] Ford, M., Bresnan, J., Kaplan, R. M.: A competence-based theory of syntactic closure. In: Bresnan, J. W. (ed.): The Mental Representation of Grammatical Relations. Cambridge, MA: MIT Press 1982
- [Frazier, Rayner 82] Frazier, L., Rayner, K.: Making and correcting errors during sentence comprehension: eye movements in the analysis of structurally ambiguous sentences. In: Cognitive Psychology, 14, S. 178-210
- [Gerstenkorn 76] Gerstenkorn, A.: Das "Modal"-System des heutigen Deutsch. München: Fink Verlag 1976
- [Helbig 83] Helbig, H.: Semantische Repräsentation von Wissen in einem Frage-Antwort-System. Dissertation. Berlin: Akademie der Wissenschaften 1983

- [Helbig 86] Helbig, H.: Syntactic-semantic analysis of natural language by a new word-class controlled functional analysis (WCFA). Bratislava: Computers and AI 5 (1986) 1, S. 53-59
- [Helbig 94] Helbig, H.: Der Einsatz von Wortklassenagenten für die automatische Sprachverarbeitung. Teil II - Die vier Verarbeitungsstufen. Informatik Berichte. FernUniversität Hagen 1994 (in Vorbereitung)
- [Helbig et al. 94] Helbig, H., Mertens, A., Schulz, M.: Disambiguierung mit Wortklassenagenten. Informatik Berichte. FernUniversität Hagen 1994 (in Vorbereitung)
- [Helbig, Herold 94] Helbig, H., Herold, C.: Mehrschichtige erweiterte semantische Netze (MESNET). Informatik Berichte. FernUniversität Hagen 1994 (in Vorbereitung)
- [Helbig, Mertens 94] Helbig, H., Mertens, A.: Wortklassenagenten für die automatische Sprachverarbeitung. Informatik Berichte. FernUniversität Hagen 1994 (in Vorbereitung)
- [Helbig, Schulz 94] Helbig, H., Schulz, M.: COLEX - Ein Computerlexikon für die automatische Sprachverarbeitung. Informatik Berichte. FernUniversität Hagen 1994 (in Vorbereitung)
- [Helbig, Schenkel 80] Helbig, G., Schenkel, W.: Wörterbuch zur Valenz und Distribution deutscher Verben. Leipzig: VEB Bibliographisches Institut 1980
- [Hemforth et al. 92] Hemforth, B., Konieczny L., Scheepers, C., Strube, G.: SOUL-Processing: Semantik-orientierte Prinzipien menschlicher Sprachverarbeitung. In: Görz, G. (ed.): KONVENS 92 - 1. Konferenz "Verarbeitung natürlicher Sprache", Nürnberg, 7.-9. Oktober 1992. Berlin etc.: Springer-Verlag 1992, S. 198-208
- [Hemforth, Konieczny 93] Hemforth, B., Konieczny, L.: Zum Zeitpunkt syntaktischer und thematischer Anbindung. In: [DGfS-CL 93], S. 47-52
- [Johnson-Laird 83] Johnson-Laird, P. N.: Mental Models - Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1983

- [Jung 82] Jung, W.: Grammatik der deutschen Sprache. Leipzig: VEB Bibliographisches Institut 1982
- [Kaplan, Bresnan 82] Kaplan, R. M., Bresnan, J. W.: Lexical-Functional Grammar: A Formal System for Grammatical Representation. In: Bresnan, J. W. (ed.): The Mental Representation of Grammatical Relations. Cambridge, MA: MIT Press 1982
- [Lang 77] Lang, E.: Semantik der koordinativen Verknüpfung. Studia Grammatika XIV. Berlin: Akademie-Verlag 1977
- [Lewandowski 85] Lewandowski, Th.: Linguistisches Wörterbuch 1-3. UTB 200, 201 und 300. Heidelberg, Wiesbaden: Quelle & Meyer 1984, 1985
- [Naumann, Langer 94] Naumann, S., Langer, H.: Parsing. Eine Einführung in die automatische Analyse natürlicher Sprache. (erscheint demnächst)
- [Robinson 70] Robinson, J. J.: Case, Category and Configuration. Journal of Linguistics 1970, S. 57-80
- [Small 81] Small, S.: Viewing word expert parsing as linguistic theory. Proc. IJCAI-81, Vancouver: 1981, S. 70-76
- [Sommerfeldt, Schreiber 74] Sommerfeldt, K.-E., Schreiber, H.: Wörterbuch zur Valenz und Distribution deutscher Adjektive. Leipzig: VEB Bibliographisches Institut 1974
- [Sommerfeldt, Schreiber 80] Sommerfeldt, K.-E., Schreiber, H.: Wörterbuch zur Valenz und Distribution der Substantive. Leipzig: VEB Bibliographisches Institut 1980
- [Webber 81] Webber, B. L.: Discourse model synthesis. In: Joshi, A. K., Webber, B. L., Sag, I. A.: Elements of discourse understanding, Cambridge Univ. Press, Cambridge Mass. 1981, S. 283-299
- [Winograd 83] Winograd, T.: Language as a Cognitive Process. Volume 1: Syntax. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley 1983

