

Sprachverarbeitung. Aufbau, Erwerb und Mitteilung von Wissen wird erst möglich durch das einzigartige Medium der Sprache, das durch die kulturelle Evolution der menschlichen Gesellschaft hervorgebracht wurde. Die Sprachverarbeitung (Computerlinguistik) hat zum Ziel, durch die Konstruktion von Verarbeitungsmodellen die Strukturen und Prozesse hinter der menschlichen Sprachpraxis aufzudecken und in technischen Systemen verfügbar zu machen. In ihrem Mittelpunkt steht die Frage, wie sprachliche Äußerungen in Strukturen überführt werden können, die ihre Bedeutung repräsentieren und umgekehrt. Dies wird auch als *grammatisches Abbildungsproblem* bezeichnet. Dabei geht man davon aus, daß diese Abbildung selbst als *wissensbasierter Prozeß* zu verstehen ist, in den neben Wissen über die Sprache auch Wissen über die Welt eingeht.

Sprachverarbeitungssysteme (SVS) müssen den besonderen Eigenarten der "natürlichen" Sprache Rechnung tragen: sie verfügt über ein reichhaltiges Repertoire an weitgehend semantisch fixierten *Grundelementen* (Wortschatz) und generellen *Ausdrucksmitteln* (grammatische Formen und Funktionen, Referenzmechanismen, etc.) und kennt eine Vielfalt von Äußerungsformen (Sprechhandlungen). Die Ausdrucksmittel der natürlichen Sprache sind primär angelegt auf die aktuelle Herstellung von *Sachbezügen*, d.h. auf die *situationsabhängige* Charakterisierung *sinnlich wahrnehmbarer* Gegenstände und Sachverhalte der Umwelt, die sie auf die objektivierte Darstellung *abstrakter* Beziehungen und *verallgemeinerter* Aussagen überträgt. Zugleich dient sie auch als *Metasprache* für sich selbst (Selbstreferenz). Ein zentrales Problem der Sprachverarbeitung ist die *Ambiguität*: Mehrdeutigkeit von Wortbedeutungen, von syntaktischen Konstruktionen, von Bedeutungen zusammengesetzter Ausdrücke und der pragmatischen Deutung von Redeabsichten (Intentionen).

Zur Lösung der komplexen Aufgabe des maschinellen Sprach"verstehens" wird eine Zerlegung in Teilaufgaben vorgenommen, die sich an den Abstraktionsebenen der Linguistik orientiert — der Lehre von der *Ordnung* (Phonologie, Morphologie und Syntax), vom *Inhalt* (Semantik) und vom *Gebrauch* (Pragmatik und Diskurs) der Sprache —, und ordnet diesen entsprechende Verarbeitungsebenen zu. Jede Systemkonstruktion beruht auf einer Modellierung des Gegenstandsbereichs, welche nach Marr die folgenden Stufen enthalten muß: (1) eine abstrakte berechnungstheoretische (*was?, warum?*) zur Spezifikation des Ziels, (2) eine algorithmische (*wie?*) zur Spezifikation von Repräsentationsformalismen und Algorithmen und (3) eine implementierungstechnische zur Realisierung einer abstrakten Maschine (*welche konkreten Operationen?*), die die Aufgabe löst.

Typische Anwendungen von SVS sind: (1) Ein System beantwortet Fragen über ein Sachgebiet (z.B. mit Hilfe eines Datenbankzugriffs) oder einen Text; oder (2) führt einen aufgabenorientierten Dialog (z.B. Beratung) oder betreibt Konversation; oder (3) paraphrasiert einen Text, faßt ihn zusammen oder erzählt ihn nach; oder (4) operiert gemäß natürlichsprachlichen Anweisungen; oder (5) übersetzt eine sprachliche Eingabe in eine andere Sprache (nach Wahlster).

Im folgenden werden die typischen Verarbeitungsebenen und die in ihnen eingesetzten Verfahren kurz charakterisiert. Voraussetzung für die Herangehensweise der Computerlinguistik ist, daß menschliche Sprachkenntnis explizit als (propositionales) Wissen operationalisiert werden kann, und daß sie spezielle Formalismen und Algorithmen bereitstellt, um solches Wissen formal darzustellen und zu verarbeiten. Eine umfassende Einführung in das Gebiet gibt das Lehrbuch von [Allen 1987].