7 Abbildungsverzeichnis

1	Das System LINAS im Überblick	6
2	Ausschnitt aus der Sortenhierarchie	7
3	Semantische Repräsentation eines natürlichsprachlichen Satzes	15
4	Das Schichtenmodell der Verarbeitung	32
5	Übergangdiagramm für die Zustände der WCAM	39
6	Die Komponenten der WCAM	41

8 Tabellenverzeichnis

1	Typische Wortklassenagenten (WCA)	11
2	Typische semantische Relationen und Funktionen	14
3	Zusammenstellung der modalen Komponenten	36
4	Parallelvergleich zur Satzkoordination	37
5	Parallelvergleich im Fortsetzungsdialog	38

9 Anhang: Zusammenstellung der Disambiguierungsprobleme

Nachstehend sind die wichtigsten Disambiguierungsprobleme zusammengestellt, die für die Arbeit mit Wortklassenagenten in praktisch angewandten Systemen von Bedeutung sind. An welcher Stelle der Verarbeitung die entsprechenden Mehrdeutigkeiten zum Tragen kommen, geht aus der Abbildung 4 hervor. Dort ist durch strich-punktierte Linien auch angezeigt, welche Wortklassenagenten jeweils in das Disambiguierungsproblem einbezogen sind. Es muß ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß die Methoden zur Behandlung der Disambiguierung hier nur exemplarisch besprochen werden können. Eine ausführliche Beschreibung der für die Disambiguierung verwendeten Prinzipien und Kriterien findet sich in [Helbig et al. 94].

In der nachstehenden Übersicht wird nach folgendem Schema verfahren:

Char : Kurzcharakteristik des Disambiguierungsproblems

Beisp: Angabe eines oder mehrerer charakteristischer Beispiele

Meth: Angabe, wo bzw. mit welcher Methode in der WCA-Analyse das Problem typischerweise behandelt wird. Dabei konzentrieren wir uns auf eine exemplarische Auswahl von Disambiguierungsmethoden.

(D0) Morphologische Mehrdeutigkeiten

Char : Gleiche Oberflächengestalt von Wortformen, die zum gleichen Grundwort gehören, aber verschiedene morpho-syntaktische Merkmale besitzen.

Beisp: a) Schüler (Nom, Dat, Akk; Singular und Nom, Gen, Akk; Plural)
b) produzierte (1. und 3. Person Singular Imperfekt bzw. Partizip II zu produzieren)

Meth: a) Kongruenztests (Merkmalsunifikation)
b) Ermittlung des Hauptrelators des Satzes und konkurrierender Vergleich zwischen verschiedenen Wortagenten.

(D1) Lexikalische Mehrdeutigkeiten¹⁸

a) *Polysemie*:

Char : Wörter mit *gleicher* Schreibweise, *einheitlichem* morphologisch-syntaktischen Verhalten, die aber in *verschiedene* Grundbedeutungen aufspalten.

Beisp: Stock_I - Spazierstock, Stock_{II} - Gebirgsstock, Stock_{III} - Etage
Bremse_I - Insekt, Bremse_{II} - Instrument zum Bremsen

Meth: Heranziehen der Selektionsbeschränkungen derjenigen Wörter, die die Polyseme als Filler nehmen sollen (z.B. *VB-CO oder *ADJ-CO)

b) *Homographie*:

Char : Wörter mit *gleicher* Schreibweise, aber *verschiedenem* morphologisch-syntaktischen Verhalten (d.h. auch mit verschiedenen WCA) und *verschiedener* Grundbedeutung.

Beisp: sein_{II} - (Hilfsverb *HV), sein_{IV} - (Possessivpronomen *POSSPR)
als_I - (Konjunktion *SUBJ), als_{II} - (Präposition *PRAEP) und als_{III}
- (Komparativrelator *KOMP)

Meth: Überprüfen von Kontexterwartungen, Heranziehen der Satzstellung und Einsatz der verschiedenen Wortagenten der Homographen (konkurrierender Vergleich).

(D2) Mehrdeutigkeiten in Relativsätzen

Char : a) Erkennen eines Relativpronomens (*RELPR) und Unterscheidung desselben von Fragepronomen (*FPATTR, *FPNOM) bzw. Artikeln (*ART)

b) Auffinden des Antezedenten zum Relativpronomen im KZG

¹⁸Die Begriffe Polysemie und Homographie werden hier im Vergleich zur linguistischen Tradition (vgl. u.a. [Lewandowski 85], [Bußmann 90]) in leicht abgeänderten Bedeutungen gebraucht. Die von uns aufgeführten Charakterisierungen sind allerdings in praktisch angewandten Systemen sehr zweckmäßig (vgl. [Helbig, Schulz 94]).

Beisp: Der Lehrer traf den Schüler, {der/welcher} mit Kreide warf.

Meth: a) Kontexterwartung: Relativsatzkomma, Wortartenfolge, Berücksichtigung der Methoden aus (D12)
b) Erstellen einer nach Prioritäten geordneten Antezedentenliste; die Disambiguierung erfolgt durch Einsatz von *VB-CO des Hauptverbs des Relativsatzes und Rechtsassoziationsprinzip.

(D3) Skopus der Partizipialkonstruktion

Char : Der Einzugsbereich des Partizips, dem mehrere Aktanten im Satz untergeordnet sein können, ist oft syntaktisch nicht erkennbar.

Beisp: Der alte Meister mit Engagement betreuende Restaurator ...

Meth: Abweichende Wortfolge (*ART - *ART, *ART - *PRAEP, *ADJ - *PRAEP usw.) bzw. Kongruenzverletzungen feststellen, Einsatz von *PART-CO, mitunter auch Rückfrage an Nutzer erforderlich (wie im angegebenen Beispiel; vgl. auch D7).

(D4) Datums- und Zahlangaben

Char : Feststellung, ob bestimmte Zahlangaben zu einer Datumsangabe gehören oder ob sie eine quantitative Modifikation für nachfolgendes Nomen darstellen.

Beisp: Hat die Firma N.N. im Oktober 1990 Rechner verkauft?

Meth: Überprüfen, ob Zahl Z in einem für den Diskursbereich relevanten Intervall von Jahreszahlen liegt (z.B. $1945 \leq Z \leq 1994$ für Diskursbereich "Rechnerproduktion"), Berücksichtigung solcher Kriterien in *NUM.

(D5) Antezedentenfindung für Pronomen (außer Relativpronomen)

Char : Auffinden des passenden Antezedenten für Pronomen im KZG.

Beisp: Die Magd hat die Kuh noch einmal gemolken, dann wurde sie {geschlachtet, von ihrem Freund zum Tanz abgeholt}.

Meth: Aufstellen einer nach Prioritäten geordneten Antezedentenliste; Überprüfen der Selektionsanforderungen an Antezedenten (z.B. Entscheidung über *VB-CO des Hauptverbs) oder, wenn das keinen Erfolg bringt, Bevorzugung bestimmter syntaktischer Positionen (Subjekt des Satzes) als Antezedent bzw. Berücksichtigung der Topik/Fokus-Gliederung.

(D6) Mehrdeutigkeiten im Bereich der Appositionen

Char : Entscheidung, ob Apposition vorliegt und wenn ja, wie weit sie reicht.

Beisp: ..., der Albrecht den Bären {aufband, noch kannte}.

Meth: Überprüfen, ob Apposition einen Eigennamen darstellt, der im Lexikon vorkommt (\rightarrow *NOM-CO).

(D7) Rolle der Präposition im Satz

Char : Angenommen, eine Teilphrase eines Satzes S kann durch eine Kette des Typs $\langle K_1 \rangle \langle P_1 \rangle, \dots \langle K_i \rangle \langle P_i \rangle, \dots \langle K_n \rangle$ mit Konstituenten K_i und Präpositionen P_i $1 < i < n$ beschrieben werden. Dann ist zu entscheiden, ob K_n über P_{n-1} der vorangehenden Konstituente K_{n-1} , dem Hauptverb des Satzes S (als Aktant bzw. freie Fügung) oder einer anderen Konstituenten K_j $1 \leq j \leq n-2$ zuzuordnen ist.