Lexikon und Morphologie. Ein Lexikon ist die Zusammenstellung des Wortschatzes einer Sprache. Lexika für SVS benutzen als abstrakte Basiseinheit das *Lexem* (i.a. Wortstamm) und repräsentieren Daten für verschiedene sprachliche Ebenen: (1) *Morphologie*: Daten zur Wortformenbildung; (2) *Syntax*: Daten zur Satzbildung, wortspezifische (z.B. Kategorie) und wortformenspezifische (z.B. Kasus); (3) *Semantik*: Daten zur semantischen Interpretation. Vollformenlexika, die für jede Wortform einen eigenen Eintrag besitzen, sind nur für kleine Wortschätze praktikabel; zur Vermeidung von Redundanz empfehlen sich Lexemlexika, allerdings muß das SVS dann über eine morphologische Komponente verfügen. *Morphologie* ist die Lehre von den Klassen und Formen der Wörter mit Zusammensetzung (Komposition), Ableitung (Derivation) und Beugung (Flexion). Abgesehen von der Komposition, die oft komplizierte semantische Probleme bietet, sind heute für die Morphologie Verarbeitungsmodelle auf der Basis endlicher überführender Au-

tomaten Standard. Für viele Sprachen existieren leistungsfähige morphologische Analyse- und Synthesysteme, vor allem nach dem sog. Zwei-Ebenen-Ansatz; einige sind als kommerzielle Produkte auf dem Markt.

Grammatikformalismen und Strukturanalyse (Parsing). Ein zentraler Schritt bei der Realisierung der *grammatischen Abbildung* besteht darin, für jede zulässige Wortkette die entsprechenden grammatischen Funktionen und Relationen zu bestimmen, so daß jeder sprachlichen Äußerung eine — oder im Fall der Ambiguität mehrere — strukturierte Beschreibungen zugeordnet werden können, die ihre Bedeutung repräsentiert. Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt in SVSn üblicherweise in mehreren Schritten, die miteinander in Wechselwirkung stehen. Zuerst wird eine sprachliche Äußerung in *sequentiell angeordnete diskrete Einheiten*, die Wörter, segmentiert, denen mit Hilfe von Lexikonzugriffen die passenden lexikalischen Informationen, vor allem *syntaktische Kategorien* (Verb, Nomen, Artikel, etc.) zugeordnet werden. Die Zerlegung von Wortketten in grammatische Teilketten mittels Kategorien, Funktionen und Relationen wird durch eine Grammatik vorgeschrieben; sie definiert durch ein System von Einschränkungen (v.a. bzgl. der Anordnung und der Merkmale der Wörter — Kategorie, Kasus, etc.) Mengen zulässiger Wortfolgen. Als analytisches Instrument dienen Systeme von *Regeln der Kombination* und *Regeln der Verwendung*. Erstes Teilziel der Analyse (auch: *Parsing*, von lat. "pars orationis") ist die Zerlegung eines sprachlichen Ausdrucks in eine Struktur von grammatischen *Konstituenten*. Die gewonnene strukturelle Information wird üblicherweise in *Baumdiagrammen* dargestellt. Über die bloße Konstituentenstruktur hinaus ist aber noch festzustellen, *wie* diese innerhalb eines Satzes funktioniert (*Dependenz*). Dabei geht es um den Zusammenhang zwischen *Konstituententypen* wie Nominalphrase (z.B. Artikel—Nomen) und *funktionalen* (oder *relationalen*) Begriffen wie Subjekt oder Objekt, denn durch sie wird erst die Verbindung zur semantisch-pragmatischen Interpretation hergestellt. Bei der Dependenz kommt dem Hauptverb eine zentrale Position zu: es hat die Eigenschaft, bestimmte nominale Einheiten in seiner Umgebung zuzulassen bzw. zu verlangen (*Valenz*). Beide Aspekte, Konstituenz und Dependenz, ergänzen einander.