Beisp: Kennst Du Bücher₁ über Expertensysteme₂ von Miller₃?

Meth: Überprüfung der konkurrierenden Selektionsanforderungen von Präposition (*PRAEP-CO) und Verb (*VB-CO) bzw. der Kompatibilitätsangaben zu semantischen Tiefenbeziehungen im Lexikon (s. Abschnitt 3.2.2), Rechtsassoziationsprinzip als Default-Annahme.

(D8) Mehrdeutigkeiten im Verbbereich

Char : a) Unterscheidung zusammenfallender Schreibweisen von finiten und infiniten Verbformen (enge Beziehung zu D0)
erfahren₁ - Infinitiv von erfahren

erfahren_{II} - finite Verbform (1. und 3. Pers. Plur., Präs.) von erfahren
erfahren_{III} - Partizip II zu erfahren

b) Unterscheidung der verschiedenen Funktionen von "sein":

sein_I - Kopula (*HV)

sein_{II} - Hilfsverb zur Zeitenbildung bzw. Passivierung (*HV)

sein_{III} - Vollverb (Synonym zu "sich befinden", → *VB)

c) Unterscheidung der verschiedenen Funktionen von "haben"

haben_I - Hilfsverb zur Zeitenbildung (*HV)

haben_{II} - Vollverb (Synonym zu "besitzen", → *VB)

- Beisp:** a) "Es ist von Peter zu erfahren." (I), "Wir erfahren es von Peter." (II), "Peter ist erfahren." (III)
b) "Er ist Maurer." (I), "Er ist gestorben." (II), "Er ist in Bonn." (III)
c) "Er hat gegessen." (I), "Er hat Geld." (II)

Meth: Kombinatorik von Hilfs- bzw. Modalverben, Vollverben (finit bzw. infinit) und abtrennbaren Verbbestandteilen (Ermittlung des Hauptrelators des Satzes durch VBGROUP), Kongruenz mit grammatischem Subjekt bezüglich Genus und Numerus.

(D9) Zuordnung von Verbaktanten zu Tiefenkasusrollen

Char : Unterschiedliche Zuordnungsmöglichkeiten von syntaktischen Rollen (vor allem Subjekt, Objekt) zu verschiedenen Tiefenkasus (vor allem AGT - Agent, OBJ - Tiefenobjekt).

- Beisp:** a) Peter rollt den Stein den Hang hinab. - Peter = Subjekt und AGT
Der Stein rollt den Hang hinab. - Stein = Subjekt aber OBJ
(Systematischer Wechsel zwischen transitivem und intransitivem Gebrauch bei einigen transitiven Verben)
b) Die Mutter ruft das Kind - AGT/OBJ- bzw. Subjekt/Objekt-Vertauschung möglich.

Meth: Überprüfung der Selektionsbeschränkungen des Verbs in *VB-CO oder Einsatz von Kontextwissen (Rückfragen an Nutzer als "ultima ratio").

(D10) Wirkungsbereich des Negators

Char : Unterscheidung von Satznegation (Verneinung bezieht sich auf gesamten Satz) und Konstituentennegation (Verneinung bezieht sich auf Teilphrase).

Beisp: Peter und sein Freund sind nicht weggefahren. (Satznegation)
Peter fuhr nicht mit seinem Freund weg. (Konstituentennegation)

Meth: Untersuchung der Stellung des Negators (am Satzende bzw. vor finitem Verb oder vor Konstituente, Topik/Fokus-Gliederung des Satzes); verankert in *NEG, *NEGATTR.

(D11) Satzkoordination vs. Konstituentenkoordination

Char : Unterscheidung, ob koordinative Konjunktion ("und", "oder", "aber" ...) zwei Konstituenten zu einer komplexeren Konstituente vereinigt, oder ob zwei Teilsätze (von denen einer elliptisch ist) miteinander zu einer Satzverbindung verknüpft werden.

Beisp: Er sah den Mann mit dem Hund und dem Kind. (Konstituentenkoordination)
Er sah den Mann mit dem Hund und das Kind mit der Katze. (Satzkoordination)

Meth: Parallelisierung von Sätzen bzw. Satzkonstituenten durch *KOORD (Kongruenzüberprüfungen, gemeinsame Einordnungsinstanzen u.a.).