In der Theorie der formalen Sprachen werden Bildungsgesetze für Zeichenketten untersucht. Chomsky hat, ausgehend von unbeschränkten Regelsystemen, durch immer stärkere Einschränkung der Regeln eine Hierarchie von Klassen formaler Sprachen definiert: als mächtigste turing-äquivalente, dann kontextsensitive, kontextfreie und reguläre Sprachen. Von besonderer Bedeutung für die Anwendung auf natürliche Sprachen ist die *kontextfreie* Familie, da der überwiegende Teil der Strukturen natürlicher Sprachen mit kontextfreien Mitteln elegant und hinreichend effizient beschrieben werden kann. Dies hat einen offensichtlichen Grund: die einfachste uniforme Möglichkeit zur Beschreibung von Konstituentenstrukturen besteht darin, zuzulassen, daß die Muster, welche die Aufeinanderfolge von Elementen beschreiben, selbst rekursiv sind. Die Elemente eines derartigen Musters sind also nicht auf Wörter oder Wortkategorien beschränkt.

Jedes Verfahren, das zu einer Zeichenkette mindestens einen korrespondierenden Strukturbaum bestimmt, muß die Regeln in einer vorgegebenen Reihenfolge anwenden. Die Folge dieser Schritte wird *Ableitung* der Zeichenkette genannt. Beginnt man die Ableitung mit dem Startsymbol der Grammatik und "expandiert" dann die davon abhängigen nichtterminalen Kategoriensymbole, bis man bei den terminalen Symbolen — den Wörtern — angelangt ist, so bezeichnet man eine solche Ableitung als "*top-down*". Beginnt man die Ableitung bei den terminalen Symbolen, also ganz "unten" im Baum und wendet die Regeln von rechts nach links an, so spricht man von einer "*bottom-up*"-Ableitung. Orthogonal dazu unterscheidet man "*Tiefe-zuerst- (depth first)*" und "*Breite-zuerst- (breadth first)*" Ableitungen, je nachdem, ob die Expansion (Ableitung) in Teilbäume in die Tiefe — jeweils ein Pfad im Baum über mehrere Niveaus — oder in die Breite — zuerst alle Knoten auf einem Niveau — erfolgt. Durch Kombination dieser Dimensionen sind auch andere Ordnungen der Ableitungsschritte möglich; im Strukturbaum wird über die Reihenfolge abstrahiert.

Mit kontextfreier Grammatiken tritt jedoch das Problem auf, daß für jede Kombination von Merkmalen linguistischer Objekte eigene nichtterminale Symbole und mit diesen entsprechende Regeln definiert werden müssen, was die Übersichtlichkeit und Handhabbarkeit von Grammatiken sehr schnell begrenzt. Unter dem Begriff des *Merkmals* werden linguistisch

relevante Eigenschaften von phonologischen, morphologischen, syntaktischen oder semantischen Einheiten verstanden; sie bezeichnen linguistisch relevante kleinste Beschreibungselemente. Eine elegante Lösung dieses Problems bieten die sog. *constraint-basierten* oder *Unifikations-Grammatikformalismen* (vgl. [Shieber 1992]). In diesen treten an die Stelle atomarer Kategoriensymbole komplexe *Merkmalsstrukturen*. Merkmalsstrukturen sind endliche Mengen von Merkmalen, deren jedes aus einem Merkmalsnamen und einem Merkmalswert besteht, wobei letzterer entweder ein atomares Symbol oder selbst wieder eine Merkmalsstruktur ist. Mathematisch betrachtet sind Merkmalsstrukturen azyklische gerichtete Graphen (DAGs); bei der Analyse wird nun anstelle eines Strukturbaums ein DAG aus den DAGs der Konstituenten durch Vereinigung ihrer Attributmengen rekursiv aufgebaut. Diese Operation wird wegen ihrer Verwandtschaft mit der Unifikationsoperation aus dem automatischen Beweisen spricht man auch Graphen-*Unifikation* genannt. Sie ist nur dann möglich, wenn die betroffenen Attribute miteinander verträgliche Attributmengen besitzen und die in der Grammatik gegebenen — ebenfalls in der Form von DAGs notierten — Einschränkungen erfüllen.

Ein universelles und effizientes Verfahren zur Strukturanalyse mit constraint-basierten Grammatiken, das heute in sehr vielen SVSn eingesetzt wird, ist die von Kay eingeführte *aktive Chart-Analyse* (s. [Winograd 1983]).