(D12) Die verschiedenen Funktionen der Satzzeichen

Char : Unterscheidung des Kommagebrauchs in asyndetischen Koordinationen von anderen Möglichkeiten des Kommagebrauchs (insbesondere in Relativsätzen). Analoges gilt z.B. für den Punkt: als Satzzeichen, als Abkürzungspunkt oder zur Bildung von Ordinalien.

Beisp: Der Manager, der Abteilungsleiter und die Bewerber gingen in den Besprechungsraum.
Der Manager, der Abteilungsleiter und Bewerber einlud, ging in den Besprechungsraum.

Meth: Konkurrierende Gegenüberstellung der Behandlung von „, ⟨Artikel⟩“ als *KOORD+*ART bzw. als *KOMMA+*RELPR.

(D13) Komparativmehrdeutigkeit

Char : Unterscheidung, ob es sich bei dem Wort *als* um eine Präposition oder um einen Komparativ-Relator handelt.

Beisp: Er war erfolgreicher als Tennisspieler. (Präposition)
Er war erfolgreicher als Boris. (Komparativ-Relator)

Meth: Untersuchung der Determinatoren in der auf das *als* folgenden NP. Singularterme (Eigennamen, definite NP) deuten auf Komparativ - generischer Gebrauch deutet auf Präposition. Behandlung in *KOMP sowie in der Deutungsfunktion der Präposition *als*. Im allgemeinen ist die Auflösung dieser Mehrdeutigkeit nur durch Einbeziehung von Hintergrundwissen und der Inferenzkomponente möglich.

(D14) Superlativmehrdeutigkeit

Char : Unterscheidung, ob auf den Superlativ die Angabe einer Lokation oder ein Vergleichsrahmen folgt.

Beisp: Peter ist der Schnellste *im Stadion*. (Präposition mit lokaler Bedeutung)
Das neue Modell ist das schnellste *unter den Sportwagen*. (Superlativ mit Vergleichsrahmen)

Meth: Die Entscheidung, ob nach dem Superlativ die Angabe einer Lokation oder eines Vergleichsrahmens folgt, kann i.a. nur durch Einbeziehung von Hintergrundwissen getroffen werden. Hinweise erhält man durch die Überprüfung der semantischen Sorten der Nomen und anhand der Präposition.

(D15) Quantorskopus und extensionale Interpretation

Vorbemerkung: Im Gegensatz zu den Disambiguierungsproblemen D0-D14 gehört eine vollständige Disambiguierung quantifizierter Ausdrücke nach unserer Auffassung zumindest partiell in den Bereich der (prä)extensionalen

Interpretation und nicht allein in den Bereich der Herstellung einer intensionalen Bedeutungsstruktur. Diese Hypothese wird gestützt durch die Tatsache, daß Menschen beim ersten spontanen Verstehen eines Satzes vom Typ "Jeder Briefträger wurde von einem Hund gebissen" nicht darüber reflektieren, ob es zu jedem Briefträger einen Hund gibt, der ihn gebissen hat (die Hunde können dabei verschieden sein), oder ob es (genau) einen Hund gibt, der jeden Briefträger gebissen hat. Gleichwohl ist der Mensch in der Lage, bei tieferer Analyse dieses Satzes, alle überhaupt in Frage kommenden Varianten genau zu differenzieren, was eine mehrstufige Analyse nahelegt (vgl. [Helbig, Herold 94]).

Char : Unterscheidung der Quantorenreihenfolge und des Wirkungsbereichs der Quantoren bei Darstellung der Bedeutungsstruktur des Satzes mit prädikatenlogischen Mitteln.

Beisp: "Ein Buch hat jeder Schüler dieser Klasse gelesen."
 $\exists x (\text{Buch}(x) \wedge [\forall y \text{ Schüler}(y) \rightarrow \text{lesen}(y,x)])$
 "Jeder Schüler dieser Klasse hat ein Buch gelesen."
 $\forall y (\text{Schüler}(y) \rightarrow \exists x [\text{Buch}(x) \wedge \text{lesen}(y,x)])$

Meth: Berücksichtigung von Typ und Reihenfolge der quantifizierenden Terme in der Oberflächenstruktur; Berücksichtigung der Topik/Fokus-Struktur des Satzes (\rightarrow *QUTR).