Semantische Interpretation. In SVSn sind aufgrund der verschiedenartigen Funktionen, die eine Äußerung erfüllen kann, vier für das Verstehen relevante Bedeutungsaspekte zu unterscheiden: die *innersprachlich-textuelle* Bedeutung, die sich vor allem auf die Wortbedeutung abstützt und damit innerhalb des Sprachsystems selbst repräsentiert werden muß; die *referentielle* Bedeutung, die auf das Alltagswissen der Kommunikationspartner Bezug nimmt, d.h. auf Faktenwissen und Handlungsregeln; die *kommunikative, situative* Bedeutung, zu deren Darstellung Interaktionsregeln herangezogen werden müssen; und die *soziale, emotive und rhetorisch-stilistische* Bedeutung, die aus dem soziokulturellen Umfeld zu erklären ist. In dieser Reihenfolge — die zugleich auch einen zunehmenden Anteil an Intentionalität und lebensweltlicher Erfahrung beinhaltet — entziehen sich diese Bedeutungsaspekte mehr und mehr einer Operationalisierung; die beiden zuletzt genannten werden oft der Pragmatik zugeordnet.

Als Untersuchungsgegenstand der *semantischen* Analyse einer Äußerung sehen wir ihre im Sprachsystem angelegte Bedeutungsstruktur — unabhängig von situativen und kommunikativen Faktoren und von ihrem Bezug auf die außersprachliche Wirklichkeit. Dabei wird unter "Bedeutungsstruktur" insbesondere die Darstellung der innertextlichen *funktionalen* und *logischen Relationen* ihrer Elemente zueinander verstanden. Die Ziele der semantischen Analyse sind somit (1) der Aufbau formaler Ausdrücke zur Darstellung von Bedeutungsstrukturen (*Semantikonstruktion*) unter Berücksichtigung verschiedener Lesarten, (2) die *semantische Resolution* zur Bestimmung des aktuellen semantischen Werts (Auflösung lexikalischer Mehrdeutigkeiten, die Aufdeckung semantischer Anomalien) und (3) die *semantische Auswertung* als Bestimmung der "relevanten Äußerungsinformation" mit Hilfe von Schlußfolgerungsmechanismen. Somit fällt ihr sowohl eine *Bewertungs-* und *Auswahl-* als auch eine *Repräsentationsfunktion* zu. Weiterhin will man aus dem jeweils aktuellen Zustand der Analyse auch Hypothesen über den Rest der Äußerung aufstellen, die in späteren Analysephasen zu überprüfen sind (*Vorhersage-Funktion*). Zusätzlich zu den genannten vor allem linguistisch geprägten Zielen muß für den Einsatz in SVSn festgelegt werden, wie mit semantischer Ambiguität abhängig vom Anwendungstyp umzugehen ist. Üblicherweise werden konkurrierende Interpretationen mit Hilfe von Wissen über den Anwendungsbereich in eine Rangordnung gebracht; in vielen Fällen bleibt dann nur eine Lesart übrig.

Die *lexikalische* Semantik befaßt sich mit der Darstellung der Bedeutung der Inhaltswörter der Sprache und den Beziehungen zwischen diesen sowie mit der Frage, auf welche Objekt- und Ereignistypen sich Wörter beziehen. Ein erster Schritt hierzu besteht in der Berücksichtigung der semantischen Kompatibilität: Die Bedeutung eines Wortes schränkt die Bedeutungen anderer Wörter ein, die mit ihm "zusammengehen" können. Solche *Selektionsrestriktionen* werden oft als Muster dargestellt, mit denen die Kompatibilität semantischer Attribute (z.B. "physisches Objekt") in bestimmten syntaktischen Strukturen überprüft werden kann. Eine zentrale Rolle spielen hier (s.o. Dependenz) die semantischen Lexikoneinträge der Verben, die üblicherweise aus

einer "Logischen Form", gegeben als Prädikat-Argumentstruktur, bestehen. Für die Argumente sind *thematische Rollen* wie AGENS, INSTRUMENT, etc. angegeben, in die dann die Repräsentationen für Subjekt, Objekt, etc. einzusetzen sind.

Dies leistet die *kompositionale Semantik*; sie untersucht, wie die Bedeutungen komplexer sprachlicher Objekte sich aus denen ihrer Komponenten zusammensetzen. Eine besondere Rolle spielen dabei Verfahren zur Referenzauflösung (v.a. Bestimmung von Referenzobjekten für Pronomina), Mechanismen der Quantifikation und die Auflösung des Quantorenkopos. Im einfachsten Fall ist die Schnittstelle zwischen Syntax und Semantik so gestaltet, daß mit jeder Grammatikregel eine entsprechende Regel zum Aufbau der logischen Form der Mutterkonstituente aus den logischen Formen ihrer Töchter assoziiert wird.

Versuche, für diese Aufgabe direkt die Prädikatenlogik (PL) erster Stufe einzusetzen, führten auf Schwierigkeiten, die durch neuere Semantikformalisten wie den der Kampschen *Diskursrepräsentationstheorie* (DRT) weitgehend überwunden werden konnten. Unter anderem existiert für die PL kein systematisches Verfahren für die Semantikkonstruktion und für die Substitution denotatgleicher Ausdrücke. Lösungen hierfür bieten die Verwendung von Typenlogik, intensionalen Ausdrücken und der Einsatz des sog. Lambda-Kalküls zur systematischen Ausführung von Substitutionsprozessen. Ein aktueller Formalismus zur Darstellung von semantischen Strukturen, den sog. Diskursrepräsentationsstrukturen (DRSn), ist Teil der DRT (s. [Pinkal 1993]). Eine DRS besteht aus jeweils einer Menge von Diskursreferenten und Bedingungen, die ihrerseits Prädikate (z.B. aus dem Lexikon) oder andere DRSn sind, so daß damit satzübergreifende semantische Repräsentationen aufgebaut werden können. Die DRT sieht besondere Mechanismen zur Behandlung verschiedener sprachlicher Phänomene wie Referenzauflösung, Pluralbildung, Quantifikation, etc. vor. Formal lassen sich DRSn ebenfalls als Merkmalsstrukturen repräsentieren; auch dadurch kann eine enge Verzahnung der syntaktischen und semantischen Analyse erreicht werden.

Diskurs und Dialoggestaltung. Damit ein Hörer eine Äußerung über das rein wörtliche Verstehen hinaus auch in der zugrundeliegenden Sprecherintention und dem thematischen Zusammenhang begreifen kann, muß er sie in Beziehung zu seinem eigenen Hintergrundwissen und zum bisherigen Dialogverlauf setzen. Äußerungen sind normalerweise von pragmatischen Faktoren wie Präsuppositionen (implizite Voraussetzungen) und den Absichten des Sprechers abhängig (sog. indirekte Sprechakte). So kann zumeist erst unter Berücksichtigung der pragmatischen Umstände einer Äußerung entschieden werden, ob z.B. eine Ja-/Nein-Frage wörtlich gemeint ist oder eine implizite Aufforderung ausdrückt.

Die wesentliche Aufgabe der pragmatischen Analyse besteht also in der Erkennung und Analyse der *Intentionen* oder Redeabsichten des Sprechers. Mit dem Dialogfortschritt muß die pragmatische Analyse einen *Plan (Aufgabenmodell)* als Folge von Aktionen konstruieren, die die aktuelle Situation in den gewünschten Zielzustand überführen. Die *Diskursanalyse* benötigt Wissen über Kommunikationssituationen, Standardmuster für Dialoge (Interaktionskonventionen, Sprechakttypen, Dialogkohärenz) und Schemata, die diese allgemeinen Konzepte auf einen Anwendungsbereich hin spezialisieren. Analog zum Aufgabenmodell beginnt sie mit Standard-Dialogschemata und -techniken und versucht durch schrittweise Verfeinerung den Sprecher zu "verstehen" und den Dialog zu steuern, indem sie einen Dialogplan mit dem Ziel eines erfolgreichen Dialogabschlusses konstruiert. Der Beitrag der Diskursanalyse besteht also in einer Spezialisierung eines Dialograhmens mittels Kenntnis von Gesprächsstrategien und -schemata durch Ableitung von Erwartungen über nachfolgende Sprechakte, die die Interaktion mit dem Dialogpartner durch Rückfragen, Antworten oder Zurückweisungen zu steuern gestatten. Exemplarisch sei die Theorie der Diskursstruktur von Grosz/Sidner (s. [Allen 1987]) erwähnt: Ihre Ziele sind eine Erklärung der *Diskurskohärenz*, die Behandlung der definiten Referenz (Anaphern), die Bestimmung der Semantik und Pragmatik von Konnektiven und Stichwörtern ("*cue phrases*") sowie der Funktion von Unterbrechungen. Die Diskursstruktur ist aus drei getrennten, aber aufeinander bezogenen Komponenten aufgebaut: der Struktur der Folge der Äußerungen ("*linguistische Struktur*"), einer Struktur von Zwecken ("*intentionale Struktur*") und dem Zustand des Aufmerksamkeitsfokus ("*Aufmerksamkeitszustand*"). Die Verarbeitung eines Diskurses erfordert, zu erkennen, *wie* sich die Äußerungen in Segmente gruppieren, *welche* Intentionen ausgedrückt

werden und wie sie sich aufeinander beziehen, um den Diskurs anhand der mit dem Aufmerksamkeitszustand assoziierten Operationen zu *verfolgen*.

Sprachgenerierung. Die Aufgabe der Generierung besteht in der Erzeugung eines adäquaten natürlichsprachlichen Diskurses aufgrund eines gegebenen Ziels (vgl. [Busemann und Novak 1993]). Neben Lexikon, Grammatik und einer formalen Repräsentation des relevanten Weltwissens wird hierfür ein Modell des Redepartners bzw. Lesers und ein Modell für Diskursstruktur und -steuerung benötigt. Jeder sprachlichen Äußerung eines Gedankens liegt ein komplexer Planungs- und Entscheidungsprozeß zugrunde, der aus zwei großen Teilschritten besteht: (1) *was* gesagt werden soll (Auswahl des Redethemas, Aufbau einer argumentativen Struktur) — *inhaltsbestimmende Generierung*, und (2) *wie* etwas zu sagen ist (morphosyntaktische Form, Bestimmung der Topikalisierung, etc.) — *formbestimmende Generierung*. Demgemäß werden Generierungsmodule unter Berücksichtigung von Modellen menschlicher Sprachproduktion i.d.R. aus drei Komponenten aufgebaut: *Konzeptualisierer*, *Formulator* und *Artikulator*. Grundlage für die Inhaltsbestimmung einer Dialogäußerung ist zumeist das Resultat eines Problemlösungsprozesses, einer Datenbankanfrage, etc. Für die Formbestimmung werden oft — ähnlich wie bei der Diskursanalyse — Schemata zugrundegelegt, die dann durch einen Schlußfolgerungsprozeß ihre konkrete Ausprägung erfahren und unter Berücksichtigung des aktuellen Dialogzustands in eine konkrete Äußerung umgesetzt werden. Für den letzten Schritt sollte im Idealfall dieselbe linguistische Wissensbasis wie für die Analyse eingesetzt werden; diese sog. "bidirektionale linguistische Derivation" ist z.Zt. noch Gegenstand der Grundlagenforschung.

Architektur von Sprachverarbeitungssystemen. Um aus den Komponenten eines SVS ein funktionierendes System aufzubauen, muß festgelegt werden, wie diese miteinander zu verbinden sind. Die in frühen Systemen übliche sequentielle Anordnung von der morphologischen Analyse bis zur Generierung hat sich als unzureichend erwiesen. Zwar markiert sie die Hauptrichtung des Datenflusses, doch sind, v.a. zur Auflösung von Ambiguitäten, auch Rückkopplungen notwendig. Hierbei ist zum einen die statische Struktur der Interaktionen (*welche?*) festzulegen, zum anderen aber auch ihr Prozeßaspekt, d.h. die dynamische Struktur und zeitliche Anordnung (*wann?*). Derzeit typische Systemarchitekturschemata sind (1) die Kaskadenarchitektur, in der eine Komponente nur Daten mit ihren beiden unmittelbaren Nachbarn austauschen kann, (2) die sog. Blackboard-Architektur, in der alle Komponenten über einen gemeinsamen Datenbereich kommunizieren, und (3) verteilte Architekturen, in denen jede Komponente über einen lokalen Datenbereich verfügt, aber im Prinzip mit allen anderen Komponenten Nachrichten austauschen kann.

Literatur. Allen, J.: *Natural Language Understanding*. Menlo Park: Benjamin/Cummings, 1987 — Busemann, S., Novak, H.-J.: *Generierung natürlicher Sprache*. In: Görz, G. (Hg.): *Einführung in die Künstliche Intelligenz*. Bonn: Addison-Wesley, 1993, 499–558 — Pinkal, M.: *Semantik*. In: Görz, G. (Hg.): *Einführung in die Künstliche Intelligenz*. Bonn: Addison-Wesley, 1993, 425–498 — Shieber, M.: *Constraint-Based Grammar Formalisms*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1992 — Winograd, T.: *Language as a Cognitive Process. Volume I: Syntax*. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1983

G. Görz, Universität Erlangen-Nürnberg